

Konstrukce přípravku pro stanovení součinitele smykového tření

Marek Zubík

Bakalářská práce
2016

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek Zubík**
Osobní číslo: **T13134**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce přípravku pro stanovení součinitele smykového tření**

Zásady pro vypracování:

1. Literární přehled
2. Návrh přípravku
3. Výrobní dokumentace
4. Zhodnocení řešení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jakub Javořík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

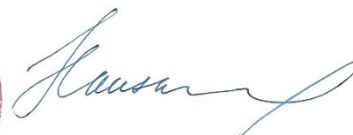
Datum zadání bakalářské práce: **8. ledna 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**

Ve Zlíně dne 3. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ZUBÍK MAREK

Obor: PROCESNÍ INŽENÝRSTVÍ-TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 9.5.2016

Zubík

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout zařízení pro určení součinitele smykového tření u různých materiálů a zjistit funkčnost tohoto zařízení. Zařízení se skládá ze stolku, kladky a sání.

V teoretické části byla popsána problematika tření, způsoby jeho eliminování, jeho výhody a nevýhody a jeho využití v praxi.

V praktické části byly provedeny výpočty namáhaných součástí, průběh zkoušky a výsledky naměřených hodnot. K těmto výpočtům byly v příloze přiřazeny jednotlivé výrobní i sestavní výkresy a technologické postupy vyráběných součástí.

Klíčová slova: tření, součinitel smykového tření, konstrukce, měření

ABSTRACT

The goal of this bachelor thesis was to design the device for determination of coefficient of friction of different materials and to verify functionality of this device. The device includes the table, the roller and the carriage.

There was described issue of friction in teoretical part, the way of its elimination, its advantages and disadvantages and its using in practice.

There were made calculations of the loaded parts in practical part of thesis, process of testing and results of measured value. Manufacturing and assembly drawing and technological procedures of produced parts was added in the annex.

Keywords: friction, coefficient of friction, construction, measurement

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jakubu Javoříkovi, Ph.D. za odborné vedení celé práce, poskytnutí důležitých informací a pozornost, kterou věnoval této práci. Dále bych také rád poděkoval Ing. Jiřímu Šálkovi za přesnou a rychlou výrobu potřebných součástí.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TŘENÍ	12
1.1 TŘECÍ SÍLY V KLIDU	13
1.2 TŘECÍ SÍLY V POHYBU.....	13
1.3 VNĚJŠÍ TŘENÍ.....	14
1.3.1 Smykové tření	14
1.3.1.1 Smykové tření na vodorovné rovině.....	15
1.3.1.2 Smykové tření na nakloněné rovině - spouštění.....	16
1.3.1.3 Smykové tření na nakloněné rovině – zvedání.....	17
1.3.1.4 Součinitel smykového tření	18
1.3.2 Valivé tření.....	19
1.3.2.1 Rameno valivého odporu	19
1.3.3 Čepové tření	20
1.3.4 Tření vláknové	21
1.4 VNITŘNÍ TŘENÍ	22
2 MAZÁNÍ	23
2.1.1 Tření suché, polosuché a kapalinné	23
2.2 DRUHY MAZIV	24
2.2.1 Tuhá maziva	24
2.2.2 Plastická maziva.....	25
2.2.3 Kapalná maziva	25
2.2.4 Plynná maziva	25
3 VYUŽITÍ TŘENÍ V PRAXI	26
3.1 SVĚRNÉ SPOJE	26
3.2 TŘECÍ PŘEVODY	27
3.3 BRZDY.....	28
3.3.1 Mechanické brzdy	28
3.3.2 Proudové brzdy	28
3.3.3 Elektrické brzdy	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
4 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI	31
5 NÁVRH KONSTRUKCE STOLKU	32
5.1.1 Výpočet navrženého stolku	32
5.1.1.1 Kontrola šroubů na střih a otláčení.....	33
5.1.1.2 Kontrola nosného profilu na ohyb	35
5.1.1.3 Kontrola otláčení závitů polohovacích noh	36
5.1.1.4 Kontrola svarů na ohyb.....	36
5.2 NÁVRH KONSTRUKCE KLADKY	37
5.2.1 Výpočet navržené kladky	37
5.2.1.1 Výpočet čepu na střih, otláčení a ohyb	37
5.2.1.2 Kontrola životnosti ložiska	39
5.2.1.3 Kontrola lanka v tahu.....	39

5.2.2	Výpočet třecí síly kladky	39
5.3	NÁVRH KONSTRUKCE SÁNÍ.....	40
5.3.1	Výpočet navržených sání	41
5.3.1.1	Kontrola namáhaného šroubu	41
6	ZKUŠEBNÍ STROJ SHIMADZU AGS-50KNXD	42
6.1	UPÍNACÍ MECHANISMUS ZKUŠEBNÍHO STROJE SHIMADZU AGS-50KNXD	42
7	ZKUŠEBNÍ VZOREK	43
8	ZKOUŠKA	44
8.1	PRŮBĚH ZKOUŠKY	44
9	VÝSLEDKY ZKOUŠKY	46
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
	SEZNAM TABULEK.....	55
	SEZNAM PŘÍLOH.....	56

ÚVOD

S třením a jeho důsledky se v praxi setkáváme prakticky neustále. Tření je fyzikální jev, který vzniká u všech mechanických zařízení. Tento jev může být v některých případech užitečný a žádoucí, například u brzd, svěrných spojů a podobě, ale může být také nežádoucí a vytvářet opotřebení materiálu. Věda, která se zabývá třením, se nazývá tribologie a vychází z poznatků a zkušeností mnoha generací. Její poznatky ovlivňují konstrukční vývoj ve většině odvětví strojírenského průmyslu. Vhodnou aplikaci technologických postupů pro upravení intenzity tření volíme na základě vlastností použitých kontaktních materiálů.

Tření vzniká při pohybu různých materiálu po sobě a tím dochází ke ztrátě vrstvy materiálu z povrchu. Tuto ztrátu materiálu můžeme minimalizovat pomocí úpravy povrchu obou látek, nebo také použitím různých druhů maziv. Těmito kroky snížíme součinitel smykového tření a dosáhneme menšího opotřebení. Naopak, potřebujeme-li dosáhnout větší třecí síly, například u brzd na kole, zvětšíme tlakovou sílu napnutím lanka, nebo změním povrch brzdového špalíku nebo pláště. Tření se projevuje vznikem sil, působících proti vzájemnému posunutí dvou těles, nebo jejich částí. V praxi se setkáme s vnitřním a vnějším třením. Vnitřní tření vzniká při posouvání částic jedné látky po sobě. Vnější tření vzniká, pohybují-li se dvě tělesa po sobě.

Tribologie do sebe zahrnuje poznatky o tření, mazání a opotřebení. V praxi jsou tyto poznatky velmi důležité při konstrukci například ložisek, pístových motorů, ale i v lékařství a kosmetice. Tribologie má také ekonomický význam. Správným volením materiálů, mazání a optimálních podmínek můžeme dosáhnout významných úspor.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TŘENÍ

Tření je proces, který je spojen s pohybem dvou dotýkajících se prvků. V závislosti na hloubce zkoumání rozeznáváme výzkum na úrovni makromodelu a mikromodelu. Při zkoumání na úrovni mikromodelu nahlížíme na tření jako na elementární proces, na rozdíl od makromodelu, kde zohledňujeme celý funkční projev sledovaného modelu. Z hlediska vnějšího i vnitřního odporu tření definujeme jako: ztrátu mechanické energie na začátku, v průběhu nebo na konci relativního pohybu navzájem se dotýkajících materiálových oblastí. Tření může nastat ve čtyřech základních stavech: Tření tuhých těles, tření kapalinové, tření plynné a tření plazmatické. [2]

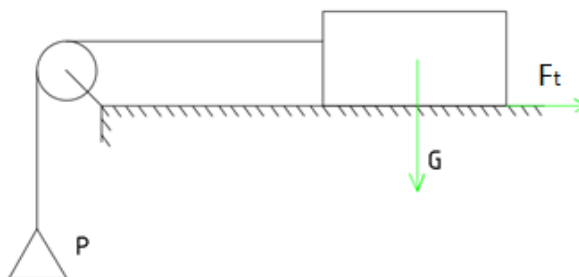
Tření se rozlišuje na tření vnější a tření vnitřní. Odporové síly v případě pohybujícího se tělesa v jakémkoliv prostředí se nazývají odpory prostředí. Je to případ, kdy kapalina lpí na povrchu tělesa, takže vnější tření je potom nekonečně velké a odpor bude závislý hlavně vnitřním tření daného prostředí.

Zvláštní postavení mezi silami, k nimž je třeba přihlížet při vyšetřování pohybu těles, chceme-li se přiblížit skutečným poměrům, mají třecí síly. Tyto síly působí ve formě odporů a to vždy proti pohybu tělesa. Při pohybu jednoho pevného tělesa po druhém tělese, které jsou k sobě přitlačovány alespoň nepatrnou silou, vzniká odpor, který je projevem vnějšího tření. Tento odpor může vznikat, i když jsou tělesa vůči sobě v klidu a vnější síly se snaží uvést toto těleso do pohybu. Tento jev se nazývá statické tření. Z praxe víme, že pro rozpo-
hybování tělesa je nutná větší síla, než když pouze chceme už pohybující se těleso udržet v chodu. Třecí síla vzniká u všech druhů tření. Ostatní síly, které působí na těleso, ho mohou v pohybu podporovat, ale i brzdit. Třecí síly jsou závislé na rychlosti relativního pohybu dvou dotýkajících se těles. Práce, která při tom vzniká, je závislá na tvaru trajektorie relativního přemístění stýkajících se těles. Třecí síly mohou nastat ve dvou případech. První z těchto příkladů nastane tehdy, když máme nepohybující se těleso a postupně na něj působíme silou, která ho uvede do pohybu. Takto vzniklou sílu nazýváme třecí síla v klidu. Druhý případ nastává, když máme už pohybující se těleso a snažíme se jej udržet v pohybu. V tomto případě jde o třecí sílu v pohybu. Tyto dvě síly nejsou rovné, proto je v praxi musíme rozlišovat. [1]

1.1 Třecí síly v klidu

Třecí síly v klidu vznikají, když nepohybující se těleso uvádíme do pohybu pomocí vnější síly. Při pohybu tělesa zjistíme, že síla, kterou potřebujeme pro udržení tělesa v chodu je menší než síla, kterou jsme museli vyvinout při rozpohybování tělesa. Tření v klidu nastává například tehdy, když těleso působí na podložku svou tíhou G . Toto těleso se začne pohybovat tahem určitého závaží P , jako kdyby na dosedací ploše působila nějaká síla F_t , která se nazývá tření v klidu a zadržuje toto těleso, obr2. Tření F_t závisí na stavu styčných povrchů, který vyjadřuje součinitel smykového tření v klidu. V praxi se můžeme setkat i s názvem součinitel adheze. Tření však nezávisí na jejich velikosti, je úměrné hmotnosti tělesa G a vznikne při prvním posunutí tělesa. [3]

$$F_t = f \cdot G \quad (1)$$



Obrázek 1: Tření v klidu

1.2 Třecí síly v pohybu

Tělesu, které už překonalo kritickou sílu, stačí pak k pohybu menší síla P , jako kdyby proti pohybu působilo tření T , které je menší, než tření v klidu. Je-li $T=P$, pohybuje se pak těleso rovnoměrně. Tření za pohybu je úměrné hmotnosti tělesa a nezávisí na velikosti styčné plochy. Konstanta, která nám popisuje styčné plochy, se nazývá součinitel smykového tření v pohybu. Pokud je těleso v klidu, nedá se určit, kterým směrem by tření působilo, směr tření se ukáže teprve po uvedení tělesa do pohybu. Potom bude působit vždy proti směru pohybu tělesa. Zvláštní výjimku zde tvoří případ oceli a ledu, kde je velmi nízký součinitel tření. Postupným táním ledu se mění tření za sucha na tření s mazáním. [3]

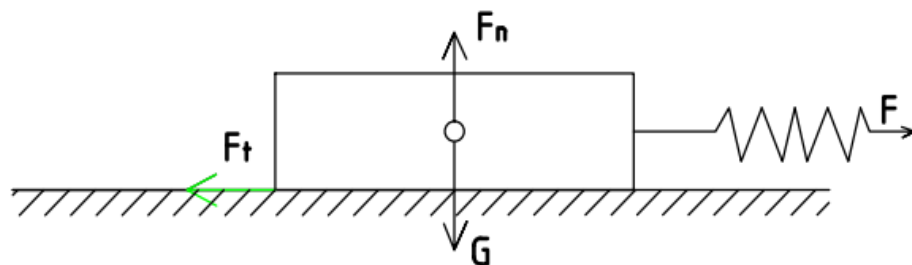
$$T = \mu \cdot G \quad (2)$$

1.3 Vnější tření

Vnější tření je jev, který vzniká na styčné ploše dvou pevných těles, vyjadřuje i sílu, která při tomto pohybu vznikne. Relativně velké vnější tření se snažíme nahradit vnitřním třením kapalin, proto na tyto styčné plochy naneseeme vrstvu maziva. Mazivem může být libovolná tekutina, nebo i prášková hmota. V technické praxi mají největší význam oleje a tuky. Vnější tření můžeme rozdělit na smykové tření, valivé tření, čepové tření a tření suché, polosuché a kapalné. [4]

1.3.1 Smykové tření

Smykové tření vzniká při kontaktu dvou vzájemně se pohybujících těles. Toto tření se projevuje silou, která má opačný smysl vzhledem k rychlosti relativního pohybu kontaktních ploch. Tato síla leží ve společné kolmé rovině k povrchům obou těles. Tato síla se nazývá třecí síla a označujeme ji F_t . Její velikost nám určuje Coulombův zákon. Existenci smykového tření poznáme na jednoduchém pokusu, obr. 2. Těleso se pohybuje stálou rychlostí po rovině, která má určitou drsnost. Podle prodloužení pružiny poznáme sílu potřebnou k udržení rovnoměrného pohybu. Pokus opakujeme při různých rychlostech. Zjistíme, že v určité oblasti rychlostí je síla potřebná k udržení konstantní rychlosti přibližně stálá, takže i síla smykového tření bude přibližně stálá. Z tohoto pokusu víme, že síla smykového tření nezávisí na rychlosti smýkání, a taky není závislá na silách působících ve směru pohybu. [5]



Obrázek 2: Smykové tření

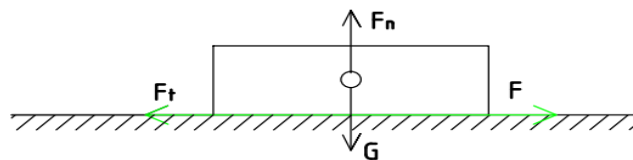
1.3.1.1 Smykové tření na vodorovné rovině

Máme-li těleso o určité tíze G umístěno na vodorovné rovině a začneme na něho působit silou F , která se toto těleso snaží rozpohybovat. Proti pohybové síle F nám působí třecí síla F_t , která naše těleso brzdí v pohybu. Reakci od podložky nám zastupuje síla F_n , která působí proti tíze tělesa. Vlastnosti podložek nám vyjadřuje součinitel smykového tření, který se rovná podílu třecí síly a síly normálové, nebo podílu pohybové síly a tíze tělesa, viz obr. 3. V tomto případě platí podmínky silové rovnováhy, takže: [6]

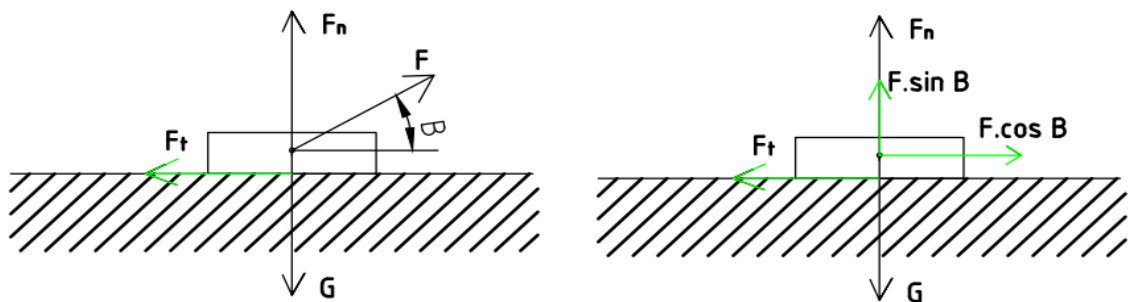
$$F = F_t \quad (3)$$

$$F_n = G \quad (4)$$

$$F_t = F_n \cdot f \quad (5)$$



Obrázek 3: Silové poměry při pohybu po vodorovné rovině



Obrázek 4: Posuv tělesa po vodorovné rovině silou, která je odkloněna od vodorovné roviny

$$F_n - G + F \cdot \sin B = 0 \quad (6)$$

$$-F_t + F \cdot \cos B = 0 \quad (7)$$

$$F_t = F_n \cdot f \quad (8)$$

$$F = G \frac{f}{\cos B + f \cdot \sin B} \quad (9)$$

1.3.1.2 Smykové tření na nakloněné rovině - spouštění

Pokud je předmět umístěn na vodorovné rovině, je gravitační síla kolmá na povrch a má opačný směr než tlaková síla podložky. Obě síly se v případě nakloněné roviny vyruší. Umístíme-li však těleso na nakloněnou rovinu, část gravitační síly se nevyruší a může stáhnout těleso dolů. Těleso o jisté hmotnosti m klouže po nakloněné rovině z výšky h , bez počáteční rychlosti. Na těleso působí reakční síla, která je vždy kolmá k nakloněné rovině. Tíhovou sílu rozložíme na dvě složky, které budou navzájem kolmé. Získáme tak normálovou, tedy reakční sílu F_g a posouvající sílu F_p , viz obr. 4. Aby byl zajištěn pohyb tělesa, musí být síla F_p větší, než je síla třecí. Je-li tomu tak těleso se posouvá směrem dolů. Síla F_p je složka tíhové síly a je závislá na úhlu nakloněné roviny. [3,6]

$$F_p = G \cdot \sin \alpha \quad (10)$$

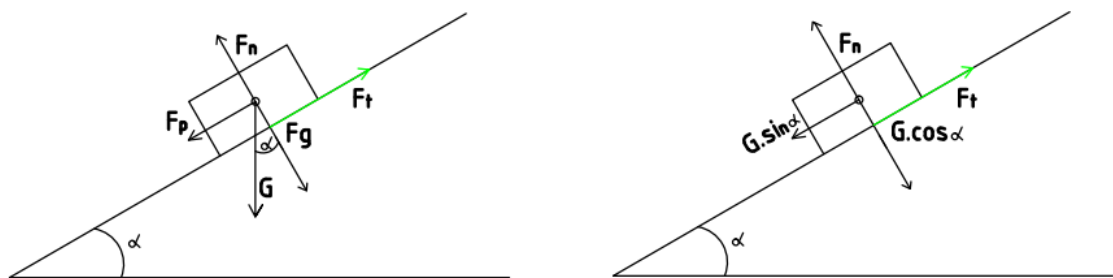
$$F_g = G \cdot \cos \alpha \quad (11)$$

$$F_t = F_n \cdot f \quad (12)$$

$$f = \frac{G \cdot \sin \alpha}{G \cdot \cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha \quad (13)$$

$$F_p = m \cdot a \quad (14)$$

$$a = g \cdot \sin \alpha \quad (15)$$



Obrázek 5: Silové poměry na nakloněné rovině při spouštění tělesa bez působení vnějších sil

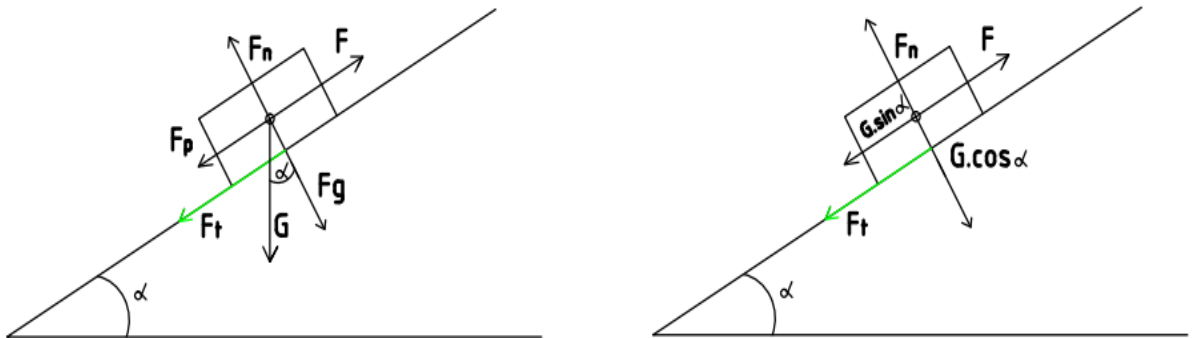
1.3.1.3 Smykové tření na nakloněné rovině – zvedání

Zvedání tělesa po nakloněné má jednoduchý princip. Nakloněná rovina je odkloněná od vodorovné podložky o úhel α . Po této rovině je sunuto těleso silou F . Nakloněná rovina šetří sílu potřebnou ke zdvižení tělesa. Velikost této síly závisí na úhlu odklonění podložky. Proti síle F , kterou se tlačí těleso po podložce směrem nahoru, působí třecí síla F_t a část tíhové síly G , která je závislá na úhlu stoupání. Druhá složka tíhové síly nám přitlačuje těleso k povrchu podložky a je kolmá na nakloněnou rovinu.

$$F_p = G \cdot \sin \alpha \quad (16)$$

$$F_g = G \cdot \cos \alpha \quad (17)$$

$$F_t = F - G \cdot \sin \alpha \quad (18)$$



Obrázek 6: Silové poměry na nakloněné rovině při zvedání tělesa

1.3.1.4 Součinitel smykového tření

Součinitel smykového tření je konstanta úměrnosti, která je závislá na látkách obou těles, jakosti dotykových ploch, drsnosti povrchu a v jisté míře je závislý i na rychlosti klouzání těles. Závislost součinitele smykového tření za pohybu na rychlosti je málo výrazná, a to hlavně při malých rychlostech, a zpravidla se k ní nepřiblíží. Vztáhneme-li však tento součinitel také na tření za klidu tak, že určíme maximální hodnotu, jíž síla tření může dosáhnout, aniž ještě nastane vzájemný smyk těles, pak jeho velikost je znatelně větší za klidu než za pohybu. Odpor, které vznikají při pohybu pevného tělesa v kapalinách, nebo plynech nazýváme odpor prostředí. Orientační hodnoty součinitelů smykového tření viz tabulka 1. [1]

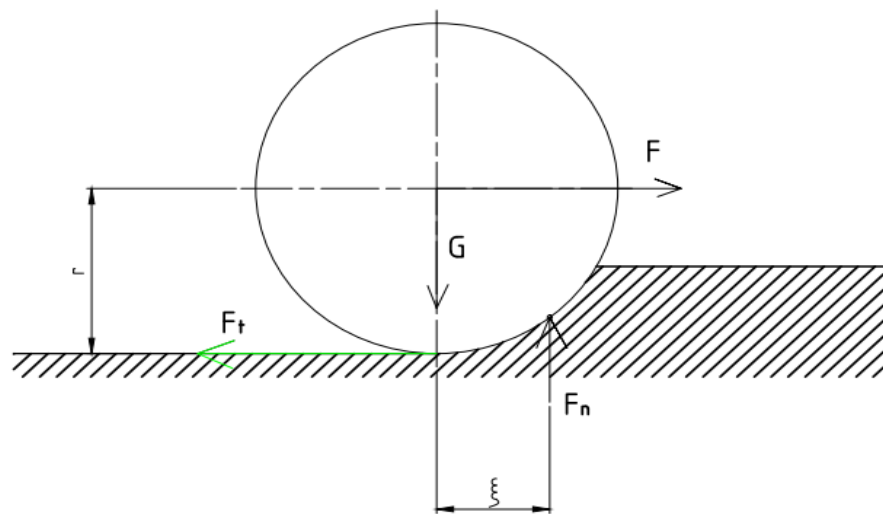
Materiály, které se po sobě třou	f v klidu			μ za pohybu		
	Za sucha	Mazáno		Za sucha	Mazáno	
		olejem	vodou		olejem	vodou
Ocel po oceli	0,15	0,1	-	0,1	0,01	-
Ocel po litině nebo bronzu	0,18	0,1	-	0,16	0,01	-
Kov po dřevě	0,2-0,6	0,1	-	0,1-0,4	0,05	0,24
Dřevo po dřevě	0,3-0,65	0,2	0,7	0,3	0,1	0,25
Kůže po kovu	0,6	0,25	0,62	0,25	0,12	0,36
Kůže (řemen) po dřevě	0,27	-	-	0,47	-	-
Pryž po betonu	0,7	-	-	0,8	-	-
Pryž po asfaltu	0,7-0,8	-	-	0,5-0,6	-	-
Ocel po ledu	-	-	-	0,027	-	-
Bronz po bronzu	0,25	0,1	0,11	0,6-0,8	0,06	0,12

Tabulka 1: Tabulka hodnot součinitele smykového tření za klidu i za pohybu pro různé materiály. [4,6,9,11]

