

# Konstrukční návrh tlumícího zařízení

Martin Slovák

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Slovák**  
Osobní číslo: **T11288**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**  
Téma práce: **Konstrukční návrh tlumícího zařízení**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte teoretickou část bakalářské práce na zvolené téma.
2. Praktická část
  - Nakreslete schéma výrobní nánosovací linky, popište ji
  - Definujte problematickou část nánosovací linky a její tlumení
  - Zpracujte konstrukční návrh k odstranění problému
  - Proveďte základní výpočet navrženého řešení
  - Nakreslete sestavu navrženého řešení
3. Závěr

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Miroslav Valendin: Mechanika I, Dynamika.**

**Miroslav Valendin: Vybrané statě z mechaniky a dynamiky**

**Dvořák Zdeněk: Zpracovatelské procesy gumárenské 2013 studijní podpory UVI**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

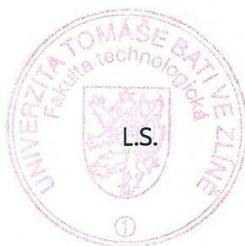
**10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: SLOVÁK MARTIN

Obor: PROCESNÍ INŽENÝRSTVÍ

## 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<sup>1)</sup>;
- 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<sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> 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<sup>3)</sup> 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, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhajobě práce.

Ve Zlíně 22.5.2014



<sup>1)</sup> 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 neopovědí veřejnosti důstojnost, důstojnost, bakalářskou a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků expertů a výsledků obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Dostupnost, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být těm nejméně pět pracovních dnů před předáním obhajoby zveřejněny k volbě veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo jinak tak určená, a to za provozu výškové školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce požičet na své náklady výtisk, copy nebo rozmnožení.

(3) Právě, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na ústavní obhajobu.

<sup>2)</sup> 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:

---

<sup>1)</sup> 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 nevydělečně 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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). Odpírá-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**

V bakalářské práci je navržen tlumící mechanismus, umístěný mezi cívečnicí a nánosovací linkou ocelových kordů, který zamezí nežádoucímu překmitu ocelových kordů a vzniku vadných výrobků, při výrobě konfekčních polotovarů plášťů pneumatik, ve firmě Continental- Barum, s.r.o. Otrokovice.

Klíčová slova:

Tlumící mechanismus, ocelový kord, nánosovací zařízení ocelových kordů, pneumatiky, kaučuk.

## **ABSTRACT**

At Bachelor 's work is projected dampening mechanism located between reel and depositing line of steel cord. Mechanism prevent from unwanted vibrations and oscillations of steel cords and prevent production of defective semifinished products of tyre reproduction at Continental - Barum , s.r.o. Otrokovice

Keywords:

The damping mechanism, steel cord, steel cord application equipment, tires, rubber.

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc. za odborné vedení, trpělivost a ochotu při práci na této bakalářské práci.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 NÁNOSOVÁNÍ KAUKOVÝCH SMĚSÍ.....</b>	<b>12</b>
1.1 VYTlačOVACÍ STROJE .....	13
1.1.1 Šnekový vytlačovací stroj .....	14
1.1.2 Konstrukce vytlačovací hlavy .....	15
1.2 VÁLCOVÁNÍ KAUKOVÝCH SMĚSÍ.....	15
1.2.1 Strojní zařízení pro válcování polotvarů .....	15
1.2.2 Válcování profilu na čtyřválcí.....	16
1.3 POGUMOVÁNÍ OCELOVÉHO KORDU.....	16
<b>2 OCELOVÉ KORDY .....</b>	<b>18</b>
2.1 VÝROBA OCELOVÝCH KORDŮ.....	18
2.1.1 Postup výroby.....	18
2.2 SLAŇOVÁNÍ.....	19
2.3 DEFORMAČNÍ CHARAKTERISTIKY JEDNOTLIVÝCH TYPŮ KORDŮ .....	19
<b>3 KAUKOVÉ SMĚSI PRO NÁNOSOVÁNÍ OCELOVÝCH KORDŮ .....</b>	<b>20</b>
3.1 PŘÍRODNÍ KAUK .....	20
3.2 SYNTETICKÝ KAUK .....	21
3.3 ZÁKLADNÍ SLOŽKY KAUKOVÝCH SMĚSÍ .....	21
<b>4 DYNAMICKÉ CHOVÁNÍ NÁNOSOVANÝCH KORDŮ.....</b>	<b>23</b>
4.1 DYNAMIKA HMOTNÉHO BODU .....	23
4.1.1 1. Pohybový zákon – Zákon setrvačnosti.....	23
4.1.2 2. Pohybový zákon – Zákon síly .....	23
4.1.3 3. Pohybový zákon – Zákon akce a reakce .....	24
4.1.4 Dostředivá síla.....	24
4.1.5 Odstředivá síla.....	25
4.1.6 Řešení pohybu hmotného bodu použitím Newtonova zákona .....	25
4.2 ZÁKLADY KMITÁNÍ.....	26
4.2.1 Volný netlumený kmitavý pohyb.....	27
4.2.2 Volný tlumený kmitavý pohyb.....	28
<b>5 SOUHRN.....</b>	<b>30</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>31</b>
<b>6 CÍL PRÁCE .....</b>	<b>32</b>
<b>7 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ TLUMÍCÍHO ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>33</b>
7.1 SCHEMATICKY NÁVRH ŘEŠENÍ.....	33
7.2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	34
7.2.1 Uložení pevného válce .....	34
7.2.2 Upevnění napínacího válce .....	35
7.2.3 Zajištění tepelné dilatace válce .....	36
7.2.4 Napínací mechanismus.....	37
7.2.5 Nastavovací mechanismus .....	38
7.2.5.1 Čep nastavovacího mechanismu.....	38



7.2.5.2	Pevné rameno.....	39
7.2.5.3	Pohyblivé rameno .....	40
7.2.5.4	Nastavení maximální a minimální délky mechanismu.....	41
7.3	KONTROLNÍ VÝPOČET STROJNÍCH SOUČÁSTÍ .....	42
7.3.1	Kontrolní výpočet tříválce.....	42
7.3.2	Kontrolní výpočet čepu .....	43
7.3.3	Kontrolní výpočet pevného ramene .....	44
7.3.4	Kontrolní výpočet pohyblivého ramene.....	45
7.3.5	Kontrolní výpočet koutového svaru .....	46
7.3.6	Kontrolní výpočet ložiska .....	47
7.3.7	Kontrolní výpočet pružiny .....	47
7.4	VÝROBNÍ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE .....	49
7.4.1	Sestava.....	50
7.4.1.1	Kusovník sestavy .....	51
7.4.2	Tříválec .....	52
7.4.3	Pouzdro ložiska .....	53
7.4.4	Unášeč tříválce .....	54
7.4.5	Čep napínacího válce .....	55
7.4.6	Čep pevného válce .....	56
7.4.7	Vodící segment.....	57
7.4.8	Vymezovací kostka unášeče pružiny .....	58
7.4.9	Pevné rameno .....	59
7.4.10	Pohyblivé rameno.....	60
7.4.11	Utahovací čep ramen.....	61
7.4.12	Unášeč pružiny.....	62
	<b>DISKUZE .....</b>	<b>63</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>69</b>

## ÚVOD

Ocelové kordy vlivem vibracemi stroje mají snahu překmitu a mohou způsobit zastavení celé výrobní linky. Navrhnutý tlumící mechanismus zamezí překmitu ocelových kordů a umožní výrobní lince plynulý chod po celou dobu směny. Ocelové kordy jsou nedílnou součástí konstrukce pneumatik. Zajišťují pneumatikám obvodovou pevnost a odolnost proti průrazu.

Možností jak odstranit vznikající poruchy je vytvořit před vstupem do nánosovací linky tlumící mechanismus, který by svou funkcí zabránil překmitnutí ocelového kordu z naváděcího zařízení, tak že vzniknou vady na nánosovaném materiálu, které je nutno odstranit a jelikož se jedná o kontinuální proces v některých případech je nutno zařízení odstavit a znovu zprovoznit linku. Při tom vznikají nejen ztráty materiálové ale i ztráty výrobního času.

Očekává se, že doplněním nánosovací linky tlumícím zařízením zvýší produktivitu výroby.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 NÁNOSOVÁNÍ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ

Kaučukové směsi vyžadují při nánosování zcela jiné podmínky než plastické hmoty. Kvalita výrobků závisí na mnoha činitelích. Směs musí mít správné složení a musí obsahovat především přísady, které usnadňují vytlačování, pokud ovšem zároveň nepříznivě neovlivní požadované vlastnosti výrobku. Směs musí být správně rozpracovaná před zavedením do stroje.

Nánosování kaučukových směsí na ocelové kordy, patří k důležitým operacím při výrobě pneumatik. Výztužný materiál je nutno opatřit vrstvou kaučuku, pro tyto účely: [1]

- **Izolace jednotlivých nití kordové nebo technické tkaniny**

Každé vlákno ocelového kordu musí být od sebe izolováno. Zaplnění vláken kaučukovou směsí musí být co nejvyšší a původní struktura podložky musí být zachována. Izolace zabraňuje vzájemnému tření o sebe a snižuje vývin tepla za jízdy. Taky zajišťuje požadovanou životnost pláště

- **Možnost konfekce pláště**

Při konfekci je nutné vrstvy výztužných materiálů spojit mezi sebou a také s ostatními polotovary. Toho se docílí lepivostí nanesené vrstvy kaučukové směsi

- **Elasticita kostry pláště**

Pryž zajišťuje elasticitu v kostře pláště. Podle požadované tuhosti se v různých částech používá různá tuhost nánosové kaučukové směsi

- **Ochranná vrstva**

U patních pásků a monofilů pryž tvoří vrstvu chránící samotný kord před poškozením při montáži na ráfek.

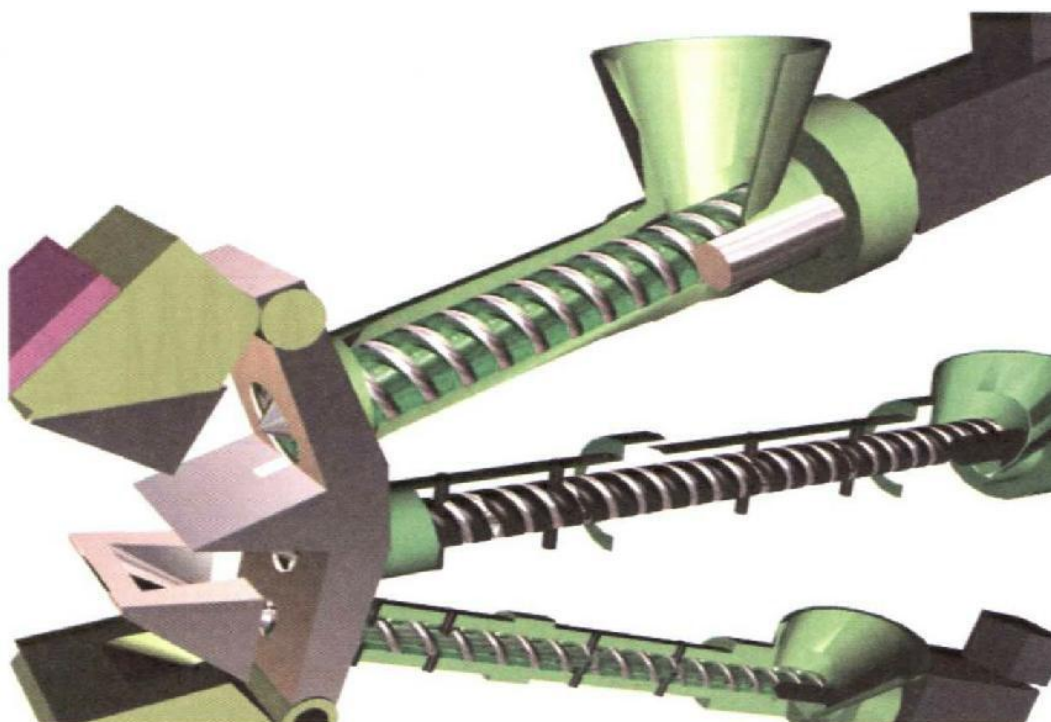
## 1.1 Vytlačovací stroje

Zařízení sloužící pro vytlačování plastů i kaučukových směsí, skládající se z pracovní a pohonné části. Stroje se dělí podle hlavní pracovní části na: [2]

- **pístové**
- **diskové**
- **šnekové**
  - jednošnekové
  - dvoušnekové
  - vícešnekové - s centrálním šnekem
  - bez centrálního šneku
- **speciální**

### 1.1.1 Šnekový vytlačovací stroj

Nejpoužívanější typ vytlačovacích strojů pro zpracování kaučukových směsí. Výroba tímto strojem je kontinuální, vytlačovaný profil je „nekonečný“ a umožňuje tak využití kontinuální výroby. Ostatní typy vytlačovacích strojů se pro zpracování kaučukových směsí téměř nepoužívají. Pístový stroj pracuje na principu Weisenbergova efektu, jenž se ovšem u elastomerních směsí nerozšířil. Těchto strojů se tak ve výjimečných případech využívá pro zpracování plastických hmot.[2]



Obrázek 1: Příklad vytlačovacího stroje se třemi šneky pro vytlačování sdužených profilů

Nejdůležitější částí vytlačovacího stroje je šnek. Pro vytlačování kaučukových směsí se používá jednochodých nebo dvouchodých šneků. Extrudery s krátkým šnekem ( $L/D=4\div 5$ ) se zásobují předehřátou směsí ve tvaru pásků. Pro vytlačování přesných profilů jsou výhodnější stroje s dlouhými šneky ( $L/D=15\div 20$ ), které jsou zásobovány studenou směsí nejčastěji ve formě pásků nebo granulátu. Studeného zásobování extruderů se pak obvykle používá ve spojení s kontinuální beztlakovou vulkanizací. Má-li se zajistit dokonale neporézní profil, používá se vakuových vytlačovacích strojů s jednou až třemi vakuovými zónami, kde se odstraní zachycený vzduch nebo těkavé látky ze směsi.[2]

### 1.1.2 Konstrukce vytlačovací hlavy

Hlava pro vytlačování koextruzních profilů je mnohem složitější než hlava pro jednoduché profily. Všechny materiály, jenž se současně vytlačují, musí mít stejnou rychlost, stejnou teplotu, atd. Jednotlivé vrstvy by měly být po vytlačení co nejlépe slepené, například při vytlačování běhounů, aby nedocházelo během funkce výrobku k oddělování jednotlivých částí.[2]



Obrázek 2: Řez sdruženou trojnásobnou vytlačovací "kladivovou" hlavou s barevným vyznačením tokových kanálů

## 1.2 Válcování kaučukových směsí

Technologický proces, kdy se ze směsi průchodem mezi dvěma válci vytváří pás, se nazývá válcování. Tloušťka pásu je daná mezerou mezi válci. Tento postup se používá k výrobě pásků a jader pro patní lana, různých výplní a profilovaných polotovarů. [1]

### 1.2.1 Strojní zařízení pro válcování polotovarů

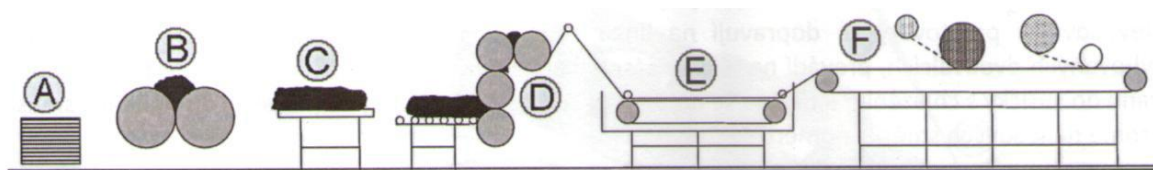
Válcovací stroje dělíme podle počtu válců na dvouválce a víceválce. Dvouválec se nejčastěji používá k míchání, ohřívání nebo rozpracování směsi. Často slouží jako ohřívací a zásobovací dvouválec pro víceválcové stroje. Tříválec, čtyřválec, případně pětiválec se pou-

žívají pro výrobu fólií, profilů a k nanášení. Platí, že čím tenčí a kvalitnější povrch chceme, tím větší počet válců musí mít válcovací zařízení.

Víceválcové stroje bývají součástí technologických linek, které bývají obvykle složeny z ohřívací a zásobovací soupravy, víceválců, chladicího, ohřívacího nebo navíjecího zařízení. [1]

### 1.2.2 Válcování profilu na čtyřválcí

Válcování na čtyřválcí (obr. 3) je starší metoda, která se používá pro výrobu nestandardních profilů. Provádí se na čtyřválcí typu obrácené L. Směs rozehrátá a rozpracovaná na dvouválcí pokračuje na čtyřválec. Aby byla směs vyválcována, musí být čtvrtý válec profilovaný a vyměnitelný. Konečný profil pokračuje přes chladicí dopravník a je navíjen do cívek se zábalem. Nevýhodou je malá produktivita a zdlouhavá výměna při změně sortimentu. [1]



Obrázek 2: Válcování profilu na čtyřválcí

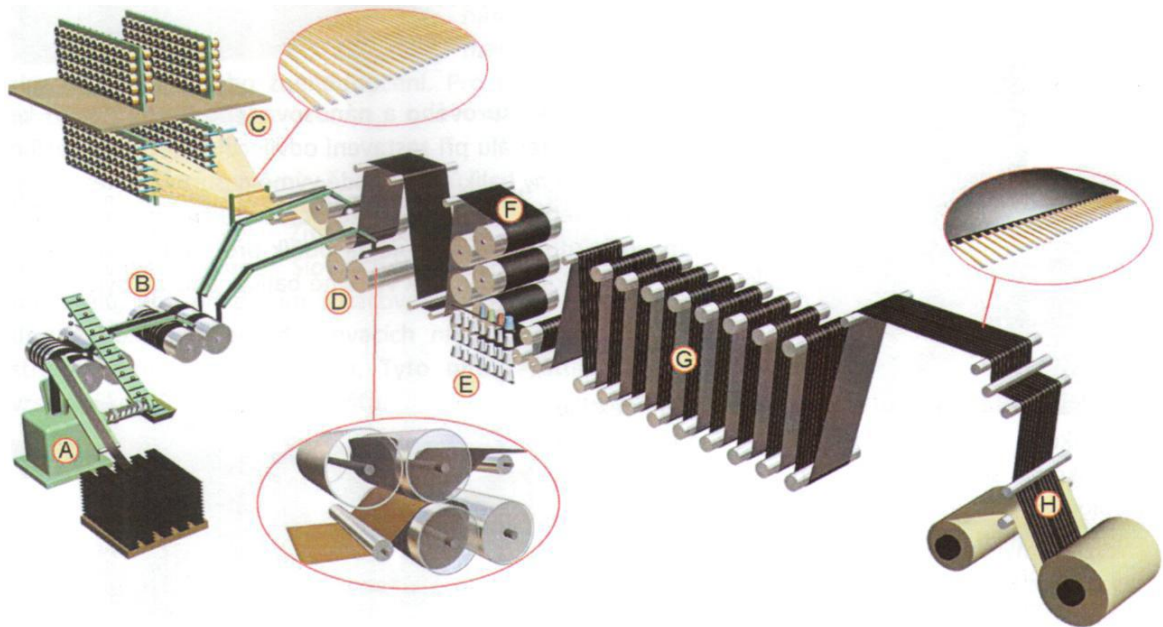
*A – paleta s kaučukovou směsí, B – ohřívací dvouválec, C – svitek rozpracovaného materiálu, D – čtyřválec, E – chladicí vana, F – navíjení polotovaru do cívky se zábalem*

### 1.3 Pogumování ocelového kordu

Kaučuková směs je po ohřátí na dvouválcí dopravena mezi dvě štěrbiny čtyřválců a vyválcovaná teplá fólie se nanáší na ocelový kord z obou stran. Běžná pracovní rychlost pogumování je nad 50 m/min. Pracovní šířka pogumovaného materiálu je až 1500 mm. Kordy jsou odvíjeny ze speciální cívečnice, která je vybavena elektromagnetickými brzdami. Ty zabezpečují dokonalé napnutí ocelového kordu. Prostor, kde jsou cívečnice uloženy, musí být klimatizovaný, aby na povrchu ocelových nití nevznikala vlhkost, která by způsobovala zhoršení adheze. Samotný čtyřválec je opatřen mosazným hřebenem s přítlačným drážkovacím válcem, který slouží k rovnoměrnému rozmístění ocelových nití na stanovenou dostavu. Rovnoměrné rozložení nití je velice důležité pro kvalitu pneumatiky. Speciální



rotační nůž ořezává pogumovaný kord na požadovanou šířku. Poté se pogumovaný kord chladí soustavou válců a navíjí se do cívek spolu se separační fólií. [1]



Obrázek 3: Linka pro oboustranné nánosování ocelového kordu

A – ohřívací extruder, B – ohřívací a zásobovací dvouválec, C – cívečnice, D – čtyřválec, E – pokládání nití,  
F – chladnička, G – zásobník pogumovaného kordu, H – navíjecí stanice

## 2 OCELOVÉ KORDY

Ocelové kordy dodávají pneumatické odolnost proti průrazu. Ocelové kordy jsou splétané z tenkých drátků podle konstrukce (splaňování). Pro dosažení vyšší adheze s kaučukovou směsí se drátky pobronzují nebo pomosazují.

