بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم آزاده مرادی پایان نامه ۹ واحدی خود را **با عنوان پیش بینی پیوسته نقطه تنظیم به منظور تصحیح کنترل فرآیند قالب گیری تزریقی** در تاریخ ۱۳۸۹/۱۰/٦ 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 شیمی - پلیمر پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمد حسین نوید فامیلی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مجید محمدی مقدم	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر احمد رضا بهرامیان	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی رفیع زاده	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر احمد رضا بهرامیان	استادیار	

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 در رشته **مهندسی پلیمر** است که در سال **۱۳۸۹** در دانشکده **مهندسی شیمی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر محمدحسین‌نوید فامیلی**، 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 را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند 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 ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **آزاده مرادی** دانشجوی رشته **مهندسی پلیمر** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: آزاده مرادی

تاریخ و امضا:

۹۰/۱/۲۲

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری 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 هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

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

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها 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 معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **آزاده مرادی** دانشجوی رشته **مهندسی پلیمر** ورودی سال تحصیلی **۱۳۸۶** مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده **مهندسی شیمی** متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:

تاریخ: ۹۰/۱۱/۲۲

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده مهندسی شیمی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر

پیش بینی پیوسته نقطه تنظیم به منظور تصحیح کنترل فرآیند قالبگیری تزریقی

آزاده مرادی

استاد راهنما:

دکتر محمدحسین‌نوید فامیلی

دی 1389

چکیده

از آنجا که هدف از تولید محصول در هر فرآیندی از جمله قالبگیری تزریقی، رسیدن به کیفیت مطلوب است، کنترل فرآیند اجتناب ناپذیر می‌نماید. بنابراین متغیری از فرآیند که بیشترین تأثیر را بر روی کیفیت قطعهٔ نهایی دارد باید تحت کنترل باشد. شدت جریان پلیمر، به عنوان مهمترین متغیر فرآیند محسوب می‌گردد، اگرچه اندازه‌گیری مستقیم آن امکان پذیر نبوده و باید از روش‌های دیگری که اکثراً شامل اندازه‌گیری فشار قالب و یا سرعت تزریق می‌باشد، نتیجه شود.

در این کار، ابتدا روش محاسبهٔ نمودار فشار قالب و سپس تابع پارامتری آن بر حسب متغیرهای گرانروی، شدت جریان ورودی به قالب و زمان، را مبتنی بر ساده سازی جریان پُر شدن قالب و تبدیل آن به مجموعه‌ای از اشکال هندسی ساده، ارائه کرده و سپس صحت نمودار فشار بدست آمده را برای یک نمونه قالب با نرم افزار مُلدفلو بررسی می‌کنیم.

سپس روش جدیدی را جهت کنترل فشار قالب بر مبنای استفاده از داده‌های برگشتی دو متغیر، فشار قالب و شدت جریان پلیمر، جهت اطمینان پیدا کردن از کیفیت نهائی قطعه، پیشنهاد می‌نماییم. در ادامه، شرط پیاده سازی عملی این روش کنترل پیشنهادی را که شامل جایگزینی متغیرهای فشار قالب و شدت جریان پلیمر به ترتیب با فشار هیدرولیک و سرعت تزریق می‌باشد، متذکر می‌شویم و در پایان درستی این روش را از طریق شبیه سازی مدار کنترلی آن در نرم افزار سیمولینک مورد بررسی قرار می‌دهیم.

کلید واژه: قالبگیری تزریقی، کنترل فشار قالب، کنترل فشار هیدرولیک، کنترل سرعت تزریق، مقدار مرجع متغیر کنترلی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علائم و نشانه‌ها ..... ج
فهرست جدول‌ها ..... و
فهرست شکل‌ها ..... ز