1.3.2 Valivé tření

Valivé tření vzniká, když valíme těleso po rovině. Tímto valením vzniká odpor proti pohybu, kterému říkáme valivé tření. Zavedeme tedy součinitel valivého tření ξ , zvaný také rameno tření. Součinitel tření je tím menší, čím je valící se součástka a podložka tvrdší a pružnější. Valivé tření nezáleží jen na deformaci podložky. Vzniká i v případě, kdy máme dvě dokonale tuhá tělesa, kdy je deformace prakticky nulová. Na dosedací ploše vznikají příčná prodloužení, to je vlastně vlečné místní tření a tření valivé je vlastně jen zvláštním druhem smykového tření. Na těleso, které se valí po podložce, působí normálová síla F_n , která způsobuje deformaci tělesa. Pokud by byly obě tělesa dokonale pružná, byla by potom reakce od podložky záporná hodnota normálové síly. Valící se těleso má poloměr r a je hnáno dopředu silou F . [4, 11]

$$F = \frac{\xi}{r} \cdot G \quad (19)$$



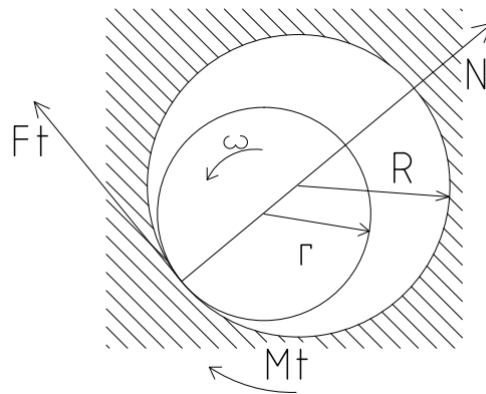
Obrázek 7: Síly působící na těleso valící se po rovinné podložce

1.3.2.1 Rameno valivého odporu

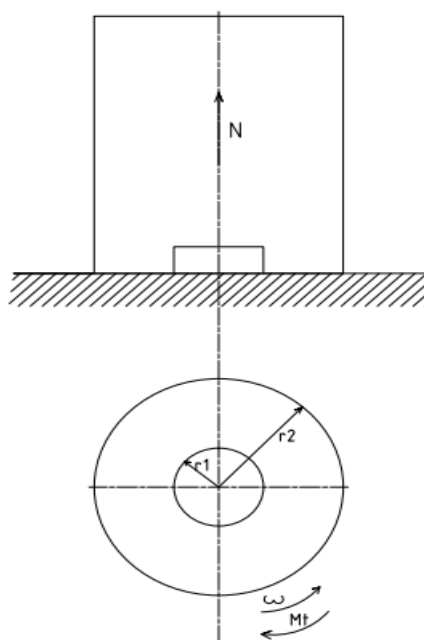
Odpor při valení se projevuje takzvaným odporovým účinkem. Při valení válce o poloměru R na rovné podložce se tento účinek projevuje tím, že vlivem deformace válce i podložky se nositelka a reakce posune ve směru valení o takzvané rameno valivého odporu. Podmínka valení vyžaduje, aby reakce mezi válcem a podložkou byla menší než smyková síla, příslušející normálové reakci. [3]

1.3.3 Čepové tření

Čepové tření je v praxi nejdůležitější případ tření u kluzných ložisek. Toto tření se projevuje momentem čepového tření, působícím proti smyslu otáčení. Protože jde o výsledný moment třecích sil smykového tření, lze jej na základě toho početně určit. Čepové tření platí pro případ nezaběhnutého čepu, kdy čep a pánev se dotýkají v malé plošce. Proces zabíhání lze popsat v případě, kdy po záběhu vznikne dosedací plocha mezi čepem a pávní s konstantním měrným tlakem, protože partie s vyšším tlakem se rychleji opotřebují. Druhý způsob popsání tohoto procesu nastane, když opotřebení ve směru zátěžné síly je v celé dosedací ploše stejné a tlak však není rovnoměrně rozložen. Čepové tření můžeme rozdělit na axiální a radiální. [3]



Obrázek 8: Čepové tření radiálního ložiska se smykovým třením



Obrázek 9: Čepové tření axiálního ložiska se smykovým třením

1.3.4 Tření vláknové

Vláknové tření vzniká při smýkání lan a pásů po nehybné válcové ploše. Lano vedené kolem kotouče tak, že jej obepíná v úhlu α . Působí-li na kotouč moment M , snaží se kotouč otáčet ve směru působícího momentu a vzhledem k existujícímu tření lano strhnout sebou. Síla je vždy větší na straně, kde lano opouští válcovou plochu. Velikost zvětšení této síly je závislá na úhlu opásání, na použitém nosném prvku a na drsnosti válcové plochy. Síly tedy nebudou rovné. Se zmenšujícím se poloměrem kladky roste i tlak na ni působící. Vztahy pro vyjádření poměru sil nám vyjadřují Eulerovi vzorce. Ty odvodíme vyšší matematikou a platí i pro případ, kdy s úhlem α se mění po délce poloměr křivosti bubnu. Dále také nemusí lano po celém úhlu opásání doléhat na kladku.

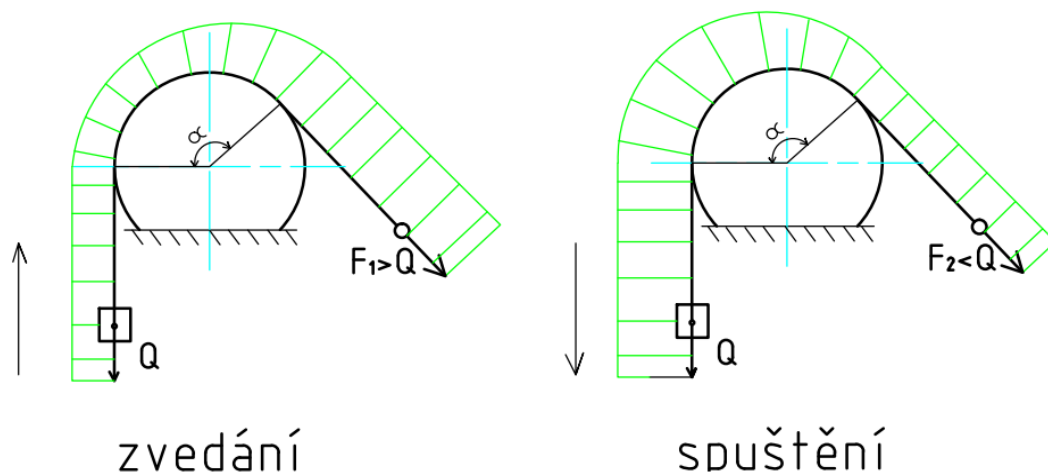
Je-li součinitel tření mezi lanem a bubnem f , bude pro zvedání platit vztah:

$$Q \cdot e^{f\alpha} = F_1 \quad (20)$$

Pro spouštění potom bude platit:

$$Q = F_2 \cdot e^{f\alpha} \quad (21)$$

[3, 5, 6]



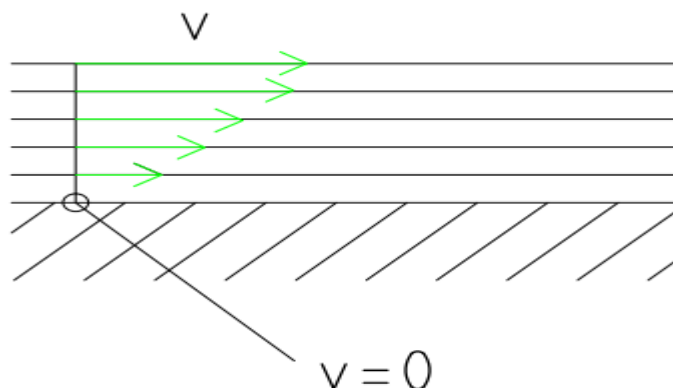
Obrázek 10: Vláknové tření při zvedání a spuštění

1.4 Vnitřní tření

Vnitřní tření vzniká vzájemným působením částic tekutin. Tekutiny, které mají větší vnitřní tření, proudí pomaleji než tekutiny, které toto tření mají malé. Příkladem vnitřního tření je proudící voda v přímém korytu. Proudí-li voda tímto korytem, můžeme si všimnout, že vrstva vody těsně přiléhající ke dnu je v klidu. Rychlost tekutiny roste s vzdáleností od stěny koryta. Nejrychlejší tok je tedy uprostřed koryta. Toto chování, které je společné pro všechny tekutiny vysvětlujeme působením vnitřního tření. To je způsobeno přilnavostí stěny koryta. Protože rychlost proudění přechází plynule od nuly do maximální rychlosti, nastává tření mezi jednotlivými vrstvami kapaliny, které mají nestejně rychlosti. Kdyby se rychlost mezi vrstvami neměnila, nepůsobili by jednotlivé vrstvy na sebe, to znamená, že tečné napětí by bylo nulové. Z toho vyplývá, že čím větší je tečné napětí, tím větší je i rychlost mezi vrstvami. Tuto změnu rychlosti, kterou bychom pozorovali při postupu od vrstvy k vrstvě kolmo ke směru proudění, můžeme charakterizovat podílem přírůstku rychlosti mezi dvěma vrstvami dv a vzdálenosti od sebe dy ve směru kolmém k proudu. Konstantu úměrnosti η nazýváme dynamickou viskozitou. Převrácenou hodnotou dynamické viskozity získáme tečutost φ . [1]

$$\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dy} \quad (22)$$

$$\varphi = \frac{1}{\eta} \quad (23)$$



Obrázek 11: Proudění reálné tekutiny uvnitř koryta – průběh rychlosti proudění

2 MAZÁNÍ

Má-li dojít k pohybu dvou těles, které se spolu stýkají v rovinné nebo válcové ploše, musí být překonána tečná síla. Tělesa mají na povrchu určitou drsnost, která je závislá na stupni obrábění. Jedná se o složitý děj, v kterém musí být zahrnuty poznatky z oblasti tření, mazání, opotřebení pro návrh konstrukce a provoz daného zařízení. To je předmětem disciplíny, která se nazývá tribologie.

Tření vzniká vlivem adheze a prohlubní povrchu, kde dochází k vzájemnému odtrhávání povrchu a tělesa se vzájemně zdrsňují. Vliv mazání se přisuzuje absorpci molekul maziva a zrychleným pohybům dislokací. Ztráty při tření se rozdělují na dvě části, na ztráty ve stykových místech a ztráty v olejové vrstvě. Je-li olejový film poddajný, bude tření v mazivu malé. Důležité je však tření ve stykových plochách, zde je největší pravděpodobnost styku třecích ploch. Olejový film musí zabránit styku obou povrchů a podporovat vznik kapalinného tření.

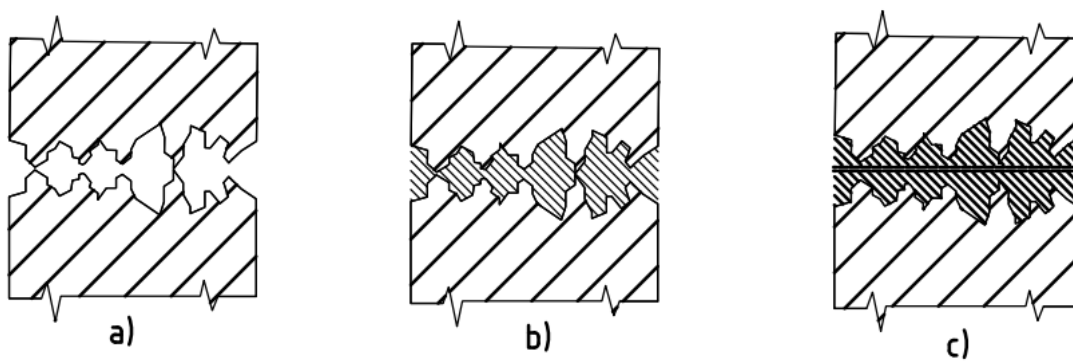
Maziva volíme podle schopnosti udržet tření v požadovaném stavu, při naprosté provozní spolehlivosti. Vlastnosti maziva ovlivňují pomocí svých částic, které se účastní na pochodu v mezní vrstvě nejen zatížitelnost, ale i hodnotu součinitele tření. V praxi jsou nejpoužívanější kapalná maziva, které mají relativně vysokou viskozitu a tím v kluzných uložení umožňují hydrodynamické mazání v širokém rozsahu provozních podmínek. Viskozita maziva je však závislá i na teplotě, proto zavádíme takzvaný viskozitní index. Čím větší je tento index, tím menší bude závislost na teplotě.[7]

2.1.1 Tření suché, polosuché a kapalinné

V praxi se rozeznávají tyto tři případy, podle stavu povrchů materiálu. Při suchém tření na sobě leží naprosto čisté povrchy. Bude-li tlak povrchů na sebe p , je k posunutí síla T , která bude rovna součinu součinitele smykového tření a právě tohoto tlaku. V praxi má suché tření význam při narážení, u ložisek je příčinou zadření.

V případě kapalinného tření je mezi povrchy mazací tekutina, plochy se vůbec nestýkají. Součinitel smykového pak nezávisí na materiálu povrchů, ale mění se s viskozitou maziva, která s rostoucí teplotou klesá. Součinitel tření se mění jako rychlost, s rostoucím měrným tlakem a tloušťkou maziva klesá.

Polosuché tření, takzvané mezní tření je případ, kdy je mazivo účinné jen částečně, někde se povrchy součástí i dotýkají. V případě ložiska může nastat při rozebíhání nebo zastavování ložiska. Je to příčinou vysokého měrného tlaku v ložisku, při malé rychlosti, nízké viskozitě, nedostatku maziva a dosedacích rovnoběžných plochách. Součinitel tření u polosuchého tření roste s rostoucím měrným tlakem a klesá s rostoucí rychlostí pohybu. V praxi u ložisek nedosáhneme podmínek, abychom mohli splnit kapalinové tření. Také zvyšujeme měrný tlak ložisek, což způsobuje velmi malé vůle. Kapalinové tření přechází v tření polosuché, které je dosud málo prozkoumáno. Mezní tření závisí na vlastnostech materiálu čepu i pánve, na jakosti povrchu a na olejnatosti maziva. [4]



Obrázek 12: a) Tření suché, b) tření polosuché, c) tření kapalinové

2.2 Druhy maziv

Maziva dělíme podle druhu skupenství na pevná kapalná a plynná. Dále je můžeme rozdělit na podle původu na maziva rostlinného, živočišného a minerálního původu. V praxi se můžeme setkat s použitím dvou maziv o různé viskozitě, nebo i skupenství.

2.2.1 Tuhá maziva

Tuhá maziva používáme k mazání nepřístupných míst, při přerušovaném provozu a vysokých teplotách. Rozdělují se na anorganická, chemicky nanášená maziva, měkké kovy, alkalická mýdla a vosky a tuhá maziva sloužící pro zvláštní účely, ty mají nevýhodu ve špatném vedení tepla.

Mezi anorganická maziva s krystalickou mřížkou patří zejména grafit, kyslík a kyslík molybdenu, selen, wolfram a nitrid boru. Do chemicky nanášených maziv se řadí

filmy sulfidů, chloridů a fosfátů. Měkké kovy se používají pro kluzné plochy, kde se předpokládá možnost mezního polosuchého tření. Patří sem olovo, cín, měď, zinek, indium a jiné. Alkalická mýdla a vosky se používají jako vosk přírodní, nebo umělý. Jsou to například živočišné tuky, sodnan vápenatý, hlinitá a zinečnatá mýdla.

2.2.2 Plastická maziva

Jde o minerální oleje, které jsou zahuštěné přísadou různých mýdel a mastných kyselin. Používají se zejména pro ložiska, které pracují při nízkých rychlostech a velkých tlacích a pro těžce přístupná a málo mazaná místa u různých zařízení. Tyto maziva mají velký třecí odpor na rozdíl od oleje, takže se nehodí pro rychloběžné součásti. Kromě maziv z minerálních olejů se vyrábějí i umělá plastická maziva, s vysokým viskózním indexem. Kapalnou fázi většinou tvoří ropné oleje a pevnou fázi tvoří soli mastných kyselin.

2.2.3 Kapalná maziva

Jsou nejpoužívanější a nejstarší maziva organického původu. Jsou to v podstatě estery mastných kyselin. Mají však jednu velkou nevýhodu a tou je rychlé stárnutí. Proto se tato maziva nikdy nepoužívají samostatně. Většina se jich rozpouští v minerálních olejích a tím zlepšují jejich vlastnosti. Minerální oleje jsou u nás roztríděny podle jakosti a vhodnosti použití do jednotlivých skupin. Jsou to jakosti ložiskové oleje, ložiskové oleje s přísadou, turbínové oleje, trvanlivé kompresorové oleje, běžné ložiskové oleje, tmavé oleje a ve speciálních případech se používají umělá kapalná paliva. Viskozita maziva nezávisí jen na teplotě, ale i na tlaku, druhu proudění a rychlostním spádu. Viskozita s rostoucí teplotou začne klesat, ale s rostoucím tlakem viskozita maziva stoupá.

2.2.4 Plynná maziva

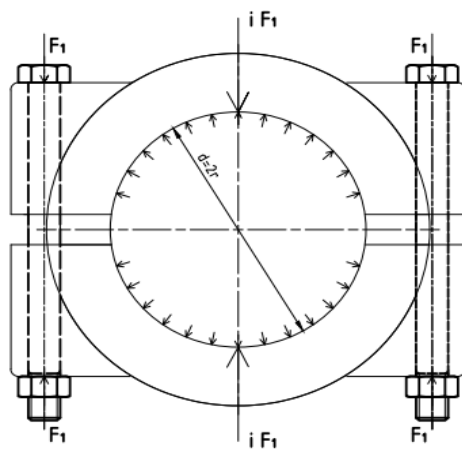
Používají se v případech, kdy se jiné druhy maziv za provozu porušují, nebo odpařují a taky tam, kde běžná maziva způsobují znečištění výrobku. Jsou typické nízkou viskozitou, ta se s rostoucí provozní teplotou zvětšuje. S rostoucím tlakem se však viskozita plynných maziv nemění. Tyto maziva se používají například pro ložiska s vysokými otáčkami při malém tlaku. Díky jejich stálosti vůči radioaktivnímu záření se používají i u oběhových čerpadel plynem chlazených reaktorů. Jejich pracovní teplota může být až 1000°C. [7]

3 VYUŽITÍ TŘENÍ V PRAXI

Tření v praxi je důležité pro zastavení jakéhokoliv tělesa, které má určitou kinetickou energii. Příkladem mohou být brzdy, třecí převody a další. Vznik tření je zároveň provázen vznikem tepla. Díky tomu může docházet k rychlému opotřebení součástí. Třecí síla se zmenšuje broušením a leštěním dotykových ploch. Pomocí třecích sil můžeme přenášet i krouticí momenty. K tomu nám slouží svěrné spoje.

3.1 Svěrné spoje

Svěrné spoje slouží k pevnému a snadnému rozebíratelnému spoji dvou strojních součástí. Jedna část spoje je buď to sevřena, nebo vzepřena v druhé součásti. Při tom dochází k pružné deformaci. Ve stykových plochách vzniká odpor, kterému říkáme tření, který stačí ke spojení obou součástí a k přenosu sil a kroutícího momentů. Svěrné spoje se používají především v případech, má-li se spoj často uvolňovat, mění vzájemné poloha spojených součástí, nebo když se jejich poloha nastavuje až při montáži. Svěrné spoje se vyrábí v mnoha provedení. Příklad svěrného spoje je svěrný spoj s válcovou stykovou plochou, viz obr. 10. [7,9]



Obrázek 13: Svěrný spoj s válcovou stykovou plochou

$$i \cdot F_1 = d \cdot l \cdot p \quad (22)$$

$$M_{t \max} = \frac{\pi}{2} \cdot d^2 \cdot l \cdot p \cdot f = \frac{\pi}{2} \cdot i \cdot d \cdot F_1 \cdot f \quad (23)$$

$$M_{t \text{ skut}} = n \cdot i \cdot d \cdot F_1 \cdot f \quad (24)$$

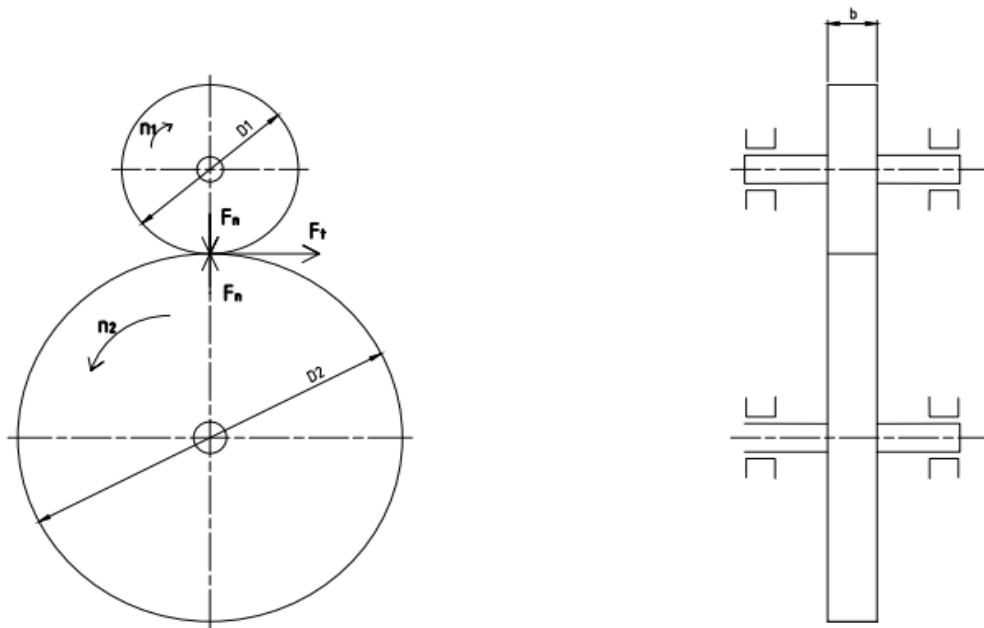
$$M_{t \min} = i \cdot d \cdot F_1 \cdot f \quad (25)$$

3.2 Třecí převody

Třecí převody se používají pro přenos menších výkonů na blízké, rovnoběžné, nebo různoběžné hřídele. Třecí převody mají výhody především v tom, že tlumí rázy prokluzováním při proměnlivém zatížení, změně rychlosti, obracení chodu a při zapínání stroje. Jsou také velice tiché a můžeme je upravit jako převody vratné, nebo převody s měnitelným převodovým poměrem a plynulou změnou otáček. Další výhodou je jednoduchá konstrukce a malé požadavky na přesnost výroby.

Nevýhodou těchto převodů je nestejný přenášený pohyb a výkon, nepřesný a kolísavý převodový poměr, k přenosu výkonů je potřeba vyvinout značnou přitlačnou sílu, která přenáší na hřídele a ložiska velké zatížení. Při častém zapínání a přetížení kola prokluzují a dochází k opotřebení a zahřívání kol.

U třecích převodů se přenáší pohyb a obvodová síla mezi třením mezi hnacím a hnaným kolem. Tyto kola se mohou dotýkat, nebo je mezi nimi spojovací člen. Pracovní plochy kol se na sebe musí přitlačit normálovou silou. [8, 10]



Obrázek 14: Silové poměry u třecích převodů

$$F_n = \frac{k \cdot F_t}{f} \quad (26)$$

$$F_t = \frac{1000 P}{v} \quad (27)$$

3.3 Brzdy

Brzdy jsou zařízení pro snížení rychlosti, omezení otáček, nebo k úplnému zastavení strojů, popřípadě udržení stroje v klidové poloze. Ve strojírenské praxi se nejčastěji setkáme s mechanickými brzdami. Ovládání mechanických brzd může být mechanické, hydraulické, elektrické nebo pneumatické. Další druhy brzd jsou proudové a elektrické. Princip činnosti brzd je založen na snižování pohybové energie posuvných, nebo otáčivých hmotností, která se třením mění na tepelnou energii. Bržděním se u strojů nejčastěji zpomaluje otáčivý pohyb, který se brzdí brzdícím momentem M_b , který musí být z bezpečnostních důvodů větší, než moment hnací.

3.3.1 Mechanické brzdy

Brzdného účinku se u mechanických brzd dosáhne silovým působením, které vyvolá smykové tření mezi vhodně uzpůsobenými třecími plochami. Ovládání brzd může být ruční, pružinami, závažím, elektromagneticky, pneumaticky nebo hydraulicky. Podle účelu je možno brzdy rozdělit na brzdy stavěcí a spouštěcí.

Stavěcí brzdy mají za úkol zastavit stroj nebo ústrojí, které koná posuvný, nebo rotační pohyb. Musí působit i při výpadku elektrického proudu a zastavení je u nich rovnoměrné. Naproti tomu brzdy spouštěcí slouží k zpomalení pohybu například při spouštění břemen. Brzda překonává moment břemene. Při jejich činnosti jsou více namáhány, proto se rychle zahřívají. Síly, které působí na brzdy, dělíme na axiální a radiální. Mezi mechanické brzdy patří například čelist'ové brzdy bubnové, špalíkové brzdy, pásové brzdy, kotoučové brzdy a součtové pásové brzdy.

