

معرفی رنگدانه‌های مرواریدی، روشهای ساخت مستر بیچ، فرمولاسیون

و فرآورش مستر بیچ های مرواریدی

آرمین رشیدی، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران/ تهران

قاسم نادری، استاد پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران/ تهران

اسماعیل قاسمی، استاد پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران/ تهران



چکیده

امروزه کاربرد مستر بیچ ها به دلایل مختلفی نظیر بهبود پخش و توزیع ذرات، کیفیت بالای محصولات، کاهش هزینه‌های مصرفی، حفظ سلامت کارکنان و... رو به افزایش است. رنگدانه‌های مرواریدی گونه‌ی خاصی از مواد طبیعی یا مصنوعی هستند که به دو دسته‌ی بدون بستر (بیسموت اکسی کلرید، اکسید آهن میکایی و تیتانیم دی اکسید ورقه‌ای) و بستر پوشش داده شده (میکای طبیعی پوشش داده شده با اکسید فلزات نظیر تیتانیم دی اکسید، اکسید آهن و اکسید آلومینیوم) تقسیم می‌شوند. از رنگدانه‌های مرواریدی به دلیل خواص ویژه‌ای نظیر ایجاد رنگهای مختلف با تغییر زاویه‌ی دید، مقاومت حرارتی بالا، مقاومت بالا در برابر نفوذ پذیری و درخشندگی به صورت مستر بیچ‌های مرواریدی در صنایع مختلفی نظیر صنایع پلاستیک و بسته بندی، آرایشی و بهداشتی، خودرو سازی، نساجی و... استفاده می‌شود. مستر بیچ‌ها ترکیبات غلیظی هستند که برای ساخت رنگ، بهبود خواص آن و همین طور کاهش قیمت تمام شده محصولات در هنگام تولید، به پلیمرها اضافه می‌شوند. مستر بیچ از سه جزء پلیمر، رنگدانه یا پرکننده، و عامل سازگار کننده تشکیل می‌شود. برای ساخت مستر بیچ‌ها روشهای مختلفی وجود دارد که رایج ترین روش آن استفاده از اکسترودرها (عموماً اکسترودرهای دو پیچه) می‌باشد. برای ساخت مستر بیچ با

استفاده از اکسترودرها عمدتاً از ۳ روش پیش اختلاط، تغذیه تقسیمی و تطبیق رنگ استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر برای ساخت مستریج از مخلوطکن داخلی (پرتابه‌ای) نیز استفاده شده است. هدف از تحقیق حاضر بررسی رنگدانه‌های مرواریدی، روشهای کلی ساخت مستریج های پلاستیکی، روشهای ساخت مستریج‌های مرواریدی و کاربردهای آنها در صنایع مختلف می‌باشد.

واژگان کلیدی: مستریج، کامپوزیت، رنگدانه‌ی مرواریدی، جلوه‌های ویژه، اختلاط مذاب

Introduction of pearlescent pigments, methods of making masterbatches, formulation and processing of pearlescent masterbatches

Armin Rashidi*, Iran polymer and petrochemical institute/ Tehran

Ghasem Naderi, Iran polymer and petrochemical institute/ Tehran

Ismail Ghasemi, Iran polymer and petrochemical institute/ Tehran

Abstrac

Nowadays, the use of masterbatches is increasing for various reasons such as improving the dispersion and distribution of particles, high-quality products, reducing consumption costs, maintaining the health of staff, etc. Pearlescent pigments are a special kind of natural or synthetic materials that are divided into two categories without a substrate (bismuth oxychloride, iron mica oxide, and titanium dioxide sheets) and a coated substrate (natural mica coated with Metal oxides such as titanium dioxide, iron oxide, and aluminum oxide) are divided. Pearlescent pigments due to their special properties such as creating different colors by changing the angle of view, high heat resistance, high resistance to penetration, and brilliance in the form of pearlescent masterbatches in various industries such as plastic and packaging industries. It is used in cosmetics, automotive, textile, etc. Masterbatches are concentrated compounds that are added to polymers to make the color, improve its

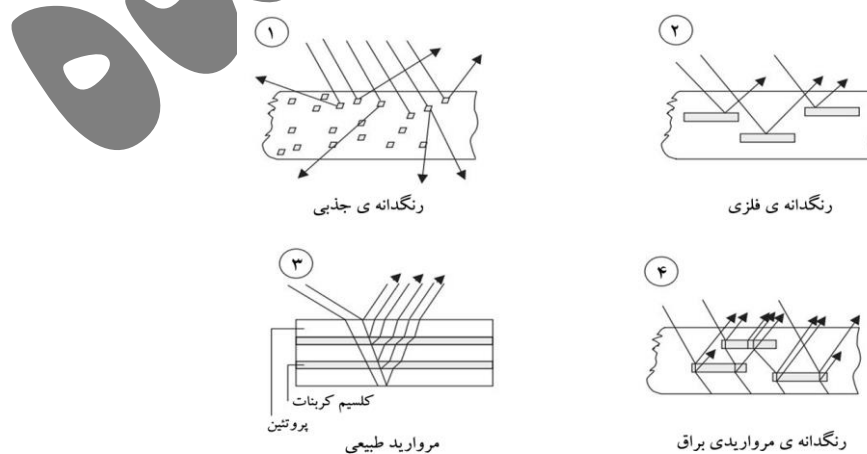
*To Whom Correspondence Should be addressed.

properties, and also reduce the cost of products during production. Masterbatch consists of three components: polymer, pigment or filler, and compatibilizing agent. There are various methods for making masterbatches, the most common method of which is the use of extruders (generally twin screw extruders). To make a masterbatch using extruders, mainly 3 methods of pre-mixing, divided feeding, and color matching are used. In this research, an internal mixer (Banbury) was also used to make the masterbatch. The purpose of this research is to investigate pearl pigments, general methods of making plastic masterbatches, methods of making pearl masterbatches, and their applications in different industries.

Key words: masterbatch, composite, pearlescent pigment, special effects, melt mixing

مقدمه

رنگدانه‌های مرواریدی و تداخلی یکی از مهمترین انواع رنگدانه‌های جلوه ویژه هستند که بر پایه‌ی مواد طبیعی یا مصنوعی ساخته شده‌اند و کیفیت مناسبی از درخشندگی، پراکندگی و جلوه‌های رنگین کمانی را براساس پراکندگی و انعکاس نور بر روی چندین لایه از خود نشان می‌دهند. به طور کلی، رفتارهای نوری متفاوتی از رنگدانه‌های فلزی و مرواریدی دیده می‌شود. رنگدانه‌های فلزی صفحه‌ای نظیر آلومینیوم مانند یک آینه‌ی کوچک عمل و اکثر نور تابیده شده را منعکس می‌کنند اما رنگدانه‌های مرواریدی شامل لایه‌های شفاف متناوب با ضریب شکست متفاوت‌اند که یا نور از آنها عبور می‌کند یا به شکل کریستالهای صفحه‌ای جاذب نور هستند (شکل ۱) [۱، ۲، ۳، ۴].

