



چهارمین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور
دانشگاه صنعتی اصفهان - اسفندماه ۱۳۹۴



چهارمین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور
دانشگاه صنعتی اصفهان

۱

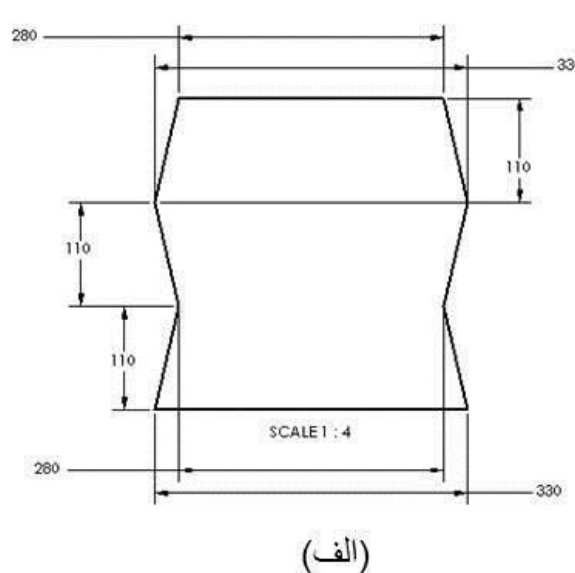
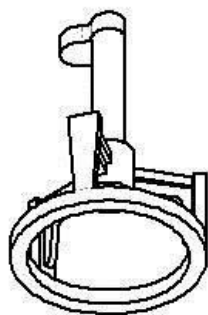
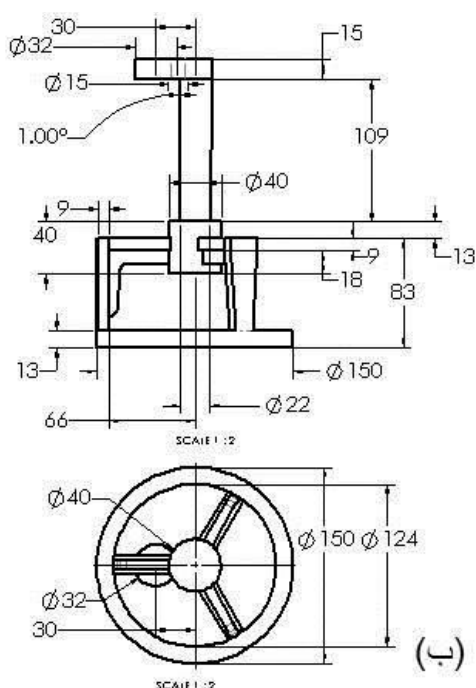
گزارش مرحله مقدماتی چهارمین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور

سوال ریخته‌گری	
نام تیم شرکت کننده	حکیم سبزواری
نام دانشگاه	حکیم سبزواری
نام سرپرست تیم	مرتضی امیری
شماره تلفن همراه	۰۹۳۹۸۲۵۶۲۴۶
پست الکترونیک	Amiri.m.eng@gmail.com

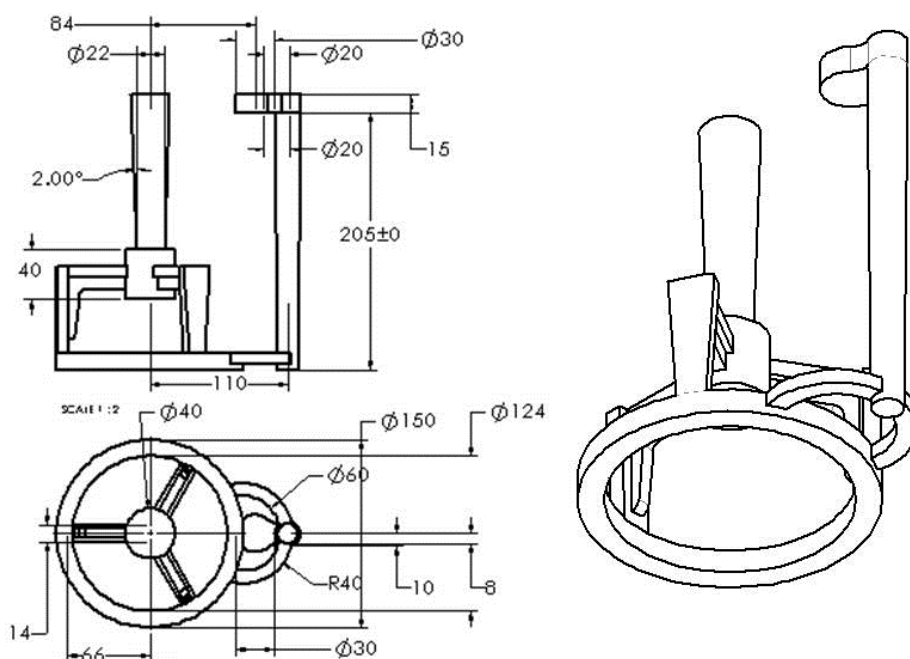
لطفا در این قسمت چیزی ننویسید.	
کد گروه	2004

