

بنام خداوند جان و خرد

۱۴۹۹ ف



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش طراحی کاربردی

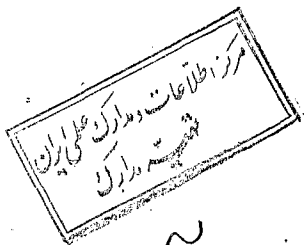
بررسی فرآیند های شکل دادن پلیمرها

توسط :

قادر رضا زاده لاله لو

زیر نظر :

دکتر محمود فرزین



ع ۴۰۲

اردیبهشت ۱۳۷۱

به نام خدا

پایان نامه آقای قادر رضا زاده لاله لو در جلسه مورخ ۷۱/۲/۱۲ کمیته تخصصی پایان نامه
کارشناسی ارشد دانشکده مکانیک متشکل از اساتید ذیل مورد بررسی و تأیید قرار گرفت :



۱- آقای دکتر محمود فرزین استاد و راهنمای پایان نامه



۲- آقای دکتر علی زادهوش عضو کمیته تخصصی

۳- آقای دکتر محمود سلیمی عضو کمیته تخصصی و مسئول کارشناسی ارشد دانشکده مکانیک



سیاسگزاری

همکاری بی‌شائبه و همه‌جانبه جناب آقای دکتر محمود فرزین در کلیه زمینه‌های علمی و معنوی و نیز تشویق و مددکاریها^ی ایشان در تمام مراحل انجام این پایان‌نامه پشتیبان گرانبهای برای اینجانب بوده و بر این باور هستم که بدون همراهی ایشان قادر به نگارش این پایان‌نامه نبوده‌ام. همچنین وظیفه خود می‌دانم از آقایان دکتر محمود سلیمی و دکتر علی زاده‌هوش که وقت گرانبهای خود را در اختیار اینجانب قرار داده‌اند و با مطالعه این پایان‌نامه مرا مدیون خود ساخته‌اند، تشکر نمایم.

تعمیر بنیاد امام

پس از حیات و شهادت حضرت عظیم و مغرور ایشان

تعمیر و احیای بنیاد

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	پیش‌گفتار
۳	فصل اول: تاریخچه و وضعیت صنعت پلاستیک در ایران و جهان
۳	۱-۱ تاریخ اجمالی توسعه صنعت پلاستیک در جهان
۱۰	۱-۲ نگاهی به میزان مصرف پلاستیک و رشد آن در چند سال گذشته
۱۱	۱-۳ موقعیت صنایع پلاستیک در ایران
۱۲	۱-۳-۱ کمبودها و نارسائیهای صنعت پلاستیک
۱۵	۱-۳-۲ پیشنهادهاتی که میتواند تا اندازه‌ای روند کنونی را بهبود دهد
۱۷	فصل دوم: پلیمرها
۱۷	۲-۱ پلیمرها
۱۷	۲-۲ ساختمان پلیمرها
۲۲	۲-۳ طبقه بندی پلیمرها
۲۷	۲-۴ دمای تبدیل شیشه‌ای و دمای ذوب
۲۸	۲-۵ نمودار تنش کرنش پلیمرها
۳۱	۲-۶ الیاف
۳۲	۲-۷ الاستومرها
۳۳	۲-۸ پلاستیکها
۴۲	۲-۹ مواد اولیه
۴۴	فصل سوم: فرآیندهای شکل دادن پلاستیکها
۴۴	۳-۱ فرآیند اختلاط
۴۶	۳-۱-۱ مخلوط کن های دسته‌ای
۵۰	۳-۱-۱-۱ الف چگونگی قرار گیری رام و دریچه
۵۰	۳-۱-۱-۲ ب روشهای کنترل درجه حرارت
۵۲	۳-۱-۱-۳ ج ترتیب ورود مواد به مخلوط کن
۵۳	۳-۱-۱-۴ د سرعت روتور
۵۴	۳-۱-۱-۵ ه ضریب پرشدگی
۵۴	۳-۱-۱-۶ و فشار رام

