

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Bakalářská práce

Historický vývoj a konstrukce brzd

Petr Pavlišen

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Pavlíšen

Technika a technologie v dopravě a spojích
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Historický vývoj a konstrukce brzd

Název anglicky

Historical evolution and design of brakes

Cíle práce

Cílem práce je literární rešerše zabývající se historickým vývojem a konstrukcí brzd.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Přehled řešené problematiky
4. Závěr
5. Seznam použitých zdrojů
6. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30-40 str. včetně obrázků, tabulek a grafů

Klíčová slova

brzda, kotouč, buben, hydraulika

Doporučené zdroje informací

FIRST, Jiří. Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Praha: S&T CZ, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.

KOVANDA, Jan a Vladimír ŠATOCHIN. Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02235-8.

VLK, František. Karosérie motorových vozidel: ergonomika : biomechanika : pasivní bezpečnost : kolize : struktura : materiály. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jakub Mařík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2020

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 05. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Historický vývoj a konstrukce brzd" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 5. 2021

Poděkování

Tímto děkuji panu Ing. Jakobovi Maříkovi, Ph.D. za rady a připomínky při psaní této bakalářské práce a za jeho ochotu při konzultacích. Dále chci poděkovat mé rodině za podporu nejen při psaní bakalářské práce, ale i po celou dobu mého studia.

Historický vývoj a konstrukce brzd

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem brzdového ústrojí od počátků automobilismu a konstrukci brzdových ústrojí. V úvodu popisuje vývoj prvních bubnových a kotoučových brzd, řešení problémů při vývoji a rozdělení brzd podle funkce. Ve druhé části se tato práce věnuje bubnovým a kotoučovým brzdám, jejich rozdělení podle konstrukce, konstrukčním prvkům a popisům jejich činnosti, samoseřizování brzd a hydraulickým soustavám.

Klíčová slova: brzda, kotouč, buben, hydraulika, historie brzdového ústrojí

Historical evolution and design of brakes

Abstract:

This bachelor thesis deals with the evolution of brake mechanism from the beginning of car industry and the construction of brake mechanisms. In the introduction it describes the evolution of the first drum and disc brakes, the solutions of problems during the evolution and sorting of brakes by their function. In the second part this thesis takes a closer look at the drum and disc brakes, their sorting based on construction, construction parts and description of their functions, self-setting of brakes and hydraulic systems.

Keywords: brake, disc, drum, hydraulics, history of brakes

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Cíl práce	2
3.	Přehled řešené problematiky	3
3.1.	Rozdělení a funkce	3
3.1.1.	Podle použití.....	3
3.1.2.	Podle způsobu přenosu síly.....	3
3.2.	Historický vývoj	4
3.2.1.	Do počátku 19. století	4
3.2.2.	Bubnové brzdy.....	4
3.2.3.	Hydraulika	5
3.2.4.	Kotoučové brzdy.....	5
3.2.5.	Vývoj ABS a ESP	7
3.3.	Bubnové brzdy	9
3.3.1.	Popis činnosti	9
3.3.2.	Konstrukce.....	9
3.3.3.	Komponenty.....	11
3.4.	Kotoučová brzda	15
3.4.1.	Popis činnosti	15
3.4.2.	Konstrukce.....	15
3.4.3.	Komponenty.....	18
3.4.4.	Porovnání s bubnovými brzdami.....	25
3.5.	Brzdové soustavy	26
3.5.1.	Hydraulické soustavy.....	26
3.5.2.	Elektronické brzdové soustavy.....	27
3.5.3.	Komponenty.....	28
4.	Závěr.....	31
5.	Seznam použitých zdrojů	32
6.	Seznam použitých obrázků.....	36

1. Úvod

Brzdová ústrojí jsou nedílnou součástí každého vozidla. Slouží k bezpečnému zpomalení, zastavení a udržení vozidla v klidu. Tato bakalářská práce popisuje vývoj brzdových ústrojí, jejich rozdělení, konstrukční typy, prvky ze kterých je složeno, vady brzd a požadavky na bezpečnost.

Historicky si brzdová ústrojí prošla dlouhým vývojem od prvních kočárů s jednoduchými mechanickými parkovacími brzdami až po dnešní moderní kotoučové, hydraulicky ovládané brzdy z lehkých, velmi pevných materiálů. Nutnost zásadního vylepšení konstrukce brzd byla zapotřebí, když začalo být používáno kolo z gumy místo loukoťového a nemohlo se brzdit přitlačováním dřevěného bloku na ocelovou obruč. Automobilové brzdy rozdělujeme na dva typy, kotoučové a bubnové. Dříve byly vyvinuty brzdy bubnové. První konstrukční řešení z roku 1899 využívalo ocelové lano, jedním koncem ukotvené k podvozku vozidla a omotané kolem bubnu na zadní nápravě. Již roku 1902 zkonstruoval L. Renault takové bubnové brzdy, jejichž konstrukci stále využíváme. Kotoučové brzdy byly dlouho kvůli závažným technickým problémům nevyužívány. Masivně se začaly používat až po 2. světové válce. Ovládání brzd lze rozdělit na mechanické, pomocí lanek, hydraulické, ovládané pomocí kapaliny a pneumatické, využívané především u nákladních automobilů. Dnes se u osobních automobilů prakticky nesetkáme s jiným než hydraulickým ovládním. I přes svou spolehlivost a účinnost musí být zajištěna bezpečnost, a proto se používají dvouokruhová hydraulická zapojení.

2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zaměření na vývoj brzd osobních automobilů a jejich konstrukci. Bakalářská práce tvoří ucelený přehled o historii brzdových soustav od počátku automobilismu, přehled konstrukčních prvků brzdových ústrojí, popisuje funkci jednotlivých konstrukčních prvků brzdových soustav, vady brzd, požadavky na funkčnost a bezpečnost, implementaci parkovací brzdy a samoseřizování brzd.

3. Přehled řešené problematiky

3.1. Rozdělení a funkce

Brzdy lze rozdělit podle několika kritérií. Podle konstrukčního provedení, použití, přenosu síly nebo ovládání. Brzdy jsou zařízení sloužící ke zpomalení, zastavení a udržení vozidla v klidu. „Brzdová soustava je velmi důležitým systémem pro bezpečnost vozidla. Vysoká rychlost vozidel, kterou umožnil pokrok v technice motorových vozidel, si vyžádal přizpůsobení brzdové soustavy.“ [1] Vynález prvních brzd sahá do historie ještě před vynález spalovacího motoru. Vývoj brzdového ústrojí si prošel dlouhou cestou a stále se zdokonaluje, aby se zvýšila účinnost, spolehlivost, plynulost a s tím i bezpečnost dopravy.

3.1.1. Podle použití

- provozní (nožní brzda) – snížení rychlosti nebo zastavení vozidla
- nouzová – musí při selhání provozní brzdy její úlohu alespoň z části nahradit, používá se buď parkovací brzda nebo dvouokruhový systém
- parkovací (ruční brzda) – musí udržet vozidlo v klidu v nepřítomnosti řidiče, působí na jednu nápravu
- pomocná – v případě potřeby podporuje účinnost provozní brzdy, např. elektromagnetická, hydrodynamická, aerodynamická nebo motorová brzda

3.1.2. Podle způsobu přenosu síly

- mechanické – ovládání lanky a táhly, použití u parkovací brzdy
- hydraulické – ovládání brzdovou kapalinou, provozní brzdy pro osobní a lehká nákladní vozidla
- pneumatické – ovládání stlačeným vzduchem, těžké nákladní vozy a soupravy
- elektrické – elektrický obvod
- smíšené – kombinace více převodů

[1]

3.2. Historický vývoj

3.2.1. Do počátku 19. století

Brzdy jsou o mnoho let starší než první prototypy automobilů. Jejich vznik sahá až k vynálezu kola a prvních kočárů. Úplně první brzdy byly statické klíny a sloužili pouze pro zafixování kočáru na místě, dnes bychom takovou brzdou nazvali jako parkovací. V 18. století se začaly testovat první brzdové mechanismy – zcela odlišné od těch jaké známe dnes. Na kočáry a auta poháněná parou se jako brzda instaloval dřevěný kus špalku. Tato brzda byla sestavena z rukojeti, která fungovala jako páka pro usnadnění brzdění a dřevěného bloku, který byl přitlačován na loukoťové kolo s ocelovou obručí. Když bratři Michelinové ke konci 19. století představili první auto na pneumatikách z gumy, tento typ brzdy, stejně jako loukoťové kolo, se stal zastaralým. Nebylo dále možné používat třecí plochu po obvodu kola, protože guma by takové namáhání dlouhodobě nevydržela. [2]

3.2.2. Bubnové brzdy

Modernější automobilové brzdy, bubnové, které vyvinul G. Daimler roku 1899 a v roce 1901 byly využity na voze Mercedes 35 PS. Jeho verze bubnových brzd nebyla podobná těm dnešním, ale v té době již byla využívána na bicyklech W. R. Mortimera. Využívala ocelové lano, jedním koncem ukotvené k podvozku vozidla a omotané kolem bubnu na zadní nápravě. Druhý konec lana byl na páce, kterou měl vedle sebe řidič. Při zatáhnutí páky, se lano kolem bubnu „utáhlo“ a to vyvodilo brzdou sílu. Tento typ byl účinnější než pouhé přitlačení bloku dřeva a řidič mohl vyvíjet menší sílu. Nevýhody byly však při stoupání do kopce, kdy se lano povolilo, nebo se kvůli vlhkosti svléklo z bubnu či se zaseklo kvůli nečistotám. [3]

V následujícím roce 1902 přišel s další inovací Louis Renault a vyřešil problémy předchozího řešení. Jeho konstrukce byla velmi podobná tomu, co používáme dnes. Systém se skládal ze dvou azbestových obložení, bubnu a systému pružin a pák ovládaných lankem. Renaultovy modifikované verze bubnové brzdy byly používány i další desetiletí. Dodnes nebylo od jejich používání upuštěno a lze je vidět na mnoha zadních nápravách nákladních i osobních automobilů. Výhody nového řešení brzdy byly, na tu dobu, velká brzdou síla a zakrytí třecích ploch před vnějšími vlivy (prach, voda). Nevýhodou byl odvod tepla, protože uzavřený buben

se špatně odvětrává. To způsobilo pokles účinnosti a rychlejší opotřebení obložení. Zároveň se buben zvětšil a bylo zapotřebí většího tlaku, aby se obložení dostalo do kontaktu. V bubnech se vlivem tření azbestové obložení měnilo v prach a zůstávalo v uzavřeném prostoru, při opravách se prach dostával do vzduchu. V 60. letech se prokázalo nebezpečí azbestu, a proto byl časem tento materiál zakázán pro všechny automobilové aplikace v mnoha zemích (např. USA, Austrálie, Japonsko a EU). Dnes jako náhradu azbestu používáme jiné vláknité materiály (anorganická, organická i uhlíková vlákna). [4] [5] [6]

3.2.3. Hydraulika

Na začátku 20. století jezdila auta, oproti dnešním, velmi nízkou rychlostí, a proto byl mechanický převod síly v bubnu na zpomalení a zastavení postačující. Se zlepšující se technikou vozů a vzrůstající rychlostí bylo zapotřebí vylepšit i brzdového ústrojí.

