

Přípravek pro měření elektrických vlastností pryže

Pavel Janků

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: **Pavel Janků**
Osobní číslo: **T140040**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Přípravek pro měření elektrických vlastností pryží**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma**
- 2. Návrh konstrukce přípravku**
- 3. Technologický postup výroby**
- 4. Zhotovení výkresové dokumentace**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucího BP práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milan Žaludek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

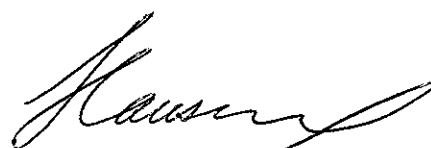
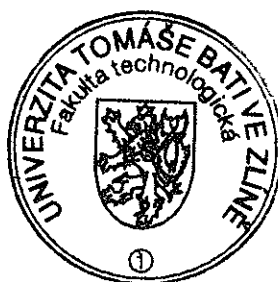
20. května 2016

Ve Zlíně dne 6. května 2016.



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

ředitel ústavu

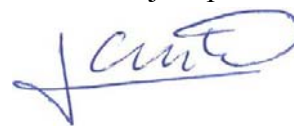


PROHLÁŠENÍ

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 užit 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 .19.5.2016.....



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 vzdělávacího 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 bakalářské práce je navrhnout napínací zařízení k přípravku na měření elektrických vlastností pryže, které je schopno natahovat vzorek až na 400% jeho původní délky, pro měření jejích parametrů při mechanickém zatížení. Cílem teoretické části bylo nastínit problematiku vodivosti v pryžích včetně jejích vlivů.

Klíčová slova: pryž, saze, vlivy, směsi, teplota

ABSTRACT

The goal of this study is to design the tensioner to the jig for measuring the electrical properties of rubber, which is capable of stretching a sample to 400 % of its original length for the measurement of its parameters during mechanical loading. The theoretical part was to outline the issue conductivity rubbers including its impacts.

Keywords: rubber, smut, influence, effect, temperature, agregate, mixture

V úvodu práce bych rád poděkoval všem, kteří mi svojí radou, nebo poskytnutím podkladů usnadnili vypracování této bakalářské práce. Především děkuji vedoucímu práce Ing. Milanu Žaludkovi, PhD a Ing. Františkovi Volkovi, CSc.

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

OBSAH

ÚVOD	5
TEORETICKÁ ČÁST	6
1 VLASTNOSTI PRYŽE A VLIVY NA JEJÍ ELEKTRICKOU VODIVOST	7
1.1 CHOVÁNÍ POLYMERŮ V MAGNETICKÝCH A ELEKTRICKÝCH POLÍCH.....	8
1.2 MECHANISMY VODIVOSTI	9
1.2.1 Základní popis	9
1.2.2 Teorie mechanismu vodivosti	10
1.2.3 Elektrická vodivost.....	11
1.2.4 Kaučuková elasticita	13
1.3 VLIV SAZÍ NA VODIVOSTI	18
1.3.1 Používané saze	19
1.3.2 Vliv disperze na vodivost směsí.....	19
1.3.3 Vliv stupně plnění na vodivosti.....	20
1.4 VLIV OSTATNÍCH FAKTORŮ NA VODIVOST SMĚSÍ.....	20
1.4.1 Vliv elastomeru	20
1.4.2 Vliv teploty.....	21
1.4.3 Vliv aditiv.....	21
1.4.4 Vliv mechanického napětí.....	22
1.4.4.1 Vliv mechanického napětí na vodivost z hlediska elastomeru	22
1.4.4.2 Vliv tahového napětí na vodivosti	22
1.4.4.3 Vliv cyklického namáhání	22
1.4.4.4 Vztah mezi dynamickým modulem a vodivostí	25
1.4.4.5 Použití urychlovačů	26
1.5 PŘÍPRAVA SMĚSÍ.....	27
2 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	29
II. PRAKTICKÁ ČÁST	30
3 NÁVRH NAPÍNACÍHO ZAŘÍZENÍ	31
3.1 RUČNÍ ZÁVITOVÝ MECHANIZMUS	31
3.2 MATERIÁL ZAŘÍZENÍ A VÝROBA	32
3.3 STANOVENÍ PEVNOSTNÍHO LIMITU NAPÍNACÍHO ZAŘÍZENÍ.....	35
3.3.1 Určení napětí dovolené v tlaku	36
3.3.2 Ověření samosvornosti.....	37
3.4 PŘÍPRAVA VZORKŮ PRO MĚŘENÍ	38
3.5 STANOVENÍ POSTUPU MĚŘENÍ.....	38
ZÁVĚR	40
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	43
SEZNAM OBRÁZKŮ	45
SEZNAM TABULEK	46

ÚVOD

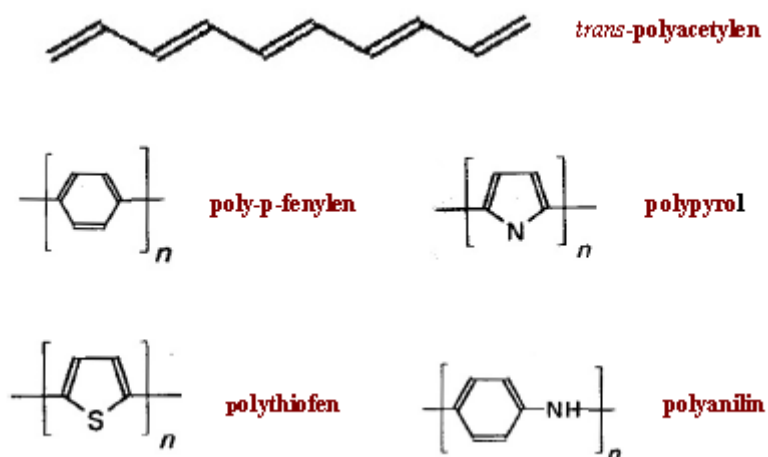
Pro vývoj nových směsí polymerních materiálů např. pryží, je nutné ověřování jejich vlastností za různých podmínek podle jejich aplikace. Například eliminovat elektrický náboj při tření materiálu o sebe a zachování této vlastnosti při deformaci. Tyto vlastnosti je potřeba ověřit při vývoji už v laboratorních podmínkách, tak abychom našli materiál požadovaných vlastností.

V této bakalářské práci bude vytvořena výkresová dokumentace napínacího zařízení, které umožňuje natahování pryže o 50% až 400%, pro měření jejich parametrů při mechanickém zatížení, k měřicímu přípravku, určeného k měření vodivosti pryží, který už je zhotoven a otestován. V teoretické části bude nastíněna problematika vodivosti pryží včetně jejich vlivů při jejím napínání. V praktické části budou provedeny výpočty limitů napínacího zařízení. Bude vypočten pevnostní limit zařízení dle použitého materiálu určením dovoleného napětí v tlaku. Bude ověřena podmínka samosvornosti pro použitý závit. Bude vypracována technická dokumentace k výrobě tohoto napínacího zařízení. Oslovím možné výrobce tohoto zařízení a provedu kalkulaci ceny výroby celého zařízení, dle jejich požadavků. Budou zde uvedeny kontakty na tyto výrobce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VLASTNOSTI PRYŽE A VLIVY NA JEJÍ ELEKTRICKOU VODIVOST

Polymery jsou většinou látky s velmi nízkou elektrickou vodivostí, vykazují vlastnosti dielektrik. Elektrickou vodivost polymerů lze pro některé aplikace (např. elektronika, mikroelektronika) výrazným způsobem zvýšit až na hodnoty srovnatelné s vodivostí dotovaných polovodivých nebo kovových materiálů. Nejjednodušší způsob zvýšení vodivosti je homogenní dotace polymerů vodivými aditivy (kovové prášky, vodivé saze), kdy po překročení určité koncentrace vodivého aditiva (perkolační mez) v polymeru dochází k prudkému nárůstu vodivosti polymerního filmu. Základem elektrické vodivosti u nedotovaného polymeru je přítomnost konjugovaných dvojných vazeb v polymerním řetězci. Tyto konjugace v makromolekule lze připravit dvěma způsoby. Polymer je možno modifikovat (degradovat) za zvýšené teploty bez přístupu vzduchu nebo ozařovat vysokoenergetickými svazky (např. elektrony, ionty, plazmou, laserem, UV-světlem), tím dochází k degradaci řetězců spojené s tvorbou konjugovaných dvojných vazeb. Další možností je syntéza polymerů s vysokou vodivostí, které v makromolekule obsahují konjugace dvojných vazeb, a proto jsou nazývány „vodivými“ polymery. Strukturální vzorce některých vodivých polymerů jsou uvedeny na Obr. 1. Tyto polymery nacházejí v současnosti velké uplatnění v elektronice a mikroelektronice (s výjimkou transpolyacetyleny). [1]

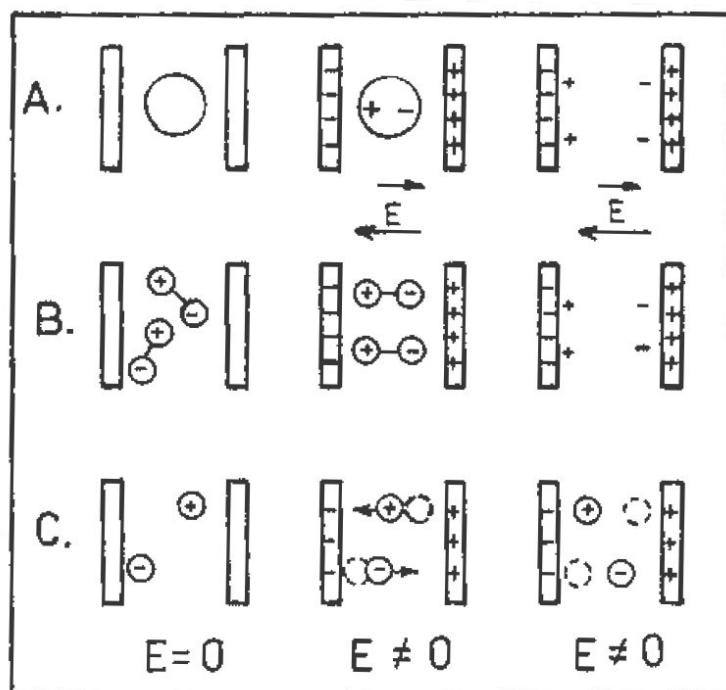


Obr. 1 Strukturální vzorce některých „vodivých“ polymerů

1.1 Chování polymerů v magnetických a elektrických polích

Odezva látek na působení elektrického pole má dva mezní případy:

1. Nevratný, časově závislý transport elektricky nabitých částic, které jsou v látce přítomné, tj. vznik proudu doprovázeného disipací energie. Látka s takovým chováním se označuje vodič (Obr. 2C). [2]



A- vznik indukovaných dipólů:
polarizace téměř okamžitá
(10^{-13} - 10^{-15} s), zcela vratná,

B- orientační polarizace: časově závislá, vratná,

C- transport nábojů: časově závislý, nevratný

Obr. 2 Odezva látek na působení el. pole E

2. Elektrické posunutí, způsobené vznikem indukovaných dipólů či orientací dipólů již v látce přítomných (Obr. 2A, 2B), které je doprovázeno akumulací energie a je vratné – po odstranění pole mizí. Látka s tímto chováním se nazývá dielektrikum či izolátor. (Elektrické posunutí je obecně časově závislé a je doprovázeno částečnou disipací energie). [2]

Běžné polymery jsou dielektrika, avšak jejich vodivost není úplně nulová. Absolutním nevodičem je pouze vakuum. Přídavkem některých přísad nebo syntézou polymerů se speciální strukturou lze získat polovodivé polymerní systémy. [2]

1.2 Mechanismy vodivosti

1.2.1 Základní popis

Směsi kaučuku jsou všeobecně považovány za elektricky nevodivé. Elastomery samotné nevedou elektrický proud. Elektrická vodivost může být zajištěna přidavkem iontů rozptýlených v hmotě. Tato vodivost je důležitá z hlediska aplikací, kterými jsou například podlahoviny, použití na opláštění kabelů a podobně. [3]

Ve většině literatury se vodivost dělí na dva druhy: objemovou a povrchovou. Objemová vodivost je způsobena rozptýlenými vodivými částicemi v celém objemu hmoty. Naopak povrchová vodivost je také způsobena absorpcí vody na povrchu hmoty. Voda vytvoří na povrchu tenký film, který způsobuje vodivost.

Obecně vodivost závisí na mnoha faktorech. Z nejdůležitějších jsou to tyto: druh, koncentrace sazí a stupeň zamíchání, druh elastomeru a jeho viskozita, přítomnost dalších přísad, vliv vulkanizačního systému, deformace a tlak, tokové vlastnosti a podobně. [4]

Úroveň elektrické vodivosti můžeme zjistit (měřit) zařazením vzorku polymeru do elektrického obvodu, kde můžeme dále aplikovat Ohmův zákon v diferenciálním tvaru a dát tak do souvislosti intenzitu elektrického pole E s proudovou hustotou i . [2]

$$i = \frac{dl}{ds} = \text{změna el. proudu} / \text{změna plochy}$$

$$E = \frac{F}{q} = \text{síla/náboj}$$

Pak

$$i = \kappa * E$$

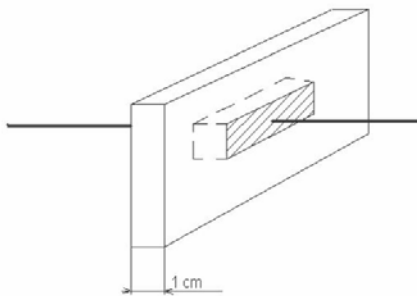
κ - měrná (specifická) vodivost látky [$\Omega^{-1} * m^{-1}$];

častěji se používá

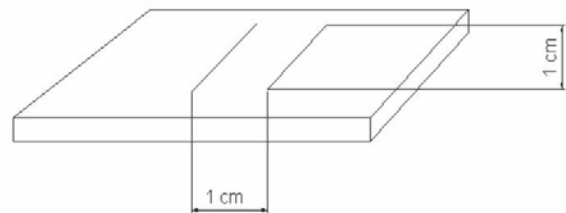
$$\rho = \frac{1}{\kappa} [\Omega * m] - \text{měrný odpor}$$

Rozlišujeme přitom:

1.vnitřní izolační odpor



2.povrchový izolační odpor



Obr. 3 Vnitřní a povrchový izolační odpor

1.2.2 Teorie mechanismu vodivosti

Mechanismus vodivosti kaučukových směsí byl velmi podobně zkoumán, a dle jednotlivých autorů se velmi liší. Přesto ještě nyní není přesně určen.

Dříve se předpokládalo, že proud je veden sítí vodivých částic, které tvoří řetězce. Tyto řetězce se rozkládají v celém objemu směsi a jednotlivé částice se musí dotýkat. Pokud se tato vodivá cesta přeruší, vodivost přestane existovat. Tato teorie ovšem není experimentálně dokázána. Největší problémy této teorie jsou tyto: uspořádání vodivých cest nebylo nalezeno a na elektronovém mikroskopu nebyla dostatečně vysvětlena změna odporu při deformaci a hlavně se při tomto mechanismu nepodařilo vysvětlit růst vodivosti při zvyšování dávek sazí a při snižování průměrů těchto částic.

Další teorii popsali v roce 1957 Polly a Boonstra [5]. Jedná se o mechanismus takzvaného elektronového přeskočku. Je založen na tom, že částice sazí jsou od sebe izolovány mezerami z nevodivého materiálu. Tato mezery mají různé rozměry a jejich velikost určuje velikost potenciálních bariér. Při jejím překročení dochází k přeskočení nosiče náboje (tímto nosičem je elektron) z jednoho sazového agregátu (shluk několika částic sazí) na druhý.

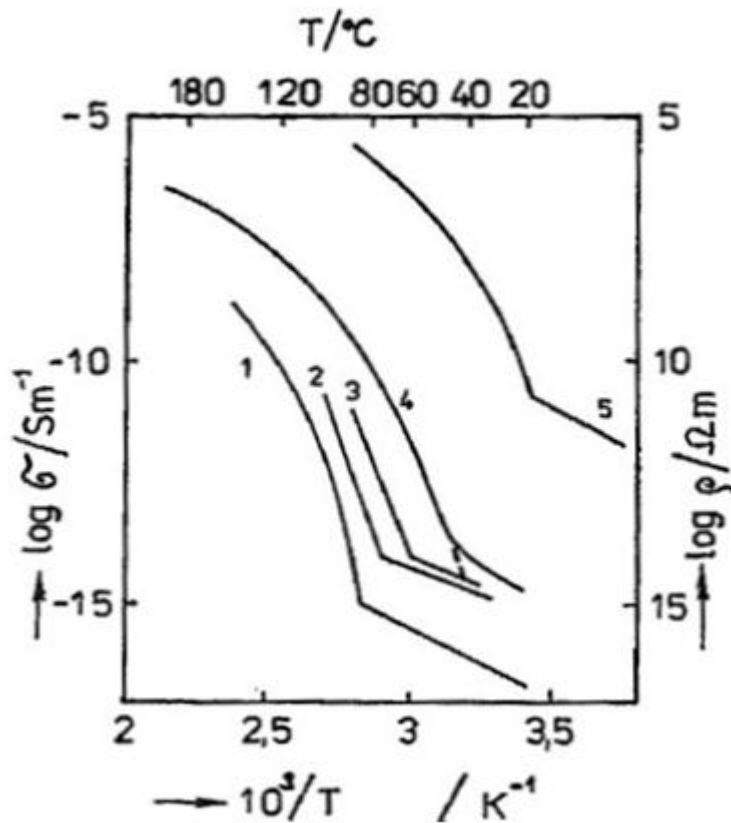
Hodnota vodivosti potom závisí na velikosti mezer, a ta je nejvíce závislá na koncentraci sazí ve směsi. Při nízkém plnění jsou velikosti mezer velké a tudíž vodivost má nízkou hodnotu. Při zvyšující se koncentraci sazí je potom velikost mezer nižší a hodnota vodivosti stoupá. Určujícím parametrem v této teorii vodivosti pryží tedy není délka sazového řetězce, ale šířka mezery mezi jednotlivými sazovými agregáty. Pomocí tohoto mechanismu lze tedy vysvětlit ty jevy, které se v předchozí teorii zdáli nevysvětlitelné. [5]

1.2.3 Elektrická vodivost

U různých typů látek při 20°C má konduktivita hodnoty ležící ve velmi širokém rozmezí. Některé polymery (např. polytetrafluoethylen) mají extrémně nízké hodnoty σ řádu 10^{-19} – 10^{-20} Sm^{-1} , které jsou na hranici měřitelnosti, naopak velmi vysoké hodnoty dosahují kovy, především měď, jejíž konduktivita je $5 \cdot 10^7 \text{ Sm}^{-1}$. V (Tab.1) je uvedena klasifikace látek podle konduktivity. [2]

Tab. 1 Klasifikace elektricky vodivých látek ρ [Sm^{-1}]

větší než 10^2	Kovy
$10^{-1} \div 10^2$	Polokovy
$10^{-3} \div 10^{-1}$	Polovodiče
$10^{-14} \div 10^{-3}$	Poloizolátory
menší než 10^{-14}	Izolátory



- 1- PVC, měřené za $2 \cdot 10^4$ s
- 2- PVC, měřené za 10^{25} s
- 3- PEPT
- 4- PA66
- 5- PVAC – křivka podle rovn (4)

Obr. 4 Odezva látek některých polymerů na teplotě (arrheinovské souřadnice)

Vodivost polovodičů a izolátorů s rostoucí teplotou vzrůstá. K popisu teplotní závislosti se často používá rovnice Arrheniova typu:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-E_\sigma/RT} \quad (5)$$

kde σ_0 je předexponenciální faktor mající význam konduktivity při velmi vysoké teplotě, E_σ - tzv. aktivační energie vodivosti. U polymerů však rovnice (5) vyhovuje zpravidla jen v úzkém teplotním intervalu. Je to vidět z (Obr. 4), kde jsou v arrheniovských souřadnicích vyneseny teplotní závislosti konduktivity několika polymerů. Společným rysem těchto závislostí je zlom v okolí teploty skelného přechodu. Například u polyvinylacetátu ($T_g = 27^\circ\text{C}$) k němu dochází při teplot.: $T_0 = 20^\circ\text{C}$ (křivka 5). Nad teplotou T_0 , tj. v kaučukovité oblasti, vzrůstá konduktivita polyvinylacetátu - a jiných amorfních i některých semikrystalických polymerů - mnohem rychleji než pod teplotou T_0 . Uspokojivý popis závislosti stanovených v oblasti nad teplotou T_0 poskytuje rovnice volno objemového typu.

$$\sigma = \sigma_{\infty} e^{-1/f} \quad (6)$$

$$f = f_0 + \alpha_f (T - T_0) \quad (7)$$

kde σ_{∞} s je mezní hodnota konduktivity při vysokých teplotách, f - poměrný volný objem, f_0 - jeho hodnota při teplotě zlomu T_0 (tj. v oblasti teploty T_g , α_f - jeho teplotní koeficient.

