قوه قضائیه

سازمان ثبت اسناد و املاک کشور

گواهی نامه ثبت اختراع

۰۰۳۶۴۲ الف/۸۹

مشخصات مالک: محمد آندیده ۱۷/۵٪- قاسم نادری ۱۷/۵٪- میرحمیدرضا قریشی ۱۷/۵٪ - صدیقه سلطانی ۱۷/۵٪ - پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران ۳۰٪

آدرس : تهران کیلومتر ۱۵ اتوبان تهران کرج خروجی شماره ۱۷ شهرک پژوهش و فناوری بلوار پژوهش پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

مشخصات مخترع: محمد آندیده – قاسم نادری – میرحمیدرضا قریشی – صدیقه سلطانی

تابعیت جمهوری اسلامی ایران

عنوان اختراع: استفاده از الیاف کوتاه ضایعات نایلون (بازیافتی از تایر خودرو و نساجی) در ساخت نانوکامپوزیت های الاستومری تقویت شده با نانو صفحات سیلیکاتی .

طبقه بندی بین المللی:

حق تقدم:

شماره و تاریخ اظهار نامه اصلی : **محل ثبت:**

مدت حمایت:	شماره و تاریخ ثبت اظهار نامه:	شماره و تاریخ ثبت اختراع:
بیست سال ۱۳۹۱/۰۲/۲۳ تا ۱۴۱۱/۰۲/۲۳	۱۳۹۱۵۰۱۴۰۰۰۳۰۱۴۱۷-۱۳۹۱/۰۲/۲۳	۷۵۹۸۷-۱۳۹۱/۰۴/۲۶

اداره کل مالکیت صنعتی
رئیس اداره ثبت اختراعات
مهرداد الیاسی

تاریخ: ۱۳۹۱/۰۵/۱۴

امضاء:

۱۴ ر ۵ ـ ۹۱

* ضمائم گواهی نامه: توصیف ادعا ، خلاصه توصیف و نقشه

** درصورت تعدد مخترعین، مالکین و یا تغییرات، مراتب بشرح مندرج در ظهر گواهی نامه می باشد.

(۳۰)/الف(۲-۸۹) ت

۵۵۰۰ ریال

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

عنوان:

استفاده از الیاف کوتاه ضایعاتی نایلون (بازیافتی از تایر خودرو و نساجی) در ساخت نانو کامپوزیت های الاستومری تقویت شده با نانو صفحات سیلیکاتی

اسامی پدیدآورندگان:

محمد اندیده، قاسم نادری، میر حمیدرضا قریشی، صدیقه سلطانی

و پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

محل کار:

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

زمینه فنی اختراع

کامپوزیت ها به عنوان یکی از پیشرفته ترین و مناسب ترین مواد به صورت ناهمگن درطبیعت وجود دارند و از ترکیب دو یا چند سازنده به همراه پرکننده یا الیاف تقویت کننده با ماتریس تشکیل می‌شوند. ماتریس ممکن است منشاء فلزی، سرامیکی و یا پلیمری داشته باشد که شکل، ظاهر سطح و دوام کامپوزیت را باعث می‌شوند، در حالی که الیاف تقویت کننده بار ساختاری را تحمل کرده ، باعث سختی و سفتی ماکروسکوپی کامپوزیت می‌شوند. از جمله الیاف مصرفی می توان به الیاف کوتاه اشاره کرد که در کامپوزیت‌ها دارای یک طول بحرانی هستند یعنی نه آنقدر بلند که با یکدیگر گره خوردگی ایجاد کنند، و نه خیلی کوتاه که ویژگی لیفی بودن خود را از دست بدهند. کامپوزیت‌های لاستیک تقویت شده با الیاف کوتاه، برای پر کردن شکاف بین کامپوزیت‌های لاستیکی تقویت شده با الیاف بلند وپرشده با ذرات مطرح شده‌اند. صرفاً به این منظور که کارایی بالا از الیاف همراه با فرایندپذیری آسان و کشسانی از لاستیک به دست آید. کامپوزیت‌های لاستیکی که در آنها الیاف کوتاه در یک جهت جهتگیری کرده است. ترکیبی از استحکام و سفتی خوب از الیاف و خاصیت الاستیسیته از لاستیک را نسان می دهند. افزودن فاز سوم به عنوان تقویت کننده به الاستومرها باعث تولید موادی تحت عنوان نانوکامپوزیت های الاستومری می شود که دارای خصوصات منحصر به فردی می باشند. ویژگی اصلی مواد نانوکامپوزیت رسیدن به خواص مطلوب در درصدهای پایین از این مواد بدون افزایش وزن است.

