

اولین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور دانشگاه صنعتی اصفهان

گزارش مرحله مقدماتی اولین دوره مسابقات سراسری ریخته‌گری دانشجویان کشور

اول	شماره سوال
توس متال	نام تیم شرکت کننده
آزاد واحد مشهد	نام دانشگاه
سعید علیشاهی طوسی	نام سرپرست تیم
09151021713	شماره تلفن همراه
Alishahi_co@yahoo.com	پست الکترونیک

لطفا در این قسمت چیزی ننویسید.	
کد گروه	CODE 1002

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

امروزه داشتن دانش و مهارت در کنار خلاقیت رمز ماندگاری در دنیای صنعتی سرشار از تغییرات مداوم و پیچیده می باشد و از دیرباز بکارگیری الگوهای طراحی صنعتی با رویکردهای صنعتی متداول بوده، بی شک ارائه الگوهای نوین و طرح های خلاقانه نقش تعیین کننده ای در بهره وری قطعات صنعتی خواهد داشت، از این رو با انتخاب متفکرانه سوال زنجیر از سوی برگزار کنندگان مسابقات سعی بر آن شد تا با تولید اندیشه ها و افکار نو و نگاه کنجکاو و کاوشگر به طرح موجود با رویکردی سازنده حاضر شده تا گامی هرچند کوچک در این مسیر محسوب شود. در همین رابطه با فراهم کردن زمینه و به چالش کشیدن افکار، طرح هایی پدید آمد که در پی آنها طرحی انتخاب و با ساماندهی و اصلاح به طرح نهایی و تکامل یافته بدل گردید. شماتیک کلی مدل در شکل 1-1 ارائه گردیده، مراحل مختلف طراحی نیز به قرار ذیل می باشد:

در مرحله اول اقدام به طراحی اجزای مدل و اعمال اضافه مجازهای مدل سازی از مراجع استاندارد گردید، سپس با بررسی روش های تولید مدل و با در نظر گرفتن هزینه، زمان، دقت ابعادی و... مدل مذکور به روش نگاتیو، پزیتیو که عموماً جهت تولید مدل های آرالدیتی بکار می رود انتخاب گردید، در پی این اقدام با توجه به هزینه بالای مواد آرالدیت و استفاده از مدل تنها برای یک مرتبه، جنس مواد پزیتیو از مواد معدنی (گچ) انتخاب شد.

در مرحله قالبگیری قطعه زنجیر، شبیه سازی مراحل قالبگیری توسط متحرک سازی نرم افزار SolidWork قابل رویت گردید، در مراحل ریخته گری با مد نظر قراردادن یکنواختی خواص هر سه حلقه زنجیر و قابلیت اجرایی کردن، قطعات به صورت اورب لحاظ گردیدند، در بخش طراحی سیستم راهگاهی و تغذیه پس از شناسایی نقاط حساس توسط نرم افزار شبیه سازی ریخته گری محل قرارگیری سیستم راهگاهی و تغذیه مشخص و با انجام محاسبات دقیق ابعاد آنها تعیین گردید، حصول اطمینان از روند عملکرد تغذیه ها و سیستم راهگاهی نیز توسط نرم افزار شبیه سازی سنجیده شد تا در صورت وجود خطا در هر قسمت بازبینی لازم صورت پذیرد، در نهایت جهت رسیدن به نتایج مطلوبتر انجماد، از پرک به عنوان سردکننده موضعی مقطع زنجیر استفاده گردید، که به موجب تحلیل کسر جامد، نتایج آن قابل ارزیابی می باشد.

در خصوص عملیات کیفی مذاب سعی بر آن شد تا با بکارگیری از مراجع معتبر و استفاده از اطلاعات روز عملیاتی جهت حصول خواص مکانیکی پیشنهاد گردد، بطوری که ذکر دقیق مراحل اضافه کردن و نحوه شارژ مواد بهساز عنوان شده و خصوصیات مذاب قبل از بارریزی شامل دمای ذوب و سرعت بارریزی تعیین گردید.

