



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

گزارش مرحله مقدماتی چهارمین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور

سوال ریخته‌گری	
نام تیم شرکت کننده	High Tech.
نام دانشگاه	دانشگاه سمنان-صنعتی مالک اشتر
نام سرپرست تیم	مسلم ایزانلو مطلق
شماره تلفن همراه	۰۹۱۵۷۱۸۰۹۷۱
پست الکترونیک	m.ezanlovi@gmail.com

لطفا در این قسمت چیزی ننویسید.	
کد گروه	2008

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

اولین قدم در تولید یک قطعه انتخاب فرایند تولید است. مهم ترین عواملی که در انتخاب فرایند نقش دارند شامل: شکل، جنس و ابعاد قطعه، دقت ابعادی، کیفیت سطوح، خواص مورد نظر، تعداد مورد نیاز و... می باشند. در نقشه سوالات دقت ابعادی و کیفیت سطوح مورد نظر و اینکه طراحی برای چه تعداد قطعه باید صورت بگیرد مشخص نشده است. در طراحی همیشه این نکته باید مد نظرمان باشد که کیفیت همیشه دقیق ترین ابعاد و بهترین خواص ممکنه نیست؛ بلکه حصول خواص خواسته شده کیفیت می باشد. یک قاشق غذا خوری را هم می توان به روش Investment casting با فرایند ریخته گری Bridgeman به صورت تک کریستال ریخته گری نمود و هم به شیوه معمول تولید کرد. لذا تعیین موارد مذکور مستلزم تولید بهترین و باکیفیت ترین قطعه خواهد بود. تولید قطعه مناسب از طریق ریخته گری مستلزم داشتن قالب مناسب، و قالب مناسب در صورت وجود مدل و جعبه ماهیچه مناسب بدست می آید. در انتخاب جنس مدل نیز تعداد قطعات مورد عامل تعیین کننده است. مناسب ترین جنس مدل در قالبگیری آلومینیم-سیلیسیم است. مدل به صورت دوتکه طراحی شده و در دو درجه قالبگیری می شود. برای تعبیه قسمت های داخلی قالب به یک ماهیچه نیاز است، که شکل ماهیچه و جعبه ماهیچه در پیوست ها ارائه شده است. جنس قالب و ماهیچه ها را از ماسه سیلیسی با مش T۹۰ با ۵ درصد وزنی چسب سیلیکات سدیم خواهیم ساخت. در طراحی قطعه ابتدا به قسمت های مختلف تقسیم بندی شد و مدول هر قسمت را با استفاده از نرم افزار کتیا حساب کردیم و دوایر هاورز نیز در مقطع قطعه رسم شد تا از لحاظ گرادیان دمایی و فشار مذاب در و شرط اتصال قسمت های مختلف مورد بررسی قرار دهیم. (شکل ۱ در پیوست ها را ببینید). ماکسیمم مدول به دست آمده ۱,۱ سانتی متر بدست آمد؛ از اینرو این قطعه نیاز به تغذیه مجزا داشته و تصمیم گرفتیم از طریق طراحی تغذیه مناسب انقباضات حین انجماد قطعه را جبران کنیم؛ لذا از سیستم ریخته گری مستقیم استفاده کردیم که این سیستم می تواند نقش تغذیه را نیز ایفا کند و کاهش حجم ناشی از انقباض حین انجماد را می تواند به خوبی جبران کند. طبق تحقیقات جاکوب و دروزی (۱۹۷۴ میلادی) برای آلیاژ A۳۵۶ که دامنه انجماد نسبتاً زیادی دارد، برد تغذیه تا T۱۵ می باشد؛ ولی به دلیل یکنواخت نبودن شیب نمودار مدولی به سمت تغذیه، حفرات انقباضی تشکیل خواهد شد (در شکل ۱ در پیوست ها نقاطی که عیوب انقباضی مشاهده شد مشخص شده است). برای یکنواخت کردن شیب نمودار مدولی از تکنیک افزایش قدرت تبرید قالب با استفاده از مبرد در قسمت قطر ۱۴ و کاهش سرعت سرد شدن در قسمت قطر ۱۹ میلی متر با استفاده از گچ قالبگیری بهره بردیم. برای اطمینان بیشتر از این طراحی، شبیه سازی در حالت های مختلف انجام شد، همانطور که پیشبینی شده بود قطعه نیاز به تغذیه و مبردگذاری و عایق کردن داشت. در شکل ۸ نتایج نهایی شبیه سازی آورده شده است. برای تأمین مواد شارژ می توان از قراضه و برگشتی، شمش های اولیه و ثانویه و هاردنرها استفاده نمود. و برای ذوب مواد شارژ نیز از کوره زمینی استفاده می کنیم. عملیات کیفی که بر روی مذاب انجام می شود شامل فلاکسینگ، گاززدایی با آرگون و اصلاح سازی با سدیم از طریق افزودن نمک طعام می باشد؛ عملیات ذوب ریزی در دمای ۶۶۰ درجه سانتی گراد انجام می شود. بعد از انجماد کامل قطعه و برش کاری تست دانسیتمتری بر روی قطعه انجام می شود تا از سلامت قطعه اطمینان حاصل شود. راندمان ریختگی قطعه ۶۶,۸۵ درصد پیش بینی شده است.

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

### طراحی تغذیه و جهت دار کردن انجماد به سمت تغذیه:

اولین قدمی که در طراحی قطعه برداشته شد، تعیین بخش‌های مختلف که از لحاظ مدولی با هم اختلاف داشتند بود نقاط داغ قطعه (مرکز حرارتی) تعیین گردید (شکل ۱ در پیوست). برای اطمینان بیشتر شبیه سازی انجام دادیم همانطور که پیش بینی شده بود قسمت‌های مشخص شده در شکل ۲ و ۳ محل‌هایی گیر افتادن حفرات انقباضی در قطعه بود. **شرط اول در تغذیه گذاری، عدم استفاده از تغذیه جز در موارد ضروری است** لذا قطعه قسمت مختلفی تقسیم شد و مدول آن توسط نرم افزار Catia محاسبه گردید تا مشخص شود که قطعه نیاز به تغذیه دارد یا خیر. ماکسیمم مدول بدست آمده برابر ۱,۰۱ سانتی متر بدست آمد. معمولاً مدول‌های کمتر از ۱ را با بزرگتر در نظر گرفتن سیستم راهگاهی و جهت دار کردن انجماد، جبران می‌کنند. ولی در اینجا برای جبران کاهش حجمی مذاب از تغذیه استفاده می‌کنیم. **شرط دوم شرط انتقال حرارت و تعیین اندازه تغذیه و متعلقات آن است**، شرط انتقال حرارت برای تغذیه موفق را می‌توان به این صورت بیان کرد که زمان انجماد تغذیه باید حتماً از زمان انجماد قطعه بیشتر باشد.