مشکل فنی و بیان اهداف اختراع

در سال های اخیر مطالعات گسترده ای، در زمینه حل مشکلات ناشی از لاستیک های پخت شده ضایعاتی، که به آسانی تخریب نمی شوند، انجام شده است. الیاف ضایعاتی نوع دیگری از مشکلات زیست محیطی را به وجود اورده اند که فرایند بازیافت آنها هزینه های سنگینی را شامل می شود. این الیاف جزء ضایعات کارخانه لاستیک سازی و تایر سازی و کارخانه های نساجی می باشد که دارای مقاومت کششی زیاد و ماندگاری بسیار طولانی در خاک هستند .گزارش شده است که در فرایند بازیافت تایر حدود 10 تا 15٪ الیاف ضایعاتی به دست می آید. بنابراین، فرایندی که بتوان از این ضایعات مجدداً استفاده کرد نه تنها مشکلات زیست محیطی را تا حدی بر طرف می کند، بلکه از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است. با بکارگیری این الیاف در داخل لاستیک ها، علاوه بر اصلاح رفتار مکانیکی لاستیکها، راه حلی برای دفن این ضایعات در پروژه های عمرانی و ژئوتکنیکی پیدا می شود.

کامپوزیت‌های لاستیکی تقویت شده با الیاف کوتاه دارای مزایای متعددی نسبت به کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف بلند هستند. ساخت قطعات با اشکال پیچیده با الیاف بلند کار کاملاً دشواری است ولی می‌توان با استفاده از کامپوزیت‌های الیاف کوتاه به خاطر فرایند پذیری بهتر، خواص فیزیکی مکانیکی بهبود یافته و مزایای اقتصادی، آن‌ها را به راحتی تولید کرد.

شرح دانش پیشین

از بین الیاف مختلف مانند الیاف شیشه، ریون، نایلون، الیاف ارامید، آزبست، جوت، ابریشم، سلولز و... الیاف نایلون بعت خصوصیات بارز از جمله استحکام ویژه، بازگشت کشسانی بالا، مقاومت سایشی، براقیت، وزن کم، قابلیت نشست و شو، مقاومت به تخریب و ... مورد توجه ویژه می باشد. برای بدست اوردن یک کامپوزیت با کارایی بالا، می بایست بار اعمالی به قطعه تا اندازه زیادی توسط الیاف مهار گردد و این مهم زمانی محقق می شود که برهمچسبی میان ماتریس و الیاف بسیار خوب و قوی باشد. به همین منظور برای چسبندگی بیشتر الیاف به ماتریس از انواع مختلف سازگارکننده شامل رزورسینول، هگزامتوکسی متیل ملامین (HMMM)، فرمالدهید (RFL) ورزین اپوکسی برای انواع مختلف ماتریس لاستیکی NR، SBR، NBR، CR استفاده شده است که از متداول ترین آنها سامانه سه تایی هگزامتیلن تترا آمین، رزورسینول و سیلیکای آبدار (HRH) را می توان نام برد. نقش سیلیکا در HRH بهبود فرایند wetting الیاف کوتاه توسط ماتریس می باشد. بنابراین هر چه ذرات کوچکتر باشند، دارای سطح مقطع بیشتری بوده و در بهبود فرایند wetting بسیار مؤثر می باشند. از طرف دیگر در مقایسه با فرایندهای غوطه وری adhesive dipping process استفاده از سیستم ایجاد کننده پیوند خشک سه گانه HRH (که شامل هگزامتیلن تری آمین، رزورسینول و ذرات کوچک هیدراته شده سیلیکا می باشد) به صرفه تر و آسان تر می باشد. بدلیل اینکه اجزای اصلی آن به سادگی همانند سایر مواد موجود در ترکیب لاستیک می توانند به ماتریس اضافه شده و می توان از فرایندهای اضافی مانند غوطه ورسازی و خشک کردن پرهیز کرد. از انواع سیلیکا همچون سیلیکای رسوبی مرسوم با اندازه‌ای در حد میکرون و نانوسیلیکای سنتزی جهت ایجاد چسبندگی الیاف کوتاه به لاستیک در حضور سیستم های ایجاد کننده پیوند خشک dry bonding) (system استفاده شده است. ولی هرکدام معایب خاص خود را دارند. مثلا سیلیکای میکرونی سطح مقطع مطلوب نداشته و سنتز نانوسیلیکا نیز کاری پر هزینه و مشکل بوده و بدلیل اسیدی بودن محیط را اسیدی کرده و باعث افت خواص پخت(زمان بخت، زمان برشتگی و سرعت پخت) شده و سازگاری کمتری با ماتریس داره در نتیجه خواص مطلوبی ایجاد نمی کند.