3.3.2 Proudové brzdy

Tyto brzdy se používají při dlouhodobých zkouškách motorů. Pracují na principu vnitřního tření tekutin. Jejich účelem je, aby ztráty v brzdě byly co největší, proto rotor i stator jsou opatřeny lopatkami, nebo kolíky, které co nejvíce zabraňují proudění tekutiny v brzdě. Brzdící moment se reguluje množstvím tekutiny v brzdě. Podle stupně naplnění vnitřního prostoru brzdy se otáčením rotoru vytvoří uvnitř statoru prstenec různé hustoty, kterému lopatky kladou odpor. Vytváří se tak reakční brzdící moment, který se zjišťuje měřením síly působící na výkyvném konci ramene statoru. Tyto brzdy jsou náročné na chlazení. Proudové brzdy pracují prakticky bez opotřebení a jejich seřizování je plynule nastavitelné.

3.3.3 Elektrické brzdy

U elektrických brzd je vybuzením elektromagnetického pole dosaženo k brzdnému účinku. Elektrické brzdy jsou například dopravní prostředky nebo zdvihadla, k jejichž pohonu je použito elektromotorů, které brzdí protiproudem nebo přepnutím do generátorového provozu. Ve strojírenství se používají elektrické brzdy indukční, u nichž se využívají vířivé proudy. Brzdy jsou konstrukčně odvozeny od indukčních spojek. Vířivé proudy se indukují v rotoru, když je do vinutí válcového tvaru statoru zaveden střídavý proud. K brždění dochází po vzájemném působení magnetických polí ve vinutí rotoru. Brzdy mohou být provedeny jako asynchronní, vířivé a synchronní. [10]

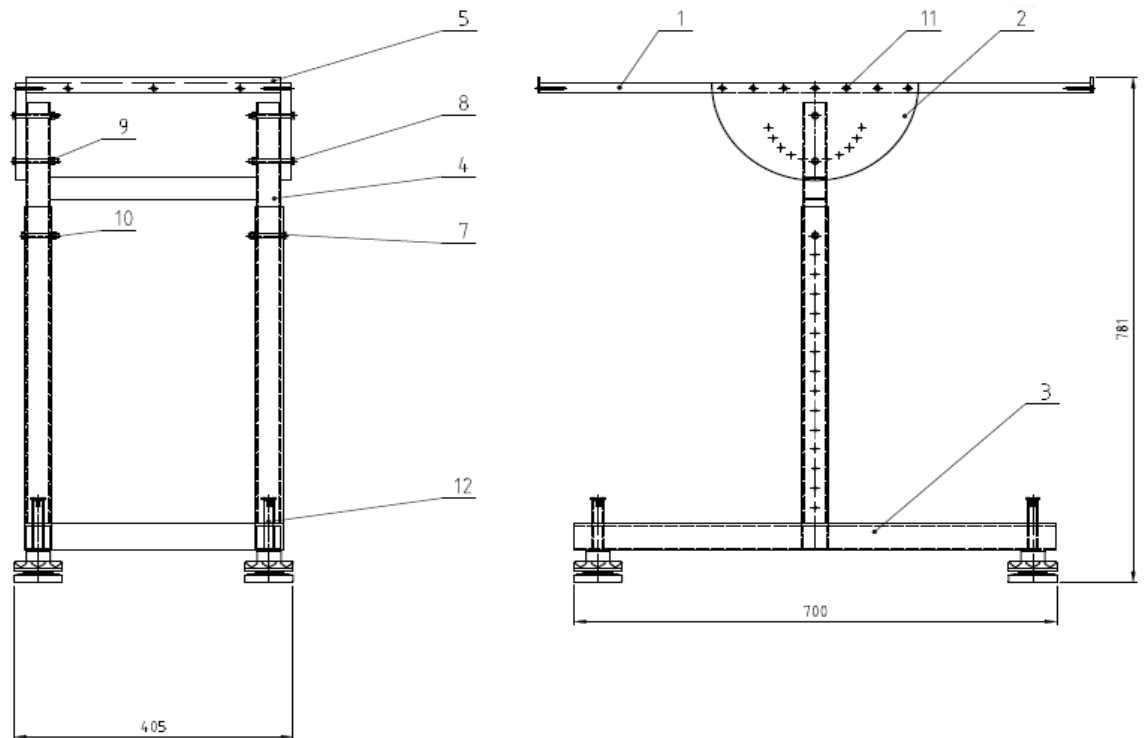
II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem praktické části v této práci bylo navržení přípravku pro měření součinitele smykového tření. Přípravek se skládá ze stolku, lanka, sání, na které upínáme zkušební vzorky a kladky, která se upne na trhací stroj SHIMADZU AGS-50kNXD. Vyrobené zařízení bylo navrženo s ohledem na maximální funkčnost, jednoduchost a ekonomickou nenáročnost. Potřebné tvary a rozměry jednotlivých součástí jsou přiloženy na výkresech v příloze.

5 NÁVRH KONSTRUKCE STOLKU

Stolek byl navržený tak, aby se přizpůsobil měřicím zařízením. Horní deska je polohovatelná v rozmezí od -75° do 75° . Pracovní výška stolu je v rozmezí od 771 mm do 1234 mm.



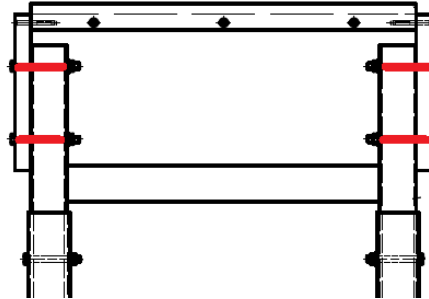
Obrázek 15: Návrh stolku

5.1.1 Výpočet navrženého stolku

Výpočet stolku spočívá v kontrole šroubů na stříh a otláčení. Dále kontrola svaru, otláčení v závitech polohovacích noh a kontrola nosného profilu na ohyb. Pro výpočty uvažujeme maximální hmotnost závaží $m = 25 \text{ Kg}$.

5.1.1.1 Kontrola šroubů na stříh a otláčení

Kontrola šroubů M6 x 62



Obrázek 16: Namáhání šroubu M6 x 62

Dáno: Materiál 11600, jmenovitý průměr šroubu $d = 6\text{mm}$, dovolené otláčení $p_D = 110\text{MPa}$, dovolené napětí ve stříhu $\tau_D = 125\text{MPa}$, maximální hmotnost závaží $m_1 = 25\text{ Kg}$, hmotnost desky stolu $m_2 = 2,75\text{ Kg}$, hmotnost postranních nosičů $m_3 = 1,04\text{ Kg}$, tloušťka stěny vnitřního polohovacího profilu $s = 3\text{mm}$ tloušťka nosičů $t = 15\text{ mm}$,

Výpočet zatěžující síly:

$$m = m_1 + m_2 + 2(m_3) = 25 + 2,75 + 2(1,04) = 29,83\text{ Kg}$$

$$F = m \cdot g = 29,83 \cdot 9,81 = 292,7\text{ N}$$

Stříh:

$$\tau = \frac{F}{A} \leq \tau_D$$

$$\tau = \frac{F}{i \cdot A} = \frac{F}{4 \cdot \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{292,7}{4 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2}{4}} = 2,6\text{MPa}$$

$$\tau \leq \tau_D \quad 2,6\text{MPa} \leq 125\text{MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Otláčení:

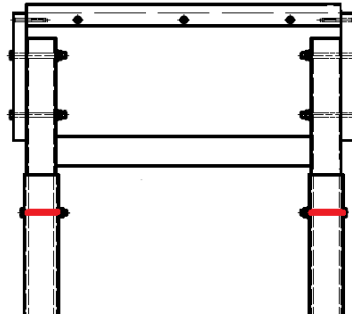
$$p = \frac{F}{A} \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{F}{A} = \frac{F}{4 \cdot d \cdot t} = \frac{292,7}{4 \cdot 6 \cdot 15} = 0,82\text{MPa}$$

$$p_2 = \frac{F}{A} = \frac{F}{4 \cdot d \cdot 2 \cdot s} = \frac{292,7}{4 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 3} = 2,03\text{MPa}$$

$$p_2 \leq p_D \quad 2,03\text{MPa} \leq 110\text{MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola šroubů M6 x 50



Obrázek 17: Namáhání šroubu M6 x 50

Dáno: Materiál 11600, jmenovitý průměr šroubu $d = 6\text{ mm}$, dovolené otláčení $p_D = 110\text{ MPa}$, dovolené napětí ve stříhu $\tau_D = 125\text{ MPa}$, maximální hmotnost závaží $m_1 = 25\text{ Kg}$, hmotnost desky stolu $m_2 = 2,75\text{ Kg}$, hmotnost postranních nosičů $m_3 = 1,04\text{ Kg}$, hmotnost polohovadla $m_4 = 4,615\text{ Kg}$, tloušťka stěny vnitřního polohovacího profilu $s = 3\text{ mm}$, tloušťka vnějšího polohovacího profilu $t = 2\text{ mm}$,

Výpočet zatěžující síly:

$$m = m_1 + m_2 + 2(m_3) + m_4 = 25 + 2,75 + 2(1,04) + 4,615 = 34,5\text{ Kg}$$

$$F = m \cdot g = 34,5 \cdot 9,81 = 338,5\text{ N}$$

Střih:

$$\tau = \frac{F}{A} \leq \tau_D$$

$$\tau = \frac{F}{i \cdot 2 \cdot A} = \frac{F}{2 \cdot 2 \cdot \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{338,5}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2}{4}} = 3\text{ MPa}$$

$$\tau \leq \tau_D \quad 3\text{ MPa} \leq 125\text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

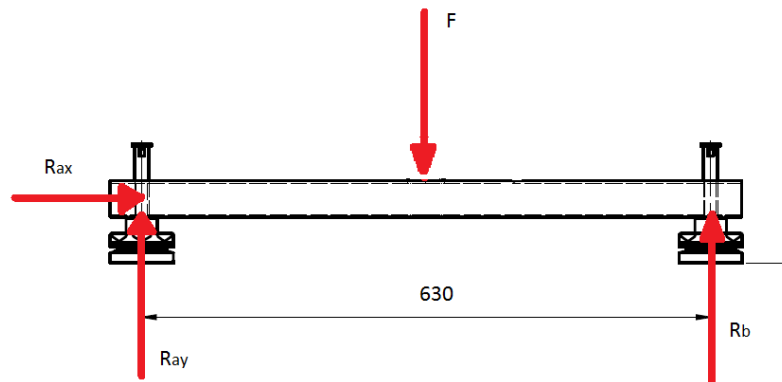
Otláčení:

$$p_1 = \frac{F}{A} = \frac{F}{2 \cdot 2 \cdot t \cdot d} = \frac{338,5}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 6} = 7,05\text{ MPa}$$

$$p_2 = \frac{F}{A} = \frac{F}{2 \cdot 2 \cdot s \cdot d} = \frac{338,5}{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 6} = 4,7\text{ MPa}$$

$$p_1 \leq p_D \quad 7,05\text{ MPa} \leq 110\text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.1.1.2 Kontrola nosného profilu na ohyb



Obrázek 18: Zatížení nosného profilu

Dáno: dovolené napětí v ohybu $\sigma_{D0} = 135 \text{ MPa}$, vzdálenost podpor $l = 630 \text{ mm}$, celkové zatížení stolu $F_{\max} = 366,7 \text{ N}$, Zatížení na jeden nosník $F = 183,35 \text{ N}$, kvadratický moment průřezu $I = 73233,9 \text{ mm}^2$, vzdálenost krajního vlákna $e = 20 \text{ mm}$, materiál 11373

Statické podmínky rovnováhy:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M_o = 0$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow R_{ax} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow R_{ay} + R_b - F = 0 \Rightarrow R_{ay} = F - R_b$$

$$\sum M_{oA} = 0 \Rightarrow -F \cdot \frac{l}{2} + R_b \cdot l = 0 \Rightarrow R_b = \frac{F \cdot \frac{l}{2}}{l} = \frac{183,35 \cdot \frac{630}{2}}{630} = 91,657 \text{ N}$$

$$R_{ay} = F - R_b = 183,35 - 91,657 = 91,657 \text{ N}$$

Kontrola na ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F \cdot l}{4}}{\frac{I}{e}} = \frac{\frac{183,35 \cdot 630}{4}}{\frac{73233,9}{20}} = 7,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{oD} \quad 7,9 \text{ MPa} \leq 135 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.1.1.3 Kontrola otláčení závitů polohovacích noh

Dáno: dovolené otláčení $p_d = 40 \text{ MPa}$, průměry závitu $D = 16 \text{ mm}$, $D_1 = 13,835 \text{ mm}$, $d_2 = 14,701 \text{ mm}$, výška matice $v = 2 \text{ mm}$

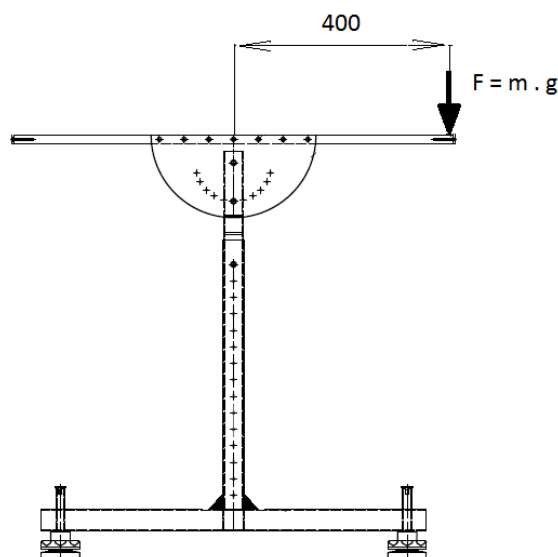
$$H_1 = \frac{D - D_1}{2} = \frac{16 - 13,815}{2} = 2,165 \text{ mm}$$

$$z = \frac{v}{P} = \frac{4}{2} = 2$$

$$p_1 = \frac{R_{ay}}{A} = \frac{R_{ay}}{\pi \cdot d_2 \cdot z \cdot H_1} = \frac{91,657}{\pi \cdot 14,701 \cdot 2 \cdot 2,165} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$p_1 \leq p_D \quad 0,23 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.1.1.4 Kontrola svarů na ohyb



Obrázek 19: Namáhání svaru ohybem

Dáno: dovolené napětí $\sigma_d = 125 \text{ MPa}$, výška svaru $a = 7 \text{ mm}$, délka svaru $l = 40 \text{ mm}$, zatěžující síla $F = 245,5 \text{ N}$, vzdálenost $e = 400$

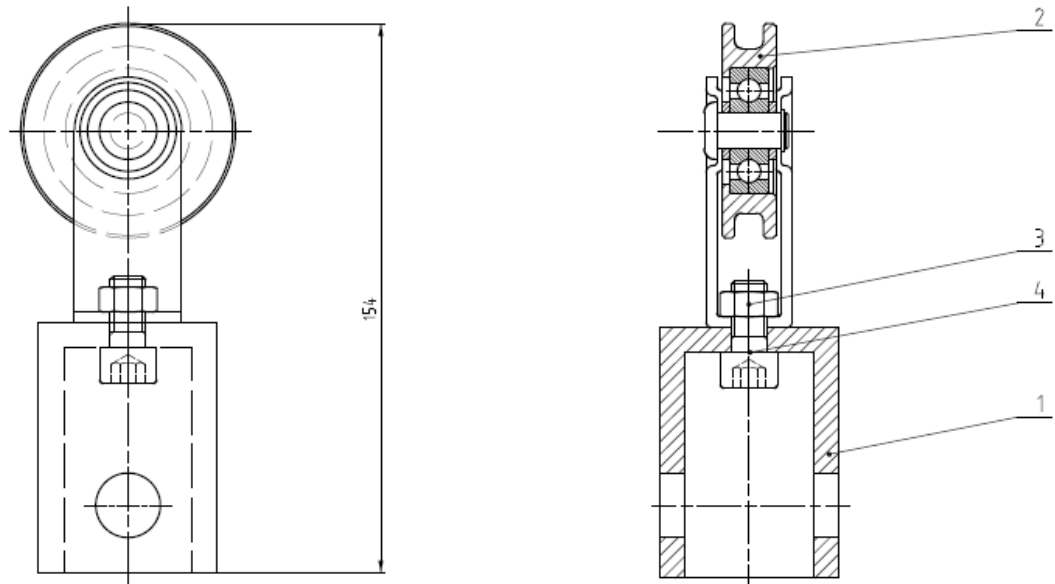
$$\tau_o = \frac{M_o}{2W_{o,sv}} = \frac{F \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2} = \frac{245,5 \cdot 400}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 7 \cdot 40^2} = 26,30 \text{ MPa}$$

$$\tau_{D,sv} = 0,85 \cdot \sigma_D = 0,85 \cdot 125 = 106,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_o \leq \tau_{D,sv} \quad 26,30 \leq 106,3 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.2 Návrh konstrukce kladky

Kladka byla konstruována tak, aby se dala upnout na trhací stroj SHIMADZU AGS-50kNXD. Jejím úkolem je přenášet sílu z vertikálního směru na horizontální. Kladka se upne ke stroji pomocí čepu a pojistné matice.

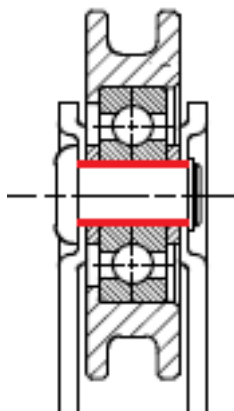


Obrázek 20: Návrh konstrukce kladky

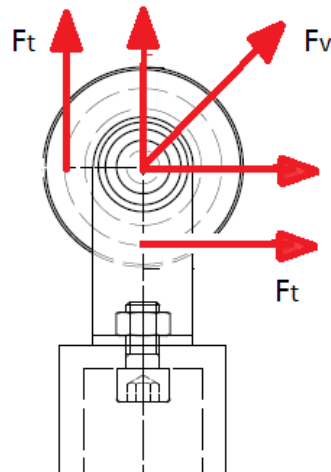
5.2.1 Výpočet navržené kladky

Výpočet kladky spočívá v kontrole čepu na stříh, otláčení a ohyb. U ložiska kontrolujeme trvanlivost v otáčkách. Hmotnost závaží bude stejně jako u stolku 25 Kg. Dále kontrolujeme lanko na namáhání tahem.

5.2.1.1 Výpočet čepu na stříh, otláčení a ohyb



Obrázek 21: Zatížení čepu



Obrázek 22: Rozložení sil na kladce

Dáno: hmotnost závaží $m_1 = 25 \text{ Kg}$, Materiál čepu 11600, průměr čepu $d = 10 \text{ mm}$, dovolené otláčení $p_D = 110 \text{ MPa}$, dovolené napětí ve stříhu $\tau_D = 125 \text{ MPa}$, součinitel tření pro pryžové materiály $f = 0,7$, tloušťka stěny profilu $t = 3 \text{ mm}$, šířka ložiska $b = 15 \text{ mm}$, dovolené napětí v ohybu $\sigma_D = 125 \text{ MPa}$

Výpočet zatěžující síly:

$$F_t = m \cdot g \cdot f = 25 \cdot 9,81 \cdot 0,7 = 172 \text{ N}$$

$$F_v = \sqrt{2} \cdot F_t = \sqrt{2} \cdot 172 = 245 \text{ N}$$

Střih:

$$\tau = \frac{F_v}{A} \leq \tau_D$$

$$\tau = \frac{F_v}{2A} = \frac{F_v}{2 \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{245}{2 \frac{\pi \cdot 10^2}{4}} = 1,555 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq \tau_D \quad 3,11 \text{ MPa} \leq 125 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Otláčení:

$$p_1 = \frac{F_v}{A} = \frac{F_v}{d \cdot b} = \frac{245}{10 \cdot 11} = 2,3 \text{ MPa}$$

$$p_2 = \frac{F_v}{A} = \frac{F_v}{d \cdot 2 \cdot t} = \frac{245}{10 \cdot 2 \cdot 3} = 4,08 \text{ MPa}$$

$$p_2 \leq p_D \quad 4,08 \text{ MPa} \leq 110 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_v \cdot \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{4}\right)}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{245 \cdot \left(\frac{3}{2} + \frac{11}{4}\right)}{\frac{\pi 10^3}{32}} = 5,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau^2} = \sqrt{5,3^2 + 1,6^2} = 5,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{oD} \quad 5,4 \text{ MPa} \leq 210 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.2.1.2 Kontrola životnosti ložiska

Dáno: ložisko 6300, vnitřní průměr ložiska $d = 10 \text{ mm}$, vnější průměr ložiska $D = 35 \text{ mm}$, šířka ložiska $b = 11 \text{ mm}$, dynamická únosnost $C = 6200 \text{ N}$

$$F_{výsl} = x \cdot F_a + V \cdot y \cdot F_r \Rightarrow F_{výsl} = F_r = F_v = 245 \text{ MPa}$$

$$L_n = \left(\frac{C}{F_v}\right)^3 = \left(\frac{6200}{245}\right)^3 = 16206 \text{ Mil. otáček}$$

5.2.1.3 Kontrola lanka v tahu

Dáno: kritická síla lanka $F_{krit} = 2,57 \text{ kN}$, zatížení lanka $F_{sk} = 172 \text{ N}$, bezpečnost $k = 3$

$$\frac{F_{krit}}{k} > F_{sk}$$

$$856 \text{ N} > 172 \text{ N} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

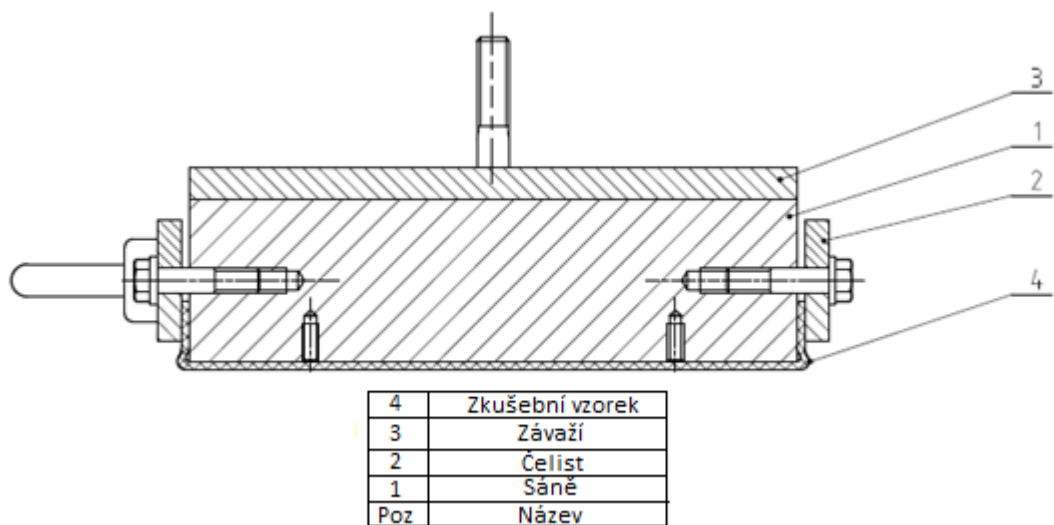
5.2.2 Výpočet třecí síly kladky

Odpor kladky závisí na ložisku, které je uvnitř kladky. Tento odpor se projevuje třecí silou, která je závislá na poloměru kuliček r , počtu kuliček n , velikosti normálové síly F_n , materiálu a na rameni valivého odporu ξ . Normálová síla je závislá na hmotnosti sání a tato hmotnost je proměnlivá, proto se třecí síla ložiska musí počítat vždy pro konkrétní případ. Normálová síla pro ložisko bude stejná, jako třecí síla sání. Vypočtenou třecí sílu pro ložisko musíme odečíst od naměřeného výsledku.

