بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تهران

پردیس علوم – دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع:

بهبود خواص سطحی پلی‌الفین‌ها با استفاده از افزودنی‌های پلیمری

رشته: شیمی کاربردی

گرایش: علوم و تکنولوژی پلیمر

اساتید راهنما:

دکتر ناصر شریفی سنجانی – استاد راهنمای اول دکتر محمد حسین رفیعی – استاد راهنمای دوم

استاد مشاور

دکتر ناصر محمدی – دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک)

نگارش: هیوا رحمانی

شهریور ماه ۱۳۸۶

چکیده

با تولید مواد پلیمری فرایندهای مختلفی مانند اکستروژن، قالبگیری تزریقی، کلندرینگ، قالبگیری دمشی و... جهت فرایند کردن مذاب‌های پلیمری به وجود آمده‌اند. از طرف دیگر، خواص ویسکوالاستیک ذاتی هر پلیمر منجر به بروز نقایص فرایندی خاصی می‌گردد که در همین راستا استفاده از افزودنی‌ها جهت به تعویق انداختن این نقایص فرایندی رواج بسیاری یافته است. در فرایندهای اکستروژن پلی‌الفین‌ها، ناپایداری مذاب باعث وقوع پدیده‌های ناخواسته در تولید و ناپایداری فرایند می‌گردد. این پدیده که بیشتر در سرعت‌های تولید بالا مشاهده می‌شود باعث محدودیت در افزایش سرعت فرایند کردن بسیاری از مذاب‌های پلیمری و به ویژه پلی‌الفین‌ها می‌گردد و در صورت افزایش سرعت تولید در مواردی مانند فرایند اکستروژن تولید فیلم دمشی، باعث نوسانات شدید در سطح محصول و پوسته پوسته شدن آن می‌شود. در صنایع پلی‌الفینی، کمک فرایندها عموماً به منظور بهبود خواص رئولوژیکی و به ویژه کاهش پدیدهٔ ناپایداری مذاب و بهبود کیفیت سطح محصولات استفاده می‌شوند. طی فرایند اکستروژن پلی‌الفین‌ها و استفاده از کمک فرایندها، این افزودنی‌ها به سطح داخلی دای مهاجرت کرده و با ایجاد یک لایهٔ روان کننده سبب شتاب لغزش ماتریکس پلی‌الفینی مذاب بر روی آن (سطح دای) شده و درنهایت باعث کاهش و یا حذف پدیدهٔ ناپایداری مذاب سطح می‌گردند. در این تحقیق، اثر افزودنی‌های پلیمری آلی مانند پلی(اکسی آلکیلن)ها و پلی(آکریلات)ها بر روی پارامترهای فرایندی (فشار مذاب، توان مصرفی، دبی خروجی) و پدیدهٔ ناپایداری مذاب و براقیت سطح فیلم دمشی LLDPE ۰۲۰۹ AA بررسی شد. گونهٔ پلی‌اتیلنی مذکور فرایندپذیری مشکلی داشته و در سرعت‌های تولید بالا پدیدهٔ ناپایداری مذاب

سطح را از خود نشان می‌دهد. تعدادی از افزودنی‌های پلیمری مذکور وقوع پدیدهٔ ناپایداری مذاب را به سرعت‌های برشی بالاتر منتقل کرده و در نتیجه به عنوان کمک فرایندهای جدید معرفی شده‌اند.

