



اولین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور

دانشگاه صنعتی اصفهان

۱

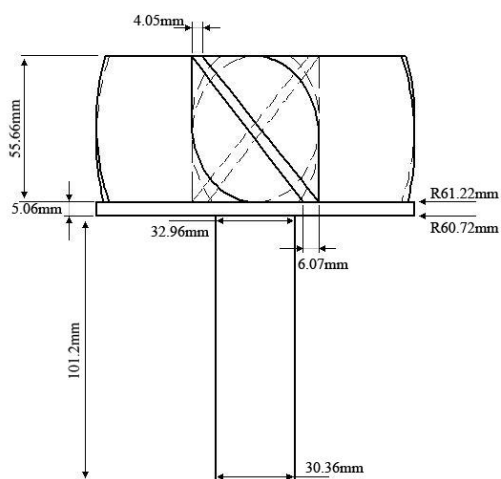
گزارش مرحله مقدماتی اولین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور

شماره سوال	۲
نام تیم شرکت کننده	IUST
نام دانشگاه	دانشگاه علم و صنعت ایران
نام سرپرست تیم	محسن طوفانی نژاد
شماره تلفن همراه	۰۹۱۲۴۸۳۳۵۹۹
پست الکترونیک	mohsentoofaninejad@yahoo.com

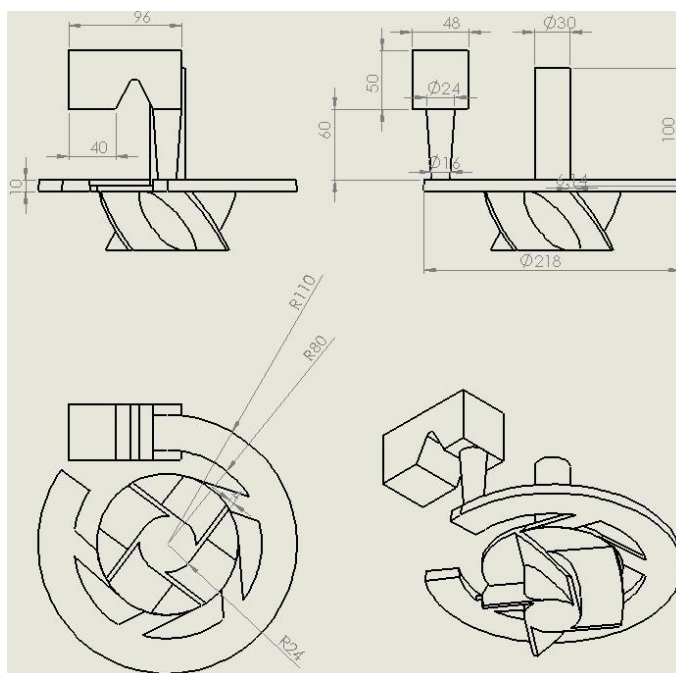
لطفا در این قسمت چیزی ننویسید.

کد گروه	CODE 1006
---------	-----------

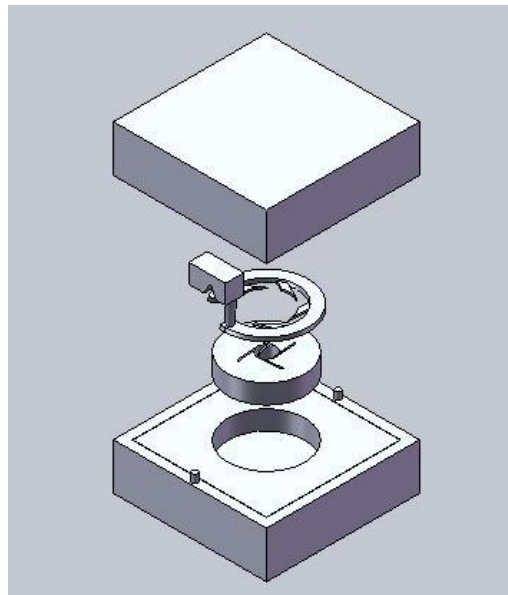
۱- خلاصه طرح (یک صفحه به علاوه نقشه های مربوطه)



