

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Institut celoživotního vzdělávání**  
**Oddělení expertního inženýrství**

**Diagnostika brzdových soustav osobních automobilů**  
Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:  
Ing. Adam Polcar, Ph.D.

Vypracoval:  
Michal Putna

Brno 2015

## Zadání bakalářské práce

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „**Diagnostika brzdových soustav osobních automobilů**“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 26. 5. 2015

---

podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Adamu Polcarovi, Ph.D. za vedení, rady a odbornou pomoc, kterou mi v průběhu zpracování mé práce poskytoval

## Abstrakt

V bakalářské práci „Diagnostika brzdových soustav osobních automobilů“ jsou řešeny způsoby diagnostiky a nejčastější poruchy brzdových soustav. V první části práce jsou popsány komponenty, ze kterých se brzdová soustava skládá. Druhá část práce je zaměřena na jednotlivé způsoby diagnostiky. Závěr práce je věnován nejčastějším poruchám, které se u brzdových soustav vyskytují.

Klíčová slova: brzdová soustava, brzda, diagnostika, náprava, kotouč, pedál

## Abstract

The bachelor work „Diagnostics of car brake systems“ looks at diagnostics and the most common malfunctions of brake systems. The first part describes components from which the brake system is made. The second part is focused on particular types of diagnostics. The last part is about the most common malfunction that occur in brake systems.

Keywords: brake system, brake, diagnostics, axle, disc, pedal

## OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL.....	9
3	MATERIÁL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ.....	10
4	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	11
5	HYDRAULICKÉ (KAPALINOVÉ) BRZDY .....	14
5.1	Bubnové brzdy.....	16
5.1.1	Druhy bubnových brzd .....	18
5.1.2	Konstrukce bubnových brzd.....	19
5.2	Kotoučové brzdy.....	21
5.2.1	Kotoučová brzda s pevným třmenem .....	22
5.2.2	Kotoučová brzda s plovoucím třmenem.....	22
5.2.3	Součásti kotoučových brzd.....	22
5.3	Brzdové posilovače.....	23
5.3.1	Podtlakový posilovač brzdné síly .....	23
5.3.2	Hydraulický posilovač brzdné síly .....	25
5.4	Brzdová kapalina .....	25
6	DIAGNOSTIKA BRZDOVÝCH SOUSTAV .....	27
6.1	Defektoskopie .....	28
6.1.1	Detekce povrchových a podpovrchových vad.....	28
6.1.2	Detekce vnitřních vad.....	30
6.2	Subjektivní metody diagnostiky .....	31
6.3	Objektivní metody diagnostiky.....	32
6.3.1	Pomaloběžná válcová zkušebna brzd .....	32
6.3.2	Rychloběžná válcová zkušebna brzd.....	39
6.3.3	Plošinová zkušebna brzd .....	41
7	PORUCHY BRZDOVÝCH SOUSTAV.....	43

8	DISKUZE .....	48
9	ZÁVĚR.....	49
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	50
11	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	53
12	SEZNAM TABULEK .....	53

# 1 ÚVOD

Význam brzdových soustav je z hlediska správné funkčnosti velmi podstatný. Celý brzdový systém tvoří všechny komponenty, které snižují rychlost vozidla až do jeho zastavení. Brzdová soustava má za úkol spolehlivě a bezpečně přepravit osoby nebo náklad.

Celý proces brzdění začíná v kabině automobilu, kdy řidič sešlápne brzdový pedál a vytváří tlak, který působí na tlačný element v hlavním brzdovém válci. Z válce je pak potrubím rozváděna brzdová kapalina na jednotlivá kola. Vozidlo svou rychlost snižuje vlivem tření mezi brzdovým kotoučem a brzdovým obložením. Při brzdění dochází k značnému zahřátí, toto teplo je odváděno do ovzduší. Brzdy nesmí ovlivňovat stabilitu ani směr jízdy vozidla při brzdění.

Správná funkce brzdové soustavy je z hlediska bezpečnosti velice důležitá, proto je nutné dbát na správnou údržbu. Brzdy můžeme kontrolovat objektivní nebo subjektivní metodou. Objektivní metody se zabývají skutečně naměřenými hodnotami a používají se k měření speciální přístroje. Subjektivní metoda je založena na odbornosti technika, který provádí kontrolu na základě svých smyslů a zkušeností.



## 2 CÍL

Cílem práce bylo podat ucelený přehled a rozdělení brzdových soustav osobních automobilů. Dalším cílem bylo zaměřit se na jednotlivé způsoby diagnostiky brzdových soustav a na její nejčastější poruchy a jak těmto poruchám přecházet.

### **3 MATERIÁL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ**

Materiály pro zpracování této bakalářské práce byly použity odborné zdroje jako odborná literatura zabývající se danou problematikou a odborné webové portály. Všechny odborné zdroje se zabývaly podvozkovou částí osobních automobilů, jednotlivými konstrukčními částmi brzdové soustavy. Dále se zaměřovaly diagnostickými metodami, které lze použít na detekci poruchy brzdové soustavy. Diagnostika se zabývá metodami objektivními a subjektivními.

## 4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Vývoj brzdových soustav začíná už v době, kdy se jako dopravní prostředek používaly kočáry. Samozřejmě, že tyto brzdy byly velice primitivní, ale v dané době plně dostačující. Koně, které kočár táhly byly schopny ho roztáhnout na vysokou rychlost, ale jeho zastavení pouze zvířecí silou nebylo jednoduché. Z tohoto důvodu se začal používat pákový mechanismus, kde byl na konci páky upevněn dřevěný hranol, který se po zatáhnutí za páku přitiskl na ráfek dřevěného kola. Tento princip brzdění se používal i na prvních automobilech (TipCars, 2015).

Počátkem 20. století se objevují dva typy bubnových brzd. Prvním typem byla vnější bubnová brzda, jednalo se o buben, na kterém byl navlečen ocelový pás. Pás byl napínán pákou, při působení silou řidiče na páku docházelo ke zvyšujícímu se tření mezi bubnem a pásem a tím se dosáhlo brzdného účinku. Nevýhodou bylo rychlé opotřebení pásu a zanášení celého systému nečistotami. Druhý typ bubnové brzdění měl brzdové čelisti umístěné uvnitř bubnu, tak jak je známe dnes. Diskové (kotoučové) brzdy se začaly používat v 50. letech 20. století. Byl zde problém s brzdovým obložím, protože brzdové destičky žádné neměli. Proto byly při brzdění hlučné. Postupem času s vývojem nových materiálů došlo ke zlepšení (TipCars, 2015).

Před první světovou válkou měla většina vozidel mechanické bubnové brzdy. V roce 1918 přichází Lincoln Loughhead se systémem hydraulické brzdové soustavy, se kterou bylo brzdění účinnější a snadnější. Výkon automobilů se postupem času zvyšoval a narůstaly i nároky na brzdovou soustavu. Na přelomu 50. a 60. let se stále více využívaly kotoučové brzdy. Hydraulické brzdové soustavy se používají i dnes, ale prošly určitou modernizací a jsou doplněny o řadu elektronických systémů jako protiblokovací systém (ABS), systém elektronického rozdělení brzdné síly (EBV) nebo brzdový asistent (BAS) (TipCars, 2015). Dnešní brzdové soustavy dělíme na:

- a) Brzdové soustavy podle účelu
  - provozní brzdová soustava

Dochází zde ke snižování rychlosti vozidla do úplného zastavení. Vozidlo se nesmí odchýlit od přímého směru. Ovládána pedálem, na který působí noha řidiče. Brzdná síla musí být regulovatelná (Jan a kol., 2009).

- nouzová brzdová soustava

Tato soustava nám slouží při poruše provozního brzdového systému. Musí brzdit vždy jedno kolo z každé strany vozidla. Nemusí mít samostatné vedení, stačí jeden okruh z dvouokruhové brzdové soustavy nebo brzda parkovací (Automonti s.r.o, 2015).

- parkovací brzdová soustava

Slouží k zamezení pohybu vozidla za nepřítomnosti řidiče. U starších vozidel ovládána pákou a u novějších typů vozidel tlačítkem (Jan a kol., 2009).

#### b) Brzdové soustavy podle způsobu přenosu energie

- přímočinná brzdová soustava

Síla působící na brzdu je vytvářena silou řidiče. Tato síla je přenášena mechanicky nebo hydraulicky na kola vozidla (Jan a kol., 2009).

- brzdová soustava s posilovačem

Pokud není síla řidiče dostačující, je soustava doplněna o podtlakový nebo hydraulický posilovač. Posilovač je konstruovaný tak, že v případě poruchy zůstane brzdová soustava v činnosti. A síla, která ovládá pedál, nesmí přesáhnout hodnotu 800 N (Jan a kol., 2009).

- nepřímochinná brzdová soustava

Síla brzdného účinku je tvořena jiným zdrojem energie než u předchozích soustav. Nejčastěji je to zdroj tlakového vzduchu, který řidič ovládá (Jan a kol., 2009).

#### c) Brzdové soustavy podle zdroje energie

- vzduchotlaké soustavy

Vzduchové brzdové soustavy se využívají u užitkových a nákladních vozidel. Řidič působí na ovládací brzdový pedál, síla působící na brzdovou soustavu je vyvolána tlakem vzduchu. Působením na pedál řidič dává množství vzduchu, který přes brzdové válce působí na bubnové nebo kotoučové brzdy (Autoškola pohodlně, 2015).

Vzduchotlaká brzdová soustava se skládá z plnicí a brzdové části. Plnicí část zajišťuje zásobu stlačeného vzduchu a jeho uskladnění ve vzduchojemu. Soustava je složena z kompresoru, vysoušeče vzduchu, regulátoru tlaku, pojistného ventilu a

vzduchojemů. Brzdovou část tvoří víceokruhový brzdíč, ruční ventil parkovací brzdy, zátěžový regulátor a pružinové válce (Autoškola pohodlně, 2015).

- hydraulické soustavy

Hydraulické brzdové soustavy se používají u osobních automobilů. Ovládání této soustavy je zajištěno brzdovou kapalinou, která pomocí brzdového pedálu vyvolává tlak kapaliny potřebný k brzdění v celé soustavě. Systém je složen z brzdového pedálu, posilovače, dvouokruhového hlavního válce s nádržkou, brzdového potrubí, omezovače brzdného účinku a brzd umístěných na přední a zadní nápravě (Vlk, 2003).

Jelikož osobní automobily používají pouze hydraulické soustavy, bude se další část práce zabývat jen hydraulickými brzdovými soustavami.

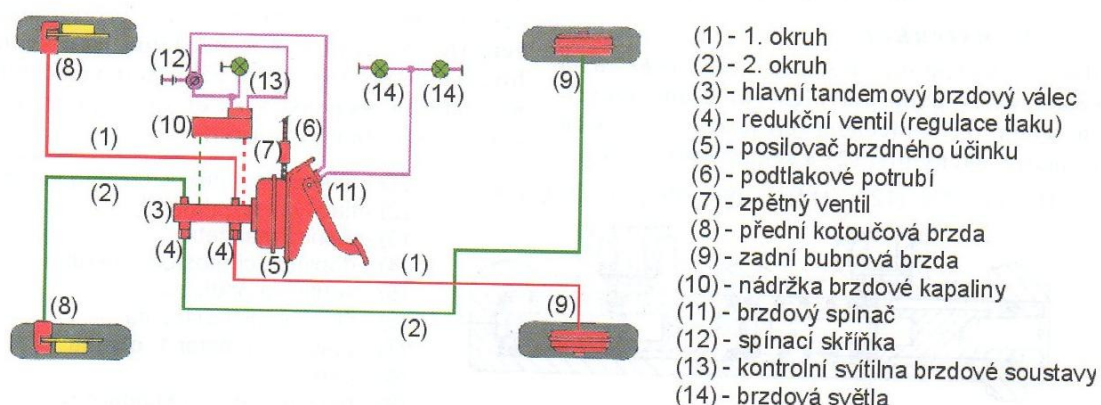
## 5 HYDRAULICKÉ (KAPALINOVÉ) BRZDY

### - Konstrukce

Hydraulické (kapalinové) brzdy se skládají z brzdového pedálu, hlavního tandemového brzdového válce, brzdového potrubí, brzdových hadiček, kolových brzdových válečků a kolových brzd jak je zobrazeno na obrázku 1 (Jan a kol., 2009).

Přední i zadní kola mají zpravidla kotoučové brzdy, ale u méně výkonných vozidel se dělají brzdy na zadních kolech bubnové.

Kvůli bezpečnosti musí být na vozidle dvouokruhová brzdová soustava s dvouokruhovým brzdovým válcem. Je to důležité v případě poruchy brzdové soustavy. Pokud nastane porucha na jednom okruhu, tak druhý okruh je schopen bezpečně zastavit vozidlo (Gscheidle a kol., 2001).