کلیه مراحل فوق با ذکر منابع و ارائه فیلم و عکس بصورت مفصل در بخش های ذیل ارائه شده است.

2- جزئیات طراحی اجزاء مدل و قالب (حداکثر 3 صفحه به علاوه نقشه ها، تصاویر و نمودارهای مورد نیاز)

اصول اولیه مدل: کلیه فلزات و آلیاژها در اثر ذوب شدن منبسط و در اثر سرد شدن منقبض می شوند که در مدلسازی مسئله سرد شدن حائز اهمیت می باشد، مقدار کاهش حجمی هر فلز متفاوت می باشد و بطور کلی به فاز مایع، فاز جامد و جامد، فاز جامد تقسیم می گردد، در بخش انقباض فاز جامد چون پایان انجماد کامل یک قطعه می باشد، یعنی کاهش درجه حرارت از نقطه ذوب فلز تا دمای محیط است، باعث کوچک شدن ابعاد قطعه ریخته‌گری می گردد که می بایستی در طراحی مدلسازی و قالب‌گیری مورد بررسی جدی قرار گیرد [1]. با استناد به متن استاندارد ASTM A 618 میزان انقباض فاز جامد برای آلیاژ آلومینیوم A356 به مقدار 13mm/m می باشد که این میزان توسط نرم افزار طراحی بر روی تمامی بخش های مدل اعمال گردید (جدول 1-2).

با توجه به طراحی های عرف جوامع صنعتی که اکثراً بصورت کلیشه ای از مدل های دو یا چند تکه استفاده کرده و ماهیچه ای درون آن تعبیه می شود، در این طرح بشکل خاص و بطور کاملاً متفاوت و خلاقانه اقدام به طراحی اجزای زنجیر شده است. دلیل متفاوت بودن این طرح عدم نیاز به درجه قالب‌گیری و جعبه ماهیچه و همچنین موارد دیگری است که در بخش 4 (سادگی و خلاقیت) به تفصیل مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین با تغییر جزئی در مدل امکان ریخته‌گری بیش از 3 حلقه زنجیر در اشل صنعتی وجود دارد.

شبیه سازی و طراحی

طرح اول (شناسایی نقاط گرم): در فرایند طراحی یک قطعه با استفاده از شبیه سازی، اولین گام، شبیه سازی انجماد قطعه بدون تغذیه و سیستم راهگامی می باشد، این عمل به شناسایی مناطق گرم و حساس قطعه کمک می کند، تا بتوان در تعیین محل تغذیه گذاری از آن استفاده کرد. نتایج حاصل از شبیه سازی زنجیر در شکل های 1-2 و 2-2 آمده است. لازم به توضیح است که با توجه به تقارن شکل زنجیر و نتایج تحلیل، انجماد از دیواره های قطعه شروع شده و نقاط گرم بطور یکسان در مغز قطعه می باشد که می توان این طور استنباط نمود که با تعبیه صحیح سیستم راهگامی و تغذیه به انجماد جهت دار و قطعه ای کاملاً سالم دست پیدا نمود.

