

طراحی و ساخت لنت ترمز سازگار با محیط زیست بر پایه الیاف و ساقه گیاه تیفا

حلوایی مریم*^۱، رضائی درسا^۲، صالح آبادی سارا^۳، جلائیان متینه^۴.

۱- استاد راهنما halyaiy1978@gmail.com

۲- دانش آموز فرزنانگان dorsa.rezaei8853@gmail.com

۳- دانش آموز فرزنانگان srsalehabadi@gmail.com

۴- استاد راهنما matinehjalaeyan3@gmail.com

خلاصه

این پژوهش بر طراحی و تولید لنت‌های ترمز با استفاده از الیاف و پودر ساقه گیاه تیفا متمرکز است که به عنوان جایگزینی مؤثر برای آزیست مورد بررسی قرار می‌گیرد. آزیست به دلیل ارتباط آن با خطرات جدی بهداشتی، از جمله بروز بیماری‌های سرطانی و آزیستوز، دیگر به عنوان یک ماده قابل قبول در صنایع محسوب نمی‌شود. لذا، شناسایی و بهره‌گیری از الیاف طبیعی نظیر الیاف گیاه تیفا که دارای خواص مکانیکی مناسب، سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه است، می‌تواند گزینه‌ای مناسب باشد. در این پژوهش، ابتدا الیاف گل از آن جدا شدند و سپس بخشی از ساقه گیاه تیفا پودر و آسیاب شد. پس از آن، الیاف ساقه با استفاده از محلول سدیم هیدروکسید استخراج شده و با استیک اسید خنثی‌سازی صورت گرفت. نمونه‌های مذکور به همراه ترکیباتی از جمله آلومینیوم اکسید، کربنات کلسیم، گرافیت و رزین فنولیک جهت نشان دادن بر روی کفشک لنت ترمز با پرس پنوماتیک به شرکت دیسکی لنت ترمز ایران ارسال شدند. الیاف و پودر ساقه تیفا با توجه به ویژگی‌های حرارتی و مقاومتی خود، در دمای 150°C و به مدت دو دقیقه دچار آسیب یا سوختگی نشدند. سپس لنت ترمز تولید شده به منظور انجام آزمایشات مربوطه به آزمایشگاه بنیاد علوم راهبردی رازی فرستاده شد و نتایج آزمایشات نشان‌دهنده این بود که الیاف گل به دلیل سبکی و احتمال تغییر حجم در دماهای بالا منجمد نشدند اما پودر و الیاف گیاه تیفا نتایج رضایت بخشی کسب کردند. علاوه بر این، افزایش درصد رزین در ترکیب نمونه‌های تولیدی منجر به افزایش سختی و مقاومت آن‌ها در برابر فشار گردید. این یافته‌ها قابلیت الیاف تیفا را به عنوان جایگزینی ایمن و سازگار با محیط زیست برای آزیست در تولید لنت‌های ترمز تأیید می‌کند.

کلمات کلیدی: آزیست، الیاف آزیست، جایگزین آزیست، لنت ترمز، بیماری‌های ریوی، آزیستوز، آلودگی هوا، الیاف تیفا، الیاف گیاهی

۱. مقدمه

لنت ترمز یکی از اجزای حیاتی هر وسیله نقلیه است که وظیفه دارد با ایجاد اصطکاک با دیسک یا کاسه ی ترمز سبب کاهش سرعت و توقف خودروها شود. این قطعه در طول عمر خود بارها مورد سایش قرار می گیرد و باعث آزاد شدن ذراتی در محیط و هوا می شود. به همین سبب استفاده از مواد پایدار و دوستدار محیط زیست از اهمیت زیادی برخوردار است. لنت های ترمز سنتی اغلب شامل موادی هستند که نه تنها برای محیط زیست مضرند، بلکه در طول تولید و استفاده نیز خطرات بهداشتی و بیماری هایی از جمله سرطان ریه، سرطان حنجره، آذیتوز و مشکلات تنفسی دیگر را به دنبال دارد.