از طرف دیگر تهیه کامپوزیتهای لاستیک نانوکلی به روش های مختلف از جمله حل کردن و اختلاط مذاب، غشک کاری (milling)، پخت از طریق تابش، پراکندگی لاتکس، پیش ولکانیزاسیون(pre-vulcanization) و اختلاط با two-roll mill انجام شده است. که هر کدام معایب خاص خود را دارند. در اختراع حاضر با روش فرایندی متفاوت از نانوکلی اصلاح شده (بصورت نانو صفحات سیلیکاتی) استفاده شده است که اصلاح صفحات سیلیکاتی از طبیعت ابدوست به رفتار آلی دوست باعث افزایش برهمکنش میان ماتریس نانو صفحات سیلیکاتی می شود که هم به عنوان یک فیلر اضافی سازگار کننده و هم به عنوان یک جزء از سیستم سازگارکننده HRH در بهبود چسبندگی بین الیاف و ماتریس استفاده می شود که در نتیجه باعث بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت آلیاژ لاستیک طبیعی و استایرن بوتادین (NR/SBR) تقویت شده با الیاف کوتاه ضایعاتی نایلون می شود.

ارائه راه حل برای مشکل فنی موجود

دراین اختراع جهت ساخت نانوکامپوزیت های الاستومری NR/SBR، از الیاف نایلون ضایعاتی بازیافت شده از لاستیک تایر و کارخانجات نساجی به صورت Cord که به طول 6mm (طول بهینه) تمیز و بریده شده، استفاده شده است. که اختلاط در دو مرحله با استفاده از غلتک ازمایشگاهی و هکه(Haake) به عنوان یک مخلوط کننده داخلی انجام می شود. لاستیک قبل از پخت با افزودنی های ضروری متفاوت شامل عوامل سازگارکننده(اتصال دهنده بین الیاف و ماتریس)، عوامل پخت شامل روی اکسید (ZnO)، اسید استاریک، شتاب دهنده سیکلوهگزیل بنزوتیازول سولفونامید (cyclohexylbenzothiazole sulfonamide) و گوگرد(S) و خاک رس اصلاح شده، با نام تجاری Cloisite 15 (با درصد های متفاوت 5 wt% و 3 ،1) به مقدار مورد نظر غلتک کاری و بعد درون دستگاه هکه برای توزیع بهتر نانو کنی درماتریس، ریخته شده و بعد برای افزودن الیاف مجدداً به روی غلتک برگردانده می شود. آمیزه سازی نانو کامپوزیت ها(با 3 wt% نانوکلی) بر اساس فرمول بندی جدول 1 تهیه شده اند. جهت بررسی خواص و رسیدن به مقدار بهینه، درمقدار کلی والیاف روی ساختار، ویژگی های پخت، خواص مکانیکی و مورفولوژی مورد بررسی قرار گرفت. مشخصات پخت آمیزه ها توسط ریومتر اندازه گیری شد. ساختار و مورفولوژی نانوکامپوزیت ها با پراش اشعه ی X (XRD) و میکروسکوپ الکترونی (SEM) بررسی گردید. از آنجائیکه الیاف ضایعاتی حاوی ترکیبات آغشته به سازگارکننده ودیگر لاستیک های استفاده از تایر (لاستیک می باشند، جداسازی پلی از فاز میز دستگاه ها دشوار و پاکسازی راصلاح سطحی با استفاده از حلال های مناسب، ممکن به نظر .