V kovech jsou nositelem náboje volné elektrony. Překážky jejich pohybu představují vady mřížky. S rostoucí teplotou vliv těchto poruch vzrůstá, a proto vodivost kovů s teplotou mírně klesá, zpravidla lineárně. [2]

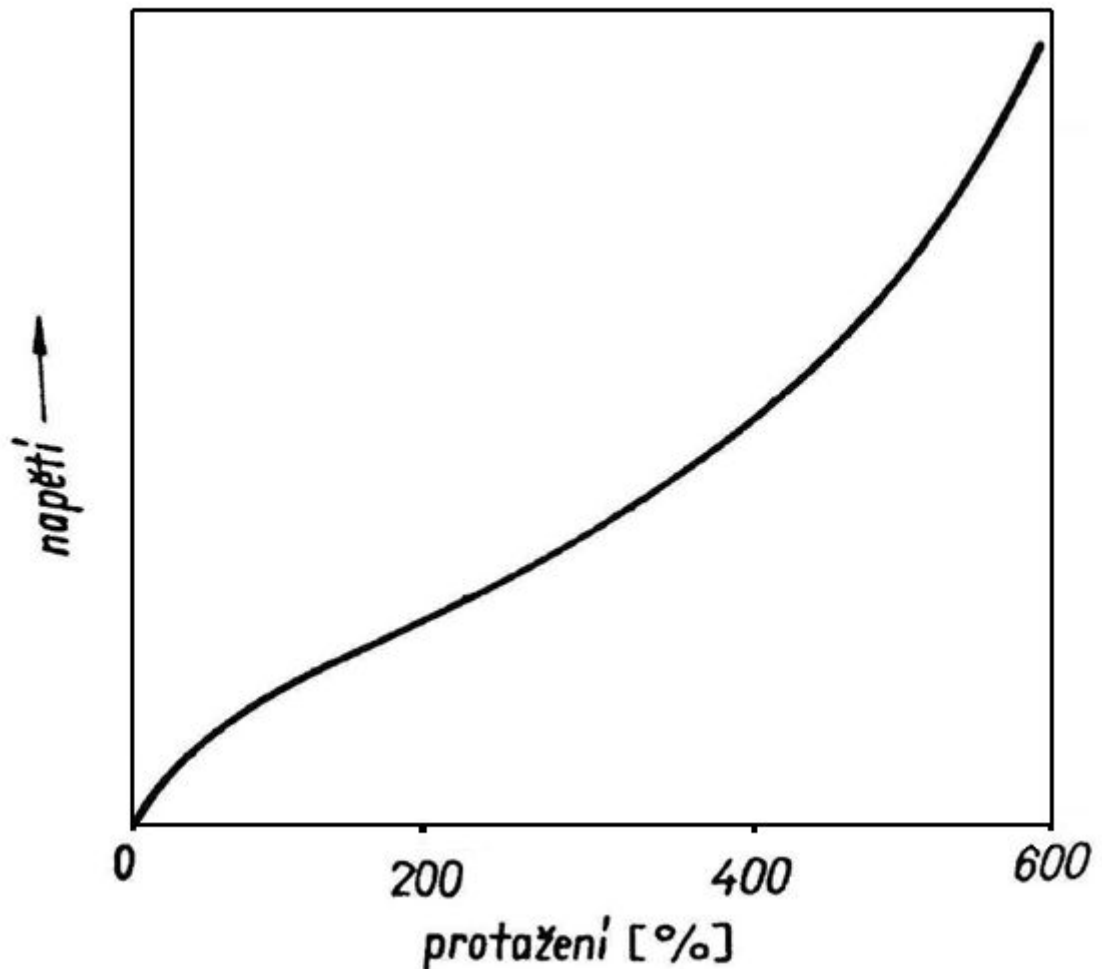
Tab. 2 *Koncentrace a pohyblivost nositelů náboje*

	$\frac{n}{\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}}$	$\frac{\mu_p}{\text{m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}}$
Kovy	$10^3 \div 10^4$	$10^{-3} \div 10^3$
Anorganické polovodiče	$10^4 \div 10^3$	$10^3 \div 10^3$
Organické polovodiče	$10^{-9} \div 10^3$	$10^{-10} \div 10^{-2}$

1.2.4 Kaučuková elasticita

Elasticita pryže se odlišuje od ideální elasticity kovů a krystalů v těchto nejvýznačnějších rysech:

- 1) Dosažitelné deformace jsou veliké, mnohonásobně vyšší než u ideálně elastických látek. Tažnost (protažení při přetržení) dosahuje několika set procent původní délky.
- 2) Závislost napětí na deformacích je lineární jen v oblasti malých deformací. Hookův zákon platí při smykové deformaci přibližně, při protahování jen v oblasti prvních několika procent. Tvar závislosti napětí na protažení má zpravidla charakteristický esovitý průběh (Obr. 4)
- 3) Pryž se deformuje již účinkem malých sil. Poměr napětí a deformace v oblasti malých deformací (modul pružnosti) je asi deseti tisíckrát menší než u ideálně elastických látek a má řádovou hodnotu 1 N/mm².



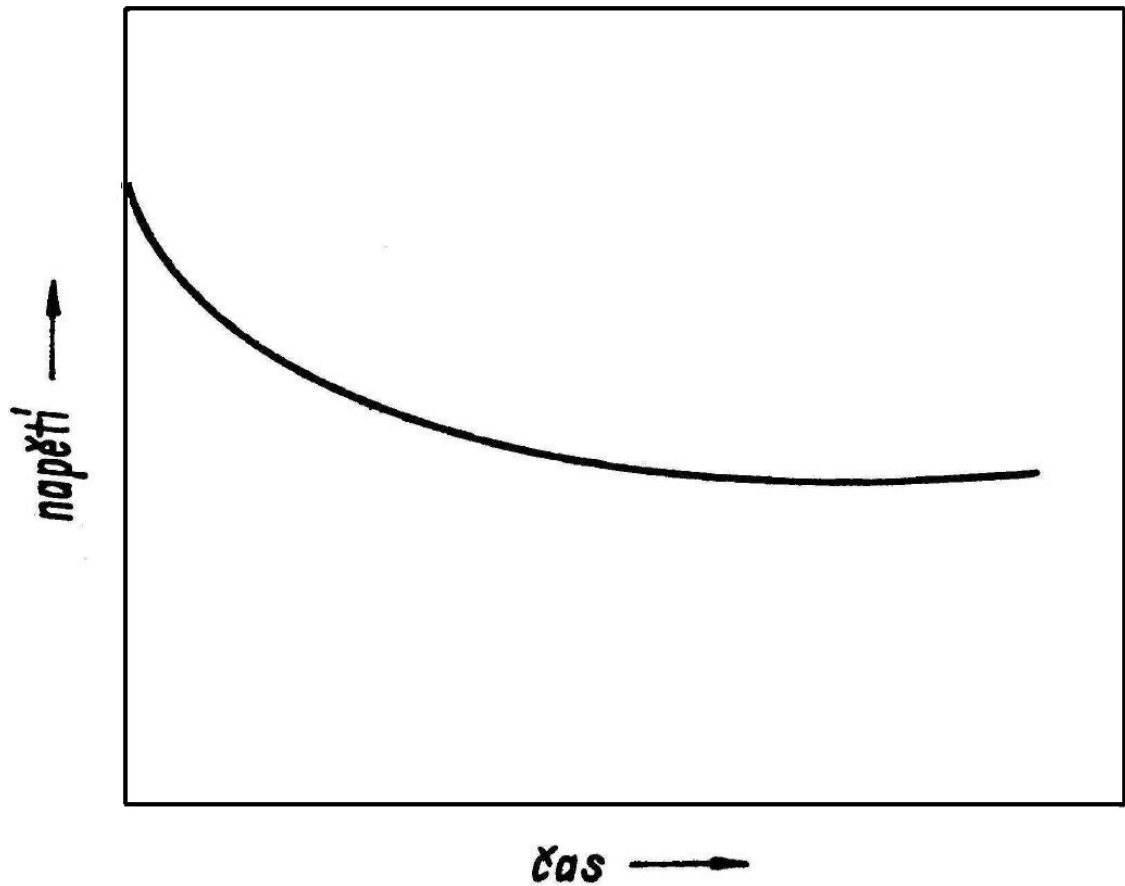
Obr. 5 Typická závislost napětí na protažení

4) Deformace pryže je časově závislá. Elastické deformační přeměny tu probíhají s určitým zpožděním, protože jsou bržděny vnitřními viskózními odpory uvnitř kaučukové hmoty. Deformační chování pryže má obecně elastické i viskózní projevy současně. Takové chování se označuje jako viskoelastické. Dnes je už plně dokázáno, že viskoelastická pryže určuje nejenom zvláštnosti jejího chování deformačního, ale že podmiňuje některé zvláštnosti a komplikovanost jejího chování destruktivního (pevnosti, tažnosti, strukturální pevnosti, odolnosti proti odírání apod.).

5) Hlavní důsledky viskoelastického charakteru pryže jsou:

a) Relaxace napětí při konstantní deformaci. Protáhne-li se vzorek pryže rychle na určité protažení (nebo se deformuje jakýmkoliv jiným způsobem, např. ve smyku, tlaku, torzi,

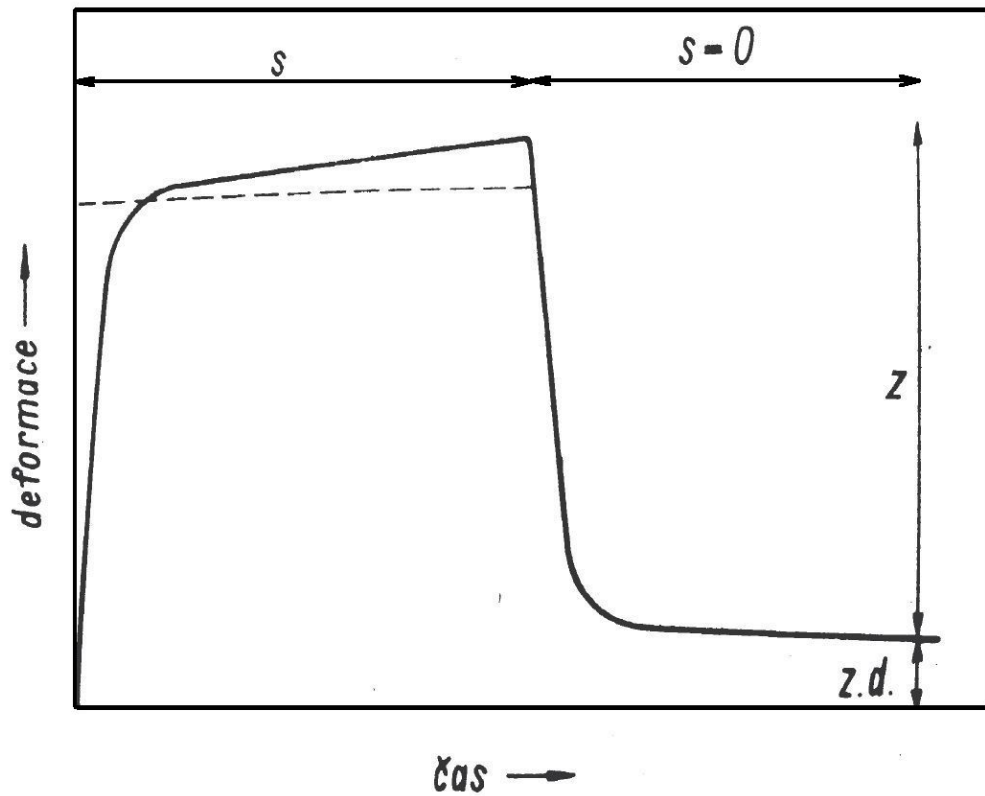
ohybu aj.), které se pak udržuje v průběhu času na konstantní hodnotě, pak napětí potřebné k udržování tohoto konstantního protažení v průběhu času klesá, uvolňuje se, neboli relaxuje a blíží se pomalu nějaké víceméně špatně definované - rovnovážné hodnotě (Obr. 6)



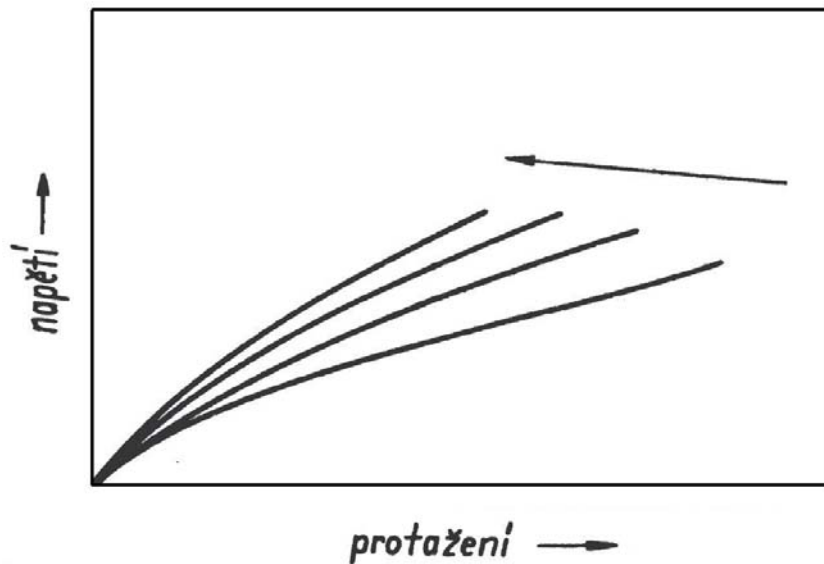
Obr. 6 Relaxace napětí při konstantní deformaci

b) Růst deformace s časem při konstantním napětí kříp (tečení). Při vložení konstantního napětí na pryžový vzorek se dosti rychle ustaví jistá deformace, ale ta v dalším časovém průběhu vzrůstá (Obr. 7). Tento děj se označuje jako kříp. Po odtížení se vzorek pryže dosti rychle vrátí směrem k původnímu tvaru; tomuto pochodu se často říká zotavení. Zotavení není však úplné, zbývá tu jistá zbytková deformace, která se postupně během doby, kdy se vzorek nechá odležet, zmenšuje. Zbytková deformace se v praxi označuje (ne zcela přesně) jako trvalá deformace.

c) Závislost napětí na deformaci (prodloužení), stanovená při konstantní rychlosti deformace (protahování), závisí na tom, jaká byla rychlost deformace (protahování). Tím je větší rychlost, tím vyšší jsou hodnoty napětí příslušející dané deformaci. (Obr. 8)



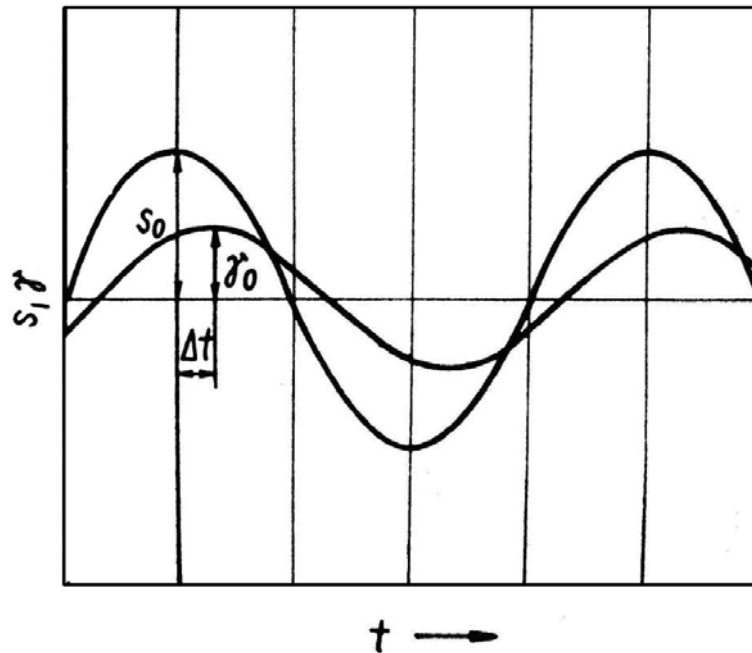
Obr. 7 Kríp k (růst deformace s časem při konstantním napětí s); z -zotavení po od-tížení; $z.d.$ - zbytková deformace



Obr. 8 Vliv rychlosti protahování a závislost napětí – protažení (směr šip-ky naznačuje vzrůstající rychlost)

d) Fázový posun deformace za napětím při cyklickém namáhání. Mění-li se napětí vkláda-né na pryžový vzorek cyklicky, např. se sinusovým průběhem, pak je vznikající deformace

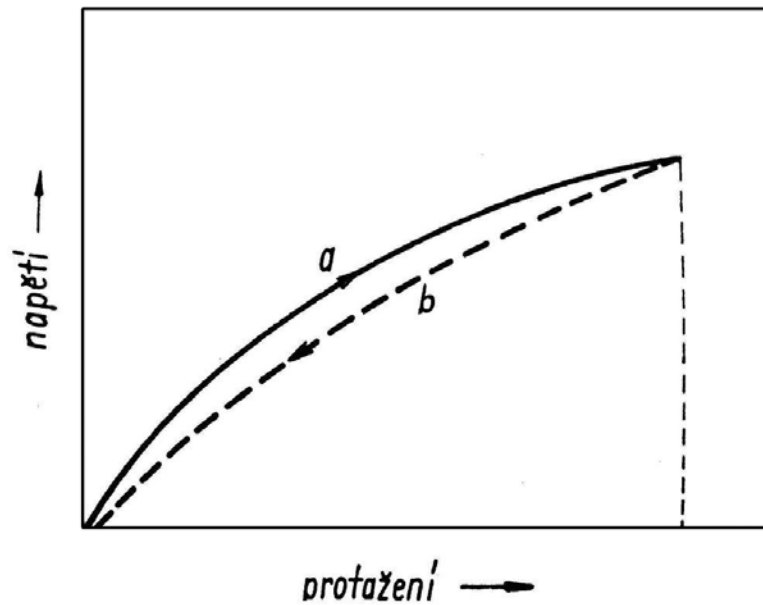
sice také sinusově proměnná a má stejnou frekvenci, ale za napětím se opoždí, není s ním ve fázi (Obr. 9). Velikost fázového posunu závisí u dané pryže na frekvenci.



Obr. 9 Opoždování deformace za napětím při cyklickém namáhání: s - proměnné napětí; s_0 - amplituda napětí γ_0 - amplituda deformace; t - čas; Δt - časový posun deformace za napětím

e) Hystereze. Na (Obr. 10) je zakreslena závislost napětí na protažení, stanovená při konstantní rychlosti protahování a při bezprostředně následujícím zmenšování protažení opět téže rychlostí. Průběh křivek není totožný. Plocha mezi křivkou a a osou protažení udává deformační práci vynaloženou při protahování, plocha pod křivkou b značí energii získanou zpátky při zpětném pochodu – retrakci část energie vložené na deformaci se ve formě ztratila a přeměnila v teplo. Mírou hysterezních ztrát, je plocha mezi křivkami a a b

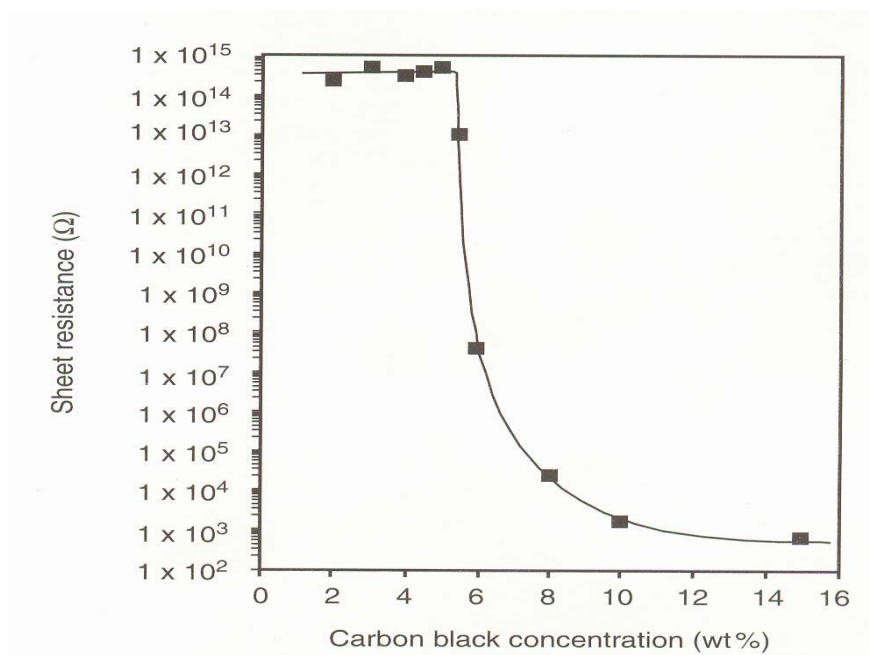
f) hysterezní smyčka. Všechny viskoelastické projevy závisí na teplotě a na čase (na rychlosti deformace, na frekvenci, době relaxace či krípu atd.). [2]



Obr. 10 Hystereze (schematicky) a – protahování;
b – retrakce

1.3 Vliv sazí na vodivosti

Nejdůležitější složkou kaučukových směsí z hlediska vodivosti jsou saze. Jejich vliv na vodivost kaučukových směsí je velmi rozsáhlý a je potřeba je rozlišovat dle druhu, stupně plnění, stupně zamíchání, velikosti jednotlivých částic a podobně.



Obr. 11 Závislost reistance na koncentraci sazí.

1.3.1 Používané saze

Acetylenové saze se vyznačují velkým měrným povrchem částic a vysokým obsahem grafické struktury. Vliv používaných sazí do gumárenských směsí vykazuje největší závislost na rozměru částic sazí. Pro tyto směsi se používá sazí s malými průměry částic. Saze s velkým rozměrem částic dávají vysoký měrný odpor a saze s průměrným rozměrem vykazují velkou změnu odporu při zlepšující se disperzi sazí ve směsi. O vlivu disperze pojednává tato práce v následujícím odstavci. Dále má na vodivost vliv struktura sazí. Nízkostrukturní saze dávají podobné výsledky jako saze s velikými částicemi. Naopak vysocestrukturní saze HAF mají podobnou vodivost jako saze s malými průměry částic.