استفاده از منابع گیاهی وابستگی به مواد مصنوعی از جمله آذیت را کاهش می دهد و می تواند با ادغام شیوه های پایدار در تولیدات خودرویی، به آینده ای سبزتر کمک کند در حالی که ایمنی و کارایی در عملیات وسیله نقلیه را تضمین می نماید. به عنوان نمونه از منابع گیاهی نظیر الیاف هسته خرما و سرباره نخل برای تولید و تهیه لنت ترمز بدون آذیت استفاده شده است. [۸و۶] در برخی از کشور ها نیز به منظور تهیه لنت ترمز از الیاف نارگیل و ضایعات پوست موز بهره می گیرند. [۹و۷]

الیاف گیاه تیفا فراوان، تجدیدپذیر و دارای خواص منحصر به فردی هستند که آن ها را برای کاربردهای خودرویی مناسب می سازد. هدف از این پروژه، بهره گیری از الیاف گیاه تیفا به عنوان ماده ای طبیعی، برای تولید لنت های ترمز است که عملکرد بهینه ای را در عین کاهش تأثیرات مخرب محیطی ارائه می دهند.

کافی هایی که دارای بافت الیافی بوده و اصطلاحاً آذیت نامیده می شوند به دلیل داشتن خصوصیات ویژه ای نظیر مقاومت شیمیایی و حرارتی بالا، استحکام کششی زیاد و... تاکنون در بیش از سه هزار فرآورده متفاوت به مصرف رسیده است. [۱] همانطور که می دانید در حال حاضر، یکی از موادی که در ساخت لنت های ترمز بکار می رود، آذیت می باشد. در صنایع ساخت لنت ترمز و همچنین استفاده از آن در خودروها منجر به آزاد شدن ذرات آذیت در هوای تنفسی می شود. [۲] مطالعات پزشکی در مورد آسیب زایی آذیت نشان می دهد که تماس شغلی با آذیت می تواند اختلالاتی از قبیل آذیتوزیس، سرطان ریه، مزوتلیوما، سرطان پرده های صفاقی جنبی را ایجاد کند. [۱۰] با توجه به کاربرد گوناگون آذیت در زندگی متنوع امروز مانند استفاده از این ماده خطرناک در لنت ترمز و... تمام افراد شهرنشین در معرض خطر آلودگی به آن هستند. امروزه به دلیل عوارض نامطلوب زیست محیطی و انتشار الیاف زیان آور آن، چه در فرایندهای فراوری و تولید و چه در تهیه محصولات آذیتی و حتی مصرف آنها، استفاده از این ماده در بسیاری از موارد محدود و حتی در برخی کشورها از جمله ایران ممنوع گردیده است. علی رغم این ممنوعیت ها، مصرف آذیت در ایران همچنان ادامه دارد و افزایش یافته است. [۱]

به عنوان نمونه در کشورهای اروپایی برای جایگزین سازی این ماده خطرناک، مواد فیبردار نظیر پلی استر، الیاف سرامیکی نسوز، پشم شیشه و ... در نظر گرفته شده است. [۳] همچنین در برخی از کشورهای آفریقایی مانند نیجریه نیز از زباله های کشاورزی نیز استفاده شده است. [۴]

با در نظر گرفتن مضرات و بیماری های ریوی ناشی از اسنشاق الیاف آذیت و تهدیدات محیط زیستی، هدف از این پژوهش حذف کامل آذیت در لنت ترمز و جایگزین سازی آن با گیاه تیفا به عنوان ماده ای طبیعی، به صرفه و ارزان، در دسترس، سازگار با محیط زیست و ایمن می باشد که می تواند در بهبود وضعیت محیط زیست، حفظ سلامت شهروندان، کاهش بیماری های ناشی از تماس با الیاف آذیت و کاهش آلودگی های زیست محیطی، نقش مهمی را ایفا کند. مطالعات و آزمایشاتی که برگیه تیفا صورت گرفت نشان دهنده مقاومت این گیاه در برابر حرارت و سایش و قابلیت استفاده از آن به عنوان پوششی در لنت ترمز به منظور جایگزینی مناسب برای آذیت می باشد.

۲. مواد و روش ها

در این پژوهش پودر ساقه (۲۰٪)* و الیاف گل و ساقه تیفا استخراج شده و به همراه ترکیباتی از جمله کربنات کلسیم (۴٪)، گرافیت (۹٪)، آلومینیوم اکسید (۲٪)، رزین فنولیک (۶۵٪) و ... جهت نشان دادن بر روی کفشک لنت ترمز به شرکت دیسکی لنت ترمز ایران ارسال گردید. سپس نمونه مذکور به منظور انجام آزمایشات و تست های سایش و اصطکاک، سایش ویژه و اختلاف وزن قبل و بعد نمونه به آزمایشگاه بنیاد علوم راهبردی رازی فرستاده شد.