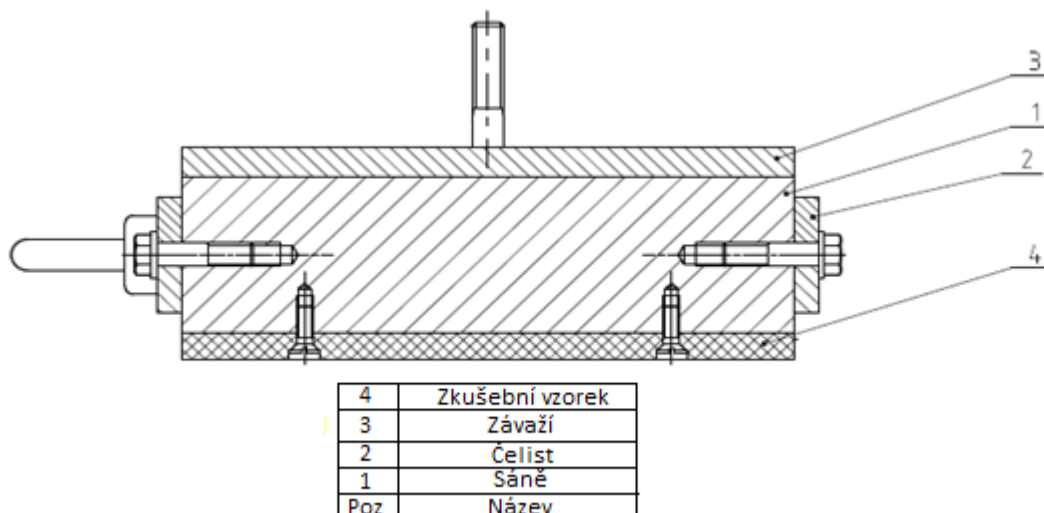
$$F_{t \text{ kladky}} = n \cdot \frac{\xi}{r} \cdot F_n = 8 \cdot \frac{0,0000025}{0,00325} \cdot F_n = 6,154 \cdot 10^{-3} \cdot F_n$$

5.3 Návrh konstrukce sání

Sáně byly konstruované tak, aby bylo umožněno pevné upnutí zkušebních vzorků. Střídáním různých zkušebních vzorků se mění součinitel smykového tření. Jeho hodnota se mění s rostoucí tíhou a s velikostí posouvající síly. Dále lze měnit jeho hmotnost pomocí přídavných závaží. Přídavné závaží nám umožní regulovat přítláčnou sílu. K dispozici jsou závaží o hmotnosti 1, 2, 5 Kg. Maximální hmotnost závaží je 25 Kg. Materiály do tloušťky $t = 7$ mm upneme do přítláčných čelistí. Materiály přesahující tuto tloušťku upneme pomocí zapuštěných šroubů.



Obrázek 23: Schéma sání a princip upnutí zkušebního vzorku do tloušťky

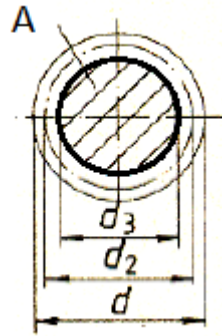


Obrázek 24: Schéma sání a princip upnutí zkušebního vzorku s tloušťkou větší než 7 mm

5.3.1 Výpočet navržených sání

U navržených sání kontrolujeme otláčení závitu u šroubu, který spojuje sáně s okem. Dále tento šroub zkontrolujeme na namáhání v tahu.

5.3.1.1 Kontrola namáhaného šroubu



Obrázek 25: Průměry závitu šroubu

Dáno: průměr jádra šroubu $d_3 = 4,773\text{mm}$, střední průměr závitu $d_2 = 5,350\text{ mm}$, vnější průměr závitu $d = 6\text{ mm}$, rozteč $P = 1$, dovolené otláčení $p_D = 40\text{ MPa}$, dovolené napětí v tahu $\sigma_D = 175\text{ MPa}$, průměr závitu matice $d_1 = 4,917\text{ mm}$, zatěžující síla $F_t = 172\text{ N}$, délka zašroubovaného závitu $v = 15\text{ mm}$

Kontrola šroubu na tah:

$$\sigma = \frac{F_t}{A} \leq \sigma_D$$

$$\sigma = \frac{F_t}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{172}{\frac{\pi \cdot 4,773^2}{4}} = 9,62\text{ MPa}$$

$$\sigma \leq \sigma_D \quad 9,62\text{ MPa} \leq 175\text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola otláčení závitu:

$$H_1 = \frac{d - d_1}{2} = \frac{6 - 4,917}{2} = 0,5415\text{mm}$$

$$z = \frac{v}{P} = \frac{15}{1} = 15$$

$$p = \frac{F_t}{A} = \frac{F_t}{\pi \cdot d_2 \cdot z \cdot H_1} = \frac{172}{\pi \cdot 5,350 \cdot 15 \cdot 0,5415} = 1,26\text{ MPa}$$

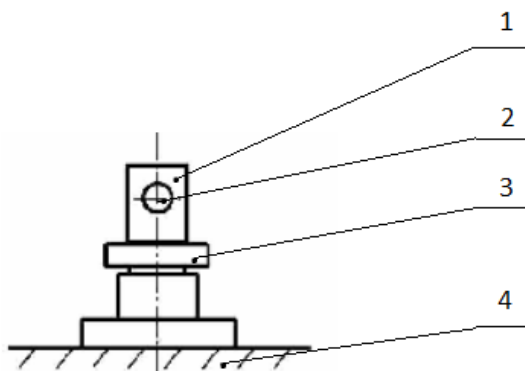
$$p \leq p_D \quad 1,26\text{ MPa} \leq 40\text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

6 ZKUŠEBNÍ STROJ SHIMADZU AGS-50KNXD

SHIMADZU AGS-50kNXD	
Šířka pracovního prostoru	425 mm
Použití snímačů sil	1-50 kN
Rozsah zdvihu příčnicku	1250 mm
Rozsah zkušební rychlosti příčnicku	0,1 - 1600 mm/min
Přesnost	$\pm 0,1\%$ indikované hodnoty
Frekvence vzorkování rychlosti	1000 Hz
Výška	1633 mm
Šířka	718 mm
Hloubka	641 mm
Software	TRAPEZIUM
Odpovídající norma	ISO 7500-1 třída 1

Tabulka 2: Parametry trhacího zařízení

6.1 Upínací mechanismus zkušebního stroje SHIMADZU AGS-50kNXD



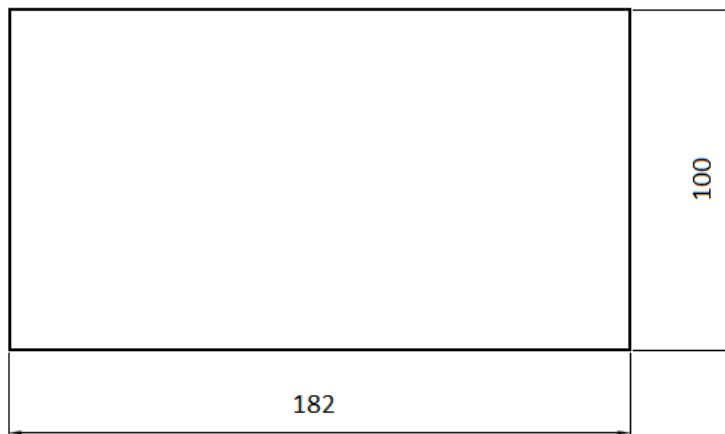
4	Rám stroje
3	Zajišťovací matice
2	Díra pro zajišťovací kolík
1	Spojovací čep
Poz	Názer

Obrázek 26: Upínací mechanismus stroje

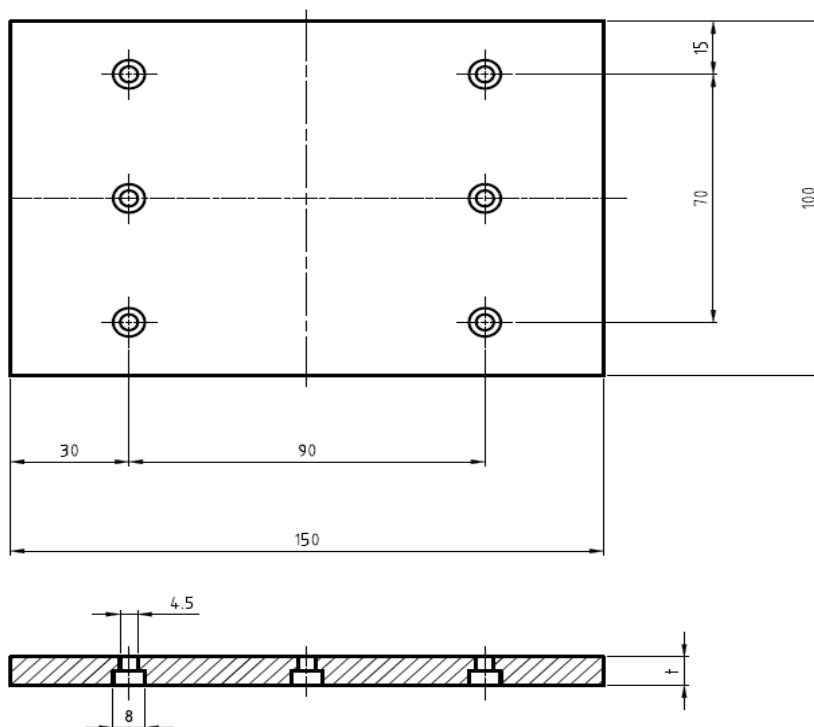
Navrženou kladku nasadíme na čep, zajistíme zajišťovacím kolíkem a dotáhneme zajišťovací maticí. Tak zajistím pevné upnutí kladky.

7 ZKUŠEBNÍ VZOREK

Zkušební vzorky se upevňují na sáně. Vzorky do tloušťky $t = 7$ mm upínáme do svíracích čelistí a jejich rozměry jsou zakresleny na obrázku 27. Vzorky, které mají větší tloušťku, než $t = 7$ mm upínáme pomocí zapuštěných šroubů, viz obr 28.



Obrázek 27: Rozměr Zkušebního tělesa do tloušťky 7mm



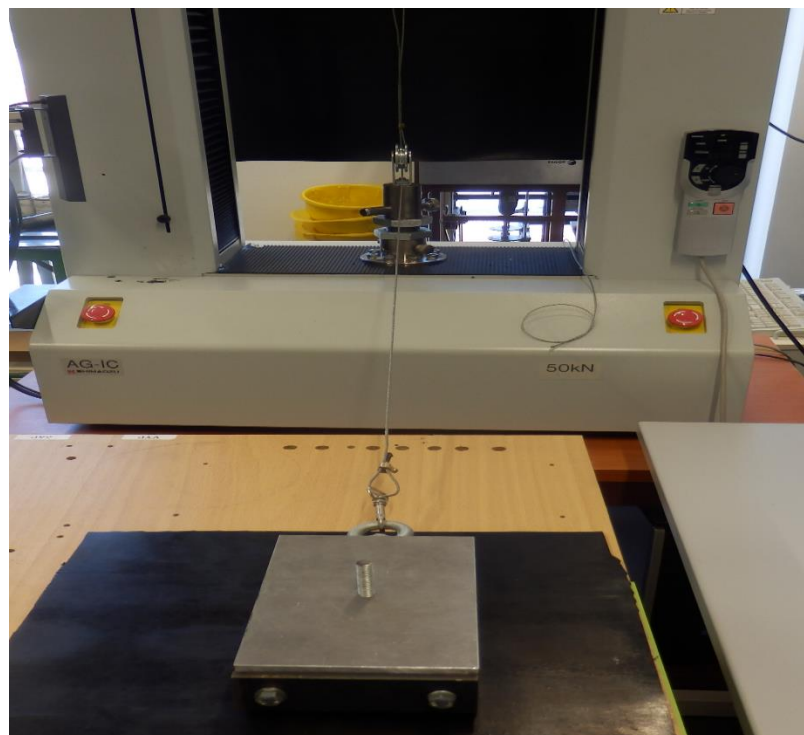
Obrázek 28: Rozměr zkušební vzorku s tloušťkou větší než 7 mm

8 ZKOUŠKA

Zkouška probíhala v laboratoři, kde se nachází trhací stroj SHIMADZU AGS-50kNXD. Tento stroj je propojen s počítačem, na kterém byly nastaveny potřebné parametry. Celý průběh zkoušky byl zaznamenáván a uveden do grafu. Zkoušku jsme opakovali pro různé zkušební vzorky i podložky.

8.1 Průběh zkoušky

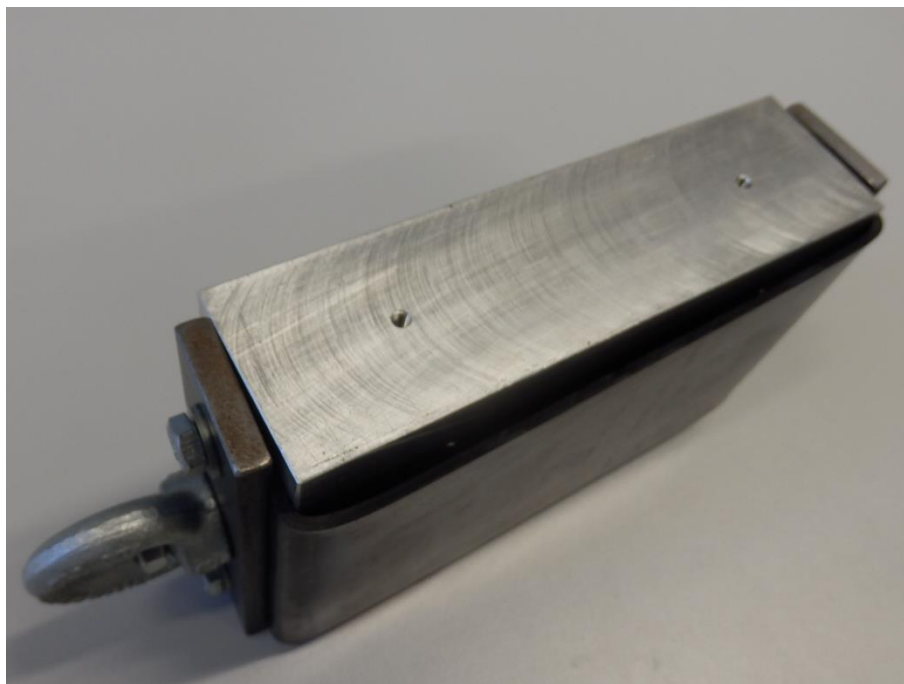
- 1) Nastavení a zaznamenání měřicích podmínek.
- 2) Příprava různých zkušebních vzorků i různých druhů podložek.
- 3) Upnutí kladky, nastavení vzdálenosti stolku a napnutí tažného lanka.
- 4) Nastavení průběhu zkoušky a potřebných veličin v počítači.
- 5) Příprava prvního zkušebního vzorku
- 6) Začátek zkoušky – trhací stroj se uvede do chodu a zaznamenává nám závislost síly nutné k tažení tělesa a délku posuvu. Délka posuvu je zde uvedena pouze pro vykreslení do grafu.
- 7) Zkoušku opakujeme pro různé zkušební vzorky



Obrázek 29: Průběh zkoušky



Obrázek 30: Průběh zkoušky – kladka



Obrázek 31: Průběh zkoušky – Sáně s upnutým pryžovým vzorkem

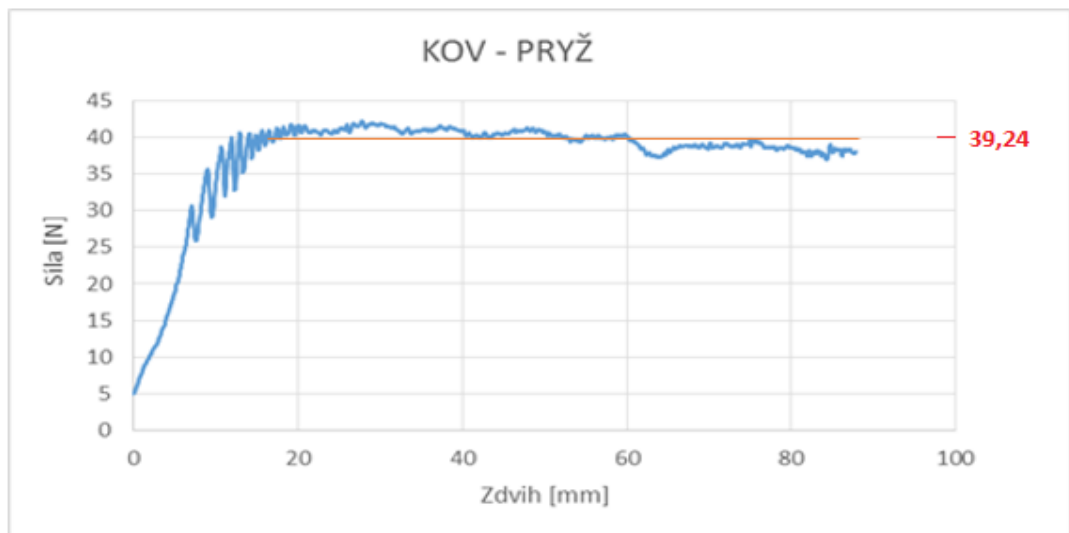
9 VÝSLEDKY ZKOUŠKY

Zkouška byla provedena pro různé materiály zkušební vzorku a podložky. Výsledky zkoušky byly zaznamenány do grafu a následovalo vyhodnocení součinitele smykového tření pro zkoumané materiály.

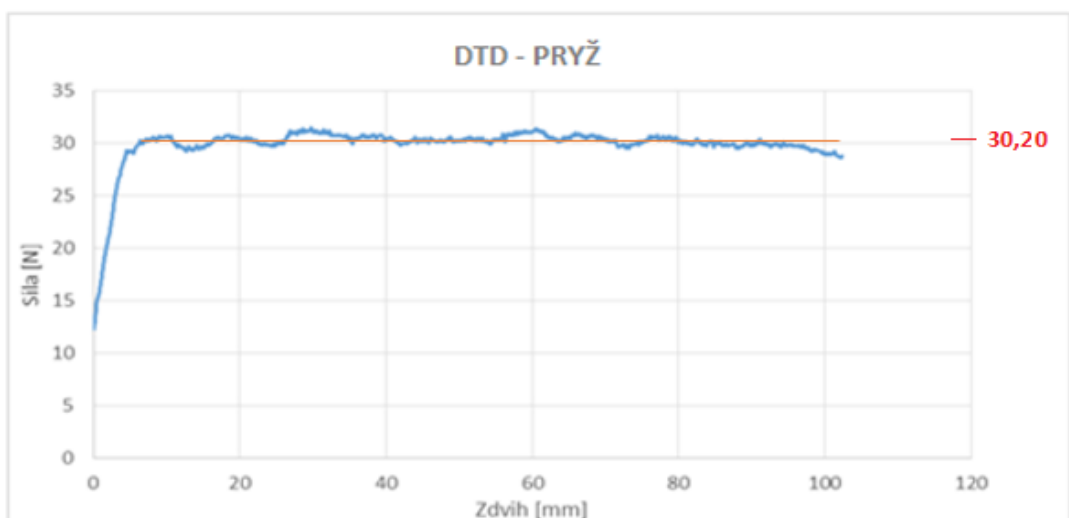
Zkoušeny byly tyto kombinace materiálů: dřevotřísková deska polepená dýhou (DTD) – kov, kov – kov, pryž – kov, pryž – dřevotřísková deska polepená dýhou (DTD)

Zaznamenané grafy:

Tíhová síla sání $G = 20\text{N}$

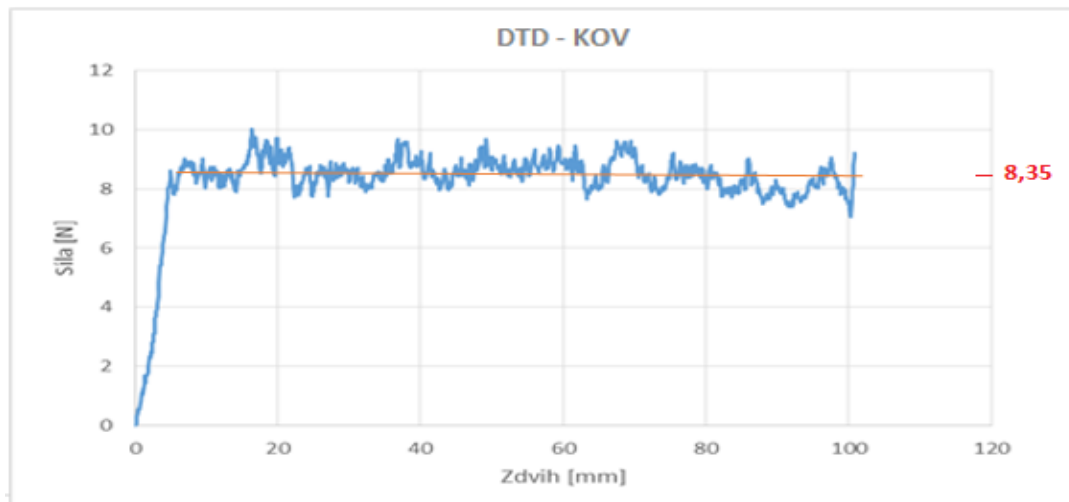


Obrázek 32: Graf závislosti posouvající síly a zdvihu pro vzorek kov – pryž,



Obrázek 33: Graf závislosti posouvající síly a zdvihu pro vzorek DTD - pryž

Tíhová síla sání $G = 69 \text{ N}$



Obrázek 34: Graf závislosti posouvající síly a zdvihu pro vzorek DTD – kov



Obrázek 35: Graf závislosti posouvající síly a zdvihu pro vzorek kov - kov

Výpočet třecí síly kladky:

$$F_{t \text{ kladky}} = 6,154 \cdot 10^{-3} \cdot F_n$$

Pro $F_n = 20 \text{ N}$

$$F_{t \text{ kladky}} = 6,154 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,12 \text{ N}$$

Pro $F_n = 69 \text{ N}$

$$F_{t \text{ kladky}} = 6,154 \cdot 10^{-3} \cdot 69 = 0,42 \text{ N}$$

Výpočet součinitelů smykového tření:

Vzorek	Výpočet součinitele tření v klidu f	Výpočet součinitele tření v pohybu μ
Kov po kovu	$f = \frac{F_{t \max} - F_{t \text{kladky}}}{F_n} = \frac{9,89 - 0,42}{69}$	$\mu = \frac{F_{t \text{střední}} - F_{t \text{kladky}}}{F_n} = \frac{8,14 - 0,42}{69}$
Kov po DTD	$f = \frac{F_{t \max} - F_{t \text{kladky}}}{F_n} = \frac{9,98 - 0,42}{69}$	$\mu = \frac{F_{t \text{střední}} - F_{t \text{kladky}}}{F_n} = \frac{8,35 - 0,42}{69}$
Pryž po kovu	$f = \frac{F_{t \max} - F_{t \text{kladky}}}{F_n} = \frac{41,82 - 0,12}{20}$	$\mu = \frac{F_{t \text{střední}} - F_{t \text{kladky}}}{F_n} = \frac{39,24 - 0,12}{20}$
Pryž po DTD	$f = \frac{F_{t \max} - F_{t \text{kladky}}}{F_n} = \frac{31,76 - 0,12}{20}$	$\mu = \frac{F_{t \text{střední}} - F_{t \text{kladky}}}{F_n} = \frac{30,20 - 0,12}{20}$

Tabulka 3: Tabulka výpočtu součinitele smykového tření pro jednotlivé vzorky

Výsledné hodnoty součinitelů smykového tření:

Vzorek	Součinitel tření v klidu f	Součinitel tření v pohybu μ
Kov po kovu	0,14	0,11
Kov po DTD	0,14	0,12
Pryž po kovu	2,08	1,96
Pryž po DTD	1,58	1,50

Tabulka 4: Tabulka naměřených součinitelů smykového tření

Z naměřených hodnot byly vypočteny součinitele smykového tření pro vybrané vzorky. Součinitele smykového tření se jen nepatrně liší od orientačních hodnot z tabulky 1. Nepřesnosti mohou být způsobeny jakostí povrchu, na které je součinitel smykového tření závislý. Jakost povrchu je dána druhem obrábění, nástrojem, vibracemi stroje a dalšími faktory, proto se mohou hodnoty součinitelů tření pro různé vzorky ze stejného materiálu lišit.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout zařízení pro stanovení součinitele smykového tření. Zařízení bylo navrženo na trhací stroj SHIMADZU AGS-50kNXD, nebo pomocí redukce na trhací stroj ZWICK. Konstrukce byla navržena tak, aby byla maximálně funkční a ekonomicky nenáročná. Celé zařízení bylo přizpůsobeno realizaci v prostorách univerzity. Součásti tedy nejsou náročné na výrobní procesy.

Tato práce byla podložena výrobní dokumentací v podobě výrobních i sestavných výkresů a technologických postupů pro vyráběné součásti. Na základě této dokumentace proběhla kontrola namáhaných součástí. Působící napětí na namáhaných součástech nepřekročilo dovolené napětí, součásti tedy vydrží maximální hmotnost závaží 25 kg.

