



بررسی تست سایش و مقاومت برشی در ترکیبات لنت ترمز تقویت شده با الیاف سلولوزی و سرامیکی

حسین تقی پور¹، محمد دامغانی نوری²، ابوالفضل غفاری³، یاسر زلفعلی پور³

¹استادیار، دانشگاه ولایت، ایرانشهر، h.taghipoor@velayat.ac.ir
²دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک سمنان، سمنان، ایران، mnoori@semnan.ac.ir
³دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

چکیده:

لنت های ترمز از نظر جنس به پنج دسته مختلف شامل: بدون آزبست ارگانیک، سرامیکی، نیمه متالیک، کم متالیک و زینتری تقسیم بندی می شوند. اولین مواد مورد استفاده در لنت های ترمز از ترکیباتی به نام آزبست ساخته می شدند. در این مقاله جهت حذف آزبست از الیاف سلولوزی و سرامیکی در لنت استفاده شده است. نتایج تست های سایش، مقاومت برشی و سختی سنجی، مورد بررسی قرار گرفته است. لنت های تقویت شده با الیاف سلولوزی و سرامیکی و غیر آزبستی تولید آلودگی ندارند و مقاومت بالاتر و سایش کمتری نشان داد. نتایج نشان می دهد استفاده از کامپوزیت فیبر طبیعی در لنت ترمز باعث کاهش آلودگی محیط زیست و بهبود خواص اصطکاک و سایش لنت ترمز شد.

کلیدواژه: لنت ترمز، اصطکاک و سایش، مقاومت برشی، نویز صدا، الیاف طبیعی

1- مقدمه

امروزه با رشد روز افزون به کارگیری تولید انواع خودرو، این بخش از صنعت سهم عمده ای از فعالیت های صنعتی را به خود اختصاص داده است. سیستم ترمز وسایل نقلیه مهم ترین جزء در تامین ایمنی سرنشینان بشمار می آید. از میان اجزا و قطعات بکار رفته در مجموعه ترمز عضو اصطکاکی به عنوان بخش مهم و تعیین کننده کارایی سیستم ترمز نقش قابل توجهی را در قابلیت ترمزگیری سیستم تحت شرایط دمایی و مکانیکی مختلف عهده دار می باشد. علاوه بر این، میزان کاهش نویز صوتی، فرمان زدگی و طول عمر لنت نیز به عضو اصطکاکی بستگی دارد. ماده اصطکاکی حاوی مواد و فیلرهای گوناگون است که هر کدام وظیفه خاصی را برعهده دارند. وظیفه لنت ترمز، تولید نیروی اصطکاک و تبدیل آن به تلف حرارتی، در جهت جذب انرژی جنبشی چرخ های متحرک که تحت تاثیر نیروی موتور قرار دارند، و کاهش سرعت اتومبیل می باشد.

لنت باید ضریب اصطکاکی بالا و پایدار داشته و با تغییرات درجه حرارت خاصیت خود را از دست ندهد و همچنین باید در مقابل سائیدگی استحکام داشته و کاسه ترمز را خراش ندهد.

لنت های ترمز از نظر جنس به پنج دسته مختلف شامل: بدون آزرگنیک، سرامیکی، نیمه فلزی، کم فلز و زینتری تقسیم بندی می شوند. گاواند¹ و همکاران [1]، به بررسی تجزیه و تحلیل سایشی مواد جایگزین لنت ترمز خودرو پرداختند. سه ترکیب اختصاص داده شده در کار آنها و ترکیبات جامعی از هر سه ماده را در دستگاه اسکن برای میکروسکوپ الکترونی به دست آورده اند و در پایان نرخ سایش و ضریب اصطکاک برای برابر کردن این سه ماده استفاده شده است. لنت های ترمز مورد استفاده برای آزمایشات، لنت های آلی تقویت شده در دو مجموعه از الیاف فلزی بودند. پس از قطع آزمایش در شرایط آرام، تجزیه و تحلیل سطح لنت ترمز انجام شده و نتایج زیر گزارش شده است:

1- بار و فاصله کشویی تأثیر قابل توجهی بر میزان سایش و کاهش وزن دارد. رابطه خطی بین میزان سایش و بار مشاهده می شود. این برای مهندسی بسیار مفید است تا تغییرات در ترکیب را ایجاد کنند که باید با در نظر گرفتن این پارامتر میزان سایش را به حداقل برساند.

2- در شرایط بارگذاری مشابه کاهش وزن برای مواد دارای آزرگنیک در مقایسه با مواد غیر آزرگنیک بیشتر است.

3- میزان سایش با افزایش فشار تماس بین سطوح ترمز در شرایط خشک افزایش می یابد. از آنجا که میزان سایش مواد غیر آزرگنیک و مواد CL3003 در مقایسه با آزرگنیک کمتر است، بنابراین این ماده می تواند گزینه خوبی برای جایگزینی آزرگنیک باشد.