Proto se nejvíce používají saze typů: CRF, ISAF, SCF, XCF, ECF. [4]

1.3.2 Vliv disperze na vodivost směsí

V podstatě nejdůležitějším faktorem je distribuce sazových částic během míchání směsi. Toto se označuje jako stupeň zamíchání. Průběh míchání se dá rozdělit přibližně na tři fáze.

V první fázi obsahuje komora hnětače hrubou heterogenní soustavu, ve které je polymer rozdroben na jemné kousky. Tyto kousky jsou obaleny nevmíchanými sazemi. Ty mají velkou vodivost, ale směs je téměř nevodivá.

V další fázi míchání se saze obalují kaučukem, a to má za následek zvětšování velikosti mezer mezi jednotlivými agregáty sazí a z toho vyplývá snížení vodivosti. Při dalším promíchávání k minimální hodnotě vodivosti jsou saze téměř vmíchány, ale aglomeráty jsou odděleny směsí s nízkou vodivostí. Saze se poté začínají dispergovat z aglomerátů a elastomerní matrice se začíná obalovat sazemi. Poté mizí aglomeráty a vodivost stoupá s rozšiřováním sazí do matrice. V této fázi se dosahuje maxima vodivosti, tj. stavu, kdy je většina sazí dispergována. [4]

Při dalším míchání již vodivost klesá, protože při pokračující dispergaci sazí dochází vlivem smykových sil k odbourávání sekundární struktury sazí. Dochází k vytváření nových sazových struktur. Ovšem kaučukové řetězce smáčejí sazové částice a brání vzniku sazových struktur. Toto odbourávání agregátů převažuje a následkem tohoto jevu se snižuje vodivost celé směsi.

Z toho vyplývá, že pokud požadujeme směs s určitou vodivostí, musíme zajistit kontrolu v procesu míchání.

Těchto procesů se prakticky využívá při zkouškách, které mají za účel zjištění stupně dispergace sazových struktur u směsí kaučuků a plastů. [4]

1.3.3 Vliv stupně plnění na vodivosti

Hlavním mechanismem vodivosti pryžových směsí je mechanismus popsáný v kapitole 1.1.2 tj. elektronový přeskok. Pokud postupujeme od nulového plnění, zjišťujeme, že při nízkém až při nulovém plnění se odpor směsi pohybuje okolo hodnoty 10^{16} W. cm u přírodního kaučuku.

Při zvyšování množství sazí dodávaných do směsi odpor klesá. Tento pokles pokračuje do určité kritické hodnoty, která je různá dle použitého elastomeru a sazí, ale nejčastěji se pohybuje kolem 40 dsk sazí.

Pokud hodnota plnění stoupne nad tuto mez, je překročena bariéra přechodu nosiče náboje z jednoho sazového agregátu sazí na druhý. Tyto aglomeráty jsou uzavřené a nedotýkají se. Tato oblast se nazývá perkolační. V perkolační oblasti se velikost mezer mezi jednotlivými skupinami částic sazí musí pohybovat mezi 10^{-15} až 10^{-10} m. Elektron zde musí překonat potenciální bariéru vyskočení z jedné sazové částice a přeskočení mezery. [2]

1.4 Vliv ostatních faktorů na vodivost směsí

1.4.1 Vliv elastomeru

Vliv samotného elastomeru nelze přesně určit, protože nelze zkoušet vodivost neplněných kaučuků (samotné elastomery jsou izolanty). Proto se zkoušky provádějí při různém plnění HAF, ISAF, SCF a acetylénových sazí.[6]

Tyto zkoušky ukázaly, že nejvhodnější směsi dávají butylové a přírodní kaučuky. Menší vodivost pak mají chloroprenové, nitrilové a různé SBR kaučukové směsi. Vysoce plněné chloroprenové kaučuky mohou mít vyšší vodivost než přírodní kaučuky.

Dále je vodivost závislá také na viskozitě kaučuku. Kaučuky s nižší viskozitou dávají vodivější směsi.

1.4.2 Vliv teploty

Zvláštní pozornost je nutno věnovat předpokládanému rozsahu teplot použití a působení různých médií především z hlediska životnosti. Ke správné volbě kaučuku vedou jak obecné poznatky z publikací a podnikových analýz, tak i odhad odolnosti kaučuků za předpokládaných aplikačních podmínek. Jeden z nejvýznamnějších vlivů na vodivost pryžových směsí má teplota. Teplotní závislost je velmi závislá na stupni plnění sazemi. Tento efekt byl zkoumán mnoha autory, a byly provedeny pokusy pro mnoho směsí. Při středním stupni plnění je odpor nejvíce závislý na množství sazí, které jsou v tomto ději aktivní. Pokud je, ve směsi velké množství sazí je odpor téměř tepelně nezávislý.

Dalším faktorem majícím vliv na teplotní koeficient odporu je namáhání vzorků. Namáhané vzorky mají větší teplotní koeficient než nenamáhané.

Různí autoři popsali teplotní závislost pro různé směsi. Waring [5] studoval vzrůst teplotního koeficientu u přírodního kaučuku z hodnoty 0,1 % na °C při 60°C, zatímco při 40°C je vzrůst 1,3 % na °C. Dannenberg [5] studoval přírodní kaučuk a SBR s 50 částmi různých sazí. Dokázal, že teplotní koeficient se s teplotou mění, ale střední hodnota se pohybuje kolem 0,5 % na °C.

Dogatkin [5], který zkoumal směsi při teplotách 20-100 °C dospěl k názoru, že teplota a odpor jsou exponenciálně závislé a smysl této závislosti se mění pro různé směsi. Například záporná je tato závislost pro kanálové saze v SBR nebo kog-sagyz kaučucích. Ovšem Dogatkinem [5] naměřené hodnoty byly mnohem vyšší než od ostatních. To mohlo být způsobeno chybou při posuzování kontaktního odporu.

Dále se teplotní závislostí odporu zabýval ruský vědec Berezin [5], který pozoroval vzestup odporu mezi 20 až 60°C a jeho následný pokles při teplotách 60-80°C. Tato měření byly prováděny u přírodního a chloroprenového kaučuku.

1.4.3 Vliv aditiv

Vodivost je možno zlepšit nebo zhoršit použitím různých přísad - aditiv. Nejčastější přísadou jsou změkčovadla, která se používají na snížení viskozity a zvýšení plasticity kaučukové směsi. Ve vztahu ke kaučuku jsou to rozpouštědla. Protože při vulkanizaci se obvykle nezabudovávají do sítě, působí jejich přítomnost snížení síťové hustoty a tím ovlivní i vlastnosti vulkanizátů.

Zde se nepoužívají změkčovadla typu minerál rubber a černouhelné dehty, které vodivost snižují. Nejvíce používaným změkčovadlem pro elektrovodivé směsi je smrkový dehet. Ovšem podmínkou jeho použití je plnění sazemi mezi 80 až 100 dsk sazí. Používá-li se sírového vulkanizačního systému, malé změny v dávkování síry vodivost směsi výrazněji neovlivní. Totéž platí také pro malé změny vulkanizačního stupně. [4]

1.4.4 Vliv mechanického napětí

1.4.4.1 Vliv mechanického napětí na vodivost z hlediska elastomeru

Různé elastomery vykazují různý stupeň závislosti odporu na mechanickém napětí. Nejvyšší míru závislosti vykazuje cis-polybutadien a polypropylenoxid. Relativně nezávislý odpor na mechanickém napětí vykazují silikonové kaučuky. Tyto závislosti se nejvýrazněji projevují při středním stupni plnění sazemi.

1.4.4.2 Vliv tahového napětí na vodivosti

Vlivy tahového napětí jsou velmi komplexní a závisí na mnoha detailech zpracování. Nejvíce jsou závislé na hodnotě maximálního napětí. Základní chování kaučukových směsí při namáhání tahem vypadá asi takto: Zkoušky odporu při napětí vykazují, že odpor při stoupajícím napětí také stoupá, což je následek rozpadu sazové struktury, až do určitého maxima. Po tomto maximu přichází pokles odporu, který je závislý na reformaci sazových struktur. Jestliže je pryž namáhána konstantním tlakem, tak sazové částice vytvářejí vyšší strukturu a odpor velmi klesá. Tento jev je možno srovnávat s poklesem odporu při stoupající teplotě. Během zatěžování může odpor růst zvolna (díky nepravidelnostem ve struktuře sazí) a konečný pokles je potom velmi rychlý díky reformování struktury. Jestliže pryž necháme 15 min. po ukončení zatěžovacího cyklu bez napětí a poté opět opakujeme zatěžovací cyklus, dostáváme obdobné zatěžovací křivky. Rozdíl je takový, že počáteční velikost odporu (souběžně s rozpadáním struktury) je o něco vyšší než při prvním zatěžovacím cyklu. Třetí a další cykly dávají podobné výsledky jako druhý.

1.4.4.3 Vliv cyklického namáhání

Zkoušky cyklického namáhání jsou zkoušky, které nás informují relativně o mnoha cyklech mechanického namáhání a mohou se provádět před, během nebo po určitém počtu cyklů, které jsou většinou malé amplitudy.

Při takové malé amplitudě (např. Marschall [5] prováděl pokusy při 24 % protažení). Většina se provádí během několika sekund po ukončení namáhavého cyklu. U ostatních autorů se výsledky těchto zkoušek velmi liší.

Marschall [5] vypracoval geometrický model konfigurace sazových struktur, pomocí kterého mohl kvantitativně posuzovat vliv malých deformací. Tento model vychází z toho, že sazové částice nejsou příliš pohyblivé v kaučukových směsích. Nejdůležitější otázkou je jaké jsou změny při 1 % protažení a jestli budou větší při větším protažení, tj. jestli se vytvoří kontakt sazových částí nebo se tento kontakt přeruší a po odlehčení dojde k jeho znovu obnovení.

Tyto zkoušky se posuzují z hlediska dynamického modulu. Zkoušky tohoto dynamického modulu ukázaly, že dochází k významnému rozpadu sazových částic, pokud je napětí vyšší než 10 %. Tyto změny mohou být i stonásobné. Při stlačení a natahování nad 50 % jsou změny téměř nezávislé na typu polymeru, sazích a jejich koncentraci, tepelné historii při míchání, podmínkách míchání a jiných detailech zpracování. Při vyšších hodnotách napětí jsou moduly téměř konstantní pro kaučuky se silnými interakcemi kaučuk / saze.

Největší změny vodivosti probíhají při napětí, které má za následek hodnotu protažení Vyšší než 10 % a tyto změny jsou spojeny s rozpadem sazové struktury. [5]

Pokud zatěžujeme vzorek cyklicky a symetricky okolo nulové hodnoty dostáváme dvě maxima a dvě minima napětí během jednoho cyklu. Při tomto zatěžování se bude vodivost pohybovat mezi minimální a maximální hodnotou (G_1 až G_2). Ostrý pokles G_1 a G_2 (DG) dochází v oblasti, kde dochází také k maximu imaginární části modulu (E''). Z toho vyplývá, že existuje spojitost mezi celkovou změnou vodivosti a dynamickými charakteristikami jednotlivých materiálů. Tento jev se dá vysvětlit rozpadem struktury sazí a poté reformací této struktury. Z toho je odvozen vztah mezi změnou vodivosti a změnou amplitudy namáhání. K rozkladu (roztržení) struktury začíná docházet při nízkých amplitudách a naopak při vysokých amplitudách dochází k obnovení této struktury.

Touto problematikou se také zabýval Waring [5], který zkoušel přírodní pryž o odporu 108 W. cm s dynamickým namáháním, které způsobuje deformaci vyšší než 0,75 %. Nejvyšší změna odporu činila více než 10 %. Zjistil lineární závislost mezi druhou mocninou změny vodivosti a amplitudy vibrací. Dále testoval různé materiály plněné stejnými termickými

sazemi a zjistil relativní stabilitu a poměr znovuoobnovení sazových struktur při interakcích kaučuk / kaučuk a kaučuk / saze.

U zkušebních těles z vodivých pryží by měl při dvou tisících cyklech odpor vzrůst 13krát. Odpor při desetitisících cyklech vzrůstá devětadvacetkrát. Obě zkoušky se provádí 20 min po namáhání a více než polovina tohoto vzrůstu je eliminována jako důsledek delší periody zotavení.

Humpreys [5] zkoušel odpor na mnoha zkušebních tělesech (počáteční hodnota odporu 30W.cm) z jednoho materiálu před, během a po šesti desetiminutových intervalech rychlých opakovaných kompresí v Goodrichově flexometru. Užíval zařízení a měřil během namáhání odpor vždy na konci namáhaného cyklu. Výsledná hodnota během namáhání byla 150krát vyšší původní hodnoty. Měřil odpor 5 a 60 sekund po skončení zatěžovacího cyklu. Tyto hodnoty byly v průměru 14krát a 5krát větší než počáteční hodnota.

Pechkovskaja [5] prováděla zkoušky, kde nebyla každá hodnota jasně přiřazena, ale docházelo ke změně v linearitě volt-ampérových charakteristik. Výsledek tohoto chování lze použít jako důkaz rozpadu kaučuk / kaučuk a kaučuk / sazové struktury. Ovšem není dokázáno, zda nelineární volt-ampérové charakteristiky jsou dokladem nelineárního chování směsi nebo dochází k nelinearitě přechodového odporu.

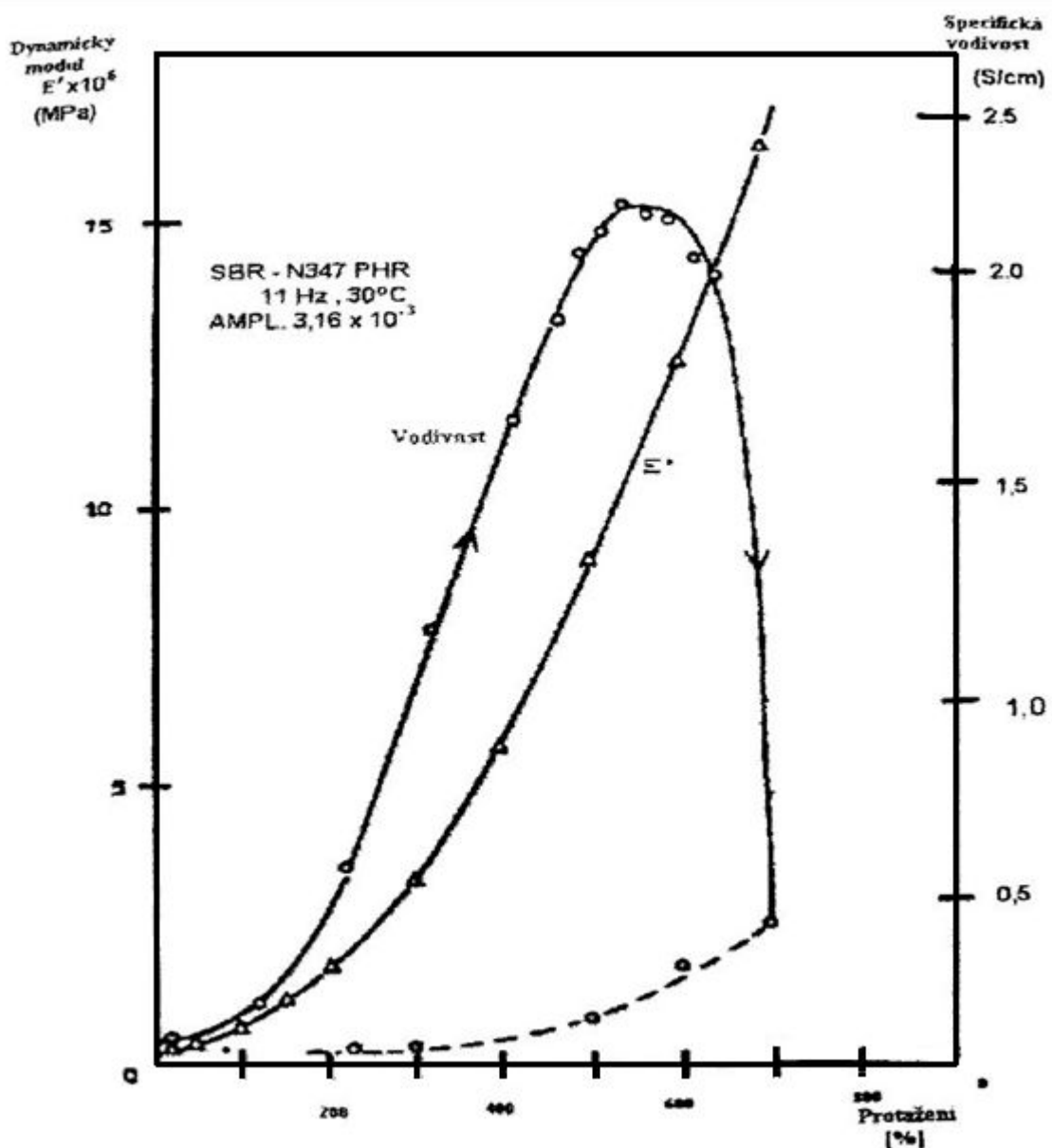
Boonstra a Dannenberg [5] zkoumali vliv opakujících se malých deformací (0 až 25 %, 5Hz) na odpor 0,5 až 1 minutu po skončení namáhání dochází k vzrůstu odporu. Tento vzrůst má největší hodnotu okolo 200 cyklů, po kterém následuje pokles hodnoty zvolna pod maximální hodnotu. Poté co počet cyklů překoná 2000, se hodnota ustaluje a zůstává nezměněna až do konce testu (10 000 cyklů). K dalšímu poklesu dochází během 24 hodin po skončení testu. Toto chování může být vysvětlováno jako:

- a) rychlý rozpad struktury
- b) po několika stovkách cyklů dochází ke zvýšení teploty, které je dostatečné na znovuoobnovení struktury a převažuje nad jejím rozpadem
- c) dochází k vyrovnání reformace a rozpadu struktury a ke stabilizaci (více jak 2000 cyklů)
- d) po skončení zatěžování k procesu reformace struktury.

Pro 6 různých druhů sazí v přírodním kaučuku hodnota vzrůstu odporu v % stoupá s počáteční hodnotou. Podobné výsledky byly dokázány také pro studený SBR, Vulkan C a Vulkan SC při různých periodách míchání a různém stupni počátečního odporu směsi.

1.4.4.4 Vztah mezi dynamickým modulem a vodivostí

Průběh dynamického modulu a specifické vodivosti při zvyšujícím se protažení je u vulkanizátů plněných sazemí velmi podobný, až do okamžiku rozpadu sazových struktur. Dynamický modul vykazuje malou počáteční hodnotu. Z této nízké hodnoty již při malých protaženích dochází k ostrému vzestupu, který pokračuje téměř lineárně až do vysokých protažení. I specifická vodivost vykazuje nízkou počáteční hodnotu, po níž následuje ostrý vzestup a až do hodnoty protažení kolem 700 % téměř kopíruje průběh dynamického modulu. Při této hodnotě protažení vodivost dosahuje maxima, které je velmi ostré, a po něm následuje velmi rychlý pokles vodivosti. (Obr. 11) Tyto průběhy se dají vysvětlit jako projevy změn ve struktuře směsi. Nízký pokles při protaženích do 10 % a to jak dynamického modulu, tak u vodivosti je důkazem existence charakteristické sítě plniva. U vyšších protažení, kde již tato charakteristická síť neexistuje, je dynamický modul vyjádřením vlastností elastomeru v přítomnosti plniva. Průběh vodivosti je naopak vyjádřením koncentrace a distribuce sazí ve směsi při přítomnosti elastomeru. Vzestup dynamického modulu při vyšších protaženích je pouze projevem dynamických vlastností elastomeru. U průběhu vodivosti při stejných velikostech protažení je závislý na vytvoření orientované sítě vytvořené z vazeb elastomer / saze. Tato orientace je velmi jasná a byla dokonce pozorována na elektronovém mikroskopu. Při středních a vyšších protaženích se tato jedním směrem orientovaná struktura začíná rozpadat a jednotlivé agregáty se začínají vracet do stavu náhodné orientace. Při dalších zatěžovacích cyklech existuje podobnost s prvním, ale je velmi závislá na době mezi nimi. Ovšem tyto změny v orientaci nemají vliv na neustálý vzestup dynamického modulu (na rozdíl od pádu vodivosti). Dále se tyto závislosti liší dle stupně rozvinutí těchto struktur. Při nízkých protaženích je rozdíl mezi vysokým a nízkým stupněm struktury méně patrný, ale na rozdíl od nízkého stupně struktury, kde maximální vodivost je dvakrát až třikrát vyšší než je počáteční stav, je u vysoce strukturních směsí vzestup až dvacetinásobný. Tyto rozdíly se dají také indikovat rozdíly ve vulkanizační energii (směsi s vysokou mírou struktury mají vyšší vulkanizační energii než směsi s nižším stupněm struktury).