V roce 1918 navrhl Malcolm Loughead (později se přejmenoval na Lockheed) hydraulické ovládání brzd všech čtyř kol, pomocí kterého bylo možné vyvinout na třecí segment výrazně vyšší sílu. Řidič tedy nemusel vynaložit takové úsilí. Do sériové výroby se hydraulicky ovládané brzdy dostaly poprvé roku 1921 u vozu Duesenberg model A. V počátku se objevil problém s únikem kapaliny při vysokém tlaku a teplotě. To se podařilo vyřešit o dva roky později inženýrům z Maxwell Motor Corporation. Novou technologii používal od roku 1924 pro své automobily Chrysler a další výrobci, jako Dodge nebo Plymouth, ho následovali. Dalších velké automobilky Ford a General Motors dále používali mechanické brzdy. Zatímco GM přešlo na hydraulické brzdy už začátkem 30. let, Ford je začal aplikovat až roku 1938. [4]

3.2.4. Kotoučové brzdy

Kotoučová brzda byla vynalezena dlouho před tím, než se stala populární a rozšířenou tak jak ji známe dnes. Anglický inženýr William Lanchester si ji nechal patentovat v roce 1902, ale už 4 roky před tím byla kotoučová brzda použita na předních kolech elektrického vozu Elmera Ambrose Sperryho (o výkonu 3,5 hp a max. rychlosti 29 km/h). Největší mínusy Lanchesterovo patentu byly extrémně rychlé opotřebení a velký skřípavý zvuk způsobený měděným brzdovým obložím přitlačovaným na kovový disk. O pět let později se ale problém

se skřípáním podařilo vyřešit dalšímu Angličanovi Herbertu Froodovi použitím azbestu. Další návrhy nebyly desítky let úspěšné. [4]

Až koncem 30. let se kotoučové brzdy začaly používat v armádní technice (např. Daimler Armoured Car, letouny Arado nebo tanky Tiger). Prvenství v nasazení do sériového modelu se někdy může připisovat firmě Crossley, která v roce 1949 osadila svůj model Hotshot, vážící pouze 450 kg, 6-ti palcovými, hydraulicky ovládanými brzdami. Automobil Crossley byl vybaven disky Goodyear/Hawley na všech čtyřech kolech. Třmeny byly použity z letadel. Letadla ale používají brzdy především při přistávání a nebyly konstruovány na tak časté používání jako u aut. Proto je po půlročním prodeji stáhly z prodeje. Důvody byly dva, třmeny korodovaly a jejich neustálé používání způsobovalo rychlé selhání mechanismu. [3] [7]

Automobilkou, která použila diskové brzdy, také v roce 1949 (a používala je do roku 1953), byl Chrysler. Nejednalo se ale o kotoučové brzdy se třmenem, jak je známe dnes. Chrysler používal systém Ausco-Lambert, pojmenovaný po firmě Ausco a po vynálezci H. L. Lambertovi, se dvěma kotouči, které tlačily na vnitřní stěnu dutého litinového disku (lze považovat za „kotoučovou brzdou naruby“). U Chrysleru byly tyto brzdy za velký příplatek (téměř polovina ceny Hotshotu). Za připlacení řidič mohl vyvíjet menší tlak na pedál, systém byl spolehlivý a díky větší ploše nehrozilo přehřátí (narozdíl od bubnových brzd).

Že jsou kotoučové brzdy spolehlivé a účinné dokázala roku 1953 značka Jaguar. Na start čtyřadvacetihodinovky v Le Mans, zmíněného roku, nastoupily tři tovární stroje C-Type. O den později projely cílem na prvním, druhém a čtvrtém místě. Na třetí místo se dostal Cunningham C5-R, který měl o 5 km/h nejvyšší maximální rychlost na rovinkách. Úspěch tkvěl v kotoučových brzdách Jaguaru od firmy Dunlop. Taková byla premiéra kotoučových brzd na poli závodních speciálů. [3]

V roce 1955 další dvě automobilky osadily své vozy kotoučovými disky, Austin-Healey a Jensen. Brzdy netrpěly takovými neduhy, jak tomu bylo u Crossley, a jednalo se o brzdy se třmeny. Automobily těchto značek se ale vyráběli jen ve velmi malém počtu, a tak si ani oni nemůžou právoplatně připsat nárok na prvenství.

Roku 1955 byl na Pařížském autosalonu představen Citroën DS, který byl už při premiéře vybaven diskovými brzdami, ovládanými hydraulicky. Citroën přišel s inovativním řešením, kdy těžké kotouče umístil k diferenciálu a snížil tak neodpruženou hmotnost. Jedinou nevýhodou, oproti kotoučům v kolech, je horší dostupnost pro servis a chlazení. Za 20 let výroby modelu DS se ho celosvětově prodalo bezmála 1,5 milionu kusů, proto jej lze právem považovat za první sériově vyráběný automobil s kotoučovými brzdami. Za zmínku stojí i stopa automobilu v pop kultuře. Ve filmu „Fantomas se zlobí“ použije létající Citroën DS Fantomas pro útěk před pronásledovateli. [3] [8]

3.2.5. Vývoj ABS a ESP

Už při provozování prvních vozidel řidiči zjistili, že pokud prudce zabrzdí na kluzkém povrchu, zablokují se jim kola, což znemožňuje řízení. Pokud se takto stane, je sice brzdná dráha kratší, ale možnost ovládat vůz při prudkém brzdění je výhodnější. [9]

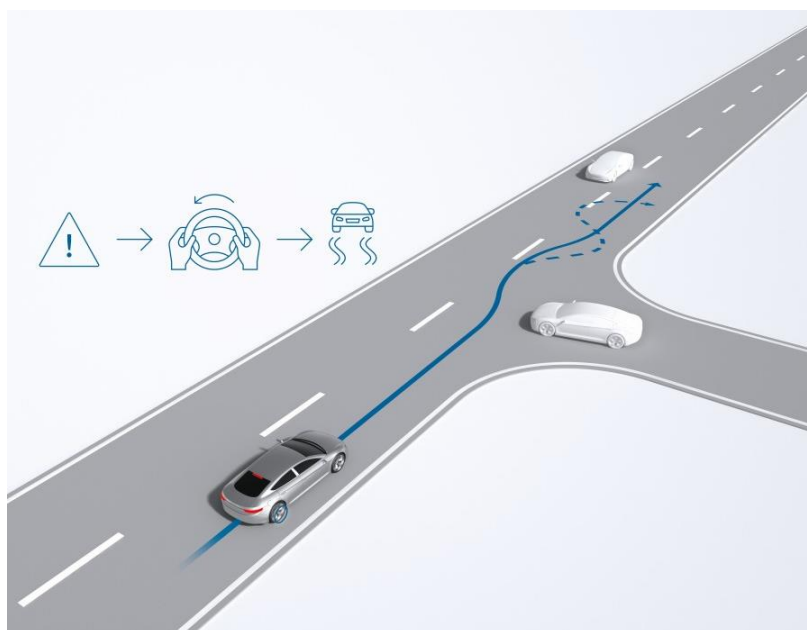
Od 20. let 20. století se objevovaly první patenty na zabránění prokluzu při brzdění (1920 – Gabriel Voisin, 1928 - Karl Waessel) a roku 1936 zaregistrovala společnost Bosch patent na „mechanismus zabraňující zablokování kol motorového vozidla“. Systém však nebylo možné uvést do provozu, protože na rychle se měnící podmínky během brzdění nedokázaly tehdejší mechanické prvky dostatečně rychle zareagovat. Koncem 60. let díky dostupnosti polovodičové technologie bylo možné začít vývoj elektronicky ovládaného systému, který mohl rychle snížit a zvýšit brzdny tlak. Roku 1969 zahájila firma Bosch vývoj ABS (anti-lock braking system). Po získání podílu společnosti Teldix v roce 1973, která měla větší zkušenosti s protiblokovacím systémem, avšak její analogová elektronika nesplňovala požadované vlastnosti systému, převzala firma Bosch vývoj ABS. Po pětiletém vývoji byl systém připraven na použití do běžného provozu. [9]

Od roku 2006 musí mít každé prodané auto v EU a od roku 2016 všechny nově vyvíjené motocykly jako povinnou výbavu ABS. Dnes se dají pořídít i elektrokola vybavená systémem ABS. [10] [11]

Elektronický stabilizační program zasahuje do jízdy zejména při jízdě na kluzké vozovce, při vyhýbání se neočekávaným překážkám nebo při příliš rychlé jízdě do zatáčky. Využívá

signály senzorů k porovnávání pohybu vozidla kolem svislé osy a směru určeného řidičem. Pokud systém vyhodnotí jízdní situaci, která by mohla vést ke smyku vozidla, ESP zareaguje snížením točivého momentu motoru a přibrzděním jednotlivých kol. [12]

Vývojem se zabývalo více společností od 80. let minulého století. Poprvé představen byl jako „FDR“ v polovině března roku 1994 ve Švédsku společností Daimler-Benz, vyvinutý stejně jako ABS firmou Bosch. Implementován byl už jako „ESP“ o rok později do Mercedes-Benz s 600 Coupé. V roce 1997 pomohl systému k popularizaci tzv. „losí test“ při kterém vozidlo v určité rychlosti vybočí ze svého směru a poté se vrací na předchozí trasu, které lze vidět v Obrázku 1. Test simuluje vyhýbání se losu evropskému, který je často překážkou právě ve Švédsku. ESP zejména u vysokých automobilů, autobusů a nákladních automobilů zvyšuje rychlost, kterou losí test zvládnou. Rekordmanem testu je Citroën Xantia Activa, která zvládla testem projet v rychlosti 85 km/h už roku 1999 (pro srovnání – Porsche 911 Carrera 4 GTS zvládlo losí test v roce 2015 při rychlosti 81 km/h). V EU je povinný systém ESP u nově prodaných vozů od roku 2014. [13] [14]



Obrázek 1 Jak by dopad vyhýbací manévr na kluzké vozovce – přerušovaná čára bez ESP, plná čára s ESP [26]

3.3. Bubnové brzdy

3.3.1. Popis činnosti

„Brzdový buben je pevně spojen s rotující brzděnou součástí (náboj kola). Při brzdění jsou brzdové čelisti, osazené frikčním materiálem (brzdové obložení), přitlačovány rozpěrným ústrojím na vnitřní plochu bubnu. Vyvolaná třecí síla absorbuje kinetickou energii, která se převádí v energii tepelnou a vytváří se brzdná síla, která způsobí zpomalení nebo zastavení vozidla.“ [3]

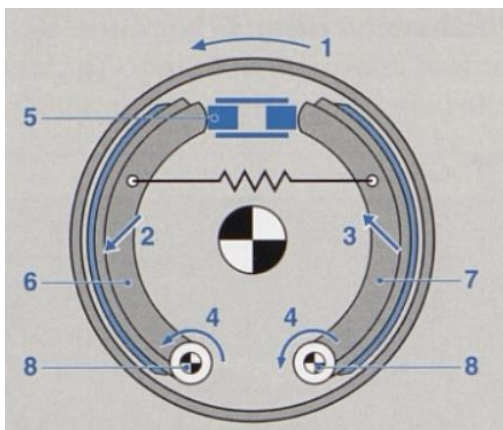
3.3.2. Konstrukce

Otáčející se část brzdy, se nazývá buben a jeho vnitřní válcový povrch je zároveň třecí plochou. Na buben je při brzdění zevnitř přitlačováno třecí obložení, které se nachází na brzdových čelistech. Přitlačování čelistí zajišťuje ovládací zařízení (pístek), které účinkuje na jednom nebo obou koncích čelistí. Bubnové brzdy podle provedení dělíme na:

- otočné – uložené na čepu s pevným otočným bodem
- volné – plovoucí – opřené o šikmou nebo kolmou plochu
 - nakotvené – uložené pomocí výkyvné vzpěry na čepu