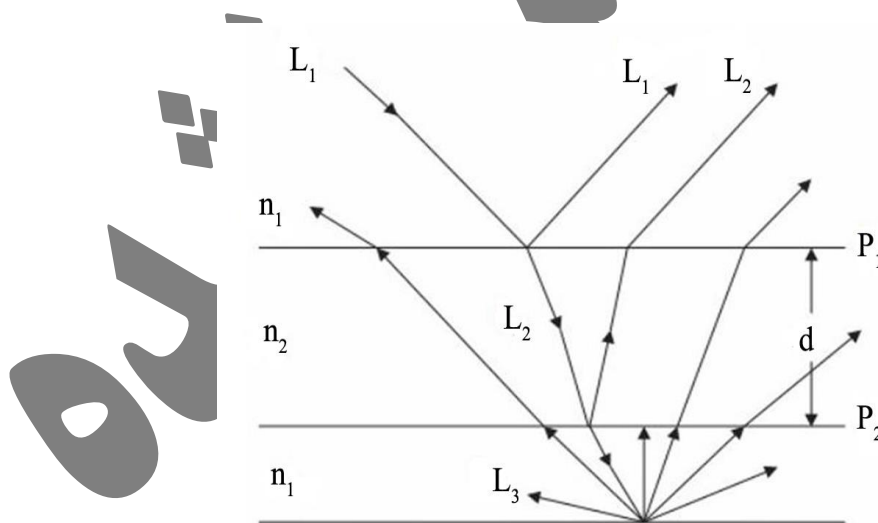


شکل ۱- خواص نوری رنگدانه‌های جاذبی، رنگدانه‌های فلزی و مروارید طبیعی [۱، ۴].

رنگدانه‌های مرواریدی برای اولین بار در سال ۱۶۵۶ کشف شد. در آن زمان یک تسبیح ساز فرانسوی رنگدانه‌های مرواریدی را به صورت تعلیق (سوسپانسیون) ابریشمی از فلس‌های ماهی جدا و از آن دانه‌های مرواریدی مصنوعی ساخت. ۲۵۰ سال بعد ماده‌ی مرواریدی (گوانین) جدا و اثر مرواریدی کشف شد. از سال ۱۹۲۰ به بعد هیدروکسیدها، کربنات‌ها، فسفات‌ها، روی، سرب و دیگر کاتیون‌ها برای اثر مذکور ساخته شد. تقاضای رنگدانه‌های مرواریدی در صنعت‌های در حال توسعه نظیر پلاستیک و پوشش بسیار بالا بود. موفقیت برای رنگدانه‌های مرواریدی با اختراع میکا با پوشش اکسیدهای فلزی بوجود آمد. رنگدانه‌های مرواریدی مبتنی بر میکا اکنون بیش از ۹۰ درصد از بازار جهانی را تشکیل می‌دهند. رنگدانه‌های مرواریدی اثرات مرواریدی شکل، رنگین کمان و اثر فلزی دارند و در رنگ‌های شفاف باعث تشکیل رنگ‌های متفاوت می‌شوند که با تغییر زاویه‌ی دید، رنگ پوشش تغییر می‌کند [۱، ۴، ۵، ۶].

اصول نوری رنگدانه‌های مرواریدی و تداخلی:

اصول نوری رنگدانه‌های مرواریدی و تداخلی در شکل ۲ نشان داده شده است:



شکل ۲- پرتوی نور فرودی از یک محیط نوری (L_1') با ضریب شکست n_1 ، لایه‌ای با ضخامت d با ضریب شکست n_2 ، L_1' و L_2'

انعکاس‌های منظم از مرزهای فاز P_1 و P_2 . L_3 بازتاب‌های پراکنده منتشر شده نور عبور داده شده را نشان می‌دهد [۱، ۴].

P_1 سطح مشترک بین دو ماده با ضریب شکست n_1 و n_2 بخشی از نور که منعکس می‌شود (L_1) و (L_1') بخشی از نور

که عبور می‌کند. نسبت شدت‌ها وابسته به مقدار n_1 و n_2 است. هر سطح مشترکی بازتاب جزئی دارد و پس از نفوذ نور

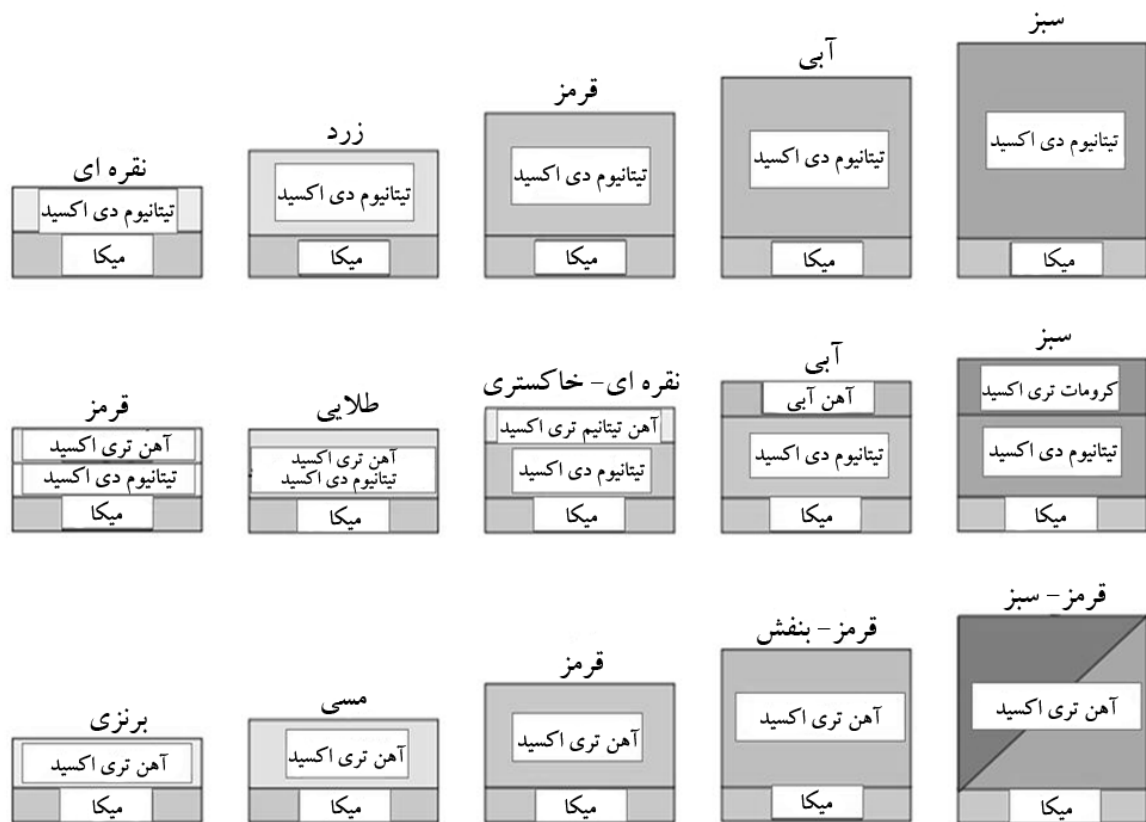
از چندین لایه با توجه به اندازه و تفاوت بین n_1 و n_2 عملاً بازتاب کامل به دست می‌آید، مشروط بر اینکه مواد به اندازه‌ی کافی شفاف باشد. برای پرک‌های کوچک با ضخامت حدود ۱۰۰ نانومتر قوانین فیزیکی لایه‌های نازک، جامد و نوری اعمال می‌شود. انعکاسهای چندگانه از نور بر روی یک فیلم نازک جامد با ضریب شکست بالا باعث اثر تداخلی در نورهای منعکس شده می‌شود. اثر تداخل زمانی گسترش پیدا می‌کند که فاصله لایه‌ها و نیز ضخامت آنها دارای مقدار مناسبی باشد. اندازه‌ی رنگدانه‌های معمولی کمتر از یک میکرون اما قطر رنگدانه‌های مرواریدی مابین ۱ تا ۲۰۰ میکرون می‌باشد.

