



## **Středoškolská technika 2012**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na  
ČVUT**

### **MOTOROVÁ TŘÍKOLKA**

**Michal Mareš**

Střední průmyslová škola strojnická Olomouc

Tř. 17. Listopadu 49 , Olomouc

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ, OLOMOUC,  
TŘ. 17. LISTOPADU 49

## MOTOROVÁ TŘÍKOLKA

Jméno a příjmení, třída: Michal Mareš, 4. C

Konzultant práce: Mgr. Jiří Nevima, Ph.D

Olomouc 2012

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu.

Datum:

---

Podpis

Děkuji Mgr. Jiřímu Nevimovi, Ph.D. za pomoc a rady při vypracování práce. Dále pak poděkování patří Mgr. Renatě Havelkové za pomoc při zpracování textové části práce.

## Anotace

Jméno a příjmení	Michal Mareš
Škola	Střední průmyslová škola strojnická Olomouc
Název práce	Motorová tříkolka
Vedoucí práce	Mgr. Jiří Nevima, Ph.D
Počet stran	32
Počet příloh	6
Počet použitých zdrojů	9
Klíčová slova	Motorová tříkolka Jawa 250 Odpružení Listové péro Diferenciál

V této práci jsem se zabýval přestavbou motocyklu Jawa na nákladní motorovou tříkolku. Dále pak vyřešením konstrukce odpružení zadní nápravy této tříkolky pomocí listového péra. Dalším mým úkolem bylo vytvoření detailního 3D modelu této motorové tříkolky v programu Autodesk Inventor 2011. Poté jsem vytvořil výkresovou dokumentaci k vybraným součástem a naprogramoval CNC program pro obrábění čepu listového péra v programu SurfCAM. Provedl jsem analýzy zatížení čepu a následnou kalkulaci celkové ceny zvoleného odpružení na tříkolce. Zhotovil jsem popis základních součástí na tříkolce (odpružení, tlumič, diferenciál), které mohou sloužit jako učební pomůcka.

## **Resume**

In this work I dealt with remodel of motorcycle Jawa 250 to the freight tricycle. Next task was solve construction of suspension on rear axle with leak-spring on tricycle. The next thing was created detail 3D model motor tricycle in programm Autodesk Inventor 2011. In this program I so created drawings and I do CNC program in SurfCAM for the selected component. I created analysis of load on a pin of leak-spring and subsequent economic calculation. I do the description of the essential components of a tricycle (suspension, shock absorber, differential) that can serve as a teaching aid.

# Obsah

Úvod .....	6
1 Jawa.....	7
2 Motocykl Jawa 250 typ 353, 350 typ 354 .....	8
3 Motorové tříkolky .....	9
4 Volba druhu odpružení.....	10
4.1 Listová péra.....	10
4.2 Vinuté pružiny .....	11
4.3 Zkrutné (torzní) tyče .....	11
4.4 Zvolení typu odpružení .....	12
5 Vyřešení konstrukce listového péra .....	13
5.1 Výpočet čepu .....	14
5.2 Výpočet svarů .....	18
5.3 Kalkulace ceny odpružení.....	20
6 Konstrukce vozíku.....	21
7 Hnací soustava.....	22
8 Diferenciál.....	23
9 Bubnová brzda.....	24
10 Tlumič.....	25
11 Sestava 3D modelu tříkolky .....	26
Závěr .....	28
Seznam literatury a dalších zdrojů.....	29
Seznam obrázků.....	30
Cizojazyčný slovník.....	31

# Úvod

Pro tuto práci jsem si vybral téma Motorová tříkolka. Přesněji se jedná o přestavbu motocyklu Jawa 250, typ 353 (nazývaný „kývačka“), na pojízdnou nákladní tříkolku. Už od dětství se s tímto strojem každodenně setkávám - a to hlavně při přípravě dřeva na zimní období. Proto jsem se rozhodl pro tuto práci.

Tento stroj jsem postavil za pomoci mého dědy Ondřeje Podolinského jako pomocný pracovní stroj při stavbě rodinného domu. V průběhu uplynulých let tento stroj prošel řadou úprav podle aktuální potřeby, jako např. ochranný rám pro řidiče a spolujezdce zabraňující pádu břemene z korby vozíku při brzdění.

Mým hlavním cílem v této práci je další úprava této tříkolky. Do dnešní doby není zadní náprava nijak odpružena, je uložena tzv. napevno. Toto uložení má výhodu v jednoduchosti konstrukce, ale přináší velké nevýhody. Mezi hlavní nevýhody patří zhoršení jízdních vlastností, zejména v nenaloženém stavu. Zadní náprava přenáší všechny nerovnosti silnice na rám tříkolky. V této práci se budu zabývat řešením této situace, které bude spočívat v návrhu odpružení zadní nápravy tak, aby vyhovovalo požadovaným vlastnostem. Mělo by být levné, spolehlivé a nenáročné na údržbu.

Dalším mým úkolem v této práci je vytvořit kompletní 3D model této tříkolky v programu AutoCAD Inventor Professional 2011 a v tomto programu vytvořit i výkresovou dokumentaci k vybraným součástem.



# 1 Jawa

Jawa je nejstarší česká firma zabývající se výrobou motocyklů, a to už od roku 1929. Jméno firmy vzniklo složením jména zakladatele Františka Janečka, který zakoupil licenci na výrobu motocyklů Wanderer. V současnosti se firma oficiálně nazývá Jawa Moto spol. s r.o. a sídlí v Týnci nad Sázavou. Dále existuje firma JAWA Divišov a.s., která se zabývá výrobou plochodrážních speciálů a sídlí v Divišově.

Jawa za svou existenci uvedla na trh desítky nejrůznějších motocyklů. Nejznámější motocykly jsou Jawa 50 Pionýr, Jawa 500 OHC, Jawa 250 a 350 (2 typy - "kývačka" a "panelka", liší se pouze v detailech). Velikým převratem byla v roce 1966 konstrukce nové spojky. Jawa si zaručila prvenství i samotným patentem této spojky. Jezdci na motocyklech značky Jawa vybojovali desítky cenných titulů a ocenění.

V minulosti, zejména v padesátých letech 20. století, se řadila Jawa na vrchol motocyklových výrobců, exportovala do mnoha zemí světa a to zejména motocykly Jawa 250 a 350, významný byl export pro SSSR. Po roce 1990 nastal výrazný útlum výroby, který měl kořeny již v dřívějších socialistických letech, kdy se do motocyklového průmyslu prakticky neinvestovalo. Nedostatečné modernizace nedokázaly zakrýt zastaralost koncepce.

V České republice i v zahraničí jezdí stále mnoho veteránů značky Jawa a svou historií se řadí k mnoha symbolům charakterizující Českou republiku.(1)



Obrázek 1 Logo firma JAWA (1)

## 2 Motocykl Jawa 250 typ 353, 350 typ 354

Motocykl byl představen na podzim roku 1953 a ihned po představení dostal přezdívku "kývačka", ale oficiální název byl Jawa 250 typ 353. Tento typ měl hydraulicky tlumené pérování předního i zadního kola, ze kterého tato přezdívka vznikla.

Jawa 250 se dostala do sériové výroby roku 1954. Motocykl se v různých provedeních vyráběl až do roku 1974 ve dvou zdvihových objemech, dostalo se mu však za jeho výroby větších i menších modernizací. Za povšimnutí stojí typy 353/02 a 354/02. Ty obdržely od počátku roku 1956 jednotnou společnou páku jak ke startování motoru, tak k řazení převodových stupňů.

V únoru 1957 se začal vyrábět typ, který obdržel řadu modernizací. Kompresní poměr byl zvětšen, tím se také zvýšil výkon a maximální rychlost. Na podvozku byla pozměněna přední vidlice, zvětšil se průměr pružiny, čímž se zlepšila charakteristika tlumení. Na první pohled byl nápadný nový výfukový tlumič, jehož koncovka měla nyní místo rybího ocasu tvar doutníku. Typ 353 (250 cm<sup>3</sup>) se vyráběl do roku 1962 a typ 354 (350 cm<sup>3</sup>) do roku 1965. Motocykl byl velmi spolehlivý o vysoké jakosti, takže konstrukční změny nebyly zapotřebí.