نقشه مدل با شیب و انقباض

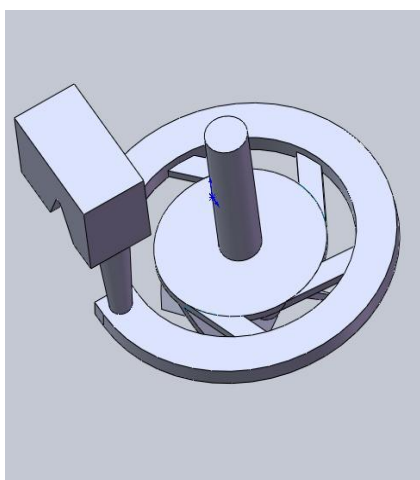


نقشه سه نمای مدل و سیستم راهگاہی

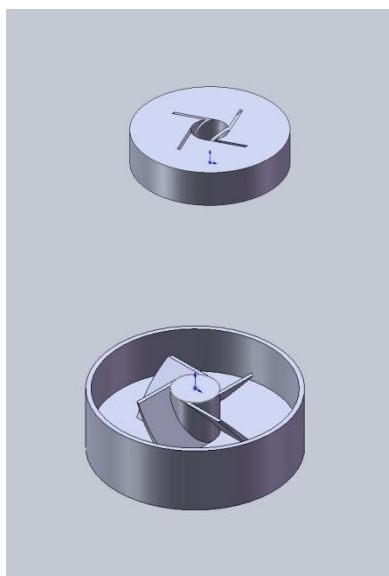


نمای کلی قالب

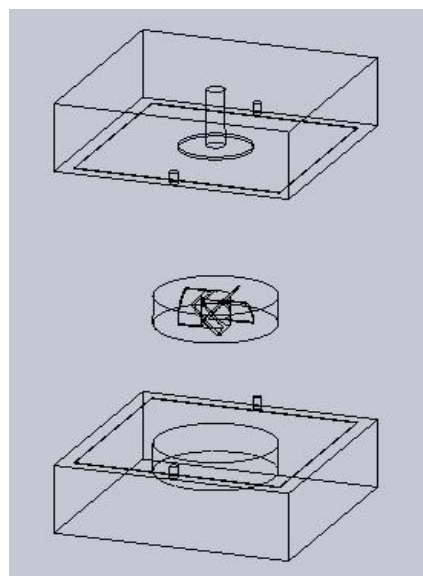
مدل پره و سیستم راهگاهی و جعبه ماهیچه به شکل زیر است، مدل و جعبه ماهیچه ابتدا از جنس چوب ساخته می شود، و بعد مدل فلزی از آن تهیه می گردد. قالب و ماهیچه از جنس ماسه سیلیسی مصنوعی با ۳ تا ۵ درصد چسب سیلیکات سدیم، که توسط گاز  $CO_2$  استحکامدهی شده است.



مدل و سیستم راهگاهی



جعبه ماهیچه و ماهیچه



محفظه قالب

برای گاز زدایی از قرص گاز زدا که به وسیله پلانجر داخل کوره وارد می کنیم، استفاده می کنیم و جوانه را قبل از ریختن مذاب به قالب اضافه می کنیم. همچنین قبل از ریختن سرباره گیری می نماییم.

دمای بارریزی با توجه به منابع<sup>۱</sup> برای آلیاژ  $Al\ 356\ A$  ۶۸۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد. سرعت پرشدن در حقیقت توسط تنگه در سیستم راهگاهی کنترل می گردد ولی سرعت بارریزی از بوته، باید در حدی باشد که جریان مذاب در سیستم راهگاهی را به حد اشباع تنگه برساند.

1- ASM Metals Handbook, 10<sup>th</sup> Ed., Vol. 2

## ۲- جزئیات طراحی اجزاء مدل و قالب (حداکثر ۳ صفحه به علاوه نقشه ها، تصاویر و نمودارهای مورد نیاز)

برای محاسبه سیستم راهگاهی، با در نظر گرفتن وزن قطعه و وزن تقریبی سیستم راهگاهی زمان پر شدن قالب محاسبه می شود.