فصل 1 مقدمه 1
1-1 مقدمه 2
2-1 اهداف پایان‌نامه 2
3-1 طرح کلی پایان‌نامه 3

فصل 2 مفاهیم و تاریخچه 4
1-2 مقدمه 5
2-2 فرآیند قالبگیری تزریقی 5
3-2 متغیرهای فرآیند قالبگیری تزریقی 7
1-3-2 متغیرهای کنترلی در همهٔ فازها 7
2-3-2 متغیرهای کنترلی در برخی فازها 8
4-2 شبیه سازی فرآیند قالبگیری تزریقی 9
1-4-2 شبیه سازی های آکادمیک- محور در قالبگیری تزریقی 9
2-4-2 شبیه سازی های تجاری - محور در قالبگیری تزریقی 11
5-2 کنترل فرآیند قالبگیری تزریقی 12
1-5-2 مقدمه 12
2-5-2 کنترل فشار 14
3-5-2 کنترل سرعت 18
4-5-2 نتیجه گیری 20

فصل 3 ارائهٔ روش تحلیلی محاسبهٔ تابع پارامتری فشار قالب 23
1-3 مدلسازی فرآیند 24
2-3 ساده سازی مدل فرآیند 25
1-2-3 اعمال فرضیاتی جهت ساده کردن معادلات حاکمهٔ فرآیند 25
1-1-2-3 مقدمه 25
2-1-2-3 فرضیات ساده کنندهٔ معادلات حاکمهٔ فرآیند 25
3-1-2-3 مدلسازی جریان در اشکال هندسی ساده (المان‌های پایه) 26
2-2-3 استفاده از اشکال ساده در بازسازی اشکال پیچیده 29

3-2-2-1 مقدمه 29
3-2-2-2 روش مسیر جریان تقسیم شده 29
3-2-2-3 روش مسیر جریان جفت شده 30
3-3 محاسبهٔ مقدار مرجع فشار قالب 30
3-3-1 مقدمه 30
3-3-2 روش تحلیلی محاسبهٔ مقدار مرجع فشار قالب 32
3-3-2-1 تجزیهٔ شکل قالب به المان‌های پایه 33
3-3-2-2 رسم نمودار درختی معادل با قالب تجزیه شده 33
3-3-2-3 تشکیل جدول مشخصه های ابعادی المانهای قالب (جدول مشخصات ابعادی) 34
3-3-2-4 تشکیل جدول روابط میان مسیرهای جریان و المان‌های آنها (جدول روابط) 35
3-3-2-5 پُر کردن قالب 35
3-3-2-6 رسم نمودار مقدار مرجع فشار قالب بر حسب زمان و مقایسهٔ آن با دادهٔ حاصل از نرم افزار مُلدفلو 42
3-3-2-7 محاسبهٔ تابع مقدار مرجع فشار قالب 43
4-3 ارائهٔ مثالی برای محاسبهٔ تابع پارامتری فشار پلیمر در ورودی قالب 45
فصل 4 کنترل 70
4-1 مقدمه 71
4-2 تعاریف و مفاهیم اولیه 72
4-3 روش کنترل پیشنهادی 74
4-4 پیاده سازی کاربردی روش کنترل پیشنهادی 77
4-5 نتایج شبیه سازی فرآیند و اعمال روش کنترل پیشنهادی 81
فصل 5 نتیجه گیری و پیشنهادها برای تحقیقات آتی 85
5-1 نتیجه گیری 86
5-2 پیشنهادها برای تحقیقات آتی 87
مراجع 88
پیوست الف 91
واژه نامه فارسی به انگلیسی 103
واژه نامه انگلیسی به فارسی 109

