



اولین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور

دانشگاه صنعتی اصفهان

گزارش مرحله مقدماتی اولین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور

1	شماره سوال
شریف آسین	نام تیم شرکت کننده
دانشگاه صنعتی شریف	نام دانشگاه
رضا آزادی	نام سرپرست تیم
09141074528	شماره تلفن همراه
rza.azadi@gmail.com	پست الکترونیک

لطفا در این قسمت چیزی ننویسید.	
کد گروه	CODE 1010

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

در نقشه مدلسازی باید نکات ذیل مورد توجه قرار گیرد :

- 1- محاسبه و تعیین درصد انقباض فلزات
- 2- محاسبه و تعیین مقدار تراش مجاز
- 3- محاسبه و تعیین مقدار شیب مدل
- 4- تعیین تعداد ماهیچه و سطح جدایش آن
- 5- تعیین سطح جدایش قالبگیری
- 6- تعیین سطح جدایش مدل و جعبه ماهیچه

اصولاً مدل ها باید از موادی ساخته شوند که در برابر عوامل جوی ، رطوبت ماسه ، فشار ، ضربه ، لرزش بویژه اصطکاک تحمل زیادی داشته باشند .

الف) مدل های چوبی : مدل هایی هستند که تمام اجزا آنها از چوب می باشد . اکثر مدل های اصلی (مادر) از این جنس هستند . این جنس مدل ها جزء مدل های موقت هستند زیرا پس از چندین بار قالب گیری بعلت عوامل جوی و ... تغییر شکل و ابعاد می دهند. اگر تعداد دفعات ریخته گری زیر بیست عدد باشد از این جنس جهت مدل سازی استفاده می نماییم. چوب هایی که جهت ساخت این نوع از مدل استفاده می شوند . معمولاً راش ، افرا ، توسکا ، کاج ، گلابی ، گردو و ... می باشند که نباید بیش از 3% الی 5% رطوبت داشته باشند. زیرا با توجه به اینکه دقت ابعادی تثبیت شکل در مدل سازی اهمیت دارد لذا رطوبت داشتن چوب باعث می شود که مدل از نظر ابعاد و شکل تغییر یابد.

ب) مدل های فلزی : مدل هایی هستند که از روش ریخته گری تهیه می شوند و برای ریخته گری آنها از مدل های چوبی مادر (اصلی) استفاده می شود. مدل های فلزی جز مدل های دائمی هستند زیرا پس از بارها قالب گیری کیفیت و ابعاد خود را حفظ می کنند. معمولاً برای ریخته گری با دفعات بیشتر از 20 عدد مدل فلزی طراحی و ساخته می شود. جنس مدل های مرسوم فلزی عبارتند از: آلومینیوم ، فولاد ، چدن ، مس و ... در هنگام ساختن مدل های مادر (اصلی اولیه) ریخته گری مدل های ثانویه (فلزی) انقباض ثانویه نیز در نظر گرفته می شود. زیرا برای تهیه مدل فلزی نیز یکبار نیاز به ریخته گری می باشد و اگر مدل نیاز به تراشکاری داشته باشد مقداری نیز سطح مضاعف تراشکاری در نظر گرفته می شود.

ج) مدل های پلاستیکی : مدل هایی از جنس موادی نظیر پلی استیرل (یونولیت) ، اپوکسید هارتس (آرال دیت) و سیلیکون و می باشند.

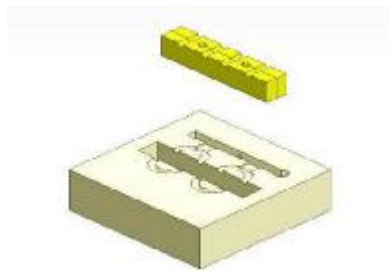
0 پلی استیرل (یونولیت) : از پلی استیرل برای روش ریخته گری دقیق و مدل های ذوب شونده استفاده می شود در روش ذوب شونده اگر قطعه ای داشته باشیم که وزن زیادی داشته باشد و اگر ساخت به صرفه نیست از این روش استفاده می کنیم . در این حالت مدل را از قالب ماسه ای خارج نمی نماییم . و هنگام رسیدن ذوب به قالب مدل از بین می رود. و ذوب جانشین آن می گردد. در این روش نیازی به ساخت جعبه ماهیچه نمی باشد پس از ساخت آنرا با پودر گرافیت پوشش می دهند.

انواع مدل بر مبنای سطح جدایش:

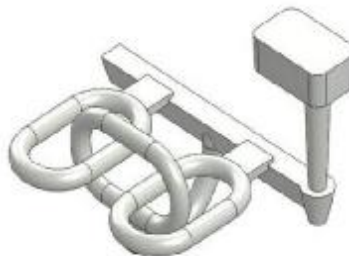
- مدل یکپارچه
- مدل دو یا سه پارچه
- مدل صفحه ای

با توجه به توضیحات ذکر شده فوق، سه طرح کلی برای این منظور پیشنهاد گردید:

- (1) استفاده از جعبه ماهیچه و ذوب‌ریزی تک‌مرحله‌ای مجموعه‌ی سه حلقه زنجیر
 - (2) استفاده از مدل فداشونده و ذوب‌ریزی تک‌مرحله‌ای مجموعه‌ی سه حلقه زنجیر
 - (3) ذوب‌ریزی دو حلقه‌ی کناری و سپس ذوب‌ریزی حلقه‌ی میانی بصورت جداگانه
- که باتوجه به مزایا و معایب هر یک از طرح‌های فوق‌الذکر، یک طرح برای بهینه انتخاب شد.



