

**NYÍREGYHÁZI FŐISKOLA
MŰSZAKI ÉS AGRÁRTUDOMÁNYI INTÉZET
NYÍREGYHÁZA**

**SZEMÉLYGÉPJÁRMŰ FÉKRENDSZER
HŐMÉRSÉKLET-VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA**

Tudományos diákköri dolgozat

Készítette: Demkó Gergő Mihály

Konzulens: Krajnyik Károly

2013.

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	1
1. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	2
1.1. Fékrendszerekkel szembeni előírások és követelmények	3
1.2. A hidraulikus fékrendszer	4
1.2.1. Főfékhenger.....	5
1.2.2. Fékcsövek	6
1.2.3. Munkahengerek	8
1.2.4. Fékfolyadékok.....	8
1.2.5. A hidraulikus fékrendszer működése	11
1.3. Tárcsafékek	11
1.3.1. Tárcsafékek elterjedt kialakítási módjai és működésük	12
1.3.2. Féktárcsákkal és fékbetétekkel szembeni követelmények, felépítésük és anyaguk	15
1.3.3. Tárcsafékek jellemző meghibásodásai	19
2. MÉRÉSEK, MÉRÉSI ELVEK BEMUTATÁSA	32
2.1. Felhasznált elemek ismertetése	32
2.2. Méretezések és műszaki számítások	33
2.2.1. Meghajtási áttétel számítása	33
2.2.2. Fékpedál mechanikus áttétele	34
2.2.3. A fékrendszer hidraulikus áttétele	35
2.2.4. A fékrendszer teljes áttétele.....	35
2.3. Mérőeszközök bemutatása	36
2.4. Mérési elv bemutatása	37
2.4.1. Féktárcsa hőmérsékletének mérése	38
2.4.2. A fékbetétek és a féktárcsa vastagságának vizsgálata.....	38
2.4.3. A féktárcsa ütésének vizsgálata	39
2.4.4. Hőkamerás vizsgálatok	41

3. MÉRÉSEK VÉGREHAJTÁSA	42
3.1. A fékbetétek és a féktárcsa vastagságának vizsgálata.....	42
3.2. A féktárcsa ütésének vizsgálata.....	46
3.3. Hőkamerás vizsgálatok	47
4. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA, KIÉRTÉKELÉSE.....	52
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	54
ÖSSZEGZÉS.....	55
IRODALOMJEGYZÉK.....	56

Bevezetés

Felgyorsult világunkban minden nap használunk személygépjárműveket. Ezen járművekkel a menet-, és közbiztonság érdekében szükség van lassulást, és megállást biztosító berendezésekre. Gépjárművek esetén elsődlegesen ezt a feladatot a különböző kialakítású fékrendszerekkel oldják meg, melyek a jármű biztonságos megállításán kívül más feladatokat (jármű rögzítése, menetstabilitás biztosítása) is elláthatnak.

Már 1887-ben Daimler első motoros kocsiján is alkalmazott egy, a lovaskocsikéhoz hasonló fékrendszert, az első nagy áttörést viszont Maybach dobfékje hozta 1899-ben. Ezek a fékrendszerek még mechanikus működtetésűek voltak, és precíz beállítást és utánállítást igényeltek bonyolult felépítésük miatt. A hidraulikus fékrendszer elterjedését követően (1920-as évek) mechanikus rendszert már csak a gépjármű rögzítése céljából alkalmaztak.

A tárcsafékek szabadalmát ugyan 1902-ben már lefoglalták, de szériaszerű alkalmazására egészen 1958-ig kellett várni. 1958-at megelőző időszakban csupán a versenysportban használták, míg napjainkban ez a féktípus a legelterjedtebb a személygépjárművek körében. Kialakítását tekintve több lehetőséget is alkalmaznak, melyet a gyártók tapasztalatai, és a jármű felhasználási jellegétől változik.

Az üzemi fékrendszerek legnagyobb léptékű fejlődése az ABS,¹ ASR,² valamint az ESP³ rendszereknek köszönhető. Ezek a rendszerek már beavatkozhatnak a fékezési folyamatba javítva a fékezés hatékonyságát és a stabilitást.

Dolgozatom egyik célja, hogy bemutathassam egy minden nap használt biztonsági rendszer működését, másrészt személyes tapasztalataimat a fékrendszerek melegezéséről mérésekkel is alátámaszthassam. Különböző tárcsafék-rendszerek más-, és más módon melegedhetnek, de a melegedés minden rendszernél ugyanazokat a hatásokat eredményezik. Ezek a hatások lehetnek hasznosak, illetve károsak is a fékezési folyamatra, valamint a féktárcsák és a fékbetétek élettartamára egyaránt. Ezen szakirodalmakban megjelent pozitív és negatív hatásokat is szeretném a vizsgálat során jobban megismerni.

¹ ABS - Anti-Blockier-System - Blokkolásgátló

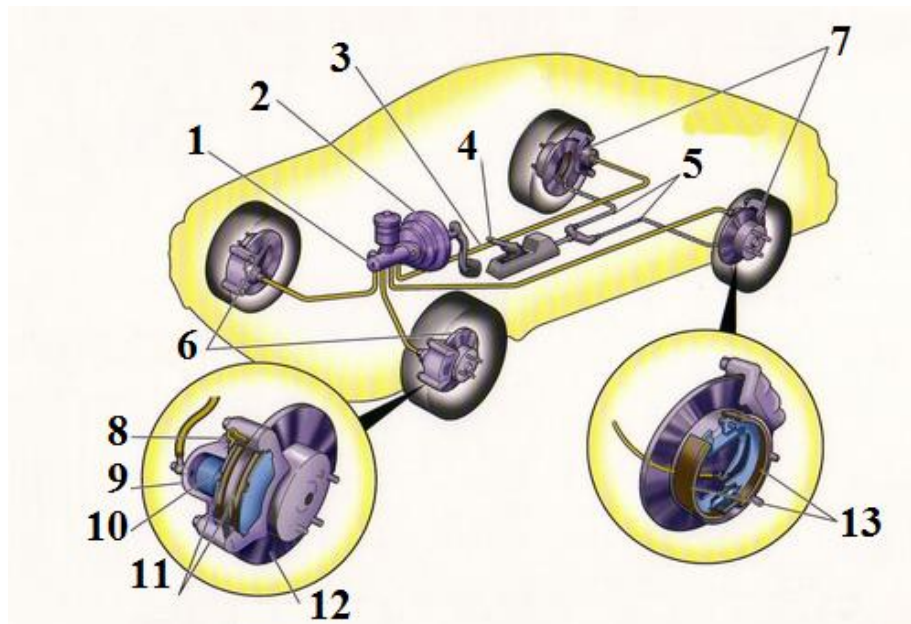
² ASR - Antriebs Schlupf Regelsystem - Kipörgés gátló

³ ESP - Electronic Stability Program - Menetdinamikai szabályzó rendszer

1. Szakirodalmi áttekintés

Lassító hatást járműveknél több módon is el tudunk érni, de a leghatásosabb, ha közvetlenül a kerekeknél helyezzük el az elsődleges üzemi fékező szerkezeteket. Emellett a hajtáslánc több elemét tartós fékként tudjuk használni, hogy a jármű hosszabb távolságokon ne gyorsuljon, például lejtmenetben. Erre használatos a motorfék. A kerekeknél alkalmazott fékszerkezeteknél mindenképpen mechanikus hatású fékeket kell alkalmazni. Mivel itt forgó mozgások találhatók, így a fékezett felületeknek hengeresnek (dobfék esetén), vagy síknak (tárcsafék esetén) kell lenniük. Működtetésük történhet mechanikus, hidraulikus és pneumatikus módon, és alkalmazható kisegítő fékrásegítő berendezés is. Az üzemi fékrendszerek kialakításának módját a jármű felhasználási jellege határozza meg. Napjainkban a személygépjárműveken hidraulikus működtetésű, rásegítéssel rendelkező rendszereket alkalmaznak az első tengelyen tárcsa, a hátsón dobfékekkel, de egyre elterjedtebbek a mindkét tengelyen tárcsafékkal fékezett modellek a nagyobb fékhatás miatt.

[1]; [3]; [10]



1. ábra. Hidraulikus fékrendszer általános felépítése

Forrás: [10]

- 1 – Főfékhenger, 2 – Vákuumos fékrásegítő, 3 – Fékcső, 4 – Rögzítő fékkar, 5 – Rögzítő fék bowden,
6 – Első tárcsafék, 7 – Hátsó kombinált tárcsafék, 8 – Fékállvány, 9 – Féknyereg, 10 – Féknyereg dugattyú,
11 – Fékbetétek, 12 – Féktárcsa, 13 – Dobfék

1.1. Fékrendszerekkel szembeni előírások és követelmények

A közlekedés biztonsága miatt minden országban hatósági rendeletek írják elő a járműveken felszerelt fékrendszerekkel szembeni előírásokat és követelményeket. Ezen rendeletek tartalmazzák a járművek típusminősítését és az azokra vonatkozó hatósági felülvizsgálatokkal kapcsolatos előírásokat. Az országonként előírt utasításoknak igazodniuk kell a nemzetközi szabályzathoz is, és attól csak szigorúbb irányba térhetnek el.

Az üzemi fékrendszer a gépkocsit a hatóságilag előírt hatékonysággal lassítja, illetve megállítja.

Az üzemi fékrendszerre vonatkozó legfontosabb hatósági előírások Magyarországon a következők [3]; [7]:

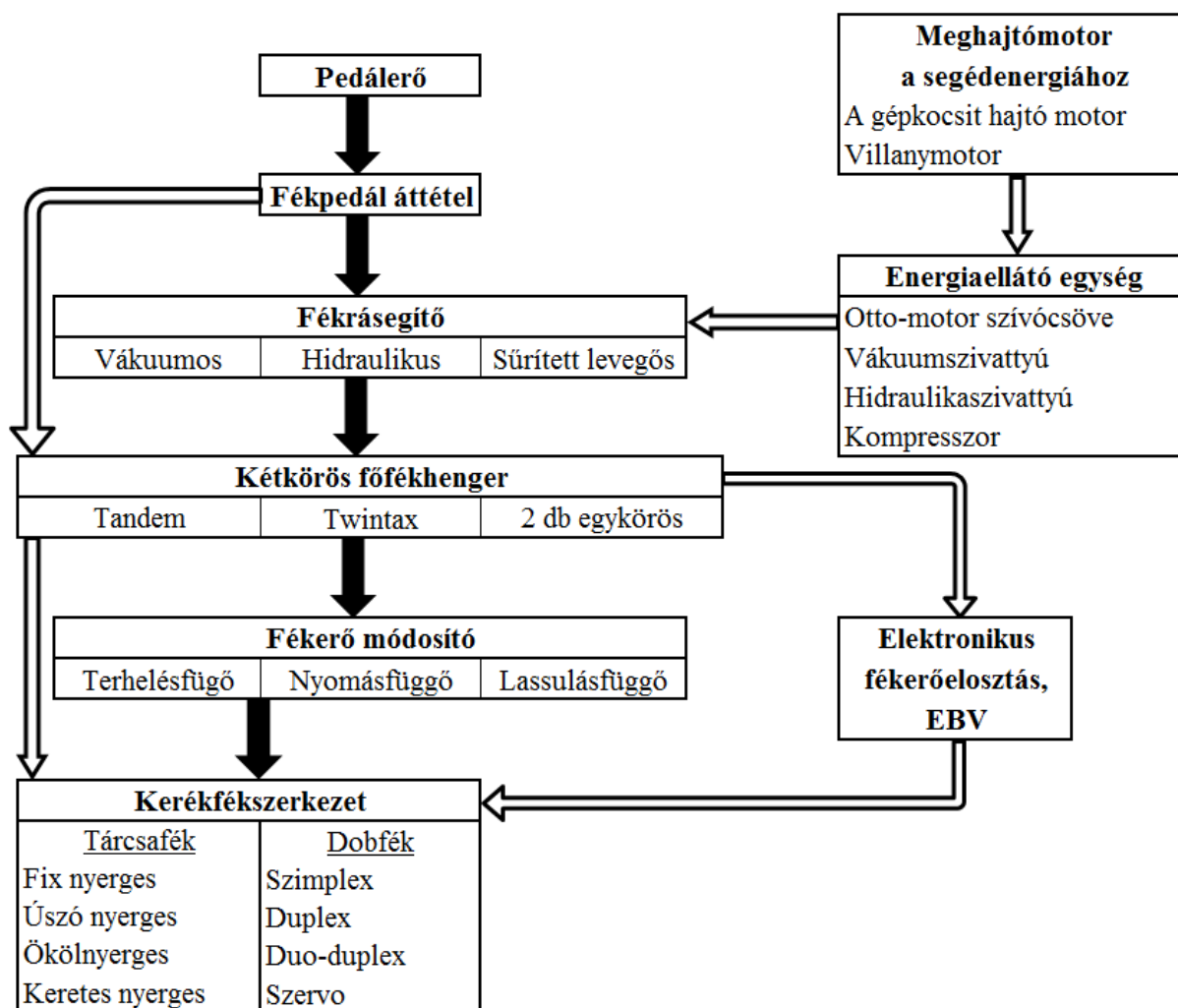
- Kielégítse a 6/1990 KÖHÉM rendelet 8. és 9. melléklet követelményeit
- Ki kell, hogy elégítse a járműtípusra megállapított fékerő határértékeit
- A vezetőülésből biztonságosan és kényelmesen működtethető
- Egyik kézzel sem kell a kormányt elengedni
- Az összes kereket fékezi
- Többkörös
- Fékhatás finoman változtatható
- Működtetéséhez izomerőn kívül segédenergia és külső erő is használható
- A tengelyek közötti fékhatás a dinamikus terheléssel arányos
- Tengelyenként a két kerék fékereje közötti eltérés a nagyobbik fékerő 20%-ánál nem lehet nagyobb
- Állandó értékű működtető erőnél a fékerő-ingadozás a maximális érték 30%-ánál nem lehet nagyobb
- A hatóságilag megengedett 500N pedálerővel elérhető legyen a járműkategóriára előírt lassulás, ha az útfelület és a gumibroncs közötti tapadási tényező lehetővé teszi ezt
- A gépkocsi lassulásának kezdetén a szükséges pedálerő ne haladja meg a 20N-t
- A fékerő a pedálerővel arányosan növekedjen, valamint finoman szabályozható legyen
- Az elmozdulás függvényében a fékerő progresszíven növekedjen
- A fékrásegítő olyan hatásos legyen, hogy 200-250N pedálerővel, 80-90mm pedálút mellett 9m/s^2 lassulás legyen elérhető
- A legnagyobb pedálút 150mm-nél kisebb legyen

- A fékrásegítő meghibásodása esetén a legnagyobb pedálerő kisebb legyen 500N-nál, és ekkor a lassulás érje el legalább a 3m/s^2 értéket
- Az egyik fékkör kiesése esetén is teljesülnie kell a biztonsági fékkörre előírt követelményeknek

[3]; [7]; [8]

1.2. A hidraulikus fékrendszer

A fékrendszer kialakításakor elsőrendű figyelmet igényel, hogy az előírások betartása mellett a potenciális vezetők fiziológiai adottságait is számításba vegyék. Ebből adódóan fontos, hogy különböző teljesítőképességek mellett is képes legyen az adott jármű az előírt lassulási értékeket elérni.



2. ábra. A hidraulikus fékrendszer részegységei

Forrás: [3] 42.p. 2.2 ábra

Vészfékezés közben a jármű stabilitása igen fontos szempont, ehhez pedig szükséges, hogy az adott tengelyeken elhelyezett fékrendszer azonos, vagy minimális eltéréssel fékezze a kerekeket. Ez a Pascal törvénynek köszönhetően – mely szerint zárt térben elhelyezett folyadék nyomása minden helyen és irányban azonos – valósítható meg.

Annak érdekében, hogy a mögöttünk haladó személy is észlelje a fékezési szándékot egy egyszerű villamos hálózat is kapcsolódik a fékrendszerhez, mely a fékpedál lenyomásakor a jármű hátulján vörös lámpák világításával jelzi a fékezést a közlekedés többi tagjának. Korszerű járművek a fékezés intenzitását oly módon is jelzik a követők felé, hogy a fékezés intenzitásával nő a lámpa fényereje, illetve vészfékezés esetén a féklámpa sűrűn villog.

