

# پارامترهای موثر در ساخت ماسترچه‌های<sup>۱</sup> رنگی و مقایسه ماسترچه‌های ساخت داخل و خارج

علی زاده‌وش، ارجمند مهربانی و سعید اسدی شهیدی

**چکیده:** ویژگی‌های ماستریج‌های رنگی تاثیر زیادی در کیفیت الیاف تولیدی دارند. در این پژوهش معیارهای مناسب لازم جهت ساخت ماستریج رنگی برای الیاف مورد بررسی قرار گرفته است. دو روش برای ارزیابی ماستریج‌های ساخت داخل و خارج استفاده شد. نخستین روش براساس استفاده از مخلوط کن برابندر و بررسی پارامترهای موثر در آن مانند انرژی کلی، انرژی حالت یکنواخت، گشتاور حداکثر و گشتاور حالت یکنواخت می باشد. در این روش به دلیل عدم آگاهی از فرمولاسیون‌های استفاده شده در ساخت ماستریج‌ها، نتایج بدست آمده ارزیابی صحیحی را برای ماستریج‌های بیرون گروهی ارائه نداد. این نتایج می توانند به عنوان معیار خوبی برای مقایسه ماستریج‌های درون گروهی مطرح باشند. روش دوم براساس ارزیابی تصاویر میکروسکوپ نوری استوار است که یک معیار کیفی خوب جهت مطالعه ماستریج‌ها می باشد. با استفاده از آنالیز تصویری می توان این تصاویر را به یک معیار کمی تبدیل کرد.

**واژه های کلیدی:** ماستریج‌های رنگی، توزیع رنگدانه، پراکنش رنگدانه و رنگریزی جرمی

## ۱. مقدمه

واژه "ماستریج" در صنایع پلاستیک به مخلوط پلیمر پایه با رنگدانه ها یا مواد افزودنی اطلاق می شود. ماستریج‌ها به شکل دانه تولید می شوند و باعث تغییر رنگ مواد پلاستیکی و یا تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی مواد پلیمری می شوند. ماستریج‌ها با نسبت ۱ الی ۱۵ درصد با مواد پلاستیکی مخلوط می شوند [1]. محاسن استفاده از ماستریج‌ها مزایایی مشتمل بر حذف غبار رنگهای خشک در فضا و در نتیجه تامین سلامتی کارگران، افزایش کیفیت رنگی در مقایسه با رنگهای خشک یا رنگدانه ها، سازگاری عالی رنگ از یک بیج تا بیج دیگر، سهولت در حمل و نقل و انبارکردن به دلیل شکل دانه مانند، وجود یکنواختی پراکنش و اطمینان از حداقل بودن

مهاجرت رنگدانه ها، عدم تغییر خواص اصلی ماده پلیمری، یکسان بودن اندازه دانه ها و امکان تغذیه خودکار را همراه دارد. رنگ کردن مواد پلاستیکی باستی در دو مرحله انجام شود. در مرحله نخست ماده رنگی با ماده پلاستیکی مخلوط شود و سپس به اندازه کافی پراکنش یابد. پراکنش به روشهایی اشاره می کند که برای ترکندگی و کاهش اندازه آگلومریتها<sup>۲</sup> و اگرگیتهای<sup>۳</sup> رنگدانه های خشک بکار می روند [1]. براساس استاندارد DIN 53206 تعاریف زیر برقرار است:

**ذرات اولیه:** کوچکترین واحدهای ماده می باشند که تمام خواص ماده را دارا هستند. درحالت خاص می توانند یک تک کریستال باشد [1].

**اگرگیتهای:** مجموعه های به هم چسبیده از ذرات اولیه می باشند که مساحت سطح هرکدام از آنها در مقایسه با مجموع مساحتهای ذرات اولیه، کوچک می باشد [1].

**اگلومریت ها:** مجموعه هایی از ذرات اولیه و اگرگیتهای هستند که از مرکز و جوانب به یکدیگر چسبیده اند و سطح کلی با مجموع مساحت اجزاء تفاوتی ندارد [1]. (شکل ۱)

مقاله در تاریخ ۱۳۸۲/۵/۵ دریافت شده و در تاریخ ۱۳۸۳/۷/۱۷ به تصویب نهایی رسیده است.

دکتر علی زاده‌وش، استادیار دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان. [Zadhoush@cc.iut.ac.ir](mailto:Zadhoush@cc.iut.ac.ir)

دکتر ارجمند مهربانی، دانشیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی اصفهان. [Arjomand@cc.iut.ac.ir](mailto:Arjomand@cc.iut.ac.ir)

سعید اسدی شهیدی، دانشجوی دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی اصفهان،

<sup>1</sup> Masterbatches

<sup>2</sup> Agglomerat

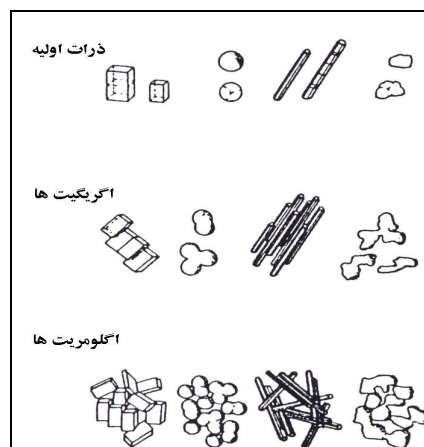
<sup>3</sup> Aggregates

علاوه بر نوع رنگدانه مورد استفاده، انتخاب رزین حامل در فرمولبندی یک ماستریج دارای اهمیت است. برای رسیدن به نتیجه مطلوب، رزین حامل و ماده پلاستیکی بایستی از یک گروه باشند. اندیس جریان مذاب رزین حامل بایستی بالاتر از ماده پلاستیکی باشد تا پراکنش یکنواخت و آسان بدست آید [1]. عوامل پراکنش ساز نیز در فرمولبندی ماستریج دارای اهمیت ویژه ای می باشند. این عوامل شامل مخلوطی از استئاراتهای فلزی و عوامل فعال کننده سطحی می باشند [4]. از لحاظ فیزیکی نیز انتخاب روش اختلاط حائز اهمیت است، اکسترودرهای آمیزه ساز دوماپیچه از نوع چرخش هم جهت به منظور تولید انواع ماستریجهای رنگی بکار گرفته می شوند [5]. فرانس<sup>۲</sup> اکسترودرهای دوماپیچی از نوع درهم فرورونده جهت فرایند تلفیق الیاف شیشه با پلیمر و آلیاژ سازی پلیمر و تولید ماستریج مورد استفاده قرار داد و به نتایجی مفید دست یافت [6].

نتایج تحقیقات تیلی و نایت<sup>۳</sup> در مورد ویژگی های ماستریج های تولیدی توسط اکسترودرهای دو ماریچه همسانگرد و غیر همسانگرد نشان می دهد که در بسیاری از کاربردها تفاوت چندانی بین ویژگی ها وجود ندارند [7]. آنها به این نتیجه رسیدند که طراحیهای جدید اکسترودرهای غیر همسانگرد جهت کاربردهای معینی نظیر تولید ماستریجهای رنگی با اکسترودرهای همسانگرد قابل رقابت می باشند.