۱- خلاصه طرح

ذوب ریزی قطعه از جنس آلیاژ A356 توسط روش قالب‌گیری سه درجه‌ای انجام گرفته است. در ریخته‌گری این قطعه از دو روش تکنولوژیکی اتصال سیستم راهگاهی استفاده شد. نقشه‌های مربوط به قطعه و محل‌های قرارگیری تغذیه و راهگاه به همراه قالب در هر روش، به ترتیب در شکل‌های ۱-۱ و ۱-۲ که به وسیله نرم‌افزار Solidworks طراحی گردیده، نشان داده شده است. با توجه به این که قطعه ریخته‌گری می‌بایست دارای حداکثر بازدهی و کمترین عیوب ناشی از ریخته‌گری باشد لذا قطعه‌ی مورد نظر ابتدا توسط یک سیستم راهگاهی غیر فشاری و یک تغذیه جداگانه و در روش دیگر توسط یک سیستم راهگاهی که به عنوان تغذیه هم عمل می‌نمود ریخته‌گری شد. هر دو حالت به وسیله قالب‌گیری سه درجه‌ای انجام گرفته است. ریخته‌گری قطعه‌ی مورد نظر توسط یک سیستم راهگاهی بیشترین بهره‌وری ریختگی و بازدهی را از لحاظ استفاده از تجهیزات و همچنین از نقطه نظر زیست محیطی در عمل و شیب‌سازی نشان داد. با استفاده از روش قالب‌گیری سه درجه‌ای، ضرورت استفاده از ماهیچه در قسمت داخلی مدل حذف شده است لذا در تولید قطعه به خصوص در تولید انبوه از لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به صرفه خواهد بود.



شکل ۱-۱ (الف) قالب (ب) قطعه همراه با تغذیه که به عنوان سیستم راهگاهی نیز استفاده می‌شود.



شکل ۱-۲. قطعه‌ی ریخته‌گری به‌مراه تغذیه و سیستم راهگاهی به صورت جداگانه.

۲- جزئیات طراحی اجزاء مدل و قالب

مدل مربوط به قطعه‌ی ریخته‌گی توسط چوب (راش) و با در نظر گرفتن سطح جدایش، شیب‌های مورد نظر جهت تسهیل خروج مدل از قالب و انقباض ناشی از انجماد آن ساخته شده و در شکل ۱-۲ نقشه‌ها و تصاویر مربوط به مدل آورده شده است. بدلیل حساسیت قطعه جهت خروج از قالب و ریزش ماسه و همچنین عدم استفاده از ماهیچه و سایر مشکلات ناشی از ساخت آن، قالب‌گیری در سه درجه انجام گرفته است. نقشه‌ی قالب در شکل ۲-۲ آورده شده است همانطور که دیده می‌شود در این روش از ماهیچه استفاده نگردیده است.

در قالب‌گیری قطعه‌ی A356 از ماسه طبیعی بدلیل آماده‌سازی راحت‌تر و همچنین کیفیت سطحی مناسب به‌علاوه صرفه اقتصادی بیشتر استفاده شد.

۱-۲. محاسبات مدل سازی

در مرحله اول درصد انقباض را برای کل ابعاد محاسبه می گردد:

چون روش قالبگیری به صورت دستی و مدل چوبی می باشد میزان انقباض طبق جدول ۱.۵ درصد در نظر گرفته شد.

جدول ۱-۲. درصد انقباض تئوری و عملی فلزات در قالبهای موقت

جنس فلز	درصد انقباض تئوری	درصد انقباض عملی
چدن خاکستری	۱	۱/۳.....۰/۵
چدن یا گرافیت کروی بدون عملیات حرارتی	۱/۲	۲.....۰/۸
چدن یا گرافیت کروی با عملیات حرارتی	۰/۵	۰/۸.....۰
چدن تمپر سفید (GTW)	۱/۶	۲.....۱
چدن تمپر سیاه (GTS)	۰/۵	۱/۵.....۰
فولاد ریختگی	۲	۲/۵.....۱/۵
فولاد منگنز	۲/۳	۲/۸.....۲/۳
آلیاژهای آلومینیم	۱/۲	۱/۵.....۰/۸
آلیاژهای منیزیم	۱/۲	۱/۵.....۱
مس الکترولیت	۱/۹	۲/۱.....۱/۵
آلیاژ مس و قلع (برنز)	۱/۵	۲.....۰/۸
آلیاژ مس و قلع و روی (برنج قرمز)	۱/۳	۱/۶.....۰/۸
آلیاژ مس و روی (برنج)	۱/۲	۱/۸.....۰/۸
آلیاژهای مس مخصوص [Cu-Zn-Mn (Fe-Al)]	۲	۲/۳.....۱/۸
آلیاژهای آلومینیم برنز	۲/۱	۲/۳.....۱/۹
آلیاژ روی	۱/۳	۱/۵.....۱/۱
فلزات سفید (آلیاژهای سرب و قلع)	۰/۵	۰/۶.....۰/۴

فرمول درصد انقباض

$$LM = \frac{LG \times S}{100} + LG$$

$$15 = 15.22$$

$$7 = 7.1$$

$$75 = 76.12$$

$$5 = 5.07$$

$$9 = 9.13$$

$$14 = 14.21$$

$$10 = 10.15$$

$$24 = 24.36$$

$$13 = 13.19$$

$$62 = 62.93$$

$$8 = 8.12$$

$$40 = 40.6$$

$$11 = 11.16$$

$$83 = 84.24$$

به علت عدم وجود علامت تراشکاری در نقشه، تراشکاری در نظر گرفته نمی شود.

مرحله دوم محاسبات شیب مورد نیاز برای ارتفاع هایی که نیاز به شیب دارند با توجه به سطح جدایش و جدول زیر انجام شد.