[1]; [3]; [6]; [8]

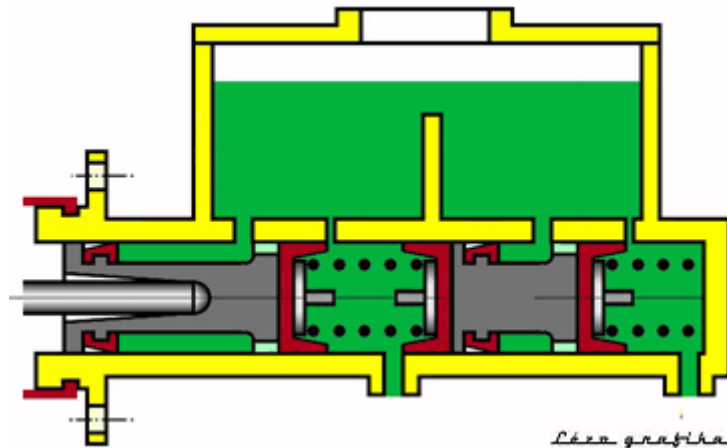
1.2.1. Főfékhenger

A rendszer működéséhez szükséges hidraulikus nyomást a főfékhengerrel állítják elő a fékpedál lenyomását követően. A főfékhengerre kifejtett nyomás miatt – a Pascal törvény értelmében – a rendszerben megnő a nyomás, és ennek hatására a kerekeknél lévő munkadugattyúk elmozdulnak. Elhelyezését tekintve főként a fékpedállal szemben a tűzfalon, a motortér felől található, de ettől eltérő helyekre is felszerelhetik a főfékhengert.

Feladatát tekintve a főfékhenger többcélú berendezés: [3]

- A fékpedál mechanikus áttételével, majd a vákuumos vagy hidraulikus rásegítő segítségével megnövelt erőt alakítja át hidraulikus nyomássá.
- A hidraulikarendszeren keresztül a munkahengerhez a megfelelő térfogatú és nyomású fékfolyadékot továbbítja.
- Feltöltést, majd megfelelő utántöltést tesz lehetővé, melyre azért van szükség, mert:
 - kopik a fékbetét
 - a melegedés és lehűlés miatt változik a fékfolyadék térfogata
 - csekély szivárgást ki kell, hogy egyenlítsen
- A biztonságos működés miatt a hidraulikarendszert legalább két, egymástól elkülönített körrel látják el úgy, hogy az egyik megsérülése esetén a másik működőképes maradjon.
- Az egyik fékkör kiesése esetén a másikkal létre lehessen hozni a biztonsági fék hatásosságának megfelelő nyomást.

- Hibátlan működés esetén, néhány kivételtől eltekintve, ahol különböző átmérőjű dugattyúk tartoznak az egyes fékkörökhöz, mindkét fékkörben azonos nyomás jön létre.



3. ábra. Főfékhenger lehetséges kialakítási módja

Forrás: [8]

A főfékhengerek anyagukat tekintve szürkeöntvényből készültek, de az anyagismeret fejlődésével áttértek a szilícium tartalmú alumínium öntvényekre. Ez sokkal precízebb megmunkálást tesz lehetővé a hagyományos szürkeöntvényekhez viszonyítva, de a javíthatóságuk ezáltal korlátozottabb. Kialakításánál a menetek kiszakadása ellen a fékcső csatlakozásokat krómozással látják el, tömítésre pedig alumínium alátéteket alkalmaznak.

A nyomóteret a dugattyúkra szerelt tömítések és karmantyúk zárják le, melyek alaphelyzetbe történő visszaállítását rugók segítik, ekkor következik be a fékoldás, és a dugattyú előtti térben az utántöltődés és a kiegyenlítődé. Ha ez nem történik meg, a fékrendszer nem oldódik, és ez fokozott fék kopáshoz vezethet.

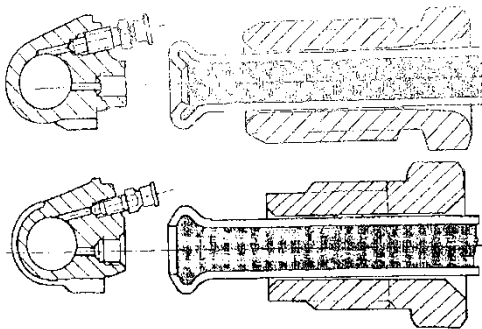
[3]; [6]

1.2.2. Fékcsövek

A főfékhengertől fém és flexibilis fékcsöveken keresztül jut el a fékfolyadék a fékerő elosztóhoz és a munkahengerekhez. Arra kell törekedni, hogy az adott gépjárművön a lehető legrövidebb fékcsöveket alkalmazzanak. Ezeknek a csöveknek jó korrózióálló képességgel, kisméretű tágulással, és jó vízzáró képességgel kell rendelkezniük. A belső kis átmérő miatt

fokozottan ügyelni kell, hogy szereléskor ne kerüljön szennyeződés a fékcsövek belsejébe. Mind a flexibilis, mind a fém fékcsöveken fel kell tüntetni a megfelelőségi előírásokat.

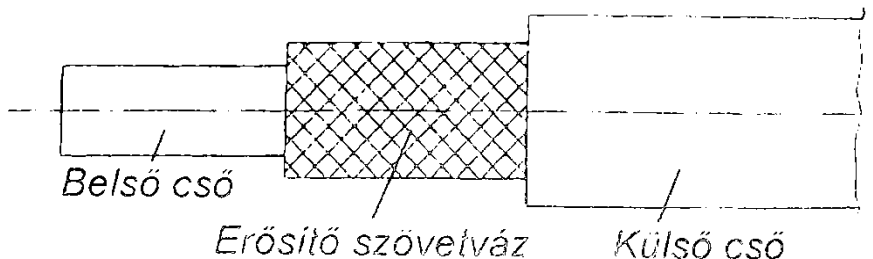
A fém fékcsövek régebben vörösrézből készültek, napjainkban viszont forrasztott, tekercselt acél csöveket alkalmaznak. Ezek rendelkeznek egy korrózió gátló bevonattal, illetve műanyag bevonatot is készítenek rájuk. Átmérőjük a DIN74234 szabvány szerint meghatározott lehet, mely tartalmazza a külső, illetve belső átmérők mellett a bevonat vastagságát, és egyéb paramétereket. A menetes hollandi anyákat a fékcsöveken peremezéssel rögzítik. A peremezés tömítésként is szolgál a különböző csövek, illetve alkatrészek összekapcsolásánál. A peremtípusok egymással nem felcserélhetőek, mert az a hidraulikus rendszer tömítetlenségéhez vezethet.



4. ábra. Fém fékcsövek peremezési változatai

Forrás: [3] 173p. 4.39 ábra

Flexibilis fékcsövek esetén a karosszériára rögzített merev fém fékvezetékek és a futóműveken elhelyezett fékszerkezetek összekötésére van szükség. Felépítésüket tekintve egy szövetes vázszerkezetre 2 réteg elasztomer, melyből a belső a fékfolyadéknak, a külső pedig a környezeti behatásoknak és az ásványi eredetű olajoknak áll ellen.



5. ábra. Flexibilis féktömlők felépítése

Forrás: [3] 174p. 4.42 ábra

A tömlők végeire sajtolással rögzítik a csatlakozókat, melyek korrózióállóak, és ha menettel ellátottak, akkor kúpos kialakításúak a jó tömítés érdekében. A féktömlők öregedése miatt azokat rendszeresen ellenőrizni és cserélni kell, mert a megöregedett csövek megkeményednek, és balesetveszélyessé válhatnak. Beszerelésükkor ügyelni kell, hogy ne törjenek meg, és ne feszüljenek túlzott mértékben, mert ez a tömlő idő előtti elhasználódásához vezethet.

[3]

1.2.3. Munkahengerek

A munkahengerek feladata, hogy a főfékhenger által előállított, és a csővezetékek által szállított hidraulikus nyomást átadják a fékbetéteknek. Gömbgrafitos szürkeöntvényből készülnek.

Felépítésük igen egyszerű: egy hengeres házba helyezik el a munkadugattyút, közöttük tömítőgyűrű található. A tömítés mellett ez a tömítőgyűrű felel a dugattyú megvezetéséért is a porvédővel egyetemben. A fékfolyadékot a dugattyú mögötti térbe vezetik, mely a nyomás hatására elmozdul, és a féktárcsához nyomja a fékbetéteket.

[3]

1.2.4. Fékfolyadékok

A hidraulikus fékfolyadék kiemelt szerepet tölt be a rendszer működésében, így szigorú előírások és szabályok vonatkoznak a különböző fékfolyadékok előállítására és felhasználására. A fékfolyadékokra vonatkozó szabályokat az ISO 4925 szabványrendszerében rögzítették, melyet a különböző országok saját szabványrendszereibe átvettek. Ezek a szabványok a következő előírásokat tartalmazzák:

- száraz forráspont
- nedves forráspont
- viszkozitás -40°C-on
- viszkozitás +100°C-on
- ph-érték
- stabilitás nagy és kis hőmérsékleten
- vegyi stabilitás
- ne okozzon korróziót

- oxidációnak ellenálló legyen
- párolgási jellemzők meghatározása

A fékfolyadékok jelölésére a nemzetközileg elismert DOT számozást alkalmazzák, mely tartalmazza a minimális száraz, és a minimális nedves forráspontot, a maximális viszkozitást (-40°C-on), valamint a folyadék színét.

Sokan a fékfolyadékot fékolajnak hívják, de ez helytelen elnevezés, mert a valódi ásványi olajból készült fékfolyadékok mennyisége elenyésző. Emellett alkalmaznak még poliglikoetilén, szilikon és alkoxy-silan bázisú vegyületeket. A különböző bázisú fékfolyadékok egymástól eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, egymásból kicsapódhatnak, ezért nem keverhetők egymással.

Napjainkban főként poliglikoetilén bázisú folyadékokat használnak, melyek megfelelnek a DOT 3, DOT 4 és DOT 5.1 előírásoknak, valamint találkozhatunk még szilikon bázisú DOT 5 típusú fékfolyadékokkal.

1. táblázat. – Fékfolyadék-szabványok

Törvényes előírások az USA-ban					
Fontosabb tulajdonságok	SAE J1703	FMVSS 116			
		DOT			
		DOT 3	DOT 4	DOT 5.1	DOT 5
Minimális száraz forráspont (°C)	205	205	230	260	260
Minimális nedves forráspont (°C)	140	140	150	180	180
Maximális viszkozitás (mm ² /s) -40°C-on	1800	1500	1800	900	900
Szín	-	Sárga	Sárga	Sárga	Kék

Forrás: [3] 165.p.

A helytelenül, nem gyári csomagolásban tárolt fékfolyadékok összetételükből adódóan képesek megkötni a nedvességet, ezért azokat csak gyári csomagolásban szabad tárolni. Felhasználását követően a csőcsatlakozásokon és a flexibilis csövek anyagán keresztül diffundál be a rendszerbe a nedvesség, ezzel csökkentve a fékfolyadék aktuális forráspontját. Hosszabban tartó és erőteljes fékezésnél ez fokozott problémát jelenthet, mert a felhevülő fékeknél a fékolaj is felmelegszik, és gőzbuborékok keletkeznek. Ezek a gőzbuborékok

jelentősen lerontják a fékhatást, és egyes esetekben akár padlóig be lehet nyomni a pedált anélkül, hogy a gépjármű lassulna. Ugyanebből a vizesedésből adódhat, hogy télen a víz kiválik, és megfagy, ezzel működési zavarokat okozhat.



6. ábra. Fékfolyadékok különböző kiszerelésekben

Forrás: [9]

A fékfolyadékok cseréjét 3-4 évenként el kellene végezni, de egyes berendezésekkel meghatározható a fékolajak nedvességtartalma, vagy forráspontja. A forráspont meghatározás pontosabb eredményt ad, mert különböző DOT besorolású fékfolyadékok azonos nedvességtartalom mellett különböző forrásponti értékeket adnak. Ezek alapján kialakult, hogy ha a folyadék forráspontja a tartályból vett minta esetén 180°C , a kerékfékhengerektől vett minta pedig a 150°C -t nem haladja meg, akkor szükséges az azonnal fékfolyadék-csere.

[3]; [9]; [12]

1.2.5. A hidraulikus fékrendszer működése

A fékezés a következő fázisokból áll:

- 1) A pedálra kifejtett erő a főfékhenger dugattyúján keresztül nyomni kezdi a rugót.
- 2) A rugó előfeszítésétől függő pedálerőnél a dugattyú megmozdul, s halad előre. Emiatt a dugattyú előtt nő az olaj nyomása. A nyomásnövekedés következtében a csővezeték (kis mértékben) tágulni kezd. Ekkor a kerékben lévő fékdugattyú még nem mozog, mivel annak rugója kicsit elő van feszítve.
- 3) A nyomás növekedésével előbb-utóbb megmozdul a fékdugattyú, emiatt a főfékhenger dugattyúja is gyorsabban mozog, az olajáramlás fokozódik.
- 4) A fékdugattyú felütközik (eltűnik a fékbetét és a henger belső palástja közötti rés). Ekkor még nincs fékezés.
- 5) A fékerő (a nyomás) további növekedésével a fékdugattyú növekvő erővel szorítja a fékbetétet a tárcsához, ekkor következik be a tényleges fékezés. Ettől kezdve a főfékhenger dugattyúja megint csak olyan mértékben tud mozogni, ami a csővezeték tágulásával arányos.

[8]

1.3. Tárcsafékek

Tárcsaféket először 1902-ben készített Frederick W. Lanchester, de eleinte csak a versenysport területén alkalmazták. Az 1950-es években kezdték a szériaszerű alkalmazását, mert ekkor a nagyobb teljesítményű és gyorsabb járművek lassítására és megállítására már nem voltak elegendőek az addig alkalmazott dobfékek. A dobfékkel szemben kisebb méretet lehetett elérni, ezzel is segítve a karosszériaépítés megváltozását. Ekkor még csak az első tengelyeken alkalmaztak tárcsafékeket, de az 1960-as években nagyobb teljesítményű járműveknél már mind a négy kereket ilyen módon fékezték. Dobfékekhez viszonyítva kevésbé érzékeny a hőmérsékletváltozásokra, sőt, azzal szemben önerősítő hatású a működése.

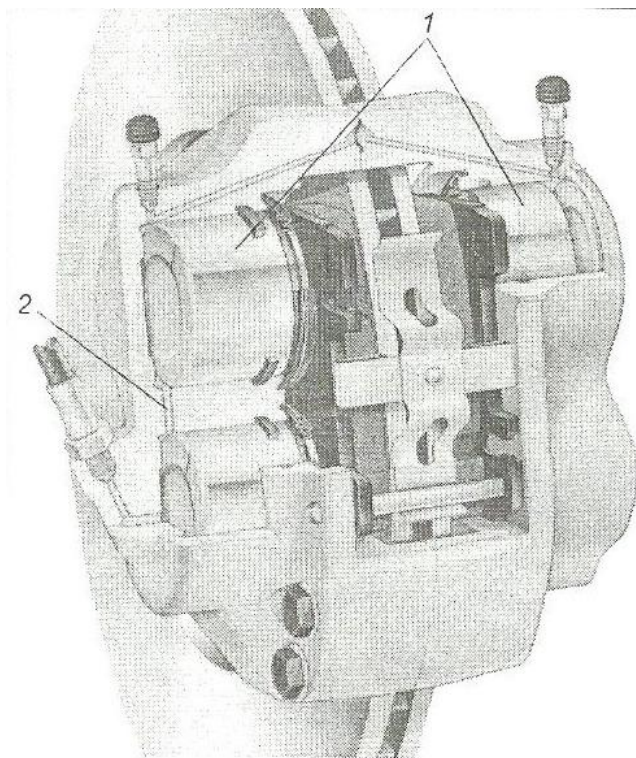
[3]

1.3.1. Tárcsafékek elterjedt kialakítási módjai és működésük

Fix nyerges tárcsafékek

Legrégebben alkalmazott tárcsafék típus, melynél a féknyereg stabilan van rögzítve a tengelycsomokra. Ezek kettő, illetve négy munkadugattyúval ellátott nyergek, melyeket rögzítőfékkel is kombinálhatnak.

A két, illetve négy dugattyúval ellátott féknyergek között jelentős kialakítási különbségek nem találhatók. Mindkét esetben a dugattyúk átmérője megegyező, hogy azonos mértékű legyen a tárcsákra ható szorító erő. Négy munkadugattyús fékek esetén azok lehetnek kétkörös rendszerűek is. Ekkor az egymással szemben lévő dugattyúk vannak összekötve, és működnek azonos erővel. A féknyergek két fél részből állnak, melyek precíz megmunkálást igényelnek, és összeszerelésükkor nagy teherbírású csavarok alkalmazása szükséges.