مادسوران² و همکاران [2]، به بررسی اصلاح و تأثیرات کامپوزیت فیبر طبیعی در لنت ترمز بر محیط زیست پرداختند. در این مطالعه، مواد افزودنی اصطکاکی آلومینا، زیرکونیوم و گرافیت هستند که برای کاهش نرخ سایش ایجاد شده است. ارزیابی لنت های ترمز ساخته شده از الیاف کناف تعیین و با لنت ترمز ساخته شده از آزرگنیک مقایسه شده که نتایج به شرح زیر گزارش گردیده است:

1- بر اساس نتایج خواص فیزیکی، این تحقیق نشان داد که لنت ترمز ساخته شده از الیاف کناف می تواند به طور موثر به عنوان لنت ترمز جایگزین استفاده شود.

2- لنت ترمز ساخته شده از الیاف کناف به دلیل تناسب خوب و چسبندگی مناسب، میزان سایش بهتری نسبت به سایر لنت ها داشت.

3- فاصله توقف در لنت ترمز ساخته شده از الیاف کناف نسبت به لنت ترمز دارای آزرگنیک کمتر است.

آیوگو³ و همکاران [3]، به بررسی مواد لنت ترمز و روش تولید آن پرداختند. این مقاله مروری بر خواص مکانیکی، رفتار تریبولوژیکی، ظرفیت جذب آب، تجزیه و تحلیل مکانیکی پویا، خصوصیات مورفولوژیکی و حرارتی کامپوزیت های لنت ترمز تقویت شده با مواد آلی با توجه به مواد مورد استفاده و روش های تولید به کار گرفته شده است. یافته های این مطالعه نشان می دهد که هیبریداسیون، اصلاح، تصفیه شیمیایی و کنترل ترکیب مواد تشکیل دهنده می تواند خواص مکانیکی، حرارتی و دینامیکی مکانیکی را بهبود بخشد و میزان سایش و خاصیت جذب آب را کاهش دهد. تجزیه و تحلیل مکانیکی پویا، خواص مکانیکی، خاصیت حرارتی، خاصیت جذب آب و ویژگی تریبولوژیکی کامپوزیت الیاف پلیمر مورد بحث قرار گرفته و نتایج زیر بدست آمد:

1- خواص مکانیکی مانند خواص کششی، خمشی و ضربه ای کامپوزیت لنت ترمز را می توان با افزایش میزان فیبر یا بارگذاری، به ویژه الیاف تیمار شده، به میزان 1٪ بهبود بخشید.

2- خواص مکانیکی پویا مانند مدول ذخیره سازی، مدول اتلاف، میرایی، مدول یانگ و دمای انتقال شیشه در نتیجه تیمارهای شیمیایی مختلف به میزان 40٪ بهبود می یابد.

3- پایداری حرارتی الیاف هنگامی بهبود می یابد که با دو نوع مخلوط آب جوش و مواد قلیایی با هم تیمار شوند.

4- پیوند سطحی (چسبندگی) بین الیاف و ماتریس ها با تیمارهای شیمیایی بسیار افزایش می یابد که خاصیت جذب آب را کاهش داده و پتانسیل تجزیه بیولوژیکی فیبر را نیز کاهش می دهد.

¹ Gawande

² Madeswaran

³ Ayogwu

5- میزان سایش و ضریب اصطکاک کامپوزیت های پلیمری تقویت شده با فیبر در نتیجه افزایش محتوای فیبر آلی کاهش می یابد.

6- کامپوزیت های فیبر ارگانیک با اندازه ذرات ریز یا کوچک دارای همگنی بهتر و سازگاری خوبی با مواد اتصال دهنده هستند، بنابراین خواص مکانیکی بهتری به دست می آورند و جذب آب و سر و صدا را در طول فرآیند ترمز کاهش می دهند.

در ساخت لنت های بدون آزبست ارگانیک از انواع الیاف مصنوعی شیشه، الیاف آرامید و الیاف ارگانیک (آلی) طبیعی استفاده می شود. این مواد برای تقویت ترکیبات تشکیل دهنده لنت به کار می روند که به ساختار الیاف لنت به عنوان مواد اصلاح کننده اضافه می شوند. مواد اصلاح کننده لنت در واقع برای بالا بردن قدرت ترمز گیری و کارایی لنت به آن اضافه می گردند. این لنت ها بدلیل داشتن ساختار نرم بسیار بی صدا کار می کنند.

