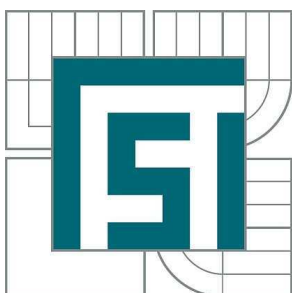


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NASTAVITELNÉ TLUMIČE ODPRUŽENÍ

ADJUSTABLE SHOCK ABSORBERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RADEK ADAMIEC

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ BLAŽÁK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Radek Adamiec

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nastavitelné tlumiče odpružení

v anglickém jazyce:

Adjustable Shock Absorbers

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozeberte v současné době používané systémy nastavitelných tlumičů odpružení.

Cíle bakalářské práce:

- 1.Zpracujte přehled jednotlivých konstrukčních řešení nastavitelných tlumičů u běžných osobních vozidel.
- 2.Zpracujte přehled jednotlivých konstrukčních řešení nastavitelných tlumičů u závodních vozidel a motocyklů.
- 3.Formulujte vývojové tendence v oblasti nastavitelných tlumičů vozidel.

Seznam odborné literatury:

- [1] VLK,F. Dynamika motorových vozidel. ISBN 80-238-5273-6, Nakladatelství VLK, Brno 2000.
- [2] VLK,F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-234-6573-0, Nakladatelství VLK, Brno 2000.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ondřej Blaťák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 19.11.2010

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Anotace

Bakalářská práce obsahuje přehled používaných tlumičů osobních automobilů, závodních automobilů a motocyklů. Jsou zde popsány systémy tlumením, konstrukce tlumičů a vidlic používaných u motocyklů. Dále je zde přehled prvků používaných u podvozků automobilů.

Annotation

This bachelor's thesis contains the survey of the shock absorbers of passenger cars, racing cars and motorcycles. Are described damping systems, the design used shock absorbers and forks for motorcycles. Then there is the list of the elements used in chassis systems.

Klíčová slova

Tlumiče, Nastavitelné tlumiče, Závodní tlumiče

Key words

Shock Absorbers, Adjustable Shock Absorbers, Racing shock

Bibliografická citace

ADAMIEC, R. *Nastavitelné tlumiče odpružení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 24 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ondřej Blažák, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma Současný stav a vývojové tendence v konstrukci odpružení a tlumení osobních vozidel vypracoval samostatně a veškerá použitá literatura a prameny jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

24.Května 2012

.....
Radek Adamiec

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Ondřeji Blaťákovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky.

Obsah

Úvod	9
1. Vymezení základních pojmů	10
1.1. Podvozek.....	10
1.2. Zavěšení kola.....	10
1.3. Odpružení vozů.....	11
1.3.1. Podmínky kladené na odpružení.....	11
1.3.2. Pružiny.....	11
1.3.3. Tlumiče.....	12
2. Systémy odpružení vozidel	12
2.1. Konvenční systém.....	12
2.2. Adaptivní systém.....	12
2.3. Semiaktivní systém.....	13
2.4. Aktivní systém.....	13
3. Tlumení	14
3.1. Pasivní hydraulické tlumiče.....	14
3.1.1. Jednoplášťový tlumič.....	14
3.1.2. Dvoupplášťový tlumič.....	14
3.1.3. Tlumiče s polohově závislým tlumením.....	15
3.1.4. Hydroplynové tlumiče.....	15
3.2. Nastavitelné tlumiče odpružení.....	16
3.2.1. Tlumiče CDC.....	16
3.2.2. Magnetoreologické tlumiče.....	17
4. Závodní tlumiče	18
4.1. Tlumič Gaz Shock pro Škodu 130/LR.....	18
4.2. Tlumič Gaz Shock pro Škodu 105 – 130.....	18
4.3. Závodní tlumič Koni typ 2612.....	19
4.3.1. Popis tlumiče Koni 2612.....	19
4.3.2. Základní informace.....	19
4.3.3. Princip funkce.....	19
4.3.4. Možnosti nastavení.....	20
4.4. Závodní tlumič Koni typ 2812.....	21
4.4.1. Popis tlumiče Koni 2812.....	21
4.4.2. Základní informace.....	21
4.4.3. Princip funkce.....	22
4.5. Závodní tlumič Penske série 7000.....	22
4.5.1. Popis tlumiče Penske.....	23
4.5.2. Základní informace.....	23

4.5.3.	Popis tlumiče.....	23
4.5.4.	Možnosti nastavení.....	23
4.6.	Shrnutí tlumičů dle mého názoru.....	24
5.	Tlumení Formule 1.....	24
6.	Tlumení vozů WRC.....	25
6.1.	Uchycení tlumiče u vozu WRC.....	26
7.	Nastavitelné tlumiče motocyklů.....	27
7.1.	Přední vidlice Showa B.P.F. (Big Piston Forks).....	28
7.1.1.	Popis jednotlivých částí.....	28
7.1.2.	Funkce Big Piston Forks.....	28
7.1.3.	Možnosti nastavení vidlice.....	28
7.2.	Vidlice Ohlins FGR 900 Superbike.....	29
7.2.1.	Popis jednotlivých částí.....	29
7.2.2.	Funkce TTX.....	29
7.2.3.	Možnosti nastavení vidlice.....	29
7.3.	Zadní centrální tlumič Bitubo XXF31.....	30
7.3.1.	Popis tlumiče.....	30
7.3.2.	Možnosti nastavení.....	30
8.	Rozbor stávající situace na trhu s nastavitelnými tlumiči.....	30
	Závěr.....	31
	Použité zdroje.....	32
	Seznam obrázků.....	33

Úvod

Tato bakalářská práce má čtenáři objasnit technické a konstrukční řešení nastavitelných tlumičů odpružení.

Tlumiče jsou nezbytnou součástí vozidel. Cílem je zajistit bezpečnou jízdu, zajistit jízdní komfort a také ochránit náklad a posádku před otřesy způsobenými nerovnostmi na silnici. Také se snaží co nejvíce omezit namáhání některých částí vozidla a tím prodlouží jejich životnost.

Jízdní vlastnosti a vysoký komfort je pro tlumiče velmi obtížné zajistit oboji zároveň. Platí, že čím lepší stabilita vozidla tím nižší komfort a naopak. Snahou výrobců je dosáhnout co nejlépe kombinace obojího. V současnosti se už využívají tzv. aktivní systémy odpružení. Tyto systémy se řídí elektronicky a umožňují změnu charakteristiky tlumení.

Po těchto systémech, které se především využívají u osobní automobilů, máme také nastavitelné tlumiče pro závodní automobily. U těchto tlumičů si řidič se svým mechanikem určuje charakteristiku podle potřeb daného okruhu. V dnešní době se také nastavitelné tlumiče využívají pro běžné silnice. Tyto tlumiče, ale neposkytují přímo výrobcovi vozidel a zákazníci si je vybírají podle svých potřeb.

U běžného nastavitelného tlumiče se nejčastěji mění pouze předpětí pružiny a tím se mění světlá výška vozu. Samozřejmě jsou i tlumiče kde se mění mnohem víc vlastností tlumičů, ale je to vykoupeno svoji vysokou cenou a pro každodenního řidiče je takřka nevyužitelný.



1. Vymezení základních pojmů

1.1. Podvozek

Podvozek je soustava mechanických prvků, která přetransformuje rotační pohyb kol na translační pohyb karoserie.

Podvozek se skládá nejčastěji z těchto základních částí:

- Závěs kola
- Řídící prvky
- Odpružení
- Brzdový systém
- Podpůrné prvky (jedná se o bezpečnostní prvky, které se používají u vyspělejších konstrukcí jako ABS,ESP atd.)

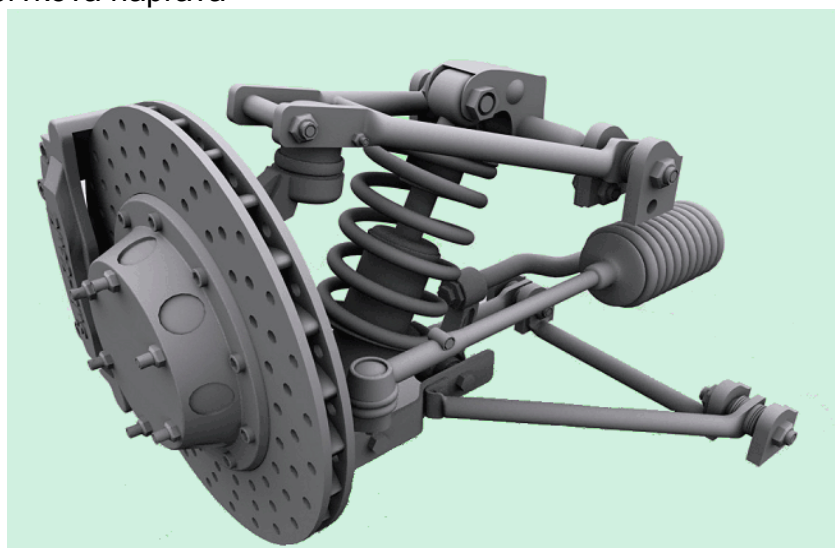
Podvozky se dají dělit podle různých kategorií např. jestli se jedná o podvozek letadla, automobilu, motocyklu atd. a tyto podvozky se dají znovu a znovu dělit.

