



بررسی اثر انواع کربن بلک بر خواص تونر الکتروفوتوگرافی تولید شده به روش تجمع امولسیون

مریم عطایی فرد^{۱*}، مونا عبادی^۲

۱- استادیار، گروه پژوهشی علوم و فناوری چاپ، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۲- کارشناس ارشد، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۳-۳۳۹۵۵

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۳ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۲/۱۲/۲۰

چکیده

فرآیند چاپ در دستگاه‌های فتوکپی و چاپگرهای لیزری، به روش الکتروفوتوگرافی و با استفاده از تونر صورت می‌گیرد. تونر پودر بارداری است که از پلیمر، ماده رنگزا، عامل ایجاد بار الکتریکی و دیگر مواد افزودنی تشکیل شده است. روش‌هایی که برای تولید تونر به کار برده می‌شوند به دو دسته کلی شیمیایی و سنتی تقسیم‌بندی می‌شوند که هر کدام شامل زیر مجموعه‌های فراوانی می‌باشند. در روش تجمع امولسیون که از زیر مجموعه‌های روش شیمیایی است، از تغییرات pH و عامل انعقاد دهنده برای تشکیل ذرات تونر استفاده می‌شود. انتخاب مواد اولیه در کیفیت تونر تولید شده بسیار حائز اهمیت است. در این بررسی با به کارگیری انواع مختلفی از کربن بلک با اندازه ذره، سازه و ویژگی‌های متفاوت، تونرهایی با خواص مختلف تولید شد. بررسی نتایج نشان داد که به کارگیری کربن بلک با اندازه ذره کوچک‌تر، باعث تولید تونر با اندازه ذره کمتر و خواص رنگی و حرارتی مشابه‌تری با تونر صنعتی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تونر، الکتروفوتوگرافی، تجمع امولسیون، کربن بلک، خواص رنگی.

Effect of Carbon Black on the Properties of Emulsion Aggregation Electrophotographic Toner

M. Ataefard^{*1}, M. Ebadi²

¹ Department of Printing Science and Technology, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran

² Department of Chemistry, Faculty of Science, East Tehran Branch, Islamic Azad University, P.O.Box: , Tehran, Iran

Received: 13-02-2013

Accepted: 04-09-2013

Available online: 11-03-2014

Abstract

The printing process of photocopiers and laser jet printers are done by electrophotographic process based on the toner. Toner is the dry powder consisting of a polymer, dye, charge control agent and additives. Toner production methods are normally divided into two main chemical and pulverize methods. The emulsion aggregation is one of the chemical methods based upon the accumulation and changes in the pH of the emulsion. This process caused a gel to form toner particles. Thus, selection of raw materials is very important and can affect the production process of the toner. In this study, the effect of different types of carbon black with various particle sizes and structure is investigated. Survey results indicate that application of a carbon black with a smaller particle size causes the decrease in particle size of the toner and improves thermal and colorimetric properties of the toner. *J. Color Sci. Tech.* 7(2014), 331-338©. Institute for Color Science and Technology.

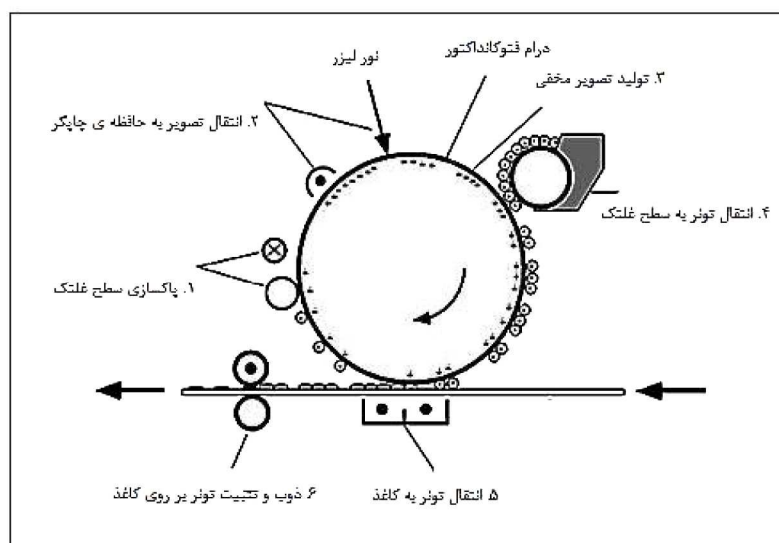
Keywords: Toner, Electrophotography, Emulsion aggregation, Carbon black, Color property.