طرح دوم (طراحی سیستم راهگامی و تغذیه): سیستم راهگامی و تغذیه مناسب جهت جلوگیری از نواقص و معایب ریخته‌گری ضروری است، ساده ترین روش جهت رسیدن مذاب به قالب، سیستم روباز است در این روش مذاب مستقیماً از طریق تغذیه به محفظه خالی قالب ریخته می شود، اما این روش با وجود راندمان بالای ریخته‌گری که دارد، دارای معایبی نظیر آشفستگی شدید جریان مذاب که باعث ورود شلاکه و اکسیدها به داخل قطعه می شود و همچنین ناصاف و کثیف شدن سطح قطعه به علت وجود اکسید مذاب و نیز بالا آمدن شلاکه که موجب تنزل خواص مکانیکی قطعات می گردد، می باشد. بدین دلیل استفاده از این روش در منابع معتبر چندان پیشنهاد نمی گردد، اما با طراحی صحیح سیستم راهگامی، معایب سیستم روباز برطرف می شود. در این روش مسیر مذاب جاری با توجه به سیستم تعیین می شود در یک مفهوم اصلی می توان سیستم راهگامی را فقط سیستم بسته به حساب آورد که مسیر مذاب را مشخص می کند. با بررسی تحلیل و قرار گیری 3 حلقه درون هم و در نظر گرفتن موارد فوق ابعاد سیستم راهگامی و تغذیه مطابق محاسبات ذیل انجام گردید.

طراحی سیستم راهگامی

- 1- محاسبه وزن مذاب ریخته شده (با احتساب تمامی اجزا)، در دمای 710°C برابر با 0.64 Kg می باشد.
- 2- انتخاب موقعیت سیستم راهگامی: با در نظر گرفتن نوع طراحی مدل که این امکان را فراهم می سازد تا طراح بهترین سیستم راهگامی را با توجه به تولید قطعه با خواص مطلوب و یکنواخت داشته باشد؛ می توان گفت معقول ترین موقعیت برای سیستم راهگامی منطبق با شکل 2-3 بوده، که شماتیک کلی موقعیت سیستم راهگامی را نشان می دهد.
- 3- انتخاب مدت زمان لازم برای پر شدن قالب: با توجه به حجم قطعه و داده های نرم افزاری و تجربی که برگرفته از مدول قطعه بوده، این زمان 4 ثانیه در نظر گرفته شده است [10].
زمان انجماد نازکترین قسمت < زمان پر شدن

4- محاسبه ارتفاع موثر ریخته گری [10]:

$$h_h = H - \left(\frac{0.5h_1^2}{h_2} \right)$$

h_1 = ارتفاع قطعه از نقطه ای که مذاب وارد قطعه h_p = فشار ارتفاع مذاب در حوضچه پای راهگاه

می شود (یا ارتفاع قطعه در درجه بالایی) H = ارتفاع راهگاه

$$0.04 - \left(0.5 * \frac{0.06^2}{0.12} \right) = 0.025m$$

h_2 = ارتفاع قطعه

- 5- محاسبه تنگه (کوچکترین سطح مقطع سیستم راهگامی): از آنجایی که کوچکترین سطح مقطع در سیستم راهگامی خروجی لوله راهگاه است در نتیجه عدد بدست آمده از فرمول برابر با سطح خروجی لوله راهگاه می باشد [10].

A = سطح تنگه C = ضریب تخلیه 0.8 W = زمان بار ریزی 0.64 Kg

$$A = \frac{w}{[ptC\sqrt{2gh_p}]}$$

g = گرانش 9.81 P = چگالی فلز مذاب 2340 Kg/m^3

$$\frac{0.64}{[2340 * 4 * 0.8\sqrt{2 * 9.81 * 0.025}]} = 103\text{mm}^2$$

h_p = ارتفاع موثر t = زمان بار ریزی $4s$

- 6- محاسبه سطح بالایی لوله راهگاه: با استفاده از قانون برنولی ($V^2=2gh$) و قانون تداوم ($Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$) رابطه زیر بدست می آید، که عدد بدست آمده از این معادله برابر است با سطح ورودی لوله راهگاه [10].

