



## چهارمین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور دانشگاه صنعتی اصفهان

گزارش مرحله مقدماتی چهارمین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور

سوال ریخته‌گری	
IUT CASTING	نام تیم شرکت کننده
دانشگاه صنعتی اصفهان	نام دانشگاه
محمدهادی درافشان	نام سرپرست تیم
09133052931	شماره تلفن همراه
Mh.dorafshan@ma.iut.ac.ir	پست الکترونیک

لطفا در این قسمت چیزی ننویسید.	
2025	کد گروه

1- خلاصه طرح (یک صفحه به علاوه نقشه های مربوطه)

آلیاژ مورد استفاده برای فرآیند ریخته گری در اینجا آلیاژ آلومینیوم A356 است. A356 با ترکیب شیمیایی (Mg%3.0-Si%7-Al) به علت قابلیت ریخته گری بسیار عالی، خواص فیزیکی و مکانیکی مناسب و همچنین اهمیت زیادی که در صنایع خودروسازی صنایع خودروسازی دارد مورد توجه قرار میگیرد.

قالب از دو درجه تشکیل شده و روش ریخته گری آن به روش ماسه CO<sub>2</sub> می باشد (این روش شبیه قالبگیری ماسه تر بوده ولی با این تفاوت که استحکام آن بالاتری دارد. همچنین قطعات بدست آمده از این روش نسبت به روش ماسه تر دارای دقت بهتر و کیفیت سطحی مطلوب تری می باشد.

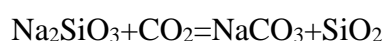
مدل نیز از جنس چوب بوده و دوتکه است که پس از تنظیم ابعاد نهایی (با در نظر گرفتن اضافه انقباضی و شیب) سطح مدل را با سنباده با شماره مختلف و مخصوص، و پوشش دادن بر روی مدل (به منظور بالا بردن عمر مدل و بستن منافذ مدل به و افزایش کیفیت آن) به مدل نهایی مدنظر تبدیل می کنیم، البته در این روش به کاربرده شده مدل به تنهایی استفاده نشده و جعبه ماهیچه (برای ساخت ماهیچه) و ماهیچه نیز در قالبگیری مورد استفاده قرار می گیرد.

پس از ایجاد سیستم راهگاهی و اتمام فرآیند قالب گیری که در ادامه بطور کامل تشریح خواهد شد، شروع به فرایند ذوب ریزی با شرایط آن می کنیم.

## 2- جزئیات طراحی اجزاء مدل و قالب

ریخته‌گری در قالب ماسه CO<sub>2</sub> (دی اکسید کربن) انجام می‌شود:

در این فرآیند، به جای استفاده از خاک (بتونیت، ...) از سیلیکات سدیم به عنوان چسب اصلی جهت استحکام بخشی ماسه‌ها استفاده می‌شود. به طوری که در حالت تر وقتی که چسب سیلیکات سدیم با ماسه مخلوط شد آن را روی مدل ریخته‌گری یا داخل جعبه ماهیچه ریخته و با نیروی کم کوبیده می‌شود تا شکل خود را حفظ کند. سپس گاز CO<sub>2</sub> به درون ماسه تزریق شده و باعث تکمیل واکنش استحکام بخشی ماسه شده و استحکام آن را به مقدار زیادی افزایش می‌دهد.



این واکنش بین ماسه و سیلیکات سدیم (آب شیشه) و CO<sub>2</sub> است.

انتخاب این روش از بین روش‌های موجود در کارگاه ریخته‌گری دانشگاه صنعتی اصفهان با توجه ویژگیهای این روش و برتریهای آن نسبت به سایر روش‌ها بوده است که عبارتند از

- 1- توسط این روش می‌توان قالب و ماهیچه را با سرعت و در عرض چند دقیقه تولید نمود.
- 2- قالب از استحکام بالایی برخوردار بوده و نیازی به پخت ندارد.
- 3- بیشتر قطعاتی که به روشهای دیگر به تجهیزات و درجه‌های مخصوص نیاز دارند، به منظور حذف این تجهیزات انتخاب این روش، انتخاب بسیار مناسبی است.
- 4- روش دی اکسید کربن برای تمام آلیاژهای معمول ریخته‌گری نظیر آلومینیوم، منیزیم و به طور وسیع فولادها، چدن‌ها و آلیاژهای مس مورد استفاده قرار گیرد که در اینجا با توجه به ذوب ریزی آلیاژ آلومینیوم روش مطلوبی می‌باشد.
- 5- قالب و ماهیچه‌های تولید شده در این روش احتیاج به خشک شدن در گرم‌خانه ندارند.
- 6- قالب‌ها و ماهیچه‌های تولیدی با این روش دارای صافی سطح و دقت ابعادی بالایی بوده، لذا کیفیت سطح قطعه نهایی نیز بالا خواهد بود.
- 7- به علت وجود خاک رس خیلی کم در این روش قابلیت عبور گاز در قالب و ماهیچه‌ها بالا است.

## طراحی سیستم های راهگاهی

- 1- حوضچه بارریز
- 2- راهگاه بارریز
- 3- حوضچه پای راهگاه بارریز
- 4- کانال اصلی
- 5- کانال های فرعی

### حوضچه بارریز :

حوضچه های بارریز در آلیاژ های آلومینیم معمولا به شکل مکعب مستطیل می باشند که مانعی در داخل آن تعبیه می شود که این مانع از ورود ناخالصی ها به داخل راهگاه بارریز جلوگیری می کند که این امر باعث می شود فرآیند فیلترینگ در هنگام مذاب ریزی انجام شود و مذاب به صورت تصفیه شده وارد راهگاه بارریز شود

### راهگاه بارریز :

راهگاه بارریز در آلیاژ های آلومینیم معمولا به شکل مخروطی تهیه می شوند تا مانع ورود هوا به داخل قطعه شوند شیب راهگاه های بارریز معمولا دو درصد بوده و نسبت سطح مقطع بالا به پایین 2 به 1 و در بعضی موارد 3 به 1 در نظر گرفته می شود حوضچه پای راهگاه بارریز :

قطر این حوضچه معمولا 1.2 تا 1.3 قطر راهگاه اصلی می باشد حوضچه پای راهگاه باعث می شود فشار مذاب ورودی از راهگاه بارریز کاهش یافته و مذاب با سرعت کمتری وارد کانال ها و راهگاه اصلی شوند و عمق این حوضچه 1.5 تا 2 برابر ارتفاع کانال های اصلی می باشد .

### کانال یا راهگاه اصلی :

معمولا این راهگاه ها را طویل تر در نظر می گیرند تا مذاب از قسمت های مختلف وارد قطعه شود که این امر به علت خاصیت هدایت حرارتی بالای مذاب می باشد و همچنین باعث جلوگیری از انجماد زود رس مذاب می شود و نیز باعث جلوگیری از تمرکز حرارتی مذاب آلومینیم می شود این نکته قابل توجه است که ایجاد تمرکز حرارتی در یک نقطه باعث ایجاد حفرات و مک های گازی در قطعه می شود . شکل راهگاه اصلی معمولا به شکل نیم استوانه بوده اما از اشکال دوزنقه ای نیز استفاده می شود باید توجه داشت که سطح مقطع هر راهگاه اصلی بعد از هر راهگاه فرعی کاهش پیدا می کند که این امر به علت آن انجام می شود که دبی جریان مذاب در تمام قسمت های سیستم راهگاهی یکسان باشد و به شکل یکنواخت مذاب وارد راهگاه های فرعی شود همچنین راهگاه اصلی را در درجه بالا و راهگاه فرعی را در درجه پایین ایجاد نمایند .

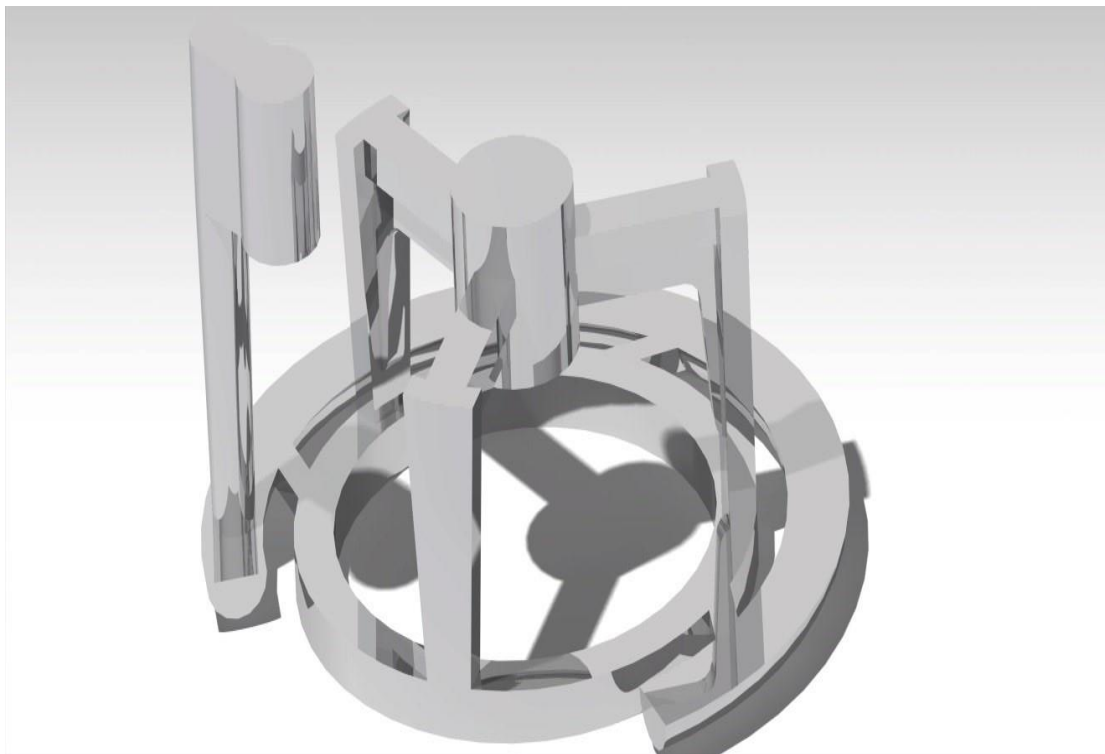
محاسبات راهگاهی:

سیستم راهگاهی به صورت فشاری بوده و محاسبات حاکی از اندازه های زیر می باشد:

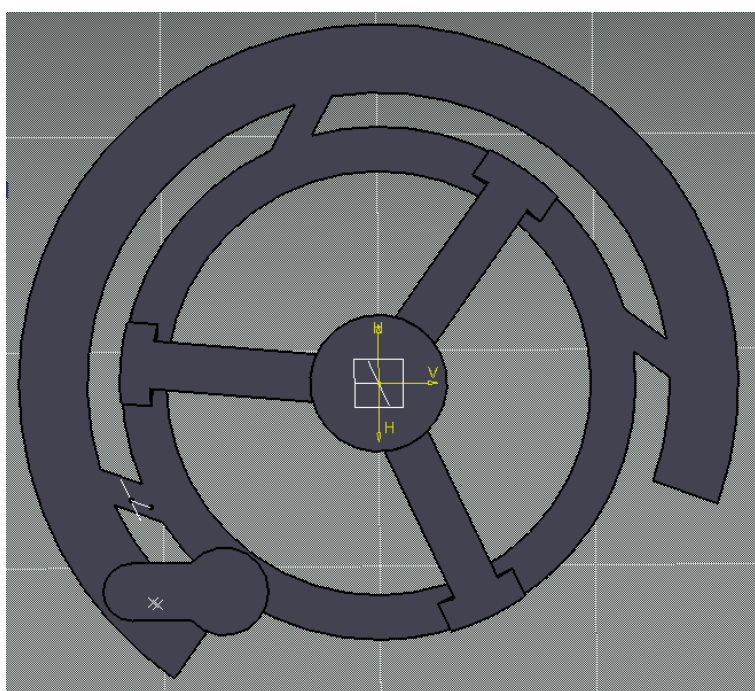
طبق شکل 11 ارتفاع راه گاه باریز حدود 100mm و قطر سطح بالای آن 40mm و قطر سطح پایین آن 25mm می باشد .

طبق شکل 2 قطر راه گاه اصلی حدود 15mm است و قطر راه گاه فرعی حدود 7mm می باشد .

طبق موارد ذکر شده در بالا سیستم راه گاهی مناسب با توجه با چگالی آلومینیوم A356 که برابر است با  $2.713 \text{ gr/cm}^3$  محاسبه شد و در نرم افزار طراحی و نقشه کشی CATIA-V5-R21 طرح مدل و قالب و راهگاه مطابق شکل 1 طراحی گردید.



شکل 1- نمای طراحی شده 3 بعدی از مدل و سیستم راهگاهی



شکل 2- نمای طراحی شده 2 بعدی (نمای بالا) از مدل و سیستم راهگاهی اصلی و فرعی بعد از مشخص شدن جنس نمونه

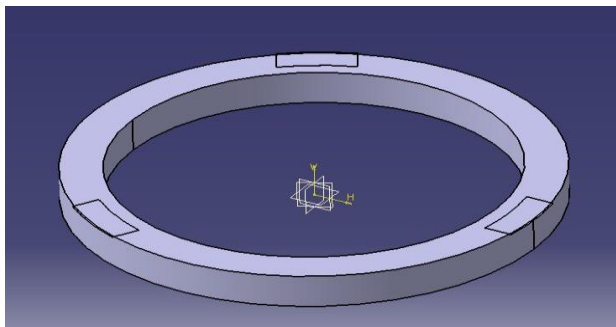
### 3- عملیات مدل‌سازی، قالبگیری و ماهیچه سازی

مدل از دو قسمت + یک ماهیچه تشکیل شده است :

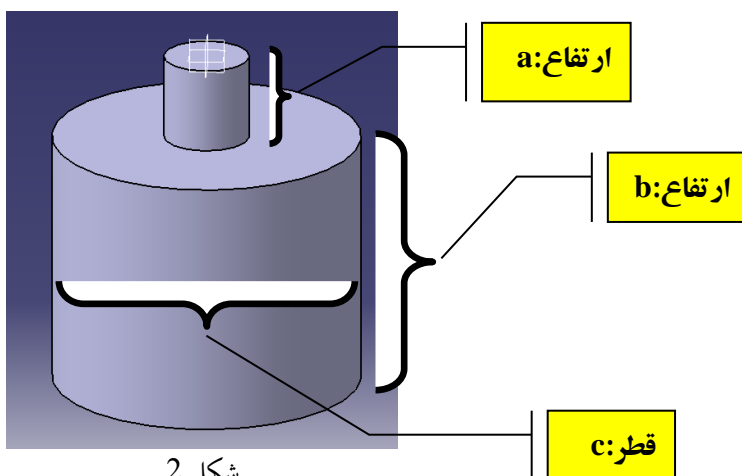
1- قسمت اول- حلقه پایینی (شکل 1)

2- قسمت دوم- دو استوانه، یکی کوچک و دیگری بزرگ که بهم متصل شده اند (شکل 2)

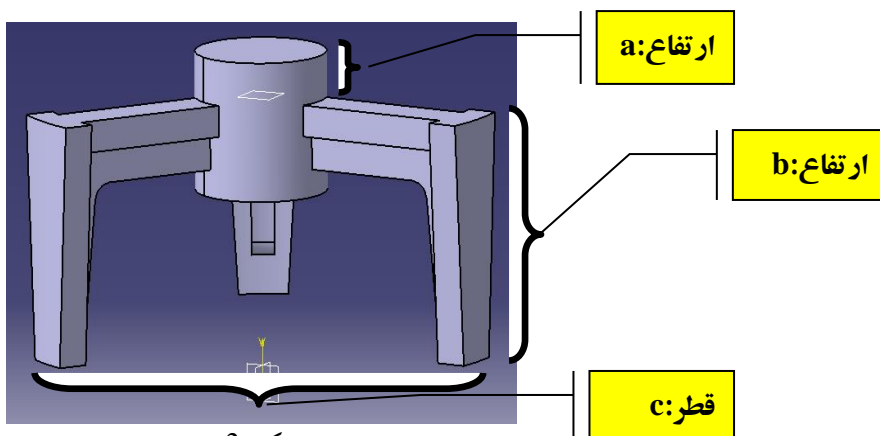
3- قسمت سوم که برای ساخت ماهیچه بکار می رود- استوانه کوچک و سه پایه متصل به آن (شکل 3)



شکل 1



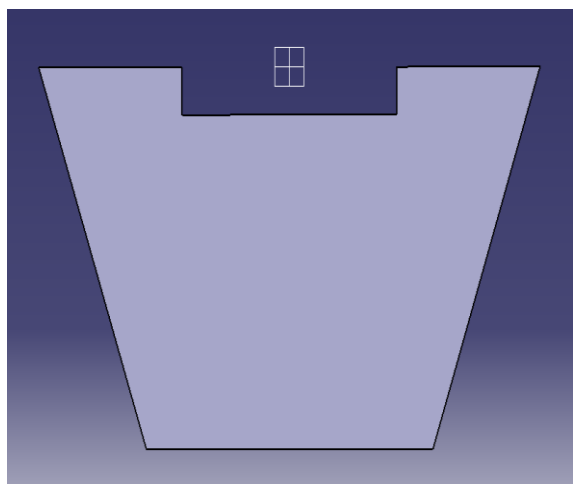
شکل 2



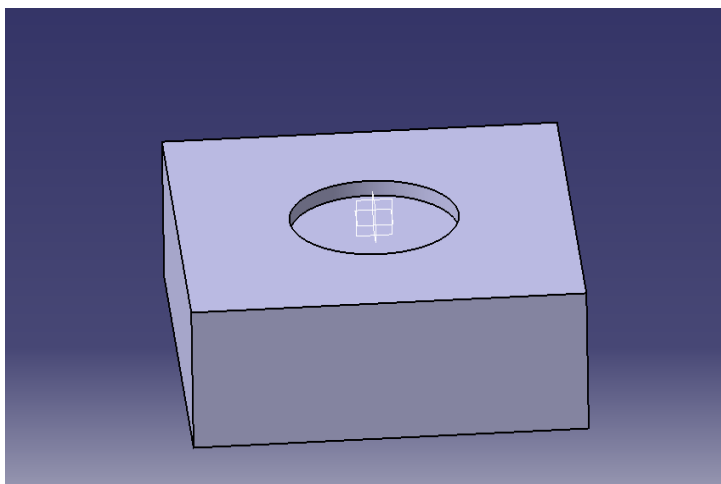
شکل 3

مراحل قالبگیری و ماهیچه سازی:

مرحله 1) ابتدا حلقه پایینی مدل را در درجه پایینی قرار داده و با ماسه CO2 قالبگیری می‌نماییم (مطابق شکل 4) و سپس مدل را از قالب خارج می‌کنیم (مطابق شکل 5)