شکل 1: طرح قالب و جعبه ماهیچه



شکل 2: مدل فداشونده یکپارچه



شکل 3: مدل چوبی

۲- جزئیات طراحی اجزاء مدل و قالب (حداکثر ۳ صفحه به علاوه نقشه‌ها، تصاویر و نمودارهای موردنیاز)

جهت انجام طراحی اجزای مختلف مدل و قالب از نرم‌افزار SolidWorks 2011 استفاده شد. مبنای طراحی براساس قالب با ابعاد ۱۲*۳۵*۳۵ می‌باشد.

$$\rho = 0.002685 \text{ gr/mm}^3 = 2.685 \text{ gr/cm}^3 = 2685 \text{ Kg/m}^3$$



$$M_C^{eff} = \frac{V_C}{A_C} = \frac{20212.95 \text{ mm}^3}{5053.24 \text{ mm}^2} = 4 \text{ mm}$$

که در آن V_C حجم قطعه‌ی ریختگی، A_C مساحت سطح انتقال دهنده‌ی حرارت قطعه‌ی ریختگی و M_C^{eff} مدول موثر قطعه ریختگی است. با در نظر گرفتن معیار انتقال حرارت، داریم:

$$M_C:M_N:M_F=1:1.1:1.2$$

که در آن M_C ، M_N و M_F به ترتیب مدول قطعه‌ی ریختگی^۱، مدول گردن تغذیه^۲ و مدول موثر تغذیه^۳ می‌باشند. اگر در نظر بگیریم که تغذیه دارای یک شکل استوانه‌ای است، خواهیم داشت (راندمان ۱۴ درصد):

$$M_F^{eff} = \frac{V_F^{Cylinder}}{A_F^{Cylinder}} = \frac{\pi(\frac{D_F^2}{4})H_F}{\pi D_F(H_F + \frac{D_F}{2})} = \frac{H_F D_F}{4H_F + 2D_F} \xrightarrow{\frac{H_F}{D_F}=1.5} M_F^{eff} = \frac{H_F D_F}{2(2H_F + D_F)} = \frac{3}{16} D_F = 4.8 \text{ mm}$$

$$D_F = 25.6 \text{ mm} \xrightarrow{\frac{H_F}{D_F}=1.5} H_F = 38.4 \text{ mm} \rightarrow V_F^{Cylinder} = 19765.2 \text{ mm}^3$$

محاسبات طول (L_N) و قطر (D_N) گردن تغذیه:

$$L_N \leq \frac{D_F}{2} = \frac{25.6}{2} = 12.8 \text{ mm} \rightarrow L_N = 5 \text{ mm}, D_N = L_N + 0.2D_F = 5 + (0.2 \times 25.6) = 10.12 \text{ mm}$$

$$V_N^{Cylinder} = \pi R^2 H = \pi \left(\frac{D_N^2}{4}\right) H = \pi \times \left(\frac{10.12^2}{4}\right) \times 5 = 2572.6 \text{ mm}^3$$

مجموع حجم تغذیه و گردن تغذیه بصورت زیر است:

$$V_{F+N} = V_F + V_N = 3 \times (19765.2 + 2572.6) = 67016.4 \text{ mm}^3$$

^۱ Casting

^۲ Neck of Feeder

^۳ Feeder

بدر نظر گرفتن راندمان تغذیه‌ای استوانه‌ای (حدود 14 درصد)، داریم:

$$V_{F+N} = 67016.4 \times 0.14 = 9382.3 \text{ mm}^3$$

$$V_{F+N+C} = V_C + V_{F+N} = 184006.71 + 9382.3 = 193389 \text{ mm}^3 = 193.4 \text{ cm}^3$$

با بازگشت به ابتدای محاسبات، مشاهده می‌شود که میزان مذاب مورد نیاز و میزان مذاب فراهم شده، هخوانی بسیار خوبی دارند و این حاکی از صحیح بودن محاسبات صورت گرفته می‌باشد. حجم مربوط به سه حلقه و سه تغذیه و سه گردن تغذیه بصورت زیر است:

$$V_{\text{total}} = 251 \text{ cm}^3$$

با داشتن چگالی آلیاژ A356، حال می‌توان میزان مذاب را بدست آورد:

$$m = \rho V = (2.685 \text{ gr/cm}^3) \times (251 \text{ cm}^3) \cong 674 \text{ gr}$$

حال باتوجه به ابعاد درجه‌ی انتخاب شده (120 میلی‌متر)، راهگاه بارریز طراحی می‌گردد. به صورت دلخواه ارتفاع حوضچه‌ی بارریز (h) 30 میلی‌متر و ارتفاع راهگاه بارریز 90 میلی‌متر انتخاب می‌شود. بنابراین ارتفاع موثر از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$E.S.H. = H - \frac{P^2}{2C} = 120 - \frac{8^2}{2 \times 16} = 118 \text{ mm} = 11.8 \text{ cm}$$