Obrázek 2 Jawa 250

Zdroj:(2)

### 3 Motorové tříkolky

Tříkolka je obecně nazýváno vozidlo se třemi koly. Vyplňuje mezeru mezi motocyklem a automobilem. Může být poháněna spalovacím motorem anebo fyzickou silou přenášenou pomocí šlapání. Nejrozšířenější tříkolky bez motoru jsou šlapací tříkolky, zejména pro děti předškolního a školního věku. Další kategorií jsou terénní tříkolky pro dospělé. Tříkolka oproti motocyklu nebo jízdnímu kolu nabízí daleko vyšší stabilitu a tím větší bezpečnost při provozu.

Motorové tříkolky jsou nejčastěji poháněny pomocí spalovacího motoru. Jsou využívány jako osobní dopravní prostředky anebo jako nákladní dopravní stroje, zejména pak v asijských zemích. Velmi oblíbenou motorovou tříkolkou v minulé době byl Velorex. Jednalo se o trojstopé vozidlo které jako jediné na světě bylo vybaveno koženkovou karosérií. Bylo vyrobeno asi 15000 ks tohoto stroje. Motorové tříkolky se těší další velké oblibě zejména v USA jako exkluzivní stroje podobně jako motocykly Harley-Davidson .



Obrázek 3 Velorex(8)



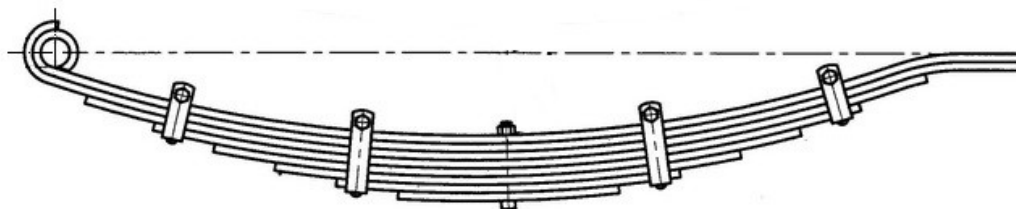
Obrázek 4 Moderní tříkolka (9)

## 4 Volba druhu odpružení

Odpružení má za hlavní požadavek zmírnit rázy a otřesy působící na vozidlo od nerovností vozovky. Dále zmírnit namáhání rámu, zejména krutem a zajistit nepřetržitý kontakt mezi vozovkou a koly vozidla. Při volbě vhodného typu odpružení jsem se více zaměřil na 3 možnosti. Mezi něž patří odpružení pomocí listových pér, odpružení pomocí vinutých pružin a odpružení pomocí zkrutných tyčí.

### 4.1 Listová péra

Listová péra patřili v minulé době k jednomu z nejpoužívanějších typů odpružení a to hlavně u osobních a nákladních automobilů. Jedná se o několik ocelových plátů naskládaných na sebe. Tyto pláty (nejčastěji 3-8) jsou spojeny pomocí středového šroubu. Toto spojení zabraňuje posuvu v příčném směru. Zároveň jsou pláty opásány pomocí objímek. Ty zabraňují vytočení listů kolem středového šroubu. Celé toto listové péro je upevněno na nosný rám pomocí hlavního čepu na jedné straně a na druhé straně je uchyceno tak aby dovolilo pohyb listů v jejich podélném směru. Při pružení pera totiž dochází k jeho prohýbání, tím pádem se zvětšuje nebo zmenšuje jeho délka závěsu. K zavěšení nápravy na listová péra používáme třmeny.



Obrázek 5 Listové péro

Nastavení listového pérá na požadovanou tuhost docílíme přidáním nebo odebráním listů. Čím méně listů, tím menší dovolené zatížení a tím větší pružnost. Další způsob je prodloužení délky per, nebo její zkrácení. Zde platí čím kratší vzdálenost tím je pero tužší a naopak.

Tento typ odpružení není náročný na údržbu, je spolehlivý a je schopen pracovat i v znečištěném prostředí. Zároveň je ale i levný a konstrukčně jednoduchý, což jsou jedny z jeho hlavních výhod.

## 4.2 Vinuté pružiny

Pružina je nejčastěji tvořena drátem kruhového průřezu, který je navinut do spirály požadovaných rozměrů. Pružina musí být uložena tak aby stlačující síla působila v její ose. To se dosahuje pomocí broušení koncových ploch pružiny, nebo použitím vhodných opěrných talířů. Jedná se o jednu z nejpoužívanějších metod odpružení vozidla i u dnešních automobilů. Pružiny jsou vyráběny v různých velikostech a tvarech. Například soudečková pružina, pružina s proměnlivým stoupáním, pružina doplněná pryžovým blokem atd.. Pružiny se nejčastěji používají s nápravami „Mc Pherson“. Vlastnosti pružin jsou odvozeny z jejich hlavních parametrů, průměr drátu, průměr pružiny, počet závitů, stoupání pružiny a materiál, ze kterého je pružina vyrobena.



Obrázek 6 Vinutá pružina

Pružiny nejsou náročné na údržbu a mají dobré pružící vlastnosti, jsou ale náchylnější na provoz ve znečištěném prostředí. Další nevýhoda je konstrukční složitost nápravy pro vyřešení mého zadání.

## 4.3 Zkrutné (torzní) tyče

Princip tohoto odpružení je založen na zkrucování tyče, nejčastěji kruhového průřezu. Tato tyč, potřebné délky je nejčastěji opatřena na obou koncích jemným drážkováním (tisícihranem) což umožňuje výborné přenesení kroutícího momentu. Méně

častěji jsou opatřeny čtvercovým, obdélníkovým nebo šestihranným profilem. Torzní tyče lze na nápravě umístit podélně nebo příčně. Dále lze doplnit o tzv. zkrutnou trubku. Touto trubkou je chráněna torzní tyč jednak proti vlivům prostředí a dále při velkém zkroucení tyče je také namáhaná na krut, čímž dojde k větší tuhosti nápravy při velkém zatížení.



Obrázek 7 Torzní tyče

Zkrutné (torzní) tyče jsou spolehlivé a nenáročné na údržbu. Dále pohlcují výborně nerovnosti vozovky. Z důvodu složitější konstrukce a vyšší pořizovací ceny jsou ale pro mou potřebu nevhodné.

#### 4.4 Zvolení typu odpružení

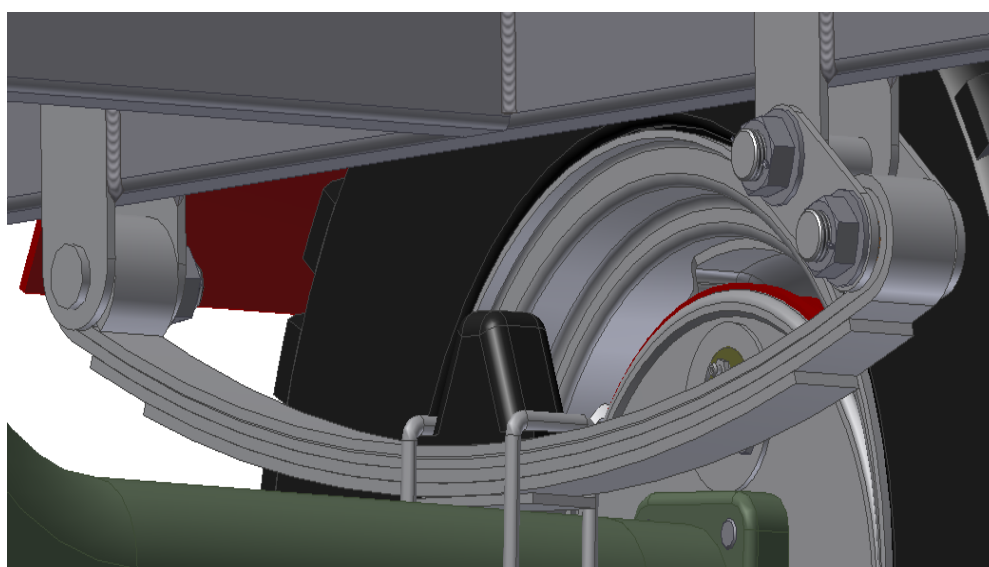
Při volbě jsem se nejvíce zaměřil na co nejmenší složitost konstrukce odpružení, dále pak na cenu a na co nejmenší poruchovost. Jako nejvhodnější volbu jsem zvolil odpružení pomocí listových pér. Podle mého názoru nejvíce vyhovuje zadaným požadavkům.