فهرست مطالب صفحه

فصل اول: کلیات

مقدمه ۱

۱-۱- منحنی‌های جریان برای مذاب‌های پلیمری ۳

۱-۲- مواد ویسکوالاستیک ۳

۱-۳- پدیده‌های ناشی از ویسکوالاستیسیته ٤

۱-۳-۱- اثر ورودی ٤

۱-۳-۲- تورم دای ٥

۱-۲-۲-۱- روش‌های کنترل تورم دای ٦

۱-۳-۳- اثر وایزنبرگ ۸

۱-۳-٤- ناپایداری مذاب ۱۰

۱-٤- ناپایداری مذاب پوست کوسه‌ای شدن ۱۰

۱-٤-۱- محل شروع ناپایداری پوست کوسه ۱۲

۱-٤-۲- مکانیسم وقوع ناپایداری مذاب پوست کوسه‌ای شدن ۱٤

۱-٤-۳- فاکتورهای موثر بر وقوع ناپایداری پوست کوسه‌ای شدن ۱٥

۱-٤-۳-۱- سرعت برش ۱٥

۱-٤-۳-۲- مواد سازنده‌ی دیواره‌ی دای، انرژی سطحی آنها و لغزش ۱۷

۱-٤-۳-۳- هندسه‌ی دای ۱-٤-۳-٤- دما ۱۸

۱-٤-۳-٥- جرم مولکولی، توزیع جرم مولکولی، شاخه‌ها و ساختار مولکولی رزین ۱۹

۱-۵- ناپایداری لغزش – چسبندگی ۲۲
۱-۵-۱- فاکتورهای موثر بر ناپایداری ***Stick-Slip*** ۲۷
۱-۵-۱-۱- اثر نسبت **L/D** ۳۷
۱-۵-۱-۲- تاثیر قطر مویینه ۳۹
۱-۵-۱-۳- تاثیر دما ٤۰
۱-۵-۱-٤- اثر وزن مولکولی و توزیع وزن مولکولی ٤۱
۱-٦- ناپایداری مذاب زبر ٤۳
۱-٦-۱- عوامل موثر بر **GMF** ٤٦
۱-٦-۱-۱- وابستگی **GMF** به طراحی دای ٤۸
۱-٦-۱-۲- وابستگی **GMF** به دما ٤۸
۱-٦-۱-۳- وابستگی **GMF** به **Mw**، **MWD** و ساختار رزین ۵۱
۱-۷- کمک فرایندها ۵۱
۱-۷-۱- انواع کمک فرایندها ۵۱
۱-۷-۱-۱- کمک فرایندهای پرفلوئوره ۵۷
۱-۷-۱-۱-۱- مکانیسم عمل کمک فرایندهای پرفلوئوره در حذف پدیدهٔ ناپایداری مذاب ٦۰
۱-۷-۱-۱-۲- فاکتور های موثر بر عملکرد کمک فرایندهای پرفلوئوره ٦۵
۱-۷-۱-۱-۳- تاثیرات کمک فرایندهای پرفلوئوره در فراورش پلی الفین‌ها ٦۷
۱-۷-۱-۱-٤- مقایسهٔ محصولات پلی الفینی تولید شده در حضور و عدم حضور کمک فرایند پرفلوئوره ٦۸
۱-۷-۲- استئارات‌ها ٦۸
۱-۷-۳- افزودنی‌های بر پایهٔ سیلیکون ۷۰
۱-۷-٤- پلیمرهای به شدت شاخه‌دار (**HBPs**) ۷۱
۱-۷-۵- دیگر آلیاژهای پلیمری ۷۳

۱-۷-٦- برن – نیترید ۷٤
۱-۷-٦-۱- تاثیر اندازهٔ ذرات، انرژی سطحی و نحوهٔ پخش آنها ۷٤
۱-۷-۷- واکس‌های پلی‌اتیلنی ۷٤
۱-۷-۸- پلیمرهای بلور مایع ۷٦
۱-۸- روان کننده‌ها ۷٦

فصل دوم: بخش تجربی

مقدمه ۷۶
۲-۱- مواد و تجهیزات ۷٦
۲-۱-۱- مواد ۷٦
۲-۱-۱-۱- پلیمرهای پایه ۷۸
۲-۱-۱-۱-۱- پلی‌اتیلن سبک خطی ۷۸
۲-۱-۱-۲- افزودنی‌های پلیمری ۷۹
۲-۱-۱-۲-۱- پلی‌اتیلن گلیکول ۸۰
۲-۱-۱-۲-۲- پلی‌اتیلن اکسید ۸۰
۲-۱-۱-۲-۳- پلی(متیل متاکریلات) ۸۱
۲-۱-۱-۲-٤- کوپلیمر اتیلن اتیل‌آکریلات ۸۱
۲-۱-۱-۲-۵- کوپلیمر اتیلن بوتیل‌آکریلات ۸۱
۲-۱-۱-۳- سایر مواد ۸۱
۲-۱-۱-۳-۱- آنتی اکسیدانت ۸۱
۲-۱-۱-۳-۲- پارافین ۸۳
۲-۱-۱-۳-۳- کلینر (پاک کننده) ۸۳
۲-۱-۲- تجهیزات ۸ ..... ۸٤

