

# Konstrukce přípravku dle ASTM D 5379- Losipescův test

Michal Brostík

---

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: **Michal Brostík**  
Osobní číslo: **T14906**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce přípravku dle ASTM D 5379-Losipescův test**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše v dané oblasti
2. Návrh konstrukčního řešení
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 bakalářské práce.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Milan Žaludek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**8. ledna 2016**

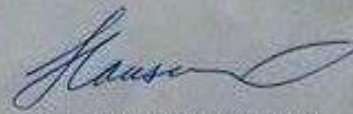
Termín odevzdání bakalářské práce:

**20. května 2016**

Ve Zlíně dne 11. 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 <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, 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.

---

<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**

Moje práce se zabývá zkouškami mechanických vlastností kompozitů. Především je zaměřena na zkoušku smykem kompozitních materiálů a návržení a zprovoznění přípravku pro měření modulu G, podle normy ASTM D 5379 -Losipescuv test. V teoretické části jsou uvedeny jednotlivé druhy zkoušek a rozdělení polymerů. V praktické potom technologický postup výroby přípravku a výkresová dokumentace.

Klíčová slova: kompozit, materiál, mechanické zkoušky, ASTM D 5379, zkouška smykem, modul, přípravek, zkušební stroj

## **ABSTRACT**

My work is concerned with testing the mechanical properties of composites. Mainly focuses on the shear tests of composite materials and designing and commissioning of measuring module G, according to standard with ASTM D 5379 -Losipescuv test. In the theoretical part there are particular types of tests and the distribution of polymers. The practical and technological procedure of preparation and design documentation.

Keywords: composite, material, mechanical tests, ASTM D 5379, shear test, module, preparation, testing machine

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Žaludkovi, Ph.D., za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a pozornost, kterou mi věnoval při vypracování bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat rodičům a kamarádům za dlouhodobou podporu při studiu na vysoké škole.

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

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 KOMPOZITNÍ MATERIÁL</b> .....	<b>10</b>
1.1 PŘEHLED KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ .....	10
1.2 ROZDĚLENÍ KOMPOZITŮ .....	11
<b>2 MECHANICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ</b> .....	<b>12</b>
2.1 MECHANICKÉ VLASTNOSTI.....	12
2.2 DĚLENÍ MECHANICKÝCH ZKOUŠEK.....	12
<b>3 DRUHY MECHANICKÝCH ZKOUŠEK</b> .....	<b>13</b>
3.1 ZKOUŠKA TAHEM .....	13
3.1.1 Zkouška tahem u kompozitů .....	13
3.2 ZKOUŠKA OHYBEM.....	14
3.3 ZKOUŠKA TLAKEM .....	15
3.3.1 Zkouška tlakem u kompozitů .....	15
3.4 ZKOUŠKY SMYKEM U KOMPOZITŮ .....	17
3.4.1 Zkouška smykem ASTM D 5379 .....	18
3.4.2 Odporové tensometry .....	18
3.4.3 Zkouška smykem ASTM D 4255 .....	24
3.4.4 Zkouška smykem ASTM D 2344 .....	25
3.4.5 Smykový vzorek s V vrubem ASTM D 7078.....	27
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>4 ZKUŠEBNÍ STROJE PRO PŘÍPRAVEK ASTM D 5379</b> .....	<b>30</b>
4.1 ZKUŠEBNÍ STROJ ZWICK 1456 .....	30
4.2 ZKUŠEBNÍ STROJ SHIMADZU AG-CC 50kN .....	32
4.3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY SOUČÁSTÍ PŘÍPRAVKU ASTM D 5379 .....	35
4.3.1 Technologický postup .....	35
<b>5 POSTUP SESTAVENÍ FINÁLNÍ SESTAVY PŘÍPRAVKU ASTM D 5379</b> .....	<b>63</b>
5.1 PODSESTAVA VODÍCÍ ČEP + KOSTKA.....	63
5.2 PODSESTAVA ZUB LEVÁ ČÁST + ŠOUPÁTKO.....	64
5.3 PODSESTAVA ZUB PRAVÁ ČÁST + ŠOUPÁTKO.....	65
5.4 PODSESTAVA HROT + HLAVA HROTU .....	66
5.5 FINÁLNÍ SESTAVA PŘÍPRAVKU ASTM D 5379.....	67
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>70</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>71</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>72</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>73</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH:</b> .....	<b>76</b>



## ÚVOD

V dnešní době se všude kolem nás nachází množství kompozitních materiálů. Používají se hojně ve stavebnictví a dopravě, zejména u těchto odvětví musí být jejich vlastnosti na nejlepší úrovni, aby nebyla narušena bezpečnost osob, které jsou v kontaktu s tímto druhem materiálu. Pro stanovení těchto vlastností nám slouží mechanické zkoušky, které jsou nezbytné u všech druhů materiálu a hlídají naši bezpečnost v běžném životě. Tato bakalářská práce se proto zabývá návrhem přípravku pro zkoušku kompozitních materiálů. Zkouška se zabývá určením smykových vlastností kompozitu, jedná se konkrétně o zkoušku ASTM D 5379- Losipescův test. Zkouška byla vyvinuta v USA kolem roku 1980 a je hojně používaná po celém světě. Zkouška se provádí na zkušebních strojích Shimadzu a Zwick, které můžeme najít i na naší univerzitě. Podstata této zkoušky spočívá v tom, že zkoušený vzorek je upnutu do přípravku ASTM D 5379 a je na něj pomocí hrotu vyvinuta síla. Na základě provedené zkoušky se stanoví modul pružnosti ve smyku. Deformace se u této zkoušky měří pomocí tensometrů upevněných na zkušebním tělese.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 KOMPOZITNÍ MATERIÁL

## 1.1 Přehled kompozitních materiálů

Kompozitní materiály jsou druhy materiálu, ve kterých jsou charakteristickým způsobem spojovány dva nebo více komponentů. U komponentů se výrazně liší mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti. Vlastnosti kompozitu jsou dány spojením vlastností všech obsažených druhů látek a jejich podílů v kompozitu. Je pravidlem, že výsledné vlastnosti materiálu několikanásobně převýší vlastnosti použitých částí na výrobu kompozitu. U kompozitních materiálů jsou nejdůležitější dvě složky, tzv. komponenty. Tyto složky se nazývají matrice a výztuž. Matrice je hlavní nosník, jejím hlavním úkolem je obklopovat a vzájemně vázat výztuž, přenášet zatížení mezi vlákny, vytvářet a spojovat plnivo a určuje tvar finálního profilu. Úlohou výztuže je přenos hlavního zatížení na matici. Kombinací matrice a výztuže tvořících rozdílnou soustavu složek vzniká výsledný homogenní materiál. Pro zjednodušenou představu kompozitu je možno brát obyčejnou cestu, po které všichni jezdíme. Matici tvoří asfalt a výztuhu její pevný podklad.

V dnešní době se nacházejí kompozity všude kolem nás, jejich uplatnění je v mnoha výrobních a provozních oblastech. Ve strojírenství je to například v dopravě, energetice, lodní dopravě, letecké dopravě, ale také ve vojenském průmyslu, například pro balistickou ochranu. Největší podíl tvoří kompozity založené na vyztužování polymerů polyesterových a vynilesterových pryskyřic.

Vlastnosti kompozitních materiálů jsou dány jejich výrobou a použitým typem matrice a výztuže. [1]



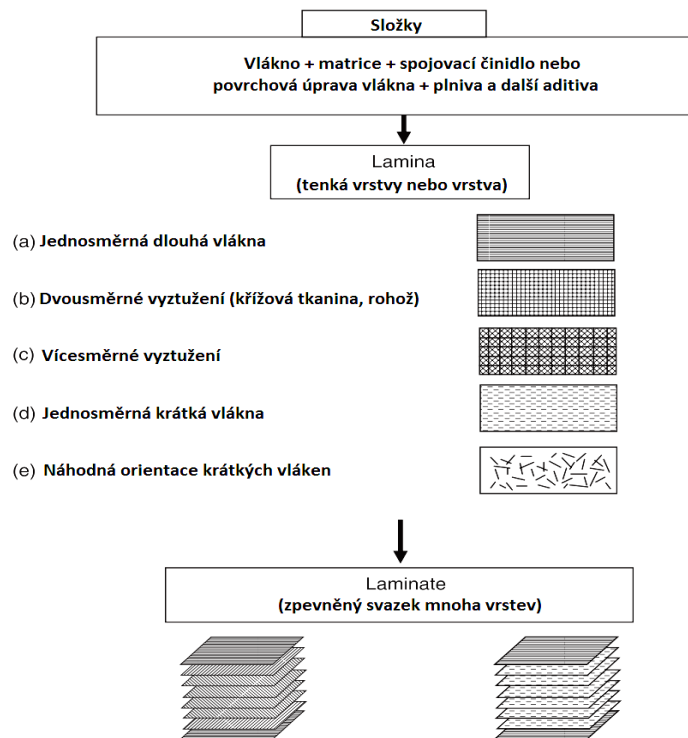
Obrázek č. 1. Kompozitní materiály

## 1.2 Rozdělení kompozitů

Kompozitní materiály dělíme podle několika měřítek. Nejčastěji je to podle matrice a výztuže. Můžeme je také dělit podle uspořádání vláken, nebo podle vrstev. [1]

### Typy kompozitů:

- Částicové kompozity (výrobky pro automobilový průmysl, sport)
- Vláknové kompozity (dřevo, kosti, skelné a aramidové lamináty)



Obrázek č. 2. Geometrické znázornění tvaru [2]



Obrázek č. 3. Klasifikace vláknových kompozitů [3]

## 2 MECHANICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ

### 2.1 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti umožňují vyhodnocovat chování materiálů za působení vnějších sil také za působení dalších vlivů. Hodnoty mají fyzikální význam, nebo jiné chování za daných podmínek, které určí zkouška. Fyzikální hodnoty lze překomponovat pro jiné tvary a rozměry. Jiné chování nelze převádět pro vyhodnocení vlastností a zpracování materiálů.

Zkoušení materiálů je nutné především pro kontrolu jakosti a pro důležité znalosti při výzkumných pracích k vyhodnocování technologických postupů při výrobě součástí. [4]

### 2.2 Dělení mechanických zkoušek

**Mechanické zkoušky dělíme podle:**

- druhu zatěžování (statické, dynamické)
- vyhodnocovaných vlastností (pevnost, tvrdost, únava)
- namáhání (tah, tlak, ohyb, krut)
- teploty a venkovních vlivů

Zkoušky je pro zabezpečení porovnatelnosti nutno normovat. Výsledky může podstatně ovlivnit způsob odebrání vzorků.

- zkušební kus
- zkušební vzorek
- místo odebrání
- volba vlastností

Normy ČSN udávají počet vzorků podle jejich množství, způsobů výroby a nároků na bezpečnost. Zásady pro odběr jsou:

- neodebírat vzorky v místech s předpokládanými vadami
- vzorek musí projít celý výrobní proces
- reprezentace dávky a výroby
- brát ohled na volbu směru zkoušeného vzorku
- brát ohled na značení abychom nepoškodili zkušební část [4]

### 3 DRUHY MECHANICKÝCH ZKOUŠEK

#### 3.1 Zkouška tahem

Je to nejpoužívanější mechanická zkouška. Zkoušená tělesa jsou většinou bez vrubů a vzniká v nich při provádění zkoušce jednoosá tahová napjatost. S touto variantou se v praxi příliš často nepotkáváme, ale z našich dosavadních zkušeností umíme tuto zkoušku velmi dobře vyhodnotit a posoudit správné vlastnosti zkoušeného materiálu. Tahová zkouška se řídí národní formou ČSN EN 10002 [4]



Obrázek č. 4. Zkušební tělesa pro tahovou zkoušku u kompozitů

#### 3.1.1 Zkouška tahem u kompozitů

U kompozitů je typickým představitelem tahová zkouška ASTM D 3039.

Určuje vlastnosti kompozitních materiálů v rovině tlaku. Tato metoda může být použita pouze pro testování kompozitních materiálů, ve kterých se laminát vyrovnává se směrem, kterým vedou vlákna vzhledem k provedení zkoušky.

U této zkoušky vyhodnocujeme:

- Pevnost v tahu
- Modul v pružnosti

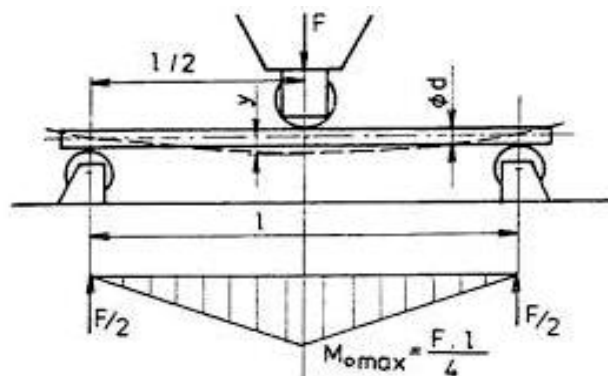
$$E = \frac{\sigma_1^b - \sigma_1^a}{\varepsilon_1^b - \varepsilon_1^a} [MPa] \quad (1)$$



Obrázek č. 5 tahová zkouška ASTM D 3039

### 3.2 Zkouška ohybem

Zkouška se řadí mezi statické destruktivní zkoušky. Cílem této zkoušky je určit maximální průhyb zkoušeného tělesa  $y_{\max}$ . Principem ohybové zkoušky je, že těleso je uchyceno na dvou podporách a uprostřed pomyslného nosníku působí ohybová síla. Síla vyvolává deformaci, kterou zaznamenáváme až do destrukce zkoušeného materiálu. Zkouška se provádí jak u křehkých tak u houževnatých materiálů. U křehkých materiálů dochází k lomu. U této zkoušky můžeme použít zkušební vzorky s vruby, ty mají různou velikost a tvar, mají výrazný vliv na výsledné hodnoty zkoušky. Po průběhu zkoušky vyhodnocujeme základní veličiny jako je pevnost v ohybu, maximální ohybový moment, průhyb a průřezový modul: [4]

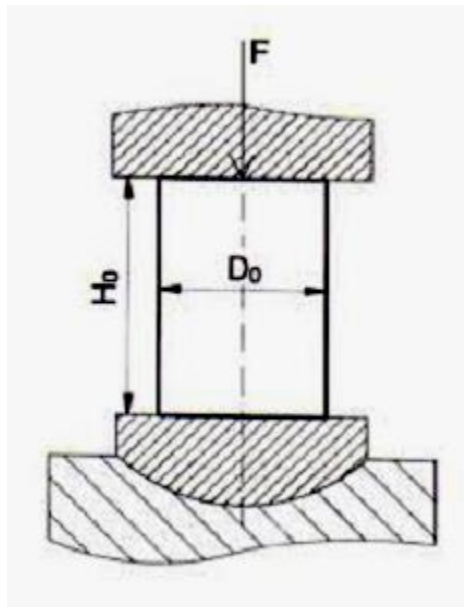


Obrázek č. 6. Zkouška ohybem

### 3.3 Zkouška tlakem

Princip zkoušky je, že zkušební těleso (nejčastěji válec) je upevněno mezi dvěma čelistmi, na které působí tlaková síla, která tlačí čelisti k sobě. Tímto pohybem dojde k destrukci zkušebního tělesa v rovinách pod úhlem 45°. Těmito rovinami působí největší smykové napětí. Zkouška se provádí u křehkých materiálů jako je šedá litina, nebo u houževnatých materiálů. U houževnatých materiálů vzniká vlivem tření sudovitý tvar zkoušeného tělesa.

[4]



Obrázek č. 7 Zkouška tlakem

#### 3.3.1 Zkouška tlakem u kompozitů

U kompozitů je typickým příkladem tlaková zkouška ASTM D 3410 a ASTM D 695

ASTM D 695 : u této zkoušky vyhodnocujeme:

- Pevnost v tlaku
- Modul pružnosti v tlaku

$$E = \frac{\sigma_1^b - \sigma_1^a}{\varepsilon_1^b - \varepsilon_1^a} [\text{MPa}] \quad (2)$$





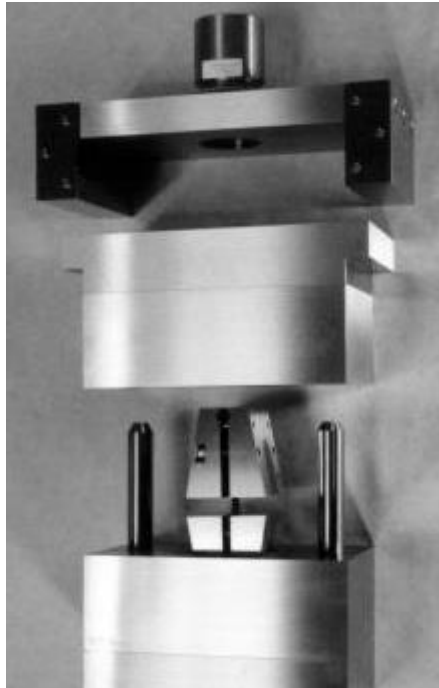
Obrázek č. 8 Zkouška ASTM D 695

– ASTM D 3410

Testování ASTM D určuje vlastnosti kompozitních materiálů v rovině tlaku polymerní matrice vyztužené vlákny s vysokým modulem pevnosti.