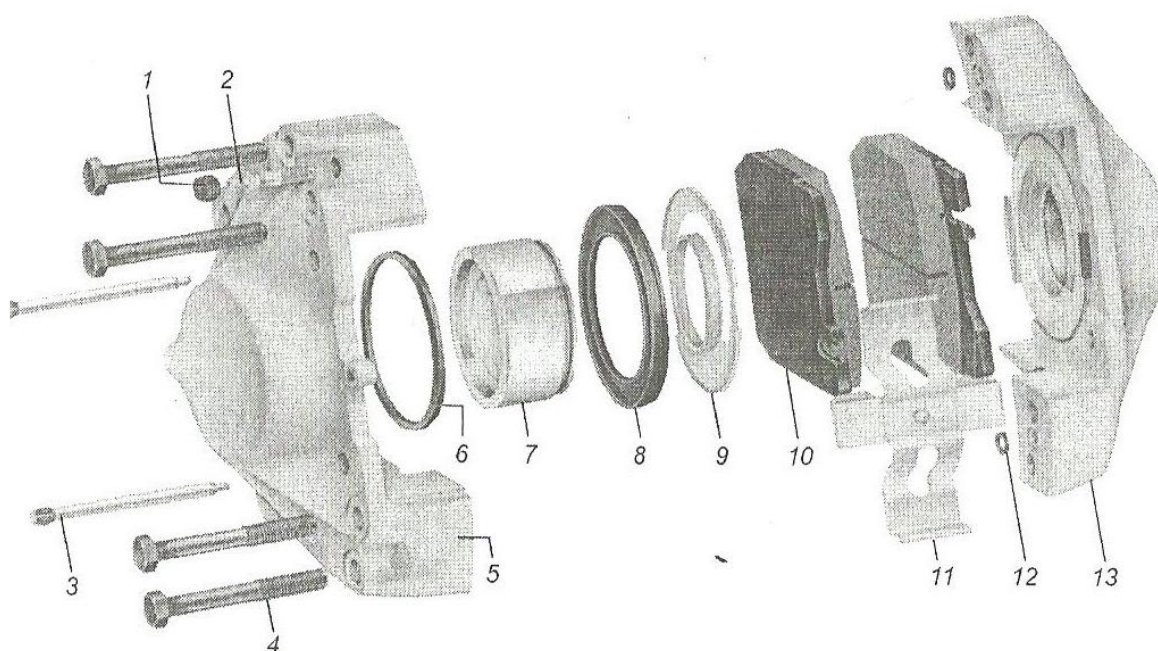


7. ábra. ATE négy dugattyús, fix nyerges tárcsafék

Forrás: [3] 88.p. 3.54 ábra

Kőfalusi [3] szerint a nyeregöntvény belsejében a folyadékátvezető furatok kialakításánál arra törekszenek, hogy a féktárcsa sugárzó hőjétől a lehető legvédebb helyre kerülhessenek (7. ábra.). Ezzel is csökkenthető a fékfolyadék hőterhelése. Ugyanakkor arra is tekintettel kell lenni, hogy a légtelenítés minél egyszerűbben legyen elvégezhető. A nyeregyszerkezet olyan

A nyeregben alakítják ki a betétek helyét is, melyek nagy illesztési hézaggal futnak. Az esetleges rezgések elkerülése érdekében a betéteket rugókkal támasztják meg. Ezek a rugók segítenek a fékezés után az alaphelyzetbe való visszaállásban is.

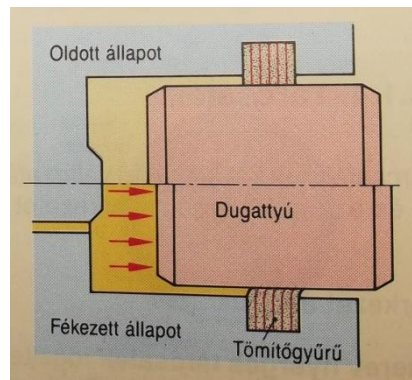


- | | | |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| 1 – Porsapka | 5 – Nyeregfél | 10 – Fékbetét |
| 2 – Légtelenítőcsavar | 6 – Tömítőgyűrű | 11 – Lemezrugó |
| 3 – Biztosítócsap a fékbetéthez | 7 – Dugattyú | 12 – Fékfolyadék-átvezető |
| 4 – Nyeregfeleket összefogó csavar | 8 – Porvédő | furat tömítése |
| | 9 – Hőterelő lemez | 13 – Nyeregfél |

Forrás: [3] 86.p. 3.52 ábra

13

fékerő növelésekor rugalmas deformációt szenved, csökkentésekor pedig alaphelyzetbe áll vissza.



9. ábra. A tömítőgyűrű működése

Forrás: [1] 262.p. 3. ábra

Úszó nyerges tárcsafékek

Kialakítása több szempontból is kedvező a fix nyerges tárcsafékekhez képest. Ezeknél a rendszereknél a féknyereg a fékállványra valamilyen elcsúszást engedő rögzítést alkalmaznak. Erre azért van szükség, mert munkadugattyúk csak a nyereg belső oldalán találhatóak, a külső oldalon csak a nyereghúzó része található. Ez abból a szempontból kedvező, hogy így egy darabból kialakítható a nyereg, nem kell furatokat kialakítani a fékfolyadék számára, és nem kell rögzítő csavarokat alkalmazni a féknyereg összeszereléséhez. Mivel csak egy oldalon található fékfolyadék, így annak túlmelegedésétől sem kell annyira tartani, illetve egyszerűbbé válhat a légtelenítés folyamata is.

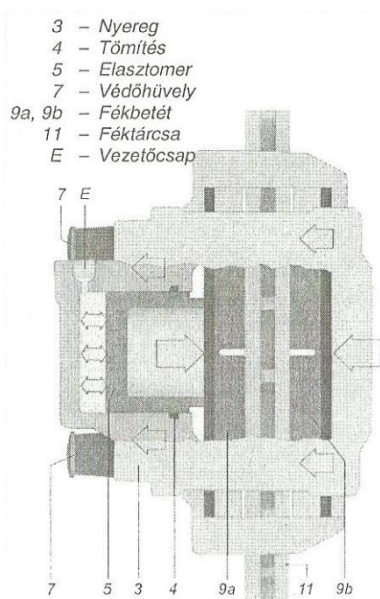
Hátránya a fix nyerges megoldással szemben, hogy itt azonos paraméterek esetén a fékezés végekor csak fele akkora távolságra képes a féktárcsa és a betét közötti távolság csökkenni (mert csak egy oldalon van munkadugattyú), így az alkatrészek nagyobb melegedésnek és kopásnak vannak kitéve. Ezt próbálják ellensúlyozni olyan módon, hogy a csúszka részt is ellátják egy elasztomerrel, mely hasonló módon működik, mint a dugattyút visszamozdító elasztomer gyűrű. Ezzel a megoldással csökkentik a nem kívánatos rezgéseket és hangokat. [5]

Többféle kialakítási módot is alkalmaznak, melyek közül a legelterjedtebbek a keretes nyerges és az ökölnyerges kivitelek. Keretes nyerges kivitelnél a nyeret és a betéteket rögzítő lapokkal vagy csapokkal rögzítik a fékállványhoz, melyeken el tudnak mozdulni. Az ökölnyerges kivitel az emberi kézhez hasonlóan öleli át a féktárcsát és a betéteket – innen

ered a neve is. Ezek a szerkezetek vezetőcsappal vannak a fékállványhoz fogatva, és ezeken történik a nyereg elcsúszása is.

Működésükkor a fékbetét nekitolódik a féktárcsának, majd a nyereg a csúszkán elmozdulva a túlsó oldali betétet is a féktárcsához húzza. A növekvő fékfolyadék nyomásának hatására a fékhatás is növekedni kezd (10. ábra.). Csökkentésekor a fix nyergeshez hasonlóan a dugattyú visszaáll alaphelyzetbe, illetve a csúszka is visszatér a kiindulási pozíciójába.

[1]; [3]; [5]; [6]



10. ábra. Úszó ökölnyerges fékszerkezet elvi működése

Forrás: [3] 93.p. 3.60 ábra

1.3.2. Féktárcsákkal és fékbetétekkel szembeni követelmények, felépítésük és anyaguk

Féktárcsák

A féktárcsák fazék alakú alkatrészek, melyek lehetnek kombináltak is. Ekkor a fazék részben egy dobót alakítanak ki, mely a rögzítőfék szerepét szolgál. A tárcsa rész lehet tömör, de nagy igénybevétel esetén belső bordázású szellőztetett féktárcsákat alkalmaznak. A versenysportoknál alkalmazott féktárcsák súrlódó felületét furatokkal látják el a jobb hűtés érdekében. A féktárcsákat kopásjelzőkkel is ellátják, melyek hornyok a palástfelületen, vagy egy horony (esetleg furat) a homlokfelületen. Ezekre csak elég rá kell pillantani, és eldönthető, hogy még használható vagy cserélendő.

A féktárcsák rögzítése a kerékagyra legtöbbször kerécsavarokkal a felnivel együttesen történik, de bizonyos konstrukcióknál külön csavarozzák fel a kerékagyra. Egyes kialakításoknál a féktárcsát a kerékaggyal együtt alakítják ki, és csak a kerécsapágyakkal egy egységként cserélhetőek, ezzel is növelve az előállítási és eladási költségeket.

A féktárcsákat öntvényekből alakítják ki, mely lehet öntöttvas, temperöntvény vagy acélöntvény alapú ötvözet. Napjainkban a legelterjedtebb a HC (High Carbon Cast Iron) magas karbon tartalmú öntvény, mely jelenleg a legjobban megfelelő anyag a féktárcsák előállításához. Ezen anyag százalékos összetétele a 2. táblázatban található. [10]

2. táblázat. – HC típusú öntöttvas térfogatszázalékos vegyi összetétele

C	Si	Mn	P	S	Ti	Cu	Cr	Sn
3,73	2,07	0,78	0,058	0,085	0,014	0,56	0,27	0,039

Forrás: [2] 49.p.

Napjainkban a versenysportban és a nagyobb teljesítményű járműveknél alumíniumrészecskéket tartalmazó kompozit (Al-MMC) és két részes kerámia mátrix kompozit (CMC, CCB) anyagokat is használnak kisebb tömegük, hosszabb élettartamuk és legfőképp hatékonyabb fékezési jellemzői miatt (11. ábra). Ezen féktárcsák tömege kisebb, mint az azonos méretű öntöttvas féktárcsáké, így a járművek rugózatlan tömege is kisebbé válik. Magas előállítási költségük miatt az ezekből az anyagokból készült féktárcsák még csak a nagy teljesítményű és prémium kategóriás járművekhez érhetőek el.



11. ábra. Két részből álló CCB féktárcsa kialakítása hat dugattyús fix nyereggel

Forrás: [8]

Kőfalusi könyvében leírta [3], hogy a féktárcsák tervezésekor és gyártásakor a következő követelményeket támasztották alapul:

- A melegedés okozta hőfeszültség nem idézhet elő maradandó alakváltozást vagy olyan belső feszültséget, mely károsítja a féktárcsát, illetve repedést okoz.
- A féktárcsa lehetőleg kis tömegű és olyan kialakítású legyen, hogy a vele érintkező alkatrészeknek minél kevesebb hőt adjon át a fékezés után.
- Előnyös a kedvező, megfizethető ár.
- További tényleges követelmény, hogy az adott féktárcsához kifejlesztett fékbetéttel együttműködve, a súrlódási tényező fékezés közben ne változzék.
- A kopás csak olyan mértékű legyen, hogy a súrlódó felület öntisztulása megfelelő legyen.
- A korrózió ne károsítsa a féktárcsát.

A féktárcsák legnagyobb igénybevétele a hőterhelés, mely túlzott mértéke deformációhoz is vezethet. A nagy hő hatására a féktárcsának mint az átmérője, mint vastagsága növekedik. Bizonyos kereteken belül ez hasznos is lehet (pl. a vastagság kismértékű növekedése önerősítő hatású). Túlzott mértékű hőhatás esetén a féktárcsa anyagának belső szerkezete megváltozhat, valamint az anyag felgyűrődhet, és a tárcsa felülete hullámosodhat.

Fékbetétek

A fékbetétek tervezésénél és gyártásánál az ECE-R 90 előírást kell alapul venni, melyet 2001-től alkalmaznak, és kiter a fékbetétek gyártásának több területére. A fékbetét egy acél hordozóból, és egy rá ragasztott nagy súrlódó képességű kopórétegből épül fel. Bohner és munkatársai [1 – 264. o.] szerint a következő követelmények a legfontosabbak:

- Nagy hőállóság, összenyomhatóság, nyírószilárdság és élettartam
- Állandó súrlódási tényező nagyobb hőmérsékleteken is
- Vízrel és szennyeződésekkel szembeni érzéketlenség
- Nagy termikus igénybevétel esetén ne üvegesedjen

Kőfalusi [3] ezeket a követelményeket a következőkkel egészítette ki:

- Kopásállóság
- Szilárdsági tulajdonságok
- Környezetvédelmi szempontok

- Gyártási költségek

Ezen követelményeket szem előtt tartva sokáig szövet és pamutszálakat, majd azbesztet alkalmaztak a súrlódó felület szövetszerkezetének kialakításához, de az azbeszt mérgező tulajdonságait figyelembe véve ezt később felváltották a réz és horgany szálak, valamint a különböző szintetikus anyagok. Ezen anyagok alkalmazásával a drága szálszövési technológia is kiválthatóvá vált, és egyszerű sajtolással alakítják ki a kopóréteget. Ezek a betétek gyártása olcsóbb és kedvezőbb tulajdonságúak elődjeiknél.

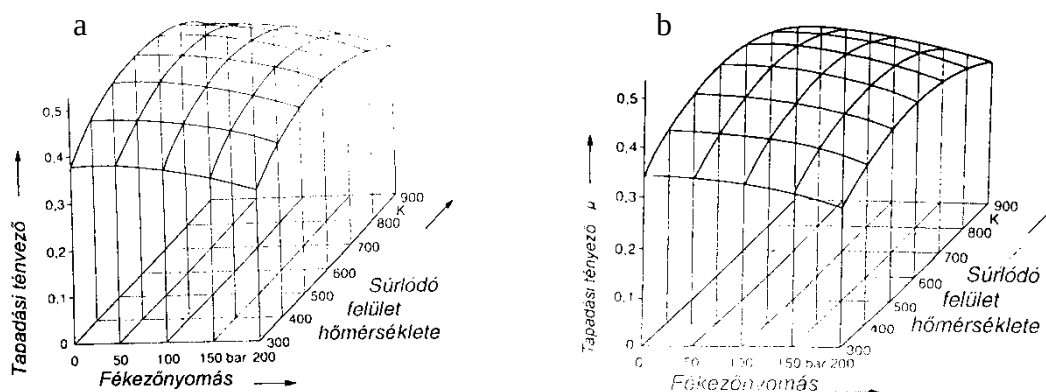


12. ábra. Fékbetétek feléptése

Forrás: [9]

A betét jó minősége meghatározó annak hatékonyságában és élettartamában. A minőséget nagyban befolyásolja a súrlódó anyag és annak szemcsenagysága, a kötőanyag, a segédanyagok valamint a sajtolás utáni tömörség.

Fékhasználat közben a féktárcsa vezeti el a keletkező hő 90%-t, így a fékbetétek hőterhelése jóval kisebb lesz a féktárcsákéénál. Ez a felmelegedés igen gyors ütemű, és ehhez hasonlóan a lehűlés is. Ennek köszönhetően normál fékezés mellett nem következik be anyagszerkezeti változás, ami jelentősen rontaná a fékezési hatékonyságot. Intenzív, vagy hosszan tartó fékezés esetén a nagyobb mértékű, és hosszan tartó hőhatás miatt csökken a súrlódási tényező, megváltozhat a betét anyaga, valamint az 1.2.4-es fejezetben már említetten a fékfolyadékban gőzbuborékok keletkezhetnek ennek hatására. A tapadási tényező változását grafikusán is ábrázolják, mely a 13. ábrán látható az első és hátsó kerekekre levetítve.



13. ábra. Fékbetétek súrlódási tényezőjének változása hőmérséklet és fékező erő változásának hatására az első (a) és hátsó (b) kereken

Forrás: [3] 115.p. 3.97 ábra és 116.p. 3.98 ábra

Az ábrákon jól látható, hogy az első és hátsó fékszerkezeteknél nagymértékű eltérések tapasztalhatóak a hőmérsékletek és tapadási tényezők vonatkozásában. Ez a fékezés közbeni dinamikus tengelyterhelések változásából fakad, mivel fékezés közben az első tengelyek nagyobb terhelést kapnak.

[1]; [2]; [3]; [6]; [8]; [9]

1.3.3. Tárcsafékek jellemző meghibásodásai

A tárcsafékeknel jelentkező hibák többféle lehetnek, melyek csökkentik a fékhatást, de egyes esetekben annak teljes megszűnését okozhatják.