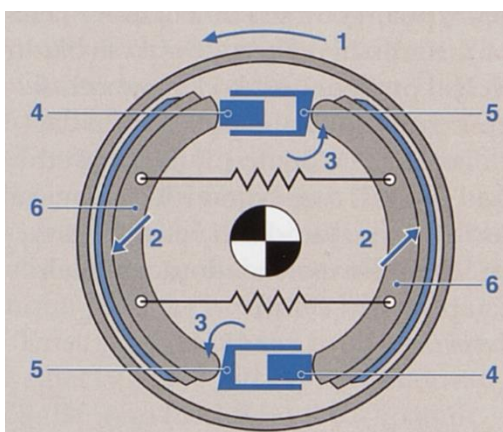
Čelisti rozdělujeme vzhledem ke smyslu momentu obvodové třecí síly na náběžnou a úběžnou. Náběžná čelist má zvýšený přítlak na plochu bubnu díky třecí síle, která vytváří točivý moment kolem rozpěrného bodu čelisti, kterým je brzdová čelist ještě více přitlačována (tzv. samoposilování). Úběžná čelist má přítlak tímto momentem zmenšený. Vrácení čelistí do základní polohy po odbrzdění zajišťuje vratná pružina. Ovládání brzdy a čelisti jsou připevněny k pevnému štítu brzdy. U čelistí uložených na čepu může docházet k nerovnoměrnému opotřebení obložení z důvodu, že tyto čelisti nemohou být samostředitelné jako volné čelisti. Dnes se převážně při výrobě vozidel používají samosvorné bubnové brzdy s volným vedením čelistí. [1] [15]

Dle způsobu ovládání a uložení čelistí bubnové brzdy jí lze rozdělit na tři základní typy:



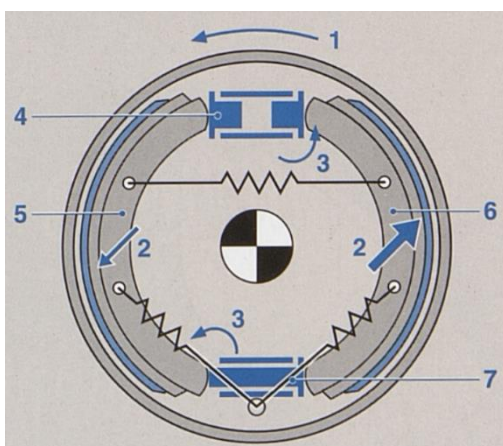
Obrázek 2 Brzda simplex; 1 – směr otáčení bubnu, 2 – samoposilování, 3 – samosvornost, 4 – točivý moment, 5 – dvojitý brzdový váleček, 6 – náběžná čelist, 7 – úběžná čelist, 8 – otočný bod [1]

- jednoduchá (simplex) – „*má jednu náběžnou a jednu úběžnou čelist; k přitlačování obou čelistí slouží jedno společné ovládání*“ (Obrázek 2) [15]



Obrázek 3 Brzda Duplex; 1 – směr otáčení bubnu, 2 – samoposilování, 3 – točivé momenty, 4 – brzdový váleček, 5 – rozpěrné body uložení, 6 – brzdové čelisti [1]

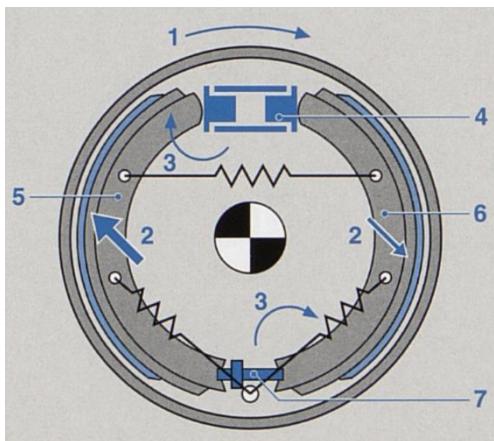
- dvojnáběžná (duplex) – „*má obě čelisti náběžné (při jízdě dopředu); k přitlačování každé čelisti slouží samostatné ovládací zařízení*“ (Obrázek 3) [15]



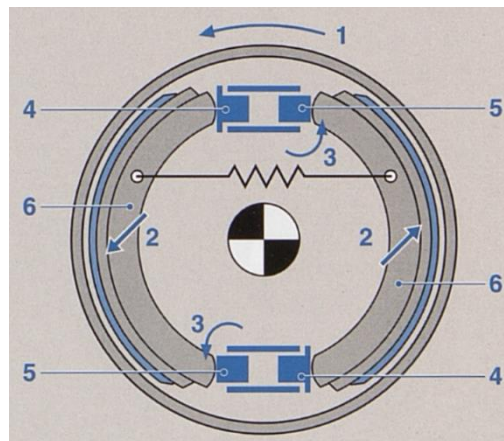
Obrázek 4 Brzda servo; 1 – směr otáčení bubnu, 2 – samoposilování, 3 – točivé momenty, 4 – brzdový váleček kola, 5 – primární čelist, 6 – sekundární čelist, 7 – rozpěrný čep [1]

- se spřaženými čelistmi (servo) – „*reakce uložení primární náběžné čelisti se přenáší rozpěrným čepem na sekundární čelist, čímž na ní vznikne přitlačná síla větší než ovládací síla a tato čelist pracuje také jako náběžná s větším účinkem v porovnání s primární čelistí; k přitlačování obou čelistí slouží jedno společné ovládací řízení*“ (Obrázek 4) [15]

Během jízdy dozadu je u dvojnáběžné brzdy (duplex a servo) asi třikrát menší brzdny moment v porovnání s jízdou dopředu, protože brzdy pracují jako dvojúběžné. Z toho důvodu jsou používány typy duo – duplex a duo – servo. Tyto brzdy mají, jak při jízdě dopředu, tak při jízdě dozadu obě čelisti náběžné. Duo – servo (Obrázek 5) má jeden dvoupístový váleček a čelisti spojené pohyblivým čepem. Duo – duplex (Obrázek 6) používá k přitlačování dva dvoupístové válečky. [15]



Obrázek 6 Brzda duo – servo; 1 – směr otáčení bubnu (jízda vzad), 2 – samoposilování, 3 – točivý moment, 4 – brzdový váleček kola, 5 – sekundární čelist, 6 – primární čelist, 7 – volně pohyblivý přitlačný čep [1]



Obrázek 5 Brzda duo – duplex; 1 – směr otáčení bubnu, 2 – samoposilování, 3 – točivé momenty, 4 – brzdový váleček kola, 5 – rozpěrné body uložení, 6 – brzdové čelisti [1]

3.3.3. Komponenty

3.3.3.1. Štít brzdy

Poskytuje základnu pro montáž ostatních komponent. Deska musí být silná a odolná proti opotřebení, protože absorbuje točivý moment z brzdění, chrání sestavu před vnějšími nečistotami a úlomky silnic. Nejčastěji se vyrábí jako vylisek, u nákladních automobilů také jako odlitek nebo svarek. [15]

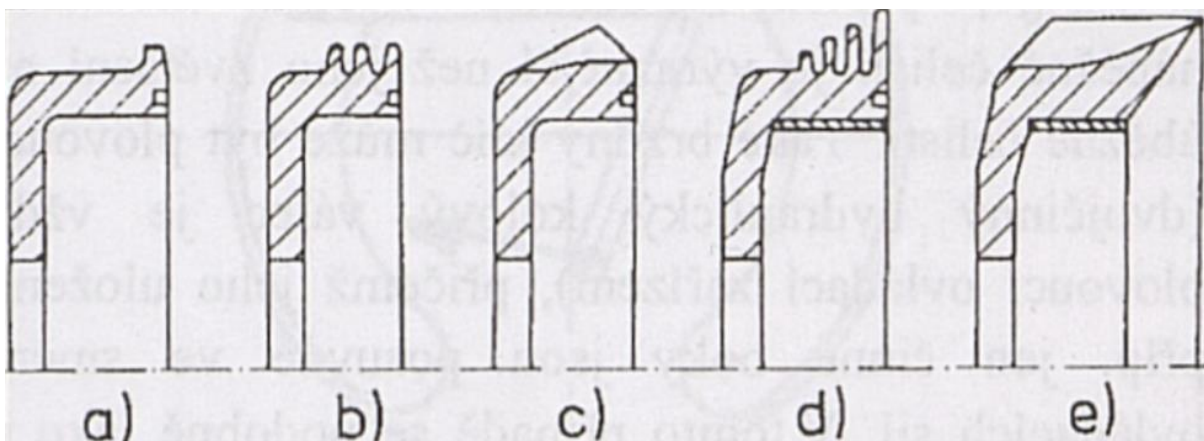


Obrázek 7 Štít brzdy z VW Beetle [27]

3.3.3.2. Buben

Při dlouhém nebo opakovaném intenzivním brzdění klesá vlivem vysokých teplot, případně deformací bubnu a obložení, součinitel tření a tím i brzdny účinek. Buben musí být

konstrukčně uzpůsoben tak, aby dobře odváděl vznikající teplo a nedeformoval se při silném brzdění. Vně je buben opatřen obvodovým žebrem, které zabraňuje deformaci vlivem tepla. Typy obvodových žebër lze vidět na Obrázku 8. Po obvodu můžou být příčná nebo šikmá žebra, která taktěž zvyšují tuhost a zlepšují odvod tepla. K lepší tepelné odolnosti slouží také dvoumateriálové bubny, které mají tělo z lehké slitiny a třecí kroužek z litiny. Díky nižší hmotnosti slitiny přispívají ke snížení hmotnosti neodpružené části. [15]



Obrázek 8 Příklady provedení brzdových bubnů; a) buben s jedním obvodovým žebrem, b) buben s více obvodovými žebry, c) buben s příčnými žebry, d) dvoumateriálový buben s obvodovými žebry, e) dvoumateriálový buben s příčnými žebry [15]

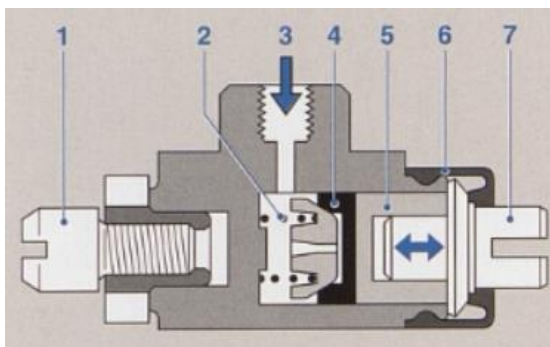
3.3.3.3. Čelist a obložení

Brzdová čelist nese obložení, které je na ní přinýtováno nebo přilepeno. Čelisti mají obvykle tvar T, který jim dává potřebnou tuhost, a jsou buď svařované z ocelového plechu nebo odlévané z lehkých slitin, případně ocelolitinové. Požadavky na obložení jsou: tepelná odolnost, odolnost proti otěru, stálost součinitele tření, odolnost proti korozi, tlumení vibrací a dlouhá životnost. Základními složkami obložení jsou: pojiva (pryskyřice), vláknité materiály (dříve azbest, dnes skleněná, keramická, minerální, kovová nebo aramidiová vlákna), plniva (baryt, magnezit) a modifikátory tření (korund, křemen). Přesné složení si výrobci střeží. Obložení se zpravidla mění 2x častěji než buben. [6] [15]

