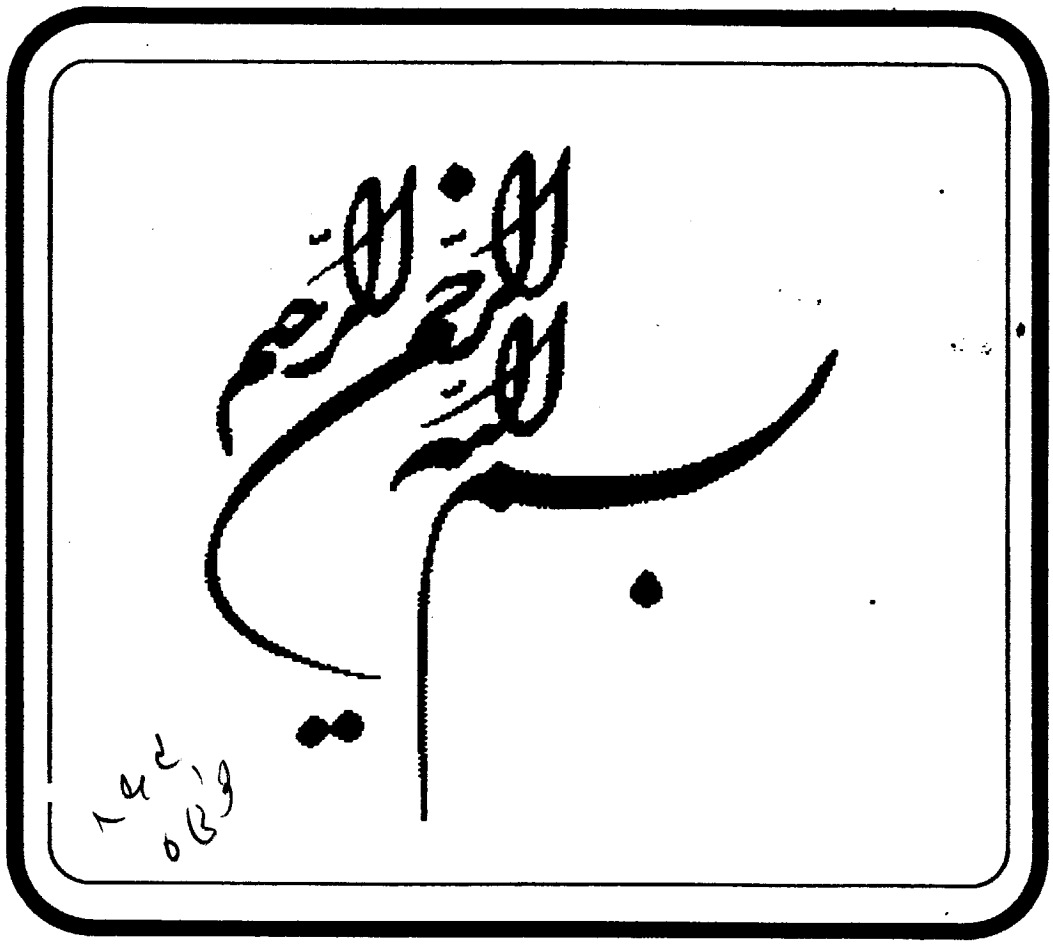

٣٤٨٩٥

۳۶۸۹۰

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر

عنوان:

بررسی تولید فوم ترموپلاستیک به کمک اکسترودر دو مارپیچه

استادراهنما:

دکتر محمدحسین نوید فامیلی

استاد مشاور:

دکتر امیرحسین بهروش

دانشجو:

شیده فتحی رودسری

011943

بهار ۱۳۸۰

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

خانم شیده فتحی‌رودسری پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بررسی تولید فوم ترموپلاستیک به‌کمک اکسترودر دومارپیچه در تاریخ ۸۰/۲/۲۲ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی باگرایش پلیمر پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	آقای دکتر فامیلی	
۲ـ استاد مشاور :	آقای دکتر بهروش	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر حق‌طلب	
	آقای دکتر رمضانی	
۴ـ مدیر گروه : (یا نمایندهٔ گروه تخصصی)	آقای دکتر زرین‌قلم	

این نسخه به عنوان پایان‌نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

بسمه‌تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ ..... است که در سال ..... در دانشکدهٔ ..... دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... ، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهداکند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب ..... دانشجوی رشته ..... مقطع ..... تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی:

تاریخ و امضا:

تقدیم به

پدر بزرگوار،

مادر فداکار

و خواهر مهربانم

قدردانی

علم دریایی است بی حد و کنار　　طالب علم است غواص بحار

گر هزاران سال باشد عمر او　　او نگردد سیر خود از جستجو

با سپاس و قدردانی از:

- استاد محترم راهنما جناب آقای دکتر فامیلی بخاطر رهنمودهای بی پایانشان

- استاد محترم مشاور جناب آقای دکتر بهروش برای راهنمائی‌های ارزنده ایشان

- دانشجویان محترم دانشگاه تربیت مدرس که در انجام این پروژه، کمال همکاری را با اینجانب داشتند.

