بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اهدنا الصراط المستقيم صراط الذين أنعمت عليهم غير المغضوب عليهم ولا الضالين

١٠٨٩١٤

۸۷/۱/۱۰۹۳۹۴
۸۷/۱۲/۵

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مکانیک- ساخت و تولید

تاثیر پارامترهای رئولوژی در بالانس دای اکستروژن پلاستیک

عباس ذوالفقاری

استاد راهنما:

دکتر امیر حسین بهروش

استاد مشاور

دکتر محمد گلزار

شهریور ۸۷

۱۳۸۷/۱۱/۱۰

۱۰۸۹۱۴

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای عباس ذوالفقاری پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان تاثیر پارامترهای رئولوژی بر بالانس قالب های اکستروژن** در تاریخ ۱۳۸۷/٦/۱۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - ساخت وتولید پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر امیر حسین بهروش	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر محمد گلزار	استادیار	
استاد ناظر	دکتر حسن مسلمی نائینی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر طاهر ازدست	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمدحسین صادقی	دانشیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده عباس ذوالفقاری در رشته مهندسی مکانیک-ساخت و تولید است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر امیر حسین بهروش، مشاوره جناب آقای دکتر محمد گلزار از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

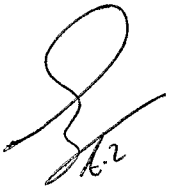
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت 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 ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب عباس ذوالفقاری دانشجوی رشته مهندسی مکانیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: عباس ذوالفقاری

تاریخ و امضا: ۱۳۸۷/۷/۲۹



مقدمه: با عنایت به سیاستهای پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عنوان‌های پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها/ رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و **استاد راهنما** و **نویسنده** مسئول مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود، باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و براساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسید و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

تقدیم به دو موهبت الهی

پدر و مادر

تشکر و قدردانی:

اکنون که این پایان نامه را به پایان رساندم بر خود لازم می‌دانم که از راهنمایی‌های مفید و سازنده جناب آقای دکتر امیرحسین بهروش استاد راهنمای گرامی‌ام که از آغاز تا پایان کار با حمایت‌ها و دقت‌نظر خود موجب به نتیجه رسیدن این کار تحقیقی شدند سپاسگزاری کنم. از جناب آقای دکتر محمد گلزار به خاطر پیگیری‌هایشان کمال تشکر را دارم.

همچنین از آقایان مهندس شکوری، محمودی و سوری که در همه مراحل کار یاریگر بنده بودند، تشکر ویژه‌ای دارم.

در پایان از راهنمایی‌های ارزنده آقای مهندس حسن قاسمی و اعضای گروه تکنوپلاست مدرس، آقایان مهندس نظری، رضاوند، احمدزی، شاهی و حق شناس قدردانی می‌نمایم.

چکیده

مشخصه مهم دای اکستروژن، متوازن ساختن (بالانس) جریان در خروجی می‌باشد. هر گونه انحراف از این نابالانسی موجب می‌شود تا محصول دچار اعوجاج شود و باعث به جا گذاشتن تنش‌های پسماند در قطعه شود. بنابراین می‌بایست کانال جریان دای، طوری طراحی شود که در خروجی سرعت مواد یکسان باشد. نوع ماده و شرایط فرآیندی مانند دما و سرعت اکستروژن بر توزیع جریان تاثیر می‌گذارد. مرور ادبیات تحقیق و همچنین خواستگاه صنعتی نشان می‌دهد که بررسی تاثیر پارامترهای رئولوژی بر بالانس دای اکستروژن لازم است. از این رو، در این تحقیق اثر پارامترهای رئولوژی در بالانس جریان بررسی شده است. بدین ترتیب که ابتدا دای را برای ماده مشخصی مانند پلی اتیلن طراحی کرده و سپس با تغییر دادن مواد تاثیر پارامترهای رئولوژی بر بالانس جریان بررسی خواهد شد. به منظور تغییر پارامترهای رئولوژی از کامپوزیت‌های چوب پلاستیک با درصدهای وزنی ۴۰، ۶۰ و ۷۰ استفاده شده است.