Například u motocyklu se dají dělit na silniční a terénní a tyto se dají dále dělit na klasické či sportovní. V této práci se budeme zabývat silničními a sportovními podvozky u automobilů a motocyklů.

1.2. Zavěšení kola

Zavěšením kol rozumíme způsob připojení kol ke karoserii či rámu vozidla. Zavěšení kol řeší kinematický pohyb kola vzhledem ke karoserii. Zavěšení přenáší svislé síly (zatížení vozidla), podélné síly (hnací a brzdné síly), příčné síly (odstředivé síly) a momenty podélných sil od vozovky do karoserie a naopak. V současnosti se používají například tyto tři základní typy zavěšení kola:

- Mc-Pearson
- Lichoběžníková
- Více prvková náprava



Obrázek 1.1 : Více prvková náprava (Multilink) [1]

1.3 Odpružení vozu

Odpružení se skládá z tlumicí a pružicí části. Pružicí část se stará o propružení kola při projetí nerovnosti a tlumicí část utlumuje nežádoucí kmitání kola a poskytuje stály styk kola s vozovkou.

1.3.1 Podmínky kladené na odpružení

Odpružení má vliv na komfort cestování a tím také ovlivňuje fyzickou kondici řidiče, proto je zapotřebí správné naladění. Důsledkem nedostatečného utlumení kmitů kola dochází k nadměrnému opotřebení mechanismu závěsu a pneumatiky. U odpružení je Komfort jízdy se posuzuje podle schopnosti utlumení nežádoucího kmitání při přejezdu nerovnosti. Je možno říci, že komfort a bezpečnost jsou dvě různé vlastnosti, které se navzájem popírají.

U závodního odpružení je kladen co největší důraz na stabilitu vozidla při průjezdech zatáčkami a komfort vozidla není tak důležitý jako jeho jízdní vlastnosti. vždy kladen nárok na komfort a bezpečnost. Bezpečnost jízdy je ovlivněna kmitáním neodpružených hmot. Hodnotí se bezrozměrnou veličinou, kterou je přilnavost kola k vozovce. Jedná se o poměr minimálního zatížení vozovky pneumatikou automobilu při překonání nerovnosti a statického zatížení. Minimální hodnota je 0% a znamená, že se kolo nedotýká vozovky. Maximální (100%) přilnavost je teoretická hodnota a znamená, že kolo dokonale přilne k vozovce.

1.3.2. Pružiny

Odpružení je zapříčiněno pomocí pružin nebo pružících elementů. Tyto pružící elementy mohou být buď to:

- a) S konstantní charakteristikou pružení
 - Klasické vinuté pružiny
 - Torzní tyče
 - Miskové pružiny
 - Listová péra
- b) S proměnou charakteristikou pružení (hlavní užití jsou sportovní vozy)
 - Vinuté pružiny s proměnným stoupáním a průměrem pružiny
- c) S řízenou charakteristikou pružení
 - Vzduchové pružiny
 - Hydraulické



Obrázek 1.2: Listové péra a vinutá pružina [2]

1.3.3. Tlumiče

Tlumič odpružení je dominantním prvkem závěsu kola. Zajišťuje kontakt pneumatiky s vozovkou a omezují volný pohyb pružin zavěšení. Tlumiče mají rozhodující vliv na zajištění pohodlného, a co je důležitější, také bezpečného řízení vozidla. Díky tlumičům vozidlo absorbuje nerovnosti silnice, rovněž však tlumí kmitání pružin. Tlumič automobilu nemůže pracovat s lineární charakteristikou tlumící síly, ale pracuje rozdílnou charakteristikou v závislosti na rychlosti zdvihu kola. Hlavním důvodem je rozdílná intenzita tlumení při zdvihu a při poklesu kola, protože tlumič nesmí bránit propérování při prvotním nájezdu na nerovnost a na druhou stranu dostatečně utlumit následné kmity spojené s tímto propružením. V praxi se nejlépe osvědčil teleskopický hydraulický tlumič, který je nejběžnějším řešením tlumení kola.



Obrázek 1.3: Teleskopický hydraulický tlumič s vinutou pružinou. [3]

2. Systémy odpružení vozidel

Systém odpružení vozidla je souhrn všech mechanických, elektronických, kinematických a dalších částí, které se starají o pružení a tlumení vozidla při přejezdu nerovnosti. Tyto systémy se třídí podle způsobů řízení jednotlivých prvků a rychlosti řídicích systému na: Konvenční systém odpružení je jednoduchý systém, který se skládá z pasivního tlumiče a vinuté pružiny. U běžných osobních vozů jsou charakteristiky tlumiče pevně stanoveny a nemůžeme je jakkoli ovlivňovat. Proměnné charakteristiky tlumiče a pružiny se používají u sportovních vozů

- Konvenční
- Adaptivní
- Semiaktivní
- Aktivní systémy

2.1. Konvenční systémy

Pružicí schopnost pružiny jsme schopni měnit pomocí stlačení či roztažení, díky utahování a povolování matice nebo vykloněním pružiny do strany. Tlumič má ve změnách charakteristiky tlumení mnohem větší možnosti. Protože jsme schopni měnit ve velkém rozsahu škrcení průtoku hydraulické kapaliny, pomocí stavicích šroubů.

2.2. Adaptivní systémy

Tyto systémy jsou převážně doplňkovým prvkem konvenčního odpružení. Adaptivní systémy jsou schopny umožnit seřízení tlumičů nebo pružicích systému podle jízdnic potřeb. Řízení systému se uskutečňuje automaticky nebo manuálně. U manuálních si řidič může zvolit velmi tuhé nastavení, které zvýší bezpečnost, ale sníží komfort nebo měkké tlumení což má za výsledek opačný efekt. Pokud nastavení probíhá automaticky, tak se tuhost podvozku reguluje podle rychlosti

vozidla..Doba po kterou je sepnutá jedna či druhá charakteristika je poměrně dlouhá. Z toho vyplývá, že frekvence přepínání adaptivních systému je nižší, než frekvence kmitání, a proto často bývají adaptivní systémy označovány jako pomalé.

2.3. Semiaktivní systém

Tento systém je dnes nerozšířenější a nejpoužívanějším u osobních vozidel. Vyznačuje se vysokou spolehlivostí, nízkou hmotností a energetickou náročností. Tento systém řídí především charakteristiku tlumiče. Rozdíl mezi adaptivním a semiaktivním systémem je v počtu nastavitelných charakteristik. [11]

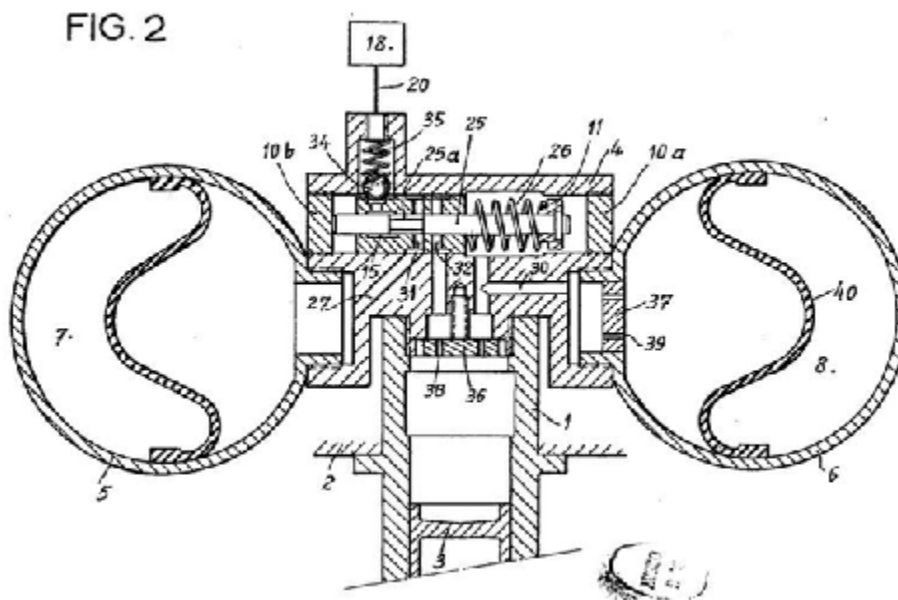
Adaptivní systém pracuje s omezeným počtem charakteristik a u semiaktivního systému se dá říci, že pracuje s nekonečným počtem charakteristik. Tyto charakteristiky se velmi rychle mění a přizpůsobují jízdním požadavkům. Doba změny bývá asi 10ms a tyto systémy se označují jako rychlé.

2.4. Aktivní systémy

Aktivní systémy pracují ve více kvadrantech než adaptivní nebo semiaktivní. U aktivních systému jsou to čtyři kvadranty na rozdíl od adaptivních a semiaktivních, které pracují pouze ve dvou kvadrantech.