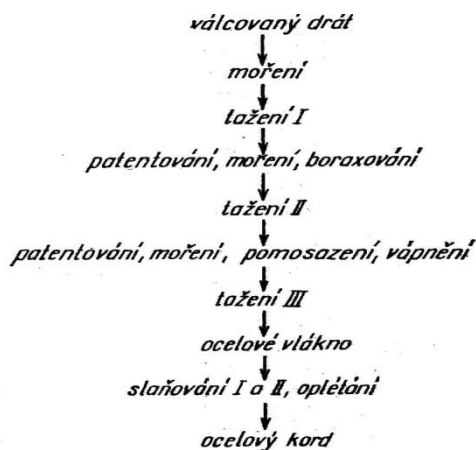
### 2.1 Výroba ocelových kordů

Vyrábí se z vysokouhlíkové oceli s vysokými požadavky na kvalitu, její zkoušení a kontrolu. Tažením za studena se získá drát až o průměru  $0,15\text{ mm}$  a pevnosti až  $4000\text{ MPa}$ . Materiál splňuje přísné požadavky na dynamické namáhání.[4]

#### 2.1.1 Postup výroby

Válcovaný drát o průměru  $5,5\text{ mm}$  se moří v HCL o koncentraci 10 až 15% při teplotě  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu 10 až 30 minut. Následuje 1.tažení, které se opakuje 6 krát po sobě. Přitom se drát se ztenčí tažením z původního vyválcovaného průměru  $5,5\text{ mm}$  na průměr  $2,5\text{ mm}$ . Celkový úběr prvního tažení je 79,3 %. Další operací je patentování, moření a boraxování za účelem vracení tvarovatelných vlastností drátu, které ztratil v průběhu 1.tažení. Patentování je izotermické kalení, které spočívá v ohřevu drátu nad teplotu  $A_{C3}$  a v rychlém ochlazení v olověné nebo solné lázni na teplotu  $450\text{ a }580\text{ }^{\circ}\text{C}$  a ve výdrži na této teplotě po celou dobu fázové transformace. Boraxování se provádí v roztoku  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  a vody v koncentraci 40 až 60 g boraxu/litr při teplotě  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu 2 až 3 minut. Následuje 2.tažení, při němž se drát ztenčí na průměr  $1\text{ mm}$ .

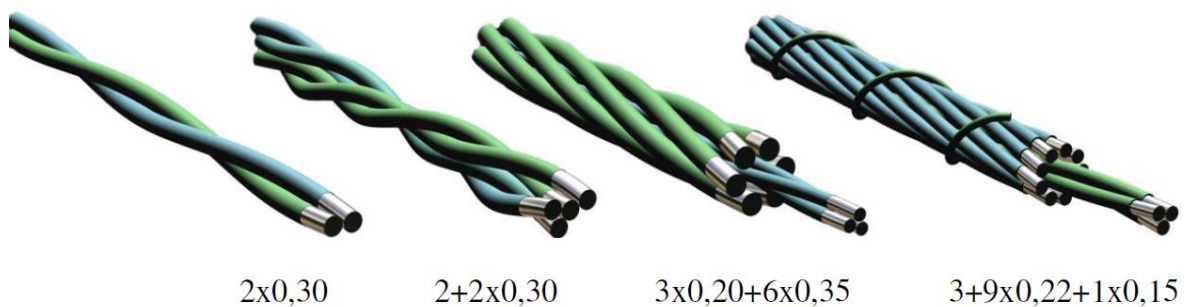
Opět patentování, moření a navíc pomosazení pro lepší adhezi kaučuku. Ocelový drát projde 3. tažením a vznikne ocelové vlákno, drát, které se dále slaňuje. Výsledným produktem je ocelový kord.



Obrázek 4: Postup výroby ocelového kordu

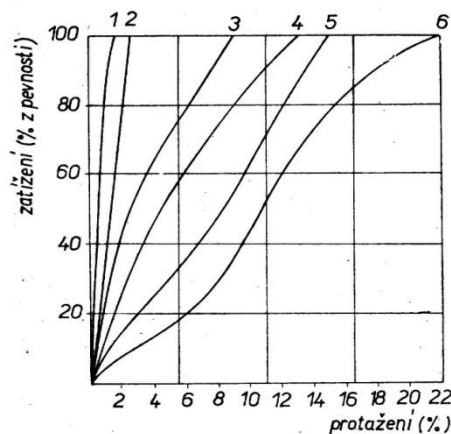
## 2.2 Slaňování

Slaňování je obdoba skaní u textilních vláken. Nejprve se vyrobí svazky vláken (pramenice) a ty se pak sdružují a slaňují v opačném směru do kordových nití (kordu). Ty se vyrábějí ve velmi různých konstrukcích. Kombinacemi různých tloušťek základního drátu, počtu vláken v pramenci a počtu pramenců v kordové niti vzniká značný počet variací kordových nití ve všech třídách pevnosti. Hotový kord je často oplétán vláknem průměru 0,15 mm se stoupáním závitu 2,5 mm nebo 5 mm. Oplet drží celou konstrukci drátem pohromadě a zvyšuje odolnost proti dynamickému namáhání a tuhosti kordu. Také při přehýbání kordových nití při konfekci pryžových výrobků drží opletená kordová nit lépe tvar. Ocelové kordy se dodávají na cívkách různé hmotnosti ve speciálním balení ve fólii. Před zpracováním se ocelové kordové nitě upravují někdy do tkaniny. Většinou se však pogumovávají přímo z cívek. [1]



Obrázek 5: Příklady splétání ocelových kordů

## 2.3 Deformační charakteristiky jednotlivých typů kordů



Deformační charakteristiky jednotlivých typů kordů  
 1 – ocelový kord  $4 \times 0,22$ , 2 – skleněný kord  $68/5 \text{ mg m}^{-1}$  Z 120, 3 – viskózový kord  $184/1 \times 2 \text{ mg m}^{-1}$ , Z 250/S 250, 4 – viskózový kord  $184/1 \times 2 \text{ mg m}^{-1}$ , Z 472/S 472, 5 – polyesterový kord  $110/1 \times 2 \text{ mg m}^{-1}$ , Z 500/S 500, 6 – polyamidový kord  $94/1 \times 2 \text{ mg m}^{-1}$  Z 495/S 495

Obrázek 6: Deformační charakteristiky jednotlivých typů kordů

### 3 KAUČUKOVÉ SMĚSI PRO NÁNOSOVÁNÍ OCELOVÝCH KORDŮ

Kaučuk je hlavní složkou kaučukové směsi. V gumárenském průmyslu se používá jak kaučuk přírodní, tak i syntetický [4]. Kaučuk je makromolekulární termoplastická látka. Za působení vulkanizačních činidel přechází ze stavu plastického na stav elastický. Tato chemicko-fyzikální reakce se nazývá vulkanizace. Pro získání požadovaných vlastností se do směsi přimíchávají další přísady. [1]

#### 3.1 Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk je obsažen v latexu. Ten je produktem kaučukodárných stromů a keřů, které rostou na plantážích v oblasti rovníku. Nejvýhodnější pro výrobu je druh *Hevea brasiliensis*. Největšími producenty přírodního kaučuku jsou Malajsie, Indonésie, Thajsko, Srí Lanka, Indie, Libérie, Nigérie, Brazílie, Vietnam a některé další země, kde jsou vhodné podmínky pro pěstování kaučukodárných stromů. Latex se získává „čepováním“, což znamená, že se kůra stromu šikmě nařízne až ke kambiu a vytékající latex se shromažďuje do nádobek (obr. 6). Nasbíraný latex se přelévá do nádrže, která je určena na přepravu k dalšímu zpracování. Latex obsahuje asi 40 % kaučuku. Ten se z latexu získá vysrážením pomocí kyseliny octové nebo kyseliny mravenčí. Získané bloky přírodního kaučuku se následně propírají vodou, poté se suší a nakonec se konzervují uzením. Nejčastěji se dováží přírodního kaučuku v balících o hmotnosti 35 kg. [1]



Obrázek 6: Syrový kaučuk odkapávající z kaučukovníku

### 3.2 Syntetický kaučuk

Syntetický kaučuk je nepostradatelná surovina v pneumatikářenském průmyslu. Nejen že nahrazuje omezené zdroje přírodního, ale dokonce má v některých případech lepší fyzikálně mechanické vlastnosti než přírodní kaučuk. [3] Základní surovina, z které se vyrábí syntetický kaučuk, je ropa. Česká republika je výrobcem butadienstyrenového syntetického kaučuku, který nese obchodní název Kralex. Nejpoužívanější druhy syntetických kaučuků jsou: [1]

- **butadienstyrenový (SBR)** - nejvíce se používá pro výrobu směsi pro běhoun
- **butadienový (BR)** - zlepšuje fyzikálně-mechanické vlastnosti směsi
- **izoprenový (IR)** - používá se do všech částí pláště v kombinaci s přírodním kaučukem
- **butylkaučuk (IIR)** - používá se při výrobě membrán pro lisování pláštěů
- **halobutylkaučuk (HIIR)** – používá se na vnitřní gumu (náhrada vzdušnice), má vysokou odolnost proti průchodu vzduchu.

### 3.3 Základní složky kaučukových směsí

**Vulkanizační činidla**- látky, které jsou schopné vytvářet chemickou reakci tvorbou příčných vazeb mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. Mezi nejznámější vulkanizační činidla patří síra, oxidy kovů a reaktivní pryskyřice. [1]

**Urychlovače** - látky, které zvyšují rychlost síťování. Také zvyšují účinnost vázání síry na makromolekuly kaučuku ve formě příčných vazeb. Z technologického hlediska je přítomnost urychlovače v kaučukové směsi důležitá zejména pro podstatné zkrácení času potřebného k vulkanizaci a umožňuje snížení teploty a obsahu síry v kaučukové směsi. [3]

**Aktivátory** - látky zvyšující účinek vulkanizačních činidel. Mezi nejpoužívanější patří ZnO. Používá se zejména kvůli schopnosti vytvářet se sírou a urychlovači komplexy generující síťující sírné fragmenty. Přítomnost kyselin zvyšuje rozpustnost těchto komplexů v kaučuku. [3]

**Retardéry** - látky, které zpomalují rychlost síťování v hlavní fázi vulkanizace. Zvyšují zpracovatelskou bezpečnost směsi. Nejvíce se používá Santogard PVI, Vulkalet G a Dulin. [3]

**Změkčovadla** - přísady, které se do kaučukových směsí přidávají na zlepšení její zpracovatelnosti. Zvyšují její plasticitu a lepkavost, snižují zpracovatelskou teplotu a energii spotřebovanou při přípravě směsi. Mezi nejznámější patří aromatické oleje, parafinické oleje, kalafuna a asfalt. [3]

**Ztužující plniva** - zvyšují viskozitu kaučukové směsi a podstatně zvyšují pevnostní charakteristiky, pružnost, pevnost a odolnost proti oděru. Nejčastěji se používají saze a silika. [3]

**Neztužující plniva** - zvětšují objem kaučukových směsí a tím zlevňují výrobek. Nejčastěji se používá křída, kaolín a vápenec. [1]

**Antidegradanty, antioxidanty, antiozonanty**- zabraňují předčasnému stárnutí pryže vlivem působení kyslíku, světla a dynamického namáhání. Mezi nejvíce používané patří 6PPD, 77PD, DTPD, TMQ, vosky. [1]

**Plastikační činidla** - tyto látky zkracují dobu plastikace a odbourávají tuhost kaučuku. Nejčastěji se používají Peptazin a Renacit. [1]

**Regenerát** - z části nahrazuje kaučuk. Používá se do méně kvalitních směsí. Je vyroben regenerací staré pryže. [1]

**Zvláštní přísady** - barviva, pigmenty, nadouvadla. [1]

## 4 DYNAMICKÉCHOVÁNÍ NÁSOBOVANÝCH KORDŮ

### 4.1 Dynamika hmotného bodu

Dynamika zkoumá pohyb (hmotného bodu a reálných těles) v souvislosti s jeho příčinami – silami, které mají původ ve vzájemném působení mezi hmotnými objekty.

Základem dynamiky a vlastně celé klasické mechaniky jsou Newtonovy zákony.

#### 4.1.1 1. Pohybový zákon – Zákon setrvačnosti

Těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrně přímočarém pohybu, pokud není nuceno vnějšími silami tento stav změnit.[6]

#### 4.1.2 2. Pohybový zákon – Zákon síly

Velikost zrychlení tělesa je přímo úměrná velikosti výsledné síly a nepřímo úměrná hmotnostem tělesa:  $a \sim F$ ,  $a \sim 1/m$ , zapisujeme ve tvaru:  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  [6] (1)

V této rovnici je  $\vec{a}$  vektor zrychlení bodu.

- hybnost  $\vec{p}$  - charakterizuje pohyb tělesa  
- vektorová veličina (směr stejný s vektorem rychlosti)

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad \left[ g \cdot m \cdot s^{-1} \right], \quad (2)$$

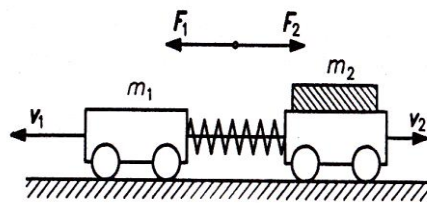
kde  $m$  je hmotnost tělesa a  $\vec{v}$  je vektor rychlosti bodu.

- impuls síly  $\vec{I}$  - vyjadřuje časový účinek síly  
- je roven změně hybnosti  
- vektorová veličina (směr stejný s vektorem síly)

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t \quad \left[ g \cdot m \cdot s^{-1} \right], \quad \vec{I} = \Delta \vec{p} \quad (3), (4)$$

Kde  $F$  je konstantní síla působící po dobu  $\Delta t$ .

- Zákon zachování hybnosti: Celková hybnost izolované soustavy těles se vzájemným působením těles nemění.  $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots = \overline{konst}$  (5)



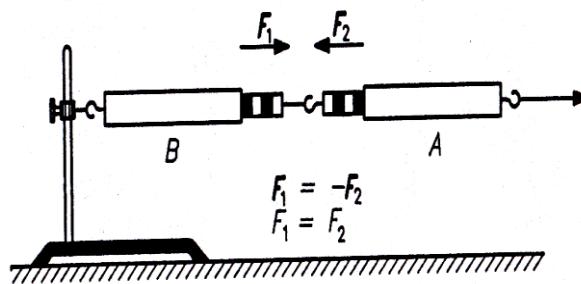
Obrázek 7: Zákon zachování hybnosti

#### 4.1.3 3. Pohybový zákon – Zákon akce a reakce

Dvě tělesa na sebe vzájemně působí stejně velkými silami opačně orientovanými.

Síly akce  $F_1$  a síly reakce  $F_2$  současně vznikají a zanikají.[6]

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (6)$$



Obrázek 8: Zákon akce a reakce

#### 4.1.4 Dostředivá síla

- při pohybu hmotného bodu po kružnici - mění se vektor rychlosti  $\Rightarrow$  musí existovat síla, která udržuje hmotný bod na kruhové dráze - dostředivá síla
- existuje z pohledu pozorovatele v inerciální vztažné soustavě

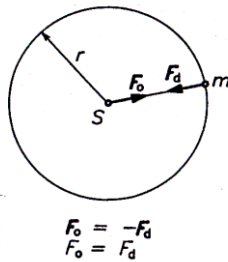
$$F_d = m \cdot a_d = m \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r, \quad (7)$$

kde  $m$  je hmotnost tělesa,  $\omega$ úhlové zrychlení a  $r$  poloměr kružnice.



#### 4.1.5 Odstředivá síla

- je to reakce na sílu dostředivou
- působí napozorovatele v otáčející se vztažné soustavě (například člověk na řetízko-  
vém kolotoči)
- má směr poloměru směrem ven ze středu kružnice
- má stejnou velikost jako dostředivá síla, ale opačný směr.



#### 4.1.6 Řešení pohybu hmotného bodu použitím Newtonova zákona

Působí-li na uvolněný hmotný bod s konstantní hmotností  $m$  soustava akčních sil  $\vec{F}_i$  a reakčních sil  $\vec{F}_j$  (kde  $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, r$ ) mající silovou výslednici

$$\vec{F}_v = \sum_1^n \vec{F}_i + \sum_1^r \vec{F}_j, \quad (8)$$

Je pohybovou rovnicí vztah  $\vec{F}_v = m\vec{a}$ . (9)

V této rovnici je  $\vec{a}$  vektor zrychlení bodu.[4]

Součin  $m\vec{a}$  nazýváme zrychlující síla. Podle rovnice (9) je silová výslednice vnějších akčních a reakčních sil rovna zrychlující síle.

Vektorovou rovnicí (1.1) rozepisujeme do skalárních rovnic podle použitého souřadnicového systému – obvykle *kartézského* systému  $(x,y,z)$ , *válcového* systému *os průvodního trojhranu*  $(t,n,b)$ . [4]

Převědeme rozepsání pohybové rovnice v souřadnicovém systému  $(x, y, z)$ .