چکیده

ابرها بدلیل داشتن خواص مختلف فیزیکی و مکانیکی از مهمترین مواد اولیه برای صنایع مختلف از قبیل بسته بندی، عایق سازی و ... به شمار می‌روند. از بین انواع مختلف ابر، ابرهای ساخته شده از پلیمرهای ترموپلاستیک، بخاطر راحتی تولید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای ساخت ابرهای ترموپلاستیک استفاده از اکسترودر دو مارپیچه می‌باشد. در این پروژه، بررسی ساخت ابر پی وی سی به کمک اکسترودر دو مارپیچه انجام گرفت و فرآیند رشد سلول مدلسازی شد و نتایج با اعداد بدست آمده از آزمایش مقایسه شدند. در این شبیه سازی از مدل ویسکوالاستیک غیرخطی استفاده شد و اثر شرایط فرآیند روی خواص نهائی قطعه بررسی گردید.

واژگان کلیدی: ابر، اکسترودر دو مارپیچه، مدل ویسکوالاستیک لیانوف، سیستم غلتکرانی، سیستم تیغه، عامل ابرکننده

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: تئوری

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ تعریف ابر پلاستیکی ۴

۱-۲-۲ ابرهای ساختاری ۶

۱-۲-۳ روشهای تولید ابرهای ساختاری ۶

۱-۲-۴ کاربرد ابرهای ساختاری ۷

۱-۲-۵ عوامل دمش ۷

۱-۲-۵-۱ عوامل دمش فیزیکی ۷

۱-۲-۵-۲ عوامل دمش شیمیایی ۹

۱-۳ مروری بر بعضی تحقیقات انجام شده در تهیه ابر پلی وینیل کلراید ۱۱

۱-۴ بررسی بعضی تحقیقات انجام شده در شبیه سازی رشد حباب ۱۳

فصل دوم: عملی

۲-۱ تعریف ۲۰

۲-۲ مدل ویسکوالاستیک ۲۰

۲-۳ مدل لیانوف ۲۱

۲-۳-۱ معادلات کلی ۲۳

۲-۴ روش بدست آوردن پارامترهای مدل ویسکوالاستیک ۲۴

۲-۵ تعیین تنش ۲۴

عنوان	صفحه

۲-۵-۱ حل مسئله برای فرآیند جریان از زیر تیغه ۲۵

۲-۵-۱-۱ پارامترهای مدل ۲۵

۲-۵-۱-۲ معادلات کلی ۲۶

۲-۵-۱-۳ شرط مرزی و اولیه ۲۸

۲-۵-۱-۴ نمودار روند برنامه ۳۰

۲-۵-۲ حل مسئله برای فرآیند جریان از بین دو غلتک ۳۱

۲-۵-۲-۱ پارامترهای مدل ۳۱

۲-۵-۲-۲ معادلات کلی ۳۲

۲-۵-۲-۳ شرط اولیه ۳۳

۲-۵-۲-۴ نمودار روند برنامه ۳۶

۲-۶ رشد حباب ۳۷

۲-۷ ساخت ابرگرمانرم ۳۹

۲-۷-۱ شرح دستگاهها ۳۹

۲-۷-۱-۲ پرس ۳۹

۲-۷-۱-۲ اکسترو در دو مارپیچه ۳۹

۲-۷-۱-۳ چهار غلتک ۳۹

۲-۷-۲ مواد مصرفی ۴۰

۲-۷-۳ روش آزمایش ۴۱

۲-۷-۳-۱ تهیه ابر به کمک پرس ۴۱

۲-۷-۳-۲ تهیه ابر به کمک اکسترودر دو مار پیچه ۴۳

عنوان	صفحه

۲-۷-۳-۳ تهیه ورق با استفاده از دستگاه غلتکرانی ۴۴

فصل سوم : نتایج و بحث

۳-۱ بررسی نتایج و نمودارها در شبیه‌سازی ویسکوالاستیک..... ۴۶
۳-۱-۱ بررسی نتایج در فرآیند جریان از زیر تیغه ۴۶
۳-۱-۱-۱ بررسی سرعت ۴۶
۳-۱-۱-۲ بررسی تنش‌ها..... ۴۸
۳-۱-۱-۳ بررسی اثر میزان همگرائی روی عدد دبورا و رینولدز ۵۴
۳-۱-۲ بررسی نتایج در فرآیند جریان بین دو غلتک ۵۶
۳-۱-۲-۱ پروفایل سرعت..... ۵۶
۳-۱-۲-۲ تنش‌های ویسکوالاستیک ۵۸
۳-۱-۲-۳ رشد حباب..... ۶۰
۳-۲ بررسی نتایج آزمایشهای ساخت ابر..... ۶۶
۳-۲-۱ بررسی نتایج کار با دستگاه پرس..... ۶۶
۳-۲-۲ بررسی نتایج کار با دستگاه اکسترودر دو مارپیچه ۶۹