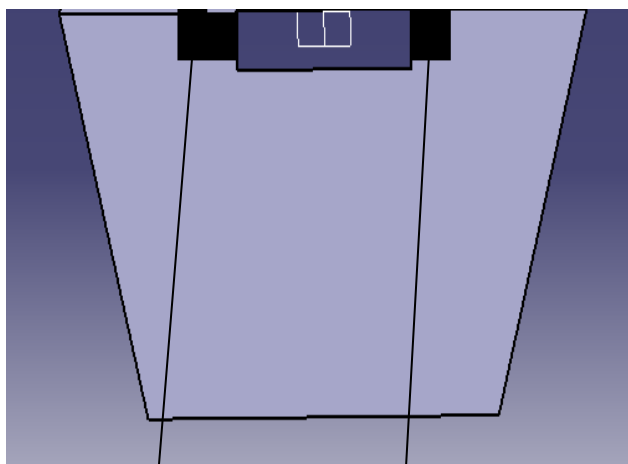


شکل 5

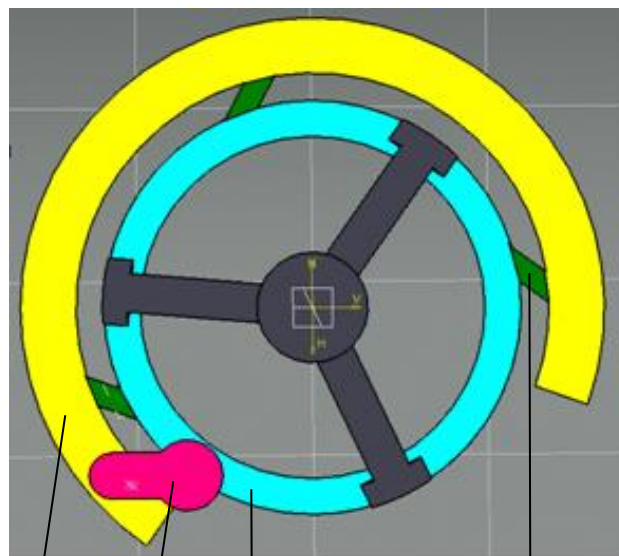


شکل 4

البته در این مرحله آن قسمت از سیستم راهگاهی که مربوط به درجه زیرین است را نیز ایجاد می‌کنیم (مطابق شکل 6 و شکل 7)



شکل 7



شکل 6

سیستم  
راهگاهی

راهگاه اصلی  
(راهبار)

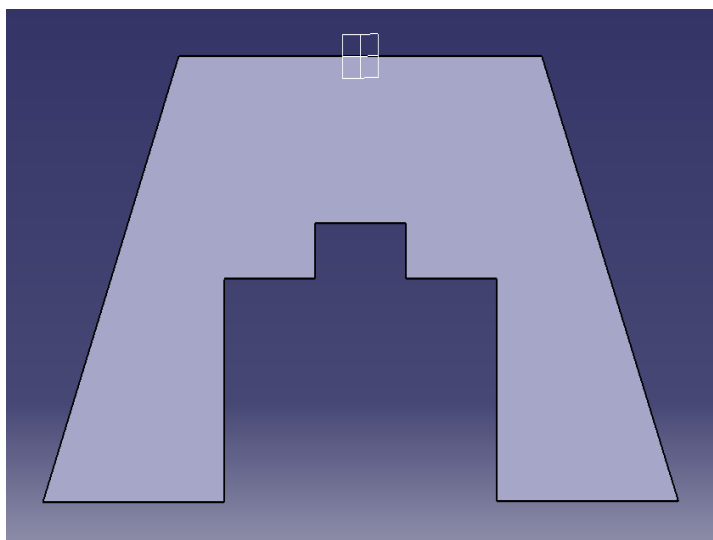
حوضچه بالایی و  
راهگاه بارریز

حلقه قالبگیری  
شده در درجه  
پایینی

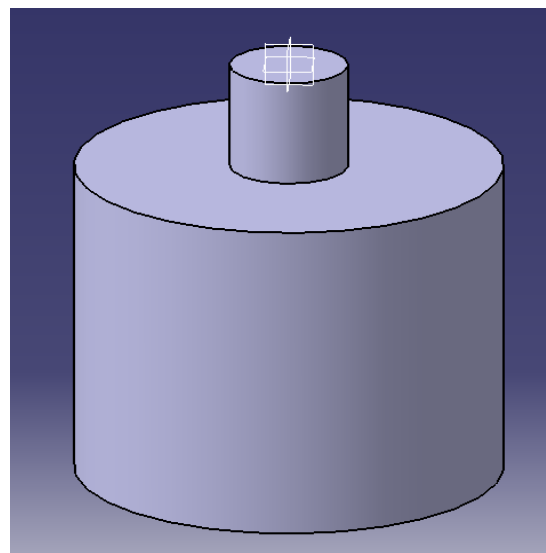
راهگاه فرعی  
(راهبار)



مرحله 2) حال قسمت دوم مدل را در درجه بالایی قالبگیری می‌کنیم (مطابق شکل 8) و پس از قالبگیری مدل را از قالب خارج می‌کنیم (مطابق شکل 9)

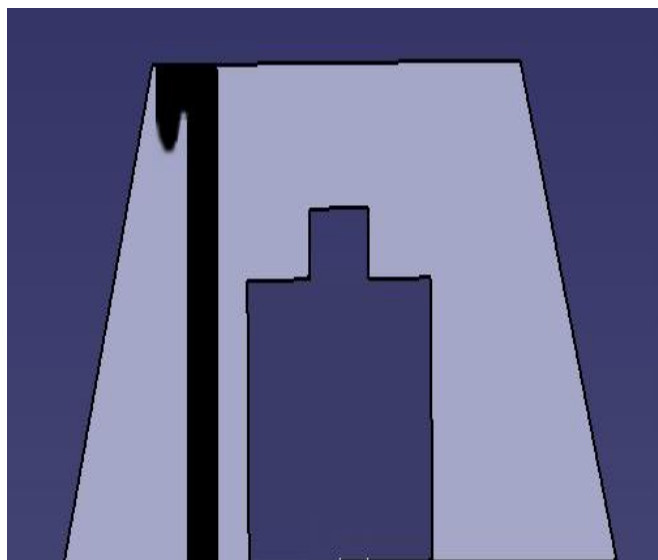


شکل 9

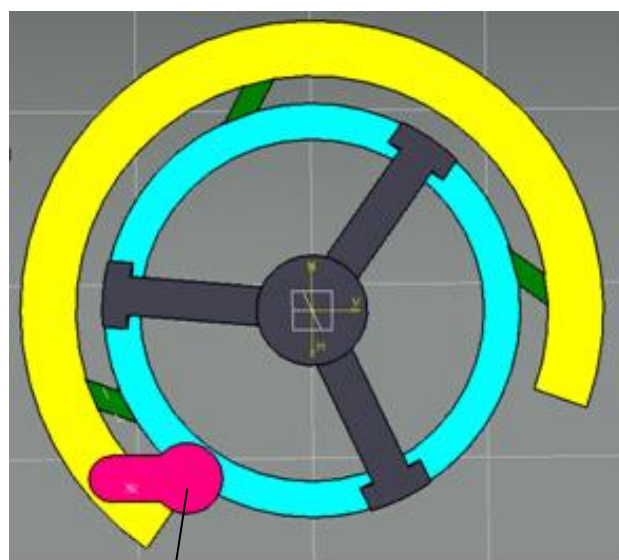


شکل 8

البته در این مرحله آن قسمت از سیستم راهگاهی که مربوط به درجه بالایی است را نیز ایجاد می‌کنیم (مطابق شکل 10 و شکل 11)