**Pohybová rovnice v souřadnicovém systému  $(x, y, z)$ :**

Vektor zrychlení  $\vec{a} = \ddot{x}\vec{i} + \ddot{y}\vec{j} + \ddot{z}\vec{k}$ . (10)

Vektor síly  $\vec{F} = \dot{i}F_x + \dot{j}F_y + \dot{k}F_z$ . (11)

Pohybová rovnice  $\vec{F}_v = m\vec{a}$  (12)

Přejde po dosazení do tvaru  $\vec{i}F_x + \vec{j}F_y + \vec{k}F_z = \vec{i}m\ddot{x} + \vec{j}m\ddot{y} + \vec{k}m\ddot{z}$  . (13)

Porovnáním členů se stejným jednotkovým vektorem na levé a pravé straně rovnice dostáváme složkové skalární rovnice: [4]

$$F_x = m\ddot{x} \quad (14)$$

$$F_y = m\ddot{y} \quad (15)$$

$$F_z = m\ddot{z} \quad (16)$$

## 4.2 Základy kmitání

V technické praxi se velmi často setkáváme s případy mechanického pohybu označovaného jako kmitavý pohyb určité soustavy. Nejjednodušší soustavu tvoří těleso o hmotnosti  $m$ , jako nositel kinetické energie, nehmotná pružina, jako vazba kmitajícího tělesa s rámem nositele potenciální, a tlumič. Tlumič je disipátor energie měnící mechanickou energii v teplo. Při kmitání tělesa lze hmotnými body nahradit tělesa, která konají posuvný pohyb.[4]

Kmitavým pohybem hmotného bodu nazýváme obecně takový pohyb, při němž bod nepřeskočí konečnou vzdálenost od rovnovážné polohy. Rovnovážnou polohou označujeme polohu, ve které jsou ve statické rovnováze všechny síly působící na hmotný bod. Je to poloha, kterou bod zaujímá, když je v klidu.[4]

Kmitající hmotný bod nebo tuhé těleso se nazývají mechanicky oscilátor. Okamžitá vzdálenost hmotného bodu nebo těžiště tělesa od rovnovážné polohy se nazývá výchylka. Která je vektorovou veličinou, tj. polohovým vektorem kmitajícího hmotného bodu vzhledem k rovnovážné poloze. [4]

Kmitavé pohyby rozdělujeme podle různých hledisek.[4]

Podle charakteru kmitající soustavy rozlišujeme modely se soustředěnými parametry a modelce spojitě rozloženými parametry.[4]

Podle časového průběhu výchylky rozdělujeme kmitavé pohyby na periodické, kvaziperiodické a obecné.[4]

Podle tvaru dráhy hmotného bodu dělíme kmitavé pohyby na přímkové, rovinné a prostoro-  
rové.[4]

Podle vzniku rozeznáváme kmitání volné (vlastní) a buzené (vynucené).[4]

Podle velikosti disipované energie dělíme kmitání na netlumené a tlumené.[4]

Podle druhu matematického modelu fyzikálních charakteristik dělíme kmitání na lineární a nelineární.[4]

Podle počtů stupňů volnosti rozlišujeme kmitání s jedním stupněm volnosti, s více stupni volnosti a s nekonečným počtem stupňů volnosti (kontinuum).[4]

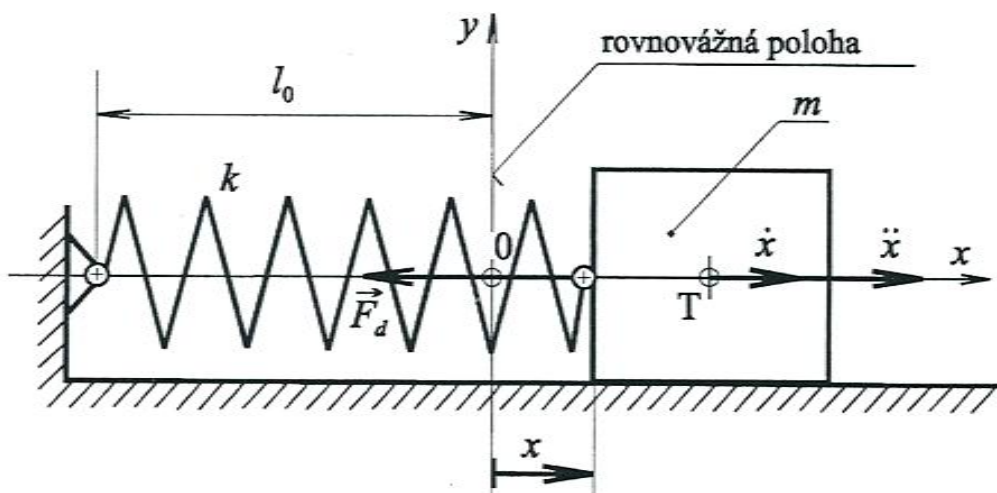
#### 4.2.1 Volný netlumený kmitavý pohyb

Na obr. 11 je znázorněn jednoduchý mechanický oscilátor složený z kmitajícího tělesa hmotnosti  $m$  konajícího translační pohyb a lineární nehmotné pružiny. V tomto případě nepůsobí proti pohybu žádné odpory. Těleso je uloženo na dokonale hladké vodorovné podložce. Volná délka nenapjaté pružiny je  $l_0$ . Při vychýlení  $x$  tělesa z rovnovážné klidové polohy vzniká v pružině síla[4]

$$F_d = kx, \quad (17)$$

Která působí proti smyslu výchylky. Tato síla se nazývá direkční síla.

Konstanta  $k$  je tuhost pružiny ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Tuhost pružiny je rovna síle, která prodlouží (nebo zkrátí) pružinu o jednotku délky.[4]

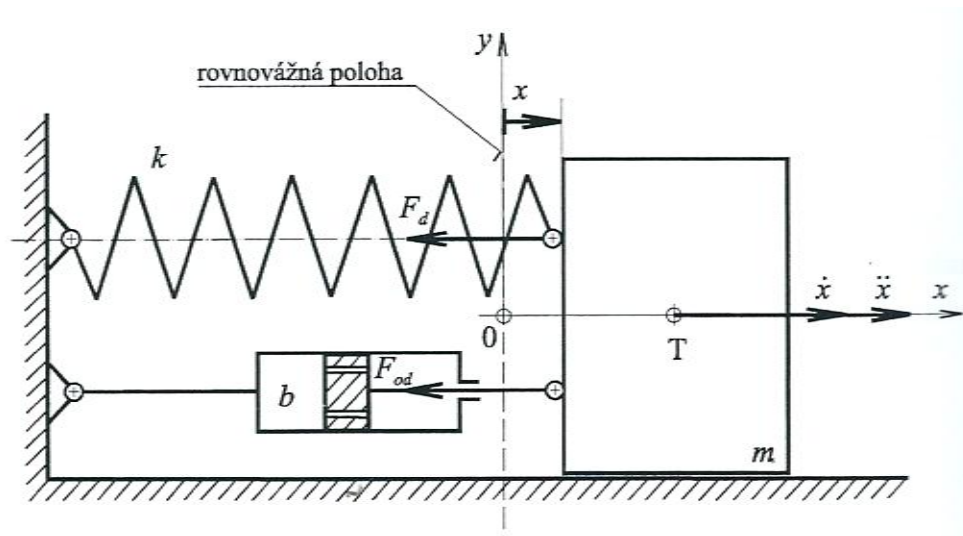


Obrázek 9: Volný netlumený kmitavý pohyb

#### 4.2.2 Volný tlumený kmitavý pohyb

Naším zabývajícím se případem překmitu ocelového kordu se zabývá tento kmitavý pohyb. Volný netlumený kmitavý pohyb by probíhal neomezenou dobu se stále stejnou amplitudou a frekvencí. Ve skutečnosti je pohyb ovlivněn existujícími odpory proti pohybu, které způsobí jeho utlumení. Mechanická energie soustavy se postupně spotřebuje na překonání odporu a dojde k jejímu úplnému rozptýlení. Amplituda klesá, úhlová frekvence se zmenšuje a perioda se prodlužuje, až pohyb úplně zanikne. Tlumení způsobuje odpor prostředí, smykové tření ve vazbách, vnitřní tření materiálu a také účelově použité tlumiče kmitání.[4]

Mechanický pružinový model oscilátoru s tlumičem je na obr. 12. Těleso může konat jen posuvný pohyb.[4]



Obrázek 10: Volný tlumený kmitavý pohyb

Na těleso  $m$  působí proti výchylce  $x$  směrní síla pružiny  $F_d = kx$  odpor tlumiče  $F_{od} = b\dot{x}$ , kde  $k$  ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ ) je tuhost pružiny a  $b$  ( $\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$ ) je součinitel viskózního tlumení.

$$\text{Pohybová rovnice oscilátoru je} \quad m\ddot{x} = -F_{od} - F_d, \quad (18)$$

$$m\ddot{x} = -b\dot{x} - kx, \quad (19)$$

$$\ddot{x} + \frac{b}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0. \quad (20)$$

Dosadíme-li za  $\frac{b}{m} = 2\delta$ , kde  $\delta$  ( $s^{-1}$ ) je tzv. konstanta doznívání a  $\frac{k}{m} = \Omega_0^2$ , kde  $\Omega_0$  ( $s^{-1}$ ) je vlastní úhlová frekvence netlumených kmitů, bude mít pohybová rovnice tvar

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \Omega_0^2 x = 0. \quad (21)$$

## 5 SOUHRN

Kaučuková směs se nánosuje v gumárenském průmyslu pomocí válcovacího čtyřválcového stroje na ocelové kordy. Ocelové kordy se vyrábí z tenkých drátů, ze kterých se nejprve vyrobí svazky vláken a ty se pak sdružují a slaňují v opačném směru do kordových nití (kordů). Kaučuková směs se vyrábí ze syntetického a přírodního kaučuku. Naší problematikou se z pohledu dynamiky hmotného bodu zabývá volný tlumený kmitavý pohyb, který popisuje problematiku překmitu jednotlivých kordových nití. Je důležité vytvořit procesní podmínky tak, aby došlo k optimálnímu nanesení kaučukové směsi na kord. K tomu přispívá i dynamické chování jednotlivých kordů. Jednou z cest vytvoření těchto podmínek je zabezpečit vhodné tlumení soustavy nánosovací linky a cívečnice. Jedním z vyhovujících opatření je vložení tlumícího prvku, zařízení mezi cívečnici a nánosovací linku ve formě tlumícího zařízení.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části je navrhnout konstrukční řešení tlumícího zařízení nánosovací linky ocelového kordu, provést kontrolní výpočet namáhaných součástí a zpracovat technickou dokumentaci navrženého zařízení.

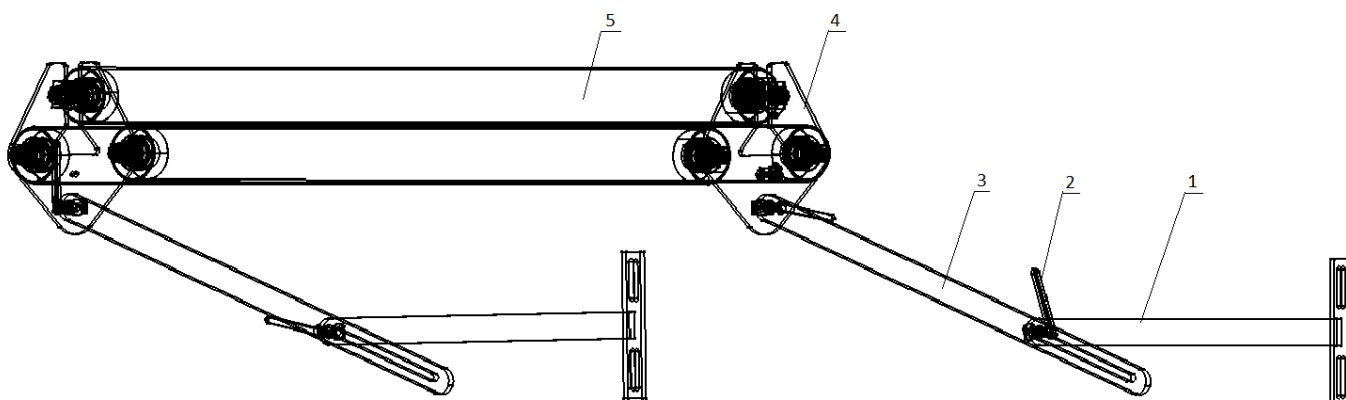


## 7 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ TLUMÍCÍHO ZAŘÍZENÍ

Konstrukční řešení tlumícího zařízení bude součástí nánosovací linky a sloužit pro vedení ocelových kordů při nánosování a zejména při ukončení výroby definovaného rozměru.

### 7.1 Schematicky návrh řešení

Konstrukce zařízení navazuje na vstupní část nánosovací linky ocelových kordů, kdy ocelové kordy vstupují do nánosovacího čtyřválcce, a jsou vedeny rozdělovacím hřebenem do definované rozteče. Rozdělovací hřeben je umístěn před nánosovací linku kam přichází kord z cívečnice. Tlumící zařízení musí být volně nastavitelné ve směru  $x$ ,  $y$  a pevné v ose  $z$ . Tvoří ho tříválec a nastavovací mechanismus jak je uvedeno na *obr. 12*.



Obrázek 11: Schematický návrh řešení

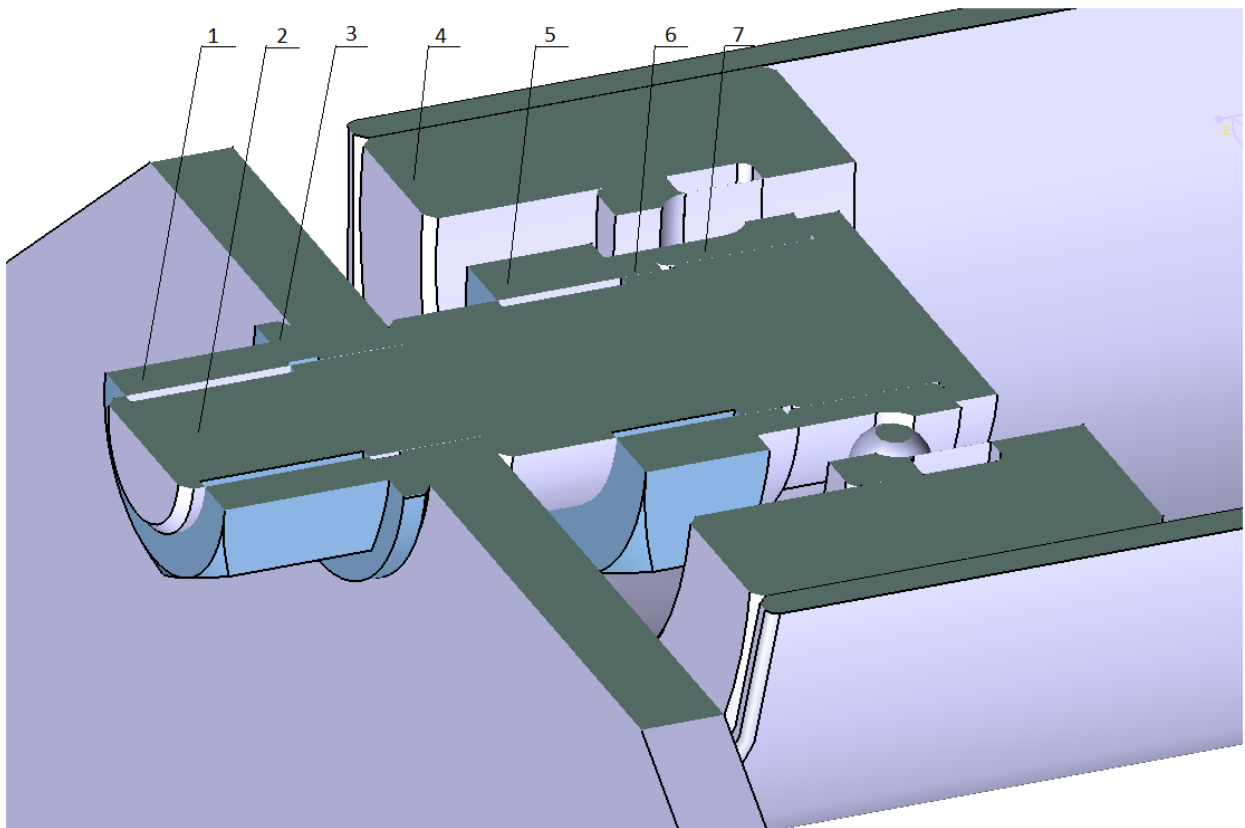
1- Pevné rameno, 2- Utahovací šroub, 3- Pohyblivé rameno, 4- Unášec tříválcce, 5- Tříválcce

## 7.2 Konstrukční řešení

Popisuje jednotlivé dílce tlumícího zařízení a jejich funkčnost.

### 7.2.1 Uložení pevného válce

V tříválci je nalisované vymežovací pouzdro, ve kterém je s přesahem nalisované axiální kuličkové ložisko jednořadé s kosoúhlým stykem typu 7205. Pevnou pozici zajišťuje čep, který je maticí M24 x 2 přišroubován k ložisku a do unášče maticí M16 x 1,5, jak je uvedeno na *obr. 13*.

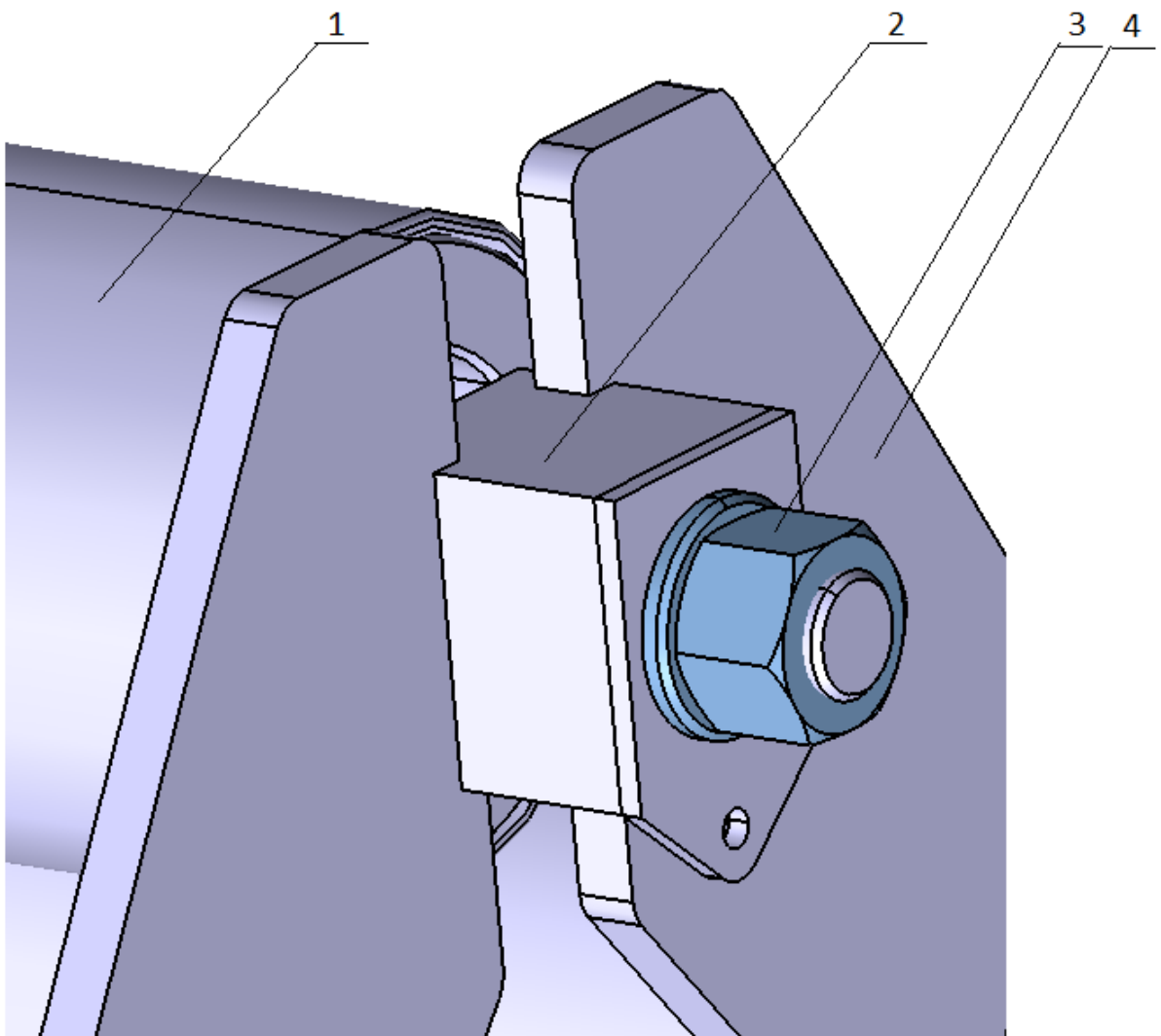


Obrázek 12: Řez tříválce

1- Matice M16 x 1,5, 2- Čep, 3- Podložka, 4- Pouzdro, 5- Matice M24 x 2, 6- Vymežovací podložka, 7- Axiální ložisko s kosoúhlým stykem

### 7.2.2 Upevnění napínacího válce

Napínací válec má stejné upevnění čepu do ložiska jako válec pevný, ale aby bylo docíleno posunutí v ose  $y$ , je pomocí matice M24 x 2 a podložky, přišroubován do vodícího segmentu vyrobeného z mosazi. Vodící segment je veden v drážce unášeče tříválce, jak je uvedeno na *obr 14*.