۱- مقدمه

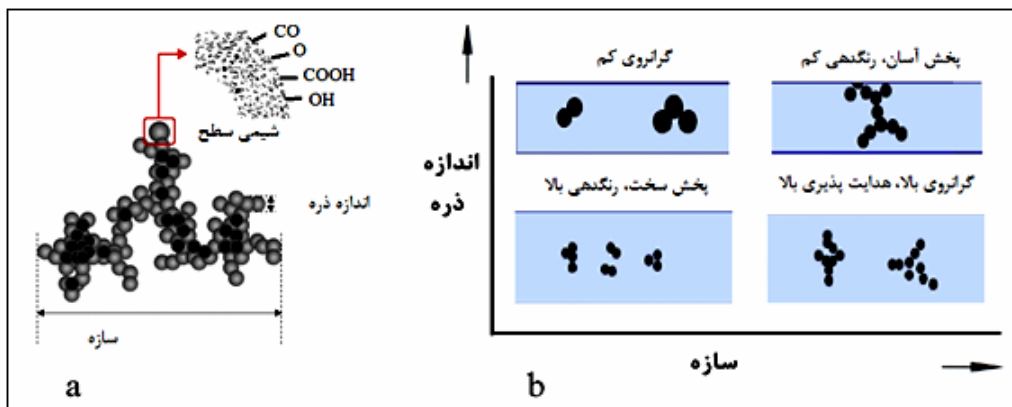
چاپگرهای لیزری و دستگاه‌های فتوکپی تک‌رنگ معمولاً از رنگدانه کربن بلک به‌عنوان عامل رنگزا استفاده می‌کنند. کربن بلک ماده‌ای نرم و پودری شکل است. مجموعه‌ای از ذرات کربن بلک که شامل یک تا چند صد عدد از ذرات اولیه کروی این ماده می‌باشند، توسط نیروی وان‌دروالس به هم متصل شده و ساختار کربن بلک را تشکیل می‌دهند [۷]. دو نکته حائز اهمیت در مورد کربن بلک وجود دارد. الف) متوسط قطر جزء در زنجیره کل، که این اندازه‌گیری، قطر ذرات اولیه کربن بلک را تعیین می‌کند و با معکوس مساحت متناسب است. ب) طول شاخه‌ها و پیوندهای بین ذرات برای تولید تجمعات که توسط آزمون جذب روغن ASTM D 2414 اندازه‌گیری می‌شود و سازه^۷ نام دارد (شکل a-۲). میزان جذب روغن بالای ۱۱۰ ml/۱۰۰ gr نشان‌دهنده سازه بالا و جذب روغن کمتر از ۷۰ ml/۱۰۰ g نشان‌دهنده سازه پایین است. البته عامل سومی نیز در خواص نهایی کربن بلک تاثیرگذار است و آن شیمی سطح می‌باشد [۸، ۹]. در حال حاضر از انواع مختلف کربن بلک در ساخت تونر استفاده می‌شود. سه عامل تعیین‌کننده در انتخاب کربن بلک برای تولید تونر شامل میزان سیاهی یا رنگدگی، پخش و هدایت الکتریکی آن می‌باشد که رابطه آنها با اندازه ذره و سازه در شکل b-۲ نشان داده شده است [۱۰].

انواع چاپگرهای لیزری و دستگاه‌های فتوکپی برای چاپ از فناوری الکتروفوتوگرافی استفاده می‌کنند. در این فناوری با کمک پودر مناسب که تونر^۱ نامیده می‌شود و با استفاده از نیروهای الکتروستاتیک تصویر نمایان می‌شود. تونر پودر بارداری است که از سه عنصر اصلی پلیمر که مانند یک نیروی قوی و منسجم مواد تشکیل‌دهنده را به هم و به سطح زمینه نزدیک نگه می‌دارد، عامل رنگزا که در دو نوع آلی و معدنی وجود دارد و ۱ تا ۶٪ از وزن کل ذرات تونر را شامل می‌شود و عامل کنترل بار الکتریکی^۲ تشکیل شده است [۱، ۲]. عامل رنگزا می‌بایست با وجود درصد مصرف کم، رنگدگی بالایی داشته باشد، به همین دلیل انتخاب این عامل در خواص تونر نهایی بسیار تاثیرگذار است. از عوامل ایجاد بار الکتریکی منفی در تونر، کمپلکس‌های آزو - فلز و مگنتیت و برای ایجاد بار الکتریکی مثبت نیگروزین^۳ را می‌توان نام برد [۳، ۴]. در ترکیب تونر از افزودنی عامل کنترل جریان^۴ در دو نوع داخلی و خارجی مانند انواع واکس و سیلیکا نیز استفاده می‌شود که از تجمع ذرات جلوگیری کرده و کیفیت تصاویر را به سبب جریان‌پذیری بهتر بهبود می‌بخشد [۵]. فرآیند چاپ الکتروفوتوگرافی در ۶ مرحله صورت می‌پذیرد (شکل ۱):

- ۱) تخلیه کلیه بارهای قبلی موجود روی سطح غلتک
- ۲) باردار شدن مجدد کل سطح غلتک و انتقال تصویر به حافظه چاپگر
- ۳) قرار گرفتن غلتک در معرض نور برای خنثی‌سازی نقاط تصویر و تولید تصویر نهفته^۵
- ۴) انتقال تونر به غلتک در نقاط تصویر
- ۵) انتقال تصویر از غلتک به کاغذ
- ۶) آمیخته شدن و ثابت شدن تونر بر روی زمینه^۶ [۴، ۵].