که در آن E.S.H. ارتفاع موثر راهگاه بارریز، H ارتفاع راهگاه و حوضچه بارریز، P فاصله‌ی سطح جدایش (محل ورود راهگاه به قطعه) تا سطح قطعه و C کمترین ضخامت از قطعه می‌باشد. سرعت بارریزی از رابطه‌ی زیر حاصل می‌گردد:

$$v = \sqrt{2 \times g \times E.S.H} = \sqrt{2 \times 980 \text{ cm/s}^2 \times 11.8 \text{ cm}} \cong 152 \text{ cm/s}$$

محاسبه زمان بارریزی:

$$t = k\sqrt{W} = 1.4 \times \sqrt{0.674 \text{ Kg}} = 1.14 \text{ sec}$$

در نهایت مساحت چوک در دستور کار قرار می‌گیرد:

$$A_{\text{Check}} = \frac{W}{\rho t v} = \frac{674 \text{ gr}}{(0.002685 \text{ gr/mm}^3) \times (1.14 \text{ sec}) \times (0.3) \times (1520 \text{ mm/sec})} \cong 181 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Check}} = \pi \left(\frac{D_{\text{Check}}^2}{4} \right) = 181 \text{ mm}^2 \rightarrow D_{\text{Check}} \cong 15 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{\text{top}}}{A_{\text{Check}}} = \sqrt{\frac{H}{h}} \rightarrow \frac{A_{\text{top}}}{181 \text{ mm}^2} = \sqrt{\frac{120 \text{ mm}}{30 \text{ mm}}} \rightarrow A_{\text{top}} = 362 \text{ mm}^2 \rightarrow D_{\text{top}} \cong 21.5 \text{ mm}$$

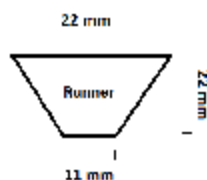
سیستم را غیرفشاری 1:2:4 در نظر می‌گیریم:

$$A_{\text{Chock}} : A_{\text{Runner}} : A_{\text{Gate}}$$

که در آن A_{Runner} مساحت راهگاه اصلی و A_{Gate} مساحت راهگاه فرعی است.

$$A_{\text{Runner}} = 352 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Runner}} = \frac{(2a + a) \times (2a)}{2} = 3a^2 = 352 \text{ mm}^2 \rightarrow a = 11 \text{ mm}$$

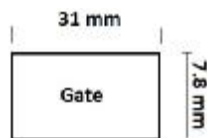


$$A_{\text{Gate}} = 724 \text{ mm}^2$$

$$\frac{724 \text{ mm}^2}{3} = 241.3 \text{ mm}^2$$

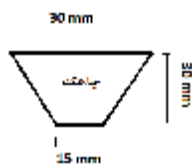
مساحت هر راهگاه فرعی باید 241/3 میلی متر مربع باشد. دو راهگاه مستطیلی و یکی دایروی است. لذا داریم:

$$A_{\text{Gate}} = (4b) \times (b) = 241.3 \text{ mm}^2 \rightarrow b = 7.8 \text{ mm}$$



مشخصات دو راهگاه فرعی بصورت فوق بوده و راهگاه فرعی سوم بصورت ذیل است:

$$A_{\text{Gate}} = \pi \left(\frac{D_{\text{Gate}}^2}{4} \right) = 241.3 \text{ mm}^2 \rightarrow D_{\text{Gate}} \cong 17.5 \text{ mm}$$

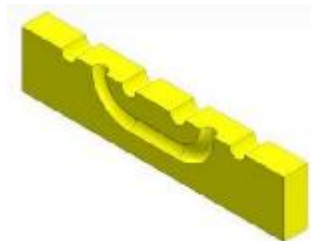


$$D_{\text{Chock}} = c = 15 \text{ mm}$$

محاسبه چاهک:

3- عملیات مدل‌سازی، قالبگیری و ماهیچه سازی (حداکثر 2 صفحه به علاوه جداول و نمودارهای مورد نیاز)

طرح 1: برای اینکه بتوان حلقه داخلی زنجیر را ذوب ریزی کرد از جعبه ماهیچه (Core Box) استفاده شد. ماهیچه قسمتی از قالب است که باعث ایجاد حفره، سوراخ و شکاف داخل قطعه ریخته‌گری می‌شود. ماهیچه پس از ساخته شدن با کمک جعبه ماهیچه در محل مخصوص به خود در داخل قالب ماسه ای قرار داده می‌شود. بهترین حالت برای ساخت آن در اینجا، جعبه ماهیچه ای متشکل از 4 ماهیچه می‌باشد بطوری که هر جفت در یک نیمه قالب قرار گیرد. استفاده از جعبه ماهیچه نیازمند دقت بالایی در طراحی قالب می‌باشد و این مساله مشکلاتی همچون خطای ابعادی را به وجود می‌آورد که از معایب برجسته این طرح به حساب می‌آید.



شکل 4: ماهیچه

جعبه ماهیچه درون قالب قرار می‌گیرد به گونه ای که بخشی از حلقه های کناری در آن طراحی شده است.