محاسبه ابعاد تغذیه به روش مدول:

$$M_c = \frac{V_c}{A_c} = 1.01 \quad 1.2 = \frac{M_r}{M_c} = \frac{M_r}{1.01} \quad M_r = 1.2 \times 1.01 = 1.21$$

$$v_r = M_r \times 5 = 1.21 \times 5 = 260.88 \text{ cm}^3$$

$$V_{r \text{ exo}} = 0.4 \times 260.88 \text{ cm}^3 = 104.35 \text{ cm}^3 \rightarrow D = 1.5H = 4.457 \text{ cm} \cong 4.5 \text{ cm}$$

$$A_{r \text{ exo}} = \pi \times 2.25^2 = 15.9 \text{ cm}^2$$

محاسبه ابعاد گلویی تغذیه:

$$A_n = 0.6A_{r \text{ exo}} = 0.6 \times 15.9 = 9.54 \rightarrow D_n = 3.485 \text{ cm} \cong 3.5 \text{ cm}$$

به علت برشکاری تغذیه با سنگ فرز:

$$H_n = 1 \text{ cm}$$

محاسبه ی ابعاد عایق دور و روی تغذیه :

$$w = 0.15 d = 0.15 \times 4.5 = 0.675 \text{ cm}$$

**قانون سوم شرط انتقال جرم (حجم)** است لذا می‌خواهیم ببینیم که آیا حجم تعیین شده برای تغذیه، تمام قطعه را

مذاب رسانی می کند یا خیر؟ میزان حجم تغذیه شدن قطعه ( $v_{sc}$ ) را می توان از رابطه ی زیر بدست آورد:

$$v_{sc} = (v_c + v_f) \times \frac{s}{100}$$

$$v_c = \frac{100v_{sc} - v_f \times \frac{s}{100}}{s}$$

$v_c$  حجم قابل تغذیه شدن قطعه

$v_{sc}$  حجم حفره انقباضی در پایان انجماد در تغذیه

$v_f$  حجم تغذیه بعلاوه گلویی تغذیه

$s$  درصد انقباض حجمی

$$v_{sc} = (199.4 + 104.35) \times 0.06 = 18.225 \text{ cm}^3$$

$$v_c = \frac{1822.5 - (104.35 \times 0.06)}{6} = 302.7 \text{ cm}^3$$

دیدیم که حجم قطعه از حجم قابل تغذیه شدن توسط تغذیه گرم شونده کمتر است. شرط چهارم شرط اتصال تغذیه به قطعه می باشد. با قرار گیری تغذیه در بالای قطعه یک اتصال بوجود خواهد آمد. اتصالی که هندسه ی مناسبی نداشته باشد منجر به ایجاد عیوب نقطه داغ و این عیب بروز حفره انقباضی را در پی خواهد داشت. به طور کلی باید  $M_n = 1.1M_c$  و  $M_r = 1.2M_c$  تا حداقل گرا دیان دمایی رعایت شده و آخرین نقطه منجمد شده تغذیه باشد. در تغذیه های گرم شونده  $A_n = 0.6A_r$  در نظر گرفته می شود تا شرط فوق حاصل گردد. **قانون پنجم شرط مسیر تغذیه** بوده لذا مذاب رسانی صحیح نیازمند حداقل یک مسیر تغذیه است. واضح است که اگر مذاب کافی برای تغذیه قطعه در دسترس بوده اما امکان جریان یافتن آن به بخش های دورتر که نیازمند مذاب رسانی هستند نباشند، عمل تغذیه ناموفق خواهد بود. انجماد جهت دار به سمت تغذیه، اگر بتوان تغذیه را طوری روی ضخیم ترین مقطع قطعه ریختگی گذاشت که با دور شدن از تغذیه مقاطع قطعه نازک تر شود. آنگاه انجماد جهت دار به سمت تغذیه انجام خواهد شد (لوئیس و رانفرنیک سال ۱۹۹۸ م). برای بررسی این مهم از روش کلاسیک دواير هاورز استفاده شد. با توجه به این که قطر دواير هاورز با نزدیک شدن به محل فرضی تغذیه افزایش نیافت از این رو انجماد به سمت تغذیه جهت دار نبوده و باید برای این مشکل چاره ای اندیشیده می شد. مدول قطعه را می توان با افزایش موضعی سرعت انجماد از طریق به کارگیری مبرد یا پرک و یا تأخیر در انجماد از طریق عایق کردن قسمت های نازک و یا ضخیم تر کردن قسمت های موضعی قطعه اصلاح نمود، ولی باید در نظر داشت که همیشه مطمئن ترین روش را باید انتخاب نمود تا از سلامت قطعه اطمینان حاصل شود. **قانون ششم تغذیه شرط وجود شیب فشار** است، حتی اگر همه قوانین پیشین تغذیه گذاری تأمین شود ولی شیب فشار مورد نیاز تأمین نگردد، مذاب تغذیه به محل مورد نیاز نخواهد رسید و در چنین حالتی ممکن است در قطعات تخلخل درونی بوجود آید. از آنجا که فشار ثقلی مذاب در مذاب برابر است با  $p = \rho gh$ ، که تابعی از چگالی و ارتفاع مذاب است، محل تغذیه در بالاترین قسمت قطعه انتخاب

گردید. **قانون هفتم شرط فشار تغذیه** است. فشار مذاب باقی مانده در قطعه ریختگی باید به میزانی باشد که جوانه زنی و رشد حفرات داخلی و خارجی را متوقف کند. این قانون بیانگر شرط هیدرواستاتیک مربوط به حذف تخلخل است و با شرط شیب فشار در تضاد است. همانطور که در بخش شرط گرا دیان دما ارائه شد؛ ارتفاع مذاب موجب اعمال فشار ثقلی می گردد و چون تغذیه در بالاترین قسمت قطعه تعبیه شده است، تا آخرین لحظه انجماد فشار ثقلی مذاب پایدار است. استفاده از تغذیه رویی روباز نیز به اعمال بیشتر فشار کمک کرده چرا که فشار اتمسفر بر سطح مذاب وارد شده و موجب عملکرد بهتر تغذیه می گردد.

### طراحی سیستم راهگاهی :

انتخاب نقطه یا نقاطی از قطعه که چگونگی و محل ورود مذاب به درون قالب را تعیین می کنند در دستیابی به این مهم بسیار موثر است. ورود مذاب از بالای محفظه قالب ممکن است باعث شود که مذاب با سرعتی بیش از حد بحرانی به داخل محفظه قالب سقوط کند. بهترین حالت، جریان رو به بالاست که به وسیله ی یک سیستم کف ریز حاصل می گردد این سیستم به دلیل توزیع نامناسب درجه حرارت ممکن است در هنگام مذاب رسانی با مشکلات انجمادی و در نهایت، تشکیل مک و تخلخل مواجه شود. اما در سیستم سر ریز، مذاب از بالای محفظه قالب وارد می شود، بنابراین مهمترین مزیت آن توزیع مناسب درجه حرارت است. مذاب از طرف پایین به سمت بالای قطعه منجمد شده و بنابراین با تعبیه یک تغذیه فوقانی میتوان مشکلات انقباضی را حل نمود (سیستم راهگاهی \_ بوتراپی). طبق تحقیقات محققان در روش بارریزی سرریز اگر از یک فیلتر سرامیکی که در جلوی جریان مذاب قرار داده می شود استفاده کنیم، به عنوان حوضچه بارریز عمل کرده و نیاز به استفاده از سیستم راهگاهی را از بین می برد (سیستم dypur). در مجموع این سیستم پس از بارریزی نیز به عنوان تغذیه به ایفای نقش خواهد پرداخت. بررسی های سندفورد (۱۹۸۸م). بدون استفاده از فیلتر، بارریزی مستقیم منجر به ورود مقدار زیادی از اکسیدهای سطحی به درون قطعات می شود؛ ولی در صورت استفاده از فیلتر از بروز این عیب جلوگیری می شود. تحقیقات دین و همکارانش در سال ۲۰۰۳ میلادی در این زمینه در قالب نمودار در شکل ۴ آورده شده است. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود اگر ارتفاع مذاب خروجی از فیلتر زیر ۱۰۰ میلیمتر باشد مشکل ورود اکسیدها به درون قطعه از بین خواهد رفت.