## 5 Vyřešení konstrukce listového péra

Po vybrání vhodného typu odpružení jsem musel zvolit jeho konstrukční provedení, jak na rámu, tak i na nápravě tříkolky. Zavěšení na rám jsem zvolil pomocí dvou čepů, které jsou uchyceny do ocelových plátů přivařených na rám. Náprava bude uchycena pomocí dvou třmenů a podpěrné desky. Třmeny budou opatřeny závitem a kontramaticemi z důvodu zamezení možného povolání. Mezi třmeny jsem umístil doraz kvůli možnému velkému přeložení korby tříkolky.

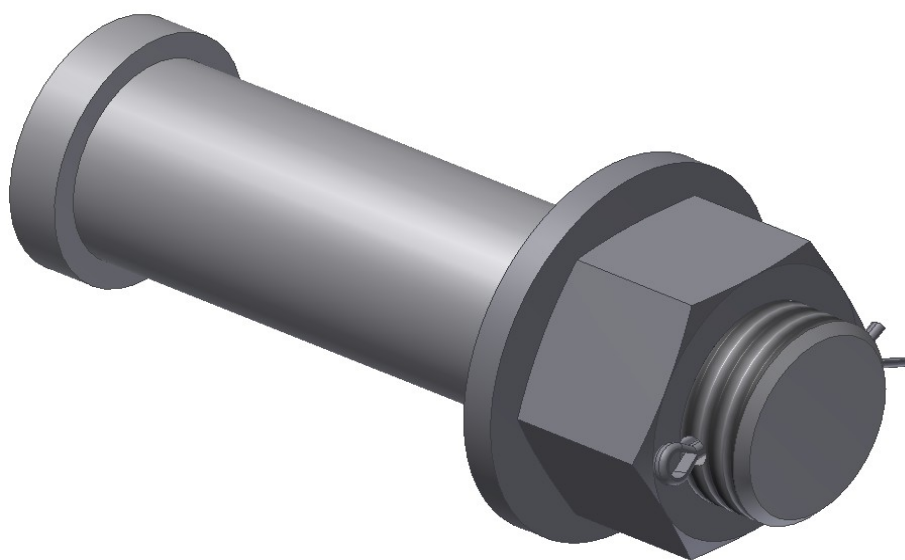


Obrázek 8 Uložení listového péra



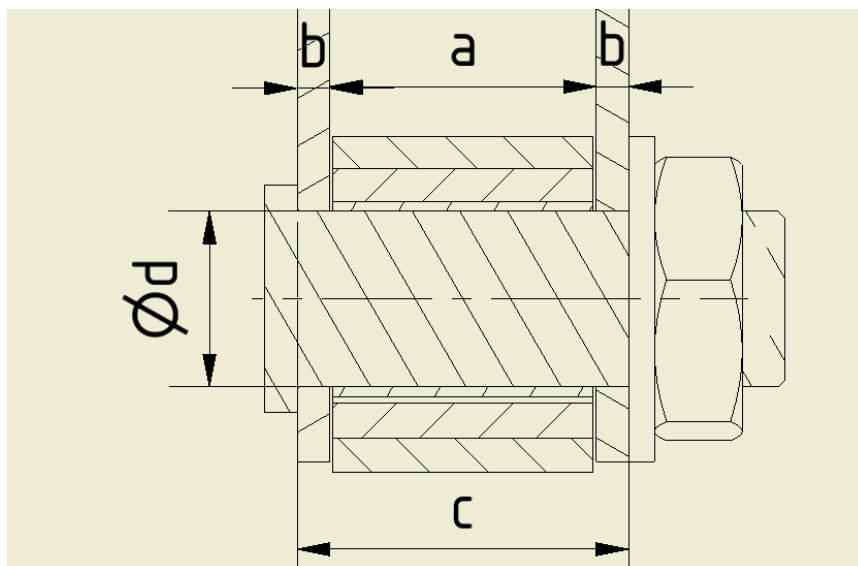
Obrázek 9 Uchycení na rámu

Při zajišťování čepu proti axiálnímu posunutí jsem musel brát na vědomí nemožnost sevření ocelových plátů. To by vyvolalo velkou třecí sílu na listu a zabránilo jeho rotaci. Tím pádem jsem navrhl možnost pojištění silovým stykem (maticí nebo kontramaticí) a přemýšlel jsem o tvarovém nebo materiálovém styku. Z důvodu rozebratelného spoje jsem zvolil matici kombinovanou se závlačkou na jedné straně a s osazením čepu na druhé.



Obrázek 10 Čep listového péra

## 5.1 Výpočet čepu



Obrázek 11 Schéma zavěšení čepu

V tomto případě je čep listového péra namáhán na smyk, otláčení a ohyb. Pro lepší orientaci v rozměrech pro výpočet jsem si rozkreslil uložení čepu v řezu. Označil jsem nejdůležitější rozměry pro návrh čepu (obr. 11).



Ve výpočtu se budu zabývat kontrolou na smyk (střih) a otláčení. Namáhání ohybem je zanedbatelné z důvodu malého ohybového momentu.

### Určení zatížení čepu.

Po určení zatěžující síly je nutné vypočítat nejdříve hmotnost naloženého vozidla.

Název	Značka	Jednotka
Hmotnost vozíku / korby	$m_v$	[kg]
Hmotnost nákladu	$m_n$	[kg]
Hmotnost celková	$m_{celk}$	[kg]
Počet čepů	$n_{\check{c}}$	
Zatěžující síla nákladu	$F_m$	[N]
Zatěžující síla na čepu	$F_{\check{c}}$	[N]

$$m_v = 350 \text{ kg}$$

$$m_n = 1150 \text{ kg}$$

$$n_{\check{c}} = 4 \gg \text{volím } n_{\check{c}} = 3 \text{ (z důvodu většího koeficientu bezpečnosti)}$$

$$m_{celk} = m_v + m_n = 350 + 1750 = 2100 \text{ kg}$$

$$F_m = m_{celk} \times g = 2100 \times 10 = 21000 \text{ N}$$

$$F_{\check{c}} = \frac{F_m}{n} = \frac{21000}{3} = 7000 \text{ N}$$

Z tohoto výpočtu jsem stanovil zatěžující sílu působící na čepu při plně naloženém stavu vozidla. Počet zatížených čepů jsem ve výpočtu uvažoval jako 3 z důvodu možné nepřesnosti při montáži čepů a možného nezatížení všech čepů rovnoměrně. Tímto krokem jsem zvětšil i koeficient bezpečnosti.