۲-۱-۲-۱- اکسترودر ZSK 25 ..... ۸٤
۲-۱-۲-۲- دستگاه اندازه‌گیری شاخص جریان مذاب ۸۵
۲-۱-۲-۳- اکسترودر تولید فیلم دمشی ۸٦
۲-۱-۲-۵- دستگاه اندازه‌گیری براقیت ۸٦
۲-۲- فرایندها ۸۷
۲-۲-۱- فرایند تهیه مستربچ از افزودنی‌های پلیمری ۸۷
۲-۲-۱-۱- شرایط فرایندی تولید مستربچ‌ها ۸۸
۲-۲-۲- فرایند تولید فیلم دمشی ۸۸
۲-۲-۲-۱- اکستروژن فیلم دمشی ۸۸
۲-۲-۲-۱-۱- تاریخچه ۸۸
۲-۲-۲-۱-۲- اجزا فرایند فیلم دمشی ۹۲
۲-۲-۲-۱-۲-۱- اکستروژن ۹۲
۲-۲-۲-۱-۲-۲- دمش و کشش حباب ۹۳
۲-۲-۲-۱-۲-۲-۱- غلتک‌های کشنده ۹۳
۲-۲-۲-۱-۲-۲-۲- ابزار پایداری حباب ۹٤
۲-۲-۲-۱-۲-۲-۳- ابزار تخت کردن فیلم ۹٤
۲-۲-۲-۱-۲-۲-٤- خنک کردن فیلم ۹۵
۲-۲-۲-۱-۲-۲-٤-۱- خنک‌کن خارجی ۹۵
۲-۲-۲-۱-۲-۲-٤-۲- خنک‌کننده داخلی ۹۵
۲-۲-۲-۱-۲-۲-۵- دمش حباب ۹۷
۲-۲-۲-۱-۲-۲-٦- هدایت و جمع‌آوری فیلم به صورت رول ۹۸
۲-۲-۲-۲- شرایط فرایندی تهیه فیلم دمشی ۱۰۰

فصل سوم: تجربیات تکمیلی

۳-۱- تاثیر نوع و غلظت افزودنی‌های پلیمری بر پارامترهای فرایندی در فرایند تولید مستربچ ۱۰۱

۳-۲- تاثیر نوع و میزان افزودنی‌های پلیمری بر روی **MFI** ۱۰۱

۳-۳- تاثیر نوع و غلظت افزودنی‌های پلیمری بر پارامترهای فرایندی در فرایند تولید فیلم دمشی ۱۰۱

۳-۳-۱- پلی‌اتیلن گلیکول‌ها ۱۰۱

۳-۳-۱-۱- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن گلیکول بر روی فشار مذاب ۱۰۳

۳-۳-۱-۲- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن گلیکول‌ها بر روی توان مصرفی دستگاه ۱۰۴

۳-۳-۱-۳- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن گلیکول بر روی پایداری حباب ۱۰۵

۳-۳-۱-۴- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن گلیکول بر روی دبی خروجی در دور ثابت ماردون اکسترودر ۱۰۶

۳-۳-۱-۵- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن گلیکول بر روی حذف و یا کاهش پدیده ناپایداری مذاب سطح ۱۱۱

۳-۳-۱-۶- تعیین جرم مولکولی و غلظت بهینه پلی‌اتیلن گلیکول در نقش کمک فرایند و تاثیر آن بر روی براقیت فیلم ۱۱۲

۳-۳-۲- پلی‌اتیلن اکسیدها ۱۱۲

۳-۳-۲-۱- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن اکسید بر روی فشار مذاب ۱۱۳

۳-۳-۲-۲- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن اکسید بر روی توان مصرفی دستگاه ۱۱۴

۳-۳-۲-۳- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن اکسید بر روی پایداری حباب ۱۱۴

۳-۳-۲-۴- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن اکسید بر روی دبی خروجی در دور ثابت ماردون اکسترودر ۱۱۵

۳-۳-۲-۵- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی‌اتیلن اکسید بر روی حذف و یا کاهش پدیده ناپایداری مذاب سطح ۱۱۶

۳-۳-۲-۶- تعیین جرم مولکولی و غلظت بهینه پلی‌اتیلن اکسید در نقش کمک فرایند و تاثیر آن بر روی براقیت فیلم ۱۱۷

۳-۳-۳- پلی(متیل متاکریلات)ها ۱۱۷

۳-۳-۳-۱- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی(متیل متاکریلات) بر روی فشار مذاب ۱۱۹

۳-۳-۳-۲- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی(متیل متاکریلات) بر روی توان مصرفی دستگاه ۱۱۹

۳-۳-۳-۳- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی(متیل متاکریلات) بر روی پایداری حباب ۱۲۰

۳-۳-۳-۴- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی(متیل متاکریلات) بر روی دبی خروجی در دور ثابت ماردون اکسترودر ۱۲۱

۳-۳-۳-۵- تاثیر جرم مولکولی و غلظت پلی(متیل متاکریلات) بر روی حذف و یا کاهش پدیده ناپایداری مذاب سطح ۱۲۲