Obr. 12 Závislost elastického modulu a specifické vodivosti na protažení ve směsi SBR plněné 50phr N-347

1.4.4.5 Použití urychlovačů

Závislost napětí na odporu mohou také podporovat nebo také zhoršovat použité urychlovače. Složení směsí se skládá z relativně velkého počtu různých materiálů. Některé látky v těchto směsích ovlivňují i elektrické vlastnosti např. urychlovače. Větší závislost odporu na napětí poskytuje SBR s tiuramovým urychlovačem. Ovšem tato závislost je ještě značně menší než SBR s MBT nebo DPG urychlovačem. Relativně nezávislé charakteristiky dává NBR plněný 80 dsk acetylenových sazí. U této směsi na použitém urychlovači příliš nezáleží.

1.4.4.6 Vliv přechodového odporu

Přechodové odpory jsou jednou z nejdůležitějších překážek k přesnému, někdy dokonce k reprodukovatelnému měření odporu vodivých pryží nebo plastů. Mnoho výzkumných pracovníků v minulosti díky tomu publikovalo pochybné nebo dokonce chybné závěry. Přechodové odpory mohou zvýšit naměřený odpor 100krát i více násobněkrát. Přechodový odpor u kovů způsobuje obvyklé potíže v případě, že odpor kovu je malý. V případě vodivých pryží je tomu právě naopak.

Přechodový odpor závisí na mechanismu vzniku přechodových odporů. Tato otázka nebyla dosud dostatečně vysvětlena, nejčastější jsou čtyři hlavní faktory:

- rozdíl mezi teoretickou a skutečnou velikostí plochy kontaktu
- odpor vlastních měřících elektrod
- efekt tzv. potenciální bariéry
- vliv povrchové vrstvy

Dále má vliv na přechodový odpor mnoho faktorů, ze kterých jsou nejvýznamnější tyto:

- účinky typu kontaktu
- vliv odporu vzorku
- vliv mechanického tlaku
- vliv čištění povrchu
- vliv napětí

Přechodové odpory mohou zatížit měření odporu materiálu velkými chybami, jejíž velikost je značně proměnlivá a byly studovány na mnoha elektrodových uspořádáních. Jejich velikost je významná pro všechna uspořádání kontaktních elektrod s výjimkou mosazných elektrod, pevně připojených k pryži při vulkanizaci.

1.5 Příprava směsí

Příprava kaučukových směsí je komplikované skutečností, že jednotlivé složky směsi obvykle nejsou navzájem neomezeně nerozpustné. Např. i směsi mísitelných kaučuků tvoří v důsledku omezené rozpustnosti často kontinuální a diskontinuální fázi s mikroskopickými doménami. Ovlivňuje ji kvalita a množství jednotlivých komponentů. Přípravu vodivých směsí zajišťují nejčastěji hnětací stroje. Doba zamíchání má být co nejkratší a stu-

peň disperze nižší. Aby namáhání ve střihu bylo co nejmenší, zmenší se navážka směsi a saze se vmíchají společně se změkčovadlem. Při vývoji směsi se musí přihlížet i k vzájemné rozpustnosti kombinací různých přísad. Změkčovadla zmenšují viskozitu elastomeru a snižují energetické nároky na míchání. Míchání probíhá za nižších teplot, protože při vyšších teplotách dochází k vytvoření vázaného kaučuku, který zvyšuje odpor při míchání a dochází k destrukci řetězové struktury sazových částic. Proto je vzhledem k nejlepšímu ovládnutí tepelného režimu při míchání výhodnější připravovat tyto v malém hnětacím stroji. Na elektrickou vodivost má vliv také zpracování směsi: válcování, vytlačování a způsob vulkanizace. [4]

2 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je navrhnout napínacího zařízení a zhotovit k němu výrobní dokumentaci. Doplnit tak přípravek na měření elektrických vlastností pryže o zařízení určené k napínání pryže, tak aby tvořily spolu použitelný komplet pro reálnou aplikaci měření elektrických vlastností pryže.

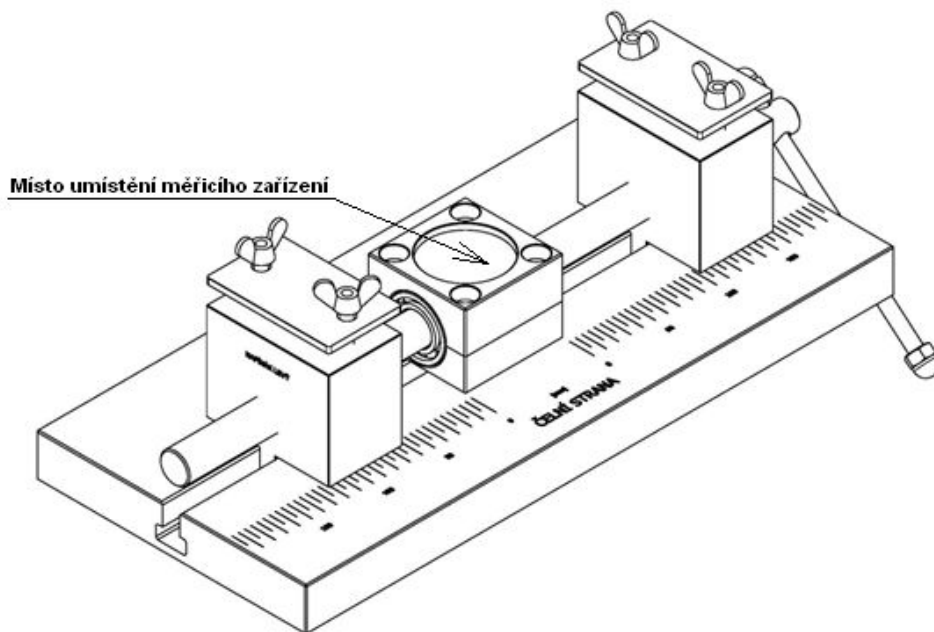
Dalším cílem je provést literární rešerši na téma elektrické vlastnosti pryže.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 NÁVRH NAPÍNACÍHO ZAŘÍZENÍ

Návrh napínacího zařízení musí brát ohled na důležitou podmínku. Napínaný vzorek musí být po celou dobu prodlužování nad měřicím zařízením umístěn tak, aby byla dodržena sousosost ve všech třech osách x , y , z . Tato podmínka je nutná, aby měření probíhalo nad stále stejným materiálem vzorku a jediná změna byla ve změně jeho napětí.

Další podmínka je stanovení potřebné napínací síly, která je závislá na testovacím materiálu a je závislá na jeho tloušťce, tak aby došlo k potřebnému natažení. Při stanovení napínací charakteristiky závislosti prodloužení na napínací síle, můžou být stanoveny silové a mechanické poměry v celém rozsahu pohybu napínacího zařízení.



Obr. 13 Návrh napínacího zařízení

3.1 Ruční závitový mechanismus

Pro jednoduchost jsem navrhl ruční závitový mechanismus. Při otáčení hřídele jedním směrem s pravým a levým závitem dochází k oddalování či přibližování napínacích čelistí a nedochází k vychylování ani z jedné osy x , y , z . V měřicím zařízení, umístěném uprostřed natahovaného vzorku, je stále stejná část měřeného vzorku a dochází jen jeho k protahování a nikoli posuvu středu vzorku, jak by se tomu dělo při nesouměrném (jednostran-

ném) natahování při použití jen jednoho druhu závitu na napínací závitové tyči. Použití závitové tyče umožňuje plynulé a stejnoměrné natahování v celém rozsahu přípravku a je možné určit, najít významné body závislosti vodivosti vzorku na jeho protažení.

Tento ruční závitový mechanismus lze využít při automatizaci měření připojením motorového pohonu přes převodovku přímo na hřídel se senzorem natočení či měřením počtu otáček hřídele a automatickým odečtem hodnot vodivosti prvku přes A/D převodník. Takto se může zvýšit množství měřených vzorků a rychlejší stanovení požadovaných vlastností směsi vzorku.

3.2 Materiál zařízení a výroba

Pro materiál na zhotovení napínacího zařízení jsem zvolil hliník. Je to dostupný, oblíbený a moderní materiál s dobrými technologickými vlastnostmi hodícími se k této aplikaci.

Mechanické a technologické vlastnosti nabízených slitin hliníku

Označení dle EN AW	Označení dle ČSN	Chemické složení	Stav materiálu	Pevnost v tahu Rm (Mpa)	Mez kluzu min. Rp (Mpa)	Tažnost A% min.	Vhodnost k eloxu	Korozní odolnost	Svařitelnost	Obrobitelnost
1050A	42 4005	Al99,5	0/H111 H24	65-95 105-145	20 75	20 4	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	špatná
2007	42 4254	AlCu4PbMgMn	T4511	330-370	210	8	špatná	špatná	špatná	velmi dobrá
2017A	42 4201	AlCu4Mg	T4	min. 360	240	10	přijatelná	přijatelná	přijatelná	dobrá
2024	42 4203	AlCu4Mg1	T351	min. 400	270	8	špatná	přijatelná	špatná	velmi dobrá
5083	42 4415	AlMg4,5Mn0,7 / AlMg5	H111	min. 270	110	12	přijatelná	velmi dobrá	velmi dobrá	dobrá
5754	42 4413	AlMg3	0/H111	180-250	80	17	dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	dobrá
			H114	190-260	80	15				
			H22	220-270	130	9				
			H24	240-280	160	8				
6060	42 4401	AlMgSi	T4	min. 120	60	16	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	přijatelná
			T6	190	150	8				
			T64	min. 180	120	12				
			T66	min. 215	160	8				
6063	42 4401	AlMg0,7Si	T4	min. 130	65	12	dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	dobrá
			T6	min. 200	170	8				
			T66	min. 245	200	8				
			T4	min. 205	110	14				
6082	42 4400	Al Si1MgMn	T6	min. 290	240	8	dobrá	velmi dobrá	dobrá	dobrá
			T651	min. 300	240	4				
			T651	min. 300	240	4				
7075	-	AlZn5,5MgCu	T651	min. 470	400	6	špatná	přijatelná	špatná	velmi dobrá

Stupnice hodnocení:

1. velmi dobrá
2. dobrá
3. přijatelná
4. špatná

Pozn.: Uvedené hodnoty a údaje jsou pouze orientační.

Obr. 14 Vlastnosti některých slitin hliníku [8]

Jsou různé druhy slitin hliníku s různými vlastnostmi EN AW 6082 a pro závitovou tyč s napínacími maticemi hliník EN AW 2007, pro svou výbornou obrobitelnost je vhodný pro výrobky se závitem.



Tyče

EN AW 2007

TECHNICKÝ LIST

EN AW 2007

Znaky slitiny	
Slitina	EN AW 2007 [AlCu4PbMgMn]
Povrch	T4, T4510, T4511
Stav materiálu	pressblank

Mechanické vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Mez kluzu R _{p0,2}	[MPa]	210 – 250
Pevnost v tahu R _m	[MPa]	330 – 370
Tažnost A ₅	[%]	6 – 8
Tvrdost HBW	[2,5/62,5]	95

Fyzikální vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Objemová hmotnost	[g/cm ³]	2,85
Modul pružnosti	[GPa]	~ 70
Elektrická vodivost	[m/Ω · mm ²]	18 – 22
Koeficient tepelné roztažnosti	[K ⁻¹ · 10 ⁻⁶]	23,0
Tepelná vodivost	[W/m · K]	130 – 160
Specifická tepelná kapacita	[J/kg · K]	900

Technologické vlastnosti ²⁾		
Tvarová stálost/vnitřní pnutí		2
Obrobitelnost		1
Vhodnost k erozivnímu obrábění		1
Svažitelnost (plyn / WIG / MIG / Odporové / EB)		6 / 6 / 6 / 6 / 6
Odolnost proti korozi (mořská voda / povětrí / SpRK)		5 / 5 / 4
Použití při vysokých teplotách (max. °C při dlouhodobém/krátkodobém zatížení) ³⁾		70 / 90
Eloxování (technické / dekorativní / tvrdé-) ⁴⁾		5 / 6 / 4
Lešitelnost		3
Vhodnost k leptání struktur		5
Kontakt s potravinami (podle EN 602)		ne

Tolerance			
Při tloušťce [mm]	Rovinnost [mm] ⁵⁾	Tloušťka [mm]	Délka & šířka [mm]
EN 755-3, EN 754-3	EN 755-3, EN 754-3	EN 755-3, EN 754-3	EN 755-3, EN 754-3
Ságetoleranzen Länge [mm] -0 / +5			

Dodávané formáty		
Formáty [mm]	3.000	u tlouštěk od 10 – 300 mm
Další tloušťky podle poptávky!		

Datum: 15.07.2013

- 1) Typické hodnoty při pokojové teplotě.
- 2) Relativní hodnoty hliníkových materiálů od 1 (velmi dobrý) do 6 (nehodný).
- 3) Bez ztráty pevnosti po ochlazení.
- 4) Výlučně technická anodizace. Neposkytujeme žádnou záruku na barevný vzhled/řešení.
- 5) Tolerance rovinnosti se měří výlučně na měřicích stolech a s použitím ocelového pravítka.



Válcované desky EN AW

EN AW 6082

TECHNICKÝ LIST

EN AW 6082

Znaky slitiny	
Slitina	EN AW 6082 [AlSi1MgMn]
Typ slitiny	vytvrditelná
Povrch	T6 /T651
Stav materiálu	válcovaný povrch

Mechanické vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Mez kluzu $R_{0,2}$	[MPa]	240 - 260
Pevnost v tahu R_m	[MPa]	275 - 310
Tažnost A_{50}	[%]	6 - 10
Tvrdost HBW	[2,5/62,5]	84 - 94

Fyzikální vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Objemová hmotnost	[g/cm ³]	2,70
Modul pružnosti	[GPa]	70
Elektrická vodivost	[m/Ω · mm ²]	24 - 32
Koeficient tepelné roztažnosti	[K ⁻¹ · 10 ⁻⁶]	23,4
Tepelná vodivost	[W/m · K]	170 - 220
Specifická tepelná kapacita	[J/kg · K]	896

Technologické vlastnosti ²⁾	
Tvarová stálost/vnitřní pnutí	4 - 5
Obrobitelnost	1 - 2
Vhodnost k erozivnímu obrábění	1
Svařitelnost (plyn / WIG / MIG / Odporové / EB)	3 / 2 / 1 / 3 / 1
Odolnost proti korozi (mořská voda / povětří / SpRK)	2 / 1 / 1
Použití při vysokých teplotách (max. °C při dlouhodobém/krátkodobém zatížení) ³⁾	120 / 160
Eloxování (technické / dekorativní / tvrdé-) ⁴⁾	1 / 3 / 1
Leštitelnost	2
Vhodnost k leptání struktur	2 - 3
Kontakt s potravinami (podle EN 602)	ano

Tolerance			
Při tloušťce [mm]	Rovinnost [mm] ⁵⁾	Tloušťka [mm]	Délka & Šířka [mm]
3 - 100	EN 485-3	EN 485-3	EN 485-3
Zuschnitte			DIN ISO 2768-1m

Dodávané formáty		
Formáty [mm]	1.520 × 3.020	u tloušťek od 3 - 100 mm
Tloušťky na skladě	3; 4; 5; 6; 8; 10; 12	
	15; 20; 25; 30; 35; 40	
	50; 60; 70; 80; 90; 100	
Další tloušťky podle poptávky!		

Datum: 18.02.2015

1) Typické hodnoty při pokojové teplotě

2) Relativní hodnoty hliníkových materiálů od 1 (velmi dobrý) do 6 (nevhodný).

3) Bez zářivých povrchů po očištění.

4) Vylučně technická anodizace. Nepokytujeme žádnou záruku na barevný vzhled/číslení.

5) Tolerance rovinnosti se mění výlučně na měřicích stolech a s použitím ocelového pravítka.

Pro výrobu zařízení bych využil znalost kontaktů na drobné výrobce těchto součástí v okolí Zlína. Tito výrobci se zabývají malosériovou výrobou pro větší výrobce ve zlínském kraji. Závítovou tyč bych objednal u p.Pípala z Pitína email: kovopippal@atlas.cz, tel: 608 820 732. Ostatní části zařízení u p.Petráše ze Slavičína, petras.v@volny.cz, tel.: 603 278 300. U těchto výrobců byla i stanovena cena potřebného polotovaru a samotné výroby dané části zařízení. Finanční náročnost navrženého zařízení po sečtení jednotlivých položek celé sestavy vyšla na cca 13.000,-Kč.

3.2.1 Kalkulace ceny zařízení

● Hřídel s trapézovým závitem TR24x5	2 280,00 Kč
● Rukojeť	120,00 Kč
● Držák – horní část	950,00 Kč
● Držák – dolní část	820,00 Kč
● Deska	2 800,00 Kč
● Nápináky celkem dva kusy	3 200,00 Kč
● Půjčení závitníků TR24x5 pravý a levý	800,00 Kč
celkem dva dny	
● Šrouby, podložky, ložiska	600,00 Kč
● Podložka celkem dva kusy	200,00 Kč
● Rezerva	1 000,00 Kč
<hr/>	
● Celkem	12 770,00 Kč

3.3 Stanovení pevnostního limitu napínacího zařízení

Z hlediska bezpečnosti a musí být stanovena maximální napínací síla zařízení, tak aby nedošlo k poškození tohoto zařízení. Toto maximum vychází z mechanických vlastností použitého materiálu na výrobu tohoto napínacího zařízení a zatížení trapézového závitu použitého na závítovou tyč a matice napínacího zařízení. Podle obrázku č. 14. Trapézové šrouby s lichoběžníkovým závitem rovnoramenným jsou standardním konstrukčním prvkem určeným pro samosvorný převod rotačního pohybu na přímočarý s nízkou účinností danou

kluzným třením funkčních ploch jeho profilu, mazáním a použitým materiálem. Šrouby jsou vhodné pro přenos axiálního zatížení. Vymezení vůle mezi šroubem a maticemi je nutné zajistit konstrukčně. To znamená tzv. „připasování“.

3.3.1 Určení napětí dovolené v tlaku

Dle technologického listu byla stanovena pro materiál EN AW 2007 - zatížení míjivé $\Rightarrow \sigma_t = 30 \div 50 \text{ MPa}$

$$\sigma_t = \frac{F}{\pi * \frac{d_2^2}{4}}$$

$$F = \pi * \frac{d_2^2}{4} * \sigma_t$$

$$F = \pi * \frac{0,0215^2}{4} * 30 * 10^6$$

$$F = 10891,5 \text{ N}$$

Trapézové šrouby a matice

Informace o produktu – Trapézové šrouby a matice

Tabulka zatížení metrických ISO trapézových šroubů

Rozměry závitu	Výpustná síla v tahu v kN	Max. tlak v kN při délce šroubu (m) a 6-ti násobné bezpečnosti														
		0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	3	4	5
Tr 10 x 3	330	136	75	33,0	12,0	5,4	3,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tr 12 x 3	570	303	221	98,3	35,4	15,7	8,9	5,6	3,9	.	.	.	.	.	.	.
Tr 14 x 4	710	612	345	153,0	55,2	24,6	13,8	8,8	6,1	4,5	3,4	2,7	.	.	.	.
Tr 16 x 4	1.040	.	740	329,0	118,0	45,0	29,5	19,0	13,1	9,6	7,4	5,8	4,7	3,3	1,8	.
Tr 20 x 4	1.890	.	.	1.085	391,0	173,8	97,7	62,5	43,4	31,9	24,4	19,3	15,6	10,8	6,1	3,9
Tr 24 x 5	2.690	.	.	2.202	794,0	363,0	198,0	127,0	88,2	64,8	49,6	39,2	31,7	22,0	12,4	7,9
Tr 28 x 5	3.980	.	.	.	1.732	770,0	433,0	277,0	192,5	141,2	108,2	85,6	69,2	48,2	27,0	17,3
Tr 30 x 6	4.340	.	.	.	2.062	918,0	517,0	330,0	229,0	168,0	129,0	102,0	82,5	57,3	32,2	20,6
Tr 32 x 6	5.110	.	.	.	2.360	1.271	715,0	458,0	318,0	233,0	178,0	141,0	114,3	79,4	44,7	28,6
Tr 36 x 6	6.830	.	.	.	5.120	2.280	1.280	820,0	569,0	418,0	320,0	253,0	205,0	142,2	80,0	51,2
Tr 40 x 7	8.300	.	.	.	7.560	3.360	1.890	1.210	840,0	617,0	472,0	377,0	302,0	210,0	118,0	75,6
Tr 44 x 7	10.480	.	.	.	.	5.330	3.000	1.920	1.332	980,0	750,0	593,0	480,0	333,0	187,0	120,0
Tr 48 x 8	12.510	.	.	.	.	7.350	3.950	2.610	1.860	1.370	1.020	850,0	670,0	460,0	245,0	175,0
Tr 50 x 8	13.530	.	.	.	.	8.940	5.020	3.218	2.230	1.640	1.255	993,0	804,0	558,0	314,0	201,0
Tr 52 x 8	14.550	.	.	.	.	10.530	6.045	3.815	2.610	1.925	1.485	1.150	940,0	660,0	375,0	230,0
Tr 60 x 9	20.030	.	.	.	.	19.570	11.000	7.050	4.890	3.595	2.750	2.178	1.761	1.222	688,0	440,0
Tr 70 x 10	27.810	.	.	.	.	.	21.200	13.570	9.420	6.920	5.300	4.180	3.390	2.352	1.325	848,0

1 kN \approx 9,81 N

Obr. 17 Zatížení metrického ISO závitu [10]

3.3.2 Ověření samosvornosti

Další podmínka bezpečnosti napínacího zařízení je samosvornost použitého závitu. Při napínání vzorku maximální silou nesmí dojít k samovolnému povolení napínaného vzorku samovolným otočením závitové hřídele.