## Výpočet čepu na stříh

Rozměry:

$$a = 40 \text{ mm}$$

$$b = 8 \text{ mm}$$

$$c = 57 \text{ mm}$$

$$\varnothing d = 20 \text{ mm}$$

$$\tau_{Ds} = 60 \text{ MPa (dle Strojnických tabulek)}$$

### Podmínka dovoleného napětí ve stříhu

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$$S = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4} = 628,32 \text{ mm}^2$$

*Plocha se násobí 2x z důvodu, že čep je dvojstřížný*

$$\tau_s = \frac{7000}{628,32} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_s = 11,14 \leq 60 \text{ Podmínka splněna, čep vyhovuje.}$$

## Výpočet čepu na otláčení

Podmínka na otláčení

$$P = \frac{F}{S} \leq P_D$$

$P_D = 34 \text{ MPa (dle tabulek pro materiál 12050 povrchově kalený)}$

$$P = \frac{F}{2 \times (b \times d)} \leq P_D$$

*Plocha se násobí 2x z důvodu, že čep je otláčován ve dvou ramenech zároveň*

$$P = \frac{7000}{2 \times (8 \times 20)} \leq P_D$$

$$P = \frac{7000}{320} \leq P_D$$

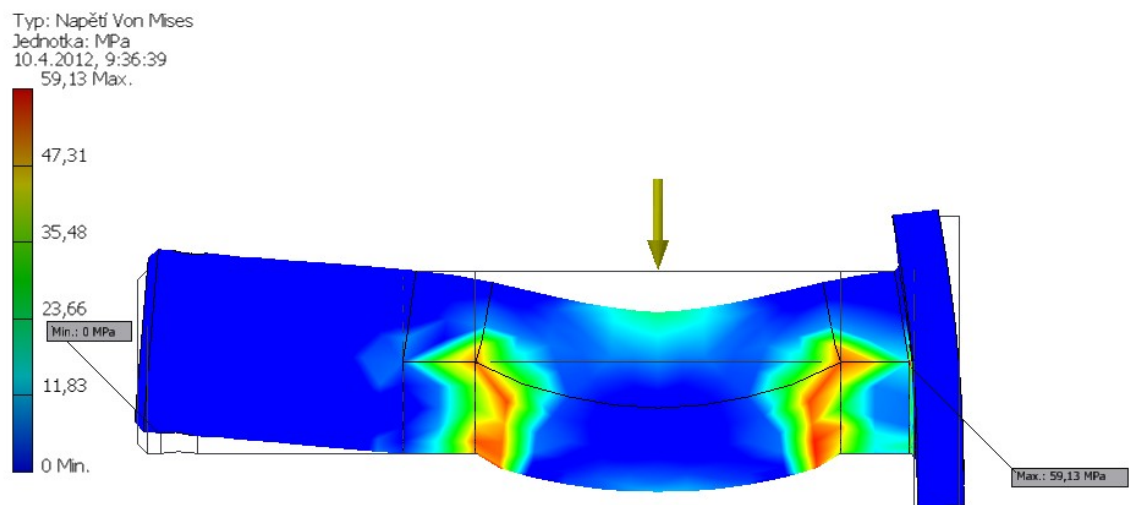
$$P = \frac{7000}{320} \leq P_D$$

$P = 21,88 \leq 34$  » *Podmínka splněna, čep VYHOVUJE*

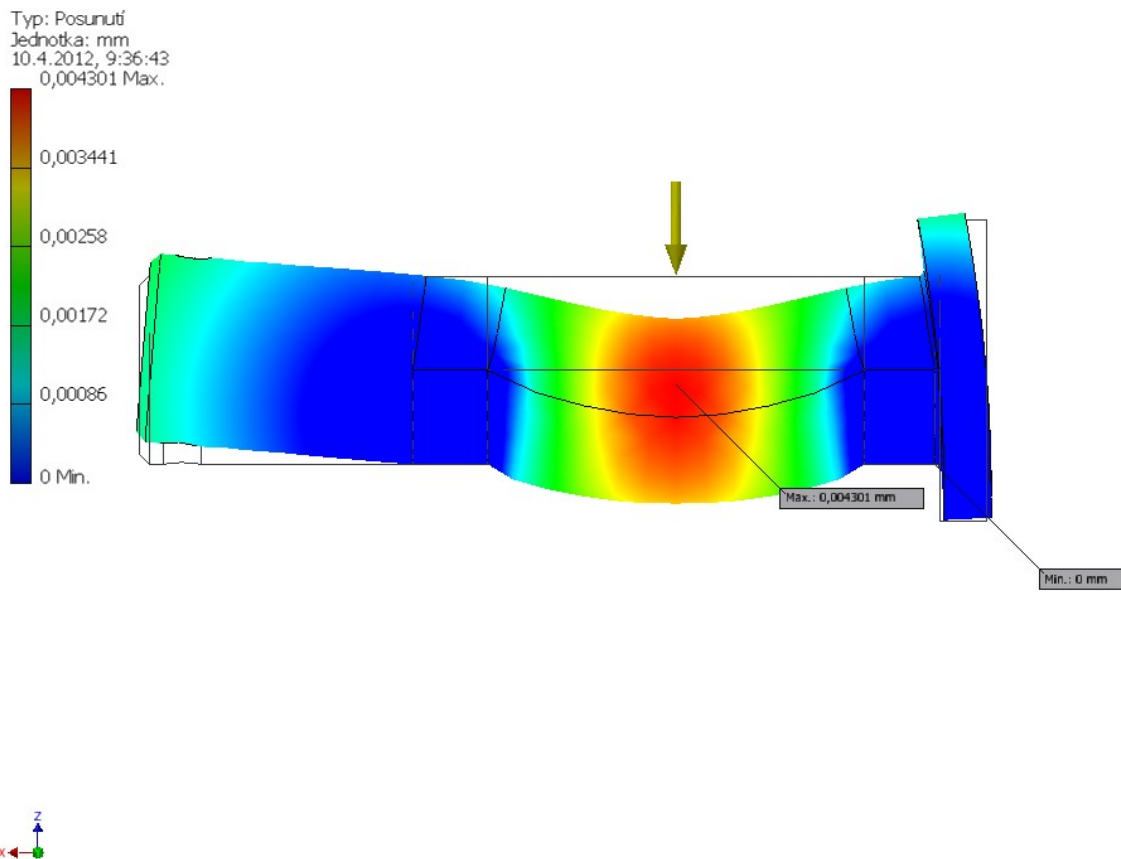
Pro čep jsem volil materiál ČSN 12 050, dále je čep povrchově kalen z důvodu lepších vlastností při namáhání na otláčení a otěr.

Po základních výpočtech čepu na střih a otláčení jsem přešel na kontrolní pevnostní analýzu v programu Autodesk Inventor 2011. V tomto programu jsem simuloval zatížení čepu listového péra.

### **Pevnostní analýza v programu Autodesk Inventor 2011**



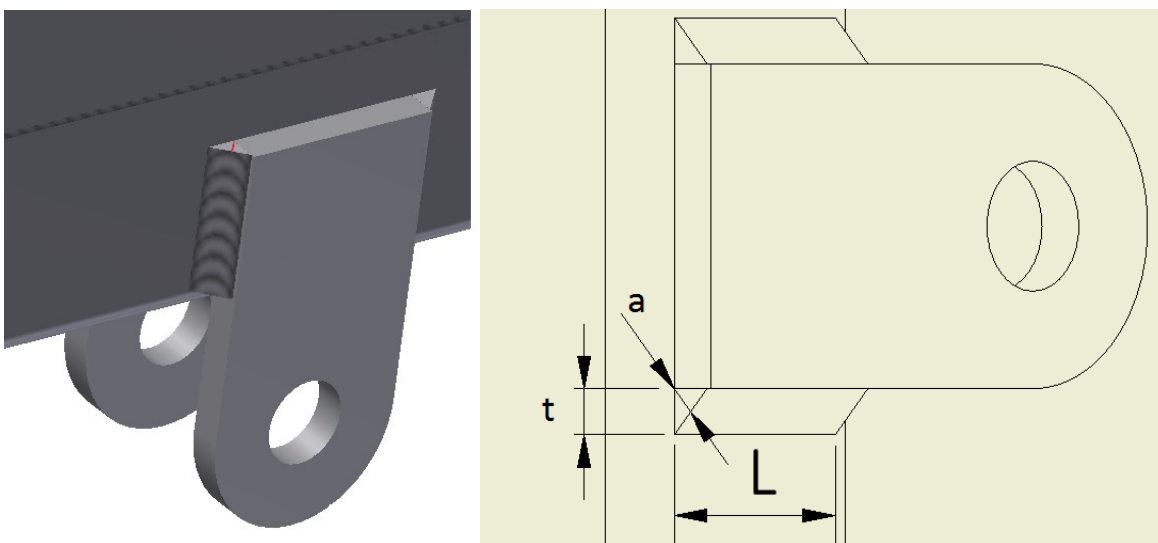
Obrázek 12 Pevnostní analýza čepu ( napětí Von Mises )



Obrázek 13 Pevnostní analýza čepu (Posunutí)

## 5.2 Výpočet svarů

Po výpočtu a pevnostní analýze čepu, jsem přešel na kontrolní výpočet svaru.