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

**مدلسازی:** برای ساخت مدل از دستگاه CNC استفاده می شود که باید نقشه مدلسازی سه بعدی در دست باشد. از اینرو اضافاتی چون: اضافه مجاز انقباضی، اضافه تراش و شیب مجاز مطابق با استاندارد دین ۱۵۱۱ به ابعاد نقشه مکانیکی باید منظور گردد. این تغییرات شامل موارد زیر می باشند:

۱- **ضریب انقباض:** درصد انقباض عملی در آلایژ A۳۵۶ در حالت جامد حدود ۱,۲ درصد است که این مقدار به ابعاد مدل منظور گردید (جدول ۱ پیوست ها).

۲- **گوشت اضافی برای ماشین کاری:** گوشت اضافی به قسمت هایی که قرار است بعداً ماشین کاری شوند؛ اضافه می شود. کیفیت سطوح و دقت ابعادی است که سطوحی را که نیاز به اضافه تراش دارند مشخص می کند و همچنین با علامت مثلث در نقشه های مکانیکی تعیین می گردد، ولی در این نقشه مشخص نشده است (مثلاً طبق استاندارد DIN ۴۷۶۶، سطوح با دقت بیشتر از R۰.۰۳ نیاز به ماشینکاری دارند و یا ابعادی با دقت در محدوده DIN ۷۱۶۸m نیاز ماشینکاری دارند و از طریق ریخته گری قابل دستیابی نیستند)؛ از اینرو با فرض بدون نیاز به اضافه تراش طراحی صورت گرفته است (جدول ۳ پیوست ها).

۳- **شیب مدل:** به منظور خروج راحت تر مدل از قالب برای مدل شیب اضافی در نظر گرفته شد که بر اساس دین ۱۵۱۱ به ابعاد مدل اعمال می شود. همانطور که می دانید شیب مدل می تواند به سه صورت نقصانی، میانی و اضافی اعمال شود که باز هم تolerانس ابعادی قطعه در انتخاب شیب مجاز تعیین کننده است (جدول ۲ پیوست ها).

**جنس مدل:** ما در نظر داریم جنس مدل ها و جعبه ماهیچه ها از آلومینیوم انتخاب شود؛ چرا که مدل آلومینیومی مقاومت به خوردگی، استحکام، قابلیت ماشینکاری، مقاومت سایشی، قیمت مناسب و قابلیت تعمیر نسبتاً عالی را دارا است؛ از اینرو مدل آلومینیومی ارجح تر است (جدول ۵ را ببینید).

قسمت های مختلف مدل در شکل ۵ آورده شده است.

عملیات قالبگیری و ماهیچه سازی نیز در شکل ۶؛ و قسمت های مختلف قالب در شکل ۷ آورده شده است.

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

##### مواد شارژ و ذوب آن:

مواد شارژ مورد استفاده برای ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیم شمشهای اولیه، شمشهای ثانویه یا دوباره ذوب، قراضه و برگشتی و آمیزانها می باشند. برای ذوب مواد شارژ از کوده زمینی استفاده می کنیم، که این کوره در دسته کوره های ذوب با حرارت غیرمستقیم قرار می گیرد. در این کورهها، سوخت یا شعله، مستقیماً با مذاب تماس نداشته بلکه حرارت به وسیله هدایت از دیواره بوته و محفظه کوره به مذاب انتقال مییابد و به دلیل عدم تماس مستقیم شعله با مذاب، بسیاری از فعل و انفعالات ناشی از چنین تماسی انجام نگرفته و همچنین میزان پرت و اکسیداسیون مذاب کاهش مییابد. در این کورهها، بیشتر از دو نوع بوته چدنی و گرافیتی استفاده میشود. به دلیل نفوذ آهن از بوتههای چدنی به داخل مذاب، بوته های گرافیتی مناسبتر هستند. عیب این کورهها، قیمت بالای بوته و عدم امکان ذوب تناژهای بالاست.

##### گاززدایی:

گازهای محلول در مذاب بعد از انجماد از حلالیت خارج شده و به صورت مولکولی در قطعه ریخته شده باقی می ماند که خواص مکانیکی و وزن مخصوص قطعه را شدیداً کاهش می دهد. در مورد ذوب آلیاژهای آلومینیم، هیدروژن تنها گازی است که به صورت محلول در مایع و حباب در جامد ظاهر می شود از این رو عملیات گاززدای هیدروژن زدایی (اهمیت ویژه ای دارد. برای جلوگیری از ورود گاز به داخل مذاب باید چند نکته رعایت شود:

۱. فوق ذوب را بی اندازه و بیش از حد بالا نبریم.

۲. از فلاکس های پوششی استفاده کنیم.

۳. اتمسفر کوره را کنترل کنیم.

۴. مذاب را با بیش از حد و بی دلیل به هم نزنیم.

برای گاز زدایی از گاز آرگون استفاده می کنیم، افزایش گازهای بی اثر نظیر آرگون باعث افزایش فشار نسبی داخل مذاب شده و در نتیجه همراه با خروج این گاز هیدروژن، نیز از مذاب خارج می شود.

##### فلاکس پوششی:

این فلاکس ها به منظور به وجود آوردن سدی در برابر نفوذ اکسیژن به داخل مذاب طراحی شده اند. این فلاکس ها عموماً ممکن است به صورت جامد و خشک و یا به صورت مذاب در سطح فلز مذاب ظاهر گردند. آزمایشات مختلف نشان می دهد که استفاده از فلاکس های پوششی مقدار تلفات مذاب را تا ۱۰٪ کاهش می دهد و به همین نسبت از میزان آخال های موجود در مذاب می کاهد. فلاکس های پوششی برای تمیز کردن مذاب کاربرد زیادی ندارند. این فلاکس را همراه مواد شارژ در بوته شارژ می کنیم.

##### فلاکس تمیز کننده:

به منظور جداسازی ذرات آخال معلق و خارج کردن آنها از مذاب به کار می روند. مهمترین وظایف این نوع فلاکس ها بدین قرار است:

الف) کاهش وزن مخصوص به منظور سرعت بخشیدن به خروج آخال ها، که استفاده از فلاکس هایی که بتواند



وزن مخصوص آخال را کاهش دهد می تواند بسیار مؤثر باشد.