۳-۳-۳-۶- تاثیر پلی(متیل متاکریلات) بر روی براقیت فیلم ۱۲۳

۳-۳-۴- کوپلیمرهای آکریلات ۱۲۳
۳-۳-۴-۱- تاثیر نوع و غلظت کوپلیمرهای آکریلات بر روی فشار مذاب ۱۲۵
۳-۳-۴-۲- تاثیر نوع و غلظت کوپلیمرهای آکریلات بر روی توان مصرفی دستگاه ۱۲۵
۳-۳-۴-۳- تاثیر جرم مولکولی و غلظت کوپلیمرهای آکریلات بر روی پایداری حباب ۱۲۶
۳-۳-۴-۴- تاثیر جرم مولکولی و غلظت کوپلیمرهای آکریلات بر روی دبی خروجی در دور ثابت ماردون اکسترودر ۱۲۶
۳-۳-۴-۵- تاثیر جرم مولکولی و غلظت کوپلیمرهای آکریلات بر روی حذف و یا کاهش پدیده ناپایداری مذاب سطح ۱۲۷
۳-۳-۴-۶- تاثیر کوپلیمرهای آکریلات بر روی براقیت فیلم ۱۲۹
۳-۴- کمک افزودنی‌ها ۱۲۹
۳-۴-۱- سیستم کمک فرایندی دوجزیی شامل مخلوط پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ و پلی(متیل متاکریلات) گرید **HFI ۱۰۱** ۱۳۰
۳-۳-۷-۱- تاثیر غلظت مخلوط پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ و پلی(متیل متاکریلات) گرید **HFI ۱۰۱** بر روی فشار مذاب ۱۳۲
۳-۳-۷-۲- تاثیر غلظت مخلوط پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ و پلی(متیل متاکریلات) گرید **HFI ۱۰۱** بر روی توان مصرفی دستگاه ۱۳۲
۳-۳-۷-۳- تاثیر غلظت مخلوط پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ و پلی(متیل متاکریلات) گرید **HFI ۱۰۱** بر روی پایداری حباب ۱۳۳
۳-۳-۷-۴- تاثیر غلظت مخلوط پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ و پلی(متیل متاکریلات) گرید **HFI ۱۰۱** بر روی دبی خروجی
در دور ثابت ماردون اکسترودر ۱۳۴
۳-۳-۷-۵- تاثیر غلظت مخلوط پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ و پلی(متیل متاکریلات) گرید **HFI ۱۰۱** بر روی حذف و یا کاهش پدیده ناپایداری
مذاب سطح ۱۳۵
۳-۳-۷-۶- تعیین غلظت بهینه مخلوط پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ و پلی(متیل متاکریلات) گرید **HFI ۱۰۱** در نقش کمک فرایند و تاثیر آن
بر روی براقیت فیلم ۱۳۶

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و بحث

۴-۱- نقش کمک فرایندها در گریدبندی محصولات پلی‌الفینی ۱۳۶
۴-۲- استفاده از پلی(اکسی آلکیلن)ها به عنوان کمک فرایند در فراورش رزین‌های پلی‌الفینی ۱۳۸

۴-۳- استفاده از مخلوط پلی‌اتیلن گلیکول با جرم مولکولی پایین و پلی(متیل متاکریلات)

گرید **HFI ۱۰۱** به عنوان کمک فرایند در فراورش رزین‌های پلی‌الفینی ۱۳۹

فهرست شکل‌ها

صفحه

فصل اول

شکل ۱-۱. شمایی از سه نوع ناپایداری مذاب: a) sharkskin، b) stick-slip و c) GMF ۲

شکل ۱-۲. تورم دای برای سیال نیوتونی و مذاب پلیمری ۵

شکل ۱-۳. تورم دای طی فرایند اکستروژن و ارتباط آن با طول دای ۷

شکل ۱-٤. ساختار دای کونیک ۸

شکل ۱-۵. به هم زدن یک سیال نیوتنی ۹

شکل ۱-٦. به هم زدن سیال ویسکوالاستیک و اثر وایزنبرگ ۹

شکل ۱-۷. شمایی از محصولات اکسترود شده با سطح صاف، سصح مات و دارای ناپایداری
پوست کوسه جزیی و سطح پوسته پوسته شده و دارای ناپایداری پوست کوسه شدید ۱۱

شکل ۱-۸. حذف پدیدهٔ پوست کوسه در فرایند اکستروژن پلی بوتادی‌ان با به کار بردن
یک محلول صابونی در مرز پلیمر – دیواره – هوا ۱۳

شکل ۱-۹. شمایی از نحوهٔ ایجاد ناپایداری پوست کوسه همراه با تورم دای ۱٤

شکل ۱-۱۰. مدل پیشنهادی **cogswell** برای وقوع ناپایداری پوست کوسه ۱٤

شکل ۱-۱۱. تنش وارد شده بر لایهٔ سطحی مذاب و وقوع ناپایداری پوست کوسه‌ای شدن ۱۵

شکل ۱-۱۲. **LLDPE** اکسترود شده از طریق دای مویینه ۱٦

شکل ۱-۱۳. شمایی از دامنه و طول موج ناپایداری پوست کوسه ۲۰

شکل ۱-۱٤. کاهش زبری سطح محصول با افزایش دمای دای ۲۱

شکل ۱-۱۵. مکانیسم پلیمریزاسیون **HDPE** ۲۳

شکل ۱-۱٦. مکانیسم پلیمریزاسیون **LDPE** ۲٤

شکل۱-۱۷. ساختار چهار نوع پلی اتیلن **۲۵**

شکل ۱-۱۸. وقوع ناپایداری پوست کوسه‌ای شدن در **LLDPE** و عدم وقوع آن در **LDPE** ۲۶