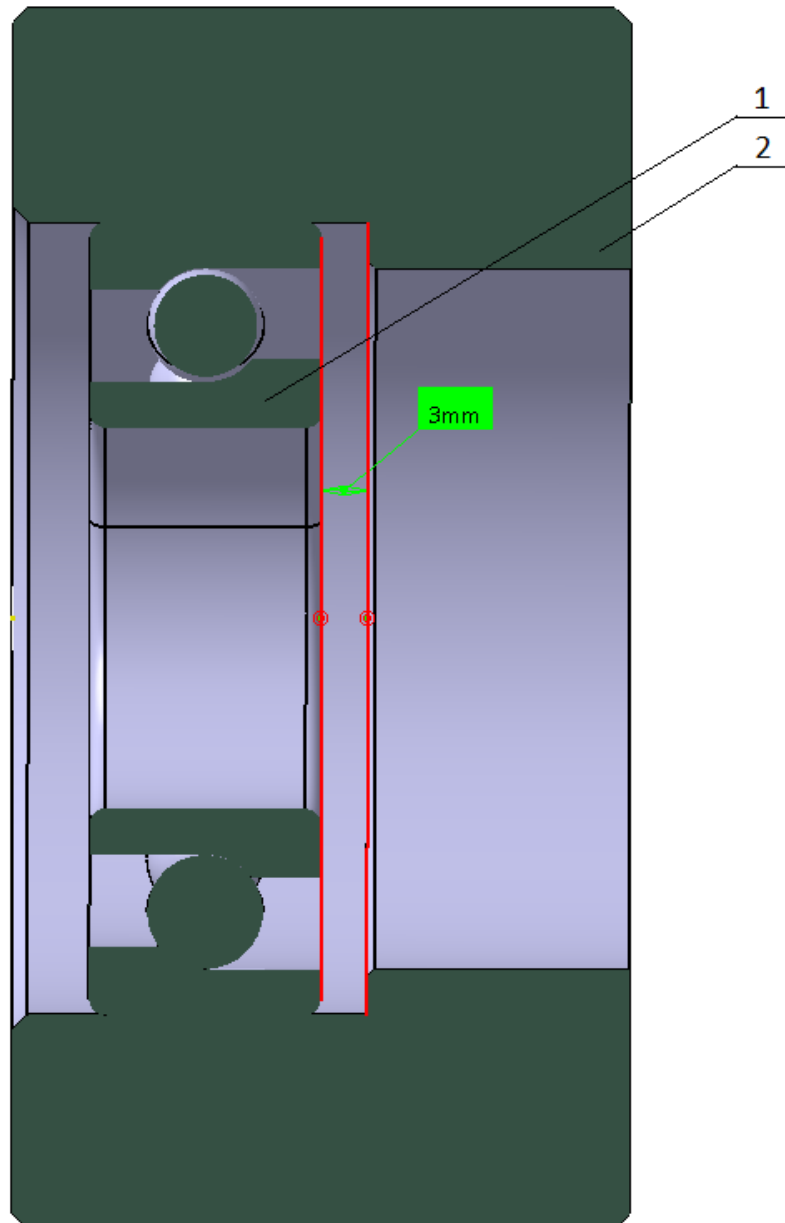


Obrázek 13: Upevnění napínacího válce

1- Tříválec, 2- Vodící segment, 3- Matice M24 x 2, 4- Unášeč tříválce

### 7.2.3 Zajištění tepelné dilatace válce

Předchozí typ uložení tříválce je umístěn pouze na pravé straně tlumícího zařízení. Kvůli tepelné dilataci válce je na levé straně mezi ložiskem a koncem díry pouzdra mezera, která umožní posunutí v ose z vlivem tepelné dilatace.

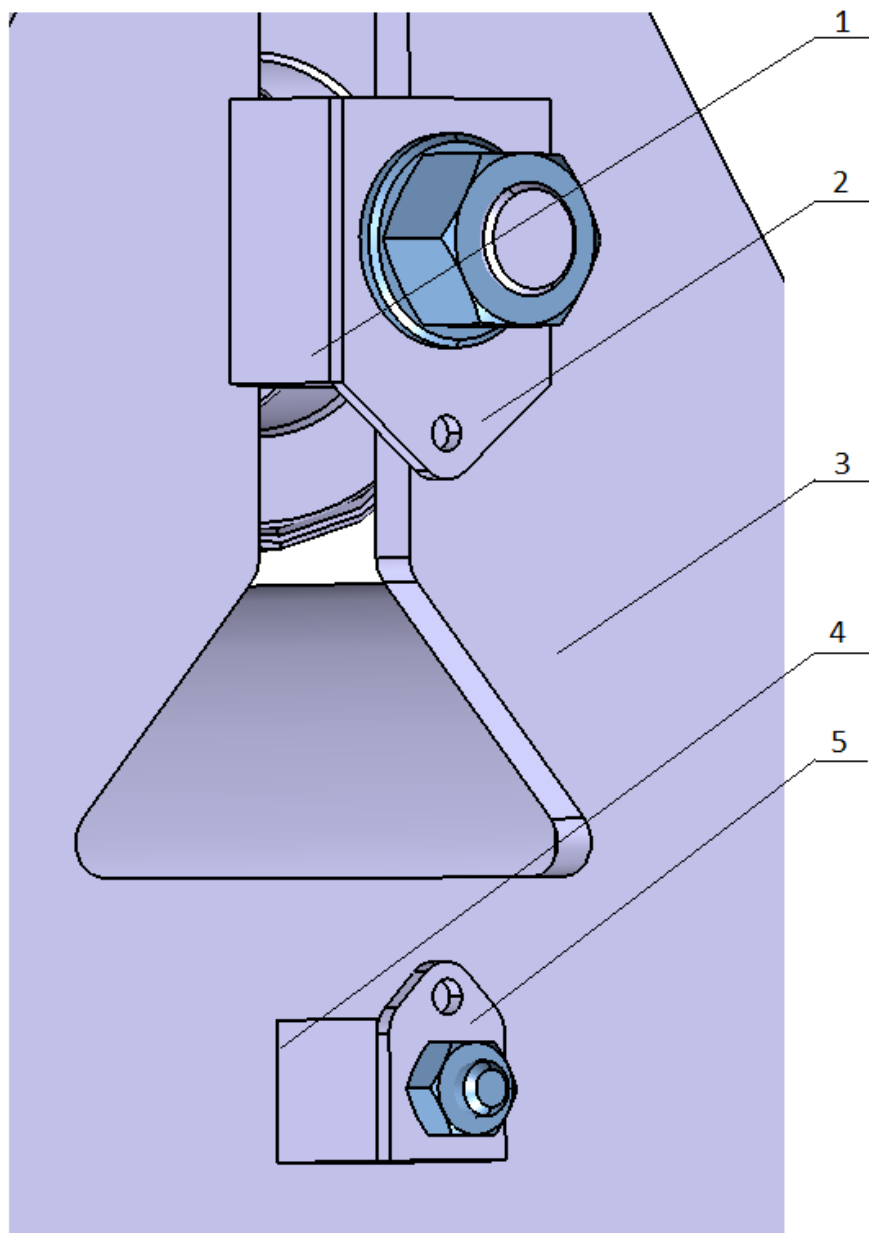


Obrázek 14: Tepelná dilatace válce

1- Ložisko, 2- Pouzdro

### 7.2.4 Napínací mechanismus

Napínací válec napíná ocelový kord svoji vlastní hmotností. Tato hmotnost ale nestačí k požadovanému propnutí ocelového kordu. Proto je mezi dva unašeče pružiny vložena tažná pružina, která docílí požadované propnutí ocelového kordu. Vrechní unašeč pružiny je připevněn na vodící segment. Spodní unašeč pružiny je připevněn pomocí šroubu a matice a vymezen vymešovací kostkou na unašeč tříválce.



Obrázek 15: Napínací pružina

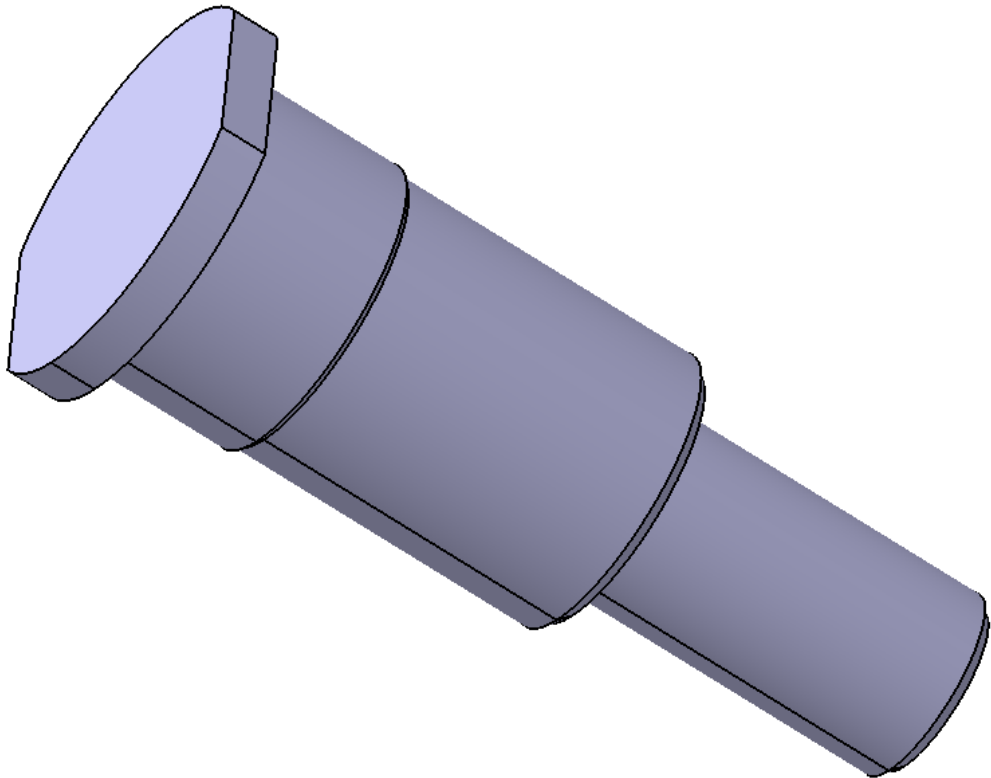
1- Vodící segment, 2- Vrechní unašeč pružiny, 3- Unašeč tříválce, 4- Vymešovací kostka, 5- spodní unašeč pružiny

### 7.2.5 Nastavovací mechanismus

Aby se docílilo co největší plynulosti nastavení tlumícího zařízení, je zařízení připevněno na pevné a pohyblivé rameno, přičemž ramena zamezují posunutí v ose  $z$  a plynulý chod v ose  $x$  a  $y$ .

#### 7.2.5.1 Čep nastavovacího mechanismu

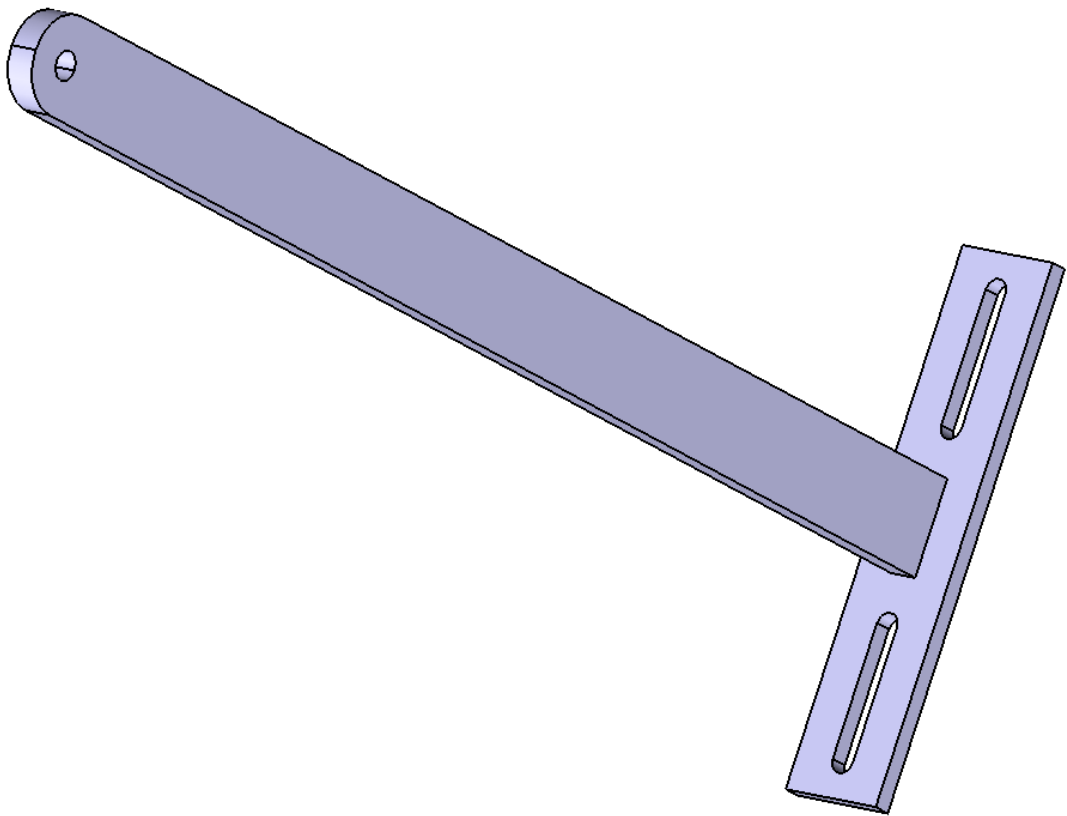
Umožňuje plynulou rotaci kolem osy  $z$ .



Obrázek 16: Čep nastavovacího mechanismu

### 7.2.5.2 Pevné rameno

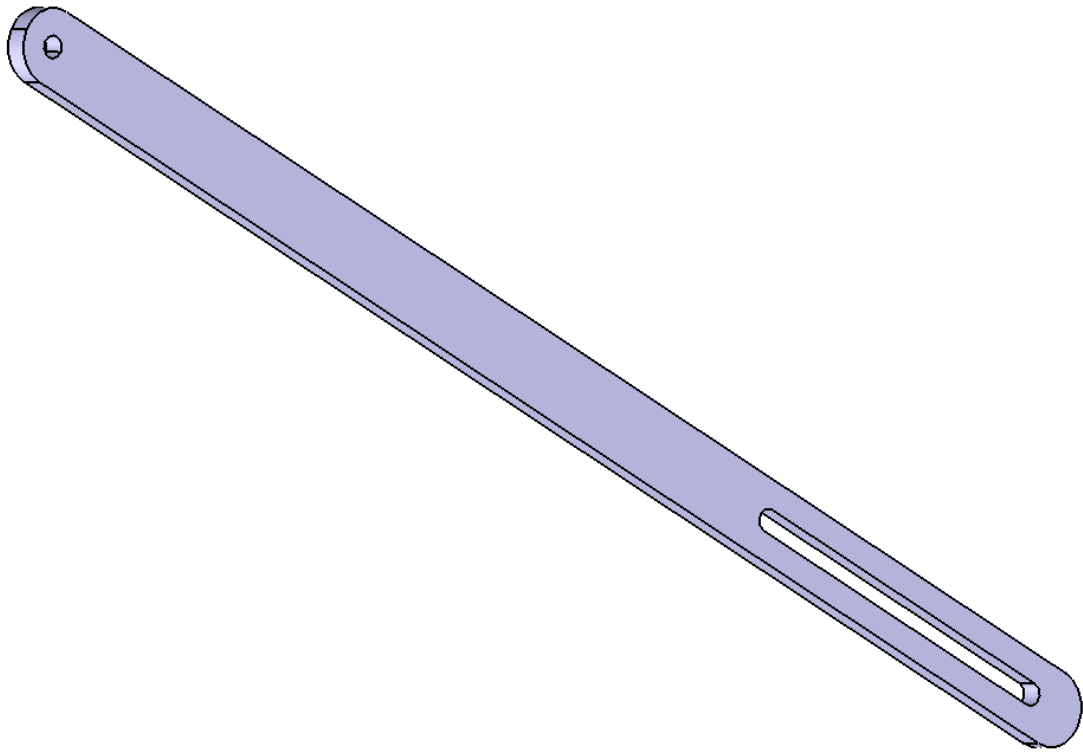
Je připevněno dvěma šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M10 x 1.5 na rám stroje. Drážky o délce 55mm umožňují nastavení ramene dle požadavků.



Obrázek 17: Pevné rameno

### 7.2.5.3 Pohyblivé rameno

Drážka slouží k nastavení tlumícího zařízení a čepy na obou koncích umožňují rotaci kolem osy z.

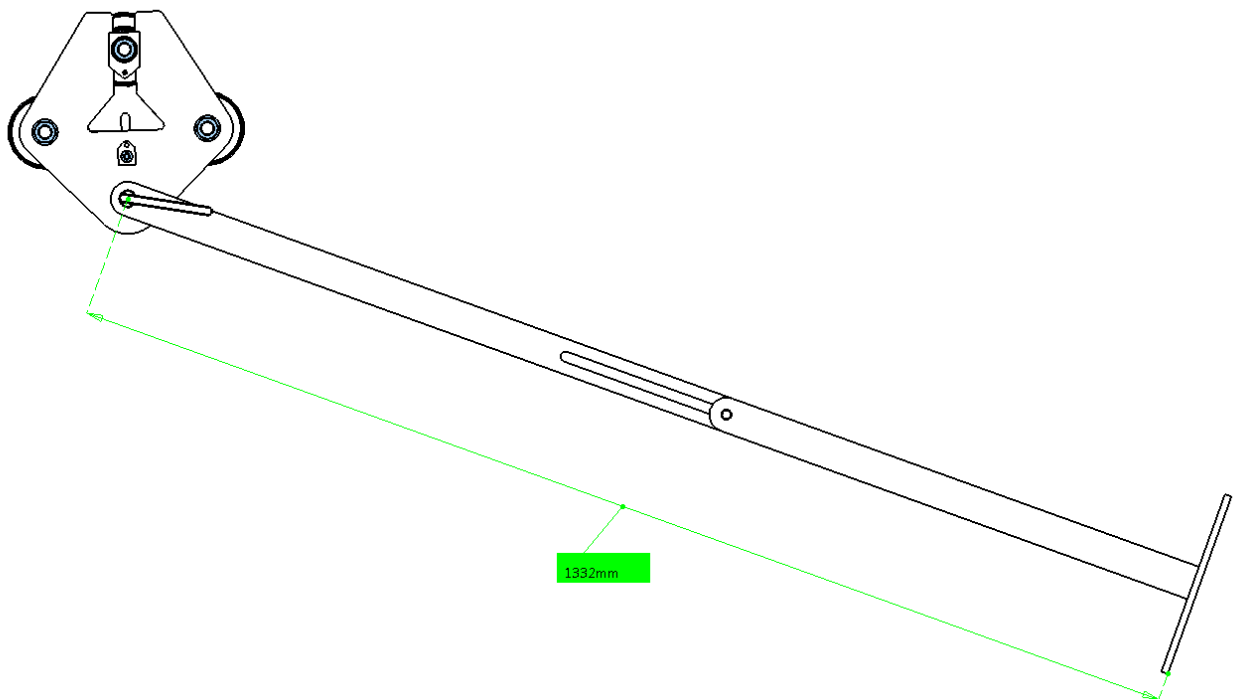


Obrázek 18: Pohyblivé rameno



#### 7.2.5.4 Nastavení maximální a minimální délky mechanismu

Maximální délka činí 1332mm. Drážka v pohyblivém ramenu má délku 200mm. Minimální vzdálenost při zachování stejného uhlu ramen je 1132mm.