شکل ۱: فرآیند چاپ به روش الکتروفوتوگرافی [۶].



شکل ۲: تعریف پارامترهای تاثیرگذار در خواص کربن بلک (a) و رابطه بین آنها و خواص کربن بلک (b) [۸،۹].

تشکیل دهنده تونر در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. در این مرحله هسته‌های اولیه ذرات تونر به وسیله اختلاط اجزاء تشکیل دهنده تونر در آب دیونیزه در حضور عامل انعقاددهنده و همراه با کاهش pH تشکیل می‌گردند. در مرحله بعدی به منظور رشد هسته‌های تشکیل شده دما تا نزدیک دمای انتقال شیشه‌ای رزین افزایش می‌یابد. هنگامی که اندازه ذرات به میزان دلخواه رسید فرآیند رشد خاتمه می‌یابد. در مرحله انعقاد دما به دمایی بالاتر از دمای انتقال شیشه‌ای رزین افزایش می‌یابد تا ذرات در یکدیگر ادغام شده و شکل کروی پیدا کنند. در کلیه مراحل تولید می‌بایست اختلاط همگن، موثر و پیوسته‌ای برای رسیدن به اندازه ذره مناسب وجود داشته باشد [۱۸، ۱۷].

با توجه به فرآیند تولید به روش تجمع امولسیون، اجزای تشکیل دهنده نقش مهمی در اندازه ذره تونر دارند. به این ترتیب با انتخاب مناسب این اجزا می‌توان فرآیند تولید مناسب‌تر و قابل کنترل‌تری داشت. علاوه بر مطلب ذکر شده، کربن بلک به عنوان عامل رنگزا نقش مهمی نیز در مشخصات رنگی تونر تولید شده دارد. هدف از این تحقیق بررسی اثر اندازه ذره و سازه کربن بلک بر خواص رنگی و کیفیت نهایی تونر تولید شده به روش تجمع امولسیون است. در این بررسی با مقایسه انواع مختلفی از کربن بلک که دارای اندازه ذره و سازه‌های متفاوتی بودند، بهترین کربن بلک برای تولید تونر که دارای خواص نهایی مناسب‌تری باشد، انتخاب شد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

در این تحقیق از رزین امولسیونی استایرن - اکریلیک با کد NS-88 تهیه شده از شرکت رزین فام، واکس امولسیونی پلی اتیلن با نام تجاری

کربن بلک مناسب برای ساخت تونر می‌بایست رنگدگی بالا و پخش مناسب داشته باشد. با توجه به شکل ۲ برای رسیدن به رنگدگی و سیاهی مناسب می‌بایست سازه و اندازه ذره کاهش یابد، در صورتی که در این حالت پخش به سختی صورت می‌گیرد و هدایت پذیری کم می‌شود.

نوع و مقدار کربن بلک مورد استفاده در تونر در کیفیت چاپ، رنگ و خواص الکتریکی آن تاثیرگذار است [۱۲، ۱۱]. بنابراین لازم است برای هر کدام از روش‌های تولید تونر و کاربردهای مختلف آن، کربن بلک مناسب و میزان مصرف آن مشخص شود که البته این میزان همواره در محدوده تعریف شده می‌باشد.

سال‌ها پیش صنعت تونر سازی محدود به روش پودر سازی^۱ بود ولی به تدریج روش‌های شیمیایی نیز برای ساخت تونر متداول گردید. تونرهای تولید شده با استفاده از این روش به دلیل کنترل بیشتری که روی شکل و توزیع اندازه ذرات وجود دارد، شکل کروی‌تر و اندازه ذرات یکنواخت‌تری دارند [۱۴، ۱۳]. دو روش شیمیایی عمده برای تولید تونر به کار می‌رود که شامل روش پلیمرزاسیون سوسپانسیونی درجا و تجمع امولسیونی^۲ می‌باشد [۱۶، ۱۵]. در روش تجمع امولسیونی، ذراتی با اندازه کوچک‌تر و توزیع باریک‌تر نسبت به سایر روش‌ها تولید می‌شود که این ویژگی‌ها سبب بهبود توانایی جریان پذیری ذرات تونر، انتقال بهتر به کاغذ و در نهایت بهتر شدن کیفیت تصاویر چاپ شده می‌شود. در فرآیند تجمع امولسیونی از ذرات رزین ساخته شده به روش پلیمرزاسیون امولسیونی در اندازه نانو و پایدار شده در آب استفاده می‌شود. شروع واکنش شامل مرحله هسته‌گذاری است که در این مرحله ذرات رزین و سایر اجزاء