عوامل دیگری نیز علاوه بر موارد مورد اشاره بر کارایی پراکنش تاثیر می گذارند. مطالعات بنکریرا و بریتون<sup>۴</sup> نشان می دهد در فرمولبندیهای که ماستریج از پلیمرمیزبان سریعتر ذوب می شوند، در زمینه پلیمر میزبان سریعتر پخش می گردند و کارایی بهتری دارند [8]. به عبارت دیگر یک ماستریج خوب دارای نقطه ذوب پایینتر از پلیمر میزبان است. درضمن مشخص گردیده است که در هنگام ذوب اختلاط بهتر سرعتیهای بالاتر ماریچ و در دماهای پایینتر بدنه بدست می آید [9]. ایکدا و شوچی<sup>۵</sup> پارامترهای حالیت، اسیدیته، خاصیت آبدوستی و خاصیت بازی را برای رنگدانه ها، رزین ها و حلالها بدست آوردند و از این مقادیر به طور کمی در تعیین میل ترکیبی رنگها از لحاظ تمایل به جذب رنگها در پراکنش رنگدانه ها استفاده کردند [10].

روشهای مختلفی نیز جهت ارزیابی توزیع و پراکنش رنگدانه ها و ماستریچها وجود دارند. آریزن و همکارانش<sup>۶</sup> از انرژی پراکنش رنگدانه در پلیمر پایه به عنوان یک معیار برای ارزیابی کیفیت ماستریج های رنگی استفاده کرده اند [11]. مشاهده نمونه ذوب شده زیر میکروسکوپ نوری، یک روش دقیق و مرسوم اندازه گیری



شکل ۱. نمایش ذرات اولیه و اگرگیتها و اگلومریتها [1]

رنگدانه ها به دو صورت آلی و معدنی وجود دارند. رنگدانه ها به طور کلی در رزین ها غیر قابل حل هستند. رنگدانه ها به صورت ذرات جدا از هم پراکنش نموده و آنرا رنگ می کنند. رنگدانه های آلی درخشانتر، پایدارتر و شفافتر از انواع معدنی هستند. انواع معدنی رنگدانه ها به دلیل وجود پایه ای با ترکیبات فلزی کدرتر می باشند [1]. سرگیوا و ماکاروسکایا<sup>۱</sup> رنگدانه های آلی را ذرات بلورین دانسته اند که به مقدار کم یا زیاد متبلور شده اند و تقریباً همه آنها پلی مرفین هستند، لذا تحت شرایط معینی از یک حالت بلوری به حالت دیگر تبدیل می شوند [2]. بطور معمول با بروز این حالت خواص نوری تغییر می کند. اصلاح بلوری و درجه تبلور برخواص رنگدانه بویژه ثابت نوری آن اثر می گذارد. در اغلب حالات فقط یک یا دو اصلاح بلوری رنگدانه در عمل بکار گرفته می شود [2]. رنگدانه ها با توجه به حداکثر اندازه ذرات می تواند به سه گروه براساس جدول ۱ طبقه بندی کرد [1].

جدول ۱. رده بندی کیفیت با توجه به حداکثر اندازه ذرات [1]

رده کیفیتی	حداکثر اندازه ذره (μm)
الیاف	۱۰
اکستروژن	۸-۲۰
قالبگیری تزریقی	۴۰

علاوه بر حداکثر مجاز اندازه ذرات، عوامل مهم دیگری نیز بر کیفیت محصول اثر می گذارند. به عنوان مثال رنگدانه های مورد استفاده برای الیاف پلی اتیلن و پلی پروپیلن بایستی دارای ویژگی های مشخصی باشند. این ویژگی ها شامل وجود پایداری حرارتی و ثبات نوری مناسب، عدم مهاجرت، سازگاری با سایر افزودنیها بویژه پایدارکننده های نوری و عدم ایجاد اثر منفی برخواص الیاف می باشند [3].

<sup>2</sup> Ferns

<sup>3</sup> Thiele and Knight

<sup>4</sup> Benkeria and Britton

<sup>5</sup> Ikeada and Shouji

<sup>6</sup> Arrizon and et al.

<sup>1</sup> Sergeeva and Makarovskaya

که در آن  $V_t$  برابر ۷۰ درصد حجم کلی محفظه اختلاط انتخاب شده است. اندیس ۱ برای ماستریج و اندیس ۲ برای پلی پروپیلن بکارگرفته شده است، می باشد. لذا:

$$V_t = 0.7 \times 55 = 38.5 \text{ ml} \quad (2)$$

جدول ۲. ماسترچهای رنگ به تفکیک رنگ و شید رنگی

ماسترچهای مشکی	
شهاب ۱۰۵	قزوین
سپاهان ۵۰۶۰	ایرکو ۹۰۱۹۰
شکوه رنگ شرق ۴۰۰۴ Y	کلارینت ۲
مرمر ۱۶-۶۶	شیفکو
کره ۹۰۲۲	سیرجان ۷۴۰-۹۴-BKES
رسا ۷۴۰-BKBF	کلارینت ۱
ماسترچهای سفید	
سپاهان ۲۰۰۶	ایرکو ۳۷۰۱۵
مرمر ۲۰۳۱	شهاب ۱۳۵
رسا WHCC ۶۷۰	قزوین
شکوه رنگ شرق X ۵۰۶۰	کلارینت ۱۰۳
PM سپاهان ۱۸۰	سیرجان WHCC ۶۷۰
۹۵RK کلارینت	شیفکو
ماسترچهای سبز سیر	
کلارینت ۱۰۷	سپاهان ۲۴۶۰
شکوه رنگ شرق ۷۰۰۷	سیرجان ۷۳۵ GRCC
	رسا ۷۳۵ GRCC
ماسترچهای سبز تیره	
قزوین	ایرکو ۸۱۰۶۸
ماسترچهای سبز چمنی	
مرمر ۲۲۴۲	شکوه رنگ شرق ۷۰۰۳
سپاهان ۲۴۲۵	شیفکو
سایر ماسترچهای رنگی	
زرد شکوه رنگ شرق	بنفش شکوه رنگ شرق
Hk ۳۰۰۳	۱۰۰۲
آبی شکوه رنگ شرق	قرمز شکوه رنگ شرق
۹۰۰۵	G3700
آبی کلارینت ۸۳	نارنجی کلارینت
آبی کلارینت ۱۱۸	قرمز کلارینت ۹۴

از روابط (۱) و (۲) نتیجه می شود:

$$\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} = 38.5 \text{ ml}$$

پراکنش رنگدانه ها در پلاستیکها می باشد [12]. میکروسکوپی نوری توانائی تمیز دادن پراکنش اجزاء آلی از اجزاء معدنی را در ماسترچها دارا می باشد. توزیع اندازه ذرات رنگدانه بردوام رنگی، شید رنگی، کدري، شفافیت، جلا و مقاومت در برابر عوامل جوی محصول نهائی تاثیر دارد [13].