در ابتدا به منظور طراحی بهینه برای پلی اتیلن، سه اندازه مهم دای را در سه سطح تغییر داده و با استفاده از نرم افزار المان محدود *FLUENT* ترکیبی با بهترین بالانس در خروجی انتخاب می‌شود. سپس دای متناسب با ابعاد بدست آمده ساخته شد. همچنین در هنگام ساخت دای مکانیزمی در نظر گرفته شده است که توانایی تغییر هندسه کانال را در هنگام فرآیند داشته باشد. در هنگام انجام آزمایشها، با استفاده از این مکانیزم بهترین بالانس در خروجی برای هر چهار نوع ماده بدست آمده است. نتیجه جالب توجه اینکه در مورد کامپوزیت‌های چوب پلاستیک با در صد وزنی ۶۰ و ۷۰ طراحی دای برای بالانس در هنگام استفاده از پلی اتیلن، برای این کامپوزیت‌ها لازم نخواهد بود.

واژگان کلیدی: اکستروژن، دای، بالانس جریان، پارامترهای رئولوژی، چوب پلاستیک، بهینه سازی

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه
فهرست مطالب ..... أ
فهرست شکل‌ها ..... ج
فهرست جدول‌ها ..... و
نمادها ..... ز
فصل ۱ : کلیاتی در باره فرآیند اکستروژن ۳
۱-۱- اکستروژن ۴
۱-۲- تاریخچه اکستروژن *[1]* ۵
۱-۳- دای ۵
۱-۴- هدف تحقیق ۸
۱-۵- تاریخچه پژوهش ۹
فصل ۲ : رئولوژی فرآیند ۱۳
۲-۱- خواص ویسکوز مذاب *[10]* ۱۴
۲-۱-۱- توابع ویسکوزیته و جریان ۱۵
۲-۱-۲- توصیف ریاضی رفتار پلاستیکها ۱۶
۲-۱-۱- تاثیر فشار و دما روی رفتار مواد ۲۱
۲-۲- خواص الاستیکی مذاب *[10]* ۲۲
۲-۳- بدست آوردن رفتار ویسکوز مذاب *[10]* ۲۴
فصل ۳ : طراحی دای اکستروژن ۲۹
۳-۱- مشخصات دای ایدهآل ۳۰
۳-۲- اصول کلی در طراحی دای و پروفیل *[10]* ۳۱
۳-۳- معادلات حاکم بر جریانهای ساده *[10]* ۳۵
۳-۴- بررسی پروفیل سرعت در داخل کانال ۳۹
۳-۵- روش بالانس نمودن دای ۴۲
۳-۵-۱- بالانس دای با تنظیم طول دنباله *[1]* ۴۲
۳-۵-۲- بالانس دای با تنظیم ارتفاع کانال *[1]* ۴۵
فصل ۴ : طراحی دای یک پروفیل U شکل ۴۸

۴-۱- هندسه پروفیل ۴۹
۴-۲- طراحی پیکره ۵۰
۴-۳- روش بالانس کردن جریان ۵۰
۴-۴- بهینه سازی ۵۱
۴-۴-۱- پارامتری ساختن ابعاد دای ۵۱
۴-۴-۲- تابع هدف ۵۴
۴-۴-۳- تحلیل جریان با استفاده از نرم افزار ۵۷
۴-۵- فرآیند ساخت دای ۶۱
فصل ۵ : نتایج آزمایشها و بحث ۶۵
۵-۱- مواد و تجهیزات استفاده شده ۶۶
۵-۲- روش کار ۷۰
۵-۳- نتایج آزمایشات ۷۱
۵-۳-۱- پلی اتیلن *(PE)* ۷۱
۵-۳-۲- چوب پلاستیک با ۴۰ درصد وزنی *(WPC 40%)* ۷۲
۵-۳-۳- چوب پلاستیک با ۶۰ درصد وزنی *(WPC 60%)* ۷۴
۵-۳-۴- چوب پلاستیک با ۷۰ درصد وزنی *(WPC 60%)* ۷۴
۵-۴- اندازه گیری ویسکوزیته ۷۷
۵-۵- بحث ۷۹
۵-۵-۱- کاهش یافتن سرعت متوسط با افزایش درصد چوب ۷۹
۵-۵-۲- ارتفاع بهینه و مقدار تابع هدف ۷۹
فصل ۶ : نتیجهگیری و پیشنهادها ۸۵
۶-۱- نتیجهگیریها ۸۶
۶-۲- پیشنهادها ۸۷
مراجع ۸۹