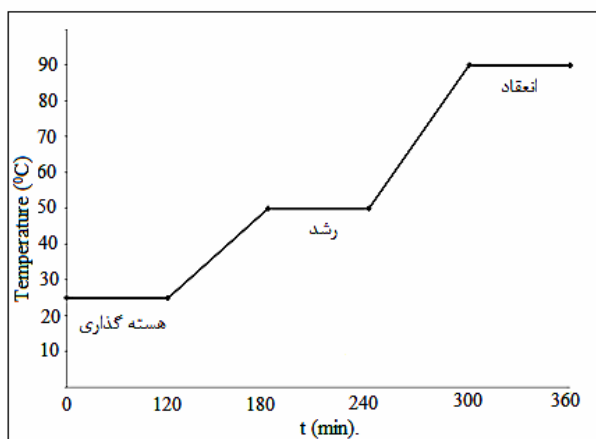
1- Pulverization
2- Emulsion Aggregation (EA)

آنها با نمونه تجاری از دستگاه میکروسکوپ نوری، مدل Leica DMRX، ساخت شرکت Linkam انگلستان با بزرگنمایی ۴۰۰ و ۶۰۰ برابر و بررسی مشخصات رنگی نمونه‌ها از دستگاه اسپکتروسکوپی مدل SP64 با هندسه $d/8^\circ$ ، تحت منبع نوری D65 و مشاهده‌کننده استاندارد ۱۰ درجه استفاده شد. دستگاه گرماسنجی افتراقی مورد استفاده در این تحقیق برای محاسبه دمای انتقال شیشه‌ای ذرات نیز دستگاه Perkin Elmer، مدل Pyris 6، ساخت کشور آلمان با نرخ حرارت‌دهی ۱۰ درجه بر دقیقه بود.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی آزمون رنگ سنجی

نتایج آزمون رنگ‌سنجی تونرهای مشکی صنعتی مختلف موجود در بازار، در جدول ۲ بیان شده است. هدف از این جمع‌آوری، بررسی تفاوت رنگی تونرهای مشکی موجود در بازار و مشاهده تاثیر تغییر در نوع کربن بلک در متغیرهای رنگ‌سنجی آنها می‌باشد. متوسط مقادیر رنگی این تونرها را به عنوان نمونه مرجع در نظر گرفته و اختلاف رنگی نمونه‌های تولید شده با این نمونه مرجع محاسبه شد.



شکل ۳: شمای کلی از فرآیند تولید تونر به روش تجمع امولسیون.

Hydrocer EE 95 Polyethylene Emulsion 25 % محصول شرکت Shamrock تهیه شده از شرکت کالاکار، رنگدانه‌های کربن بلک با نام تجاری PrintexU، HIBLACK 20L و HIBLACK 5L محصول شرکت Degussa -Evonik و نانو ذرات مگنتیت ساخت موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش استفاده شد [۱۹]. مشخصات کربن بلک‌های مورد استفاده در تولید تونر و کد نمونه‌های تولید شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

۲-۲- روش کار

سوسپانسیون حاصل از اختلاط ۱۳ گرم کربن بلک، ۷۶ گرم رزین، ۱ گرم واکس و ۱۰ گرم مگنتیت همراه ۱۲۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه به مدت ۵ دقیقه به وسیله همزن مکانیکی با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) هم‌زده شد، پس از آن به مدت ۵ دقیقه از هم‌زنایزر با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه استفاده شد. سوسپانسیون حاصل مجدداً زیر هم‌زن با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه و داخل حمام آب قرار گرفت و مخلوط ۲ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱ مولار و ۰٫۵ گرم پلی‌کلراید آلومینیم نیز به آن اضافه شد. دما به آرامی به ۵۰ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از گذشت ۲ ساعت، pH محیط با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰٫۴ مولار خنثی گشت. پس از آن دما تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داده شد. پس از گذشت ۲ ساعت، واکنش کامل شده، محصول نهایی چندین مرتبه با آب مقطر شستشو و به منظور خشک شدن ذرات، به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه فریزدرایر قرار داده شد. شکل ۳ شمای کلی فرآیند واکنش تولید را با توجه به تغییرات زمان و دما در مراحل سه‌گانه هسته‌گذاری، رشد و انعقاد نشان می‌دهد [۱۶، ۱۷]. در این بررسی به منظور تعیین اندازه ذرات تونر و توزیع آنها از دستگاه MALVERN (Master size)، ساخت کشور انگلستان به شماره کد MAL100229، بررسی نقطه نرم‌شوندگی ذرات از دستگاه BUCHI با نرخ حرارت‌دهی ۵ درجه بر دقیقه، ساخت کشور سوئیس به شماره کد B-545، مشاهده شکل ظاهری ذرات و مقایسه

جدول ۱: مشخصات انواع کربن بلک مورد استفاده در ساخت تونر به روش تجمع امولسیون [۲۰].

