



## بررسی تاثیر ذرات نانورس بر مورفولوژی و جذب رنگ الیاف کامپوزیتی پلی پروپیلن / نایلون ۶/

### پلی پروپیلن مالئیک انیدرید / نانورس C30B

محمد ابراهیم حیدری<sup>۱\*</sup>، حسین نازکدست<sup>۲</sup>، ابوسعیدرشیدی<sup>۱</sup>، اسماعیل یزدانشناس<sup>۲</sup>

#### چکیده

تلاشهای زیادی جهت اصلاح خواص الیاف پلی پروپیلن (PP) و جایگزینی آن با دیگر الیاف مصنوعی نظیر پلی آمید ۶ (PA6) و پلی استر (PET) انجام گرفته است. پلی پروپیلن لیفی با ریسندگی راحت، نقطه ذوب پایین و بی تمایل به جذب رطوبت و رنگ است، برعکس لیف نایلون دارای نقطه ذوب بالا، تا حدودی جاذب رطوبت و توانایی ایجاد پیوند با رنگها می باشد. اختلاط این دو لیف با یکدیگر و تهیه آلیاژ در حضور یا عدم حضور سازگارکننده از جمله تکنیک های اصلاح آنها می باشد. با توجه به گسترش استفاده از ذرات نانو و خواص منحصر بفرد ذرات نانورس، اصلاح خواص پلی پروپیلن با آن و تهیه نانوکامپوزیتهای بسیار مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرد.

در این مقاله تاثیر ۱ و ۲ درصد نانورس (Closite30B) اصلاح کننده سطح، در دو نسبت اختلاط ۸۰/۲۰ و ۶۵/۳۵ در حضور یا عدم حضور سازگارکننده پلی پروپیلن مالئیک انیدرید (PPgMAH) بر روی تشکیل و توسعه ریزساختار میکروفیبریل در آلیاژهای بر پایه PP/PA6 و رنگپذیری الیاف حاصل از آنها بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که تغییر درصد نانورس و سازگارکننده باعث کنترل ابعاد فاز دیسپرس نایلون ۶ در ماتریس می گردد و همچنین باعث توانایی جذب رنگزای اسیدی میلینگ در آلیاژها می گردد، که البته تاثیر حضور ذرات نانورس در جذب رنگزا بیشتر از سازگارکننده می باشد.

**کلمات کلیدی:** الیاف آلیاژی، نانو کامپوزیت، پلی پروپیلن، پلی آمید ۶، مورفولوژی و رنگرزی الیاف.

#### Abstract

A number of studied have been performed to improve the properties of polypropylene (PP) fibers and replaced it with another synthetic fibers such as polyamide 6 (PA6) and polyester (PET). PP fiber is a polymeric material with low melting point temperature and easily melts spinning process that do not have any affinity to absorb of moisture and dyes, on the contrary PA6 fiber is a polymer with high melting point temperature, moisture absorbency and ability to bounding with dyes. Combination of these two fibers in the presence or absence of compatibilizer is known as on of the effective methods for modification of their properties. According to the widespread application and extraordinary properties of nano organoclay, modification of PP polymers and subsequently manufacturing of their nanocomposite have been extensively an attractive topic for scientific and researching groups.

The aim of the present paper was to study the effect of organically modified agent (Closite3B) and compatibilizer on microfibrillar morphology development and dye ability of PP/PA6 nanocomposite fibers. The PP/PA6 blend samples with 80/20 and 65/35 blend ratio and variable organoclay (C30B) content (1, 2%) were prepared with and without compatibilizer. The results showed that the average particles size of PA6 disperse phase and dye ability of composite fibers were controlled by amounts of nanoclay and compatibilizer. Our observation revealed this fact that the organoclay (C30B) is more effective than compatibilizer on absorption of dyes by nanocomposite fibers.

**Keywords:** Composite fibers, nanocomposite, Polypropylene, Polyamide6, Morphology, Dyeing.

۱. گروه مهندسی نساجی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

مسئول مکاتبات: Haidary11@yahoo.com

۲. دانشکده پلیمر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۳. دانشکده نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، ایران.

## ۱. مقدمه

با افزایش جمعیت جهان و محدود بودن الیاف طبیعی نظیر پنبه، پشم، ابریشم و غیره، استفاده از الیاف مصنوعی رشد صعودی داشته است. قیمت مناسب الیاف مصنوعی، فرآیند پذیری راحت، تنوع تولید و عدم محدودیت، کاربرد این دسته از الیاف را بیش از پیش وسیع تر نموده است. پلی پروپیلن (PP) و پلی آمید ۶ (PA6) از جمله الیاف مصنوعی هستند که کاربرد زیادی دارند [۱].