Obr. 1 Schéma brzdové soustavy, Zdroj: Jan a kol., 2009

### - Princip činnosti

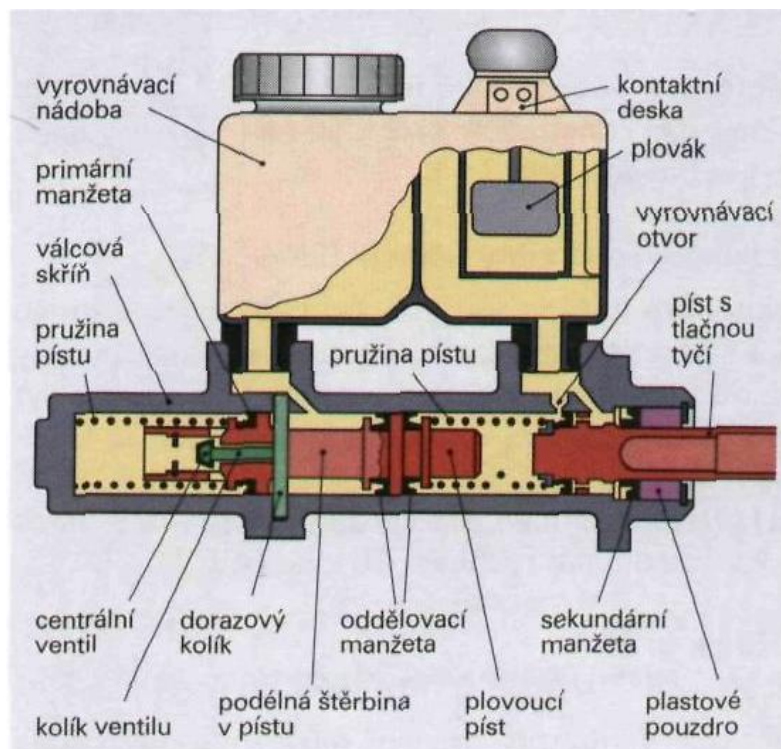
Účinnost hydraulických (kapalinových) brzdových soustav se zakládá na Pascalově zákoně: „Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na povrch kapaliny v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný.“

Tlak v kapalině se vytvoří po sešlápnutí brzdového pedálu, který tlačí na píst v hlavním brzdovém válci. Tlak je přenášen dál kapalinou až k pístkům brzdových válečků na kolech. Čím je větší plocha pístku, tím na jeho plochu působí větší síla a naopak, ale tlak kapaliny zůstává pořád stejný (Jan a kol., 2009).

- Hlavní brzdový válec

Mezi jeho hlavní funkce patří rychlý nárůst a pokles tlaku. Rychlý nárůst je důležitý proto, aby se potřebný tlak dostal na všechna kola v co nejkratším čase. Naopak rychlý pokles tlaku je důležitý pro uvolnění brzd. Jednou z vlastností brzdové kapaliny je, že mění svůj objem v závislosti na teplotě (Gscheidle a kol., 2001).

Konstrukci tvoří tělo hlavního brzdového válce, ve kterém je za sebou umístěn píst s tlačnou tyčí a plovoucí píst. Tyto dva písty vytváří uvnitř válce oddělený prostor, který je pod tlakem. Oddělený prostor kromě pístů vytváří také oddělovací manžeta, která je znázorněna na obrázku 2. Každý píst je utěsněn manžetami (Gscheidle a kol., 2001).

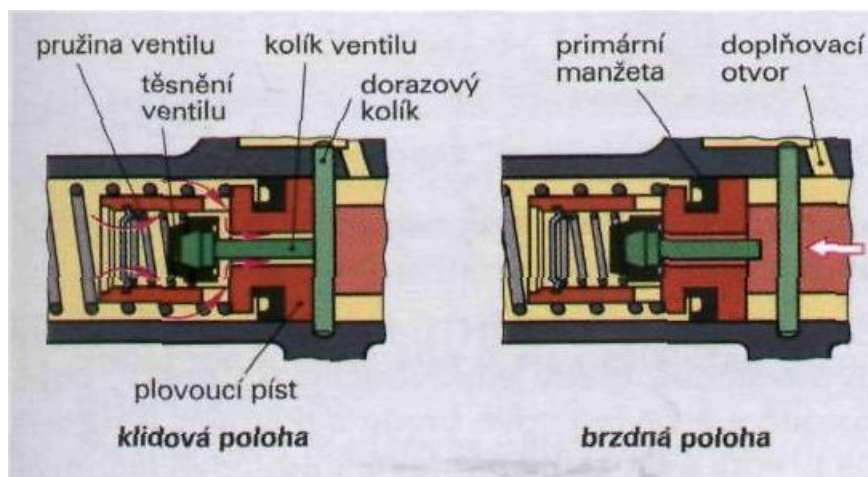


Obr. 2 Dvouokruhový brzdový válec, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

- Princip činnosti brzdového válce

- Klidová poloha – vyrovnávací otvory musí být odkryty. Oba písty jsou spojeny s vyrovnávací nádobkou, která nám povolí změnu objemu kapaliny při jejím zahřátí nebo ochlazení. Pokud je píst ve špatné poloze nebo je znečištěn nedojde k vyrovnání objemu při zahřívání kapaliny a může docházet k tzv. přibrzdování (Jan a kol., 2009).

- Sešlápnutí brzdy – na pístu s tlačnou tyčí primární manžeta překryje vyrovnávací otvor a v prvním okruhu se zvyšuje tlak. Díky zvýšení tlaku se posouvá i plovoucí píst, manžeta překryje vyrovnávací prostor a znovu dochází ke zvýšení tlaku druhého okruhu. Během chvíle dochází k vytvoření potřebné síly pro brzdění (Jan a kol., 2009).
- Uvolnění brzdy – tlakem kapaliny a pomocí pružiny dochází k vrácení pístů do původní polohy. Tlačná tyč s manžetou se nadzdvihne a brzdová kapalina vyplní tlakový prostor. Nesmí zde dojít k sání, protože by se do brzdového válce mohl dostat vzduch. Jakmile se otevře centrální ventil vlivem nárazu plovoucího pístu do dorazového kolíku, tak dojde ke snížení tlaku v brzdovém válci a brzdy se uvolní (Gscheidle a kol., 2001).

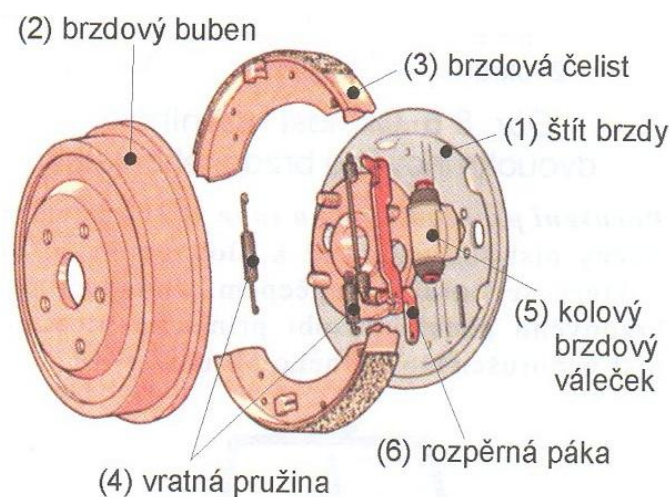


Obr. 3 Činnost centrálního ventilu, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

## 5.1 Bubnové brzdy

Jedná se o brzdy s vnitřními čelistmi, které se v dnešní době používají jako brzdy zadních kol u osobních nebo užitkových aut. Brzda je složena z brzdového bubnu, brzdových čelistí, rozpěrného zařízení, vratných pružin a štítu brzdy. Konstrukce bubnové brzdy je znázorněna na obrázku 4, na kterém jsou dobře viditelné všechny části, ze kterých je brzda složena (Jan a kol., 2009).





Obr. 4 Bubnová brzda, Zdroj: Jan a kol., 2009

Brzdový buben je připevněn ke kolu, se kterým se otáčí. Ostatní části brzdy jsou pevně spojeny se štítem, který je upevněn k nápravě a nevykonává žádný pohyb. V okamžiku brzdění se brzdové čelisti pomocí rozpěrného zařízení přibližují k brzdovému bubnu a vytvoří potřebné tření pro zastavení vozidla. Síla rozpěrného zařízení je hydraulická (brzdový váleček) nebo mechanická (lanko) (Gscheidle a kol., 2001).

Vlastnosti bubnové brzdy:

- konstrukční řešení je takové, aby do vnitřního prostoru nevnikaly nečistoty,
- snadné a pohodlné umístění parkovací brzdy,
- velikost kola automobilu omezující velikost bubnu,
- náročnější údržba a výměna brzdového obložení,
- horší odvod tepla, může docházet k přehřátí („fadingu“)

(Gscheidle a kol., 2001).

K fadingu dochází vlivem dlouhodobého brzdění, to má za následek zvýšení teploty a snížení třecích ploch obložení, což může způsobovat deformaci brzdového bubnu (Jan a kol., 2009).

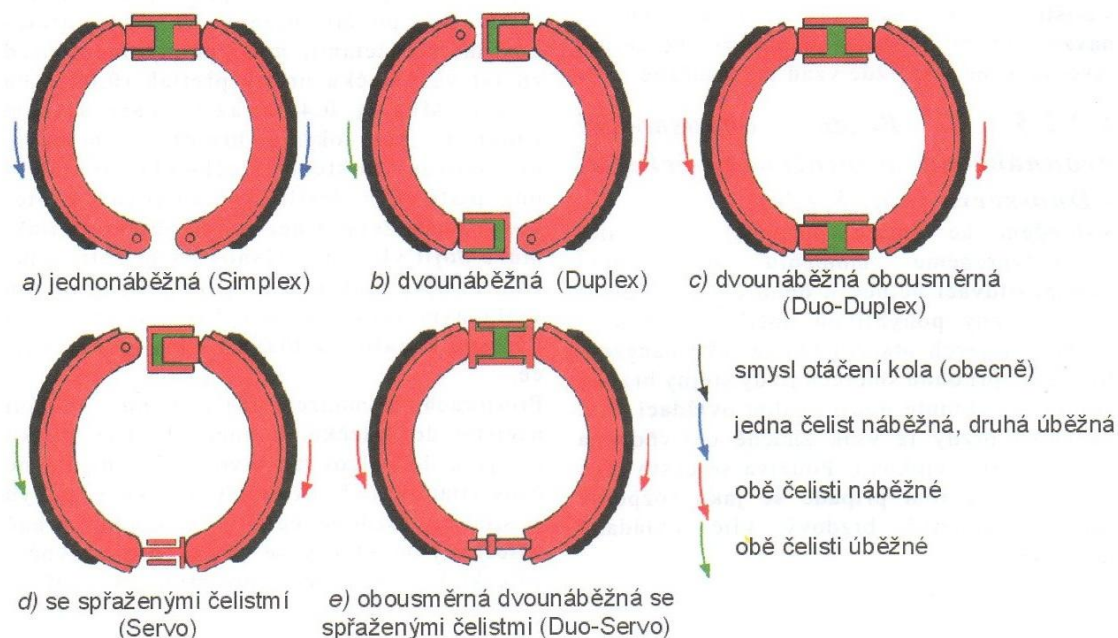
### 5.1.1 Druhy bubnových brzd

Bubnové brzdy rozdělujeme podle způsobu uložení čelistí a podle druhu ovládní:

- jednonáběžné (Simplex)
- dvounáběžné (Duplex)
- dvounáběžné obousměrné (Duo-duplex)
- se spřaženými čelistmi (Servo)
- obousměrné dvounáběžné se spřaženými čelistmi (Duo-servo)

(Jan a kol., 2009).

Druhy zde uvedených bubnových brzd jsou graficky znázorněny na obrázku 5, na kterém je dobře viditelné umístění brzdových válečků u jednotlivých typů brzd.



Obr. 5 Druhy bubnových brzd, Zdroj: Jan a kol., 2009

#### - Brzda jednonáběžná (Simplex)

Jedná se o jednoduchý typ brzdy, je tvořena jednou náběžnou a jednou úběžnou čelistí. Jako prvek rozpínací síly slouží dvojčinný brzdový váleček, rozpěrný klín nebo rozpěrná páka. Každá čelist má svůj opěrný bod. Brzda má stejný brzdový účinek při jízdě dopředu i dozadu. Náběžná čelist se více opotřebovává. Konstrukce parkovací brzdy je zde jednoduchá (Gscheidle a kol., 2001).

- Brzda dvounáběžná (Duplex)

Jde o dvounáběžnou brzdu, tzn. že má dvě náběžné čelisti. U tohoto typu je zapotřebí dvou rozpínacích zařízení. Nejčastěji je sestrojena s hydraulickým ovládním a dvěma jednočinnými brzdovými válečky. Válečky zároveň slouží jako opěrný bod pro druhou čelist. Při jízdě dopředu je brzdový účinek lepší než u typu Simplex, protože ve směru jízdy používá dvě náběžné čelisti. Při jízdě dozadu používá brzda pouze dvě úběžné čelisti. Opotřebením třecích elementů je zde rovnoměrné (Gscheidle a kol., 2001).