سازه	جزء فرار در ۹۵°C (%)	سطح ویژه (m ² /g)	جذب روغن (ml/100g)	اندازه ذره (nm)	کد نمونه	نوع کربن بلک
بالا	۵	۱۰۰	۴۲۰	۲۳-۲۴	U	PRINTEX U
کم	۱٫۵	۸۶	۵۵	۲۰-۳۷	20L	HIBLACK 20L
متوسط	۱٫۵	۶۸	۷۳	۲۰-۳۷	5L	HIBLACK 5L

جدول ۳: نتایج آزمون رنگ‌سنجی تونرهای تولید شده و نمونه مرجع.

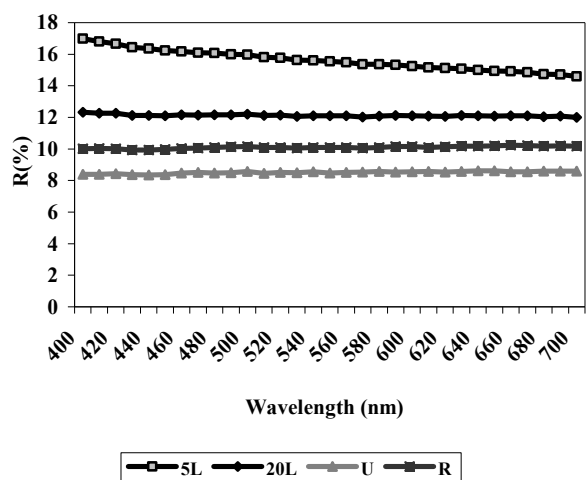
کد نمونه	b*	a*	L*
U	۰,۳۴	-۰,۰۱	۳۵,۰۵
20L	-۰,۱۲	-۰,۰۲	۴۱,۳۸
5L	-۱,۶۲	-۰,۳۶	۴۶,۳۸
R	۰,۳۶	-۰,۰۱	۳۷,۹۸

بررسی نتایج نشان می‌دهد بهترین نتیجه از نظر روشنایی، سبزی-قرمزی و آبی-زردی که نشان‌دهنده نزدیک‌ترین داده به نمونه مرجع باشد با کمک کربن بلک نمونه U که دارای کمترین اندازه ذره و سازه متوسط می‌باشد، به دست آمده است. بدیهی است با افزایش میزان مصرف دو نوع کربن بلک دیگر نیز شاید بتوان به رنگ همانندی مناسبی بین آنها و تونر مرجع رسید که با توجه به میزان مصرف مشخصی که برای عامل رنگزا در تولید تونر در نظر گرفته شده است، این مطلب ممکن نمی‌باشد.

تصاویر گرفته شده از نمونه‌ها نیز نتایج حاصل از آزمون رنگ‌سنجی را تایید می‌کند.

۳-۲- بررسی شکل ظاهری و اندازه ذرات

تونرهای تولید شده به روش تجمع امولسیون می‌توانند ظاهری کروی شکل داشته باشند، این موضوع به دلیل کنترل‌هایی است که در طول فرآیند تولید صورت می‌گیرد که در نهایت باعث بهبود جریان‌پذیری ذرات تونر و کیفیت تصاویر چاپ شده می‌شود [۱۶]. با توجه به شکل ۵ مشخص است که تمامی نمونه‌های تولید شده با انواع مختلف کربن بلک، ظاهر کروی دارند. به این ترتیب تغییر نوع کربن بلک عملاً تاثیری بر ظاهر و میزان کروی بودن ذرات تونر ندارد.



شکل ۴: نمودارهای انعکاسی تونرهای تولید شده با انواع مختلف کربن بلک و نمونه مرجع.

جدول ۲: نتایج آزمون رنگ‌سنجی تونرهای مشکی صنعتی مختلف موجود در بازار.