جدول ۲-۲. استاندارد شیب مدل براساس استاندارد دین ۱۵۱۱

ارتفاع برحسب میلی‌متر	شیب برحسب درجه	ارتفاع برحسب میلی‌متر	شیب برحسب میلی‌متر
تا ۱۰	۳	تا ۲۵۰	۱/۵
۱۸-۱۰	۲	۳۲۰-۲۵۰	۲
۳۰-۱۸	۱ و ۳۰'	۵۰۰-۳۲۰	۳
۵۰-۳۰	۱	۸۰۰-۵۰۰	۴/۵
۸۰-۵۰	۴۵'	۱۲۰۰-۸۰۰	۷
۱۸۰-۸۰	۳۰'	۲۰۰۰-۱۲۰۰	۱۱
-	-	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۲۱

فرمول شیب:

$$F_s \text{ (mm)} = \frac{\text{درجه} \times h \times 1/75}{100}$$

$$13.19 = 0.46 \text{ mm} \text{ شیب خارجی}$$

$$71.05 = 0.31 \text{ mm}$$

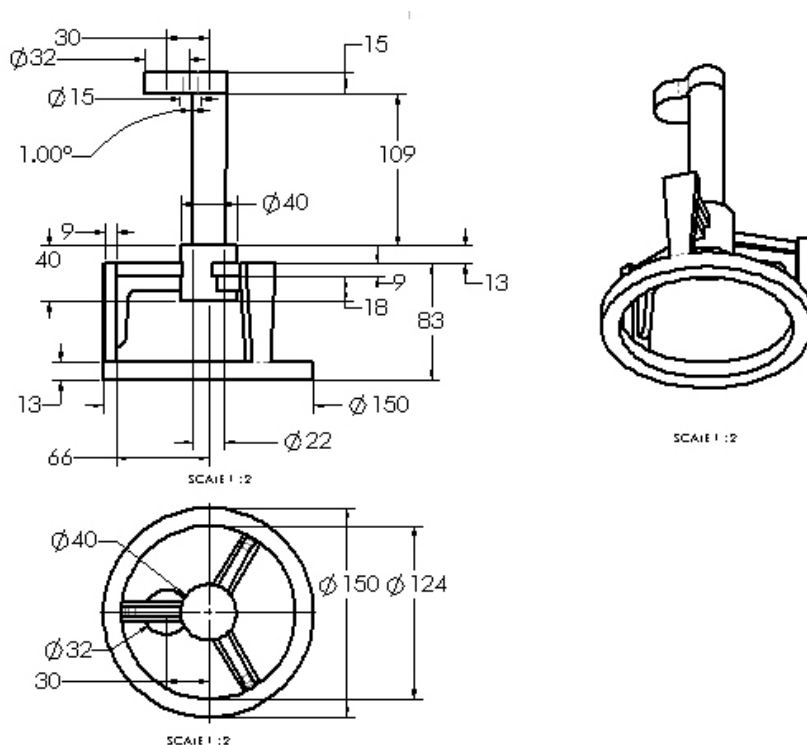
$$13.19 = 0.7 \text{ mm} \text{ شیب داخلی}$$

$$40.6 = 0.7 \text{ mm}$$

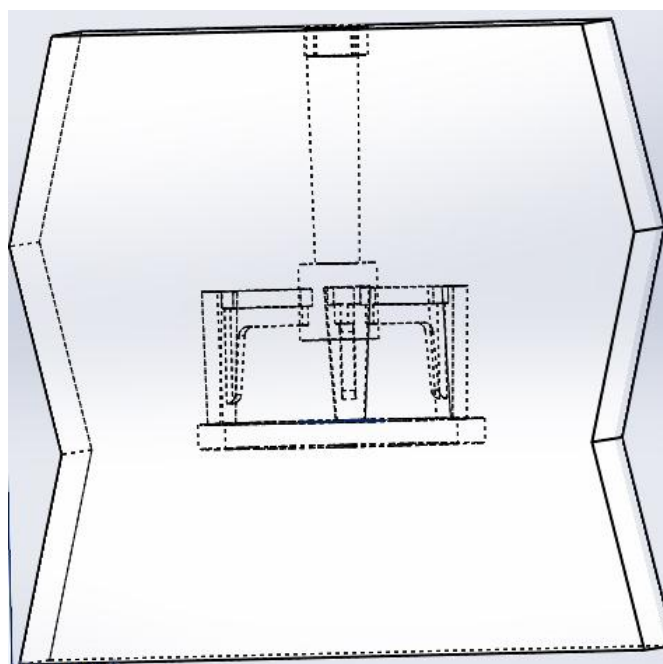
$$9.13 = 0.48 \text{ mm}$$

$$10.15 = 0.35 \text{ mm}$$

بعد از بدست آوردن میزان شیب، مقدار بدست آمده بصورت شیب اضافی به ضخامت مربوطه اضافه می شود. تصاویر مدل قالبگیری که با استفاده از نرم فزار Solidworks تهیه شده در شکل نشان داده شده است.



شکل ۲-۱. نقشه ی مدل قطعه ی ریخته‌گری به همراه سیستم راهگاهی و تغذیه



شکل ۲-۲. قالب آلیاژ A356

۲-۲: شبیه‌سازی و انجماد قطعه‌ی ریخته‌گی با آلیاژ A356

۱-۲-۲: فرایند آماده‌سازی مدل آلیاژ A356 جهت انجام شبیه‌سازی

طراحی مدل و قالب توسط نرم‌افزار Solidworks انجام شد. شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار ریخته‌گری Procast انجام شد. شبیه‌سازی در این نرم‌افزار براساس المان محدود انجام گرفته است. تعداد نودها و المان‌های مدل شبیه‌سازی شده به ترتیب ۱۴۶۲۵۸ و ۷۹۱۳۶۵ می‌باشد. سایر شرایط مرزی اعمال شده در شبیه‌سازی در جدول ۱-۱-۲-۲ گزارش گردیده است. لازم به ذکر می‌باشد ضریب انتقال حرارت فصل مشترک بین قطعه و قالب بر اساس گزارشات [1] و زمان نهایی انجماد آلیاژ در قالب، $500 \text{ w/m}^2 \text{ k}$ انتخاب شد. زمان انجماد قطعه درون قالب ۲۰۰ ثانیه است که تطابق خوبی با شرایط تجربی دارد.