- Brzda dvounáběžná obousměrná (Duo-duplex)

Na štítu jsou umístěny dva dvojčinné brzdové válečky. Z tohoto důvodu je brzdový účinek při jízdě dopředu i dozadu stejný (Jan a kol., 2009).

- Brzda se spřaženými čelistmi (Servo)

Brzdové čelisti jsou spojeny a působí na ně jeden jednočinný brzdový váleček. Brzdové čelisti se při jízdě dopředu chovají jako náběžné a při jízdě dozadu jako úběžné (Jan a kol., 2009).

- Brzda obousměrná dvounáběžná se spřaženými čelistmi (Duo-servo)

Na štítu brzdě je umístěn jeden dvojčinný brzdový váleček. Brzdové čelisti jsou spojeny pohyblivým uložením. Brzda má stejný brzdový účinek při jízdě dopředu i dozadu. Tento typ je nejčastěji využíván jako brzda parkovací (Jan a kol., 2009).

### **5.1.2 Konstrukce bubnových brzd**

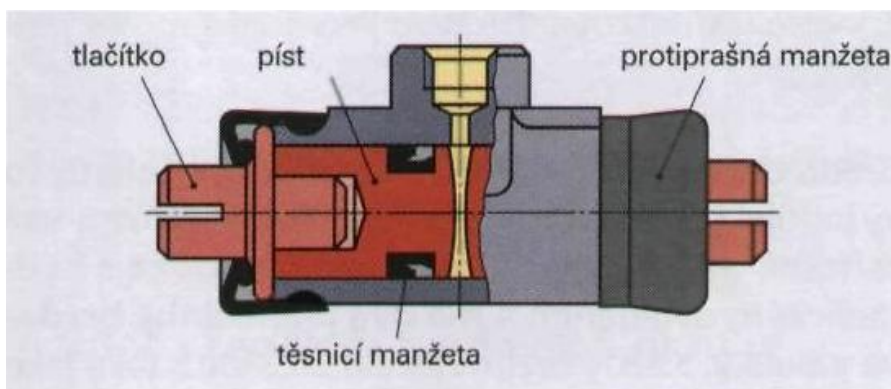
- Rozpěrné zařízení

Při brzdění má za úkol přitlačit čelisti na třecí plochu brzdového bubnu. Pokud máme hydraulické brzdy, používají se brzdové válečky, u mechanických brzd (parkovacích) se používá rozpěrná páka nebo klíč (Gscheidle a kol., 2001).

- Brzdový váleček

Rozeznáváme dva druhy brzdových válečků. Jedná se o dvojčinný brzdový váleček se dvěma písty a jednočinný brzdový váleček jen s jedním pístem. Tlak působící v brzdovém válečku, vytváří hlavní brzdový válec. Písty brzdového válečku jsou opatřeny protiprašnými manžetami, které jsou znázorněny na obrázku 6.

Protiprašné manžety brání vniknutí nečistot do brzdového válečku. Na zadní straně brzdového válečku jsou otvory se závity. Tyto otvory slouží pro upevnění na štít brzdy a pro připojení brzdových hadic (Gscheidle a kol., 2001).



Obr. 6 Brzdový váleček, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

#### - Brzdový buben

Brzdový buben musí být pevný, odolný proti opotřebení a tvarově stálý. Musí snášet vysoké teploty, aby vlivem vysoké teploty nedocházelo ke zmenšení brzdného účinku. Nejčastěji se vyrábí z litiny nebo ocelolitiny. Plocha, na kterou dosedají brzdové čelisti, bývá jemně soustružena. V bubnu nesmí vznikat žádné vibrace ani házivost. Brzdový buben je uchycen na náboj kola a připevněn šrouby (Gscheidle a kol., 2001).

#### - Brzdové čelisti

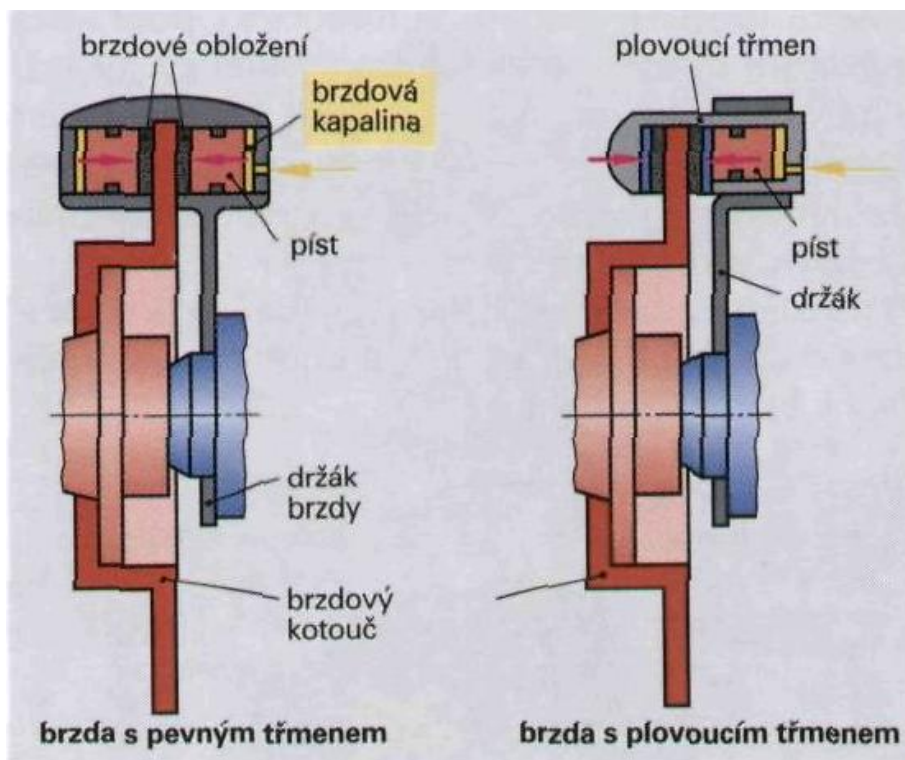
Brzdové čelisti jsou zobrazeny na obrázku 7, mají tvar profilu T. Brzdové obložení se lepí nebo nýtuje. Čelisti jsou vyráběny odléváním z lehkých slitin nebo sváření z ocelových plechů. Na jedné straně mají drážku, aby čelist dobře seděla na čepu brzdového válečku. Druhá strana čelisti je opatřena čepem nebo pevnou opěrkou. Díky tomuto způsobu uložení čelisti lépe doléhají a rovnoměrněji se opotřebovávají (Gscheidle a kol., 2001).



Obr. 7 Brzdové čelisti, Zdroj: STARLINE, 2013

## 5.2 Kotoučové brzdy

Rozpoznáváme dva druhy kotoučových brzd. Jde o brzdy s pevným a plovoucím třmenem viz. obrázek 8. Brzdový třmen dosedá na malou část brzdového kotouče. Uvnitř třmenu jsou umístěny pístky, které jsou silou tlaku kapaliny přitlačovány na brzdový kotouč. Nedochozí zde k tak velkému zahřívání jako u bubnových brzd. Kotoučová brzda má oproti bubnové brzdě jednodušší konstrukci. Složitá je zde konstrukce parkovací brzdy (Gscheidle a kol., 2001).



Obr. 8 Kotoučové brzdy, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Vlastnosti kotoučových brzd:

- dobré chladicí schopnosti,
- snadná údržba, rychlá výměna brzdového obložení,
- rychlejší opotřebení brzdového obložení,
- velikost brzdové síly nezávisí na směru jízdy

(Jan a kol., 2009).

### **5.2.1 Kotoučová brzda s pevným třmenem**

Nejpoužívanější brzdy s pevným třmenem jsou dvoupístkové a čtyřpístkové. Brzdový třmen je připevněn na závěs kola a svírá brzdový kotouč. Brzdové válečky jsou na třmenu umístěny proti sobě. Na válečky působí tlaková síla brzdové kapaliny. Válečky jsou propojeny kanály nebo brzdovým potrubím. Ve třmenu je umístěna rozpínací pružina, která vrací pístky do základní polohy a zamezuje klepání obložení (Gscheidle a kol., 2001).

### **5.2.2 Kotoučová brzda s plovoucím třmenem**

Existuje několik konstrukcí kotoučových brzd s plovoucím třmenem. Tento typ brzd je menší a lehčí než kotoučové brzdy s pevným třmenem. Pístek nebo pístky jsou umístěny jen na jedné straně. Držák brzdy je pevně přišroubován k zavěšení kola. Třmen brzdy je opatřen dvěma válcovými dutinami s teflonovým povrchem. Třmen má posuvné uložení s rozdílným vedením např. zuby, čepy nebo jejich kombinace (Jan a kol., 2009).

### **5.2.3 Součásti kotoučových brzd**

- Brzdový kotouč

Brzdové kotouče mohou být duté nebo plné. Duté kotouče se používají více na přední nápravě, pro lepší odvod tepla. Uvnitř kotouče jsou radiálně uspořádané vzduchové kanály, které vytváří ventilační efekt. Kotouče se nejčastěji vyrábí ve tvaru talíře. Je zhotoven z litiny nebo ocelolitiny. V některých případech mají kotouče na třecí ploše otvory, které snižují hmotnost kotouče a zajišťují pomalé zahřívání a rychlé ochlazování. Na třecích plochách se dnes objevují spirálové drážky. Tyto drážky slouží k určení, do jaké míry jsou kotouče opotřebovány a zlepšují samočistící schopnosti kotouče. Existuje několik konstrukcí kotoučových brzd s plovoucím třmenem. Tento typ brzd je menší a lehčí než kotoučové brzdy s pevným třmenem. Pístek nebo pístky

jsou umístěny jen na jedné straně. Držák brzdy je pevně přišroubován k zavěšení kola (Jan a kol., 2009).

#### - Brzdové obložení

U brzdového obložení je kladen důraz na životnost, tepelnou a mechanickou pevnost. Velmi důležitá je stálost součinitele tření i při vysokých rychlostech. U bubnové brzdy je obložení nanýtováno nebo přilepeno na brzdové čelisti. U kotoučových brzd je obložení přilepeno na kovové nosné destičky. Brzdové obložení se vyrábí z organických materiálů a pro velké namáhání je vyrobeno ze spékaných práškových kovů. Dříve používaný azbest je nahrazen např. uhlíkovými nebo skleněnými vlákny. Brzdové obložení je odolné do teploty 800 °C (Jan a kol., 2009).

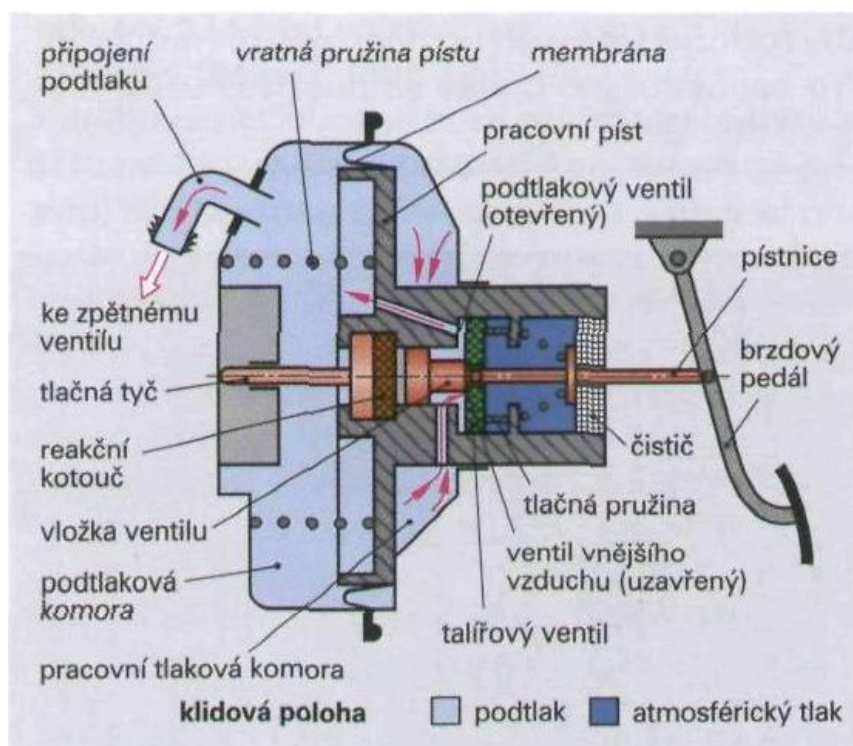
### **5.3 Brzdové posilovače**

Posilovače jsou v brzdové soustavě umístěny mezi pedál a brzdový válec. Brzdový posilovač znásobuje sílu řidiče, kterou působí na brzdový pedál a umožňuje tak výrazně rychlejší nárůst brzdící síly než soustava bez posilovače. Maximální velikost ovládací síly je 500 N a vychází ze směrnic Evropského společenství (Pošta a kol., 2008).