ب) کاهش آغشتگی به مذاب زیرا آغشتگی آخال به مذاب، موجب کاهش سرعت خروج آخال از مذاب می شود. بنابراین استفاده از فلاکس هایی که بتواند آغشتگی را کاهش دهد موجب تسهیل در خروج آخال از مذاب می شود.

ج) افزایش نقطه ذوب به این علت که برخی از آخال ها در شرایط ذوب به صورت مذاب هستند، لذا جدا کردن آنها از مذاب با تلف شدن مذاب همراه است. در این حالت، از موادی که بتواند با افزایش نقطه ذوب، سرباره گیری را آسان کند استفاده می شود.

### فلاکس اصلاح کننده:

این نوع فلاکس ها در درجه حرارت مذاب، تجزیه شده و محصول حاصل، ناخالصی ها را جذب می کند ولی بیشتر، اثر آنها اصلاح ساختار می باشد. در آلیاژهای آلومینیم-سیلیسیم، از سدیم نه به عنوان ریز کننده بلکه به عنوان تجمع کننده سیلیسیم استفاده می شود. سدیم که اغلب به صورت فلئور سدیم و کلرور سدیم به مذاب اضافه می شود، ساختمانی سوزنی شکل و پراکنده سیلیسیم در آلومینیم را متمرکز و تقریباً به صورت کروی ریز در می آورد. افزایش سدیم به مذاب آلیاژ آلومینیوم-سیلیسیم سختی، استحکام و خواص آلیاژ را افزایش می دهد. درصد می باشد که عمل اصلاح سازی را انجام می دهد. همانطور که / که معمولاً میزان اضافه کردن سدیم ۰۱ در بالا گفته شد، سدیم به صورت کلرور به مذاب اضافه میشود، که مشکل اضافه شدن آن به مذاب، نقطه ذوب آن است که نقطه شکست این پیوند بیشتر از ۸۰۰ درجه است. به همین دلیل باید سدیم را ، را در فوق ذوب بالا به مذاب اضافه کرد.



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

با وجود پیچیدگی این قطعه، طراحی متالورژیکی و مکانیکی، مدل، قالب و جعبه ماهیچه طوری انتخاب شده که در نهایت سادگی و دقت باشد. انجام عملیات مبرد گذاری در قسمت کف قطعه باعث می گردد هیچ نوع حفره انقباضی در آن قسمت از قطعه ایجاد نشود. از تغذیه ی استوانه ای که از قابل اجرا ترین تغذیه ها در میان انواع اشکال مختلف تغذیه ها می باشد می توان استفاده کرد، که لوله عایق بدون زحمت زیادی در قالبگیری تغذیه را تعبیه می کند. استفاده از روش روپیزی و فیلترگذاری در تغذیه باعث شده سیستم راهگامی حذف شود که در نتیجه ی آن علاوه بر اطمینان از سلامت قطعه تولیدی، راندمان ریخته گری افزایش یابد و عملیات مدلسازی و قالبگیری نیز به سهولت انجام پذیرد؛ راندمان تغذیه استوانه ای بدون گرمازا ۱۴ درصد بوده و بقیه مذاب در تغذیه فقط نقش گرم نگهداشتن تغذیه را دارند که ما با استفاده از مواد گرمازا راندمان را به ۶۷ درصد نیز می رسد. با استفاده از لوله عایق راندمان کل را افزایش دادیم. استفاده از مبرد با شکل خاص باعث جهت دار کردن انجماد شده است. استفاده از گچ قالبگیری نیز در قسمتی از ماهیچه موجب افزایش زمان انجماد آن قسمت شده و حفرات انقباضی به سمت تغذیه می روند. مدل به گونه ای طراحی شده است که بدون نیاز به جعبه ماهیچه قالب تعبیه گردد. البته اگر تعداد بالایی از این قطعه مورد نیاز باشد برای تولید انبوه پیشنهاد می گردد که از مدل صفحه ای و جعبه ماهیچه مجزا استفاده گردد. در قالبگیری از موادی استفاده شده است که در ایران به وفور یافت گردد و حتی برای صرفه جویی در میزان استفاده از ماسه  $CO_2$ ، از ماسه ی طبیعی و برگشتی به عنوان پشتبند استفاده شده است که هزینه های تولید را کاهش می دهد و نیز باعث می شود تخریب پذیری قالب بعد از ریخته گری به میزان مطلوبی برسد و قابلیت نفوذ گاز بهتر گردد و بر روی مدل از ماسه با چسب سیلیکات سدیم استفاده شده تا کیفیت سطحی مطلوبی بدست آید. بعد از عملیات ریخته پیرایی نوبت به برش کاری تغذیه می رسد، اقتصادی ترین نوع برشکاری استفاده از سنگ فرز است که به سهولت و سرعت انجام پذیر است، استفاده از عایق در دور گلویی تغذیه و بهینه کردن ابعاد گلویی امکان برشکاری راحتتر را بوجود آورده است. نکته ای در اینجا وجود دارد این است که سطح سنگ را باید به گریس آغشته نمود تا با براده ها پر نشود.

۶- برآورد تقریبی هزینه تولید و توجیه اقتصادی طرح (حداکثر ۱ صفحه)

در ریخته‌گری آلومینیوم به علت ضریب انقباض حجمی بالای آن راندمان ریخته‌گری پایین است و معمولاً راندمان ریخته‌گری زیر ۵۰ درصد است. ما در اینجا با استفاده از جهت دار کردن انقباضات با بهره‌گیری از مواد قالب‌گیری مناسب و استفاده از ریخته‌گری مستقیم و حذف سیستم راهگاهی مجزا از تغذیه راندمان ریخته‌گری را به ۶۶٫۸۵ درصد رساندیم که می‌تواند در جهت کاهش هزینه‌ها نقش بسزایی را داشته باشد.

ردیف	نوع مواد	مقدار/تعداد	مصرفی/قابل بازیافت	هزینه واحد (کیلوگرم/عدد)	هزینه کل
۱	ذوب آلیاژ	۸۲۰ گرم	تغذیه برگشتی دارد	۲۰۰۰۰ ریال	۱۸۰۰۰۰ ریال
۲	ماسه سیلیسی با فرایند CO <sub>2</sub>	۷ کیلوگرم	مصرفی	۳۰۰۰۰ ریال	۲۱۰۰۰۰ ریال
۳	ماسه طبیعی	۱۲ کیلوگرم	قابل بازیافت	۵۰۰۰ ریال	۶۰۰۰۰ ریال
۴	لوله عایق	۱ عدد	مصرفی	۱۰۰۰۰۰ ریال	۱۰۰۰۰۰ ریال
۵	فیلتر سرامیکی	۱ عدد	مصرفی	۵۰۰۰۰ ریال	۵۰۰۰۰ ریال
۶	گچ قالب‌گیری	۹۰ گرم	مصرفی	۵۰۰۰ ریال	۱۰۰۰ ریال
۷	مبرد	۳ عدد	قابل بازیافت	۶۰۰۰۰ ریال	۱۸۰۰۰۰ ریال
۸	ساخت مدل و اجزا دیگر	۱ عدد	اولیه	۳۰۰۰۰۰۰ ریال	۳۰۰۰۰۰۰ ریال
			جمع کل		۳۷۸۱۰۰۰ ریال