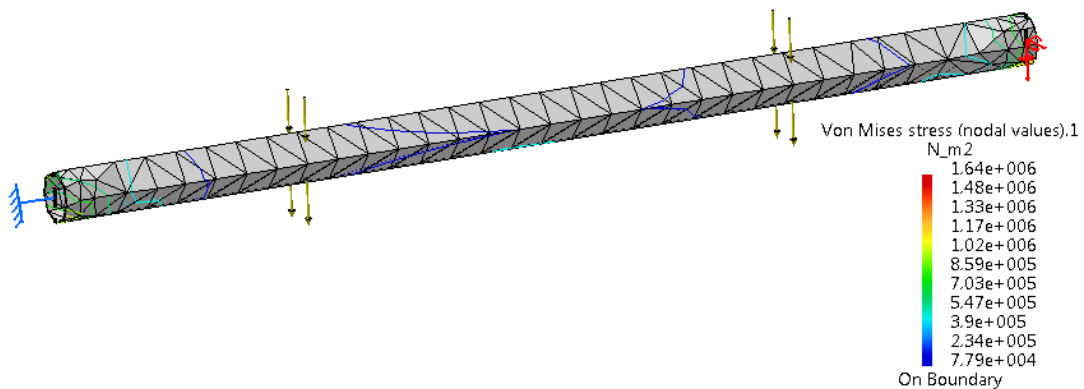
Obrázek 19: Maximální a minimální délka mechanismu

### 7.3 Kontrolní výpočet strojních součástí

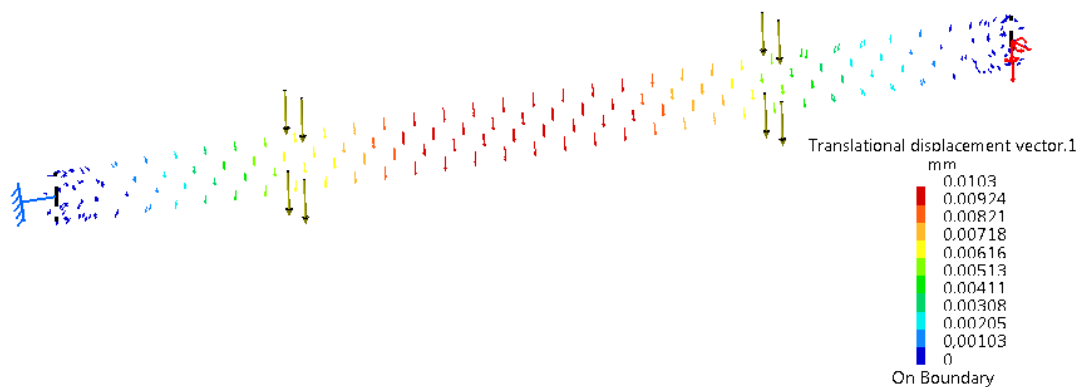
Kontrolní výpočet tříválcce, čepu a ramen je proveden v programu Catia V5R19.

#### 7.3.1 Kontrolní výpočet tříválcce

Vznikající napětí vlivem vlastní hmotnosti válce a silou pružiny odpovídá 150 N. Tříválcce je na levé straně pevně vetknut a na pravé straně vlivem dilatační vůle pohyblivý v ose z. Maximální Von Misesovo napětí v ohybu činí 1,6MPa *obr. 19* a maximální průhyb 0,0103mm *obr. 20*. Válcce požadavkům vyhovuje.



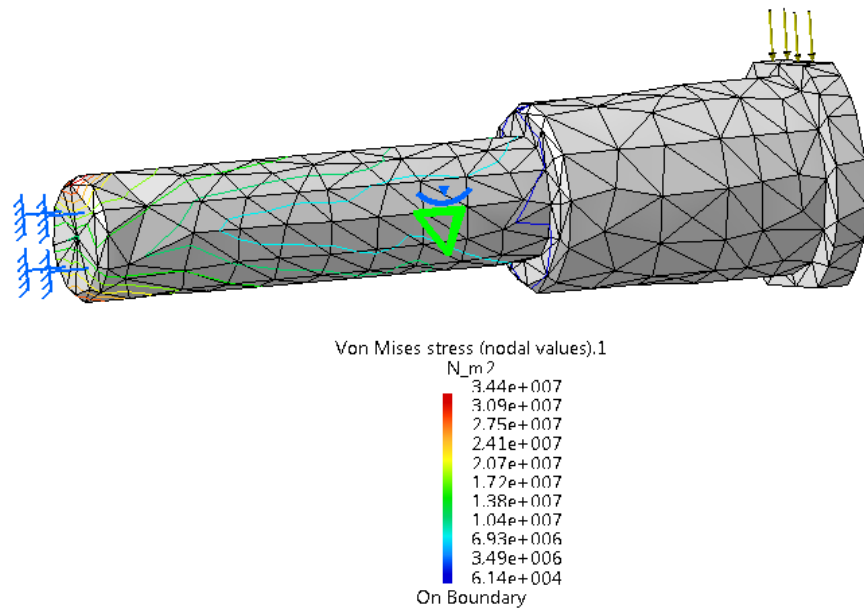
Obrázek 20: Kontrolní výpočet válce na ohyb



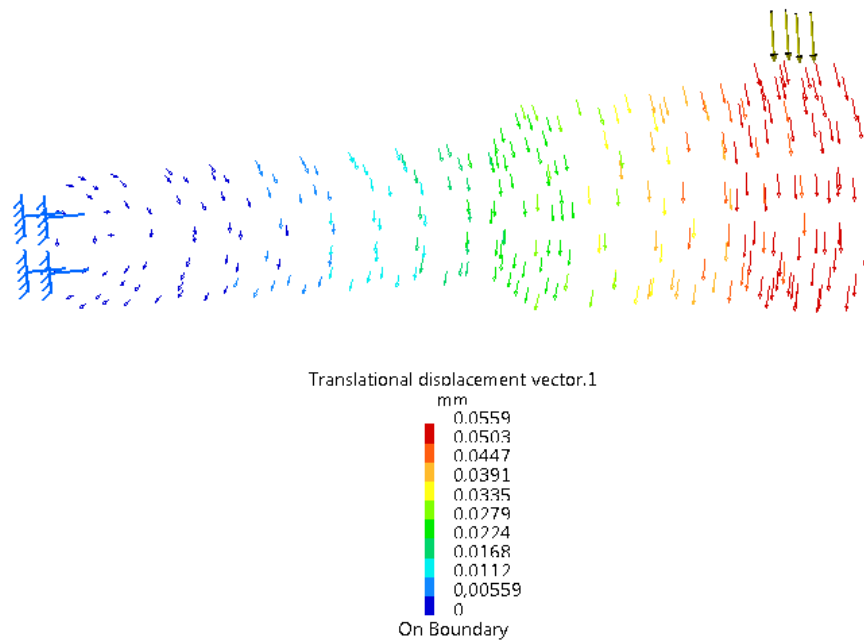
Obrázek 21: Maximální průhyb válce

### 7.3.2 Kontrolní výpočet čepu

Čep je pevně vetknutý na straně matice a zatížen silou 150 N na ploše za ložiskem. Maximální Von Missesovo napětí v ohybu je 34,4 MPa *obr. 23* a maximální průhyb 0.055mm *obr. 24*. Čep požadavkům na ohyb vyhovuje.



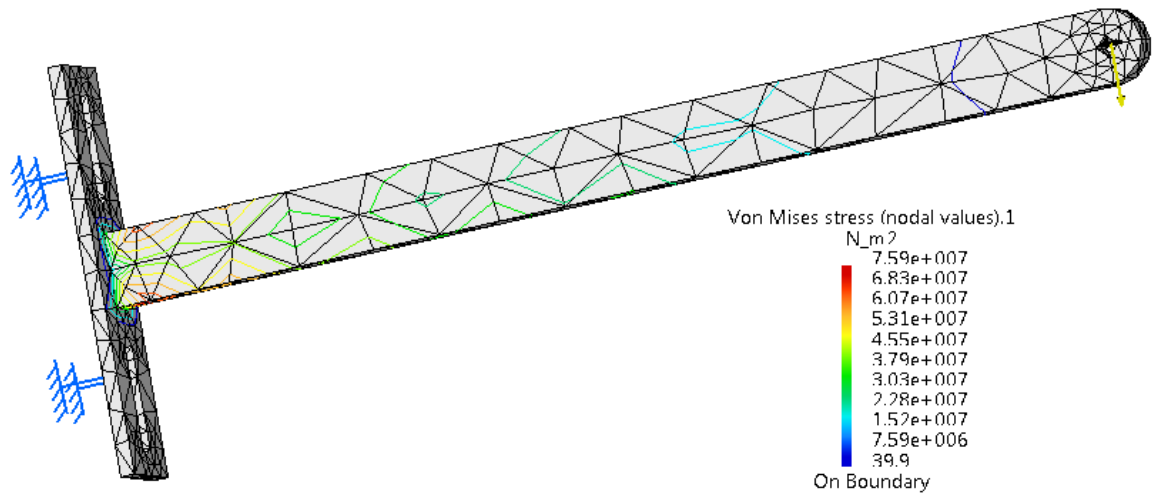
Obrázek 22: Kontrolní výpočet čepu na ohyb



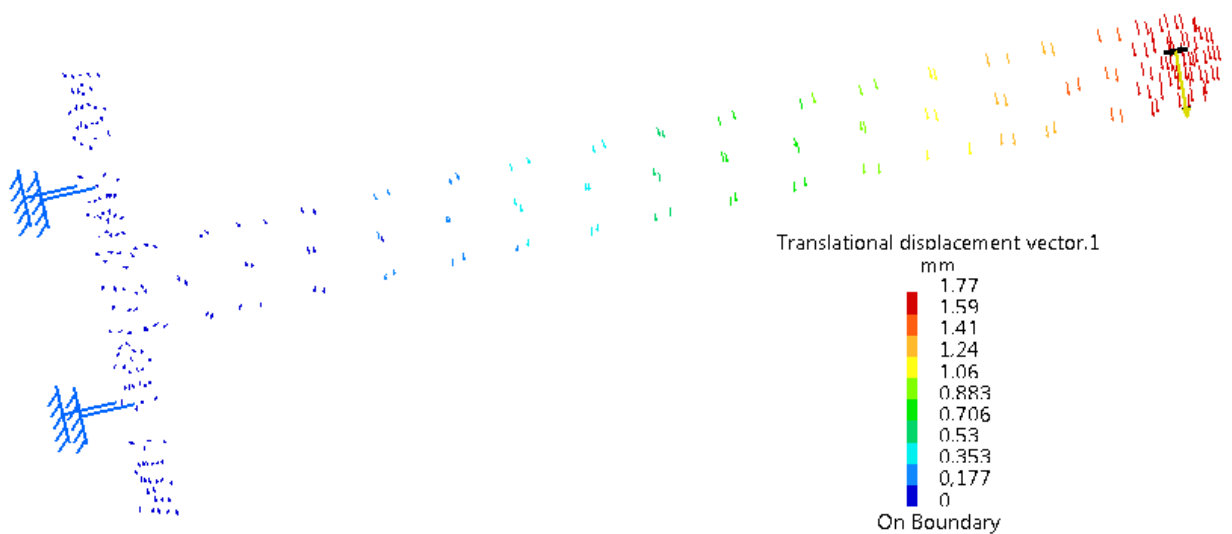
Obrázek 23: Maximální průhyb čepu

### 7.3.3 Kontrolní výpočet pevného ramene

Pevné rameno přišroubované k rámu stroje je namáháno na ohyb vlastní vahou tlumícího zařízení přibližně 250N. Maximální Von Missesovo napětí v ohybu vzniká u sváru o velikosti 75,9 MPa obr. 25. Maximální prohnutí na konci ramene je 1.77mm obr. 26.



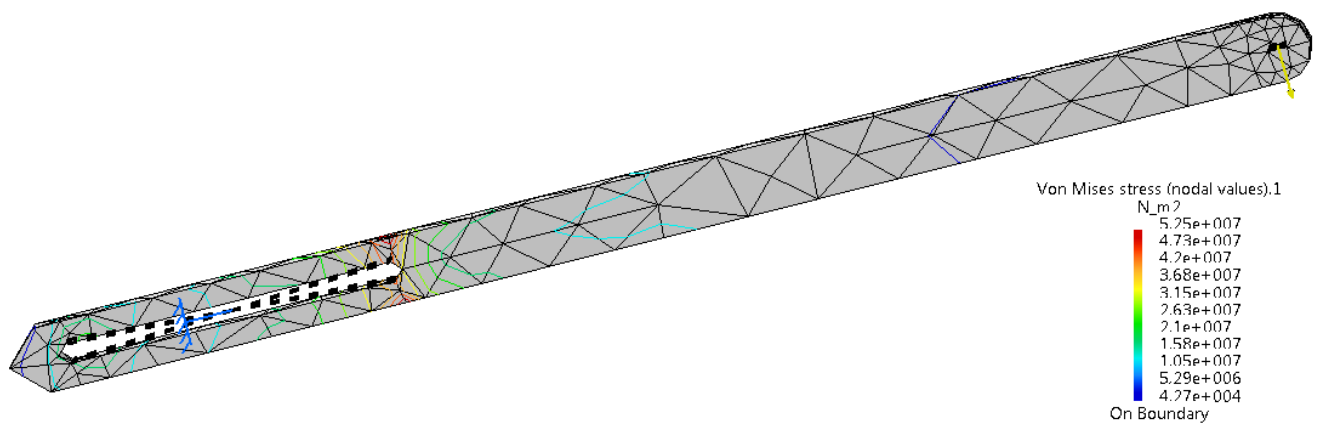
Obrázek 24: Kontrolní výpočet pevného ramene na ohyb



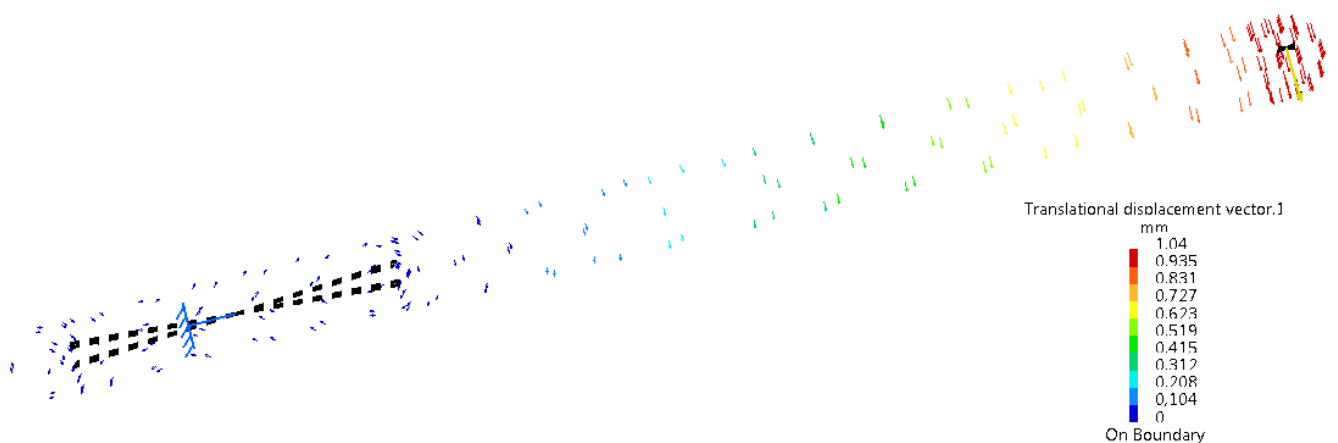
Obrázek 25: Maximální průhyb pevného ramene

### 7.3.4 Kontrolní výpočet pohyblivého ramene

Pohyblivé rameno je taktéž namáháno na ohyb jako rameno pevné. Vlivem drážky na čep je náchylnější na ohyb než předchozí rameno. V tomto krajním místě drážky vzniká maximální napětí o velikosti 52,5 MPa obr. 27. Maximální průhyb ramene je 1,04mm obr. 28.



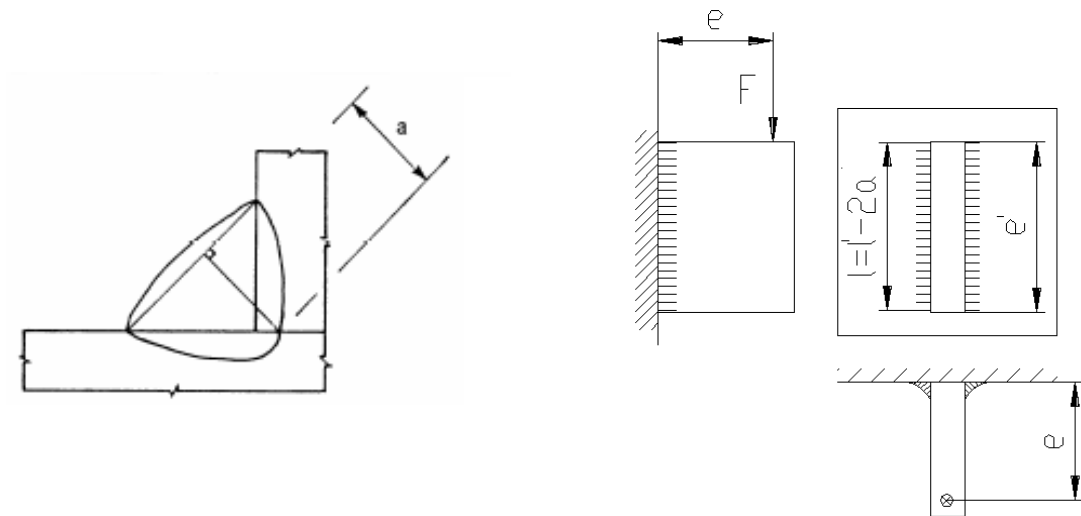
Obrázek 26: Kontrolní výpočet pohyblivého ramene na ohyb



Obrázek 27: Maximální průhyb pohyblivého ramene

### 7.3.5 Kontrolní výpočet koutového svaru

Pevné rameno přišroubované k rámu stroje se skládá ze dvou desek, které jsou k sobě svařeny koutovým svarem. Kontrolní výpočet je proveden při maximální délce ramen tlumícího zařízení. Síla působící na svár je přibližně 240N. Vzhledem k předpokladu působení nespécifikovaných dynamických sil je zvolena pro výpočet síla 1,5 x 480N. Kontrolní tloušťka svaru  $a=4\text{mm}$ .



- smyk

$$\tau_{II} = \frac{F}{S} = \frac{F}{2al} = \frac{1,5 \cdot 240}{2 \cdot 5 \cdot 55} = 0,6 \text{ MPa} \quad (22)$$

kde  $a$ - kontrolní tloušťka svaru- délka svaru,  $F$ - síla působící na svár.

- Napětí od modulu průřezu v ohybu

$$\tau = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2 \cdot 2} = \frac{1,5 \cdot 240 \cdot 1224}{\frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 55^2 \cdot 2} = 87 \text{ MPa} \quad (23)$$

kde  $e$ - délka ramen.

$$\tau = \sqrt{\tau_{II}^2 + \tau^2} \leq \tau_{dov} \quad \tau = \sqrt{0,6^2 + 87^2} = 87,6 \text{ MPa} \leq \tau_{dov} \quad (24)$$

Svár pevnostním požadavkům vyhovuje.