فهرست علائم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
مساحت مقطع افشانک	A_n
هدایت جریان	C
هدایت جریان در المان i اُم	C_{E_i}
المان i اُم	E_i
ارتباط میان فشار و شدت جریان	F
ارتباط میان مقدار اندازه‌گیری شدهٔ فشار و شدت جریان	F_m
مسیرجریان n اُم	$\mathbf{F}_n$
ارتباط میان مقدار مرجع فشار و شدت جریان	F_r
ارتباط میان فشار هیدرولیک و سرعت تزریق	$\mathbb{F}$
ارتباط میان مقدار مرجع فشار هیدرولیک و سرعت تزریق	$\mathbb{F}_r$
ارتباط میان مقدار اندازه‌گیری شدهٔ فشار هیدرولیک و سرعت تزریق	$\mathbb{F}_m$
نصف ضخامت المان‌های صفحه‌ای و قطاعی	H
ضریب کل در فرمول (4-13)	k
مشخصهٔ ابعادی قالب	k_D
مشخصهٔ ابعادی در گام زمانی n اُم در فرمول(4-9)	$k_{D_n}(t)$
نسبت تشدید	k_i
ضریب کل در گام زمانی n اُم در فرمول(4-18)	$k_n(t)$
طول المان‌های لوله‌ای و صفحه‌ای	L
پیشروی جبههٔ مذاب در المان‌های لوله‌ای و صفحه‌ای	$L^*(t)$
پیشروی جبههٔ مذاب در المان (لوله و صفحه) i اُم	$L^*_{E_i}$
طول خالی المان لوله‌ای و صفحه‌ای در پایان گام زمانی	$\bar{L}$
فشار	P
تابع پارامتری فشار قالب	$P(\mu, Q, t)$
فشار المان i اُم	P_{E_i}
مقدار پارامتری فشارالمان i اُم	$P_{E_i}(\mu, Q)$
فشار روغن هیدرولیک	P_H
تابع پارامتری فشار روغن هیدرولیک	$P_H(\mu, V, t)$
مقدار اندازه‌گیری شدهٔ فشار روغن هیدرولیک	P_{H_m}

$P_{H_n}(\mu, V, t)$	تابع پارامتری فشار روغن هیدرولیک در گام زمانی n اُم
$P_{H_{new.r}}$	مقدار مرجع جدید فشار روغن هیدرولیک
P_{H_r}	مقدار مرجع فشار روغن هیدرولیک
P_m	مقدار اندازه‌گیری شدهٔ فشار
$P_n(\mu, Q, t)$	تابع پارامتری فشار قالب در گام زمانی n اُم
$P_{new.r}$	مقدار مرجع جدید فشار
P_r	مقدار مرجع فشار
P_{s_j}	فشار قالب در لحظهٔ پایان گام زمانی j اُم
$P_{s_j}(\mu, Q)$	مقدار پارامتری فشار قالب در لحظهٔ پایان گام زمانی j اُم
ΔP_{s_j}	فشار قالب در گام زمانی j اُم
$\Delta P_{s_j}(\mu, Q)$	مقدار پارامتری فشار قالب در گام زمانی j اُم
$\mathbb{P}$	محیط مقطع راهگاه
Q	شدت جریان
Q_{E_i}	شدت جریان پلیمر در المان i اُم
Q_m	مقدار اندازه‌گیری شدهٔ شدت جریان
$Q_n(t)$	شدت جریان در گام زمانی n اُم در فرمول(4-9)
Q_r	مقدار مرجع شدت جریان
Q_T	شدت جریان کل
R	شعاع المان لوله‌ای
R_h	شعاع هیدرولیک
R_i	شعاع داخلی المان قطاعی
R_o	شعاع خارجی المان قطاعی
$R^*(t)$	پیشروی جبههٔ مذاب در المان قطاعی
$R^*_{E_i}$	پیشروی جبههٔ مذاب در المان (قطاعی) i اُم
$\overline{R}_i$	شعاع داخلی جدید المان در پایان گام زمانی
$\overline{R}_o$	شعاع خارجی المان در پایان گام زمانی
$\mathbb{S}$	مساحت مقطع راهگاه
S_j	گام زمانی j اُم
t	زمان پُرشدن (قالب یا المان)
t_{E_i}	مدت زمان پُرشدن کامل المان i اُم
t_{min}	کوچکترین زمان پُرشدن المان‌ها
t_{s_j}	لحظهٔ پایان گام زمانی j اُم
Δt_{s_j}	مدت زمان گام زمانی j اُم

سرعت سنبهٔ تزریق (سرعت تزریق)	V
مقدار اندازه‌گیری شدهٔ سرعت تزریق	V_m
سرعت تزریق در گام زمانی n اُم در فرمول(4-18)	$V_n(t)$
مقدار مرجع سرعت تزریق	V_r
پهنای المان صفحه‌ای	W
حجم (قالب یا المان)	$\forall$
زاویه مرکزی المان قطاعی	θ
گرانروی	μ
گرانروی جدید	μ_{new}