کد نمونه	b*	a*	L*
C525	-۰,۰۲	-۰,۲۹	۳۹,۳
1018	۰,۶۲	۰,۰۷	۳۷,۴۶
Hp1320	۰,۶۵	۰,۱۴	۳۷,۶۵
Gp-405	۰,۷۴	۰,۰۵	۳۸,۷۶
Gp-605	۰,۶۸	۰,۱	۳۸,۳۵
C555	۰,۳۱	-۰,۱۲	۳۸,۰۳
Hp1005	۰,۷۴	۰,۱	۳۷,۷۲
Ar 5316	۰,۲۸	-۰,۰۶	۳۷,۵۱
C350	-۰,۵۲	۰	۳۷,۹۵
C451	۰,۰۹	-۰,۱۲	۳۷,۴۶
میانگین (R)	۰,۳۶	-۰,۰۱	۳۷,۹۸

نتایج نشان‌دهنده روشنایی (L*) پایین نمونه‌ها است. میزان a* (سبزی - قرمزی) و b* (آبی - زردی) نمونه‌های مرجع نیز همان‌طور که انتظار می‌رود به عدد صفر نزدیک است. نکته قابل پیش‌بینی، نزدیکی مقادیر حاصل از رنگ‌سنجی نمونه‌های صنعتی موجود در بازار با وجود تفاوت در نوع کربن بلک مصرفی آنها می‌باشد. به عبارت دیگر با وجود تفاوت در نوع کربن بلک مصرف شده در تولید تونرها، نهایتاً تمامی آنها دارای مقدار سیاهی تقریباً مشابهی هستند. به این ترتیب متوسط این مقادیر به عنوان مرجع در انتخاب نوع کربن بلک و میزان مصرف آن در نظر گرفته شد.

نتایج آزمون رنگ‌سنجی و نمودارهای انعکاسی تونرهای تولید شده و متوسط تونرهای صنعتی موجود در بازار در جدول ۳ و شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۱ نیز مشاهده شد کربن بلک 5L دارای سطح ویژه کمتر است که نشان‌دهنده اندازه ذره بزرگتر آن می‌باشد، کربن بلک 20L دارای اندازه ذره متوسط و کربن بلک U دارای کوچک‌ترین اندازه ذره است. از آنجایی که برای رسیدن به رنگدهی و سیاهی بیشتر در چاپ لازم است اندازه ذرات کاهش یابد [۱۲]، بنابراین قابل پیش‌بینی است که ابتدا میزان رنگدهی تونر U، پس از آن تونر 20L و نهایتاً تونر 5L قرار دارد. اما باید در نظر گرفت که سازه نیز در میزان رنگدهی کربن بلک تاثیرگذار بوده و برای رنگدهی بیشتر نیازمند به سازه کمتر می‌باشیم. کربن بلک 20L کمترین سازه را دارد و پس از آن به ترتیب سازه کربن بلک 5L و U قرار دارد. با در نظر گرفتن این مطالب رنگدهی بیشتر تونر 20L نسبت به تونر 5L قابل پیش‌بینی است زیرا هم اندازه ذرات و هم سازه کمتری دارد. اما با مقایسه تونر 20L و تونر U با توجه به میزان رنگدهی بیشتر تونر U می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر اندازه ذره از سازه بر میزان رنگدهی و سیاهی بیشتر است.

عامل دیگری که در تولید تونر بسیار دارای اهمیت دارد دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) آن است. بالا بودن دمای انتقال شیشه‌ای، باعث افزایش دمای نرم‌شوندگی و تثبیت تونر در دستگاه شده و پایین بودن این دما باعث کاهش زمان انبارداری ذرات تونر می‌شود. دمای انتقال شیشه‌ای تونرهای تولید شده با انواع مختلف کربن بلک، (جدول ۴) همگی در محدوده مناسب قرار دارند که نشان‌دهنده این مطلب است که تغییر کربن بلک تاثیری در این دما ندارد. شکل ۶ نمودار DSC تونر تولید شده با کربن بلک ۲۰L را نشان می‌دهد که مشابه نمودار نمونه صنعتی می‌باشد. البته باید توجه کرد که شکل و محل پیک در نمونه‌های صنعتی تا حدودی متفاوت می‌باشد ولی همگی نمونه‌های صنعتی در محدوده بین ۵۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد یک پیک گرماده که می‌تواند با یک پله آغاز شود را نشان می‌دهند [۲۱].

جدول ۴: نتایج نقطه نرم‌شوندگی، دمای انتقال شیشه‌ای و اندازه ذره تونرهای تهیه شده با انواع کربن بلک و تونر مرجع.