۷- توجیه زیست محیطی طرح و فرایند تولید (حداکثر ۱ صفحه)

مواد منتشره از ذوب این آلیاژها عموماً در اثر استفاده از سیاله‌ها به وجود می‌آید و از کلریدها، فلوریدها، دی اکسید گوگرد، اکسید فلزات قلیایی، تشکیل شده‌اند. بیشترین آلودگی در رابطه با استفاده از ترکیبات فلور - چه در حالت جامد و چه در حالت گازی - به عنوان سیاله به وجود می‌آید. این ماده باعث نشر اسید فلوریدریک و نیز ایجاد بوی بد می‌شود. جمع‌آوری و تهویه فلوریدهای جامد مانند سایر ذرات جامد آلوده‌کننده، زیاد مسئله‌ساز نیست ولی برای جمع‌آوری و تهویه فلوریدهای گازی شکل باید از اسکراب‌های خاص استفاده کرد. در سایر موارد که شرایط جغرافیایی، آب و هوا و نحوه استقرار واحد به لحاظ نقشه و ... مناسب باشد، استفاده از دودکش‌های بلند برای جمع‌آوری و خارج کردن گازهای غیر سمی کافی است.

در اینجا برای گاز زدایی از ترکیبات کلر دار استفاده نشده است و به جای آن از گاز خنثی آرگون استفاده شده است. دیگر مواد مورد استفاده زیاد مشکل‌ساز نیستند.

## ۶ منابع و مراجع

۱. کمبل، ج / بهزاد ناییبی - احمد بهمنی - سید علی دلبری - سید رضا نوری - بهداد ناییبی، ۱۰ قانون ریخته‌گری، اول، شرکت مهندسی آرتا پژوهش کاوه، زمستان ۱۶۷۰
۲. عابدی، ا، اصول تکنولوژی ریخته‌گری، اول، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۱۶۸۷
۳. بوتراپی، م ع، نگرشی نوین بر طراحی سیستم های راهگاہی، سوم، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۶۸۷
۴. کمبل، ج / محمد علی بوتراپی - صابر بالی، ریخته‌گری پیشرفته (جلد اول)، سوم، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۶۸۷
۵. نظم دار شهری، س، محاسبات فنی تخصصی، دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۶۸۹
۶. سلیمی، م، رسم مدل و قالب، دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، \_\_ ۱۶۸۹

پیوست ها

جدول (۱) ضریب انقباض آلیاژهای مختلف

جنس فلز	درصد انقباض تنوری	درصد انقباض عملی
چدن خاکستری	۱	۰/۵-۱/۴
چدن داکتیل بدون عملیات حرارتی	۱/۲	۰/۸-۲
چدن داکتیل یا عملیات حرارتی	۰/۵	۰-۰/۸
چدن تعمیر سفید	۱/۶	۱-۲
چدن تعمیر سیاه	۰/۵	۰-۱/۵
فولاد ریختگی	۲	۱/۵-۲
فولاد منگنز	۲/۳	۲/۳-۲/۸
آلیاژهای آلومینیم	۱/۲	۰/۸-۱/۵
آلیاژهای منیزیم	۱/۲	۱-۱/۵
مس الکترولیت	۱/۹	۱/۵-۱/۹
برنز قلع	۱/۵	۰/۸-۲
برنج قرمز (مس، قلع و روی)	۱/۳	۰/۸-۱/۸
برنج	۱/۲	۰/۸-۱/۸
آلیاژهای مس مخصوص Cu-Zn-Mn	۲	۱/۸-۲/۳
آلومینیم برنز	۲/۱	۱/۹-۲/۳
آلیاژهای روی	۱/۳	۱/۱-۱/۵
آلیاژهای سرب و آلیاژهای قلع	۰/۵	۰/۴-۰/۶

جدول (۲) استاندارد شیب مجاز بر اساس دین ۱۵۱۱

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

جدول (۳) استاندارد تراش مجاز در آلیاژهای مختلف بر حسب میلی متر

جنس قطعه	اندازه‌ی قطعه	سطوح زیری	سطوح داخلی و جانبی	سطوح رویی
چدن	تا ۱۵۰	۲/۵	۳	۵
	تا ۳۰۰	۲	۲/۵	۵/۵
	۳۰۰-۵۰۰	۲	۵	۶
	۵۰۰-۹۰۰	۲/۵	۵/۵	۶/۵
	۹۰۰-۱۵۰۰	۵	۶	۸
فولاد	تا ۱۵۰	۳	۳	۶
	۱۵۰-۳۰۰	۵	۶	۶
	۳۰۰-۵۰۰	۶	۶	۸
	۵۰۰-۹۰۰	۶	۷	۹/۵
	۹۰۰-۱۵۰۰	۶	۸	۱۲
فلزات غیر آهنی	۱۰-۷۵	۱/۵	۱/۵	۲
	۷۵-۲۰۰	۱/۵	۲	۲/۵
	۲۰۰-۳۰۰	۲	۲/۵	۳
	۳۰۰-۵۰۰	۲/۵	۳	۳/۵
	۵۰۰-۹۰۰	۳	۳/۵	۴/۵
	۹۰۰-۱۵۰۰	۳	۴	۵

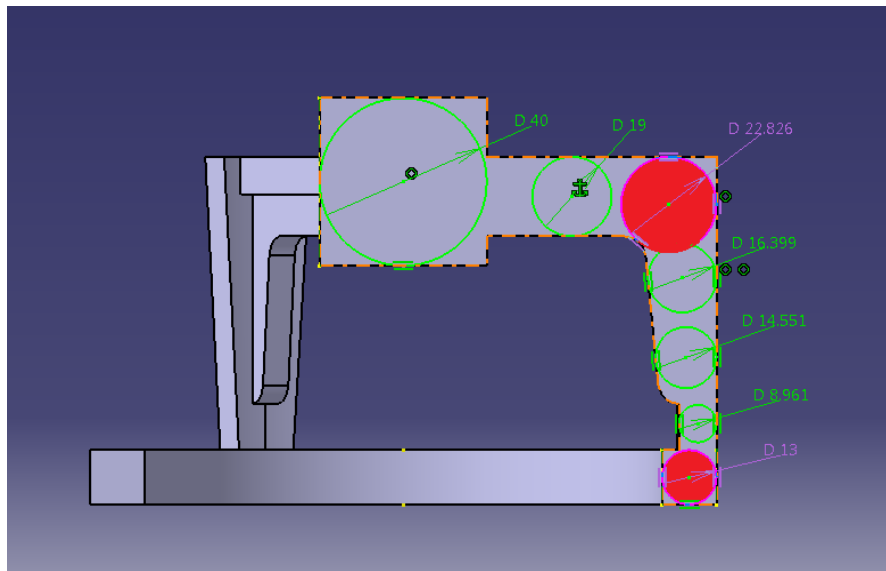
جدول (۴) تعیین ارتفاع تکیه گاه زیری در ماهیچه های عمودی