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول 3-1 جدول مشخصات ابعادی 34
جدول 3-2 جدول روابط 35
جدول 3-3 جدول مقادیر پارامتری فشار قالب و مقادیر پارامتری گام زمانی، در لحظهٔ پایان گام زمانی 42
جدول 3-4 جدول مقادیر عددی فشارقالب و مقادیر عددی گام زمانی در لحظهٔ پایان گام زمانی 43
جدول 3-5 جدول مقادیر پارامتری فشار و مقادیر عددی گام زمانی در لحظهٔ پایان گام زمانی 43
جدول 3-6 جدول مشخصات ابعادی مثال 46
جدول 3-7 جدول روابط مثال 47
جدول 3-8 جدول روابط مثال در ابتدای گام زمانی 2 49
جدول 3-9 جدول روابط مثال در ابتدای گام زمانی 3 51
جدول 3-10 جدول روابط مثال در ابتدای گام زمانی 4 53
جدول 3-11 جدول روابط مثال در ابتدای گام زمانی 5 55
جدول 3-12 جدول روابط مثال در ابتدای گام زمانی 6 57
جدول 3-13 جدول روابط مثال در ابتدای گام زمانی 7 59
جدول 3-14 جدول روابط مثال در ابتدای گام زمانی 8 61
جدول 3-15 جدول روابط مثال در پایان گام زمانی 8 63
جدول 3-16 جدول مقادیر پارامتری فشار قالب و مقادیر پارامتری گام زمانی، در لحظهٔ پایان گام زمانی برای قالب مثال 64
جدول 3-17 جدول مقادیر عددی فشارقالب و مقادیر عددی گام زمانی در لحظهٔ پایان گام زمانی برای قالب مثال 67
جدول 3-18 جدول مقادیر پارامتری فشار و مقادیر عددی گام زمانی در لحظهٔ پایان گام زمانی برای قالب مثال 68

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 2-1 مقایسهٔ میزان کاربرد روشهای مختلف تولید قطعات پلاستیکی[1] 5
شکل 2-2 نمایی از دستگاه تزریق[1] 5
شکل 2-3 مراحل فرآیند قالبگیری تزریقی[1] 7
شکل 3-1 المان لوله 26
شکل 3-2 المان صفحه 27
شکل 3-3 المان قطاع 27
شکل 3-4 یک نمونه از تجزیه قالب به المان‌های پایه 33
شکل 3-5 نمودار درختی شکل 3-4 34
شکل 3-6 پیشروی جبههٔ مذاب در المان لوله‌ای و طول خالی آن 40
شکل 3-7 پیشروی جبههٔ مذاب در المان صفحه‌ای و طول خالی آن 40
شکل 3-8 پیشروی جبههٔ مذاب در المان قطاعی و شعاع خالی آن 41
شکل 3-9 روند تبدیل قالب مثال، به نمودار درختی معادل با آن 45
شکل 3-10 نمودار فشار قالب مثال 67
شکل 4-1 فلوچارت روش کنترلی پیشنهادی 80
شکل 4-2 مقادیر مرجع و اندازه‌گیری‌شدهٔ الف- رابطهٔ فشار هیدرولیک با سرعت تزریق ، ب- فشار هیدرولیک، ج-سرعت تزریق، در 3 حالت مختلف کنترل 82

فصل 1

مقدمه

1-1 مقدمه

هدف نهائی در قالبگیری تزریقی تولید محصولاتی با کیفیت مطلوب است، به همین دلیل فرآیند قالبگیری تزریقی باید همواره تحت کنترل باشد تا مقدار مرجع[1] متغیر کنترلی[2] که پیروی از آن تضمین کنندهٔ کیفیت نهائی قطعه است با وجود انواع اغتشاشات، همیشه در محدودهٔ قابل قبول قرار داشته باشد. امروزه مقادیر مرجع متغیرهای کنترلی از نرم افزارهای شبیه ساز به دست می‌آیند، و از آنجا که خروجی هر برنامهٔ نرم افزاری، وابسته به مقادیر ورودی آن می‌باشد بدیهی است که با تغییر آنها، خروجی نرم افزار هم دچار تغییر شده و در صورت ردیابی دادهٔ خروجی قبلی که در واقع نشان-دهندهٔ مقدار بهینهٔ متغیر کنترلی بر مبنای ورودی اولیه می‌باشد، اطمینان به حصول کیفیت مطلوب قطعه نهائی، زیر سوال خواهد رفت.