۵۵	۱-۱-۳- ض چرخش آب و دمای دسته
۵۶	۱-۱-۳- ح تشابه سازی اخلاط در مقیاس آزمایشگاهی
۵۸	۱-۳- ۲- اخلاط پیوسته
۵۸	۲-۳- کلندرینگ
۶۰	۱-۲-۳- عملیات کلندرینگ
۶۳	۲-۲-۳- طرح های کلندر
۶۵	۳-۲-۳- وسائل جنبی و ضمام کلندر
۶۷	۳-۳- اکستروژن
۶۸	۱-۳-۳- تقسیم بندی فرآیند اکستروژن از نظر چگونگی استفاده از مواد اولیه
۷۰	۲-۳-۳- اکسترودرهای پیچی
۷۲	۳-۳-۳- سیستم تغذیه
۷۲	۴-۳-۳- سیلندر
۷۳	۵-۳-۳- پیچ
۷۴	۶-۳-۳- فیلتر و صفحه مشبک
۷۵	۷-۳-۳- کَلگی قالب
۷۶	۸-۳-۳- درجه حرارت کارکرد
۷۶	۹-۳-۳- تقسیم بندی فرآیند اکستروژن از نظر محصول تولیدی
۸۲	۴-۳- ریخته گری تزریقی
۸۲	۱-۴-۳- ماشینهای تزریقی
۸۵	۲-۴-۳- معاین و محاسن دو نوع ماشینهای پیچی و ماشینهای پیستونی نسبت به یکدیگر
۸۶	۳-۴-۳- پیچ
۸۷	۴-۴-۳- سیلندر تزریق
۸۷	۵-۴-۳- نازل تزریق
۹۰	۶-۴-۳- پیش نرم کننده ها
۹۰	۷-۴-۳- قالب
۹۴	۵-۳- ریخته گری دمشی
۹۸	۱-۵-۳- فاکتورهای مهم در ریخته گری دمشی
۹۸	۲-۵-۳- خواص نهایی محصول که معمولاً مد نظر قرار می گیرند
۹۹	۳-۵-۳- انتخاب ماده اولیه مناسب
۱۰۰	۴-۵-۳- قالب

۱۰۰	۳-۵-۵ روشهای مختلف در ریخته گری دمشی
۱۰۳	۳-۶ ریخته‌گری چرخشی
۱۰۵	۳-۶-۱ مراحل عملیات ریخته‌گری چرخشی
۱۰۵	۳-۶-۲ استفاده از پوششها در قالب و کنترل ضخامت دیواره
۱۰۶	۳-۶-۳ قرار دادن هواکش در روی قالب
۱۰۶	۳-۶-۴ واحدهای ریخته‌گری چرخشی
۱۰۹	۳-۶-۵ سرعت مخورهای چرخشی
۱۱۰	۳-۶-۶ سیستم گرمایش
۱۱۱	۳-۶-۷ سیستم خنک کن قالب
۱۱۲	۳-۶-۸ قالب
۱۱۲	۳-۶-۹ ترموپلاست های قابل ریخته‌گری در این روش
۱۱۳	۳-۷ ترموفورمینگ
۱۱۷	فصل چهارم : معادلات اساسی
۱۱۷	۴-۱ معادله بقاء جرم
۱۱۹	۴-۲ معادلات مومنتوم
۱۲۲	۴-۳ قانون بقاء انرژی
۱۲۵	فصل پنجم : معادلات متشکله
۱۲۶	۵-۱ سیالات نیوتنی
۱۲۸	۵-۲ سیالات نیوتنی تعمیم یافته
۱۲۹	۵-۲-۱ مدل توانی استوالدوویل
۱۳۱	۵-۲-۲ مدل توانی اسپریگس
۱۳۱	۵-۲-۳ مدل ایرینگ
۱۳۱	۵-۲-۴ مدل کارثیو
۱۳۲	۵-۲-۵ مدل الیس
۱۳۲	۵-۲-۶ مدل بینگهام
۱۳۴	۵-۳ سیالات و یسکوالاستیک خطی
۱۴۰	فصل ششم : تحلیل فرآیندهای شکل دادن پلاستیکها
۱۴۱	۶-۱ جریان در میان غلطکهای کلندر
۱۴۲	۶-۱۱ مدل نیوتنی