برای اختلاط آمیزه ها، از غلتک ازمایشگاهی مدل Polymix 200L استفاده شد.پخت آمیزه ها به وسیله پرس هیدرولیک در دمای 150°C و فشار 180Kg/cm² انجام شد. مشخصات پخت کامپوزیت ها به وسیله ریومتر مطابق استاندارد ASTM D2084، سختی نمونه ها با دستگاه سختی سنج طبق استاندارد ASTM D 2240، مقدار سایش آمیزه ها نیز به کمک دستگاه Frank Abrasion Tester مطابق استاندارد ASTM D5963، مقدار جهندگی نمونه ها در دمای 28°C به وسیله دستگاه Frank Resilience Testerمطابق ASTM D1054، خواص کششی نمونه ها در دو جهت طولی و عرضی به کمک دستگاه Tensile Testing Machine H1WA 200 مطابق استاندارد ASTM D 412 در سرعت کشش 500 mm/min، و مقاومت پارگی نمونه ها در دو جهت طولی و عرضی به کمک دستگاه Tear Testing Machine مطابق ASTM D 624 به دست امد. سطح شکست کامپوزیت های تهیه شده در نیتروژن مایع از طریق تصاویر میکروسکوپ الکترونی(SEM) مشاهده شد .

یک مثال اجرایی

تهیه نانوکامپوزیت باعوامل سازگارکننده و 10phr الیاف ضایعاتی نایلون و 3wt% نانوکلی (BWF$_{3}$C$_{3}$)؛ سرعت غلتک ها 50rpm و فاصله بین آنها 4mm در نظر گرفته شد. برای تهیه کامپاند، اختلاط در دو مرحله انجام پذیرفت :

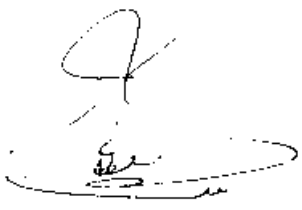
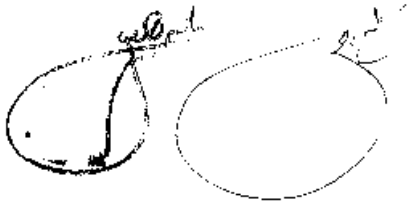
در مرحله اول، زمانی که دمای غلتک به $30^{\circ}C$ رسید NR(لاستیک طبیعی) با سرعت کم 40rpm به مدت 2min غلتک کاری شد، سپس به طور جداگانه SBR (استایرن بوتادی ان رابر) به مدت 1min غلتک کاری شد و بعد هر دو با هم به مدت 2min به صورت blend فیزیکی تهیه گردید. فاصله بین دو غلتک کاهش داده شد و عوامل سازگارکننده TIR1 به مدت 1min اضافه شد و بعد نانو کلی به مدت 2min ZnO، و اسید استاریک به مدت 2min دیگراضافه و غلتک کاری شد.

در مرحله دوم آمیزه مستربچ بدون الیاف به مدت 6min درون Haake در دمای $70^{\circ}C$ با سرعت 90rpm مخلوط شد ومجدداً در مرحله اخر به دستگاه Two- roll mill داده شد و در دمای $50^{\circ}C$ و سرعت 50rpm به ان سیستم پخت گوگردی را به مدت 1min اضافه گردید در نهایت فاصله بین دو غلتک به 0/6 mm کاهش داده شد و الیاف به مدت 5min الیاف را به آمیزه اضافه می شود به طوری که در ورقه ی نهایی الیاف عمدتا در جهت طولی جهت گیری نموده بودند. بعد از گذشت 24ساعت از نمونه پخت نشده، از نمونه در دمای $150^{\circ}C$ تست ریومتر گرفته شد و مشخصات پخت به مقدار زیر بدست آمد.

Sample	Maximum torque (lbf.in)	Minimum torque (lbf.in)	Cure time (T90) (min)	Scorch time (T5) (min)	Cure rate (lbf.in)/(min)
$BW_{10}C_0$	13.18	11.548	11.1	3.13	11.22

سپس طبق مشخصات ریومتر نمونه، با قالب های مختلف مخصوص هر تست آن را با پرس هیدرولیکی در دمای $150^{\circ}C$ و فشار $180Kg/cm^2$پخت کرده و از آن ها خواص فیزیکی در دو جهت طولی و عرضی جهت گیری الیاف زیر را بدست آمد:

Sample	Tensile strength (MPa)	Tear strength (MPa)	Elongation-at-break (%)	Hardness (Shore A)	Compression set (%)	Abrasion (%)
$BF_{10}C_{0.5}$	7.196	55.548	19.976	76.9	27.976	15.58
$BF_{10}C_{1.5}$	4.157	48.956	225.065	76.9	27.976	15.58

نتایج

1- زمان برشتگی و بخت کامپوزیت ها با افزایش ترکیب درصد الیاف و نانوکلی کاهش نشان داده است در حالی که سرعت پخت و بیشینه گشتاور افزایش یافته است(شکل2). علت این است که الیاف نایلون در دمای پخت گروه های آمین آزاد نموده که باعث قلیایی تر شدن محیط پخت می شود.

2- استحکام کششی، استحکام پارگی با افزایش ترکیب درصد الیاف و عامل سازگارکنندهHRH و نانو کلی بهبود یافته و الیاف در دو جهت طولی و عرضی خواص متفاوت نشان داده اند(شکل3و4). همچنین سطح ویژه بسیار بالای نانو کلی باعث افزایش خواص مکانیکی همه آمیزه ها شده است به طوری که با افزایش مقدار نانو کلی آمیزه ها خواص بالاتری نشان داده اند.

3- مقاومت سایش نمونه ها با افزایش ترکیب درصد الیاف بهبود یافته است(شکل5). ایجاد اتصالات قوی بین الیاف و ماتریس عامل افزایش مقاومت سایش بوده وهمچنین با افزایش مقدار نانوکلی مقدار سایش کمتر می شود.

4- نتایج حاصل از مطالعه XRD (x-ray scattering) (شکل6) نشان می دهد که با افزایش مقدار نانوکلی فاصله بین صفحات کلی افزایش یافته همچنین کاهش شدت پیک ها بیانگر exfoliate شدن مقداری از نانو خاک رس و بیانگر مخلوطی از ساختار intercalated و exfoliated می باشد که بدین معناست که پراکندگی قابل قبول و مطلوب است که خود تاییدی بر بهبود خواص مکانیکی با افزایش مقدار نانو کلی بدست آمده است.

5 تصاویر SEM حاصل از سطح شکست کششی نمونه کامپوزیت بدون نانوکلی و کامپوزیت با نانوکلی نشان می دهد که افزایش مقدار درصد نانوکلی، باعث قوی تر شدن یک جزء از سازگارکننده و تر شوندگی الیاف و درنتیجه بهبود چسبندگی الیاف و ماتریس می شود.

مزایای اختراع

1- الیاف ضایعاتی مجدداً استفاده شده نه تنها مشکلات زیست محیطی را تا حدی بر طرف می کند، بلکه از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است

2 با بکارگیری این الیاف در داخل لاستیک ها، علاوه بر اصلاح رفتار مکانیکی لاستیکها، راه حلی برای دفن این ضایعات در پروژه های عمرانی و رئوتکنیکی پیدا می شود.

3 . فرایندپذیری آسان تر کامپوزیت های تقویت شده با الیاف کوتاه همراه با بهبود خواص مکانیکی و به صرفه بودن از لحاظ اقتصادی نسبت به الیاف بلند

4 بهبود خواص مکانیکی، حرارتی، نفوذپذیری، مقاومت در برابر شعله، الکتریکی و نوری با استفاده از نانو صفحات سیلیکاتی

5 امکان تولید قطعاتی با ساختار پیچیده تقویت شده

6 بهبود چسبندگی الیاف به ماتریس که باعث افزایش طول عمر قطعه و خواص مکانیکی با استفاده از نانو صفحات سیلیکاتی

7- حفظ خاصیت "لاستیسیته بهمراه استحکام و سفتی ویژه (نسبت به وزن) مطلوب کامپوزیت‌های لاستیکی فوق

8- کاهش درهم رفتگی در محصول قالبگیری شده، بهبود مقاومت در برابر تورم با حلال، مقاومت سایشی، مقاومت پارگی و مقاومت در برابر خزش