جدول ۱- ضریب شکست مواد [۱، ۴]

ضریب شکست	ماده
۱/۰	هوا / خلأ
۱/۳۳	آب
۱/۴	پروتئین
۱/۴ - ۱/۷	پلیمرهای آلی (پلاستیک، لاکها و ...)
۱/۵	میکا
۱/۶۸	کلسیم کربنات (آراگونیت)
۱/۸۵	مروارید طبیعی (گوانین، هیپوکسانتین)
۲/۰	کربنات سرب بازی
۲/۱۵	بیسموت اکسی کلرید
۲/۵	تیتانیم دی اکسید (آناتاز)
۲/۷	تیتانیم دی اکسید (آناتاز)
۲/۹	آهن (III) اکسید (هماتیت)

رنگدانه‌های مرواریدی به دو دسته‌ی رنگدانه‌های مرواریدی بدون بستر و رنگدانه‌های مرواریدی بستر پوششی تقسیم می‌شوند:

رنگدانه‌های مرواریدی بدون بستر شامل رنگدانه‌های طبیعی، کربنات سرب بازی، بیسموت اکسی کلرید، اکسید آهن میکایی و تیتانیم دی اکسید ورقه‌ای هستند و رنگدانه‌ی مرواریدی بستر پوششی شامل میکای طبیعی است که بر روی



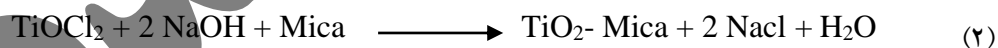
شکل ۳- انواع رنگهای مختلف رنگدانه‌های مرواریدی میکای پوشش داده شده با اکسید فلزات [۱].

برای پوشش دهی میکا با تیتانیوم دی اکسید در تعلیق آبی از دوروش زیر استفاده می‌شود:

- آبکافت همگن



- تیتیر کردن



برای پوشش دهی میکا با اکسید آهن از روش زیر استفاده می‌شود:

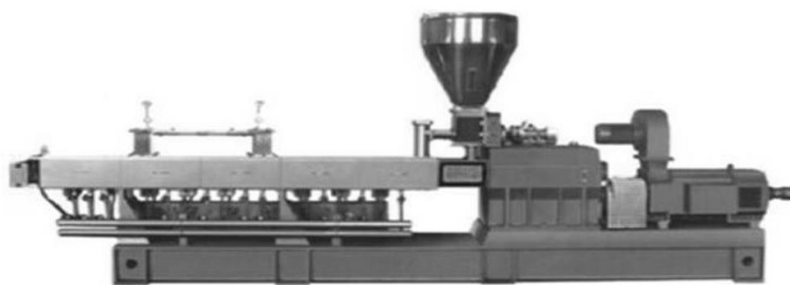


جدول ۲- خواص و کاربردهای رنگدانه‌های مرواریدی [۱]

کاربرد عمده	معایب	مزایا	رنگدانه‌ی مرواریدی
لاکهای ناخن	قیمت زیاد پشت پوشی ضعیف دسترسی محدود	چگالی خیلی کم درخشندگی بالا غیرسمی مقاوم در برابر نور	ماهی نقره‌ای طبیعی
دکمه‌ها جواهرات	چگالی بالا پایداری شیمیایی و حرارتی محدود سمی	درخشندگی بسیار بالا پشت پوشی خوب قیمت پایین مقاوم در برابر نور	کربنات سرب بازی
دکمه‌ها جواهرات مواد آرایشی تزئینی	چگالی بالا پایداری نوری محدود	درخشندگی بسیار بالا پشت پوشی خوب غیرسمی	بیسموت اکسی کلرید
پلاستیک لاک جوهر چاپ مواد آرایشی محصولات سرامیکی	درخشندگی کمتر از کربنات سرب بازی و بیسموت اکسی کلرید	درخشندگی بالا پشت پوشی خوب غیرسمی پایداری شیمیایی، حرارتی و مکانیکی قیمت پایین چگالی کم	میکا- تیتانیم دی اکسید

مستریج‌ها ترکیباتی با غلظت بالا هستند که برای ساخت رنگ، بهبود خواص و همچنین کاهش قیمت تمام شده محصولات پلیمری بکار برده می‌شوند. استفاده از مستریج مزایای فراوانی دارد که باعث شده است تا تولیدکنندگان استفاده از این محصول را به سایر شکل‌های مواد پلیمری ترجیح بدهند. مستریج از سه جزء پلیمر (پلی اتیلن، پلی پروپیلن و...)، مواد افزودنی رنگدانه یا پرکننده (تیتانیوم دی اکسید، کلسیم کربنات و...) و عامل سازگارکننده (مالثیک انیدرید پیوند داده شده بر روی پلیمر، سیلان و...) تشکیل می‌شود که در نهایت به شکل جامد یا مایع است (معمولاً به صورت جامد و فاقد حلال‌اند). ساخت مستریج به دلیل استفاده از درصد وزنی نسبتاً زیاد از مواد (۱۵ تا ۸۰ درصد وزنی رنگدانه/افزودنی) با چالش‌های زیادی همراه می‌باشد. پلیمر پایه‌ی مورد استفاده در ساخت مستریج معمولاً از نوع پلی اتیلن، اتیلن وینیل استات و موم (وکس) است که با بسیاری از پلیمرها سازگار است. برای پخش مناسب رنگدانه، ویسکوزیته‌ی پلیمر پایه (پلیمر استفاده شده برای ساخت مستریج) باید برابر یا کمتر از ویسکوزیته‌ی پلیمری باشد که مستریج به آن افزوده می‌شود [۷، ۸، ۹، ۱۰].