2- مراحل ساخت و تست های مربوط به لنت های ترمز

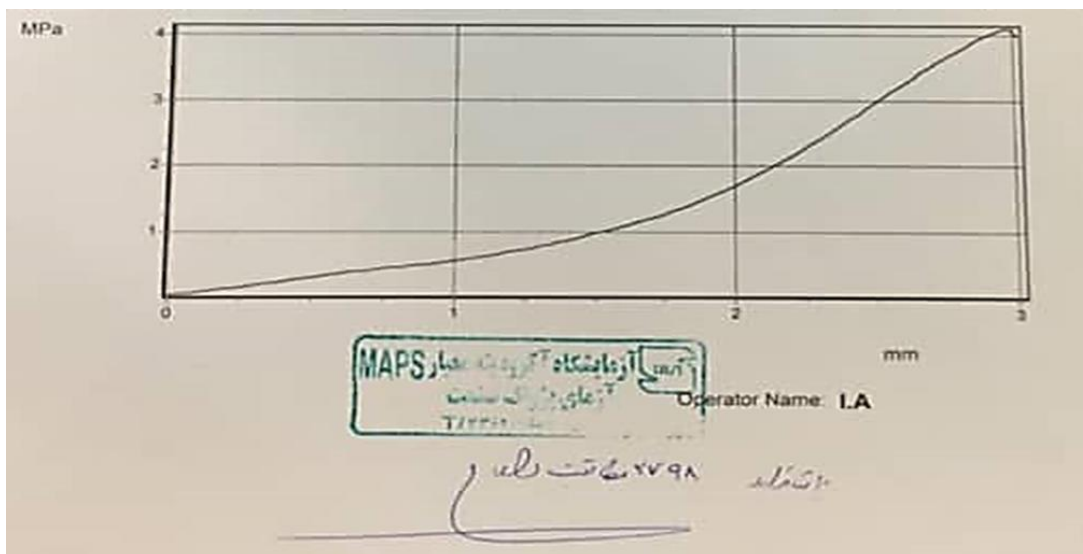
برای ساخت این لنت، گرافیت نرم و پودرهای کربنی سخت استفاده شده است. در این مقاله دو نمونه لنت ترمز حاوی 5٪ وزنی الیاف سلولز به همراه 3٪ وزنی الیاف آهن و یک نمونه ترکیب حاوی 5٪ وزنی الیاف سرامیک به همراه 3٪ الیاف آهن تولید می شود. مواد سازنده پس از مخلوط شدن بصورت پودر به داخل قالب ریخته شده و افزودنی های معمول به آن اضافه می شود، و از سمت دیگر کفشک هایی را که شست و شو و چربی زدایی شده را چسب می زنند. در مرحله بعد لنتی را که شکل اولیه بخود گرفته را روی کفشک قرار می دهند و سپس پرس پخت انجام می گیرد، که در آن لنت تحت فشار 100 الی 200 بار به کفشک متصل می شود. بعد از اتمام قالب گیری و پرس، سطح لنت ها ساب می خورد و به ضخامت استاندارد رسانده می شود. در گام بعدی، لنت ها وارد کوره با دمای 300 درجه سانتی گراد می شوند. تولید کنندگان برای کاهش صدا، بهبود ترمزگیری و سازگاری بهتر با دیسک چرخ، تغییراتی را در شکل لنت ایجاد می کنند. برخی از عملیاتی که بر روی ساختار و شکل لنت انجام می گیرند شامل: 1- ایجاد شیار بر روی سطح لنت 2- پخ کردن حاشیه های لنت 3- هشدار دهنده اتمام لنت می باشد. کلیه تست های لنت بر اساس استاندارد 586 ملی ایران انجام می شود، که شامل تست سایش، تست برش، تست چسبندگی و تست سختی می باشد. در شکل 1 شکل نهایی لنت تولید شده نمایش داده شده است.