پلی پروپیلن پلیمری با فرآیند پذیری راحت، عدم جذب رطوبت، و قیمت پایین است. اما این لیف دارای نقطه ذوب پایین ( $160^{\circ}\text{C}$ ) و مقاوت نسبتاً پایین در مقابل حرارت و اطوی داغ می‌باشد، همچنین تمایل به جذب رنگزا نداشته و به صورت جرمی (Mass Dyeing) رنگرزی می‌گردد. نایلون ۶ (PA6) به علت استحکام مکانیکی و مدول بالا، توانایی جذب آب و جذب رطوبت مناسب، دمای ذوب ( $220^{\circ}\text{C}$ ) و دمای تشکیل کریستال بالا به صورت گسترده‌ای در تولیدات مختلف محصولات مهندسی، اتومبیل و الیاف به کار می‌رود. قیمت نایلون ۶ نسبت به پلی پروپیلن بالاتر بوده و فرآیند پذیری اش نیز مشکل تر است. هر دو پلیمر به روش ذوب ریسی (Melt spinning) به لیف تبدیل می‌شوند [۱،۲].

آلیاژسازی (Blending) یکی از روش‌های مناسب و کارا جهت اصلاح و بهبود خواص پلیمرها می‌باشد در دو دهه اخیر بهبود خواص الیاف با استفاده از آلیاژ سازی گسترش زیادی یافته است. نایلون ۶ معمولاً با پلی پروپیلن که دارای مدول پایین‌تری است مخلوط می‌شود، لذا علاوه بر بهبود خواص آن باعث کاهش قیمت تمام شده می‌گردد [۳-۷]. به علت ناسازگاری پلی پروپیلن با پلی آمید ۶ آلیاژ آنها دارای خواص مکانیکی ضعیفی بوده و استفاده آنها در کاربردهای مختلف محدود می‌شود. افزایش عوامل مختلف سازگارکننده (Compatibilizer) که اکثر آنها پلیمرهای عامل‌دار شده با مالئیک‌انیدرید (MAH) یا انیدریداستیک (AA) می‌باشند، موجب بهبود خصوصیات این آلیاژها می‌شود. در طول فرآیند اختلاط مذاب، پلی پروپیلن عامل‌دار شده با مالئیک‌انیدرید (PPgMAH) همانند پل واسط با پلی آمید و پلی پروپیلن واکنش می‌دهد و لذا پیوندهای قوی بین دو فاز تشکیل می‌گردد [۸-۱۲].

در سال‌های اخیر استفاده از افزودنی‌ها (Additive) با ابعاد نانو به پلیمرها، خواص پلیمرهای خالص و همچنین آلیاژ آنها را بهبود زیادی داده است. از جمله افزودنی‌هایی که کارایی و کاربرد زیادی در صنعت پلیمر و الیاف داشته است نانو ذرات رس (Nano OrganoClay) بوده است. نانو کامپوزیت‌های پلیمر/ خاک‌رس یک مثال موردی از تکنولوژی نانو هستند. در نانو تکنولوژی اصلاح توده (Bulk) با استفاده از ذرات نانورس، از خاک رس‌های نوع اسمکتیت (Smectite) نظیر مونت موریلونیت، هکتوریت و میکای ترکیب شده با ترکیبات آلی به عنوان افزودنی برای بهبود خواص پلیمرها استفاده می‌شود. خاک‌رس‌های نوع اسمکتیت ساختاری لایه‌ای دارند، اصلی که در تهیه نانو کامپوزیت‌های پلیمر/ خاک‌رس باید رعایت شود این

است که اولاً دانه‌های نانورس باید از یکدیگر جدا (Disperser) شوند و ثانیاً لایه‌های نانورسها به طور موثر از یکدیگر باز (Intercalate/ exfoliate) شوند، در این حالت است که خواص مورد نیاز پلیمرهای تقویت شده با ذرات نانورس لایه‌ای به طور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند [۱۳-۱۵]. نانو کامپوزیت‌ها (Nanocomposites) در مقایسه با پلیمرهای مشابه و کامپوزیت های متداول به دلیل داشتن خواص فیزیکی و شیمیایی مطلوب، کاربرد وسیعی در زمینه‌های مختلف صنعتی و تحقیقاتی دارند و یک روش اقتصادی برای رسیدن به مواد پلیمری جدید با کمترین هزینه و ترکیبی از عملکرد پلیمرهای خالص می‌باشد [۱۶-۲۰].

چگونگی توزیع ذرات نانورس و نحوه قرارگیری آنها درون نانوکامپوزیتها از مهمترین عوامل کنترل خواص نانوکامپوزیتها می‌باشد. اهمیت این موضوع در سالهای اخیر باعث تحقیق در مورد خواص گونه‌ای از نانوکامپوزیتها با نام کامپوزیتهای تقویت شده با میکروفیبریلها (MFC) گردیده است. تهیه MFC ها شامل سه مرحله (i) اختلاط (ii) *(mixing)* فیبریلاسیون (*fibrillation*) و (iii) یکسان سازی (*isotropisation*) می‌باشد. در فرآیند تحقیق و تهیه MFC ها به دنبال تهیه کامپوزیت تقویت شده‌ای با فیبریلهای طولانی که ذرات نانو در آن توزیع شده‌اند هستند [۲۱-۲۳].