2-1 اهداف پایان نامه

اهداف اصلی این پایان نامه عبارتند از:

- محاسبهٔ نمودار و تابع مقدار مرجع فشار قالب، بر مبنای ساده سازی جریان در قالب و سپس تأیید آن با دادهٔ حاصل از شبیه سازی جریان در نرم افزار مُلدفلو[3]
- ارائهٔ نظریه‌ای جدید در زمینه کنترل فشار قالب در فرآیند قالبگیری تزریقی به منظور اطمینان از کیفیت قطعهٔ نهائی و بیان شرط پیاده سازی عملی آن، و سپس تأیید و بررسی این روش از طریق شبیه سازی آن با نرم افزار سیمولینک[4]

---

1. Set Point
2. Controlled Variable
3. Moldflow
4. Simulink

3-1 طرح کلی پایان نامه

این پایان نامه مشتمل بر 5 فصل به شرح زیر می‌باشد:

فصل اول خلاصه‌ای از کل پایان نامه است که در واقع طرح کلی پایان‌نامه می‌باشد و هم اکنون بدان پرداخته می شود.

در فصل دوم مروری داریم بر مفاهیمی از قبیل: فرآیند قالبگیری تزریقی، متغیرهای مهم آن و همچنین شبیه سازی و کنترل فرآیند قالبگیری تزریقی بهمراه تاریخچه‌ای از تحقیقات انجام شده در آنها.

در فصل سوم، ساده سازی جریان در قالب و شبیه سازی فرآیند پُر شدن در آن را از طریق تجزیهٔ قالب به مجموعه‌ای از اشکال هندسی ساده شرح می‌دهیم. سپس تابع پارامتری مقدار مرجع فشار قالب را برحسب متغیرهای گرانروی[1] پلیمر مذاب، شدت جریان ورودی و زمان، محاسبه می‌کنیم که یک تابع سادهٔ ریاضی و چند ضابطه‌ای بوده و مناسب امر کنترل فرآیند در قالبگیری تزریقی می‌باشد. در نهایت تابع مقدار مرجع فشار قالب بر حسب زمان را برای یک سری شرایط اولیهٔ مشخص رسم کرده و با دادهٔ حاصل از نرم افزار مُلدفلو مقایسه می‌کنیم.

در فصل چهارم نظریه‌ای جدید مبتنی بر کنترل همزمان دو متغیر کنترلی فشار قالب و شدت جریان، با یک کنترلر، بر مبنای رابطهٔ میان آنها و تغییر آنی مقدار مرجع فشار قالب به منظور اطمینان از حصول کیفیت مورد نظر قطعهٔ نهائی ارائه می‌کنیم که جهت پیاده سازی عملی این نظریه، روشی را پیشنهاد می‌نماییم. در پایان صحت این نظریه را از طریق شبیه سازی آن در نرم افزار سیمولینک مورد آزمایش قرار خواهیم داد.

فصل پنجم در بردارندهٔ نتایج بدست آمده و پیشنهادات برای ادامه و توسعهٔ این کار می‌باشد.

در پیوست الف شبیه سازی مدار بستهٔ کنترل ماشین قالبگیری تزریقی ارائه شده‌است.