### 7.3.6 Kontrolní výpočet ložiska

Celková tlumicí konstrukce se skládá z 6 valivých ložisek s kosoúhlým stykem typu 7205 ČSN 02 4645. Předpoklad rychlosti nánosování je 0,5m/s což odpovídá otáčkám  $n=111\text{ot/min}$ . Aby zvolená ložiska vyhovovala, musí se zkontrolovat na dynamickou únosnost. Z tabulek dynamická únosnost ložiska  $C= 12700\text{N}$ . Síla působící na ložisko  $F= 500\text{N}$  a index  $p= 3$  pro ložisko s bodovým stykem. Životnost ložiska se stanoví ze vztahu (25).[7]

$$L_{10,h} = \left(\frac{C}{F}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad (25)$$

$$L_{10,h} = \left(\frac{C}{F}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{12700}{500}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 111} = 2460520\text{hod}$$

Výpočtem stanovená životnost je 2 460 520 hod

### 7.3.7 Kontrolní výpočet pružiny

Napínací válec je napínán silou 1000N. Tuto sílu zajišťují dvě pružiny zvolené tak, aby každá z nich vydrželasílu 500N. Návrh tažné pružiny je proveden výpočtem podle [www.ekonstrukter.cz](http://www.ekonstrukter.cz). [8]A podle vypočtených parametru jsem dle tabulek zvolil pružinu ČSN 02 6004 o průměru drátu  $d= 5\text{mm}$ , maximální dovolené síle  $F_9= 710\text{N}$  a vnějšího průměru pružiny  $D_1= 30\text{mm}$ . [7]

- Vstupní parametry

D <u>vnější průměr pružiny</u>	<input type="text" value="30"/>	mm	F <sub>9</sub> <u>max. pracovní síla pružiny</u>	<input type="text" value="550"/>	N
l <sub>s</sub> <u>délka pružiny</u>	<input type="text" value="80"/>	mm	G <u>modul pružnosti v krutu</u>	<input type="text" value="80"/>	GPa
rdk <u>dovolené napětí v krutu</u>	<input type="text" value="500"/>	MPa			

Tabulka 1: Vstupní parametry výpočtu pružiny

- Výstupní hodnoty

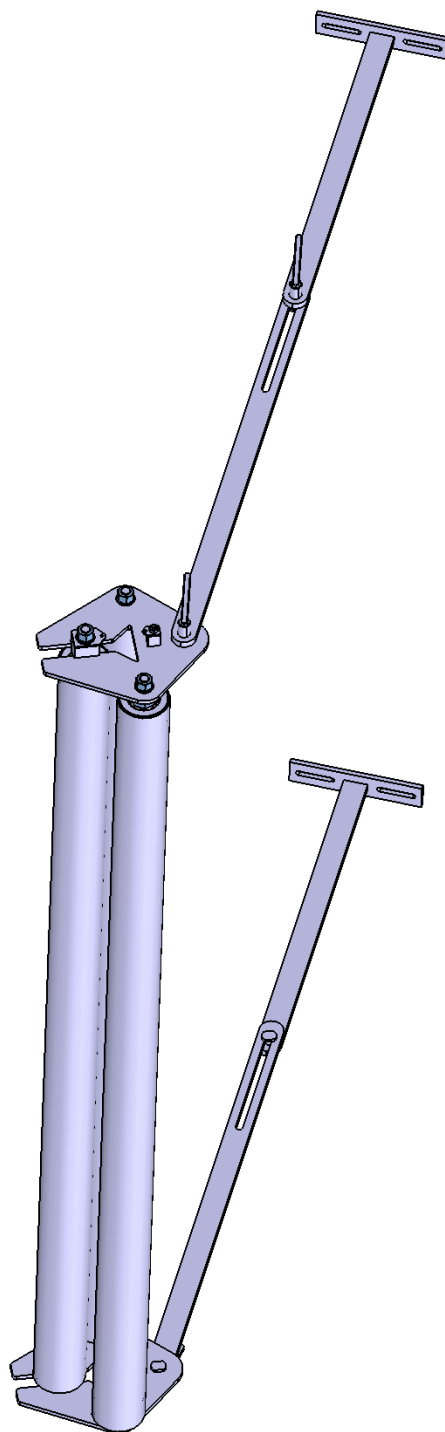
<b>d vypočtený průměr drátu</b>		<b>dz zaokrouhledený pr. drátu</b>	
<b>4.38011</b>	<b>mm</b>	<b>4.4</b>	<b>mm</b>
<b>n vypočtený počet činných závitů</b>		<b>nz zaokrouhlený počet závitů + 2 závěrné</b>	
<b>20.19</b>		<b>22</b>	

Tabulka 2: Výstupní hodnoty výpočtu pružiny



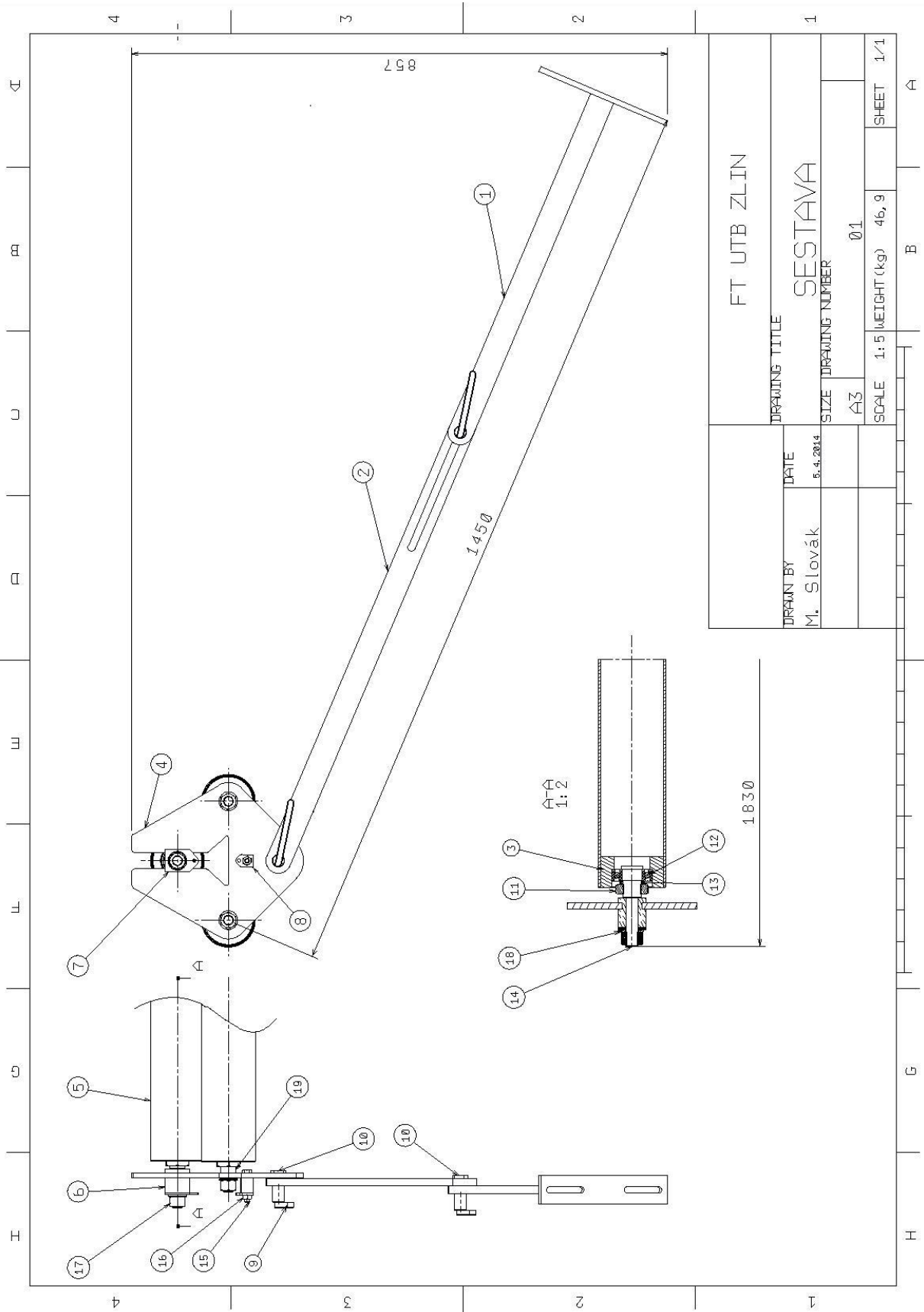
## 7.4 Výrobní výkresová dokumentace

Na základě zpracovaného návrhu tlumícího zařízení byla zhotovena výkresová dokumentace jednotlivých komponentů.



Obrázek 28: 3D model tlumícího mechanismu

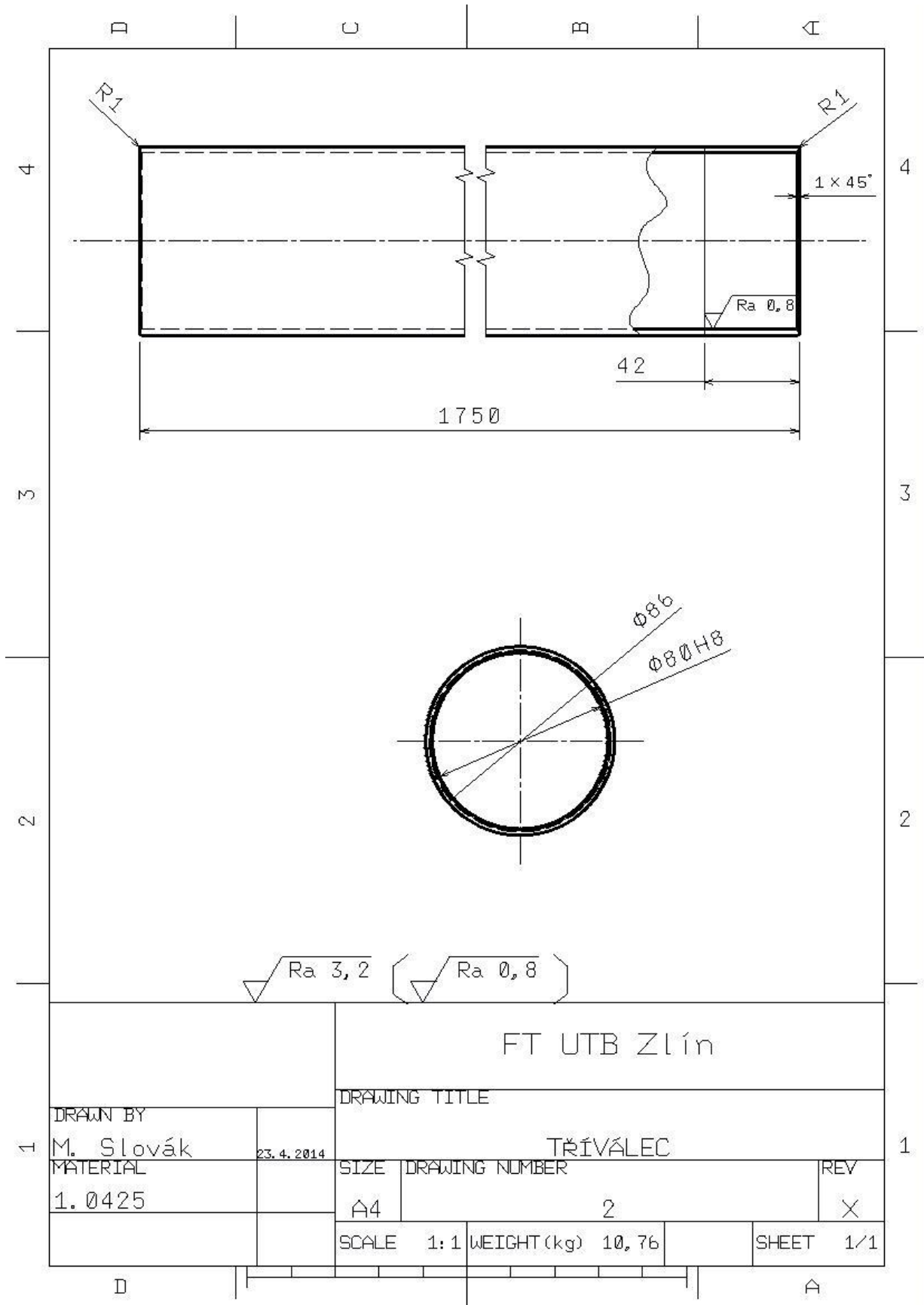
7.4.1 Sestava



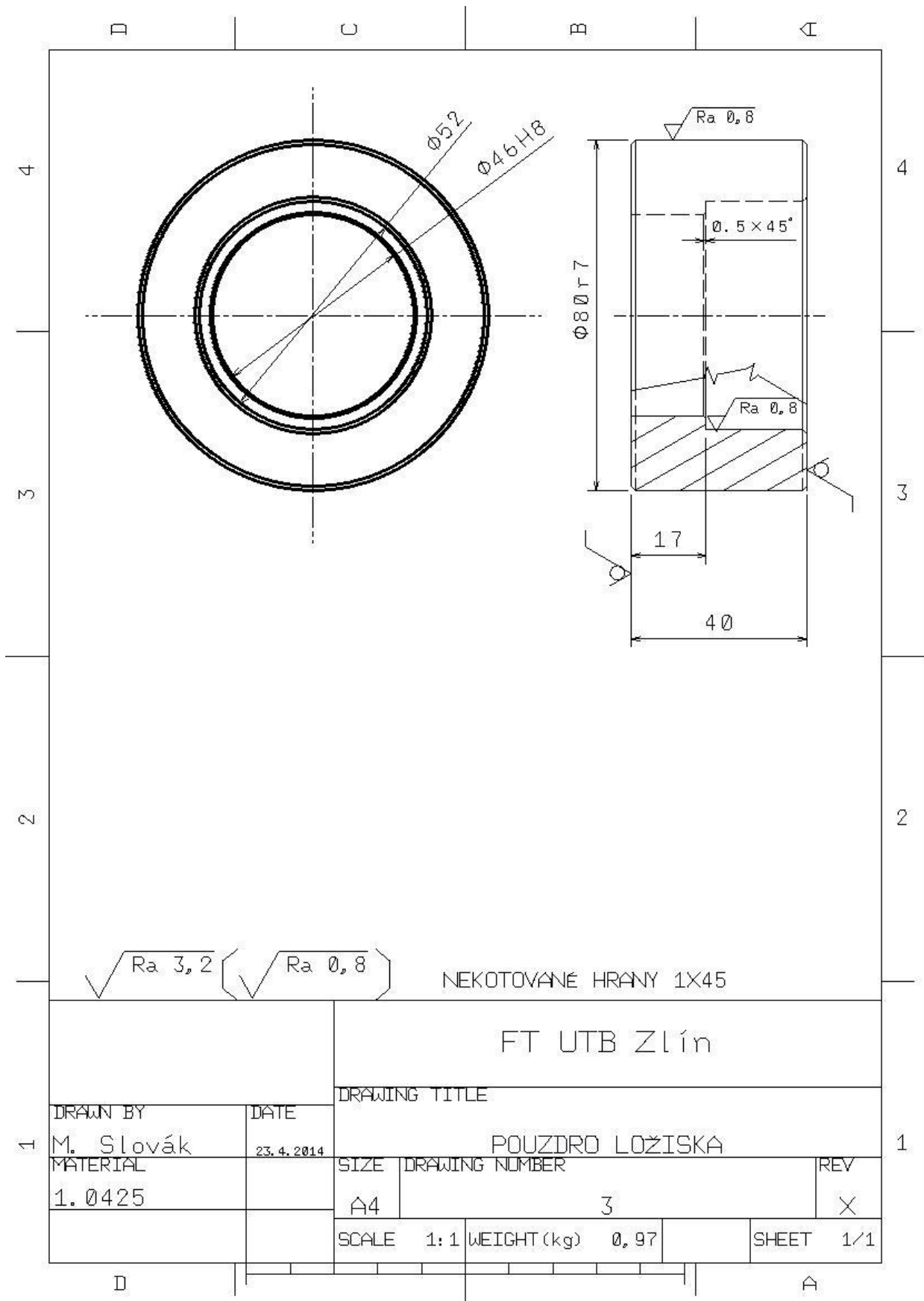
## 7.4.1.1 Kusovník sestavy

POZICE	NÁZEV	ČÍSLO VÝKRESU	MATERIAÁL	KS.
1	PEVNÉ RAMENO	10	1.0345	2
2	POHYBLIVÉ RAMENO	9	1.0345	2
3	POUZDRO	3	1.0425	6
4	UNAŠEČ TŘÍVÁCLE	1	1.0345	2
5	TŘÍVÁLEC	2	1.0425	3
6	VODÍCÍ SEGMENT	8	CuZn15	2
7	UNAŠEČ PRUŽINY	11	1.0345	2
8	UNAŠEČ PRUŽINY		1.0345	2
9	RYCHLOUPÍNÁK		NÁKUP	4
10	UTAHOVACÍ ČEP RAMEN	6	1.0425	4
11	MATICE M24x2 ISO 4033 - 05		NÁKUP	6
12	LOŽISKO 7205 C ČSN 02 4645		NÁKUP	6
13	VYMEZOVACÍ PODLOŽKA		1.0345	6
14	ČEP NAPÍNACÍHO VÁLCE	5	1.0425	2
15	ŠROUB M8x45 EN ISO 4016		NÁKUP	2
16	MATICE M8x1 ISO 4032 - 05		NÁKUP	2
17	MATICE M16x1,5 ISO 4032 - 05		NÁKUP	6
18	PODLOŽKA 17 ČSN 02 1703.11		NÁKUP	6
19	ČEP PEVNÉHO VÁLCE	4	1.0425	4