Pomalé aktivní systémy pokrývají pouze frekvenční oblast těsně nad vlastní frekvencí nástavby. Jejich pracovní oblast je 0 až 5 Hz. [11]

Tyto systémy jsou díky svému provedení dostatečně rychlé, aby pokryly vlastní frekvenci nápravy. K těmto systému bývají také dodávány přídatné pružiny k podepření statického zatížení.



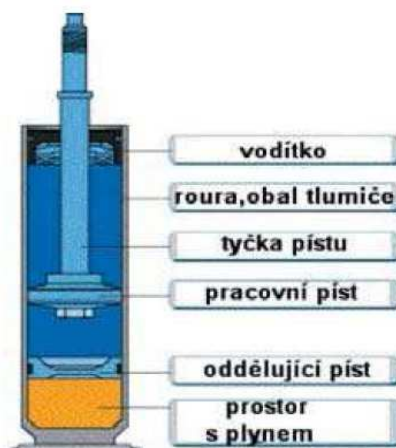
Obrázek 2.1: Aktivní odpružení [4]

3. Tlumení

3.1. Pasivní hydraulické tlumiče

3.1.1. Jednoplášťový tlumič

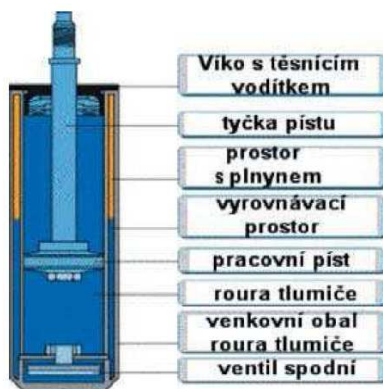
Tento tlumič je jeden z nejčastěji používaných tlumičů u automobilů. Je to jednoplášťový dvojčinný teleskopický tlumič. Skládá se z pístu se dvěma druhy škrtkících ventilů. Tlumení je způsobeno pomocí kapalinového tření, k němuž dochází škrčením kapaliny při průchodu škrtkícími ventily.



Obrázek 3.1: Řez jednoplášťovým tlumičem [5]

3.1.2 Dvouplášťový tlumič

Další variantou teleskopického tlumiče je dvouplášťový tlumič. Funguje na podobném principu jako tlumič jednoplášťový. V pracovním válci naplněném hydraulickou kapalinou, se pohybuje píst s průtokovými ventily, který je upevněn na konci pístnice. Do vyrovnávacího prostoru je vytlačována kapalina o objemu, který v pracovním válci zaujímá zasunutá pístnice. Při pohybu pístu se kapalina začne protlačovat škrtkícími otvory a tím se přemísťuje z jedné pracovní části do druhé. Mezi pracovním a vnějším válcem je tzv. vyrovnávací prostor naplněný přibližně do poloviny kapalinou a je oddělen od pracovního prostoru vyrovnávacím ventilem. Vyrovnávací prostor také kompenzuje objemové rozdíly vzniklé ohřevem kapaliny.



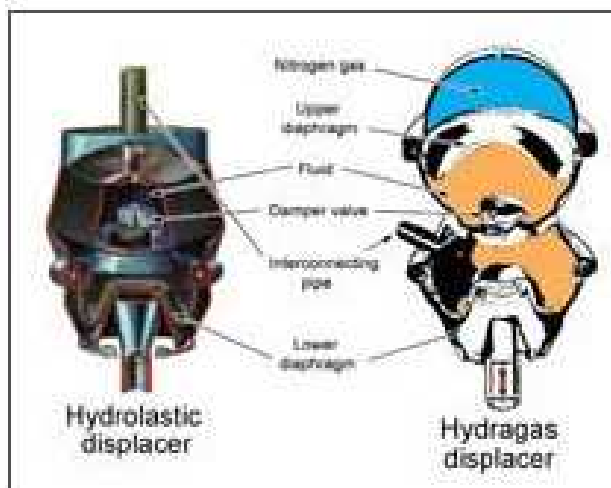
Obrázek 3.2: Řez dvouplášťovým tlumičem [6]

3.1.3. Tlumiče s polohově závislým tlumením

Princip konstrukce těchto tlumičů je jednoduchý. Jedná se o konstrukční úpravu jednoplášťového tlumiče. Tlumení závisí na poloze pístu a vychází z předpokladu, že při průjezdu malých nerovností je zapotřebí menší tlumicí síly, která zajišťuje hlavně komfort. Naopak při zvýšeném zatížení je zapotřebí zvýšit tlumicí sílu pro zajištění maximálního kontaktu kola s vozovkou. Konstrukčně je tento problém řešen pomocí bočního rozšíření pracovního válce v jeho střední části. To má za příčinu netěsnost mezi pístem a stěnou. Tato vůle byla pojmenována jako Obtok, tlumič je v této části měkký.

3.1.4. Hydroplynové tlumiče

Této pružicí jednotce se také říká hydrolastic. Jednotka je podobná tvaru soudku a je připevněna k odpružení části vozidla. Přičemž jeden ventil je nad přepážkou a druhý je pod ní. V obou komorách je náplň směsi vody s lihem a antikorozi směs. Dvoudílný plechový plášť se skládá z horní komory, v níž je umístěna prstencová pryžová pružina namáhána na smyk a tlak. [11] Ve spodní komoře se pohybuje kuželovitý píst spojený se závěsem kola. Píst svým pohybem působí na pružnou membránu vyztuženou nylonem. Přepážka mezi horní a spodní částí je opatřena malým průtokovým otvorem a dvěma jednosměrnými průtokovými tlumicími ventily. Kapalina je mrazuvzdorná a naproti oleji má výhodu stálé viskozity za všech běžných provozních teplot. Navíc velké množství kapaliny dobře odvádí teplo. Charakteristika tlumení je stálá. Progresivita odpružení je docílena jednak progresivní charakteristikou pryžové pružiny, jednak tvarem pístu, který je kuželový, takže výtlač kapaliny nad ním není lineárně závislý na zdvihu kola.



Obrázek 3.3: Hydrolastické a hydroplynové tlumiče [7]

3.2. Nastavitelné tlumiče odpružení

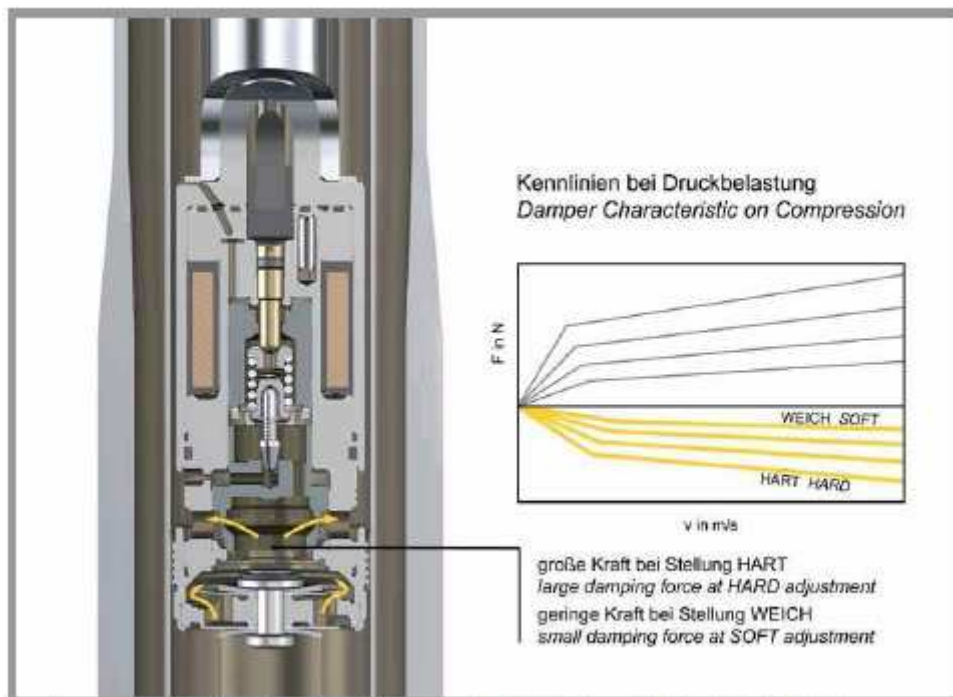
3.2.1 Tlumiče CDC

CDC tlumič (continue Damping control) se nejběžněji používá u semiaktivních systému. Využívá řízený škrticí ventil, který reguluje prostup kapaliny mezi horní a dolní komorou.