برای تولید مستریج معمولاً از اکسترودرهای دوپیچه استفاده می‌شود. استفاده از اکسترودر یکی از متداول‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش‌های شکل‌دهی پلیمرها می‌باشد. مواد اولیه پلیمری از طریق قیف به داخل دستگاه ریخته می‌شود و پس از ذوب شدن با اعمال فشار، از درون قالب دستگاه (حدیده) عبور کرده و در حمام آب یا در مجاورت هوا با گذشت زمان سرد شده و شکل قالب را به خود می‌گیرند. در فرآیند تولید مستریج مواد به صورت رشته‌ای از قالب خارج شده و سپس این رشته‌ها وارد تانک آب شده تا خنک شوند. در ادامه مواد از زیر یک خشک‌کن جهت آبگیری عبور داده می‌شوند و در نهایت وارد دانه ساز شده تا به شکل دانه‌های مستریج خرد شوند [۱۱، ۱۲، ۱۳].



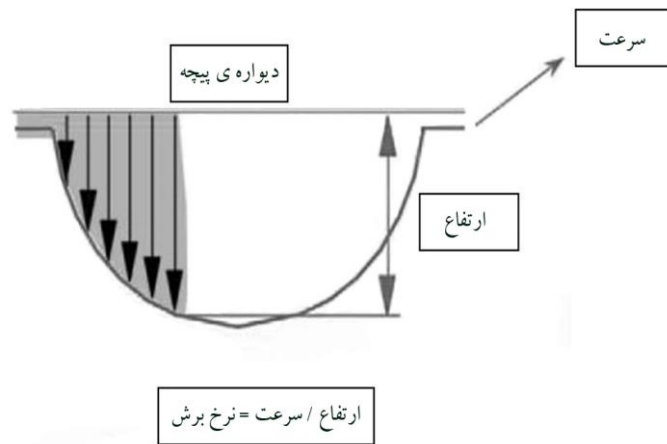
دستگاه اکسترودر



شکل ۴- خط کامل تولید مستریچ شامل: ۱-قیف دستگاه ۲- قالب (حدیده) ۳- تانک آب ۴- خشک کن ۵- خرد کن [۱۱].

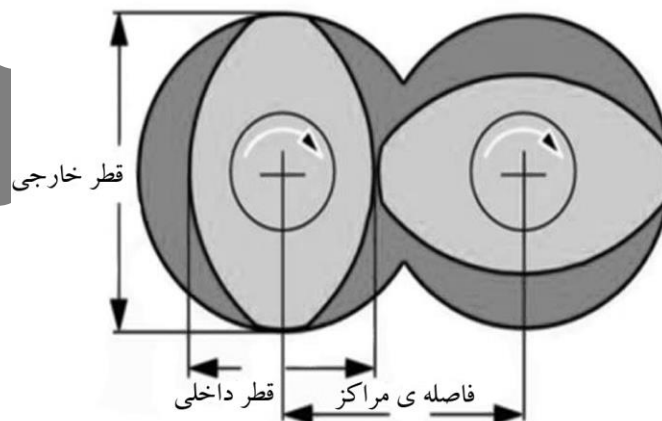
تولید مستریچ با اکسترودرهای دوپیچ‌ه‌ی همسوگرد:

قرار گرفتن رنگدانه در ماتریس پلیمری پراکنندگی نامیده می‌شود که شامل ۳ مرحله‌ی متوالی خیس شدن، باز شدن و پخش شدن است. یک مستریچ عموماً شامل پلیمر و عامل پخش کننده می‌باشد. خیس شدن رنگدانه‌ها با استفاده از عامل پخش کننده مانند موم (پلیمرهایی با وزن مولکولی کم) انجام می‌شود. موم به صورت مذاب در اکسترودر بین رنگدانه‌ها نفوذ کرده و خیس شدن اتفاق می‌افتد که خطر کلوخه شدن رنگدانه‌ها و عدم باز شدن آنها را کاهش می‌دهد. تنش برشی (τ) بر روی رنگدانه‌ها ناشی از ویسکوزیته (η) و نرخ برش ($\dot{\gamma}$) است. نرخ برش از تقسیم نمودن سرعت محیطی پیچ نسبت به دیواره‌ی پیچ بر حداکثر میزان پرشدگی کانالهای پیچ بدست می‌آید (شکل ۵) [۱۳، ۱۴].



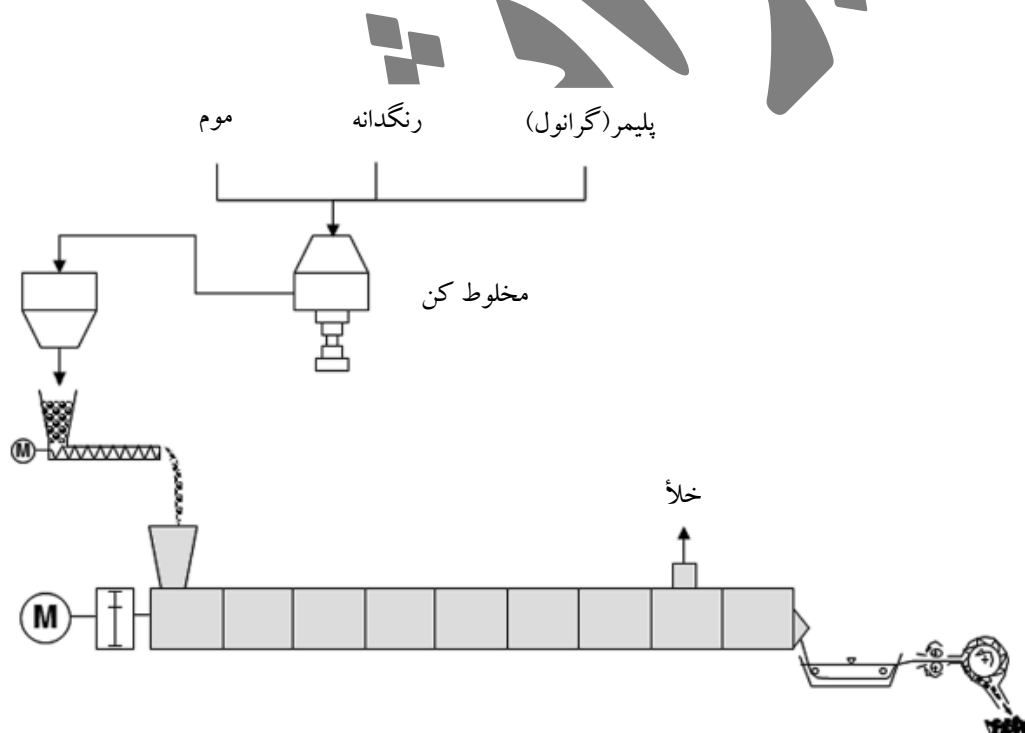
شکل ۵- نرخ برش [۱۳].