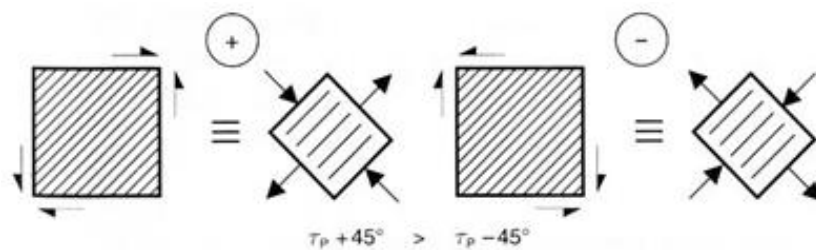
Obrázek č. 9 ASTM D 3410



Obrázek č. 10 ASTM D 3410

### 3.4 Zkoušky smykem u kompozitů

Zkouška se provádí pro stanovení pevnosti kompozitních materiálů ve smyku závislých na směru namáhání. Jednosměrný vyztužený laminát má větší pevnost ve směru vláken, než ve směru kolmém na vlákna. Pevnost ve smyku je závislá na směru namáhání. Jestliže namáhání působí v kladném směru, poté se jedná o příčné namáhání tlakové. Jestliže napětí působí v záporném směru, poté se jedná o napětí tahové. Z toho vyplývá, že pevnost ve smyku je u kladného směru vyšší než u záporného směru namáhání. [5]



Obrázek č. 11 Smykové napětí v závislosti na směru zatížení

Obecně u smykových zkoušek polymeru určujeme:

- jednoosý tah +/- 45° laminátu: provádí se podle normy ASTM D 3518
- smykové testy s dvojitým a trojitým vedením: provádí se podle normy ASTM D 4255
- smykový vzorek s V vrubem: provádí se podle normy ASTM D 7078
- krut tenkostěnné trubky: provádí se podle normy ASTM D 5448 [6]

#### 3.4.1 Zkouška smykem ASTM D 5379

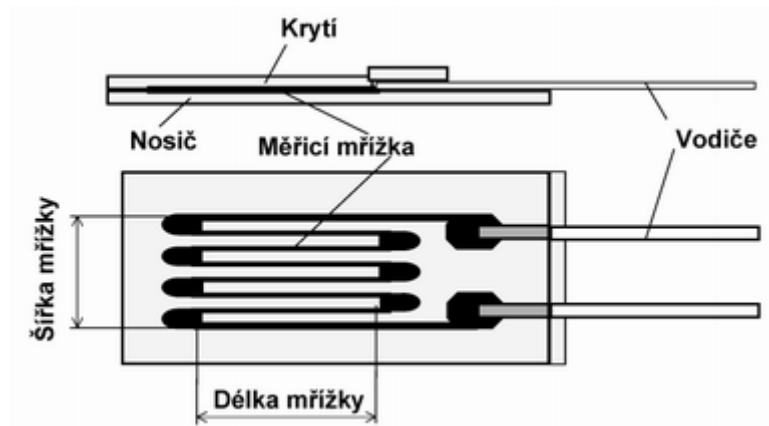
V našem případě se budeme více zabývat zkouškami ASTM (American standard test method). Jako první si ukážeme zkoušku ASTM D 5379, pro kterou navrhujeme konstrukci přípravku. Zkouška se provádí na základě normy ASTM D 5379/D 5379M-98. Zkušební těleso je hranol konstantního obdélníkového průřezu s dvěma drážkami. Vzorek se před zkouškou označí identifikačním číslem a po určení jeho průměrné šířky a tloušťky je zařazen do zkušební sady. Podle průměru a šířky se volí rychlost zatěžování nosníkem. (obvyklá rychlost je 2mm/min). Zkouška bude přerušena po destrukci zkušební vzorku, nebo po překročení povolené deformace. Deformaci měříme pomocí tensometrů, které jsou připevněny na zkušebním tělese.

Toto zkouškou v podstatě určujeme smykové vlastnosti kompozitních materiálů, které jsou vyztuženy vlákny s vysokým modulem pevnosti. Tyto materiály jsou vyztužené kompozity, které mají buď souvislé, nebo nesouvislé vlákna. ASTM D 5379 se také běžně označuje jako Losipescův test. [6]

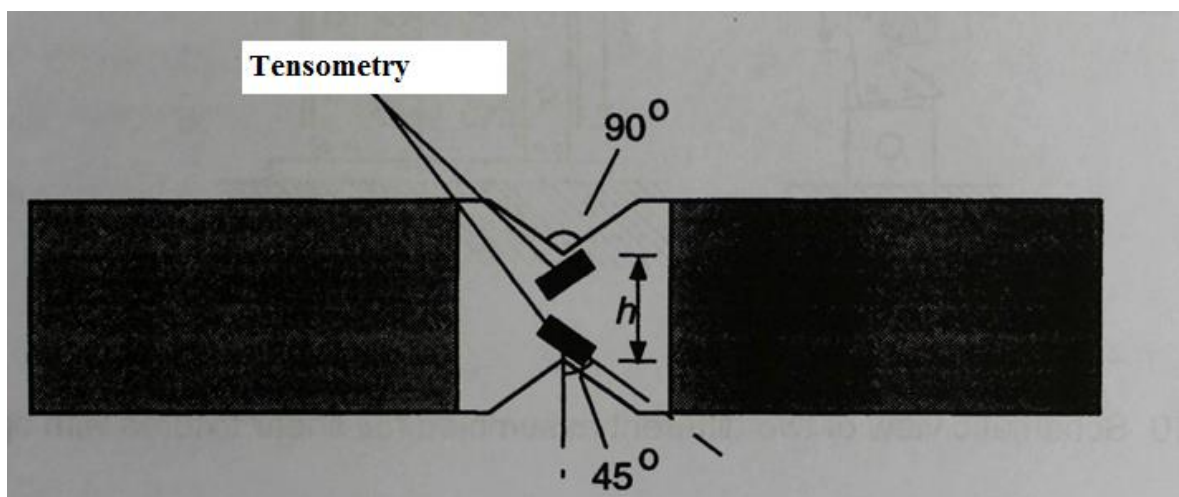
#### 3.4.2 Odporové tensometry

Moderní stavba strojů a konstrukcí se neobejde bez metod experimentální pružnosti, které umožňují prověřit správnost teoretických rozborů a úvah. Zvláště cenné jsou metody, které dovolují sledovat vlastnosti a chování strojů nebo konstrukcí přímo za jejich pracovních podmínek. Tyto možnosti poskytuje zejména metoda tensometrická používající jako snímačů mechanických veličin odporových tenzometrů. Jejich princip spočívá v tom, že k měřené součásti se pevně připojí vodič tak, aby věrně sledoval deformace měřené součásti, vyvolané zatěžujícími silami. Následkem změny délky a z ní vyplývající změny prů-

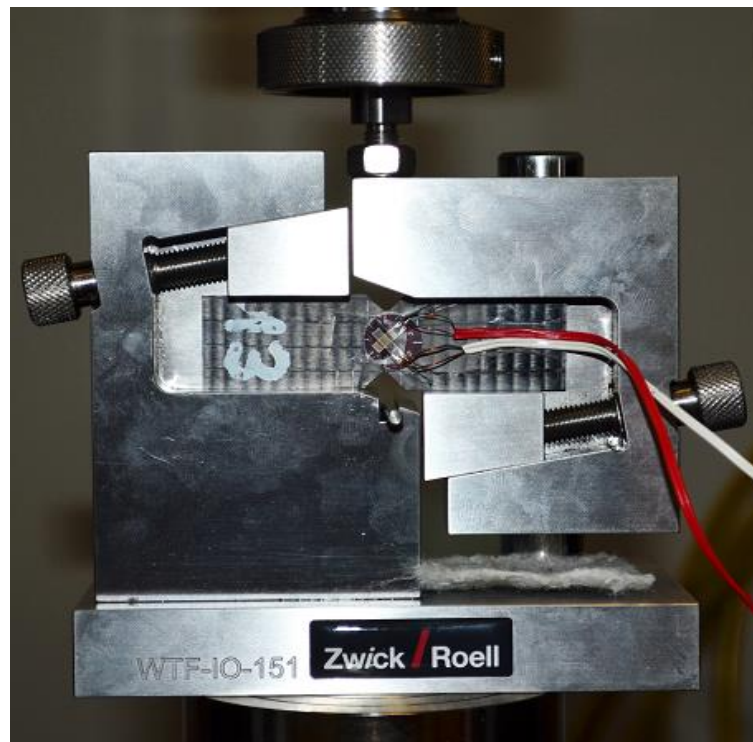
řezu vodiče se mění jeho odpor. Změny odporu jsou tedy měřítkem deformace povrchu součásti. Realizace odporového tenzoru je jednoduchá: odporový drátek se nalepí na nosný podklad, který tensometru dodá dostatečnou tuhost a mechanickou odolnost pro běžné zacházení. Pro praktické použití se odporový tensometr nalepí na žádané místo povrchu měřené součásti. Uspořádání odporového drátku do vinutí působí, že snímač je citlivý nejen na deformace ve směru podélné osy tensometru, ale i na deformace ve směru kolmém k podélné ose tensometru.



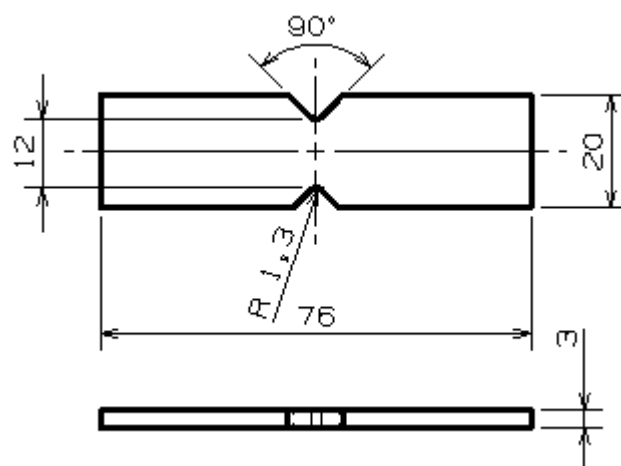
Obrázek č. 12 Odporový tensometr



Obrázek č. 13 Přesná poloha tensometrů na zkušebním vzorku ASTM D 5379



Obrázek č. 14 Přípravek ASTM D 5379



Obrázek č. 15 Zkušební těleso zkoušky ASTM D 5379

Na základě provedené zkoušky se stanoví:

- modul pružnosti ve smyku

$$E = \frac{\mu_b - \mu_a}{\sigma_b - \sigma_a} [MPa] \quad (2)$$

$\mu_b$  - určená deformace zkoušeného tělesa vyšší než  $\mu_b = 0,4\%$

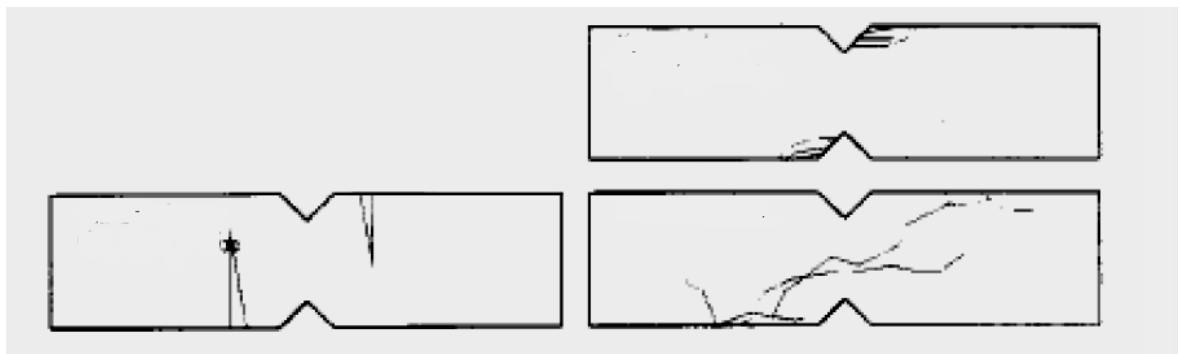
$\mu_a$  - určená deformace vzorku  $\mu_a = 0,15\%$  -  $\mu_a = 0,25\%$

$\sigma_a$  - napětí ve vzorku pro deformaci  $\mu_a$

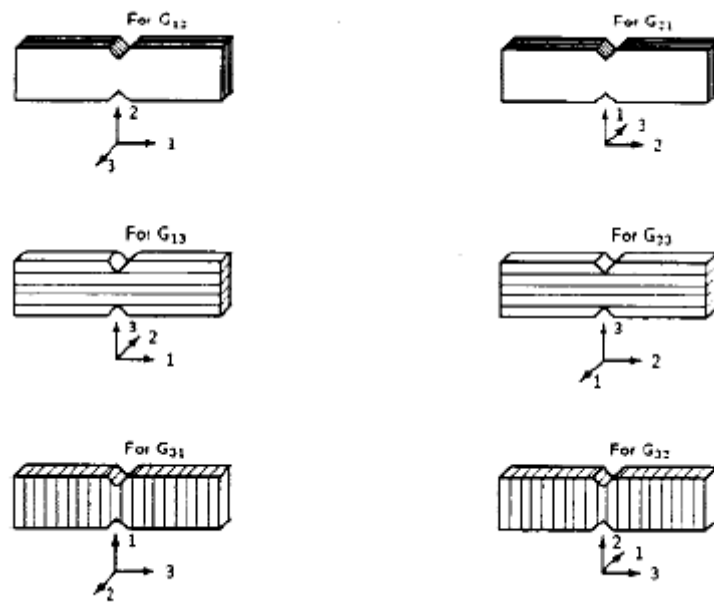
$\sigma_b$  - napětí ve vzorku pro deformaci  $\mu_b$  [5]



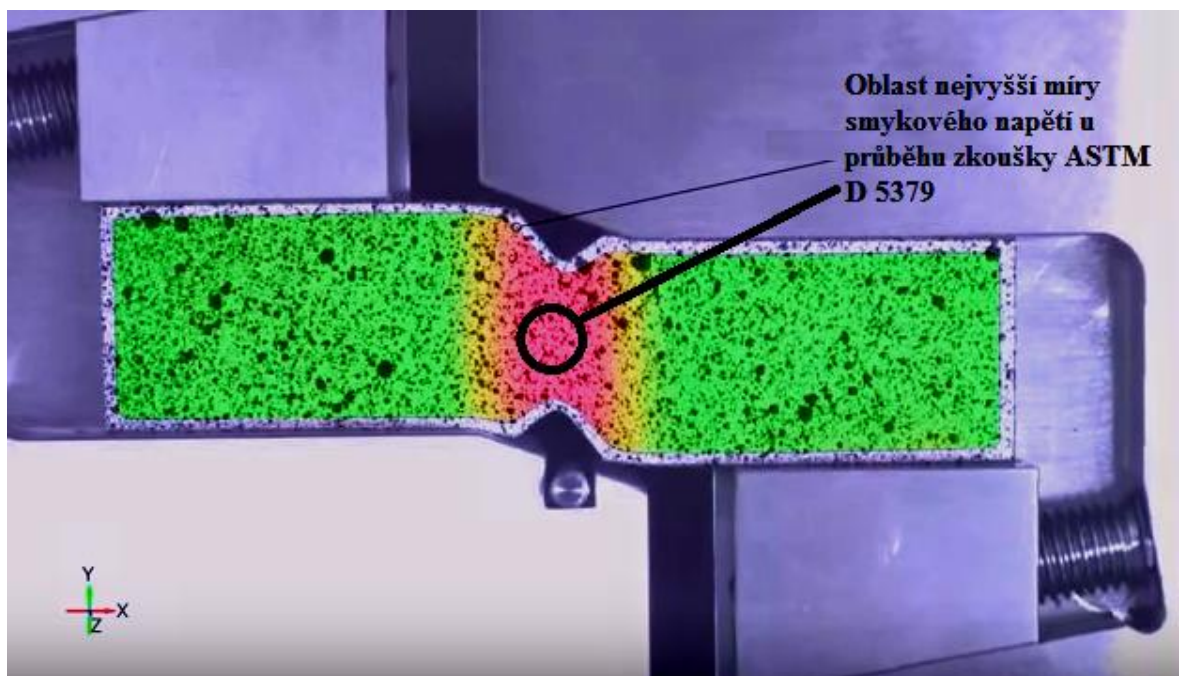
Obrázek č. 16 Typické přijatelné poruchy zkušebního vzorku ASTM D 5379