A leggyakoribb meghibásodásokról a Ferodo alkatrészgyártó (mely az első, kifejezetten fékalkatrészek fejlesztésével és gyártásával foglalkozó vállalat volt) készített egy részletes leírást.

[10]

Féktárcsa-fékbetét kapcsolati hibák

1. Fékbetétek egyenetlen kopása. (14. ábra.) Nagymértékű kopás egy betéten, mellette minimális kopás az ellentétes oldalon.

- Ok: Féknyereg beragadása. Egyik fékbetét folyamatosan érintkezik a féktárcsával, ami miatt a betét az acél hátlapig lekopik. A féktárcsának a tartólemezzel érintkező felülete erősen kopik, míg a féktárcsa másik oldala és a másik betét gyakorlatilag új marad.

- Hatás: Folyamatosan köszörülő zaj, vibráció és alacsony fékhatékonyság. Esetleg a kiegyenlítetlen fékhatás miatt a jármű fékezésekor az egyik oldalra húz.
- Megoldás: A féknyerget ellenőrizni kell, ki kell cserélni vagy meg kell javítani. Szükség esetén ki kell cserélni a fékbetéteket és féktárcsákat



14. ábra. Fékbetétek egyenetlen kopása

Forrás: [10]

2. Hornyok a féktárcsán (15. ábra.)

- Ok: A mély hornyokat a betétek és a féktárcsa közötti laza, koptató hatású szemcsék okozzák. Az idegen törmelék kívülről (út, por, víz), vagy rosszul elkevert súrlódó anyagból jut be a fékrendszerbe.
- Hatás: Zaj, fékezés és normál futás közben, illetve kisebb fékhatékonyság és kisebb érintkező felület.
- Megoldás: Ki kell cserélni a féktárcsákat és betéteket.

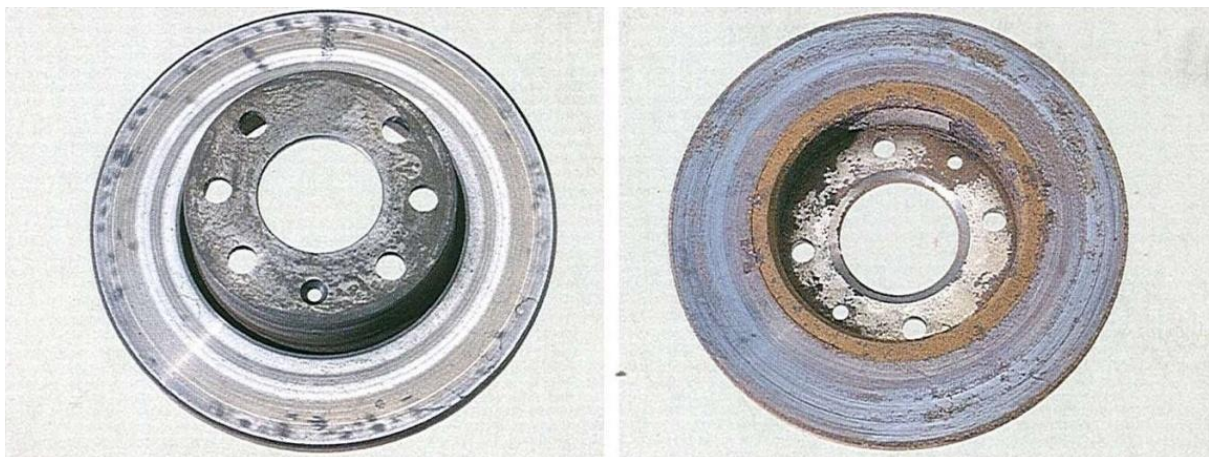


15. ábra. Hornyok a féktárcsán

Forrás: [10]

3. Tárcsa felületének szennyezettsége, csillogó vagy sötét foltok. (16. ábra.)

- Ok: Súrlódó anyag lerakódása került át a féktárcsa felületére. Ez általában akkor következik be, amikor rossz minőségű fékbetéteket szerelnek be.
- Hatás: Vibráció, gyenge fékezési hatékonyság és kemény pedál.
- Megoldás: Jó minőségű fékbetéteket kell beszerezni, ahol a súrlódó anyag megfelel a járműgyártó előírásainak.

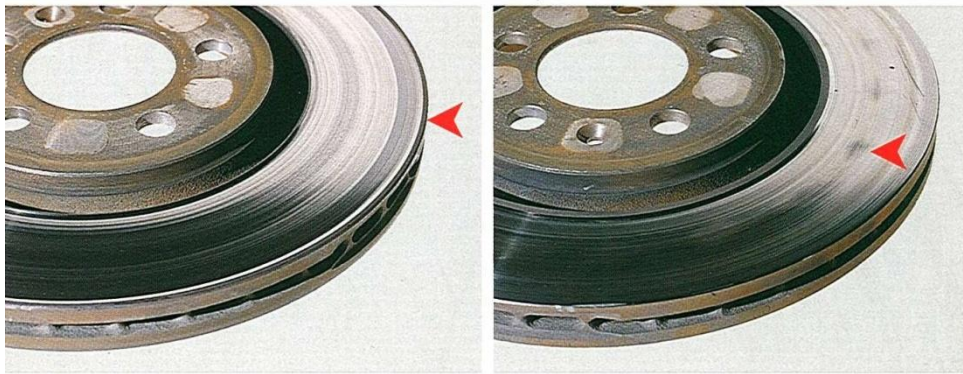


16. ábra. Féktárcsa felületi szennyezettsége

Forrás: [10]

4. Fékezési felületek egyenetlen kopása.(17. ábra.) Kék foltok a fékezési felület központjában. Esetleg megjelenő repedések.

- Ok: A féknyereg és/vagy a betétek helytelen felszerelése miatt a betétek a féktárcsára különböző szögben állhatnak, és az egyes oldalak eltérő mértékben kopnak. A kék foltokat súlyos helyi túlhevülés okozza azokon a helyeken, ahol súrlódásos érintkezés lép fel.
- Hatás: Fokozottan erősödő vibráció a forró helyek miatt. A fékhatékonyság esetleges csökkenése.
- Megoldás: Ellenőrizni, és szükség esetén javítani kell a féknyerget. Ki kell cserélni a betéteket, ellenőrizve, hogy a típus és az alak megfelel az alkalmazásnak.



17. ábra. Fékkezési felület egyenetlen kopása

Forrás: [10]

Hibás működés, hőkárosodás

5. A féktárcsán különböző mértékű elszíneződések és foltok (kék, ibolyakék, arany színű) láthatók. (18. ábra.)

- Ok: Rossz bekopás. Ez normális jelenség az új alkatrészek esetén a betét- és a tárcsavastagság kismértékű eltérései miatt. Ha nincs megfelelő bekopás, akkor a súrlódó felületek túlhevülhetnek, ami miatt a súrlódó felületek fémszerkezete megváltozik.
- Hatás: Alacsony hatásfokú fékezés a lecsökkent súrlódás miatt. Vibráció jelentkezhet, ami erősödik a betét és a féktárcsa élettartama során.
- Megoldás: Ki kell cserélni a féktárcsákat, és be kell tartani a megfelelő beágyazási eljárásokat, például csak mérsékelten szabad használni a féket az első 200 kilométeren!

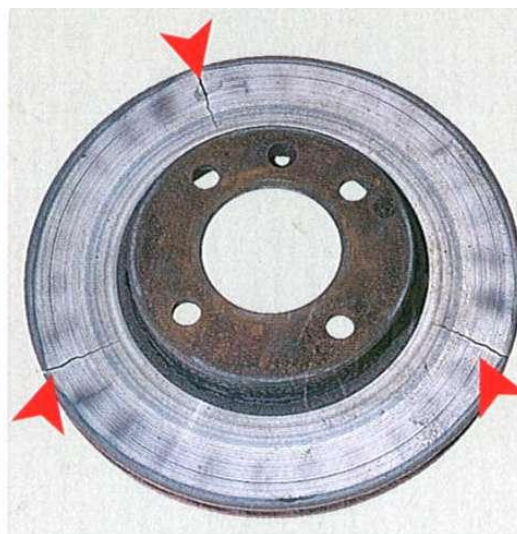


18. ábra. Féktárcsa elszíneződése

Forrás: [10]

6. Radikális törések vagy kék foltok a szellőzőnyílásoknál. (19. ábra)

- Ok: A kék foltok a növekedő repedések jelei. Ezeket a felület fémszerkezetének megváltozása eredményezi, ami miatt az kemény és rideg lesz. Ez tipikus fékek normál tervezett terhelését meghaladó túlterhelése esetén. Ezt eredményezheti intenzív vagy szokatlan fékezés - például agresszív vezetési stílus-, vagy túlzott terhelés.
- Hatás: A fékhatás és teljesítmény csökken, zaj és vibráció lép fel.
- Megoldás: Ki kell cserélni a féktárcsákat, kerülni a fék durva használatát, és hatékonyabban kell használni a motor/kipufogó fékét.



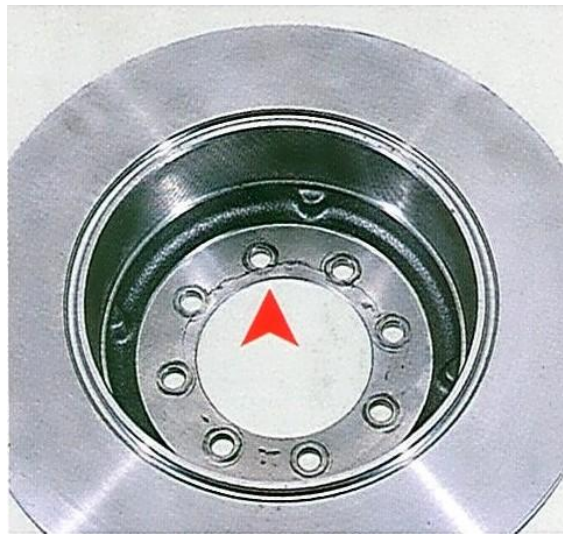
19. ábra. Radikális törések a féktárcsán

Forrás: [10]

Nem megfelelő összeszerelés

7. Kerékagy érintkező felületének torzulása, és/vagy repedezettség az illesztő furatok körül.

- Ok: Nem megfelelő meghúzási sorrend. Elégtelen meghúzási nyomatékot alkalmaztak.
- Hatás: Vibráció, különösen a fékezés megkezdésekor.
- Megoldás: Ki kell cserélni a féktárcsákat, be kell tartani a megfelelő szerelési sorrendet és a gyártó által javasolt meghúzási nyomatékot

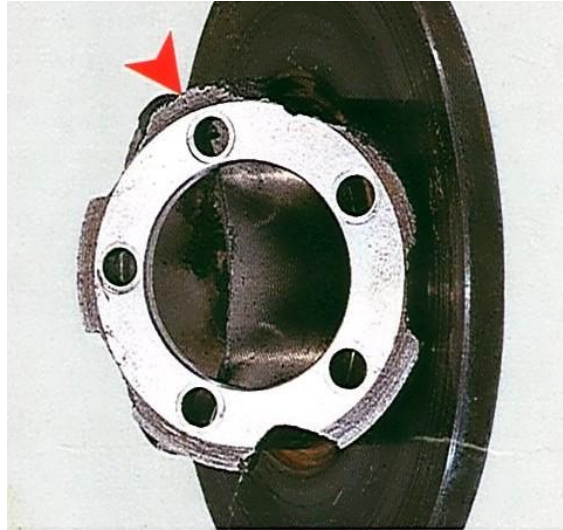


20. ábra. Torzulás és repedés az illesztő furatoknál

Forrás: [10]

8. A kerékagy érintkező felülete levált vagy torzult. (21. ábra.)

- Ok: Túlzott meghúzás, a gyártó által javasolt meghúzási nyomaték és meghúzási sorrend figyelmen kívül hagyása.
- Hatás: A féktárcsa érintkező felületének leválása. A fék teljes meghibásodása.
- Megoldás: A fékrendszer és a kapcsolódó alkatrészek teljes körű vizsgálata. Ki kell cserélni minden hibás alkatrészt, majd új féktárcsákat kell felszerelni, figyelembe véve a gyártó által javasolt meghúzási nyomatékot és meghúzási sorrendet.

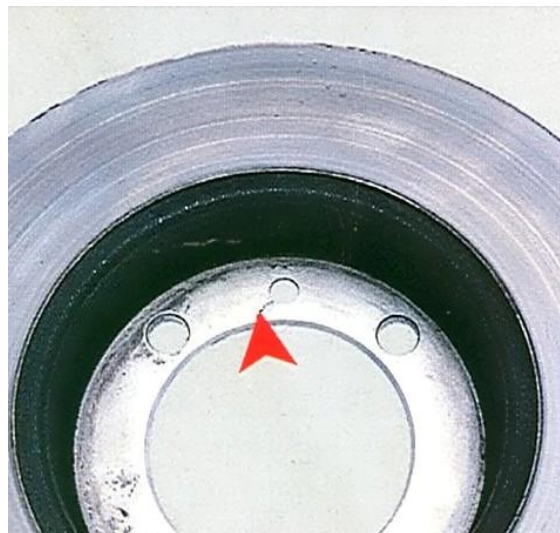


21. ábra. A kerékagy érintkező felülete levált

Forrás: [10]

9. A kerékagy érintkező felületének torzulása és/vagy repedezettség ennek környékén. (22. ábra.)

- Ok: Túl nagy meghúzási nyomatékot alkalmaztak a beállító csavaron.
- Hatás: Vibráció észlelhető a fékezés megkezdését követően.
- Megoldás: Ki kell cserélni a féktárcsákat, elkerülve a túlzott mértékű meghúzást. A pozicionáló csavaroknak csak az a célja, hogy biztosítsa a féktárcsák megfelelő elhelyezkedését.

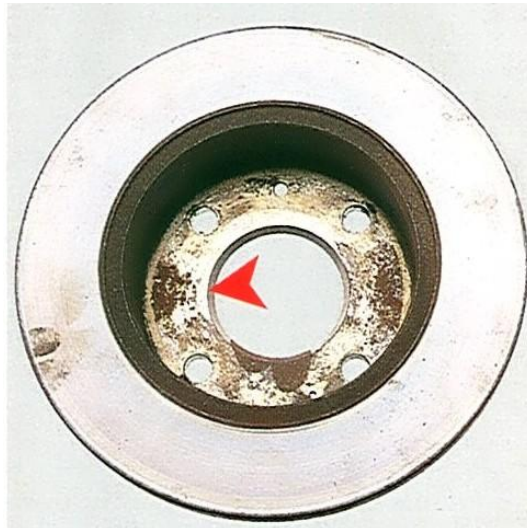


22. ábra. A kerékagy érintkező felületének repedése

Forrás: [10]

10. Szennyeződés és/vagy rozsdá a kerékagy felületén. (23. ábra.)

- Ok: A kerékagy felületének szennyezettsége téves beállításhoz vezethet a felszerelés során, ami rendellenes érintkezést hoz létre a betét és a féktárcsa felülete között, illetve a féktárcsa egyenetlen kopását eredményezi.
- Hatás: A féktárcsa vastagságának eltérése, ami oszcillációt hoz létre a féktárcsa felületén, ami viszont zajt és vibrációt eredményez. Ez a hatás a használat során növekszik.
- Megoldás: El kell távolítani a féktárcsát, és alaposan meg kell tisztítani a kerékagy és a féktárcsa felületét, eltávolítva a rozsdát és egyéb törmeléket. Ellenőrizni kell, hogy a tartófelület nincs sem eltorzulva, sem megsérülve. Vissza kell szerelni a féktárcsákat, figyelembe véve a gyártó által javasolt meghúzási nyomatékot és meghúzási sorrendet.



23. ábra. Szennyeződés a kerékagy felületén

Forrás: [10]

11. A féktárcsa koronájának leválása a fékezési felületről. (24. ábra.)

- Ok: Mechanikai feszültség a hibás beállítás miatt. A féknyereg nem megfelelő összeszerelése vagy beállítása a fékezési felület folyamatos asszimmetrikus kopását eredményezi, ami végül leválást okoz.
- Hatás: Kezdeti erős zaj és vibráció a fékezés közben, míg végül a leválást követően teljes mechanikai összeomlás.
- Megoldás: A fékrendszer és kapcsolódó alkatrészek teljes körű vizsgálata. Ki kell cserélni minden hibás alkatrészt, majd szereljen fel új féktárcsákat, figyelembe véve a

gyártó által javasolt meghúzási nyomatékot és meghúzási sorrendet. A féktárcsák felszerelése előtt ellenőrizni a féknyereg és a tengely beállítását és összeszerelését.