Jedná se o tlumič vycházející z dvouplášťového tlumiče. Jeho hlavní součástí, kterou se odděluje od běžných tlumičů je řídicí ventil, který je vymezován polohou elektromagnetického pístku. Otevírá nebo uzavírá průtokové kanálky a tím buď zvyšuje či snižuje průtok kapaliny skrz planžety zpětného ventilu. Tlumič je plynule nastavitelný od měkkého naladění až po tvrdou tlumicí charakteristiku. Řídicí jednotka monitoruje každé 2ms okamžitou potřebu tlumení a následně je schopna upravit až 20x za sekundu proud, který pohybuje s pístkem. Rychlost přenosu dat, které spojují hlavní řídicí systémy je 500kbit/s.[11] Primární okruh se skládá ze tří senzorů, které jsou upevněny ke karoserii, pomocí kterých sbírá data a poté je vyhodnocuje. Sekundární okruh zahrnuje dva senzory zrychlení kola. Terciální okruh je souhrn signálů jako rychlosti vozu, polohy plynového pedálu a bočního zrychlení. Řídicí jednotka vyhodnocuje soubor těchto signálů a poté určuje tlumicí účinek jednotlivě na každé kolo.

Tyto tlumiče se díky svému jednoduchému, energeticky nenáročnému, spolehlivému a hlavně kompaktnímu prostorovému řešení využívají převážně v motosportu.

Využívají je nejen závodní vozy a vozy WRC ale i některé motocykly, pro které je tento systém přepracován a zabudován do předních vidlic a zadního tlumiče.



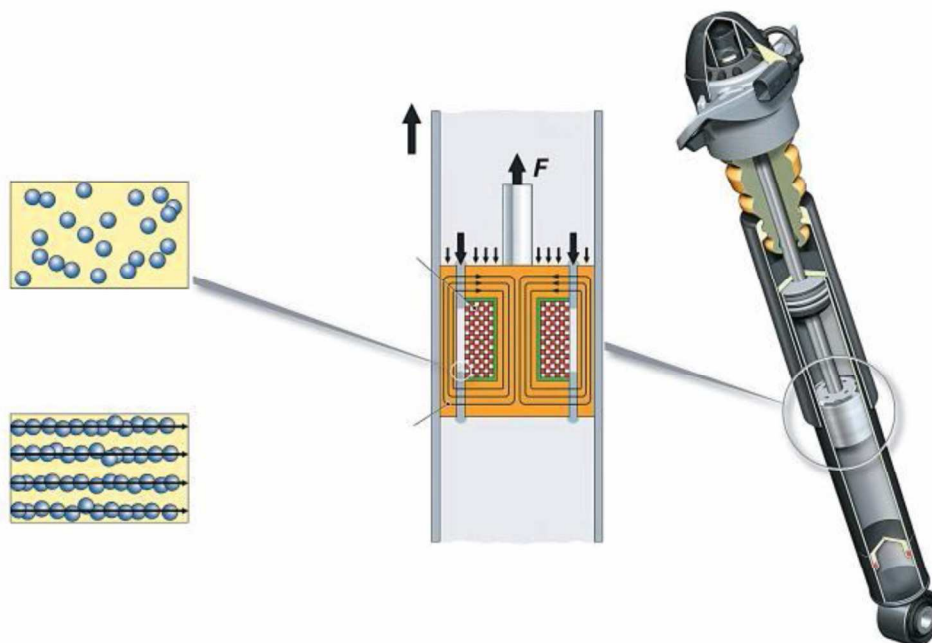
Obrázek 3.4 :CDCi tlumič [8]

3.2.2 Magnetoreologické tlumiče

V roce 2006 představila společnost Audi vozidlo, které uvnitř skrývalo podvozek používající technologii magnetických tlumičů. Byl to nový způsob tlumení u osobních vozů. Tento systém vyvinula společnost Delphi. Celý systém pojmenovala názvem MagneRide.[12]

Magnetoreologický tlumič vychází z podobné konstrukce jako jednoplášťový tlumič, který je naplněn speciální kapalinou. Píst nacházející se uvnitř tlumiče se pohybuje skrz kapalinu a má v sobě průtokové otvory, kterými tato kapalina proudí. Samotný píst má v sobě zabudovanou cívku, která indukuje magnetické pole. Elektrický proud je k pístu veden skrze pístní tyč. Také stále vyhodnocuje pohyby vozu a nastavuje účinnost magnetického pole podle okamžité potřeby. Uvnitř magnetického pole se miniaturní zmagnetizované částice přeskupují tak, aby jejich poloha byla převážně napříč tlumičem. Protože se píst tlumiče snaží vytlačit olej do horní či spodní komory přes průtokové kanály. Tyto částice jsou schopny díky této poloze klást větší odpor. Systém má centralizovanou řídicí jednotku, která řídí signály k cívkám v jednotlivých tlumičích.

V systému nejsou žádné další pohyblivé díly, které by mohly snížit reakci schopnost, tak se tento systém řadí mezi ty rychlejší systémy tlumení. Mohli by jsme říci, že je systém schopen reagovat na změny v reálném čase, protože rychlost jeho odezvy je 2ms. Protože velikost proud posílána do cívky není nějak omežována, má tlumič širokou možnost nastavení.[12]



Obrázek 3.5 : Magnetoreologický tlumič [9]

4. Závodní tlumiče

4.1 Tlumič Gaz shock pro Škodu 130/LR

Tento typ tlumiče je základním typem. Používá se na zadní nápravě. Je u něho pouze možnost nastavení předpětí pružiny. Tlumič je upevněn ke karoserii pomocí gumových silentbloků a kovových podložek, které jsou stáhnuty šroubem. Spodní část je uchycena do zavěšení pomocí oka a dotažena šroubem. Nastavení tlumiče je pomocí matice, která mění předpětí pružiny. Na obalu tlumiče je závit, na kterém je matice a buď můžeme pružinu stahovat či roztahovat a tím měnit charakteristiku tlumení.



Obrázek 4.1: Zadní tlumič Gaz [10]

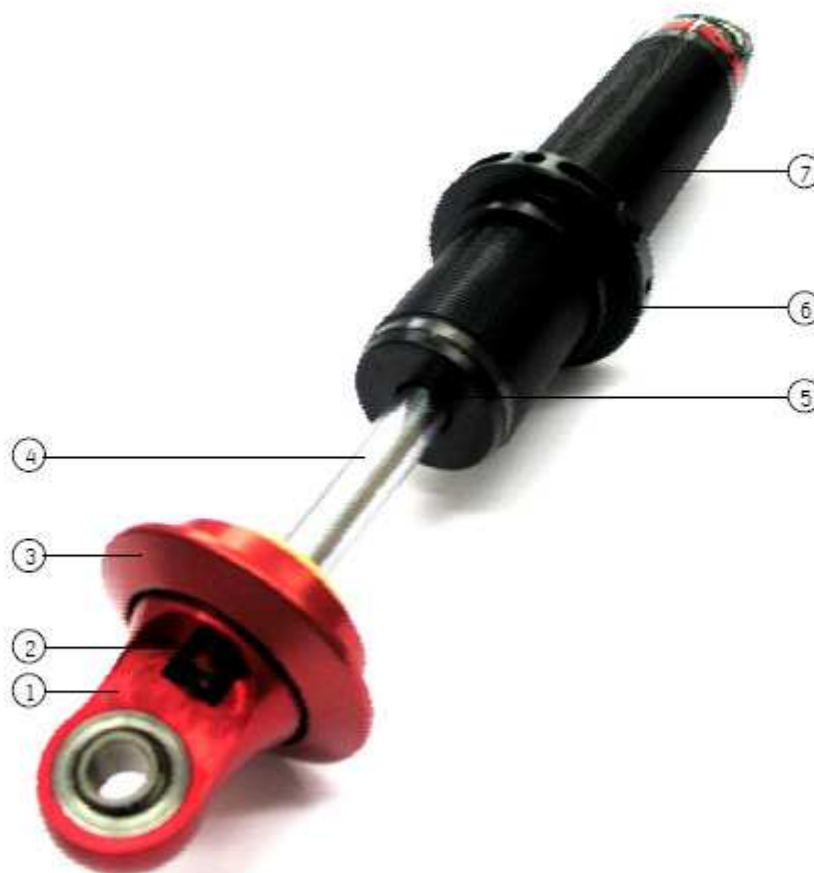
4.2 Tlumič Gaz shock pro Škodu 105 – 130

Tento tlumič se používá pro přední nápravu. U Škody 130 je na přední nápravě tlumič umístěn tak, že není pevně spojen s pružinou. Tím nám odpadá možnost změny předpětí pružiny. Tlumič je v horním uložení stejně upevněn jako zadní tlumič viz. 4.1. Spodní uložení je pomocí pouzdra ve kterém je umístěn silentblok a je stáhnut k nápravě pomocí šroubu, který prochází skrze oko se silentblokem. Možnost změny nastavení je pomocí regulačního šroubu. Otáčením šroubu umístěného ve spodní části tlumiče, měníme polohu membrány, která umožňuje průtok oleje skrz píst. Tento tlumič je vhodný pouze pro amatérské závodění, protože jeho variabilita nastavení je poměrně malá.