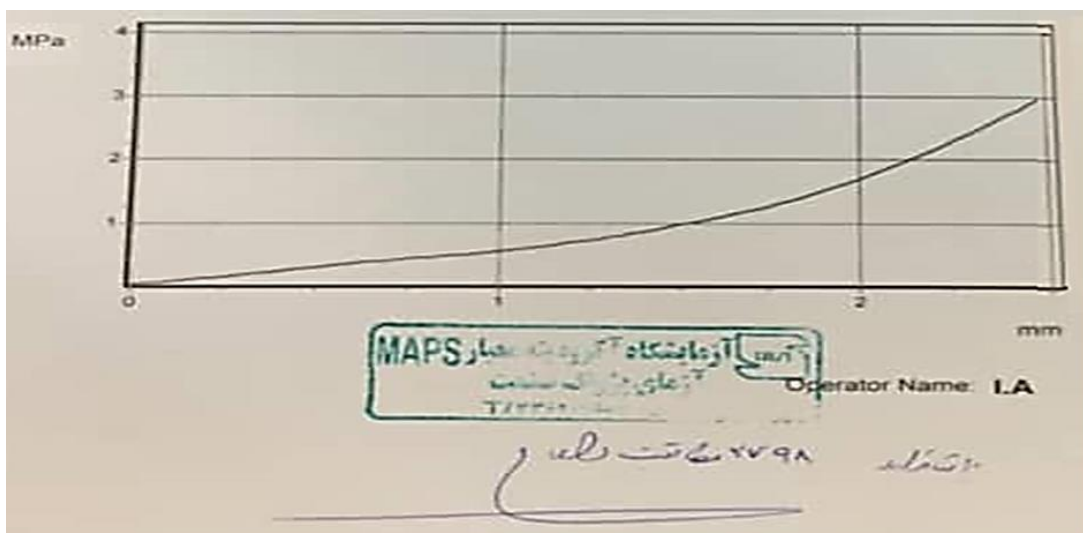
شکل (1) تصویری از لنت ترمز

3- یافته ها

لنت های تولید شده مورد آزمون سایش و مقاومت برشی و سختی قرار گرفته و نتایج بدست آمده در ادامه مورد بررسی قرار می گیرد. پس از 5 مرحله تکرار آزمایش تست مقاومت برشی در ترکیب لنت ترمز حاوی الیاف سلولوز نتیجه تست برابر 0.2 ± 2.5 MPa بدست آمد و با حذف الیاف سلولوز و جایگزینی الیاف سرامیک و تکرار تست مقاومت برشی، این مقدار 0.2 ± 3 MPa بدست آمد که با حذف الیاف سلولوز و جایگزینی الیاف سرامیک سبب افزایش مقاومت برشی گردید. نمودارهای برشی لنت تقویت شده با الیاف سلولوزی و آهن به ترتیب در شکل 2 و 3 نشان داده شده است.



شکل (2) نمودار نیروی برشی نمونه حاوی الیاف سرامیک



شکل (3) نمودار نیروی برشی نمونه حاوی الیاف سلولز

آزمایش تست اصطکاک، سایش و سختی‌سنجی بر روی نمونه تقویت شده با الیاف سرامیکی در شکل‌های 4 و 5 و برای نمونه تقویت شده با الیاف سلولزی در شکل‌های 6 و 7 نشان داده شده است. نتایج نشان داد میزان سایش و سختی در نمونه حاوی الیاف سرامیک کاهش یافته که نتایج رضایت بخشی بود.

TELDA - ISIRI No. 586 (2nd Edition)
Brake Lining Quality Control Test Procedure



Test Name: kh
Date: 2/26/2020 1398/12/07
Client :

Work Order No. : RD1137-KH-C1
Tester :
Sample :

SUMMARY REPORT

FIRST BASE LINE مبنای اولیه

| CYCLE | TEMP | FRIC |
|---------------------|---------------|-------|
| 1 | 87.5 | 0.405 |
| 4 | 93.4 | 0.394 |
| 8 | 87.6 | 0.385 |
| 12 | 88.1 | 0.375 |
| 16 | 88.1 | 0.362 |
| 1st Base Line μ | 0.378 | |
| High | 0.405 (7.1%) | |
| Low | 0.362 (-4.2%) | |

FIRST FADE حرارتی اول

| TIME | TEMP | FRIC |
|----------------|--------------|-------|
| 16 | 93.5 | 0.381 |
| 55 | 121.3 | 0.423 |
| 97 | 149.1 | 0.442 |
| 142 | 176.9 | 0.429 |
| 191 | 204.7 | 0.418 |
| 242 | 232.5 | 0.411 |
| 298 | 260.3 | 0.393 |
| 363 | 288.1 | 0.37 |
| 1st Fade μ | 0.408 (8%)* | |
| High | 0.442 (8.2%) | |
| Low | 0.37 (-9.4%) | |

FIRST RECOVERY بازیابی اول

| TIME | TEMP | FRIC |
|--------------------|---------------|---------|
| 43 | 260 | 0.429 |
| 120 | 204 | 0.451 H |
| 223 | 149 | 0.458 H |
| 387 | 93 | 0.398 |
| 1st Recovery μ | 0.434 (8.5%)* | |
| High | 0.458 (5.5%) | |
| Low | 0.398 (-8.3%) | |

Rotations : 22822

Test Speed : 417

Test Load : 667

N : Normal

H : Hot

FRIC : Friction Coefficient

TEMP : Temperature (°C)

Printed By TAAM TECH

FRICITION CLASSIFICATION

| | Sum | Mean | Class |
|--------|-------|-------|-------|
| Normal | 1.643 | 0.411 | F |
| Hot | 3.995 | 0.4 | F |

Group Code = Vehicle (Up to 2 Tons)

S.W. = 7.631E-8

m1-m2 = 0.43 (gr)