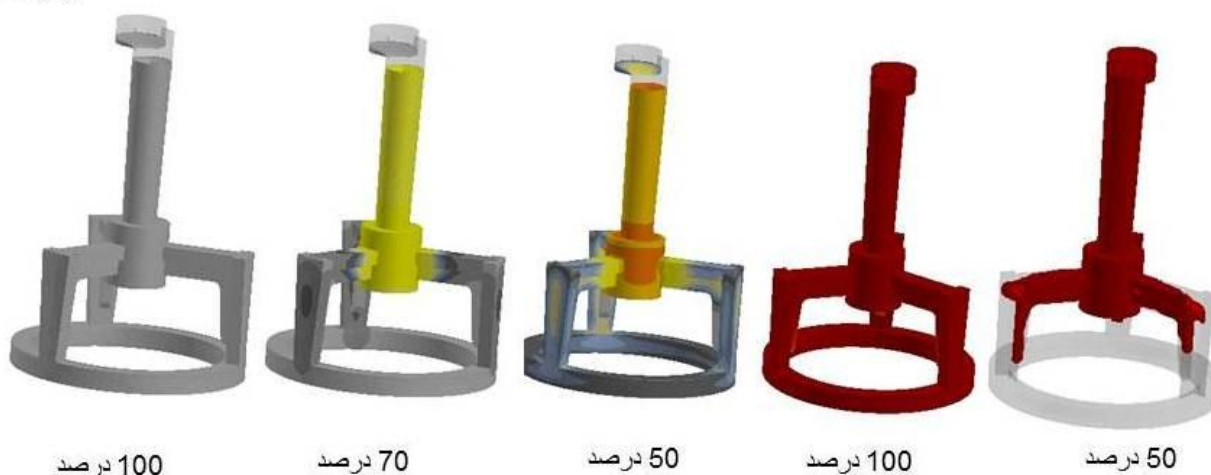
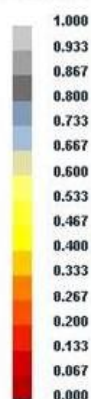
جدول ۱-۱-۲-۲. شرایط مرزی مورد استفاده در شبیه‌سازی

جنس مذاب	جنس قالب	محیط سرد کننده	دمای مذاب	دمای قالب	ضریب انتقال حرارت فصل مشترک بین قطعه و قالب
A356	ماسه‌ی طبیعی	هوا	680°C	20°C	$500 \text{ w/m}^2 \text{ k}$

۲-۲-۲ تحلیل نتایج شبیه سازی

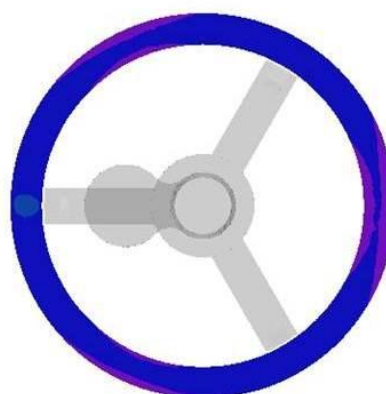
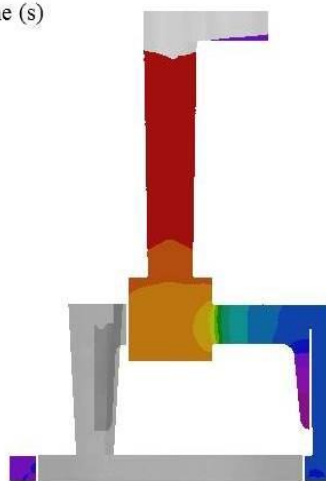
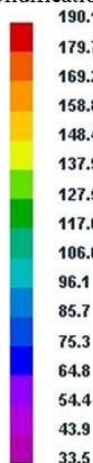
همانطور که قبلاً ذکر شد برای سیستم راهگامی از دو روش تکنولوژیکی استفاده شد. در این بخش ابتدا به تحلیل مذاب ریزی و انجماد برای تکنولوژی استفاده از سیستم راهگامی که به عنوان تغذیه نیز عمل می‌نماید، پرداخته می‌شود. در شکل ۲-۲-۱ مراحل پرشدن قالب و انجماد آن آورده شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود انجماد از قسمت پایه‌ها شروع شده و در قسمت تغذیه پایان می‌پذیرد که این عامل منجر می‌شود تا عیوب ریختگی مانند حفرات انقباضی در تغذیه ایجاد گردد. برای درک بهتر شرایط سرد شدن قطعه‌ی ریخته‌گری زمان انجماد موضعی (Solidification time) در قسمت‌های مختلف قطعه نشان داده شده است (شکل ۲-۲-۲). همانطور که دیده می‌شود زمان انجماد در کناره‌ی حلقه‌ها و نزدیک پایه‌های قطعه نسبت به مرکز قسمت حلقوی شکل و سایر نقاط کم‌تر است، در نتیجه در صورت کاهش سرعت مذاب‌رسانی به بین دندریت‌ها در این نقاط احتمال تشکیل حفرات انقباضی افزایش خواهد یافت. در شکل ۲-۲-۳ ذوب ریزی و انجماد در روش استفاده از سیستم راهگامی و تغذیه همراه با هم نشان داده شده است. در این قسمت بدلیل این که مذاب از قسمت پایین شروع به پر کردن قالب می‌نماید و در قسمت بالا نیز توسط تغذیه، انقباض ناشی از انجماد جبران می‌شود در نتیجه انجماد به صورت جهت دار از پایین قطعه به سمت تغذیه حرکت خواهد نمود. در این قسمت نیز، زمان انجماد موضعی در قسمت پایین قطعه در شکل ۲-۲-۴ نشان داده شده است. زمان انجماد موضعی در این روش نسبت به روش شماره‌ی ۱ در قسمت حلقه‌ی قطعه حدود ۴۰ ثانیه بیشتر می‌باشد، در نتیجه زمان بیشتری برای جبران انقباضات ناشی از انجماد و مذاب‌رسانی به بین دندریت‌ها در این نقاط وجود دارد که منجر به کاهش حفرات انقباضی در این مناطق می‌گردد [2]. معیار پیش‌بینی احتمال تشکیل حفرات انقباضی (معیار نیاما) [3][4] در شکل ۲-۲-۵ برای هر دو روش تکنولوژیکی در قسمت‌های مختلف قطعه نشان داده شده است. هر چقدر به سمت حد بحرانی معیار که $1 \text{ (k.s)}^{0.5}/\text{cm}$ در نظر گرفته شده است نزدیک‌تر شویم، احتمال تشکیل حفرات انقباضی بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد همانطور که از شکل ۲-۲-۵ دیده می‌شود احتمال تشکیل حفره در قطعه‌ی شماره ۱ نسبت به شماره ۲ کمی بیشتر می‌باشد ولی در حالت کلی بدلیل نزدیک بودن به بالاترین حد بحرانی معیار در قطعه‌ی شماره ۱ نیز احتمال تشکیل حفره‌ی انقباضی خیلی پایین می‌باشد. احتمال ایجاد این حفرات را می‌توان وابسته به سرعت مذاب‌رسانی به بین دندریت‌ها و افت فشار مذاب در منطقه‌ی خمیری دانست [4]. با توجه به این که معیار نیاما در این نقاط کمترین احتمال تشکیل حفرات انقباضی را پیش‌بینی می‌نماید و با توجه به ریخته‌گری آلیاژ A356 در عمل و برش قسمت‌های مورد نظر نشان داده شد، که هیچ گونه حفره‌ی انقباضی در قسمت‌های محتمل تشکیل نشده است.