تحقیق حاضر به منظور بهبود فرآیند فیبریلاسیون و خواص رنگ پذیری الیاف آلیازی PP/PA6 به کمک آلیاژی و استفاده از نانو ذرات آلی رس Closite30B (C30B) انجام گرفته. که جهت رسیدن به این هدف از پلی‌پروپیلن به عنوان فاز ماتریس و از پلی‌آمید ۶ به عنوان فاز دیسپرس در دو نسبت ۶۵/۳۵ و ۸۰/۲۰ PP/PA6 استفاده شده است.

## ۲. مواد و آزمایشات

### ۱.۲. مواد مورد استفاده

به منظور تهیه نانو کامپوزیتها از پلی‌پروپیلن پایه الیاف با شاخص جریان مذاب  $18 \text{ g}/10 \text{ min}$ ، دانسیته  $0.9 \text{ g}/\text{cm}^3$  و نقطه ذوب  $160^\circ \text{C}$  محصول شرکت پتروشیمی اراک- ایران با نام تجاری V30S به عنوان فاز ماتریس استفاده شد. پلی‌آمید ۶ پایه الیاف محصول شرکت Domamide کشور دانمارک با نام تجاری Dimamide 28 با شاخص جریان مذاب  $28 \text{ g}/10 \text{ min}$ ، دانسیته  $1.1 \text{ g}/\text{cm}^3$  و نقطه ذوب  $219^\circ \text{C}$  به عنوان فاز دیسپرس تهیه شد. پلی‌پروپیلن عامل دار شده با ۱/۵ درصد مالئیک انیدرید (PPgMAH) با شاخص جریان مذاب  $50 \text{ g}/10 \text{ min}$  محصول شرکت Honam کشور کره جنوبی با نام تجاری CM 1120 به عنوان سازگار کننده استفاده شد. نانو مصرفی از نوع نانورس آلی لایه‌ای با نام تجاری Closite30B محصول شرکت Southern Clay کشور امریکا بود، این نانورس یک مونت موریلونیت اصلاح شده با چربی متیل- سیس دو هیدروکسی اتیل آمونیوم چهارظرفیتی با ظرفیت تعویض کاتیون  $90 \text{ mequiv}/100 \text{ g}$  بود. نمونه‌ها مطابق با جدول ۱ تهیه شدند.

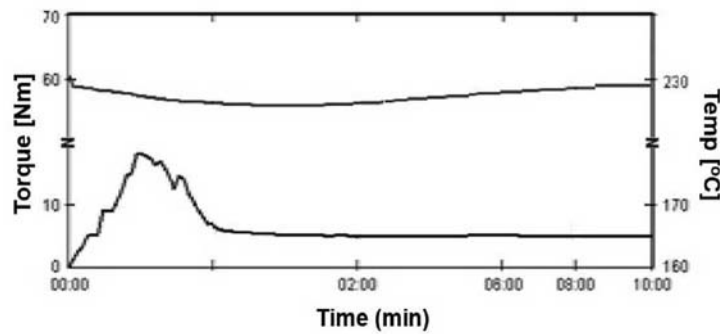
## ۲.۲. تهیه نمونه‌ها

نمونه‌های آلیاژی و نانوکامپوزیتی PP/PA6 با نسبت‌های اختلاط ۸۰/۲۰ و ۶۵/۳۵ حاوی ۱ و ۲ درصد نانورس C30B در حضور و عدم حضور سازگارکننده PPgMAH درون مخلوط کننده داخلی (Internal Mixer) آزمایشگاهی ساخت شرکت برابندر آلمان، مدل W60 با کنترلر PL2200، موجود در کارگاه پلاستیک دانشگاه تربیت مدرس با حجم محفظه ۶۰ میلی‌لیتر در دمای ۲۳۰°C به مدت ۱۰ دقیقه با دور موتور ۶۰ rpm مطابق با جدول ۱ با هم مخلوط شدند.

جدول ۱. جدول مواد مصرفی، طراحی و کدگذاری آزمایشات

درصد اجزاء تشکیل دهنده				کد نمونه	ردیف
C30B	PPgMAH	PA6	PP		
-	-	-	۱۰۰	PP	۱
۵	-	-	۹۵	PP30B	۲
-	-	۱۰۰	-	PA	۳
۵	-	۹۵	-	PA30B	۴
-	-	۲۰	۸۰	۸۰B	۵
-	۲	۲۰	۷۸	۸۰CB	۶
۱	-	۱۹	۸۰	۸۰BN	۷
۱	۲	۱۹	۷۸	۸۰CBN	۸
-	-	۳۵	۶۵	۶۵B	۹
-	۵	۳۵	۶۰	۶۵CB	۱۰
۲	-	۳۳	۶۵	۶۵BN	۱۱
۲	۵	۳۳	۶۰	۶۵CBN	۱۲

کلیه مواد قبل از اختلاط به مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۸۰°C درون آون قرار داده شدند تا خشک شوند. در شکل ۱ نمودار گشتاور و حرارت اختلاط در برابر زمان یکی از نمونه‌ها که توسط مخلوط کننده داخلی (Internal Mixer) تهیه شده به عنوان نمونه آورده شده است، همانگونه که ملاحظه می‌گردد حرارت محفظه اختلاط ۲۳۰°C و پس از گذشت یک دقیقه گشتاور به صورت افقی در آمده و بیانگر ذوب کامل پلیمرها می‌باشد.