Zvolil jsem použití pro závitovou tyč standardizovaný pohybový závit Tr24x5. Lichoběžníkový závit s průměrem 24mm a stoupáním $s = 5\text{mm}$ dle normy ČSN 01 4050.

Podmínka samosvornosti:

$$\alpha < \varphi$$

Pro $f = 0,3$

Výpočet úhlu stoupání:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{s}{\pi * d_2}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{5}{\pi * 22,5}$$

$$\alpha = 4^{\circ}26'$$

Úhel tření (dle materiálového listu):

$$f = \operatorname{tg}\varphi = 0,3$$

$$\varphi = 18^{\circ}$$

$$4^{\circ}26' < 18^{\circ}$$

Podmínka samosvornosti je splněna.

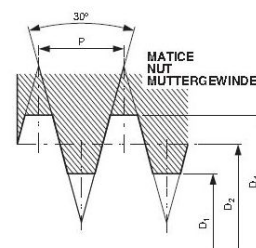
ZÁVITOVÉ TABULKY Threading charts / Gewindetabellen

Tr

ČSN 01 4050, DIN 103
LICHOBĚŽNÍKOVÝ ZÁVIT ROVNORAMENNÝ
ISO trapezoidal thread
Metrische ISO - Trapezgewinde

D_4 = velký \varnothing závitů matice
 D_2 = střední \varnothing závitů matice
 D_1 = malý \varnothing závitů matice
 P = stoupání
 D_4 = major diameter of nut thread
 D_2 = pitch diameter of nut thread
 D_1 = minor diameter of nut thread
 P = pitch

$d = D_4$



7H LÍCOVÁNÍ STŘEDNÍ
7H TOLERANCE MEDIUM

Závit Thread Gewinde		D_4 min	D_2 min	D_2 max	D_1 min	D_1 max
\varnothing	P		7H	7H		
Tr 8	x 1,5	8,300	7,250	7,474	6,500	6,690
Tr 9	x 1,5	9,300	8,250	8,474	7,500	7,690
Tr 9	x 2	9,500	8,000	8,250	7,000	7,236
Tr 10	x 1,5	10,300	9,250	9,474	8,500	8,690
Tr 10	x 2	10,500	9,000	9,250	8,000	8,236
Tr 11	x 2	11,500	10,000	10,250	9,000	9,236
Tr 11	x 3	11,500	9,500	9,780	8,000	8,315
Tr 12	x 2	12,500	11,000	11,265	10,000	10,236
Tr 12	x 3	12,500	10,500	10,800	9,000	9,315
Tr 14	x 2	14,500	13,000	13,265	12,000	12,236
Tr 14	x 3	14,500	12,500	12,800	11,000	11,315
Tr 16	x 2	16,500	15,000	15,265	14,000	14,236
Tr 16	x 4	16,500	14,000	14,355	12,000	12,375
Tr 18	x 2	18,500	17,000	17,265	16,000	16,236
Tr 18	x 4	18,500	16,000	16,355	14,000	14,375
Tr 20	x 2	20,500	19,000	19,265	18,000	18,236
Tr 20	x 4	20,500	18,000	18,355	16,000	16,375
Tr 22	x 3	22,500	20,500	20,800	19,000	19,315
Tr 22	x 5	22,500	19,500	19,875	17,000	17,450
Tr 24	x 3	24,500	22,500	22,835	21,000	21,315
Tr 24	x 5	24,500	21,500	21,900	19,000	19,450
Tr 26	x 3	26,500	24,500	24,835	23,000	23,315
Tr 26	x 5	26,500	23,500	23,900	21,000	21,450

Obr. 18 Rozměry metrického ISO závitů [11]

3.4 Příprava vzorků pro měření

Pro měření el. vlastností pryže budou vyrobeny zkušební vzorky rozměrů 60x200mm, které při měření budou napínány v rozsahu 50% - 400% své délky. Tyto vzorky musí být otestovány, zda nepřekračují podmínku maximální napínací síly. Vzorky pryže, které nesplňují tuto maximální sílu napínání, nesmí být na tomto zařízení testovány, protože překračují pevnostní limity tohoto zařízení.

3.5 Stanovení postupu měření

Postup měření elektrických vlastností je popsán v normě ČSN 34 1382. Obsluha napínacího zařízení vychází z obecných bezpečnostních předpisů s ohledem na dodržení podmínky maximálního zatížení zařízení.

Do napínacího zařízení na středovou podložku se vloží měřicí zařízení. Zkušební vzorek se vloží do napínacího zařízení ve staženém stavu a přichytí se přes podložku utažením křídlových matek. V tomto stavu provedeme první měření vodivosti zkušební vzorku. Další

měření se provádí po roztažení napínacího zařízení otáčením závitové tyče na požadovanou hodnotu, poté je opět provedeno měření vodivosti na daném vzorku. Tato měření opakujeme na stanoveném počtu vzorků a statistickou metodou spočítáme výslednou vodivost pro zkoušenou směs zkušebních vzorků.

ZÁVĚR

Navrhl a vypracoval jsem technickou dokumentaci pro výrobu napínacího zařízení. Toto napínací zařízení spolu s předloženým přípravkem na měření elektrické vodivosti pryže Ing. Milanem Žaludkem, PhD tvoří společný celek.

Při návrhu napínacího zařízení jsem hledal vhodný způsob napínání. V první verzi jsem zkoušel napínák s jednostrannou pevnou a druhou pohyblivou částí napínací čelistí na zkoumaný vzorek (typ svěrák), ve druhé verzi jsem zkoušel napínák s oběma pohyblivými čelistmi na uchycení testovaného vzorku (typ hever), a vždy nastal problém s posouváním materiálu nad měřicím zařízením a bylo nutno nějak řešit jeho kompenzaci. V první variantě docházelo k posuvu ve směru napínání, ve druhé variantě docházelo k posuvu kolmé na směr napínání. Výsledkem třetí varianty byl návrh toto zařízení v této podobě, kdy je pevná část uprostřed, spolu s měřicím zařízením, a pohyblivé jsou obě čelisti a testovaný vzorek se rovnoměrně oddaluje, napíná, od toho středu na obě strany pomocí závitové tyče a matic s pravým a s levým závitem.

V další fázi jsem provedl výpočty, abych určil limitující hodnoty u závitové tyče. Maximální dovolené zatížení tyče v tlaku a ověřil jsem podmínku samosvornosti použitého typu závitu.

V další fázi, jsem vybral a zajistil výrobce, podle částí zařízení, kteří by byli ochotni a schopni podle této dokumentace vyrobit potřebné části stroje. Tito výrobci nacenili, potřebný materiál polotovaru na vyráběnou součást, a samotnou výrobu součásti. Součásti se musí vyrábět postupně, protože podle výrobce závitové tyče je nutné tzv. „připasování“ závitové tyče a matic k sobě, aby vše chodilo lehce a přesně.

Po výrobě a prověření testovacích vzorků na trhacím stroji, bude možné stanovit, zda navrhovaná maximální síla je dostatečně velká pro široký sortiment materiálů testovaných na tomto zařízení. Nastínil jsem problematiku podmínek, které musí splňovat toto napínací zařízení, jak z hlediska ekonomického, bezpečnostního, tak i užitného. Při použití jiných materiálů na výrobu toho zařízení mohou být lépe optimalizovány jeho vlastnosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠVORČÍK V.: *Polymery; článek z internetu VŠCHT*
<http://old.vscht.cz/ipl/osobni/svorcik/Polymery.pdf>
- [2] FRANTA, Ivan. *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*. Vyd. 2., přeprac. A rozš. Praha: SNTL, 1969. Gumárenská technologie.
- [3] RYBNÍKÁŘ, František. *Analýza a zkoušení plastických hmot*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965. Řada chemické literatury.
- [4] FRANTA Ivan. *Gumárenská technologie II*, SNTL, PRAHA, 1969, 2. vydání.
- [5] NORMAN R.H.: *Conductive rubbers and plastics, Elsevier publishing company limited*, Amsterdam. London . New York, 1970
- [6] MURAS J. A KOL.: *Metody hodnocení kaučukových směsí v procesu míchání*, FT VUT Zlín, 1990
- [7] KRATINA Jakub: © 2013 - E-konstruktor [cit.5.3.2016]
Dostupné z: <http://e-konstruktor.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>
- [8] GLEICH Aluminium s.r.o: © 2012 GLEICH Gruppe, Kaltenkirchen, Deutschland/Germany [cit.5.3.2016] Dostupné z: <http://gleich.de/cz/produkty/tye/en-aw-2007?pdf>
- [9] GLEICH Aluminium s.r.o: © 2012 GLEICH Gruppe, Kaltenkirchen, Deutschland/Germany [cit.5.3.2016] Dostupné z: <http://gleich.de/cz/produkty/vlcovan-desky/vlcovan-desky-en-aw-/en-aw-6082?pdf>
- [10] Haberkorn Ulmer s.r.o.: [online] © copyright Haberkorn Ulmer s.r.o. [cit.5.3.2016]
Dostupné z:

http://www.haberkorn.cz/dyndoc/view/se-pohony-trapezove_srouby_matice.pdf/2/

[11] LPS nástroje nářadí: [online] © 2016 LPS nářadí, nástroje [cit.5.3.2016]

Dostupné z: <http://www.naradi-nastroje.eu/prilohy/katalogy/technicke-informace-narex.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia
A	Ampér (jednotka el. proudu)
A.V^{-1}	Ampér na Volt
$\text{A.V}^{-1}\text{m}^{-1}$	Ampér na Volt a metr
A_0	Označení plochy průřezu
B	Vícenásobné odrazy uvnitř bariéry
C	Coulomb (jednotka el. náboje)
C	Kapacitance
D	Vzdálenost elektrod – tloušťka vzorku
D	Průměr částic
E	Intenzita el. pole
E	Modul pružnosti
E_i	Prošlá intenzita elektrického pole (stíněná)
F	Plocha styku elektrod se vzorkem
F	Faktor maximálního uspořádání částic
f	Součinitel tření AL-AL
I	El. proud
I/S_v	Plošná hustota proudu
J	Joule
J	Proudová hustota
K	Konstanta související s povrchovým napětím mezi částicemi a polymerem.
LC	Vzdálenost mezi částicemi
MHz	Megahertz
N	Newton
N.C^{-1}	Newton na Coulomb
Nm	Newton metr
P	Elektrická polarizace
P_z	Měrné dielektrické ztráty
Q	El. náboj
R	El. odpor
R	Ztráty jednoduchým odrazem bariéry
R	Celkový odpor soustavy: elektrody – vzorek
R_C	Relativní odpor vodivých částic
R_M	Relativní odpor směsi (vlákna částicemi)
R_V	Relativní odpor původního vlákna
S	Siemens (jednotka vodivosti)
S	Tlakové napětí v systému
S.m^{-1}	Siemens na metr
S_0	Objemová vodivost
S_E	Bariérová efektivita
S_v	Plocha příčného průřezu
U	El. napětí
U/l_v	Intenzita elektrického pole
V	Volt (jednotka el. napětí)
v	Rychlost náboje
V.m^{-1}	Volt na metr
V_0	Perlokační práh
X, γ	Paprsek ultrafialového světla

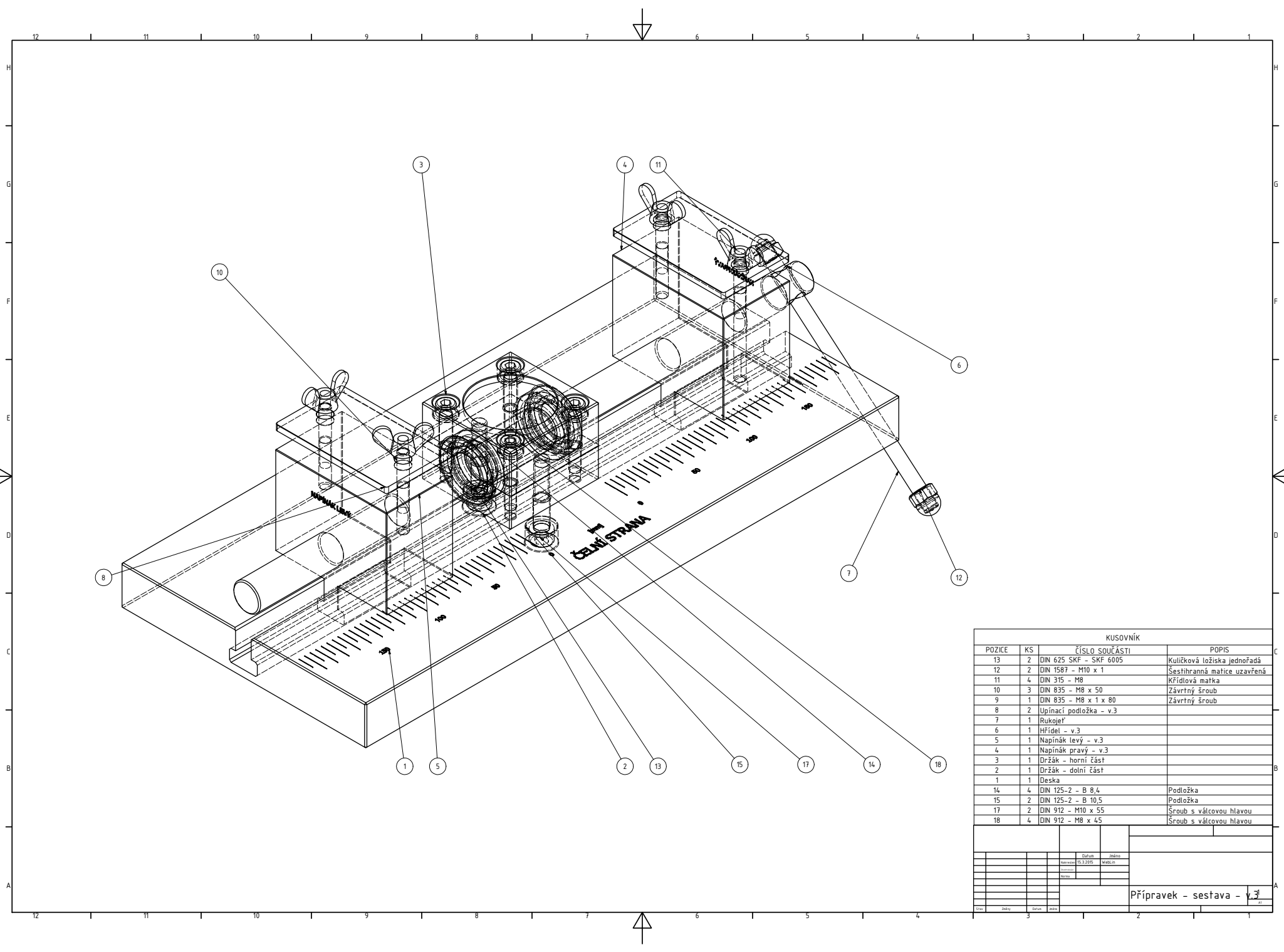
ΔU	Aktivní energie přechodu iontů přes různé stavy
Z_0	Impedance vákua
Z_M	Impedance uvažovaného elektromagnetického stínění
d	Tloušťka bariéry
dB	Decibel
dQ	Rozdíl náboje
dt	Časová změna
dQ/dt	Celková rychlost transportu náboje
δ	Ztrátový úhel
$\varepsilon'' = \varepsilon' \cdot \text{tg } \delta$	Ztrátové číslo
ε_0	Permitivita vákua
ε_{at}	Poměrná deformace při mezi pevnosti
κ	Měrná (specifická) vodivost látky
μm	mikrometr
ρ	Jednotka rezistivity
σ	Sigma (jednotka měrné el. vodivosti látky)
σ_0	Vodivost na perlokačním prahu
σ_C	Vodivost částic
σ_E	Vodivost vlákna
σ_F	Vodivost při maximální uspořádanosti vodivých částic
κ_0	Frekvenční faktor
$\bar{\sigma}_m$	Mez pevnosti
Ω	Ohm (jednotka el. odporu)
$\Omega.\text{cm}$	Ohm centimetr h

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Strukturní vzorce některých „vodivých“ polymerů	7
Obr. 2	Odezva látek na působení el. pole E	8
Obr. 3	Vnitřní a povrchový izolační odpor	10
Obr. 4	Odezva látek některých polymerů na teplotě (arrheinovské souřadnice).....	12
Obr. 5	Typická závislost napětí na protažení.....	14
Obr. 6	Relaxace napětí při konstantní deformaci	15
Obr. 7	Křivka k (růst deformace s časem při konstantním napětí s); z-zotavení po odtížení; z.d.-zbytková deformace	16
Obr. 8	Vliv rychlosti protahování a závislost napětí – protažení (směr šipky naznačuje vzrůstající rychlost)	16
Obr. 9	Opoždování deformace za napětím při cyklickém namáhání: s - proměnné napětí; s_0 – amplituda napětí γ_0 – amplituda deformace; t – čas;.....	17
Obr. 10	Hystereze (schematicky) a – protahování; b – retrakce	18
Obr. 11	Závislost rezistance na koncentraci sazí.	18
Obr. 12	Závislost elastického modulu a specifické vodivosti na protažení ve směsi SBR plněné 50hprN-347	26
Obr. 13	Návrh napínacího zařízení	31
Obr. 14	Vlastnosti některých slitin hliníku	32
Obr. 15	Vlastnosti hliníku EN AW 2007	33
Obr. 16	Vlastnosti hliníku EN AW 6082	34
Obr. 17	Zatížení metrického ISO závitu.....	36
Obr. 18	Rozměry metrického ISO závitu	38