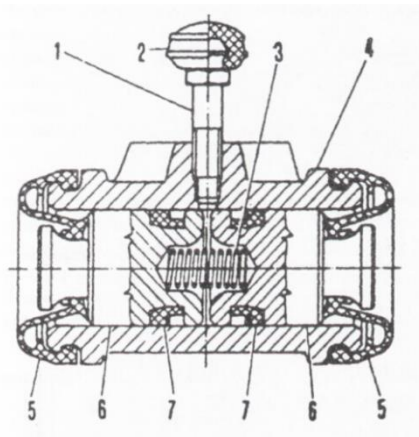
3.3.3.4. Brzdový váleček

Brzdový váleček (Obrázek 9 a 10) je připevněný na štítu brzdy a přenáší brzdny tlak na brzdové čelisti a přitlačuje je k bubnu brzdy. Tlak je vytvářen v hlavním válci, dále je přenášený miskou manžetou, pístem a tlačnými čepy. Tlačná pružina je uložena v pracovním prostoru

a její působení způsobuje mírné dotlačování pístu k čelisti v odbrzděném stavu. Utěsnění hydraulického válečku je zajištěno pryžovými manžetami nebo těsníci kroužky. Proti vnikání nečistot je váleček opatřen prachovkami. K odvodušnění je váleček v nejvyšším místě opatřen odvodušňovacím šroubem. Používají se jednočinné a dvojčinné válečky. [16]



Obrázek 9 Jednočinný brzdový váleček; 1 – pevný tlačný čep se seřizovacím ústrojím, 2 – tlačná pružina, 3 – přípojka od hlavního brzdového válce, 4 – manžeta, 5 – píst, 6 – pryžová těsnící manžeta, 7 – pohyblivý tlačný čep [1]



Obrázek 10 Dvojčinný brzdový váleček zadního kola Škoda Felicia; 1 – odvodušňovací šroub, 2 – krytka odvodušňovacího šroubu, 3 – rozpěrná pružina, 4 – těleso pracovního válce, 5 – protiprachové manžety, 6 – tlačítka, 7 – těsnící manžety [16]

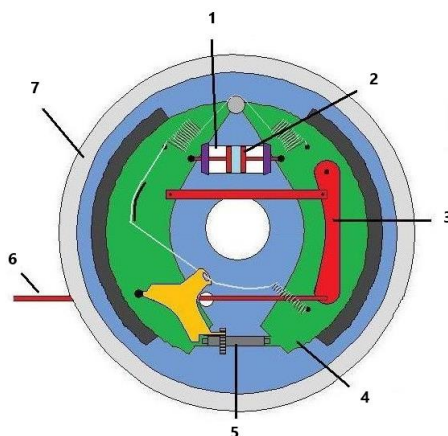
V případě brzd ovládaných stlačeným vzduchem se používá mechanické ovládání čelistí vačkou neboli tzv. brzdovým klíčem (Obrázek 11). Klíč se natáčí a obě čelisti současně přitlačuje na třecí plochu bubnu. Boky brzdového klíče jsou tvarem evolventy. Díky tomu je během jeho natáčení účinné rameno konstantní (mechanický převod klíče se nemění). [16]



Obrázek 11 Levý zadní klíč brzdy Tatry 815 [28]

3.3.3.5. Parkovací brzda

Parkovací brzda se u osobních automobilů, osazených bubnovými brzdami na zadní nápravě, ovládá pákovým mechanismem (Obrázek 12), který obě čelisti přitlačuje na plochu brzdového bubnu. Dojde k tomu při tahu brzdového lana. Zpětný pohyb čelistí zajišťují tažné vinuté pružiny. [16]



Obrázek 12 Parkovací brzda – schéma; 1 – brzdový váleček, 2 – píst, 3 – páka ruční brzdy, 4 – brzdová čelist, 5 – přítlačný čep, 6 – brzdové lano, 7 – brzdový buben [29]

3.3.3.6. Seřizování bubnových brzd

„Dráha brzdového pedálu je ovlivňována vůlí brzdy mezi brzdovým obložením a bubnem. Pokud se brzda včas neseřídí, vzniká nebezpečí, že dráha pedálu, která je k dispozici, už nestačí pro plné dosednutí čelistí, takže brzdy v rozhodujícím okamžiku nemají správný brzdny účinek.“
[17]

Bez automatického nastavovacího zařízení – v pravidelných časových intervalech je potřeba manuálně nastavit brzdové čelisti. Způsoby seřizování se různí podle jejich konstrukce.

Automatické postupné seřizování – ústrojí udržuje konstantní vzdálenost mezi brzdovými čelistmi a brzdovým bubnem. Konstantní vzdálenost se rozumí ta, o kterou se brzdová čelist oddálí při uvolnění brzdového pedálu.

Seřizovací ústrojí Bosch/Bendix dosahuje hodnoty 0,02mm na jeden seřizovací krok. K seřizování u tohoto ústrojí dochází při brzdění a při teplotách do 80 °C, pokud je vůle, mezi brzdovým obložením a brzdovým bubnem důsledkem opotřebení, větší než konstrukční. Při jízdě a při teplotách nad 80 °C k automatickému seřizování docházet nemůže. Při vysokých teplotách se brzdový buben v důsledku tepelné roztažnosti zvětší a vůle je tehdy vyšší než konstrukční. Po vychladnutí se vrátí do původního stavu, a proto je seřízení nežádoucí. Aby k tomu nedocházelo je ústrojí opatřeno bimetalovým prvkem. [1]

Další typy: automatické nastavovací zařízení, plynulé automatické seřízení

3.4. Kotoučová brzda

3.4.1. Popis činnosti

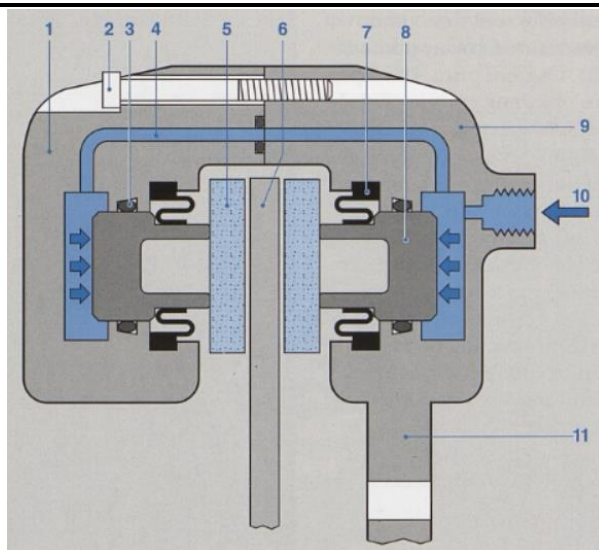
„Brzdové čelisti kotoučové brzdy svírají kotouč nasazený pevně na brzděném hřídeli. Přenos brzdné síly na kotoučovou brzdou je obvykle hydraulický. Sešlápnutím brzdového pedálu se vyvolá tlak v brzdovém systému. Brzdová kapalina začne tlačit brzdový píst, který tlačí brzdové destičky kolmo na kotouč. Vzniká třecí síla mezi brzdovým kotoučem a destičkami působí proti otáčení.“ [6]

3.4.2. Konstrukce

Ve svém principu je kotoučová brzda jednoduchá. Rotující část se nazývá brzdový kotouč, jehož boky jsou třecí plochy a na ně jsou přitlačovány destičky brzdového obložení. Brzdové obložení je uloženo v brzdovém třmenu, který má tvar U a je upevněn na neotáčející se část vozu. U kotoučových brzd rozlišujeme tři základní typy podle provedení třmenu. Jsou to:

- brzdy s pevným třmenem
- brzdy s plovoucím rámem
- brzdy s plovoucím třmenem [1]

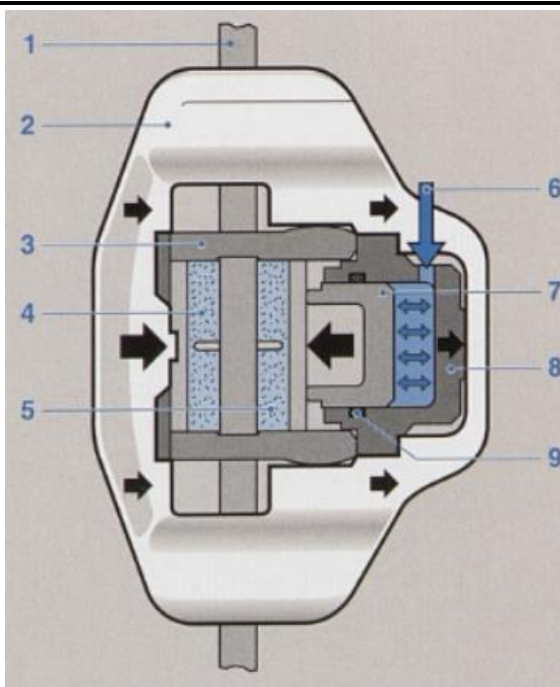
U kotoučových brzd s pevným třmenem (Obrázek 13) je uspořádání hydraulických pístků proti sobě. Pístky jsou po obou stranách kotouče a jejich počet bývá 2, 4 nebo 3. Při počtu pístků 2 a 4 jsou jejich průměry stejné. Pokud jsou pístky 3, je na jedné straně větší pístek a proti němu dva menší, přičemž součet ploch pístu je na každé straně stejný. Pevný třmen nese brzdové obložení, zachycuje brzdné síly a samočinně vymezuje vůli. Oba kusy třmenu jsou spojeny svorníky. Kapalina proudí k pístům přes přípojovací kanál. Písty jsou utěsněny těsnícím kroužkem a ze strany od kotouče mají ochranu manžetu proti vnikání nečistot vzniklých otěrem při brzdění. Pomocí příruby je upevněna k držáku kola. Písty se po uvolnění brzdového pedálu vrátí do výchozí polohy zpětným odpružením těsnícího kroužku. Pokud je opotřebované brzdové obložení a vůle je vyšší než předepsaná, při brzdění píst „proklouzne“ v těsnícím kroužku a nastaví se tím do nové výchozí polohy. [1] [16]



Obrázek 13 Brzda s pevným třmenem; 1 – třmen, uzavírací část, 2 – spojovací svorníky tělesa, 3 – těsnící kroužek pístu, 4 – propojovací kanál, 5 – brzdové obložení, 6 – brzdový kotouč, 7 – ochranná manžeta, 8 – brzdový kotouč, 9 – třmen, přírubová část, 10 – přípojka hlavního brzdového válce, 11 – upevňovací příruba [1]

Brzda s pevným třmenem má velkou mechanickou pevnost, a proto se používá u těžkých nebo rychlých osobních vozů. Nevýhody tohoto konstrukčního řešení jsou citlivost na teplotu při dlouhodobém zatěžování (např. sjezd dlouhých kopců) a prostorově větší velikost třmenu, tudíž je potřebný větší prostor v dutině ráfku a není vhodné pro vozidla s negativním poloměrem rejdu. [1]

Brzda s plovoucím rámem (Obrázek 14) je předstupeň brzdy s plovoucím třmenem. Brzda se skládá ze dvou hlavních součástí. z držáku, který je přimontován k rámu kola a pohyblivého plovoucího rámu, který je nesený držákem. Při brzdění přes přípojku proudí brzdová kapalina mezi píst a válec. Vznikající tlak působí zároveň na píst a plovoucí těleso. Píst i plovoucí těleso současně přitlačí vnitřní i vnější brzdové obložení k brzdovému kotouči. Po uvolnění brzdového pedálu dojde k poklesu tlaku a píst je opět vrácen deformovatelným těsnícím kroužkem do výchozí polohy. Vůle je seřizována stejným způsobem jako u brzd s pevným třmenem, tedy proklouznutím těsnícího kroužku. Velikostně je brzda s plovoucím rámem menší než s pevným třmenem, je proto vhodná pro vozy s menšími prostorovými poměry nebo s negativním poloměrem rejdu. Výhodou je také dobré chlazení brzdové kapaliny a možnost integrovat parkovací brzdu. [1]