روش توانائی فیلتراسیون نیز یکی از روشهای ارزیابی توزیع و پراکنش رنگدانه های ماسترچها می باشد [14]. مارسین سین و همکارانش<sup>۱</sup> خواص رئولوژیکی و توانائی فیلتراسیون رنگدانه های آلی پراکنش یابنده در پلی پروپیلن را، مورد بررسی قرار داده اند [15]. پراکنش بالا اهمیت فوق العاده ای در کیفیت محصولات دارد در حالیکه، پراکنش ضعیف باعث تضعیف کشش نهائی، تغییر طول و کاهش استحکام پارگی می شود درضمن درحضور آگلومرتهای رنگدانه ای که ناشی از پراکنش ضعیف است، امکان ظاهری لک دار وجود دارد [16]. دراین تحقیق از دو روش ارزیابی برای مقایسه کیفیت پراکنش ماسترچهای رنگ استفاده شده است. در روش اول از منحنیهای گشتاور- زمان و انرژی پراکنش برای ارزیابی استفاده گردیده است. در روش دوم از میکروسکوپ نوری جهت مقایسه کیفیت پراکنش بهره برداری شده است

## ۲. آزمایشات

مواد، دستگاهها و شیوه های مورد استفاده برای انجام آزمایشات به شرح زیر است.

### الف- مواد

پلی پروپیلن مورد استفاده دارای گرید الیاف (استیبل) با نام تجاری PP V30S و از تولیدات مجتمع پتروشیمی اراک می باشد. ماسترچهای رنگ مورد بررسی نیز به تفکیک رنگ و شید رنگ در جدول ۲ معرفی شده اند.

### ب- دستگاهها

دستگاههای بکارگرفته شده دراین تحقیق، شامل مخلوط کن پلاستوگرام برابندرمدل TL2000 ساخت کشور آلمان، میکروسکوپ نوری A-KRUS OPTRONIC مدل D-22297 ساخت کشور آلمان و دوربین FLEXICAN ساخت شرکت صا ایران می باشند.

### ج- روشها

#### •- مخلوط کن برابندر

حجم محفظه اختلاط این مخلوط کن برابر ۵۵ ml می باشد. جرم مواد ریخته شده به داخل قیف مخلوط کن اندازه گیری می شود. مقدار درصد جرمی ماستریج رنگ برابر ۲ درصد پلی پروپیلن انتخاب می گردد. رابطه زیر برای این اختلاط برقرار است:

$$V_t = V_1 + V_2 \quad (1)$$

<sup>1</sup> Marcincin and et al.

$$ED = 2\pi N \int_{t_0}^{t_e} P(t) dt \quad (7)$$

که در آن علائم مورد استفاده عبارتند از:

$P(t)$ : تابع گشتاور

$N$ : سرعت چرخش مخلوط کن

$t_0$ : زمان آغاز پراکنش

$t_e$ : زمان پراکنش برای دستیابی به حالت یکنواخت

گشتاور بدون بعد ( $P^*$ ) براساس رابطه (۸) تعریف می شود.

$$P^* = \frac{P - P_\infty}{P_0 - P_\infty} \quad (8)$$

که در آن  $P_0$  مقدار گشتاور حداکثر و  $P_\infty$  مقدار گشتاور حالت یکنواخت می باشند. گشتاور بدون بعد را می توان به صورت یک تابع نمایی از زمان نشان داد.

$$P^* = \exp(-kt) \quad (9)$$

که در آن ثابت  $k$  نرخ کاهش گشتاور می باشد و با استفاده از اطلاعات تجربی تعیین می شود.

با بکارگیری رابطه (۷)، از انرژی پراکنش رنگدانه در پلیمر پایه می توان به عنوان معیاری جهت مقایسه پراکنش رنگدانه ها استفاده کرد. ریچارد سون و همکارانش<sup>۱</sup> از گشتاور حداکثر و گشتاور حالت یکنواخت برای ارزیابی پراکنش رنگدانه دی اکسید تیتانیوم در پلیمر پایه استفاده کردند [17]. در یک جمع بندی کلی معیارهای سطح زیر منحنی نمودار گشتاور - زمان، گشتاور حداکثر، گشتاور حالت یکنواخت و نرخ کاهش گشتاور می تواند مورد بررسی قرار گیرد.

در این تحقیق از تمامی معیارهای فوق جهت ارزیابی پراکنش ماستریجهای رنگ در پلی پروپیلن استفاده شده است. پراکنش مطلوبتر با مقدار کمتر سطح زیر منحنی نمودار گشتاور برحسب زمان، مقادیر پایینتر گشتاور حداکثر و گشتاور حالت یکنواخت حاصل می شود. جهت مقایسه میزان پراکنش می توان از نرخ کاهش گشتاور ( $k$ ) نیز استفاده کرد. هرچه مقدار آن بیشتر باشد، پراکنش مطلوبتری حاصل می گردد. مراحل پراکنش را می توان به صورت تصویری در منحنی شکل ۲ مشاهده کرد [18]. مطابق شکل ۲ ابتدا مقدار گشتاور به سرعت افزایش می یابد و از مقدار حداکثر  $A$  می گذرد. سپس به آرامی کاهش می یابد تا به مقدار حداقل  $B$  برسد. در واقع به محض شروع فرآیند ذوب، مقدار گشتاور کاهش می یابد. مقدار گشتاور حداکثر  $X$  در دامنه زمان به ویژگی امتزاج پلیمر ارتباط دارد. نقطه  $D$  به گشتاور حالت یکنواخت بستگی دارد.

که  $m$  جرم مواد برحسب گرم و  $\rho$  دانسیته ظاهری مواد برحسب  $g/ml$  می باشند. در ضمن نسبت زیر بین جرم ماستریج و پلی پروپیلن مورد استفاده قرار گرفته است.

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{100} \quad (4)$$

مقدار دانسیته ظاهری به روش زیر تعیین می گردد.

از حل همزمان معادلات (۳) و (۴) مقادیر جرم های مواد ورودی به مخلوط کن ( $m_1, m_2$ ) محاسبه می شوند.

$$m_t = m_1 + m_2 \quad (6)$$

شرایط عملیاتی دستگاه مطابق مقادیر ارائه شده در جدول ۳ تنظیم شدند و دستگاه پیش از انجام آزمایش طبق دستورالعمل موجود، کالیبره گردید.