Jedná se o koutový svar, který je namáhán na smyk

Zadané hodnoty:  $a = 5 \text{ mm}$ ,  $L = 35 \text{ mm}$ ,  $\tau_{Ds} = 130 \text{ MPa}$

Pevnostní podmínka

$$\tau_{s \square} = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

Výpočet činné plochy koutového svaru namáhaného na smyk

$$S = a \times (L - 2a)$$

Pokud není  $a$  zadáno dopočítáme jej podle vzorce:  $a = \cos 45^\circ \times t$

$$S = 5 \times (35 - 2 \times 5)$$

$$S = 125 \text{ mm}^2$$

Výpočet celkové plochy svaru, zatížené silou  $F$

(  $n$  = počet svarů )

$$S_{CELK} = n \times S$$

$$S_{CELK} = 4 \times 125 = 500 \text{ mm}^2$$

*Dosazení*

$$\tau_{s \square} = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_{s \square} = \frac{7000}{500} \leq 130$$

$$\tau_{s \square} = 14 \leq 130 \text{ »Podmínka splněna, svar vyhovuje}$$

### 5.3 Kalkulace ceny odpružení

Po úspěšném návrhu odpružení pomocí listového pera, jsem se rozhodl pro celkovou kalkulaci odpružení. Nejdříve jsem zhotovil výkresovou dokumentaci k danému odpružení. Dokumentaci jsem poslal do strojírenské firmy Euron Technologies, zabývající se CNC obráběním a požádal je o vyhotovení výrobní ceny.

Obdržel jsem tyto výsledky:

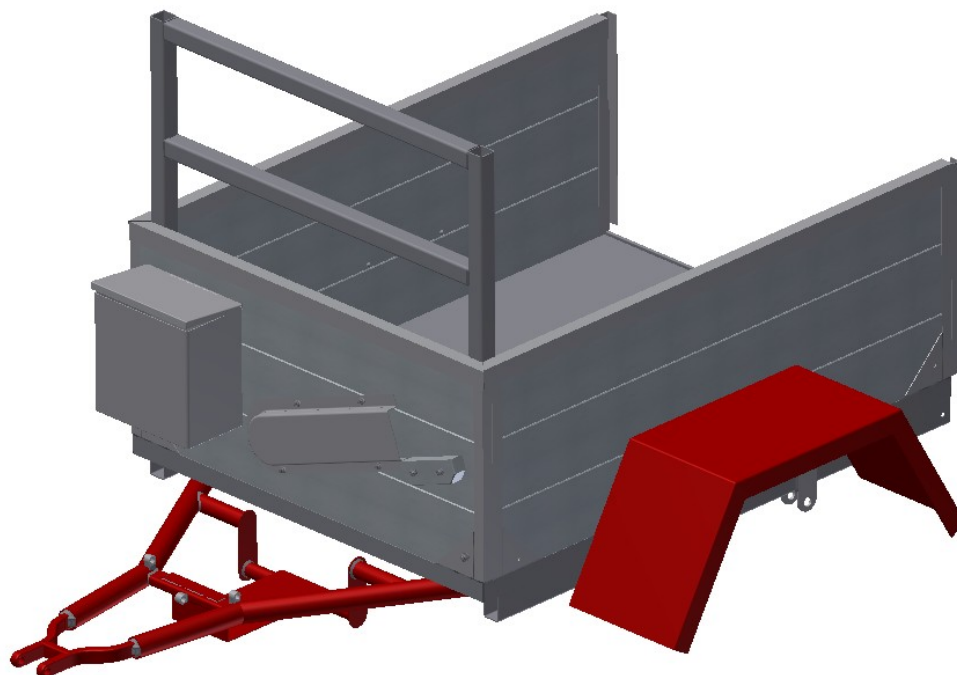
Součást	Cena mat.	Čas výroby	Sazba za 1hod	Počet kusů	Výsledná cena
<i>Čep přední</i>	15 Kč	5,5 min (fréz+vrt)	500	2	121 Kč
<i>Čep zadní</i>	20 Kč	6,5 min (fréz+vrt)	500	2	148 Kč
<i>Zavěšení listu</i>	10 Kč	8 min (frézování)	500	4	307 Kč
<i>Držák čepu</i>	8 Kč	6 min (frézování)	500	8	464 Kč

Posledním prvkem odpružení je samotné listové pero, jeho dokumentaci jsem zaslal do firmy zabývající se výrobou listových per a další pružin. Nabídka byla 4000 Kč za 2 listová péra.

Po této kalkulaci jsem dospěl k závěru, že by bylo možné dané odpružení zrealizovat zhruba již od 5000 Kč. Jedná se ale o čistě výrobní náklady, není zde tedy započítána cena za montáž daného odpružení na tříkolku.

## 6 Konstrukce vozíku

Konstrukce tohoto stroje se skládá z hlavních dvou částí. Jedná se o samotný motocykl Jawa 250 a dále pak o nákladní vozík s hnanou nápravou. Motocykl je použit v originálním stavu. Je u něj pouze odstraněno zadní kolo a kyvná vidlice je pomocí svaru připevněna k tažné části vozíku.