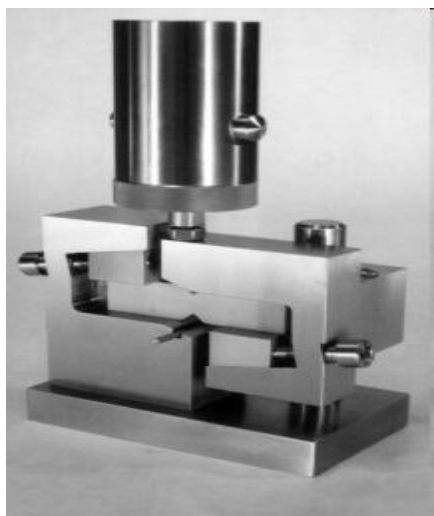
Obrázek č. 17 Typické nepřijatelné poruchy zkušebního vzorku ASTM D 5379



Obrázek č. 18 Směry napětí u zkoušky ASTM D 5379



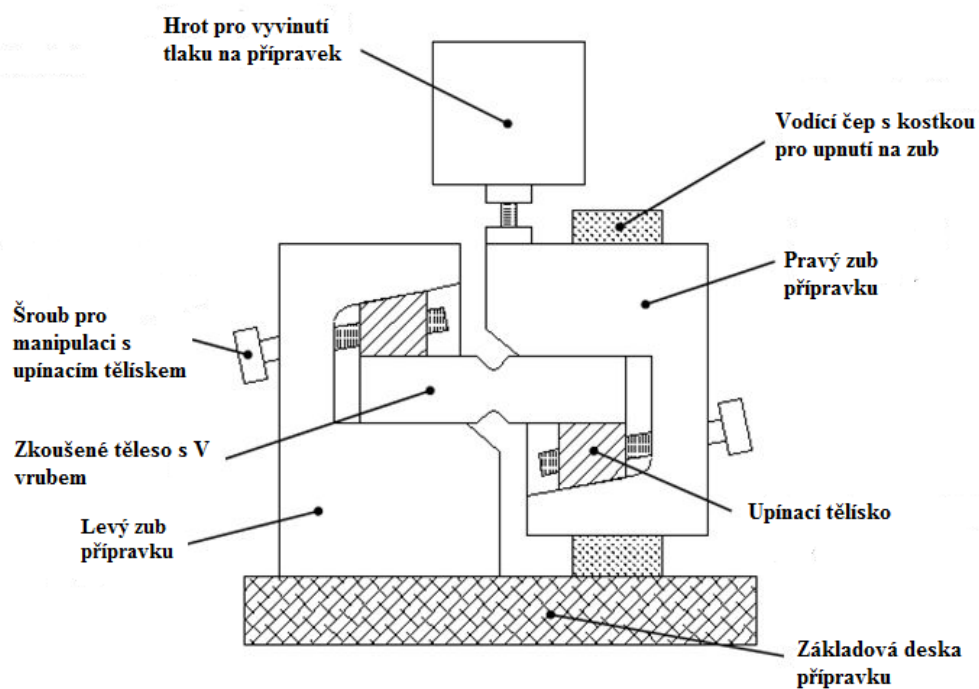
Obrázek č. 19 Napětí u zkoušky ASTM D 5379



Obrázek č. 20 Přípravek ASTM D 5379

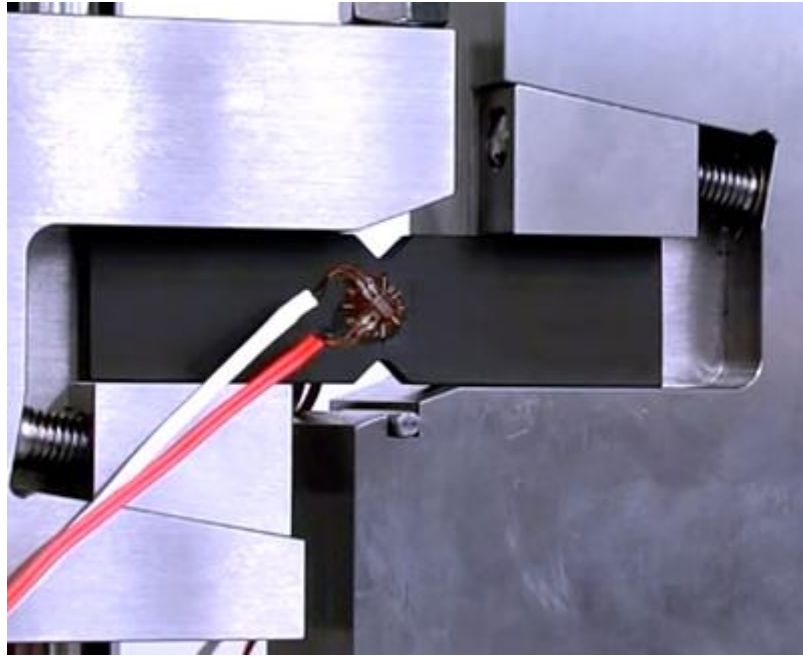


Obrázek č. 21 přípravek ASTM D 5379



Obrázek č. 22 Popis přípravku ASM D 5379

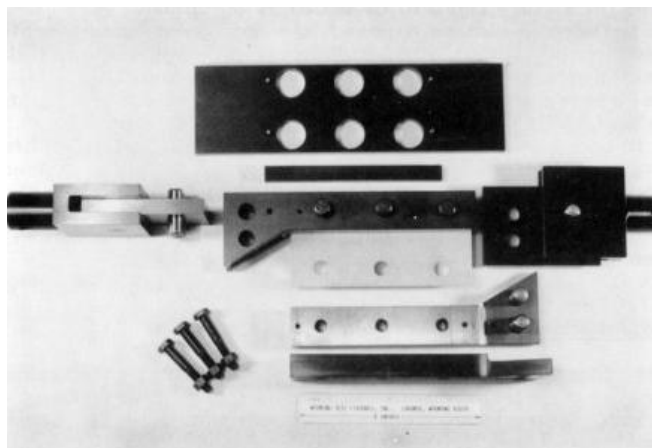




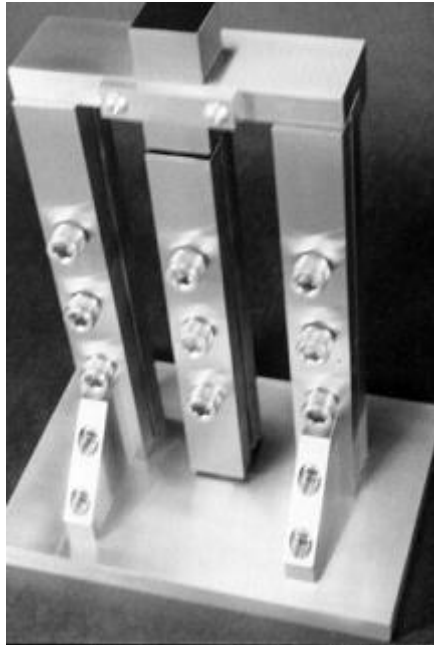
Obrázek č. 23 Tensor napětí umístěný na zkušebním vzorku ASTM D 5379

### 3.4.3 Zkouška smykem ASTM D 4255

Jedná se o smykové testy s trojím vedením. Tato metoda určuje smykové vlastnosti vysoce vyztuženého kompozitního materiálu. [6]



Obrázek č. 24 Zkouška ASTM D 4255

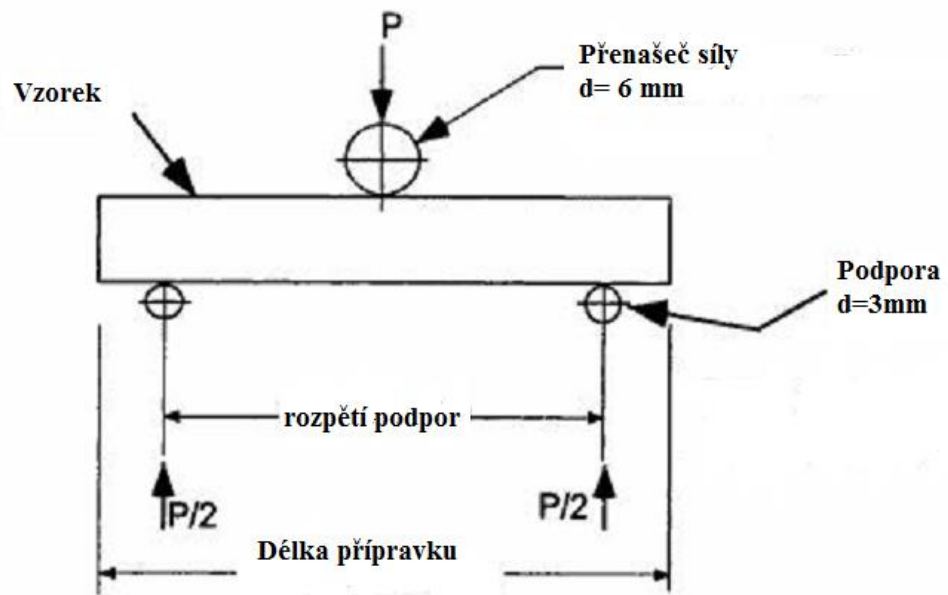


Obrázek č. 25 Zkouška ASTM D 4255 s trojím vedením

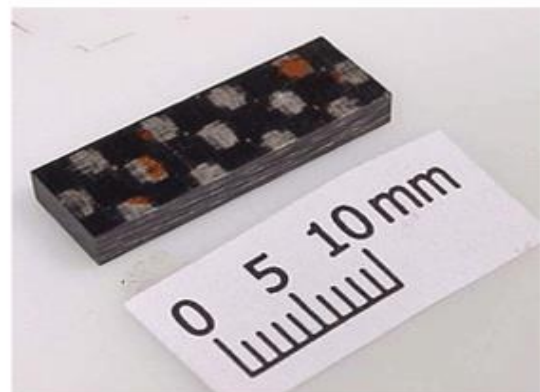
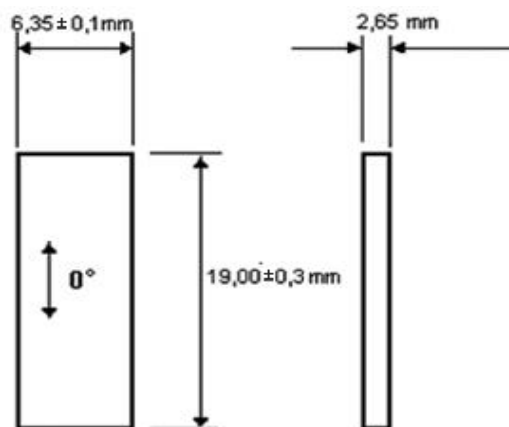
#### 3.4.4 Zkouška smykem ASTM D 2344

Zkouška ASTM D 2344 určuje pevnost ve smyku mezi paralelními vlákny vyztužených kompozitů. Princip zkoušky spočívá v tom, že testovaný kompozit je uložený na nosníku o dvou podporách. Uprostřed nosníku působí tlaková síla, která je přenášena pomocí válečku o průměru 6,3 mm. Tato síla působí na kompozit rychlostí klesání 1,3 mm/s. Vzorky jsou buď malé segmenty vyříznuté z kroužku, nebo krátkých paprsků řezaných z plochého laminátu. Na standardním testu, mohou být silnější než 6,4 mm. Jejich rozměry jsou vypočteny před každou zkouškou, to nám zaručuje, že výsledky budou co nejpřesnější. Vzorky jsou skladovány při běžné pokojové teplotě, nebo při zvýšené. Všechno závisí na aplikaci.

[6]



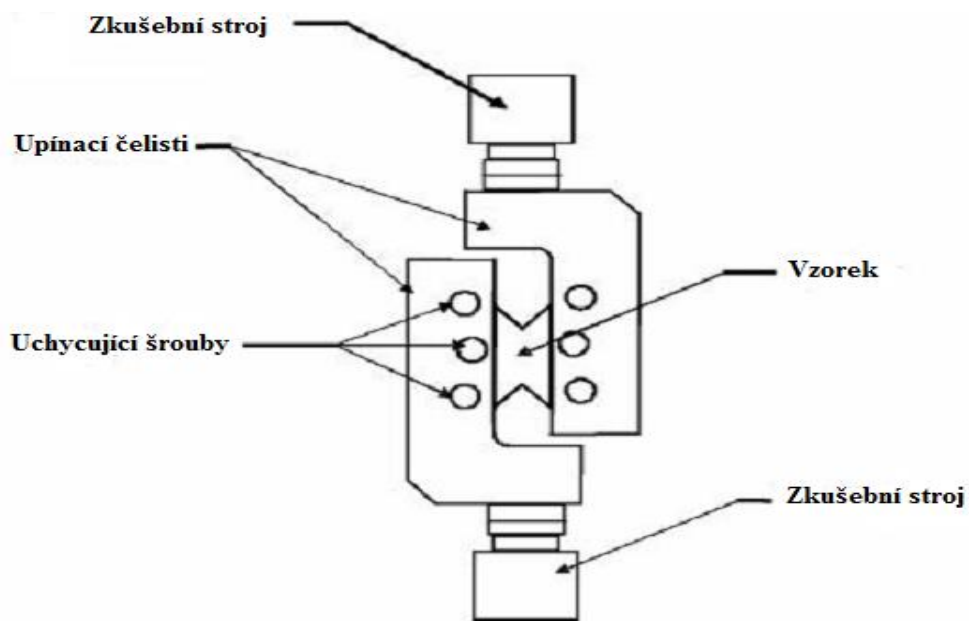
Obrázek č. 26 Popis zkoušky ASTM D 2344



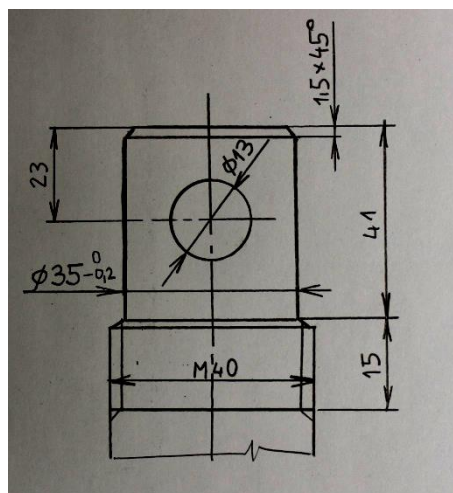
Obrázek č. 27 Příklad zkušebního vzorku zkoušky ASTM D 2344

### 3.4.5 Smykový vzorek s V vrubem ASTM D 7078

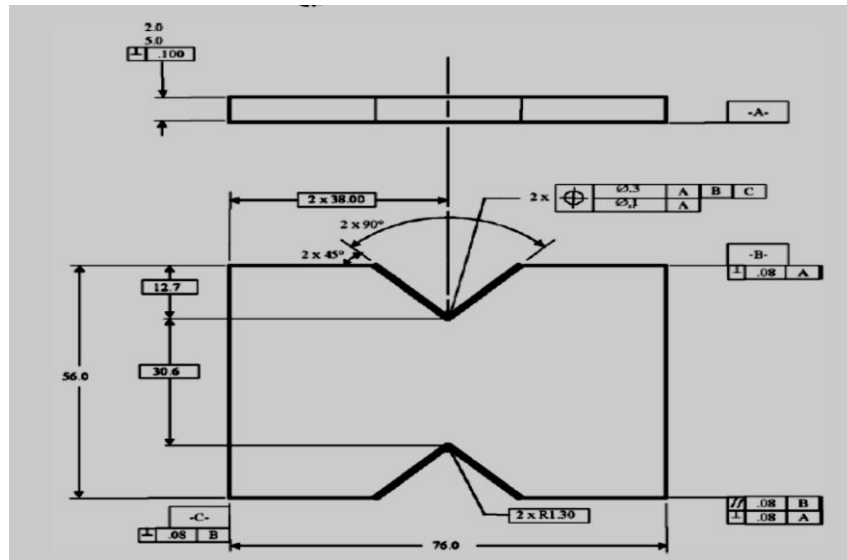
Zkouškou určujeme smykové vlastnosti kompozitů. Vzorky jsou ploché s V vrubem. Tento vrub má významný vliv na vyhodnocování získaných dat. U této zkoušky vyhodnocujeme pevnost ve smyku, skosení a modul pružnosti ve smyku. [5]



Obrázek č. 28 Popsaný přípravek zkoušky ASTM D 7078



Obrázek č. 29 Čep pro upevnění do zkušebního stroje normy ASTM D 7078



Obrázek č. 30 Zkušební vzorek zkoušky ASTM D 7078

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 ZKUŠEBNÍ STROJE PRO PŘÍPRAVEK ASTM D 5379

### 4.1 Zkušební stroj Zwick 1456

Přípravek, který navrhujeme, bude používán na zkušebním stroji Zwick 1456 a Shimadzu AG-AC 50 kN.