#### **5.3.1 Podtlakový posilovač brzdící síly**

U vozidel se zážehovým motorem je podtlak vytvářen ze sacího potrubí. U vozidel se vznětovým motorem podtlak vzniká pomocí vývěvy, která je poháněna od motoru (Jan a kol., 2009).





Obr. 9 Podtlakový posilovač, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Jak je z obrázku 9 patrné v posilovači je umístěn píst, který rozděluje vnitřní prostor posilovače na podtlakovou komoru a pracovní komoru. Střídavě dochází k propojení těchto dvou komor, pomocí dvojitého ventilu. Ventil je ovládán silou pístnice od brzdového pedálu. Tato pístnice také působí na pracovní píst posilovače (Jan a kol., 2009).

Princip činnosti:

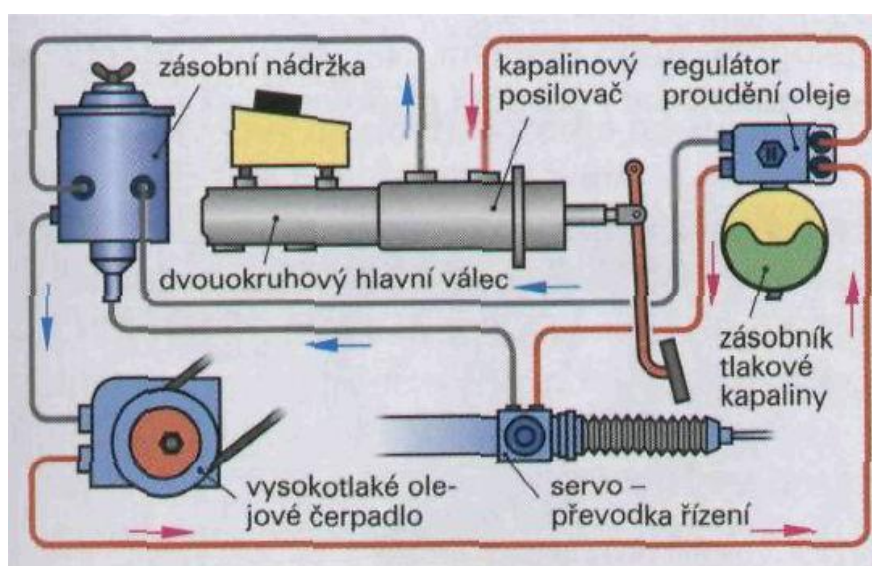
- Klidová poloha – vzduchový ventil je uzavřen, podtlaková a pracovní komora jsou spojeny. Obě strany pracovního pístu mají stejný tlak (Gscheidle a kol., 2001).
- Částečné brzdění – jakmile dojde k sešlápnutí brzdového pedálu uzavře se podtlakový a otevře se vzduchový ventil. V pracovní komoře dochází ke snižování podtlaku, dokud se nepřestane posouvat pístnice. Následně dochází k uzavření vzduchového ventilu, a rozdíl, který je mezi pracovní a podtlakovou komorou tvoří posilovací účinek (Jan a kol., 2009).
- Plné brzdění – v okamžiku kdy na brzdový pedál působí největší ovládací síla, dochází k deformaci pryžového kotouče pístnicí od brzdového pedálu. Touto deformací se vzduchový ventil otevře na maximum a je zde i největší rozdíl



tlaku mezi oběma komorami, kde v tomto okamžiku dochází k největšímu možnému posilovacímu účinku (Jan a kol., 2009).

### 5.3.2 Hydraulický posilovač brzdné síly

Hydraulický posilovač je méně náročný na prostor. Kapalina, kterou používá, má rovnoměrný posilovací účinek. Není závislý na chodu motoru. Části, ze kterých se hydraulický posilovač skládá, jsou zobrazeny na obrázku 10. Tento posilovač se skládá z vysokotlakého čerpadla, zásobníku tlakového oleje, tlakem ovládaného regulátoru průtoku oleje a zásobní olejové nádržky (Jan a kol., 2009).



Obr. 10 Hydraulický posilovač, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Princip činnosti:

Tlakový zásobník je pomocí membrány rozdělen na dvě komory. V jedné komoře je dusík a ve druhé komoře je olej pod určitým tlakem. Po dosažení definovaného tlaku dojde k uzavření přívodu oleje regulátorem. Při brzdění je na píst přiváděno množství regulovaného oleje, pomocí kterého se vytvoří posilovací síla. Olej proudí z posilovače zpět do nádrže. Odebráním oleje dojde k poklesu tlaku v zásobníku a regulátor přepouští olej zpět do zásobníku (Jan a kol., 2009).

### 5.4 Brzdová kapalina

Hlavním úkolem brzdové kapaliny je přenášet tlakovou sílu na brzdové válečky. Brzdová kapalina musí mít vysoký bod varu a nízký bod tuhnutí. Je dobře mísitelná s ostatními kapalinami a má konstantní viskozitu. Nesmí způsobovat korozi kovových

částí brzdy ani chemicky ničit pryžová těsnění. Brzdové kapaliny jsou vyráběny na bázi alkoholu, nejvíce používaný je glykol a další speciální přísady. Vyrovnávací nádobka a brzdy mají odvzdušňovací otvory, kterými se do kapaliny dostává vlhkost. Tím se zhoršují vlastnosti kapaliny a může dojít k selhání brzd. Výměna brzdové kapaliny se doporučuje jednou za rok, v krajním případě to mohou být dva roky. Záleží na množství obsažené vody v brzdové kapalině. Důležité je pravidelně kontrolovat hladinu brzdové kapaliny v nádržce. Jakmile hladina klesne pod minimální hodnotu, je nutné kapalinu ihned doplnit (Jan a kol., 2009).

## 6 DIAGNOSTIKA BRZDOVÝCH SOUSTAV

Obecně dělíme diagnostiku na vnitřní a vnější.

Vnitřní diagnostika se zabývá komunikací s řídicí jednotkou za pomoci počítače s diagnostickým softwarem. Tento software umožňuje načítat a mazat paměť závad, dále je možná zkouška akčních členů a základní nastavení řídicí jednotky (Vlk, 2006).

Vnější diagnostika se zabývá měřením za pomoci osciloskopu, multimetru a měřením emisí. Tato diagnostika testuje celý motor snímači, které jsou na něm umístěny (Vlk, 2006).

Technická diagnostika se věnuje zkoumání a zjišťování skutečného stavu zařízení a je založena na dvou předpokladech. První předpoklad je bezdemontážní, tzn. zkoušení diagnostikovaného objektu tak, jak je složen a jak pracuje. Druhý předpoklad je nedestruktivní, nesmí dojít k poškození objektu (Čupera, Štěrba, 2007).

Při diagnostice je nezbytné, aby pracovník provádějící diagnostikování problému znal funkci členu nebo celého systému. Pracovník by se neměl dostat do situace, kdy se při diagnostice určitého systému teprve seznamuje s jeho principem funkce. Technická diagnostika se nezabývá jen aktuálním a budoucím stavem objektu, ale zabývá se i jeho minulostí. Proces diagnostiky lze rozdělit do třech časových pásem, diagnóza (aktuální stav), prognóza (budoucí stav), geneze (příčina poruch v minulosti) (Čupera, Štěrba, 2007).

Diagnóza

- a) Detekce poruchy, zde dochází k identifikaci právě diagnostikovaného objektu. Jeho skutečný stav je hodnocen jako – bezvadný, provozuschopný nebo poruchový stav (Čupera, Štěrba, 2007).
- b) Lokalizace poruchy, zde je určeno přesné místo poruchy. Lokalizace je velmi náročná, záleží na použitých metodách, vyhodnocení pracovníka provádějícího diagnostiku a hlavně na diagnostickém vybavení (Čupera, Štěrba, 2007).

Prognóza

Zaměřuje se na budoucí technický stav objektu. Jedná se o statistické hodnoty a pravděpodobnost založenou na pozorování určitého počtu totožných objektů (Čupera, Štěrba, 2007).

Geneze

Zabývá se příčinami poruch, které nastaly v minulosti. Také zjišťuje, proč se technický stav objektu předčasně zhoršuje (Čupera, Štěrbá, 2007).

## **6.1 Defektoskopie**

Defektoskopie se zabývá zkoumáním vad materiálu. Jejím úkolem je zkoumání vnitřních i vnějších vad materiálu. Defektoskopické metody se vyznačují tím, že jsou nedestruktivní.

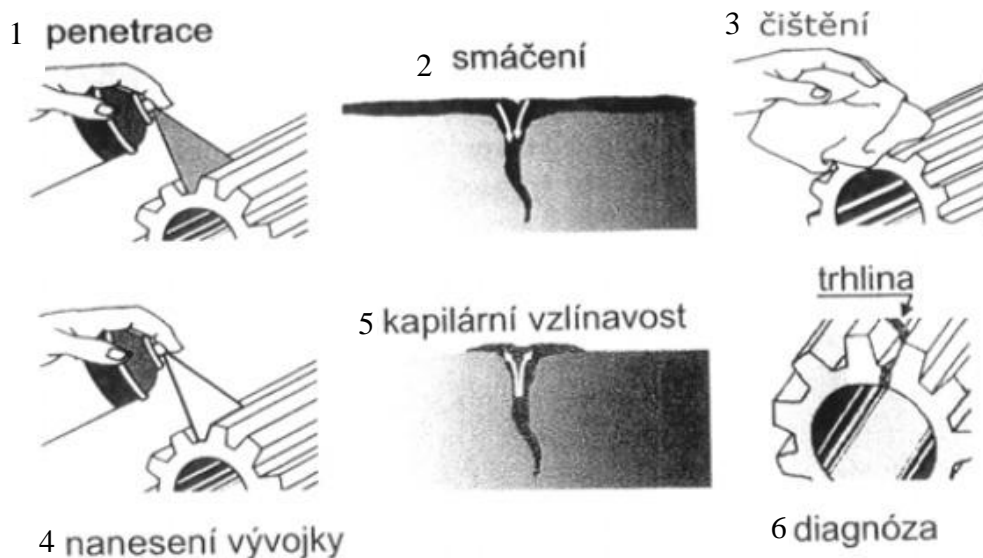
Pozorují se zejména mechanické části na vozidle. Je zřejmé, že i sebemenší trhlinka na sebe koncentruje určité napětí. Dochází k rozšiřování trhliny a může dojít k destrukci celé součásti nebo dokonce stroje. U vozidel se defektoskopie používá již ve výrobním cyklu a dále při jejich provozu.

Při zkouškách materiálu se používají různé fyzikální principy. Pro detekci trhlin a porušení celistvosti se používají kapilární zkoušky, tepelné a optické testování, dále magnetické a elektromagnetické metody. Také se zjišťují vady uvnitř materiálu pomocí ultrazvuku a prozařování (Čupera, Štěrbá, 2007).

### **6.1.1 Detekce povrchových a podpovrchových vad**

#### **- Metoda kapilární**

Tato metoda je založena na vztlínivosti kapalin z trhlin v materiálu. Metoda se používá k identifikaci povrchových vad (trhlin). Postup zjišťování trhlin kapilární metodou je snadný a jeho postup je zobrazen na obrázku 11.



Obr. 11 Kapilární metoda – postup, Zdroj: NDT.cz, 2008

Nejdříve se povrch zkoumaného objektu musí důkladně očistit. Na zkoumaný objekt, se nanáší penetrační kapalina, která se dostane do všech trhlin a prasklin na povrchu zkoumaného objektu. Kapalina se nechá několik minut působit, aby se naplno projeví její vlastnosti. Následně dojde k setření kapaliny z povrchu a nanese se tzv. vývojka. Poté dochází ke vzlínání kapaliny a identifikaci přesného místa poškození. Metoda je vhodná pro kovové i plastové materiály (Čupera, Štěrba, 2007).

Výhoda kapilární metody je v citlivosti na malé trhliny a praskliny, které lze diagnostikovat na brzdovém kotouči. Také lze testovat složitá tělesa např. ozubená kola jak je patrné z obrázku 11. Zkouška je aplikovatelná přímo ve výrobě (NDT.cz, 2008).

#### - Metoda magnetická

Zabývá se zkoumáním povrchových a podpovrchových vad těsně pod povrchem u feromagnetických materiálů. Nejprve musíme celou testovanou součást odmagnetizovat. Následně součást zmagnetujeme kolmo ve směru, kde předpokládáme vady. Výsledkem zkoušky musí být rozptýlené magnetické pole. Celý povrch součásti je posypán feromagnetickým práškem, který se v místě vady seskupí (Čupera, Štěrba, 2007); (NDT.cz, 2008).