$$\text{وزن کل پره} = 679.09 \text{ gr}$$

$$\text{وزن قطعه در درجه پایینی} = 342 \text{ gr}$$

$$\text{وزن قطعه در درجه بالایی} = 338 \text{ gr}$$

$$\text{وزن حدودی حوضچه بار ریز} = 376 \text{ gr}$$

$$\text{وزن حدودی راهبار} = 382 \text{ gr}$$

$$\text{وزن حدودی راهباره} = 54 \text{ gr}$$

$$\text{وزن تقریبی قطعه و راهگاه} = 1600 \text{ gr}$$

$$t = k\sqrt{W}^1$$

$$t = 1.4 \times \sqrt{3.52} \cong 3 \text{ s}$$

$$t = \frac{1}{\rho \cdot A \cdot \mu \cdot \sqrt{2g}} \left[ \frac{W_D}{\sqrt{H}} + 3/2 \frac{W_C \cdot H_C}{\sqrt{H^3} - \sqrt{(H-H_C)^3}} \right] \rho^2$$

$$\rho = 2.65 \text{ gr/cm}^3$$

$$\mu = 0.88^3$$

$$W_D = 342 \text{ gr} \text{ (وزن قسمتی از قطعه و راهگاه که در پایین تنگه قرار دارد)}$$

$$W_C = 1212 \text{ gr} \text{ (وزن قسمتی از قطعه و راهگاه که در بالای تنگه قرار دارد)}$$

$$H = 110 \text{ mm} \text{ (وزن قسمتی از قطعه و راهگاه که پایین تنگه قرار دارد)}$$

$$H_C = 15 \text{ mm} \text{ (ارتفاع محفظه قالب در بالای تنگه)}$$

۱- نگرشی نوین بر طراحی سیستمهای راهگاهی - م.ع. بوتربی - جدول (۵-۳)

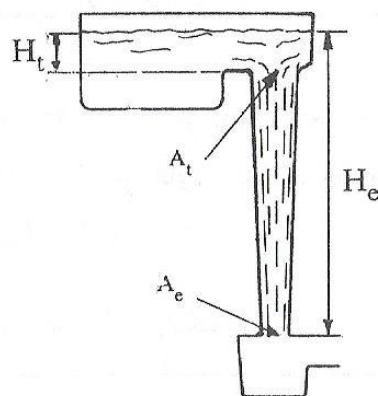
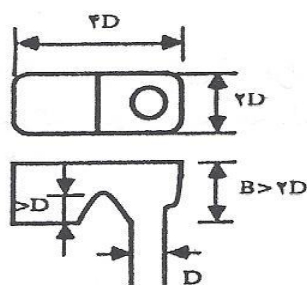
۲- نگرشی نوین بر طراحی سیستمهای راهگاهی - م.ع. بوتربی - فرمول (۱۱-۵)

۳- نگرشی نوین بر طراحی سیستمهای راهگاهی - م.ع. بوتربی - جدول (۵-۴)

$$3 = \frac{1}{2.65 \times 10^6 \times A \times 0.88 \times 10^{-6} \times \sqrt{2 \times 9.81}} \left[ \frac{342}{\sqrt{11 \times 10^{-2}}} + \frac{3}{2} \frac{1215 \times 95 \times 10^{-3}}{\sqrt{(11 \times 10^{-2})^3} - \sqrt{(15 \times 10^{-3})^3}} \right]$$

$$A = 194 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{مساحت تنگه}$$

$$A = 194 \text{ mm}^2 \rightarrow d = 15.72 \text{ mm} \cong 16 \text{ mm} \quad \text{قطر قاعده پایینی راهگاه}$$