هرچقدر عمق کانال پیچه کمتر باشد تنش برشی بیشتری به مذاب پلیمری وارد می شود و پراکندگی رنگدانه ها یا پرکننده ها در ماتریس پلیمری بیشتر می شود (ویسکوزیته کاهش می یابد) اما از طرفی حجم انتقال کم و خروجی مواد از اکسترودر کاهش می یابد (کاهش توان عملیاتی). در سال ۱۹۸۳ اکسترودرهای دو پیچه توسط شرکت Coperion Werner & Pflidere ساخته شد که با مدل های محاسباتی نسبت بهینه قطر خارجی به قطر داخلی را ۱/۵۵ در نظر گرفتند. امروزه اکسترودرهای دو پیچه ی همسوگرد مدل ZSK MEGA با همان نسبت بهینه ی قطر خارجی به قطر داخلی ۱/۵۵ ساخته شده اند (شکل ۶) [۱۳، ۱۴].



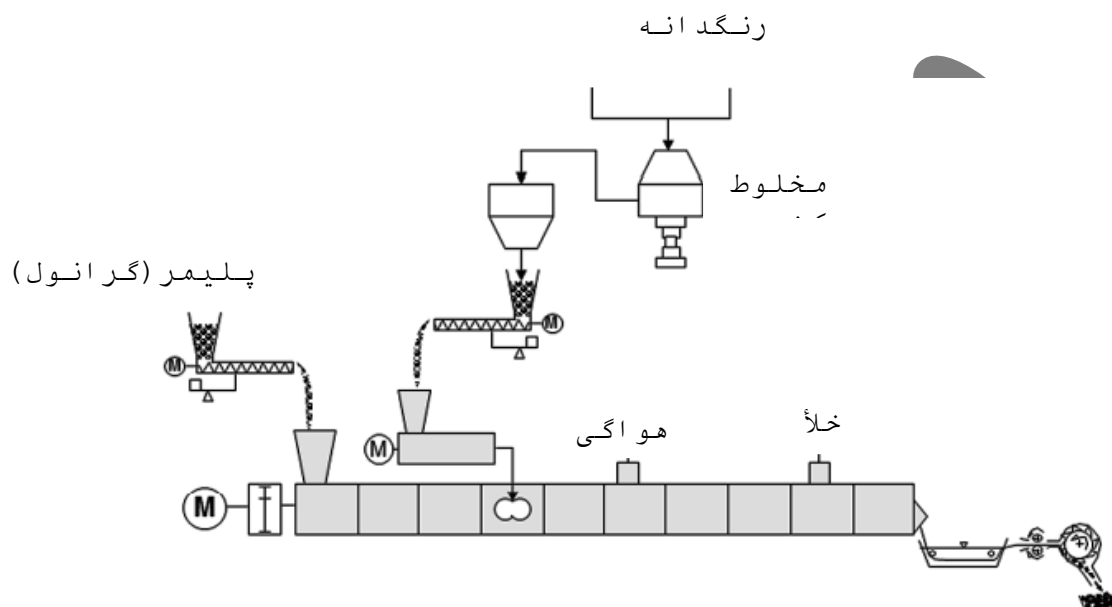
شکل ۶- نسبت قطر ها در اکسترودرهای دو پیچه [۱۳].

اکسترودرهای دویپجه‌ی مذکور، علاوه بر اینکه قابلیت اختلاط مناسب دارند دارای خاصیت خود تمیزشوندگی نیز هستند. این ویژگی سبب می‌شود محصول با سرعت بالا و با طیفهای رنگی مختلف (۱۵ رنگ در یک روز) تولید شود [۱۳]. برای ساخت مستریچ از روشهای پیش اختلاط، تغذیه تقسیمی و تطبیق رنگ استفاده می‌شود. در روش پیش اختلاط همه‌ی مواد (پلیمر، رنگدانه و عامل پراکنده‌کننده) ابتدا درون یک مخلوط‌کن ریخته می‌شوند و سپس اختلاط انجام می‌شود (افزایش توزیع رنگدانه در پلیمرها در حالت پودری) و مواد به داخل قیف اکسترودر دویپجه ریخته می‌شوند و مستریچ مورد نظر ساخته می‌شود (شکل ۸) [۷]. اکسترودرهای مورد استفاده در این روش معمولاً نسبت طول به قطر ۳۶ تا ۴۴ دارند و دارای ۲ یا ۳ ناحیه‌ی همگن سازی، اختلاط و ذوب) هستند. معمولاً توان عملیاتی در این روش بین ۱۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم بر ساعت (Kg/h) است [۱۴، ۱۵].



شکل ۷- روش پیش اختلاط برای تولید مستریچ [۱۴].

در روش تغذیه تقسیمی، پلیمر از یک قیف جدا به داخل اکسترودر ریخته می‌شود و مواد افزودنی (رنگدانه و عامل پراکنده‌کننده) از طریق یک قیف مجزای دیگر به مذاب پلیمری درون اکسترودر افزوده می‌شوند و مستریچ مورد نظر ساخته می‌شود (شکل ۸) [۱۴]. نسبت طول به قطر پیچه در این روش معمولاً ۴۰ تا ۴۸ است. معمولاً توان عملیاتی در این روش بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت (Kg/h) می‌باشد [۱۴، ۱۷].