جرم یک استوانه مدرج خالی به حجم ۵ ml اندازه گیری می شود ( $W_1$ ). سپس استوانه از ماده مورد نظر پر می گردد. دانسیته ظاهری برحسب  $g/ml$  از اختلاف جرم های استوانه مدرج پر با استوانه مدرج خالی و حجم مورد نظر، به صورت رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$\rho = \frac{W_t - W_i}{5} \quad (5)$$

$W_t$ : جرم استوانه مدرج پر

$W_i$ : جرم استوانه مدرج خالی

جدول ۳. مشخصات تنظیمی مخلوط کن برابندر

پارامتر	مقدار
دمای اختلاط	$20.0^\circ C$
زمان اختلاط	۵ min
سرعت چرخش روتورها	$30 \text{ min}^{-1}$

#### • میکروسکوپ نوری

جهت ثبت عکسهای میکروسکوپی از بزرگنمایی ۴۰۰ استفاده گردید. برای مشاهده ویژگی های هر نمونه در زیر میکروسکوپ، مقدار بسیار کم و مشخصی از نمونه بر روی لام شیشه ای ذوب گردید. لازم به ذکر است نتایج ارائه شده براساس مشاهده بخشهای مختلف نمونه ها توسط میکروسکوپ می باشند که به دلیل وجود محدودیت، تنها تعدادی از عکسهای برگزیده نشان داده می شوند.

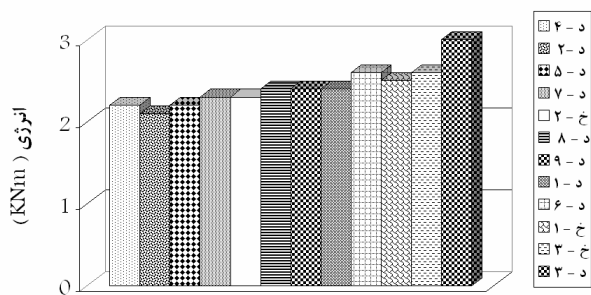
### ۳. نتایج و بحث

انرژی مورد نیاز جهت پراکنش یکنواخت در سیستم رنگدانه - پلیمر پایه مطابق تحقیقات آریزن براساس رابطه (۷) تعیین می گردد [11].

<sup>1</sup> Richardson and et al.

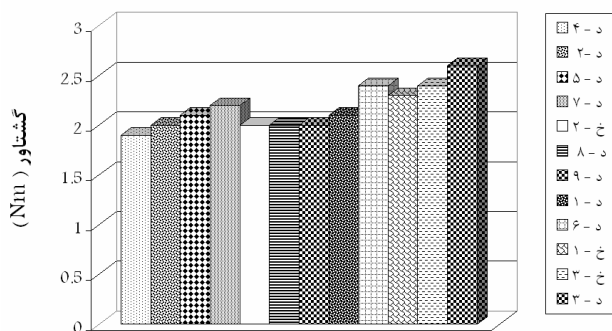
چنانچه معیار مقایسه، مقدار انرژی کلی قرار داده شود، سطح زیر منحنی از زمان صفر تا ۵ دقیقه محاسبه می گردد. نتایج حاصل از نمودارها برای کلیه نمونه ها در شکل شماره ۴ آورده شده است. براساس شکل شماره ۴ بیشترین مقدار انرژی کلی مربوط به ماستریج شرکت د-۳ است. کمترین مقدار نیز مربوط به ماستریج شرکت های د-۴ و د-۲ می باشد.

چنانچه مقدار انرژی حالت یکنواخت یا O-D برای ارزیابی در مدنظر باشد، مطابق شکل ۵ بیشترین مقدار آن متعلق به ماستریج شرکت د-۳ و کمترین مقدار آن مربوط به محصول شرکت د-۲ می باشد



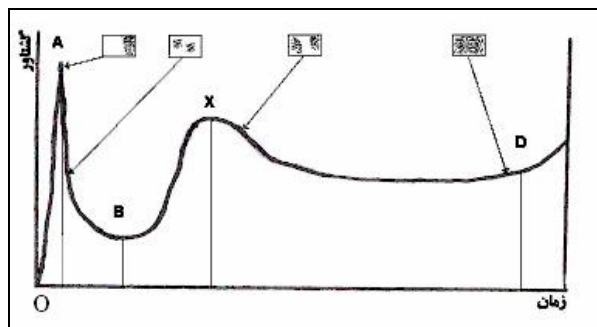
شکل ۵. نمودار مقایسه انرژی حالت یکنواخت (O-D) ماستریجهای مشکی

با انتخاب گشتاور حداکثر ثانویه (X) به عنوان معیار بررسی، مطابق شکل ۶ بیشترین مقدار آن مربوط به محصول تولیدی شرکت د-۳ و کمترین مقدار آن مربوط به ماستریج تولید شده در شرکت د-۴ می باشد. اگر ارزیابی براساس گشتاور حداکثر اولیه (A) باشد مطابق شکل ۷ بیشترین مقدار این ویژگی مربوط به محصول تولید شده در شرکت د-۵ و کمترین مقدار آن مربوط به ماستریج شرکت د-۴ می باشد. برای مقایسه بهتر معیارهای مختلف انرژی کلی، انرژی O-D و گشتاورهای A و X، نتایج بدست آمده برای ماستریجهای مشکی به همراه سایر ملاکها و معیارها در جدول شماره ۴ ارائه شده است.



شکل ۶. نمودار مقایسه گشتاور حداکثر ثانویه (X) ماستریجهای مشکی

انتظار بر آنست که ماستریج با انرژی کلی کمتر جهت پراکنش، گشتاور حداکثر اولیه کمتری نیز داشته باشد. براساس



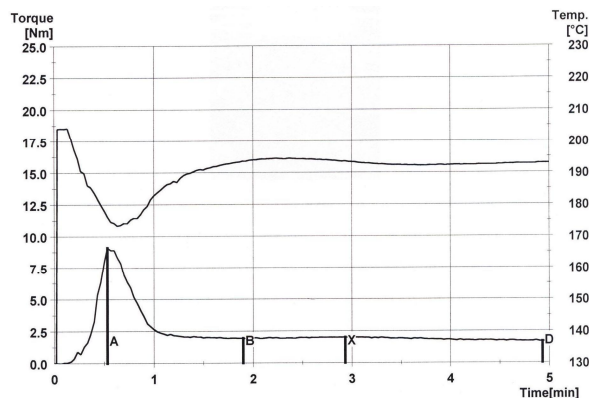
شکل ۲. مراحل پراکنش در منحنی گشتاور - زمان [18]

ماستریجهای رنگ را می توان به دو صورت با هم مقایسه کرد: الف) مقایسه ماستریجهای هم رنگ از شرکتهای تولیدی مختلف (مقایسه بیرون گروهی).

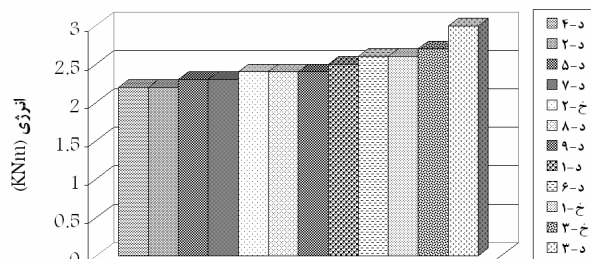
ب) مقایسه ماستریجهای رنگی مختلف تولیدی از یک شرکت داخلی و یا یک شرکت خارجی (مقایسه درون گروهی).