شکل 5: نحوه قرارگیری جعبه ماهیچه درون قالب

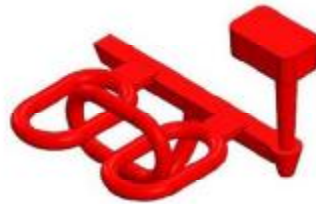
اکثر مدل های اصلی (مادر) از جنس چوب هستند. این جنس مدل ها جزء مدل های موقت هستند زیرا پس از چندین بار قالب گیری بعلت عوامل جوی و ... تغییر شکل و ابعاد می دهند. مدل مورد استفاده در این طرح نیز، مدل چوبی می باشد لکن بدلیل دوپارچه بودن هر مدل و در نتیجه وجود خط جدایش در آن، خطای ابعادی بسیاری پدید می‌آید.



شکل 6: خط جدایش مدل

طرح 2: مدل مورد استفاده در این روش از جنس مدل فداشونده می باشد. برای این منظور، هر سه حلقه و نیز بخشی از سیستم راهگاهی توسط مدل فدا شونده و بصورت یکپارچه ساخته شده و در داخل قالب قرار می‌گیرد. مدل های مذکور می‌توانند از جنس موادی نظیر پلی استیرل (یونولیت)، اپوکسید هارتس (آرالدیت) و سیلیکون و می باشند. گرچه استفاده از این روش، به

ظاهر ساده می‌نماید لکن سختی ساخت چنین مدلی از یک سو و قرار دادن آن در داخل قالب ماسه‌ای از سوی دیگر، سبب بالا رفتن هزینه‌های مربوط به آن می‌گردد. همچنین کوبش ماسه در چنین شرایطی دشوار شده و احتمال ماسه‌شویی و پلیسه‌دار شدن بسیار وجود دارد.



شکل 7: طرح یکپارچه مدل فدا شونده

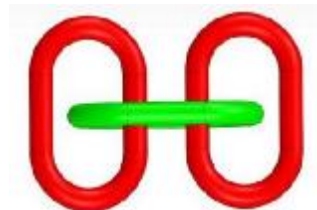
طرح 3: استفاده از ذوب ریزی چندمرحله‌ای روشی است که می‌تواند برای تولید حلقه‌های زنجیر متوالی در مقیاس انبوه مورد استفاده قرار گیرد. در اینجا با ارائه این ایده ابتکاری، بدون استفاده از ماهیچه و جعبه ماهیچه و بدون طراحی یک سیستم راهگامی پیچیده، طرح جدیدی معرفی می‌گردد.

برای ساخت مدل در اینجا، همچون طرح اول از مدل‌های مرسوم چوبی استفاده می‌شود ولی برخلاف طرح اول دیگر خبری از ماهیچه گذاری نیست. بدین ترتیب عیوب حاصل از جعبه ماهیچه که سبب افزایش قابل ملاحظه تلرانس ابعادی می‌گردد، برطرف شده است. بنابراین 4 تکه مدل همانند شکل زیر ساخته شده و در قالبی قرار می‌گیرد. آنگاه ذوب‌ریزی انجام شده و دو حلقه زنجیر با کیفیت مطلوب حاصل می‌شوند.



شکل 8: خط جدایش مدل چوبی

سپس قالب دیگری ساخته و و مدل میانی را این بار بصورت فداشونده ساخته و با ظرافت در داخل قالب با دو حلقه دیگر مطابق می‌کنیم:



شکل 9: نحوه قرارگیری مدل حلقه میانی در قالب

بنابراین حلقه میانی در قالب‌گیری دوم به مجموعه حلقه‌ها افزوده می‌شود.

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

به منظور تولید مذاب آلومینیم در مقادیر زیاد و پیشگیری از اکسیداسیون و افزایش کیفیت مذاب، از کوره‌های الکتریکی استفاده می‌شود. مذاب حاصله، یا به صورت مستقیم از کوره ذوب به داخل قالب ریخته شده و یا بعد از ذوب به کوره نگهدارنده انتقال داده شده و سپس داخل قالب مورد نظر ریخته می‌شود. قالب موردنظر پیش از ذوب‌ریزی تحت پیش‌گرم قرار می‌گیرد. فرآیند جوانه زنی و ریز شدن دانه‌ها یکی از مراحل مهم در تولید قطعات ریخته‌گری آلومینیمی است. اطمینان از کیفیت این فرآیند یکی از دغدغه‌های همیشگی تولیدکنندگان است.