ارتفاع تکیه گاه زیری بر حسب میلی متر ۱۸۰										ارتفاع ماهیچه - ۱۸۰
۱۸۰	۱۶۰	۱۴۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۱۰	۵
۱۸۰	۱۶۰	۱۴۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۱۰	۵
۱۶۰	۱۴۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۱۰	۵	۳
۱۴۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۱۰	۵	۳	۲
۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۱۰	۵	۳	۲	۱
۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۱۰	۵	۳	۲	۱	۰
۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۱۰	۵	۳	۲	۱	۰	۰
۶۰	۴۰	۲۰	۱۰	۵	۳	۲	۱	۰	۰	۰
۴۰	۲۰	۱۰	۵	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰
۲۰	۱۰	۵	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۵	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول (۵) مقایسه ویژگی های مواد مختلف مدل

ویژگی	ماده	چوب	چدن	آلومینیم
مقاومت به خوردگی	عالی	ضعیف	ضعیف	عالی
استحکام	ضعیف	ضعیف	عالی	خوب
قابلیت ماشین کاری	عالی	نسبتاً خوب	عالی	عالی
مقاومت سایشی	ضعیف	ضعیف	عالی	خوب
قابلیت تعمیر	عالی	خوب	خوب	نسبتاً خوب

شکل (۱) - دواير هاورز در مقطع قطعه؛ مناطقی که احتمال تشکیل عيوب را دارند با رنگ قرمز مشخص شده اند.

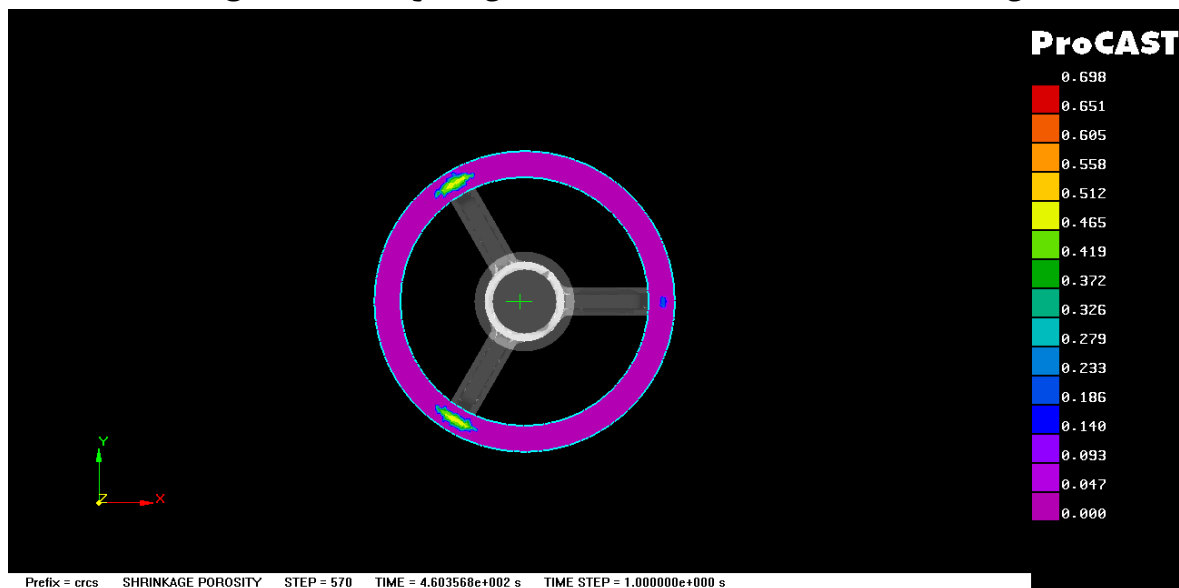


شکل (۲) - تصویری از شبیه سازی انقباضات قطعه قبل از میرد گذاری و عایق گذاری

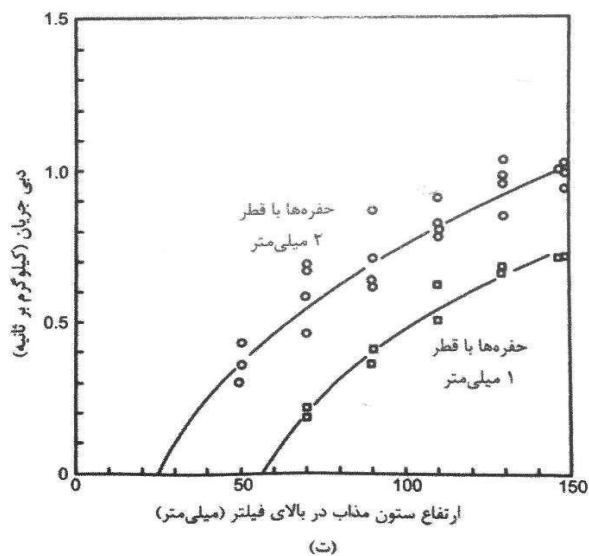
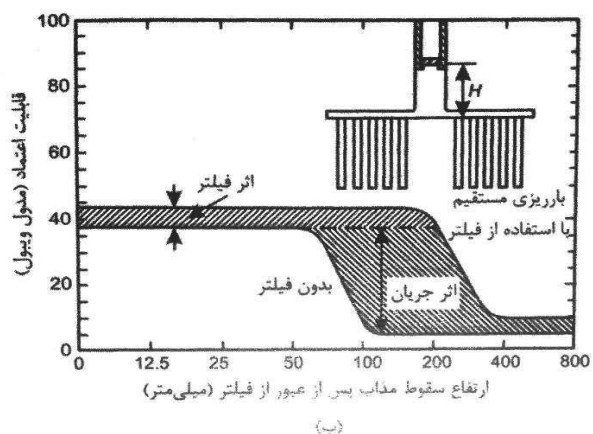