ماستریجهائی که به صورت بیرون گروهی (حالت الف) با هم مقایسه شده اند به رنگهای مشکی و سبز و سفید می باشند. ماستریجهائی که به صورت درون گروهی (حالت ب) مورد مقایسه قرار گرفته اند محصولاتی از شرکتهای د-۱ و خ-۱ می باشند. لازم به ذکر است که در این تحقیق به دلیل وجود مسایل تجاری و حیثیتی از ذکر نام شرکتهای بطور مستقیم اجتناب شد.

به عنوان مثال در مقایسه حالت الف ماستریجهای مشکی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته اند. یک نمونه از منحنی گشتاور - زمان ماستریج مشکی شرکت د-۲ در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. منحنی گشتاور - زمان ماستریج مشکی د-۲



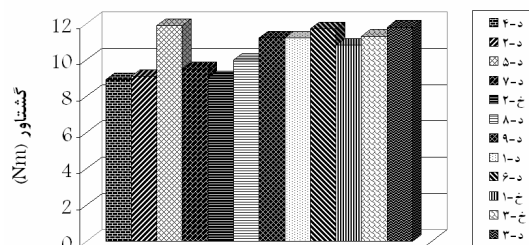
شکل ۴. نمودار مقایسه انرژی کلی ماستریجهای مشکی

براساس نتایج تجربی قبلی انتظار بر آن بود که ماستریج مشکی انرژی پراکنش کلی بیشتر از ماستریج سفید گزارش دهد [12]، اما شکل ۸ انرژی کلی پراکنش ماستریج مشکی را کمتر از سفید نشان می‌دهد.

در جدول شماره های ۵ و ۶ اطلاعات عددی ماستریجهای شرکت‌های د-۱ و خ-۱ گردآوری شده است. در مورد ماستریجهای شرکت خ-۱ نیز براساس تجربه انتظار بر آن بود که ماستریجهای مذکور دارای انرژی پراکنش یکنواختی باشند. عوامل مختلفی را می‌توان در ایجاد چنین نتایجی دخیل دانست. عدم انطباق انرژی کلی یا انرژی حالت یکنواخت با انرژی پراکنش را می‌توان مربوط به فرمولبندی ماستریجها دانست. بعنوان مثال وجود درصد بالای روان کننده در فرمولبندی ماستریج، انرژی کلی اختلاط را به میزان شدیدی کاهش می‌دهد. این کاهش به مفهوم یکنواختی پراکنش نمی‌باشد زیرا نمی‌توان از عدم حضور آگلومریتها در مخلوط اطمینان حاصل نمود. نوع رنگدانه، توزیع ذرات، توزیع اندازه ذرات، روش ساخت، مقدار درصد رنگدانه، مقدار و نوع سایر مواد افزودنی از دیگر عوامل تاثیرگذار بر این ویژگی ماستریجها می‌باشند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بدلیل عدم آگاهی از فرمولاسیونهای استفاده شده در ساخت ماستریجها، نمی‌توان به کمک منحنیهای گشتاور-زمان تحلیل صحیحی از ویژگیهای انرژی پراکنش ارائه نمود. در این رابطه آویزون و همکارنش نیز اعلام نمودند که چنانچه از فرمولاسیون و روشی یکسان در ساخت ماستریجهای رنگی استفاده شود و تنها یک متغیر برای بررسی در مد نظر باشد در این صورت می‌توان از منحنیهای گشتاور-زمان به عنوان یک معیار مناسب استفاده نمود [11]. براساس مقایسه انجام شده در این تحقیق، انرژی کلی یا انرژی حالت یکنواخت، تنها معیاری از انرژی توزیع می‌باشد و دربرگیرنده انرژی پراکنش نمی‌باشد. لذا جهت مقایسه کیفیت پراکنش ماستریجهای رنگ داخلی و خارجی از روش رایج میکروسکوپی نوری استفاده شد [12].

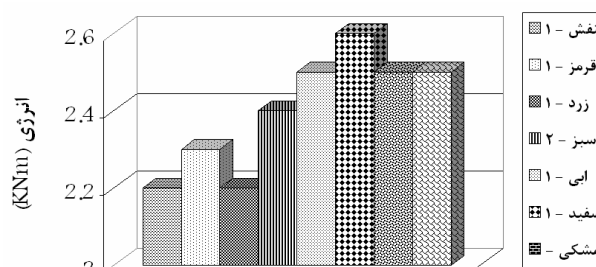
نحوه توزیع و پراکنش، ماستریجهای شرکت داخلی (د-۱) و شرکت خارجی (خ-۱) با کاربرد میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفتند. اساس مقایسه به صورت کیفی می‌باشد. براساس تصاویر میکروسکوپ نوری نمایش داده شده در شکل های شماره ۱۰ و ۱۱، ماستریج آبی ۱- شرکت د-۱ نسبت به ماستریج آبی ۱- شرکت خ-۱ هم از لحاظ توزیع و هم از لحاظ پراکنش ضعیفتر می‌باشد. وجود آگلومریتها در ماستریج آبی-۱ شرکت د-۱ نسبت به ماستریج آبی ۱- شرکت خ-۱ بسیار مشهود است که نشان دهنده پراکنش ضعیفتر می‌باشد. از مقایسه دیگر ماستریجها نیز چنین نتایجی حاصل شده است. مقایسه تصویر میکروسکوپ نوری ماستریج سبز-۱ شرکت د-۱ در شکل ۱۲ با تصویر میکروسکوپ نوری ماستریج سبز-۱ شرکت خ-۱ در شکل ۱۳، نشان از کیفیت عالی توزیع و پراکنش در ماستریجهای خ-۱ دارد. نکته قابل توجه آنست که حین

آزمایشات انجام یافته این موضوع محقق نشد. درضمن مصرف کنندگان ماستریجهای داخلی و خارجی براین باورند که ماستریجهای شرکت‌های نظیر خ-۱ و د-۶ دارای بهترین پراکنش می‌باشند، عبارت دیگر این ماستریجها بایستی دارای کمترین انرژی پراکنش باشند، که این نتیجه محقق نشد که نشان دهنده تاثیر عوامل دیگری بر انرژی پراکنش می‌باشد.



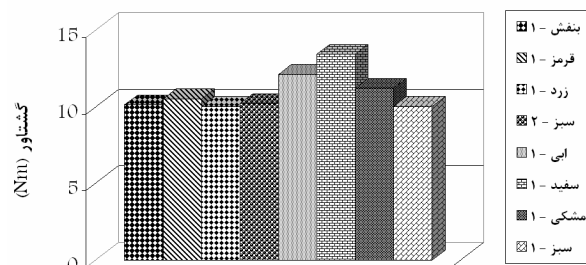
شکل ۷. نمودار مقایسه گشتاور حداکثر اولیه (A) ماستریجهای مشکی

روش ب برای مقایسه ماستریجهای رنگی یک شرکت داخلی و یک شرکت خارجی مورد استفاده قرار گرفت. مطابق شکل ۸ بالاترین انرژی کلی ماستریجهای شرکت د-۱ مربوط به رنگ سفید ۱- و کمترین آن مربوط به رنگ های زرد ۱- و بنفش ۱- می‌باشد.