مذاب آلیاژهای Al به گازهایی نظیر اکسیژن و هیدروژن حساس بوده و در صورت ورود و یا واکنش مذاب با این گازها، عیوبی مثل مک‌های گازی و یا آخال‌های اکسیدی در قطعات تشکیل می‌شود که قطعات را ضایع می‌کند. هیدروژن تنها گاز قابل حل در آلومینیم مذاب است و حلالیت هیدروژن در آلومینیم نسبت به منیزیم و یا مس کمتر است، اما به دلیل اختلاف زیاد حلالیت آن در حالت مذاب و جامد، مقدار ناچیز هیدروژن در مذاب آلومینیم پس از انجماد باعث ایجاد مک‌های ریز و درشت در سطح یا زیرسطح قطعه و داخل دندریت‌ها می‌شود. این مسئله باعث کاهش شدید خواص مکانیکی قطعه شده و از این‌رو عملیات گاززدایی در ذوب آلیاژهای آلومینیم از اهمیت خاصی برخوردار است. با افزایش دمای مذاب، حلالیت هیدروژن افزایش می‌یابد. مثلاً، اگر دمای مذاب آلومینیم حدود ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد، میزان حلالیت می‌تواند به ۷/۲ سانتی‌متر مکعب بر ۱۰۰ گرم برسد. به بیانی دیگر، به ازای هر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای فوق ذوب، یک CC بر ۱۰۰ گرم مذاب Al به حلالیت هیدروژن در آلومینیم اضافه می‌شود. همچنین، با افزایش فشار، میزان حلالیت هیدروژن در آلومینیم افزایش می‌یابد. برعکس فشار، با ایجاد خلا، میزان حلالیت کاهش می‌یابد. در حالتی دیگر، با افزایش فشار داخل مذاب می‌توان حلالیت را کاهش داد. در نتیجه، میزان حلالیت هیدروژن در مذاب به دما و فشار داخل مذاب بستگی دارد و همین امر اساس گاززدایی آلومینیم را تشکیل می‌دهد. لذا برای اجتناب از جذب گاز، دمای مذاب باید در حداقل ممکن قرار گیرد. معمولاً ۷۲۰ تا ۷۴۰ درجه سانتی‌گراد برای این منظور مناسب است. برای افزایش فشار نسبی داخل مذاب، از گازهای بی‌اثر مانند ازن و آرگون استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از ترکیبات کلریدی نظیر $MgCl_2$ ، NH_4Cl و یا هگزاکلورور اتان که به شکل قرص است، استفاده کرد. از قرص‌های دگازور برای کوره‌های بزرگ استفاده نمی‌کنند زیرا برای مقادیر کم مذاب، قرص‌ها بهتر و مقرون به صرفه‌تر هستند. اگر مذاب خیلی تمیز باشد، می‌توان فرایند گاززدایی را کنار گذاشت.

ساختار آلیاژ A356 ریخته‌گری شامل تیغه‌های سوزنی شکل سیلیسیم، دندریتهای درشت آلومینیوم و خلل و فرج می‌باشد. خواص مکانیکی این آلیاژ بطور قابل ملاحظه‌ای متأثر از ریزساختار آن می‌باشد، به گونه‌ای که وجود تخلخل، ذرات سوزنی شکل درشت سیلیسیم و دندریت‌های درشت آلومینیوم در ساختار ریخته‌گری، خواص مکانیکی را کاهش می‌دهد. برای ریزدانه کردن قطعات آلومینیمی از ترکیبی مشخص از تیتانیم و بور استفاده می‌کنند که برای پیشگیری از اتلاف این جوانه‌زا در انتهای عملیات ذوب به مذاب اضافه می‌شود. برای عملیات بهسازی ساختار در خصوص بیشتر آلیاژهای آلومینیم، از فلز استرانسیم یا آنتیموان استفاده می‌شود. به طور خلاصه، ذوب و عملیات کیفی مذاب به ترتیب زیر انجام می‌گیرد:

۱. ذوب
۲. فلاکسینگ برای حذف اکسید و ترکیبات بین فلزی
۳. گاززدایی
۴. اصلاح ساختار و جوانه‌زنی



دو عامل مؤثر در کاهش میزان آلودگی مذاب و افزایش بازده، دما و زمان مورد فرایند ذوب و ریخته‌گری است. هر چه دما و مدت زمان ذوب کمتر باشد، آلودگی مذاب کمتر است. البته شکل و اندازه مواد شارژی نیز در میزان سوخت و اتلاف مذاب مؤثر است، به طوری که هر چه میزان سطح به وزن مواد بیشتر باشد، میزان پرت حین ذوب بیشتر است. همچنین با کاهش اندازه مواد، میزان سوخت و پرت مواد، افزایش می‌یابد. مسئله دیگری که در میزان تشکیل سرباره و یا رسوب ته کوره بسیار مؤثر است، نحوه شارژ مواد اولیه است.

جدول ۱: درصد اتلافات عناصر مختلف در تحت شرایط نوع کوره و شارژ

عنصر	شمش‌های اولیه		برگشتی‌ها و قراضه‌ها		
	کوره الکتریکی	کوره شعله‌ای	کوره بوت‌های	کوره الکتریکی	کوره شعله‌ای
آلومینیوم	1-1/2	1-2	1-1/5	1-2	2/5-3
آهن	0/5	0/5-1	0/5	0/5	0/5-1
سیلیسیم	0/5	1-1/5	0/5-1	1-1/5	1/5-2
منیزیم	2-3	3-5	2/5-3/5	3-5	3-10
منگنز	0/5	1-2	0/5-1	1-2	2-3
قلع	0/5	1-1/5	0/5-1	1-1/5	1/5-2
مس	0/5	1-2	0/5	1-2	2-3
روی	1-3	2-4	1-3	2-3	3-5
نیکل	0/5	0/5-1	0/5-1	0/5	0/5-1
بریلیم	2-3	3-5	2/5-3/5	3-5	5-10
سدیم	2-3	3-5	2/5-3/5	3-5	5-10