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... صفحه
شکل (۱-۱) : خط تولید فرآیند اکستروژن ۴
شکل (۱-۲) : دو نیمه دای ورقه ۶
شکل (۱-۳) : اهمیت بالانس دای ۷
شکل (۲-۱) : نمودار ویسکوزیته بر حسب نرخ برشی در دمای ثابت ۱۶
شکل (۲-۲) : نمودار نرخ برشی بر حسب تنش برشی ۱۶
شکل (۲-۳) : نمایش منحنی جریان با قانون توان ۱۷
شکل (۲-۴) : تقریب منحنی ویسکوزیته با استفاده از معادله کارئو ۲۰
شکل (۲-۵) : منحنی جریان سیال بینگهام ۲۰
شکل (۲-۶) : پروفیل سرعت سیال بینگهام با توجه به تنش برشی در دیواره و تنش تسلیم ۲۱
شکل (۲-۷) : اثر دما و فشار بر روی ویسکوزیته ۲۲
شکل (۲-۸) : تغییرات ویسکوزیته بر حسب دما ۲۳
شکل (۲-۹) : تغییر شکل المانی از مذاب در مقاطع همگرا و واگرا ۲۴
شکل (۲-۱۰) : تغییر شکل المان ناشی از پروفیل سرعت ۲۴
شکل (۲-۱۱) : رئومتر مویین. ۱) پیستون، ۲) سیلندر، ۳) فشار سنج، ۴) دای مویینی شکل ۲۵
شکل (۲-۱۲) : اصول روش تصحیح فشار ورودی ۲۸
شکل (۳-۱) : مثالهایی از اصول کلی در طراحی محصول و دای ۳۳
شکل (۳-۲) : متورم شدن محصول بعد از خروج از دای میله *(rod)[10]* ۳۴
شکل (۳-۳) : تعریف هندسی اشکال ۳۷
شکل (۳-۴) : نمودار فاکتور تصحیح fp بصورت تابعی از فاکتور شکل HB ۳۹
شکل (۳-۵) : پروفیل سرعت برای موادی با اندیس توانی مختلف ۳۹
شکل (۳-۶) : پروفیل سرعت در حالت لغزش در دیواره ۴۰
شکل (۳-۷) : پروفیل سرعت ناشی از ترکیب لغزش در دیواره و جریان شبیه به جریان بلوکی ۴۰
شکل (۳-۸) : پروفیل سرعت سیالات بینگهام ۴۱
شکل (۳-۹) : جریان توپی مانند ۴۱
شکل (۳-۱۰) : میدان جریان در یک کانال تخت ۴۲
شکل (۳-۱۱) : پروفیلی با دو ضخامت نابرابر ۴۳