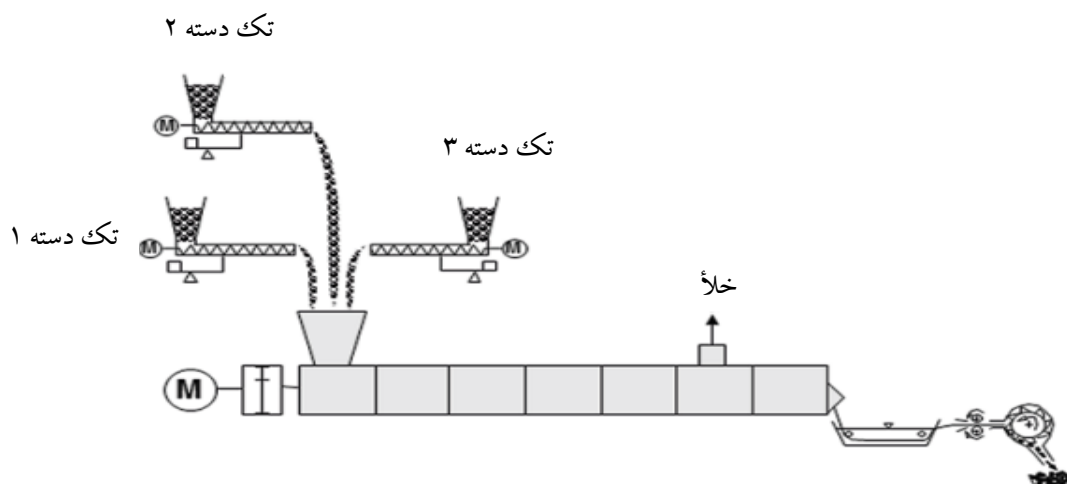


شکل ۸- روش تغذیه‌ی تقسیمی برای تولید مستریچ [۱۴].

مستریچ

در روش تطبیق رنگ، مستریج‌های مختلف که دارای یک نوع رنگدانه هستند که به داخل قیف اکسترودر ریخته می‌شوند (شکل ۹) [۱۴]. اکسترودرهای دو پیچ‌ه‌ی مورد استفاده در این روش معمولاً نسبت طول به قطر ۲۸ تا ۳۲ دارند.

معمولاً توان عملیاتی در این روش بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت (Kg/h) می‌باشد [۱۲].



شکل ۹- روش تطبیق رنگ برای تولید مستریج [۱۲].

در حال حاضر استفاده از مستریج‌ها به دلیل کاربری آسان، افزایش کیفیت محصول، حفظ سلامت کارکنان، تکرارپذیری فرآیند، کاهش هزینه‌های تولید و... به شدت گسترش پیدا کرده است [۱۴، ۱۶، ۱۸]. مستریج‌های مرواریدی (صدفی) باعث ایجاد ظاهر خاص و درخشان برای محصولات پلاستیکی مختلف و مقاومت مناسب آنها در برابر شرایط دمایی و جوی می‌شوند و از کاربردهای آنها می‌توان به استفاده در صنایع بسته‌بندی (امکان چاپ لیزر بر روی محصولات پلاستیکی)، نساجی، خودروسازی و محصولات آرایشی - بهداشتی اشاره نمود [۷، ۹، ۱۹-۲۳].

بحث و نتیجه گیری:

مقدار رنگدانه استفاده شده برای ساخت مستریج و مقدار مستریج بکار برده شده برای ساخت قطعه‌ی مورد نیاز در

جدول ۳ آورده شده است [۲۴]:

جدول ۳- مشخصات فنی مستریج سفید نوع WMB 136 [۲۴]

مزایا	کاربرد و درصد وزنی (%)	مشخصات	درصد وزنی رنگدانه مرواریدی در مستریج	کد مستریج
جریان پذیری و فرآیندپذیری بالا، پشت پوشی بالا، بدون پرکننده، رنگ سفید درخشان، سازگاری مناسب با ABS و PS	<p>قالب گیری تزریقی PS/ABS، ۱ تا ۳ درصد</p> <p>اکستروژن ورقه‌ای پلی استایرن، ۰/۵ تا ۳ درصد</p>	<p>مستریج سفید</p> <p>حامل: پلی استایرن</p> <p>جز فعال: تیتانیوم دی اکسید اصلاح شده (روتایل)</p>	۲±۵۵	WMB 136
جریان پذیری و فرآیندپذیری بالا، پشت پوشی مناسب، بدون پرکننده، رنگ سفید	<p>قالب گیری تزریقی PE، ۱ تا ۵ درصد</p> <p>بطری، مخزن و طبل پلی اتیلنی، ۱ تا ۵ درصد</p>	<p>مستریج سفید</p> <p>حامل: پلی الفین</p> <p>جز فعال: تیتانیوم دی اکسید اصلاح شده (روتایل)</p>	۲±۳۲	WMB 122 PT
بخش خوب پشت پوشی عالی	<p>فیلم PE، ۱ تا ۷ درصد</p> <p>قالبگیری تزریقی PE و PP، ۱ تا ۲ درصد</p> <p>ورقه PE و PP، ۱ تا ۳ درصد</p>	<p>مستریج سفید</p> <p>حامل: پلی الفین</p> <p>جز فعال: تیتانیوم دی اکسید اصلاح شده (روتایل)</p>	۲±۷۰	WMB 127M

چارلز و همکارانش در سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷ مستریچ‌های کروی شکلی را ساختند که شامل ۶۰ تا ۸۰ درصد وزنی رنگدانه‌ی مرواریدی، ۱۴ تا ۳۸ درصد وزنی موم و ۲ تا ۶ درصد وزنی مواد فعال در سطح بود. بهبود جریان‌پذیری و در نتیجه افزایش توان تولید مستریچ در یک اکسترودر (کاهش زمان تولید) از مزایای مستریچ ساخته شده بود.