Fraction solid (%)

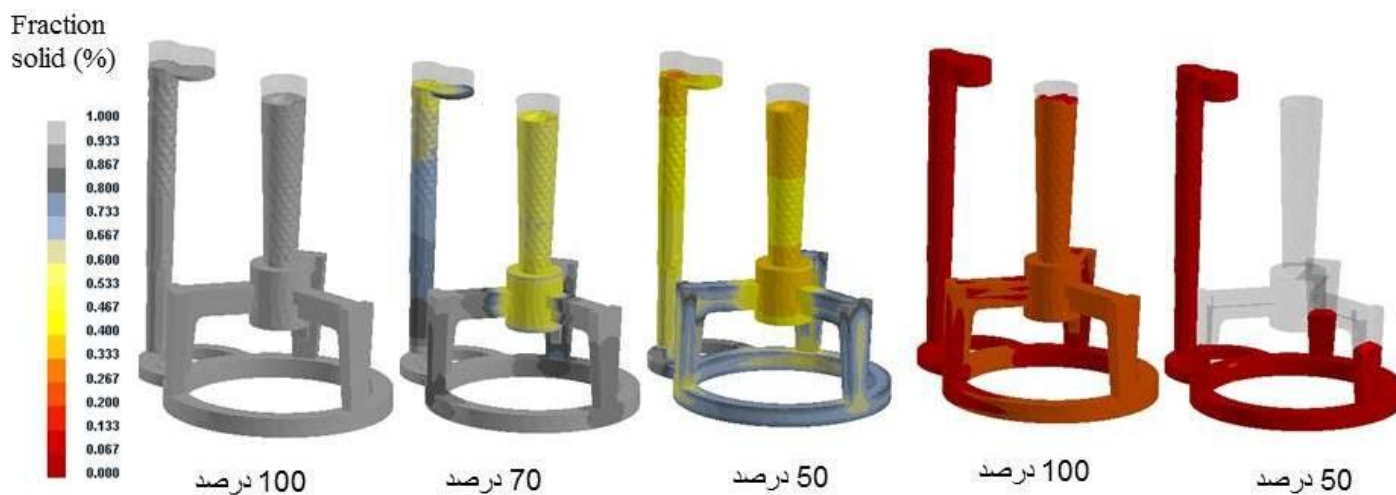


شکل ۲-۲-۱. مراحل پرشدن وانجماد روش شماره ۱.

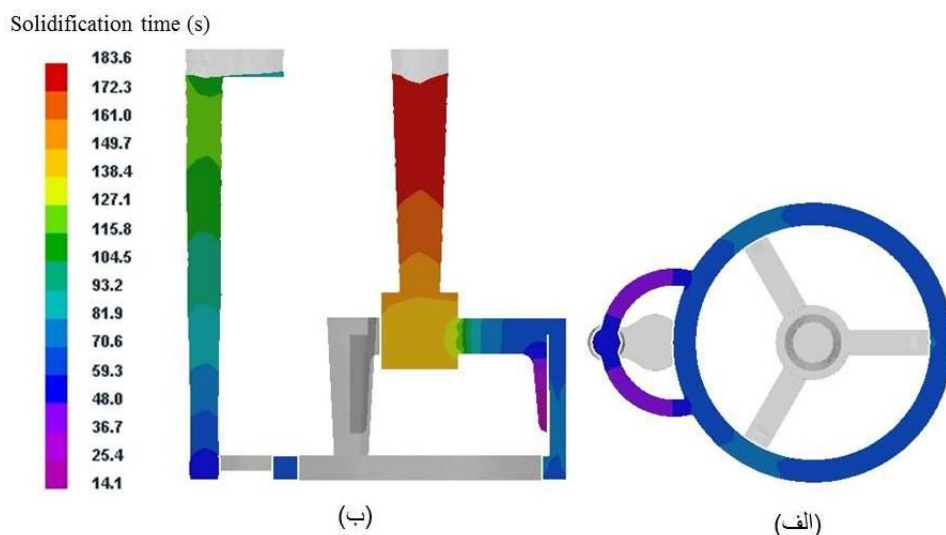
Solidification time (s)