ابعاد حوضچه بار ریز با توجه به قطر بالایی راهگاه

$$H_e = \text{ارتفاع مذاب در بالای تنگه}$$

$$H_t = \text{ارتفاع مذاب در حوضچه بار ریز}$$

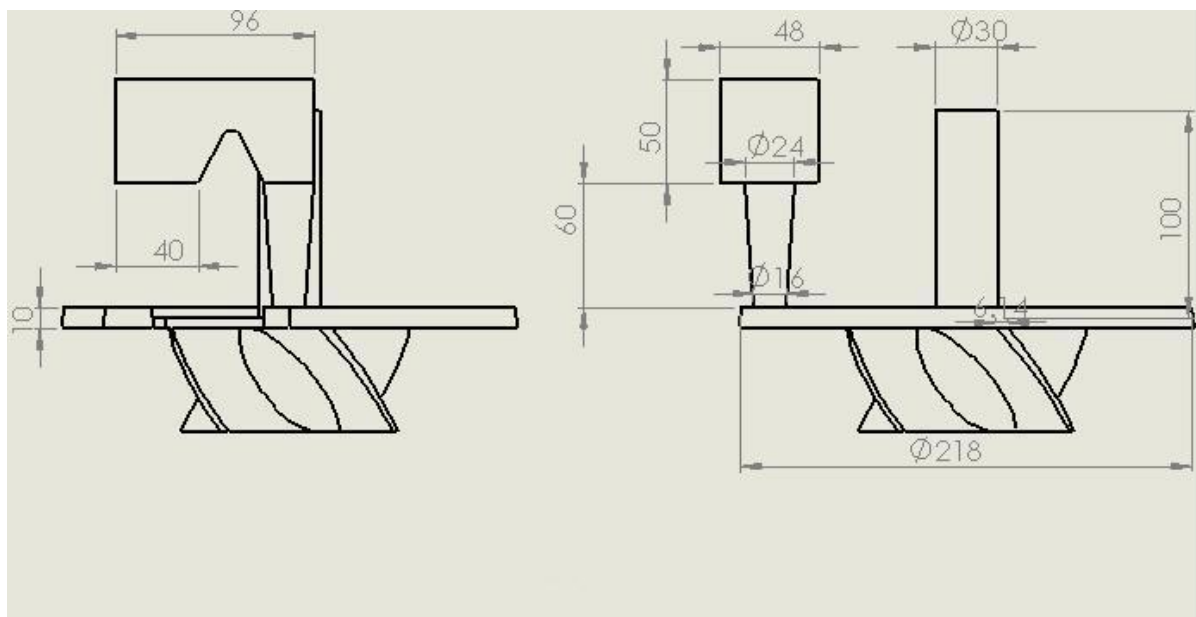
$$\frac{H_e}{H_t} = \left( \frac{A_t}{A_e} \right)^2 \rightarrow \frac{11}{2} = \left( \frac{A_t}{194} \right)^2 \rightarrow A_t = 455 \text{ mm}^2 \rightarrow d_t = 24 \text{ mm}$$

با توجه به محاسبات بالا ابعاد راهگاه مشخص می شود، با توجه به منابع و شکل زیر ابعاد حوضچه نیز معلوم می شود.

برای سهولت در خارج نمودن مدل از قالب طبق شکل مدل، شیب های مورد نیاز طبق منابع<sup>۱</sup> در طراحی مدل لحاظ می شود.

برای محاسبه انقباض طبق استاندارد DIN1511 برای آلیاژهای آلومینیوم سیلیسیم، مقدار ۱/۲٪ تا ۱/۶٪ انقباض طولی در طراحی مدل لحاظ شد<sup>۱</sup>.

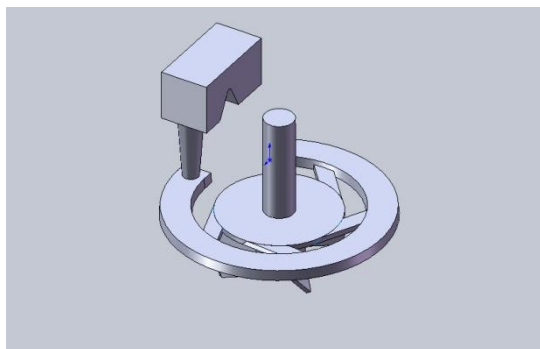
۱. طراحی و ساخت مدل های ریخته گری - Roller و همکاران - ترجمه ع.ولی نژاد - فصل ۲



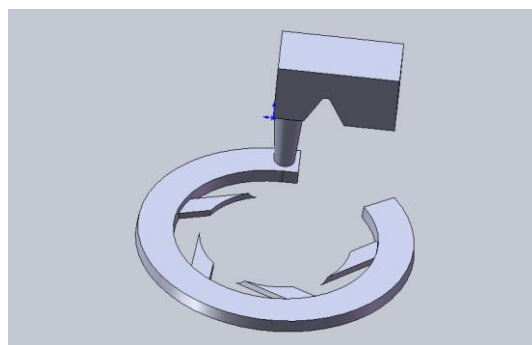
محاسبات حوضچه بارریز و راهگاه با توجه به محاسبات و منابع<sup>۱</sup>

با توجه به منابع<sup>۲</sup> و شکل قطعه، ارتفاع راهباره را ۵ میلیمتر در نظر گرفته، سطح مقطع آن دوزنقه با شیب کناری ۵/۷ درجه انتخاب شد. بنابراین قاعده کوچک دوزنقه ۲۸ میلی متر و قاعده بزرگ آن ۳۰ میلی متر بدست آمد.