شکل (۳-۱۲) : تغییرات سرعت با تغییر نسبت ضخامت به ازای مقادیر مختلف n ۴۳
شکل (۳-۱۳) : تغییرات طول دنباله نسبت به تغییرات ضخامت برای مقادیر مختلف n ۴۴
شکل (۳-۱۴) : طرح اولیه مقاطع انتهایی دای ۴۴
شکل (۳-۱۵) : نحوه قرارگیری جداکننده در دائ ۴۵
شکل (۳-۱۶) : پروفیل U شکل با مقاطع دایروی ۴۵
شکل (۳-۱۷) : طریقه بالانس کردن با استفاده از تنظیم ارتفاع کانال ۴۶
شکل (۳-۱۸) : نمایش یک دای تخت همراه با چوکر ۴۷
شکل (۴-۱) : پروفیل مورد نظر (ابعاد بر حسب میلیمتر هستند) ۵۰
شکل (۴-۲) : نماهای مختلف دای U شکل؛ الف) دای با دو نیمه آن، ب) توزیع کننده، ج) دای در نمای انفجاری، د) دای مونتاژ شده ۵۱
شکل (۴-۳) : الف) محدود کننده جریان استفاده شده در طراحی این تحقیق- ب) موقعیت محدودکننده در یک نیمه دای ۵۲
شکل (۴-۴) : اندازههای متغیر و ثابت توزیع کننده جریان شده در طراحی این تحقیق ۵۲
شکل (۴-۵) : اندازههای متغیر و ثابت محدود کننده جریان شده در طراحی این تحقیق ۵۳
شکل (۴-۶) : اندازههای ثابت به کار رفته در دای ۵۳
شکل (۴-۷) : تقسیم بندیهای صورت گرفته برای بدست آوردن مقدار تابع هدف ۵۵
شکل (۴-۸) : یک نیمه از میدان جریان ۵۵
شکل (۴-۹) : خروجی از نرم افزار *GAMBIT* ۵۷
شکل (۴-۱۰) : نیمه پایین دای ۶۲
شکل (۴-۱۱) : نیمه پایین دای به همراه محدود کننده ۶۲
شکل (۴-۱۲) : نیمه بالایی دای ۶۲
شکل (۴-۱۳) : نیمه بالایی به همراه توزیع کننده ۶۳
شکل (۴-۱۴) : محدود کننده و پیچ تغییر ارتفاع آن ۶۳
شکل (۴-۱۵) : مکانیزم بالا و پایین رفتن محدود کننده ۶۳
شکل (۴-۱۶) : نمای مونتاژ شده دای ۶۳
شکل (۴-۱۷) : آداپتور ۶۴
شکل (۴-۱۸) : روش مونتاژ کردن دای با آداپتور ۶۴
شکل (۴-۱۹) : نمایی از داخل دای ۶۴
شکل (۵-۱) : نمایی از اکسترودر مورد استفاده شده ۶۷

شکل (۵-۲) : خشک کن استفاده شده..... ۶۷
شکل (۵-۳) : شماتیکی از فیکسچر طراحی شده..... ۶۸
شکل (۵-۴) : فیکسچر ساخته شده به همراه تیغههای برش..... ۶۸
شکل (۵-۵) : نحوه برش خوردن چوب پلاستیک ۶۰ درصد وزنی..... ۶۹
شکل (۵-۶) : نحوه تقسیم بندی محصول در خروجی (خط چین: محل قرار گرفتن تیغه)..... ۷۰
شکل (۵-۷) : تغییرات بالانس با ارتفاع محدود کننده (پلی اتیلن)..... ۷۱
شکل (۵-۸) : پروفیل بدست آمده در ارتفاع بهینه..... ۷۲
شکل (۵-۹) : تغییرات بالانس با ارتفاع محدود کننده (*WPC 40%*)..... ۷۳
شکل (۵-۱۰) : پروفیل بدست آمده در ارتفاع بهینه (*WPC 40%*)..... ۷۴
شکل (۵-۱۱) : نمودار تغییرات بالانس با ارتفاع محدود کننده (*WPC 60%*)..... ۷۵
شکل (۵-۱۲) : پروفیل بدست آمده در ارتفاع بهینه (*WPC 60%*)..... ۷۵
شکل (۵-۱۳) : تغییرات بالانس با ارتفاع محدود کننده (*WPC 70%*)..... ۷۶
شکل (۵-۱۴) : پروفیل بدست آمده در ارتفاع بهینه (*WPC 70%*)..... ۷۶
شکل (۵-۱۵) : نمونههای برش خورده؛ الف) پلی اتیلن ب)*WPC 40%* ج) *WPC 60%* د) *WPC 70%*
..... ۷۷
شکل (۵-۱۶) : نمودار ویسکوزیته-نرخ برشی..... ۷۸
شکل (۵-۱۷) : تغییرات سرعت متوسط کل با نوع ماده..... ۷۹
شکل (۵-۱۸) : پروفیل سرعت در مورد *WPC 40%*..... ۸۱
شکل (۵-۱۹) : نمایش پروفیل سرعت در *WPC 60%*..... ۸۱
شکل (۵-۲۰) : نحوه بیرون آمدن پروفیل از دای *WPC 60%*..... ۸۲
شکل (۵-۲۱) : انقباض عرضی پروفیل..... ۸۳
شکل (۵-۲۲) : سطوح اصطکاکی ایجاد شده با در نظر گرفتن انقباض..... ۸۴