شکل 11

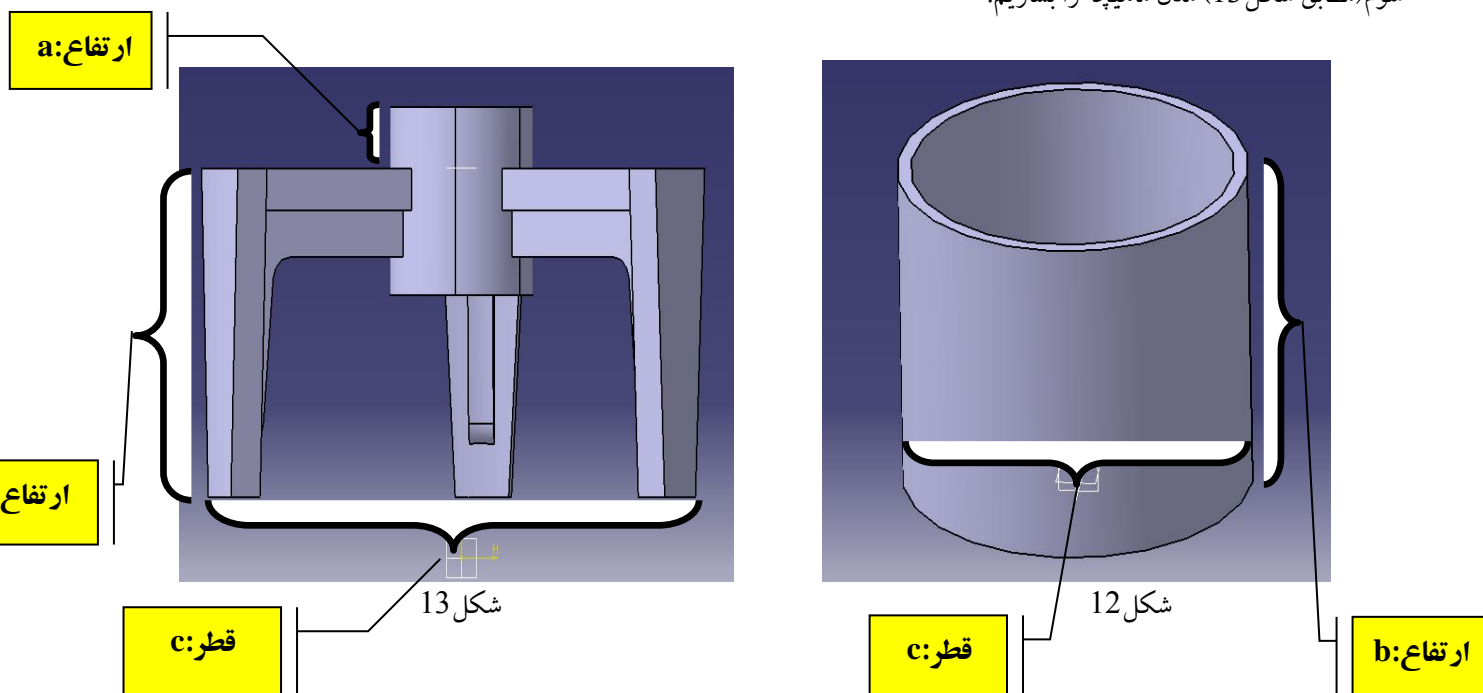


شکل 10

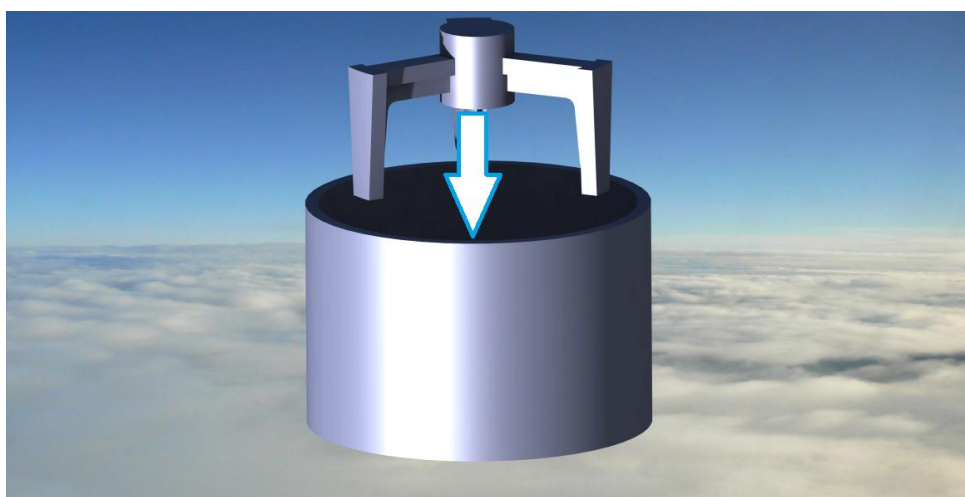
سیستم  
راهگاهی

حوضچه بالایی و  
راهگاه بارریز

مرحله 3) ماهیچه سازی) یک لوله به ارتفاع  $b$  و قطر داخلی  $c$  به عنوان جعبه ماهیچه تهیه می کنیم (مطابق شکل 12) تا با استفاده از قسمت سوم (مطابق شکل 13) مدل ماهیچه را بسازیم.

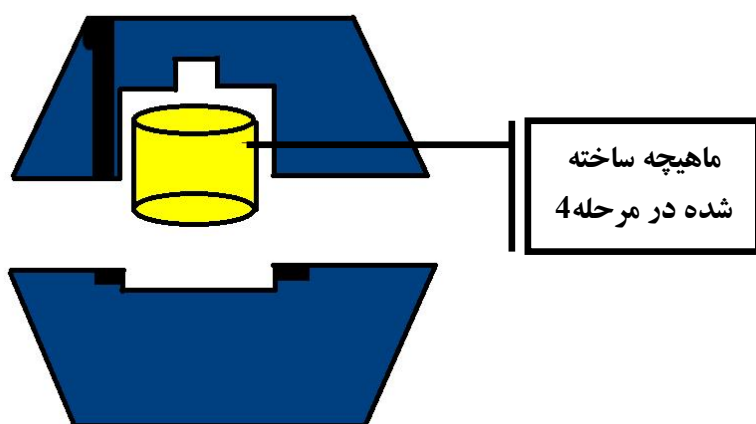


مرحله 4) حال قسمت سوم مدل را (شکل 13) را در لوله (شکل 12) قرار می دهیم و اطراف و زیر آن را به خوبی با با ماسه پر کرده و سپس مدل را از لوله (جعبه ماهیچه) خارج می کنیم و سپس با دمش گاز  $CO_2$  آن را مستحکم می کنیم تا ماهیچه بدست آید (مطابق شکل 14)



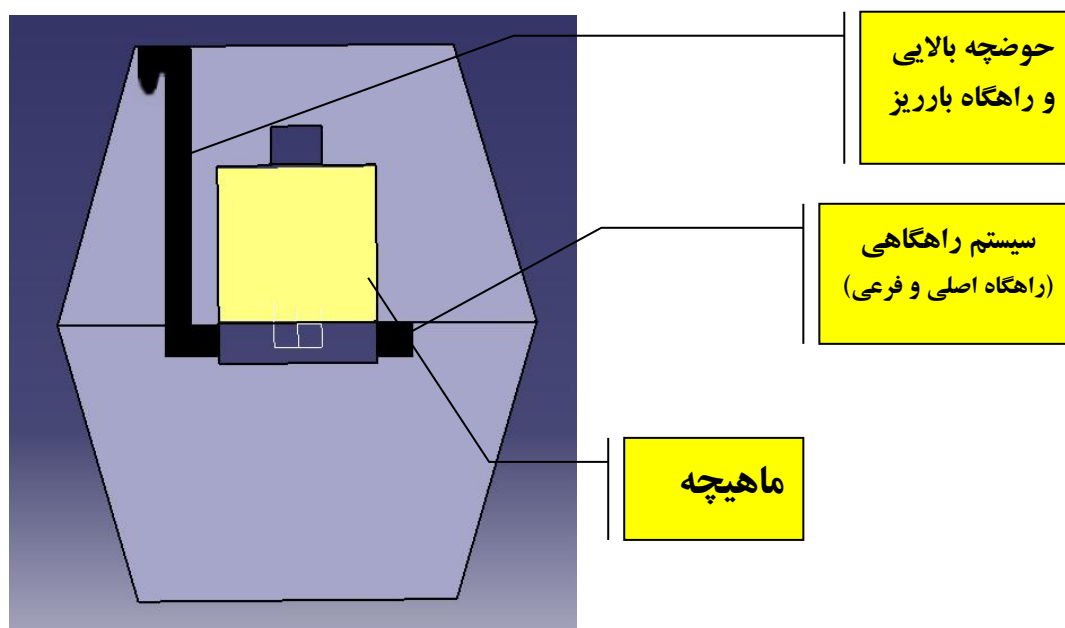
شکل 14

مرحله 5) حال با توجه به آن که بین هریک از دو شاخه مدل یک راهگاه های فرعی قرار دارد، در نتیجه باید در ته ماهیچه و نزدیک به وسط آن یک سری پین (3 پین برای اطمینان از حرکت نکردن و ثابت ماندن ماهیچه) با چوب وجود داشته باشد و جای خالی معادل آن را در درجه پایینی (که جای آن را قبلا ایجاد کرده ایم) وجود داشته باشد (به طوری که وقتی ماهیچه را روی درجه پایینی قرار می دهیم راهگاه های فرعی در جای مد نظر و مطابق شکل 10 قرار بگیرند). حال ماهیچه را در درجه بالایی قرار می دهیم و درجه بالایی را روی درجه پایینی قرار می دهیم و حال با قرار گیری پین ها در جای خود، سیستم های راهگاهی نیز در جاهای مد نظر قرار می گیرند.



شکل 15

در نهایت شکل قالب، سیستم راهگاهی و ماهیچه بصورت زیر خواهد بود:



شکل 16

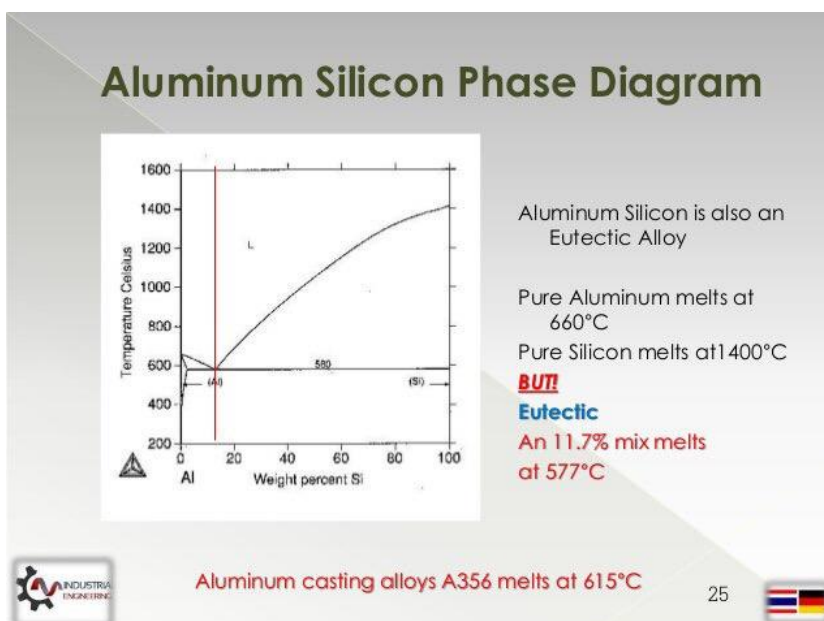
#### 4- شرایط عملیات ذوب و ریخته‌گری

ضریب انتقال حرارت آلومینیوم در دمای محیط برابر  $W/(m^2 K) 205$  و در دمای  $225^\circ C$  به  $W/(m^2 K) 250$  می‌رسد. در حالی که ضریب انتقال حرارت برای مس در دمای محیط برابر  $W/(m^2 K) 401$  و در دمای  $225^\circ C$  به  $W/(m^2 K) 398$  می‌رسد. آلومینیوم خالص در دمای 660 درجه سانتیگراد ذوب می‌شود که این برای ریخته‌گری مناسب نیست و فقط برای کاربردهای الکتریکی استفاده می‌شود (جایی که قابلیت هدایت زیاد ضروری می‌باشد). بیشتر آلیاژهای ریخته‌گری آلومینیوم، سیلیسوم دارند و به عنوان عنصر اصلی آلیاژ با آلومینیوم یک یوتکتیک در  $7.11\% Si$  و دمای  $577^\circ C$  شکل می‌دهد. اضافه کردن  $Si$  خواص قطعه ریخته‌گری را بهبود می‌بخشد. همین‌طور سیالیت، تغذیه، مقاومت پارگی داغ را نیز بهبود می‌بخشد. فاز غنی از سیلیسیوم سخت می‌باشد بنابراین سختی آلیاژ افزایش پیدا می‌کند اما در مقابل داکتیلیتی و قابلیت تراش کاهش پیدا می‌کند. آلیاژ آلومینیوم A356 حاوی  $7\% Si$  و  $0.3\%$  منیزیم به همراه حداکثر  $0.2\% Fe$  و  $0.1\%$  روی می‌باشد. این آلیاژ دارای قابلیت بالای ریخته‌گری و ماشین‌کاری و همچنین مقاوت به خوردگی عالی و قابلیت جوشکاری خوبی می‌باشد. و معمولاً در شرایط عملیات حرارتی شده استفاده می‌گردند.

دمای لیکوئیدوس این آلیاژ  $615^\circ C$  و دمای سالیدوس آن  $555^\circ C$  می‌باشد.

#### دمای ریخته‌گری:

فوق‌گداز برای آلیاژ آلومینیوم A 356 معمولاً حدود 100 درجه در نظر گرفته می‌شود و دمای ریخته‌گری حدود 680 تا 750 درجه سانتی‌گراد [1].



شکل 1- نمودار فازی آلومینیوم-سیلیسیم

[1] Behavior of Aluminum Alloy Castings under Different Pouring Temperatures and Speeds, Mohammad B. NDALIMAN\* and Akpan P. PIUS, Mechanical Engineering Department, Federal University of Technology, Minna, Nigeri

آلیاژ A356	پارامترهای آنالیز حرارتی									
	نوع جوانه زا	مقدار جوانه زای اضافه شده به مذاب	مقدار Ti و B باقیمانده در مذاب	دمای شروع انجماد °C	زمان شروع انجماد (Sec)	دمای پایان انجماد °C	زمان پایان انجماد (Sec)	فراسردی یونکتیک °C	گرمای نهان انجماد (J/gr)	برد انجماد (°C)
	-----	0	---	615.7	18	568.8	216	7.9	215	46.9

جدول 1- پارامترهای حرارتی مربوط به آلیاژ آلومینیوم A356

عملیات قبل از ریختگری آلیاژهای آلومینیوم به ترتیب زیر:

گاززدایی

اصلاح اندازه دانه

#### گاززدایی هیدروژن از مذاب آلومینیوم

هیدروژن یک انحلال بالا در آلومینیوم مذاب دارد که با افزایش دما افزایش می‌یابد. اما قابلیت انحلال در آلومینیوم جامد بسیار کم است. بنابراین هنگامیکه آلیاژ منجمد می‌شود گاز هیدروژن خارج شده و حفره‌های گازی در قطعه شکل می‌دهد. هیدروژن در فلز ذوب شده از منابع متعددی می‌آید اما بیشتر از آب می‌آید: بخار آب در اتمسفر بخار آب از سوخت‌های سوزاننده -سوزها و استری بوت -فلاکس ها -قراضه‌های کثیف یا شارژ روغنی - ابزار ریختگری کثیف

برای کاهش هیدروژن برداشتن نسوزها، بوت‌ها، ابزارها و قراضه‌های روغنی باید پیش‌گرم شوند تا آب حذف شود. شعله‌ها باید کمی اکسید شوند تا از اضافه هیدروژن در تولیدات احتراق جلوگیری شود. دمای ذوب تا جایی که امکان‌پذیر است باید پایین نگه داشته شود از آنجایی که هیدروژن بیشتری در دمای بالاتر حل نشود. هرچقدر هم احتیاط شود باز مقداری هیدروژن می‌ماند.

#### گاززدایی آلیاژهای آلومینیوم

فرایندهای گاززدایی شامل وارد کردن حبابها و گازهای خشک بی اثر در ذوب است که برای کاهش میزان هیدروژن در حدود 0.1g/100ml شود.

### اصلاح اندازه دانه ها و ریز کردن دانه ها در آلیاژهای آلومینیوم (A356)

توجه به ریزدانه کردن آلومینیوم به سال 1930 برمیگردد و به تحقیق Rosenhain که نشان داد که اضافه کردن تیتانیوم به مذاب آلومینیوم قبل از ریخته‌گری باعث ایجاد ساختار دانه‌های هم‌محور بعد از انجماد می‌گردد و سایز دانه‌ها را کاهش می‌دهد [1].

Sicha و Boehm اولین کسانی بودند که نشان دادند ریزدانه کردن تحت تاثیر اضافه کردن تیتانیوم می‌باشد و به طور مشخص باعث بهبود استحکام کششی و ازدیاد طول در آلیاژ ریختگی آلومینیوم می‌شود [1].

آلیاژ A356 با ترکیب شیمیایی (Mg%3.0-Si%7-Al) به علت قابلیت ریخته‌گری بسیار عالی، خواص فیزیکی و مکانیکی مناسب و همچنین اهمیت زیادی که در صنایع خودروسازی صنایع خودروسازی دارد مورد توجه قرار می‌گیرد. جوانه زنی و ریز کردن دانه‌ها، یکی از مراحل مهم در ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیوم است. از مقدار جوانه زای اضافه شده به مذاب، قسمتی از آن به فازهای اکسیدی و بخشی دیگر به فازهای نیترایدی یا هیبریدی تبدیل شده و به سرباره می‌رود و فقط قسمتی از آن در مذاب باقی مانده و عمل جوانه زنی و ریز کردن دانه‌ها را انجام می‌دهد. کیفیت مذاب، نوع شارژ، روش ذوب و مواد کمک ذوب مصرفی، می‌توانند بر میزان ناخالصیهای موجود در مذاب تاثیر گذارده و لذا بر نحوه عملکرد جوانه‌زا و موفقیت جوانه زنی تاثیر می‌گذارد. جوانه‌زها بیشترین اثر را بر روی تحت انجماد یوتکتیک و همچنین دامنه انجماد می‌گذارند، لذا توجه به این دو پارامترها و دقت در محاسبه آنها می‌تواند ما را در تعیین جوانه زای مناسب برای آلیاژهای آلومینیوم یاری کند. در نمونه‌هایی که در آنها عملیات جوانه‌زایی به خوبی صورت نگیرد، مقدار تحت انجماد در صورتی که با افزایش جوانه‌زا به مذاب، موقعیتهای جوانه زنی افزایش یافته و با کاهش میزان تحت انجماد یوتکتیک موجب ریز شدن و هم‌محور شدن دانه‌ها می‌گردند.

دانه‌های ستونی در اثر اضافه کردن جوانه‌زا به دانه‌های هم‌محور تبدیل گردیده و در واقع عملیات جوانه زنی با موفقیت به انجام رسیده است. هرگاه میزان تحت انجماد یوتکتیک کمتر از  $4^{\circ}\text{C}$  گردد جوانه زنی به خوبی صورت می‌گیرد. حال هر کدام از جوانه‌زها که تحت انجماد یوتکتیک را به  $4^{\circ}\text{C}$  نزدیک کنند، عملکرد بهتری دارند. از این نظر جوانه‌زای AL-5Ti-1B را به جهت ایجاد دامنه انجماد کم و در نتیجه آن کاهش خلل و فرج در قطعات و همچنین تحت انجماد یوتکتیک حدود  $4^{\circ}\text{C}$  می‌توان به عنوان مناسبترین جوانه‌زا جهت ریزدانه‌گی آلیاژ A356 معرفی کرد [2].

اصلاح دانه مقاومت به پارگی گرم را بهبود می‌بخشد. تاثیرات مضر تخلخل‌گازی را کاهش می‌دهد (قطعه ریخته‌گری تحت فشار زیاد) و توزیع می‌کند تخلخل انقباضی در آلیاژهای آلومینیوم، اندازه دانه آلیاژهای ریخته‌گی بستگی دارد به تعداد هسته حاضر در فلز مذاب هنگامی که آن شروع می‌کند به منجمد شدن و در میزان تحت تبرید به طور یک سرعت سرد شدن بیشتر دانه‌های کوچک تری به وجود می‌آورد.