رنگدانه‌ی مرواریدی MAGNAPEARL® 1000 شامل ۷۰-۸۰ درصد وزنی میکا و ۲۰-۳۰ درصد وزنی دی‌اکسید تیتانیوم، رنگدانه‌ی مرواریدی MAGNAPEARL® 1100 شامل ۶۵-۷۵ درصد وزنی میکا، ۰/۲ - ۲ درصد وزنی اکسید قلع و ۲۵-۳۱ درصد وزن تیتانیوم دی‌اکسید) و رنگدانه‌ی مرواریدی MAGNAPEARL® 2100 شامل ۵۶/۵-۶۴/۵ درصد وزنی میکا، ۰/۲ - ۲ درصد وزنی اکسید قلع و ۳۵/۵-۴۱/۵ درصد وزنی دی‌اکسید تیتانیوم به صورت تجاری از شرکت Engelhard تهیه شده بود. موم شامل گروه‌های قطبی و گروه‌های پراکنده است (بهبود جریان‌پذیری رنگدانه‌ی مرواریدی). گروه‌های قطبی شامل گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن، آمین یا اسیداند. گروه‌های پراکنده شامل هیدروکربن‌های خطی یا شاخه‌دار، هیدروکربن‌های اشباع یا غیراشباع و هیدروکربن‌های هالوژنه‌اند. گروه‌های پراکنده حاوی پیوندهای سیگما هستند که امکان چرخش را فراهم و بنابراین جذب الکترواستاتیکی گروه قطبی را به رنگدانه‌ی مرواریدی تسهیل می‌کند. موم یک هیدروکربن اکسید شده یا یک هیدروکربن اشباع اکسید شده یا پلی‌اولفین اکسید شده و ترجیحاً پلی‌اتیلن اکسید شده است. موم‌های پلی‌اولفین اکسیژن‌دار مناسب شامل پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن هستند. مواد فعال در سطح دارای بخش‌های قطبی و غیرقطبی هستند. بخش قطبی شامل الکل اتوکسیله و بخش پراکنده غیرقطبی شامل هیدروکربن است. بخش قطبی مواد فعال در سطح به بخش قطبی تیتانیوم رنگدانه‌ی مرواریدی متصل می‌شود. بخش پراکنده‌ی غیرقطبی امکان پخش آسان مواد فعال در سطح را در پلی‌اولفین فراهم می‌کند و از آنجایی که بخش قطبی رنگدانه‌ی مرواریدی به بخش قطبی مواد فعال در سطح متصل است، امکان اختلاط راحت‌تر با پلی‌اولفین را فراهم می‌کند. میانگین عددی وزن مولکولی مواد فعال در سطح از حدود ۸۰۰ تا حدود ۱۳۰۰ متغیر است (مخلوطی از الکل‌های کربنی اتوکسیله نوع دوم دارای ۱۲ تا ۱۴ اتم کربن و پلی‌اکسی (۲- اتانادیل).

روش ساخت:

امولسیون و رنگدانه در یک مخزن با اختلاط برشی پایین با نسبت وزنی ۱/۸ به ۱ امولسیون به رنگدانه ترکیب شده بود. به ترکیب فوق آب دیونیزه جهت حصول به ویسکوزیته مناسب افزوده و اختلاط به آهستگی و تحت سرعت برشی نسبتاً کم انجام شده بود (جلوگیری از ایجاد حباب در ترکیب ویسکوز). ترکیب حاصل از طریق دستگاه اتمیزه کننده به خشک کن افشانه‌ای تحت شرایط دمای ورودی بین 200°C تا 360°C و دمای خروجی 88°C انتقال داده شده و پس از خشک شدن، حدوداً دارای ۷۰ درصد وزنی رنگدانه‌ی مرواریدی بود. ترکیب کروی شکل بدست آمده با ویسکوزیته‌ی کم سبب بهبود جریان پذیری پلیمر درون اکسترودر و نیز افزایش مواد خروجی از آن شده بود (قابل استفاده برای اکثر پلیمرهای آمورف و کریستالی). برای تهیه‌ی مستریچ‌های مرواریدی از فرمولاسیون‌های زیر استفاده شده بود:

۳۵ درصد وزنی پلی اتیلن با چگالی کم (نقطه ذوب 160°C ، از شرکت Union Carbide) ۶۵ درصد وزنی رنگدانه‌ی MAGNAPEARLO® 2100 از شرکت Engelhard و به شرح زیر ساخته شده بود:

۵۲۵ گرم پلی اتیلن با چگالی کم و ۹۷۵ گرم رنگدانه به داخل دستگاه مخلوط کن پرتابه‌ای با ظرفیت ۳/۵ پوند (۱۵۸۵/۵ گرم) ریخته شده و اختلاط به مدت ۱۴ دقیقه، تحت دمای 149°C تا حدود 187°C ادامه یافته بود. ترکیب حاصل پس از تخلیه و خنک شدن، به مکعب‌های در ابعاد حدوداً یک اینچ تبدیل شده بود (قطعات بزرگ در دستگاه گرانول ساز خرد شده بود).

۳۵ درصد وزنی موم کوپلیمر اتیلن-اکریلیک اسید (A-C® 5120 از شرکت Honeywell و ۶۵ درصد وزنی رنگدانه MAGNAPEARLO® 2100 از شرکت Engelhard و به شرح زیر ساخته شده بود:

۵۲۵ گرم کopolymer اتیلن-اکریلیک اسید و ۹۷۵ گرم رنگدانه به داخل دستگاه مخلوط کن پرتابه‌ای با ظرفیت ۳/۵ پوند (۱۵۸۵/۵ گرم) ریخته شده و اختلاط به مدت ۱۱ دقیقه با سرعت چرخشی ۲۰۰ rpm تحت دمای ۸۸°C تا دمای ۱۰۶°C ادامه یافته بود. ترکیب حاصل شکننده بود و نیازی به خرد شدن قبل از دانه بندی نداشت.

۳۵ درصد وزنی موم پلی اتیلن (هموپلیمر A-C@725 از شرکت Honeywell و ۶۵ درصد وزنی رنگدانه MAGNAPEARLO® 2100 از شرکت Engelhard و به شرح زیر ساخته شده بود:

۵۲۵ گرم موم پلی اتیلن و ۹۷۵ گرم رنگدانه به داخل دستگاه مخلوط کن پرتابه‌ای با ظرفیت ۳/۵ پوند (۱۵۸۵/۵ گرم) با دمای ۱۲۱°C ریخته و تحت سرعت چرخشی ۱۰۰ rpm کاملاً ذوب شده بود. محصول نهایی به مدت ۹ دقیقه همزده شده بود و در نهایت بوسیله‌ی گرانولاتور از نوع دوار، دانه بندی شده و به پودر بدون گرد و غبار با جریان آزاد تبدیل شده بود [۲۵، ۲۶].