$A_1 = A_2 \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$ A_1 = سطح ورودی لوله راهگاه h_1 = فاصله بین چرنه ی پاتیل و سطح ورودی لوله راهگاه

A_2 = سطح خروجی لوله راهگاه h_2 = فاصله بین چرنه ی پاتیل و سطح خروجی لوله راهگاه

$$103 \sqrt{\frac{110}{70}} = 130\text{mm}^2$$

نکته: در این محاسبات سعی بر آن است که یک سیستم راهگامی ایده آل طراحی گردد در نتیجه با توجه به نوع آلیاژ ریخته گری سرعت پر کردن قالب را در حدود 0.250 m/s ، نرخ تخلیه را 0.8 و با توجه به ابعاد و ارتفاع کم قطعه ریختگی اجزاء مختلف سیستم راهگامی را با نسبت های $1:1.5:1.5$ در نظر گرفته و در نهایت از روی سطوح بدست آمده و استفاده از روابط نسبت های سیستم راهگامی (شکل 2-4) ابعاد تمام اجزای سیستم راهگامی بدست خواهد آمد. (ابعاد دقیق تمام اجزاء سیستم راهگامی در بخش طراحی اشکال 2-4 و 3-16 آمده است).

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \Rightarrow d_1 = \sqrt{\frac{130 * 4}{3.14}} = 12.86 \approx 13$$

$$A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \Rightarrow d_2 = \sqrt{\frac{103 * 4}{3.14}} = 11.45 \approx 11$$

$1:1.5:1.5$

نکته: در طراحی ابعاد راهباره، به دلیل هندسه خاص قطعه ریختگی و ایجاد نقطه گرم در محل اتصال راهباره، نمی توان از تمام نسبت های راهگامی استفاده نمود (توضیحات بیشتر در اصل 3 طراحی تغذیه ذکر خواهد شد).

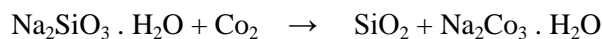
طراحی تغذیه: به طور کلی، انقباض مایع در طی انجماد، به دلیل بازآرایی اتمها از یک ترتیب با فشردگی تصادفی و عمدتاً با فواصل زیاد اتمی به یک آرایش کریستالی عادی و با فشار بیشتر می باشد. در نتیجه برای جبران انقباض در حال انجماد نیازمند یک تغذیه مجزا است. لازم است برای تولید یک قطعه سالم شش اصل زیر رعایت گردد [2][11]:

- 1- الزامات انتقال حرارت: افزایش مدول باعث افزایش زمان انجماد می شود. بر اساس قانون چرنیوف مدول تغذیه باید برابر یا بیشتر از مدول قطعه باشد، به طوری که مدول تغذیه باید 1.2 برابر بیشتر از مدول قطعه Mc باشد. این 20٪ اضافه، به منظور ضریب اطمینان می باشد که اگر در محاسبات مدول اشتباهی رخ دهد مشکلی ایجاد نشود. $Mc = V_c/A_c = 4mm$
 - 2- حجم مورد نیاز: تغذیه باید شامل مذاب کافی برای جبران انقباضات قطعه باشد. با توجه به انقباض نوع آلیاژ ریخته گری α (جدول 2-2) و همچنین رانمان تغذیه ε (با در نظر گرفتن شکل و نوع سیستم تغذیه گذاری شکل 2-5 و 2-6) می توان حجم تغذیه مورد نیاز را حساب کرد.
$$\text{حجم تغذیه مورد نیاز} = \alpha(V_c + V_f) \quad \text{If } \alpha \approx 7\% \text{ \& } \varepsilon \approx 30\%$$
$$\varepsilon V_f = \text{مقدار فلز استفاده شده در تغذیه} \quad V_f \geq 18667mm^2$$
$$\varepsilon V_f \geq \alpha(V_c + V_f) \quad \text{برای یک قطعه سالم}$$
با توجه به شکل 2-7 و در نظر گرفتن امکان و راحتی ساخته تغذیه، می توان گفت که تغذیه ای با قطر و ارتفاع برابر $(H=D)$ ، یکی از بهترین انتخاب ها محسوب می شود. در نتیجه طراحی را بر پایه این شکل هندسی انجام گردیده و با توجه به حجم بدست آمده برای تغذیه، قطری برابر با 28.75mm محاسبه گردید [12].
 - 3- الزامات اتصال: اتصال بین قطعه و تغذیه نباید نقطه داغ بوجود آورد. همان طور که در شکل 2-11 مشاهده می شود، اتصال T بین دو صفحه به ضخامت d و t باعث ایجاد تغییراتی در مناطق گرم قطعه شده [11].
 - 4- الزامات مسیر تغذیه رسانی: به این معنی است که باید بین قطعه و تغذیه ارتباط وجود داشته باشد و مسیر اجازه تغذیه رسانی به مناطقی که نیاز به مذاب دارند را بدهد. در این قطعه مقرون به صرفه ترین راه حل استفاده از پرک می باشد [2].
 - 5- الزامات فشار: اگر فشار بر روی مذاب در حال انجماد باشد جوانه زنی عیوب به سختی انجام می شود. بنابراین فشار باید بر تمام قسمت های فلز در حال انجماد وارد شود یا از جوانه زنی و رشد عیوب حجمی جلوگیری شود. برای ایجاد چنین فشاری تغذیه را در مرتفع ترین قسمت قرار داده (شکل 2-3) [2].
 - 6- الزامات شیب فشار: فشار مورد نظر باید دو ویژگی، جریان یافتن مذاب تغذیه و حرکت مذاب در جهت درست را داشته باشد. برای حصول این منظور از تغذیه روباز استفاده کرده، که همواره با اتمسفر مرتبط بوده، در نتیجه فشار خالص در تغذیه بیشتر از قطعه گردیده (شکل 2-3) [11].
- گلولی تغذیه: کاهش شیب مدول با قرار دادن گلولی موجب کاهش مشکلات مرحله برش می شود. ولی مدول گلولی باید بین مدول تغذیه و قطعه باشد. به علت القاء حرارت از تغذیه و قطعه به گلولی زمان انجماد گلولی خیلی بیشتر از آنچه که محاسبه می کنیم می شود [2]. در نتیجه با کمک گیری از نتایج تحلیل (شکل 2-10) و بهینه کردن ابعاد گلولی که تاثیر زیادی در شیب های دمایی داشته، به ابعاد نهایی گلولی دست یافته (ابعاد نهایی گلولی و تغذیه در شکل 3-17 قابل مشاهده می باشد).
- طرح سوم (طراحی پرک):** در نتایج تحلیل طرح دوم مشخص گردید که جهت بهبود نحوه انجماد نیاز به یک عامل خارجی مانند مبرد می باشد تا عاملی برای ایجاد اولین جوانه های انجماد و جهت دار شدن آن باشد لذا با توجه به عدم امکان استفاده از مبرد به خاطر مدور بودن سطح مدل و مشکلات تعبیه کردن آن از پرک با نسبت ابعادی بسیار کوچکتر از مقطع زنجیر استفاده گردید. استفاده از پرک در منابع جامعی ذکر شده است که در قطعات با حجم کم همانند مبرد عمل می کند (شکل 2-11) [2][15]، لذا اقداماتی جهت طراحی پرک صورت گرفت که نتایج تحلیل آن در شکل 2-12 و 2-13 قابل مشاهده می باشد.

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

علت استفاده از قالبگیری به روش ماسه CO₂: فرایند قالب گیری با مواد اولیه مختلف انجام می گیرد که انتخاب مواد مختلف بستگی به روش قالبگیری، جنس مذاب، پیچیدگی شکل مدل و... دارد که در اینجا با در نظر گرفتن عدم شستن برآمدگی ها توسط جریان مذاب، کاهش عیوب سطحی، استحکام بالا و عدم نیاز به استفاده از قانجاق، دقت ابعاد بالا، عدم تولید گاز و صافی سطح مورد نیاز از ماسه سیلیسی به همراه چسب سیلیکات سدیم انتخاب گردید. راندمان خوب در روش CO₂ به مقدار زیادی بستگی به برنامه ریزی دقیق در نحوه آماده سازی و قالبگیری دارد. درجه حرارت در مخلوط شدن مناسب چسب و ماسه موثر است، در درجه حرارت پایین گرانروی سیلیکات سدیم افزایش می یابد بنابراین با افزایش درجه حرارت مخلوط شدن بهتر انجام می گردد. عملیات مخلوط کردن معمولاً بین 3 تا 5 دقیقه به طول می انجامد [3].