- Tepelná metoda

Při diagnostikování vad se tato metoda stává čím dál více oblíbenou. Jak název napovídá, jde zde o ohřev materiálu. Cílem zkoušky je zkoumání chladnutí právě zahřátého materiálu. Rozdílné teploty v různých místech zkoušeného materiálu mohou naznačit porušení celistvosti materiálu. Toto porušení se projevuje zobrazením odlišné barvy, než která je na zbytku zkoušené součásti. Tuto metodu lze uplatnit při zkoumání vnitřní vady brzdového kotouče (Čupera, Štěrbá, 2007).

- Optická metoda

Jedná se o jednu z nejjednodušších metod zjišťování vady materiálu. Zkoušený povrch lze sledovat přímo pouhým okem nebo lupou či mikroskopem. Nepřímo se materiál zkoumá pomocí endoskopu, kde je možné prasklinu nebo trhlinu zvětšit. Endoskop se používá pro kontrolu převodovky nebo vnitřních částí motoru. Optická metoda je vhodná pro detekování povrchových vad – trhlin, koroze (Čupera, Štěrbá, 2007); (CONTROLTEST, 2009).

### **6.1.2 Detekce vnitřních vad**

- Ultrazvuková metoda

Ultrazvuk je vlastně šíření mechanických kmitů materiálem, při kterých se zjišťují vnitřní vady. Kmity mají frekvenci větší jak 20 kHz. Tato metoda nám dokáže odhalit přesné místo a velikosti vady uvnitř materiálu. Výhodou ultrazvukového měření je, že lze provádět i za provozních podmínek (CONTROLTEST, 2009).

Rozeznáváme dva druhy provedení zkoušky ultrazvukem:

a) metoda průchodová

Metoda průchodová pracuje se dvěma ultrazvukovými sondami, které jsou umístěny naproti sobě na testovaném objektu. Jedna sonda se chová jako vysílač a druhá jako přijímač. Pokud se v materiálu vyskytne vada, do přijímače přichází podstatně menší energie než u bezvadného materiálu. Tato zkouška potřebuje přístup k materiálu z obou stran, právě kvůli umístění sond (Míšek, Ptáček, 1992).

b) metoda odrazová impulzová

Jedná se o dost rozšířenou metodu, při které jsou do testovaného objektu vysílány impulzy ultrazvuku. Tyto impulzy se odrážejí zpět od konce materiálu nebo vady

materiálu. Metoda využívá jenom jeden vysílač/přijímač. Vadu zjistíme podle velikosti impulsu, který se zobrazí na obrazovce přístroje. Jedná se o velmi citlivou a spolehlivou metodu, zkoušené materiály mohou mít tloušťku více jak 10 mm (Míšek, Ptáček, 1992).

#### - Prozařovací metoda

Prozařovací metoda je založena na změně intenzity záření pronikajícího zkoušeným materiálem. Dnes lze prozařovat materiály o tloušťce až 500 mm. Vada materiálu může být zobrazena na rentgenovém filmu nebo na obrazovce radioskopického přístroje. Metoda prozařování se u diagnostiky automobilů neuplatňuje, z důvodu vysokých nároků na finance a odbornost obsluhy. Metoda je vhodná pro odvětví slévárenství, svařování a stavebnictví (Míšek, Ptáček, 1992); (Čupera, Štěrba, 2007).

## **6.2 Subjektivní metody diagnostiky**

Diagnostika se vyvíjí vždy podle technického pokroku a vybavení v dané době. V dnešní době diagnostika využívá mnoho moderních prvků. Ale u subjektivní diagnostiky hraje pořád velkou roli kvalifikovanost a odborné zkušenosti pracovníků provádějících diagnostiku. Jelikož nejvíce používanými smysly je zrak, sluch, hmat nebo čich. Sluch je jedním z dobrých pomocníků při diagnostice. Dostatečně trénovaný sluch pracovníka, který se zabývá danou problematikou několik let, může odhalit závadu pouhým poklepáním na danou součást (Čupera, Štěrba, 2007).

### Vizuální diagnostika

Pohled na diagnostikovaný objekt slouží jako tzv. předběžná kontrola. Některé mechanické části lze zcela přesně diagnostikovat zkušeným pohledem pracovníka. Může se jednat o opotřebení brzdového kotouče nebo obložení, které lze rozeznat pohledem na danou součást. Například únik oleje je velmi dobře diagnostikovatelný pouhým pohledem. Na olej, který uniká, se navážou prachové částice a ihned identifikujeme místo úniku oleje. I při úniku brzdové kapaliny se na místech úniku zachycují prachové částice. Při defektoskopických zkouškách používáme vizuální kontrolu diagnostikovaných objektů. Používaná metoda u tlakových soustav je tzv. mýdlová metoda. Na zkoušená místa se nanese mýdlový roztok a v případě netěsnosti se na povrchu vytvoří bublinky. U mechanických součástí je možné určit deformaci, míru opotřebení funkční plochy a velikost korozního opotřebení (Čupera, Štěrba, 2007).

Mezi další typy subjektivní diagnostiky, kde využíváme zrak a sluch patří technická endoskopie a stetoskopie. Technická endoskopie slouží k detekování poruchy tam, kde není možné provést vizuální diagnostiku. Endoskop je flexibilní trubice, která se skládá z čoček, okuláru, objektivu a tubusu. Technická stetoskopie se zabývá akustickými projevy mechanických částí. Je to kovová jehla se sluchátky, která lze prodloužit na požadovaný rozměr (Čupera, Štěrba, 2007); (Havlíček a kol., 1989). Tyto metody nemají v diagnostice brzdových soustav využití.

### **6.3 Objektivní metody diagnostiky**

Objektivní metody jsou založeny na měřících přístrojích, vycházejících ze skutečných naměřených hodnot. Tyto metody využívají řadu moderních technických přístrojů. Pro měření brzd se využívá několik typů zkušeben v závislosti na formě a přesnosti výsledků. V praxi se nejčastěji využívají tyto typy zkušeben:

- Válcová pomaloběžná zkušebna – používá se k měření brzdící síly vždy na obou kolech jedné nápravy. Rychlost je maximálně 10 km/h a současně probíhá snímání síly, kterou působíme na pedál. Tato zkušebna je využívána ve stanicích STK,
- válcová rychloběžná zkušebna – dochází zde k zaznamenání průběhu brzdění, které je závislé na čase a rychlosti. Většinou měření probíhá na všech 4 kolech vozidla současně. Probíhá zde simulace jízdy vozidla na vozovce, tzn. rozjetí na následné zastavení,
- plošinová zkušebna brzd – jedná se o orientační test, kdy vozidlo najede na měřicí plošiny a zabrzdí. U zkoušky se vyhodnocuje hlavně souměrnost brzdění (Čupera, Štěrba, 2007).

#### **6.3.1 Pomaloběžná válcová zkušebna brzd**

Při měření na pomaloběžné válcové zkušebně se brzdící síla měří na obvodu kol vozidla. Brzdící účinek se hodnotí tzv. zbrzděním. Podle velikosti naměřených sil se zjistí celková brzdící síla na nápravě a také se určí rozdílné samostatně působící síly na levé a pravé kolo. Maximální rozdíl působící síly na levé a pravé kolo jedné nápravy nesmí přesáhnout hodnotu 30% (Vlk, 2006).

Legislativa v České republice určuje minimální hodnoty pro provozní a parkovací brzdy. Pro všechny kategorie vozidel tyto hodnoty určuje mezinárodní předpis EHK 13



- Jednotlivé podmínky týkající se schválení vozidel z hlediska brzdění. Hodnoty ovládací síly na nožní a ruční sílu jsou uvedeny v tabulce 1 (Havlíček a kol., 1989).

Kategorie vozidel podle EHK– R 13 (druh, max. hmotnost m)		Přeprava osob		Přeprava nákladu			
		Osobní automobily M1	Autobusy		Nákladní automobily		
			$m \leq 5 \text{ t}$ M2	$m > 5 \text{ t}$ M3	$m \leq 3,5 \text{ t}$ N1	3,5 > $m \leq$ 12t N2	$m > 12 \text{ t}$ N3
Provozní brzdění	Počáteční rychlost $v_0$	80 km/h	60 km/h	70 km/h	50 km/h	40 km/h	
	Max. brzdná dráha s	$0,1 \cdot v_0 + v_0^2/150$ s=50,7 m	0,15 $\cdot v_0 + v_0^2/130$ s=36,7 m	$0,15 \cdot v_0 + v_0^2/115$			
				s= 53,1m	s = 29,2 m	s = 19,9 m	
	Max. nožní síla $F_a$	500 N	700 N	700 N			
	Max. prodleva $t_1$	0,36 s	0,54 s	0,54 s			
	Zpomalení a	$5,8 \text{ m/s}^2$	$5 \text{ m/s}^2$	$4,4 \text{ m/s}^2$			
Nouzové brzdění	Max. brzdná dráha s	$0,1 \cdot v_0 + 2v_0^2/150$ s=93,4 m	0,15 $\cdot v_0 + 2v_0^2/130$ s=64,4 m	$0,15 \cdot v_0 + 2v_0^2/115$			
				s = 95,7 m	s = 51,0 m	s = 33,8 m	
	Max. ruční síla $F_r$	400 N	600 N	600 N			

Tab. 1 Požadavky na brzdny účinek, Zdroj: Vlk, 2006

Skutečné brzdné síly lze zjistit jízdou zkouškou, ale ta se provádí jen za účelem výzkumu. Tato zkouška totiž vyžaduje speciální snímače točivého momentu, které se umísťují na kola vozidla (Vlk, 2006).

Na válcových pomaloběžných zkušebnách lze snadno a rychle zjistit jestli je funkce brzd v provozu schopném stavu. Válcové pomaloběžné zkušebny jsou využívány zejména autoservisy a stanicemi technické kontroly (Vlk, 2006).

Pomaloběžná válcová zkušebna je tvořena dvěma páry hnacích válců upevněných v základové konstrukci viz. obrázek 12.

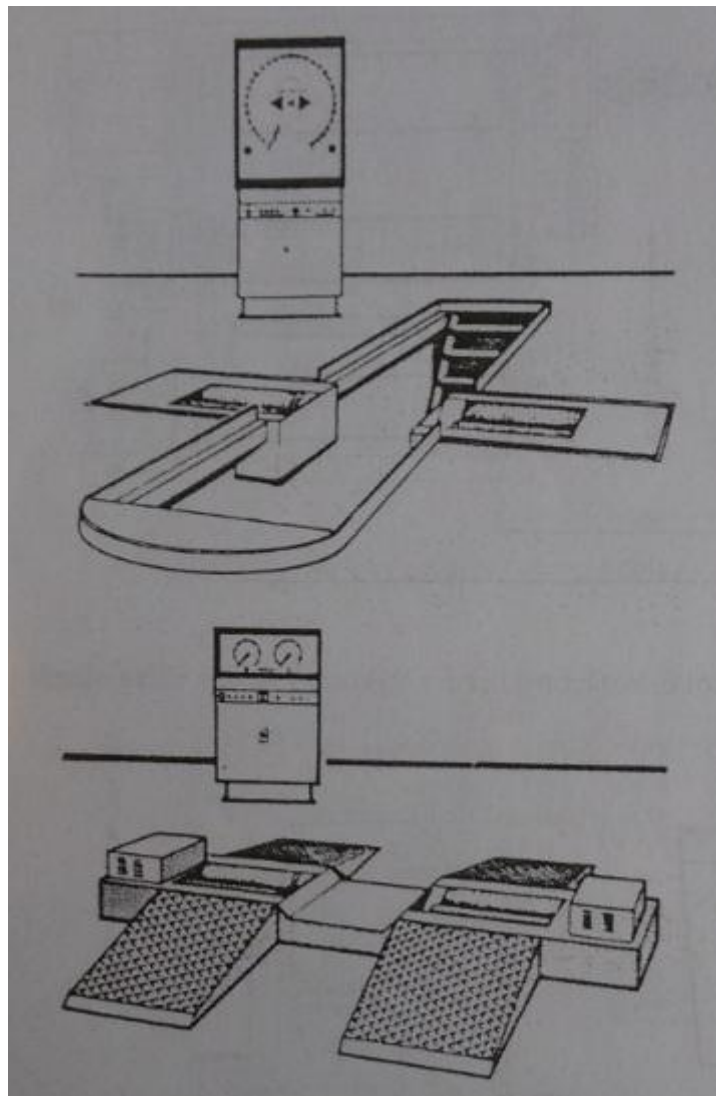


Obr. 12 Pomaloběžná válcová zkušebna brzd, Zdroj: vlastní

Válce jsou v rámu upevněny otočně, kde je každý pár válců poháněn svým elektromotorem. Elektromotor vždy pohání pouze jeden ze dvou válců. Na druhý válec je otáčivý pohyb převáděn pomocí řetězu. Stálý převod zabezpečuje redukční převodovka, která je umístěna mezi elektromotorem a poháněným válcem. Převodovka není pevně spojena s rámem, proto se může otáčet v podélné ose stejně jako právě poháněný válec. Převodová skříň má na sobě připevněno momentové rameno a jeho vnější konec se opírá o snímač tlakové síly (Vlk, 2003).