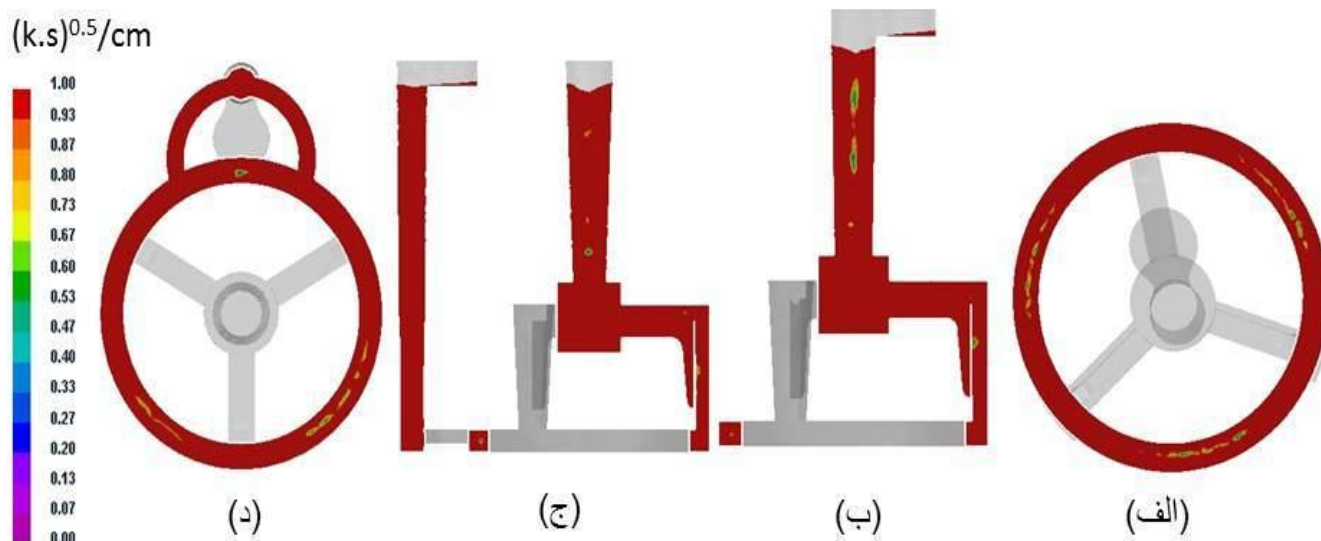
شکل ۲-۲-۲. زمان انجماد موضعی روش ۱ (الف) نمای برش داده شده از بالا ب) نمای برش داده شده از جانب.



شکل ۲-۲-۳. مراحل پرشدن وانجماد روش شماره ۱.



شکل ۲-۲-۴. زمان انجماد موضعی زمان انجماد موضعی روش ۲ (الف) نمای برش داده شده از بالا ب) نمای برش داده شده از جانب.



شکل ۳-۲-۵. معیار نیاما (معیار پیش بینی حفرات انقباضی). الف و ب) روش شماره ۱ ج و د) روش شماره ۲.

۳- عملیات مدل‌سازی، قالبگیری و ماهیچه سازی

مدل چوبی در نظر گرفته شد. قطعات مختلف مدل تعیین گردید و محاسبات لازم برای هر بخش اعم از درصد انقباض و شیب انجام گرفت. سنباده زنی و شیب گذاری بخش ها توسط دستگاه سنباده و برای بخش های کوچک و ظریف توسط سنباده زنی دستی انجام گرفت. همچنین قسمت استوانه ای شکل بالای قطعه توسط چرخ خراطی تراشیده شد. با توجه به این که پایه های مدل کوچک و ظریف بوده و همچنین به منظور قالبگیری باید مدل به سه قسمت تقسیم شود قسمت های مختلف آن با پین به یکدیگر متصل گردید (اتصالات پایه ها به استوانه بالایی از نوع فاق و زبانه و اتصال دو تکه استوانه و همچنین دایره پایینی به پایه ها از نوع پین دایروی در نظر گرفته شده‌اند).

پس از ساخت تمام بخش های مدل به وسیله چسب چوب اجزا به یکدیگر متصل شدند و بتونه کاری های مورد نیاز به منظور حذف نقاط مشکل دار انجام گرفت. در پایین نیز یک لایه پوشش رنگ روغن بر روی مدل انجام شد که در هنگام قالبگیری سبب افزایش کیفیت سطحی و تسهیل خروج از قالب گردد.