شکل ۱. نمودار گشتاور و حرارت اختلاط آلیاژها و نانوکامپوزیتها در برابر زمان

### ۳.۲. ریسندگی الیاف

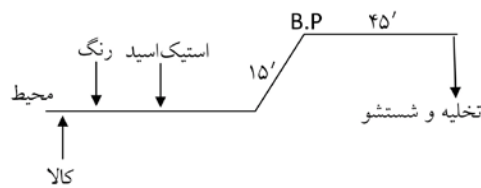
نمونه‌های نانوکامپوزیتی تهیه شده قبل از ریسندگی ابتدا توسط دستگاه خردکن در حرارت محیط به ابعاد گرانول شکسته شدند و به مدت ۲۴ ساعت در حرارت  $80^{\circ}\text{C}$  قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس توسط دستگاه ریسندگی آزمایشگاهی (Mini Single Extruder) موجود در آزمایشگاه تولید الیاف پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی تهران با حرارت تغذیه و خروجی  $190^{\circ}\text{C}$  و  $200^{\circ}\text{C}$  به لیف تبدیل شدند و سپس توسط دستگاه کشش تعبیه شده در جلوی دستگاه ۵ برابر کشیده شده و به قطر نهایی  $0.2 \pm 0.05 \text{ mm}$  رسیدند.

### ۳.۴. آزمونهای کیفی انجام شده

به منظور بررسی فاصله بین صفحات نانورسهای لایه‌ای، طیف‌های پراش اشعه X (WAXD) توسط دستگاه X'pert ساخت شرکت فیلیپس مجهز به یک تیوب CuKa و فیلتر Ni با طول موج  $\lambda = 0.1542 \text{ nm}$  واقع در دانشگاه تربیت مدرس تحت زاویه  $2\theta = 10^{\circ} - 20^{\circ}$  در شرایط  $50 \text{ Kv}$  و  $150 \text{ Ma}$  انجام گرفت.

مورفولوژی آلیاژها و نانوکامپوزیتها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) شرکت فیلیپس مدل XL30 موجود در دانشگاه تربیت مدرس مورد مطالعه قرار گرفت. جهت تهیه نمونه‌ها، ابتدا آلیاژها ۳۰ دقیقه درون نیتروژن مایع قرار گرفتند و سپس شکسته شدند. سطح شکسته شده با لایه نازکی از طلا پوشش داده شد و زیر میکروسکوپ مشاهده و مورد عکسبرداری قرار گرفت.

فرآیند رنگریزی الیاف آلیاژی و نانوکامپوزیتی با رنگزای اسیدی میلینگ Telon Blue AFN ساخت شرکت Dystar توسط دستگاه نمونه رنگ‌کنی موجود در آزمایشگاه رنگریزی دانشکده فنی مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران مطابق نمودار شکل ۲ انجام گرفت.



وزن کالا	۲ گرم
رنگ	۱٪
اسید استیک	۱٪
L:R	
	۴۰:۱

شکل ۲. نمودار رنگریزی لیاف با رنگزای اسیدی میلینگ Telon Blue AFN

در ادامه شید رنگی، عمق رنگی و روشنایی نمونه‌های رنگریزی شده توسط دستگاه DataColor انعکاسی تحت سیستم

CIE(L\*a\*b\*) با منبع نوری D65 تعیین گردید.

### ۳. مباحث و نتایج

#### ۱.۳. طیف پراش اشعه X (WAXD)

نمودار طیف پراش اشعه X نانورس خالص C30B و نانوکامپوزیتهای PP30B و PA30B در شکل ۳ و نتایج حاصل از

آن در جدول ۲ آورده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد فاصله بین لایه‌ها در نانورس خالص از ۱۸/۳۸ Å به ۴۴/۰۶ Å

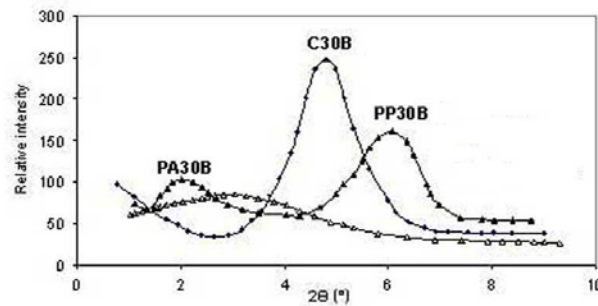
و ۲۹/۰۹ Å آنگستروم در PP30B و PA30B افزایش می‌یابد و این نشان می‌دهد که فاصله بین لایه‌ها در نانوکامپوزیتهای

تحت شرایط اختلاط افزایش می‌یابد.