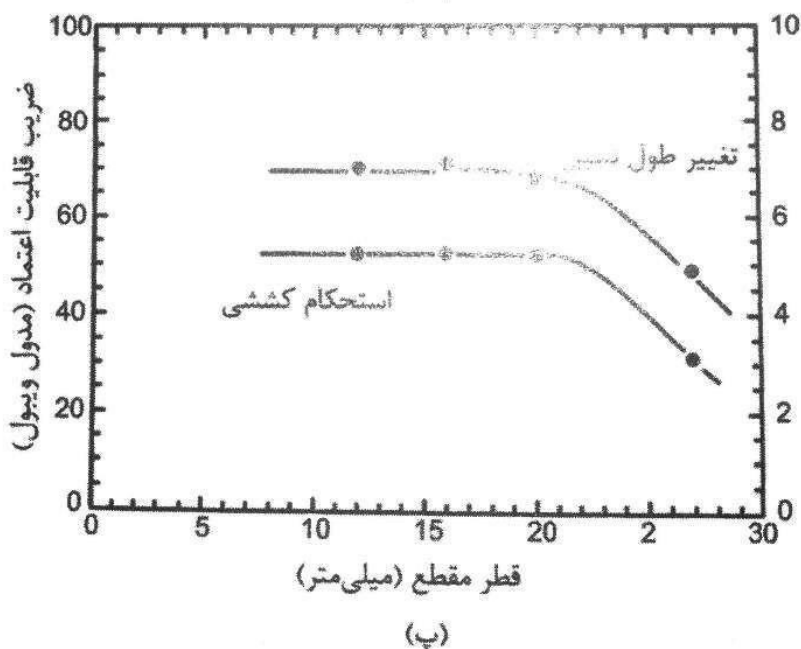
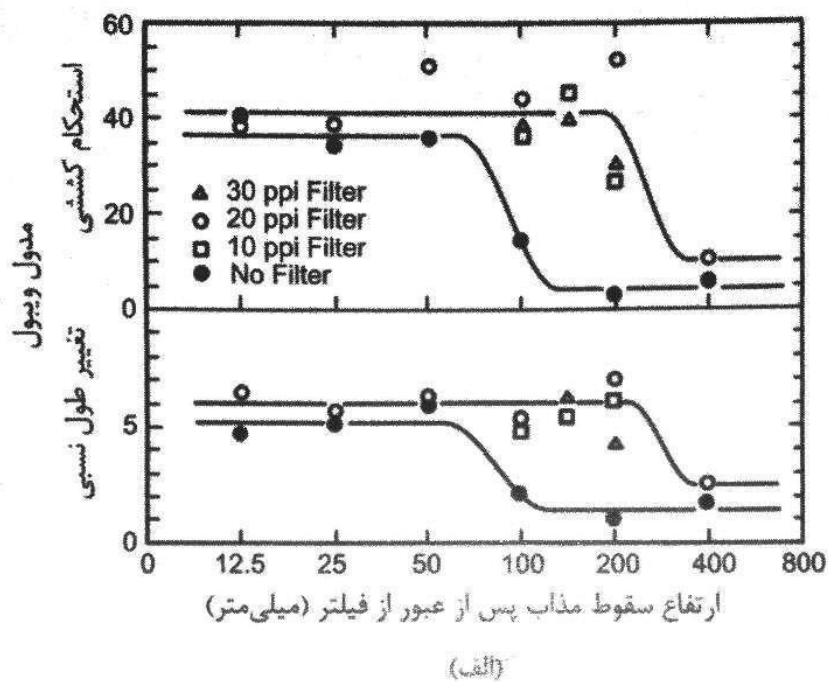
شکل (۳) - نمای بالا از شبیه سازی انقباضات قطعه قبل از مبرد گذاری و عایق گذاری



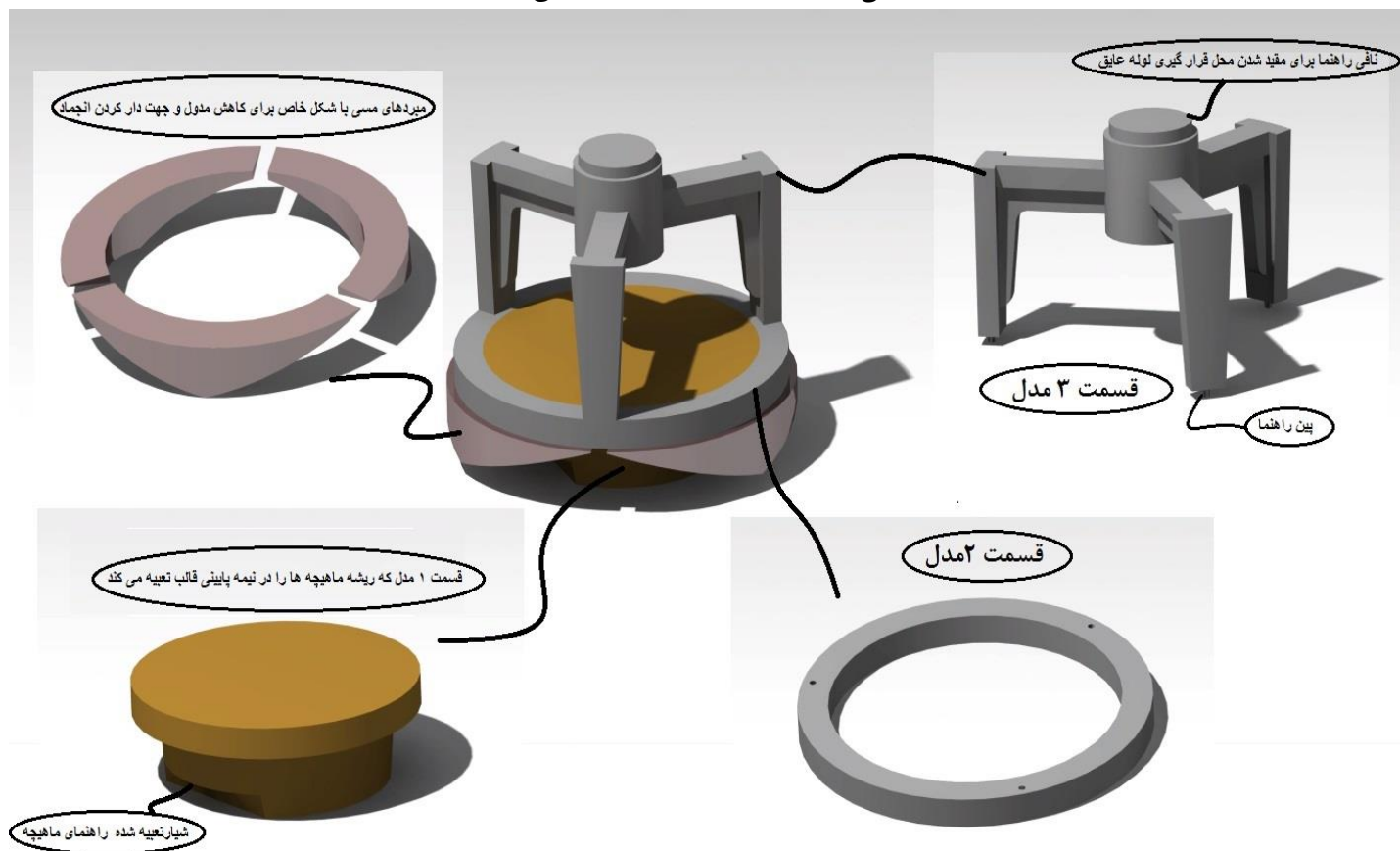
شکل (۴) تحقیقات دین و همکارانش در سال ۲۰۰۳ میلادی در این زمینه در قالب نمودار آورده شده است