Obrázek 14 Brzda s plovoucím rámem; 1 – brzdový kotouč, 2 – plovoucí rám, 3 – držák, 4 – vnější brzdové obložení, 5 – vnitřní brzdové obložení, 6 – přípojka hlavního brzdového válce, 7 – brzdový píst, 8 – brzdový válec, 9 – těsnící kroužek pístu [1]

Brzda s plovoucím třmenem (Obrázek 15) je méně náročná na údržbu než brzda s plovoucím rámem, ze které se vyvinula. Má taktěž pohyblivý třmen a jen jeden brzdový. Rozdíl je, že místo jednoho držáku klouže třmen po dvou čepech. Čepy jsou uloženy právě v držáku. Pomocí přípojky je brzda spojena s hlavním válcem a proudí přes ni brzdová kapalina do brzdového válce. Tam působí na brzdový píst a přitlačuje vnitřní brzdové obložení na brzdový kotouč. Reakce brzdového pístu pohybuje se třmenem a přitlačuje vnější brzdové obložení proti brzdovému kotouči. Obě brzdová obložení působí na brzdový kotouč stejnou silou. Vracení brzdového pístu do výchozí polohy obstarává také deformace těsnícího kroužku. V současnosti se jedná o nejčastější provedení ze dvou důvodů. V brzdové kapalině nevznikají vlivem přehřátí bubliny, protože prostor jí vyplněný je pouze jeden a je dobře odvětráván proudícím vzduchem a tím že brzda může být posunuta více směrem ven, stejně jako u plovoucího rámu, může se taktěž rejdivý čep nacházet více vně. To je důležité pro negativní poměr rejdu. [1]

Chlazené kotouče mají vyšší hmotnost, ale lepší akumulaci tepla. Díky radiálním kanálům kotouč působí jako ventilátor, zvyšuje průtok vzduchu kotoučem a urychluje chlazení. [18]

Ke zlepšení brzdných vlastností se, převážně ve sportovních automobilech, používají brzdy drážkované nebo vrtané. Oby typy zajišťují v porovnání se standardním kotoučem vyšší záběr, lepší disperzi plynů, účinnější chování na mokrému povrchu a reakci brzdového systému. „Je tomu tak díky povrchu vrtaných otvorů či drážek, který zajišťuje – zejména v počáteční fázi brzdění – lepší účinnost dosahovanou vyšším koeficientem tření ve srovnání se standardními kotouči.“ [18] Významnou výhodou použití vrtaných i drážkovaných kotoučů je neustálá obnova třecí plochy brzdového obložení. Drážky i otvory narušují vrstvu vody, která za deště ulpí na brzdné ploše kotouče. Z toho potom vyplývá lepší chování za jakýkoliv povětrnostních podmínek. Systém účinně reaguje od prvního zabrzdění v případě mokré vozovky. Kromě odvodu vody dochází také k lepšímu rozptýlení plynů, vznikajících při vysokých teplotách mezi třecí plochou destičky a kotouče. Plyny se tvoří spalováním pryskyřic, které jsou součástí brzdového obložení destiček. Plyny mohou po dosažení vysoké teploty způsobit ztrátu brzdného účinku (tzv. fading), dojde ke snížení koeficientu tření a ztrátě brzdného účinku. Otvory nebo drážky na kotouči významně pomáhají odvodu plynů a tím brání snížení koeficientu tření. [18]

Dalším typem brzdového kotouče je plovoucí kotouč a poloplovoucí kotouč. Je složen z hliníkového středového nosiče, který je namontován na náboji kola, brzdného rotoru, nýtů nebo šroubů, které obě části drží pohromadě a poloplovoucí disk také pružinami. Nosič a rotor jsou spojeny s malou axiální vůlí, to umožňuje vyrovnání kotouče s brzdovými destičkami a optimální kontakt mezi oběma povrchy. To zvyšuje účinnost brzdění a také životnost a homogennější opotřebení brzdových destiček rovnoměrným rozdělením tepla. Když je plovoucí brzdový kotouč vystaven vysokým teplotám, může se libovolně rozpínat a smršťovat, aniž by byl omezen upevněním. To je další výhodou ve srovnání s pevným kotoučem, který se při vysoké teplotě začne deformovat. Plně plovoucí brzdový kotouč chrastí a vydává hluky, proto se využívá jen pro závodní účely. Pro sportovnější auta užívaná v běžném provozu se využívají poloplovoucí kotouče, opatřené pružinou právě proti chrastění. Další přednost vůči pevným diskům je nižší váha a tím nižší neodpružená hmota a menší náchylnost z prasklin. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena, proto jsou osazovány na sportovní a drahé vozy. [19]

Použití kompozitních materiálů s použitím keramických složek (tzv. karbon – keramika), jako materiál brzdových kotoučů, má výhody především v nižší hmotnosti než použití litiny, přibližně dvakrát delší životnosti a velmi malé tepelné vodivosti. Hmotnost keramických kotoučů je poloviční oproti litinovým, to je výhoda v menších neodpružených hmotách a lepší funkci tlumičů. Výroba je velmi složitá a dlouhá, kvůli tomu se cena kotoučů z těchto materiálů pohybuje běžně ve stovkách tisíc korun. [20]

Dlouho byly též prováděny pokusy s použitím uhlíkových vláken jako jediným materiálem brzdového kotouče, to se však ukázalo jako nevhodné řešení. [1]

Poškození brzdových kotoučů

Házení brzdových kotoučů – vznikne v důsledku nesouměrného opotřebení kotouče. To je způsobené nesprávným postavením brzdového třmenu vůči rovině rotace brzdového kotouče nebo chybným upevněním na náboji kola.

U silných a rychlých osobních automobilů, či závodních vozů je často je chybně tento jev přisuzován zkrouceným kotoučům, nejčastěji je ale házivost způsobena nestejným přenosem materiálu brzdových destiček na třecí plochu kotouče. Dochází k tomu, když jsou brzdy přehřáté a řidič stlačuje brzdový pedál i po zastavení. Dochází k vysokému přenosu tepla z brzdové destičky na litinový kotouč. Destička zůstane vtisknutá v kotouči v podobě stopy, která je velmi tvrdá a obrušuje se pomaleji. Na skvrnách dochází k nerovnoměrnému opotřebení, zůstávají vystupovat nad povrchem a vznikají vibrace. Při brždění jsou tyto výstupky více tepelně zatěžovány a dochází k lokálnímu přehřívání. V důsledku toho dochází k dalšímu zhoršení vlastností materiálu. Ocelolitina se v místě skvrny přetváří na cementit, který je velmi tvrdý, abrazivní a špatně vodí teplo. Brzdové obložení už kotouč neobrousí a ten je nenávratně poškozen. [21]

Vlasové trhlinky – vznikají po velké tepelné zátěži, dají se odstranit stočením. [22]

Napečení brzdového obložení do povrchu kotouče – dochází k tomu při vysokých teplotách. Materiály se svaří a na povrchu kotouči zůstane stopa. Pokud kotouč není ještě příliš tenký, lze vyřešit stočením. [22]

Axiálně vydřený kotouč – vznikají z různých příčin. Pokud lze, odstranění pomocí stočení. [22]

Popraskaný brzdový kotouč – prasklina vznikne nadměrným namáháním. Například při slabém brzdném účinku nebo jiné poruše zadní nápravy. [22]

3.4.3.2. Brzdové obložení

Brzdové obložení vydrží přibližně 5x méně než brzdový kotouč. Při opotřebením kotouče na hodnotu 3,5mm pomocí kontaktu uzavře snímač opotřebením obvod přes brzdový kotouč, to rozsvítí kontrolku na palubní desce a řidič je upozorněn k výměně brzdového obložení. Brzdové obložení i brzdové kotouče se musí vyměňovat jako pár na obou stranách nápravy, aby nedocházelo k větší brzdné síle na jedné straně nápravy. [1]

Nerovnoměrný třecí poměr mezi kotoučem a brzdovým obložením způsobuje vytváření kmitání, které může být vnímáno řidičem vozidla jako pískot, skřípání a podobně. Hluk se objevuje při malých rychlostech a malých ovládacích silách, dále ho ovlivňuje teplota brzdových kotoučů a povětrnostní podmínky. Při malé ovládací síle a malému tlaku se plochy brzdových destiček dotýkají brzdového kotouče pouze v jednotlivých bodech. Pružnou deformací materiálu a částečným kontaktem třecí plochy se vytvoří nestabilita systému. Systém snadno začíná vibrovat. Vibrace musí být odstraněny, pokud nejsou, dosahují interferenčních frekvencí (prolínání vln) a dochází k rezonanci s komponenty. Tento efekt je slyšitelný jako pískání. Zvuky brzd s kmitočtem 0 až 1500 Hz nejsou v kabině slyšitelné. Zvuky středního kmitočtu 1500 až 15000 Hz jsou rozeznávány řidičem jako zvuky brzdění. Pískání vibrací vzniká mezi kovovou částí brzdové destičky a dosedací plochou pístu. V minulosti se to řešilo například nalepenou protivibrační fólií právě na vnější straně brzdové destičky. [1]

Vynikající vlastnosti vykazovalo azbestové vlákno (vysoký koeficient tření, velmi dobrá tepelná vodivost, mechanická odolnost, snadná mísitelnost s pryskyřicemi, vynikající pružnost, pevná struktura). Jeho škodlivost (karcinogenost) na člověka vedla k zákazu. Bezazbestové materiály jsou dnes už na takové úrovni, že zadní část třecího segmentu, žádné antivibrační vrstvy, vložky či destičky, nemá. Třecí materiál je hladký a bez zkosených (náběhových) hran. [1]

3.4.3.3. Třmen

Jak bylo zmíněno, třmeny se dělí podle konstrukce na dva hlavní typy. Na třmen pevný a plovoucí. Třmen kotoučové brzdy je velmi důležitou součástí brzdy, protože jsou v něm uloženy brzdové destičky, píst, kanálky pro brzdovou kapalinu a další komponenty, bez kterých by nebylo možné provádět brzdění, a proto musí mít dostatečnou pevnost. Brzdové třmeny se v minulosti vyráběli z litiny, dnes se na jejich výrobu používá hlavně hliník. Oba materiály mají své výhody i nevýhody. Litina lépe odvádí teplo, třmeny jsou robustní a levnější na výrobu. Hliník je zase výrazně lehčí. Snížení hmotnosti opět přispívá ke snížení neodpružených hmot. [23]

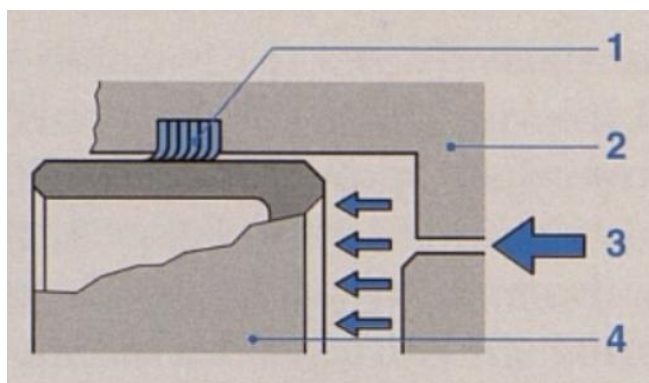
3.4.3.4. Píst

Písty se nachází v brzdovém třmenu, jejich počet se liší podle typu třmenu. Plovoucí třmeny nemívají více než dva písty, pevné až mají osm. Písty mohou být z chromované oceli, plastu nebo i hliníku. Hliníkové písty jsou lehké, ale náchylné na vznik koroze a snadněji přenáší teplo na brzdovou kapalinu. Ocelové písty jsou pevné a chromování minimalizuje vznik koroze, ale snadno přenáší teplo a mohou způsobit var kapaliny. Plastové písty jsou lehké, nekorodují a špatně vedou teplo. Problémem je, že mohou absorbovat vlhkost a nabobtnat, což způsobí zaseknutí pístu. Zaseknutí pístu hrozí i u hliníku nebo oceli, ale pouze v případě silného zkorodování. [23]