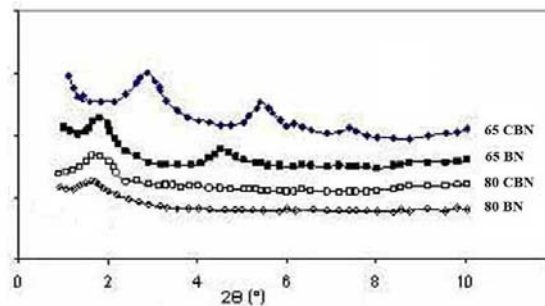
جدول ۲. مقادیر زاویه پیک و فاصله بین صفحه‌ای در نانوکامپوزیتهای

پیک دوم		پیک مشخصه اول		کد نمونه	ردیف
فاصله بین لایه‌ای d	زاویه پیک	فاصله بین لایه‌ای d	زاویه پیک		
(Å)	( $2\theta^\circ$ )	(Å)	( $2\theta^\circ$ )		
--	--	۱۸/۳۸	۴/۸	C30B	۱
۱۴/۵۷	۶/۰۶	۴۴/۰۶	۲/۰۱	PP30B	۲
--	--	۲۹/۰۹	۳/۵۳	PA30B	۳
--	--	۴۹/۵۱	۱/۷۹	۸۰BN	۴
--	--	۵۰/۳۶	۱/۷۵	۸۰CBN	۵
۱۹/۵۶	۴/۵۱	۴۸/۴۲	۱/۸۲	۶۵BN	۶
۱۶/۳۴	۵/۴۰	۳۰/۷۵	۲/۸۷	۶۵CBN	۷

پیک اضافی مربوط به نمونه PP30B در محدوده  $2\theta=6/06^\circ$  که معادل  $d=14/57\text{\AA}$  می باشد بیان می دارد که مقدار کمی از نانورسها نتوانسته اند باز شوند و به یکدیگر نزدیک شده و لذا فاصله بین لایه های کاهش داشته است. لذا میتوان نتیجه گرفت که ذرات نانو رس C30B با توجه به سازگاری بیشتر با PA6 و لذا توانایی بیشتر اختلاط امکان بیشتری پیدا کرده اند تا از یکدیگر باز شوند.



شکل ۳. طیف پراش اشعه X مربوط به نانورس خالص C30B و نانوکامپوزیتهای PA30B و PP30B

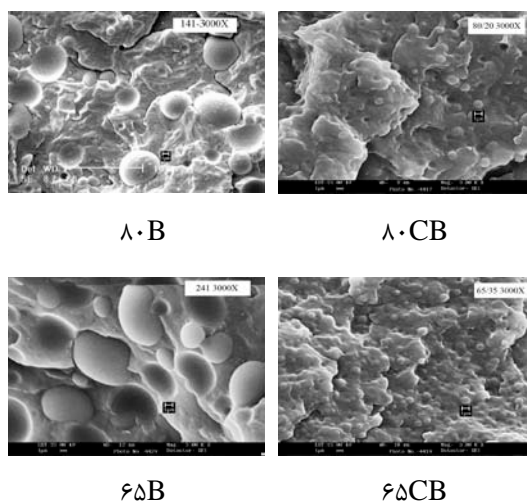


شکل ۴. طیف پراش اشعه X مربوط به نانوکامپوزیتهای بر پایه PP/PA6 ۶۵/۳۵ و ۸۰/۲۰

نمودار طیف پراش اشعه X نمونه های نانوکامپوزیتی و مقادیر مربوط به آنها به ترتیب در شکل ۴ و جدول ۲ آورده شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد در کلیه نمونه های نانوکامپوزیتی پیک مشخصه مربوط به نانورس خالص C30B محو شده است و پیک کوچکی در زاویه های پایین تری ایجاد گردیده که دارای ارتفاع کمی نیز می باشد و این نشان می دهد که در نانوکامپوزیتهای آلیاژی لایه های نانو (Stacks) از یکدیگر باز (Platelets/ Tactoids) شده اند. با توجه به اینکه مقدار نانورس C30B در نمونه های نانوکامپوزیتی ۱ و ۲ درصد می باشد لذا ذرات نانورس نتوانسته اند در این نوع اختلاط به راحتی به درون آلیاژها نفوذ کرده و آنها را از یکدیگر باز کنند (Exfoliate/ Intercalate).

### ۳،۲. بررسی مورفولوژی نانوکامپوزیتهای بر پایه PP/PA6/C30B با میکروسکوپ الکترونی (SEM)

تصاویر SEM توده (Bulk) آلیاژهای فاقد نانورس بر پایه PP/PA6 ۸۰/۲۰ و ۶۵/۳۵ در حضور یا عدم حضور سازگارکننده PPgMAH در شکل ۵ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد در آلیاژهای فاقد سازگارکننده (۸۰B و ۶۵B) به دلیل قطبی بودن پلی‌آمید ۶ و غیرقطبی بودن پلی‌پروپیلن و لذا ناسازگاری این دو فاز، اندازه ذرات فاز دیسپرس PA6 بزرگ می‌باشد، همچنین با افزایش درصد PA6 از ۲۰٪ به ۳۵٪ اندازه ذرات این فاز نیز بزرگتر می‌گردد. در آلیاژهای با کدهای ۸۰CB و ۶۵CB که از سازگارکننده PPgMAH نیز استفاده شده است اندازه ذرات فاز دیسپرس کوچک بوده و اختلاف در اندازه ذرات فاز دیسپرس دو نمونه نیز کم می‌باشد، این نوع مورفولوژی به دلیل حضور سازگارکننده طبیعی می‌باشد زیرا سازگارکننده به دلیل ساختمان دوگانه قطبی-غیرقطبی که دارد باعث اختلاط بهتر دو فاز با یکدیگر گشته و لذا اندازه ذرات فاز دیسپرس را کوچک می‌نماید.