شکل ۸. نمودار مقایسه انرژی کلی ماستریجهای د-۱

مطابق شکل ۹ نیز بیشترین گشتاور حداکثر اولیه شرکت د-۱ مربوط به رنگ سفید ۱- و کمترین آن مربوط به رنگهای زرد-۱ و سبز-۱ می‌باشد.



شکل ۹. نمودار مقایسه گشتاور حداکثر اولیه (A) ماستریجهای د-۱

رنگ مشکی یا قرمز، بدترین پراکنش را دارند. نتایج بدست آمده با نتایج گزارش شده در مقالات و دیگر مراجع مشابه می باشند [1,12]. دلایل تفاوت در نحوه توزیع و پراکنش ماسترپیچهای ساخت داخل و خارج را بطور کلی می توان در مواردی شامل نوع فرمولاسیون، نوع رنگدانه بکار رفته، نوع رزین حامل، نحوه و کیفیت اختلاط اجزاء تشکیل دهنده ماسترپیچ و عوامل فعال کننده سطحی بکار رفته خلاصه نمود.

از میان عوامل ذکر شده، عوامل فعال کننده سطحی از مهمترین عوامل در یکنواختی پراکنش است. به نظر می رسد یکی از عوامل مهم در یکنواختی کیفیت پراکنش ماسترپیچهای شرکت خ-۱، عوامل فعال کننده سطحی بکاررفته در ساخت این ماسترپیچها می باشد. شرایط عملکردی مخلوط کن و اکسترودر و نحوه اختلاط را نیز می توان در پراکنش مطلوب حائز اهمیت دانست.

#### ۴. نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهند که بدون آگاهی از فرمولاسیونهای ماسترپیچهای شرکتیهای مختلف امکان مقایسه و ارزیابی کیفیت پراکنش به کمک منحنیهای گشتاور- زمان و پارامترهای انرژی کلی و انرژی حالت یکنواخت و گشتاور حداکثر، وجود ندارد. در مجموع جهت مقایسه کیفیت پراکنش توسط منحنیهای ذکر شده بایستی پارامترها و عواملی شامل دانه بندی، نوع پایه پلیمری، نوع رنگدانه از لحاظ پایه آلی یا معدنی داشتن، مقدار درصد رنگدانه، اندازه و توزیع اندازه ذرات رنگدانه، فرمولبندی و نوع شید رنگی ماسترپیچ را موثر دانست.

هرکدام از این پارامترهای می تواند برانطباق انرژی حالت یکنواخت با انرژی پراکنش تاثیر گذار باشد که بدون آگاهی از پارامترهای فوق در ماسترپیچها، امکان ارزیابی صحیح توسط منحنیهای گشتاور- زمان وجود ندارد، اما از این روش می توان برای مقایسه ماسترپیچهای درون گروهی استفاده نمود. زیرا احتمال ساخت و بکار بردن مقدار مواد یکسان در فرمول ماسترپیچهای یک شرکت (درون گروهی) وجود دارد.

روش دوم بکار گرفته شده در ارزیابی و مقایسه نحوه پراکنش، مشاهده نمونه ها در زیر میکروسکوپ نوری بود. مشاهده عکسهای میکروسکوپی ماسترپیچهای یک شرکت داخلی و یک شرکت خارجی، نشان دهنده کیفیت پراکنش و توزیع مطلوب در نمونه های شرکت خارجی می باشد. می توان دلایل عمده این تفاوت را در فرمولاسیون، نوع رنگدانه، نوع رزین حامل، عوامل فعال کننده سطحی نحوه اختلاط و ساخت ماسترپیچ دانست. یک برنامه کامپیوتری و آنالیز تصویری، تصاویر بدست آمده از روش میکروسکوپی را که به صورت کیفی است، به عنوان یک روش کمی برای تجزیه پراکندگی در اختیار قرار می دهد [۱۹].

تهیه نمونه های میکروسکوپی مشاهده گردید که ماسترپیچهای د-۱ نسبت به ماسترپیچ های خ-۱ دارای درصد رنگدانه کمتری هستند ولی علیرغم کمتر بودن درصد رنگدانه، توزیع و پراکنش ضعیفتری را نشان می دهند. در مجموع آنچه که از مشاهده کیفیت پراکنش ماسترپیچهای د-۱ در مقایسه با خ-۱ مشاهده می شود حاکی از کیفیت پراکنش ضعیف ماسترپیچهای شرکت د-۱ در مقایسه با ماسترپیچهای شرکت خ-۱ است. لازم به ذکر است که در دیگر تصاویر بدست آمده توسط میکروسکوپ نوری، محصولات ماسترپیچ شرکتیهای داخلی نیز، دارای پراکنش ضعیفتری در مقایسه با تولیدات شرکت خارجی خ-۱ بودند.

ماسترپیچهای یک شرکت را سهولت می توان با هم مقایسه نمود. از لحاظ ویژگی پراکنش نتایج زیر برای ماسترپیچهای شرکت های د-۱ و خ-۱ حاصل شده است :

الف) ماسترپیچهای شرکت د-۱ :

مشکی-۱ > قرمز-۱ > آبی-۱ > سبز-۱ > بنفش-۱ > زرد-۱ > سبز-۲

ب) ماسترپیچهای شرکت خ-۱ :

قرمز-۱ > مشکی-۱ > نارنجی-۱ > آبی-۱ > آبی-۲ > سبز-۱

روند مشاهده شده در مورد کیفیت پراکنش ماسترپیچهای هردو شرکت تقریباً مشابه بوده و نشان دهنده آنست که ماسترپیچ های رنگ سبز از هردو شرکت دارای بهترین پراکنش و ماسترپیچهای رنگ مشکی یا قرمز، بدترین پراکنش را دارند.

نتایج بدست آمده با نتایج گزارش شده در مقالات و دیگر مراجع مشابه می باشند [1,12]. دلایل تفاوت در نحوه توزیع و پراکنش ماسترپیچهای ساخت داخل و خارج را بطور کلی می توان در مواردی شامل نوع فرمولاسیون، نوع رنگدانه بکار رفته، نوع رزین حامل، نحوه و کیفیت اختلاط اجزاء تشکیل دهنده ماسترپیچ و عوامل فعال کننده سطحی بکار رفته خلاصه نمود.

از میان عوامل ذکر شده، عوامل فعال کننده سطحی از مهمترین عوامل در یکنواختی پراکنش است. به نظر می رسد یکی از عوامل مهم در یکنواختی کیفیت پراکنش ماسترپیچهای شرکت خ-۱، عوامل فعال کننده سطحی بکاررفته در ساخت این ماسترپیچها می باشد. شرایط عملکردی مخلوط کن و اکسترودر و نحوه اختلاط را نیز می توان در پراکنش مطلوب حائز اهمیت دانست.