فصل چهارم : نتیجه‌گیری نهائی

۴-۱ ..... ۷۴
۴-۲ ..... ۷۴
۴-۳ ..... ۷۵
مراجع ۷۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ خواص عوامل ابرکننده فیزیکی برای وینیل‌ها ۸

جدول ۱-۲ مواد ابرکننده معدنی برای وینیل‌ها ۹

جدول ۱-۳ عوامل فوم‌کننده آلی برای وینیل‌ها ۱۰

جدول ۲-۱ پارامترهای مدل استاندارد ویسکوالاستیک..... ۲۵

جدول ۲-۲ پارامترهای مدل برای پی.وی.سی در ۱۹۵ °C ۳۱

جدول ۲-۳ مواد مصرفی برای تهیهٔ ابر ۴۰

جدول ۲-۴ فرمولاسیون ابر پی وی سی در قالب‌گیری با پرس با مقدارهای مختلف عامل ابرکننده .. ۴۱

جدول ۲-۵ فرمولاسیون ابر پی.وی.سی در اکسترو در دو مارپیچه با مقدارهای مختلف عامل ابرکننده۴۲

جدول ۲-۶ دمای تنظیم‌شده اکسترو در دو مارپیچه برای ساخت پروفیل ابر پی وی سی .. ۴۳

جدول ۲-۷ دمای تنظیم شده اکسترو در دو مارپیچه برای ساخت ورق ابر پی وی سی.... ۴۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ شکل شماتیک حباب در حال رشد ۱۵

شکل ۱-۲ مدل سلول مذاب ۱۶

شکل ۱-۳ مراحل تشکیل حباب ۱۷

شکل ۱-۴ فرآیند اکستروژن ابر..... ۱۹

شکل ۲-۱ نمایش مدل ماکسول به صورت فنر و کمک فنر متوالی..... ۲۱

شکل ۲-۲ نمایش مدل کلی ویسکوالاستیک به صورت فنر و کمک‌فنر ۲۲

شکل ۲-۳ جریان از زیر تیغه..... ۲۸

شکل ۲-۴ روند برنامه برای فرآیند جریان از زیر تیغه..... ۳۰

شکل ۲-۵ نمودار مدول G'', G' بر حسب فرکانس w برای پلیمر پی وی سی..... ۳۲

شکل ۲-۶ جریان بین دو غلتک ۳۴

شکل ۲-۷ روند برنامه برای فرآیند جریان بین دو غلتک ۳۶

شکل ۳-۱ نمودار سرعت افقی بر حسب ارتفاع از ورق در فواصل مختلف از سر تیغه..... ۴۶

شکل ۳-۲ نمودار سرعت عمودی بر حسب ارتفاع از ورق در فواصل مختلف از سر تیغه .. ۴۷

شکل ۳-۳ نمودار اولین اختلاف تنش نرمال بر حسب ارتفاع از ورق در تغییر فاصلهٔ افقی .. ۴۸

شکل ۳-۴ نمودار دومین اختلاف تنش نرمال بر حسب ارتفاع از ورق در تغییر فاصلهٔ افقی . ۴۹

شکل ۳-۵ نمودار اولین اختلاف تنش نرمال بر حسب ارتفاع از ورق با تغییر عدد دبورا ۵۰

شکل ۳-۶ نمودار دومین اختلاف تنش نرمال بر حسب ارتفاع از ورق با تغییر عدد دبورا ... ۵۱

شکل ۳-۷ نمودار اولین اختلاف تنش نرمال بر حسب ارتفاع از ورق با تغییر همگرائی..... ۵۲

شکل ۳-۸ نمودار دومین اختلاف تنش نرمال بر حسب ارتفاع از ورق با تغییر همگرائی.... ۵۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۹ نمودار تغییر عدد رینولدز با میزان همگرائی با تغییر عدد دبورا ۵۴