3.4.3.5. Těsnící kroužek pístu

Nachází se v drážce brzdového pístu (Obrázek 16, pozice 1). Utěsňuje brzdový píst a samočinně vymezuje vůli mezi brzdovým kotoučem a brzdovým obložením. Vnitřní průměr těsnícího kroužku je menší než průměr pístu, a tak jej obepíná s předpětím. Při pohybu pístu k brzdovému kotouči se těsnící kroužek napíná. Pokud je vůle větší než předepsaná, těsnící kroužek překoná tření a „sklouzne“ po pístu a vymezí vůli na předepsaný rozměr. Takto kroužek zajišťuje plynulé seřizování vůle brzdového obložení. V pružném těsnícím kroužku se

kumuluje energii, která při uvolnění brzdy vrací píst zpět do výchozí polohy. To se děje jen poté, co zcela poklesne tlak v hydraulické soustavě brzdy. [1]



Obrázek 16 Těsnící kroužek pístu; 1 – napnutý těsnící kroužek pístu, 2 – stěna válce, 3 – přípojka od hlavního brzdového válce, 4 – píst [1]

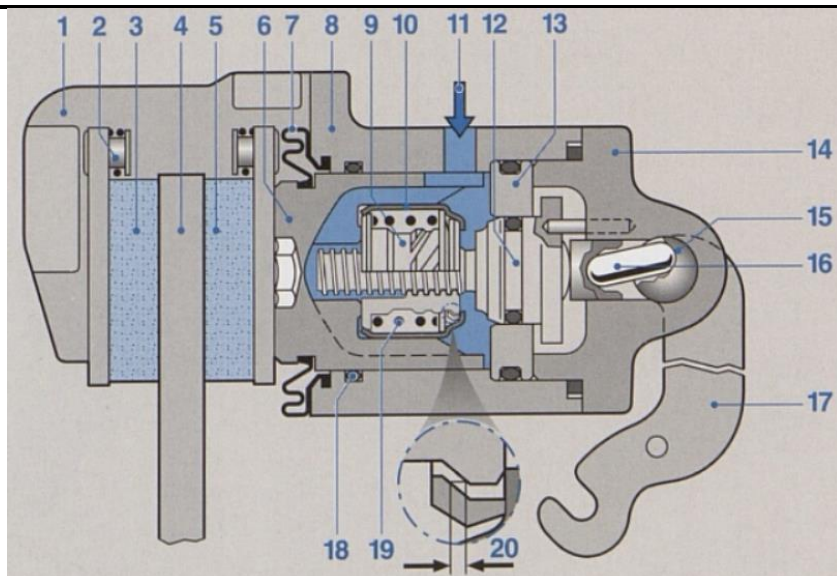
3.4.3.6. Rozpěrná pružinka

Pružina přitlačuje brzdové obložení k brzdovému pístu a podporuje uvolňování brzdy. U pevných třmenů se používá křížová pružina. [1]

3.4.3.7. Parkovací brzda

V současné době se využívají dva systémy parkovacích kotoučových brzd – konvenční (Obrázek 17) nebo elektrické (Obrázek 18). Konvenční parkovací brzda z velké většiny využívá třmen s integrovanou parkovací brzdou. Při aktivaci parkovací brzdy následně. Lano přitahuje páku ruční brzdy, ta otáčí výstředníkem a prostřednictvím tlačného zdvihátka a mezikroužku pohybuje s pístem. Píst přitlačuje vnitřní brzdové obložení na brzdový kotouč. Vnější brzdové obložení je přitlačeno silou reakce třmenu. Dalším typem je tzv. Ball in Ramp (BIR), kde se místo tlačného zdvihátka aktivuje brzda třemi kuličkami.

Ojedinele bývá zadní kotoučová brzda doplněna malou bubnovou brzdou pro parkovací brzdění. Takto to měly například starší vozy značky Mercedes. [1]



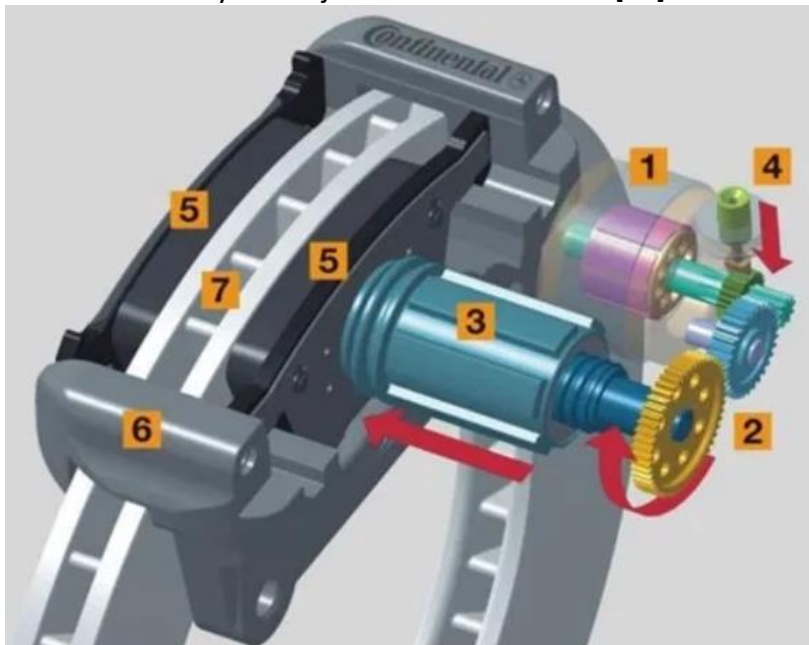
Obrázek 17 Brzda s plovoucím třmenem s integrovanou ruční brzdou; 1 – spodek třmenu, 2 – vodící čepy, 3 – vnější brzdové obložení, 4 – brzdový kotouč, 5 – vnitřní brzdové obložení, 6 – brzdový píst, 7 – ochranná manžeta, 8 – třmen, 9 – seřizovací ústrojí, 10 – plechové pouzdro, 11 – přípojka hlavního brzdového válce, 12 – tlačný čep, 13 – mezikroužek, 14 – víko třmenu, 15 – výstředník, 16 – tlačné zdvihátko, 17 – páka ruční brzdy, 18 – těsnící kroužek pístu, 19 – tlačná pružina, 20 – vůle [1]

Modernější systém parkovací brzdy využívá k aktivaci elektromotory, aktivaci taháním za páku vystřídalo zmáčknutí tlačítka. Výhodou jsou funkce, které u konvenčních parkovacích brzd nejsou možné a malý konstrukční objem – ušetření prostoru ve voze. Jde o automatickou aktivaci při zhasnutí motoru při rozjezdu nebo postupné povolování při rozjezdu do prudkého kopce. Elektrické parkovací brzdy dělíme na brzdy s centrálním elektromotorem a lanovody, na brzdy s elektromotory v brzdících a elektricko-hydraulické třmeny. [24]

Jednodušší varianta pracuje taktéž s lanovody, podobně jako u mechanického řešení. Místo páky tahá za brzdová lana krokový elektromotor. Toto konstrukční řešení často využívají výrobci automobilů u modelů, kde nabízí u nižších řad mechanické a u vyšších řad elektrické ovládání parkovací brzdy. Třmeny jsou pro oba typy zadních brzd stejné. Elektromotor bývá umístěn pod zavazadelníkem. [24]

U druhého typu elektrických brzd, používaných více u vyšších cenových kategorií vozů, které neumožňují konfiguraci mechanicky ovládané parkovací brzdy, se užívá servomotor upevněný přímo v brzdovém třmenu zadní nápravy (Obrázek 18). Ovládání brzdící se děje přes převod „do pomala“ dvěma soukolími nebo planetovým převodem a CVT převodovkou. Soukolí jsou buď čelní – čelní nebo čelní – šnek. Soukolí se šnekem má výhodu v tom, že je samosvorné, a tudíž se nemůže samo odbrzdít. Čelní soukolí musí obsahovat západku, která

brání samovolnému odbrzdění. Otáčením výstupního hřídele se závitem se vysouvá matice a píst je tlačěn na vnitřní brzdovou destičku. Přes reakci plovoucího brzdíče se přitlačuje také vnější brzdové obložení. Nevýhodou je robustnost třmenů. [24]



Obrázek 18 Parkovací brzda s elektromotorem ve třmenu a přímými ozubenými koly Continental; 1 – servomotor, 2 – převodovka, 3 – píst, 4 – západka, 5 – brzdové obložení, 6 – třmen, 7 – brzdový kotouč [25]

Elektricko-hydraulické třmeny jsou obvykle součástí řídicího systému, jako je elektronický stabilizační systém (ESP). Pokud řidič stiskne tlačítko a aktivuje parkovací brzdu, jednotka ESP vytvoří tlak v brzdovém systému a přitlačí brzdové destičky ke kotouči. Třmen je zajištěn v zabrzděném stavu pomocí elektromagnetického ventilu. K uvolnění brzdy vytvoří ESP krátce znovu tlak a ventil se uvolní. [25]

3.4.4. Porovnání s bubnovými brzdami

Kotoučová brzda má ve srovnání s bubnovou brzdou tyto výhody:

- při opakovaném brzdění malé slábnutí brzdného účinku (fading), díky dobrému odvodu tepla z kotouče
- malá citlivost na změnu součinitele tření
- nižší hmotnost až od 20 %, snížení hmotnosti neodpružených částí
- rychlá a jednoduchá výměna brzdového obložení

Kotoučová brzda má ve srovnání s bubnovou brzdou tyto nevýhody:

- potřeba velké ovládací síly – nutnost použití posilovače
- větší ohřátí kotouče až přibližně na 500 °C (bubnové brzdy na 350 °C)
- obtížnější a dražší řešení mechanického ovládní parkovací brzdy [16]

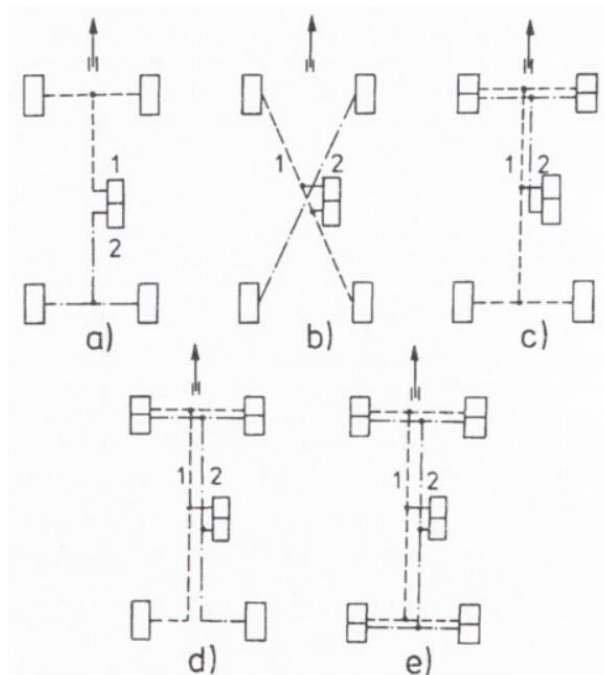
3.5. Brzdové soustavy

3.5.1. Hydraulické soustavy

V praxi lze pozorovat Pascalův zákon. Tedy, že tlak vyvolaný vnější silou působící na povrch kapaliny v uzavřené nádobě je ve všech místech tekutiny stejný.