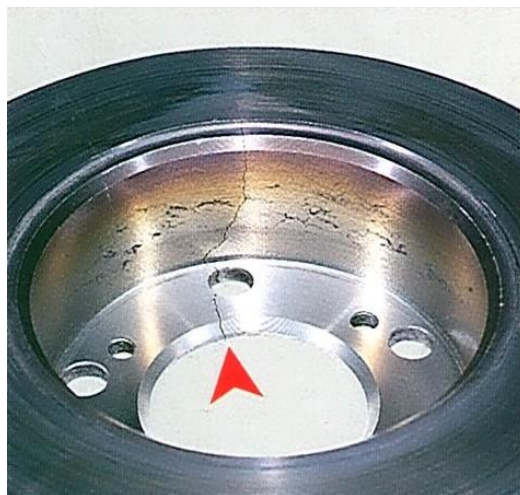


24. ábra. A féktárcsa koronájának leválása

Forrás: [10]

12. Repedés a korona és az érintkező felület között. (25. ábra.) A féktárcsa és a kerékagy központjai közötti eltérés.

- Ok: Cserealkatrészek nem megfelelő azonosítása.
- Hatás: Vibráció a fékezés megkezdésekor.
- Megoldás: Be kell azonosítani a megfelelő alkatrészt, majd ki kell cserélni a féktárcsákat, figyelembe véve a gyártó által javasolt meghúzási nyomatékot a meghúzás közben.

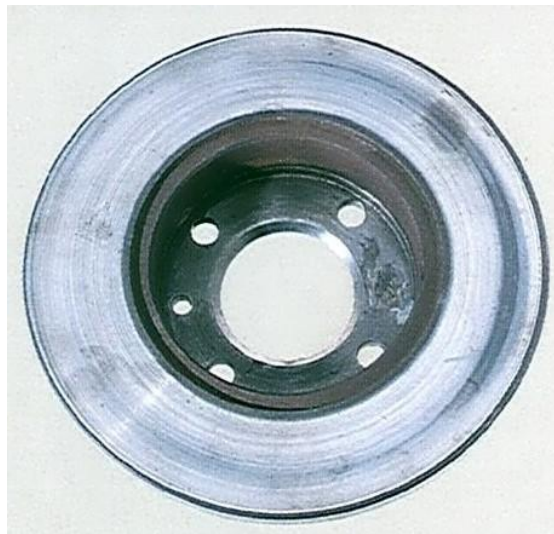


25. ábra. A féktárcsakoronájának repedése

Forrás: [10]

13. Kék foltok és sötétebb részek a féktárcsa felületén. (26. ábra.) Helyi túlhevülés jele.

- Ok: Kerékagy túlzott radiális ütése. A féktárcsa és a betét egyenetlen érintkezése túlzott oszcillációt hoz létre, ami viszont helyi túlhevülést okoz. Ez elszíneződést (kékülést) eredményez.
- Hatás: Folyamatosan növekvő zajok és vibráció.
- Megoldás: Korrigálni kell a kerékagy radiális ütését, majd meg kell arról győződni, hogy ez a megfelelő határértéken belülre esik.



26. ábra. A féktárcsa túlhevülésének jelei

Forrás: [10]

Rendellenes kopás

14. Túlzott mértékű kopás. (27. ábra.) A féktárcsa vastagsága kisebb már, mint a gyártó által javasolt minimális vastagság.

- Ok: A féktárcsákat nem ellenőrizték rendszeresen, vagy nem cserélték ki a megfelelő időben.
- Hatás: A teljesítmény lecsökken, vibráció és túlzott mértékű zaj lép fel fékezés közben.
- Megoldás: A fékrendszer és a kapcsolódó alkatrészek teljes körű vizsgálata. Ki kell cserélni minden hibás alkatrészt, majd új féktárcsákat kell beépíteni, figyelembe véve a gyártó által javasolt meghúzási nyomatékot és meghúzási sorrendet. Biztosítani kell a jövőbeni ellenőrzést és a rendszeres karbantartást.



27. ábra. Túlzott mértékű kopás

Forrás: [10]

15. Teljes mechanikus sérülés a túlzott mértékű kopás miatt. (28. ábra.)

- Ok: A túlságosan kopott fékbetétek miatt fémes súrlódás lép fel a tartólemez és a féktárcsa között, ami miatt a féktárcsa felülete túlzott mértékben kopik. A tárcsafelület nagyon vékony anyaga miatti rossz hőtovábbítás túlhevülést eredményez, ami végül törést okoz.
- Hatás: A korona és a tárcsa felületének szétválása. A fékrendszer teljes mechanikus meghibásodása.
- Megoldás: Ellenőrizni kell a féktárcsa vastagságát a betétek minden egyes cseréje során. Ki kell cserélni a féktárcsákat, mielőtt azok elérik a kopási határértéket (minimális vastagság). Biztosítani kell a jövőbeni ellenőrzést és rendszeres karbantartást.



28. ábra. Teljes mechanikai sérülés a kopás miatt

Forrás: [10]

16. A féktárcsa erősen kopott, és a felületén hornyok jelennek meg. (29. ábra.)

- Ok: A fékbetét túlzott, vagy teljes kopása miatt a fékbetét tartólemeze hozzáér a féktárcsához (fémes érintkezés), ami károsítja a féktárcsa felületét.
- Hatás: Nagyon rossz fékhatékonyság, megnövekedett fékút és csikorgó zaj.
- Megoldás: Ki kell cserélni a féktárcsákat és betéteket. Ahol van ilyen, ott ellenőrizni, hogy a betét kopásjelzőjének áramköre megfelelően működik.

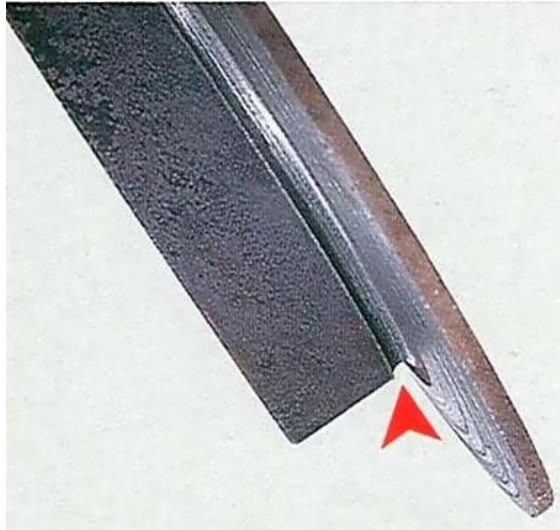


29. ábra. Erősen kopott féktárcsa hornyokkal

Forrás: [10]

17. Mély hornyok a korona és a féktárcsa felülete között.

- Ok: A betét és a féktárcsa túlzott mértékű kopása a féknyergen belüli tartólemez mozgását eredményezi. Ebben az esetben a kopott betét tartólemez kilazul a féknyeregben lévő fészkéből, ami miatt hornyok jönnek létre a korona és a féktárcsa felülete között.
- Hatás: Nagyon rossz fékhatékonyság, hosszú pedálút és hangos zaj.
- Megoldás: Ki kell cserélni a féktárcsákat és fékbetéteket. Szükség esetén ki kell cserélni, vagy javítani a féknyerget.



30. ábra. Mély hornyok a korona és a tárcsa között

Forrás: [10]

2. Mérések, mérési elvek bemutatása

A mérések végrehajtásához egy egyedileg tervezett és legyártott próbapadot alkalmaztam, melyen a fékezési metódust szimuláltam. A próbapad legyártása, és a mérések is a Nyíregyházi Főiskola Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszékén történtek.

2.1. Felhasznált elemek ismertetése

A próbapad megépítéséhez több, személygépjárművekből kiszerelt bontott, illetve új alkatrészeket használtam fel. Személyes tapasztalataimból adódóan egy elterjedt gépjármű (Suzuki Swift II. 1.3 SF413 1997) futóművét, illetve fékberendezését használtam fel erre a célra.

Bontott alkatrészek:

- McPherson rugós tag
- Csonkállvány kerékcsapággal és kerékaggyal
- Alsó lengőkar szilentekekkel
- Féltengely (a belső féltengelycsukló átalakításra került a meghajtás miatt)
- Fékállvány az úszó féknyereggel és flexibilis fékcsővel

Új alkatrészek:

- Féktárcsa (Suzuki Swift BA04093816, H6-02-5859)
- Fékbetét (Suzuki Swift A1333, UX30985/5)
- Fékcsövek
- Kuplung főhenger (mely helyettesíti a főfékhengert, mivel egy tárcsaféket vizsgáltam)
- Fékfolyadék (Textar TEX DOT4)

Az új fékbetét, illetve féktárcsa alkalmazását az tette indokolttá, hogy a vizsgálat során ismert legyen a kiindulási állapot. Emellett ezen tényezők összehasonlítási alapok lehessenek a mérések során.

A próbapad kialakításához felhasznált egyéb elemek:

- Acél szelvények
- Rezgéscsillapító gumi elemek
- Áthajtó szíj és szíjkerekek
- Villanymotor (EVIG V2 1000LP4, 2.2 kW, 1440 1/min)
- Villamos szerelvények
- Csapágyak
- Kötőelemek

2.2. Méretezések és műszaki számítások

A mérések kiértékeléséhez szükséges több fizikai paraméter pontos ismerete, mint például az elért keréksebesség, vagy a hidraulikus áttétel a fékkörben.

2.2.1. Meghajtási áttétel számítása

Személygépjárművekkel általában 50 km/h és 90 km/h sebességgel haladunk, ezen tények alapján a mérési sebességet 80 km/h sebességben határoztam meg. A mérések során ennek a sebességnek megfelelő fordulatszámról lassítom a keret.

A vizsgált gépjármű gumibroncsának mérete: 155/70R13

$$d_k = 2 \times 155 \text{ mm} \times 0,7 + 13 \times 25,4 \text{ mm} = 547,2 \text{ mm} \quad (1)$$

d_k – a kerék átmérője

$$k_k = d_k \times \pi = 547,2 \text{ mm} \times \pi = 1719,0795 \text{ mm} = 1,719 \text{ m} \quad (2)$$

k_k – a kerék kerülete

A kerék fordulatszáma $v_k = 80 \text{ km/h} = 22,222 \text{ m/sec}$ sebességnél

$$n_{ke} = \frac{v_{te}}{k_k} = \frac{22,222 \frac{m}{sec}}{1,719 \text{ m}} = 12,927 \frac{1}{sec} = 775,609 \frac{1}{min} \quad (3)$$

v_{te} – a kerék tervezett sebessége

n_{ke} – a kerekék tervezett fordulatszáma

A rendelkezésre álló motor elméleti üresjáratú fordulatszáma: $n_e = 1440 \text{ 1/min}$

A rendelkezésre álló motor mért üresjáratú fordulatszáma: $n_t = 1496 \text{ 1/min}$

Ez alapján lassító áttételre van szükség a vizsgálatához

$$i_{elm} = \frac{n_{ke}}{n_t} = \frac{775,609 \frac{1}{min}}{1496 \frac{1}{min}} = \mathbf{0,5184} \quad (4)$$

i_{elm} – szükséges áttétel a motorparaméterek ismeretében

$i = 2/1$ szabványos értékre kerekítve

$$i = \frac{n_k}{n_t} \gg n_k = i \times n_t = \frac{2}{1} \times 1496 \frac{1}{min} = \mathbf{748 \frac{1}{min}} = \mathbf{12,466 \frac{1}{sec}} \quad (5)$$

n_k – a kerekék fordulatszáma

$$n = \frac{v}{k} \gg v_k = n_k \times k_k = 12,466 \frac{1}{sec} \times 1,719 \text{ m} = \mathbf{21,431 \frac{m}{sec}} = \mathbf{77,152 \frac{km}{h}} \quad (6)$$

v_k – a kerék sebessége

2.2.2. Fékpedál mechanikus áttétele

A fékpedál áttétele egy egykarú emelőjével egyezik meg. Az egykarú emelőnél az erők ellentétes irányúak, így biztosítva azt, hogy a forgatónyomatékok kiegyenlítsék egymást.

A főfékfőhenger távolsága a forgásponttól: $r_f = 160 \text{ mm}$

A fékpedál távolsága a forgásponttól: $r_p = 380 \text{ mm}$

A pedáláttétel mértéke:

$$i_p = \frac{r_p}{r_f} = \frac{380 \text{ mm}}{160 \text{ mm}} = \mathbf{2,375} \quad (7)$$

2.2.3. A fékrendszer hidraulikus áttétele

A személygépjárművek fékjeinek működtetésénél hidraulikus zárt rendszert alkalmaznak kihasználva a folyadékok összenyomhatatlanságát, valamint az erőátvitel nyújtotta lehetőségeket. Kis átmérőn (jelen esetben a főfékhenger) létrehozott elmozdulás okozta nyomásváltozás hatására a nagy átmérőn (kerékfékhenger) az elmozdulás kisebb lesz, az átvitt nyomóerő pedig nagyobb. Személygépjárművek esetén, ahol 4 kerékfékhengert alkalmaznak, a hidraulikus fékerő a 4 kerékfékhenger között oszlik el.

A főfékhenger dugattyújának átmérője: $d_f=24\text{mm}$

A kerékfémenger dugattyújának átmérője: $d_h=48\text{mm}$

A hidraulikus erőátvitel mértéke:

$$i_h = \frac{d_h}{d_f} = \frac{28\text{ mm}}{24\text{ mm}} = 2 \quad (8)$$

2.2.4. A fékrendszer teljes áttétele

A rendszer teljes áttétele a pedál lenyomási erejétől a fékbetétekre ható nyomóerőig:

$$i = i_p \times i_h = 2,375 \times 2 = 4,75 \quad (9)$$

Vagyis a fékpedál $F_p=1\text{N}$ -al történő lenyomásakor a fékbetétekre $F_{ny}=4,75\text{N}$ fékerő hat.

2.3. Mérőeszközök bemutatása

- Tolómérő:
Mitutoyo Absolute Digimatic CD-15DC
- Kengyeles mikrométer:
Mitutoyo 102-301 0-25/0,01mm
- Mérőóra:
KS (40/0,01mm) + mérőóra állvány
- Infra hőmérő:
USAG 1650
- Fordulatszám mérő:
Hydac Electronic HMG 2020-00-E
Hydac Electronic HDS 1000-000
- Hidraulikus manométer:
KL.1.6. (0-100 bar)
- Hőkamera:
Fluke Ti32

2.4. Mérési elv bemutatása

A mérések elvégzésére 2013. októberében és novemberében került sor a Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Agrártudományi Intézetének Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszékén. A mérési konfiguráció kialakításánál jelentős kompromisszumra volt szükség, mert egy valós gépjármű esetén több olyan változó is felmerül, melyek a szimulálására nem volt lehetőség. Ilyenek például a gépjármű tömegéből, és annak eloszlásából adódó elemek, a gépjármű gumibroncsának és a pályának a tapadási viszonyaiból adódó változók, a gépjármű mozgásából adódóan a hőelvezetés, stb.

A tesztelés előtt referenciaméréseket végeztem egy azonos típusú gépjárművön, mint aminek alkatrészeiből felépült a próbapad.



31. ábra. A próbapad

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

A próbapadi tesztelés előtt, és közben is több mérést végeztem, melyek eredményeit a 3. fejezet tartalmazza.

A vizsgálat során a féktárcsa azonos pontján történt a féktárcsa hőmérsékletének mérése. A féktárcsa hőmérséklete a referenciamérések alapján $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ tartományban volt tartva, és ez adta a mérés állandó kiinduló pontját. A fékezés során a blokkolás sokkal hamarabb, és kisebb hidraulikus nyomással és pedálerővel elérhető volt, mint a valós gépjármű esetén.

A közbenső méréseket 1 órás futási ciklusonként végeztem.

2.4.1. Féktárcsa hőmérsékletének mérése

A mérőeszközt egy fix ponton rögzítettem az állványra, és a féktárcsa hőmérsékletét dinamikusan az adott kerületen mérte. Az infravörös mérési elven működő eszköz $\pm 1^\circ\text{C}$ -os pontossággal képes megadni a célfelület hőmérsékletét annak mozgása (forgása) közben.