Zkušební stroj Zwick 1456 slouží k měření mechanických vlastností materiálů. Na tomto stroji se zkouška ASTM D 5379 vyhodnocuje pomocí tensometrů.



Obrázek č. 31 Zkušební stroj Zwick 1456

#### Technické parametry

Snímač síly: 20 KN a 2,5 KN

Pracovní výška: 1160 mm

Celková šířka: 630 mm

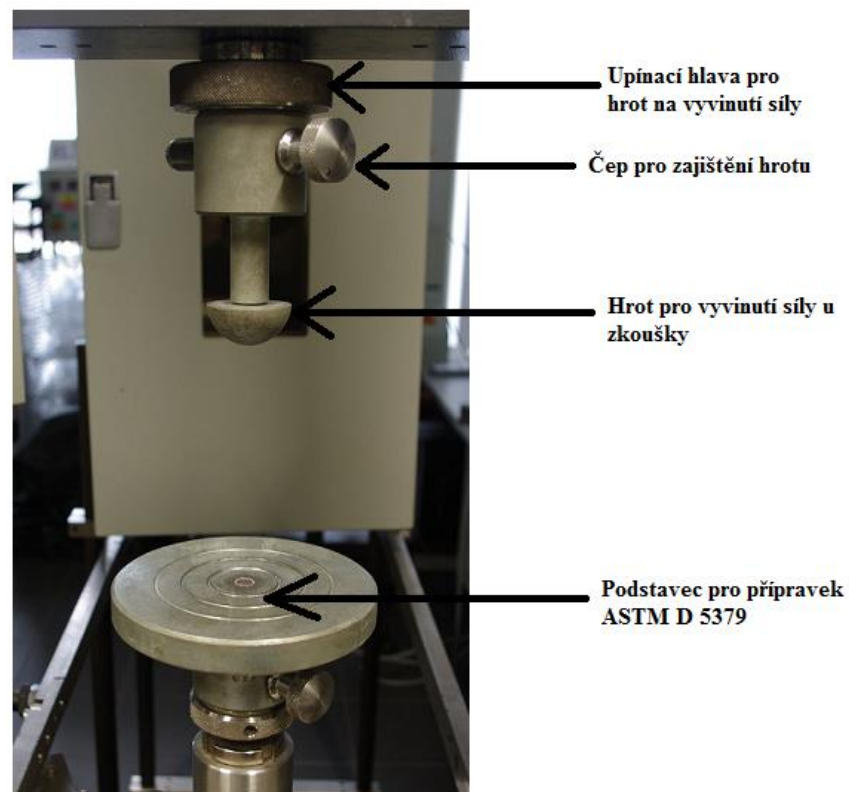
Celková výška: 2012 mm

Strojová výška: 1284 mm

Pracovní šířka: 420 mm

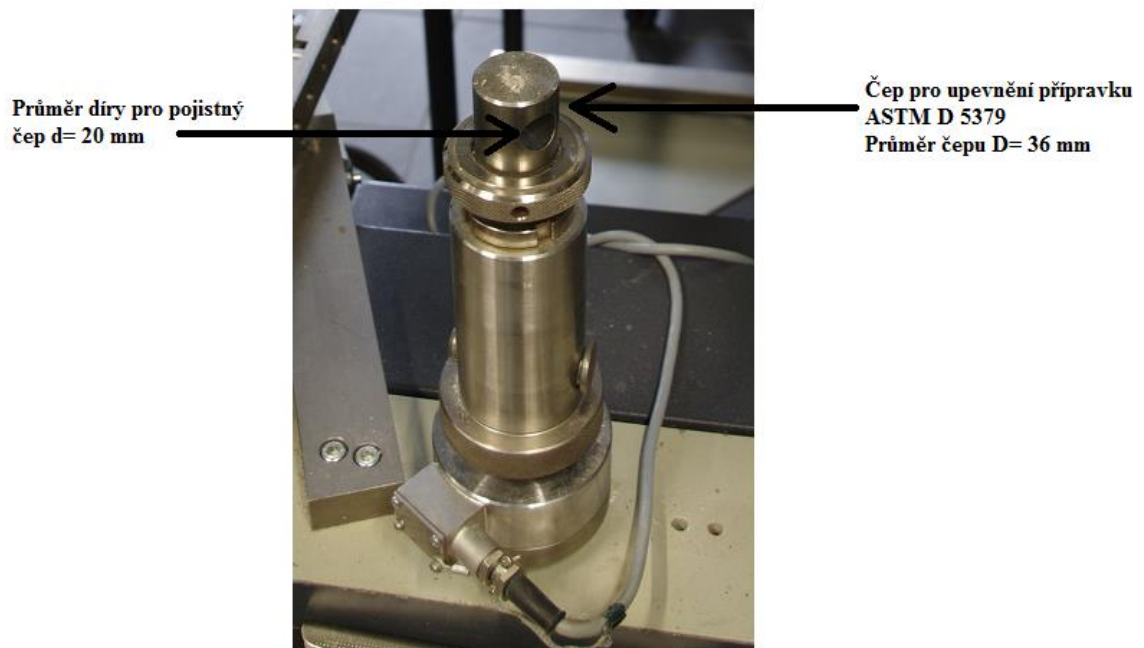
Hmotnost: 150 kg

Maximální zkušební rychlost: 750 mm/min [7]



Obrázek č. 32 Zkušební stroj Zwick 1456





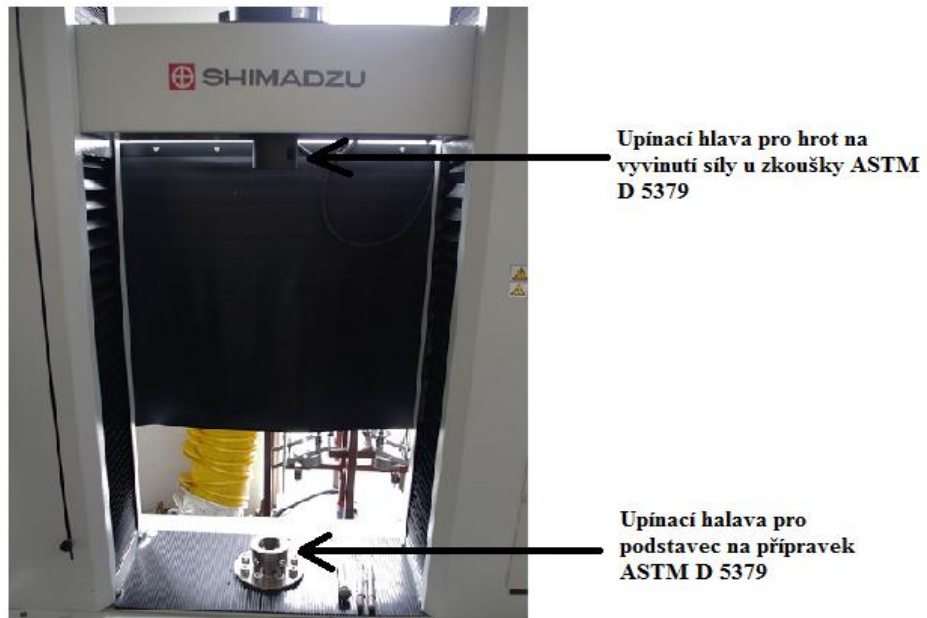
Obrázek č. 33 Čep na pro upevnění přípravku

#### 4.2 Zkušební stroj Shimadzu AG-CC 50kN

Na tomto stroji se zkouška ASTM D 5379 vyhodnocuje pomocí videoextenzometru. Na zkušební těleso se připevní značky, mezi kterými se poté měří vzdálenost, která vzniká vlivem působící síly. Zkouška se provádí i pomocí laserových bodů.



Obrázek č. 34 Značky pro vyhodnocování zkoušky pomocí videoextenzometru



Obrázek č. 35 Zkušební stroj Shimadzu AG-CC 50kN



Obrázek č. 36 Videoextensometr zkušebního stroje Shimadzu AG-CC 50kN



Obrázek č. 37 Měření deformace laserovým extenzometrem

**Technické parametry Shimadzu:**

Snímač síly: 10 KN

Pracovní výška: 1150 mm

Celková šířka: 579 mm

Celková výška: 2012 mm

Strojová výška: 1606 mm

Pracovní šířka: 500 mm

Hmotnost: 150 kg

Maximální zkušební rychlost: 1500 mm/min [8]

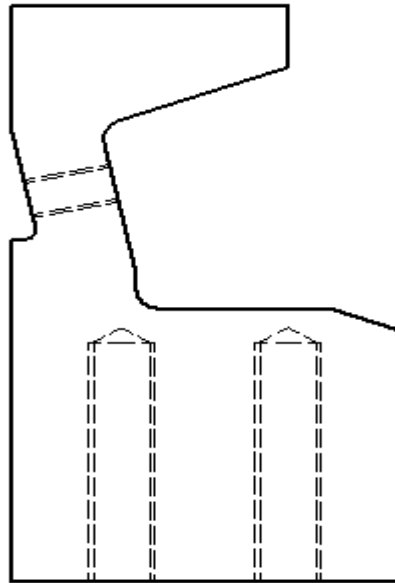
### **4.3 Technologický postup výroby součástí přípravku ASTM D 5379**

#### **4.3.1 Technologický postup**

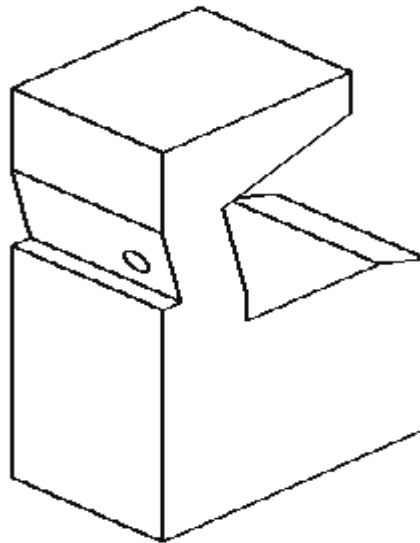
Technologický postup je popis operací, kterými prochází obrobek při přeměně až v hotovou součást. Popisuje potřebné nástroje a podmínky pro co nejjednodušší výrobu a co nejmenší finanční náklady.

#### **Součást 1. – technologický postup (Zub-levá část)**

Součást 1. slouží k ustavení zkoušeného tělesa. Slouží taky jako nosník při zatěžování silou, která působí na přípravek v průběhu zkoušky.



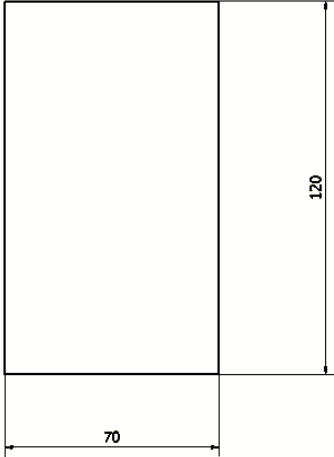
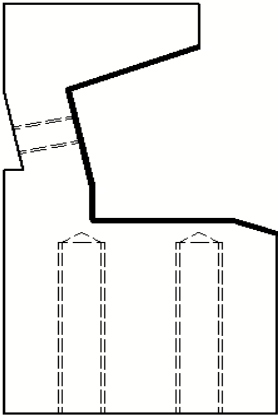
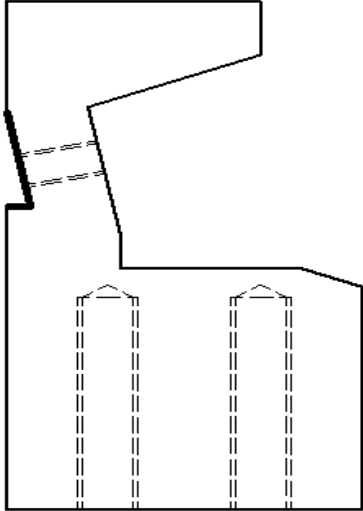
Obrázek č. 38 Zub levá část

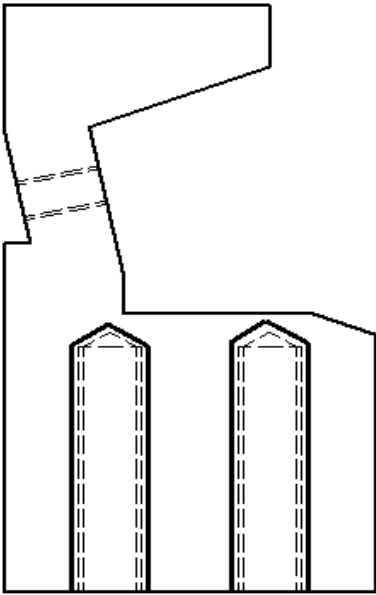
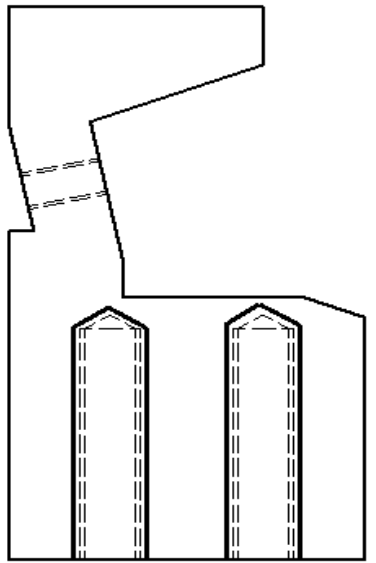


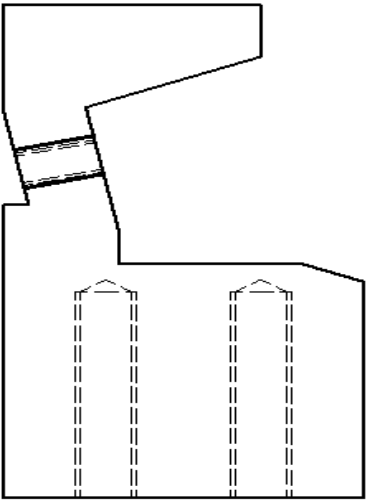
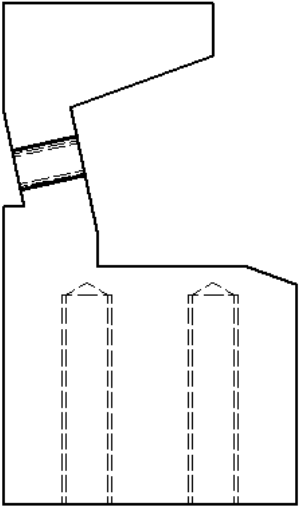
Obrázek č. 39 Zub levá část-3D pohled

Volím materiál součásti 1: OCEL 11 600. Polotovar součásti: ocelová tyč čtyřhranná 150x150mm.