ماسترپیچهای یک شرکت را سهولت می توان با هم مقایسه نمود. از لحاظ ویژگی پراکنش نتایج زیر برای ماسترپیچهای شرکت های د-۱ و خ-۱ حاصل شده است :

الف) ماسترپیچهای شرکت د-۱ :

مشکی-۱ > قرمز-۱ > آبی-۱ > سبز-۱ > بنفش-۱ > زرد-۱ > سبز-۲

ب) ماسترپیچهای شرکت خ-۱ :

قرمز-۱ > مشکی-۱ > نارنجی-۱ > آبی-۱ > آبی-۲ > سبز-۱

روند مشاهده شده در مورد کیفیت پراکنش ماسترپیچهای هردو شرکت تقریباً مشابه بوده و نشان دهنده آنست که ماسترپیچ های رنگ سبز از هردو شرکت دارای بهترین پراکنش و ماسترپیچهای

جدول ۴. اطلاعات عددی ماستریج های مشکی<sup>۱</sup>

ماستریج	A	B	X	D	انرژی کلی	O-D	O-X	O-B	K
۴-د	8.9	1.9	1.9	1.9	2.2	2.2	2	2	-
۲-د	9.1	1.9	2	1.7	2.2	2.1	1.4	1	0.018
۵-د	11.9	2	2.1	1.9	2.3	2.2	1.8	1.7	0.017
۷-د	9.5	2.2	2.2	1.9	2.3	2.3	1.2	1.1	0.025
۲-خ	9	2	2	2	2.4	2.3	2.3	2.3	-
۸-د	10	2	2	1.9	2.4	2.4	2.1	2.1	0.018
۹-د	11.2	2	2	2	2.4	2.4	2.2	2.1	0.021
۱-د	11.2	2.1	2.1	2	2.5	2.4	1.9	1.9	-
۶-د	11.7	2.4	2.4	2	2.6	2.6	1.5	1.5	0.024
۱-خ	10.8	2.3	2.3	2.1	2.6	2.5	1.7	1.6	0.021
۳-خ	11.3	2.4	2.4	2.2	2.7	2.6	1.8	1.8	0.022
۳-د	11.8	2.6	2.6	2.4	3	3	1.8	1.7	0.027

جدول ۵. اطلاعات عددی ماستریج های د-۱

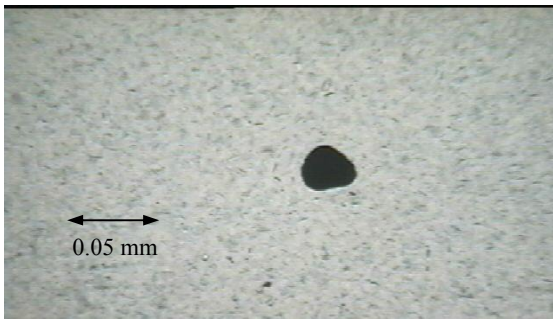
ماستریج	A	B	X	D	انرژی کلی	O-D	O-X	O-B	K
بنفش - ۱	10.1	1.9	1.8	1.8	2.2	2.1	2.1	2.1	-
قرمز - ۱	10.5	2.1	2.2	1.9	2.3	2.3	1.2	1	0.028
زرد - ۱	10	2.1	2.1	1.9	2.2	2.2	1.5	1.4	0.021
سبز - ۲	10.2	2.2	2.2	1.9	2.4	2.4	1.5	1.4	0.022
ابی - ۱	12.1	2.1	2.1	1.9	2.5	2.4	1.6	1.6	0.021
سفید - ۱	13.4	2.2	2.2	2	2.6	2.6	1.7	1.6	0.024
مشکی - ۱	11.2	2.1	2.1	2.0	2.5	2.4	1.9	1.9	0.021
سبز - ۱	10	2.1	2.0	2.1	2.5	2.5	2.5	2.5	-

جدول ۶. اطلاعات عددی ماستریج های خ-۱

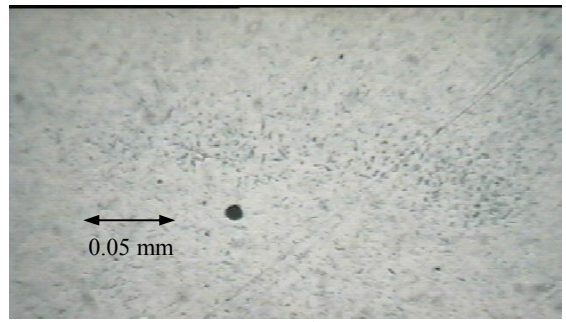
ماستریج	A	B	X	D	انرژی کلی	O-D	O-X	O-B	K
نارنجی - ۱	9.4	1.8	1.8	1.8	2.2	2.2	2	2	-
قرمز - ۱	9.3	2	2.0	1.9	2.2	2.2	2.2	2.2	0.015
ابی - ۱	10.1	1.9	1.9	1.9	2.3	2.2	2.1	2	-
ابی - ۲	9.9	1.9	2.0	1.8	2.2	2.2	1.9	1.8	0.015
سبز - ۱	11.6	1.8	1.8	1.8	2.3	2.3	2.2	2.2	-
مشکی - ۲	9	2	2.0	2.0	2.4	2.3	2.3	2.3	-
سفید - ۱	11.8	2.3	2.2	2.0	2.6	2.6	1.8	1.7	0.023
مشکی - ۱	10.8	2.3	2.3	2.1	2.6	2.5	1.7	1.6	0.021

<sup>۱</sup> مقادیر انرژی کلی برحسب KNm و گشتاور بر حسب Nm و مقادیر K برحسب 1/sec می‌باشند.