K identifikaci brzdných sil v průběhu měření na pomaloběžných válcových zkušebnách, jsou použity analogové nebo digitální ukazatele. Válcové zkušebny mohou být provedeny, jako podzemní kde jsou měřící válce umístěny pod podlahou a můžou se

kombinovat i s montážní jámou. Nebo mohou být provedeny jako nadzemní s přídatnými nájezdy. Tyto dva druhy uspořádání jsou zobrazeny na obrázku 13 (Vlk, 2001).



Obr. 13 Uspořádání válcových zkušeben, Zdroj: Vlk, 2003

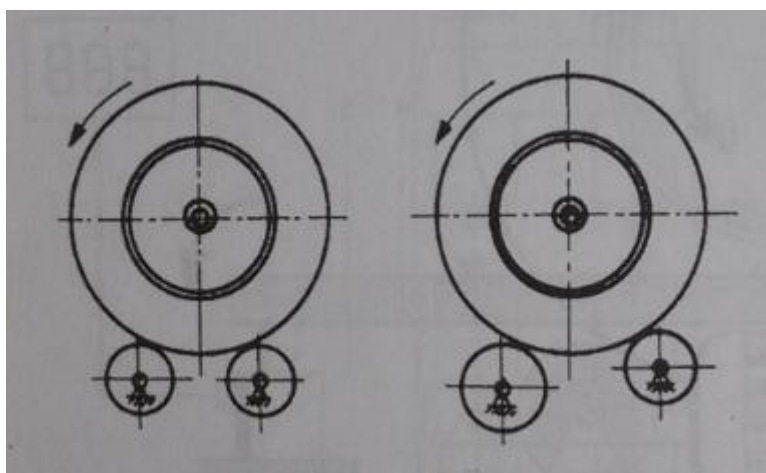
Pomaloběžná válcová zkušebna Motex 7700, která je určena pro osobní a dodávkové vozy, měří velikosti brzdných sil na kolech nápravy a vyhodnocuje jejich průběh v závislosti na velikosti ovládací síly působící na pedál a dokáže velmi rychle vyhodnotit nesouměrnost brzdných sil. Při signalizaci prokluzu je možné získat vzrůstající i klesající průběh brzdných sil, který je možné zaznamenat do jednoho grafu. Rámy jsou svařované s povrchovou úpravou a válce potaženy speciální směsí pryskyřice, která má vysokou přilnavost. Pokud nebudou obě kola na válcích nelze z důvodu bezpečnosti elektromotory spustit (Vlk, 2006).

Při měření brzdné síly najíždí vozidlo na válce nejprve přední a poté zadní nápravou tak, aby na každém páru válců stálo jedno kolo vozidla. Při probíhajícím měření je motor vozidla vypnut a kola jsou roztočena pomocí válců, které pohání elektromotory a udržují stálou rychlost. Tato rychlost se během měření nemění a je stejná i při brzdění. Brzdná síla, která působí na obvod brzděného kola, způsobí vznik reakčního momentu. Moment působí v opačném směru otáčení měřicího válce a tento válec je také úměrný brzdné síle kola. Vznikem reakčního momentu dojde k natočení hnací jednotky. Momentové rameno působí na snímač tlakovou silou, který je spojen se záznamovým zařízením. Tento způsob měření se nazývá mechanický, protože se zde měří reakce skříně převodovky. Druhým způsobem, kterým měříme brzdný, účinek se nazývá elektrický. Princip je v tom, že se zvětšujícími se brzdnými silami dochází ke zvětšení příkonu elektromotorů, které pohání válce. Právě zvětšující se příkon je důležitý k udržení rychlosti, kterou se měřicí válce otáčí. U elektrického způsobu měření, je měřicím přístrojem wattmetr, měřící příkony elektromotorů. Proti mechanickému způsobu je z výrobního hlediska elektrický způsob jednodušší (Vlk, 2003).

Oba z výše zmíněných druhů válcových zkušeben potřebují hnací sílu v podobě elektromotoru s velkým příkonem, který je úměrný maximu měřených brzdných sil a také zkušební rychlosti. Maximální rychlostí u pomaloběžných zkušeben bývá 10 km/h. Z tohoto důvodu se zkušebny nazývají pomaloběžné. V žádném případě by nemělo dojít k zablokování kola, při zablokování by došlo k opotřebení dezénu pneumatiky. Pro tyto případy jsou válcové zkušebny vybaveny automatickou signalizací skluzu pneumatiky nebo mohou být vybaveny přímo automatickým zařízením, kdy v případě překročení povolené hodnoty skluzu dojde k vypnutí válců. Pro tuto signalizaci je mezi měřicími válci umístěn třetí válec malého průměru. Tento malý válec je připevněn na výkyvná ramena a pružiny ho přitlačují na obvod kola automobilu. Při probíhající zkoušce se malý válec také otáčí, ale je poháněn od obvodové rychlosti kol. Vnější konec tohoto válce je opatřen snímačem skluzu. Když se zvětšuje skluz, dochází ke zmenšení obvodové rychlosti kola na vozidle, ale obvodová rychlost měřicích válců se nezmění. Ve stejnou chvíli se snižují otáčky třetího malého válce, který je poháněn koly automobilu. Signály vysílané ze snímače umístěného na třetím válci kontroluje a vyhodnocuje spínací zařízení, které se nachází v rámu válcové zkušebny. Pokud bude

přesáhnu určitá hodnota skluzu, dojde k zapnutí výstražné signalizace nebo jsou vypnuty elektromotory válcové zkušebny (Vlk, 2006).

Velikost brzdných sil, kterých jsme dosáhly je závislá na kvalitě a struktuře povrchu na válcích. Válce jsou upraveny pro co největší součinitel přilnavosti na pneumatiky vozidla. Rýhované a žebrované válce poškozují pneumatiky, hladké ocelové válce zase nejsou příliš vhodné, protože nemají dostatečnou přilnavost. Z těchto důvodů se válce opatřují plastem. Hnací válce jsou vyráběny v průměrech od 150 do 300 mm. Osy válců jsou ve stejné rovině nebo také každý válec může mít jinou osu. Toto uspořádání je zobrazeno na obrázku 14.



Obr. 14 Různé osy válců, Zdroj: Vlk, 2001

V takovém případě je zadní válec umístěn výše z důvodu vyjetí kola směrem dozadu. K této situaci může dojít při prudkém zabrzdění. Tento druh konstrukce má přední válec většího průměru než poháněný zadní menší válec. Nejčastěji se kola zablokují při velkých brzdných silách. Je to výhodné při zkoušení přípojných vozidel, kde bývá rozdíl v hmotnosti prázdného a naloženého vozidla (Vlk, 2006).

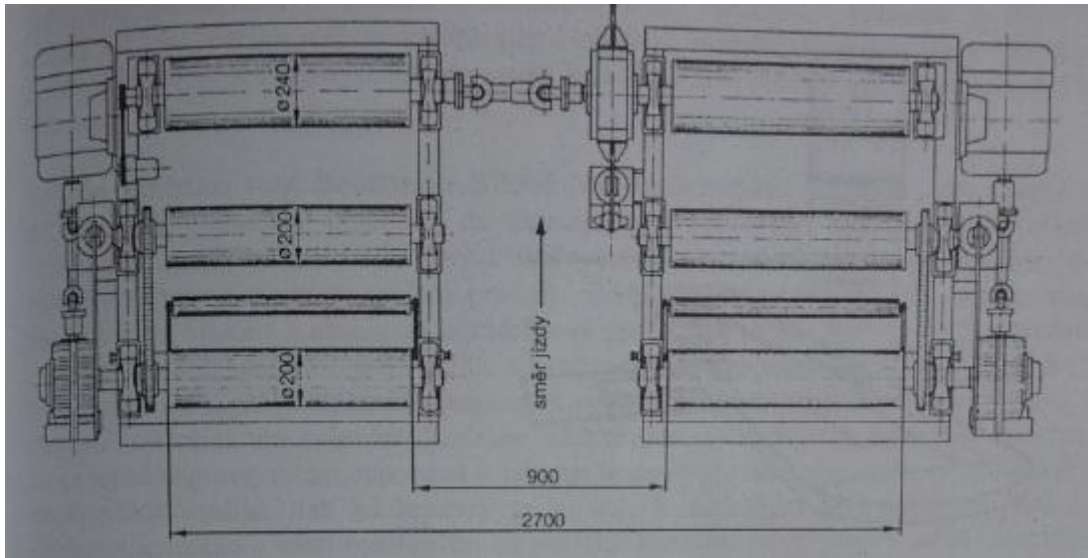
U vozidel, která mají stálý pohon 4x4 je hnací moment rozdělen na všechna čtyři kola stejným dílem. Z tohoto důvodu má vozidlo snahu sjet z měřících válců. Také musí být zajištěno, aby spojovací hřídel nepřenášel brzdné účinky z jedné nápravy na druhou (Vlk, 2001).

U vozidel s možností vypnout pohon všech kol jsou brzdy na pomaloběžné válcové zkušebně zkoušeny při vypnutém motoru stejně jako všechna běžná vozidla (Vlk, 2006).

Automobily se stálým pohonem všech kol s viskózní spojkou na spojovacím hřídeli mají za normálních podmínek poháněnou je jednu nápravu. Jakmile dojde k prokluzu kol právě poháněné nápravy, potom viskózní spojka začne přenášet hnací sílu i na druhou nápravu. V tomto případě se zabrání vyjetí vozidla z válcové zkušebny tak, že zajistíme opačný pohon válců na levé a pravé straně nápravy. Pak bude jedno kolo roztáčeno dopředu a druhé dozadu, ale podmínkou je, že obě kola musí mít stejné otáčky. Spojovací hřídel je v klidu a netočí se, proto nedojde k přenesení brzdné síly na podélnou a příčnou osu. U vozidel s pohonem jedné nápravy se zkoušení provádí jen ve směru jízdy vozidla. Přepínání směru otáčení válců je umístěno na ovládacím pultu (Vlk, 2001).

U zkoušení brzdného účinku vozidel se stálým pohonem všech kol s měkkou viskózní spojkou je žádoucí v průběhu zkoušky udržet stejné otáčky elektromotorů, které pohání válce. Protože když se spojovací hřídel otáčí jen minimálně, viskózní spojka se neotáčí a nepřenese žádný brzdný moment. Naopak tvrdá viskózní spojka je schopna přenést brzdný moment již při pouhém pootočení spojovacího hřídele. Aby hřídel nepřenášela žádné brzdné síly, musí být zajištěno otáčení obou kol stejně. Také rychlost kol na nápravě se během testování musí udržet v oblasti vůlí rozvodovky. Tomu napomáhají odrazové pásy, které jsou připevněny na pneumatikách a také dva optické snímače umístěné na stranách válců. Vůle diferenciálu se určuje tak, že zapneme levý elektromotor a pootáčíme kolem do té doby, dokud se nepohne pravé kolo. Pravé kolo je zpožděno vůlí zubu v rozvodovce, tím dojde k vymezení vůlí a je určena jedna mezní poloha rozvodovky. Druhou mezní polohu zjistíme stejným způsobem, pouze s tím rozdílem, že budeme pootáčet s druhým kolem. Brzdné momenty jsou měřené jen při otáčení kol ve směru jízdy vozidla. Brzdný účinek je závislý na směru otáčení kola dopředu, z tohoto důvodu se musí zkouška brzd provést dvakrát, vždy pro kolo otáčející se ve směru jízdy vozidla. Přitom síla, kterou ovládáme brzdový pedál, musí být stejná, proto se používá při zkoušce pedometr (Vlk, 2003).

Při měření brzdného účinku se využívají i tzv. sdružené válcové zkušebny, jejichž uspořádání je zobrazeno na obrázku 15. Válce o průměru 240 mm se používají k měření výkonu. Válce o průměru 200 mm slouží k měření brzdné síly a válce menšího průměru při zjištění zastavení kol spustí signalizaci, popřípadě vypnou elektromotory (Vlk, 2006).



Obr. 15 Uspořádání sdružené válcové zkušebny, Zdroj: Vlč, 2003

U pomaloběžných válcových zkušeben, kde se používá rychlost zkoušení 0,5 – 5 km/h se neodhalí špatná funkce brzd. Přesnější informace o brzdové soustavě získáme, ale až při měření nad 5 km/h. Pro zkoušení brzdových soustav je lepší rychloběžná válcová zkušebna brzd, ale pro běžné zjištění technického stavu brzd na vozidle je pomaloběžná válcová zkušebna dostačující (Vlč, 2001).