Tabulka č. 1 Technologický postup výroby součásti 1

Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovar 70x120x40 mm		Pásová pila	Pilový pás	$V_c=80-90$ m/min $R_a=1,6$
2	Frézovat tvar polotovaru (rozměry dle výkresu)		CNC obráběcí centrum	Fréza válcová čelní krátká, hladká stopka, SK $\varnothing 5$ mm	$V_c = 125$ m/min $f_z = 0,025-0,075$ mm/zub $h_z = 5$ mm $R_a = 1,6$
3	Frézovat tvar polotovaru (rozměry dle výkresu)		CNC obráběcí centrum	Fréza válcová čelní krátká, hladká stopka, SK $\varnothing 3$ mm	$V_c = 125$ m/min $f_z = 0,025-0,075$ mm/zub $h_z = 5$ mm $R_a = 1,6$

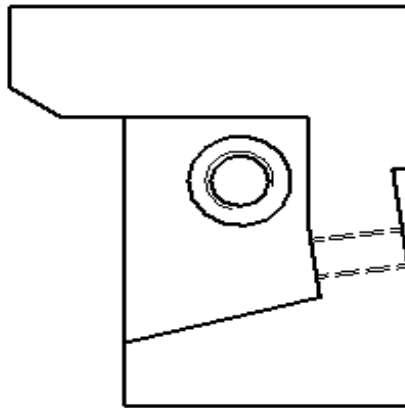
4	Vrtat díru pro závit M12, Ø vrtáku 10,5 mm		Stolová vrtačka	Vrták do kovu se zúženou stopkou, SK	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2
5	Vyřezat závit M12		Závitový hydraulický stroj CMA –řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký závitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z

6	Vrtat díru pro závit M8; Ø vrtáku 7mm		CNC- obráběcí centrum	Vrták do kovu ze, zúženou stopkou	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2
7	Řezat závit M8-6H		Závitový hydraulický stroj CMA –řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký zá- vitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z

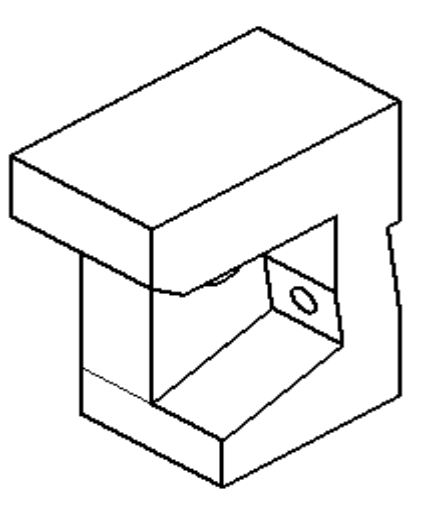
### Součást 2 – technologický postup (Zub- pravá část)

Součást 2. slouží jako hlavní přenašeč síly působící na zkušební těleso. Slouží taky k ustavení zkušebního tělesa.





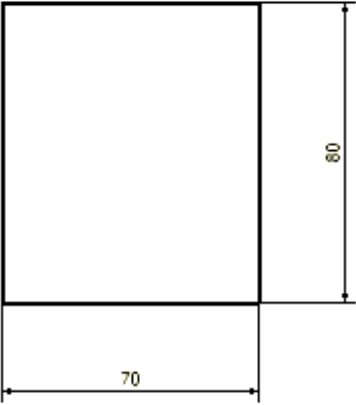
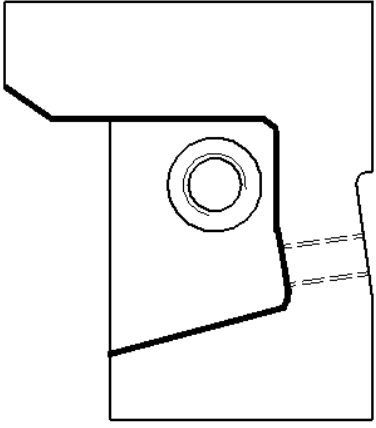
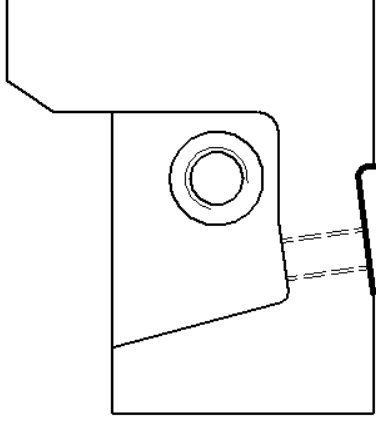
Obrázek č. 40 Zub-pravá část

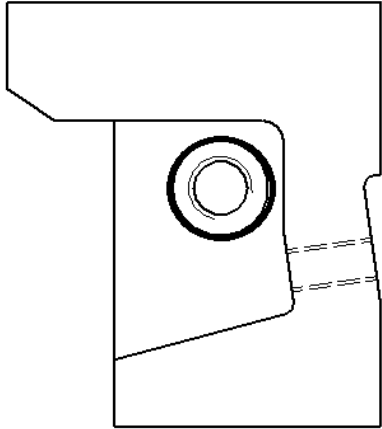
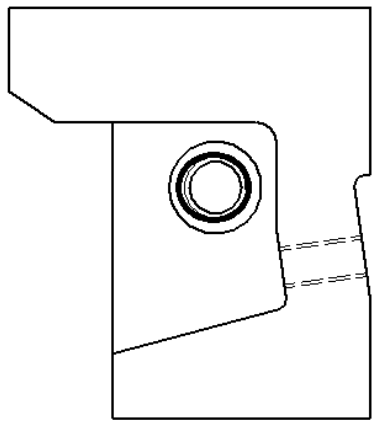
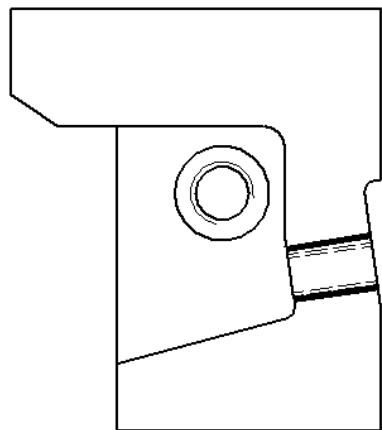


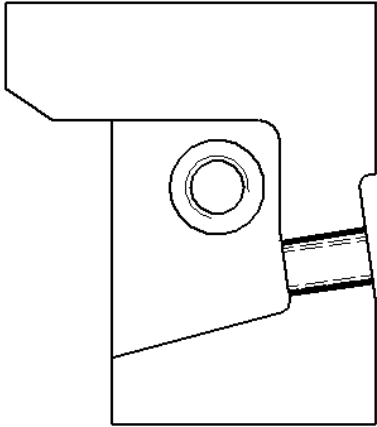
Obrázek č. 41 Zub pravá část- 3D pohled

Volím materiál součásti 2: OCEL 11 600. Polotovar součásti: Ocelová tyč čtyřhranná 150x150mm.

Tabulka č. 2 Technologický postup výroby součásti 2

Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovary 70x120x40 mm		Pásová pila	Pilový pás	$V_c=80-90$ m/min $R_a=1,6$
2	Frézovat tvar polotovaru (rozměry dle výkresu)		CNC obráběcí centrum	Fréza válcová čelní krátká, hladká stopka, SK $\varnothing 5$ mm	$V_c = 125$ m/min $f_z = 0,025-0,075$ mm/zub $h_z = 5$ mm $R_a = 1,6$
3	Frézovat tvar polotovaru (rozměry dle výkresu)		CNC obráběcí centrum	Fréza válcová čelní krátká, hladká stopka, SK $\varnothing 3$ mm	$V_c = 125$ m/min $f_z = 0,025-0,075$ mm/zub $h_z = 5$ mm $R_a = 1,6$

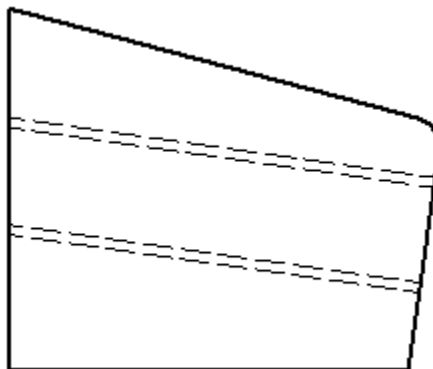
4	Vrtat díru Ø 18 mm, hloubka 12 mm		Stolová vrtačka	Vrták do kovu se zúženou stopkou, SK	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2
5	Vrtat díru pro závit M 12; Ø vrtáku 10,5 mm		Závitový hydraulický stroj CMA -řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký zá- vitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z
6	Vrtat díru pro závit M8; Ø vrtáku 7mm		CNC- obráběcí centrum	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2

7	Řezat závit M8-6H		Závitový hydraulický stroj CMA -řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký zá- vitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z
---	----------------------	---	--	---	---------------------------

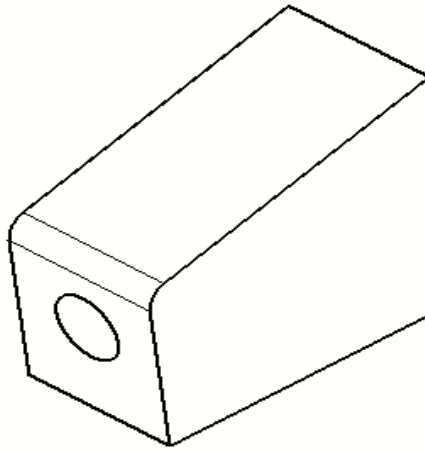
### Součást 3 – technologický postup (šoupátko-pravá část)

Volím materiál součásti 3: OCEL 11 600. Polotovar součásti: Ocelová tyč čtyřhranná 30x30 mm.

Součást 3 slouží k upnutí tělesa mezi zuby a k vyrovnání případných nerovností, které mohou vzniknout při upínání tělesa do přípravku.

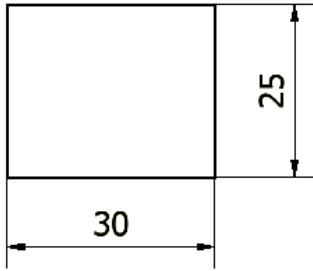
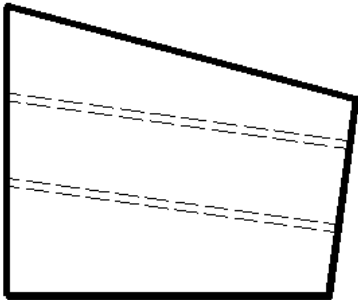


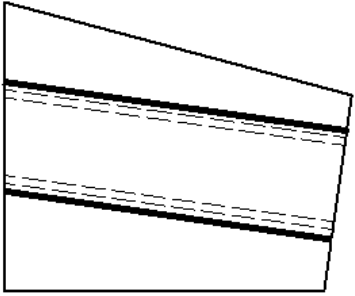
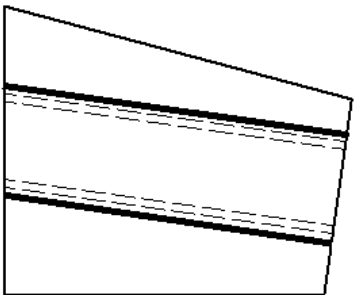
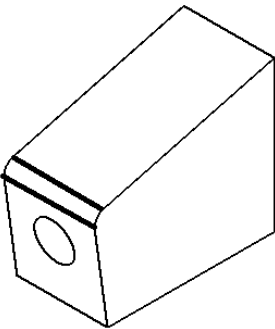
Obrázek č. 42 Šoupátko-pravá část



Obrázek č. 43 Šoupátko pravá část 3D pohled

Tabulka č. 3 Technologický postup výroby součásti 3

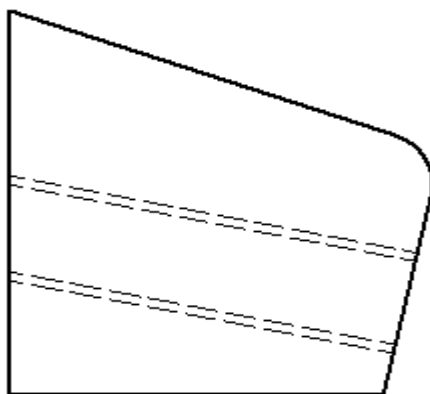
Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovár 30x25x15 mm		Pásová pila	Pilový pás	$V_c=80-90$ m/min $R_a=1,6$
2	Frézovat tvar polotovaru (rozměry dle výkresu)		CNC obráběcí centrum	Fréza válcová čelní krátká, hladká stopka, SK $\varnothing 5$ mm	$V_c = 125$ m/min $f_z= 0,025-0,075$ mm/zub $h_z=5$ mm $R_a=3,2$

3	Vrtat díru pro závit M8; Ø vrtáku 7mm		CNC obráběcí centrum	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2
4	Řezat závit M8-6H		Závitový hydraulický stroj CMA –řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký závitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z
5	Zaoblit hranu R=2mm		CNC obráběcí centrum	Fréza válcová čelní krátká, hladká stopka, SK Ø 2 mm	Vc = 125m/min fz= 0,025-0,075 mm/zub hz=5mm Ra=3,2

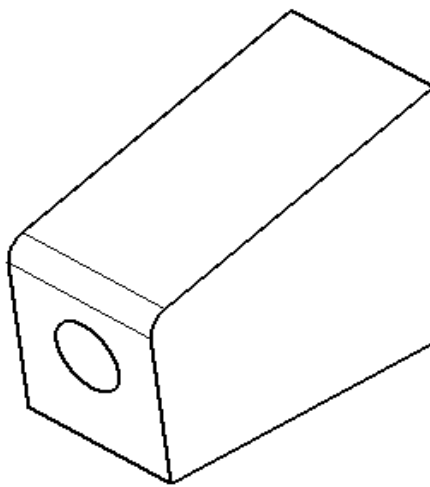
#### Součást 4 – technologický postup (šoupátko-levá část)

Volím materiál součásti 3: OCEL 11 600. Polotovar součásti: Ocelová tyč čtyřhranná 30x30 mm.

Součást 4 slouží k upnutí tělesa mezi zuby a k vyrovnání případných nerovností, které mohou vzniknout při upínání tělesa do přípravku.

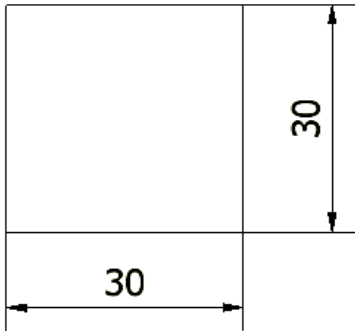
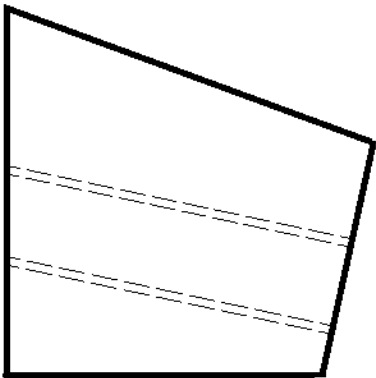
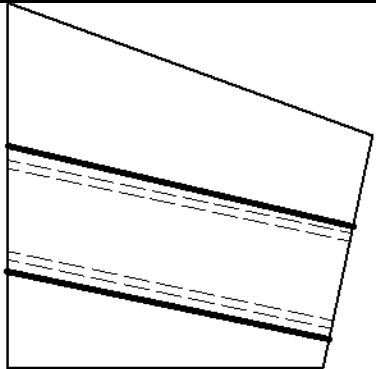


Obrázek č. 44 Šoupátko- levá část

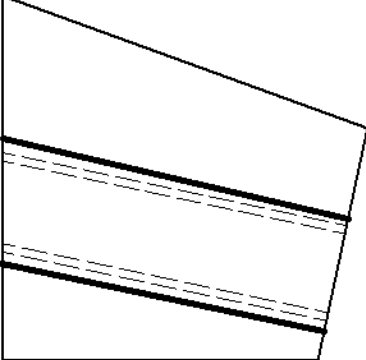
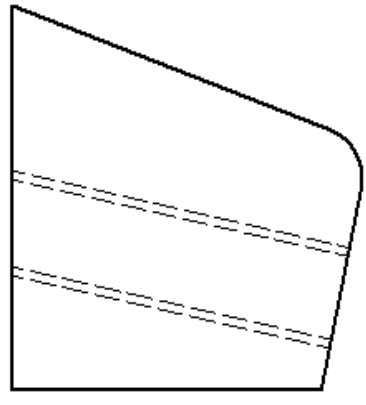


Obrázek č. 45 Šoupátko pravá část 3D pohled

Tabulka č. 4 Technologický postup výroby součásti 4

Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovar 30x30x15 mm		Pásová pila	Pilový pás	$V_c=80-90$ m/min $R_a=1,6$
2	Frézovat tvar polotovaru (rozměry dle výkresu)		CNC obráběcí centrum	Fréza válcová čelní krátká, hladká stopka, SK $\varnothing 5$ mm	$V_c = 125$ m/min $f_z = 0,025-0,075$ mm/zub $h_z=5$ mm $R_a=3,2$
3	Vrtat díru pro závit M8; $\varnothing$ vrtáku 7mm		CNC obráběcí centrum	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	$V_c=50$ m/min $f_o = 0,05$ mm/ot $R_a=3,2$

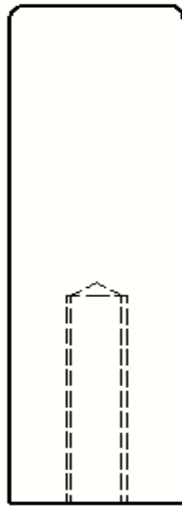


4	Řezat závit M8-6H		Závitový hydraulický stroj CMA -řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký zá- vitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z
5	Zaoblit hranu R=4mm		CNC obrá- běcí cen- trum	Fréza vál- cová čelní krátká, hladká stopka, SK Ø 4 mm	Vc = 125m/min fz= 0,025-0,075 mm/zub hz=5mm Ra=3,2

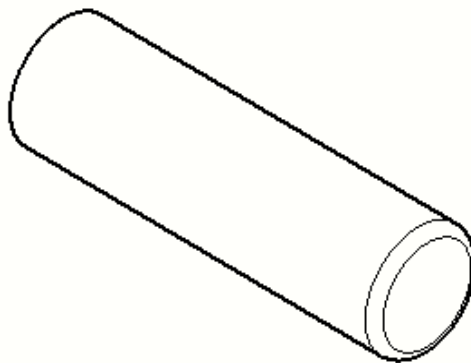
**Součást 5 – technologický postup (čep na posouvání)**

Součást 5 slouží k posouvání zubu který přenáší sílu působící na zkušební těleso.