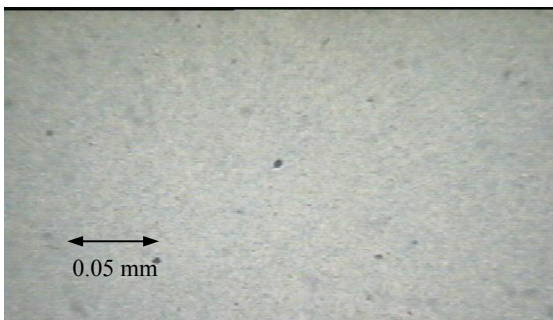


ب

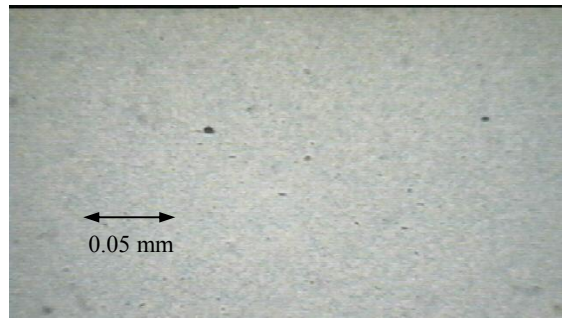


الف

شکل ۱۰. تصاویر میکروسکوپی نوری ماستریچ آبی - ۱ شرکت د - ۱

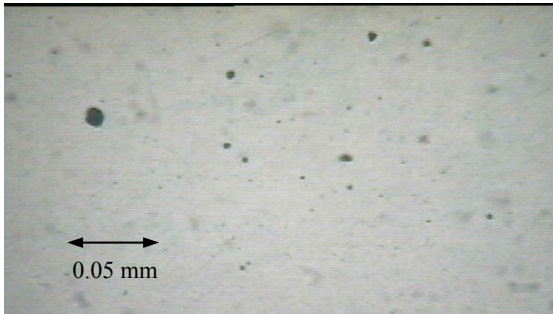


ب

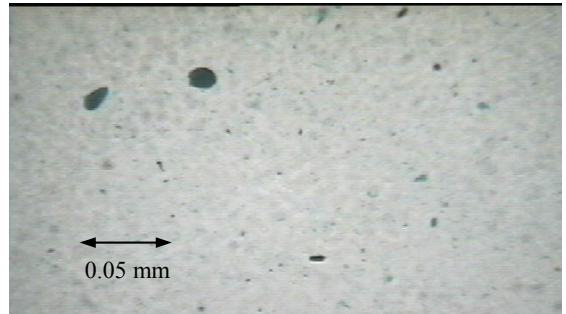


الف

شکل ۱۱. تصاویر میکروسکوپی نوری ماستریچ آبی - ۱ شرکت خ - ۱

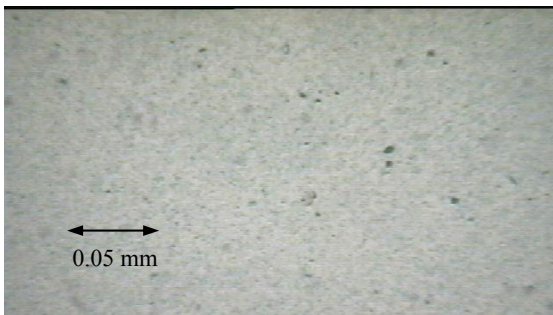


ب

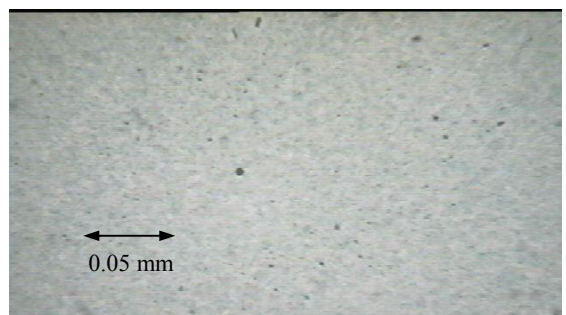


الف

شکل ۱۲. تصاویر میکروسکوپی نوری ماستریچ سبز - ۱ شرکت د - ۱



ب



الف

شکل ۱۳. تصاویر میکروسکوپی نوری ماستریچ سبز - ۱ شرکت خ - ۱

مراجع

- [11] Arrizon, J.P., Salazar, R.E., Arellano, M., "Dispersive Mixing of Surfactant – Modified Titanium Dioxide Agglomerates into High Density Polyethylene", Coloring Technology for Plastics, 1999, pp. 121-125.
- [12] Wiley, J., Sans, "Study of the Dispersion of Low-Density Polyethylene Additive Masterbatches in Polyolefins", Applied Polymer Science, Vol.49, 1993, pp. 381-389.
- [13] Van, T.S., Velamakanni, B.V., Adkins, R.R., "Comparison of Methods to Assess Pigment Dispersion", Coatings Technology, Vol. 73, No.923, 2001, pp. 61-70.
- [14] Cardenas, C.A., Bien, J.D., *Pigment Fiber Grade Polyester*, US 4012358 patent, 1997.
- [15] Marcincin, A., Zemanova, E., Beniska, j., "Rheological Properties and Filtration Ability of Organic Pigment Dispersions in Polypropylene", Rheol. Acta. , 1988, pp. 323-325.
- [16] Paul, R., Dean, L.L., *Improving Mixing, Quality with Dispersions*, Rubber World, Harwick Chemical Corp., 1996, pp. 30-33.
- [17] Richardson, J., Matchett, A.J., Coulthard, J.M., Gibbon, S., Wilson, C., Watson, C., "The Characterization of Pigment Powders for Titanium Dioxide / Polymer Dispersions by the ' Masterbatch ' Process" , Trans I.Chem.E., Vol. 78, Part A. , 2000, pp. 39-48.
- [18] Rauwendall, C., *Polymer Mixing : A Self Study Guide*, Hanser Publisher, 1998.
- [19] زادهوش علی، مهربانی ارجمند، رجیبی دهکی حسن، اسدی شهیدی سعید، "بررسی کیفیت پراکندگی رنگدانه در پیمانه های اصلی رنگی با استفاده از روش تجزیه تصویری"، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال هفدهم، شماره ۲، صفحات ۹۲-۹۸.
- [1] SBP Board of Consultant and Engineers, *Handbook of Plastic Compounding & Formulation*, R.K. Gupta for SBP Board of Consultant and Engineers Pvt. Ltd., India, 1998.
- [2] Sergeeva, Z.I., Makarovskaya, G.M., "Organic Pigments", The Soviet Chemical Industry, Vol. 13, 1981, pp. 1308 – 1319.
- [3] Koul, B., Ripke, C., Sandri, M., "Technical Aspects of the Mass- Dyeing of Polyolefin Fibers with Organic Pigments", Chemical Fibers International (CFI), Vol. 46, 1996, pp. 126-129.
- [4] *A Process for Preparing a Masterbatch Composition*, UK 1063238 patent, Printed by Smiths Printers and Duplicators, 1967.
- [5] Geoffrey, P., *Plastics Additives: An A-Z Reference*, Chapman & Hall Publisher, First Edition, London, 1998.
- [6] Ferns, A.W.D., *Twin – Screw Machines for Polymer Compounding Operations*, Plastics and Polymers, Vol. 42, 1974, p. 1.
- [7] Thiele, W., Knights, M., "Which Twin – Screw Compounder is for You?", Plastics Technology, Vol. 41, 1995, pp. 75-77.
- [8] Benkreira, H., Britton, R.N., "The Optimisation of Masterbatch Formulations for Use in Single Screw Machines", Polymer Processing Intern., Vol. IX, No.3, 1994, pp.205-210.
- [9] Benkreira, H., "Mixing of Masterbatches and Thermoplastics in Extrusion / Injection Moulding Machines", Trans I.Chem.E., Vol. 72, part. A, 1994, pp . 723-727.
- [10] Ikeada, Shouji, "Recent Progress in the Study of Pigment Dispersions", Magy. Kem. Lapja Journal, Vol. 51, 1996, pp. 320-327.