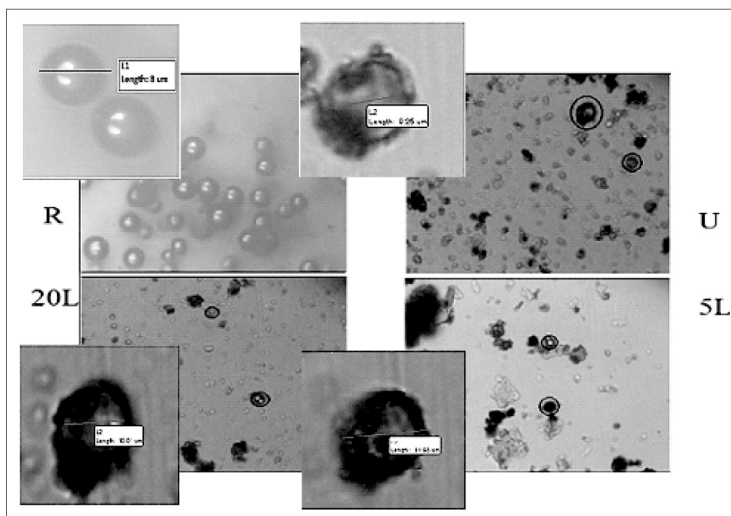
کد نمونه	دمای انتقال شیشه‌ای (°C)	دمای نرم‌شدگی (°C)	اندازه ذره (μm)
R	۶۷,۴۱	۱۵۰	۹
20L	۶۸,۰۲	۱۵۸	۱۴
5L	۶۰,۱۰	۱۶۴	۱۳
U	۵۳,۲۲	۱۴۸	۹

اما بررسی اندازه ذرات نشان می‌دهد که با کاهش اندازه ذره کربن بلک اندازه ذره تونر نیز کاهش می‌یابد. که این مطلب به دلیل طبیعت مونتاژ گونه فرآیند تجمع امولسیون است که باعث تاثیر مستقیم اجزاء سازنده بر محصول نهایی می‌شود [۱۷، ۱۶].

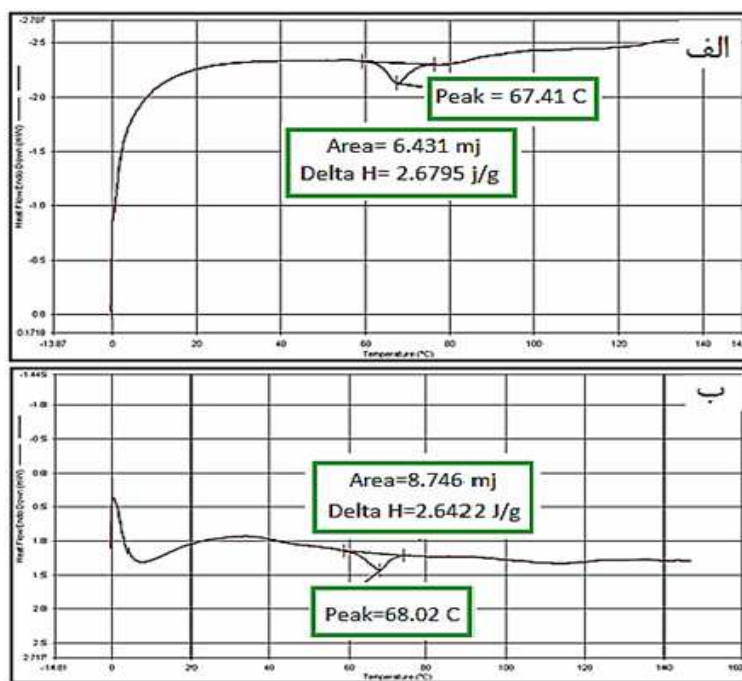
نتایج آزمون اندازه ذره تونرهای تولید شده (جدول ۴) نشان‌دهنده این مطلب است که اندازه ذرات تونرهای تولید شده با انواع مختلف کربن بلک همگی در محدوده مناسب قرار داشته و دارای توزیع مناسبی نیز می‌باشند. با وجود این اندازه ذرات تونر تولید شده با کربن بلک U از دو نمونه دیگر کوچک‌تر است و پس از آن به ترتیب نمونه‌های 20L و 5L اندازه ذره کوچک‌تری دارند. به این ترتیب همان‌طور که اشاره شد می‌توان نتیجه گرفت که اندازه ذرات اجزاء تشکیل‌دهنده تونر روی اندازه ذرات نهایی آن نیز تاثیرگذار است.

۳-۳- خواص حرارتی

جدول ۴ نتایج تعیین نقاط نرم‌شوندگی نمونه‌های صنعتی و تولید شده به روش تجمع امولسیون را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشخص است نقاط نرم‌شوندگی نمونه‌های 5L و 20L به دلیل درشت بودن اندازه ذرات آنها، بالاتر از نمونه صنعتی است. این مطلب به دلیل تاثیر تجمعات موجود در نحوه اندازه‌گیری نقطه نرم‌شوندگی می‌باشد که باعث حبس هوا و افزایش میزان حرارت مصرف‌شده برای نرم‌شدن ذرات تونر می‌شود. در نمونه U با کوچک‌تر شدن اندازه ذرات نقطه نرم‌شوندگی نیز کاهش یافته و مشابه نمونه صنعتی می‌باشد.



شکل ۵: تصاویر میکروسکوپ نوری تهیه شده از تونر صنعتی و تونرهای تهیه شده با کربن بلک‌های مختلف با بزرگنمایی ۴۰۰ و ۶۰۰.