جدول ۲: ترکیب شیمیایی آلیاژ A356

Al%	Si%	Cu%	Mg%
Bal.	6.5 - 7.5	0.25 max	0.20 - 0.45
Mn%	Zn%	Ti%	other
0.35 max	0.35 max	0.25 max	0.05 max

جدول ۳: پارامترهای فیزیکی آلیاژ A356

CO ₂ -sand mould	A356 (s)	A356 (l)	ظریب نفوذ حرارتی (W/mK)
52	90	90	
1580	2680	2394	چگالی (Kg/m ³)
1045	963	1080	
			ظرفیت حرارتی (W/gK)

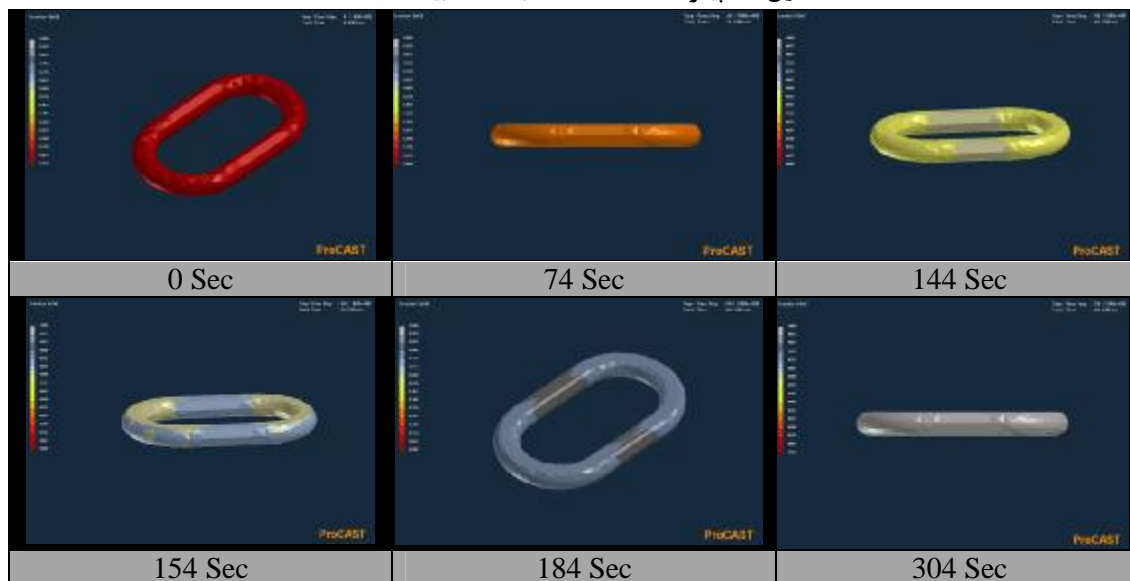
جدول ۴: شرایط مرزی دما

دمای سالیدوس	دمای لیکویدوس	قالب ماسه‌ای - دی اکسید کربن	مذاب	دما (°C)
578	608	25	720	

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

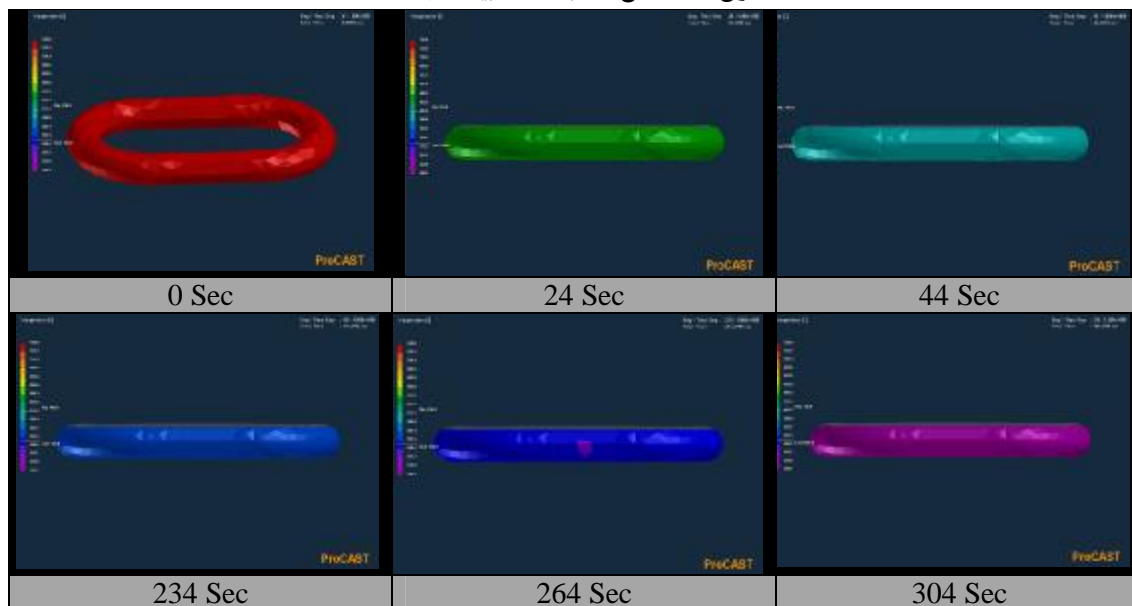
بهره‌گیری از رایانه در زمینه‌ی طراحی و تولید، به انقلابی نوین در صنایع مشابه آنچه که پس از انقلاب صنعتی در اثر کاربرد ماشین پدید آمد، منجر گردیده است. افزایش بهره‌وری بهتر از سرمایه‌گذاری‌ها، کاهش حجم آزمایشات همراه با سعی و خطا در دستیابی به طراحی بهینه و تدوین تکنولوژی، ایجاد روش‌های نوین و مؤثر کنترل فرآیندهای تولید، زمینه‌سازی بهتر برای ظهور خلاقیت و ابتکار مهندسان، کاهش مدت زمان، میان طراحی تولید و مهمتر از همه صرفه‌جویی‌های اقتصادی از دست آوردها تحولی است که تحت تأثیر کاربرد رایانه در صنعت پدید آمده است. این پروژه دستیابی به قطعه‌ای با شرایط بهتر را از طریق شبیه‌سازی و بدون اجرای دقیق فرآیند تولید در کارگاه ریخته‌گری امکان‌پذیر می‌سازد. روش سعی و خطای سنتی در خطوط تولید باعث افزایش هزینه‌های قطعات ریخته‌گری می‌شود. در این مرحله که که پایه‌ی هر پروژه‌ی شبیه‌سازی است، هدف بدست آوردن اطلاعات کلی از هر قسمت قطعه‌ی ریخته‌گری توسط کانتورهای همچون کسر مذاب، عیوب انقباضی، زمان انجماد، توزیع دما و ... می‌باشد. کسر جامد (Solid Fraction) نشان می‌دهد که در هر لحظه‌ای چه درصدی از جامد در قسمت‌های مختلف قطعه وجود دارد (جدول 5).