SEZNAM TABULEK

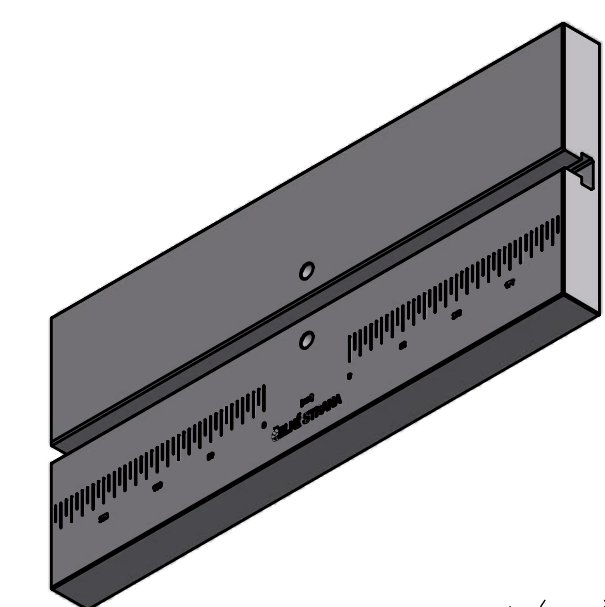
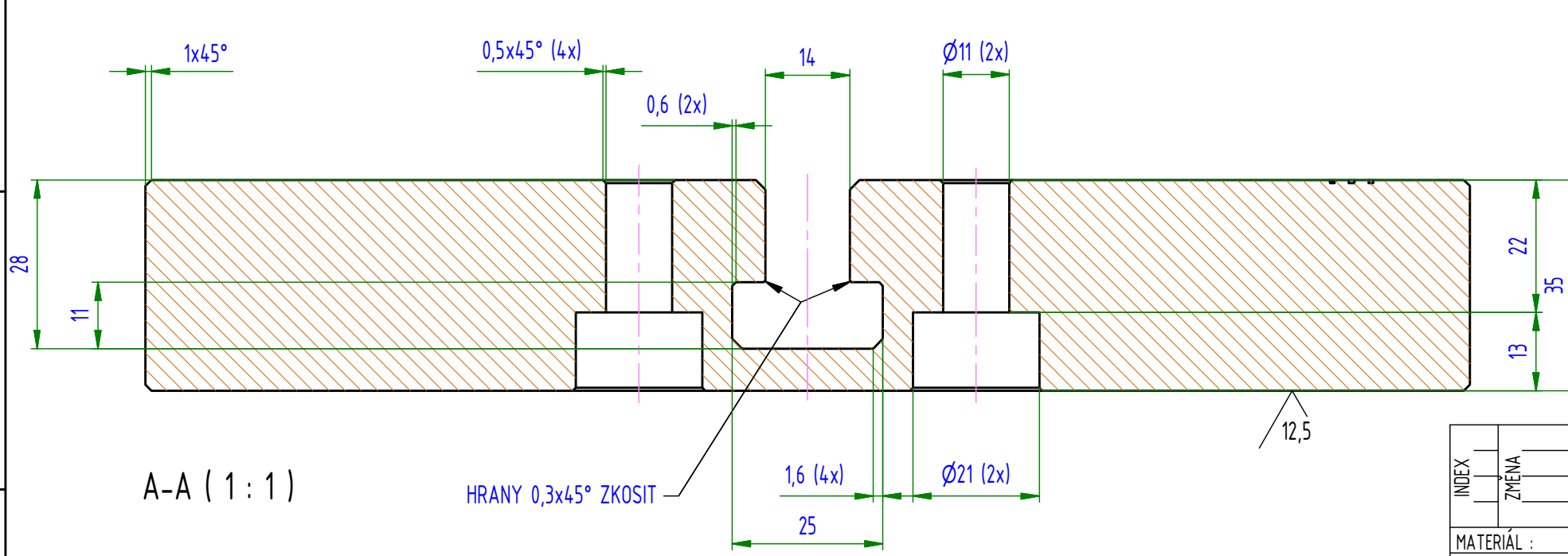
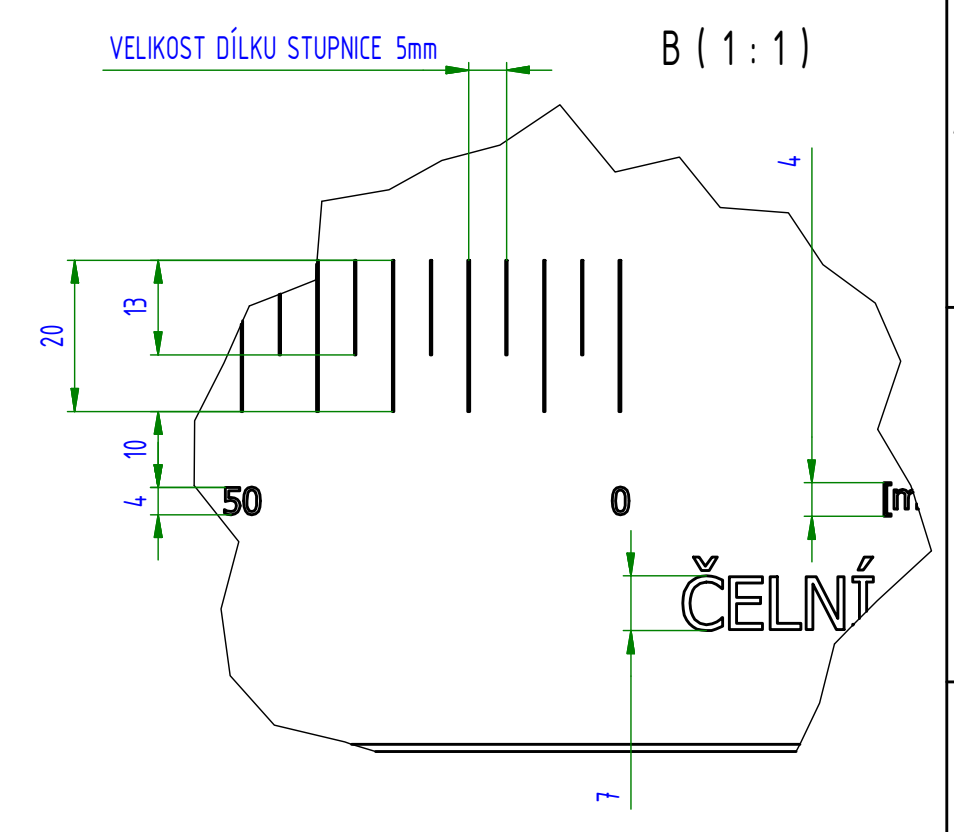
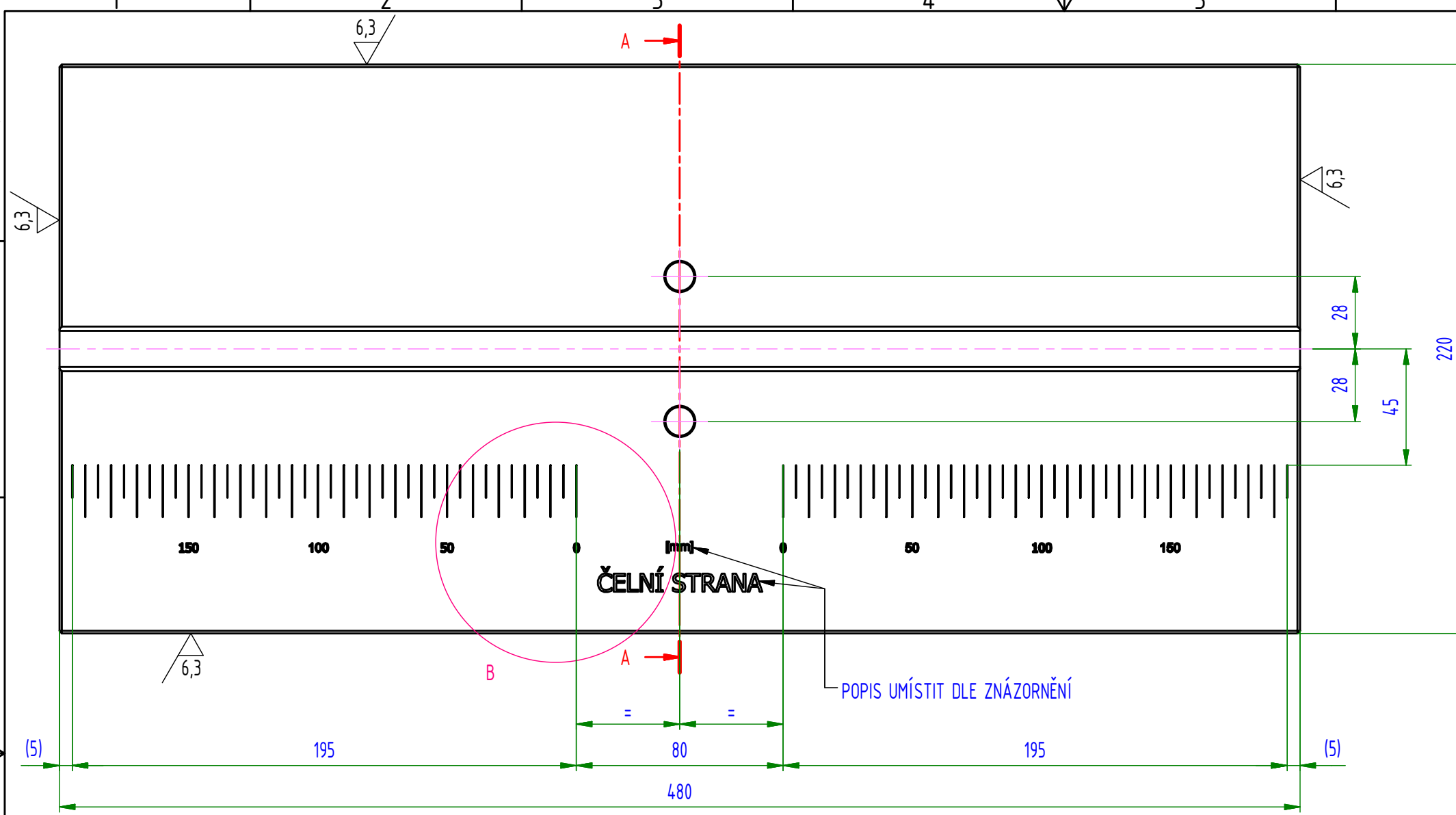
Tab. 1 <i>Klasifikace elektricky vodivých látek ρ [Sm^{-1}]</i>	11
Tab. 2 <i>Koncentrace a pohyblivost nositelů náboje</i>	13



KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
13	2	DIN 625 SKF - SKF 6005	Kuličková ložiska jednořadá
12	2	DIN 1587 - M10 x 1	Šestihranná matice uzavřená
11	4	DIN 315 - M8	Křídlová matka
10	3	DIN 835 - M8 x 50	Závrtný šroub
9	1	DIN 835 - M8 x 1 x 80	Závrtný šroub
8	2	Upínací podložka - v.3	
7	1	Rukojeť	
6	1	Hřídel - v.3	
5	1	Napínák levý - v.3	
4	1	Napínák pravý - v.3	
3	1	Držák - horní část	
2	1	Držák - dolní část	
1	1	Deska	
14	4	DIN 125-2 - B 8,4	Podložka
15	2	DIN 125-2 - B 10,5	Podložka
17	2	DIN 912 - M10 x 55	Šroub s válcovou hlavou
18	4	DIN 912 - M8 x 45	Šroub s válcovou hlavou

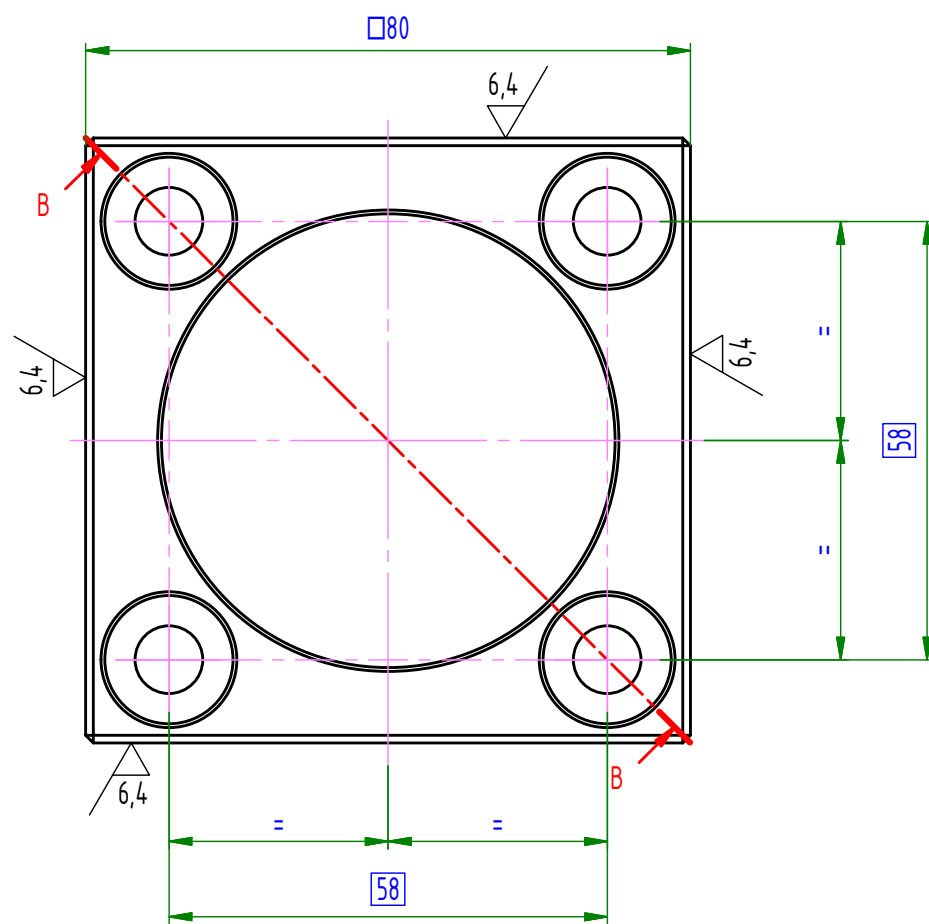
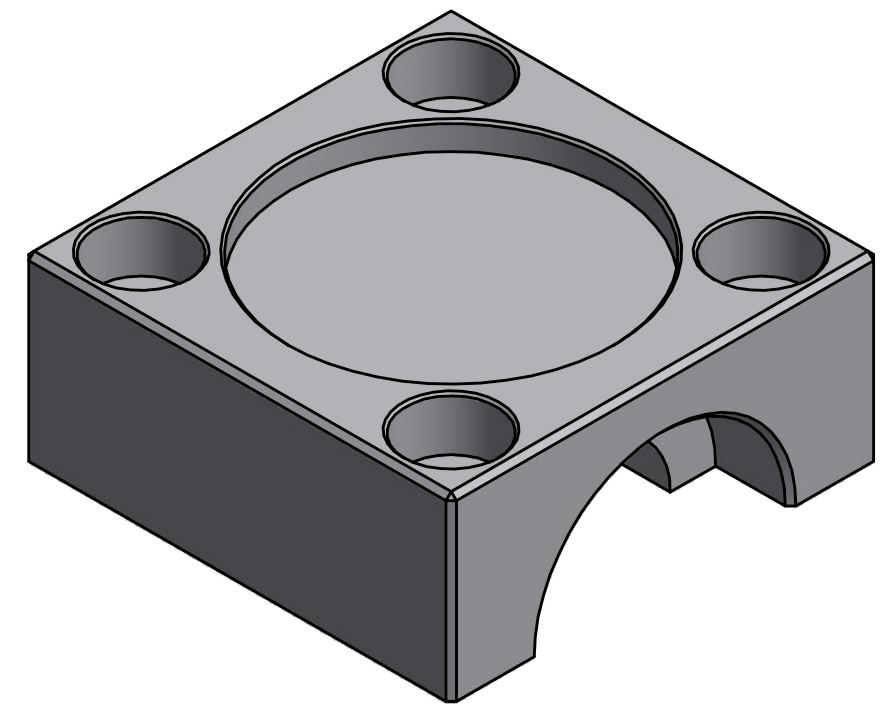
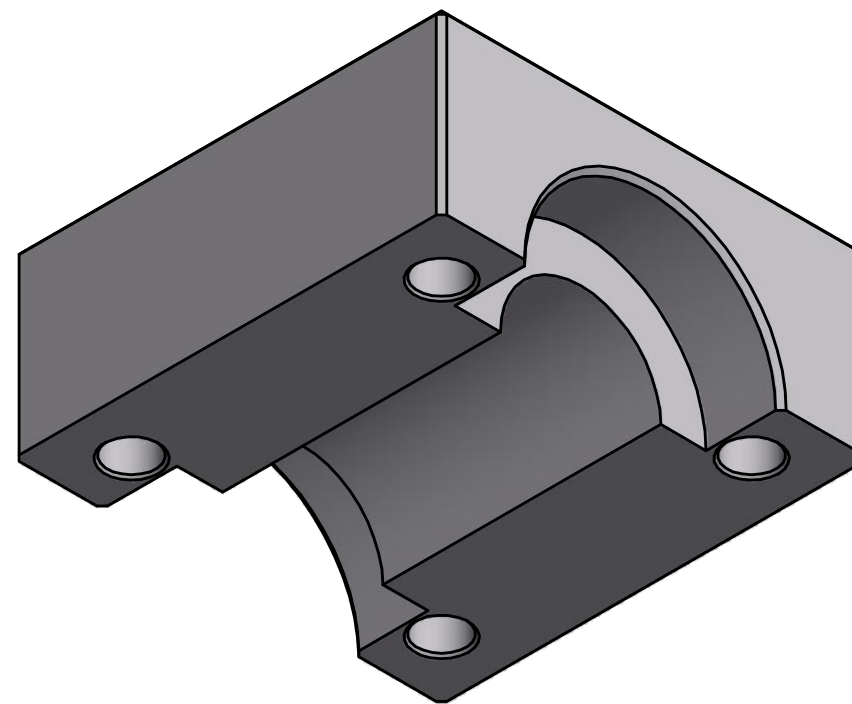
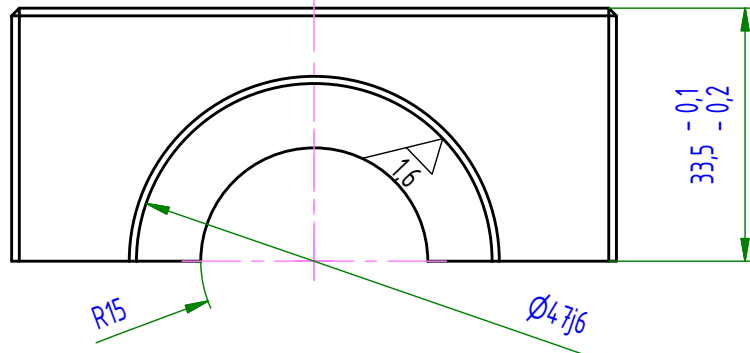
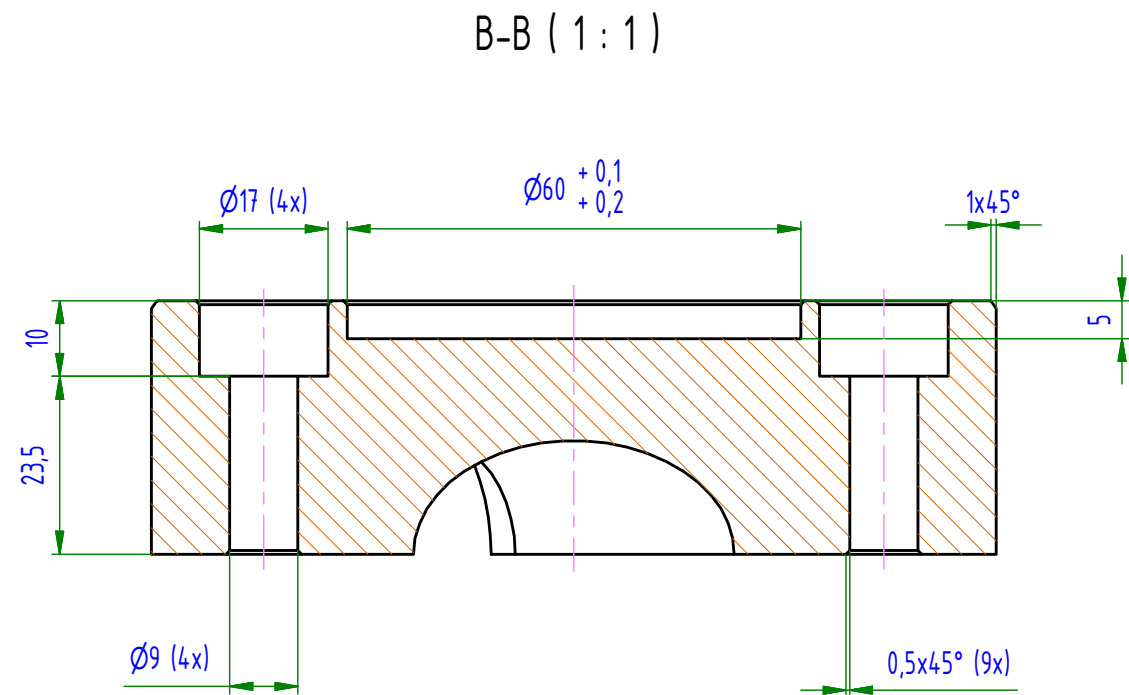
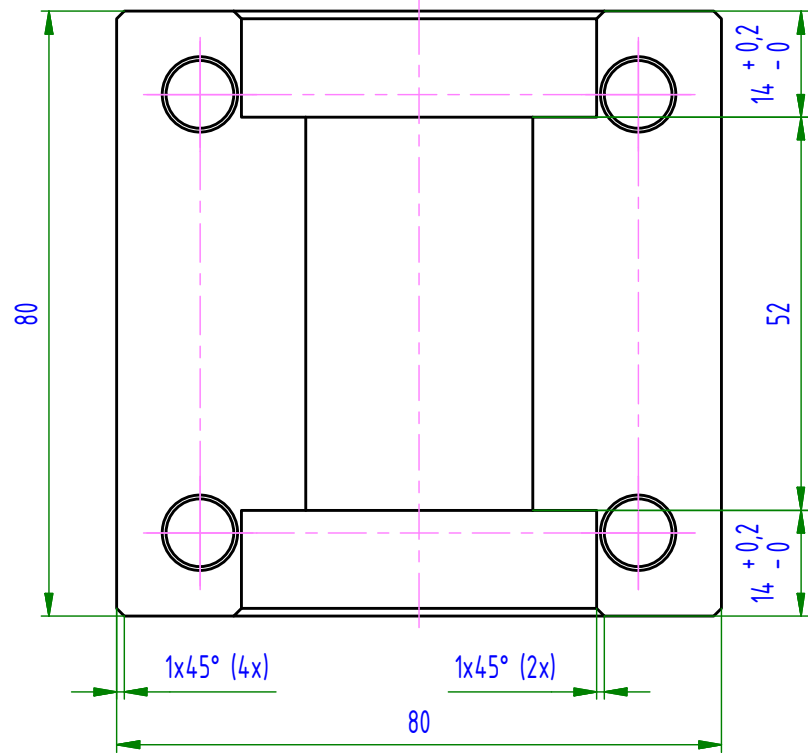
Sklad		Jméno	
Město		Město	
Datum		Datum	
Podpis		Podpis	
Titul		Titul	
Stav		Stav	

Přípravek - sestava - v.3

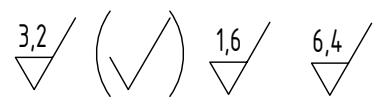


T DRÁŽKA DLE ČSN 02 1030
TOLERANCE DLE ISO 2768-mK
POPIS MIKROÚDEREM

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
MATERIÁL : EN AW 6082		Ks.	T.O.	HMOTNOST 9,31 kg	MĚR.
ROZM.-POLOT.				OBJEM 34,35082,19 mm ³	
VYPR. Pavel Janků		NORM.REF.		POZN.	FORMÁT A3
		11.3.2015		PŮVODNÍ V. :	Č.V. :
NÁZEV C:\Users\Weblin\Desktop\Bakalářská práce\Bakalářka - OLD\Deska.ipt					
Deska				Listů 1	