گیاه تیفا تهیه شده و الیاف گل آن را جدا کرده به مدت ۶ ساعت در دستگاه خشک کن قرار داده تا به وزن ثابتی برسند. ساقه گیاه تیفا را به طول $10\text{ cm}^\dagger$ برش داده و در ۴ نمونه ظرف حاوی $200\text{ ml}^\ddagger$ محلول سدیم هیدروکسید به نسبت حجمی ۱ به ۲ قرار داده می شوند، شکل ۱. استخراج در یک حمام آب گرم در دمای 100°C ($373/15\text{ K}$) و به مدت ۸ ساعت صورت می گیرد، شکل ۲. پس از اتمام زمان استخراج الیاف به دقت با آب مقطر سرد شسته می شوند تا باقی سدیم هیدروکسید و مواد حل شده حذف شود. سپس الیاف شسته شده با محلول اسید استیک خنثی می شوند تا هر گونه ماده قلیایی باقی مانده را از بین ببرند.



شکل ۱- قرار دادن برش ساقه در محلول سدیم هیدروکسید



شکل ۲- قرار دادن محلول ها در حمام بخار

ساقه های تیفا برش و آسیاب می شود و $80\text{ g}^\S$ الیاف گل ، 20 g^{**} الیاف ساقه و $85\text{ g}^{\dagger\dagger}$ ساقه پودر شده تیفا به همراه کربنات کلسیم، آلومینیوم اکسید، گرافیت، رزین فنولیک جهت نشان دادن بر روی کفشک لنت ترمز به شرکت چهارم لنت

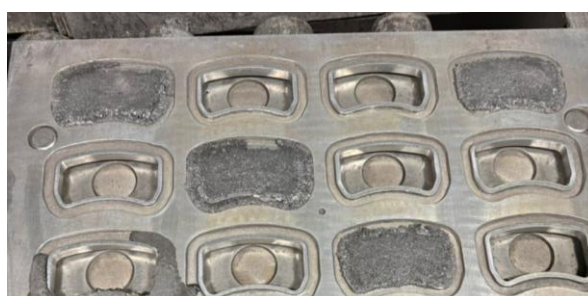
درصد بر اساس وزن لنت ترمز است *

$^\dagger 0/1\text{ m}$

$^\ddagger 2 \times 10^{-4}\text{ m}^3$

$^\S 8 \times 10^{-2}\text{ kg}$

ترمز ایران در استان سمنان فرستاده شد. پخت ماده به مدت ۲ ساعت در دمای 150°C ($423/15\text{K}$) انجام شد. سپس ۲٪ آلومینیوم اکسید ، ۴٪ کربنات کلسیم ، ۹٪ گرافیت ، ۶۵٪ رزین فنولیک ، ۲۰٪ از سه نمونه الیاف ساقه و الیاف گل و پودر ساقه در سه مرحله و بر اساس قرار گیری نمونه ها بر روی 80g^* لنت ترمز افزوده شد. در مرحله بعد نمونه های مورد نظر در مخلوط کن خشک به منظور دستیابی به حالت آماده برای قالب گیری ترکیب شد. و در فشار 5000kg به مدت ۲ دقیقه با پرس پنوماتیک قرار داده شد، شکل ۳. سپس نمونه مورد نظر برای انجام آزمایشات و تست های سایش و اصطکاک، سایش ویژه و اختلاف وزن قبل و بعد نمونه به آزمایشگاه بنیاد علوم راهبردی رازی فرستاده شد و نتایج به پژوهشگران ارائه شد.