Hydraulické soustavy (Obrázek 19) jsou téměř vždy dvouokruhové. Jednookruhové soustavy jsou povoleny jen u vozidel, které nepřevyšují maximální rychlost 25 km/h. Dvouokruhová soustava jsou dva samostatné okruhy, ovládané jedním společným brzdovým pedálem. Při normální funkci jsou bržděna všechna kola. v případě poruchy jednoho z okruhů je brzděn jen počet kol, ovládaných druhým, neporušeným okruhem. [16]

Dvouokruhové soustavy mohou být zapojeny těmito způsoby:



Obrázek 19 Schémata používaných zapojení dvouokruhových soustav; a) TT – v každém okruhu jedna náprava, b) X – diagonální zapojení, c) HT – jeden okruh ovládá obě nápravy a druhý jen přední, d) LL – oba okruhy ovládají přední nápravu a jedno zadní kolo, e) HH – oba okruhy ovládají přední i zadní nápravu [16]

Nejdražší, ale nejbezpečnější je zapojení HH. Následuje zapojení LL a HT, které má vždy brzděnou přední nápravu. Zapojení TT má tu nevýhodu, že při selhání jednoho systému se změní řiditelnost vozidla. Diagonální zapojení X při selhání jednoho okruhu způsobí přetáčivý moment kolem svislé osy vozidla. Toto odstraňuje záporný poloměr rejdu. [16]

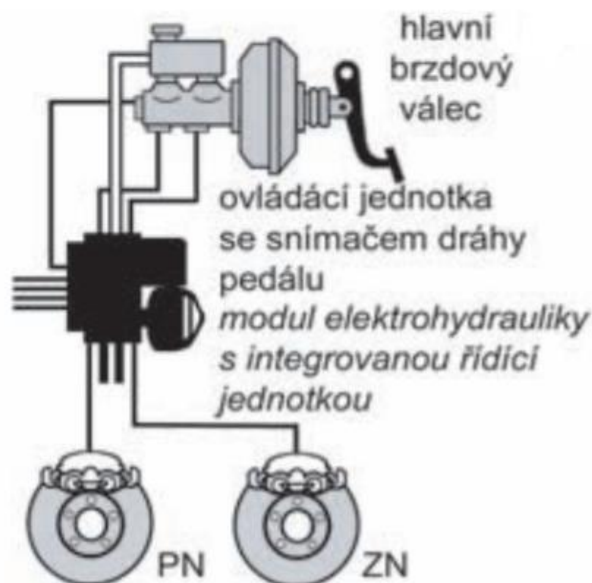
Hydraulická soustava se skládá z těchto komponentů: brzdový pedál, hlavní brzdový válec, posilovač brzd, vyrovnávací nádrže na brzdovou kapalinu a hydraulické potrubí. Tlak kapaliny se vytvoří pomocí sešlápnutí brzdového pedálu, který působí na posilovač brzd. Ten zesílí sílu od nohy řidiče a působí na hlavní brzdový válec, který převede mechanickou sílu na hydraulický tlak. Oba písty (v případě dvou okruhů) vytlačují brzdovou kapalinu do hydraulického potrubí a hydraulický tlak je přenášen na brzdový píst a případně plovoucí třmen. Objemové změny brzdové kapaliny jsou vyrovnány kapalinou ve vyrovnávací nádrži. Na zadní nápravě se nachází regulátor brzdné síly, který snižuje tlak na zadních kolech. To zabraňuje přebytečnému brzdnému účinku při vzrůstajícím zpomalením, kdy se odlehčuje zadní náprava a hmotnost vozidla více „leží“ na přední nápravě. [1]

3.5.2. Elektronické brzdové soustavy

Řídící jednotka zjistí sílu, která působí od řidiče na brzdový pedál, a vypočte pro každé kolo požadovaný tlak na brzdový píst. Elektronické brzdové systémy dále dělíme na elektrohydraulické (EHB) a elektromechanické (EMB).

Elektrohydraulický systém EHB

Využívá a zachovává k přenosu síly hydraulickou kapalinu, na kterou ovšem nevytváří přímo tlak řidič přes brzdový pedál, ale řídicí jednotka dá pokyn čerpadlu, poháněnému elektromotorem. Čerpadlo vyvine tlak na hydraulický tlakový zásobník, z něhož je kapalina přiváděna přes regulační prvky do samostatných hydraulických okruhů pro každé kolo samostatně. v případě výpadku systému EHB je brzdná síla přenášena z brzdového pedálu klasickým způsobem přes hydraulický válec. [16]



Obrázek 20 Schéma elektrohydraulického systému; PN – přední náprava, ZN – zadní náprava [16]

Elektromechanický systém EMB

Zcela je vynechán hydro-pneumatický okruh. Z brzdového pedálu je snímána jeho poloha a elektrickým okruhem je přenášen impuls do brzdové jednotky (aktuátoru) na každém kole. Elektromotory vestavěné přímo do brzdových třmenů vyvíjí individuální brzdovou sílu na jednotlivá kola po vyhodnocení údajů o vozidle. Elektromotory musí být malé a lehké, aby se třmen vešel do ráfku kola. Nevýhodou oproti EHB je, že je systém závislý na elektrickém obvodu a při jeho výpadku by neexistovala možnost přenosu síly na brzdový kotouč. Z toho důvodu, aby byly splněny bezpečnostní požadavky, je systém EMB vybaven dvěma okruhy vodičů. [16]

3.5.3. Komponenty

3.5.3.1. Brzdové potrubí a hadice

Potrubí je pevné spojení brzdového válce s brzdami kol, je vedeno pod karoserií vozu. Je z vnější strany opatřeno plastovou ochranou proti korozi. Jeho vnitřní průměr bývá 2,5 mm a vnější 4,5 mm. Při vedení potrubí nesmí docházet ke kontaktům mezi trubkou a jinými součástkami karoserie. [1]

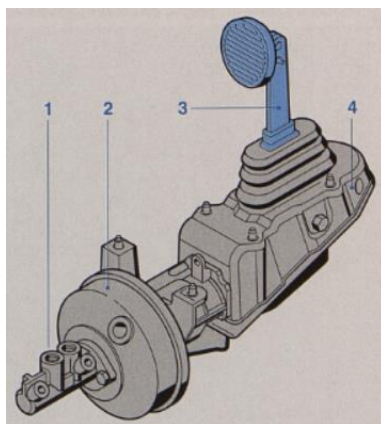
Hadice jsou pohyblivé spojení mezi potrubím a brzdami, které jsou upevněné na nápravách. Hadice se skládá z vnitřní a vnější pryžové vrstvy a vyztužovacího opletení. Stejně jako u potrubí nesmí docházet ke kontaktu hadic a jiných prvků karoserie. Dále musí být dodržovány předepsané teploty a tlaky. [16]

3.5.3.1. Brzdová kapalina

Slouží jako médium k přenosu síly v brzdové soustavě. Hlavní požadavky na její vlastnosti jsou nízká závislost viskozity na změně teploty (v rozsahu -40 až +100 °C), nízká stlačitelnost, nesmí být korozivní, jejich působením nesmí polymery nabobtnat o více než 16 %, vysoký rovnovážný bod varu (při teplotách nad ním se tvoří v kapalině bublinky a není možné ovládat brzdy) a vysoký vlhký bod varu (bod varu při určitém množství vody, která se průběhem času do brzdového oleje difuzí dostává přes hadice). Brzdová kapalina se musí každé dva roky měnit právě kvůli obsahu vody v ní. Brzdová soustava se musí zcela odvzdušnit. [1]

3.5.3.1. Brzdový pedál

Přenáší sílu od nohy řidiče na brzdovou soustavu. Rozlišujeme dvě konstrukce – zavěšené provedení a stojaté provedení (Obrázek 21). Zavěšené provedení má většina osobních automobilů. Pedál je zavěšen na otočném čepu, při brzdění řidič překoná sílu vratné pružiny a působí na pístní tyč v posilovači brzd. Stojaté provedení, nebo také modul brzdové pedálu, je na Obrázku 20 zamontováno pod podlahou vozidla. Pedál, posilovač brzd a hlavní válec jsou zabudovány do jednoho celku. [1]



Obrázek 21 Stojaté provedení brzdového pedálu; 1 – hlavní válec, 2 – posilovač brzdného účinku, 3 – pedál, 4 – vana [1]

3.5.3.1. Posilovač brzd

Posiluje sílu, kterou vynakládá při sešlápnutí brzdového pedálu řidič. U osobních automobilů je z velké většiny s hlavním válcem v jednom celku. Požadavkem na posilovač je, aby se zmenšila síla vynaložená řidičem a zachovala možnost odstupňování brzdné síly. Posilovače rozdělujeme do dvou kategorií – na podtlakové (někdy také nazývané vakuové) a hydraulické. Oby typy využívají k dispozici zdroje, které jsou již ve voze k dispozici, tedy podtlak v sacím potrubí nebo hydraulický tlak vytvořený čerpadlem. [1]

3.5.3.2. Hlavní brzdový válec

Nebo také tandemový válec převádí sílu vytvořenou řidičem (příp. zesílenou v posilovači) na hydraulický tlak. Podle předpisů musí být automobil vybaven dvěma nezávislými brzdovými okruhy, proto je válec proveden jako tandemový se dvěma za sebou seřazenými písty. Válec je nejčastěji v provedení s kotvenou pružinou pístu nebo s centrálním ventilem. Jsou možné další varianty jako odstupňovaný hlavní válec, stupňovitý hydraulický válec s plnicím stupněm nebo hlavní válec Twin-tax, ale u motorových vozidel se prakticky nesetkáme s jejich aplikací. [1]

3.5.3.3. Vyrovnávací nádrž

Zastává jak funkci vyrovnávací nádržky, tak zásobníku na brzdovou kapalinu. Vyrovnává změny objemu brzdové kapaliny v důsledku změny teploty, opotřebením obložení nebo při zásahu ABS a ESP. Nádržka je vybavena plovákem, který při poklesu objemu kapaliny, pod stanovenou hodnotu uzavře proudový obvod a upozorní kontrolkou řidiče. [1]

4. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit ucelený přehled o historickém vývoji brzdového ústrojí a popsat jeho konstrukci. V úvodu bakalářské práce bylo uvedeno rozdělení brzd podle jejich funkce a byla stručně shrnuta historie brzdových soustav před rozmachem automobilismu. Dále byl popsán vývoj bubnových a kotoučových brzd, řešení problémů při jejich vývoji, používané materiály, první aplikace v sériově vyráběných automobilech a vývoj systémů ESP a ABS.

Ve druhé části bakalářské práce byly popsány druhy bubnových a kotoučových brzd, konstrukční prvky brzdových ústrojí a jejich funkce, nejčastější vady a problémy brzd, řešení seřizování, implementace parkovací brzdy a výhody a nevýhody kotoučových brzd oproti brzdám bubnovým. Na závěr byly uvedeny typy hydraulických soustav, jejich funkce, požadavky na bezpečnost a vysvětlena funkce elektronických brzdových soustav.

Tato bakalářská práce bude sloužit do budoucna jako podklad k výzkumu pro diplomovou práci.