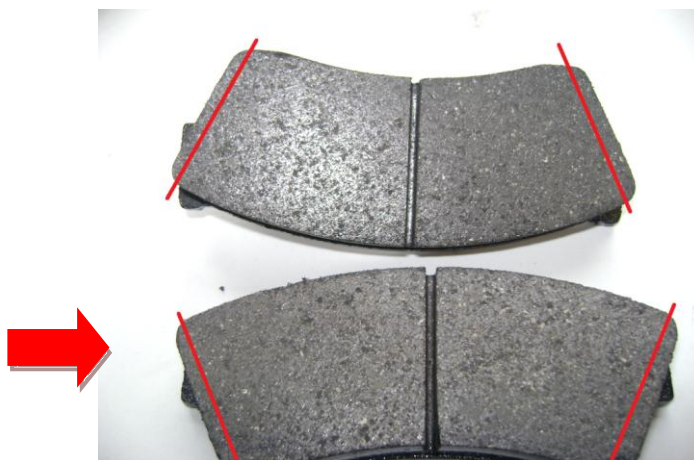


32. ábra. Infra hőmérő fix elhelyezése a konzolon

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

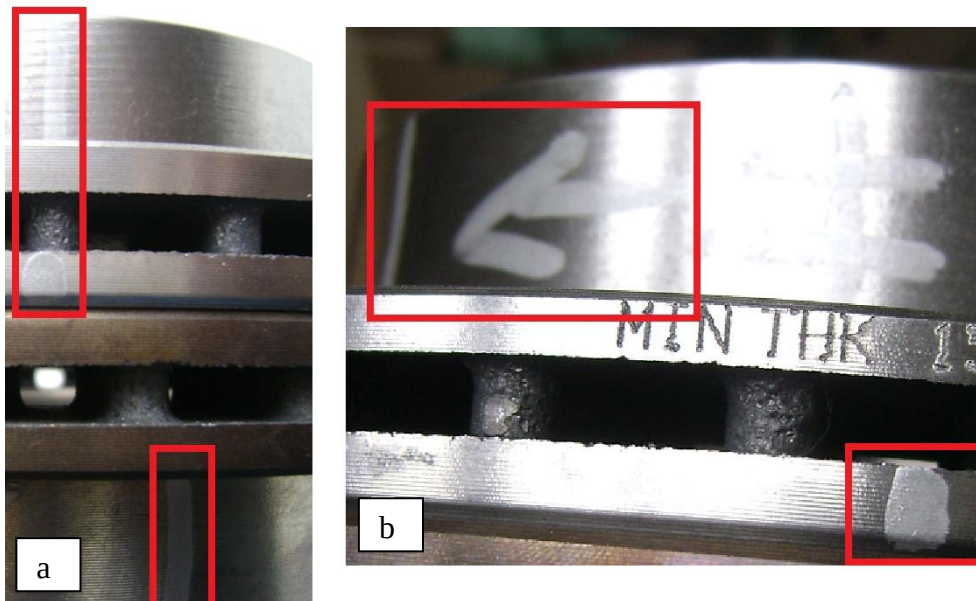
2.4.2. A fékbetétek és a féktárcsa vastagságának vizsgálata

A fékbetét vastagságát két ponton, a féktárcsa belépési és kilépési pontjától 5-5mm-re lévő síkon mértem (33. ábra.). A féktárcsa vastagságát a szakirodalomban [4] előírt 8 ponton mértem, külső peremétől 10mm távolságra (34. ábra. és 36. ábra.).



33. ábra. Fékbetétek vastagságának mérési helyei, és a belépési irány az adott betéteknél

Forrás: [Saját készítésű felvétel]



34. ábra. Féktárcsák vastagság mérésének helyei jelöléssel ellátva

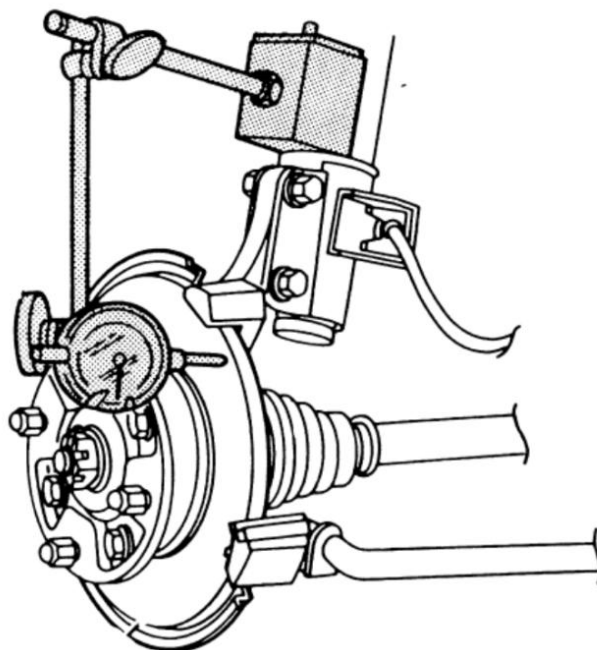
a – Mérési helyek jelölése az új és a használt féktárcsákon b – Mérési helyek és irány jelölése az új féktárcsán

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

2.4.3. A féktárcsa ütésének vizsgálata

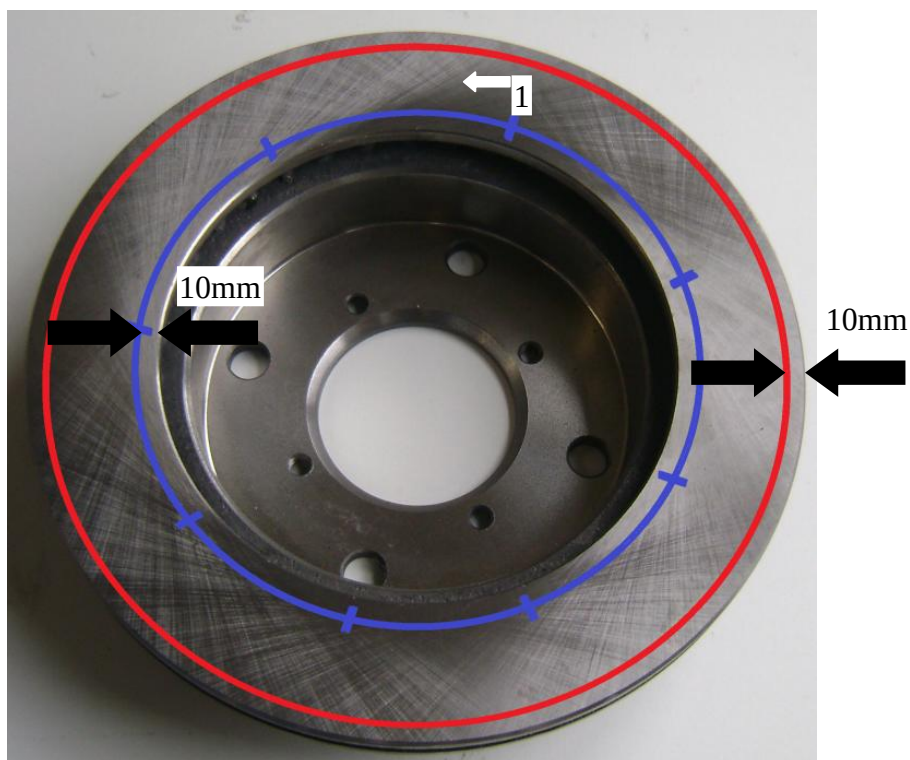
A féktárcsa ütése esetén fékezés során a fékpedál használata közben „visszaütést” érzékelünk, fékezés közben a kormány rezeg, vagy a fékezés folyamán a felfüggesztés és a váz rezeg. Ezek a jelenségek mind káros hatással vannak a fékút hosszára, és a gépjármű stabilitására.

A féktárcsa ütését a szakirodalomban [4] előírtan a féktárcsa peremétől 10mm-re végeztem. Az ütési határérték 0,05-0,1mm a különböző szakirodalmak szerint.



35. ábra. Féktárcsa ütésének vizsgálata

Forrás: [4] 52.p. 7. ábra



36. ábra. Féktárcsa vastagságmérésének pontjai, és az ütés vizsgálati kerülete

— - Féktárcsa ütésének vizsgálati kerülete, — - Féktárcsa vastagságának mérési pontjai

1 – Kezdő vastagságmérési pont és haladási irány

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

2.4.4. Hőkamerás vizsgálatok

A hőkamerával készült képeken a pontos hőmérsékleti értékek mellett a hőeloszlás és a féktárcsa, valamint a fékbetétnek az érintkezési síkjai közötti eltérés figyelhető meg. Ezek a képek jó kiindulási alapot adnak a későbbiekben a féktárcsa különböző átmérőin megjelenő egyenetlenségek helyének meghatározásában.



37. ábra. Féktárcsa hőelvezetésének vizsgálata Fluke Ti32 típusú hőkamerával

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

3. Mérések végrehajtása

A próbaüzem során bebizonyosodott, hogy a rendelkezésre álló elemekből összeállított próbapad motorteljesítménye alacsony egy, a mozgási tehetetlenségből eredő gépjármű kerekein adódó energiához képest. Ebből adódóan intenzív fékezést, illetve tartós koptató fékezést nem tudtam végrehajtani. Ezen mérések elvégzéséhez nagyobb méretű módosításokra lett volna szükség, de a szükséges erőforrások hiánya miatt erre nem nyílt lehetőség.

A mérések során a féktárcsa hőmérsékletét azonos átmérőn $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ tartományban tartottam, ezt tekintve állandó értéknek. Próbáltam a féktárcsa hőmérsékletének közel állandó értéken tartása mellett a hidraulikus nyomás állandó értéken tartásával is. Ekkor a féktárcsa hőmérséklete beállt egy közel állandó értékre (nem növekedett), majd néhány másodperc elteltével újra intenzíven növekedni kezdett a féktárcsa hőmérséklete. Ez a féktárcsa öngerősítő hatása miatt (1.3.2 fejezet féktárcsákról szóló része) következett be. A féktárcsa szobahőmérsékleten mért értékéhez képest a 80°C -ra hevült tárcsa vastagsága 0,15mm-el nőtt meg.

3.1. A fékbetétek és a féktárcsa vastagságának vizsgálata

3. táblázat. – Referencia féktárcsa és fékbetétel méretei [mm]

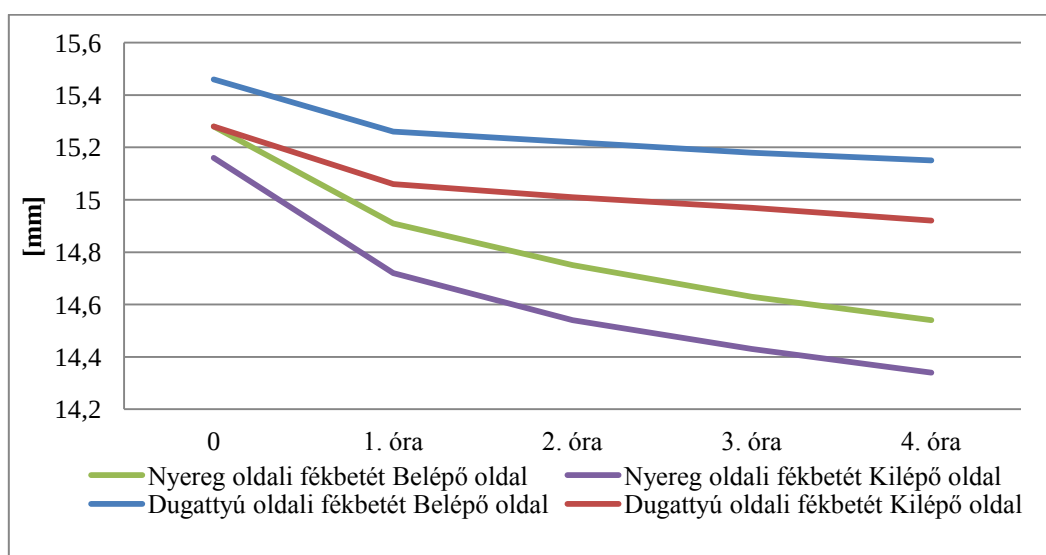
Féktárcsa	16,93
Dugattyú oldali fékbetét belépő oldal	15,34
Dugattyú oldali fékbetét kilépő oldal	15,21
Nyereg oldali fékbetét belépő oldal	15,32
Nyereg oldali fékbetét kilépő oldal	15,15

Forrás: [Saját készítésű táblázat]

4. táblázat. – Fékbetétek vastagságának változása a belépési és kilépési síkoknál [mm]

	Dugattyú oldali fékbetét		Nyereg oldali fékbetét	
	Belépő oldal	Kilépő oldal	Belépő oldal	Kilépő oldal
0	15,46	15,28	15,28	15,16
1. óra	15,26	15,06	14,91	14,72
2. óra	15,22	15,01	14,75	14,54
3. óra	15,18	14,97	14,63	14,43
4. óra	15,15	14,92	14,54	14,34
Változás	-0,31	-0,36	-0,74	-0,82

Forrás: [Saját készítésű táblázat]



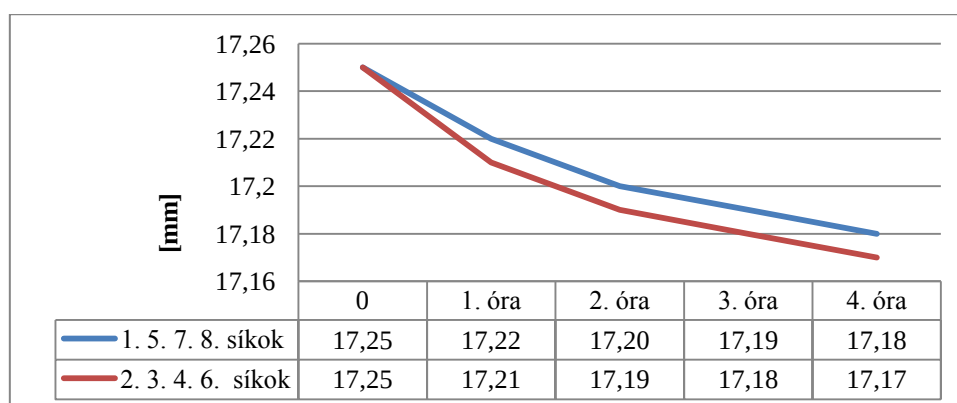
38. ábra. Fékbetétek vastagságának változásai

Forrás: [Saját készítésű diagramm]

5. táblázat. – A féktárcsa vastagságának változása [mm]

	1. sík	2. sík	3. sík	4. sík	5. sík	6. sík	7. sík	8. sík
0	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25	17,25
1. óra	17,22	17,21	17,21	17,21	17,22	17,21	17,22	17,22
2. óra	17,20	17,19	17,19	17,19	17,20	17,19	17,20	17,20
3. óra	17,19	17,18	17,18	17,18	17,19	17,18	17,19	17,19
4. óra	17,18	17,17	17,17	17,17	17,18	17,17	17,18	17,18
Változás	-0,07	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	-0,08	-0,07	-0,07

Forrás: [Saját készítésű táblázat]



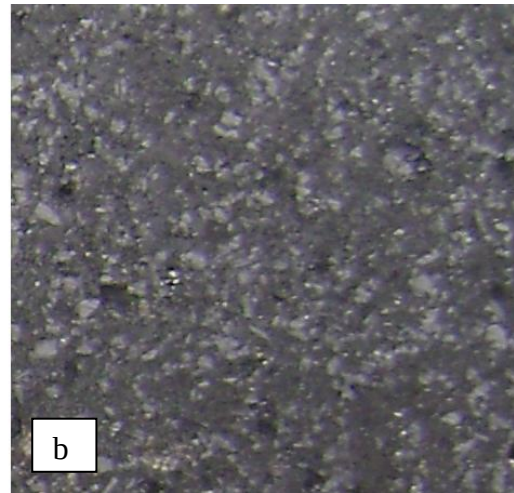
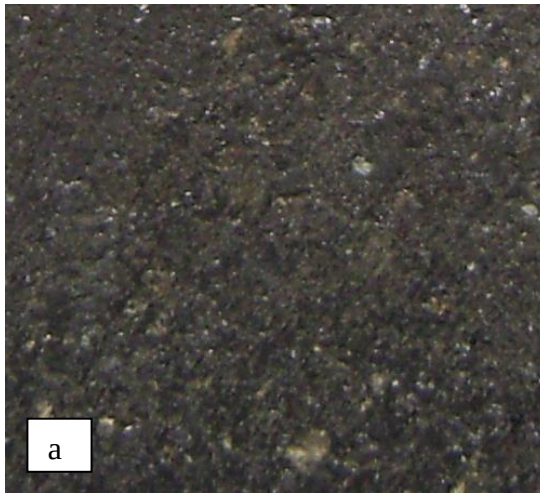
39. ábra. Féktárcsa vastagságának változása

Forrás: [Saját készítésű diagramm]

Mind a féktárcsa, mind a fékbetétek esetében megfigyelhető a nagy gyártási szórás. A fékbetétek esetén az egyes elemeken belül is a párhuzamosság helyett 0,18mm-es ferdeség mérhető, valamint összehasonlítva a fékbetéteket átlagosan 0,15mm-es vastagságbeli szórás figyelhető meg. A párhuzamosságbeli eltérés a fékezés során keletkező nagyobb méretű felületi nyomás okozta kopás kiegyenlítésére szolgál, vagyis a fékbetét felfutó (belépő) szélén a fékbetét azonos időben fog elkopni a kilépő szélén.