شکل۱-۱۹. محصول اکسترود شده دارای نقص stick-slip **۲۷**

شکل۱-۲۰. تغییر شرایط مرزی هیدرودینامیکی در مرز مذاب / دیواره و ایجاد جهش جریان **۳۰**

شکل۱-۲۱. فرایند Entanglement/Disentanglement در دیواره دای و وقوع ناپایداری stick-slip **۳۲**

شکل۱-۲۲. انواع منحنی‌های جریان **۳۵**

شکل۱-۲۳. a) رژیم stick-slip در HDPE مذاب اکسترود شده و b) نوسانات فشار طی فرایند اکستروژن آن **۳۷**

شکل۱-۲٤. حالت‌های مرزی: a) قبل از انتقال stick-slip b) بعد از انتقال stick-slip و

c) جذب شدن زنجیرها توسط دیواره **٤۲**

شکل۱-۲۵. تصویری از محصول اکسترود شده دارای ناپایداری مذاب زبر **٤۳**

شکل۱-۲٦. رفتار ناپایداری مذاب LDPE **٤۹**

شکل۱-۲۷. شمایی از جریان ورودی پلی اتیلن شاخه‌دار (LDPE) **۵۰**

شکل۱-۲۸. تعدادی از کمک فرایندهای پرفلوئوره **۵۳**

شکل۱-۲۹. ساختار کوپلیمر PVDF – HFP **۵۳**

شکل۱-۳۰. دمای ذوب و تخریب کمک فرایندهای پرفلوئوره **۵٤**

شکل۱-۳۱. ایجاد پوشش به وسیله کمک فرایند بر روی سطح دای **۵۵**

شکل۱-۳۲. شمایی از مهاجرت کمک فرایند به سطوح داخلی اکسترودر **۵۵**

شکل۱-۳۳. بر هم کنش بین کمک فرایند پرفلوئوره با سایت‌های اکسیدی و هیدروکسیدی سطح داخلی دای..... **۵٦**

شکل ۱-۳٤. وقوع ناپایداری مذاب بدون استفاده از کمک فرایند **۵٦**

شکل۱-۳۵. حذف ناپایداری مذاب پوست کوسه با استفاده از کمک فرایند **۵٦**

شکل۱-۳۶. اندازهٔ ذرات کمک فرایند در مستربچ ۵۷

شکل ۱-۳۷. زمان پایا شدن کمک فرایند بر روی سطح دای ۵۸

شکل ۱-۳۸. حذف گرفتگی دای در فرایند **LLDPE** با استفاده از **PPA** ۶۲

شکل ۱-۳۹. کاهش گرفتگی دای در فرایند کردن پلیمرهای مختلف با استفاده از **PPA** ۶۳

شکل ۱-۴۰. تشکیل ژل بدون استفاده از کمک فرایند ۶۳

شکل ۱-۴۱. حذف اثر ژل با استفاده از **PPA** ۶۳

شکل ۱-۴۲. تسریع سرعت تغییر رنگ با استفاده از **PPA** ۶۴

شکل۱-۴۳. بهبود چاپ‌پذیری با استفاده از کمک فرایند پرفلوئوره ۶۵

شکل۱-۴۴. افزایش خروجی با استفاده از کمک فرایند در فرایند پوشش دهی سیم و کابل ۶۵

شکل ۱-۴۵. فیلم‌های دمشی پلی‌اتیلن کم‌چگال خطی تولید شده در

سرعت‌های برشی بالا در حضور و عدم حضور کمک فرایند پرفلوئوره ۶۶

شکل۱-۴۶. کامپاندهای اکسترود شده در حضور و عدم حضور کمک فرایند پرفلوئوره ۶۶

شکل ۱-۴۷. حذف ناپایداری **sharkskin** با استفاده از **PPA** ۶۶

شکل ۱-۴۸. آنالیز سطح فیلم **LLDPE** با استفاده از تکنیک پروفیلومتری ۶۷

شکل۱-۴۹. تاثیر استئارات بر نیروی اکستروژن در اکستروژن مویینه‌ی پیوسته‌ی **mLLDPE** ۶۸