شکل ۳- نشان دادن ترکیبات بر روی کفشک لنت ترمز

** $2 \times 10^{-2}\text{kg}$

†† $8/5 \times 10^{-1}\text{kg}$

* $8 \times 10^{-1}\text{kg}$

۳. نتایج

مطالعات ماکروساختاری نمونه ها توزیع یکنواختی از ساقه تیفا و رزین فنولیک را نشان داد. توزیع ذرات تحت تأثیر اتصال خوب رزین و الیاف تیفا هست که ذرات را لایه برداری می کند و منجر به اتصال سطحی خوبی می شود. همانطور که درصد وزنی رزین در پودر افزایش می یابد در ریزساختار توزیع یکنواختتری از رزین با پودر ساقه تیفا به وجود می آید. این امر به پیوند مناسب بین ذرات ساقه تیفا و رزین به عنوان وزن نسبت داده می شود. درصد رزین در ساقه تیفا افزایش یافت که نتیجه این است که این رابط بین بسته بندی نزدیک تر می تواند قابل تقدیر باشد. با افزایش درصد وزن رزین، مقادیر سختی نمونه ها و مقاومت فشاری افزایش می یابد. این ممکن است توزیع خوب را به همراه داشته باشد و پراکندگی ذرات ساقه تیفا در نتیجه برهم کنش ذرات قوی رزین ایجاد می شود. پراکندگی این ذرات باعث بهبود تعامل ذرات و رزین و در نتیجه توانایی فرمولاسیون لنت ترمز را افزایش می دهد. در فرمولاسیون افزایش یافته به دلیل اصطکاک بالاتر برای لنت ترمز، اثر کامپوزیت ها با افزایش درصد وزنی رزین مشخص شده است. با افزایش درصد وزنی رزین موجود در ذرات ساقه تیفا، خواص آن بهتر است. این درجه نتایج با درجه تجاری (بر اساس آزیست) و فرمولاسیون بهینه لنت ترمز آزمایشگاهی PKS* و باگاس که تحت شرایط مشابه آزمایش شد. استاندارد مرجع آزمون ها: ISIRI ۵۸۶

میزان سایش ویژه نمونه برابر با $1/38 \times 10^{-7}$ gr/Nm و اختلاف وزن آن قبل و بعد از سایش برابر با $0/36$ g اندازہ گیری شد. (حد مجاز: سایش ویژه حد اکثر $4/56 \times 10^{-7}$ gr/Nm و میزان اختلاف وزن حداکثر $1/23$ گرم)، جدول ۱ و ۲.

جدول ۱- نتایج آزمون اصطکاک و سایش

حدود مجاز		مقدار به دست آمده	پارامتر مورد آزمون
حداکثر	حداقل		
ضریب اصطکاک حاصل از میانگین نیروهای اصطکاک در آزمون های:			
0.6	0.25	0.30	مینای اولیه
		0.33	گرمایی اول
		0.15	پازیزی اول
		0.23	سایش
		0.20	گرمایی دوم
		0.13	پازیزی دوم
		0.27	مینای دوم

جدول ۲- نتایج آزمون سایش ویژه و اختلاف وزن بعد و قبل نمونه

پارامتر مورد آزمون	مقدار به دست آمده		حدود مجاز
درصد تغییرات مجاز ضریب اصطکاک نسبت به میانگین آن در آزمون های :			
مبنای اولیه	13	-3	±20
گرمایی اول	22	-16	±30
یازمایی اول*	22	-19	±20
سایش*	15	-39	±20
گرمایی دوم*	30	-32	±30
یازمایی دوم*	33	-20	±20
مبنای دوم*	27	-30	±20

* Palm Kernel Shell based

نتیجه آزمون تاثیر حرارت و فشار بر لنت ترمز بر پایه الیاف و ساقه گیاه تیفا بدین گونه بود که نمونه به مدت دو ساعت در دمای 150°C ($423/15\text{K}$) و به مدت دو دقیقه در فشار 500 kg قرار داده شد. بعد از سرد شدن، هیچگونه عیبی از قبیل کج شدگی، تاول، برآمدگی، ترک خوردگی یا سایر عیوب در نمونه مشاهده نشد، شکل ۴. نتیجه آزمون تاثیر حرارت و فشار بر لنت ترمز بر پایه الیاف گل تیفا در شرایط ذکر شده تغییر حجم داده و متلاشی شده است، شکل ۵.



شکل ۴- نمونه لنت ترمز بعد از سرد شدن



شکل ۵- نمونه بر پایه الیاف گل تیفا

۴. بحث

آزبست به دلیل ویژگی‌های خاص خود، مانند مقاومت در برابر حرارت و سایش به عنوان ماده‌ای مناسب برای تولید لنت‌های ترمز استفاده می‌شود. این ماده می‌تواند دما و حرارت زیادی را متحمل شده و عملکرد خوبی در لنت های ترمز داشته باشد.