با توجه به منابع<sup>۳</sup> و اینکه تنگه در پایین راهگاه قرار دارد، حوضچه پای راهگاه حذف می شود. برای جلوگیری از تلاطم و بهبود گردش مذاب در قالب، راهباره به صورت حلقوی طراحی می شود<sup>۴</sup> و راهباره ها به صورت خلاف جهت حرکت مذاب طراحی می شود تا از ورود مستقیم مذاب به قالب جلوگیری به عمل آید.

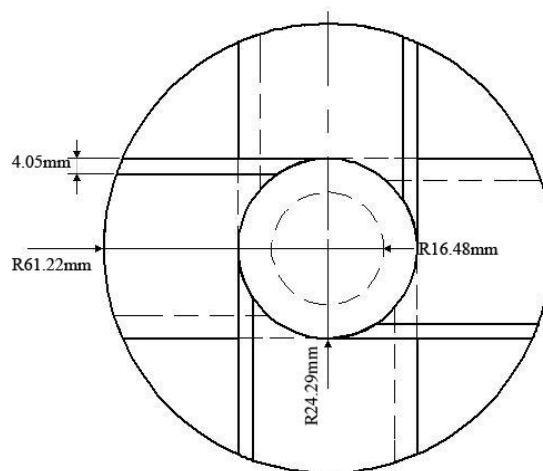
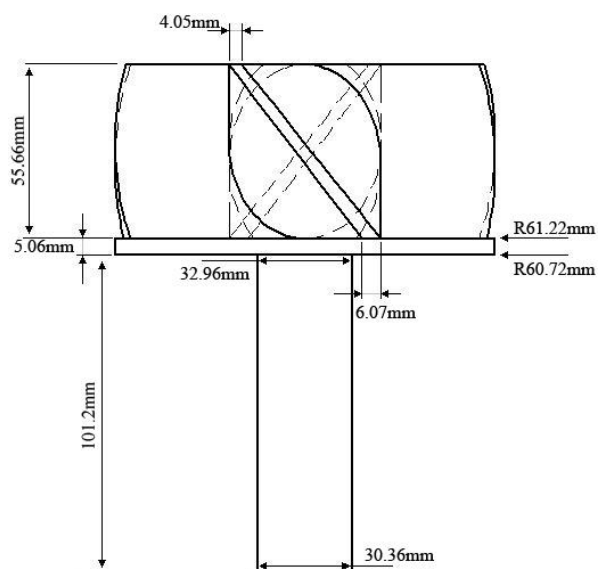


مدل و سیستم راهگاهی



سیستم راهگاهی

- ۱- ریخته گری پیشرفته ج. کمبل فرمول (۹-۲) + نگرشی نوین بر طراحی سیستمهای راهگاهی - م.ع. بوتراپی - شکل (۵-۳۴) - (الف)
- ۲- طراحی و ساخت مدل های ریخته گری - Roller و همکاران - ترجمه ع. ولی نژاد - فصل ۳
- ۳- نگرشی نوین بر طراحی سیستمهای راهگاهی - م.ع. بوتراپی - شکل (۵-۴۴) - (ج)



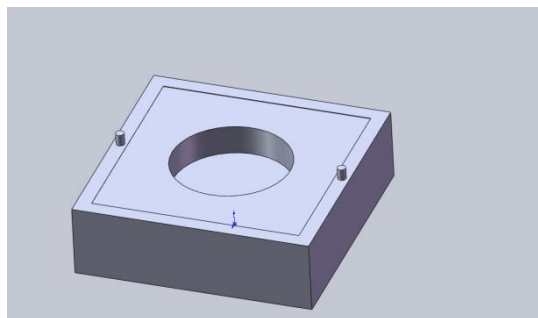
نقشه مدل با احتساب انقباض و شیب

### ۳- عملیات مدل‌سازی، قالب‌گیری و ماهیچه سازی (حداکثر ۲ صفحه به علاوه جداول و نمودارهای مورد نیاز)

برای قالب گیری پره ابتدا درجه پایینی تهیه می شود، در اینجا از مدل استوانه مطابق شکل زیر برای ایجاد محل قرار گیری ماهیچه در درجه پایینی استفاده می گردد.