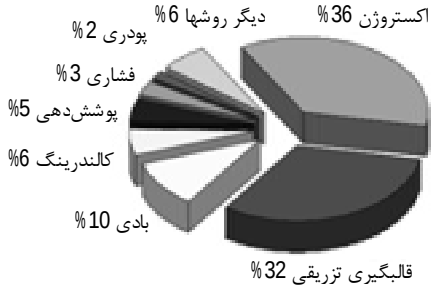
[1]. Viscosity

فصل 2

مفاهیم و تاریخچه

2-1 مقدمه

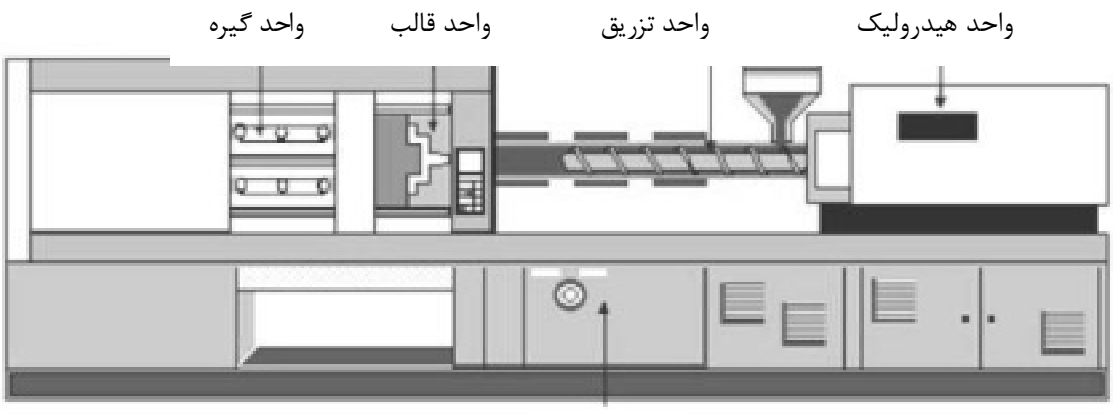
یکی از معمولترین روشهای تولید قطعات پلاستیکی، روش قالبگیری تزریقی می‌باشد. در شکل 2-1، میزان کاربرد روشهای مختلف شکل دهی پلاستیک‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌است. اگر چه شکل نشان می‌دهد که از نقطه نظر استفاده در صنعت، قالبگیری تزریقی بعد از اکستروژن قرار دارد، ولی تنوع قطعات تولیدی در قالبگیری تزریقی به مراتب از اکستروژن بالاتر است.



شکل 2-1 مقایسهٔ میزان کاربرد روشهای مختلف تولید قطعات پلاستیکی**[1]**

2-2 فرآیند قالبگیری تزریقی

قسمت‌های مختلف یک دستگاه تزریق در شکل 2-2 نشان داده شده است، ماشین‌های قالبگیری تزریقی پس از اختراع و توسعه تاکنون تقریباً همان ساختار کلی را حفظ کرده‌اند. اجزای اصلی یک ماشین قالبگیری تزریقی شامل، واحد ذوب کننده، واحد کنترل، واحد گیره و قالب می باشد.



شکل 2-2 نمایی از دستگاه تزریق[1]

شکل2-3 سیکل فرآیند قالبگیری تزریقی را نشان می‌دهد که به ترتیب عبارت است از:

الف) بسته شدن قالب: در مرحله نخست قالب بسته می‌شود.

ب) تزریق مواد مذاب درون قالب: در این مرحله ماردون مانند پیستون عمل می‌کند. یعنی بدون حرکت چرخشی، جلو آمده و مذاب را به داخل قالب تزریق می‌کند.

ج) مرحله نگهداری فشار برای جبران آبرفتگی[1]: در این مرحله هنگامی که حفره[2] قالب پُر شد، ماردون کماکان به جلو رانده می‌شود تا فشار نگهداری را اعمال کند. این عمل موجب فشرده شدن مذاب به داخل قالب برای جبران آبرفتگی پلاستیک در حین سرد شدن می‌شود. این فشار نگهداری، فقط تا زمانی که دریچه منجمد نشده باشد، موثر است.