چسب مصرفی: در فرایند قالبگیری و ماهیچه سازی مقدار 2.5٪ چسب به ماسه خشک و تمیز افزوده می گردد، مقدار چسب برای قالبگیری با برخی از ماسه های ریز به 6 تا 7 درصد نیز میرسد. میزان چسب مصرفی به خواص مورد نیاز و وضعیت ماسه از نظر اندازه و توزیع دانه بندی بستگی دارد. (شکل 3-1 ارتباط عدد ریزی و مقدار بهینه چسب سیلیکات سدیم را نشان می دهد) سپس گاز دی اکسید کربن به داخل قالب آماده دمیده شده تا طی واکنش زیر سیلیس ژلاتینی حاصل شود و اتصال ذرات ماسه را به یکدیگر انجام دهد [4].



دمش گاز: با توجه به افزایش استحکام بر اثر گذشت زمان در یک مخلوط نمونه مرکب از ماسه سیلیسی و 5٪ چسب تجاری که قابلیت فروپاشی بالایی دارد، قابل ملاحظه است که دمش گاز به مدت کوتاه باعث ایجاد یک مخلوط ماسه می شود که بلافاصله پس از دمش گاز استحکام کمی دارد، اما استحکام آن با گذشت زمان افزایش می یابد، اما این نوع استحکام از نظر فروپاشی مناسب نیست. دمش گاز به مدت طولانی باعث حصول استحکام زیاد بلافاصله پس از دمش خواهد شد، اما با گذشت زمان کاهش شدید استحکام قابل توجه است. بنابراین، زمان دمش گاز برای مخلوط ماسه که ظرف چند ساعت مورد استفاده واقع می شود می تواند طولانی و زیاد باشد تا هم استحکام اولیه برای نگهداری زیاد شود هم قابلیت فروپاشی آن در حد قابل قبول باشد (شکل 3-2) [4].

مدل صفحه ای: به دلیل تقارن در شکل ظاهری مدل زنجیر، در این طرح از یک مدل صفحه ای دو تکه که روی هر تکه قسمتی از مدل قرار گرفته و هر تکه نسبت به دیگری زاویه 90 درجه دارد استفاده شده است (شکل 3-3)، در حقیقت هدف از این طراحی سهولت در قالبگیری و کاهش هزینه های مدل سازی می باشد. مدل صفحه ای فوق الذکر دارای پین های راهنمایی بوده که جهت حفظ مختصات اجزای قالب تعبیه شده اند، همچنین پس از مونتاژ اجزای قالب دو رینگ چوبی مخروط وظیفه ثابت نگه داشتن اجزای قالب را بر عهده دارند (شکل 3-4).

جنس مدل: بطور کلی مبنای تعیین جنس مدل در منابع تعداد دفعات قالبگیری، روش قالبگیری، امکان ساخت مدل و هزینه تمام شده مدل عنوان شده است، لذا با توجه به روش پیشنهاد شده و تهیه قالب نگاتیو استفاده از انواع پلاستیک ها، ملامین ها، اپکسید هارنس (آرالدیت ها)، مواد معدنی و موم ها جهت ساخت مدل پزیتو وجود دارد، که با توجه به پارامترهای تعداد دفعات قالبگیری، هزینه تمام شده و همچنین کیفیت سطحی مورد نیاز، تهیه مدل توسط مواد معدنی (گچ) پیشنهاد گردید، که این مواد در عین سبکی امکان آماده سازی و پرداخت کاری (در صورت نیاز) بسیار آسان را فراهم می سازد، همچنین در صورتی که نمونه ای از مدل در حین مراحل مونتاژ و یا قالبگیری تخریب گردد با صرف کمترین هزینه و زمان امکان تهیه مدل جدید با همان ابعاد توسط