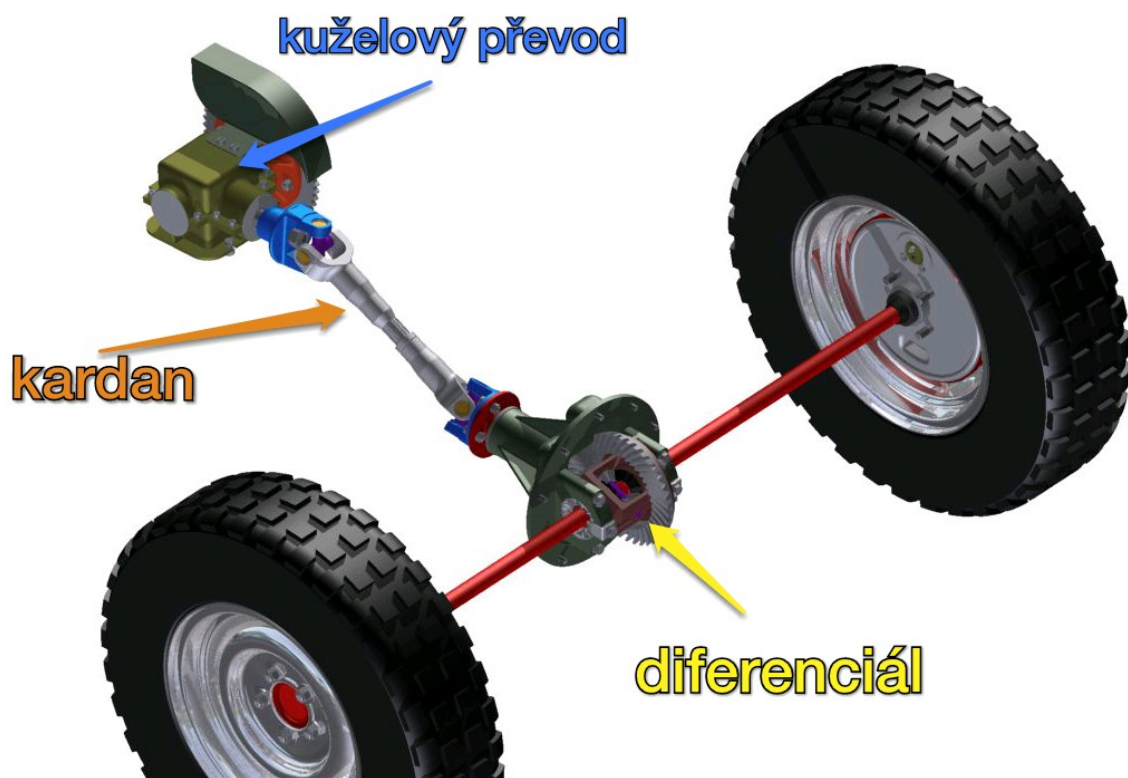


Obrázek 14 Korba vozíku

Na obrázku je znázorněn vozík motorové tříkolky. Jedná se o svařovanou konstrukci různých ocelových profilů. Podélné nosníky jsou tvořeny profilem 40x60mm a tloušťkou stěny 3mm, jsou spojeny příčnickem stejného průřezu. Tažná část vozíku je zhotovena z bezešvé ocelové trubky průměru 40mm. Na vozíku se nachází nákladní prostor – korba, bezpečnostní rám zabraňující pádu břemene při brzdění směrem na řidiče, schránka na nářadí a prostor pro odložení motorové pily. Nákladní prostor vozíku je navrhnout tak, aby byl schopný pojmout 1.5 m<sup>3</sup> bukového dřeva, což odpovídá zhruba 1200 kg. Na spodní straně se nachází přivařené ocelové pláty pro uchycení listového péra k nápravě. Na tažné části je deska pro uchycení kuželového převodu, který zajišťuje přenos krouticího momentu z řetězu od motoru na diferenciál zadní nápravy tříkolky.

## 7 Hnací soustava

Hnací soustava je tvořena čtyřmi základními prvky. První a nejdůležitější člen je motor. Použit je originální motor z motocyklu Jawa 250, ten má objem válce 248,5 ccm a poskytuje pro soustavu výkon 9 koní. Motor je zřevodován takzvaně do pomala použitím menšího řetězového kola. Z motoru je kroučící moment přenášen pomocí originálního řetězu z Jawy na kuželový převod. Jedná se o pravoúhlý kuželový převod, který mění směr otáčení, a přenáší otáčky na kardanový hřídel. Tento převod má převodový poměr  $i = 1:1$ . Tyto převody jsou hojně používány například v zemědělství. Na výstupní hřídeli se nachází drážkování, které zajistí přenesení otáček na kardanový hřídel. Tento hřídel je použit z důvodu nesouososti kuželového převodu a diferenciálu. Tvoří jej dva náboje, dva křížové čepy v jehličkových ložiskách, které umožňují přenos kroučícího momentu k nesouosým hřídelům. Další součást „kardanu“ jsou dva hřídele. Jeden hřídel má vnitřní drážkování a druhé vnější. Jsou zasunuty do sebe a umožňují posun v axiálním směru. Tato vlastnost je velmi důležitá, protože při pružení zadní nápravy (diferenciálu) dochází ke změně délky soustavy. Bez použití kardanového hřídele by k pružení nemohlo dojít, došlo by pouze k poškození hnací soustavy.

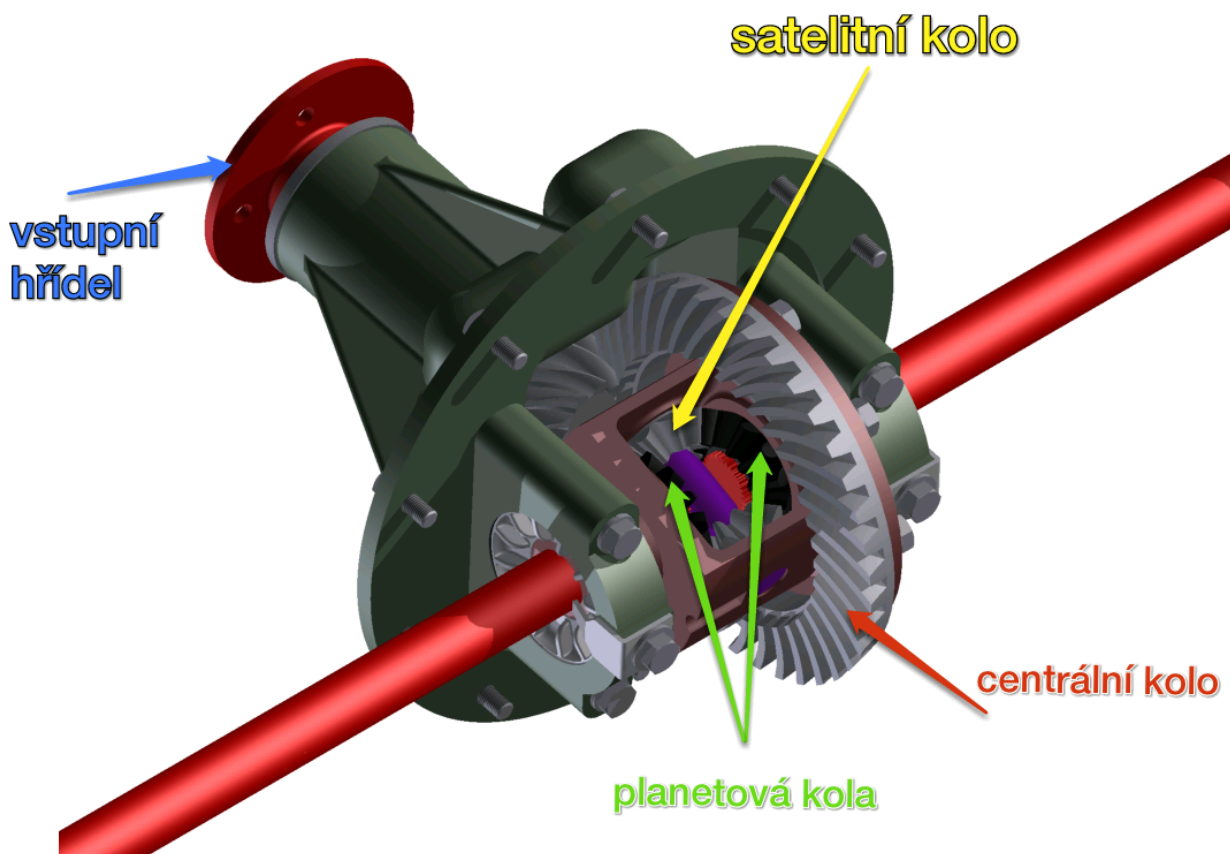


Obrázek 15 Hnací soustava tříkolky



## 8 Diferenciál

Jedná se o speciální druh planetové převodovky používaný k rozdělení otáček na dva výstupní hřídele. Pokud jedeme s vozidlem rovně, obě kola se točí rovnoměrně. Pokud ale začneme zatáčet, každé kolo se začne otáčet jinou obvodovou rychlostí. Kolo na menším poloměru zatáčky ujede menší vzdálenost, a proto se otáčí pomaleji. Z tohoto důvodu používáme diferenciál, který zajistí požadované rozdělení výkonu z motoru na obě kola. Alespoň jeden diferenciál je dnes používán u všech automobilů. U některých vozidel se používají i 3 diferenciály, například pro pohon všech kol (4x4). Použití diferenciálu ale přináší i své nevýhody. Mezi hlavní patří velké ztráty způsobené použitím ozubeného převodu. Další je nemožnost rozjetí se pokud se jedno kolo nachází například na ledu, a druhé na asfaltu. Na povrch s větším odporem (asfalt) se nedostane žádný výkon motoru, protože všechn se přenesse na kolo umístěné na ledu. Tento problém odstraňujeme použitím uzávek diferenciálu. Uzávěrka uzamkne funkci diferenciálu a rozdělí výkon rovnoměrně na obě kola (50/50). Použitý diferenciál má převodový poměr 4:1 a je použitý z automobilu Moskvič 408.