Obrázek 4.2: Přední tlumič Gaz [11]

4.3. Závodní tlumič Koni Typ 2612



Obrázek 4.3: Tlumič Koni 2612 [12]

4.3.1. Popis tlumiče Koni 2612

1. Odnímatelné horní oko
2. Nastavovací šroub horního oka
3. Horní uložení
4. Induktivně zakalená chromovaná pístnice
5. Těsnící kroužek
6. Nastavitelná spodní matice
7. Tvrdě eloxované hliníkové tělo

4.3.2. Základní informace

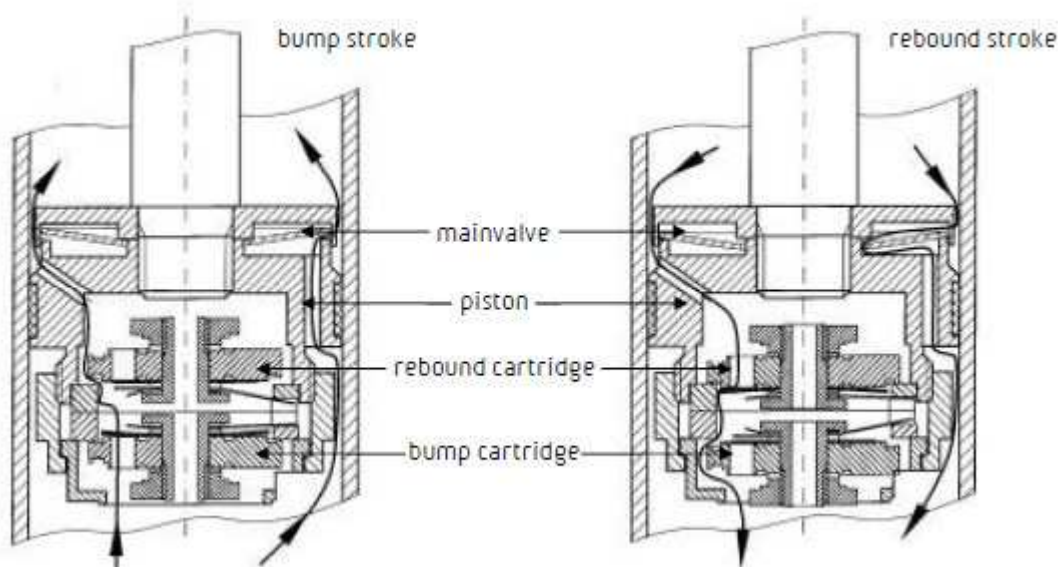
Série Koni 2612 je tlumič vyvinut z technologie tlumičů Koni 2812 MKII a 2822 MKII. Je to jeden z pilotních tlumičů pro závodní vozidla společnosti Koni. Tlumič je nejčastěji používaný v profesionálních závodních sériích.

Koni 2612 je jednoplášťový tlumič s vysokým tlakem plynu. Je navržen tak aby splňoval ty nejvyšší nároky. Jeho variabilita nastavení je takřka neomezená. Na tomto typu tlumiče je možné měnit horní oko, horní uložení, membrány, ventily atd.

4.3.3. Princip funkce

Tento typ tlumiče je speciální v tom, že uvnitř se nachází olej i dusík. Dusík vytváří v tlumiči prostor, který je nezbytný pro pohyb pístnice. Olej a dusík je oddělen

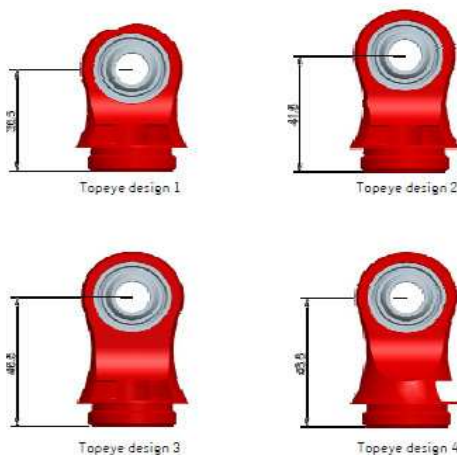
plovoucím pístem. Podle potřeby tlumení je možné v tlumiči vyměnit membrány, které jsou na pístu a změnit charakteristiku tlumiče. Tato charakteristika může být buď s rychlou či pomalou odezvou. Pomalá charakteristika je v rychlosti od 0 až po 0,2 m/s. Rychlá je od 0,2 až po vyšší rychlost. [5]



Obrázek 4.4: Řez tlumičem Koni 2612 [13]

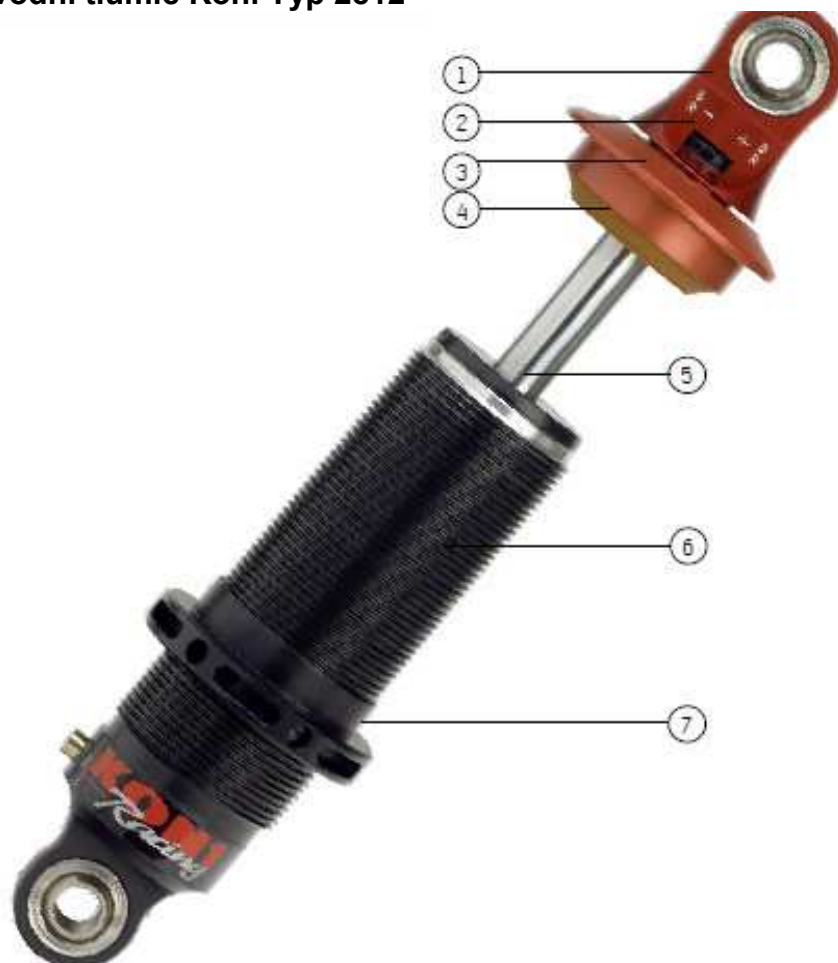
4.3.4. Možnosti nastavení

Tento tlumič nabízí hned několik možností nastavení. První a tou nejjednodušší možností je změna předpětí pružiny. Tohle jsme schopni nastavit i přímo na voze a změna nám umožní okamžitě regulovat světlu výšku vozu. Dále jsme schopni na voze měnit tuhost tlumení. To probíhá tak, že na horním konci pístnice je otvor na imbusový klíč a otáčením pístnice měníme charakteristiky tlumení. To slouží k tomu, že na okruhu potřebujeme mít naladěný podvozek mnohem tvrději než třeba na závodech, které se jezdí na běžných silnicích. Také jsme schopni změnit tlumení z pomalá na rychlé, ale to už se musí tlumič vymontovat z vozidla. U toho vzniká problém s tím, že je tlumič natlakovaný. Tuhle změnou jsme schopni nastavit tlumič tak aby byla jeho odezva ideální pro dané podmínky. Také můžeme vyměnit oko horního uložení viz. Obrázek 4.5. Tyhle možnosti nastavení platí i pro tlumič série MK 2812.



Obrázek 4.5: Oka horního uložení [14]

4.4 Závodní tlumič Koni Typ 2812



Obrázek 4.6: Tlumič Koni 2812 [15]

4.4.1. Popis tlumiče Koni 2812

1. Odnímatelné horní oko
2. Nastavovací šroub horního oka
3. Rychle povolení horního uložení
4. Induktivně zkalená chromovaná pístnice
5. Těsnící kroužek
6. Tvrdě eloxované hliníkové tělo
7. Matice pro nastavení předpětí pružiny

4.4.2. Základní informace

Série MK 2812 byla navržena pro tu nejvyšší kvalitu v oblasti tlumení. Je to komplexní pružící jednotka vytvořena s maximální přesností. Tlumič je vysokotlaký jednoplášťový. Je navržen jen pro závodní účely s vysokým požadavkem na variabilitu nastavení. Je schopen absorbovat maximum sil vznikajících při jízdě.