قالب نگاتیو وجود دارد. گچ ماده ای است که از نظر قیمت مناسب بوده و بزرگترین مزیت آن در انعکاس نقوش و خطوط قطعه قالبگیری است ولی از نظر استحکام محدودیت دارد که این مشکل را می توان به واسطه مسلح نمودن گچ تا حدودی رفع نمود.

نوع و ساخت مدل : بطور کلی ساخت این دسته از مدل ها به چند بخش دسته بندی می گردند که عبارتند از: ساخت مدل اولیه، ساخت قالب نگاتیو، ساخت مدل پزیتیو. مدل نگاتیو: در این طرح به جهت کوتاه کردن عملیات و شکل خاص مدل و دقت ابعادی مورد نیاز، ساخت مدل اولیه حذف شده و قالب نگاتیو نیز توسط عملیات ماشینکاری بر روی صفحه آلومینیومی با ابعاد محاسبه شده انجام خواهد پذیرفت (شکل 3-5). لازم به توضیح است که ماشینکاری بر روی بلوکه فوق توسط دستگاه CNC صورت می گیرد، با توجه به این نکته که تنها ربعی از یک حلقه زنجیر بر روی آلومینیم بشکل حفره (نگاتیو) ایجاد خواهد شد هزینه این عملیات بسیار ناچیز (در حدود 15000 تومان) می باشد. مدل پزیتیو: با توجه به کوچکی مدل نهایی و وجود قسمت های تخت که محل اتصال مدل روی صفحه می باشد (شکل 3-6)، ریختن گچ به روش روباز بهترین و ساده ترین روشی می باشد که نیاز به تجهیزات خاصی ندارد. هنگام عمل آوردن گچ باید تناسب مخلوط آب و گچ رعایت شود؛ در جداول 3-1 و 3-2 نسبت آب و گچ و مقاومت فشاری آورده شده است. بدین ترتیب مدل پزیتیو تهیه شده، و در نهایت پس از تهیه 3 مدل پزیتیو که همگی دارای ابعادی کاملاً یکسان می باشند، مدل ها بر روی صفحه چوبی نصب خواهند شد (شکل 3-7)، و بین های راهنما نیز با ایجاد برجستگی هایی مخروطی بر روی صفحه مدل، در هنگام بستن قالب به وسیله بین دوسر مخروط پر گردیده، که باعث قرار گیری درست اجزای قالب در کنار یکدیگر می شوند (شکل 3-4 و 3-7).

مونتاژ مدل از روی نقشه:

- خطوط اتصال محور بین و صفحه به عنوان مختصات اصلی رسم شده و سایر خطوط از این مختصات رسم می شوند.
- وسط مدل ها با تعیین جهت قرارگیری مشخص می شود.
- لنگه های مدل بر حسب نقشه روی صفحه مدل تنظیم و توسط گیره محکم می شوند.
- سپس مدل و صفحه سوراخ شده و با پیچ محکم می شوند.

در نهایت پس از قالبگیری 4 عدد قالب ماسه ای، نیاز است تا دو عدد از قالب ها 180 درجه چرخیده و سپس بروی هم مونتاژ گردند، پس از جفت شدن چهارتکه قالب دو عدد رینگ چوبی در مکانی که برای آنها لحاظ گردیده قرار گرفته تا از حرکت قالب های ماسه ای جلوگیری کنند. نقشه های تمامی بخش های ساخت مدل اعم از نقشه های اجزای مدل (شکل های 3-8 تا 3-15) نقشه های سیستم راهگای (شکل 3-16) نقشه تغذیه (شکل 3-17) و نقشه قالبگیری (شکل 3-18) بطور کامل آمده است. اجرای کلیه مراحل فوق در فیلم انیمیشن پیوست ارائه شده است.