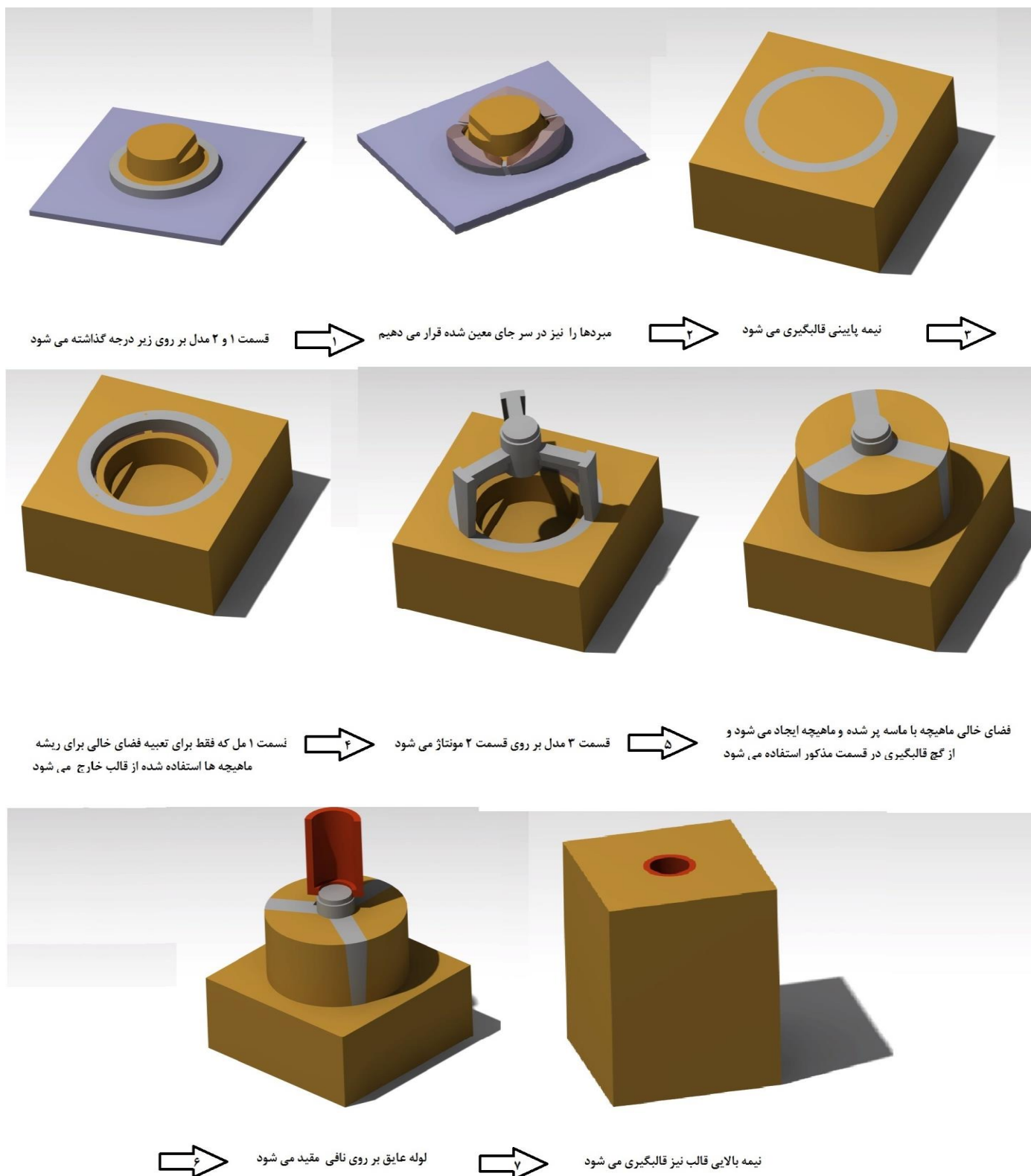
ادامه شکل (۴)



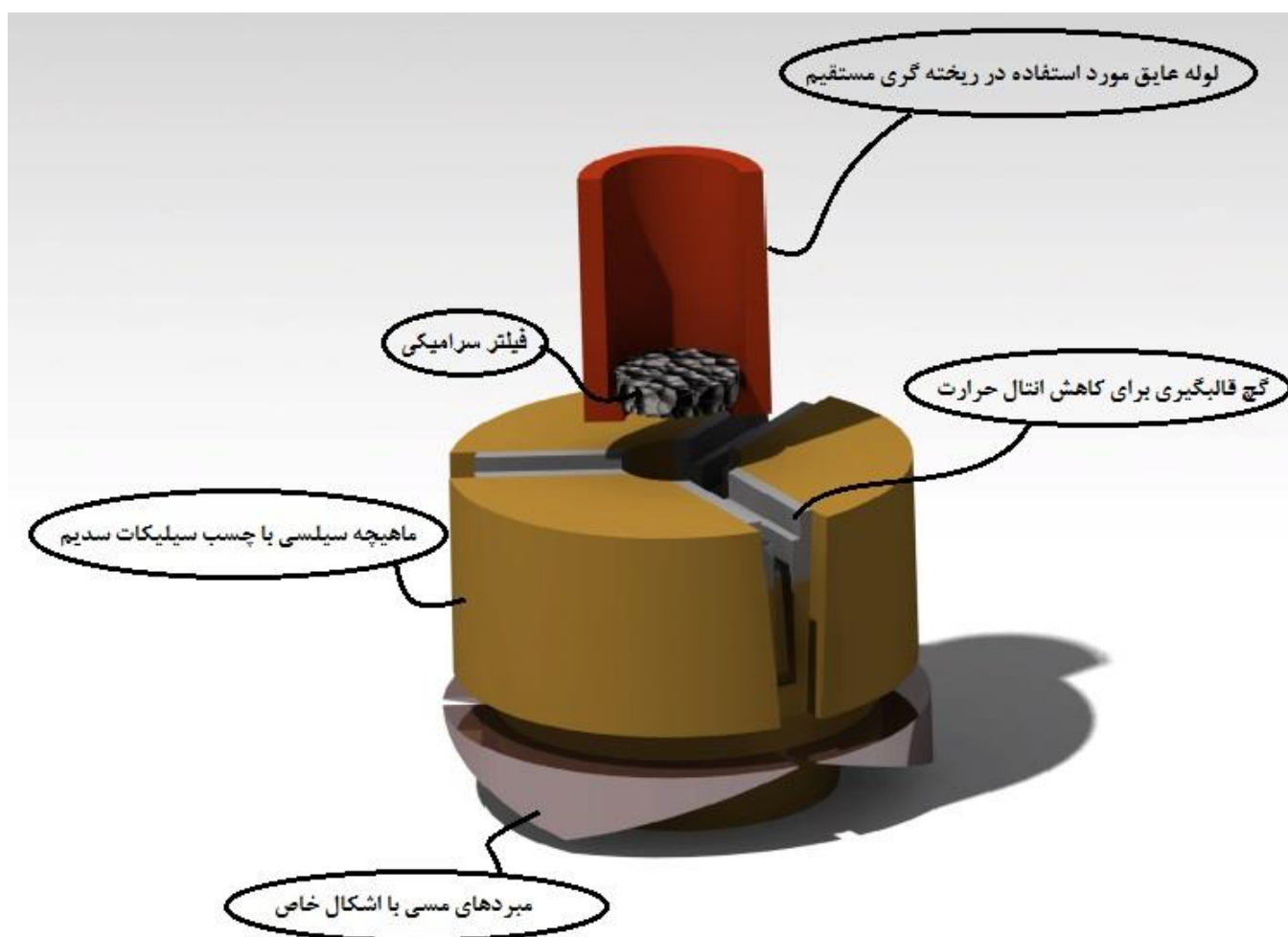
شکل (۵) - قسمت های مختلف مدل



شکل (۶) - مراحل مختلف قالبگیری و ماهیچه سازی



شکل (۷) - اجزای مختلف قالب



شکل (۸) - تصاویر شبیه سازی قطعه بعد از تغذیه گذاری، مبرد گذاری و عایق گذاری