WEAR TEST آزمون سایش

| CYCLE | TEMP | FRIC |
|-----------------|---------------|-------|
| 1 | 202 | 0.483 |
| 5 | 204.4 | 0.501 |
| 10 | 198 | 0.494 |
| 15 | 195.7 | 0.468 |
| 20 | 196.8 | 0.465 |
| 25 | 196.1 | 0.449 |
| 30 | 196.6 | 0.445 |
| 35 | 196.1 | 0.438 |
| 40 | 196.2 | 0.445 |
| 45 | 196 | 0.438 |
| 50 | 196 | 0.452 |
| 55 | 195.8 | 0.463 |
| 60 | 195.8 | 0.438 |
| 65 | 195.2 | 0.438 |
| 70 | 195.4 | 0.412 |
| 75 | 195.8 | 0.43 |
| 80 | 195.7 | 0.425 |
| 85 | 196.4 | 0.436 |
| 90 | 195.5 | 0.445 |
| 95 | 196.6 | 0.449 |
| Wear Step μ | 0.45 (10.1%)* | |
| High | 0.512 (13.7%) | |
| Low | 0.412 (-8.5%) | |

SECOND FADE حرارتی دوم

| TIME | TEMP | FRIC |
|----------------|----------------|---------|
| 17 | 93.5 | 0.371 N |
| 58 | 121.3 | 0.391 N |
| 94 | 149.1 | 0.439 N |
| 135 | 176.9 | 0.445 |
| 175 | 204.7 | 0.442 N |
| 221 | 232.5 | 0.423 H |
| 272 | 260.3 | 0.395 H |
| 332 | 288.1 | 0.37 H |
| 399 | 315.9 | 0.344 H |
| 494 | 343.5 | 0.275 H |
| 2nd Fade μ | 0.39 (3%)* | |
| High | 0.445 (14.2%) | |
| Low | 0.275 (-29.4%) | |

SECOND RECOVERY بازیابی دوم

| TIME | TEMP | FRIC |
|--------------------|----------------|---------|
| 41 | 316 | 0.365 |
| 104 | 260 | 0.426 H |
| 182 | 204 | 0.435 H |
| 288 | 149 | 0.418 H |
| 454 | 93 | 0.399 |
| 2nd Recovery μ | 0.409 (8.1%)* | |
| High | 0.435 (6.5%) | |
| Low | 0.365 (-10.7%) | |

SECOND BASELINE مبنای دوم

| CYCLE | TEMP | FRIC |
|--------------------|----------------|-------|
| 1 | 83.9 | 0.376 |
| 4 | 86.1 | 0.326 |
| 8 | 85.6 | 0.344 |
| 12 | 85.4 | 0.333 |
| 16 | 85.4 | 0.341 |
| 2nd BaseLine μ | 0.34 (-10.1%)* | |
| High | 0.376 (10.7%) | |
| Low | 0.326 (-4%) | |

دما 145-110 تا 90-10 >>

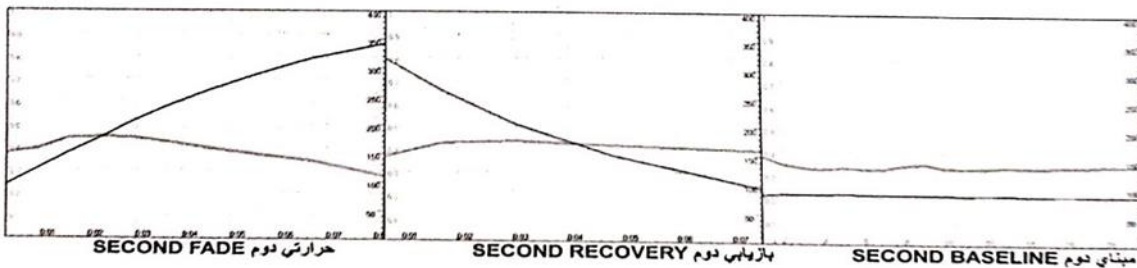
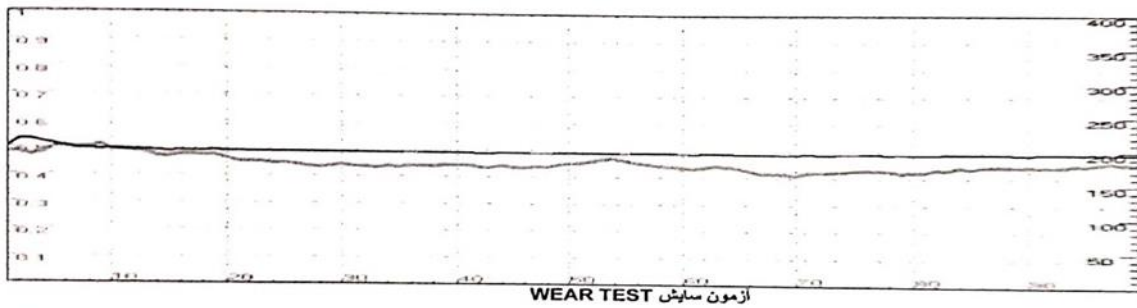
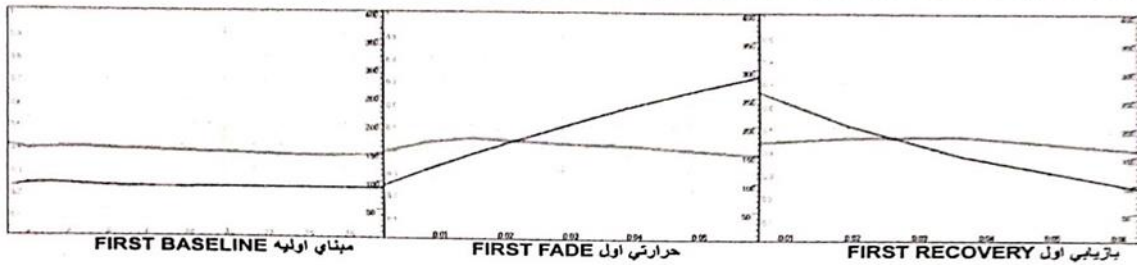
* متوسط ضریب اصطکاک هر مرحله نسبت به اصطکاک مرحله "مبنای اولیه" نیز مقایسه میگردد
* μ of every cycle also reports in proportion to mean μ of "First Base Line" cycle