۱۵۰	۶-۱-۲ مدل غیر نیوتنی
۱۵۸	۶-۲ فرآیند اکستروژن
۱۵۸	۶-۲-۱ جریان در طول پیچ اکسترودر
۱۶۹	۶-۳-۲ جریان در قالب
۱۷۴	پیشنهاد برای ادامه کار
۱۷۶	ضمائم
۱۷۹	فهرست منابع و مراجع

چکیده :

این پایان نامه مشتمل بر شش فصل است فصل اول تاریخچه اجمالی توسعه صنعت پلاستیک می باشد که به بررسی تاریخی استفاده انسان از کهربا ، قیر طبیعی و شلاک در قرن‌ها قبل از میلاد مسیح و شروع استفاده از مواد پلیمری بصورت صنعتی از قرن هفدهم تا استفاده از آنها بصورت وسیع امروزی اختصاص دارد . این فصل همچنین به بررسی وضعیت صنعت پلاستیک در ایران و کمبودهای آن می پردازد . در فصل دوم مواد پلیمری بصورت درشت مولکولهایی که طی فرآیند خاصی از به هم پیوستن منومرها تشکیل می شوند ، معرفی شده اند . همچنین به ساختمانها و آرایش های مختلف ساختمانهای پلیمری و تقسیم آنها به گروه های کوچک با ویژگیهای خاص از قبیل پلاستیکها ، الیاف و الاستومرها اشاره شده است .

در فصل سوم به بررسی فرآیندهای شکل دادن پلاستیکها پرداخته شده است . این فرآیندها

عبارتند از : ۱ - فرآیند اختلاط که فرآیند مهمی برای یکنواخت و همگن کردن مواد می باشد .

۲ - فرآیند کلد رینگ که بمنظور تولید ورق بکار می رود . ۳ - فرآیند اکستروژن که اکثرا" به منظور

تولید پروفیل های مختلف ، تولید ورق و غیره بکار می رود . ۴ - فرآیند ریخته گری تزریقی که بسیاری

قطعات از این طریق تهیه می شوند . ۵ - فرآیند ریخته گری دمشی ۶ - فرآیند ریخته گری چرخشی

۷ - فرآیند ترموفورمینگ

در سه فصل بعدی تحلیل تئوریک برخی از این فرآیندها مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای تحلیل این فرآیندها دو دسته معادلات لازم است، معادلات اساسی و معادلات متشکله. بدین منظور فصل چهارم و پنجم به ترتیب برای توضیح این معادلات تنظیم شده‌اند. در فصل چهارم معادله بقاء جرم، معادلات بقاء مومنتوم و معادله بقاء انرژی بصورت ساده‌ای بفرم محلی بیان شده‌اند و در فصل پنجم معادلات متشکله پلیمرها یعنی معادلاتی که به نحوی تانسور تنش را به حرکت جسم ربط می‌دهند بیان شده‌اند. در این فصل به بررسی مدل‌های نیوتنی، مدل‌های نیوتنی تعمیم یافته (که خود شامل زیر مدل‌هایی می‌باشند اعم از مدل توانی استوالدوویل، مدل توانی اسپریگس،) و مدل‌های سیالات ویسکو الاستیک خطی پرداخته شده.

در فصل ششم پس از ترکیب این دو دسته معادلات روش‌های حل نمونه‌هایی از فرایندهای شکل دادن پلیمرها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در پایان این فصل پیشنهاداتی برای ادامه کار آورده شده است.

پیش گفتار

با گسترش روز افزون نفوذ مواد پلیمری در صنایع و تمامی جنبه‌های مختلف زندگی بشر، بواسطه خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار مناسب آنها و نیز آسانی تولید این مواد، مسئله فرآیندهای شکل دادن پلیمرها به امری مهم در صنایع بدل گشته است.