Součásti kladky a sání byli následně vyrobeny a odzkoušeny na trhacím stroji ve zkušební místnosti. Výroba stolku z hlediska nedostatku času a materiálu nebyla uskutečněna. V laboratořích byla provedena zkouška pro vybrané zkušební vzorky. Vypočtené hodnoty součinitelů tření byly porovnány s hodnotami orientačními, které jsme zjistili z použité literatury. Naměřené a orientační hodnoty byly shodné, vyrobené zařízení lze tedy použít ke stanovení součinitele smykového tření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Horák Z. a Krupka F. Fyzika, příručka pro vysoké školy technického směru. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1976, 424 s.
- [2] Tribologie. Katedra strojírenské technologie Technické Univerzity v Liberci [online]. 26. 11. 2008 [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/ttv/tribologie.pdf
- [3] Juliš K. Brepta R. a kolektiv. Mechanika I, Statika a kinematika. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986, 480 s.
- [4] Krutina J. Přehled technické mechaniky. Praha: Nakladatelství ROH-Práce, 1954, 500 s.
- [5] Szabo I. Mechanika tuhých těles a kapalin. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1967, 472 s.
- [6] Salaba. S a Matěna A. Mechanika I, Statika, pro SPŠ strojnické Praha: Nakladatelství technické literatury, 1977, 144
- [7] Bolek A. Kochman J. a kolektiv. Části strojů, 1 Svazek, Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989, 776
- [8] Bolek A. Kochman J. a kolektiv. Části strojů, 2 Svazek, Praha: Nakladatelství technické literatury, 1990, 712
- [9] Řeřábek A. Stavba a provoz strojů, Strojní součásti 1, Praha: Nakladatelství Scientia, 2006, 215
- [10] Řeřábek A. Stavba a provoz strojů, Strojní součásti 2, Praha: Nakladatelství Scientia, 2009, 254
- [11] Kvasnica J. Havránek A. Lukáč P. Sprušil B. Mechanika, Praha: Nakladatelství Akademie věd České republiky, 2004, 476

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

F_t	Třecí síla v klidu. [N]
f	Součinitel smykového tření v klidu.
G	Tíha tělesa. [N]
T	Třecí síla v pohybu. [N]
μ	Součinitel smykového tření v pohybu.
F_n	Normálová síla. [N]
F_g	Síla kolmá k nakloněné rovině. [N]
α	Úhel sklonu nakloněné roviny. [°]
ξ	Rameno valivého odporu. [m]
r	Poloměr valeného tělesa. [m]
Q	Tíha spouštěného břemene. [N]
F_1	Síla při zvedání. [N]
F_2	Síla při spouštění. [N]
η	Konstanta úměrnosti. [mm ² /s]
φ	Tekutost. [s/mm ²]
v	Rychlost proudění. [m/s]
i	Počet šroubů.
M_t	Třecí moment. [Nmm]
m	Hmotnost tělesa. [kg]
τ	Napětí ve střihu. [MPa]
τ_D	Dovolené napětí ve střihu. [MPa]
p	Otlačení. [MPa]
p_D	Dovolené otlačení. [MPa]
A	Namáhaný průřez. [mm ²]

d	Průměr namáhané součásti. [mm]
R_{ay}	Reakce v bodě a ve svislém směru. [N]
R_{ax}	Reakce v bodě a ve vodorovném směru. [N]
R_b	Reakce v bodě b ve svislém směru. [N]
σ_O	Napětí v ohybu. [MPa]
σ_{OD}	Dovolené napětí v ohybu. [MPa]
M_O	Ohybový moment. [Nmm]
W_O	Průřezový modul v ohybu. [mm ³]
I	Kvadratický moment. [mm ⁴]
e	Vzdálenost nejvzdálenějšího vlákna. [mm]
H_1	Výška závitu. [mm]
k	bezpečnost
P	Rozteč. [mm]
z	Počet závitů.
τ_o	Ohybové napětí ve svaru. [MPa]
$\tau_{D, sv}$	Dovolené napětí ve svaru. [MPa]
F_v	Výsledná síla. [N]
$\bar{\sigma}_{red}$	Redukované napětí. [MPa]
L_n	Trvanlivost ložisek v otáčkách. [Ot]
F_{krit}	Maximální síla na laně. [N]
F_{skut}	Skutečná síla na laně. [N]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Tření v klidu	13
Obrázek 2: Smykové tření	14
Obrázek 3: Silové poměry při pohybu po vodorovné rovině.....	15
Obrázek 4: Posuv tělesa po vodorovné rovině silou, která je odkloněna od vodorovné roviny.....	15
Obrázek 5: Silové poměry na nakloněné rovině při spouštění tělesa bez působení vnějších sil.....	16
Obrázek 6: Silové poměry na nakloněné rovině při zvedání tělesa	17
Obrázek 7: Síly působící na těleso valící se po rovinné podložce.....	19
Obrázek 8: Čepové tření radiálního ložiska se smykovým třením	20
Obrázek 9: Čepové tření axiálního ložiska se smykovým třením	20
Obrázek 10: Vlákňové tření při zvedání a spouštění	21
Obrázek 11: Proudění reálné tekutiny uvnitř koryta – průběh rychlosti proudění	22
Obrázek 12: a) Tření suché, b) tření polosuché, c) tření kapalinné	24
Obrázek 13: Svěrný spoj s válcovou stykovou plochou	26
Obrázek 14: Silové poměry u třecích převodů	27
Obrázek 15: Návrh stolku	32
Obrázek 16: Namáhání šroubu M6 x 62	33
Obrázek 17: Namáhání šroubu M6 x 50	34
Obrázek 18: Zatížení nosného profilu	35
Obrázek 19: Namáhání svaru ohybem.....	36
Obrázek 20: Návrh konstrukce kladky	37
Obrázek 21: Zatížení čepu	37
Obrázek 22: Rozložení sil na kladce.....	38
Obrázek 23: Schéma sání a princip upnutí zkušební vzorku do tloušťky.....	40
Obrázek 24: Schéma sání a princip upnutí zkušební vzorku s tloušťkou větší než 7 mm.....	40
Obrázek 25: Průměry závitu šroubu	41
Obrázek 26: Upínací mechanismus stroje	42
Obrázek 27: Rozměr Zkušební tělesa do tloušťky 7mm	43
Obrázek 28: Rozměr zkušební vzorku s tloušťkou větší než 7 mm	43
Obrázek 29: Průběh zkoušky	44

Obrázek 30: Průběh zkoušky – kladka	45
Obrázek 31: Průběh zkoušky – Sání s upnutým pryžovým vzorkem	45
Obrázek 32: Graf závislosti posouvající síly a zdvihu pro vzorek kov – pryž,	46
Obrázek 33: Graf závislosti posouvající síly a zdvihu pro vzorek DTD - pryž.....	46
Obrázek 34: Graf závislosti posouvající síly a zdvihu pro vzorek DTD – kov	47
Obrázek 35: Graf závislosti posouvající síly a zdvihu pro vzorek kov - kov	47

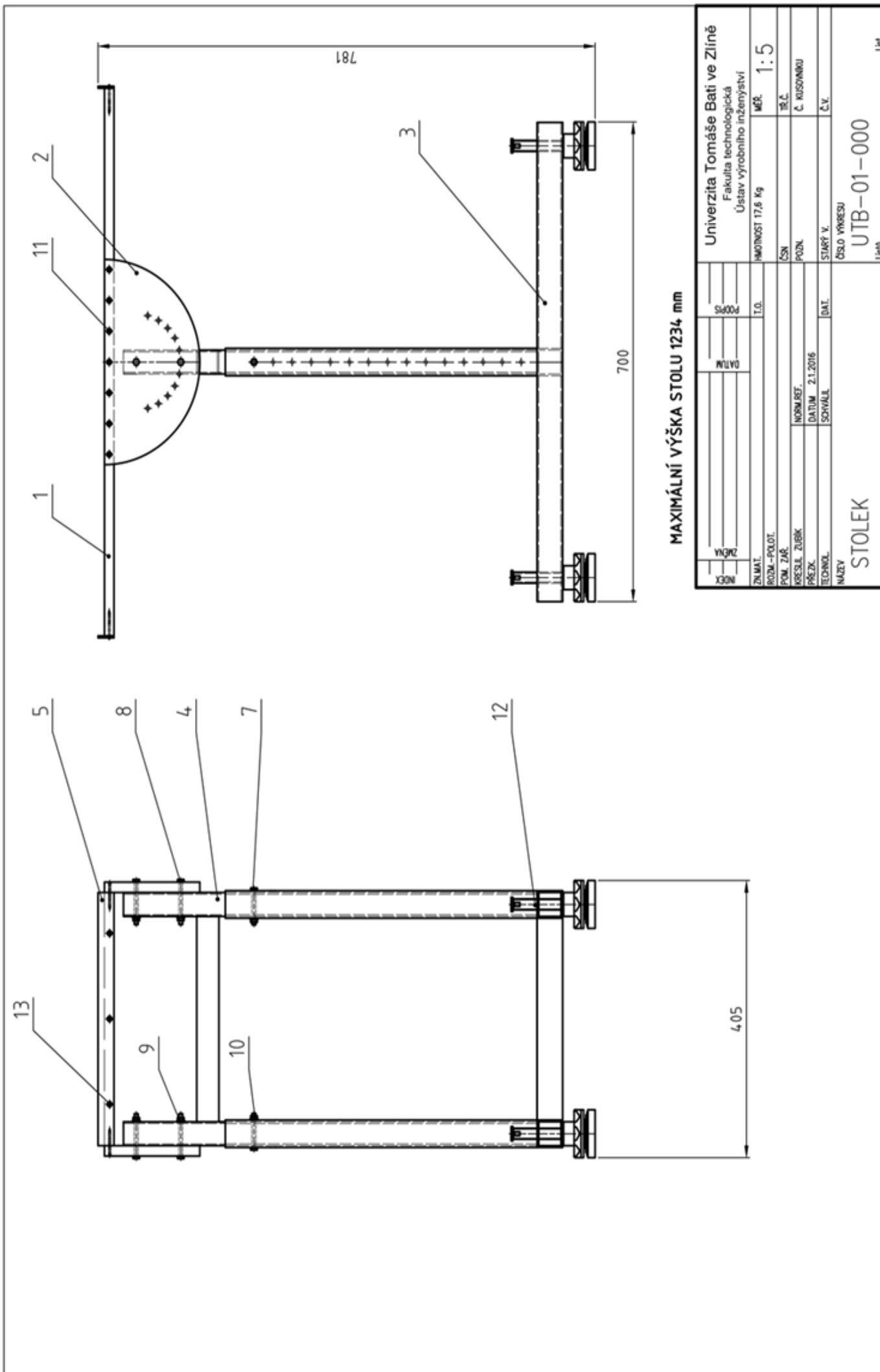
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Tabulka hodnot součinitele smykového tření za klidu i za pohybu pro různé materiály. [4,6,9,11]	18
Tabulka 2: Parametry trhacího zařízení	42
Tabulka 3: Tabulka výpočtu součinitele smykového tření pro jednotlivé vzorky.....	48
Tabulka 4: Tabulka naměřených součinitelů smykového tření	48

SEZNAM PŘÍLOH

I	Stolek	UTB-01-000
II	Kusovník	UTB-01-000
III	Polohovadlo	UTB-05-000
IV	Deska	UTB-01-001
V	Nosič	UTB-01-002
VI	Zarážka	UTB-01-006
VII	Vnitřní polohovací profil	UTB-01-003
VIII	Vnější polohovací profil	UTB-01-004
IX	Nosný profil	UTB-01-005
X	Kladka - sestava	UTB-02-000
XI	Pouzdro	UTB-02-001
XII	Sáně – sestava	UTB-03-000
XIII	Sáně	UTB-03-001
XIV	Čelist	UTB-03-002
XV	Čelist 1	UTB-03-003
XVI	Závaží 1kg	UTB-03-004
XVII	Závaží 2 kg	UTB-03-005
XVIII	Závaží 5 kg	UTB-03-006
XIX	Podstava	UTB-04-000
XX	Technologický postup – Vnitřní polohovací profil	
XXI	Technologický postup – Vnější polohovací profil	
XXII	Technologický postup – Nosný profil	
XXIII	Technologický postup – Deska	
XXIV	Technologický postup – Nosič	
XXV	Technologický postup – Zarážka	

XXVI	Technologický postup – Sáně
XXVII	Technologický postup – Čelist
XXVIII	Technologický postup – Čelist 1
XXIX	Technologický postup – Pouzdro
XXX	Technologický postup – Závaží 1 kg
XXXI	Technologický postup – Závaží 2 kg
XXXII	Technologický postup – Závaží 5 kg
XXXIII	CD disk

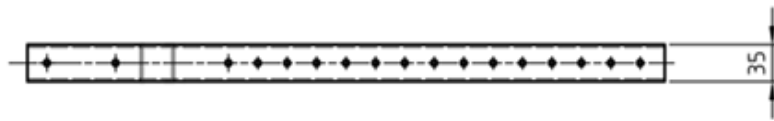
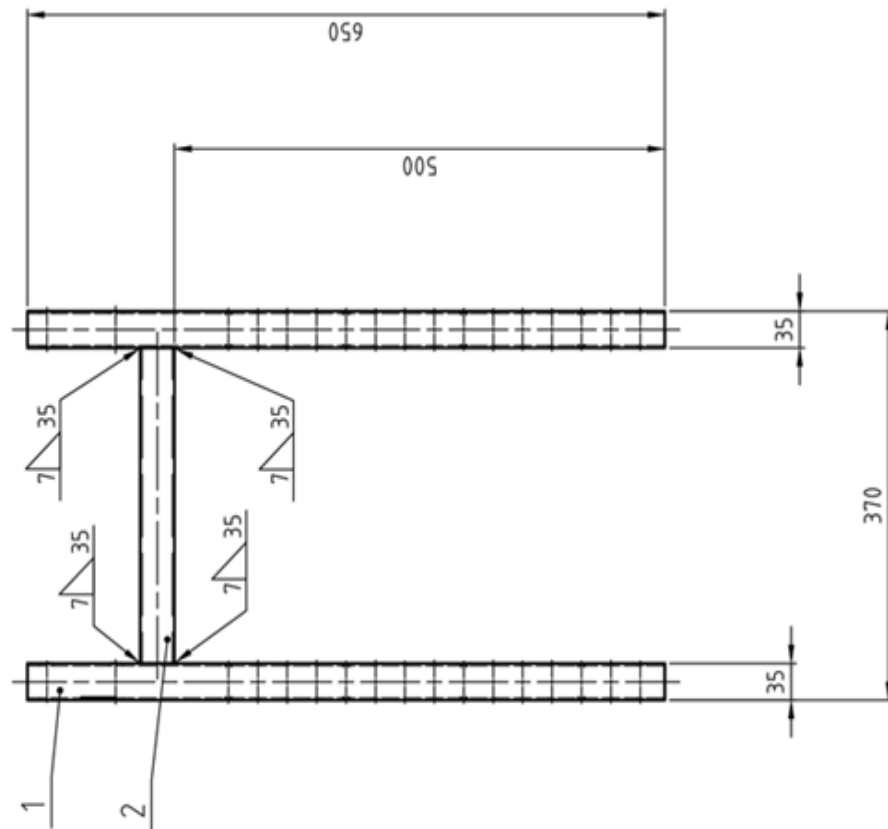


MAXIMÁLNÍ VÝŠKA STOLU 1234 mm

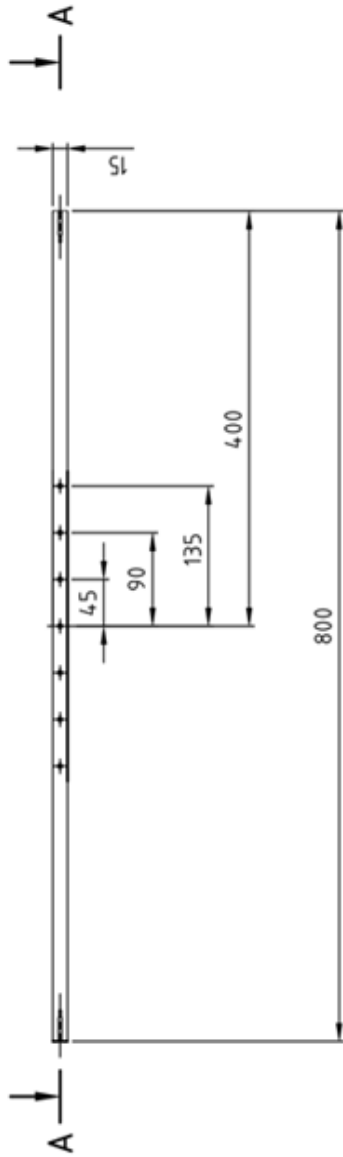
UNIVERZITA	UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
FAKULTA	FAKULTA TECHNOLOGICKÁ
ÚSTAV	ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ
HMŮŽNOST	HMŮŽNOST 17,6 kg
MĚŘ	MĚŘ 1:5
ČSN	ČSN
POZN.	Č. KUSOVNIKU
NORM. REF.	
PRE ZK.	DATAUM 21.2016
TECHNOL.	SCHWALL
DATE	DATE
NAZEV	ČÍSLO VÝKRESU
STOLEK	UTB-01-000
	LIST

13	6	Vrut se zápusťnou hlavou 4,0x30		
12	4	Polohovací nohy	LV.A-70-14-AS-M16x78-ELK	
11	14	Vrut se zápusťnou hlavou 4,0x40		
10	6	Matice M6	ČSN 02 1402	
9	6	Podložka 6	ČSN 02 1702	
8	4	Šroub M6x62	ČSN 02 1201	
7	2	Šroub M6x 50	ČSN 02 1201	
6				
5	2	Zarážka	UTB-01-006	11 375
4	2	Polohovadlo	UTB-05-000	11 373
3	1	Podstava	UTB-04-000	11 373
2	2	Nosič	UTB-01-002	11 375
1	1	Deska	UTB-01-001	PŘEKLIŽKA
Poz	Ks	Název-Rozměr	Výkres-Norma	Materiál

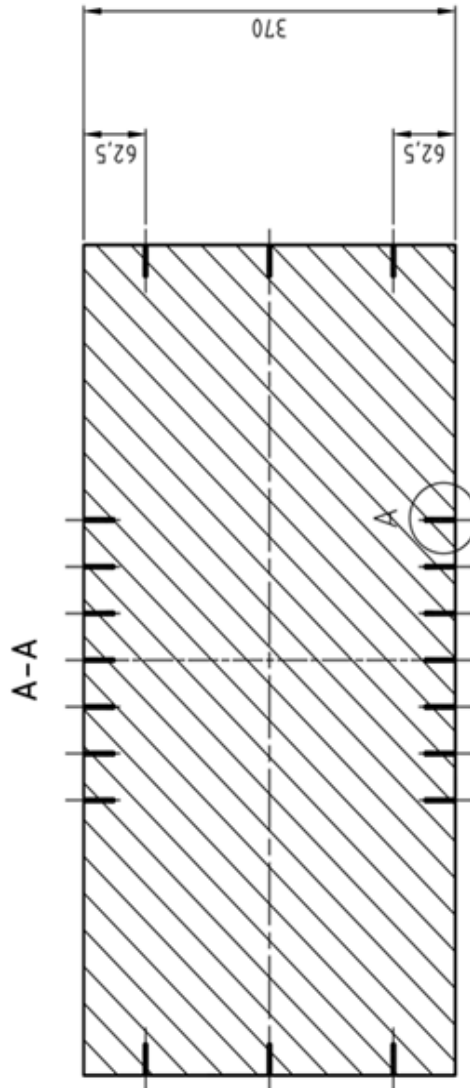
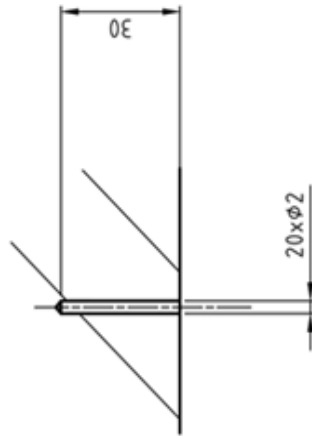
INDEX	ZMĚNA	DATUM	POPS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT.			T.O.	HMOTNOST	MĚR. 1:1
ROZM.-POLOT.				ČSN	TR.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.	Č. KUSOVNIKU
KRESLIL ZUBÍK	NORM.REF.				
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	DAT. 20.11.20	STARÝ V.		Č.V.
NÁZEV	STOLEK			ČÍSLO VÝKRESU	UTB-01-000
				Listó	List



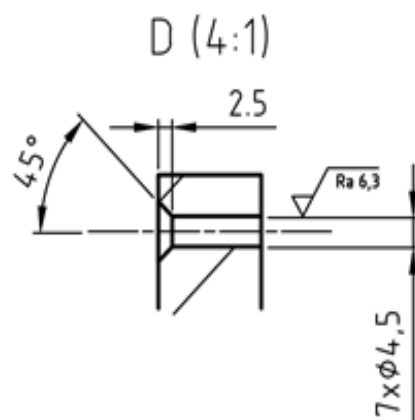
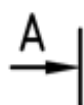
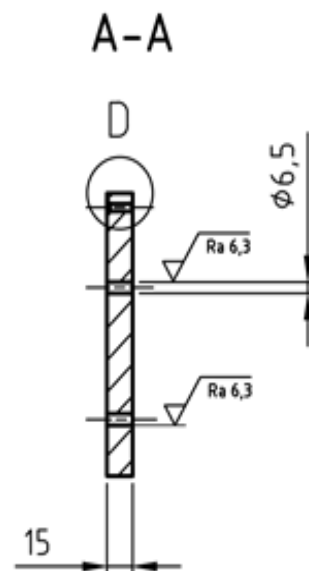
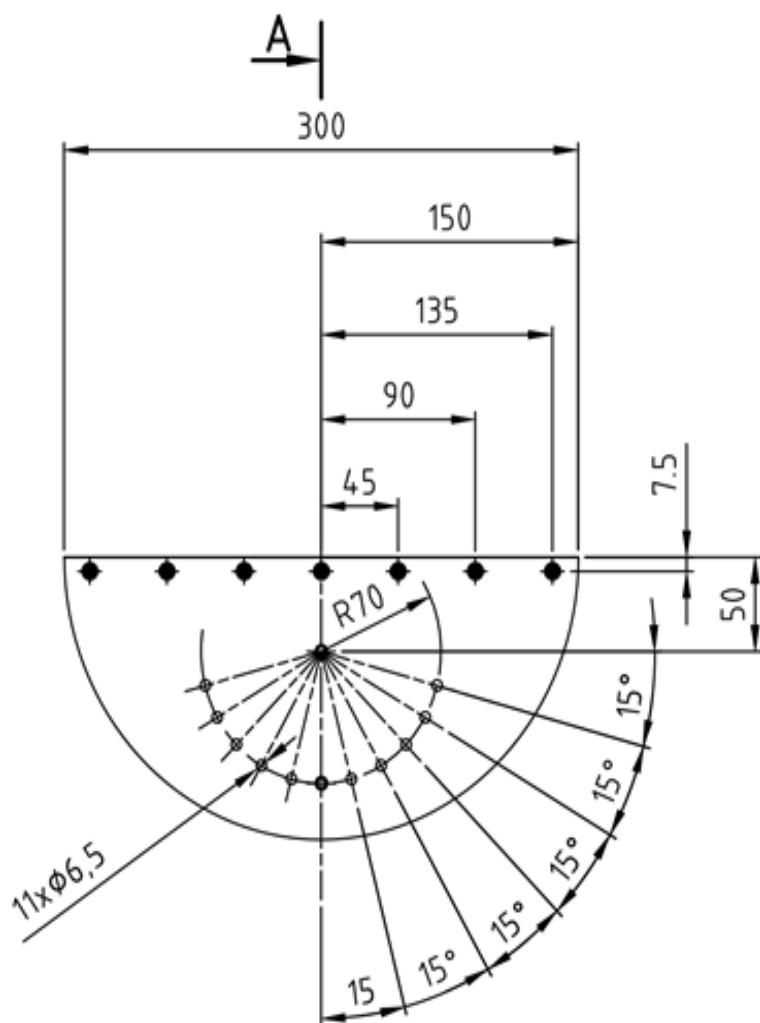
4	ELEKTRODA E-K 103	ČSN EN 2560	
3			
2	1 TR 4-HR 35x3-300	ČSN 426935.1	11 373
1	2 VNITŘNÍ POLOHOVACÍ PROFIL	UTB-01-003	11 373
	ZNAMENÁNÍ		
	ROZM.-POLOH.		
	POM. ZÁR.		
	PROJEKČNÍ ZÁR.		
	TECHNOL.		
	NAZEV		
	UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ		
	Fakulta technologická		
	Ústav výrobního inženýrství		
	HMOTNOST 4,615 Kg	MEŘ.	1:5
	ČSN	TR.Č.	
	POZNL	Č. KUSOVNIKU	
	NORM. REF.		
	DATEM 2.1.2016		
	SCHVÁLIL	DATEM	
	OSLOVIL	Č. V.	
	POLOHOVADLO	UTB-05-000	
	LIST		1



A (4:1)

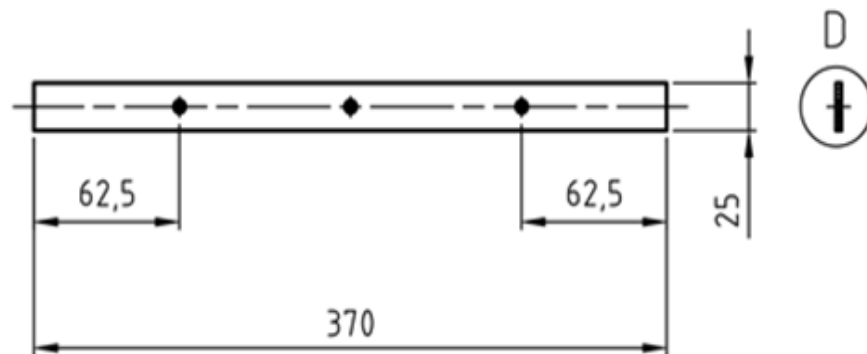


NOVĚ	ZMĚNA	DATA	POOPIS	UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství
ZNÁMAT. PŘEKLIŽKA	T.O.	HMOTNOST 2.7528 Kg	MĚR. 1:5	
RODM.-POLOT. 15-800x370 - PŘEKLIŽKA BŘEZOVÁ 15-830 x 1530	ČSN	TR.Č.		
POM. ZAŘ.	NORM. REF.	Č. KUSOVNIKU		
KRESL. ZUBK	PODK.	Č.Y.		
PŘEZK.	SCHVÁL.	Č.Y.		
TECHNOL.	SCHVÁL.	Č.Y.		
NAZEV	ČÍSLO VÝKRESU	UTB-01-001		
DESKA	LÍŠT			