شکل ۳-۱۰ نمودار تغییر عدد دبورا با میزان همگرائی با تغییر عدد رینولدز ۵۵

شکل ۳-۱۱ نمودار پروفایل سرعت در زمان‌های مختلف ۵۶

شکل ۳-۱۲ نمودار پروفایل سرعت بُرش در زمان‌های مختلف ۵۷

شکل ۳-۱۳ نمودار پروفایل تنش برشی در زمان‌های مختلف ۵۸

شکل ۳-۱۴ نمودار پروفایل اولین اختلاف تنش نرمال در زمان‌های مختلف ۵۹

شکل ۳-۱۵ نمودار پروفایل دوّمین اختلاف تنش نرمال در زمان‌های مختلف ۵۹

شکل ۳-۱۶ نمودار نسبت شعاع حباب پس از رشد به شعاع اولیه برحسب شماره گره ۶۰

شکل ۳-۱۷ نمودار نسبت ضخامت نهائی به ضخامت اولیه با تغییر فواصل بین دو غلتک .. ۶۱

شکل ۳-۱۸ نمودار نسبت شعاع پس از رشد به شعاع اولیه در دماهای مختلف ۶۲

شکل ۳-۱۹ نمودار نسبت ضخامت نهائی به ضخامت اولیه برحسب دماهای مختلف ۶۳

شکل ۳-۲۰ نمودار نسبت شعاع پس از رشد به شعاع اولیه ۶۴

شکل ۳-۲۱ مقایسه نسبت ضخامت قبل و پس از رشد در حالت واقعی آزمایش و محاسبه. ۶۵

شکل ۳-۲۲ تغییرات چگالی ابر پی.وی.سی در قالب‌گیری با پرس با تغییر عامل ابرکننده .. ۶۶

شکل ۳-۲۳ تغییرات اعمال‌شده دما برحسب زمان در فرآیند کار با پرس ۶۷

شکل ۳-۲۴ اثر دما در فرآیند قالب‌گیری با پرس ۶۸

شکل ۳-۲۵ تغییرات چگالی جامد ابر پی.وی.سی در اکسترودر دو مارپیچه با تغییر عامل ابرکننده .. ۶۹

شکل ۳-۲۶ تغییرات چگالی جامد ابر پی.وی.سی در اکسترودر دو مارپیچه با تغییر سرعت پیچ ... ۷۰

شکل ۳-۲۷ تغییرات چگالی مذاب ابر پی.وی.سی در اکسترودر دو مارپیچه در دمای خروج ۷۱

شکل ۳-۲۸ تغییرات چگالی ورق ابر با تغییر سرعت پیچ اکسترودر ۷۲

فصل اول

تئوری

۱ـ۱ مقدمه

بشر همواره در حال تکاپو برای فراهم نمودن وسایلی برای آسایش زندگی خویش است. از زمانی که انسان استفاده از چوب را به عنوان ماده‌ای محکم و در عین حال سبک در ساخت وسایلش آغاز کرد، بکارگیری ابرسلول دار[1] شروع شد. امروزه با پیشرفت علم، استفاده از ابرهای پلیمری بعنوان جایگزین چوب متداول شده است. ابرهای پلیمری در صنایع گوناگونی از قبیل بسته بندی، لوازم ساختمانی، لوازم خانگی، برای عایق سازی و ... در انواع مختلف استفاده می‌شوند. بسته به خواص مورد نیاز، روشهای متفاوتی مثل قالب‌گیری، اکستروژن و ... برای ساخت ابر بکار برده می‌شود. در این پروژه برای ساخت ابر ترموپلاستیک از اکسترودر دو مارپیچ استفاده شده است تا اختلاط و همگونی مواد به نحو دلخواه انجام شده و سپس با استفاده از دستگاه غلتکرانی، ورق ابر تولید شود .

یکی از مهمترین عوامل در تعیین خواص ابرهای پلیمری، اندازه، شکل و نوع توزیع سلول‌ها می‌باشد.

ابرهای با سلول‌های درشت‌تر بیشتر برای سبک کردن و عایق سازی بکار می‌روند و ابرهای با سلول‌های ریزتر در مواردی که نیاز به خواص مکانیکی بالاتر است، استفاده می‌شوند.

از طرفی شکل هندسی و نوع توزیع سلول‌ها هم به عواملی نظیر تنش‌های دیواره سلول، تغییر شکل وارد شده به سلول در حین فرآیند، دما، فشار، نوع پلیمر و میزان عامل ابرکننده بستگی دارد. با در نظر گرفتن این موارد می‌توان شکل، توزیع نهائی سلول‌ها و در نهایت ضخامت را محاسبه نمود. بنابراین می‌توان خواص نهائی محصول را که مستقیماً به اندازه سلول‌ها و توزیع آن مربوط می‌شود، پیش‌بینی کرد.

تنش‌های موجود در سیستم، هنگام رشد سلول، مستقیماً به فرآیند تولید بر می‌گردد. در فرآیند شکل دادن به پلیمر مثلاً تولید ورق، بلوک پلیمر و ... تنش هائی بنا به شکل هندسی سیستم

1- Cellular Foam