در کشور ما بواسطه وفور منابع طبیعی نفت خام، گاز طبیعی و ذغال سنگ که تامین کننده مواد اولیه لازم برای صنایع پلیمری هستند توجه به گسترش این صنایع حائز اهمیت زیادی است. به عنوان یک رقم سرانگشتی قابل ذکر است که در حالیکه تنها پنج درصد از منابع یاد شده (نفت خام، گاز طبیعی و ذغال سنگ) به مصرف صنایع پلیمری می‌رسند و ۹۵ درصد بقیه به اشکال دیگر مصرف می‌شوند ارزش افزوده حاصل از پنج درصد بیش از ارزش افزوده حاصل از ۹۵ درصد باقی مانده می‌باشد. بنابراین چه از لحاظ اقتصادی و چه از لحاظ حفظ منابع طبیعی اهمیت توسعه صنایع پلیمری آشکار می‌شود.

لازم به ذکر است که صنعت پلیمر در جهان امروز منحصر به پلیمرهای سنتزی که حدود چند صد سال از ابداع آنها می‌گذرد، نمی‌باشد، بلکه پلیمرهای طبیعی از دیر باز مورد استفاده بشر بوده و در کشور ما نیز سابقه چند هزار ساله دارد. از این رو توجه به پلیمرهای طبیعی و احیای صنایع سنتی خودمان در این زمینه در کنار توجه به پلیمرهای سنتزی مدرن می‌تواند در شکوفائی تولیدی

کشورمان موثر افتد.

صنایع پلیمری نیاز به کاربرد دانش وسیع در زمینه‌های متنوعی چون شیمی، مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک، مهندسی مواد و غیره دارد. محصولات این صنایع در تمامی شئون زندگی اجتماعی از صنایع بزرگ گرفته تا مصارف شخصی چون پوشاک و غیره بکار گرفته می‌شوند. چون در این مقدمه مجال کافی برای توضیح تمامی جنبه‌های مربوط به این صنایع نیست، بذکر این مختصر برای خاطر نشان ساختن اهمیت آنها اکتفا کرده و به ذکر کار انجام شده در ارتباط با عنوان این پایان نامه می‌پردازیم. هدف از این پروژه جمع‌آوری و مروری بر روشهای مختلف شکل دادن پلیمرها و تحلیل تئوریک آنها بوده تا کسانی که مایل به انجام کارهای تخصصی تر در این زمینه باشند بتوانند آشنایی مقدماتی لازم را از کار حاضر کسب کنند. بدین منظور مثالهایی در بعضی موارد آورده و حل شده تا گام اولسی در طراحی آنان باشد.

امید است این تحقیق بتواند کمکی در پیشبرد علوم مربوط به صنایع پلیمری در کشورمان بنماید. هر چند نگارنده بخوبی از نواقص اینکار و کار عظیمی که در پیشروی است آگاه است و امید آن دارد که با راهنمایی اساتید ماحبنظر این رشته بتواند در تکمیل آن گام بردارد.

لازم به ذکر است که انتخاب واژه‌هایی از مراحل نسبتاً "دشوار در نگارش این پایان نامه بوده. نظر بر ناهماهنگیهای موجود در این زمینه شاید بعضی از واژه‌های نامأنوس به نظر برسند ولی مبنای انتخاب، صحت معنی و متداول بودن آنها بوده است و به منظور مطالعه ساده‌تر متن پایان نامه اصل لاتین آنها بصورت زیر نویس در هر صفحه درج شده اند.

در خاتمه لازم می‌دانم که از کلیه کارکنان موسسه اصفهان تکثیر و خانم عطائی که در تمامی مراحل تایپ و تکثیر این پایان نامه کمال همکاری را نموده‌اند تشکر کنم.

قادر رضازاده

بهار ۷۱

تاریخچه و وضعیت صنعت پلاستیک در ایران و جهان

قبل از اینکه به موضوع اصلی پردازیم، لازم است گفتاری پیرامون تاریخچه توسعه مواد و صنعت پلاستیک و همچنین وضعیت موجود صنعت پلاستیک در ایران داشته باشیم.