فهرست جدول‌ها

عنوان ..... صفحه
جدول (۳-۱) : کاهش در سطح مقطع خروجی دهانه دای به منظور جبران کردن تورم ۳۴
جدول (۳-۲) : افزایش در سطح مقطع دهانه خروجی دای برای جبران کردن کشش ۳۵
جدول (۳-۳) : ضرایب k' و k ۳۸
جدول (۴-۱) : پارامترها و مقادیر آنها ۵۴
جدول (۴-۲) : . شماره مدل و مقادیر پارمترهای هر مدل ۵۶
جدول (۴-۳) : ضرایب قانون توان ۵۸
جدول (۴-۴) : - مشخصات مربوط به پلی اتیلن ۵۸
جدول (۴-۵) : مقادیر سرعت متوسط هر مقطع و مقدار تابع هدف برای هر مدل ۵۹
جدول (۴-۶) مدلهای بیرون از بازه مشخص شده ۶۰
جدول (۴-۷) : نتایج بدست آمده برای مدلهای با اندازه ثابت متفاوت با مدل بهینه شماره ۳ ..... ۶۰
جدول (۴-۸) : ابعاد نهایی دای ۶۱
جدول (۵-۱) : نتایج بدست آمده برای پلی اتیلن *(PE)* ۷۱
جدول (۵-۲) : نتایج بدست آمده برای چوب پلاستیک ۴۰ درصد وزنی *(WPC 40%)* ۷۳
جدول (۵-۳) : نتایج بدست آمده برای چوب پلاستیک ۶۰درصد وزنی *(WPC 60%)* ۷۴
جدول (۵-۴) : نتایج بدست آمده برای چوب پلاستیک ۷۰ درصد وزنی *(WPC 70%)* ۷۵
جدول (۵-۵) : ضرایب قانون توان ۷۸
جدول (۵-۶) : چگالی در درصدهای وزنی مختلف ۷۹
جدول (۵-۷) : مقایسه بین مقدار تابع هدف و ارتفاع بهینه محدود کننده ۸۰

نمادها

ویسکوزیته	η
تنش برشی	τ
نرخ برشی	$\dot{\gamma}$
افت فشار	Δp
شعاع سیلندر	R
شعاع دای	r
اندیس قانون توان	n
اندیس سازگاری	k
ویسکوزیته در نرخ برشی صفر	η_0
تنش برشی در دیواره	τ_{wall}
تنش تسلیم	τ_0
سرعت خطی پیستون	V
دبی حجمی	Q
نرخ برشی ظاهری	$\dot{\gamma}_{app}$
ویسکوزیته ظاهری	η_{app}
نرخ برشی واقعی	$\dot{\gamma}_{true}$
ویسکوزیته واقعی	η_{true}
افت فشار ورودی	ΔP_E
افت فشار ناشی از ویسکوزیته مذاب	ΔP_V
افت فشار اندازه گیری شده	ΔP_m
هدایت دای در برابر عبور جریان (سیالات نیوتونی)	k
هدایت دای در برابر عبور جریان (سیالات غیر نیوتونی)	k'
میزان هدایت دای (سیالات غیر نیوتونی)	G
میزان مقاومت دای (سیالات نیوتونی)	w
ضریب سیالیت	$\emptyset$

مقدمه

بی شک صنعت پلیمر امروزه یکی از مهمترین بخش‌ها در اقتصاد هر کشور می‌باشد. محصولات پلاستیکی از وسایل خانگی گرفته تا ابزار دقیق و پیچیده پزشکی و علمی جزئی از زندگی ما شده‌اند. پلاستیک‌ها به دلیل وجود ترکیبی از خواص متنوع در مقایسه با سایر مواد بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. این خواص عبارتند از: سبکی، سختی و انعطاف پذیری، مقاومت در برابر خوردگی، شفافیت، رنگ پذیری و شکل پذیری آسان. هر سال زمینه‌های کاری جدیدی برای بهره‌گیری از خواص بی‌نظیر پلیمرها ظهور می‌یابد.