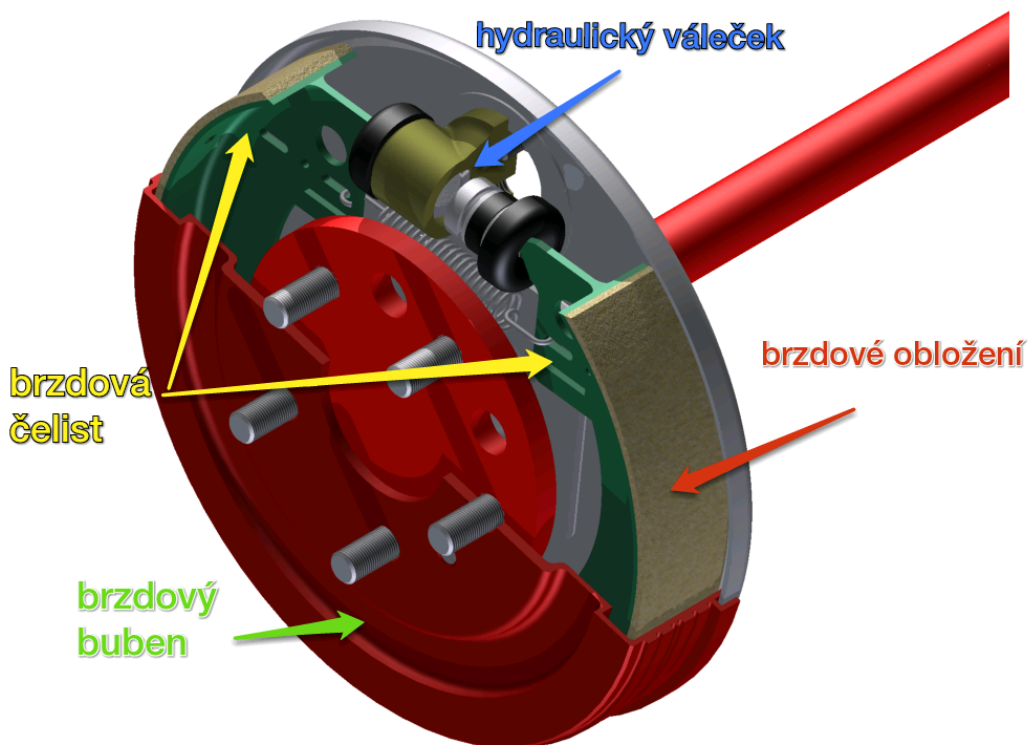
Obrázek 16 Diferenciál

## 9 Bubnová brzda

Neméně důležitou součástí každého vozidla jsou brzdy. Brzda je zařízení sloužící ke zpomalení nebo úplnému zastavení vozidla. Nejpoužívanější brzdy v dopravních prostředcích v dnešní době jsou kotoučové a bubnové brzdy. Obě jsou založeny na principu ztráty energie, v důsledku tření. V mé práci jsem na motorovou tříkolku použil celkem 3 brzdy. Jedná se o bubnové brzdy ovládané mechanicky.

### Princip bubnové brzdy

Celý celek je ovládán pomocí hydraulického válečku. Do válečku je přes nožní pedál umístěný na motocyklu Jawa vtačována pracovní kapalina (olej). Z důvodu, že kapalina je nestlačitelná dochází k vyvolání tlaku, a to způsobí roztáhnutí hydraulického válečku. V kontaktu s válečkem jsou brzdové čelisti. Ty jsou naproti válečku uchyceny pomocí čepu otočně. Na čelisti je přilepeno brzdové obložení, které je tvořeno speciální látkou, která má velké tření. Při působení síly, se brzdová čelist pohne a začne silou působit na brzdový buben. Na tomto bubnu vyvolá třecí sílu a tím pádem požadovaný brzdový účinek. Brzdový buben je umístěn na poloose kola a je uchycen stejně jako kolo vozidla pěti šrouby. Při přerušení brzdění se čelisti vrátí zpět do původního stavu pomocí ocelové pružiny. Proto je na brzdový buben působený pouze v požadovaném čase.



Obrázek 17 Bubnová brzda v řezu

## 10 Tlumič

Tlumiče se používají jako nedílná součást odpružení vozidla. Jsou to zařízení, která pohlcují kmity vyvolané nerovnostmi vozovky. Zabraňují rozkmitání vozidla, a tím zlepšují jízdní vlastnosti. Dále mají za úkol udržet kola vozidla v kontaktu s vozovkou, což je velmi důležité zejména při brzdění. Mezi nejpoužívanější tlumiče v dnešní době patří kapalinové nebo plyno-kapalinové tlumiče. Pracují na principu přetlačování oleje z jedné komory do druhé přes samočinnné ventily. Velikost otvoru, přes který kapalina proudí závisí na požadované tvrdosti tlumiče. Dvojčinnné tlumiče umožňují pracovat v obou směrech.

Pro svou práci, odpružení tříkolky jsem použil tlumiče z motocyklu Jawa 250. Jedná se vlastně o kombinovaný celek pružiny a tlumiče. Tlumič je kapalinový s talířovým ventilkem. Volil jsem je z důvodu snadné dostupnosti a levné pořizovací ceny. Na nápravě jsem je uchytil pomocí silentbloků vložených do přivařených úchytů na rámu tříkolky. Při použití s listovými pery, zvětší tuhost nápravy a zabrání případnému rozkmitání nápravy.