اما به مرور زمان، مشخص شد که آزبست دارای خطرات جدی برای سلامت انسان است و استنشاق الیاف آزبست می‌تواند منجر به بیماری‌های تنفسی و ریوی شود. طبق مطالعات بر روی مورفولوژی گیاه تیفا، دیواره سلولی این گیاه عمدتاً از سلولز تشکیل شده است که یک پلیمر طبیعی و مقاوم می‌باشد. این الیاف به صورت شبکه‌ای منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و استحکام و دوام بالایی به ساختار سلولی می‌دهند. سلولز دارای استحکام کششی بالایی است که به گیاهان اجازه می‌دهد تا در برابر فشار و سایش مقاومت کنند. ساختار شیمیایی سلولز باعث می‌شود که این ماده در دماهای بالا نسبت به تجزیه مقاومت کند. همچنین، وجود لایه‌های محافظتی مانند لیگنین و سلولز در دیواره‌های سلولی، به افزایش مقاومت در برابر حرارت کمک می‌کند.

۵. نتیجه‌گیری

طبق آزمایشات و تست هایی که صورت گرفت الیاف گل تیفا به علت سبکی و تغییر حجم و احتمال سوختن آن در دماهای زیاد منسجم نشدند. اما نتیجه آزمون تاثیر حرارت بر پودر ساقه تیفا که به مدت ۲ دقیقه و در دمای 150°C ($423/15\text{K}$) و به منظور نشان دادن آن بر روی کفشک لنت ترمز صورت گرفت هیچ گونه مشکلی از قبیل ترک خوردگی، منهدم شدگی ساختار، سوختگی و ... مشاهده نگردید. همچنین با افزایش درصد رزین در پودر ساقه سختی نمونه و مقاومت در برابر فشار افزایش یافت که به علت تعامل و برهم کنش ذرات نمونه و رزین می باشد. از این رو استفاده از پود ساقه تیفا با فرمولاسیون ذکر شده می‌تواند در لنت ترمز استفاده و جایگزین آزبست شود.

۶. قدردانی

تشکر و قدردانی می‌کنیم از والدین محترم که با صبر و حوصله ما را در این مسیر تشویق و یاری نمودند. همچنین بی نهایت سپاسگزار زحمات بی دریغ سرکار خانم حلوائی عزیز هستیم. با تشکر از کادر پژوهشی و مدیریت دبیرستان فرزندگان یک و مهندسان و متخصصان شرکت دیسکی لنت ترمز ایران که در این مسیر همراه ما بودند.



۷. مراجع

۱. طالب زاده، زهرا؛ شهریاری، محسن و مهدی زاده، حسن (۱۳۸۷) آزیست و مشکلات زیست محیطی آن، دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران
۲. پرداختی، علیرضا و ابوذری، سلدا (۱۳۹۲) مطالعه اثرات زیست محیطی آلاینده آزیست و جایگزین های آن، دومین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی صنعت سیمان، انرژی و محیط زیست، تهران
۳. (Seung- Hyun park), Types and Health Hazards of Fibrous Materials Used as Asbestos Substitutes.
۴. R.Umamaheswara Rao,G.Babji, A Review paper on alternate materials for Asbestos brake pads and its characterization, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 02 Issue: 02, May-2015
۵. K.K. Ikpambese, D.T. Gundu, L.T. Tuleun DzEvaluation of palm kernel fibers iPKFsÖ for production of asbest
۶. C. M. Ruzaidi, H. Kamarudin, J. B. Shamsul, M. M. A. Abdullah Comparative Study on Thermal, Compressive, and Wear properties of Palm Slag Brake Pad Composite with Other Fillers, Advanced Materials Research Vols. 328- 330 (2011) pp 1636-1641.
۷. IDris, U.D., Aigbodion, V.S., Abubakar, I.J., Nwoye, C.I., 2013. Ecofriendly asbestos free brake-pad: using banana peels. J. King SaudUniv.-Eng. Sci., 1–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2013.06.006>
۸. C.M. Ruzaidi, H. Kamarudin, J.B. Shamsul, A.M. Mustafa Al Bakri, J. Liyana, Mechanical Properties and Morphology of Palm Slag, Calcium Carbonate and Dolomite Filler in Brake Pad Composites, Applied Mechanics and Materials Vols. 313-314 (2013) pp 174-178
۹. M.A. Maleque, , A. Atiqah, R.J. Talib and H. zahurin, New natural fibre reinforced aluminium composite for automotive brake pad, (IJMME), vol. 7 (2012), no. 2, 166- 170.
۱۰. میربیک سبزواری، کبری و بهاروند، سیامک (۱۳۸۵) آلودگی های ناشی از پنبه نسوز و تأثیر آن بر سلامت انسان، دومین همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست، اسلامشهر