### 6.3.2 Rychloběžná válcová zkušebna brzd

Rychloběžné válcové stanice se způsobem měření hodně přibližují reálným podmínkám na vozovce. Rychlost na těchto zkušebnách dosahuje až 100 km/h. Existují tři typy rychloběžných válcových zkušeben:

- a) Elektromotory pohání měřicí válce, způsob měření je totožný s měřením na pomaloběžných zkušebnách
- b) Dojde k roztočení válců na zkušební rychlost a jejich pohon je odpojen, jedná se o tzv. setrvačnickové stanice. Vlivem brzdění dochází ke zpomalení setrvačné síly do zastavení válců. Měří se brzdové dráhy, čas nebo brzdné zpomalení.
- c) Stanice podporující oba dva zmíněné způsoby (Vlč, 2006).

Rychloběžné válcové zkušebny (setrvačnickové) mají odlišnou konstrukci od pomaloběžných zkušeben. Schéma rychloběžné zkušebny je zobrazeno na obrázku 16 (Vlč, 2001).





Obr. 16 Setrvačnicková zkušebna, Zdroj: BRISTLE CONSULTING ENGINEER, 2010

U rychloběžné válcové zkušebny je elektromotorem poháněn pouze jeden ze dvojice válců na každé straně zkušebny. Z důvodu vyjždění automobilu je druhý nepoháněný válec volnoběžný, ale jeho smysl otáčení je pouze ve směru jízdy vozidla. Jeden z dvojice válců má snímač pro zjišťování počtu otáček válců. Při zkoušení na dvouválcové rychloběžné zkušebně se najede na válce zkoušenou nápravou. Na kola druhé nápravy umístíme klíny, které zabrání případnému vyjetí vozidla z důvodu velkých testovacích rychlostí. Po dosažení rychlosti zkoušení, technik sešlápně brzdový pedál předem stanovenou ovládací silou. Po sešlápnutí dojde k automatickému vypnutí elektromotorů a kinetická energie je postupně pohlcena brzděním vozidla. Od začátku po konec brzdění počítadla zapisují počet otáček měřících válců. Stejný postup měření je proveden i na druhé nápravě vozidla. Výchozí údaje pro zhodnocení testování jsou právě čísla z počítadel a velikost ovládací síly. Rozsah rychlosti je možné volit od 5 do 100 km/h. Pokud provádíme zkoušku na čtyřválcové rychloběžné zkušebně, najíždíme na válce všemi čtyřmi koly. Vozidlo je proti sjetí z válců zafixováno pomocí „ohrádek“. Jinak se průběh zkoušky od zkoušení na dvouválcové rychloběžné zkušebně nijak neliší (Vlk, 2003).



Výhody válcových zkušeben brzd:

- přesnější kontrola brzdných sil než u plošinové zkušebny,
- možnost opakovatelnosti měření,
- neovlivnitelnost zkoušek nečistotami na válcích,
- možnost porovnávat výsledky měření studených a zahřátých brzd,
- kontrola správné funkce ruční brzdy a její případné seřízení (Vlk, 2003).

### 6.3.3 Plošinová zkušebna brzd

Plošinová zkušebna se skládá ze dvou nebo čtyř plošin určených k měření brzdných sil. Pokud se jedná, o zkušebnu se čtyřmi plošinami má každé kolo vozidla svou zkušební dráhu. Musí být měřeny reakční síly tak, aby bylo možné adekvátně vyhodnotit správnou funkci brzd. Plošiny se pohybují v horizontální rovině. Automobil je při měření zabrzděn a pohybuje se ve směru jízdy. Tenzometrický snímač zaznamenává pohyb auta v milimetrech a převádí je na elektrické signály. Tímto způsobem se zaznamenávají všechny fáze brzdění. Pro dosažení maximální přesnosti je nutná velká frekvence měření. Zkoušení probíhá při rychlostech 10–15 km/h. V okamžiku kdy jsou kola na plošině, technik sešlápne brzdový pedál. Pro co nejpřesnější výsledky je dobré využít délku celé plošiny (Vlk, 2006).

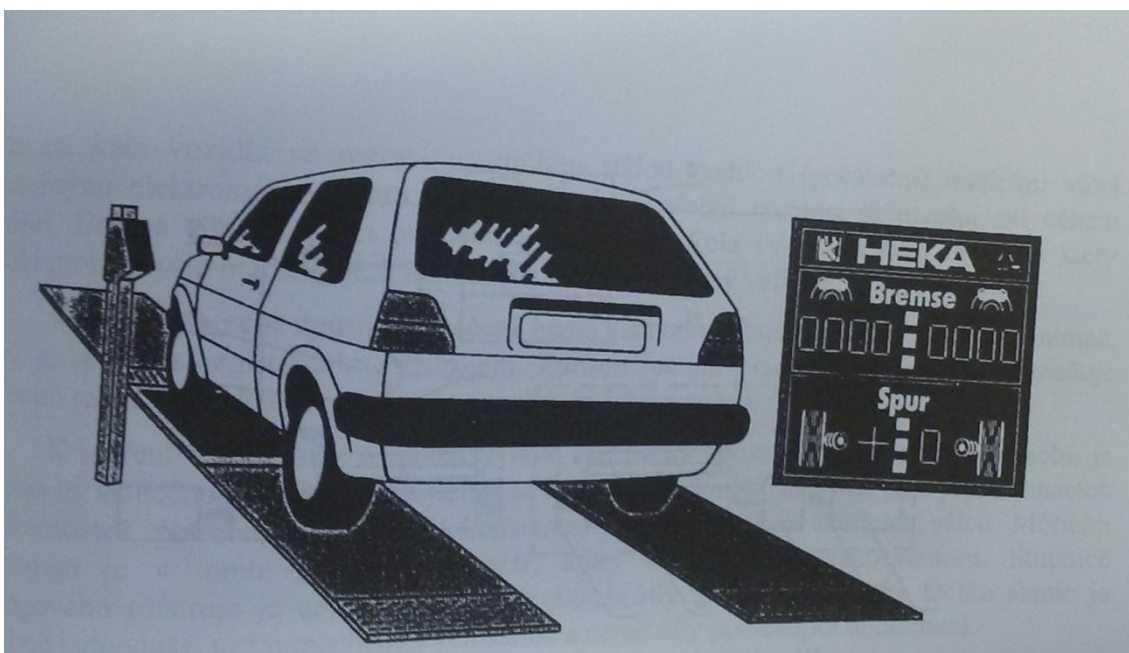
V případě dvouplošinové zkušebny se musí nejprve měřit jedna a poté druhá náprava. Aby bylo možné srovnat výsledky přední a zadní nápravy, musí brzdění probíhat za stejné ovládací síly, z tohoto důvodu je nezbytné použití pedometru (Vlk, 2003).

Dráha pro rozjezd na plošinovou zkušebnu bývá 8–10 metrů. Délka čtyřplošinové zkušebny je zpravidla 5 metrů. V části před plošinami je volný prostor 1–2 metry z důvodu dodržení bezpečnosti. Samotná délka plošin se pohybuje od 1 500 mm a výše. Jejich instalace probíhá přímo na podlahu nebo do úrovně podlahy. Výška plošin je 50 mm, proto je vhodnější provést malou stavební úpravu a umístit je do úrovně podlahy (Vlk, 2001).

Mezi přední a zadní plošiny je možno přidat další plošinu, která měří sbíhavost/rozbíhavost kol. Před dvojicí prvních plošin je namontována váha pro měření hmotnosti působící na každou z náprav. Hmotnostní hodnoty se používají při výpočtu brzdění (Vlk, 2006).

Zobrazení naměřených hodnot je zajištěno pomocí digitálních ukazatelů nebo monitoru a lze zpracovat různé grafické záznamy. Největší výhodou plošinové zkušebny je, že zkoušení probíhá dynamicky. Celá tíha vozidla je přenášena na přední nápravu a dochází k odlehčení zadní nápravy. Při brzdění může přední náprava absorbovat až 80 % tíhy vozidla. U rychloběžných a pomaloběžných zkušeben zkouška probíhá pouze staticky. Abychom mohli jednotlivé měření porovnat, je nutné zabezpečit stejnou ovládací sílu, kterou technik působí na brzdový pedál. U válcových zkušeben tento problém odpadá, protože vozidlo stojí a není tak složité působit vždy stejnou silou na pedál (Vlk, 2003).

Hlavní přednost je dynamika měření, kde zjistíme poměr brzdných sil mezi nápravami a tak můžeme posoudit funkci omezovače brzdných sil zadní nápravy. Bezproblémové je zkoušení vozidel s pohonem 4x4. Předností je rychlá a snadná montáž, rychlost provedení zkoušky a grafické znázornění naměřených hodnot. Plošinová zkušebna je zobrazena na obrázku 17 (Vlk, 2001).



Obr. 17 Plošinová zkušebna brzd, Zdroj: Vémola, 2006

## 7 PORUCHY BRZDOVÝCH SOUSTAV

Brzdy se řadí k nejdůležitějším prvkům na vozidle a rozhodně jsou velmi zásadní z hlediska bezpečnosti. Protože brzdová soustava na automobilu slouží primárně ke zpomalení nebo úplnému zastavení. Pokud by některá z částí brzdové soustavy neplnila svoji funkci, mohlo by dojít k nehodě. V následujícím textu budou uvedeny nejčastější poruchy a také jak těmto poruchám předcházet nebo pokud nastanou jak je opravit.

### Brzdové kotouče a obložení

Jedná se o nejvíce namáhané součásti spolu s brzdovými destičkami. Jsou to části brzd, které se nejčastěji poškodí. Častým poškozením bývá opotřebení, mastnota na stykových plochách nebo zkřivené brzdové válečky.

U brzdových kotoučů je podstatná jejich šířka. Šířka nového kotouče je cca 10 mm. V průběhu životnosti kotouče dochází vlivem brzdění k postupnému obrušování materiálu kotouče, jeho šířka by se však neměla dostat pod 4 mm. Na obrázku 18 je brzdový kotouč, který vypadá na první pohled v pořádku, ale po bližším prozkoumání je zjištěno, že je na hranici minimální přípustné šířky.



Obr. 18 Brzdový kotouč – opotřebovaný, Zdroj: vlastní

Při tak malé šířce kotouče dochází ke značnému zahřívání a také se vysunují písky, u kterých může dojít k pokřivení nebo utržení. U brzdových kotoučů

ovlivněných vysokými teplotami vyvolanými brzděním může dojít až ke zkroucení kotouče. Tato závada se projeví „klepáním“ pedálu. V takovém to případě je nutná výměna kotouče za nový. Často dochází k tzv. pískání brzd, to je zapříčiněno masnotou na kotouči nebo obložení. Je dobré masnotu co nejdříve odstranit, protože pokud, by jsme pískání nevěnovali pozornost masnota se vsákne do materiálu a nelze odstranit. Potom zbývá jen výměna za nové díly (AUTODÍLY ŠTANCL, 2014); (Vlk, 2006).

Poškození nebo opotřebení brzdových destiček je zřejmé na obrázku 19.



Obr. 19 Brzdová destička – opotřebovaná z jedné strany, Zdroj: vlastní

Při jízdě se tato porucha projevuje klesajícím účinkem brzd. Důležitá je výměna destiček na obou stranách nápravy. Kontrolu brzdových kotoučů a obložení je dobré provádět po každých 10 000 ujetých kilometrech (AUTODÍLY ŠTANCL, 2014); (Vlk, 2006).

#### Posilovač brzd

Pokud pocítíme, že brzdový pedál je při sešlápnutí tuhý a nelze sešlápnout až k podlaze jedná se nejspíše o poruchu na brzdovém posilovači. U poruchy posilovače se provádí zkouška těsnosti. Máme dvě možnosti jak testovat správnou funkci posilovače. První je, že nastartujeme vozidlo a motor se nechá cca 1 minutu běžet na volnoběh a po uplynulém čase ho vypneme. Asi po 2 minutách od vypnutí musí být možné dvakrát sešlápnout brzdový pedál bez problému, pokud nepůjde „hladce“ sešlápnout jedná se o závadu. Druhou možností je, že budeme šlapat na brzdový pedál při vypnutém motoru, dokud necítíme tzv. tvrdé sešlápnutí. Potom lehce přišlápneme pedál a nastartujeme vozidlo a brzdový pedál musí zlehka povolit směrem dolů (Katedra dopravního stavitelství, 2010–2015); (Vlk, 2001).

## Zavzdušnění systému

Při zavzdušnění brzdové soustavy nám brzdy sice brzdí, ale nemají tak velký brzdný účinek jako nezavzdušněný systém. Znamená to, že se v brzdové kapalině nachází vzduch. Musí se najít příčina zavzdušnění a poté celý systém musí být zbaven vzduchu v kapalině. Vzduch se do soustavy mohl dostat přes nádobku na kapalinu nebo přes jednotlivá těsnění umístěna v soustavě. V takovém případě je třeba vadné těsnění vyměnit za nové. Je vhodné zkontrolovat všechna těsnění, protože těsnění podléhá určité životnosti. Kontrolou těsnění předejdeme dalším poruchám těsnosti soustavy (AUTODÍLY ŠTANCL, 2014).