مدل توپر مورد استفاده

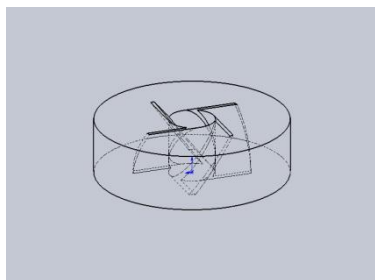


شمای درجه پایینی قالب بعد از خروج مدل توپر

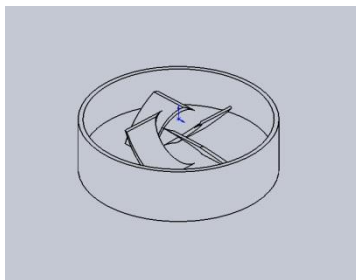
مدل توپر نیمه پایینی پره را داخل درجه پایینی می گذاریم. درجه را با ماسه پر می کنیم. از گاز  $CO_2$  برای خود گیر شدن ماسه استفاده می کنیم. سپس درجه را برگردانده و اقدام به خارج کردن مدل از داخل ماسه می نماییم. اکنون فضای خالی برای قرار گیری ماهیچه در درجه پایینی ایجاد شده است. ناحیه درونی که فضای خالی مرکزی را شامل می شود، به کمک ماهیچه پر خواهد شد.

اکنون به کمک جعبه ماهیچه، اقدام به ساخت ماهیچه می نماییم. این جعبه ماهیچه شامل یک دیواره بیرونی، شفت در ناحیه مرکزی و چهار پره سوار بر شفت است، که قابلیت جدا شدن از هم دارند. شفت و پره ها با هم در تماس هستند ولی در هم پین نشده اند. هم پره ها و هم شفت در کف دیواره پین شده اند تا در حین قالب گیری در محل خود ثابت بمانند. جعبه ماهیچه همراه با پره ها و شفت وسط، با ماسه پر می شود و به کمک گاز  $CO_2$  ماسه را خود گیر می گردد. ابتدا مدل شفت وسط به طرف بالا و بعد یکی یکی پره ها را به صورت مایل به طرف بالا خارج می نماییم. لازم به ذکر است، شیب مناسب برای خروج شفت و پره ها در مدل لحاظ شده است. بعد از خارج نمودن شفت و پره ها، برای ایجاد استحکام در نواحی که گاز  $CO_2$  به آنها نرسیده یا کمتر رسیده است، مجدداً گاز روی قالب می گیریم. سپس ماهیچه ایجاد شده را از درون جعبه ماهیچه خارج می کنیم. اکنون یک بلوک از ماسه داریم که نگاتیو نیمه پایینی قطعه در آن جای گرفته است. این بلوک در ناحیه درونی درجه پایینی (در فضای خالی موجود) قرار می گیرد.

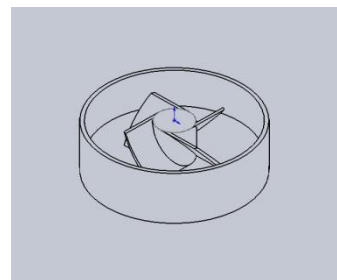




ماهیچه (بلوک ماسه ای)

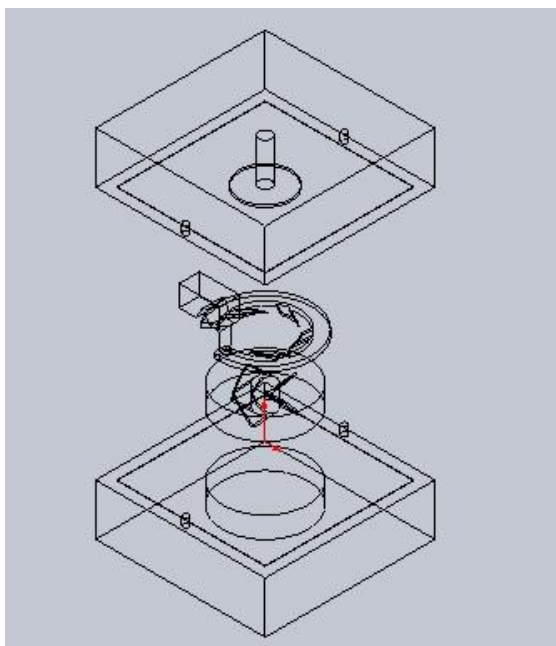


جعبه ماهیچه بعد از خروج شفت



جعبه ماهیچه

در مرحله بعدی، درجه بالایی جدا قالب گیری می شود، نیمه دیگر مدل شفت و صفحه متصل به آن و همچنین سیستم راهگاہی در این درجه قالبگیری می شود. سپس مدل قطعه و مدل سیستم راهگاہی را از درجه خارج می نماییم. درجه بالایی را برگردانده و روی درجه پایینی قرار داده و قالب آماده برای ریختن است.