شکل ۶: نمودار DSC از (الف) نمونه مرجع و (ب) تونر تهیه شده با کربن بلک L ۲۰.

کاهش اندازه ذرات تونر نهایی می‌گردد که خود باعث کاهش دمای نرم‌شوندگی نیز می‌شود، البته تغییر در نوع کربن بلک تأثیری روی دمای انتقال شیشه‌ای تونر ندارد. با وجود آنکه همه تونرهای تولید شده دارای اندازه ذره و خواص حرارتی در محدوده مناسب هستند ولی استفاده از کربن بلک از نوع PRINTEX U باعث رسیدن به خواص مناسب‌تری می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهترین انتخاب برای تولید تونر با بیشترین شباهت به تونر صنعتی کربن بلک PRINTEX U است.

۴- نتیجه‌گیری

کاهش میزان اندازه ذره و سازه در کربن بلک، باعث افزایش میزان رنگ‌دهی و سیاهی آن می‌گردد. با به کارگیری انواع مختلفی از کربن بلک در تولید تونر به روش تجمع امولسیون سعی شده است تا اثر تغییر در اندازه ذره کربن بلک بر خواص تونر تولید شده مورد مطالعه قرار گیرد. بررسی نتایج نشان داد که اثر اندازه ذره روی قدرت رنگی بیشتر از سازه است و با کاهش اندازه ذره بیشتر از کاهش سازه می‌توان باعث افزایش قدرت رنگ‌دهی کربن بلک و سیاهی تونر شد. بررسی نتایج همچنین نشان داد که کاهش اندازه ذره کربن بلک باعث

۵- مراجع

1. M. Ebadi, M. Ataefard, Synthesis of laser jet toner via emulsion aggregation method. *J. Study Color World*. 6(2012), 25-34.
2. H. Kipphan, Handbook of print media: Technologies and production methods, Chapter 5(2001), 689.
3. R. Leach, R. Pierce, printing ink manual, Chapter 2, (1994), 54.
4. H. Aoki, N. Yamuguchi, C. Takubo, A study of Electrophotography process for manufacturing printed circuit board, Int. Conference On Digital Printing Technologies, 2004, 241-245.
5. S. Banerjee, D. I. Wimpenny, Laser printing of polymeric materials technical report, Rapid Prototyping & Manufacturing Group, UK, 2011, 2.
6. Laser and LED Printers Technology, Micromechanics Company, <http://mimech.com/printers/laser-printer-technology.asp>
7. I. J. Sanders, L. P. Thomas, Carbon Black: Production, properties and uses. Nova Science Pub Incorporated, England, 2011.
8. H. Anderson, Carbon black industry, State Historical Association, Texas, 2012.
9. Three main properties of carbon black, <http://www.carbonblack.jp/en/cb/tokusei.html>
10. H. Anderson, Effects of carbon black on toner tribocharging in two-component electrophotographic developers. *Int. Conference on Digital Printing Technologies*, 1999.

11. A. Kyrilidis, A. Shim, Designing pigments for optimal performance in chemical toners. *Sci. Imag. Sci. Technol.* 3(2008), 72-74.
12. Electrophotographic Printing, <http://www.cabot-corp.com/Specialty-Carbon-Blacks/Electrophotographic-Printing>.
13. J. Hasegawa, N. Yanagida, M. Tamura, Toner prepared by direct polymerization method in comparion with the pulverization method. *Physiochem. Eng. Aspects.* 153(1999), 215-220.
14. N. Iwata, K. Tani, A. Watada, T. Araki, Chemical component mapping of pulverized toner by scanning transmission X-ray microscopy. *J. Micron.* 37(2006), 290-295.
15. F. Andami, M. Ataefard, F. Najafi, M. R. Saeb, Synthesis of toner by in situ suspension polymerization method. *J. Study Color World.* 2(2012), 27-32.
16. H. Mahabadi, A. Stocum, Xerox's emulsion aggregation toner—An environmentally friendly technology, Xerox Corporation, 1(2006), 1-5.
17. P. Burns, P. Gerroir, H. Mahabadi, R. Patel, D. Vanbesien, Emulsion/aggregation technology: A process for preparing microspheres of narrow polydispersity. *Eur. Cells Mate.* 3(2002), 148-150.
18. S. Banerjee, Development of a novel toner for electrophotography based additive manufacturing process, PhD thesis, De Montfort University Leicester, UK, 2011.
19. E. Ghasemi, A. Mirhabibi, M. Edrissi, Synthesis and rheological properties of an iron oxide ferrofluid. *J. Magn. Mater.* 320(2008), 2635–2639.
20. Orion Engineered Carbons, www.orioncarbons.com/hiblack.asp.
21. F. Einarsson, Thermal analysis of toners, annual transactions of the nordic rheology society, 10(2002), 155-157.