جدول 5: پیشرفت درصد انجماد با زمان (شبیه‌سازی انجماد)

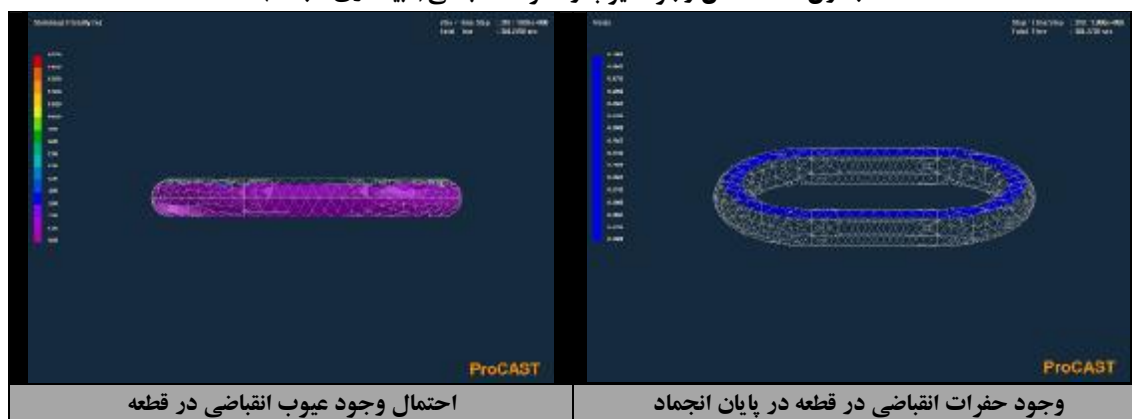


شکل 10: زمان انجماد قسمت‌های مختلف قطعه (شبیه‌سازی انجماد)

جدول 6: کاهش دما با زمان (شبیه‌سازی انجماد)



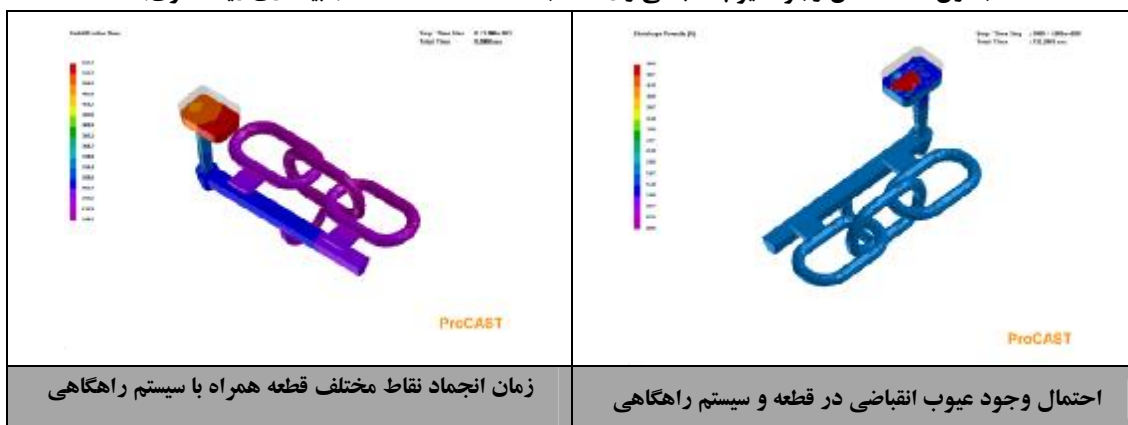
جدول 7: احتمال وجود عیوب و حفرات انقباضی (شبیه‌سازی انجماد)