تیتانیوم مخصوصا همراه با بور یک تاثیر هسته‌ای قدرتمند دارد و متداول ترین اصلاحگر دانه است. تیتانیوم تنها در اندازه 0.0 تا 15.0 به عنوان یک آمیزان می‌تواند اضافه شود اما تاثیرش کم کم در 40 دقیقه محو می‌شود. اضافه کردن بور با تیتانیوم دانه‌های اصلاح شده تولید می‌کند و محو شدن را کاهش می‌دهد. تیتانیوم بور اضافه شده به عنوان آلیاژ آمیزان یا به عنوان فلاکس [2].

[1]. W. E. Sich and R. C. Boehm: AFS Trans., 1948,56, 398-409

[2] بررسی تاثیر نوع جوانه‌زا بر ریزدانه‌گی و پارامترهای انجماد آلیاژ A356 به کمک آنالیز حرارتی منحنی‌های سرد شدن، نجم‌الدین عرب، صفدر حبیبی، مهدی سودمند، احمد شریفی

### بررسی فرآیند تصفیه در مذاب آلیاژ آلومینیوم:

تصفیه آلومینیوم به عنوان آخرین تکنیک خالص‌سازی مورد استفاده قبل از ریخته‌گری فلز بسیار گسترش یافته است و ضرورت تحقیقات بیشتر بر روی این فرایند احساس می‌شود. خارج کردن ناخالصی‌های جامد سیالیت فلز را بهبود می‌بخشد و در نتیجه قابلیت ریخته‌گری را زیاد می‌کند. بعلاوه، ساختار بدست آمده منجر به خواص مکانیکی مطلوب می‌شود، مثلاً استحکام و انعطاف‌پذیری افزایش و قابلیت شکل‌پذیری و ماشینکاری بهبود می‌یابد [3].

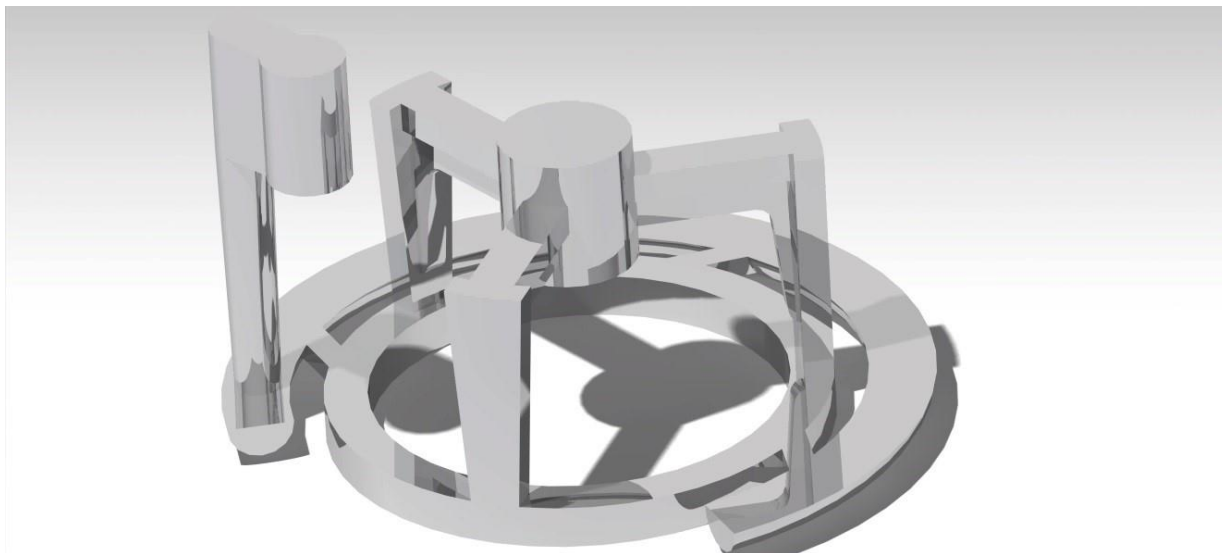
نکته قابل توجه دیگر در حرکت مذاب، عدم تلاطم و جریان آرام سیال، حین پر کردن قالب است. با توجه به آنکه داشتن اطلاعات مربوط به خواص سیلانی مذاب و علی‌الخصوص افت فشار مذاب در سیستم فیلتر، جهت پیش بینی رفتار مذاب و سرعت خروجی مذاب از سیستم فیلتر مفید می‌باشد، تاثیر فیلتر در کاهش نرخ جریان و چگونگی حضور فیلتر در داخل سیستم راهگاهی سوال برانگیز بوده است. در بخشی از تحقیقاتی که توسط آقای دکتر حبیب‌اله‌زاده و پروفسور جان کمپل انجام شده است، چگونگی سیلان آلیاژهای آلومینیوم-سیلیس در داخل سیستم خاصی از فیلتر، شامل ورودی و خروجی مذاب، تله حباب‌گیر و فیلتر سرامیکی-اسفنجی با تخلخل 20 ppi و با بکارگیری دستگاه فیلمبرداری با اشعه ایکس مطالعه گردیده است. عدد رینولدز بدست آمده در این پژوهش حدوداً صد برابر کمتر از عدد مورد نیاز برای حضور جریان آشسته بوده و حاکی از جریانی بسیار آرام و لایه‌ای در فیلتر می‌باشد. در خارج از فیلتر نیز، عدد رینولدز بدست آمده، دلالت بر حضور جریانی نسبتاً لایه‌ای دارد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که: سیستم فیلتر صحیح می‌تواند براحتی شدت جریان‌های متلاطم مذاب را تخفیف بخشد، و باعث افت فشار در جریان مذاب بدلیل تبرید و اصطکاک فیلتر شود و در نتیجه میزان عیوب ریخته‌گری را در قطعه کاهش دهد؛ اما باید به این نکته نیز توجه کرد که میزان افت فشار و کاهش شدت جریان باعث عیب نیامد در قطعه نشود [3].

[3] شبیه‌سازی و بررسی سیلان مذاب درون فیلتر"، دکتر علی حبیب‌اله‌زاده- جان کمپل، نشریه ریخته‌گری، انتشارات جامعه ریخته‌گران

ایران، شماره ۷۰



بررسی شرایط ریخته‌گری نمونه:

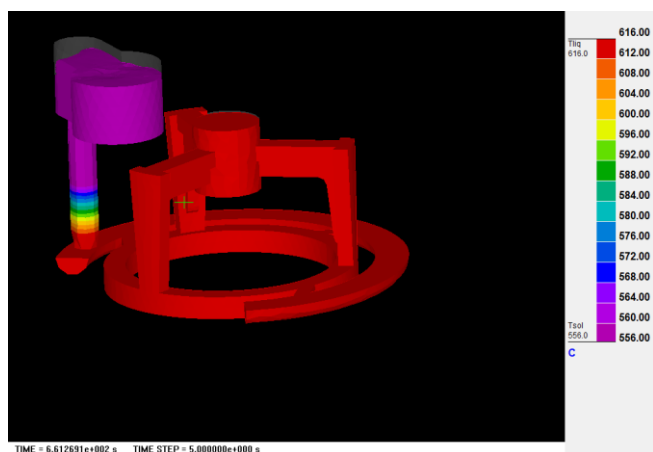


شکل 2- نمای روبرو مدل طراحی شده بعد از مشخص شدن جنس نمونه

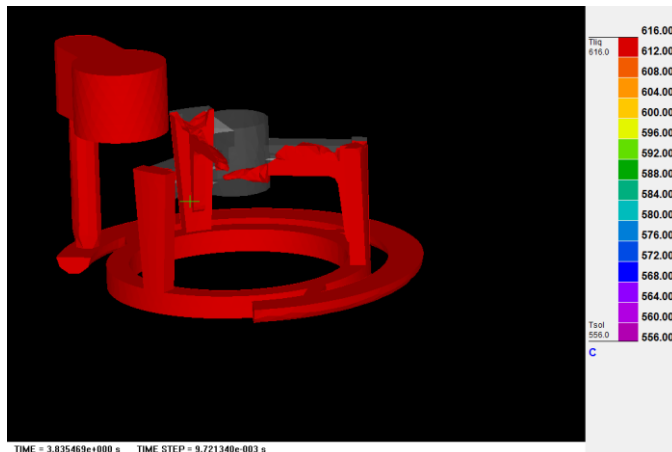
مدل طراحی شده در نرم افزار کتیا به نرم افزار شبیه سازی PROCAST-v2009.1 انتقال داده شد. بعد از تولید المان ها بر روی مدل در محیط Meshcast در محیط Precast خصوصیات مواد و فصل مشترک حرارتی و شرایط مرزی تعیین شد و پارامترهای تحلیل طبق Gravity Filling وارد نرم افزار گردید. سپس نتایج در محیط Viewcast نتایج استخراج گردید.

- 1- شکل های زیر زیر تصویر شبیه سازی شده پس از پر کردن مدل از مذاب و ادامه پیدا کردن انجماد را نشان می دهد. محدوده رنگ های نشان داده شده بین دو دمای لیکویدوس و سالیدوس می باشند. با توجه به شکل 4 نتیجه می شود که انجماد از حوضچه بارریز شروع شده است که باعث می شود طی کامل شدن مراحل انجماد، مذاب به قسمت های استوانه بالایی نمی رسد در نتیجه انقباض ایجاد شده جبران نمی گردد(شکل 9).