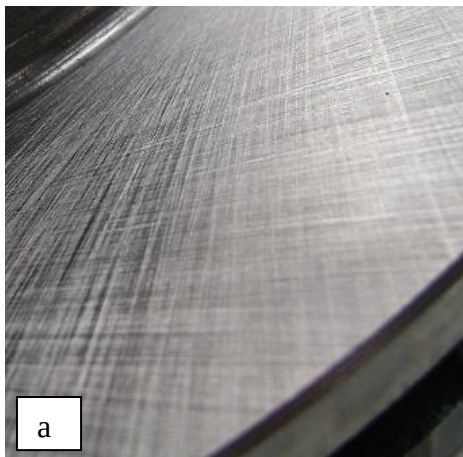
A féktárcsák vastagságánál az eltérés az azonos készletben vásárolt féktárcsák között 0,32mm. Ezek az értékek a későbbiekben nagyban befolyásolhatják a fékbetétek, illetve a féktárcsák élettartamát. A féktárcsa megengedett minimális vastagsági értéke 15mm (mely a féktárcsán fel van tüntetve), és ezt egy gépjárművön, a két oldalon nem azonos időpontban éri el.

Emellett megfigyelhető még, hogy az első tesztelési órát követően mind a féktárcsa, mind a fékbetétek vastagsága jelentősebb mértékben csökkent, mint a későbbiekben. Ennek oka, hogy a gyártás során a felületi érdesség sokkal nagyobb, mint egy huzamosabb fékezés ciklust követően. Ekkor a felületi egyenetlenségek hamarabb kopnak, létrehozva egy egyre kevésbé érdes felületet (39. ábra. és 40. ábra.).



40. ábra. A fékbetét felülete használat előtt (a) és után (b)

Forrás: [Saját készítésű felvétel]



41. ábra. A féktárcsa felülete használat előtt (a) és után (b)

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

Továbbá megfigyelhető, hogy a külső, nyereg oldali fékbetétek intenzívebben kopnak a dugattyú oldaliakkal szemben. Ez tapasztalataim alapján az úszó nyerges kialakítású fékrendszer sajátossága függetlenül attól, hogy a vezetőcsapok könnyen járnak-e vagy szorulnak. Jelen esetben a csapok könnyen, ellenállás nélkül mozogtak, és lógás sem volt érezhető sem hideg, sem üzem meleg állapotban.

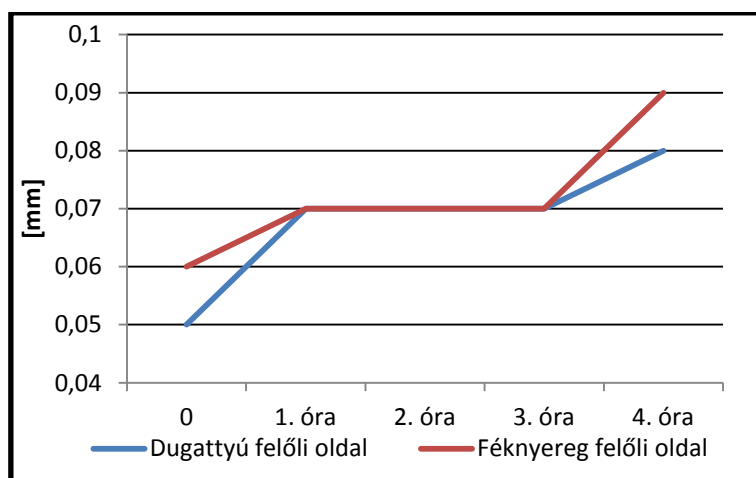
3.2. A féktárca ütésének vizsgálata

A féktárca felszerelése előtt megvizsgáltam a kerékagy ütését fémtiszta állapotban, melynek legnagyobb értéke 0,01mm volt a peremtől 4mm-es távolságban. Ezután a féktárcsát felhelyezve megkerestem azt az pozíciót, amikor a legkisebb volt a féktárca ütése, és úgy rögzítettem, majd végeztem a tesztelési folyamatot.

6. táblázat. – A féktárca ütésének értékei [mm]

	Dugattyú felőli oldal	Féknyereg felőli oldal
0	0,05	0,06
1. óra	0,07	0,07
2. óra	0,07	0,07
3. óra	0,07	0,07
4. óra	0,08	0,09

Forrás: [Saját készítésű táblázat]



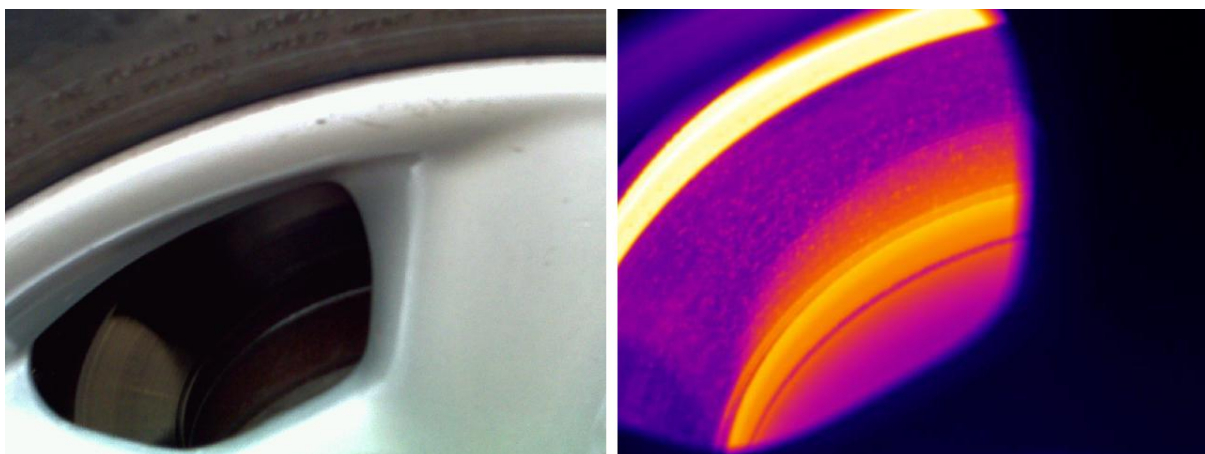
42. ábra. Féktárca ütésének változása

Forrás: [Saját készítésű diagramm]

A féktárca maximális ütése 0,05-0,1mm közötti lehet (2.4.3 fejezet), melynek maximális értékét a féktárca külső, féknyereg felőli oldala ilyen rövid használati ciklus alatt vészesen megközelítette. Ez valós gépjárművön egy akár már érezhető torzulás lehet, mely a fékpedál pulzáló mozgásán, vagy a gépjármű remegésén és vibrációin érezhető.

3.3. Hőkamerás vizsgálatok

A hőkamerás vizsgálatok keretében először egy személygépjárművön tekintettem meg, egy intenzív fékezést követően egy mozgásból megállt gépjármű esetén a féktárcsán hogyan oszlik el a hő. Mivel a keréktárcsa leszerelése időigényes lett volna, ezért a képeket egy nagy küllőtávolságú könnyűfém keréktárcsán keresztül készítettem (43. ábra.).



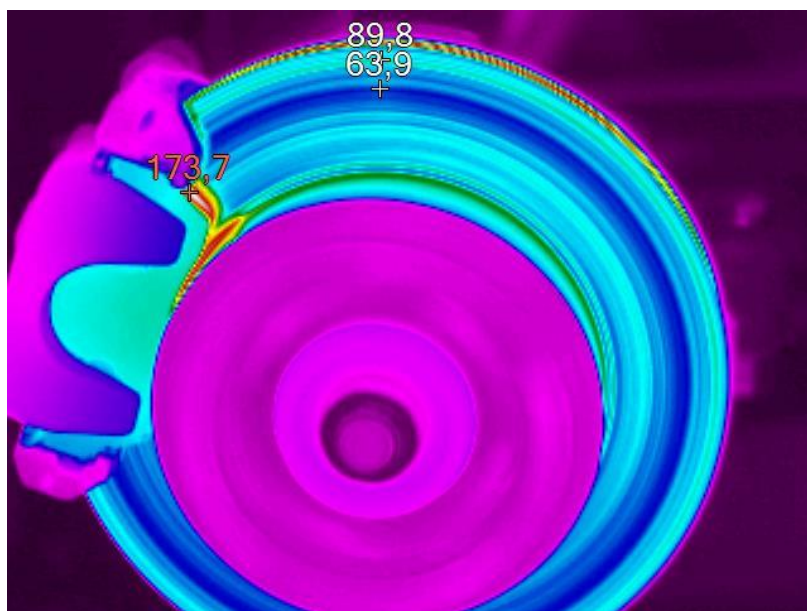
43. ábra. A gépjármű féktárcsájának képe, és annak hőeloszlása

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

Ezt követően több képsorozatot készítettem a tesztelési eljárás folyamán vizsgálva a melegedési metódust, valamint üzemi hőmérsékleten tartva a féket a hőelvezetés irányát, és annak változását.

Az alábbi (44. ábra.) ábrán jól látható, hogy a féktárcsa síkjának hőmérséklete nem egyenletesen oszlik el a féktárcsa felületén, hanem a külső és a belső peremek közelében magasabb hőmérsékletek jelennek meg. A képen a két megjelölt pont egymástól nagyjából 20mm távolságra helyezkedik el, köztük a hőmérséklet különbség $25,9^{\circ}\text{C}$. A képről továbbá jól kivehető, hogy a fékbetét és a féktárcsa találkozási pontjánál a hőmérsékleti értékek sokkal magasabbak a súrlódásból, és a rosszabb helyi hőelvezetésből adódóan. Itt található a rendszer pillanatnyi melegpontja (legmagasabb mért hőmérsékleti érték) is, mely $173,7^{\circ}\text{C}$. Ez a pont valójában nem is a féktárcsán, hanem a fékbetéten található, mivel a fékbetét hőelvezetése sokkal rosszabb, mint a féktárcsáé. Ez a tény úgy tűnik ellentétben áll a 1.3.2 fejezet fékbetétekről szóló részében leírtakkal, de az elvezetett hő nagy része a féktárcsán keresztül áramlik a környezetbe. A féktárcsa esetén a hőelvezetésben segít, hogy forgás közben folyamatosan más és más pontok súrlódnak, míg a fékbetéteknél (a folyamatos kopástól

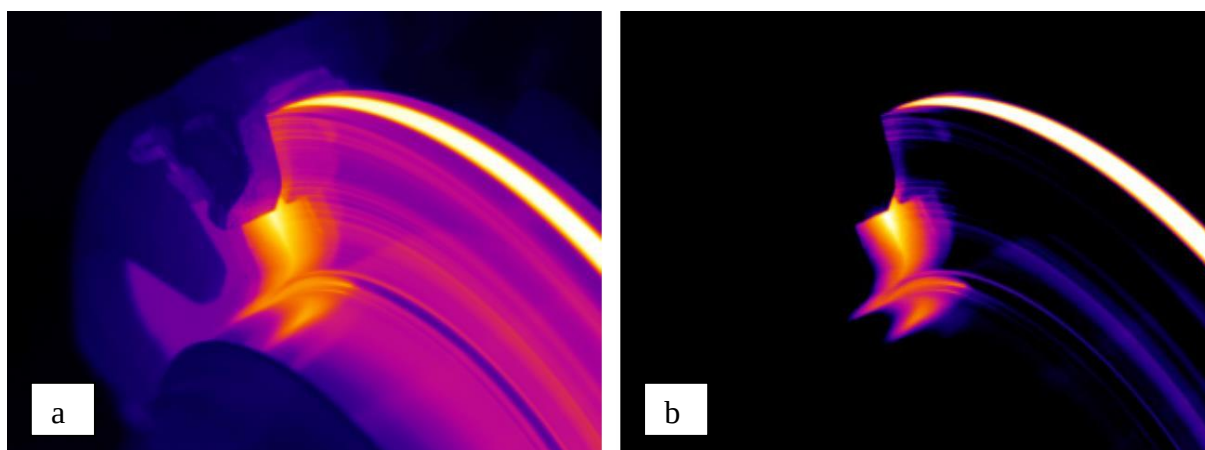
eltekintve, mivel annak mértéke igen csekély) ugyanazon pontok súrlódnak a féktárcsa felületével.



44. ábra. A féktárcsa hőeloszlása

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

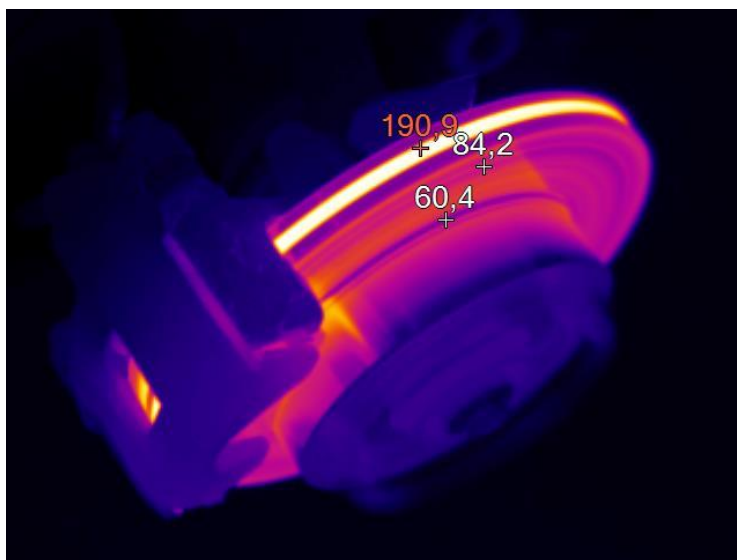
Az 45. ábrán jól kivehető, hogy a féktárcsa belső hűtőlappozási között nagymértékű a hőkilépés. A fékezés folyamat során keletkező hő nagy része itt adódik át a környezet részére. A 43/b ábrán a hőértékek eltolását követően ez még jobban kivehetővé válik.



45. ábra. A féktárcsa hőeloszlása

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

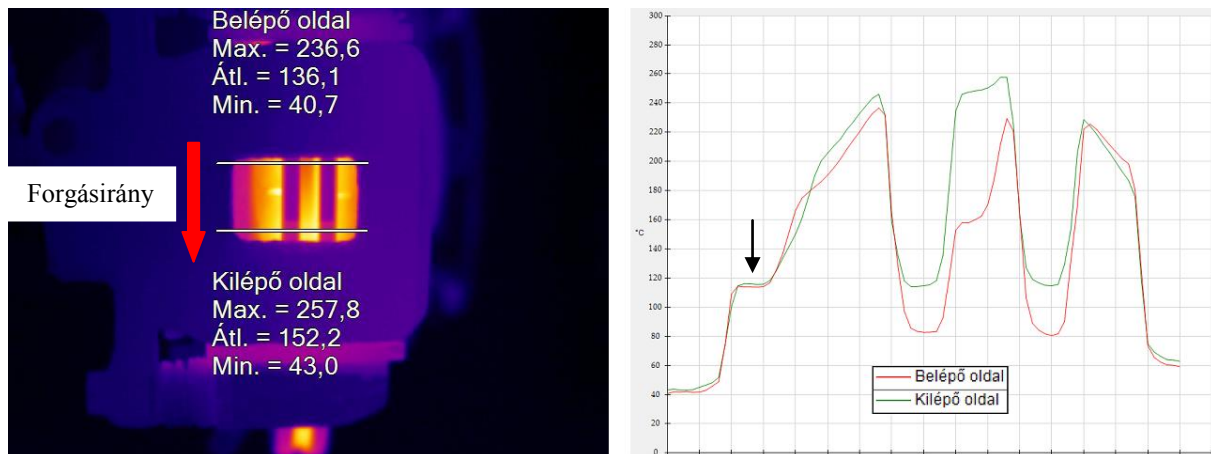
46. ábra szintén mutatja, hogy a hűtőbordák között lép ki a hő nagy része, itt a hőmérséklet akár a 2,5x-es értéket is elérheti a féktárcsa síkján mért hőmérséklet értékének. Megfigyelhető továbbá, hogy a tárcsa és az agyrész közötti horony hőmérséklete sokkal alacsonyabb a környezetében lévő elemek hőmérsékletétől. Ez szándékos kialakítás, mivel gátolja a hő terjedését a kerékagy felé, ezáltal is növelve a kerékcsapágyak élettartamát.