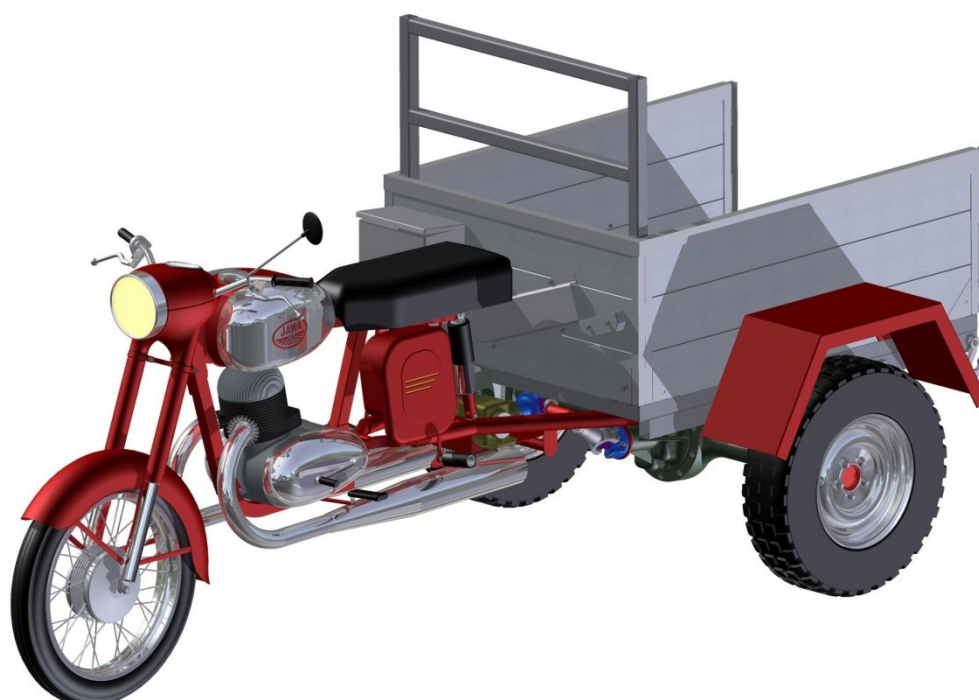


Obrázek 18 Řez tlumičem

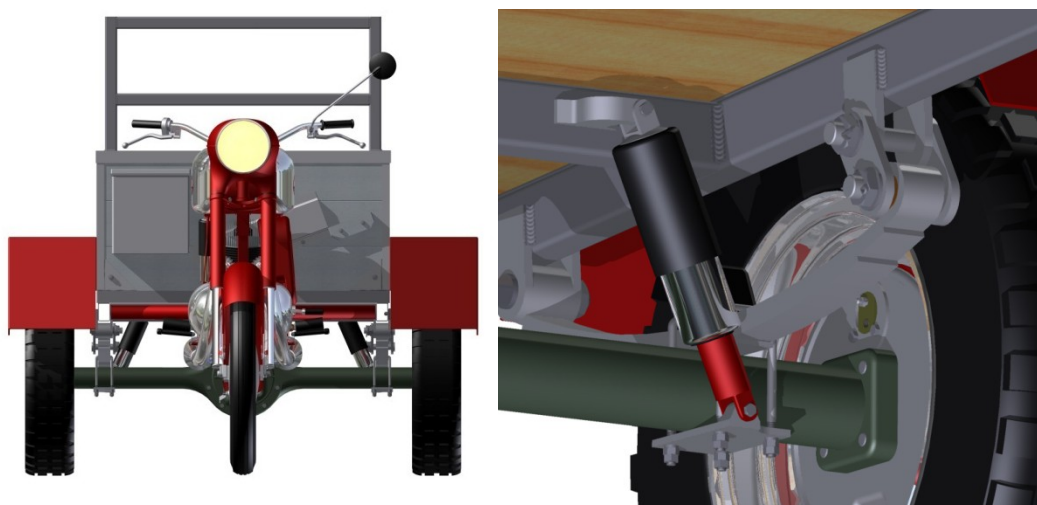
## 11 Sestava 3D modelu tříkolky

Jako jeden z hlavních bodů mé práce bylo vytvořit 3D model sestavy tříkolky v programu Autodesk Inventor. Model jsem zhotovil kompletní, rozkreslený do všech detailů včetně tlumičů, přední vidlice motocyklu, diferenciálu, brzd atd. Jediný celek, bez detailního rozkreslení byl blok motoru, z důvodu velké složitosti a malé podstaty na konstrukci tříkolky. Byl vymodelován pouze zvenčí, což je pro tuto práci plně dostačující.

Na následujících rendrech z programu Autodesk Inventor 2011 můžete vidět moji kompletní sestavu této motorové tříkolky.



Obrázek 19 3D model pohled 1



Obrázek 20 Pohled zepředu/ detail odpružení



Obrázek 22 3D model zadní pohled



Obrázek 21 Spodní pohled

## Závěr

Mým cílem v této práci bylo vyřešení konstrukce motorové tříkolky a návrh vhodného odpružení pro toto vozidlo. Při návrhu konstrukce jsem se snažil o co nejjednodušší řešení a nejnižší výrobní náklady s ohledem na funkčnost vozidla. Vytvořil jsem kompletní 3D model sestavy této tříkolky včetně motocyklu Jawa 250 v programu Autodesk Inventor 2011.

Při návrhu odpružení jsem se zabýval nejprve správnou volbou vhodného typu odpružení. Vybíral jsem s možností použití listového pera, torzní tyče anebo vinutých pružin. Po zvážení všech výhod a nevýhod jsem zvolil variantu listového pera z důvodu nejjednodušší konstrukce, nejnižší ceny a zároveň dobré účinnosti. Navrhnul jsem konstrukční provedení listového pera a provedl jsem pevnostní výpočty namáhaných součástí například nosných svarů na konstrukci. Dále jsem zhotovil pevnostní analýzu čepu listového pera při zatížení. Z těchto výpočtů a analýz jsem dospěl ke konečným rozměrům listového pera. Zhotovil jsem 3D model tohoto odpružení a vytvořil výkresovou dokumentaci k vybraným součástem. Dále jsem v programu SurfCAM naprogramoval CNC program pro výrobu čepu listového pera (soustružení) a pro uchycení řidítek (frézování). Tímto krokem jsem navrhnul komplexní řešení odpružení motorové tříkolky pomocí listového pera. Dále jsem vytvořil základní popis vybraných součástí a vysvětlil jsem jejich princip, mezi tyto součásti patří diferenciál, bubnová brzda, tlumič atd. Tento popis může sloužit jako učební pomůcka.

## Seznam literatury a dalších zdrojů

1. Wikipedia. [Online] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Jawa>.
2. **Matějka, Aleš.** Montyjawa. [Online] Web4U s.r.o., 20. květen 2002. [Citace: 20. Leden 2012.]
3. **Leinveber, Jan a Vávra, Pavel.** *Strojnické tabulky*. Úvaly : Albra - pedagogické nakladatelství, 2008. str. 914. ISBN 978-80-7361-051-7.
4. **Bartoš, Josef.** *Strojní součásti*. Praha : Státní pefagogické nakladatelství, 1961.
5. **Řoutil, David.** Digitální knihovna Univerzity Pardubice. [Online] 26. únor 2009. [Citace: 15. Prosinec 2012.]
6. **NAŠE VOJSKO.** *UČEBNICE ŘIDIČE MOTOCYKLU ( V- přepracované a doplněné vydání )*. Praha : NAŠE VOJSKO, 1960. Sv. 12.
7. Grewis s.r.o. *Grewis*. [Online] [Citace: 4. březen 2012.] [www.grewis.cz](http://www.grewis.cz).
8. Edensex. *orthonormální mezisít'*. [Online] [Citace: 10. 2 2012.] [http://www.edensex.cz/topic\\_content.inc.php?topic=136](http://www.edensex.cz/topic_content.inc.php?topic=136).
9. Clean Harleys. *Cleanharleys*. [Online] [Citace: 10. 2 2012.] <http://www.cleanharleys.com/2012-Trike-Harley-Davidson-TriGlide-FLHTCUTG-Arlington-Texas-76011>.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Logo firma JAWA (1).....	7
Obrázek 2 Jawa 250.....	8
Obrázek 3 Velorex(8).....	9
Obrázek 4 Moderní tříkolka (9).....	9
Obrázek 5 Listové péro.....	10
Obrázek 6 Vinutá pružina.....	11
Obrázek 7 Torzní tyče.....	12
Obrázek 8 Uložení listového péra.....	13
Obrázek 9 Uchycení na rámu.....	13
Obrázek 10 Čep listového péra.....	14
Obrázek 11 Schéma zavěšení čepu.....	14
Obrázek 12 Pevnostní analýza čepu ( napětí Von Mises ).....	17
Obrázek 13 Pevnostní analýza čepu (Posunutí).....	18
Obrázek 14 Korba vozíku.....	21
Obrázek 15 Hnací soutava tříkolky.....	22
Obrázek 16 Diferenciál.....	23
Obrázek 17 Bubnová brzda v řezu.....	24
Obrázek 18 Řez tlumičem.....	25
Obrázek 19 3D model pohled 1.....	26
Obrázek 20 Pohled zepředu/ detail odpružení.....	26
Obrázek 21 Spodní pohled.....	27
Obrázek 22 3D model zadní pohled.....	27



## Cizojazyčný slovník

Tricycle	Tříkolka
Freight	Náklad
Construction	Konstrukce
Suspension	Odpružení
Axle	Náprava
Leaf-spring	Listové péro
Selected component	Vybrané součásti
Drawings	Výkresová dokumentace
Essentials components	Základní součásti
Shock absorber	Tlumič kmitů
Differential	Diferenciál
Description	Popis
Economic calculation	Ekonomická kalkulace
Analysis	Analýza
Remodel	Přestavba (upravení)

## Přílohy

- 1) VÝKRES – ČEP PŘEDNÍ (RC-001)
- 2) VÝKRES – ZAVĚŠENÍ LISTO (RC-002)
- 3) VÝKRES – DRŽÁK ČEPU (RC-003)
- 4) VÝKRES – MOTOROVÁ TŘÍKOLKA SESTAVA (SOČ 001)
- 5) OPERAČNÍ LIST SURFCAM – PŘEDNÍ ČEP LISTU
- 6) OPERAČNÍ LIST SURFCAM – CHYCENÍ ŘIDÍTEK