5. Seznam použitých zdrojů

- [1] POST, Wulf. *Konvenční a elektronické brzdové soustavy*. První. Praha: Robert Bosch, 2004. Technické vzdělávání. ISBN 80-903-1326-4.
- [2] A cumulative history of brake technology. *Greening* [online]. Detroit, 2018 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <http://greeninginc.com/blog/uncategorized/a-cumulative-history-of-brake-technology/>
- [3] MIHÁLIK, Miro. Vývoj automobilových brzd. *Autorevue* [online]. Praha, 2018 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/vyvoj-automobilovych-brzd-od-dreveneho-spalku-po-hi-tech-kotouce>
- [4] The History of Brakes. *Did You Know Cars* [online]. 2021 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://didyouknowcars.com/the-history-of-brakes/>
- [5] Drum brakes. *Motoring weekly* [online]. Sydney, 2017 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.motoringweekly.com.au/2017/08/10/drum-brakes/>
- [6] TOMÁŠEK, Vladimír. *Frikční kompozity pro brzdové systémy automobilů a metody jejich charakterizace*. První. Ostrava: Vysoká škola Báňská, 2009. ISBN 978-80-248-2085-9.
- [7] MERKEL, Andrew. 1949 Crosley First Disc Brake Used Airplane Parts. *Brake&Front End* [online]. Akron(Ohio): Babcox Media, 2017 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.brakeandfrontend.com/retro-1949-crosley-first-disc-brake-used-airplane-parts/>
- [8] BRAITHWAITE-SMITH, Gavin. French Goddess: the history of the Citroen DS. *Motoring Research* [online]. Harpenden: Motoring Research, 2020 [cit. 2021-02-

-
- 07]. Dostupné z: <https://www.motoringresearch.com/car-news/history-of-citroen-ds/>
- [9] Safe braking: Start of developing Bosch's anti-lock braking system ABS. *Bosch* [online]. Gerlinger: Bosch, 2021 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.bosch.com/stories/beginnings-of-abs/>
- [10] PODUŠKA, Petr. Motorkáři.cz. *Motorkáři.cz* [online]. Praha: MOTOportal, 2016 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/moto-novinky/abs-je-od-letoska-povinnost-zatim-jen-u-velkych-motorek-33206.html>
- [11] ONDRÁŠÍK, Radek. Od července bude ABS u nových automobilů povinností. *Autorevue* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2006 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/od-cervence-bude-abs-u-novych-automobilu-povinnosti_1
- [12] A quarter century of electronic stability program: ESP® — thank heaven for electronics. *Bosch* [online]. Gerlinger: Bosch, 2021 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.bosch.com/stories/the-electronic-stability-program-esp/>
- [13] March 1994: Mercedes-Benz presents ESP® to the world. *Daimler* [online]. Stuttgart: Daimler, 2009 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/March-1994-Mercedes-Benz-presents-ESP-to-the-world.xhtml?oid=9913113>
- [14] RABE, Mattias. Resultat i Teknikens Världs älgtest. *Teknikens Värld* [online]. Stockholm: Teknikens Värld, 2021 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://teknikensvarld.se/algtest/>
- [15] VLK, František. *Automobilová technická příručka*. Brno, 2003. ISBN 80-238-9681-4.

-
- [16] FRANTIŠEK, Vlk. *Podvozky motorových vozidel*. Druhé. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-239-0026-9.
- [17] BROŽ, Jiří a Luboš TRNKA. Praktická dílna. *Autoexpert* [online]. Praha, 2007, , 7-8 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <http://www.znalec.tym.cz/brzdy%202.pdf>
- [18] Jaký brzdový kotouč vybrat? Je lepší vrtaný, nebo drážkovaný?. *Brembo* [online]. 2019 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.brembo.com/cz/auto/sportovni-vyuziti/kotouce>
- [19] Spears racing. *Spears racing* [online]. Manteca, 2010 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.spearsenterprises.com/product/what-is-a-full-floating-brake-rotor/>
- [20] MAZAL, Mirek. Proč jsou nejlepší brzdy pro silniční auta stále tak drahé?. *Autoforum* [online]. Praha: Autoforum, 2019 [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/technika/proc-jsou-nejlepsi-brzdy-pro-silnicni-auta-tak-drahe-video-odhaluje-jejich-tajemstvi/>
- [21] Vibrace brzdových kotoučů 2. *Auto MJ* [online]. Brno [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.mjauto.cz/vibrace-brzdovych-kotoucu-2>
- [22] Poškození brzdových kotoučů. *Auto MJ* [online]. Brno: Autodíly MJauto [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://www.mjauto.cz/poskozeni-brzdovych-kotoucu>
- [23] Brake caliper: Ultimate guide. *MZW* [online]. Rui'an: MZW, 2020 [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://mzwmotor.com/brake-caliper-guide/>
- [24] DUSIL, Tomáš. Parkovací brzda: K čemu slouží? A kolik je druhů?. *Auto.cz* [online]. Josefov: CZECH NEWS CENTER, 2017 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/parkovaci-brzda-k-cemu-slouzi-a-kolik-je-druhu-102239>

-
- [25] DENTON, Tom. Electric parking brakes (EPB). *Automotive Technology* [online]. 2013 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <http://automotive-technology.co.uk/?p=1565>
- [26] 25 let ESP® od společnosti Bosch: Už žádný další smyk. *Bosch* [online]. Stuttgart: Bosch, 2020 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.bosch-press.cz/pressportal/cz/cs/press-release-33984.html>
- [27] So Cal Imports. *So Cal Imports* [online]. Los Angeles [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://socalautoparts.com/product/drum-brake-backing-plate-left-rear-fits-68-79-bug-ghia-super-beetle-thing/>
- [28] Klíč brzdový L zadní T815. *Nadas* [online]. Lhota pod Libčany: Nadas [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://www.nadas.cz/z1267-klic-brzdovy-l-zadni-t815>
- [29] How do brakes work?. *Defensive Driving Blog* [online]. Houston: Defensive Driving, 2010 [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://defdriving.wordpress.com/2010/11/18/how-do-brakes-work-%E2%80%93-part-2-disc-brakes-and-drum-brakes/>

6. Seznam použitých obrázků

- Obrázek 1** Jak by dopad vyhýbací manévr na kluzké vozovce – přerušovaná čára bez ESP, plná čára s ESP [26] 8
- Obrázek 2** Brzda simplex; 1 – směr otáčení bubnu, 2 – samoposilování, 3 – samosvornost, 4 – točivý moment, 5 – dvojitý brzdový váleček, 6 – náběžná čelist, 7 – úběžná čelist, 8 – otočný bod [1] 10
- Obrázek 3** Brzda Duplex; 1 – směr otáčení bubnu, 2 – samoposilování, 3 – točivé momenty, 4 – brzdový váleček, 5 – rozpěrné body uložení, 6 – brzdové čelisti [1] 10
- Obrázek 4** Brzda servo; 1 – směr otáčení bubnu, 2 – samoposilování, 3 – točivé momenty, 4 – brzdový váleček kola, 5 – primární čelist, 6 – sekundární čelist, 7 – rozpěrný čep [1] 10
- Obrázek 5** Brzda duo – servo; 1 – směr otáčení bubnu (jízda vzad), 2 – samoposilování, 3 – točivý moment, 4 – brzdový váleček kola, 5 – sekundární čelist, 6 – primární čelist, 7 – volně pohyblivý přítlačný čep [1]..... 11
- Obrázek 6** Brzda duo – duplex; 1 – směr otáčení bubnu, 2 – samoposilování, 3 – točivé momenty, 4 – brzdový váleček kola, 5 – rozpěrné body uložení, 6 – brzdové čelisti [1] 11
- Obrázek 7** Štít brzdy z VW Beetle [27] 11
- Obrázek 8** Příklady provedení brzdových bubnů; a) buben s jedním obvodovým žebrem, b) buben s více obvodovými žebry, c) buben s příčnými žebry, d) dvoumateriálový buben s obvodovými žebry, e) dvoumateriálový buben s příčnými žebry [15]..... 12
- Obrázek 9** Jednočinný brzdový váleček; 1 – pevný tlačný čep se seřizovacím ústrojím, 2 – tlačná pružina, 3 – přípojka od hlavního brzdového válce, 4 – manžeta, 5 – píst, 6 – pryžová těsnící manžeta, 7 – pohyblivý tlačný čep [1]..... 13
- Obrázek 10** Dvojitý brzdový váleček zadního kola Škoda Felicia; 1 – odvodušňovací šroub, 2 – krytka odvodušňovacího šroubu, 3 – rozpěrná pružina, 4 – těleso pracovního válce, 5 – protiprachové manžety, 6 – tlačítka, 7 – těsnící manžety [16]..... 13
- Obrázek 11** Levý zadní klíč brzdy Tatra 815 [28]..... 13
- Obrázek 12** Parkovací brzda – schéma; 1 – brzdový váleček, 2 – píst, 3 – páka ruční brzdy, 4 – brzdová čelist, 5 – přítlačný čep, 6 – brzdové lano, 7 – brzdový buben [29] 14
- Obrázek 13** Brzda s pevným třmenem; 1 – třmen, uzavírací část, 2 – spojovací svorníky tělesa, 3 – těsnící kroužek pístu, 4 – propojovací kanál, 5 – brzdové obložení, 6 – brzdový kotouč, 7 – ochranná manžeta, 8 – brzdový kotouč, 9 – třmen, přírubová část, 10 – přípojka hlavního brzdového válce, 11 – upevňovací příruba [1] 16
- Obrázek 14** Brzda s plovoucím rámem; 1 – brzdový kotouč, 2 – plovoucí rám, 3 – držák, 4 – vnější brzdové obložení, 5 – vnitřní brzdové obložení, 6 – přípojka hlavního brzdového válce, 7 – brzdový píst, 8 – brzdový válec, 9 – těsnící kroužek pístu [1]..... 17
- Obrázek 15** Brzda s plovoucím třmenem; 1 – držák, 2 – vodící čepy, 3 – spodek třmenu, 4 – vnější brzdové obložení, 5 – brzdový kotouč, 6 – vnitřní brzdové obložení, 7 – těsnící kroužek pístu, 8 – přípojka hlavního brzdového válce, 9 – brzdový píst, 10 – třmen, 11 – ochranná manžeta..... 18
- Obrázek 16** Těsnící kroužek pístu; 1 – napnutý těsnící kroužek pístu, 2 – stěna válce, 3 – přípojka od hlavního brzdového válce, 4 – píst [1] 23
- Obrázek 17** Brzda s plovoucím třmenem s integrovanou ruční brzdou; 1 – spodek třmenu, 2 – vodící čepy, 3 – vnější brzdové obložení, 4 – brzdový kotouč, 5 – vnitřní brzdové obložení, 6 – brzdový píst, 7 – ochranná manžeta, 8 – třmen, 9 – seřizovací ústrojí, 10 – plechové pouzdro, 11 – přípojka hlavního

brzdového válce, 12 – tlačný čep, 13 – mezikroužek, 14 – víko třmenu, 15 – výstředník, 16 – tlačné zdvihátko, 17 – páka ruční brzdy, 18 – těsnící kroužek pístu, 19 – tlačná pružina, 20 – vůle [1]..... 24

Obrázek 18 Parkovací brzda s elektromotorem ve třmenu a přímými oz. koly Continental; 1 – servomotor, 2 – převodovka, 3 – píst, 4 – západka, 5 – brzdové obložení, 6 – třmen, 7 – brzdový kotouč [25] 25

Obrázek 19 Schémata používaných zapojení dvouokruhových soustav; a) TT – v každém okruhu jedna náprava, b) X – diagonální zapojení, c) HT – jeden okruh ovládá obě nápravy a druhý jen přední, d) LL – oba okruhy ovládají přední nápravu a jedno zadní kolo, e) HH – oba okruhy ovládají přední i zadní nápravu [16] 26

Obrázek 20 Schéma elektrohydraulického systému; PN – přední náprava, ZN – zadní náprava [16].. 28

Obrázek 21 Stojaté provedení brzdového pedálu; 1 – hlavní válec, 2 – posilovač brzdného účinku, 3 – pedál, 4 – vana [1] 29