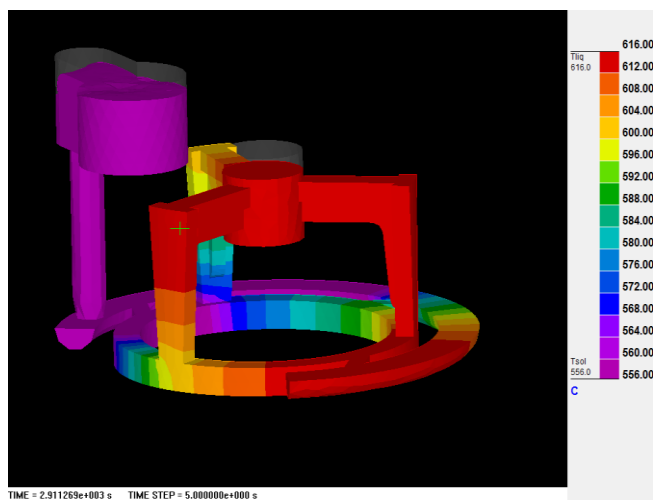




شکل 4



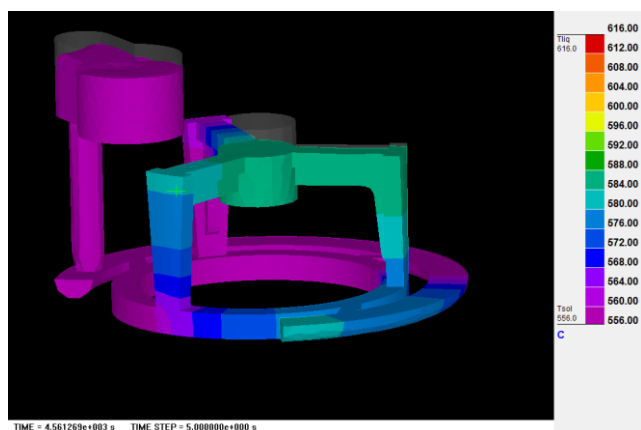
شکل 3



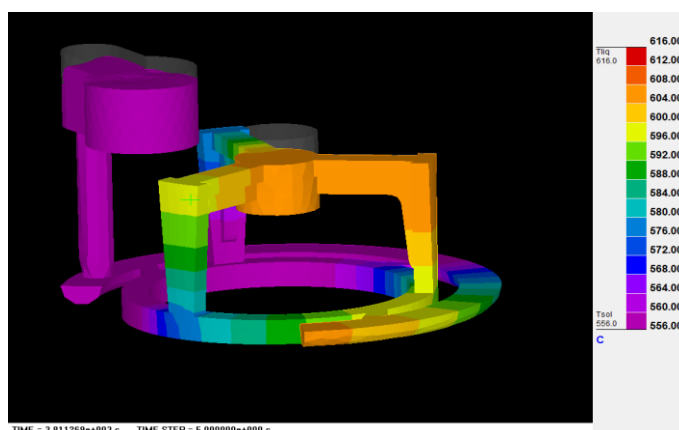
شکل 6



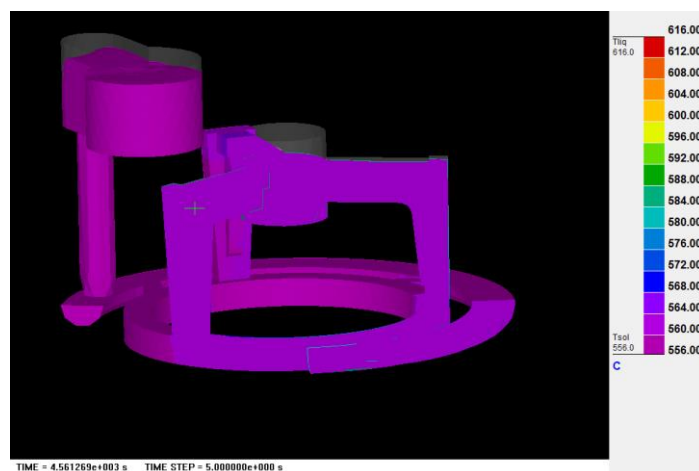
شکل 5



شکل 8



شکل 7



شکل 9

2- بر اساس این نتیجه برای حل کردن مشکل ایجاد شده یک راه حل پیشنهاد می گردد:

استفاده از تغذیه: با توجه به مدول محاسبه شده برای قطعه (البته به جز سیستم راهگاهی)

با توجه به اطلاعات geometry check در محیط Precast نرم افزار پروکست مساحت و حجم کل منهای سیستم راهگاهی (مساحت و حجم قطعه) بصورت زیر بدست آمده است.

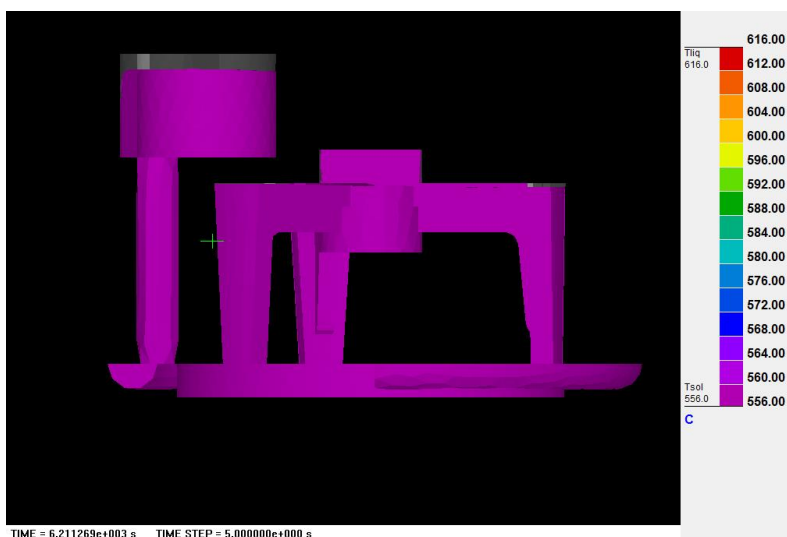
$$M = \frac{V}{A} = \frac{191025.3 \text{ mm}^3}{50734.37 \text{ mm}^2} > 1$$

با توجه به اینکه مدول محاسبه شده برای قطعه بیشتر از 1 است، در نتیجه می توان با تغذیه گذاری این مشکل را برطرف کرد.

با استفاده از تغذیه بر روی بلند ترین جای قطعه یعنی استوانه کوچک (که در بالای مدل قرار گرفته است) می توان پر نشدن استوانه

کوچک بالایی به دلیل انقباض و نرسیدن مذاب را جبران کرد. که نتیجه شبیه سازی نیز این مطلب را تایید می کند و استوانه بالایی مدل

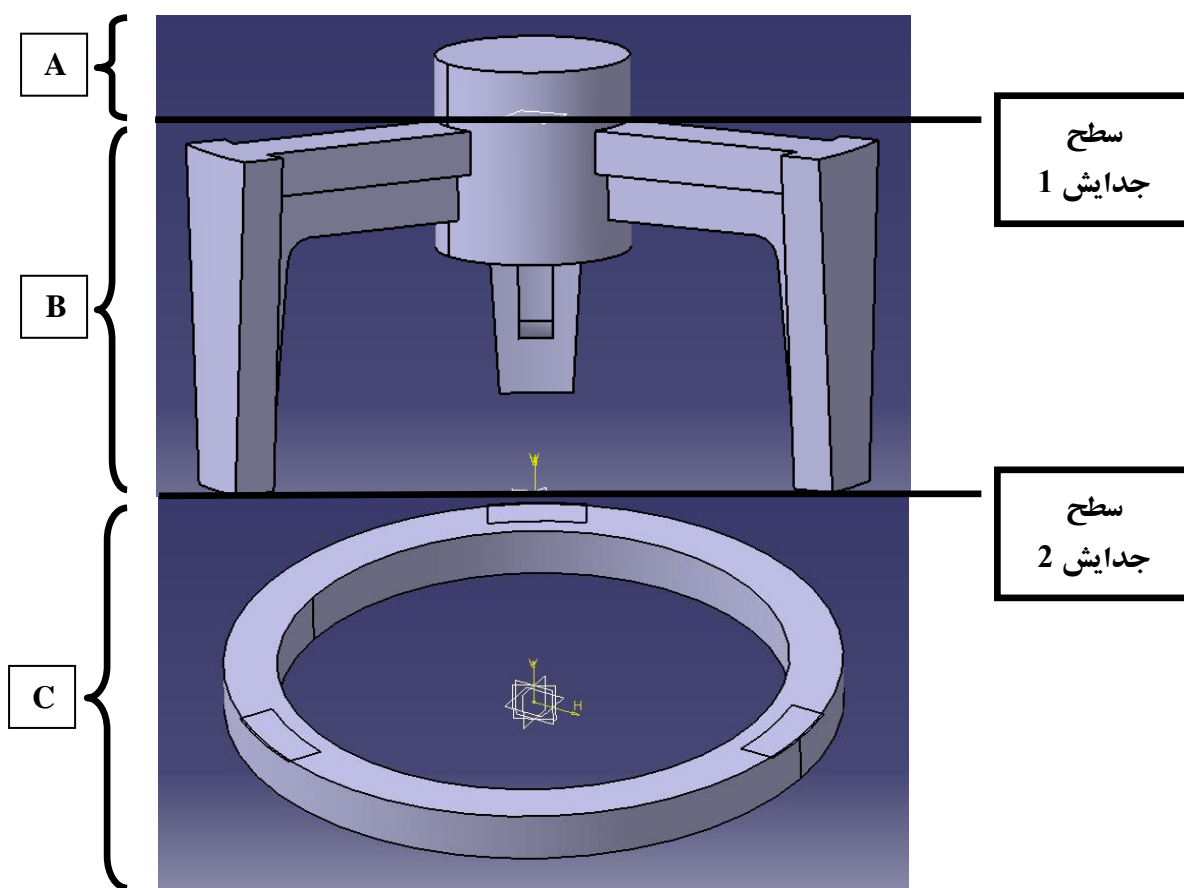
پر می شود. (طبق شکل 10)