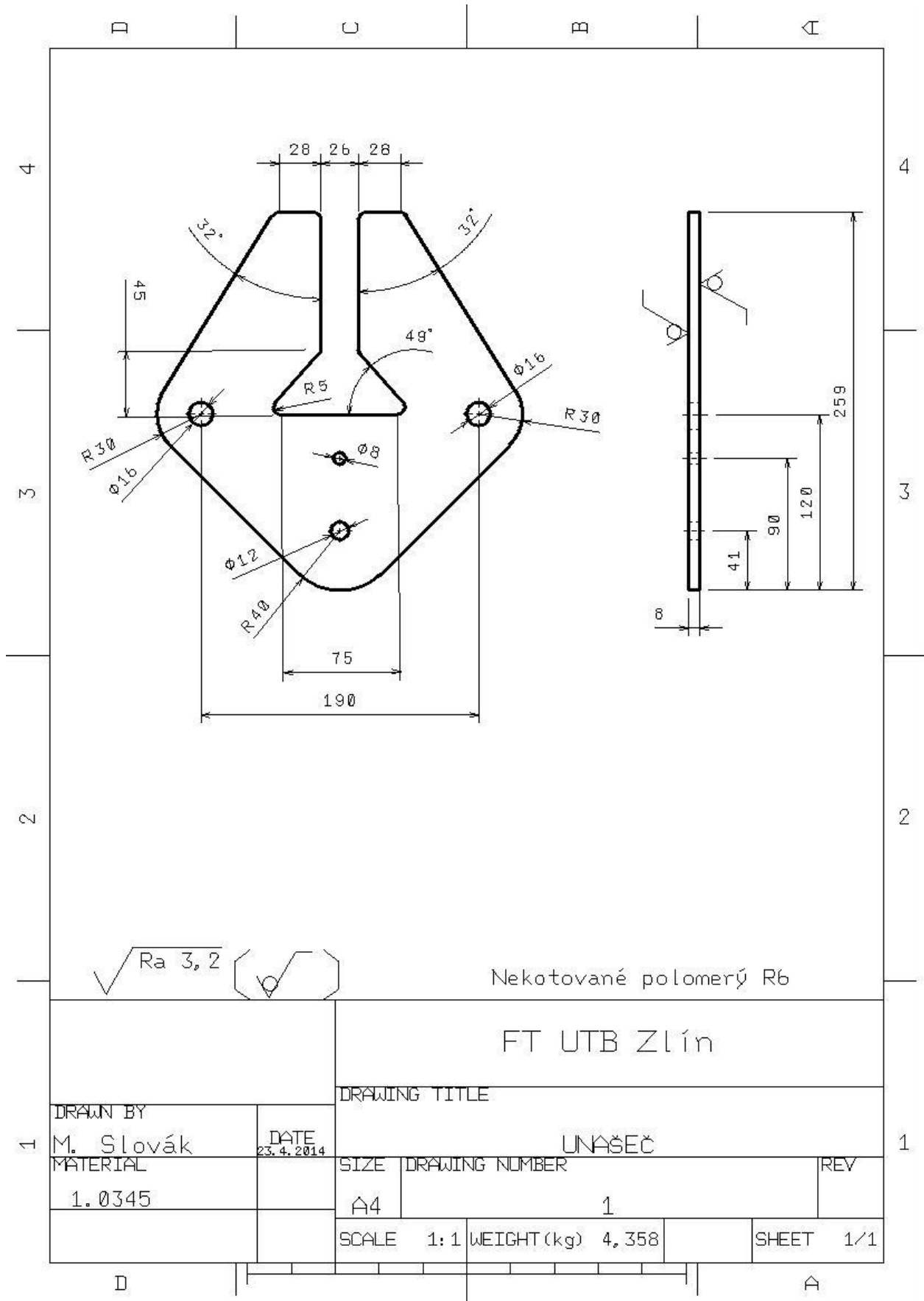
7.4.2 Tříválec



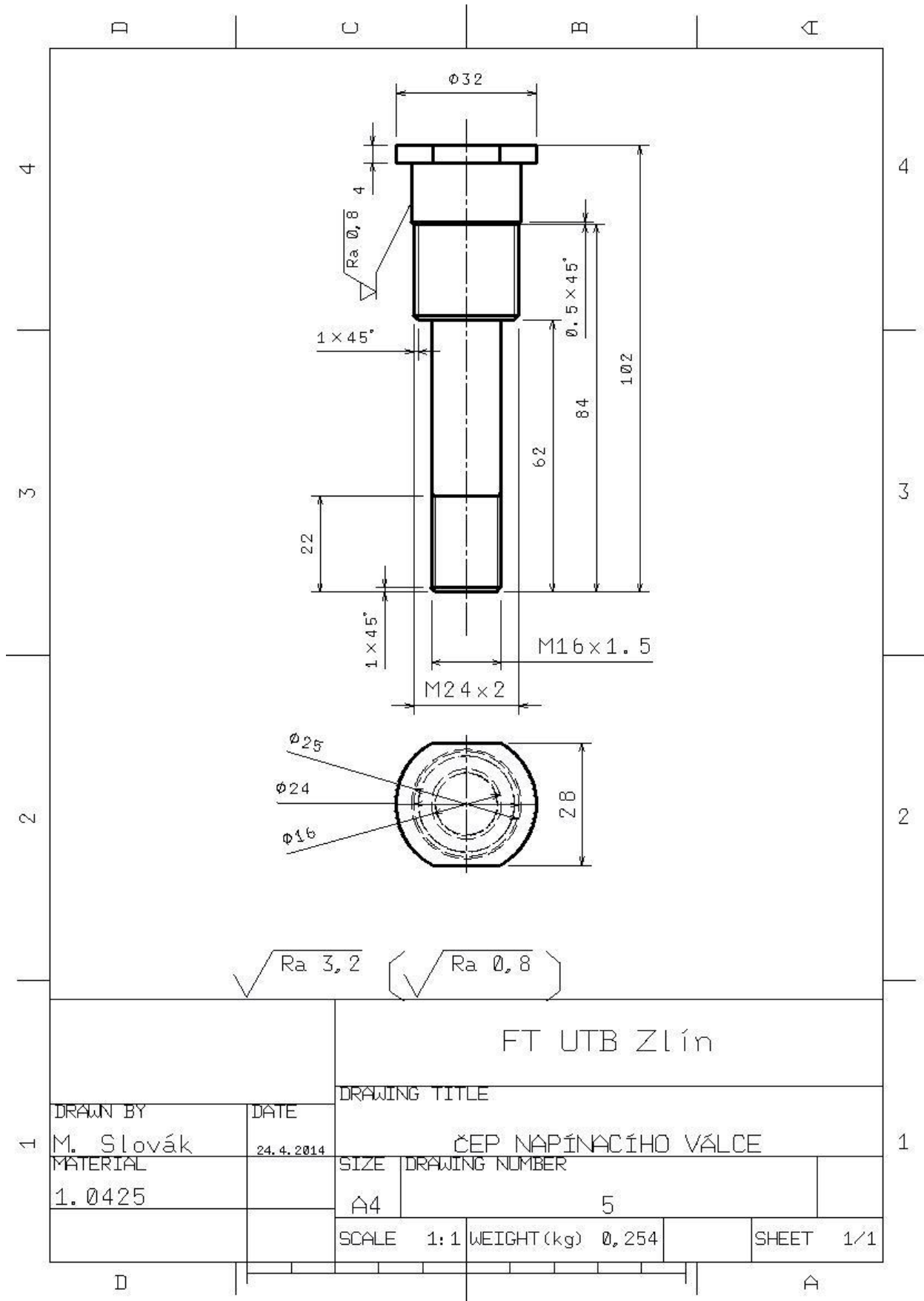
7.4.3 Pouzdro ložiska



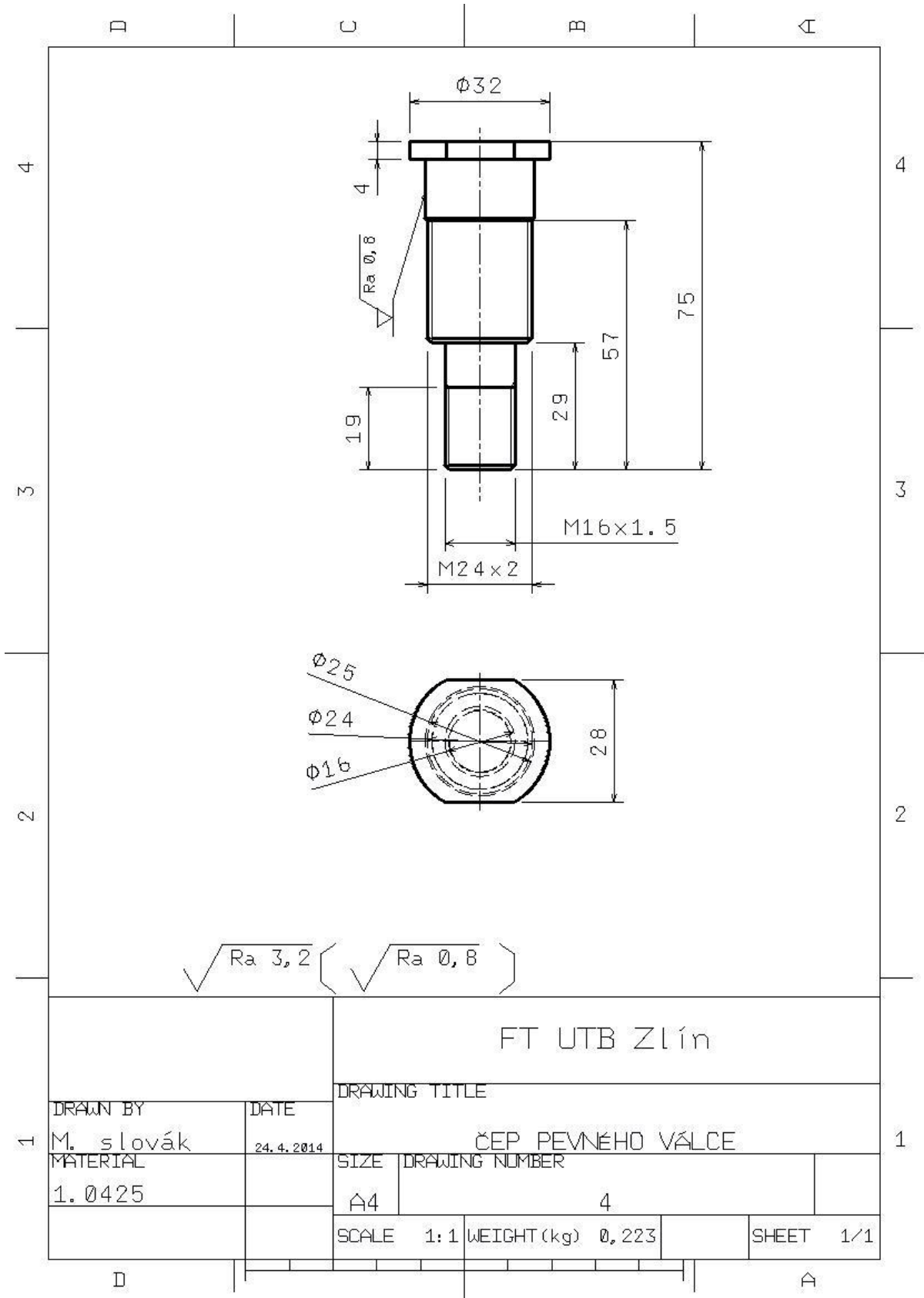
7.4.4 Unášec třívalce



7.4.5 Čep napínacího válce

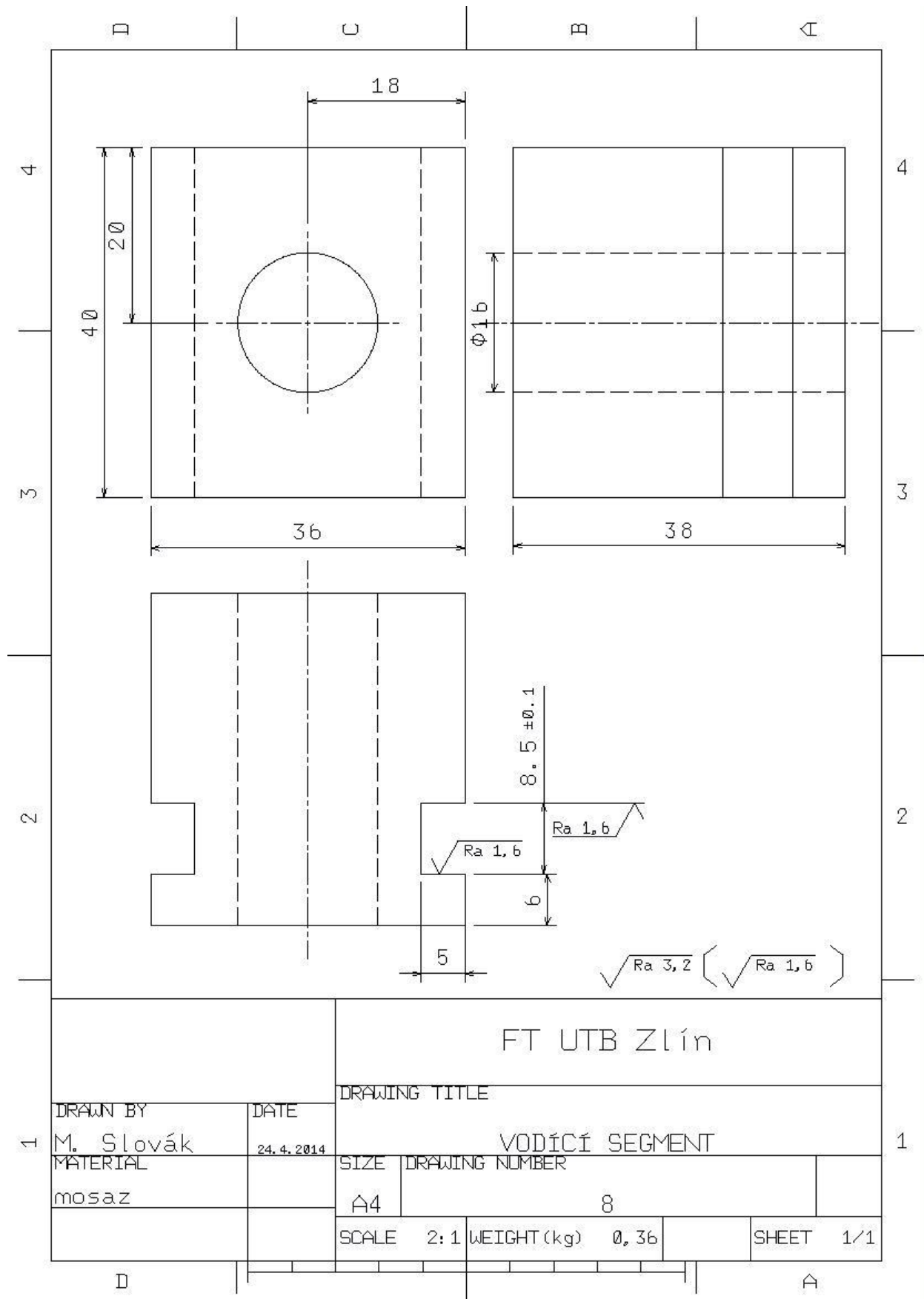


7.4.6 Čep pevného válce

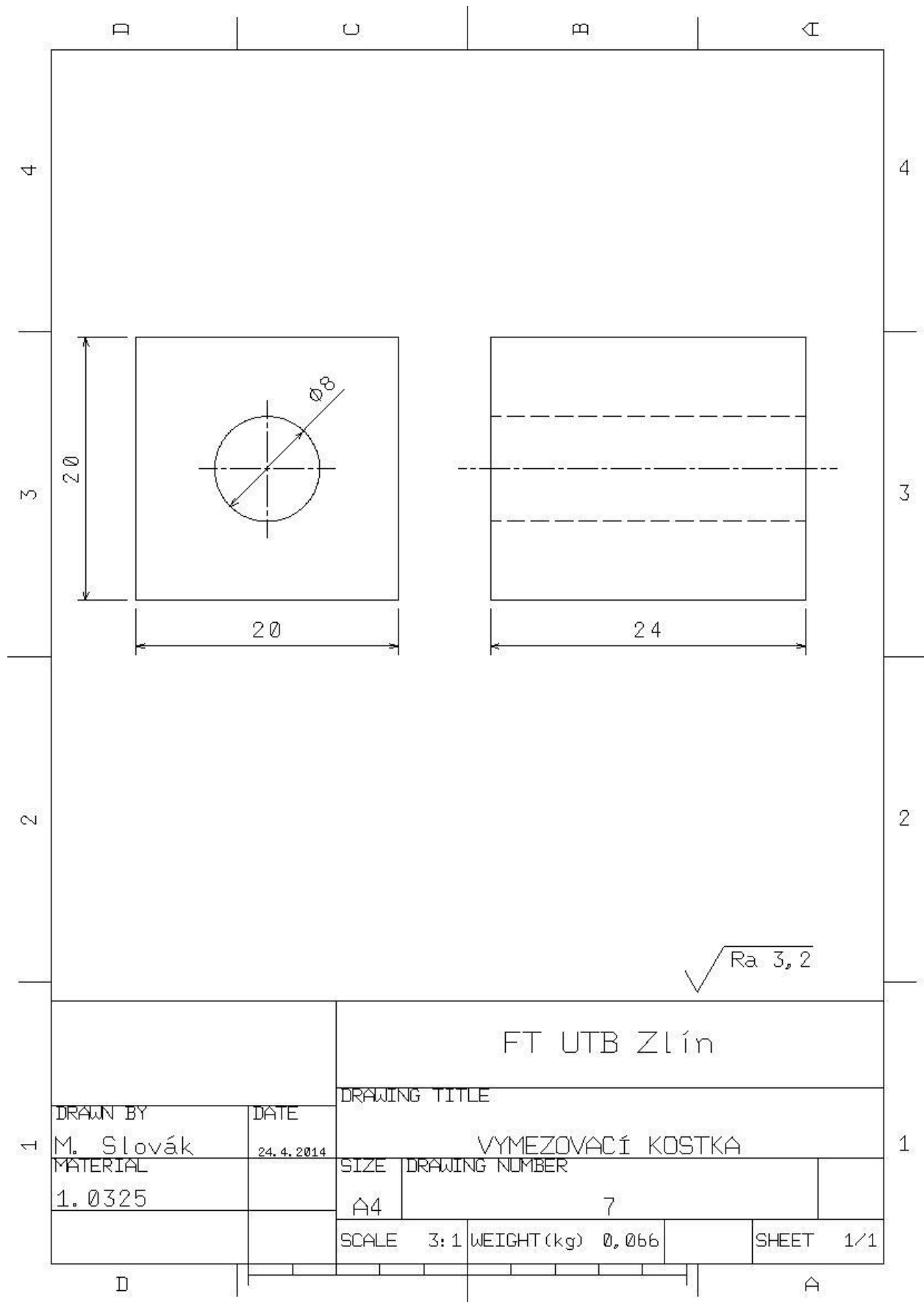




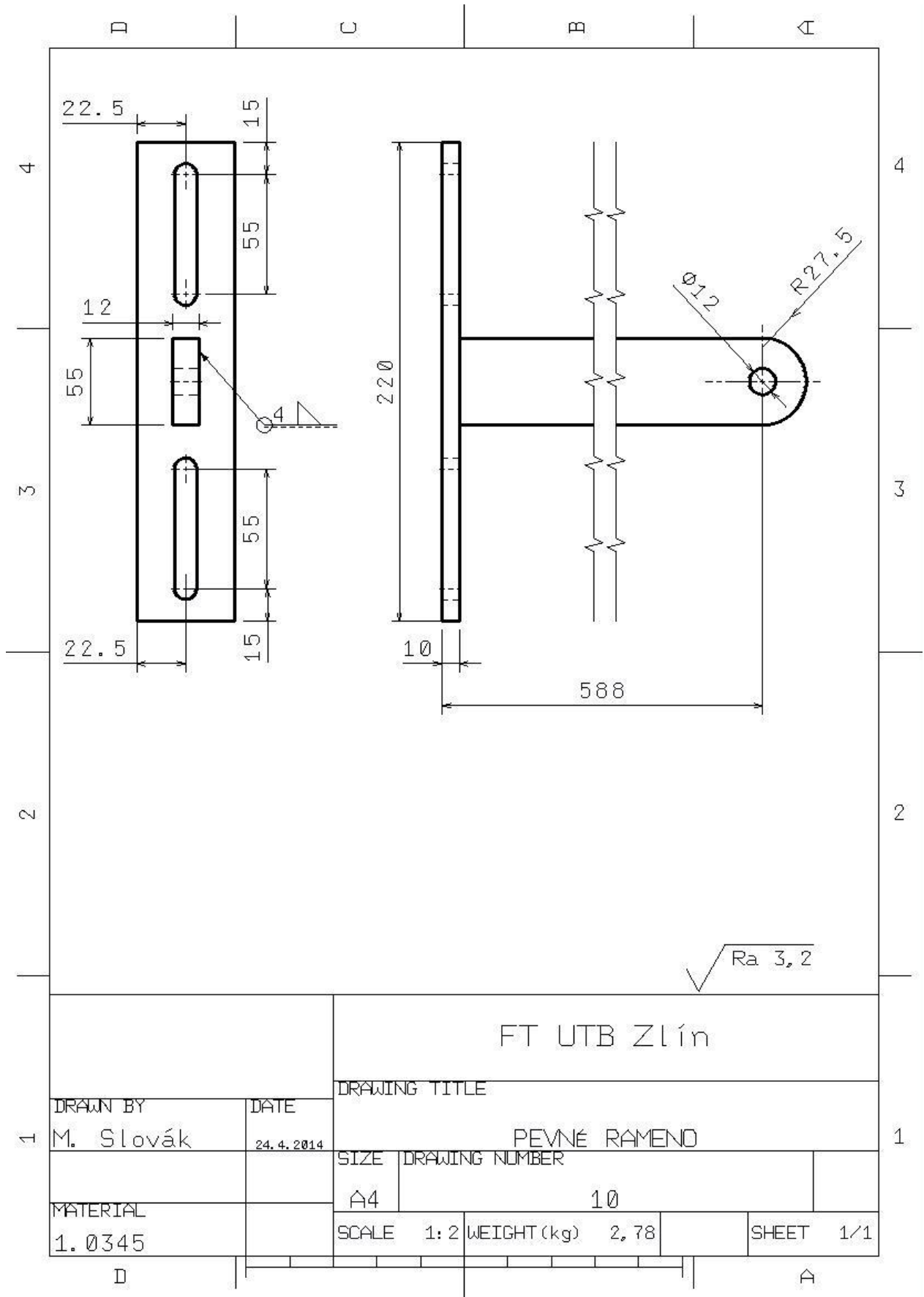
7.4.7 Vodicí segment



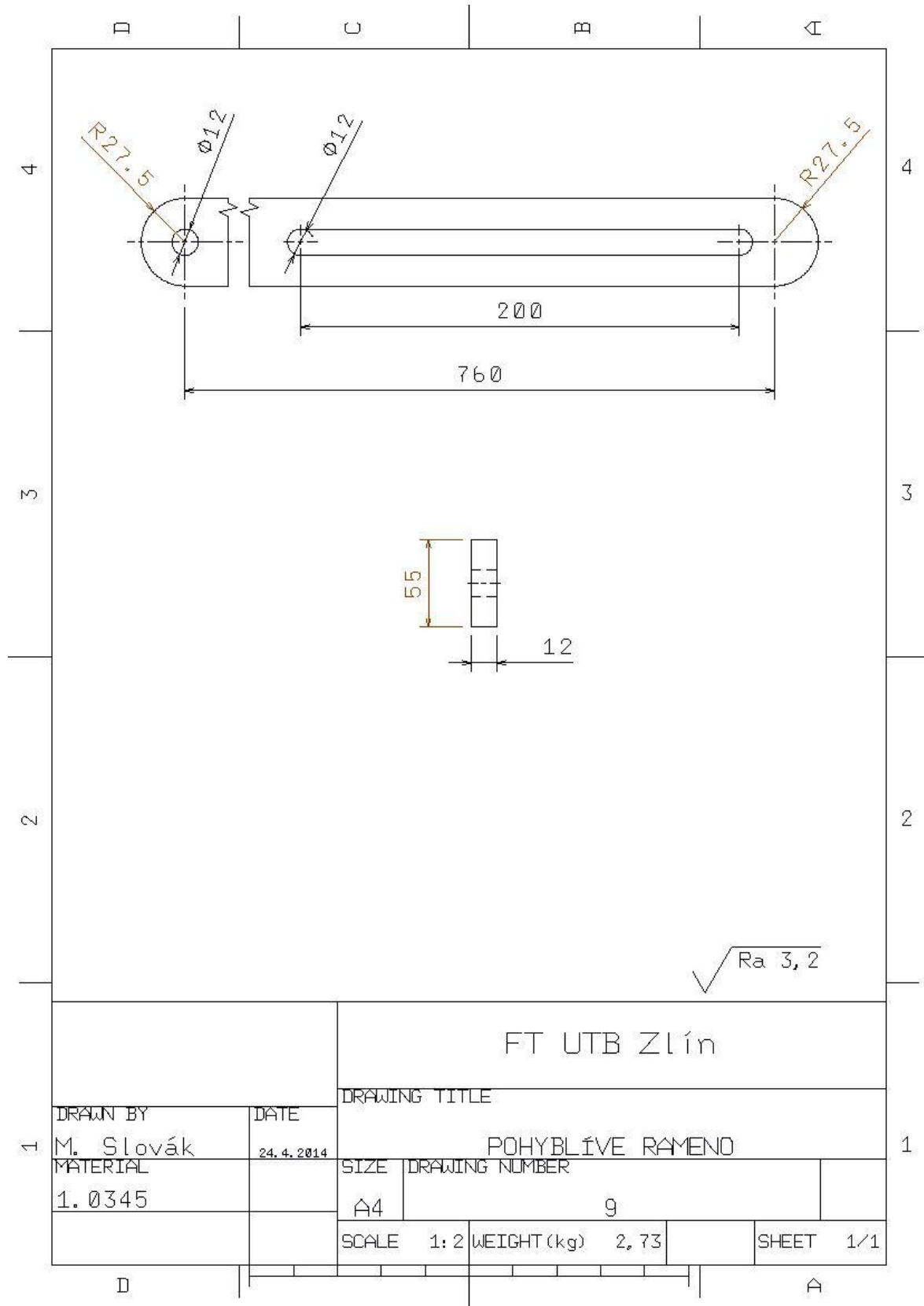
7.4.8 Vymezovací kostka unášeče pružiny



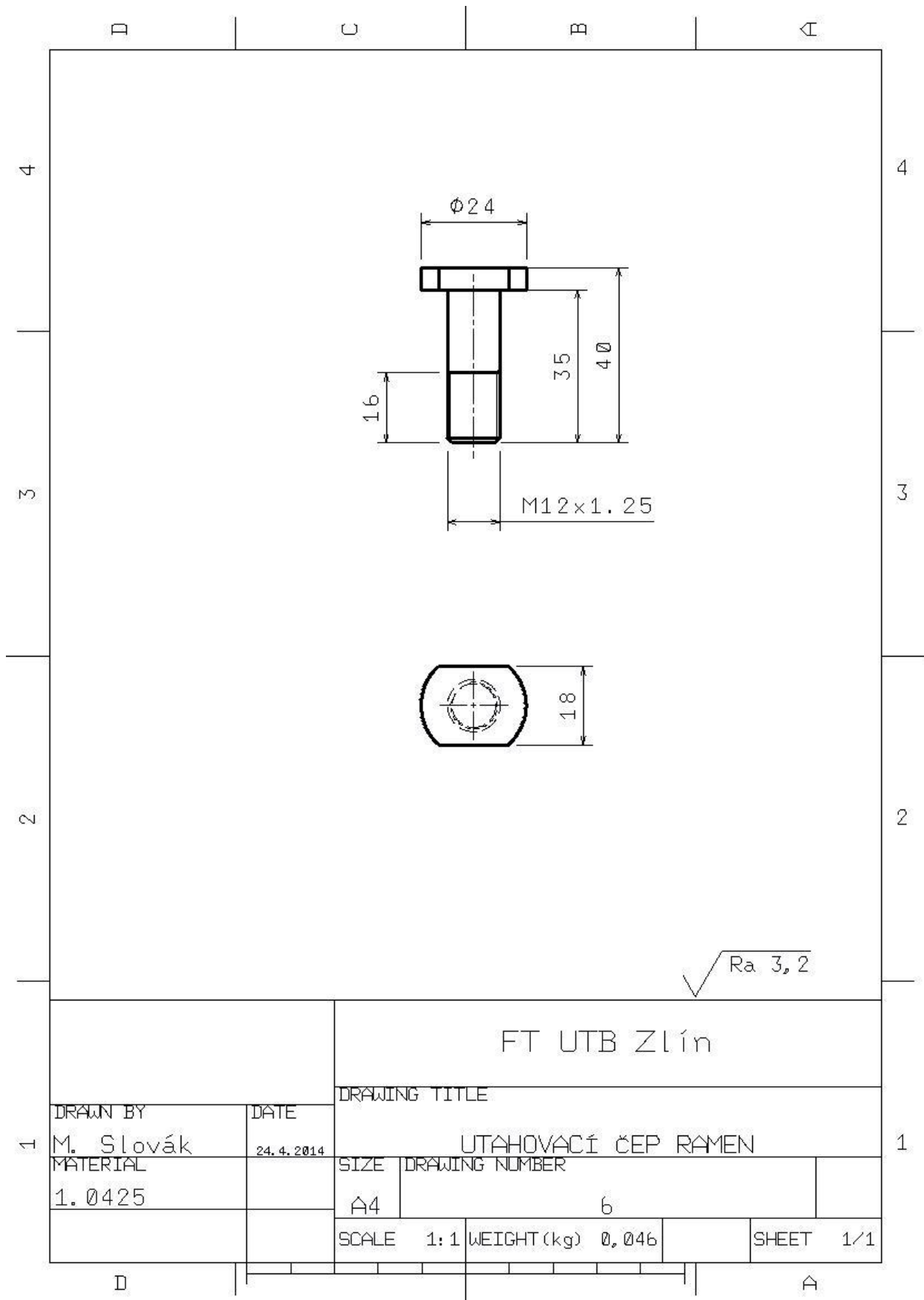
7.4.9 Pevné rameno



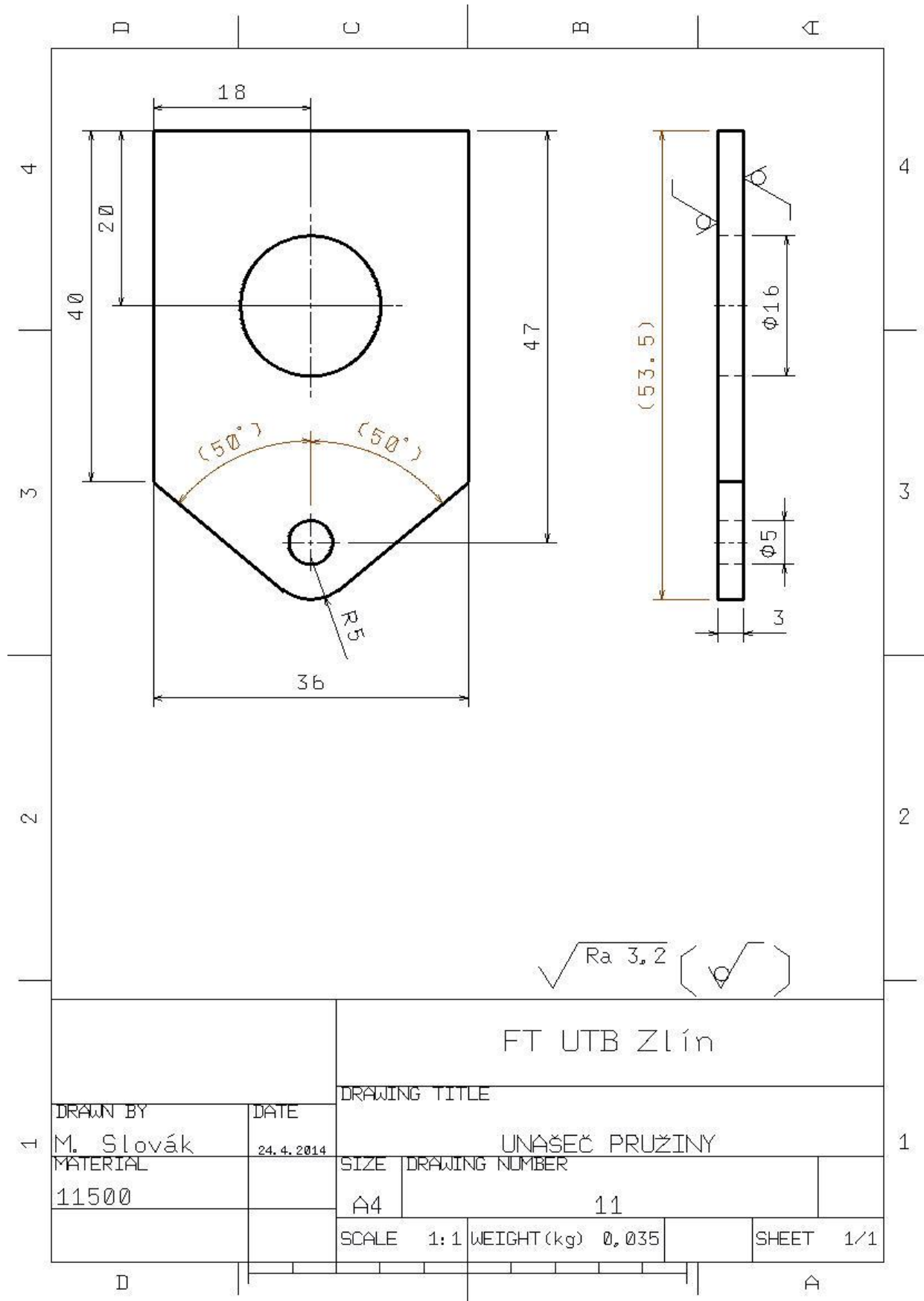
7.4.10 Pohyblivé rameno



7.4.11 Utahovací čep ramen



7.4.12 Unášec pružiny



## DISKUZE

Z výrobních požadavků bylo navrženo konstrukční řešení tlumícího zařízení skládajícího se z tříválce, unašeče tříválce, pevného ramene, pohyblivého ramene a zbylých komponentů. Tříválec je uložen mezi dvěma unašeči a jeho rotaci umožňují ložiska typu 7205 upevněny na čepech, které jsou přišroubovány na unašeče tříválce. Tepelnou dilataci tříválce nám umožňuje mezera mezi pouzdrem tříválce a ložiskem na pravé straně mechanismu. Napínací sílu můžeme měnit zvolením tuhosti pružiny, která je uložena mezi unašeči pružiny připevněnými na napínací válec a unašeč tříválce. Polohu celého tlumícího mechanismu nám umožňují ramena, která docílí plynulého nastavení v ose  $x,y$  a zamezí pohybu v ose  $z$ . Jednotlivé navrhnuté součásti musí být konstrukčním výpočtem ověřeny, aby vyhovovaly zvoleným požadavkům. Závěrem praktické části je výrobní dokumentace, která obsahuje sestavu celého tlumícího zařízení a jednotlivé technologické výkresy součástí.

## ZÁVĚR

V bakalářské práci byl navržen tlumící mechanismus ocelových kordů před vstupem do nánosovacího čtyřválce ve firmě Continental- Barum, s.r.o. Otrokovice. Ocelové kordy putují z cívečnice do nánosovacího čtyřválce dlouhou dráhu volným prostorem a mají snahu překmitu a zastavení celé výrobní linky. Tlumící mechanismus napíná jednotlivé kordy a tím zamezuje kmitavému pohybu ocelových kordů. Jednotlivé součásti mechanismu byly spočítány a navrženy tak, aby splňovaly obtížné podmínky v prostředí areálu firmy Continental- Barum, s.r.o. Otrokovice.

Bakalářskou práci tvoří tři části teoretická, praktická a výrobní výkresová dokumentace. V teoretické části je pojednáno o výrobě ocelových kordů a jejich nánosování na zpracovatelské lince, včetně teoretických přístupů z oblasti mechaniky. Praktická část definuje problém a cíl praktické části práce. Na ni navazuje konstrukční návrh řešení tlumícího zařízení, které je z hlediska mechaniky podrobena mechanickým kontrolním výpočtům. Navržené zařízení bylo zpracováno do úrovně výrobní výkresové dokumentace.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MECHL, Viktor a Martin MUŠINSKÝ. *Gumárenská technologie v Barum Continental, spol. s.r.o.: učebnice pro žáky zpracovatelského oboru SPŠ polytechnické - COP Zlín*. 1. vyd. Zlín: Střední průmyslová škola polytechnická - COP Zlín, 2013, 94 s. ISBN 978-80-905002-2-8.
- [2] DVOŘÁK, Z. *Zpracovatelské procesy gumárenské: pro konstrukční směry*. Zlín: UNIVERZITA Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická, 2013
- [3] KYSELÁ, HUDEC, ALEXÝ. *Výroba a spracovanie kaučukov a gumy*. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010, 269 s. ISBN 978-80-227-3324-3.
- [4] VALENDIN, Miroslav. *Mechanika I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2003, 153 s. ISBN 80-731-8154-1.