محصولات پلاستیکی به روش‌های مختلفی تولید خواهند شد که در این میان اکستروژن[۱]، قالبگیری تزریقی[۲] و قالبگیری دمشی[۳] مهمترین آنها محسوب می‌شوند. این تحقیق بر روی فرآیند اکستروژن و به طور مشخص‌تر بر روی دای[۴] اکستروژن متمرکز است. تنوع در شکل ظاهری محصولات و همچنین نوع مواد باعث شده است تا طراحی دای بصورت فرآیندی که بیشتر بر پایه تجربه است بحث شود. نکته مهمی که باید به آن اشاره کرد این است که در یک کارخانه معمولاً یک دستگاه اکستروژن وجود دارد؛ ولی برای تولید محصولات با شکل ظاهری متفاوت نیاز به دای‌های متفاوتی می‌باشد که با توجه به هزینه بالای

---

[1] *Extrusion*
[2] *Injection molding*
[3] *Blow molding*
[4] *Die*

ساخت دای و اصلاحاتی که بعد از طراحی آن می‌بایست انجام شود، اهمیت طراحی مشخص‌تر می‌شود. از این رو در این تحقیق سعی بر آن شده است تا مبحث طراحی دای بصورت علمی‌تر بحث شود.

همچنین در این کار تحقیقی سعی شده است تا با توجه به اهمیت کامپوزیت‌های چوب پلاستیک[1] و نیاز روز افزون آنها در صنایع ساختمان و حمل ونقل، به نوعی طراحی دای این کامپوزیت‌ها که از لحاظ طراحی تفاوت قابل توجهی با پلاستیک‌ها دارد، نیز بیان شود.

ساختار پایان نامه

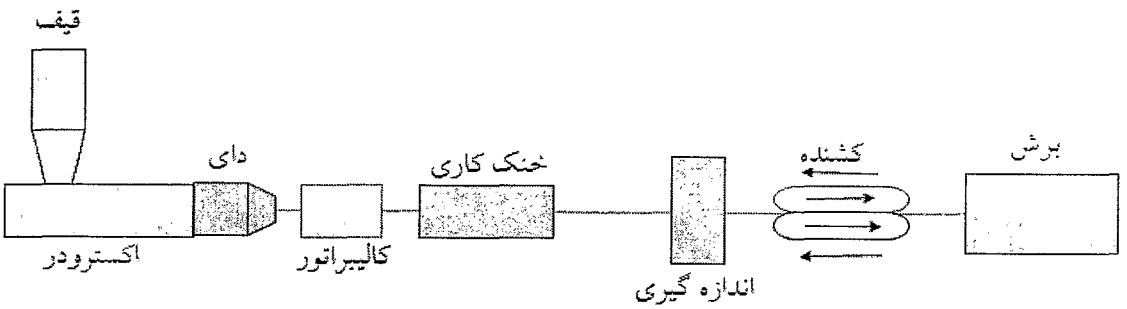
در فصل اول کلیاتی در مورد فرآیند اکستروژن و سپس هدف و روش کار بیان می‌شود. در پایان این فصل تاریخچه‌ای از کارهای انجام شده آمده است. در فصل دوم، رئولوژی ترموپلاستیک‌ها به صورت خلاصه و تا آنجایی که مربوط به بحث است بیان می‌شود در این فصل ابتدا خواص ویسکوز مذاب و مدل-های مختلف ویسکوزیته بیان می‌شود سپس خلاصه‌ای از رفتار الاستیکی و ویژگی‌های آن آورده می‌شود. در پایان این فصل به شرح یک رئومتر مویین پرداخته می‌شود. در فصل سوم، ابتدا ویژگی‌های یک دای ایده‌آل بیان می‌شود و سپس مراحل طراحی یک دای نشان داده می‌شود. در انتها روابط تئوری برای بالانس کردن دای داده شده است. فصل چهارم طراحی دای یک پروفیل U شکل که آزمایشهای تجربی این تحقیق با آن صورت گرفته است نشان داده خواهد شد. این طراحی با یک فرآیند بهینه‌سازی همراه شده است. چگونگی انجام آزمایشات و نتایج حاصل از آنها و بحث در مورد آنها در فصل پنجم آمده است. در فصل آخر نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای ادامه کار را از نظر خواهیم گذراند.