شکل (4) نتایج تست اصطکاک و سایش نمونه حاوی الیاف سرامیک

TELDA - ISIRI No. 586 (2nd Edition)
Brake Lining Quality Control Test Procedure

Test Name: kh
Date: 2/26/2020 1398/12/07
Client :

Work Order No. : RD1137-KH-C1
Tester :
Sample :



Mechanical Changes:

| | Start | Finish | Loss | Loss(%) |
|-----------|-------|--------|------|---------|
| THICKNESS | 6.467 | 6.3 | 0.17 | 2.6 % |
| MASS | 10010 | 9580 | 430 | 4.3 % |

Friction : _____
Temp : _____

Printed By TAMM TECH



شکل (5) نمودار گراف تست اصطکاک و سایش نمونه حاوی الیاف سرامیک

Brake Lining Quality Control Test Procedure

Test Name: r2008
Date: 3/9/2020 4 1398/12/19
Client :

Work Order No. : RD1137R2008-C1
Tester :
Sample:

SUMMARY REPORT

FIRST BASE LINE مبنای اولیه

| CYCLE | TEMP | FRIC |
|---------------------|------|---------------|
| 1 | 87.7 | 0.397 |
| 4 | 94.1 | 0.407 |
| 8 | 89.8 | 0.401 |
| 12 | 88.4 | 0.403 |
| 16 | 88.3 | 0.405 |
| 1st Base Line μ | | 0.403 |
| High | | 0.41 (1.7%) |
| Low | | 0.397 (-1.5%) |

FIRST FADE حرارتی اول

| TIME | TEMP | FRIC |
|----------------|-------|---------------|
| 13 | 93.5 | 0.398 |
| 46 | 121.3 | 0.429 |
| 85 | 149.1 | 0.436 |
| 131 | 176.9 | 0.414 |
| 187 | 204.7 | 0.382 |
| 245 | 232.5 | 0.388 |
| 303 | 260.3 | 0.407 |
| 361 | 288.1 | 0.418 |
| 1st Fade μ | | 0.409 (1.5%)* |
| High | | 0.436 (6.6%) |
| Low | | 0.382 (-6.6%) |

FIRST RECOVERY بازیابی اول

| TIME | TEMP | FRIC |
|--------------------|------|----------------|
| 38 | 260 | 0.492 |
| 114 | 204 | 0.522 H |
| 217 | 149 | 0.502 H |
| 383 | 93 | 0.475 |
| 1st Recovery μ | | 0.498 (12.5%)* |
| High | | 0.522 (4.9%) |
| Low | | 0.475 (-4.6%) |

Rotations : 22429.5

Test Speed : 417

Test Load : 667

N : Normal

H : Hot

FRIC : Friction Coefficient

TEMP : Temperature(°C)
Printed By TAAM.TECH

FRICITION CLASSIFICATION

| | Sum | Mean | Class |
|--------|-------|-------|-------|
| Normal | 1.673 | 0.418 | F |
| Hot | 4.513 | 0.451 | G |

Group Code = Vehicle (Up to 2 Tons)
S.W. = 8.903E-8
m1-m2 = 0.54 (gr)