Volím materiál součásti 4: OCEL 11 600. Polotovar součásti: Ocelová tyč  $\varnothing$  40 mm.

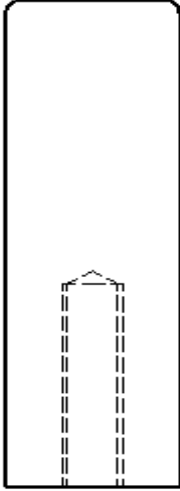
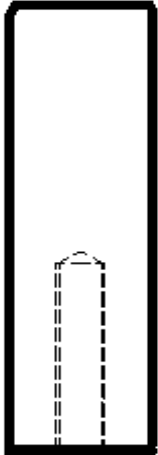
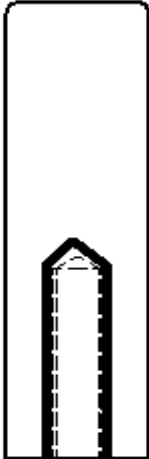


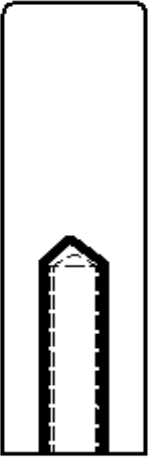
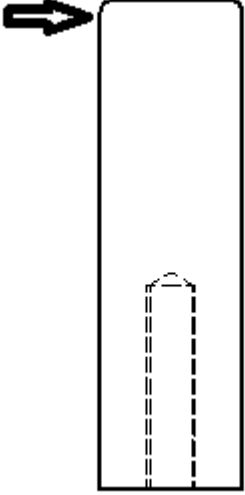
Obrázek č. 46 Čep na posouvání



Obrázek č. 47 Čep na posouvání-3D pohled

Tabulka č. 5 Technologický postup výroby součásti 5

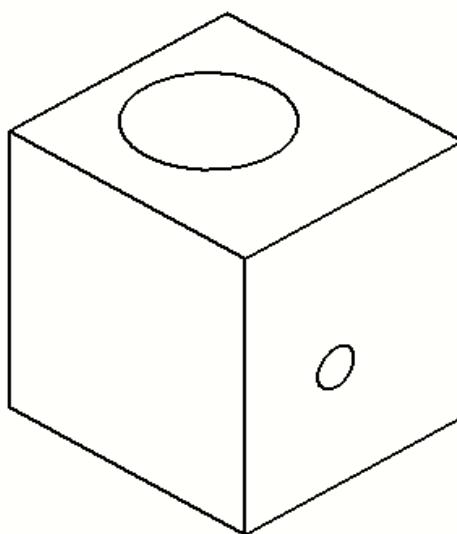
Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovar Ø 40 mm Délka L= 120 mm		Pásová pila	Pilový pás	Vc=80-90 m/min Ra=1,6
2	Soustružit průměr polotovaru D =35mm/h6		CNC obráběcí centrum	Soustružnický nůž stranový s výměnnou destičkou	Vc= 250m/min f=0,3mm/ot t=0,5mm Ra=1,6
3	Vrtat díru pro závit M12; Ø vrtáku D= 10,5mm		CNC obráběcí centrum	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2

4	Řezat závit M12-6H		Závitový hydraulický stroj CMA –řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký zá- vitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z
5	Srazit hranu R=3mm		CNC obrá- běcí cen- trum	Soustruž- nický nůž stranový s výměnnou destičkou	Vc= 250m/min f=0,3mm/ot t=0,5mm Ra=1,6

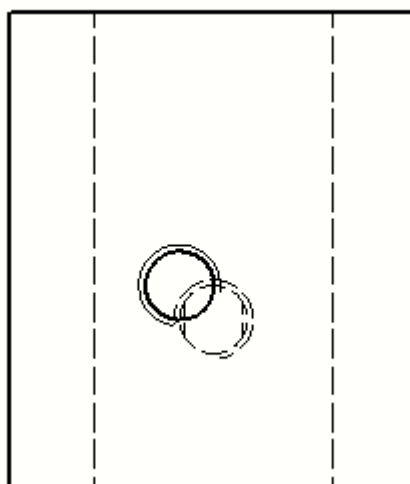
### Součást 6 – technologický postup (kostka)

Součást 6 slouží k upevnění zubu na přenos síly, kterou bude přenášet na zkušební těleso. Slouží také k regulaci výšky zubu, vzhledem k základně.

Volím materiál součásti 5: OCEL 11 600. Polotovar součásti: ocelová tyč o rozměrech 70x70 mm.

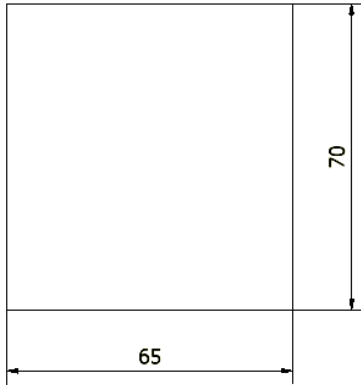
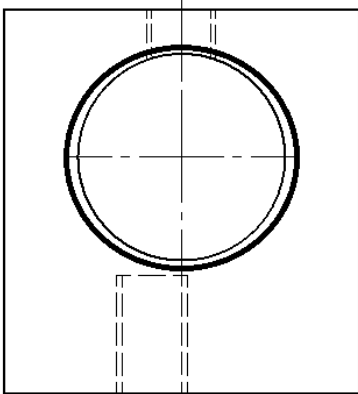
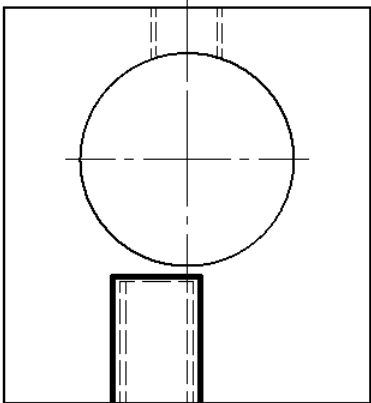


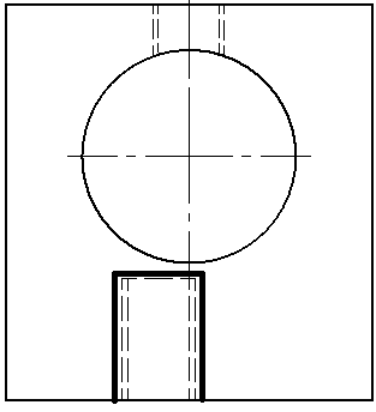
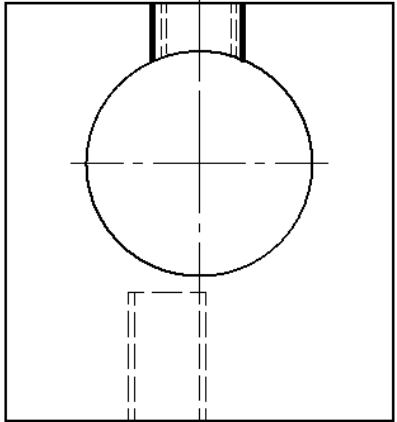
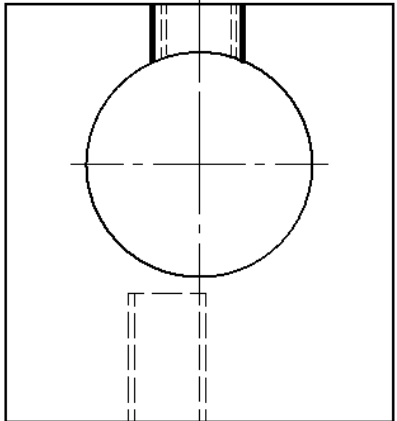
Obrázek č. 48 Kostka 3D pohled



Obrázek č. 49 Kostka

Tabulka č. 6 Technologický postup výroby součásti 6

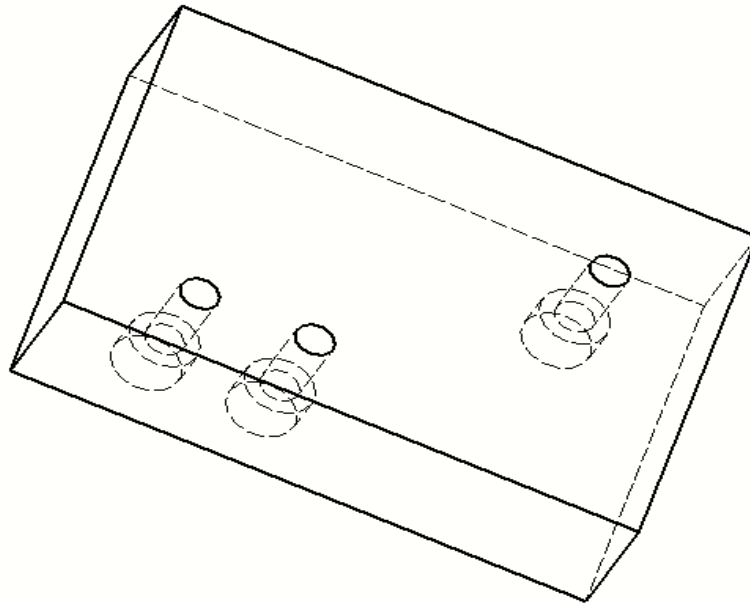
Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovary 70x65 mm		Pásová pila	Pilový pás	$V_c=80-90$ m/min $R_a=1,6$
2	Vrtat díru $D = 35$ mm H7/f6		Stolová vrtačka	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	$V_c=50$ m/min $f_o = 0,05$ mm/ot $R_a=3,2$
3	Vrtat díru pro závit M12; $\varnothing$ vrtáku $D = 10,5$ mm		CNC obráběcí centrum	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	$V_c=50$ m/min $f_o = 0,05$ mm/ot $R_a=3,2$

<p>4</p>	<p>Řezat závit M12-6H</p>		<p>Závitový hydraulický stroj CMA -řada GH (FIRMA NAREX)</p>	<p>Strojní krátký zá- vitník s přímou drážkou a lamačem</p>	<p><math>V_c=10\text{m/min}</math> <math>f_z=0,08\text{mm/z}</math></p>
<p>5</p>	<p>Vrtat díru pro závit M10; <math>\varnothing</math> vrtáku D= 9mm</p>		<p>CNC obrá- běcí cen- trum</p>	<p>Vrták do kovu, se zúženou stopkou</p>	<p><math>V_c=50\text{m/min}</math> <math>f_o = 0,05\text{mm/ot}</math> <math>R_a=3,2</math></p>
<p>6</p>	<p>Řezat závit M10</p>		<p>CNC obrá- běcí cen- trum</p>	<p>Strojní krátký zá- vitník s přímou drážkou a lamačem</p>	<p><math>V_c=10\text{m/min}</math> <math>f_z=0,08\text{mm/z}</math></p>

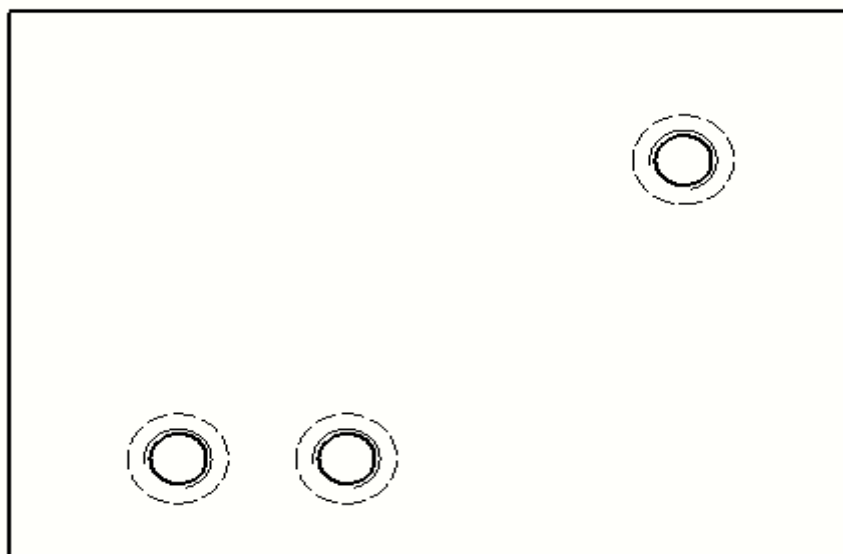
**Součást 7 – technologický postup (základna)**

Součást 7 slouží k upevnění všech součástí přípravku. Slouží taky jako opora pro součásti při přenášení síly.

Volím materiál součásti 7: OCEL 11 600. Polotovar součásti: ocelová tyč o rozměrech 150x150 mm.



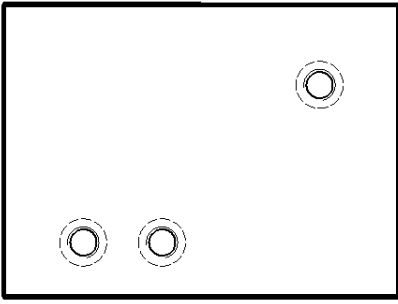
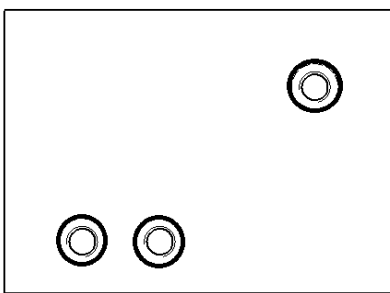
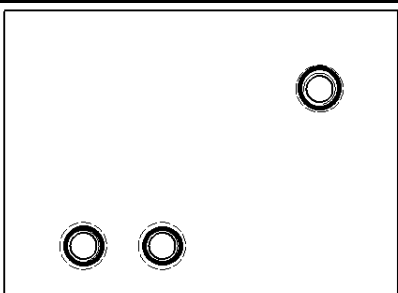
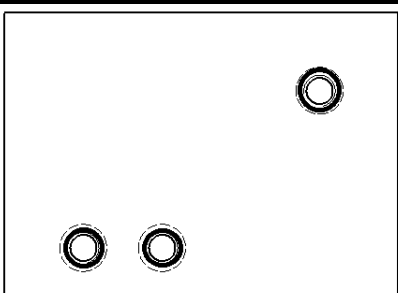
Obrázek č. 50 Základna 3D pohled



Obrázek č. 51 Základna



Tabulka č. 7 Technologický postup výroby součásti 7

Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovár 150x110x35 mm		Pásová pila	Pilový pás	Vc=80-90 m/min Ra=1,6
2	Vrtat díru Ø =18mm Hloubka h=12mm		Stolová vrtačka	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2
3	Vrtat díru pro závit M12; Ø vrtáku 10,5mm		CNC obráběcí centrum	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2
4	Řezat závit M12		Závitový hydraulický stroj CMA -řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký závitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z

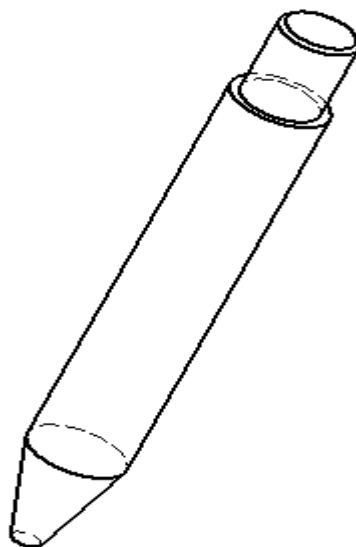
**Součást 8 – Technologický postup (hrot)**

Součást 8 slouží pro přenos tlakové síly, která působí na samotný přípravek ASTM D 5379.

Volím materiál součásti 8: OCEL 11 600. Polotovar součásti: ocelová tyč Ø 20 mm.