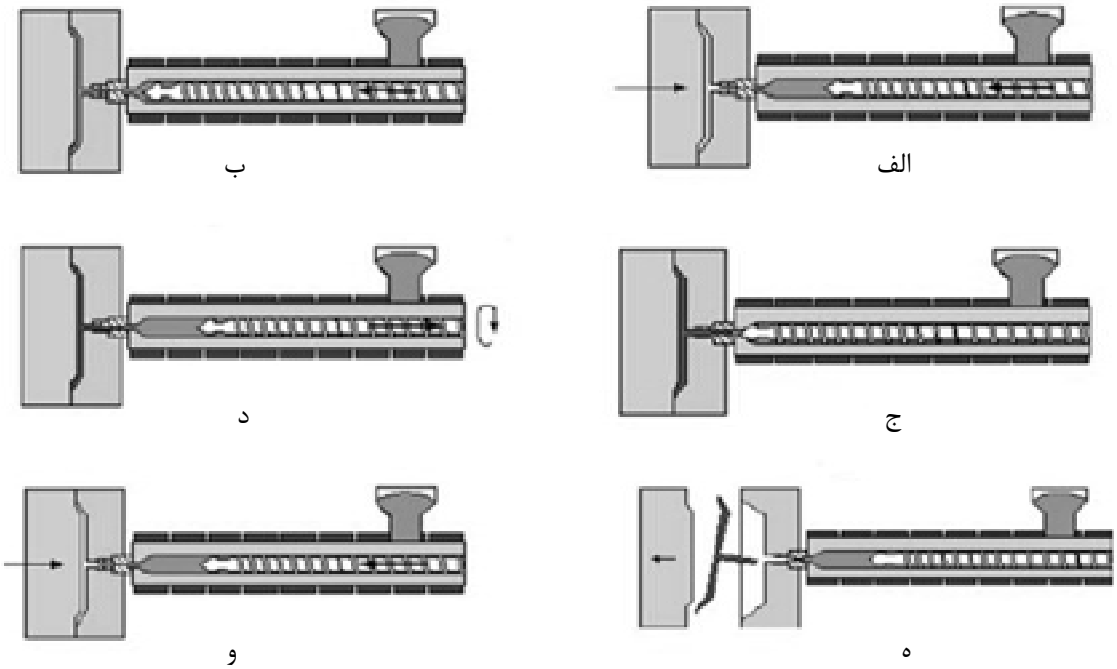
د) برگشت ماردون و تغذیه مواد از قیف[3]: به محض منجمد شدن دریچه، دیگرهیچ مذابی امکان ورود به داخل قالب را ندارد و بازگشت رو به عقب ماردون شروع می‌شود. در این مرحله ماردون شروع به چرخش کرده و مواد پلاستیکی جدیدی از قیف می‌گیرد. این مواد به جلوی ماردون هدایت می‌شود، ولی چون قالب از مواد پلاستیکی پُر است، موجب بازگشت ماردون به عقب می‌شود. به این ترتیب با تجمع مقدار مورد نیاز پلاستیک در جلوی ماردون، امکان تزریق بعدی فراهم می‌شود. برای مدت از پیش تعیین شده‌ای، ماردون از چرخش باز می‌ایستد و دستگاه به انتظار انجماد کامل قطعه و راهگاه‌ها[4] باقی می‌ماند.

ه) باز شدن قالب و خروج قطعه: هنگامی که قطعه به اندازه کافی سرد شود که بتواند شکل خود را حفظ کند، قالب باز شده و قطعه به خارج پرانده می‌شود.

و) بسته شدن قالب و شروع سیکل بعدی: در انتها قالب دوباره بسته شده و چرخه تزریق تکرار می‌شود[1].

---

[1]. Shrinkage
[2]. Cavity
[3]. Hopper
[4]. Runner



شکل 2-3 مراحل فرآیند قالبگیری تزریقی[1]

2-3 متغیرهای فرآیند قالبگیری تزریقی

به صورت‌های مختلفی می توان متغیرهای دخیل در فرآیند قالبگیری تزریقی را تقسیم‌بندی نمود، برای نمونه Agrawal [2]، متغیرهای کنترلی را برحسب اینکه در چه فازهایی از فرآیند قالبگیری باید کنترل شوند، به دو دسته تقسیم کرد: متغیرهای کنترلی در همهٔ فازها[1]، متغیرهای کنترلی در برخی فازها[2].

2-3-1 متغیرهای کنترلی در همهٔ فازها

این متغیرها در کل سیکل قالبگیری تزریقی، کنترل شده و کنترل کردن آنها در تمام فازها به یک میزان، دارای اهمیت می‌باشد. دمای مذاب به عنوان یک متغیر اساسی در فرآیند به این گروه از متغیرها تعلق دارد از این رو باید دائماً و در تمام فازها تحت کنترل باشد و در محدودهٔ مقدار مشخصی نگه داشته شود. یک تغییر در دمای مذاب، متغیرهای زیادی از جمله: شدت جریان مذاب، فشار

[1]. All Phase Controlled Variables
[2]. Phase Dependent Controlled Variables