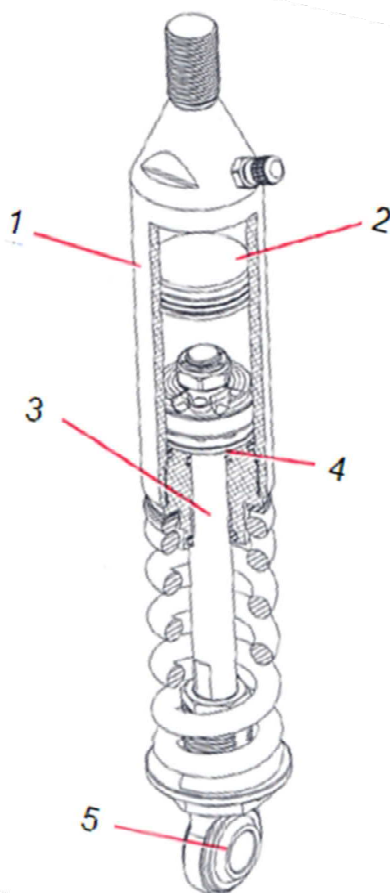
4.4.3. Princip funkce

Tlumič je stejně vybaven jako typ série 2612. Jako tlumící médium se také používá dusík a olej. Rozdíl mezi předchozím typem je v kvalitě zpracování a použitého materiálu. Tlumič se liší především svou hmotností a houževnatostí. Tento tlumič je již svou kvalitou na úrovni Formule 1. Změna charakteristiky tlumení je stejná jako u předchozího modelu. Co se týče horního oka tak už nemusíme měnit celé oko, ale jsme schopni měnit jeho pozici otáčením dvou koleček viz. Obrázek 4.7.



Obrázek 4.7: Oko horního uložení [16]

4.5. Závodní tlumič Penske série 7000



Obrázek 4.8: Tlumič Penske 7000 [17]

4.5.1. Popis tlumiče Penske

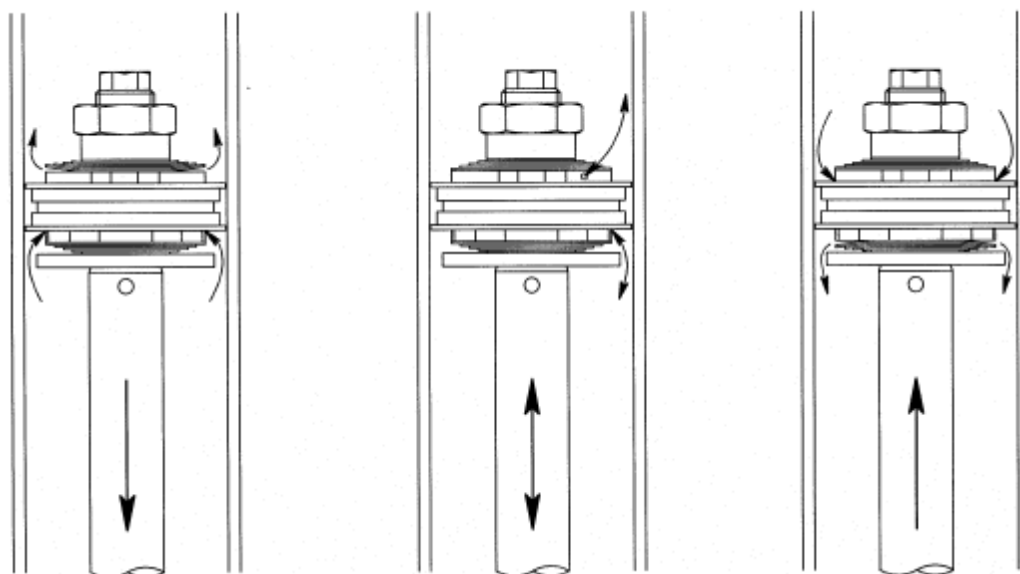
1. Tělo z jednoho kusu
2. Píst oddělující dusík
3. Pístnice z nerezové oceli
4. Těsnění s nízkým třecím odporem
5. Spodní pohyblivé uložení

4.5.2. Základní informace

Tento typ tlumiče je jeden z nižších modelů společnosti Penske. Nedosahuje takové variability nastavení jako předchozí dva typy společnosti Koni. Má větší hmotnost a není vyroben z tak kvalitních materiálů. Výrobce tenhle typ tlumiče doporučuje pro běžné závodní účely spíše amatérského typu.

4.5.3 Popis tlumiče

Je to jednoplášťový tlumič naplněný olejem a dusíkem. Při pohybu pístnice uvnitř těla tlumiče, začne píst umístěný na konci pístnice působit svým objemem na plovoucí píst, který odděluje dusík od oleje. Při pohybu pístu jim protéká olej, který klade odpor a tím vyvolává tlumicí efekt. Tlumení může být ve dvou charakteristikách. Buď s rychlou odezvou nebo pomalou odezvou. Viz obrázek.



Obrázek 4.9: Tlumič Penske v řezu [18]

4.5.4 Možnost nastavení

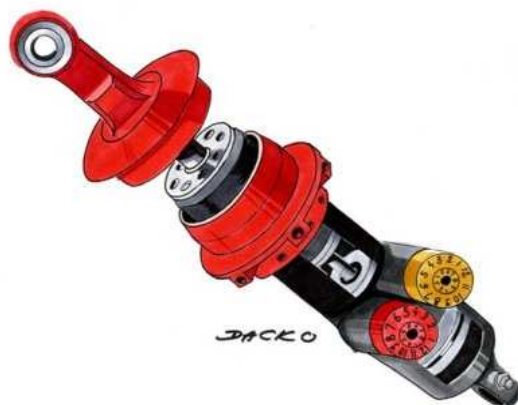
Tento tlumič nám umožňuje nastavit světlou výšku vozidla změnou předpětí pružiny. Nastavuje se to pomocí matice, která je umístěná na těle tlumiče. Bohužel u tohoto typu tlumiče nejsme schopni měnit horní či spodní uložení. Změnu tlumení jsme schopni měnit dvěma způsoby. První způsob je že, změním rychlost reakce tlumiče. Druhý způsob je, že můžeme měnit tlak uvnitř tlumiče pomocí nastavovacího ventilu umístěného v horní části tlumiče.

4.6. Shrnutí tlumičů dle mého názoru

V mé práci jsem si vybral 5 typu závodních nastavitelných tlumičů. Volil jsem tak abych vybral tlumiče z různých cenových kategorií a dílenského zpracování. Už jak je možné vidět na obrázcích je jasné, že nejdokonalejším tlumičem je Koni 2812. Je to tlumič vyvinut podle zkušenosti z formule 1. Firma Koni úzce spolupracuje se stáji McLaren – Mercedes. Tlumič poskytuje nejpřesnější odezvu a reakcí na nerovnost. Jeho možnosti nastavení jsou velice vysoké. Je to nejdokonalejší, ale také nejdražší tlumič co jsem vybral. Tlumič Penske je také na vysoké úrovni, ale je určen pro širší spektrum odběratelů a tomu také odpovídá cena i kvalita. Jako nejméně kvalitní tlumič jsem si vybral od společnosti Gaz. Je to základní tlumič s velmi malou možností nastavení a spíše je to jen pro lepší pocit řidiče než ho využívat v závodních podmínkách.

5. Tlumení Formule 1

Tlumiče vozů Formule 1 bývají kapalinové, na které jsou kladeny velmi vysoké požadavky. Tyto požadavky se týkají především konstrukce a typu materiálu, z kterého je tlumič vyroben. Vysoké nároky jsou také kladeny na techniku vnitřních ventilů a také na olej. Oleje a kapaliny jsou při tomhle sportu vysoce namáhány na teplo, které je schopno měnit jejich viskozitu. Z tohoto důsledku vyplývá, že vývojoví inženýři se snaží najít takový olej či kapalinu, která je co nejméně citlivá na změnu teplot. Existují také tlumiče plynové, které za tlumící médium využívají dusík, ale komplikace při tomto způsobu tlumení je nutnost přídatného zásobníku plynu. Mezi důležité parametry těchto tlumičů patří i schopnost měnit nárazovou či odrazovou tlumící charakteristiku, protože každý okruh si žádá svoje nastavení. V tomto směru poskytují široké možnosti nastavení. Pracují vždy s dvojí předvolenou charakteristikou. Jedna z charakteristik je pomalejší a je určena pro tlumení sil a kmitání, které vzniká při zrychlení či brzdění nebo při průjezdu zatáčkou. Druhá charakteristika je rychlejší a je určena pro rychle kmitání vznikající při přejezdu nerovnosti. Dvojí charakteristika je realizována pomocí dvojice ventilů uvnitř tlumiče. Tlumiče pochopitelně úzce souvisí se samotným pružícím prvkem, kterým je u monopostu obvykle vinutá pružina nebo torzní tyč. U předního zavěšení se můžeme nejčastěji setkat se souosým uspořádáním vinuté pružiny a tlumiče, přičemž tyto prvky jsou z prostorových a aerodynamických důvodů umístěny uvnitř vozu a pohyb od náprav se na ně přenáší přes diagonální vzpěry pushrod. Pokud jde o zadní nápravu nejčastěji se zde využívá torzních tyčí a samostatně uložených tlumičů. Pochopitelně existuje řada dalších kombinací, tato konfigurace je však nejběžnější. Samotné odpružení doplňují také zkrutné stabilizátory. Pokud jde o samotnou koncepci tlumičů existuje rovněž celá řada koncepcí, avšak každý tým velmi pečlivě tají jejich konkrétní provedení i charakteristiku.