WEAR TEST آزمون سایش

| CYCLE | TEMP | FRIC |
|-----------------|-------|---------------|
| 1 | 205.9 | 0.552 |
| 5 | 209.7 | 0.521 |
| 10 | 198.6 | 0.535 |
| 15 | 199.2 | 0.547 |
| 20 | 199.5 | 0.538 |
| 25 | 198.3 | 0.532 |
| 30 | 197.7 | 0.504 |
| 35 | 198.3 | 0.501 |
| 40 | 197.8 | 0.492 |
| 45 | 197.4 | 0.495 |
| 50 | 198.2 | 0.492 |
| 55 | 196.8 | 0.483 |
| 60 | 197.5 | 0.477 |
| 65 | 197.4 | 0.476 |
| 70 | 198.3 | 0.467 |
| 75 | 197.3 | 0.466 |
| 80 | 198.1 | 0.486 |
| 85 | 197.4 | 0.479 |
| 90 | 198.3 | 0.505 |
| 95 | 198.4 | 0.496 |
| Wear Step μ | | 0.5 (13.8%)* |
| High | | 0.552 (10.4%) |
| Low | | 0.458 (-8.4%) |

SECOND FADE حرارتی دوم

| TIME | TEMP | FRIC |
|----------------|-------|----------------|
| 17 | 93.5 | 0.36 N |
| 54 | 121.3 | 0.392 N |
| 92 | 149.1 | 0.43 N |
| 130 | 176.9 | 0.472 |
| 166 | 204.7 | 0.491 N |
| 204 | 232.5 | 0.506 H |
| 247 | 260.3 | 0.479 H |
| 301 | 288.1 | 0.412 H |
| 369 | 315.9 | 0.38 H |
| 451 | 343.5 | 0.344 H |
| 2nd Fade μ | | 0.427 (5.9%)* |
| High | | 0.506 (18.6%) |
| Low | | 0.344 (-19.4%) |

SECOND RECOVERY بازیابی دوم

| TIME | TEMP | FRIC |
|--------------------|------|----------------|
| 38 | 316 | 0.451 |
| 101 | 260 | 0.447 H |
| 178 | 204 | 0.475 H |
| 283 | 149 | 0.446 H |
| 450 | 93 | 0.353 |
| 2nd Recovery μ | | 0.434 (7.8%)* |
| High | | 0.475 (9.3%) |
| Low | | 0.353 (-18.7%) |

SECOND BASELINE مبنای دوم

| CYCLE | TEMP | FRIC |
|--------------------|------|---------------|
| 1 | 83.5 | 0.346 |
| 4 | 86.9 | 0.343 |
| 8 | 87 | 0.357 |
| 12 | 86.5 | 0.369 |
| 16 | 86.8 | 0.381 |
| 2nd BaseLine μ | | 0.363 (-10%)* |
| High | | 0.389 (7.3%) |
| Low | | 0.337 (-7.1%) |