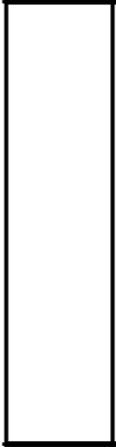




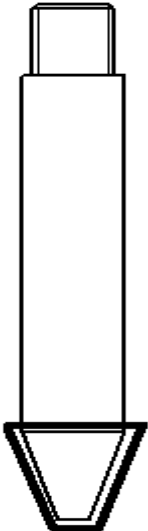
Obrázek č. 52 Hrot



Obrázek č. 53 Hrot 3D pohled

Tabulka č. 8 technologický postup výroby součásti 8

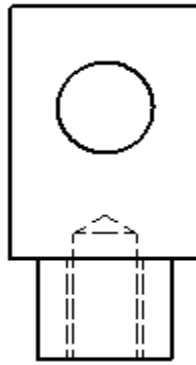
Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovaru Ø 20 mm Délka L= 145 mm		Pásová pila	Pilový pás	Vc=80-90 m/min Ra=1,6
2	Soustružit průměr polotovaru pro závit M16 d =15,8mm		CNC obráběcí centrum	Soustružnický nůž přímý s výměnnou destičkou SK	Vc= 250m/min f=0,3mm/ot t=0,5mm Ra=1,6

3	Řezat závit M16 Délka závitu L= 20 mm		Závitový hydraulický stroj CMA –řada GH (FIRMA NAREX)	Závitové očko pro M 16	$V_c=10\text{m/min}$ $f_z=0,08\text{mm/z}$
4	Soustružit hrot Délka hrotu L= 20 mm Kuželovitost K=1:1,8		CNC obrá- běcí cen- trum	Soustruž- nický nůž stranový s výměnnou destičkou SK	$V_c= 250\text{m/min}$ $f=0,3\text{mm/ot}$ $t=0,5\text{mm}$ $R_a=1,6$

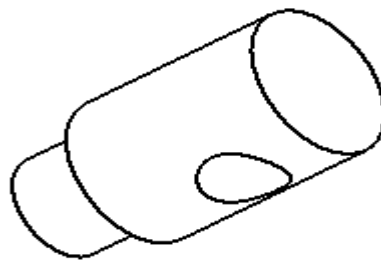
### Součást 9 – Technologický postup (hlava hrotu)

Součást 9 slouží k upnutí hrotu do zkušebního stroje, který poté pomocí něho přenáší sílu na přípravek v průběhu zkoušky.

Volím materiál součásti 8: OCEL 11 600. Polotovár součásti: ocelová tyč  $\varnothing 40$  mm.

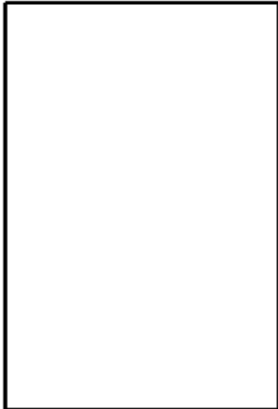


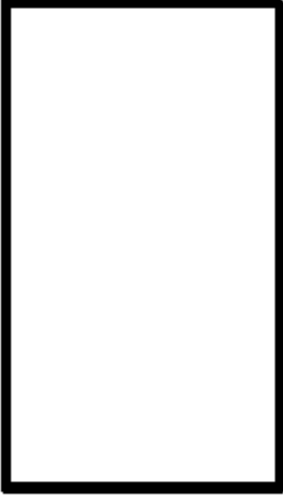
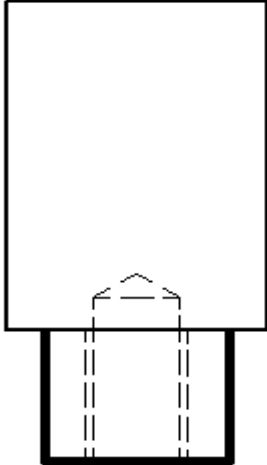
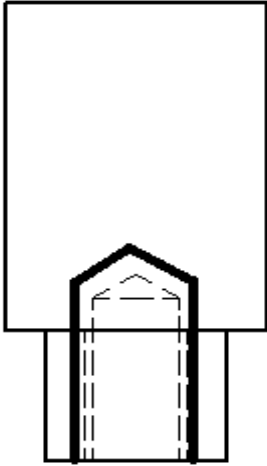
Obrázek č. 54 Hlava hrotu

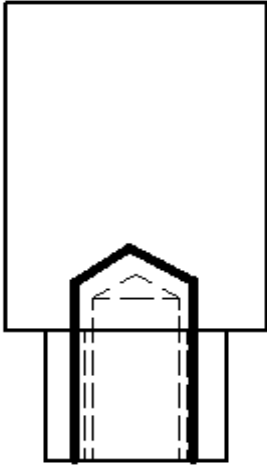
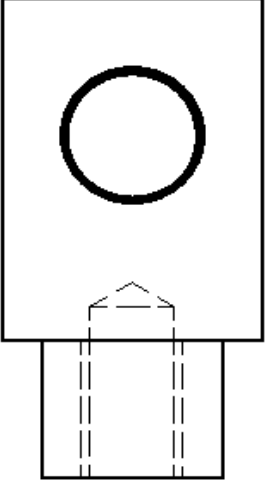


Obrázek č. 55 Hlava hrotu 3D pohled

Tabulka č. 9 Technologický postup výroby součásti 9

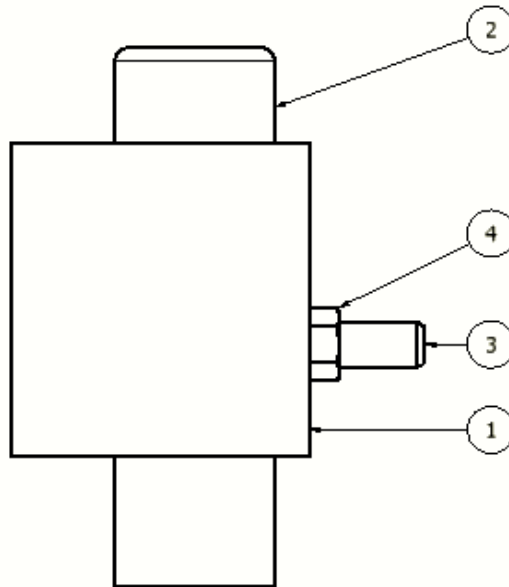
Číslo operace	Název operace	Nákres	Stroj	Nástroj	Řezné podmínky; drsnost povrchu
1	Řezat polotovár Ø 40 mm Délka L= 70 mm		Pásová pila	Pilový pás	V <sub>c</sub> =80-90 m/min Ra=1,6

2	Soustružit průměr polo- tovaru D =36mm		CNC obráběcí centrum	Soustružnický nůž stranový s výměnnou destičkou	Vc= 250m/min f=0,3mm/ot t=0,5mm Ra=1,6
3	Soustružit průměr polo- tovaru D =25mm Délka L= 25mm		CNC obráběcí centrum	Soustružnický nůž stranový s výměnnou destičkou	Vc= 250m/min f=0,3mm/ot t=0,5mm Ra=1,6
4	Vrtat díru pro závit M14; Ø vrtáku 12,5mm		CNC obráběcí centrum	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2

5	Řezat závit M14		Závitový hydraulický stroj CMA –řada GH (FIRMA NAREX)	Strojní krátký zá- vitník s přímou drážkou a lamačem	Vc=10m/min fz=0,08mm/z
6	Vrtat díru přůchozí skrz D=16mm		CNC obrá- běcí cen- trum	Vrták do kovu se, zúženou stopkou	Vc=50m/min fo = 0,05mm/ot Ra=3,2

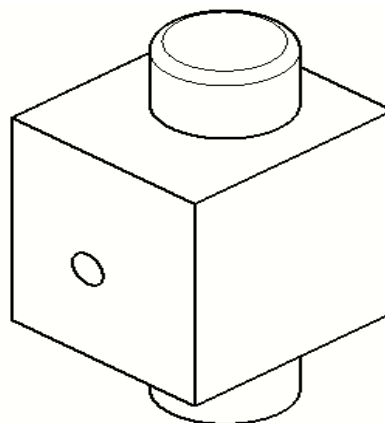
## 5 POSTUP SESTAVENÍ FINÁLNÍ SESTAVY PŘÍPRAVKU ASTM D 5379

### 5.1 Podsestava vodící čep + kostka



Obrázek č. 56 Podsestava vodící čep+kostka

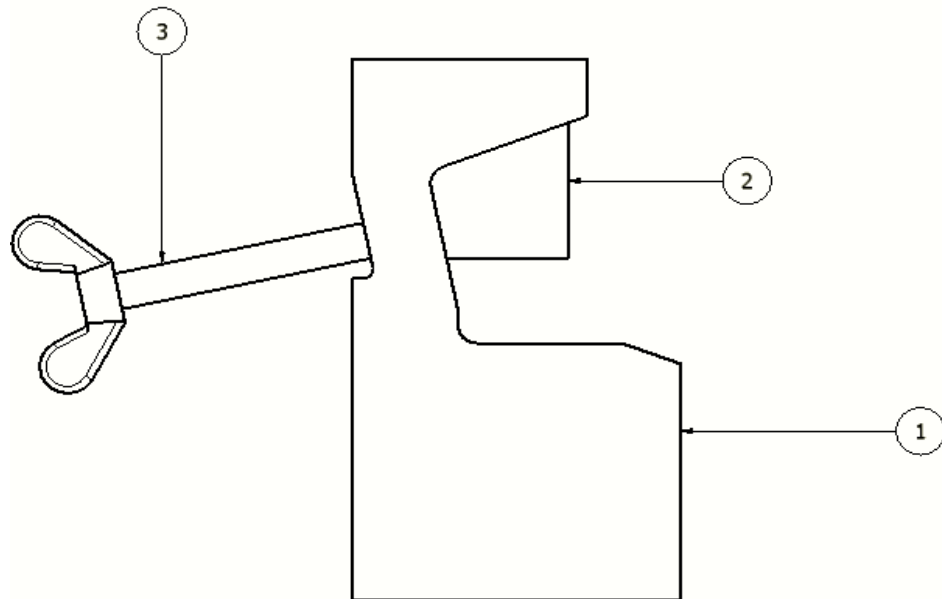
1. Umístit vodící čep (2) do otvoru v kostce (1)
2. Připevnit kostku (1) k vodícímu čepu (2) pomocí závrtného šroubu (3) ČSN 02 1174 a šestihranné matice ČSN 02 1402-M 10



Obrázek č. 57 Podsestava vodící čep+kostka 3D pohled

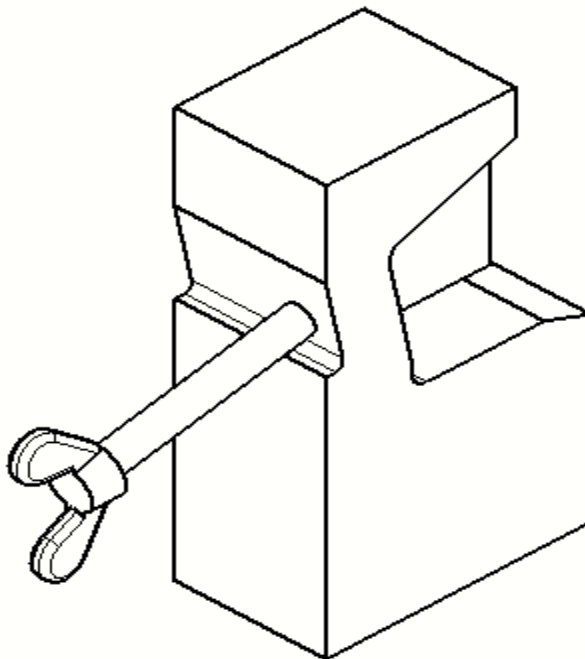


## 5.2 Podsestava zub levá část + šoupátko



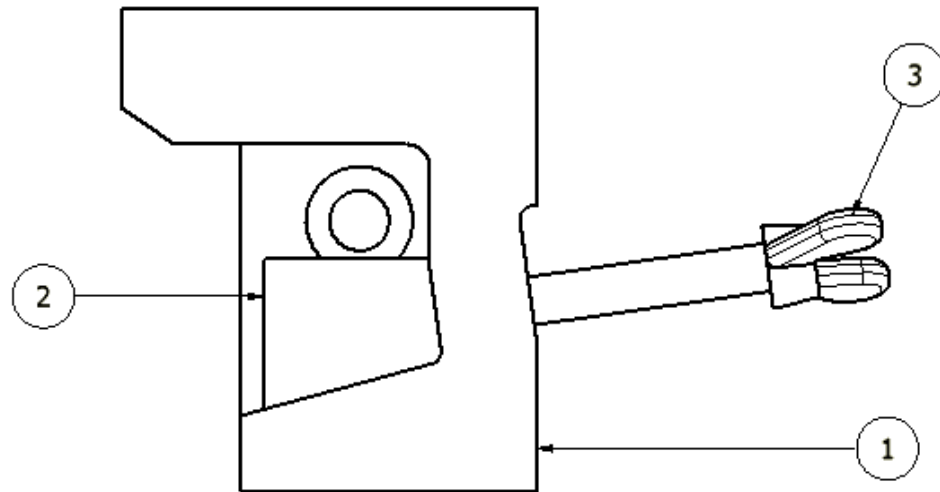
Obrázek č. 58 Sestava zub levá část + šoupátko

1. Umístit šoupátko (2) k zubu (1) pomocí křídlového šroubu (3) M8x55



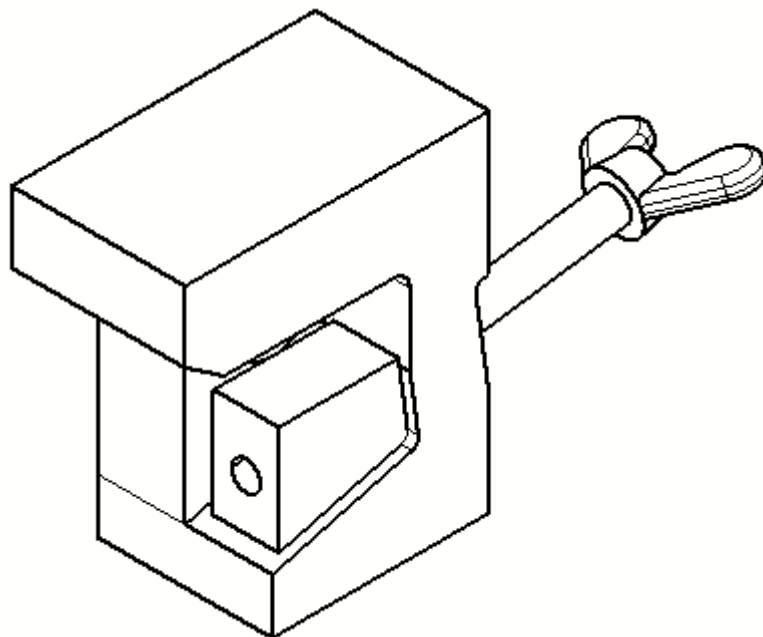
Obrázek č. 59 Sestava zub + šoupátko 3D pohled

### 5.3 Podsestava zub pravá část + šoupátko



Obrázek č. 60 Podsestava zub pravá část + šoupátko

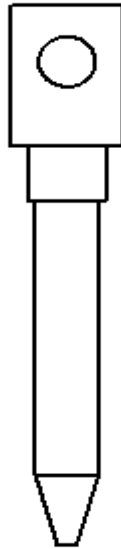
1. Umístit šoupátko (2) k zubu (1) pomocí křídlového šroubu (3) M8x55



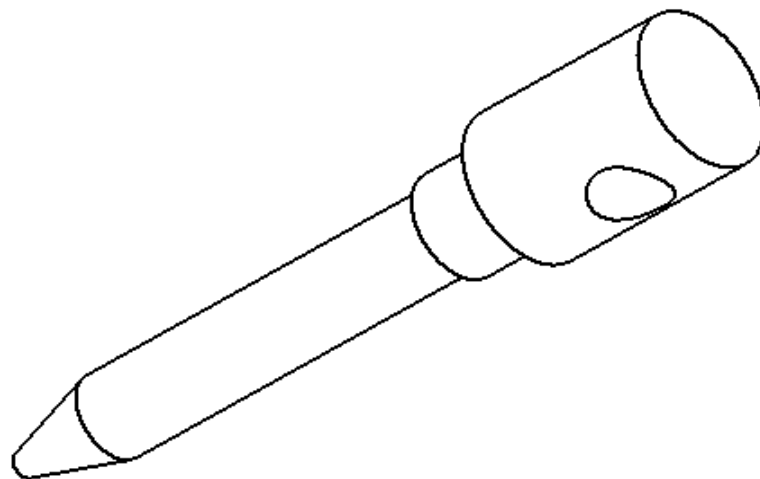
Obrázek č. 61 Podsestava zub pravá část + šoupátko 3D pohled

#### 5.4 Podsestava hrot + hlava hrotu

Hrot se umístí do hlavy hrotu, která se pomocí čepu o  $D = 16$  mm připevní do hlavy zkušebního stroje.