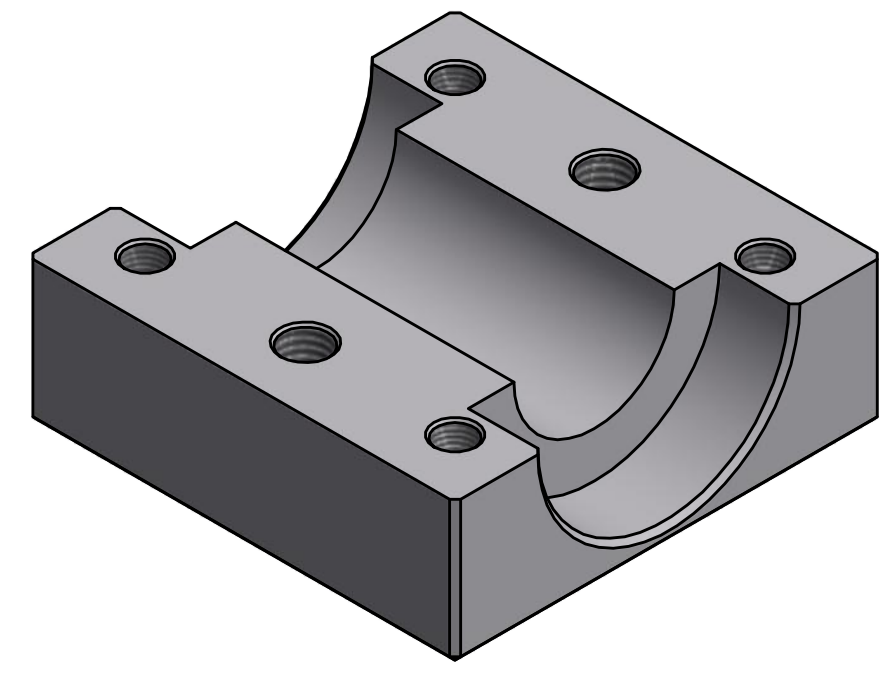
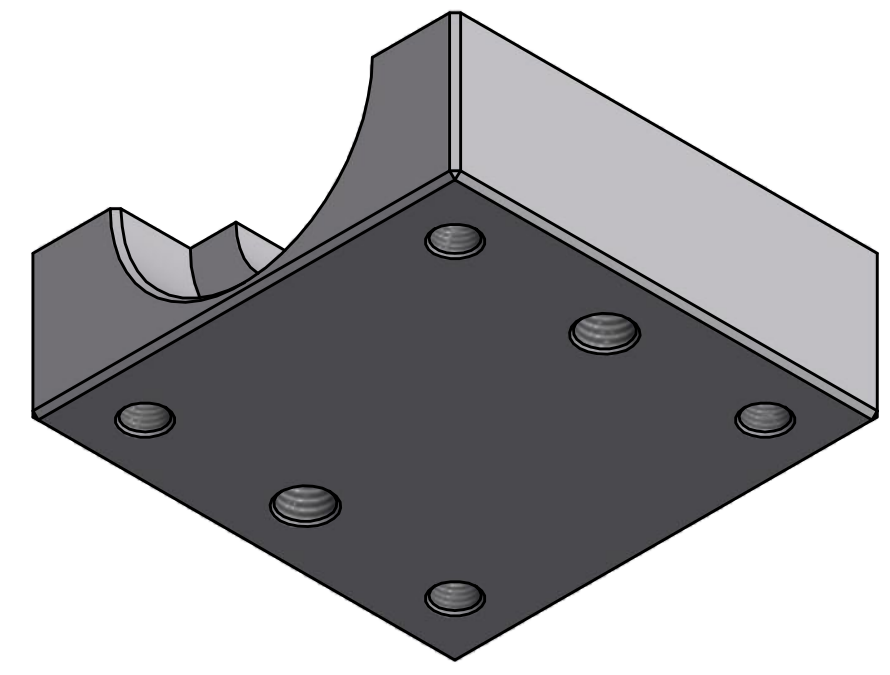
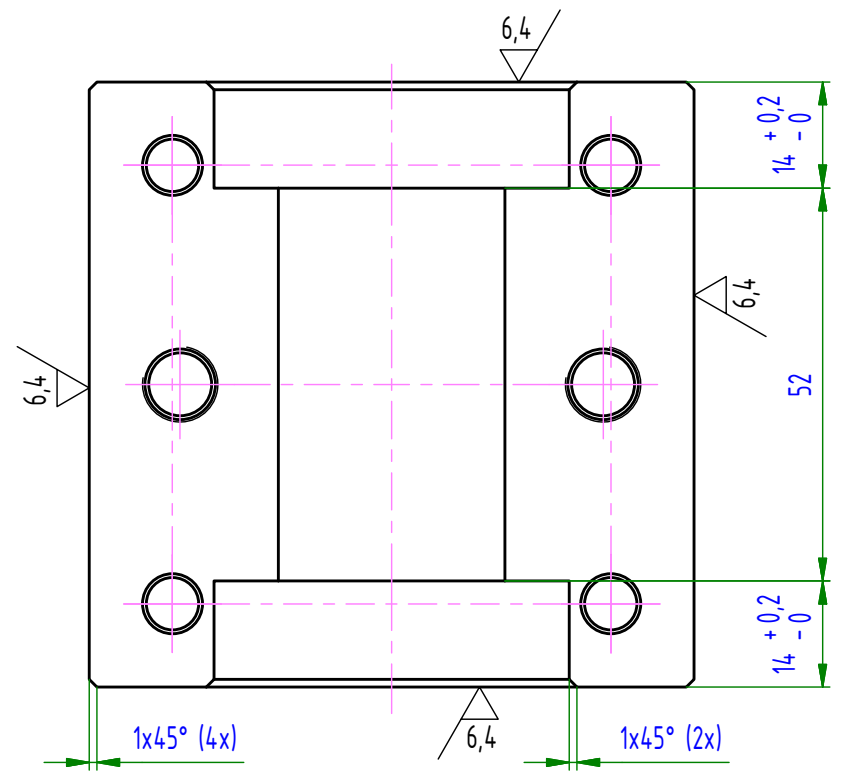
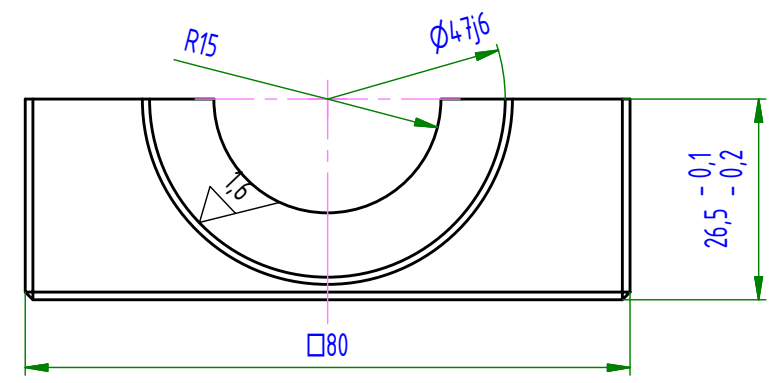
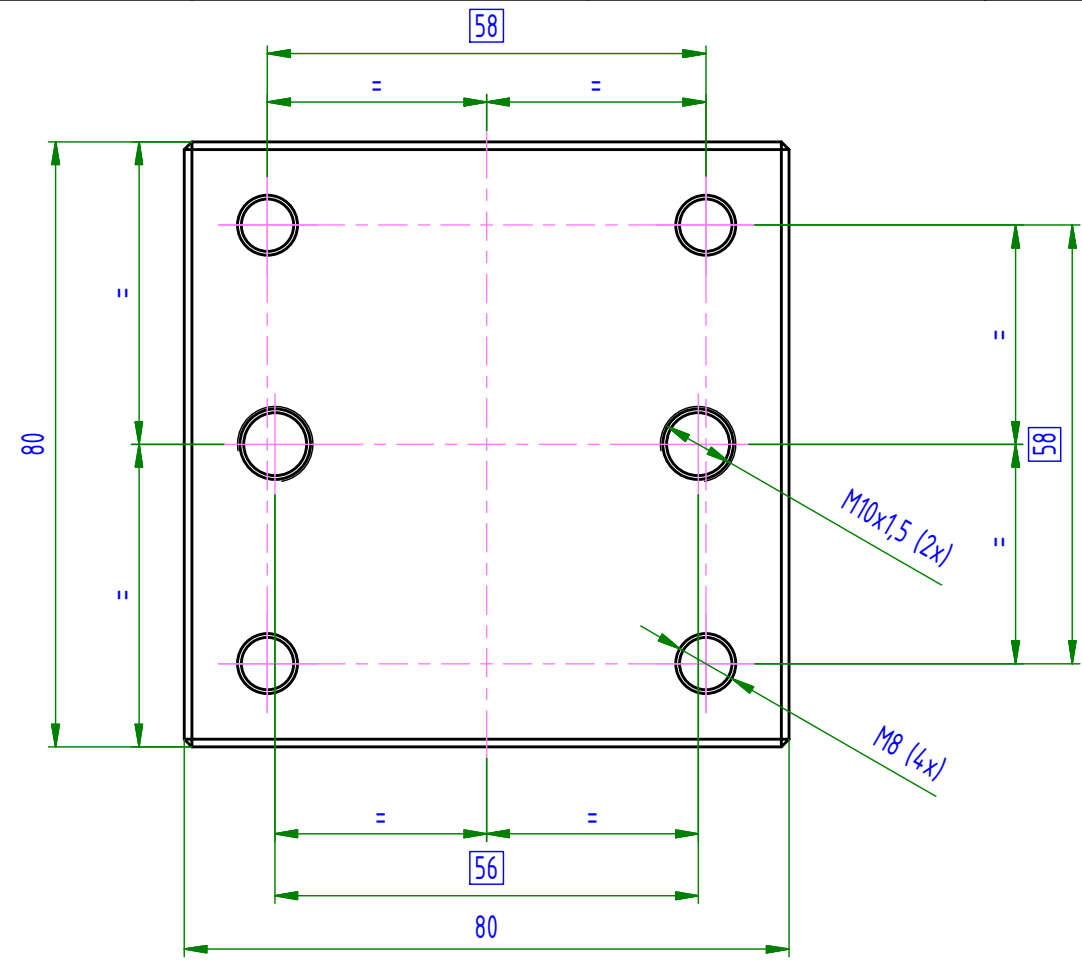


TOLERANCE DLE ISO 2768-mK

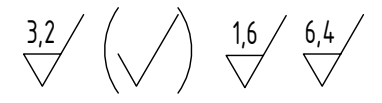


INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
MATERIÁL : EN AW 6082		Ks.	T.O.	HMOTNOST 0,39 kg	MĚR.
ROZM.-POLOT.				OBJEM 142171,36 mm ³	
VYPR. Pavel Janků		NORM.REF.		POZN.	FORMÁT A3
PŘEZK.					
TECHNOL.		SCHVÁLIL		11.3.2015	PŮVODNÍ V. :
NÁZEV C:\Users\Weblin\Desktop\Bakalářská práce\Bakalářka - OLD\Držák - horní část.ipt					Č.V. :

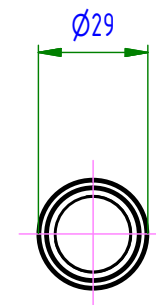
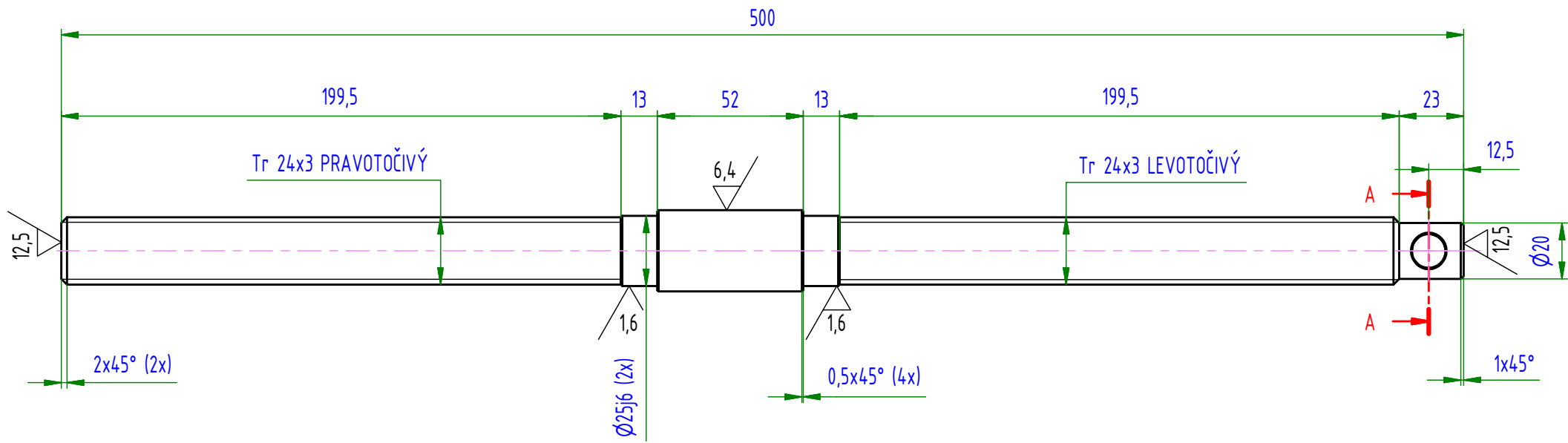
Držák - horní část



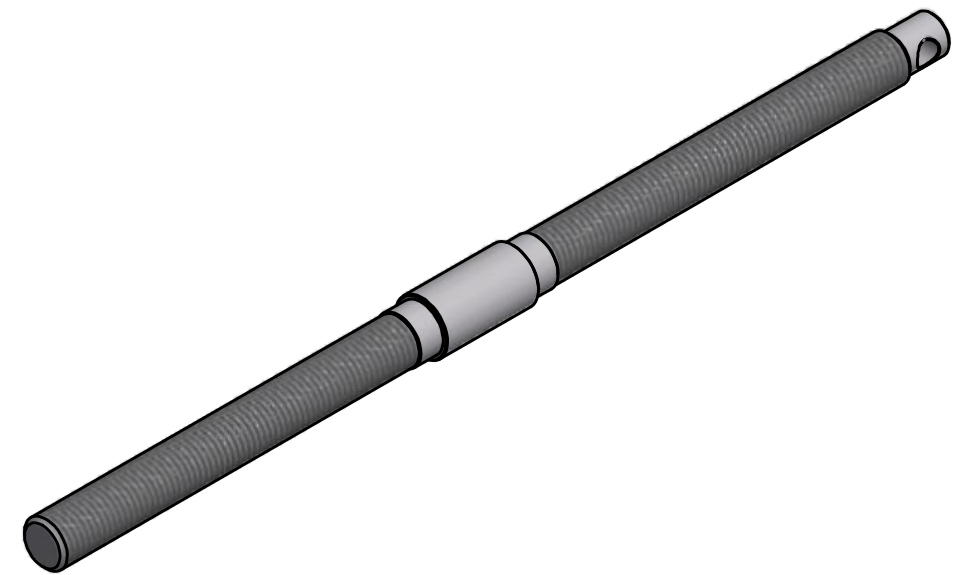
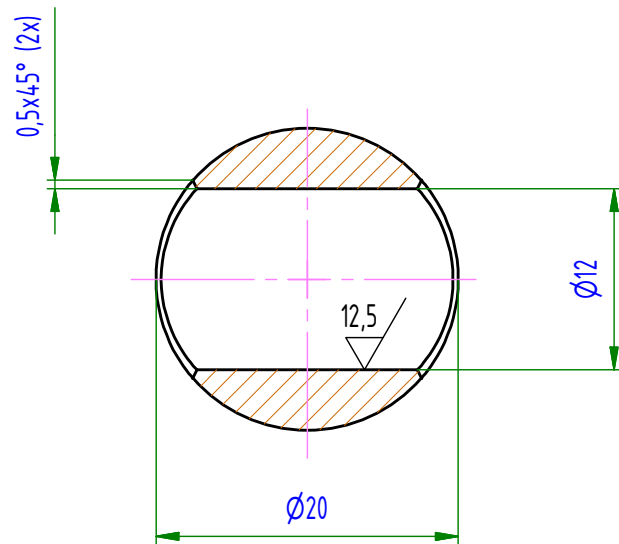
TOLERANCE DLE ISO 2768-mK



INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
MATERIÁL : EN AW 6082		Ks.	T.O.	HMOTNOST 0,32 kg	MĚR.
ROZM.-POLOT.				OBJEM 119707,28 mm ³	
VYPR. Pavel Janků		NORM.REF.		POZN.	FORMÁT A3
PŘEZK.					
TECHNOL.		SCHVÁLIL		11.3.2015	PŮVODNÍ V. :
NÁZEV C:\Users\Weblin\Desktop\Bakalářská práce\Bakalářka - OLD\Držák - dolní část.ipt					Č.V. :
Držák - dolní část				Listů 1	List 1