شکل ۱-۵۰. شمایی از یک پلیمر به شدت شاخه‌دار ۶۹

شکل۱-۵۱. **LLDPE** اکسترود شده با **HBPs** ۷۰

شکل۱-۵۲. ساختار بور – نیترید ۷۲

شکل۱-۵۳. استفاده از **BN** و حذف ناپایداری‌های مذاب ۷۳

شکل۱-٥٤. تاثیر روان کننده‌های داخلی و خارجی بر روی پروفیل سرعت مذاب ۷۵

فصل دوم

شکل ۲-۱. شمای پلیمریزاسیون افزایشی اتیلن اکسید و تهیه پلی‌اتیلن اکسید ۷۹

شکل ۲-۲. شمایی از کسترودرZSK 25 ..... ۸۴

شکل ۲-۳. شمایی از اکسترودر فیلم دمشی**colline** ۸۵

شکل ۲-۴. شمایی از فرایند تولید مستربچ ۸۶

شکل ۲-۵. شمایی از یک دای حلزونی ۹۲

شکل ۲-۶. شمایی از فرایند تولید فیلم دمشی ۹۶

فصل سوم

شکل ۳-۱. شمایی از مهاجرت پلی‌اتیلن گلیکول در نقش کمک فرایند به سطح داخلی دای طی فرایند اکستروژن پلی-الفین ۱۱۰

شکل ۳-۲ (الف). عدم حضور کمک فرایند و وقوع ناپایداری مذاب سطح ۱۱۰

شکل ۳-۲ (ب). حذف ناپایداری مذاب سطح با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول به عنوان کمک فرایند ۱۱۰

شکل ۳-۳. شمایی از بر هم کنش بین پلی‌اتیلن گلیکول و سایت‌های اکسید و هیدروکسید شده سطح داخلی دای و مکانیسم چسبش ۱۱۱

فصل چهارم

شکل٤-۱. لایه پلی‌اتیلن گلیکول پوشش شده بر روی دیواره داخلی دای و مکانیسم لغزش بر روی دیواره ۱٤۱

شکل٤-۲. مکانیسم لغزش درونی ۱٤۱

فهرست نمودارها

صفحه

فصل اول

نمودار۱-۱. منحنی جریان پلی اتیلن سبک خطی و وقوع ناپایداری‌های مذاب طی فرایند اکستروژن آن ۳

نمودار۱-۲. نسبت تورم بر حسب **L/D** در سرعت‌های برشی مختلف ٦

نمودار۱-۳. اثر دما بر تورم دای ۷

نمودار۱-٤. منحنی جریان پلی اتیلن سبک خطی ۱۵

نمودار۱-۵. افزایش تنش برشی، تیز شدن پروفیل جریان و وقوع ناپایداری پوست کوسه‌ای شدن ۱۷

نمودار۱-٦. تاثیر دما بر وقوع ناپایداری پوست کوسه ۲۰

نمودار۱-۷. تغییرات فرکانس ناپایداری پوست کوسه با دامنهٔ آن در دماهای مختلف ۲۱

نمودار۱-۸. تاثیر جرم مولکولی پلی اتیلن‌های خطی بر روی منحنی جریان ۲٦

نمودار۱-۹. منحنی جریان و رژیم‌های ناپایداری برای مذاب پلیمرهای خطی مانند **LLDPE** و **HDPE** ۲۹

نمودار۱-۱۰. انواع رژیم‌های جریان برای پلیمرهای مذاب خطی ۳۱

نمودار۱-۱۱. نوسانات فشار بدست آمده برای **HDPE** در رژیم ناپایداری **stick-slip** ۳٦

نمودار۱-۱۲. منحنی جریان برای **HDPE** در**L/D** های مختلف ۳۸

نمودار۱-۱۳. منحنی جریان یک نمونهٔ **LLDPE** با دو ناحیهٔ نوسانی. (**D = 0.5 mm**) ۳۹

نمودار۱-۱٤. تاثیر قطر مویینه بر ناپایداری **stick-slip** ۳۹

نمودار۱-۱۵. منحنی جریان پلی اتیلن خطی در چند دمای مختلف ٤۰

نمودار۱-۱٦. تاثیر پلی دیسپرسیته بر روی تنش برشی بحرانی دیواره ٤۱

نمودار۱-۱۷. تنش کششی بحرانی برای شروع **GMF** در **HDPE** اکسترود شده از دای اریفیسی به عنوان تابعی از زاویهٔ ورودی ٤۷

نمودار۱-۱۸. منحنی تنش کششی بحرانی برای شروع GMF در mPE هایی که مقادیر کمی شاخه جانبی بلند دارند ٤٩

نمودار۱-۱۹. رفتار ناپایداری مذاب HDPE ٥٠

نمودار۱-۲۰. تغییر کارآیی کمک فرایندها با تغییر نوع آنها ٥٨

نمودار۱-۲۱. کاهش تنش برشی با استفاده از کمک فرایند پرفلوئوره در فرایند پوشش دهی سیم و کابل ۶۴