[1] *Wood plastic composites (WPC)*

فصل ۱: کلیاتی در باره فرآیند اکستروژن

۱-۱- اکستروژن

به طور خلاصه به فرایندی اطلاق می‌شود که قطعات دارای سطح مقطع یکسان را بصورت پیوسته تولید می‌کند. این فرآیند بالاترین درصد تولیدات محصولات پلاستیکی (حدود ۳۶ درصد) را به خود اختصاص داده است. در این روش عملیات ذوب، مخلوط شدن و انتقال مواد در دستگاهی به نام اکسترودر انجام می‌شود. شکل (۱-۱) نشان دهنده خط تولید یک فرآیند اکستروژن می‌باشد.



شکل (۱-۱): خط تولید فرآیند اکستروژن

از عمده محصولات اکستروژن تیوب[۱]، لوله[۲]، فیلم و پروفیل[۳] می‌باشد. فرآیند اکستروژن علاوه بر تولید محصولات نهایی، تولید محصولات نیمه پایانی[۴] مانند گرانول برای قالبگیری تزریقی، ورق برای شکل دهی حرارتی[۵] و دیگر فرآیندهای پلیمری را نیز بر عهده دارد.

---

[۱] *Tube*

[۲] *Pipe*

[۳] *Profile*

[۴] *Semi-finished*

[۵] *Thermoforming*

۱-۲- تاریخچه اکستروژن *[1]*

اولین ماشین اکستروژن برای مواد ترموپلاستیک در حدود سال ۱۹۳۵ توسط پائول تروستر[۱] در آلمان ساخته شد. قبل از آن، اکسترودر ها [۲] عمدتاً برای اکستروژن لاستیک استفاده می‌شد. اکسترودرهای لاستیک، اکسترودر پیستونی و یا ماردونی بودند که توسط بخار گرم می‌شدند و نسبت طول به قطر (*L/D*) اکسترودرهای ماردونی کوچک و درحدود ۳ تا ۵ بود. بعد از سال ۱۹۳۵، اکسترودرها به سمت اکسترودرهای با منبع گرمایی الکتریکی ماردونی و افزایش در طول پیش رفتند. در همین دوره در ایتالیا اصول مقدماتی اکسترودرهای دوماردونه همسوگرد و ناهمسوگرد برای ترموپلاستیک‌ها به وسیله روبرتو کلمبو[۳] ایجاد شد. او به همراه کارلو پاسکوتی[۴] روی مخلوط کردن استات سلولز[۵] کار می‌کردند.

اولین تحلیل دارای جزئیات در مورد فرآیند اکستروژن درمورد فرآیند انتقال یا پمپ کردن مذاب بود. اولین مطلب منتشر شده در این زمینه یک مقاله با نویسنده ناشناش مربوط به سال ۱۹۲۲ است. در حدود سال ۱۹۵۰، مطالعات علمی فرآیند اکستروژن با سرعت بیشتری ادامه یافت. مهمترین کنفرانس در راه توسعه نظریه‌های اکستروژن ۱۲۲اُمین همایش *ACS* در سال ۱۹۵۳ بود. در این نشست اعضای گروه تحقیقاتی شرکت دوپونت[۶] آخرین دستاوردهای در تئوری‌های اکستروژن را بیان کردند. توسعه نظریه‌ها در مورد فرآیند اکستروژن به طور گسترده تا به امروز ادامه دارد.

۱-۳- دای

دای کانالی است که سطح مقطع خروجی اکسترودر را که بصورت دایروی است به پروفیل مورد نظر تبدیل می‌کند. مساحت مقطع خروجی دای ممکن است از مساحت خروجی اکسترودر کوچکتر یا بزرگتر باشد *[2]* . در شکل (۱-۲) دو نیمه دای ورق نشان داده شده است. بطور کلی دای بر حسب شکل ظاهری

---

[۱] *Paul Troester*

[۲] *Extruder*

[۳] *Roberto Colombo*

[۴] *Carlo Pasquetti*

[۵] *Cellulose acetate*

[۶] *Dupont*