۱-۱ تاریخ اجمالی توسعه صنعت پلاستیک در جهان

قرنها قبل از میلاد مسیح انسان از پلیمرهای طبیعی مانند قیر طبیعی^(۱)، کهربا یا عنبر^(۲)، لاک^(۳) و شلاک^(۴) بعنوان مواد اندود استفاده نموده است.

در اواسط قرن ۱۷ میلادی گوتا پرکا^(۵) یکی دیگر از رزین های طبیعی را از مشرق زمین به تمدن غربی معرفی کرد و سال ها بعد، از آن بعنوان عایق الکتریسته (غلاف سیم)، و ماده ای که امکان همه گونه قالبگیری را فراهم می کرد، استفاده شد.

در همین دوران کائوچوی طبیعی^(۶) که از انعقاد لاتکس^(۷) (شیره طبیعی) بدست می آمد،

شناخته شد.

1 - Bitumen
4 - Shellac
7 - Latex

2 - Amber
5 - Gutta Percha

3 - Lac
6 - Natural Rubber

کائوچوی منعقد شده ماده ای بسیار کشسان بود و توسط تکنیکهایی از قبیل قالب گیری و اکستروژن شکل نمی گرفت . در ۱۸۲۰ میلادی هنکوک^(۱) انگلیسی متوجه شد که کائوچو را توسط عمل مستیکیشن^(۲) می توان پلاستیک نمود و در نتیجه به آن قابلیت سیلان بخشید . در ۱۸۲۹ میلادی چارلز گودییر^(۳) آمریکایی موفق به حرارت دادن کائوچو با گوگرد شد و تقریباً در همان زمان توماس هنکوک به این فرآیند دست یافت و آنرا ولکانیزاسیون^(۴) نام نهاد . در ادامه کار روی ولکانیزاسیون هر دو محقق متوجه شدند که در صورت افزایش مقدار گوگرد جسم سختی به دست خواهد آمد . این فرآورده ها بعد ها ابونیت^(۵) ، ولکانیت^(۶) و کائوچوی سخت^(۷) نام گرفت .

مقارن با زمانیکه پایه ابتدائی صنعت کائوچو ریخته می شد ، تحقیقات مهم دیگری در اروپا ، منجمله بر روی نیتره کردن سلولز انجام می شد . این ماده بزودی بعنوان یک ماده منفجره معروف شد و در تولید کلودیون^(۸) (محلولی از یک محلول اتر و الکل) بکار رفت . از ۱۸۵۰ تا ۱۸۶۵ میلادی الکساندر پارکز^(۹) انگلیسی از ماده ای که پس از تبخیر حلال کلودیون عکاسی به جا می ماند ، در فرآیند رطوبت نا پذیر کردن الیاف تا بیده ، استفاده نمود .

در سال ۱۸۶۲ پارکز محصول نیترات سلولز خود را به نام پارکسین^(۱۰) در نمایشگاه بین - المللی لندن به نمایش گذاشت . بطور قطع میتوان گفت بعد از ابونیت (با اینکه از کائوچوی طبیعی ساخته شده بود ، ولی ماده ای پلاستیکی بود) ، پارکسین اولین ترمو پلاستیک حاصل از اصلاح شیمیایی یک پلی مر طبیعی بود .

محصولاتی که تا آن زمان (قبل از ۱۸۶۵) در انگلستان و آمریکا تولید شده بودند ، از یک نقص اساسی برخوردار بودند و آن اینکه بدلیل تبخیر حلالشان خیلی زود دچار هم رفتگی می شدند ، تا اینکه در ۱۸۷۰ پس از استفاده از کافور^(۱۱) توسط هایت و برادرش بعنوان حلال ، این نقص

- | | | |
|--------------------|----------------|---------------------|
| 1 - Thomas Hancock | 2- Mastication | 3- Charls Goodyear |
| 4 - Vulcanisation | 5- Ebonite | 6- Vulcanite |
| 7 - Hard Rubber | 8- Collodion | 9- Alexander Parkes |
| 10- Parkesine | 11- Camphor | |