Obrázek 5.1: Tlumič zadního zavěšení monopostu F1 [19]

6. Tlumení vozů WRC

Tlumiče vozů WRC plní stejnou úlohu, jako u kteréhokoli jiného vozu. Minimalizují vertikální pohyb zavěšení kola a zamezují poskakování kol při průjezdu nerovností.

Zároveň se snaží maximalizovat kontakt kola s tratí. Zejména při šotolinových a kamenitých etapách závodu nabývá jejich dobrá funkčnost klíčového významu, zároveň jsou velice důležité i na asfaltových tratích.

Tlumiče jsou naplněny olejem a tlumícího efektu je dosaženo průchodem oleje přes miniaturní otvory při pohybu kola nahoru a dolů. Těmito mechanickými úkony se vyvine velké množství energie a ta se musí někde projevit a v případě tlumičů se projevuje převodem na teplo. Tím se olej zahřívá a složení se mění. Viskozita oleje buď houstne nebo řídne podle způsobu zatěžování. V průběhu soutěže se zatížení mění a z tohoto důvodu jsme nuceni se snažit držet viskozitu nezměněnou. Proto se na tlumiči nachází velké množství čidel, která monitorují teplotu oleje a okolí. Naměřené hodnoty jsou odesílány do počítače, který se stará o ochlazování (mixování kapaliny) tlumiče. Počítač se snaží držet teplotu celou dobu konstantní a vyhovující podmínkám na trati a požadavkům pilota. [17]

Nastavení tlumiče lze ovlivnit i zvenčí a to přímým nastavením tlumiče z pozice jezdce. Ten si může sám vyhodnotit, že mu předem nastavený tlumič nevyhovuje a může reagovat přímo z kokpitu vozu. Změna je možná pomocí přepnutí režimu na palubním počítači a ten je schopen dané nastavení změnit i za jízdy. Možnosti nastavení jezdce jsou bohužel omezeny v rámci jeho i navigátorovy bezpečnosti. Režimy tlumení jsou přímo ovlivněny způsobem a rychlosti dosahované při měřeném testu. Dále lze ovlivnit režim rychlosti zdvihu. Tyto dva režimy ovlivňují celý chod tlumiče a jeho reakce. Pokud bude tlumení nastaveno tzv. do rychla, tlumič lépe reaguje na větší nerovnosti. [17] Ovšem auto nebývá dobře ovladatelné, protože je naladěno tvrději a proto reaguje pomaleji. V nastavení do pomala je auto lépe ovladatelné, ale odolává spíše menším otřesům. S tímto je ovšem spojena teplota kapaliny. Proto se zde nachází také olejová nádobka. Ta má důležitý úkol zdvojnásobit obsah kapaliny. Tím lze dosáhnout lepšímu odvodu tepla při tvrdších podmínkách, které mývají za následek ohřívání kapaliny a tím i změnu vlastnosti tlumiče.

Závodní tlumiče pro vozy WRC lze také nastavovat výškově. Každá rally vyžaduje zvláštní nastavení podvozku a také světlé výšky vozu. Nastavení výšky

vozu ovlivňuje také těžiště a to nám mění také jízdní vlastnosti. Výšky vozů bývají proměnné a to v rozmezí od 80 do 240 mm. [17]



Obrázek 6.1: Zadní tlumič vozu Ford Focus WRC [20]



Obrázek 6.2: Přední tlumič vozu Ford Focus WRC [21]

6.1. Uchycení tlumiče u vozu WRC

U vozu WRC se konstrukce horního uchycení liší od běžného horního uchycení tlumiče. Toto uchycení je řešeno pomocí speciální matice, která má po svém obvodu množství děr pro možnost otočného nastavení uchycení tlumiče, které se používá k nastavení odklonu a příklonu kola. To je důležité zejména pro ideální nastavení před každou rallye. Parametry nastavení odklonu či příklonu kola se berou charakteristiky dané trati a jejího povrchu. Také se nastavuje charakteristika tlumiče.



Obrázek 6.3: Matice pro uchycení tlumiče [22]



Obrázek 6.4: Horní uložení tlumiče u závodního vozu [23]

7. Nastavitelné tlumiče motocyklů

U motocyklu se používá k tlumení přední vidlice a centrální zadní tlumič. Kvalita tlumení při jízdě na motocyklu je po kvalitních pneumatikách to nejdůležitější. Výrobci v tomto ohledu kladou přísný výběr dodavatele. V dnešní době se najde velice málo firem, které si tlumení vyrábí samo. Mezi přední dodavatele podvozků pro motocykly patří například firma jako Showa či Ohlinse.

7.1. Přední vidlice Showa B.P.F (big piston forks)

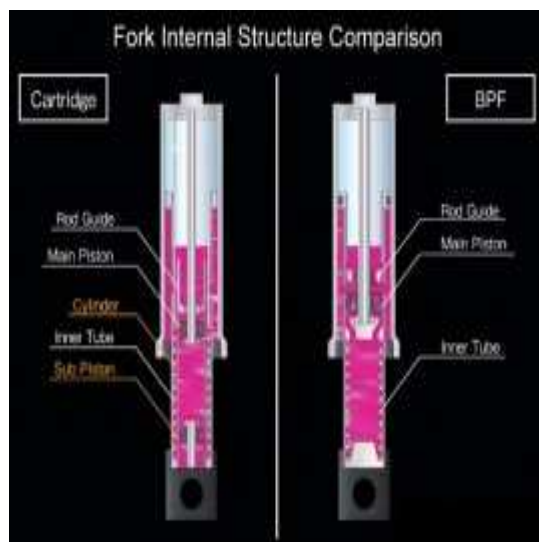
Vidlice je typu upsidedown. To znamená, že teleskopická tyč je umístěna ve spodní části vidlice. Showa B.P.F je nejnovější model, který je nyní možný montovat na motorky. V dnešní době vidlici využívá například Suzuki GSXR 1000.



7.1.1. Popis jednotlivých částí

Vidlice se skládá ze spodních brýlí, dvou teleskopických tyčí, které jsou umístěné v těle vidlice, spodního uložení ke kterému jsou připevněny brzdové třmeny a přední kolo.

Obrázek 7.1: Vidlice Showa [24]



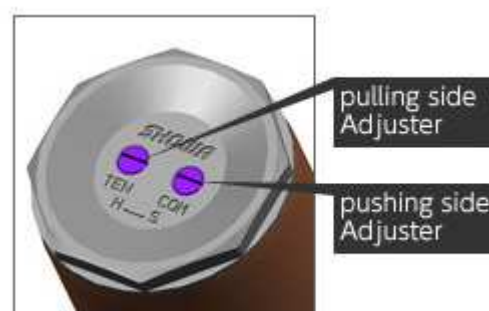
Obrázek 7.2: Řez vidlicí showa [25]

7.1.2. Funkce big piston forks

U běžných vidlic dochází k tomu, že při průjezdu nerovností blízko u sebe dochází k tomu, že protékající olej membránami nestíhá dostatečně rychle protékat a to způsobuje, že vidlice přestává tlumit. Ve výsledku to znamená, že vidlice uděluje úderu řidiči do rukou. Společnost Showa vymyslela řešení, které pojmenovala "Big Piston Forks". Je to systém, který nevyužívá pevné průtokové otvory v pístu, ale používá flexibilní otvory. V praxi to znamená, že při nízkých rychlostech olej protéká přes malé množství otvorů a ve vysoké rychlosti se otevírají otvory.další.

7.1.3 Možnost nastavení vidlice

U této vidlice jsme schopni nastavit sílu komprese ať už tlaku nebo tahu. Dělá se to tak, že otáčíme těmi fialovými šroubky. Na jedno otočení šroubku přichází čtyři cvaknutí. Každé cvaknutí znamená jednu polohu. To nám ovlivňuje tuhost tlumení. Pro lepší stabilitu při průjezdu zatáčkou se nastavuje ve směru šipky H. Pro větší komfort ve směru S. Tato vidlice také nabízí možnost výměny pružiny uvnitř vidlice.



Obrázek 7.3: Nastavení vidlice [26]

7.2. Vidlice Ohlins FGR 900 Superbike

Vidlice společnosti Ohlins jsou špičkou na dnešním trhu. Tato firma především teží z dlouholeté zkušenosti z Moto Gp nebo Mistrovství světa superbiku. Při výrobě používají materiály nejvyšší kvality. Vidlice jsou přesnější a lehčí než nabízí konkurence.



7.2.1. Popis jednotlivých částí

Vidlice má vysokotlaký reservoár, který se nachází na spodním uložení. Jinak se skládá ze stejných částí jako vidlice Showa.