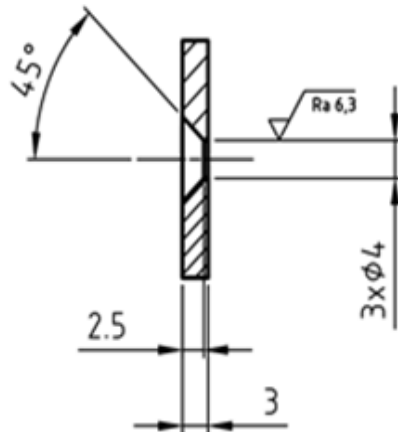


$\sqrt{Ra\ 32}$ ($\sqrt{Ra\ 6,3}$)

INDEX	ZMĚNA	DATUM	POPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT.	11375.0	T.O.	HMOTNOST	1,04 Kg	MĚŘ. 1:4
ROZM.-POLOT.	15-300x150 - P15-1000x2000 ČSN 42 5310			ČSN	TR.Č.
POM. ZAŘ.			POZN.		Č. KUSOVNIKU
KRESLIL	ZUBÍK	NORM.REF.	DATUM	2.1.2016	STARÝ V.
PŘEZK.		SCHVÁLIL	DAT.		Č.V.
TECHNOL.					
NÁZEV	NOSIČ			ČÍSLO VÝKRESU	UTB-01-002
				Listů	List

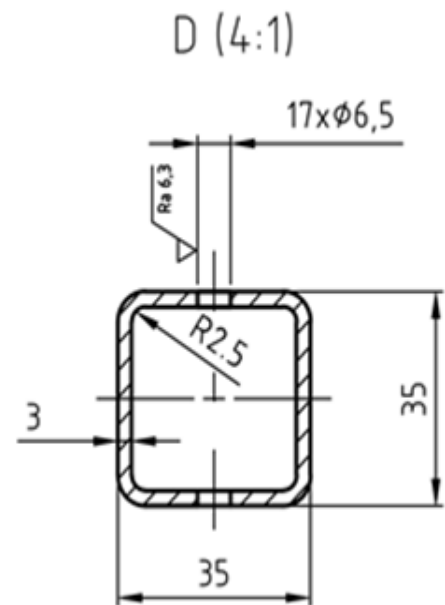
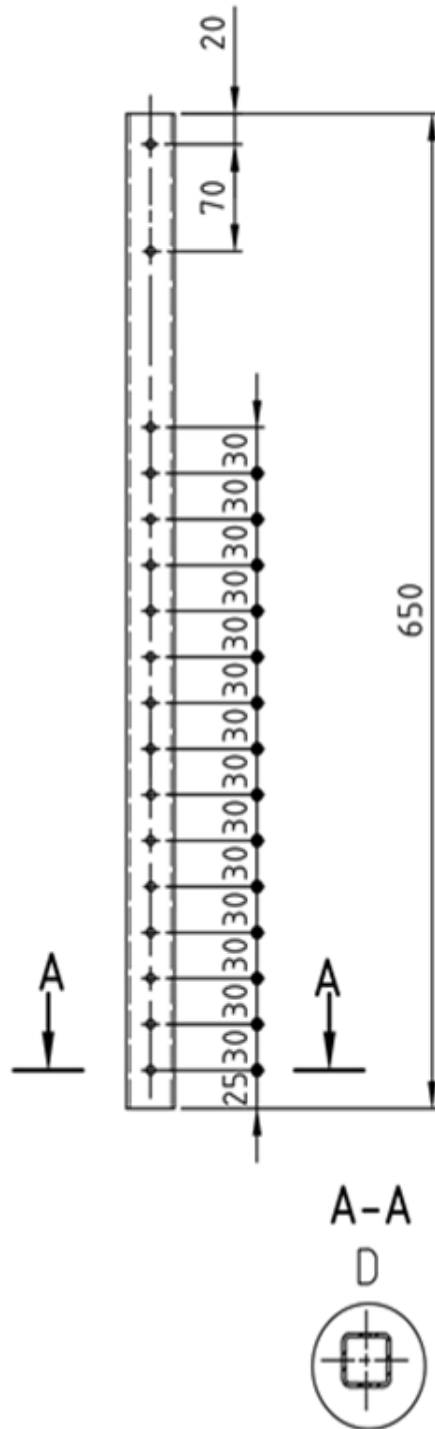


D (5:1)



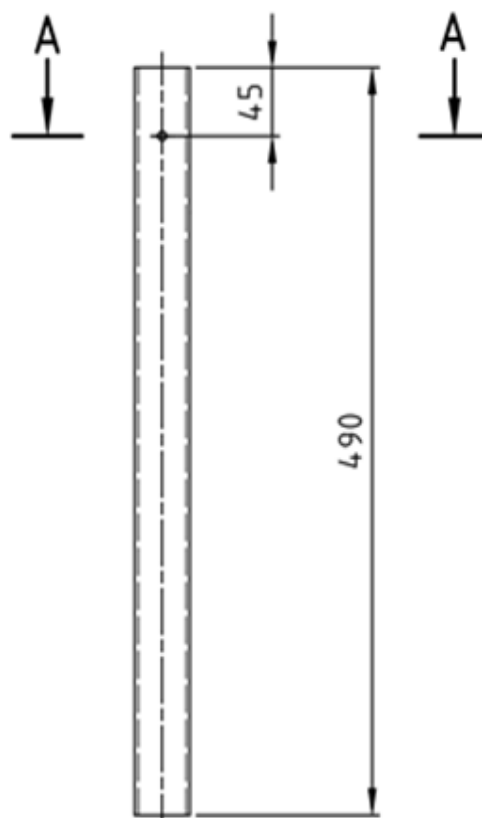
$\sqrt{Ra\ 3.2}$ ($\sqrt{Ra\ 6.3}$)

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT.	11375	T.O.	HMOTNOST	0,363 kg	MĚR.
ROZM.-POLOT.	25x3-370 - PÁS 25x3-1000 ČSN 42530				1:4
POM. ZAŘ.			ČSN		TŘ.Č.
KRESLIL	ZUBÍK	NORM.REF.	POZN.		Č. KUSOVNIKU
PŘEZK.		DATUM	2.1.2016		
TECHNOL.	SCHVÁLIL	DAT.	STARÝ V.		Č.V.
NÁZEV	ZARÁŽKA		ČÍSLO VÝKRESU	UTB-01-006	
			List		List



$\sqrt{Ra\ 3,2}$ ($\sqrt{Ra\ 6,3}$)

INDEX	ZMĚNA	DATUM	POPOPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT. 11373			T.O.	HMOTNOST 1,6575 Kg	MĚR. 1:5
ROZM.-POLOT. 35x35x3-650 - TR 4HR 35x3-650				ČSN	TR.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.	Č. KUSOVNIKU
KRESLIL ZUBÍK	NORM.REF.	DATUM 2.1.2016		STARÝ V.	Č.V.
PŘEZK.				ČÍSLO VÝKRESU	
TECHNOL.	SCHVÁLIL	DAT.		UTB-01-003	
NÁZEV	VNITŘNÍ POLOHOVACÍ PROFIL			LISTO	LIST

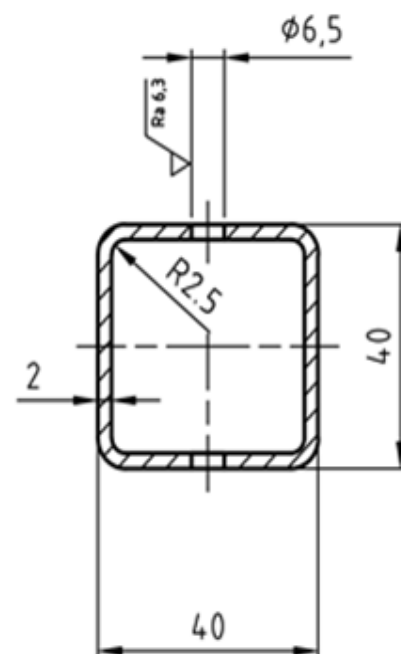


A-A

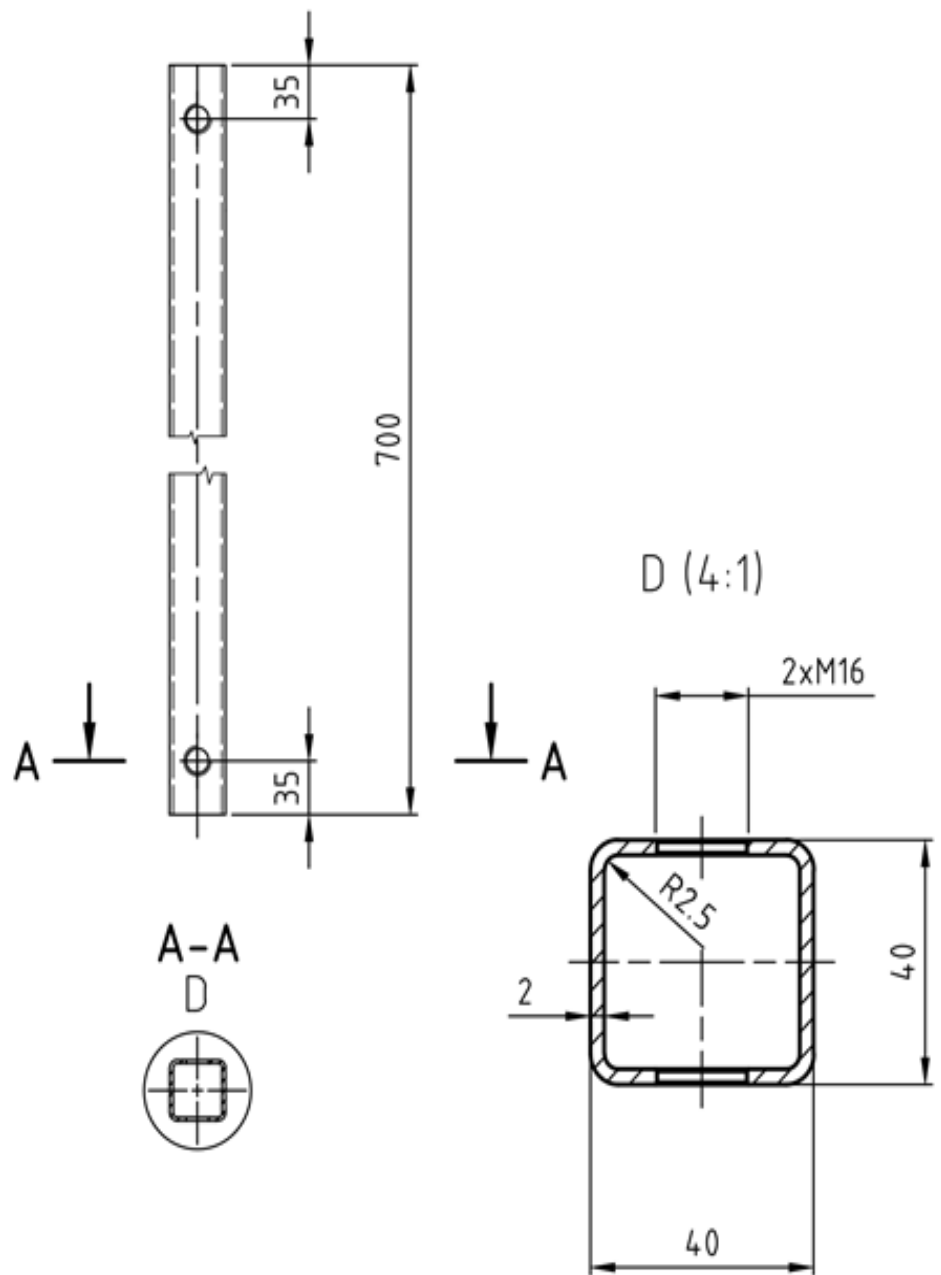
D



D (4:1)

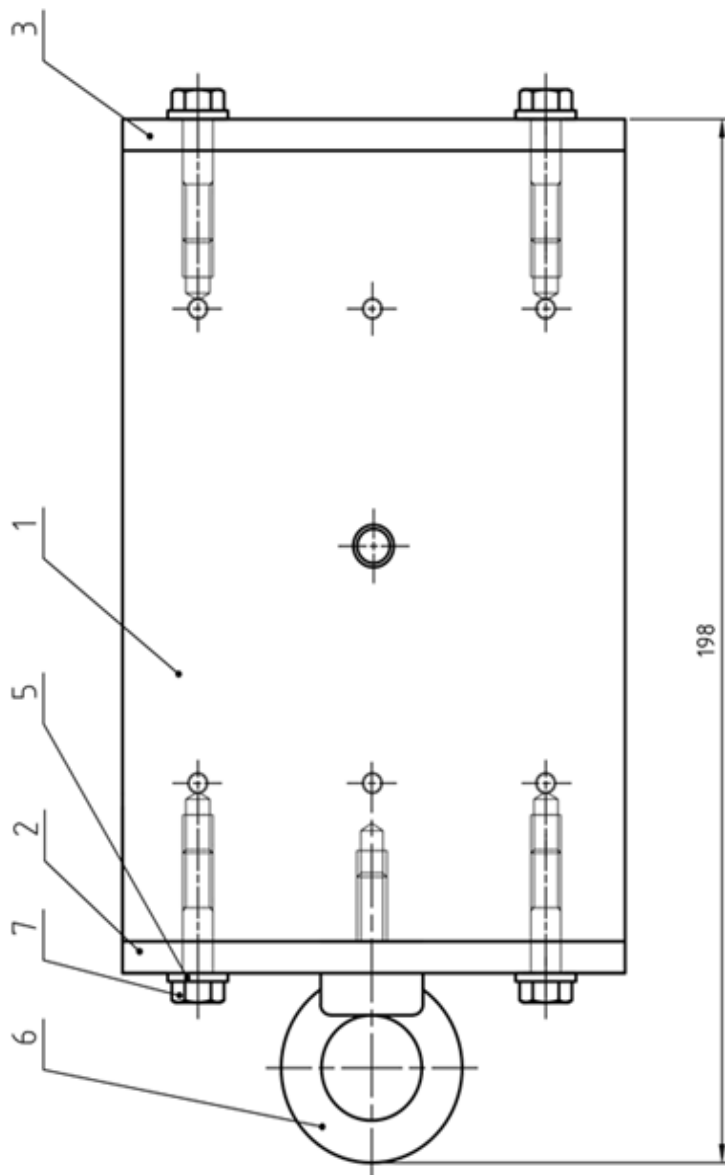

 $\sqrt{Ra\ 3.2}$ ($\sqrt{Ra\ 6.3}$)

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT. 11373				HMOTNOST 1,44 Kg	MĚŘ. 1:5
ROZM.-POLOT. 40x40x2-490 - TR 4HR 40x2-490				ČSN	TR.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.	Č. KUSOVNIKU
KRESLIL ZUBÍK	NORM.REF.			STARÝ V.	Č.V.
PŘEZK.	DATUM 2.1.2016			ČÍSLO VÝKRESU	
TECHNOL.	SCHVÁLIL	DAT.		UTB-01-004	
NÁZEV	VNĚJŠÍ POLOHOVACÍ PROFIL			Listů	List

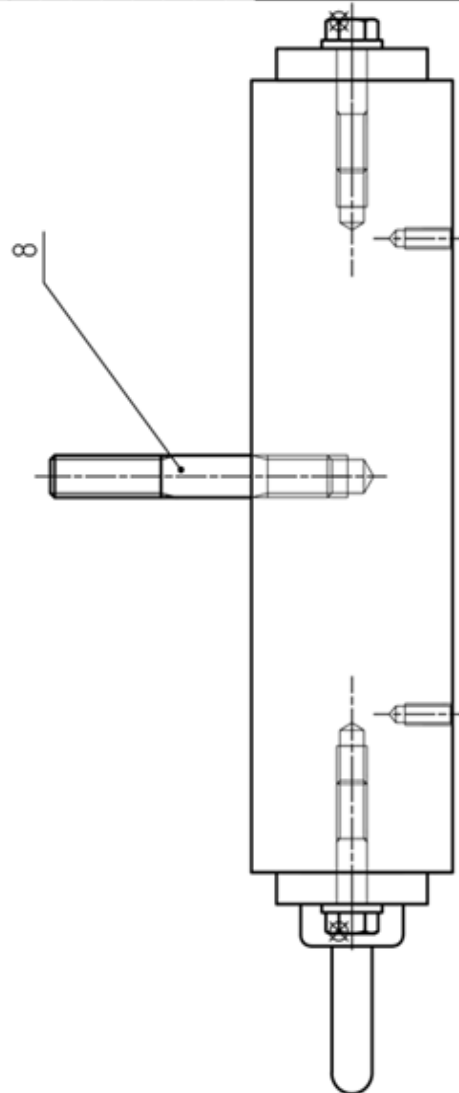


$\sqrt{\text{Ra } 3.2}$

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT.	11373	T.O.		HMOTNOST 2,058 Kg	MĚŘ. 1:5
ROZM.-POLOT.	40x40x2,5-700 - TR 4HR 40x2,5-700			ČSN	TR.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.	Č. KUSOVNIKU
KRESLIL ZUBÍK	NORM.REF.			STARÝ V.	Č.V.
PŘEZK.	DATUM 2.1.2016			ČÍSLO VÝKRESU	UTB-01-005
TECHNOL.	SCHVÁLIL	DAT.		List	List
NÁZEV	NOSNÝ PROFIL				



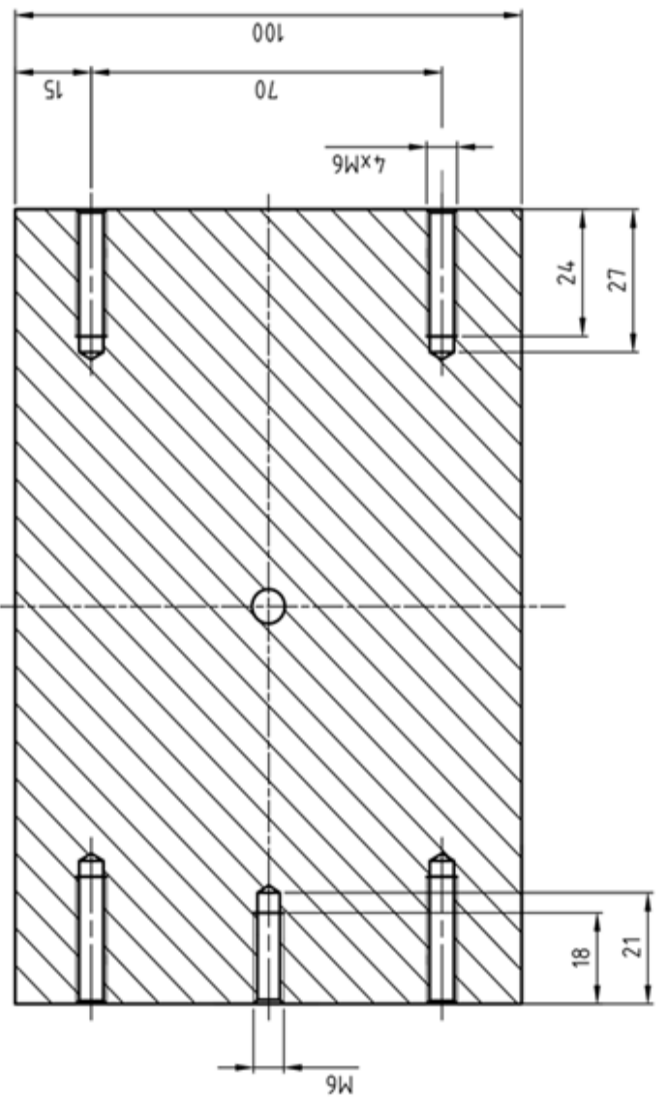
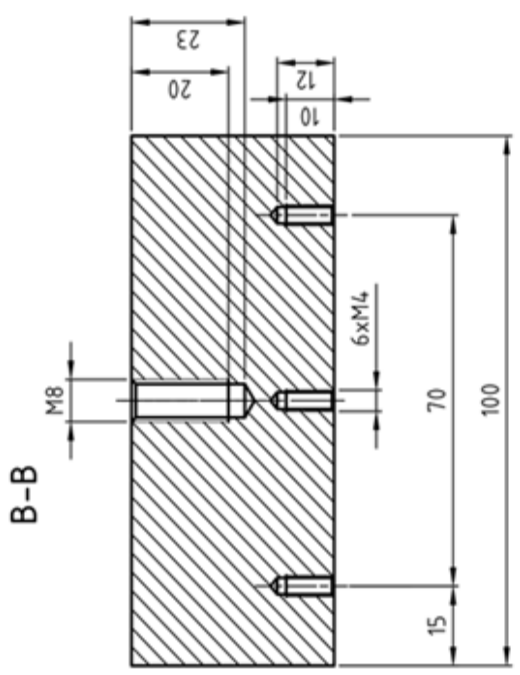
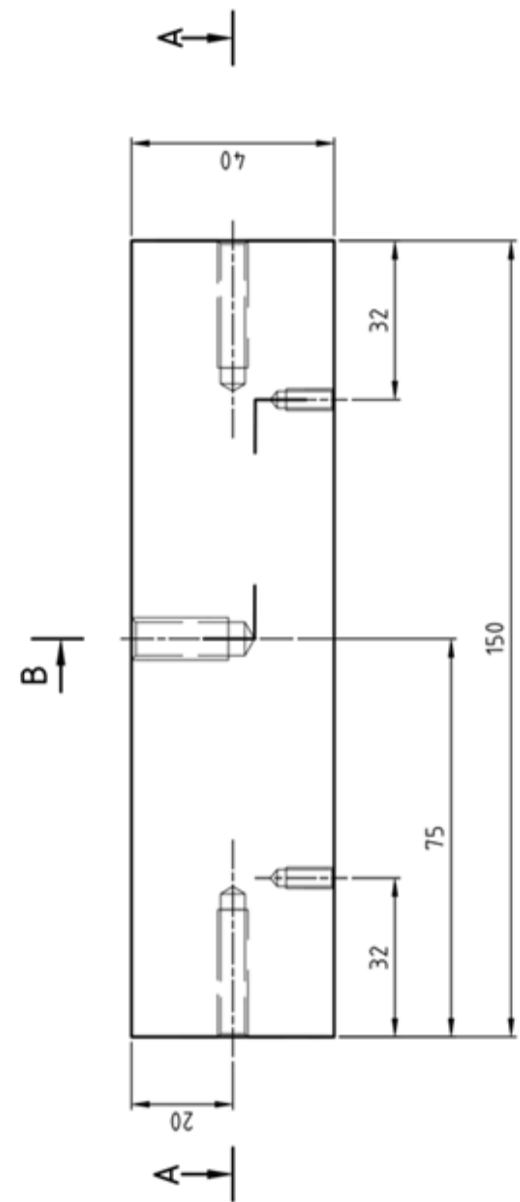
8	1	ZÁVRTNÝ ŠROUB M8x4,5	DIN 835
7	4	ŠROUB M6x25	DIN 580
6	1	ZÁVĚSNÝ ŠROUB	ISO 4017
5	4	PODLÓŽKA B 6,4	CSN 02 1702
4			
3	1	ČELIST 1	UTB-03-003
2	1	ČELIST	UTB-03-002
1	1	SÁNĚ	UTB-03-001
Poz	Ks	Název-Rozměr	Výkres-Norma
			Materiál
			Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
			Fakulta technologická
			Ústav výrobního inženýrství
			HMOTNOST 2,038 Kg
			MĚR 1:1
			CSN
			TRČ
			Č. KUSOVNIKU
			Č.Y.
			ČÍSLO VÝKRESU
			UTB-03-000
			Let