به طور کلی مدل ارائه شده را می توان به ۴ روش ریخته گری کرد. الف) روش اول: جنس مدل را از مواد پلیمری یا ذوب شونده انتخاب کرد و کل مدل را یکپارچه ساخت. درجه اول را بدون مدل کوبیده سپس آن را برعکس کرده و مدل مرکز درجه قرار داده شود و درجه رویی را قرار می دهیم و لوله راهگاه را روی مدل قرار داده سپس ماسه را درون درجه ریخته و می کوبیم بعد از خارج کردن لوله راهگاه درجه ها را از روی هم باز کرده و توسط مشعل، مدل فومی را ذوب و خارج می کنیم. بعد از خشک کردن قالب عملیات ذوب ریزی آغاز می شود. بجای ماسه می توان از دوغاب سرامیکی به روش ریخته

گری دقیق استفاده کرد. استفاده از مدل های ذوب شونده به علت بالا بودن هزینه برای تولید مدل و مواد قالبگیری مقرون به صرفه نمی باشد. جنس مدل در سه روش بعدی از چوب می باشد، و تفاوت آنها در نحوه ی قالبگیری می باشد. (ب) روش دوم: سطح جدایش مدل سطح بالای حلقه در نظر گرفته می شود و مدل را از همان سطح دو تیکه ساخته می شود، برای قالبگیری اول حلقه را در مرکز درجه اول قرار داده و آن را با ماسه پرکرده و می کوئیم سپس درجه را برعکس کرده و تیکه دوم مدل را روی تیکه اول قرار داده، بعد داخل مدل را با ماسه پر کرده ماهیچه معلق درست می کنیم بطوری که ریشه ماهیچه ها بین پایه ها می باشد، بعد از کوئیدن و درست کردن ماهیچه سطح آن را پودر زده تا از چسبیدن ماهیچه به ماسه های درون قالب جلوگیری شود سپس درجه دوم را قرار می دهیم و لوله راهگاه روی مدل گذاشته و درجه را با ماسه پر کرده و می کوئیم. بعد از تعبیه حوضچه بارریز درجه بالایی را برداشته و مدل را بعد از لق کردن خارج می کنیم سپس درجه را روی درجه زیرین قرار داده و این بار هر دو درجه را باهم برمی گردانیم سپس درجه زیری که الان در بالا قرار دارد رو بر می داریم و حلقه را از آن خارج می کنیم. بعد از خشک کردن قالب ذوب ریزی انجام می شود. این روش به علت مشکلات قالبگیری زمان کوئیدن ماسه و صدمه دیدن ماهیچه معلق و احتمال تخریب ماهیچه زمان جابجا شدن و خارج کردن مدل و همچنین زمان بر بودن روش قالبگیری مقرون به صرفه نمی باشد. روش سوم: در این روش مدل توپر و یکپارچه ساخته می شود و برای قسمت داخل جعبه ماهیچه پوششی درست می شود. برای قالبگیری مدل را در مرکز درجه اول قرار داده سپس آن را با ماسه پر کرده و می کوئیم، بعد از برعکس کردن آن درجه بالایی را روی درجه اول قرار داده و لوله راهگاه کنار مدل قرار می دهیم. سپس درجه را از ماسه پر کرده و می کوئیم. بعد از تعبیه حوضچه بارریز درجه بالایی را برداشته و مدل را از آن خارج می کنیم. ماهیچه از جنس ماسه سیلیسی یا چراغی توسط جعبه ماهیچه درست کرده سپس درون قالب قرار می دهیم. این روش برای قالبگیری ماشینی و تعداد بالا مقرون به صرفه می باشد اما برای روش دستی و تعداد کم در مقایسه با روشی که در ادامه آورده شده به علت هزینه های ساخت جعبه ماهیچه، ماهیچه سازی و مواد ماهیچه و تخریب قالب حین ماهیچه گذاری مقرون به صرفه نیست. روش چهارم: این روش، روشی می باشد که این گروه (حکیم سبزواری) از آن استفاده خواهد کرد. در این روش از سه درجه استفاده می شود و به این صورت است که: مدل را سه تیکه و با دوسطح جدایش ساخته می شود و روش قالبگیری آن بصورت زیر می باشد:

(۱) درجه اول رو مانند شکل ۳-۱ بدون مدل کوئیده می شود.



شکل ۳-۱. قالبگیری درجه اول

(۲) دوتیکه از مدل رو مانند شکل ۳-۲ درون درجه دوم قرار داده می شود.



شکل ۳-۲. نحوه قرار گیری مدل درون درجه دوم

(۳) درجه دوم را از ماسه پر کرده سپس ماسه ی روی مدل تا سطح جدایش مشخص شده در شکل ۳-۳ برداشته می شود (چون در مسابقه درجه ای با ارتفاع مدل وجود ندارد و طبق تماس های گرفته شده امکان آوردن درجه با ارتفاع مورد نظر

وجود نداشت از درجه های موجود در کارگاه استفاده شد. اگه درجه با ارتفاع ۸۳ میلی متر (برابر با سطح جدایش) موجود باشد دیگر ماسه ای روی مدل نخواهد بود و قالبگیری بسیار راحت تر خواهد شد



شکل ۳-۳. ایجاد سطح جدایش

(۴) تیکه سوم مدل مانند شکل ۳-۴ بر روی تیکه دوم قرار داده می شود.



شکل ۳-۴. نحوه قرارگیری مدل

(۵) طبق شکل ۳-۵ درجه سوم را گذاشته و لوله راهگاه روی مدل (روی سطح استوانه) قرار داده می شود سپس درجه را از ماسه پر کرده و بعد از کوبیدن، حوضچه بارریز تعبیه خواهد شد.



شکل ۳-۵. قالبگیری درجه سوم و تعبیه حوضچه بارریز

(۶) در مرحله آخر درجه ها از روی هم برداشته شده و مدل خارج می شود. در شکل ۳-۶ درجه ها بدون مدل مشاهده می - شود.