نمودار۱-۲۲. کاهش فشار پشت دای با استفاده از کمک فرایند پرفلوئوره در فرایند پوشش دهی سیم و کابل ٦٤

نمودار۱-۲۳. منحنی جریان PE Exact ۳۱۲۸ با / بدون کمک فرایند BN ۷۲

فصل سوم

نمودار ۳-۱. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول ٤٠٠٠ بر روی فشار مذاب ۱۰۲

نمودار ۳-۲. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول ٦٠٠٠ بر روی فشار مذاب ۱۰۲

نمودار ۳-۳. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ بر روی فشار مذاب ۱۰۳

نمودار ۳-٤. کاهش توان مصرفی دستگاه در فرایند فیلم دمشی LLDPE با استفاده از PEG ۱۰٤

نمودار ۳-۵. تاثیر پلی‌اتیلن گلیکول بر روی براقیت فیلم دمشی LLDPE ۱۱۱

نمودار ۳-٦. تاثیر غلظت‌های مختلف PEO ۱۰۰۰۰۰ بر روی فشار مذاب LLDPE ۰۲۰۹ AA ۱۱۲

نمودار ۳-۷. تاثیر غلظت‌های مختلف PEO ۲۰۰۰۰۰ بر روی فشار مذاب LLDPE ۰۲۰۹ AA ۱۱۳

نمودار ۳-۸. تاثیر غلظت پلی‌اتیلن اکسیدهای مختلف بر روی آمپر مصرفی دستگاه ۱۱٤

نمودار۳-۹. تاثیر پلی‌اتیلن اکسید بر روی براقیت فیلم دمشی پلی‌اتیلن کم‌چگال خطی ۱۱٦

نمودار۳-۱۰. تاثیر غلظت‌های مختلف PMMA HFI ۱۰۱ بر روی فشار مذاب در فرایند فیلم دمشی LLDPE ۰۲۰۹ AA ۱۱۷

نمودار۳-۱۱. تاثیر غلظت‌های مختلف PMMA ۳۵۰۰۰ بر روی فشار مذاب در فرایند فیلم دمشی LLDPE AA ۰۲۰۹ ..... ۱۱۸

نمودار۳-۱۲. تاثیر غلظت‌های مختلف PMMA ۱۰۰۰۰۰ بر روی فشار مذاب در فرایند فیلم دمشی LLDPE AA ۰۲۰۹ ..... ۱۱۸

نمودار۳-۱۳. تاثیر غلظت‌ها و جرم مولکولی پلی(متیل متاکریلات)های مختلف بر روی میزان آمپر مصرفی ۱۱۹

نمودار۳-۱٤. تاثیر پلی(متیل متاکریلات) گرید HFI ۱۰۱ بر روی براقیت فیلم پلی‌اتیلن کم‌چگال خطی..... ۱۲۲

نمودار۳-۱۵. تاثیر غلظت‌های مختلف کوپلیمر اتیلن - اتیل‌آکریلات بر روی فشار مذاب در فرایند فیلم دمشی LLDPE..... ۱۲٤

نمودار۳-۱٦. تاثیر غلظت‌های مختلف کوپلیمر اتیلن - بوتیل‌آکریلات بر روی فشار مذاب در فرایند فیلم دمشی LLDPE..... ۱۲٤

نمودار۳-۱۷. تاثیر غلظت‌های مختلف کوپلیمرهای آکریلات بر روی توان مصرفی اکسترودر فیلم دمشی ۱۲۵

نمودار۳-۱۸. تاثیر کوپلیمر آکریلات بر روی براقیت فیلم پلی‌اتیلن کم‌چگال خطی..... ۱۲۸

نمودار ۳-۱۹. تاثیر غلظت‌های مختلف کمک فرایند دوجزیی پلی‌اتیلن گلیکول/پلی(متیل متاکریلات) به نسبت ۲:۱ بر روی فشار مذاب..... ۱۳۰

نمودار۳-۲۰. تاثیر غلظت‌های مختلف کمک فرایند دوجزیی پلی‌اتیلن گلیکول/پلی(متیل متاکریلات) به نسبت ۱:۱ بر روی فشار مذاب ۱۳۱

نمودار۳-۲۱. تاثیر غلظت‌های مختلف کمک فرایند دوجزیی پلی‌اتیلن گلیکول/پلی(متیل متاکریلات) به نسبت ۱:۲ بر روی فشار مذاب ۱۳۱

نمودار۳-۲۲. آمپر مصرفی اکسترودر برای غلظت‌های مختلف از سیستم‌های متفاوت کمک فرایندی دوجزیی PEG/PMMA HFI 101 ..... ۱۳۲