دما 138 فشار 98 تلم 1:12 طبقه 4

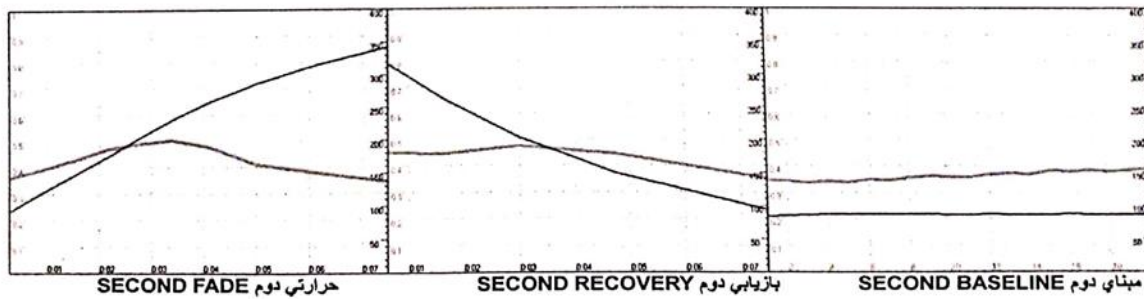
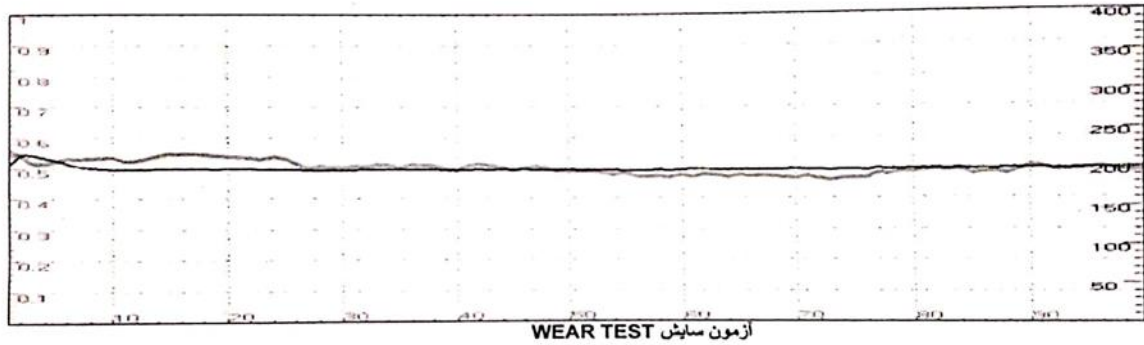
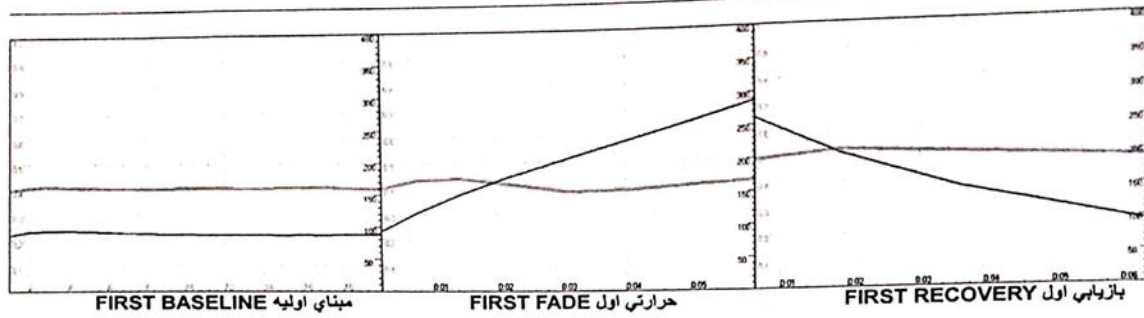
* متوسط ضریب اصطکاک هر مرحله نسبت به اصطکاک مرحله "مبنای اولیه" نیز مقایسه میگردد
* μ of every cycle also reports in proportion to mean μ of 'First Base Line' cycle

شکل (6) نتایج تست اصطکاک و سایش نمونه حاوی الیاف سلولز

TELDA - ISIRI No. 586 (2nd Edition)
Brake Lining Quality Control Test Procedure

Test Name: r2008
Date: 3/9/2020 4 1398/12/19
Client :

Work Order No. : RD1137R2008-C1
Tester :
Sample :



Mechanical Changes:

| | Start | Finish | Loss | Loss(%) |
|-----------|-------|--------|------|---------|
| THICKNESS | 6.733 | 6.5 | 0.23 | 3.5 % |
| MASS | 10540 | 10000 | 540 | 5.1 % |

Friction : _____
Temp : _____

Printed By TAAM.TECH

شکل (7) نمودار گراف تست اصطکاک و سایش نمونه حاوی الیاف سلولز

نتیجه گیری:

- (1) تجزیه و تحلیل سایشی مواد جایگزین لنت ترمز خودرو بررسی و باعث کاهش اصطکاک و سایش و میزان کاهش وزن در لنت های بدون آزبست شد.
- (2) استفاده از کامپوزیت فیبر طبیعی در لنت ترمز باعث کاهش آلودگی محیط زیست و بهبود خواص اصطکاک و سایش لنت ترمز شد.
- (3) تولید لنت ترمز با استفاده از ترکیبات غیر خطرناک بررسی و تاثیرات آن ها در لنت ترمز باعث بهبود خواص مکانیکی، فیزیکی و تریبولوژیکی لنت ترمز و کاهش آلودگی محیط زیست شد.
- (4) مواد لنت ترمز و روش تولید آن بررسی و تاثیرات آن باعث بهبود خواص مکانیکی لنت ترمز شد.
- (5) با حذف الیاف سلولز و جایگزینی الیاف سرامیک سبب بهبود ضریب سایش و افزایش مقاومت برشی و کاهش نویز صدا در لنت ترمز گردید.

مراجع و منابع

- [1] S. H. Gawande, A. S. Banait, K. Balashowry, Study on wear analysis of substitute automotive brake pad materials, Journal of Mechanical Engineering, Vol.18, PP. 1-10, 2020.
- [2] Madeswaran, Natarajasundaram, Ramamoorthy, Reformation of Eco-Friendly Automotive Brake Pad by Using Natural Fibre Composites, SAE Technical, Vol. 28, PP. 164-171, 2016.
- [3] Danladi. Ozokwere. Ayogwu, Ibrahim. Saidu. Sintali, Mohammed. Ahmed. Bawa, A Review on brake pad materials and methods of production, Composite Materials, Vol. 4, PP. 8-14, 2020.