شماتیک مجموعه قالب

راندمان ریخته گری:

$$\frac{\text{وزن قطعه}}{\text{کل سیستم ریخته گری}} = \frac{680g}{1600g} \times 100 = 42.5\%$$

راندمان ریخته گری به عواملی دیگری همچون بالا بردن راندمان زمانی، عدم استفاده از مدل های یکبار مصرف، جنس و مقدار ماسه مصرفی، کم کردن مراحل قالبگیری و حذف جعبه ماهیچه و تبدیل ماهیچه به حالت سرخود، کم شدن مراحل ماشین کاری و ... بستگی دارد که در این طرح طبق موارد ذکر شده تا حد امکان رعایت گردیده است

## ۴- شرایط عملیات ذوب و ریخته‌گری (حداکثر ۲ صفحه به علاوه جداول و نمودارهای مورد نیاز)

در ابتدا تمامی ابزار و وسایل مورد استفاده در ریخته‌گری از هر گونه آلودگی و رطوبت موجود پاکسازی می‌نماییم، زیرا وجود رطوبت و آلودگی کمک به تشکیل حفره‌های گازی هیدروژنی، اکسیدی و Bifilm و ... می‌کند.<sup>۱</sup> بنابراین شمش‌های آلیاژی را در اندازه‌های مورد نیاز برش زده و پس از پیش گرم کردن بوته و شمش‌ها فرآیند ذوب را در کوره الکتریکی آغاز می‌نماییم. دمای مذاب را در داخل کوره در حدود  $720^{\circ}\text{C}$  نگه می‌داریم که به طور تقریبی  $110^{\circ}\text{C}$  بالاتر از دمای ذوب است.<sup>۲</sup>

گاززدا از نوع قرص Degasser 200 در داخل کوره بوسیله پلانجر داخل مذاب فرو برده و سپس مدت ۶ دقیقه زمان می‌دهیم تا عملیات گاززدایی بطور کامل انجام شود. از Coveral 11 برای سرباره‌گیری استفاده می‌نماییم.

بعد از خارج کردن بوته از داخل کوره الکتریکی ماده جوانه زای Nucleant 2 توسط پلانجر به مقدار  $0/6\%$  قبل از ریختن مذاب داخل قالب به مذاب افزوده می‌شود.<sup>۳</sup>

دمای بارریزی  $680^{\circ}\text{C}$  انتخاب شده است. مذاب باید با سرعت از بوته اکسیدهای سطحی در یکجا جمع شده تا بتوان از تشکیل و ورود اکسیدهای سطحی به داخل مذاب در اثر بارریزی در ریخته‌گری ثقیلی تا حد امکان جلوگیری شود.

به طور کلی کلی برای ریخته‌گری آلیاژهای فیلم ساز مانند آلومینیوم و تیتانیوم از سیستم‌های خلا باید استفاده شود، زیرا همواره شرایط تشکیل اکسید برای این گونه آلیاژها فراهم است ولی به دلیل محدود بودن منابع، لازم است طراحی و عملیات ذوب به گونه‌ای انتخاب نمود، که بهترین حالت را داشته باشد. بنابراین با طراحی سیستم راهگامی صحیح بر اساس تئوری سرعت بحرانی مذاب از تلاطم سطحی، جوش متلاقی و ... جلوگیری می‌نماییم.<sup>۴</sup>

جوانه زنی و ریز کردن اساساً 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 باقیمانده و عمل جوانه زنی و ریز کردن دانه‌ها را انجام می‌دهد. جوانه‌ها بیشترین اثر را بر روی تحت انجماد یوتکتیک و همچنین دامنه انجماد می‌گذارند.<sup>۴</sup>

جوانه‌ها باعث ریزدانه‌گی در آلیاژ می‌شوند که باعث افزایش استحکام خواص مکانیکی، افزایش مقاومت به ترک گرم، بهبود عملیات حرارتی، بهبود ماشین‌کاری، کاهش مک‌های انقباضی و بهبود خواص خمشی ... می‌شوند.<sup>۴</sup>

۱ ریخته‌گری پیشرفته ج. کمبل ترجمه م.ع. بوتراپی، فصل اول و سوم

<sup>2</sup>Metals Handbook ASM Vol.2, page 494-498

<sup>3</sup>Metals Handbook ASM Vol.15, page 360-362

<sup>4</sup>Shabestari, S.G. Gruzleski, J.E, AFS Transactions, Vol.100, PP. 673-683, 1992.