نمودار۳-۲۳. نتایج تست براقیت از نمونه فیلم حاوی ppm ۵۰۰ از سیستم کمک فرایند دوجزیی پلی‌اتیلن گلیکول و پلی(متیل متاکریلات) گرید HFI 101 با نسبت ۱ به ۲ ..... ۱۳۵

فهرست جداول

صفحه

فصل دوم

جدول ۲-۱- اجزاء و شرایط پلیمریزاسیون گرید LLDPE ۰۲۰۹ AA ۷۷

جدول ۲-۲- نوع و مقدار افزودنی‌های موجود در LLDPE ۰۲۰۹ AA..... ۷۷

جدول ۲-۳- خواص فیزیکی- مکانیکی فیلم تهیه شده از LLDPE ۰۲۰۹ AA ۷۸

جدول ۲-٤. مشخصات پلی‌اتیلن گلیکول‌های مصرفی ۷۹

جدول ۲-۵. مشخصات پلی‌اتیلن اکسیدهای مصرفی ۷۹

جدول ۲-٦ مشخصات پلی(متیل متاکریلات) گرید HFI ۱۰۱..... ۸۰

جدول ۲-۷. مشخصات کلینر استفاده شده ۸۲

جدول ۲-۸. مشخصات دستگاه اکسترودر ZSK 25 ..... ۸۳

جدول ۲-۹. مشخصات دستگاه اکسترودر فیلم دمشی..... ۸۵

جدول ۲-۱۰. شرایط بهینه فرایندی برای تهیه مستربچ‌های سه و پنج درصد از افزودنی‌های پلیمری..... ۸۷

جدول ۲-۱۱. پارامترهای فرایندی در فرایند فیلم دمشی..... ۹۷

فصل سوم

جدول ۳-۱. مقادیر پارامترهای فرایندی بدست آمده در فرایند تهیه مستربچ از افزودنی‌های پلیمری و میزان MFI مستربچ‌ها ۹۹

جدول ۳-۲. میزان دبی خروجی در فرایند فیلم دمشی LLDPE خالص در دور ثابت ۳۵ rpm ۱۰۵

جدول ۳-۳. میزان دبی خروجی در دور ۳۵ rpm برای کامپاوندهای حاوی جرم‌های مولکولی و غلظت‌های مختلف از PEG..... ۱۰٦

جدول ۳-٤. کیفیت سطح فیلم LLDPE خالص در سه دور مختلف ماردون اکسترودر فیلم دمشی ۱۰۷

جدول ۳-۵. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول با جرم مولکولی ٤۰۰۰ بر روی حذف و یا کاهش ناپایداری مذاب سطح ۱۰۸

جدول ۳-٦. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول با جرم مولکولی ٦۰۰۰ بر روی حذف و یا کاهش ناپایداری مذاب سطح ۱۰۸

جدول ۳-۷. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول با جرم مولکولی ۸۰۰۰ بر روی حذف و یا کاهش ناپایداری مذاب سطح ۱۰۸

جدول ۳-۸. تاثیر غلظت **PEO** های مختلف بر روی دبی خروجی در فرایند فیلم دمشی **LLDPE 0209 AA** ۱۱۵

جدول ۳-۹. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن اکسید با جرم مولکولی ۱۰۰۰۰۰ بر روی حذف و یا کاهش ناپایداری مذاب سطح ۱۱۵

جدول۳-۱۰. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن اکسید با جرم مولکولی ۲۰۰۰۰۰ بر روی حذف و یا کاهش ناپایداری مذاب سطح ۱۱٦

جدول۳-۱۱. تاثیر غلظت‌های مختلف سه نوع پلی(متیل متاکریلات) مصرفی بر روی میزان دبی خروجی ۱۲۰

جدول۳-۱۲. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی(متیل متاکریلات) گرید ۱۰۱ **HFI** بر روی ناپایداری مذاب سطح ۱۲۱

جدول۳-۱۳. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی(متیل متاکریلات) با جرم مولکولی ۳۵۰۰۰ بر روی ناپایداری مذاب سطح ۱۲۱

جدول۳-۱٤. تاثیر غلظت‌های مختلف پلی(متیل متاکریلات) با جرم مولکولی ۱۰۰۰۰۰ بر روی ناپایداری مذاب سطح ۱۲۲

جدول۳-۱۵. تاثیر غلظت‌های مختلف کوپلیمرهای آکریلات بر روی دبی خروجی دز فرایند تولید فیلم دمشی پلی‌اتیلن کم‌چگال خطی ۱۲٦

جدول۳-۱٦. تاثیر غلظت‌های مختلف کوپلیمر اتیلن - بوتیل آکریلات بر روی حذف و یا کاهش ناپایداری مذاب سطح ۱۲۷