Obrázek 7.4: Vidlice FGR 900 [27]

7.2.2. Funkce TTX

Je to technologie, které způsobuje pozitivní tlak rovnováhy v systému díky technologii dvojité trubky. Natlakovaný plyn a dělicí píst uvnitř pracují při tlačení hydraulického oleje zpět do nízkotlaké pozice, v konečném výsledku je přesnější odezva na nerovnost a nezpůsobuje kavitaci.

7.2.3 Možnosti nastavení vidlice

U tohoto typu lze nastavit komprese, útlum a předpětí pružiny. Komprese a útlum se nastavují otáčením modré matice ve směru šipek. Pro nastavení předpětí pružiny slouží stříbrný šroub uvnitř modré matice. Otáčením šroubu buď pružinu stlačujeme nebo povolujeme. Firma Ohlins také nabízí u tohoto modelu výměnu celého cartridge. Cartridge se mění z důvodu potřeby silnější či slabší pružiny nebo změny charakteristiky tlumení, které není možno nastavit přímo na vidlici. Veškeré nastavování probíhá přímo na motocyklu.



Obrázek 7.5: Nastavovací matice [28]

7.3. Zadní centrální tlumič Bitubo XXF 31

Bitubo XXF 31 je nejvyšší model společnosti Bitubo. Tlumič je určen k profesionálním závodním účelům. Je to model, který pochází vývojem již od roku 2006. Společnost Bitubo upřednostňuje tento model z důvodu nízké váhy. Tělo je vyrobeno z hliníku a tlumič nabízí nové možnosti nastavení.

7.3.1. Popis tlumiče

Skládá se ze spodního uložení, které je většinou přichyceno ke kyvné vidlici. Horní uložení je upevněno k rámu motocyklu. Tlumič obsahuje vinutou pružinu, vysokotlaký reservoár a seřizovací šrouby.

7.3.2 Možnosti nastavení

Tlumič nabízí možnost nastavení volby dvojí komprese. Buď vysokorychlostní nebo nízkorychlostní. To se provádí otáčením seřizovacího šroubu. Šroub

má dvacet poloh. Na obrázku je to ten šroub vlevo nahoře. Odskok je možné nastavit šroubem vpravo a má 24 poloh. Předpětí pružiny je možné nastavit s pozice řidiče otáčením kolečka. Předpětí pružiny může být v rozmezí 12mm.



Obrázek 7.6 : Tlumič Bitubo [29]

8. Rozbor stávající situace na trhu s nastavitelnými tlumiči

Dnešní trh nabízí širokou nabídku nastavitelných tlumičů automobilů či motocyklů. Konkurence je vysoká a firmy čerpají ze svých mnoholetých zkušeností ze závodních sérii jako jsou Formule 1, WRC, WSBK či MotoGp. Každá firma, která se pokouší prorazit na trh je limitována cenovou politikou. Zaběhnuté firmy mají své dlouholeté odběratele a jsou známí svou kvalitou. Proto nové firmy, které se prosadí na tomto trhu přijdou s novou technologií a cenou, která odebere část klientů významných firem.

Společnosti Ohlins, Showa, Koni jsou firmy, které nabízí díly té nejvyšší kvality, ale jsou podmíněné svou vysokou cenou. Tyhle díly jsou mířené spíše pro profesionální závodní série. Samozřejmě tyto firmy poskytují nižší modely pro běžné odběratele jako jsou amatérští závodníci. Například firma Showa spolupracuje s továrnami Kawasaki či Suzuki a dodává jim díly do sériových motocyklů.

Dnešní trend nutí výrobce nabízet vysokou kvalitu za odpovídající cenu. Výrobci stále vyvíjí nové technologie, které jsou prvotně nabízeny profesionálním

týmu, které se podílejí na jejich vývoji. Když je díl odpovídající poté se dostává v menších úpravách do prodeje pro zákazníky, kteří tyto díly využívají k amatérským závodům či k používání na běžných silničních komunikacích.

Závěr

Tlumiče jsou jednou z nejdůležitější části podvozku automobilu. Snaží se za každé situace zajistit maximální kontakt pneumatiky s vozovkou. Zajišťují jízdní bezpečnost a komfort posádky a nákladu. V dnešní době již máme mnoho typů tlumičů jako jsou Hydroplynové, Jednoplášťové, Dvoupplášťové nebo Magnetoreologické tlumiče.

U závodních automobilů se používají nastavitelné tlumiče, na kterých jsme schopni měnit jejich charakteristiku tlumení podle potřeby dané tratě. U nastavitelných tlumičů je nejrychlejší vývoj nových technologií. Výrobci se snaží co nejvíce minimalizovat váhu tlumiče a maximalizovat tlumicí efekt a možnost nastavení. Při závodění je nastavení podvozku jednou ze základních věcí. Při špatném nastavení podvozku není pilot schopen využít potencionálu ať už svého či vozidla. Při perfektním nastavení tlumení se zvyšuje trakce vozidla při brzdění či akceleraci, přilnavost v zatáčkách a v neposlední řadě se snižuje opotřebenění pneumatik.

U motocyklů se nachází vysoce kvalitní tlumení už i u sériových verzí. Většinou si může jezdec charakteristiku tlumení změnit sám, protože u motocyklu je specifické to, že je velice obtížné najít tovární nastavení, které by fungovalo pro většinu řidičů. Proto se montují nastavitelné vidlice či centrální tlumicí jednotky. Pro nastavení tlumení je důležitá váha jezdce, která ovlivňuje průjezd zatáčkou a každý kilogram váhy je znát. Tomu i odpovídá nabídka výrobců na trhu s tlumením pro motocykly.

Vývoj nových technologií u tlumení vozidel je nezastavitelný a bude i nadále směřovat k vyšší bezpečnosti a komfortu při jízdě. Už jen vysoká konkurence v tomto segmentu nutí výrobce k novým vyspělejší systémům.

Použité zdroje

- [1] VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel: Díl 2*. 1. vydání. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2002, 592 s. ISBN 80-238-7282-6.
- [2] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel: 3. aktualizované vydání*. 1.vydání. Brno: FVLK, 2006, 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
- [3] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vydání. Brno:VLK, 2001, 576 s. ISBN 80-238-6573-0.

Internet:

- [4] <http://news.auto.cz/technika/cdc-aktivni-tlumice-letos-nasly-cestu-do-beznychaut.Html>
- [5] <http://www.koni.com/162.html>
- [6] http://www.showa1.com/en/product/motorcycle/shock_absorber_f.html
- [7] www.carbibles.com/suspension_bible.html
- [8] www.scarbsf1.com/dampers.html
- [9] http://www.bitubo.com/home_en.htm
- [10] http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=695
- [11] http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5060
- [12] http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16256
- [13] http://www.constructorsf1.com/modules.php?name=News&new_topic=1&page_nu=2
- [14] <http://www.auta5p.eu/informace/podvozek/podvozek2.htm>
- [15] <http://www.rajautodilu.cz/>
- [16] http://del42sa.rajce.idnes.cz/Citroen_C6/
- [17] http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17480
- [18] www.foltyn.cz
- [19] www.rally-irc.cz
- [20] www.formula1.com

[21] www.wikipedia.org

[22] www.motorkari.cz

[23] www.google.com

Seznam Obrázků

Obr. 1.1	Více prvková náprava (Multilink) [1]	16
Obr. 1.2	Listové péro a vinutá pružina [2]	17
Obr. 1.3	Teleskopický hydraulický tlumič s vinutou pružinou [3]	18
Obr. 2.1	Aktivní odpružení [4]	19
Obr. 3.1	Řez jednovrstevným tlumičem [5]	20
Obr. 3.2	Řez dvouvrstevným tlumičem [6]	20
Obr. 3.3	Hydrolastické a hydroplánové tlumiče [7]	21
Obr. 3.4	CDCi tlumič [8]	22
Obr. 3.5	Magnetoreologický tlumič [9]	23
Obr. 4.1	Zadní tlumič Gaz [10]	24
Obr. 4.2	Přední tlumič Gaz [11]	24
Obr. 4.3	Tlumič Koni 2612 [12]	25
Obr. 4.4	Řez tlumičem Koni 2612 [13]	26
Obr. 4.5	Oka horního uložení [14]	26
Obr. 4.6	Tlumič Koni 2812 [15]	27
Obr. 4.7	Okno horního uložení [16]	28
Obr. 4.8	Tlumič Penske 7000 [17]	28
Obr. 4.9	Tlumič Penske v řezu [18]	29
Obr. 5.1	Tlumič zadního zavěšení monopostu F1 [19]	31
Obr. 6.1	Zadní tlumič vozu Ford Focus WRC [20]	32
Obr. 6.2	Přední tlumič vozu Ford Focus WRC [21]	32
Obr. 6.3	Matice pro uchycení tlumiče [22]	33
Obr. 6.4	Horní uložení tlumiče u závodního vozu [23]	33
Obr. 7.1	Vidlice Showa [24]	34
Obr. 7.2	Řez vidlicí Showa [25]	34
Obr. 7.3	Nastavení Vidlice [26]	34
Obr. 7.4	Vidlice FGR 900 [27]	35
Obr. 7.5	Nastavovací matice [28]	35
Obr. 7.6	Tlumič Bitubo [29]	36