SÁNĚ - SESTAVA

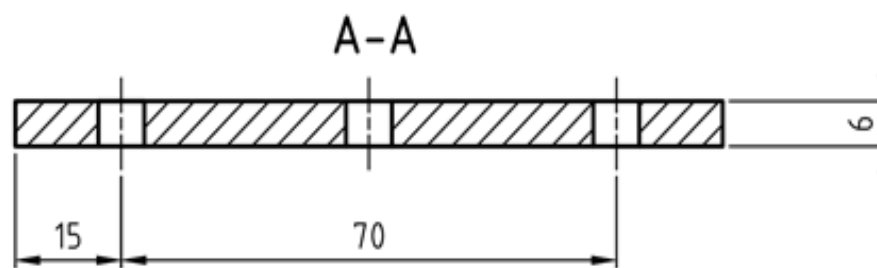
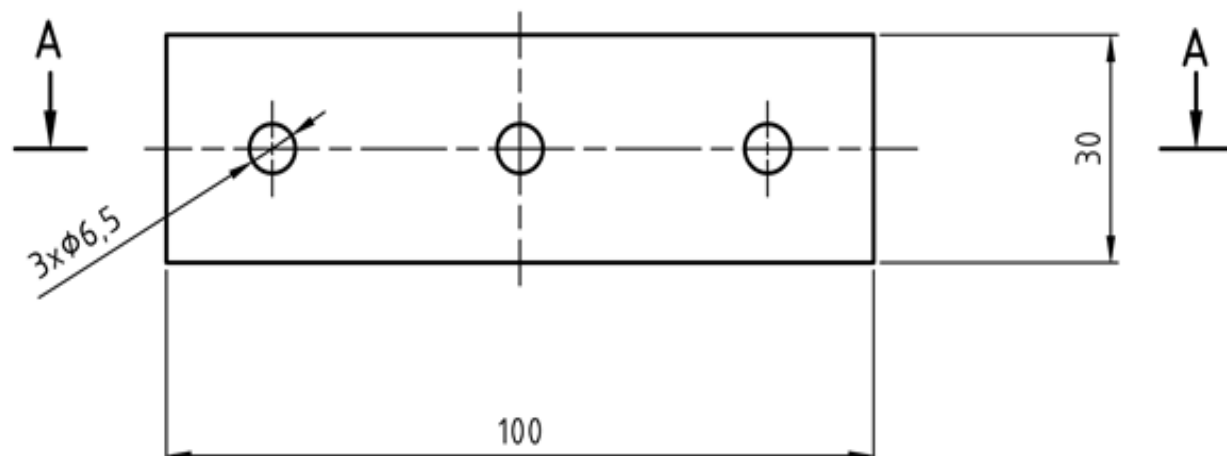
UTB-03-000

Let

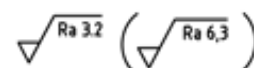


√ Ra 32

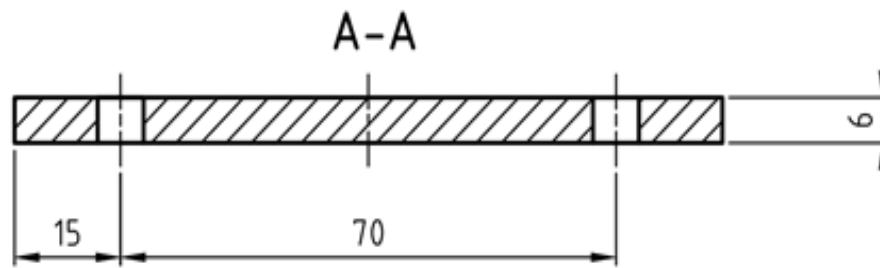
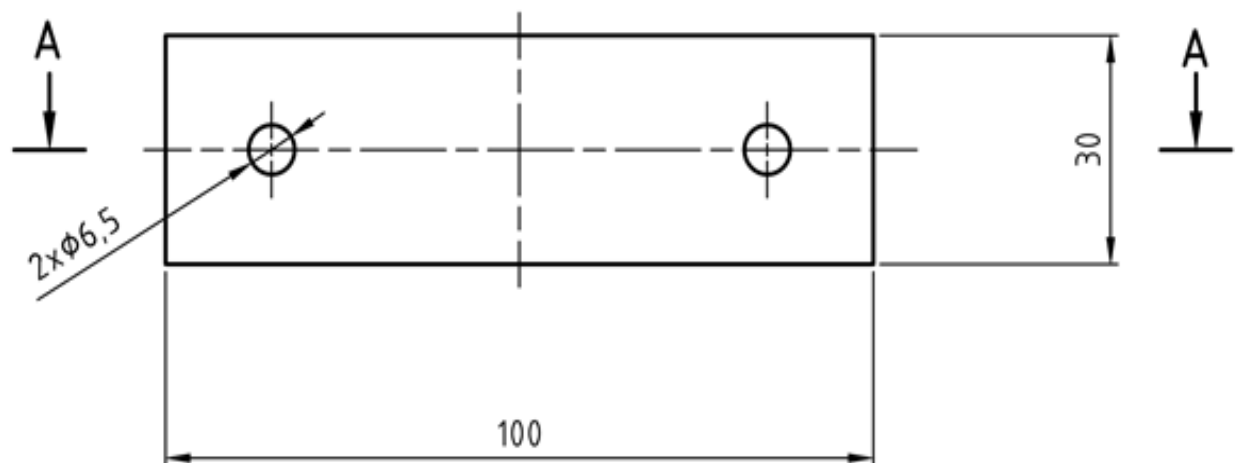
UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ		FAKULTA TECHNOLOGICKÁ		ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ	
INDEX	ZNAČKA	DATUM	POPS	HMOTNOST 1,68 kg	MĚR. 1 : 1
ZNÁMAT. DURAL	ROZM.-POLOI. 100x40-150 - TYČ PLOCHA 100 x 40	T.O.		CSN	TR.Č.
POM. ZAČ.	KRESLIL ZUBEK	NORM.REF.		POZN.	Č. KUSOVNIKU
PRÉZK.		SCHVÁLIL		ŠLO VÝKRESU	Č.V.
TECHNOL.		ŠKÝVALI		ŠLO VÝKRESU	
NAZEV		ŠKÝVALI		ŠLO VÝKRESU	
SÁŇ			UTB-03-001		
			Líst		



DRSNOST VRTANÝCH DĚR Ra 6,3



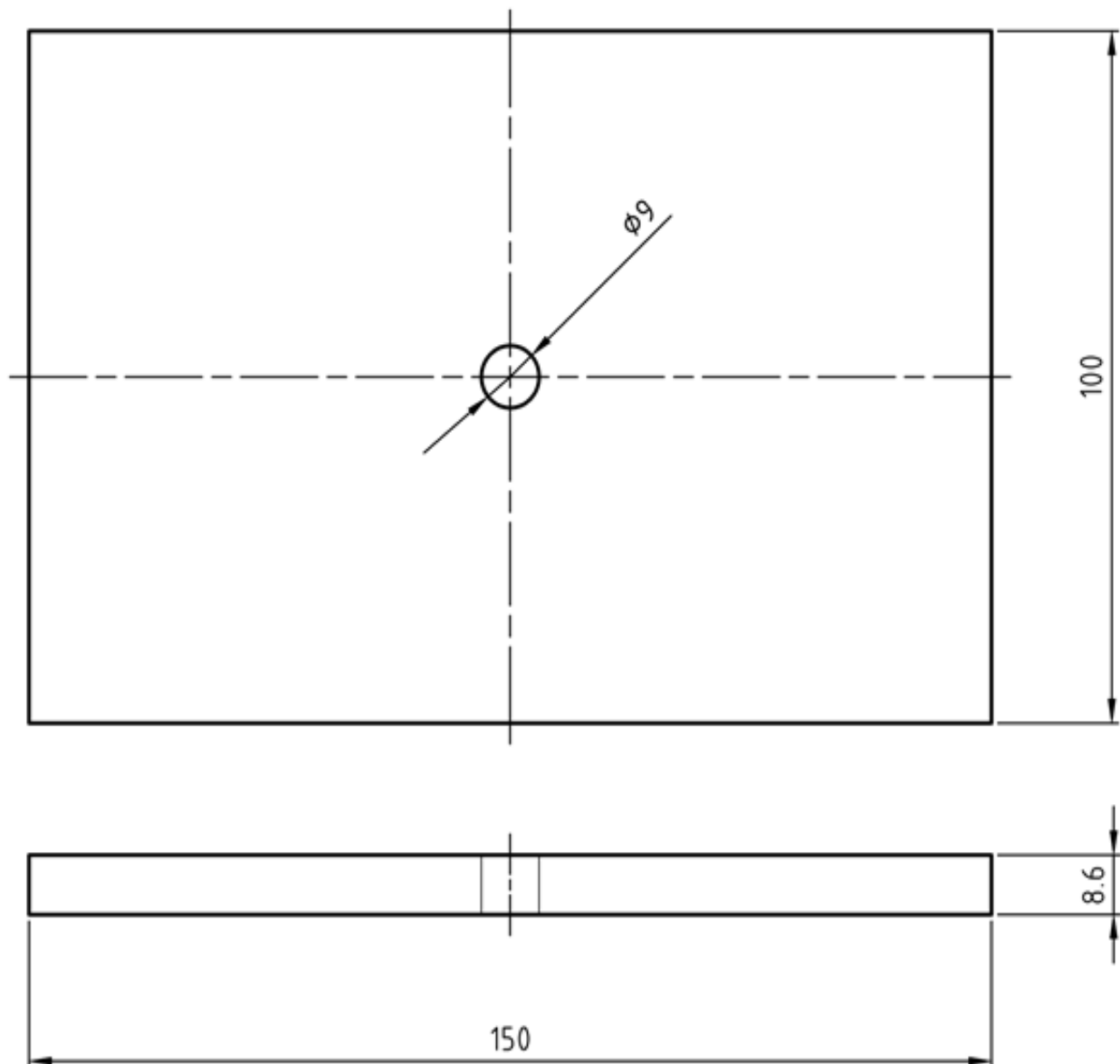
INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT. 11375			T.O.	HMOTNOST 0,140	MĚŘ. 1:4
ROZM.-POLOT. 30x6-100 - PÁS 30x6-1000 ČSN 42530				ČSN	TŘ.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.	Č. KUSOVNIKU
KRESLIL ZUBIK	NORM.REF.	DATUM 2.1.2016		STARÝ V.	Č.V.
PŘEZK.				ČÍSLO VÝKRESU	
TECHNOL.	SCHVÁLIL	DAT.		UTB-03-002	
NÁZEV	ČELIST			LISTO	LIST



$\sqrt{Ra\ 3,2}$ ($\sqrt{Ra\ 6,3}$)

DRSNOST VRTANÝCH DĚR Ra 6,3

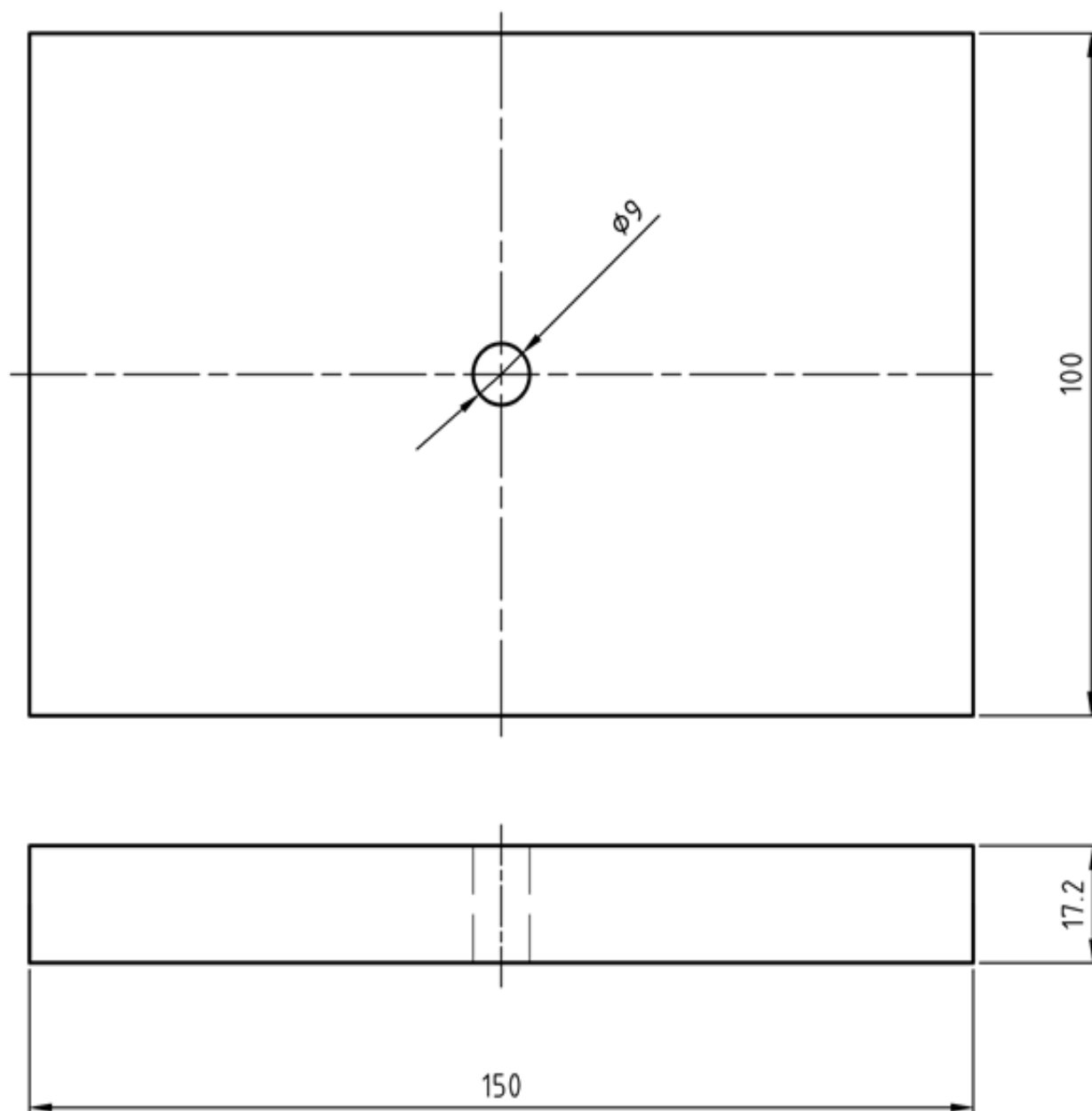
INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT. 11375			T.O.	HMOTNOST 0,142	MĚR. 1:4
ROZM.-POLOT. 30x6-100 - PÁS 30x6-1000 ČSN 42530				ČSN	TR.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.	Č. KUSOVNIKU
KRESLIL ZUBÍK	NORM.REF.	DATUM 2.1.2016		STARÝ V.	Č.V.
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	DAT.			
NÁZEV ČELIST 1				ČÍSLO VÝKRESU UTB-03-003	
				Listů	List



$\sqrt{Ra\ 3.2}$ ($\sqrt{Ra\ 6.3}$)

DRSNOST VRTANÉ DÍRY Ra 6,3
 ODBROUSIT PŘEBYTEČNÝ MATERIÁL NA POŽADOVANOU HMOTNOST

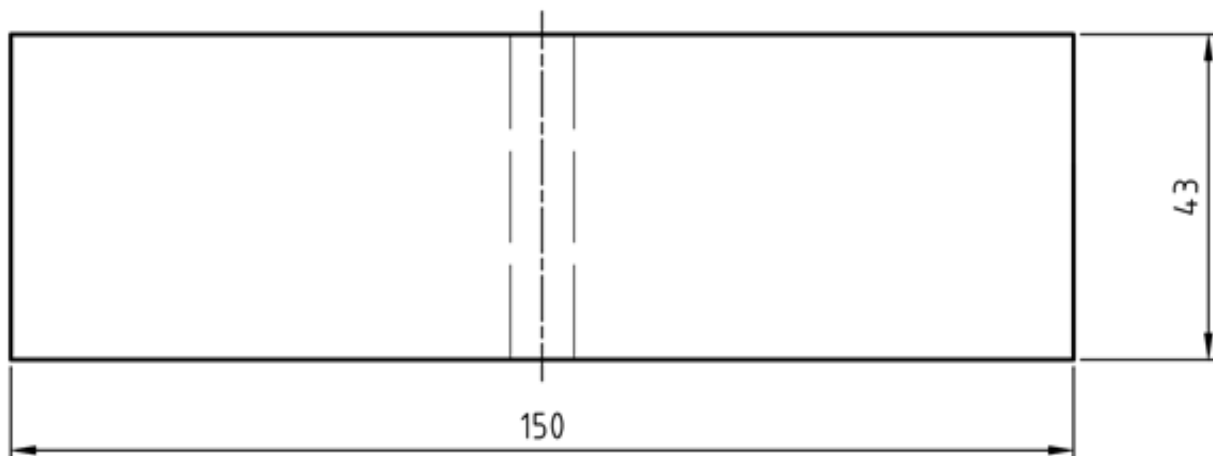
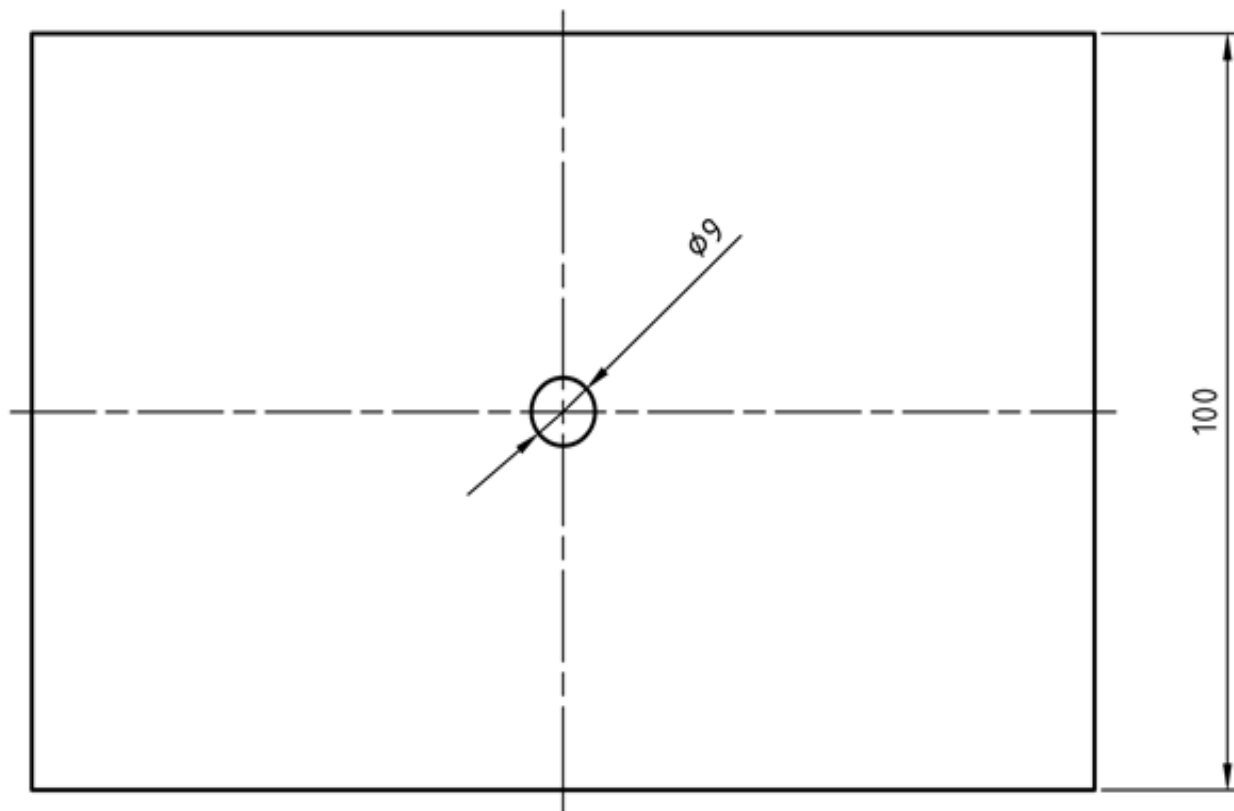
INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT.	11375	T.O.	HMOTNOST	1 Kg	MĚR. 1:1
ROZM.-POLOT. 100x8,6-150 - TYČ PLOCHÁ 100 x 10			ČSN	TŘ.Č.	
POM. ZAŘ.			POZN.	Č. KUSOVNIKU	
KRESLIL ZUBÍK	NORM.REF.		STARÝ V.	Č.V.	
PŘEZK.	DATUM 2.1.2016		ČÍSLO VÝKRESU	UTB-03-004	
TECHNOL.	SCHVÁLIL	DAT.	LISTO	List	
NÁZEV Závaží 1 kg					



$\sqrt{Ra\ 3,2}$ ($\sqrt{Ra\ 6,3}$)

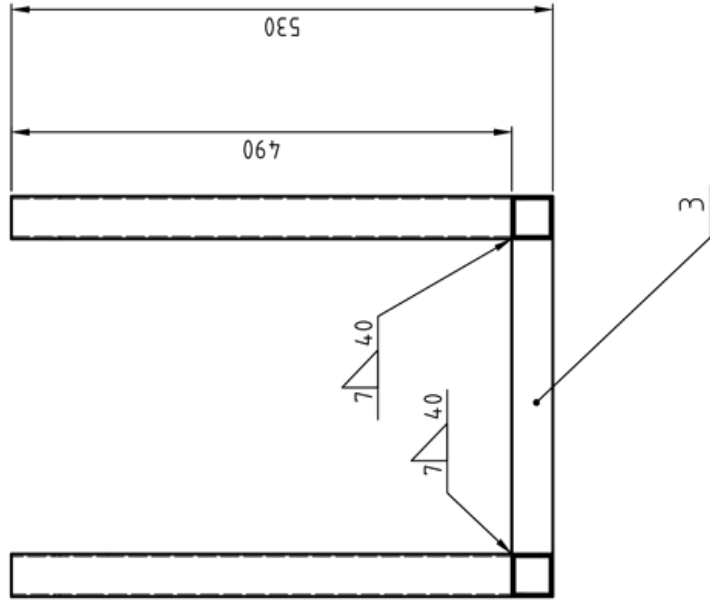
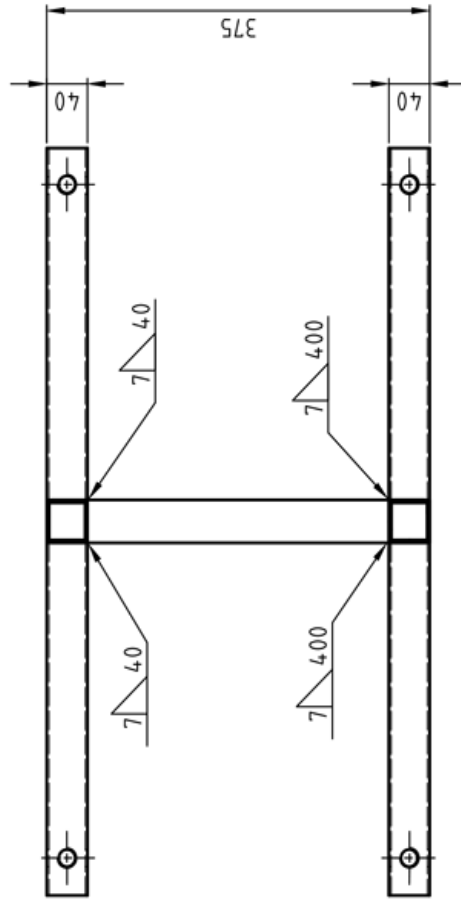
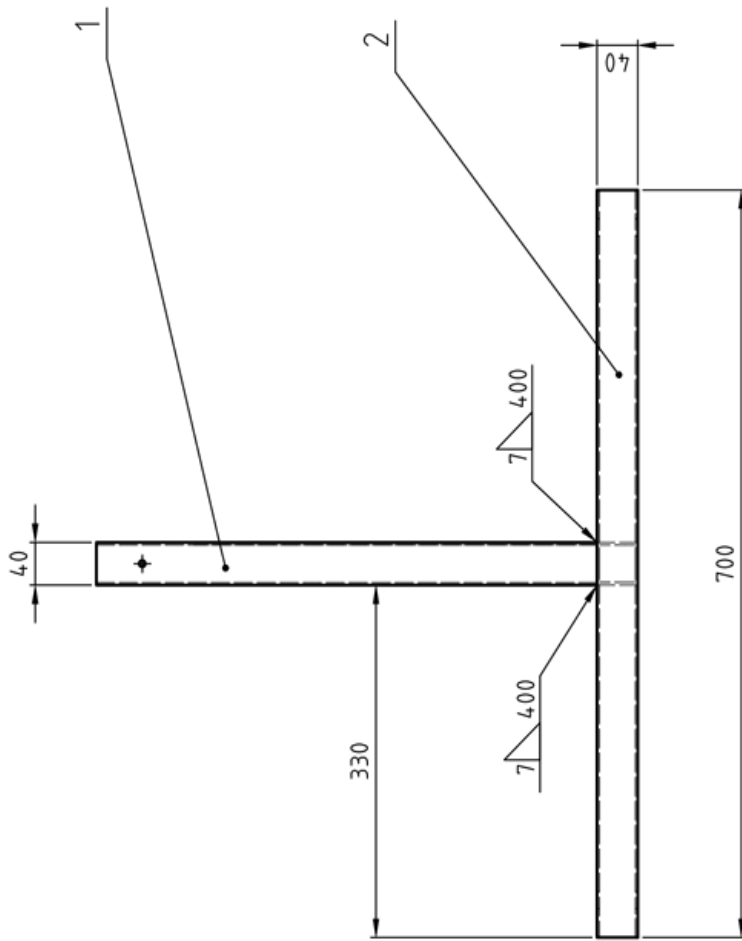
DRSNOST VRTANÉ DÍRY Ra 6,3
 ODBROUSIT PŘEBYTEČNÝ MATERIÁL NA POŽADOVANOU HMOTNOST