- [5] Třinecké železářny – Moravia Steel. [online]. [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://www.trz.cz/vyrd/D0B39AE1209B8B7CC125708500363E7B>
- [6] Newtonovy pohybové zákony. [online]. [cit. 2014-01-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Newtonovy\\_pohybov%C3%A9\\_z%C3%A1kony](http://cs.wikipedia.org/wiki/Newtonovy_pohybov%C3%A9_z%C3%A1kony)
- [7] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2005, 907 s. ISBN 80-736-1011-6.
- [8] *Výpočet pružiny* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$\vec{F}$	síla	[N]
m	hmotnost	[kg]
$\vec{a}$	vektor zrychlení bodu	[m.s <sup>-1</sup> ]
$\vec{v}$	vektor rychlosti bodu	[m.s <sup>-1</sup> ]
$\vec{I}$	impuls síly	[kg.m.s <sup>-1</sup> ]
$\Delta t$	doba působení	[s]
$\vec{p}$	hybnost	[kg.m.s <sup>-1</sup> ]
$\omega$	úhlové zrychlení	[rad.s <sup>-2</sup> ]
$r$	poloměr kružnice	[mm]
$F_x$	síla v ose $x$	[N]
$F_y$	síla v ose $y$	[N]
$F_z$	síla v ose $z$	[N]
$l_0$	délka nenapjaté pružiny	[mm]
$k$	tuhost pružiny	[N.m <sup>-1</sup> ]
$b$	součinitel viskózního tlumení	[N.s.m <sup>-1</sup> ]
$\delta$	konstanta doznívání	[s <sup>-1</sup> ]
$\Omega_0$	vlastní úhlová frekvence	[s <sup>-1</sup> ]
$\tau$	smykové napětí	[MPa]
$a$	výška svaru	[mm]
$l$	délka svaru	[mm]
$e$	délka ramen	[mm]
$C$	dynamická únosnost ložiska	[N]
$n$	otáčky ložiska	[ot.min <sup>-1</sup> ]
$L_{10h}$	trvanlivost ložiska	[hod]
$F_9$	max. dovolená síla pružiny	[N]

---

$D_1$	vnější průměr pružiny	[mm]
$L_9$	délka pružiny	[mm]
$\tau_{dx}$	dovolené napětí v krutu	[MPa]
$G$	modul pružnosti v krutu	[GPa]

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obrázek 1: Příklad vytlačovacího stroje se třemi šneky pro vytlačování sdružených profilů .....</i>	14
<i>Obrázek 3: Válcování profilu na čtyřválci .....</i>	16
<i>Obrázek 4: Linka pro oboustranné nánosování ocelového kordu .....</i>	17
<i>Obrázek 5: Postup výroby ocelového kordu .....</i>	18
<i>Obrázek 6: Příklady splétání ocelových kordů .....</i>	19
<i>Obrázek 7: Deformační charakteristiky jednotlivých typů kordů .....</i>	19
<i>Obrázek 8: Zákon zachování hybnosti .....</i>	24
<i>Obrázek 9: Zákon akce a reakce .....</i>	24
<i>Obrázek 10: Volný netlumený kmitavý pohyb .....</i>	27
<i>Obrázek 11: Volný tlumený kmitavý pohyb .....</i>	28
<i>Obrázek 12: Schematický návrh řešení .....</i>	33
<i>Obrázek 13: Řez tříválce .....</i>	34
<i>Obrázek 14: Upevnění napínacího válce .....</i>	35
<i>Obrázek 15: Tepelná dilatace válce .....</i>	36
<i>Obrázek 16: Napínací pružina .....</i>	37
<i>Obrázek 17: Čep nastavovacího mechanismu .....</i>	38
<i>Obrázek 18: Pevné rameno .....</i>	39
<i>Obrázek 19: Pohyblivé rameno .....</i>	40
<i>Obrázek 20: Maximální a minimální délka mechanismu .....</i>	41
<i>Obrázek 21: Kontrolní výpočet válce na ohyb .....</i>	42
<i>Obrázek 22: Maximální průhyb válce .....</i>	42
<i>Obrázek 23: Kontrolní výpočet čepu na ohyb .....</i>	43
<i>Obrázek 24: Maximální průhyb čepu .....</i>	43
<i>Obrázek 25: Kontrolní výpočet pevného ramene na ohyb .....</i>	44
<i>Obrázek 26: Maximální průhyb pevného ramene .....</i>	44
<i>Obrázek 27: Kontrolní výpočet pohyblivého ramene na ohyb .....</i>	45
<i>Obrázek 28: Maximální průhyb pohyblivého ramene .....</i>	45
<i>Obrázek 29: Sestava tlumícího mechanismu .....</i>	49

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1: Vstupní parametry výpočtu pružiny.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 2: Výstupní hodnoty výpočtu pružiny.....</i>	<i>48</i>