بهترین مواد برای جوانه زنی آلیاژ A356، Ti-B، استفاده می شود و نه بصورت عنصری و فلزی بلکه بصورت ترکیبات فلزی  $TiB_2$ ،  $TiAl_3$  آن هم بصورت آمیزان مورد استفاده قرار می گیرند. مانند Al-5Ti-B که از پر کاربرد ترین می باشد.

جوانه زها باعث ریزدانه‌گی در آلیاژ می شوند که باعث افزایش استحکام خواص مکانیکی، افزایش مقاومت به ترک گرم، بهبود عملیات حرارتی، بهبود ماشین کاری، کاهش مکهای انقباضی و بهبود خواص خمشی ... می شوند.

مکانیزم جوانه زنی بدین گونه می باشد که ترکیبات فلزی جوانه زا با مذاب واکنش پریکتیک می دهد و آلومینوم بر روی سطح جوانه زا می آید و باعث دیفیوژن Al مابقی میشود و با کاهش دما خود را بر این سطح می رسانند تا وقتی که انجماد کامل شود.

بهسازی فاز سیلیسیم یوتکتیک را می توان با افزایش سرعت انجماد، اضافه نمودن عناصر بهساز به مذاب و یا عملیات حرارتی صورت پذیرد.

عناصر بهساز از قبیل Sr، Sb و Na با تغییر شکل فاز سیلیسیم یوتکتیک باعث بهبود خواص مکانیکی آلیاژ به ویژه قابلیت تغییر شکل آن می شود.

در حالت بهسازی نشده ساختار یوتکتیکی بصورت سوزنی و شامل صفحات خشن و شکننده فاز سیلیسیم می باشد. حضور عنصر استرانسیم بر روی مرفولوژی فاز سیلیسیم تأثیر گذاشته و باعث ایجاد یک ساختار رشته ای می شود.

افزایش تعداد ذرات سیلیسیم به همراه کاهش در اندازه آنها تأثیر بسزایی در ریز ساختار و افزایش استحکام و بهبود خواص مکانیکی خواهد داشت. به طور کلی عنصر استرانسیم Sr بهترین نتیجه را از طریق بهسازی بعمل می آورد.<sup>۱۲</sup>

## ۵- سادگی، انجام پذیری، ابتکار و خلاقیت (حداکثر ۲ صفحه)

در طراحی روش قالب گیری این پره تکرار پذیری فرآیند برای تولید با تیراژ بالا یکی از مهم ترین پارامتر های مورد بررسی بوده است. یعنی عدم استفاده از مدل های فومی و یا مدل های مومی مورد نظر طراحان بوده است.

استفاده از ماهیچه پیوسته یا یک تکه، از جمله مزایای این طرح محسوب می شود. استفاده از ماهیچه های چند تکه در ناحیه ای که تیغه های پره قرار می گیرند، می تواند موجب تولید پلیسه و ایجاد هزینه های اضافی می شود. علاوه بر این استفاده از ماهیچه های چند تکه ممکن است منجر به جابجایی این ماهیچه ها و در نتیجه باعث منتفی شدن دقت ابعادی در نمونه شود.

استفاده از سیستم راهگامی کنار ریز موجب کاهش فیلم های اکسیدی در نتیجه افزایش خواص مکانیکی قطعه می گردد. علاوه بر این استفاده از این سیستم راهگامی باعث پر شدن قالب از ته به طرف بالا (از تیغه ها به سمت ته شفت) باعث حرکت آخال ها به طرف ته شفت می گردد که بعداً توسط عملیات ماشین کاری حذف می شود.

سخت ترین قسمت در این طرح تولید جعبه ماهیچه است، مشاهده می گردد که مراحل قالب گیری بسیار ساده و عملی بوده و دارای دقت ابعادی بالاست. خطاهای انسانی کمترین نقش را در تولید خواهد داشت. ساختن جعبه ماهیچه فلزی باعث پایداری آن در نتیجه تکرار پذیری فرآیند می گردد.