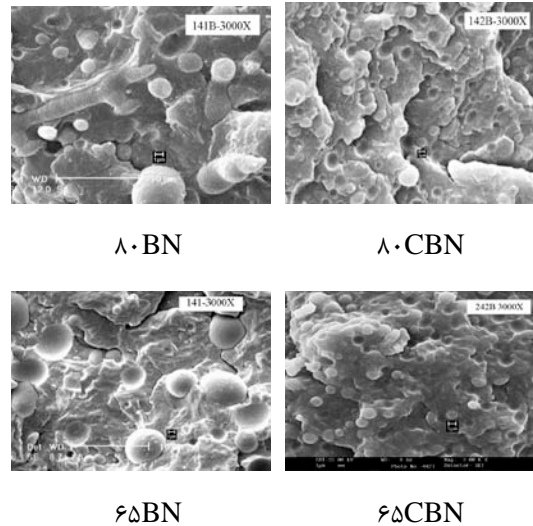


شکل ۵. تصاویر SEM آلیاژهای PP/PA6 ۸۰/۲۰ و ۶۵/۳۵

همچنین مورفولوژی توده (Bulk) نانوکامپوزیتهای بر پایه PP/PA6/C30B ۸۰/۱۹/۱ و ۶۵/۳۳/۲ در حضور یا عدم حضور سازگارکننده PPgMAH در شکل ۶ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد در نانوکامپوزیتهای فاقد سازگارکننده با کدهای ۸۰BN و ۶۵BN با افزایش درصد فاز دیسپرس PA6 از ۲۰ به ۳۵ درصد افزایش اندازه ذرات فاز دیسپرس PA6 مشاهده می‌گردد. از مقایسه این نمونه‌ها با آلیاژهای ساده فاقد نانو با کدهای ۸۰B و ۶۵B در شکل ۵ مشاهده می‌گردد که اندازه ذرات فاز دیسپرس PA6 در نانوکامپوزیتها کوچکتر از آلیاژ ساده فاقد نانو می‌باشد که این امر به دلیل ساختار مشابه ذرات نانورس C30B با سازگارکننده‌ها می‌باشد، زیرا نانورس اصلاح شده C30B دارای یک سر آبدوست



یا قطبی و یک دم چربی دوست یا غیرقطبی می‌باشد که می‌تواند تا حدودی باعث ایجاد پیوند یا سازگاری بین دو فاز قطبی و غیرقطبی گردد.



شکل ۶. تصاویر SEM نانوکامپوزیت‌های بر پایه PP/PA6/C30B ۸۰/۱۹/۱ و ۶۵/۳۳/۲

در نانوکامپوزیت‌های حاوی سازگارکننده همانگونه که مشاهده می‌گردد اندازه ذرات فاز دیسپرس بسیار کوچکتر بوده و اختلاف کمی بین اندازه ذرات فاز دیسپرس در نانو کامپوزیت‌های بر پایه PP/PA6/C30B ۸۰/۱۹/۱ و ۶۵/۳۳/۲ وجود دارد. این نوع مورفولوژی به دلیل حضور سازگارکننده طبیعی می‌باشد زیرا سازگارکننده PPgMAH به دلیل ماهیت قطبی- غیرقطبی قوی باعث اختلاط بهتر دو فاز با یکدیگر گشته و اندازه ذرات فاز دیسپرس را کم می‌نماید.

### ۳،۳. مقایسه میزان جذب رنگزا (K/S) و مشخصات رنگی ( $L^* a^* b^*$ ) الیاف رنگریزی شده

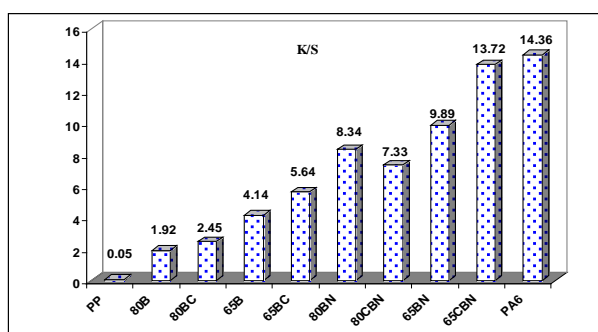
همانگونه که قبلاً گفته شد آلیاژها و نانوکامپوزیت‌های تولیدی در ادامه توسط دستگاه ذوب ریس آزمایشگاهی به لیف تبدیل شدند و سپس توسط دستگاه رنگریزی آزمایشگاهی رنگریزی گردیدند. در ادامه مشخصات الیاف رنگریزی شده به منظور مقایسه میزان جذب ماده رنگزای اسیدی میلینگ Telon Bue AFN با دستگاه Datacolor تحت سیستم  $CIE(L^* a^* b^*)$  تعیین گردید. اطلاعات حاصل از دستگاه کالریتر انعکاسی در جدول ۳ آورده شده است. به جهت مقایسه بهتر نمونه‌ها مقدار جذب رنگ (K/S) و شید رنگی ( $a^* b^*$ ) نمونه‌ها به صورت نمودار در شکل‌های ۷ و ۸ با یکدیگر مقایسه گردیدند. با مشاهده اطلاعات مربوط به دستگاه کالریتر در جدول ۳ و مقایسه نمودار جذب رنگ (k/s) نمونه‌ها در شکل ۷ مشخص می‌گردد که ترتیب جذب رنگزای اسیدی Telon Bue AFN در نمونه‌ها به صورت زیر است:

$$PP < 80B < 80BC < 65B < 65BC < 80CBN < 80BN < 65BN < 65CBN < PA6$$

همانگونه که ملاحظه می‌گردد در آلیاژهای با درصد اختلاط PP/PA6 ۶۵/۳۵ حاوی نانورس مقدار جذب رنگزای اسیدی نزدیک به نمونه نایلون ۶ خالص می‌باشد، به عبارتی می‌توان گفت آلیاژهای حاوی نانورس از نظر رفتار رنگرزی بسیار مشابه نایلون ۶ خالص می‌باشند.

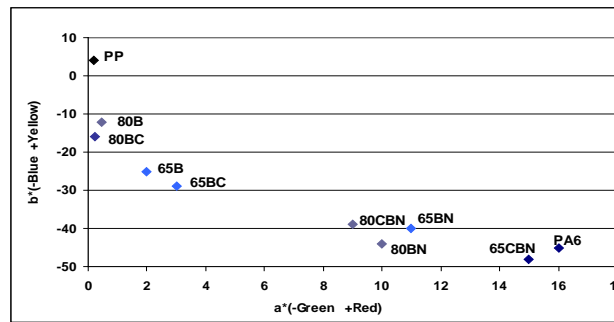
جدول ۳. مقادیر مشخصات رنگی ( $L^*a^*b^*$ ) و جذب رنگ (K/S) الیاف رنگرزی شده

کد نمونه										مشخصات
PA6	65CB	65B	65CB N	65B N	80CBN	80BN	80CB	80B	PP	رنگی
۱۵	۲۹	۳۵	۱۶	۱۹	۲۱	۲۶	۴۹	۵۳	۷۸	L*
۱۶	۳	۲	۱۵	۱۱	۹	۱۰	۰/۲۱	۰/۴۶	۰/۱۸	a*
-۴۵	-۲۹	-۲۵	-۴۸	-۴۰	-۳۹	-۴۴	-۱۵/۹	-۱۲/۲	۴	b*
۱۴/۳۶	۵/۶۴	۴/۱۴	۱۳/۷۲	۹/۸۹	۷/۳۳	۸/۳۴	۲/۴۵	۱/۹۲	۰/۰۵	k/s



شکل ۷. نمودار میله‌ای مقایسه جذب (K/S) رنگزای اسیدی توسط الیاف

با دقت در اطلاعات آورده شده در جدول ۳ و مقایسه شدید رنگی ( $a^*b^*$ ) نمونه‌ها در شکل ۸ مشخص می‌گردد که ترتیب بالا در جذب رنگ آبی ( $-b^*$ ) نیز درست بوده و بیشترین جذب رنگ آبی به ترتیب مربوط به نمونه پلی‌آمید ۶ خالص (PA6) و نانوکامپوزیتهای ۶۵/۳۵ با کدهای ۶۵CBN و ۶۵BN می‌باشد و کمترین جذب رنگ آبی پس از پلی‌پروپیلن خالص به ترتیب مربوط به آلیاژهای ۸۰/۲۰ با کدهای ۸۰BC و ۸۰B می‌باشد.



شکل ۸. نمودار دکارتی مقایسه شیدرنگی ( $a^*b^*$ ) الیاف رنگری شده با رنگرای اسیدی

به عبارت دیگر بیشترین جذب رنگ پس از پلی آمید ۶ خالص مربوط به نانوکامپوزیت‌های با اختلاط PP/PA6/C30B و کمترین جذب رنگ پس از PP خالص مربوط به آلیاژهای فاقد نانو بر پایه PP/PA6 ۸۰/۲۰ و ۶۵/۳۵ می‌باشد. لذا می‌توان نتیجه گرفت با آلیاژسازی یا اختلاط پلی آمید ۶ قطبی به ماتریس غیرقطبی پلی پروپیلن می‌توان در پلی پروپیلن تمایل به جذب رنگ ایجاد نمود و با افزودن نانورس و سازگارکننده این جذب رنگ را افزایش داد، البته نتایج نشان می‌دهد که حضور نانورس قطبی Closite30B باعث افزایش بیشتر جذب رنگ نسبت به سازگارکننده می‌گردد.