### „Skřípání“ brzd

Při běžném provozu by měly probíhat pravidelné kontroly kotoučů a brzdového obložení, ale ne vždy je to dodržováno. Velice často se můžeme setkat s tím, že nám brzdy při jízdě nebo samotném brzdění skřípou a je slyšet jejich hlasitý projev. Znamená to, že máme opotřebený kotouč nebo obložení na brzdových destičkách. Nutné je neprodleně po zjištění závady ihned vyměnit kotouče nebo destičky za nové.

### „Vydření“ povrchu kotouče

Pokud vozidlo delší dobu stálo odstavené, tak je možné, že při prvním zabrzdění můžeme slyšet obrušování lehké koroze, která se na kotouči vytvořila za dobu stání vozidla. Tato mírná koroze, po pár kilometrech jízdy, kdy řidič několikrát brzdí, je obroušena z kotouče pryč. V případě větší koroze můžeme nechat kotouč přesoustružit, ale nemusí to vždy pomoci, proto je vhodnější dát kotouč nový. Na obrázku 20 je koroze, která nelze odstranit a nejvhodnější je kotouč vyměnit (Auto week.cz,2015).





Obr. 20 Brzdový kotouč – koroze, Zdroj: vlastní

#### Nesouměrnost brzdného účinku

Nesouměrnost brzd má za následek „táhnutí“ vozidla k jedné straně vozovky. Závadu hledáme vždy na opačné straně nápravy, než kam je vozidlo táhnuto. Nesouměrnost může být způsobena silně zamaštěnými a znečištěnými kotouči nebo destičkami. Nebo také mohlo dojít k zaseknutí brzdového válečku. Na místě je i kontrola celého brzdového třmene. Souměrnost brzdného účinku je velmi důležitá z hlediska bezpečnosti, proto se závada musí neprodleně najít a odstranit (Auto week.cz, 2015).

Při výměně brzdových součástí (kotouč, obložení) je důležité dbát na správnost zajetí celé soustavy. Po výměně není mezi kotoučem a obložení dostatečný styk, ke správné souhře dojde cca po 200–300 kilometrech jízdy. Do této doby je vhodné se vyhnout intenzivnějšímu brzdění. Pokud snižujeme rychlost, ne vždy je nutné používat brzdy. Rychlost snižujeme podřazením na nižší stupeň a lze takto zpomalovat skoro až do úplného zastavení vozidla. Důležitá je předvídavost dění před vozidlem, kdy včas dáme nohu z plynu a vyhneme se tak prudkému brzdění (Auto week.cz, 2015).

### Brzdová kapalina

Kapaliny využívané v brzdových soustavách jsou hygroskopické, tzn. že vážou vodu. Obsah vody v brzdové kapalině snižuje účinek brzdění. Na první pohled není přítomnost vody v brzdové kapalině rozpoznatelná. Obsah vody v kapalině snižuje její bod varu a zvyšuje bod tuhnutí. Pro zjištění obsahu vody se používají přístroje na principu měření vodivosti nebo ohřívání, kde probíhá lokální ohřev kapaliny. Interval výměny brzdové kapaliny výrobci doporučují jednou za 2 roky nebo v případě zjištění většího obsahu vody je výměna okamžitá. Brzdová kapalina dosahuje teploty kolem 110 °C a pokud je brzdění delší může dosáhnout teploty až 150 °C. U moderních typů osobních automobilů se používá brzdová kapalina s označením DOT 4, která má bod varu 265 °C (Vlk, 2006); (Madoil, 2015).

## 8 DISKUZE

Na základě zjištění, které jsem získal v průběhu zpracování práce, bych brzdovou soustavu zhodnotil jako nejdůležitější soustavu z hlediska bezpečnosti provozu vozidla.

Jednotlivé komponenty brzdové soustavy jsou vyráběny z velmi kvalitních materiálů, které se vývojem neustále zdokonalují.

Z mého pohledu je zkouška na plošinové zkušebně nejreálnější, protože zkouška probíhá dynamicky. Vozidlo najíždějící na plošiny při následném brzdění vytváří reálnou situaci, kdy na přední nápravu působí největší tíha vozidla. Tím získáme reálnější hodnoty než při statických zkouškách na válcových zkušebnách, kde vozidlo stojí na místě.

Válcové zkušebny od svých začátků prošly mnohaletým vývojem. V dnešní době se jedná o přístroje řízeny počítačem za pomoci softwaru. Tento software je velice důležitý z hlediska všech měřených hodnot, proto vidím budoucnost ve vývoji softwaru a zejména ve vývoji měřící techniky. Čím dokonalejší měřící techniku budeme mít k dispozici, tak tím přesnější hodnoty můžeme získat.

S rozvojem elektronických systémů dochází k jejich implementaci např. do systému automatické kontroly stavu opotřebení brzdových destiček. V brzdové destičce je zatavený polovodič, který přeruší obvod po opotřebování brzdového obložení a vnitřní automatická diagnostika rozsvítí příslušnou kontrolku na palubní desce automobilu.



## 9 ZÁVĚR

Cílem práce bylo popsat jednotlivé součásti brzdové soustavy a její konstrukční systémy. Další část práce se zabývá diagnostikou brzdových soustav a nejčastějšími poruchami, které mohou nastat. V práci jsou popsány druhy objektivní a subjektivní diagnostiky, které se používají ke zjištění správné funkčnosti brzdové soustavy. Je zde uveden jednotlivý výčet diagnostik, které se používají na jednotlivé díly samostatně. Jsou zde uvedeny také nejčastější poruchy brzdových soustav, které mohou nastat a také jak je možné těmto poruchám předcházet.

Automobilový průmysl se neustále vyvíjí vpřed a s ním jde dopředu i výbava vozidel, včetně brzdové soustavy. Brzdová soustava je dnes opatřena řadou moderních materiálů, které jsou schopny bezproblémově pracovat v extrémních podmínkách. Jedná se o jeden z hlavních a nejvytíženějších systému na vozidle a je na ni kladen velký důraz z hlediska bezpečnosti. Proto je její údržba a pravidelná kontrola velmi důležitá a lze tak včas odhalit poruchu.

Důležité je vědět, že brzdy nebo obložení nevydrží věčně a je potřeba pravidelná kontrola. Dobré je na silnici při jízdě předvídat situaci a dát nohu z plynu včas než potom prudce brzdít což brzdám na jejich životnosti rozhodně nepřidá.

## 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AUTA 5P. *Podvozek – brzdy* [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://auta5p.eu/informace/podvozek/podvozek3.php>

AUTOWEEK.CZ. *Poruchy brzdového systému a jejich příznaky*, [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: [http://www.autoweeek.cz/cs-zeny\\_a\\_auto-poruchy\\_brzdoveho\\_systemu\\_a\\_jejich\\_priznaky-1419](http://www.autoweeek.cz/cs-zeny_a_auto-poruchy_brzdoveho_systemu_a_jejich_priznaky-1419)

AUTODÍLY ŠTANCL. *Brzdová soustava*, [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.autodily-stancl.cz/autodily-skoda-brzdova-soustava.htm>

AUTODÍLY ŠTANCL. *Poruchy brzd*, [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.autodily-stancl.cz/autodily-skoda-poruchy-brzd.htm>

AUTOLEXICON. *Dvouokruhová brzdová soustava* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/dvouokruhova-brzdova-soustava/>

AUTOMONTI PARDUBICE S.R.O. *Brzdy a brzdový systém* [online]. [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://www.automonti.cz/pdf/brzdy-brzdovy-system.pdf>

AUTOŠKOLA POHODLNĚ. *Popište princip činnosti vzduchové brzdy, vyjmenujte její hlavní části* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.schroter.cz/ouvskc3/ouv-c-ot31mpks.htm>

BRISTLE CONSULTING ENGINEER. *Charakterizace válcových zkušeben nové generace*, [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.bristle.cz/wp/wp-content/uploads/br4vdm18.jpg>

CONTROLTEST S.R.O. *Metoda vizuální* [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.controltest.cz/metody-ndt/vizualni.php>

ČUPERA, Jiří a Pavel ŠTĚRBA. *Automobily*. 1. vyd. Brno: Avid, 2007, 195 s. ISBN 978-80-903671-9-7.

GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001, 629 s. ISBN 80-85920-76-x.

HAVLÍČEK, Jaroslav. *Provozní spolehlivost strojů: celost. vysokošk. učebnice pro vysoké školy zeměd. 2.*, přeprac. vyd. Bratislava: Příroda, 1989, 610 s. Mechanizace, výstavba a meliorace. ISBN 80-209-0029-2.

JAN, Zdeněk, B. ŽDÁNSKÝ a J. ČUPERA. *Automobily (1): Podvozky*. Avid, 2009 [cit. 2015-03-28]. ISBN 978-80-87143-03-2.

KATEDRA DOPRAVNÍHO STAVITELSTVÍ, FAKULTA STAVEBNÍ, VŠB – TU OSTRAVA. *Brzdy a brzdové soustavy*, [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mhd/poruchy-brzdy.htm>

MADOIL S.R.O. *Brzdová kapalina a brzdový systém také stárne*, [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: [http://www.madoil.cz/userfiles/file/clanky/brzdova\\_kapalina.pdf](http://www.madoil.cz/userfiles/file/clanky/brzdova_kapalina.pdf)

MÍŠEK, Bohumil a Luděk PTÁČEK. *Defektoskopie a provozní diagnostika: [Určeno pro posl. 5. roč. oboru Materiálové inženýrství ve strojírenství a posl. vyšších roč. technologických i konstrukčních oborů předmětu Defektoskopie]*. 1. vyd. Brno: VUT, 1992, 174 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0425-6.

NEDESTRUKTIVNÍ KONTROLA. *Postup kapilární defektoskopické zkoušky* [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: [http://www.ndt.cz/prilohy/22/postup\\_kapilarni\\_zk.pdf](http://www.ndt.cz/prilohy/22/postup_kapilarni_zk.pdf)

NEDESTRUKTIVNÍ KONTROLA. *Postup kapilární defektoskopie* [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.ndt.cz/?mnu=13,0>

POŠTA, Josef. *Oprávenství a diagnostika II: pro 2. ročník UO Automechanik. 2.*, aktualiz. vyd. Praha: Informatorium, 2008, 186 s. ISBN 978-80-7333-066-8.

STARLINE. [online]. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: [http://www.starline-parts.com/data/pictures\\_items/AK-brzd-celisti-06.jpg](http://www.starline-parts.com/data/pictures_items/AK-brzd-celisti-06.jpg)

TIPCARS. *Co možná nevíte o svém automobilu: Brzdy aneb zastavit se na konec musí (7. Díl)* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.tipcars.com/magazin-co-mozna-nevite-o-svem-automobilu-brzdy-aneb-zastavit-se-nakonec-musi-7-dil-7409.html>

VÉMOLA, Aleš. *Diagnostika automobilů*. Vyd. 1. Brno: Littera, 2006, 2 sv. (127, 82 s.). ISBN 80-85763-31-1.

VLK, František. *Automobilová technická příručka*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 791 s. ISBN 80-238-9681-4.

VLK, František. *Diagnostika motorových vozidel: [diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006, vi, 444 s. ISBN 80-239-7064-x.

VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 3., přeprac., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: František Vlk, 2006, vii, 464 s. ISBN 80-239-6464-x.

VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Vlk, 2001, viii, 576 s. ISBN 80-238-6573-0.

## **11 SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Schéma brzdové soustavy .....	14
Obr. 2 Dvouokruhový brzdový válec .....	15
Obr. 3 Činnost centrálního ventilu .....	16
Obr. 4 Bubnová brzda.....	17
Obr. 5 Druhy bubnových brzd.....	18
Obr. 6 Brzdový váleček .....	20
Obr. 7 Brzdové čelisti.....	21
Obr. 8 Kotoučové brzdy .....	21
Obr. 9 Podtlakový posilovač .....	24
Obr. 10 Hydraulický posilovač.....	25
Obr. 11 Kapilární metoda – postup .....	29
Obr. 12 Pomaloběžná válcová zkušebna brzd.....	34
Obr. 13 Uspořádání válcových zkušeben .....	35
Obr. 14 Různé osy válců .....	37
Obr. 15 Uspořádání sdružené válcové zkušebny.....	39
Obr. 16 Setrvačnicková zkušebna .....	40
Obr. 17 Plošinová zkušebna brzd .....	42
Obr. 18 Brzdový kotouč – opotřebovaný .....	43
Obr. 19 Brzdová destička – opotřebovaná z jedné strany .....	44
Obr. 20 Brzdový kotouč – koroze .....	46

## **12 SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Požadavky na brzdňý účinek.....	33
--	----