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT. 11375		T.O.		HMOTNOST 2 Kg	MĚR. 1:1
ROZM.-POLOT. 100x17,2-150 - TYČ PLOCHÁ 100 x 18				ČSN	TŘ.Č.
POM. ZAŘ.		NORM.REF.		POZN.	Č. KUSOVNIKU
KRESLIL ZUBÍK		DATUM 2.1.2016		STARÝ V.	Č.V.
PŘEZK.		SCHVÁLIL		ČÍSLO VÝKRESU UTB-03-005	
TECHNOL.		DAT.		Listů	
NÁZEV Závaží 2 kg				List	


 $\sqrt{Ra\ 3.2}$ ($\sqrt{Ra\ 6.3}$)

DRSNOST VRTANÉ DÍRY Ra 6,3
 ODBROUSIT PŘEBYTEČNÝ MATERIÁL NA POŽADOVANOU HMOTNOST

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT.	11375	T.O.	HMOTNOST	5 Kg	MĚR. 1:1
ROZM.-POLOT.	100x40-150 - TYČ PLOCHÁ 100 x 50			ČSN	TŘ.Č.
POM. ZAŘ.	NORM.REF.	POZN.	Č. KUSOVNIKU		
KRESLIL ZUBÍK	DATUM 2.1.2016	STARÝ V.	Č.V.		
PŘEZK.	SCHVÁLIL	DAT.	ČÍSLO VÝKRESU	UTB-03-006	
TECHNOL.			LISTO		LIST
NÁZEV	Závaží 5 kg				



5	ELEKTRODA E-K 103	ČSN EN 2560	
4			
3	1 TR 4HR 4.0x2-295	ČSN 426935.1	11 320.0
2	2 NOSNÝ PROFIL	UTB-01-005	11 320.0
1	2 VNĚJŠÍ POLOHOVACÍ PROFIL	UTB-01-004	11 320.0
Poz	Ks	Výkres-Norma	Materiál
INDEX	ZMĚNA	PODPIS	
		DATEM	
ZNAMENÍ		I.O.	
ROZMĚR - POLOH.			HMOTNOST 7,9 Kg
POM. ZÁŘ.			TR.Č.
KRESLIL ZUBIK	NORM.REF.		Č. KUSOVNIKU
PŘEZK.	DATEM 2.1.2016		Č.V.
TECHNOL.	SCHVAĽ.	DATEM	
NÁZEV	PODSTAVA		
	ČÍSLO VÝKRESU UTB-04-000		
	Líst		

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
 Fakulta technologická
 Ústav výrobního inženýrství
 MĚŘ. 1:5

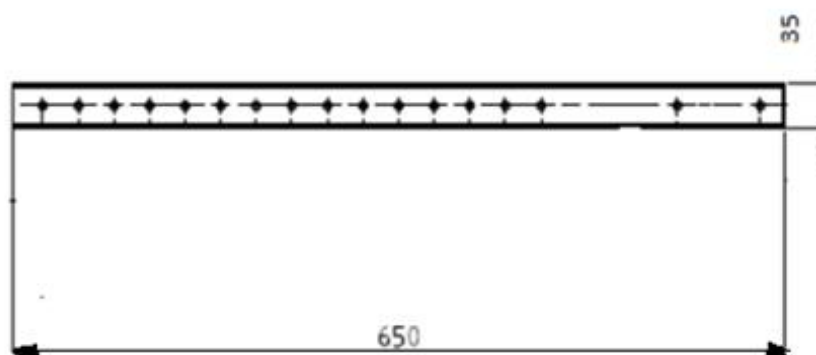
UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
FAKULTA TECHNOLOGICKÁ

Předmět: **Bakalářská práce**Skupina: **PI3T1**Vypracoval: **Marek Zubík**Datum: **31. 3. 2016**

TECHNOLOGICKÝ POSTUP

Název Součásti: **Vnitřní polohovací profil**Ročník: **3**

Náčrt součásti:



Materiál: 11373.0

Polotovar: Tenkostěnný profil ocelový uzavřený – čtvercový
TR 4HR 35 x 3

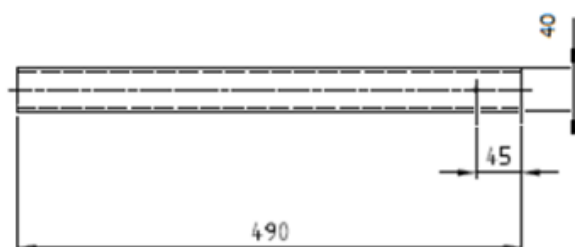
Hmotnost: 1,6575 kg

Technologický postup:

Název součásti: Vnitřní polohovací profil					
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku $l = 650$ mm		Pila	Metr
2	Bruska	Vybrousit ostré hrany po řezu		Brousící kotouč $d = 150$ mm	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díru dle výkresu $17 \times 6,5$ mm		Spirálovitý vrták do kovu $d = 6,5$ mm	Posuvka
4	-	Ojehlit ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Vnější polohovací profil	Ročník: 3

Náčrt součásti:



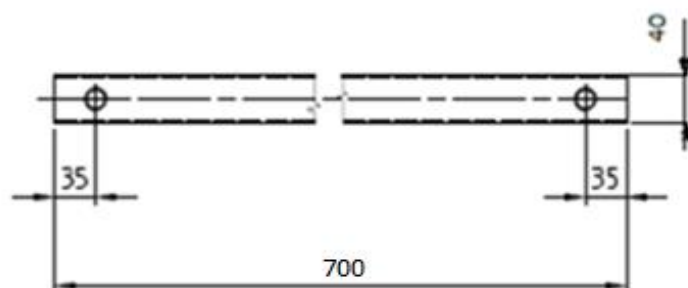
Materiál: 11373.0
 Polotovar: Tenkostěnný profil ocelový uzavřený – čtvercový
 TR 4HR 40 x 2
 Hmotnost: 1,44 kg

Technologický postup:

Název součásti: Vnější polohovací profil					
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku $l = 490$ mm		Pila	Metr
2	Bruska	Vybrousit ostré hrany po řezu		Brousící kotouč $d = 150$ mm	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díru dle výkresu o průměru $d = 6,5$ mm		Spirálovitý vrták do kovu $d = 6,5$ mm	Posuvka
4	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Nosný profil	Ročník: 3

Náčrt součásti:



Materiál: 11373.0

Polotovar: Tenkostěnný profil ocelový uzavřený – čtvercový
TR 4HR 40 x 2

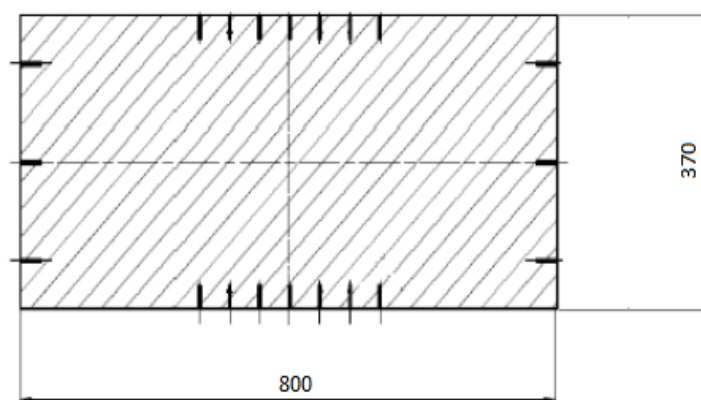
Hmotnost: 2,058 kg

Technologický postup:

Název součásti:		Nosný profil			
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku $l = 750$ mm		Pila	Metr
2	Bruska	Vybrousit ostré hrany po řezu		Brousící kotouč $d = 150$ mm	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 2×14 mm		Spirálovitý vrták do kovu $d = 14$ mm	Posuvka
4	-	Ojehlit ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
5	Stolní vrtačka	Vrtat závit $2 \times M16$		Závitník strojní M16	Závitový válečkový kalibr, posuvka
6	-	Ojehlit ostré hrany		Ruční pilník	-

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Deska	Ročník: 3

Náčrt součásti:



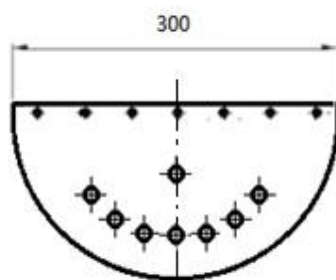
Materiál: Překližka březová
 Polotovar: Překližka březová 15 – 1530 x 1530
 Hmotnost: 2,7528 kg

Technologický postup:

Název součásti:		Deska			
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat překližku na 800 x 370		Pila	Metr
2	-	Začistit hrany po řezu		Ruční pilník	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 20 x 2 mm		Spirálovitý vrták d=2mm	Posuvka
4	-	Ojehlit ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Nosič	Ročník: 3

Náčrt součásti:



Materiál: 11375.0
 Polotovar: Plech P15 – 1000 x 2000 ČSN 42 5310
 Hmotnost: 1,04 kg
 Technologický postup:

Název součásti:		Deska			
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	CNC pálicí stroj MGM Omnicut	Vypálit požadovaný tvar dle výkresu		Plazmový hořák	Posuvka
2	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 11 x 6,5 mm		Spirálovitý vrták d=6,5mm	Posuvka
4	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
5	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 7 x 4,5 mm		Spirálovitý vrták d=4,5mm	Posuvka
6	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
7	Stolní vrtačka	Vrtat zkosení pro zápusťný šroub dle výkresu		Spirálovitý vrták d=8mm	-

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
FAKULTA TECHNOLOGICKÁ

Předmět: **Bakalářská práce**

Skupina: PI3T1

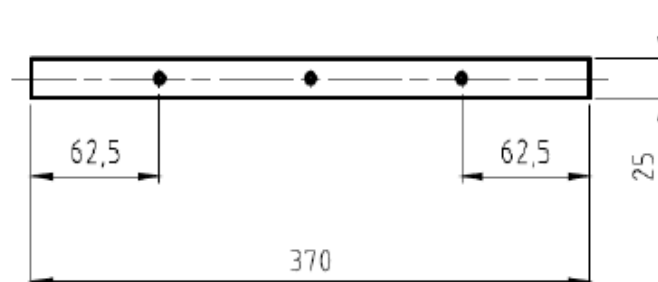
Vypracoval: **Marek Zubík**Datum: **31. 3. 2016**

TECHNOLOGICKÝ POSTUP

Název Součásti: **Zarážka**

Ročník: 3

Náčrt součásti:



Materiál: 11375

Polotovar: Pás 25 x 3 – 1000 ČSN 42530

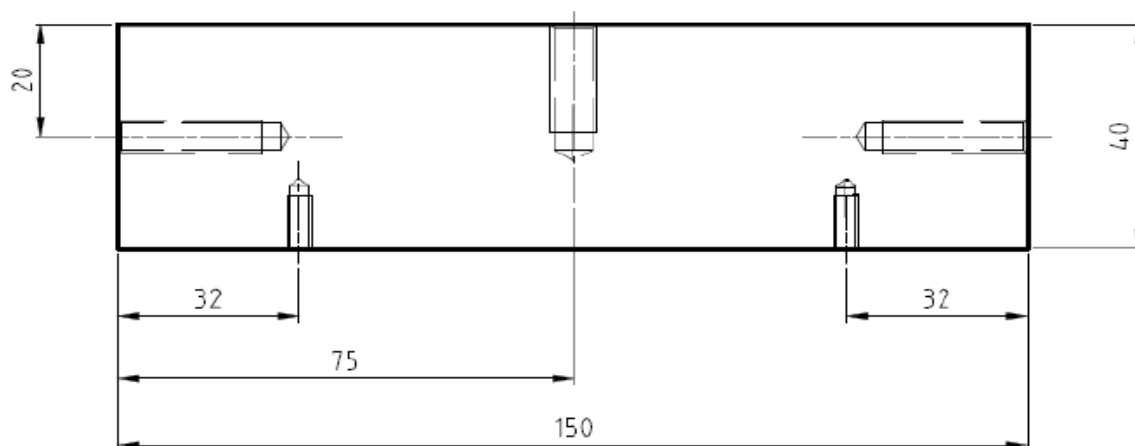
Hmotnost: 0,363 kg

Technologický postup:

Název součásti:		Zarážka			
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku 100mm		Pila	Posuvka
2	-	Ojehlít ostré hrany po řezání		Ruční pilník	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 3 x 4 mm		Spirálovitý vrták d=6,5mm	Posuvka
4	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
5	Stolní vrtačka	Vrtat zapuštění pro hlavy šroubu		Spirálovitý vrták d=10mm	Posuvka





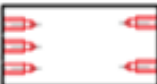








UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Sáňě	Ročník: 3

Náčrt součásti:



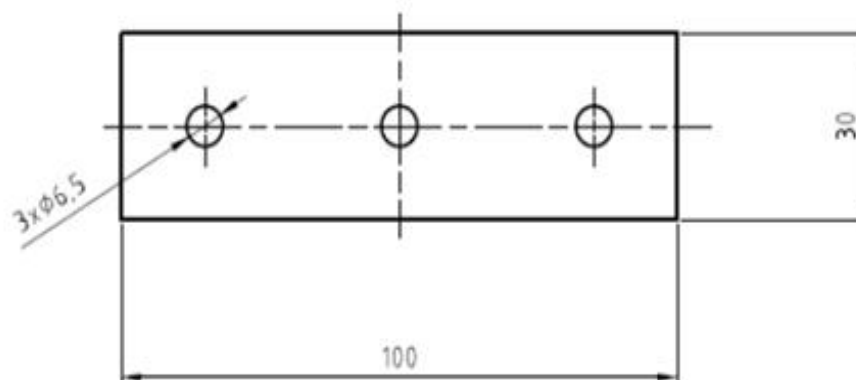
Materiál: Dural
 Polotovar: Tyč plochá 100 x 40
 Hmotnost: 1,68 kg
 Technologický postup:

PŘÍLOHA XXVI TECHNOLOGICKÝ POSTUP - SÁŇĚ

Název součásti: Sáňe					
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovár na délku 152mm		Pila	Posuvka
2	-	Ojehlít ostré hrany po řezání		Ruční pilník	-
3	Frézka CNC HWT C-442	Frézovat čelo po řezu na 150mm		Fréza válcová čelní, pravotočivá	Posuvka
4	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
5	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 5 x 5 mm pro závit M6		Spirálovitý vrták d=5mm	Posuvka
6	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
7	Stolní vrtačka	Vrtat závit 5x M6 dle výkresu		Strojní závitník M6	Závitový válečkový kalibr, posuvka
8	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 6 x 3,3 mm pro závit M4		Spirálovitý vrták d=3,3mm	Posuvka
9	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
10	Stolní vrtačka	Vrtat závit 6x M4 dle výkresu		Strojní závitník M4	Závitový válečkový kalibr, posuvka
11	Stolní vrtačka	Vrtat díru 6,8 pro závit M8 dle výkresu		Spirálovitý vrták d=6,8mm	Posuvka
12	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
13	Stolní vrtačka	Vrtat závit M8 dle výkresu		Strojní závitník M8	Závitový válečkový kalibr, posuvka

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Čelist	Ročník: 3

Náčrt součásti:



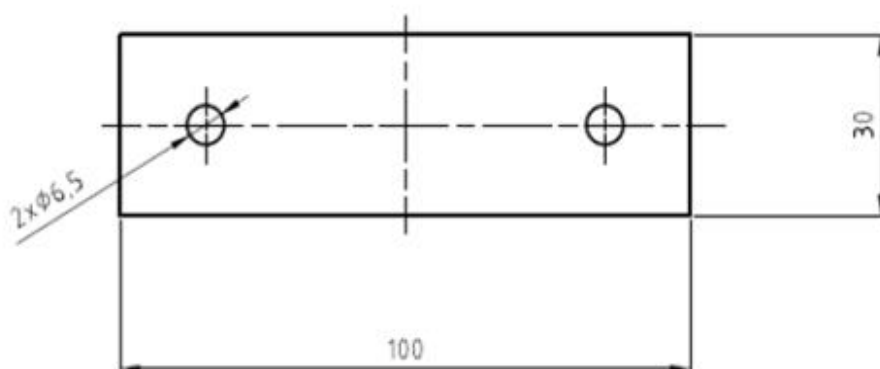
Materiál: 11375
 Polotovar: Pás 30 x 6 – 1000 ČSN 42530
 Hmotnost: 0,140 kg

Technologický postup:

Název součásti:		Čelist			
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku 100mm		Pila	Posuvka
2	-	Ojehlit ostré hrany po řezání		Ruční pilník	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 3 x 6,5 mm		Spirálovitý vrták d=6,5mm	Posuvka
4	-	Ojehlit ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Čelist 1	Ročník: 3

Náčrt součásti:



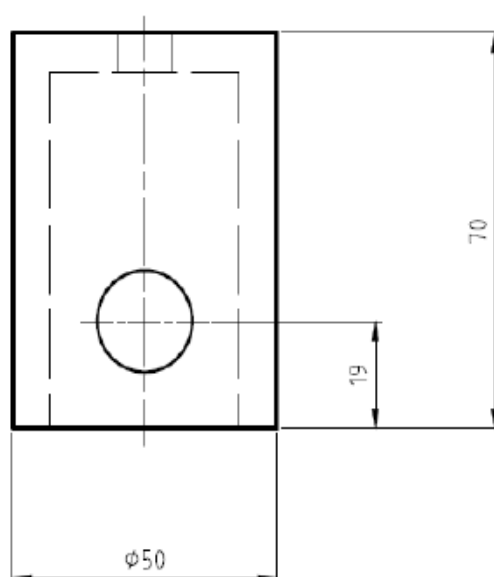
Materiál: 11375
 Polotovar: Pás 30 x 6 – 1000 ČSN 42530
 Hmotnost: 0,142 kg

Technologický postup:

Název součásti: Čelist 1					
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku 100mm		Pila	Posuvka
2	-	Ojehlit ostré hrany po řezání		Ruční pilník	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díry dle výkresu 2 x 6,5 mm		Spirálovitý vrták d=6,5mm	Posuvka
4	-	Ojehlit ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-




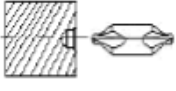
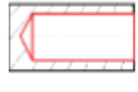


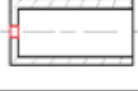

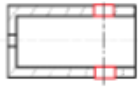
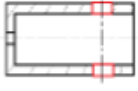
UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Pouzdro	Ročník: 3

Náčrt součásti:



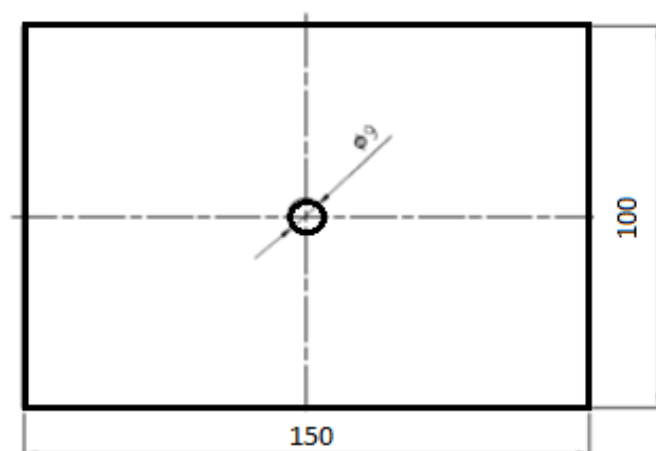
Materiál: 11600
Polotovar: Tyč kruhová ϕ 50
Hmotnost: 0,487 kg

Technologický postup:

Název součásti:		Pouzdro			
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku 73mm		Pila	Posuvka
2	-	Ojehlit ostré hrany po řezání		Ruční pilník	-
3	Soustruh univerzální hrotový SR2	Upnout polotovar a zarovnat čelo na L = 70mm		Ubírací nůž stranový pravý	Posuvka
4	Soustruh univerzální hrotový SR2	Vrtá středící důlek tvaru A Ø 3mm do l=3mm		Středící vrták tvaru A	Posuvka
5	Soustruh univerzální hrotový SR2	Vyvrtat díru 30mm do hloubky 63mm		Spirálovitý vrták s kuželovou stopkou d= 30mm	Posuvka
6	Soustruh univerzální hrotový SR2	Soustružení díry 36 mm do hloubky 63mm		Ubírací nůž pravý	Posuvka
7	Soustruh univerzální hrotový SR2	Zarovnání dna		Rohový nůž pravý	Posuvka
8	Stolní vrtačka	Vrtat díru 10,5 mm dle výkresu		Spirálovitý vrták d= 10,5mm	Posuvka
9	-	Ojehlit ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
10	Stolní vrtačka	Předvrtat díru 17,8 mm pro díru 18 H7		Spirálovitý vrták s kuželovou stopkou d=17,8mm	Posuvka
11	Stolní vrtačka	Vystružit díru 18 H7		Výstružník 18mm	Posuvka

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubik	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Závaží 1Kg	Ročník: 3

Náčrt součásti:

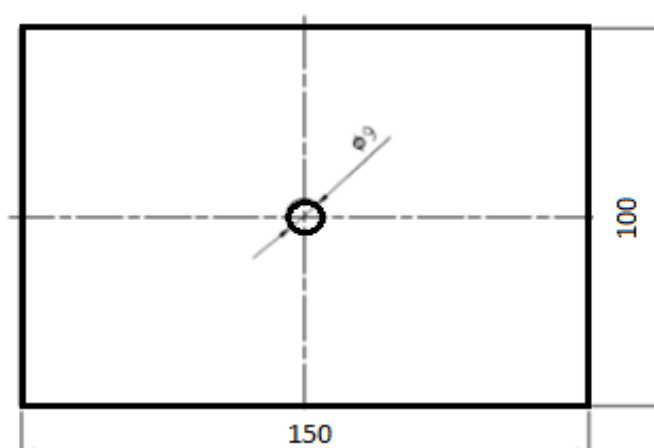


Materiál: 11375
 Polotovar: Tyč plochá 100 x 10 ČSN EN 10058
 Hmotnost: 1 kg
 Technologický postup:

Název součásti: Závaží 1Kg					
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku $l = 150\text{mm}$		Pila	Metr
2	Bruska	Vybrousit ostré hrany po řezu		Brousící kotouč $d = 150\text{ mm}$	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díru $d = 9\text{ mm}$		Spirálovitý vrták do kovu $d = 9\text{mm}$	Posuvka
4	-	Ojehlit ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
5	Bruska	Vybrousit na požadovanou hmotnost		Brousící kotouč $d = 150\text{ mm}$	Váha

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubík	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Závaží 2Kg	Ročník: 3

Náčrt součásti:

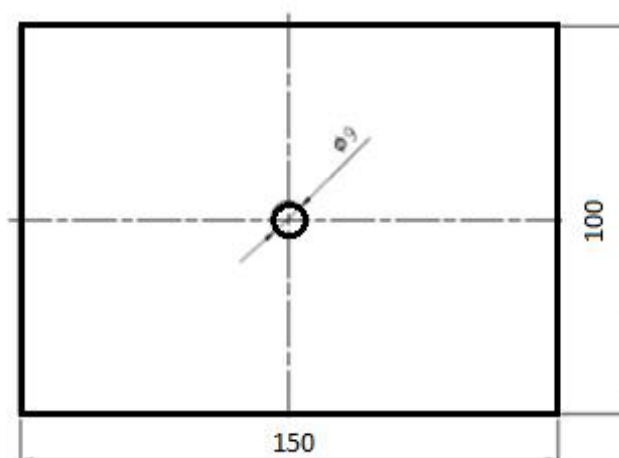


Materiál: 11375
 Polotovár: Tyč plochá 100 x 18 ČSN EN 10058
 Hmotnost: 2 kg
 Technologický postup:

Název součásti: Závaží 2Kg					
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovár na délku $l = 150\text{mm}$		Pila	Metr
2	Bruska	Vybrousit ostré hrany po řezu		Brousící kotouč $d = 150\text{ mm}$	-
3	Stolní vrtačka	Vrtat díru $d = 9\text{ mm}$		Spirálovitý vrták do kovu $d = 9\text{mm}$	Posuvka
4	-	Ojehlít ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
5	Bruska	Vybrousit na požadovanou hmotnost		Brousící kotouč $d = 150\text{ mm}$	Váha

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
Předmět: Bakalářská práce	Skupina: PI3T1
Vypracoval: Marek Zubik	Datum: 31. 3. 2016
TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Název Součásti: Závaží 5Kg	Ročník: 3

Náčrt součásti:



Materiál: 11375
 Polotovar: Tyč plochá 100 x 50
 Hmotnost: 5 kg
 Technologický postup:

Název součásti: Závaží 5Kg					
Číslo operace	Stroj	Popis práce	Náčrt úkonu	Nástroje, pomůcky	Kontrolní měřidlo
1	Pila	Nařezat polotovar na délku $l = 150\text{mm}$		Pila	Metr
2	Bruska	Vybrousit ostré hrany po řezu		Brousící kotouč $d = 150\text{ mm}$	-
3	Frézka CNC HWT C-442	Frézovat na výšku $h = 43\text{mm}$		Fréza válcová čelní, pravotočivá	Posuvka
4	Stolní vrtačka	Vrtat díru $d = 9\text{ mm}$		Spirálovitý vrták do kovu $d = 9\text{mm}$	Posuvka
5	-	Ojehlit ostré hrany po vrtání		Ruční pilník	-
6	Bruska	Vybrousit na požadovanu hmotnost		Brousící kotouč $d = 150\text{ mm}$	Váha