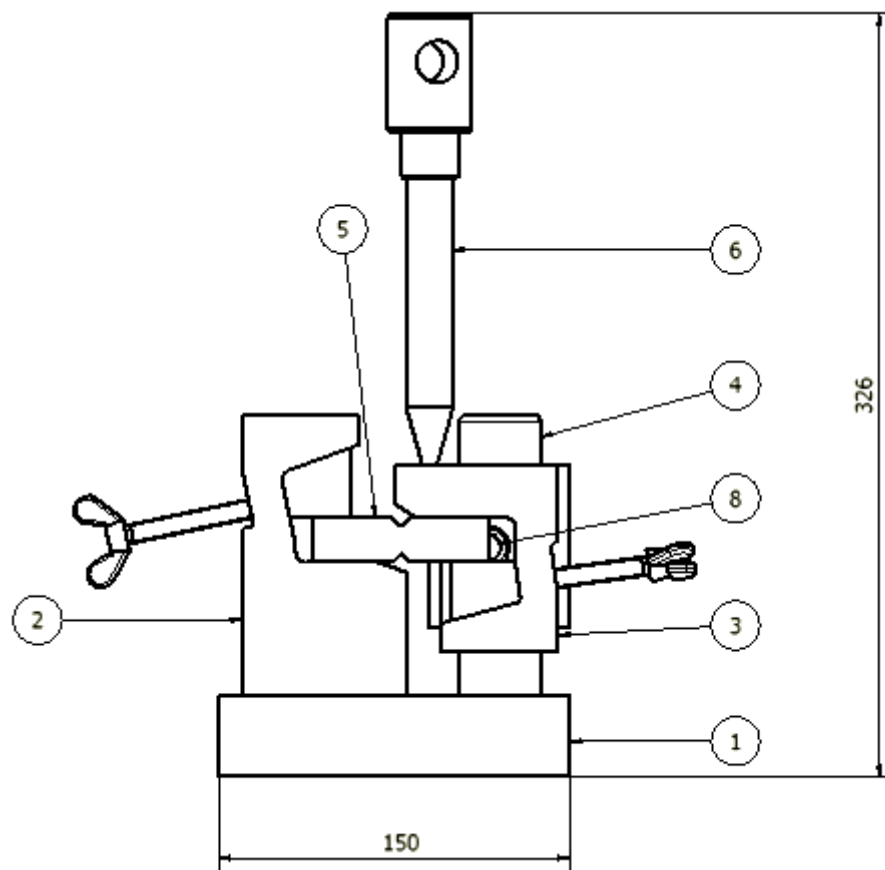


Obrázek č. 62 Hrot s hlavou

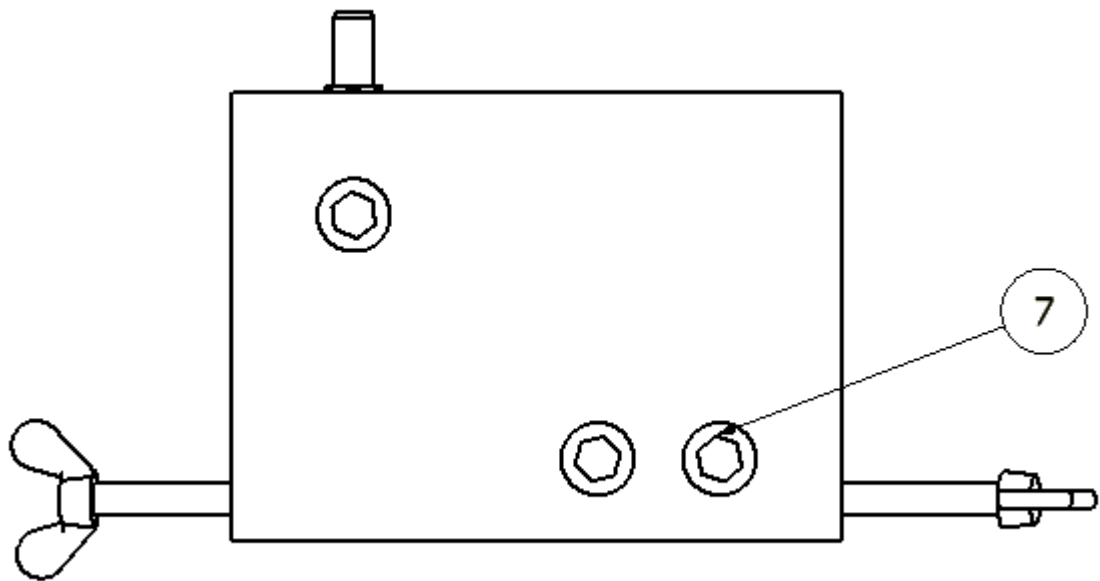


Obrázek č. 63 Hrot s hlavou 3D pohled

### 5.5 Finální sestava přípravku ASTM D 5379

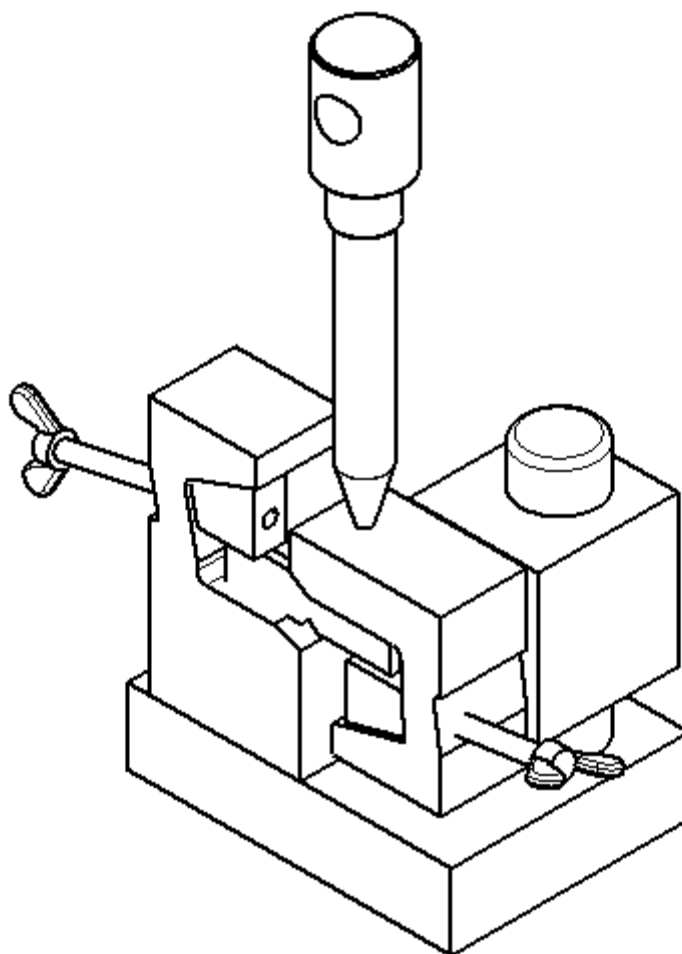


Obrázek č. 64 Finální sestava přípravku ASM D 5379



Obrázek č. 65 Půdorys přípravku ASTM D 5379

1. Umístit podsestavu (2) na levý okraj základny pomocí ČSN 02 1143 – M12X70, šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem (8)
2. Umístit podsestavu (3) k podsestavě (4) pomocí šroubu ČSN 02 1143 – M12X30, šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem (7)
3. Umístit podsestavu (3)+(4) k pravému okraji základny pomocí ČSN 02 1143 – M12X70, šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem (7)
4. Umístí podsestavu (6) do zkušebního stroje a přiložit na přípravek ASTM D 5379



Obrázek č. 66 Finální sestava přípravku ASTM D 5379 3D pohled

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout přípravek ASTM D 5379 - Losipescův test pro zkoušky kompozitních materiálů. V teoretické části jsem se zabýval vypracováním literární rešerše v dané oblasti a rozdělení zkoušek podle norem a jejich provedení. Hlavním cílem této části bylo seznámení se zkouškou ASTM D 5379 a normami které souvisí s touto zkouškou.

V praktické části bylo hlavní náplní vytvoření technologického postupu všech součástí, které patří do celku přípravku ASTM D 5379. Jako materiál pro výrobu těchto součástí byla zvolena ocel 11 600. Tato ocel splňuje požadavky, jako jsou statické namáhání a vystavení velkému měrnému tlaku. U každé součásti jsem doporučil stroj a nástroj, kterými se budou vyrábět. Navrhl jsem také řezné rychlosti a kvalitu povrchu součástí.

Jako další část jsem zvolil popis postupu montáže jednotlivých součástí od podsestav až do finální sestavy přípravku. Každá součást je podložena výrobním výkresem.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] *Kompozitní materiály: definice a rozdělení* [online]. 2008 [cit. 2016-01-17]. Dostupné z:  
[http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady\\_kmt\\_magistri/KM/Kompozity%20Dad/02defroz d.pdf](http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_magistri/KM/Kompozity%20Dad/02defroz d.pdf)
- [2] MALLICK, P.K. *Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007, 619 s. ISBN 08-493-4205-8.
- [3] VRBKA, Jan. *Mechanika kompozitů*. Brno, 2008. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/wwwbase/priloha.php dpid 52474> . Inovace VŠ oborů strojního zaměření. VUT Brno
- [4] *Střední škola strojírenská Brno* [online]. 2015 [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: [http://www.sssebrno.cz/files/ovmt/zkouska\\_\\_ohybem.pdf](http://www.sssebrno.cz/files/ovmt/zkouska__ohybem.pdf)
- [5] EHRENSTEIN, Gottfried W. *Polymerní kompozitní materiály*. V ČR 1. vyd. Praha: Scientia, 2009, 351 s. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [6] ČSN EN ISO 15 310. *Vlákny vyztužené plastové kompozity - Stanovení modulu pružnosti ve smyku metodou torzní desky*. Praha: Český normalizační ústav, 2006.
- [7] ZWICK ROELL [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.zwick.cz/cs.html>
- [8] SHIMADZU: *Exellence in science* [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.ssi.shimadzu.com/products/product.cfm?product=ag-xplus>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ASTM D 5379 American standart metod (Americká standardní metoda)

Vc Řezná rychlost (m/min)

Ra Drsnost povrchu ( $\mu\text{m}$ )

fz Posuv na zub (mm/zub)

hz Hloubka záběru (mm)

fo Posuv otáček (mm/ot)

f Posuv u soustružení (mm/ot)

t Hloubka záběru u soustružení (mm)

ČSN Česká národní norma

M Metrická závit

D Průměr (mm)

E Modul pružnosti v tlaku (Mpa)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1. Kompozitní materiály .....	10
Obrázek č. 2. Geometrické znázornění tvaru [2] .....	11
Obrázek č. 3. Klasifikace vláknových kompozitů [3] .....	11
Obrázek č. 4. Zkušební tělesa pro tahovou zkoušku u kompozitů .....	13
Obrázek č. 5 tahová zkouška ASTM D 3039 .....	14
Obrázek č. 6. zkouška ohybem .....	14
Obrázek č. 7 zkouška tlakem .....	15
Obrázek č. 8 zkouška ASTM D 695 .....	16
Obrázek č. 9 ASTM D 3410 .....	16
Obrázek č. 10 ASTM D 3410 .....	17
Obrázek č. 11 Smykové napětí v závislosti na směru zatížení .....	17
Obrázek č. 12 Odporový tensometr .....	19
Obrázek č. 13 Přesná poloha tensometrů na zkušebním vzorku ASTM D 5379.....	19
Obrázek č. 14 Přípravek ASTM D 5379.....	20
Obrázek č. 15 Zkušební těleso zkoušky ASTM D 5379.....	20
Obrázek č. 16 Typické přijatelné poruchy zkušebního vzorku ASTM D 5379 .....	21
Obrázek č. 17 Typické nepřijatelné poruchy zkušebního vzorku ASTM D 5379.....	21
Obrázek č. 18 Směry napětí u zkoušky ASTM D 5379.....	22
Obrázek č. 19 Napětí u zkoušky ASTM D 5379 .....	22
Obrázek č. 20 Přípravek ASTM D 5379	Obrázek č. 21 přípravek ASTM D 5379.....
5379.....	23
Obrázek č. 22 Popis přípravku ASM D 5379 .....	23
Obrázek č. 23 Tensor napětí umístěný na zkušebním vzorku ASTM D 5379 .....	24
Obrázek č. 24 Zkouška ASTM D 4255 .....	24
Obrázek č. 25 Zkouška ASTM D 4255 s trojím vedením .....	25
Obrázek č. 26 Popis zkoušky ASTM D 2344.....	26
Obrázek č. 27 Příklad zkušebního vzorku zkoušky ASTM D 2344.....	26
Obrázek č. 28 Popsaný přípravek zkoušky ASTM D 7078.....	27
Obrázek č. 29 Čep pro upevnění do zkušebního stroje normy ASTM D 7078 .....	27
Obrázek č. 30 Zkušební vzorek zkoušky ASTM D 7078 .....	28
Obrázek č. 31 Zkušební stroj Zwick 1456.....	30
Obrázek č. 32 Zkušební stroj Zwick 1456.....	31

Obrázek č. 33 Čep na pro upevnění přípravku .....	32
Obrázek č. 34 Značky pro vyhodnocování zkoušky pomocí videoextensometru .....	32
Obrázek č. 35 Zkušební stroj Shimadzu AG-CC 50kN.....	33
Obrázek č. 36 Videoextensometr zkušebního stroje Shimadzu AG-CC 50kN .....	33
Obrázek č. 37 Měření deformace laserovým extenzometrem .....	34
Obrázek č. 38 Zub levá část.....	36
Obrázek č. 39 Zub levá část-3D pohled.....	36
Obrázek č. 40 Zub-pravá část .....	40
Obrázek č. 41 Zub pravá část- 3D pohled .....	40
Obrázek č. 42 Šoupátko-pravá část.....	43
Obrázek č. 43 Šoupátko pravá část 3D pohled .....	44
Obrázek č. 44 Šoupátko- levá část.....	46
Obrázek č. 45 Šoupátko pravá část 3D pohled .....	46
Obrázek č. 46 Čep na posouvání .....	49
Obrázek č. 47 Čep na posouvání-3D pohled .....	49
Obrázek č. 48 Kostka 3D pohled .....	52
Obrázek č. 49 Kostka.....	52
Obrázek č. 50 Základna 3D pohled .....	55
Obrázek č. 51 Základna .....	55
Obrázek č. 52 Hrot.....	57
Obrázek č. 53 Hrot 3D pohled .....	57
Obrázek č. 54 Hlava hrotu .....	60
Obrázek č. 55 Hlava hrotu 3D pohled .....	60
Obrázek č. 56 Podsestava vodící čep+kostka .....	63
Obrázek č. 57 Podsestava vodící čep+kostka 3D pohled .....	63
Obrázek č. 58 Sestava zub levá část + šoupátko.....	64
Obrázek č. 59 Sestava zub + šoupátko 3D pohled.....	64
Obrázek č. 60 Podsestava zub pravá část + šoupátko.....	65
Obrázek č. 61 Podsestava zub pravá část + šoupátko 3D pohled.....	65
Obrázek č. 62 Hrot s hlavou .....	66
Obrázek č. 63 Hrot s hlavou 3D pohled.....	66
Obrázek č. 64 Finální sestava přípravku ASM D 5379 .....	67
Obrázek č. 65 Půdorys přípravku ASTM D 5379 .....	68

Obrázek č. 66 Finální sestava přípravku ASTM D 5379 3D pohled.....	69
--	----

#### Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Technologický postup výroby součásti 1.....	37
Tabulka č. 2 Technologický postup výroby součásti 2.....	41
Tabulka č. 3 Technologický postup výroby součásti 3.....	44
Tabulka č. 4 Technologický postup výroby součásti 4.....	47
Tabulka č. 5 Technologický postup výroby součásti 5.....	50
Tabulka č. 6 Technologický postup výroby součásti 6.....	53
Tabulka č. 7 Technologický postup výroby součásti 7.....	56
Tabulka č. 8 technologický postup výroby součásti 8.....	58
Tabulka č. 9 Technologický postup výroby součásti 9.....	60

## **SEZNAM PŘÍLOH:**

Všechny přílohy jsou uloženy na přiloženém CD – ROM.

Příloha PI: Výkresová dokumentace