کاربرد صنعتی اختراع

مواد کامپوزیتی به دلیل نسبت استحکام به وزن و مدول به وزن بالا یک نقش کلیدی در صنعت هوا فضا، صنعت خودروسازی و دیگر کاربردهای مهندسی دارند. در ساخت قطعاتی که باید خواص غیر ایزوتروپیک (در یک جهت قوی تر) داشته باشند. این کامپوزیت‌ها تقویت شده با الیاف کوتاه برای ساخت یک طیف وسیعی از محصولات من جمله تسمه‌های پروانه، شلنگ‌ها، V-belt، ترد تایر(کامپون و وسایل نقلیه ORT)، تایرهای بدون تیوب، درزگیرها، واشرها، ته کفش‌ها، ضربه گیر کنار لنگرگاه، دیافراگم‌ها، یاطاقان ها و بدلیل فرایندپذیری اسان ساخت قطعاتی با شکل‌های پیچیده استفاده می شوند. همانطور که الیاف کوتاه دارای استحکم خام و مقاومت بریدن، پارگی، سوراخ شدگی بالایی دارد. آنها می‌توانند برای ورق‌سازی‌ها (پوششی) استفاده شوند.

خلاصه توصیف اختراع

خواص فیزیکی و مکانیکی و مورفولوژی نانو کامپوزیت های بر پایه NR/SBR تقویت شده با الیاف کوتاه ضایعاتی نایلون 66 و نانوصفحات سیلیکاتی بررسی شد. ضایعاتی نوع دیگری از مشکلات زیست محیطی را به وجود آورده اند که فرایند بازیافت آنها هزینه های سنگینی را شامل می شود. این الیاف جزء ضایعات کارخانه لاستیک سازی و تایر سازی و کارخانه های نساجی می باشد که دارای مقاومت کششی زیاد و ماندگاری بسیار طولانی در خاک هستند .گزارش شده است که در فرایند بازیافت تایر حدود 10 تا 15٪ الیاف ضایعاتی به دست می آید. بنابراین، فرایندی که بتوان از این ضایعات مجدداً استفاده کرد نه تنها مشکلات زیست محیطی را تا حدی بر طرف می کند، بلکه از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است. با بکارگیری این الیاف در داخل لاستیک ها، علاوه بر اصلاح رفتار مکانیکی لاستیکها، راه حلی برای دفن این ضایعات در بروزه های عمرانی و ژئوتکنیکی پیدا می شود. لاستیک های تقویت شده با الیاف کوتاه به خاطر فرایند پذیری بهتر، خواص فیزیکی مکانیکی بهبود یافته و مزایای اقتصادی از این کامپوزیتها در تولید V-belt شلنگ آب رسانی، ترد تایر و قطعاتی که دارای ساختار فیزیکی بسیار پیچیده ای هستند مورد استفاده قرار گرفته اند. برای بدست آوردن یک کامپوزیت با کارایی بالا، می بایست کاری کرد که بار اعمالی به قطعه تا اندازه زیادی توسط الیاف مهار گردد و این مهم زمانی محقق می شود که برهمچسبی میان ماتریس و الیاف بسیار خوب و قوی باشد. در مقایسه با فرایندهای غوطه وری ، سیستم پیوند خشک سه تایی HRH ، به سادگی همانند سایر مواد موجود در ترکیب لاستیک می توانند به ماتریس اضافه گردند واز فرایندهای اضافی غوطه ور سازی وسپس خشک کردن آمیزه جلوگیری به عمل آید. نقش سیلیکا بهبود فرایند ترشوندگی الیاف کوتاه توسط ماتریس است. به دلیل اینکه صفحات نانوسیلیکاتی کلی دارای سطح مقطع بیشتری هستند بنابراین می توانند در بهبود فرایند wetting بسیار موثر باشند. زمان برشتگی و پخت کامپوریت های بدون نانو کلی(0wt%) با افزایش مقدار الیاف تا 19٪ و زمن برشتگی و پخت کامپوریت های بدون الیاف با افزایش نانو کلی از 0wt% به 5wt% تا 53٪ کاهش نسن داده است در حالی که سرعت پخت و بیشینه گشتاور افزایش یافته است. خواص مکانیکی آمیزه ها با افزایش ترکیب درصد الیاف و عامل سازگارکننده HRH و نانو کلی بهبود یافته و الیاف در دو جهت طولی و عرضی خواص متفاوت نشان داده اند. همچنین سطح ویژه بسیار بالای نانو کلی باعث افزایش خواص مکانیکی همه آمیزه ها شده است به طوری که با افزایش مقدار نانو کلی آمیزه ها خواص بالاتری نشان داده اند.