46. ábra. A féktárcsa hőelvezető bordáinak jelentősége

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

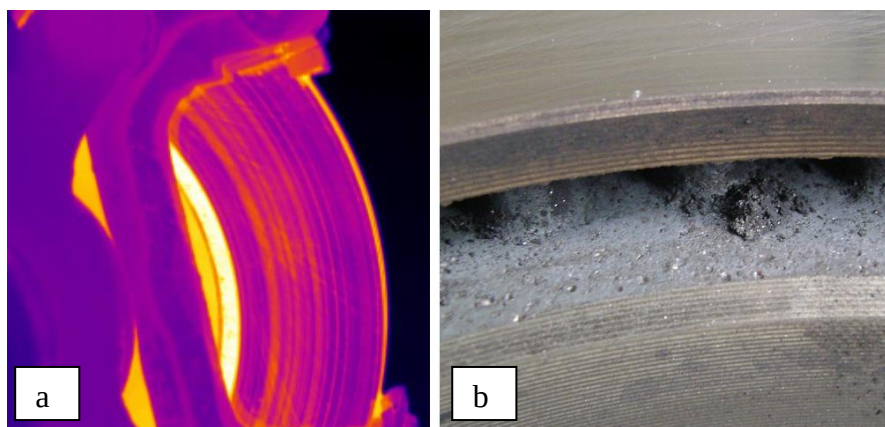
A féktárcsa hőelvezető hatása a betétek között nehezebben érvényesül, mint az a 47. ábrán is látható. A féknyergen lévő kivágás felső és alsó része között a távolság nagyjából 35mm. Ekkora távolságon is jól látható, hogy a fékbetét hőmérséklete alig változott (mivel állandó súrlódás van az adott pontokon), míg a féktárcsa hőmérséklete sokkal jelentősebben (megközelítőleg 35°C-al) növekedett. A grafikon nyíllal jelölt része a fékbetét hordozó felületét jelöli. Ennek hőmérséklete teljes keresztmetszeten állandó, míg a kopóréteg hőmérséklete a féktárcsa irányából a hordozó felület irányába fokozatosan csökken. A féktárcsa hőmérséklete a fékbetétek, és a hőelvezető bordák felől magasabb, mint a fém közepénél, ez az acél hővezetéséből és hőátadó képességéből adódik.



47. ábra. Hőmérséklet-változás a fékezési folyamat közben

Forrás: [Saját készítésű felvétel és diagramm]

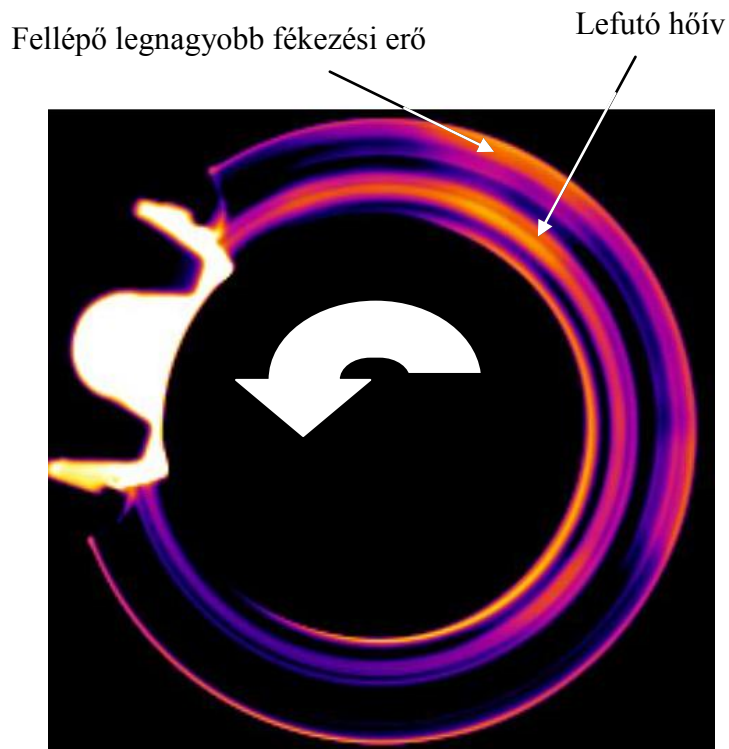
A belső hőelvezető bordák hatásossága a 48/a ábrán is megfigyelhető, ahol a kerékagy felé történik a hőelvezetés. A hőelvezető bordák felületi érdessége nagy (48./b ábra.), mivel így nagyobb felületen képes a hőt a környezetének átadni. Továbbá megfigyelhető, hogy a lekopott fékbetét kopórétegének egy része lerakódott ezen a felületen.



48. ábra. Hőelvezető bordák működése (a), és azok felületi kialakítása (b)

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

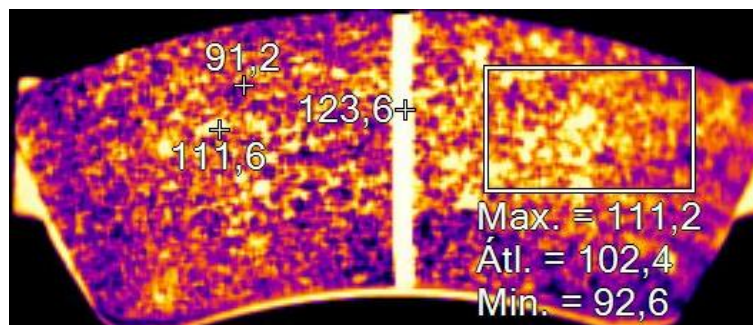
A fékezés során a féktárcsa hőmérséklete a súrlódás helyén felmelegszik. A forgás miatt nem egy pontra koncentrálódik a súrlódási felület, így ahogy közeledik, majd távolodik a fékbetét a féktárcsától a folyamatos súrlódás miatt nagyobb, majd kisebb mértékben növekedik a hőmérséklet a féktárcsa felületén. Ez a jelenség figyelhető meg a 49. ábrán. A legnagyobb fékezési erő fellépésekor a felület intenzívebb melegedése látható, míg a környezetében a hőmérséklet alacsonyabb.



49. ábra. A féktárcsa helyi hevülése

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

A kiserelt fékbetétről készült hőképen (50. ábra.) jól kivehető, hogy a fékbetét kopórétegének anyaga inhomogén⁴. A különböző felépítő anyagok jobban, illetve kevésbé veszik át és továbbítják a hőt. A mérési pontok különböző anyagok helyén lettek elhelyezve, melyek szintén jelzik az inhomogenitást. A fékbetét közepén lévő vágásban megfigyelhető magasabb hőértéke az oda bekerült fékpor által felvett hő, valamint a kopórétegből oda sugárzó hő adja.



50. ábra. A kiserelt fékbetét hőképe

Forrás: [Saját készítésű felvétel]

⁴ Inhomogén: nem egynemű, különböző elemekből, részekből álló

4. Mérési eredmények összefoglalása, kiértékelése

A mérések során bebizonyosodott, hogy a gyártási eljárás során az adott gyártók (mind a féktárcsák, mind a fékbetét esetén) nagy gyártási szórással készítik termékeiket, és azokat párba sem rendezik. Ez feltehetően az olcsó gyártási költségeknek, és a nem prémium minőségű termék választásának tudható be.

Mind a féktárcsa, mind a fékbetét esetén tapasztalható volt a kezdeti jelentősebb mértékű bekopás, a későbbi kopásnál. Ezt a gyártási felületi érdesség kopása okozta, és ez is jelzi, hogy milyen fontos a fékek szakszerű bejáratása, melyet a fékgyártók és a járműgyártók előírnak. A bekopást követően mint a féktárcsa, mint a fékbetétek esetében lineáris jellegű kopásról beszélhetünk, mely feltehetően (megfelelő vezetőcsap, illetve munkahenger mozgás esetén) a féktárcsa és a fékbetét teljes elkopása alatt azonosan következik be.

A hőkamerával készült fényképek elemzése esetén a legszembetűnőbb a hőelvezető bordák működési hatékonysága. Tömör féktárcsa esetén a hőmérséklet elvezetése sokkal körülményesebb, mivel kisebb a környezettel érintkező szabad felületrész. Hőelvezető bordákkal ellátott féktárcsa esetén a levegővel érintkező felület többszöröse a hagyományos féktárcsáénak, mivel a bordák nagy felületi érdessége miatt akár ötször nagyobb is lehet a felülete. Megfelelő hőelvezetés esetén a fékrendszer önerősítő hatása ugyan később érető el (mely fellépésekor a korszerű, ABS-el felszerelt gépjárművek csökkentik a fékerőt a blokkolás megakadályozása végett), de ezáltal a kritikus hőmérséklet, amikor csökken a fékhatás, illetve mind a féktárcsákban, mind a fékbetétekben jelentős anyagszerkezeti változások mennek végbe. Napjainkban újonnan forgalomba helyezett gépjárművek esetén tömör féktárcsákat már csak a hátsó tengelyen alkalmaznak, de nagy teljesítményű, illetve tömegű gépjárműveknél már itt is belső hűtésű féktárcsákat alkalmaznak.

A hőkamerás képek vizsgálata során felmerült, hogy a speciális korróziógátló bevonattal ellátott féktárcsák esetén ez a bevonat segíthet a jobb hőátadásban, mivel a féktárcsa nem súrlódó felületein hamar megjelenő korróziós réteg gátolhatja a környezettel való kapcsolatot, mint egy szigetelő réteg. Emellett a sport, illetve nagy teljesítményű gépjárművekre készült féktárcsák speciális anyagválasztása (esetlegesen kerámia féktárcsák) miatt is jobb lehet a hőátadó képesség, mint az általánosságban használt öntöttvas féktárcsák esetén. Ezen féktárcsáknál előfordulhat, hogy a féktárcsa súrlódó homlokfelületén hornyok és furatok segítik a további hőelvezetést.

A fékbetétek esetében a gyártók kevesebb mennyiségű paramétert tudnak változtatni. Itt főként az anyagpárok megválasztásán van a döntő szerep, de a hőelvezetés segítségére

további hőelvezető hornyokkal látják el a fékbetéteket, illetve a versenysportban furatokkal látják el a jobb hőelvezetés érdekében a fékbetéteket. (Furatokkal ellátott fékbetétek a közforgalomban nem kaphatóak, mivel a drága előállítási költségek mellett igen rövid élettartamúak).

A féktárcsa súrlódó felületének nem egyenletes mértékű melegedése (különböző átmérők nem egyformán melegedtek) a nem egyenletes súrlódásra vezethetőek vissza. Ennek oka lehet a fékbetétek inhomogenitása, mely a későbbiekben a féktárcsa egyenetlen, radiális irányú hullámos kopásához vezethet.

5. Következtetések, javaslatok

A szakirodalom mélyebb megismerését, majd a vizsgálatok elvégzését követően átfogó képet kaptam a fékrendszerek működéséről, és a fellépő veszteségek (legfőképpen keletkező hő) elvezetésének fontosságáról. Ezen tapasztalatok alapján a következő fejlesztési, illetve módosítási javaslatokat vinném véghez:

Vizsgáló próbapad esetén:

- Próbapad meghajtó teljesítményének növelése annak érdekében, hogy egy valós gépjárműnél fellépő tehetetlenségi erők jobban érvényesülhessenek, illetve nagyobb teljesítményű fékrendszerek vizsgálatára is alkalmas legyen.
- A meghajtás fordulatszámának szabályozhatósága különböző menetállapotok vizsgálatának céljából.
- A féktárcsa és a féknyergek felfogatásának módosítása, hogy különböző fékrendszerek vizsgálatára is alkalmas legyen.

Tárcsafék rendszer esetén:

- Törekedés hűtött féktárcsák alkalmazására minden személygépjármű esetén.
- A meglévő fékrendszerek kiegészítése blokkolásgátló berendezésekkel, és azok fejlesztése a menetbiztonság növelése érdekében.
- Elektromos fékrendszer alkalmazása a hidraulikus/mechanikus rendszerek helyett, melyekben nincsen mechanikus kapcsolat. Ezen rendszereknél csekélyebb a hőtermelődé, és a fékezési energia visszanyerhető.

Féktárcsák és fékbetétek esetén:

- Minőség növelése a nagy gyártási szórással gyártott termékek esetén.
- Menetszél hűtő hatásának optimalizálása a levegő vezetésével.
- Új kompozit anyagok alkalmazása.

Összegzés

Az első szembetűnő tapasztalat nem a fékrendszerrel, és annak üzemelésével kapcsolatos, hanem az utángyártott alkatrészekkel. Ezek gyártási minősége mint bebizonyosodott rosszabb, mint a gyári, vagy prémium kategóriás konkurenseié. Sajnos ezen alkatrészek magas kereskedelmi ára miatt az átlagos vásárló az általam is vizsgált, vagy hasonló alacsony kategóriás terméket választ. Ezen tapasztalt gyártási minőség mellett felmerül, hogy prémium kategóriás féktárcsákkal és fékbetétekkel szemben a fékezés hatékonyságban és élettartamban milyen különbségek észlelhetők. Ezt egy hosszú távú összehasonlító vizsgálattal lehetne kideríteni.

A második jelentős tapasztalat, hogy a napjainkban legelterjedtebb fékrendszer vizsgálata során megerősítést nyert a tárcsafék önerősítő hatása, melynek mértékét személy szerint jóval kisebbnek gondoltam. Ez a hatás ugyan korszerű blokkolásgátlóval ellátott járművek esetén már nem olyan jelentős, de még elég sok jármű közlekedik ilyen berendezés nélkül a forgalomban.

A harmadik megfigyelés a hőelvezetés terén a hőelvezető bordák hatékonysága. A lapátok között a jelenik meg a kívülről mérhető legmagasabb hőmérséklet, mely meghaladja a súrlódó felületek élénél mért hőmérsékletet is többek között a 47. ábra. alapján. Fontosnak bizonyult továbbá a tárcsa és az agyrész között elhelyezkedő horony szerepe, mely meggátolja az agy felé a hőtovábbítást, ezáltal is növelve a kerécsapágyak élettartamát. A hőképekből jól kivehetővé vált a fékbetét inhomogenitása, mely fontos befolyásoló tényező a féktárcsa felületén megjelenő különböző hőmérsékletű íveket.

Továbbá összességében megállapítható, hogy a próbapad koncepciója használhatónak bizonyult a vizsgálati cél eléréséhez, ugyanakkor részletesebb vizsgálatok elvégzéséhez már fejlesztések szükségesek. Ezen módosítások elsősorban a motor teljesítményének növelését, valamint fordulatszámának szabályozhatóvá tételét foglalják magukban. Ezen módosítások elvégzését követően hasznos információkat lehetne gyűjteni különböző sebességekről való lassítás során fellépő hőmérsékleti változásokról, valamint hosszabb idejű tartós fékezés közbeni módosulásokról. Emellett hosszú távú koptató ciklusok is kivitelezhetőek lennének a motor gyors túlmelegedése nélkül.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] BOHNER, M. ÉS MUNKATÁRSAI (2005)
Gépjárműszerkezetek (254-271 p.)
Műszaki könyvkiadó
- [2] ENYINGI K. (2005)
HC típusú öntöttvas
Autotechnika magazin 2013/3 (48-49. p.)
- [3] KŐFALUSI P. – DR. SZŐCS K. – DR. VARGA F. (2004)
Fékkrendszerek
Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft
- [4] NAGYSZOKOLYAI I.
Csinálj jó féket! Biztos, hogy a féktárcsa üt?
Autotechnika magazin 2005/4 (49-52. p.)
- [5] SUZUKI, T. ÉS MUNKATÁRSAI (2009)
NVH Simulation Technology for Disc Brake Calipers
http://www.hitachi.com/rev/archive/2009/___icsFiles/afiedldfile/2009/12/25/r2009_07_107.pdf
(2013.06.10 - 12:10)
- [6] DR. SZŐCS K. – KŐFALUSI P. – Németh S. (1997)
Fékkrendszerek
Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft
- [7] http://www.complex.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99000006.KOH
(2013.01.13 – 18:15)
- [8] <http://lezo.hu/szerkezettan/tankonyv/tankonyv-web/futomuvek/fek/fekezes.html>
(2013.01.22 – 16:50)

- [9] http://rb-aa.bosch.com/boaa-sg/Product.jsp?prod_id=425&ccat_id=18&language=en-GB&publication=1
(2013.01.13 – 16:23)
- [10] http://www.rpmautomotive.com/image.axd?picture=2010%2f2%2fbrakes_system.jpg
(2013.01.13 – 17:58)
- [11] <http://www.szakalmetal.eu/hu/dokumentumok/tippek-tanacsok/1094-fektarcsa-hiba-elemzes>
- [12] <http://szintetikusolaj.hupont.hu/4/a-fekolaj>
(2013.01.21 – 12:29)