(۷)

شکل ۳-۶. خارج کردن مدل از درجه ها

(۸) بعد از خشک کردن و قرار گیری درجه ها روی هم، مذاب ریزی انجام می شود. تصویر قطعه نهایی در شکل ۳-۷ مشاهده می شود.



شکل ۳-۷. تصویر قطعه نهایی

این روش قالبگیری سبب می شود که کانال بارریزی به عنوان تغذیه عمل کرده و نیازی به مذاب اضافی به منظور پر شدن تغذیه نخواهیم داشت. با قالبگیریهای انجام شده مشخص شد که این نقطه مناسب ترین بخش برای بارریزی می باشد و عیوب احتمالی در هنگام ذوب ریزی اعم از ماسه شویی، نیامد، جوش سرد و انقباض به حداقل می رسد. همچنین این روش قالبگیری به علت سادگی و ارزانی مواد قالبگیری و عدم ماهیچه گذاری به صرفه خواهد بود.

۴- شرایط عملیات ذوب و ریخته‌گری

عملیات تهیه مذاب توسط کوره زمینی گازی و در بوتۀ ۴۰ کیلوگرمی انجام گرفت. با توجه به اینکه مذاب آلیاژ A356 سیالیت مناسبی دارد و دمای ذوب آن ۶۱۶ درجه سانتی گراد و دمای نهایی انجماد آن ۵۵۶ درجه می باشد دمای ذوب ۶۸۰ درجه سانتی گراد تعیین گردید (به دلیل وجود دامنه انجماد در این آلیاژ انجماد خمیری خواهد بود). به دلیل اینکه در پایان انجماد تیغه های سیلیسیم در قطعه خواهیم داشت بهساز استرانسیم به میزان ۰.۰۵ درصد وزنی به مذاب افزوده شد که عملیات اصلاح سازی انجام شود. همچنین قبل از ذوب ریزی، مذاب توسط قرص دگازور گاززدایی شد. پس از آماده شدن مذاب با شرایط مناسب عملیات ذوب ریزی انجام گرفت و مشخص شد که شرایط فوق برای ریخته - گری این قطعه مناسب می باشد.

۵- سادگی، انجام پذیری، ابتکار و خلاقیت

به دلیل عدم نیاز به ماهیچه در قالبگیری این قطعه و همچنین طراحی مناسب محل قرار گیری سیستم راهگاهی قالبگیری این مدل و ریخته گری آن تقریباً ساده بوده و مقرون به صرفه خواهد بود. با توجه به قالبگیری های انجام شده با این روش و نتیجه بخش بودن عملی آن و همچنین با توجه به شبیه سازی های انجام گرفته مشخص شد که روش ذکر شده بسیار

مناسب و قابل انجام بوده و مشکلی نخواهد داشت. این روش بعلاوه هزینه تمام شده پایین، بهترین روش برای قالبگیری ماشینی در تعداد زیاد و روش قالبگیری دستی برای تعداد کم می باشد. به همین خاطر بهترین روش برای قالبگیری این مدل در تناژ بالا و پایین می باشد.

با تقسیم مدل به سه بخش مختلف و استفاده از سه درجه بجای قالبگیری دو درجه ای مرسوم مشکلات ناشی از ساخت جعبه ماهیچه و همچنین مشکلات شیب گذاری حذف گردید.

۶- برآورد تقریبی هزینه تولید و توجیه اقتصادی طرح

با توجه به کوچک بودن حوضچه بارریزی و کانال بارریز و همچنین حذف تغذیه و با توجه به وزن قطعه تولیدی قیمت برآورد شده بسیار مناسب و در حدود ۸۰۰۰ تومان خواهد بود.

قابل توجه است که به دلیل حذف ماهیچه در قالبگیری و استفاده از ماسه طبیعی هزینه مورد نیاز برای تهیه این موارد حذف شده است.

۷- توجیه زیست محیطی طرح و فرایند تولید

با توجه به این امر که رزین های مورد استفاده برای تهیه ماهیچه اعم از چسب سیلیکات سدیم و رزین گرماسخت شیمیایی بوده و آلوده کننده محیط زیست خواهند بود به وضوح قابل مشاهده است که حذف ماهیچه گذاری در ریخته گری این قطعه مخصوصا در تولید انبوه این مشکل آلودگی را حذف کرده است. همچنین به دلیل استفاده از ماسه طبیعی و عدم استفاده از مواد شیمیایی در آن گازهای حاصل از سوخت این مواد در هنگام ذوب ریزی حذف شده و آلودگی نخواهیم داشت.

حذف تغذیه نیز هدر رفت مذاب و در نتیجه سوخت مورد نیاز برای ذوب این مذاب را حذف کرده و به نوعی صرفه جویی در منابع می باشد.

۸- مراجع:

- [1] a Fardi Ilkhchy, N. Varahraam, and P. Davami, "Evaluation of Pressure Effect on Heat Transfer Coefficient At the Metal- Mold Interface for Casting of a356 Al Alloy," *Iran. J. Mater. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 11–20, 2012.
- [2] S. Viswanathan, V. K. Sikka, and H. D. Brody, "Using solidification parameters to predict porosity distributions in alloy castings," *JOM*, vol. 44, no. 9, pp. 37–40, 1992.

- [3] K. D. Carlson and C. Beckermann, "Prediction of shrinkage pore volume fraction using a dimensionless Niyama criterion," *Metall. Mater. Trans. A Phys. Metall. Mater. Sci.*, vol. 40, no. 1, pp. 163–175, 2009.
- [4] K. D. Carlson and C. Beckermann, "Use of the Niyama Criterion To Predict Shrinkage-Related Leaks in High-Nickel Steel and Nickel-Based Alloy Castings," vol. 0, no. 5, pp. 1–18, 2008.