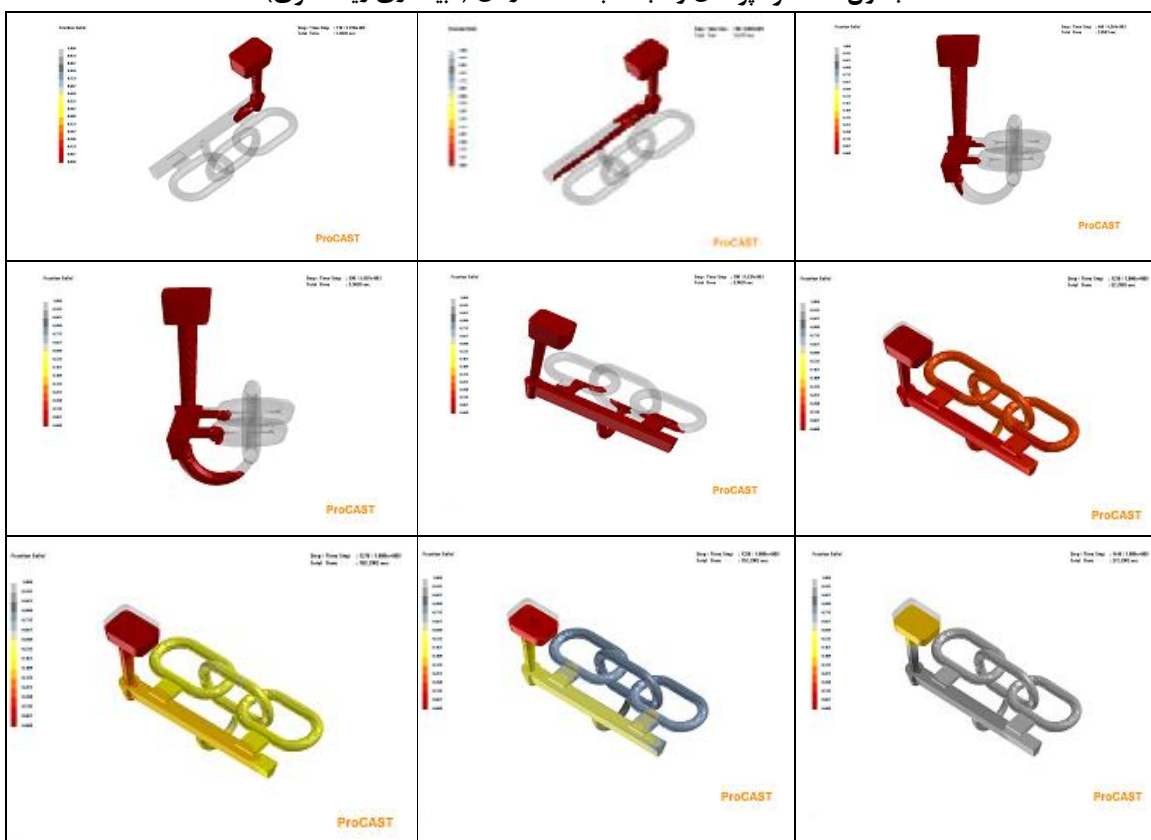
هر سه طرح پیشنهادی قابلیت پیاده‌سازی و اجرا دارند. لکن با بررسی تمامی جوانب و زوایا، طرح بهینه انتخاب گردید. طرح اول که مدل‌های چوبی و نیز جعبه ماهیچه‌ای با خطوط جدایش بسیار داشت، طرح بسیار خوبی است لکن بدلیل رعایت تمرکز بالا در منطبق نمودن خطوط جدایش مدل‌ها و جعبه ماهیچه، این طرح با مخاطرات جدی جابجایی مدل و خطاهای ابعادی روبروست.

طرح دوم شامل مدل فدا شونده طرح بسیار ساده‌ای است که نیاز به هیچ خلاقیتی ندارد و کافی است مدل‌هایی با خطوط جدایش طولی برای دو حلقه کناری و عرضی برای حلقه میانی ساخته شده و با دقت قالب‌گیری گردد. این طرح بسهولت قابل پیاده‌سازی است ولی هیچ ابتکار و خلاقیتی دربرنمی‌گیرد.

جدول ۸: احتمال وجود عیوب انقباضی و زمان انجماد نقاط مختلف قطعه (شبیه‌سازی ریخته‌گری)



جدول ۹: نحوه پرشدن و انجماد با گذشت زمان (شبیه‌سازی ریخته‌گری)



با بررسی سه طرح پیشنهادی و انجام عملیات شبیه‌سازی برای آن‌ها توسط نرم‌افزار ProCAST 2010، مشخص گردید که طرح سوم ضمانت اجرایی بالاتری دارد. یعنی کافی است ابتدا دو حلقه ریخته‌گری شده و سپس در مرحله دوم حلقه میانی ریخته شود. همچنین این طرح بدلیل صرف زمان بالا برای رسیدن به بهترین حالت، بیشترین بازده را داراست.