نتیجه گیری:

رنگدانه‌های مرواریدی، موادی هستند که دارای خواص مرواریدی، رنگین کمانی (تغییر رنگ پوشش با تغییر زاویه‌ی دید) و اثر فلزی‌اند که در رنگهای شفاف باعث تشکیل رنگهای متفاوت می‌شوند. مستریچ‌ها ترکیبات غلیظی هستند که برای ساخت رنگ، بهبود خواص و همچنین کاهش قیمت تمام شده محصولات، به پلیمرها افزوده می‌شوند. مستریچ از سه جزء پلیمر (پلی اتیلن، پلی پروپیلن و...)، رنگدانه یا پرکننده (تیتانیوم دی اکسید، کلسیم کربنات و...) و عامل سازگار کننده (مالئیک انیدرید پیوند داده شده بر روی پلیمر، سیلان و...) تشکیل می‌شود. استفاده از مستریچ در صنعت پلاستیک مزایای فراوانی دارد که از آنها می‌توان به سهولت استفاده، حمل و نقل ساده، کاهش قیمت (کاهش مقدار رنگدانه‌ی مصرفی) و بهبود کیفیت محصول اشاره نمود. چنین مزیت‌هایی باعث شده است تا تولید کنندگان، استفاده از این محصول را به سایر شکل‌های مواد پلیمری ترجیح بدهند. مستریچ‌های مرواریدی دارای خواص مناسبی نظیر ظاهر خاص و درخشان برای محصولات پلاستیکی مختلف، مقاومت حرارتی و جوی مناسب (مقاوم در برابر نور فرابنفش) و... می‌باشند. به طور کلی برای ساخت مستریچ از درصد‌های وزنی متفاوتی از رنگدانه‌ها (تقریباً ۳۰ تا ۸۰ درصد وزنی

برای اکثر مستریج‌ها و بیش از ۶۵ درصد برای مستریج‌های مرواریدی) استفاده می‌شود. برای ساخت مستریج از خشک-کن افشانه‌ای، مخلوط کن داخلی (پرتابه‌ای) و اکسترودرهای دویپچه (رایج‌ترین روش) استفاده شده است. ساخت مستریج توسط اکسترودرهای دویپچه شامل مراحل تعیین فرمولاسیون، خوراک دهی، اختلاط در اکسترودر، خنک کردن رشته‌های خروجی از اکسترودر، خرد کردن و در نهایت الک کردن گرانولهای تولید شده است. معمولاً برای ساخت قطعه نهایی از ۱ تا ۵ درصد وزنی از مستریج استفاده می‌شود.

مراجع:

1. Faulkner, E. B., and Schwartz, R. J. (Eds.), *High Performance Pigments*, John Wiley and Sons, USA, 2, 77- 85, 2009.
2. Charvat, R. A. (Ed.), *Coloring of Plastics, Fundamentals*, John Wiley and Sons, USA, 2, 226- 242, 2005.
3. Tolinski, M., *Additives for Polyolefins, Getting the Most Out of Polypropylene, polyethylene and TPO*, William Andrew, USA, 2, 97- 101, 2015.
4. Pfaff, G., *Special Effect Pigments, Technical Basics and Applications*, Vincentz Network GmbH and Co KG, Germany, 2, 44- 49, 2008.
5. Cheraghipoor, M., and Zakeri, M., *Incorporation of Metal Oxide on Mica Flakes as a Green Pearlescent Pigment, Preparation and Analysis*, *Iran J. Chem. Eng.*, **17**, 34- 43, 2020.
6. Hosseini- Zori, M., *Particle Size and Kind of Mica in Synthesis of Nontoxic Bronze and Gold Pearlescent Pigments Based on Nano encapsulated Hematite*, *Adv. Mater. Res-Switz.*, **48**, 101- 112, 2015.
7. Kutz, M., *Applied Plastics Engineering Handbook, Processing and Materials*, William Andrew, USA, 1, 193-205, 2011.
8. Whelan, A., and Whelan, T., *Polymer Technology Dictionary*, Springer, Netherland, 1, 88- 148, 1994.
9. [https:// busscorp. com/ industries/ masterbatch](https://busscorp.com/industries/masterbatch), available in 8 March 2023.
10. Chafidz, A., Ali, M. A. H., and Elleithy, R., *Morphological, Thermal, Rheological, and Mechanical Properties of Polypropylene-Nanoclay Composites Prepared from Masterbatch in a Twin Screw Extruder*, *Mater. Sci. Forum.*, **46**, 6075- 6086, 2011.
11. <https://moeinpolymer.com>, available in 2 March 2023.
12. DeArmitt, C., and Rothon, R., *Particulate Fillers, Selection and Use in Polymer Composites*, *Encyclopedia of Polymers and Composites*, Springer, Berlin, 1,1- 19, 2015.
13. Weinmann, M., *Masterbatch Production on Co-rotating Twin Screw Extruders*, *Plastics, Plast. Addit. Compd.*, **9**, 36- 39, 2007.

14. Kohlgruber, K. (Ed.), *Co-Rotating Twin-Screw Extruders, Fundamentals, Technology, and Applications*, Carl Hanser Verlag and GmbH Co KG, Germany, 1, 73- 78, 2008.
15. Tu, W. D., Ingram, A., and Seville, J., Regime Map Development for Continuous Twin Screw Granulation, *Chem. Eng. Sci.*, **87**, 315- 326, 2013.
16. Markarian, J., Back-to-Basics: Adding Colour to Plastics, *Plast. Addit. Compd.*, **11**, 12-15, 2009.
17. Manas- Zloczower, I. (Ed.), *Mixing and Compounding of Polymers, Theory and Practice*, Carl Hanser Verlag and GmbH Co KG, Germany, 2, 389- 406, 2012.
18. Seem, Tim Chan, et al., Twin Screw Granulation, A Literature Review, *Powder Technol.*, **276**, 89- 102, 2015.
19. Zhao, P., Ouyang, Y., Xu, M., Yang, L., and Ren, Y. (Eds.), *Applied Sciences in Graphic Communication and Packaging, Conference of the International Circle of Educational Institutes for Graphic Arts Technology and Management.*, Beijing, China ,747- 810, 14- 16 May, 2018.
20. Wong, A. Y., Ng, N. S. K., and Ng, V. L. F., Colouring of Moulded Plastic Products by the Addition of Colour Masterbatches, *Jamslic. C. S.*, **63**, 468- 471, 1997.
21. Maile, F. J., Pfaff, G., and Reynders, P., Effect Pigments—Past, Present and Future, *Prog. Org. Coat.*, **54**, 150- 163, 2005.
22. Gilbert, M., *Brydson's Plastics Materials*, Butterworth-Heinemann, Oxford (UK), 8, 59-73, 2017.
23. Pfaff, G. (Ed.), *Color Measurement- Metal Effect Pigments*, De Gruyter, Germany, 2, 100- 180, 2022.
24. <http://www.pooya-polymer-tehran.com>, available in 20 March 2023.
25. Charles J.W., Masterbatch Precursor, *US Pat.*10, 995, 756, 2005.
26. Charles J.W., Colored Masterbatch Precursor, *US Pat.*11, 467, 034, 2007.