شکل 10

5- سادگی، انجام پذیری، ابتکار و خلاقیت (حداکثر 2 صفحه)

در روش کلی قالبگیری یک سطح جدایش بکار گرفته شده که روند انجام کار و قالبگیری بسیار راحت می نماید. روش های ریخته گری دیگری (مطابق شکل 1) نیز می توان استفاده کرد ، جمله استفاده از مدل سه تکه، دو سطح جدایش و بدون ساخت ماهیچه که در نتیجه باید با دو درجه قالبگیری کرد که باید قسمت های A,B در درجه بالایی و قسمت C در درجه پایینی قالبگیری شود که در نتیجه یکی از سطح جدایش ها باید درون قالب باشد (سطح جدایش 1) و سطح جدایش دیگر (سطح جدایش 2) بین دو درجه بالایی و پایینی قرار بگیرد و یا اینکه باید با سه درجه قالبگیری انجام شود به طوری که هر کدام از سه قسمت A,B,C در یک درجه قالبگیری شوند که در کل با توجه به اینکه خروج مدل در این روش بسیار سخت است و لذا فرآیند بسیار دشوار است و در نهایت مشکل تخریب قسمتی از قالب را هم به همراه دارد.



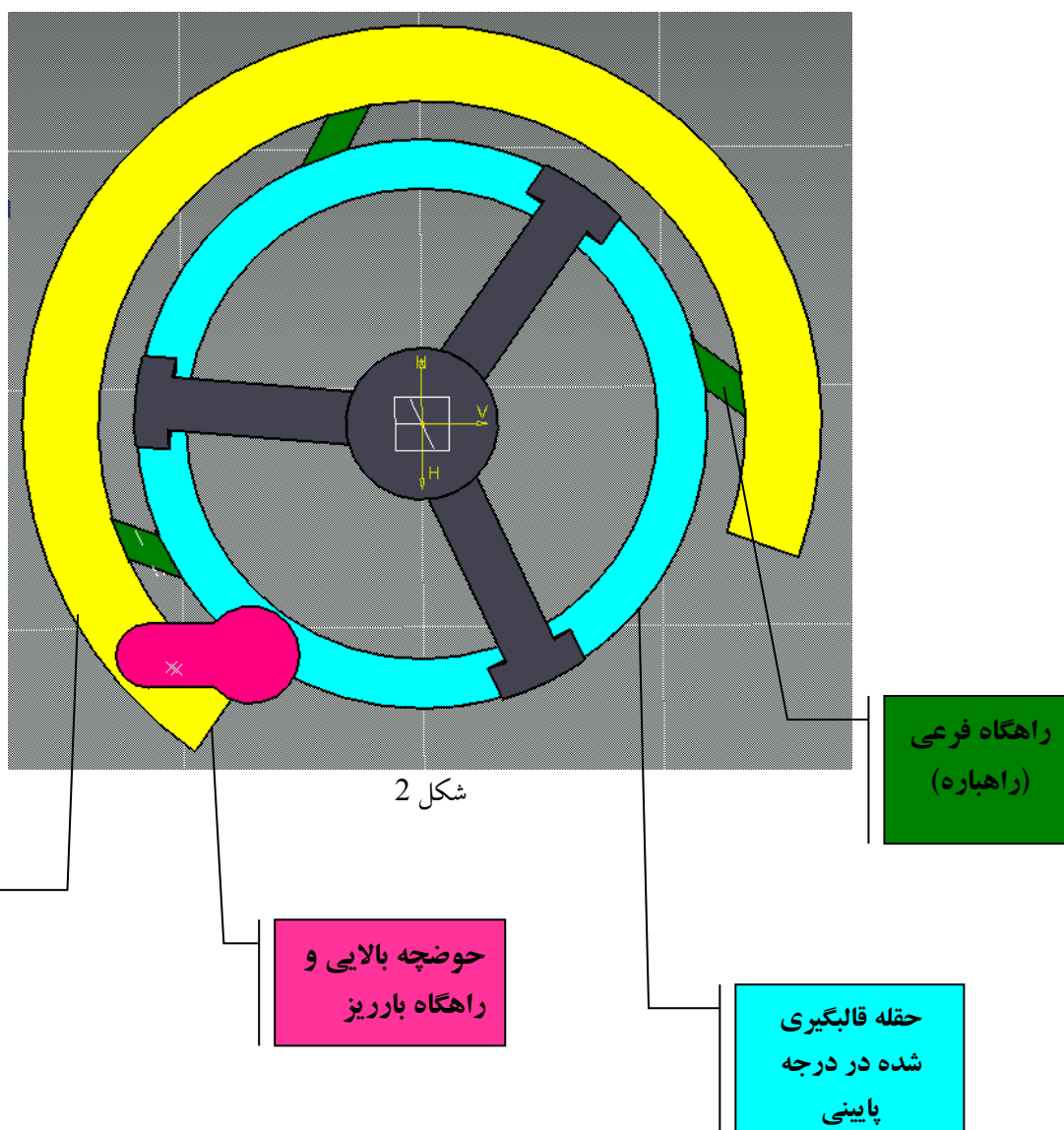
شکل 1

ولی طرح بکار گرفته شده (استفاده از یک سطح جدایش و بکار گیری ماهیچه) نسبت به روش های دیگر بسیار ساده تر است و علاوه بر سادگی روش و خروج مدل از قالب (بدون آسیب به آن)، فرآیند ماهیچه سازی بسیار آسانی را نیز به همراه دارد. همچنین به کار بردن ماهیچه به جای درآوردن مدل (قسمت B در روش بالا و شکل 1) باعث افزایش کیفیت سطحی آن قسمت از سه بازوی قطعه می شود.

در راستای ابتکار و خلاقیت به کار گیری 1- مدل 2 تکه و ماهیچه به جای مدل سه تکه (روش عام) و همچنین 2- سیستم راهگاهی می توان اشاره کرد

با توجه به شکل زیر راهگاه اصلی یا راهباره به جای شکل L مانند، شکل حقه مانند (قسمت زرد رنگ شکل 2) استفاده شده تا با نزدیک تر بودن به حقله پایین و گرم تر نگه داشتن آن به انجماد جهت دار کمک نماید و همچنین مذاب رسانی از راهگاه اصلی به فرعی زود تر انجام شده و احتمال منجمد شدن راهگاه فرعی کاهش می یابد

همچنین راهگاه های فرعی به جای حالت عمود بر قطعه حالت مورب داشته (قسمت سبز رنگ شکل 2) که با توجه به جهت حرکت مذاب و همچنین جهت راهگاه فرعی (نسبت به حالت عمود) مذاب با سرعت کمتر و اغتشاش کمتر وارد شده و هم اینکه مذاب رسانی بهتر انجام می شود.



6- برآورد تقریبی هزینه تولید و توجیه اقتصادی طرح (حداکثر 1 صفحه)

در ساخت مدل های فلزی با توجه به بحث هزینه برای جنس مدل که نسبت به چوب هزینه بر تر است، همچنین هزینه تراش و یا CNC مدل نیز مد نظر است که مدل چوبی، هم با توجه به جنس آن و هم با توجه به ابزار آلاتی ساده برای تراش و بدست آوردن ابعاد دقیق مثل سنباده در مقابل تراش مدل فلزی با دستگاه بسیار در کاهش هزینه موثر است.

همچنین استفاده از ماسه  $CO_2$  روشی بسیار ارزان در بین روش های دقیق است و همچنین با توجه به اهمیت دقت و کیفیت نهایی قطعه نسبت به روش های ارزان تر مثل ماسه تر، از دقت و کیفیت بالایی برخوردار است. پس در نتیجه این روش هم در جهت کاهش هزینه و هم در جهت کیفیت نهایی قطعه روش مطلوبی می باشد.

همچنین استفاده از این چسب و اجرای روش قالبگیری نیاز به افراد متخصص و وسایل پیشرفته ندارد.

و قالب و ماهیچه های تولید شده در این روش احتیاج به خشک شدن در گرم خانه ندارند و از لحاظ صرفه جویی در انرژی و هزینه نیز مناسب است.

چون این چسب به راحتی در آب حل می شود لذا استفاده مجدد ماسه های مصرفی ممکن خواهد بود و باز هم در کاهش هزینه ها می تواند مفید باشد.

7- توجیه زیست محیطی طرح و فرایند تولید (حداکثر 1 صفحه)

با توجه به این که مدل چوبی است ساخت آن از نظر زیست محیطی بدون خطر است.

همچنین روش تهیه مذاب با کوره موفلی بوده که با برق است و نسبت به کوره شعله ای که با سوخت فسیلی است هم آلودگی بسیار بسیار کمتری (در حد صفر) دارد و هم مذاب ایجاد شده مذاب تمیز و تقریباً عاری از اخال و الودگی می باشد.

همچنین روش ریخته گری با توجه به اینکه ماسه  $CO_2$  است از نظر محیط زیست و سلامتی افراد این روش بر سایر چسبهای شیمیایی برتری دارد زیرا چسب سیلیکات سدیم غیر سمی، بی بو و غیر قابل احتراق است.