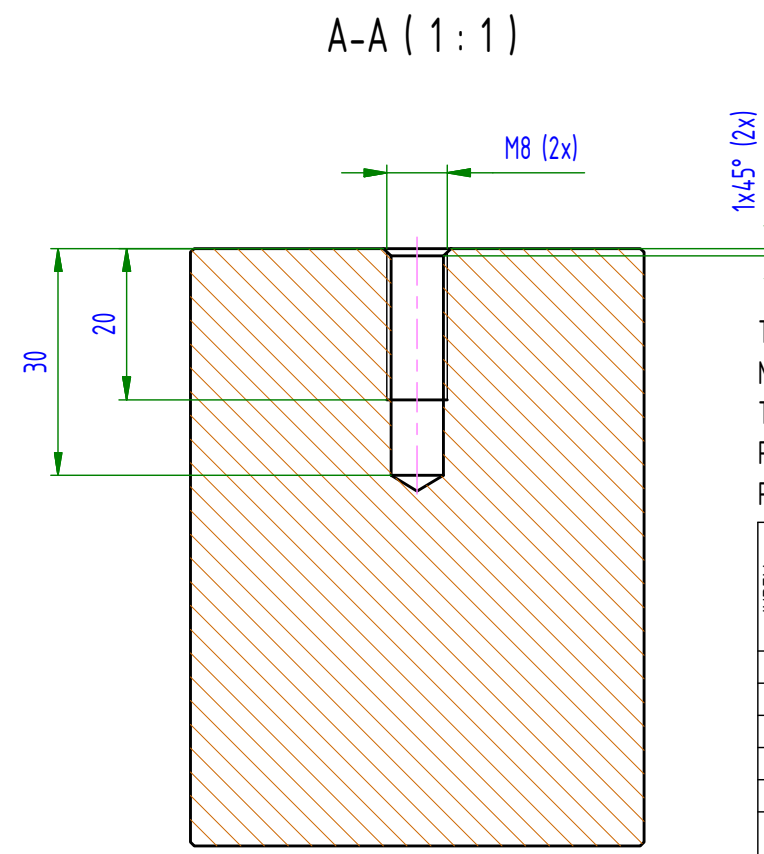
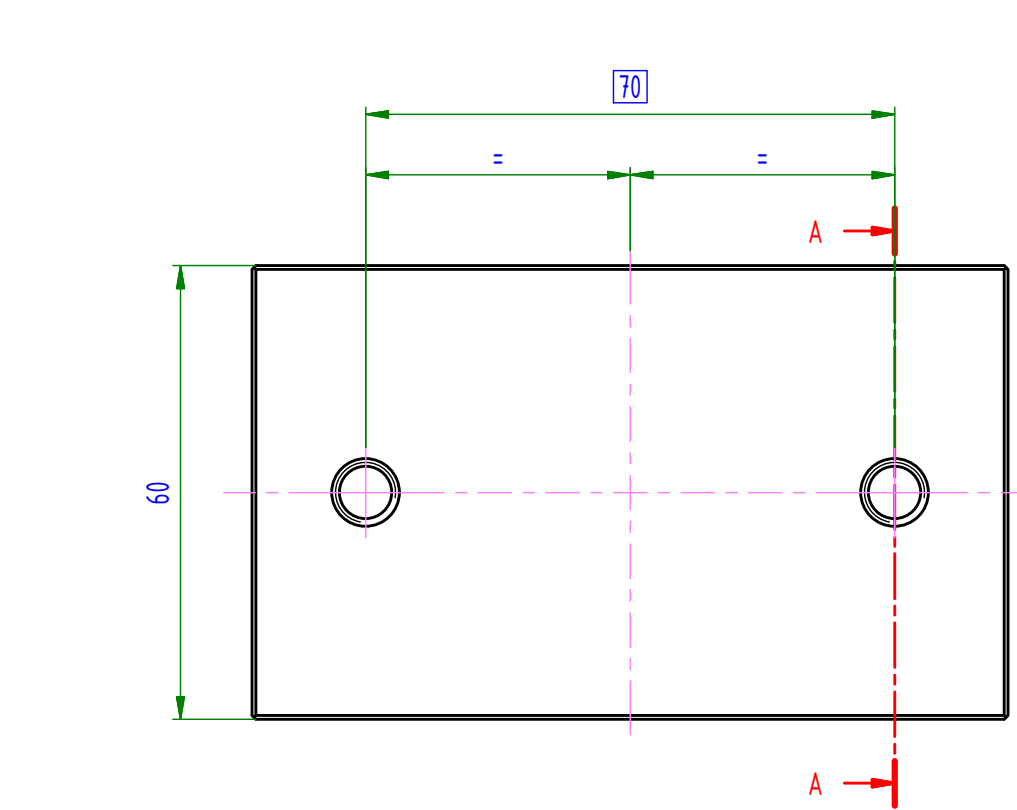
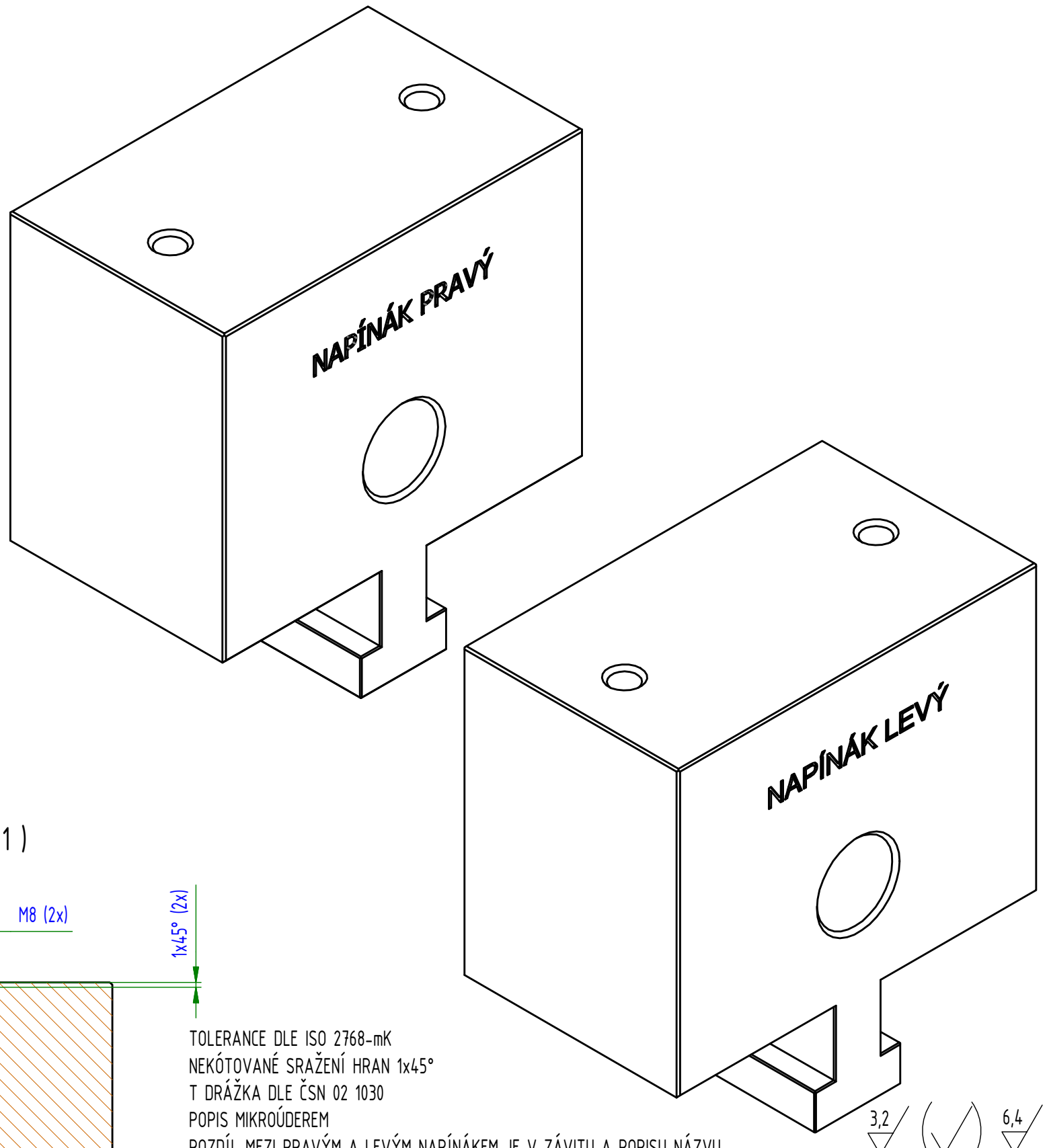
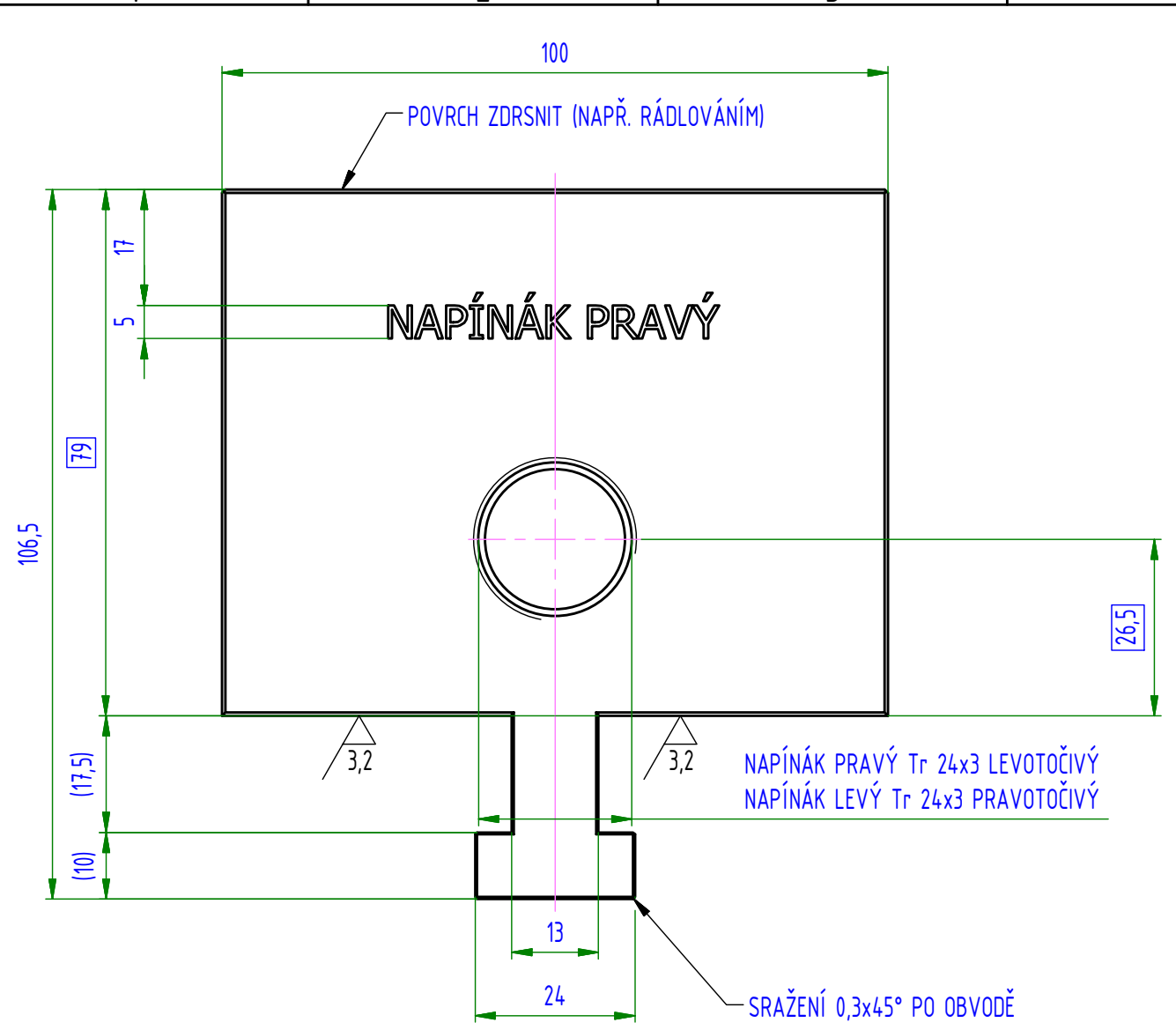


A-A (2:1)



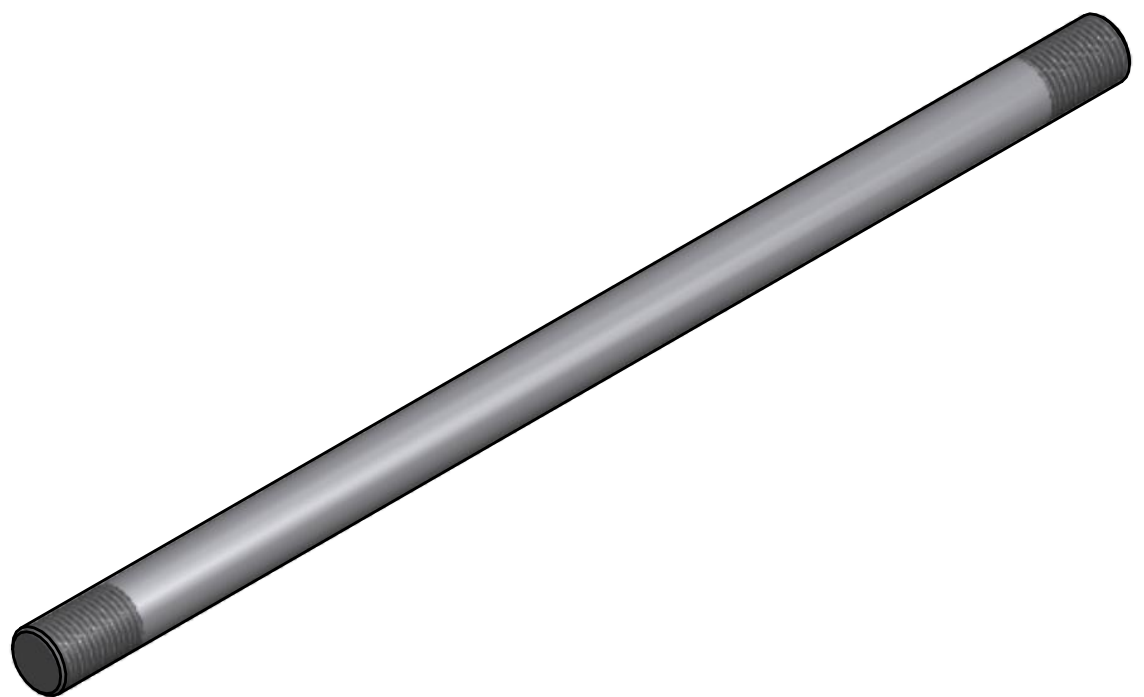
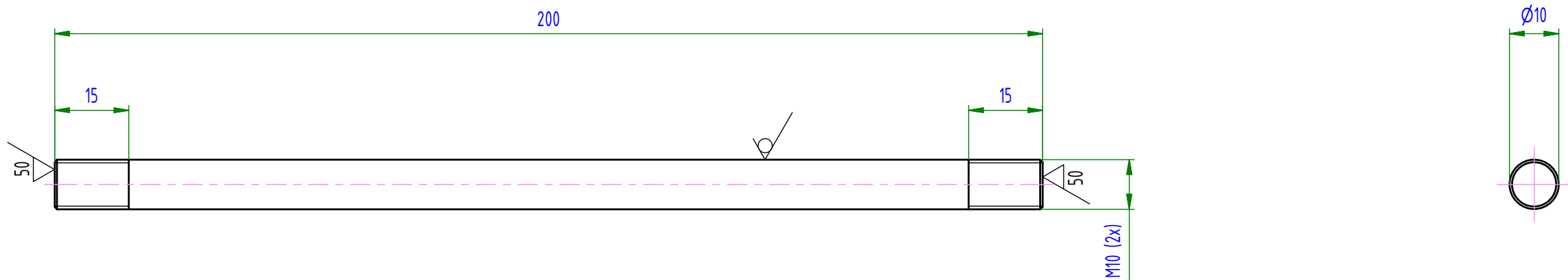
TOLERANCE DLE ISO 2768-mK

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
MATERIÁL : EN AW 2007.T4		Ks.	T.O.	HMOTNOST 0,63 kg	MĚŘ.
ROZM.-POLOT.				OBJEM 232318,49 mm ³	
VYPR. Pavel Janků		NORM.REF.		POZN.	FORMÁT A3
		11.3.2015		PŮVODNÍ V. :	Č.V. :
NÁZEV C:\Users\Webtin\Desktop\Bakalářská práce\Bakalářka - OLD\Hřídel - v.3.ipt					
Hřídel - v.3				Listů 1	



TOLERANCE DLE ISO 2768-mK
 NEKÓTOVANÉ SRAŽENÍ HRAN 1x45°
 T DRÁŽKA DLE ČSN 02 1030
 POPIS MIKROÚDEREM
 ROZDÍL MEZI PRAVÝM A LEVÝM NAPÍNÁKEM JE V ZÁVITU A POPISU NÁZVU

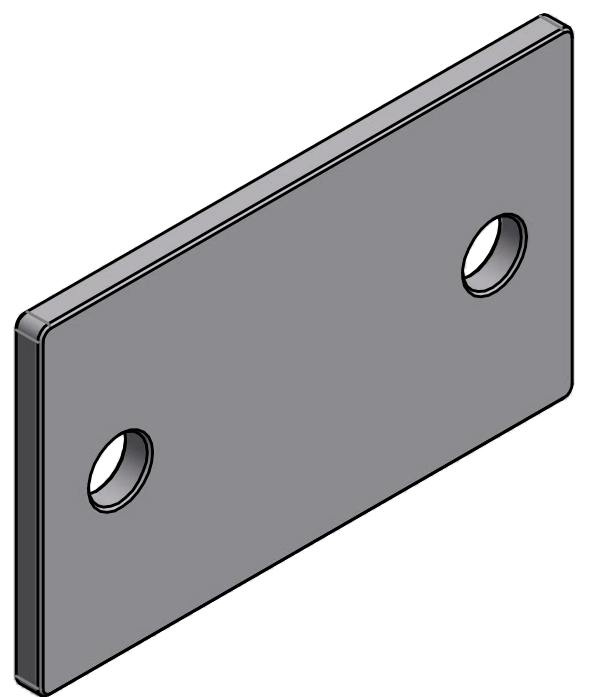
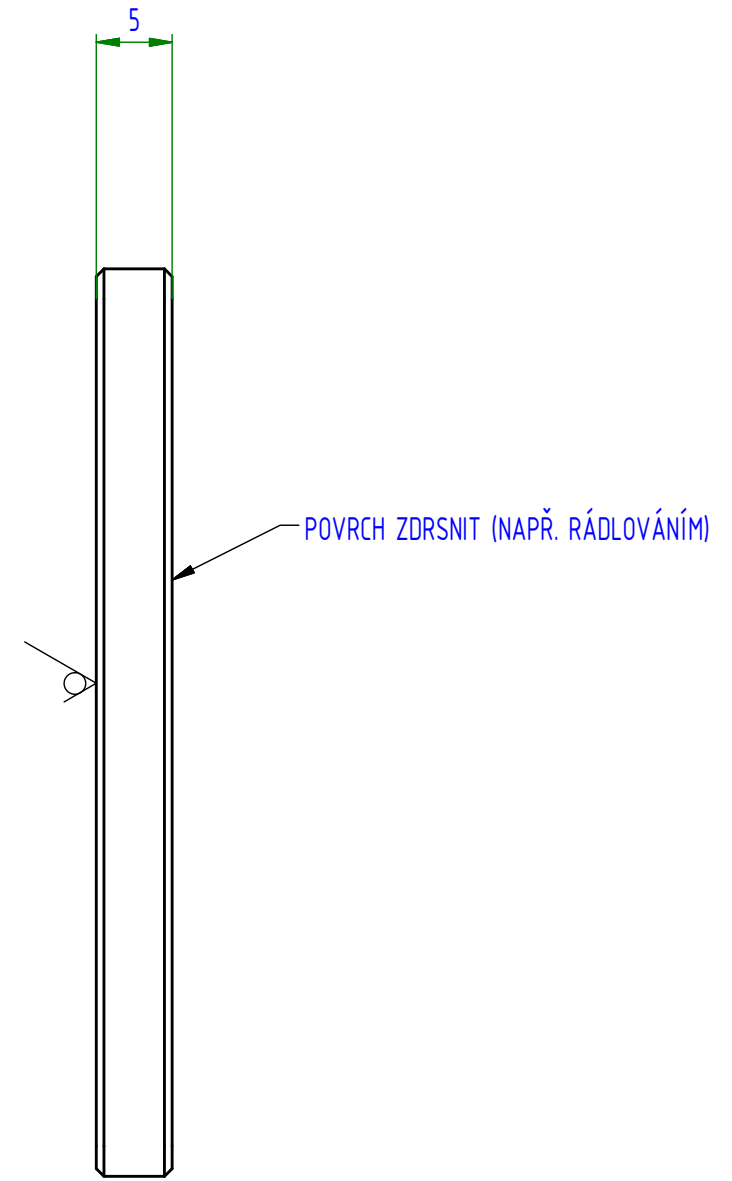
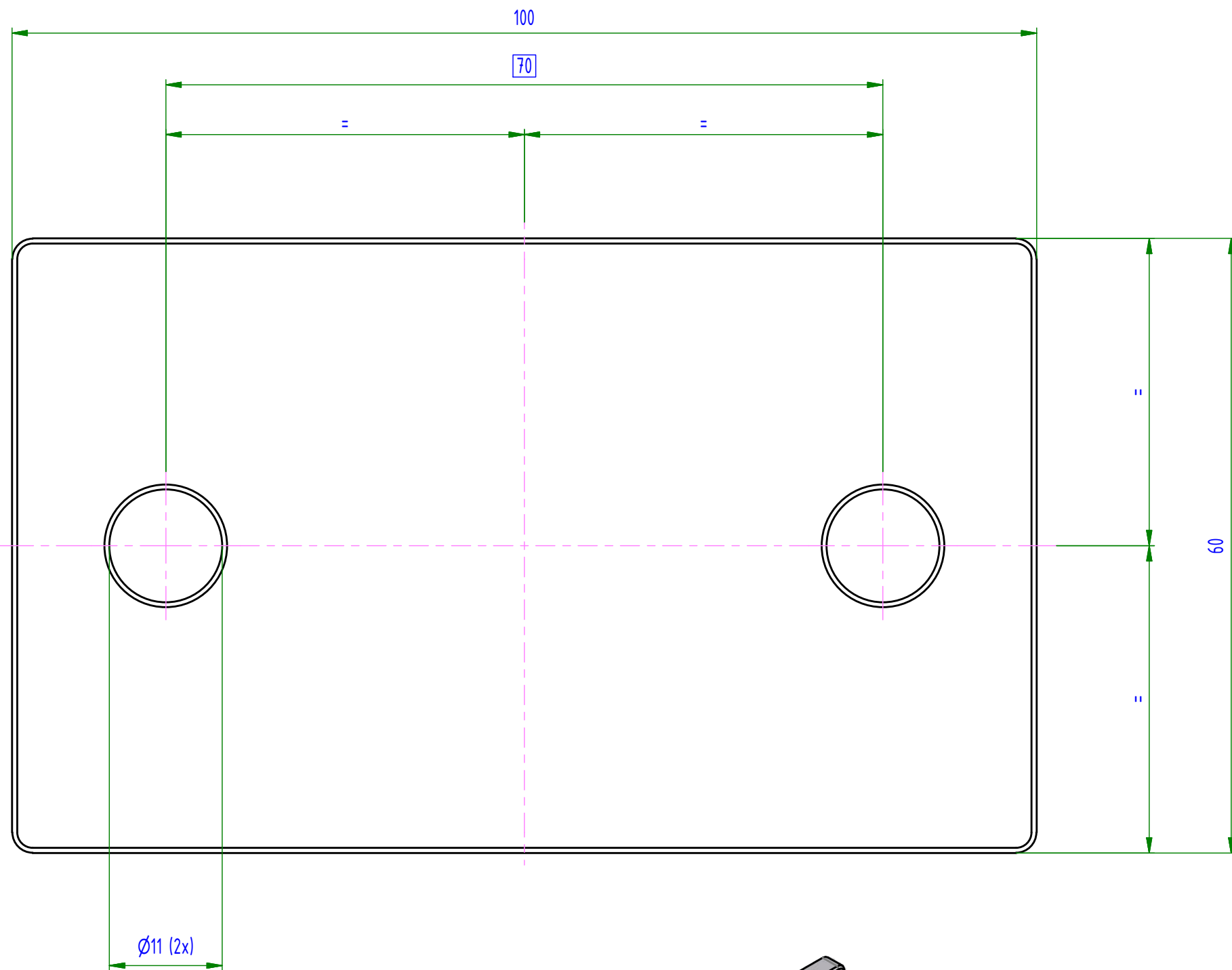
INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
MATERIÁL : EN AW 6082		Ks.	T.O.	HMOTNOST	1.30 kg
ROZM.-POLOT.				OBJEM	4.78705.15 mm ³
VYPR. Pavel Janků		NORM.REF.		POZN.	FORMÁT A3
PŘEZK.					
TECHNOL.		SCHVÁLIL		11.3.2015	PŮVODNÍ V. :
NÁZEV C:\Users\Weblin\Desktop\Bakalářská práce\Bakalářka - OLD\Napínák pravý - v.3 ipt				Č.V. :	
Napínák pravý - v.3				Listů 1	8 List 1



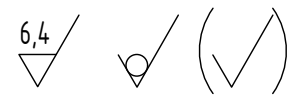
TOLERANCE DLE ISO 2768-mK

INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS		
MATERIÁL : ČSN 11 523		Ks.	T.O.	HMOTNOST 0,12 kg	MĚR.
ROZM.-POLOT.				OBJEM 15700,37 mm ³	
VYPR. Pavel Janků	NORM.REF.			POZN.	FORMÁT A3
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	11.3.2015	PŮVODNÍ V. :	Č.V. :	
NÁZEV C:\Users\Weblin\Desktop\Bakalářská práce\Bakalářka - OLD\Rukojet'.ipt					
Rukojet'					
				Listů 1	List 1





TOLERANCE DLE ISO 2768-mK
 VŠECHNY HRANY 0,5x45° SRAZIT



INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
MATERIÁL : EN AW 6082		Ks.	T.O.	HMOTNOST 0,08 kg	MĚŘ.
ROZM.-POLOT.				OBJEM 28935,82 mm ³	
VYPR. Pavel Janků	NORM.REF.			POZN.	FORMÁT A3
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	11.3.2015	PŮVODNÍ V. :	Č.V. :	
NÁZEV C:\Users\Weblin\Desktop\Bakalářská práce\Bakalářka - OLD\Upínací podložka - v.3\ipt					
Upínací podložka - v.3				Listů 1	List 1