#### ۴. نتیجه گیری

اختلاط پلی پروپیلن با پلی آمید ۶ یکی از فرآیندهای بهبود خواص رنگپذیری لیف مرکب PP/PA6 می‌باشد. استفاده از ذرات نانورس Closite30B و سازگارکننده PPgMAH در این آلیاژ به بهبود خواص رنگپذیری آنها کمک می‌کند. نتایج حاصل از پراش اشعه X (WAXD) نشان می‌دهد که ذرات نانورس قطبی C30B در فاز PA6 قطبی بهتر باز می‌شود و فاصله بین صفحات نانورس در آلیاژهایی که ۱٪ نانورس داشته‌اند (۸۰/۱۹/۱) بیشتر از آلیاژهایی است که ۲٪ (۶۵/۳۳/۲) نانورس مصرف شده است و سازگار کننده PPgMAH به باز شدن بیشتر این صفحات کمک می‌کند. در بررسی مورفولوژی نانوکامپوزیتها مشخص گردید که استفاده از سازگارکننده بیشترین تاثیر را در کوچک کردن اندازه ذرات فاز دیسپرس PA6 در آلیاژها و نانوکامپوزیتها داشته است. همچنین افزایش درصد فاز دیسپرس از ۲۰٪ به ۳۵٪ باعث بزرگتر شدن اندازه ذرات فاز دیسپرس بالاخص در نمونه‌های بدون سازگار کننده گردیده است. بررسی میزان جذب رنگ الیاف نانوکامپوزیتی و آلیاژی نشان می‌دهد که هرچند آلیاژسازی و استفاده از سازگارکننده باعث افزایش جذب رنگ توسط الیاف می‌گردد ولی استفاده از نانورس، در صورتی که در آلیاژ باز شود، پارامتر موثرتری در جذب رنگ نسبت به سازگار کننده می‌باشد. همچنین هرچقدر درصد فاز دیسپرس PA6 و نانورس C30B در آلیاژها افزایش یابد میزان جذب رنگ الیاف آلیاژی و نانوکامپوزیتها افزایش می‌یابد.

۵. منابع

- [1] R.W.Moncrieff., "Man Made Fibers"., Butterworth's Co., England., 1982.
- [2] H. Tavanai., "Man Made Fibers "., Arkan., Isfahan., Iran., 1998.
- [3] F.Afshar Taromi, S.Pourmahdian., "Polymer Formation"., Polytechnic., Tehran., Iran., 2003.
- [4] I.A.Tsebrenko, V.A.Pakharenko., Fiber Chem., Vol.23., pp.31., 1999.
- [5] D.R.Paul, C.B.Bucknall., "Polymer Blends"., Wiley-Interscience., New York., USA., 1999.
- [6] S.Fakirov, D.Bhattacharyya, R.J.Shields., Colloid.Surf. Part A: Physicochem.Eng., Vol.2., pp.313., 2008.
- [7] W.S.Lyoo, Y.G.Choi, W.S.Ha, B.C.Kim., Int. Polym. Proc., Vol.XV., pp.369., 2000.
- [8] M.Afshari, R. Kotek, M. Haghighat Kish, H. Nazockdast, B.S.Gupta., Polymer., Vol.43., pp.1331., 2002.
- [9] T.Takahashi, A.Konda, Y.Shimizu., Sen-i-Gakkaishi., Vol 52., pp.507., 1996.
- [10] T.Takahashi, A.Konda, Y.Shimizu., Sen-i-Gakkaishi., Vol.52., pp.396., 1996.
- [11] X.Li, M.Chen, Y.Huang., Polym. J., Vol.29., pp.975., 1997.
- [12] I.Grof, O.Durcova, M.Jambrich., Colloid Polym. Sci., Vol.22., pp.270., 1992.
- [13] Y.S.Lipatov, A.E.Nesterov, T.D.Ignatova, D.A.Nesterov., Polymer., Vol.43., pp.875., 2002.
- [14] E.P.Giannelis., Adv. Materi., Vol.8., pp.29., 1996.
- [15] P.C.LeBaron, Z.Wang, T.J.Pinnavaia., Appl. Clay Sci., Vol.15., pp.11., 1999.
- [16] Y.Tang, Y.Hua, R.Zhanga, Z.Guia, Z.Wanga, Z.Chenb, W.Fana., Polymer., Vol.45., pp.5317., 2004.
- [17] E.Nazockdast, H.Nazockdast, F.Goharpey., J. Polym. Eng. Sci., Vol.48., pp.1240., 2008.
- [18] W.S.Chow, Z.A.Mohd Ishak, U.S.Ishiaku, J.K.Kocsis., J.Appl.Polym.Sci., Vol.91., pp.175., 2004.
- [19] W.S.Chow, Z.A.Mohd Ishak, J.Karger Kocsis., Macromol.Mater.Eng., Vol.290., pp.122., 2005.
- [20] S.Fakirov, D.Bhattacharyya, R.J.Shields., Colloid.Surf. PartA:Physicochem. Eng., Vol.313., pp.2., 2008.

- [21] M.Sarkisova, C.Harrats, G.Groeninckx, S.Thomas., Composites Part A., Vol.35., pp.489., 2004.
- [22] K.Friedrich, M.Evstatiev, S.Fakirov, O.Evstatiev, M.Ishii., Comp.Sci.Tech., Vol.65., pp.107., 2005.
- [23] X.Yi, L.Xu, Y.L.Wang, G.J.Zhong, X.Ji, Z.M.Li., Polym.J., Vol.46., pp.719., 2010.