راندمان: بهره (yield) را ممکن است برای نشان دادن مقدار قطعات ریخته گری تمام شده نهایی بر حسب درصد وزن کل فلز بار گیری شده در بخش ذوب استفاده کرد، که بهره دهی کل (overall yield) نامیده میشود به عبارت دیگر، وزن قطعات فرستاده شده برای اتمام کاری است که بر حسب وزن ناخالص منجمله راهگاهها و منبع تغذیه را شامل می شود. این ضریب، بهره دهی ریخته گری (راندمان ریخته گری) بیانگر موفقیت نسبی روشهای ریخته گری مختلف است در نتیجه:

$$\text{راندمان کلی} = (F/M) * 100 \quad \text{راندمان ریخته گری} = (N/G) * 100$$

در این قطعه به دلیل عدم وجود عملیات تکمیلی ماشین کاری راندمان کل و راندمان ریخته گری یکسان می باشند.

$$\text{راندمان ریخته گری} = \frac{440}{650} * 100 = 65.67\%$$

4- شرایط عملیات ذوب و ریخته‌گری (حداکثر 2 صفحه به علاوه جداول و نمودارهای مور دنیا)

در ریخته‌گری آلومینیوم بسیاری از عناصر ناخواسته از جمله: ناخالصی‌های فلزی، ترکیبات بین فلزی، گازها و آخال‌ها به طرق مختلف وارد مذاب می‌گردند، در صورتی که کنترل دقیق یا عملیات خاص جهت حذف و یا تقلیل خواص مضر آنها انجام نگیرد، آلیاژ ریخته شده از کیفیت مطلوب برخوردار نخواهد بود. از این رو جهت حصول خواصی مطلوب عملیات کیفی بر روی مذاب آلیاژ A356 به شرح ذیل می‌باشد.

آخال زدایی: فلاکسها موادی هستند که برای افزایش کیفیت مذاب و تقلیل مواد ترکیبی (غیرفلزی) بدون تغییر کلی در ترکیب آلیاژ و یا با اندکی تغییر به کار می‌روند [5]. موارد استفاده از coverall در جدول 1-4 شرح داده شده است [14].

نحوه ی استفاده از coverall های پوششی: معمولاً مقدار coverall را بین 0.5 تا 1 درصد از وزن مذاب در نظر گرفته می‌شود و نحوه اضافه نمودن آن در دو مرحله می‌باشد، نیمی در ابتدای فرایند ذوب و باقیمانده با تمام شدن عمل شارژ کردن کوره اضافه می‌گردد، پیشنهاد می‌گردد که پوشش تشکیل شده بر روی مذاب تا مرحله گاززدایی و جوانه زایی دست نخورده باقی بماند [13].

سرباره گیری قبل از بار ریزی: هنگامی که مذاب جهت سرباره گیری آماده شد فلاکس در سرتاسر سطح مذاب پخش شده و برای دست یافتن به بهترین نتیجه بهتر است تا دمای ذوب به حدود 700°C برسد، سپس درب کوره بسته شده و به مدت 10 دقیقه کوره روشن می‌شود، این عمل کمک می‌کند که فلاکس فعال شده و سرباره را گرم کرده و آنرا به خوبی از فلز جدا سازد. سپس سرباره توسط اپراتور جمع شده و از بوته خارج می‌گردد [13].

گاز زدایی: گازهای محلول در مایع بعد از انجماد به دلیل تنش سطحی مذاب و عدم امکان خروج کامل به صورت حباب‌هایی با اندازه‌های مختلف در قطعه ریخته شده باقی می‌مانند که خواص مکانیکی و وزن مخصوص قطعه را شدیداً کاهش می‌دهند، در مورد ذوب آلیاژهای آلومینیوم هیدروژن تنها گازی است که به صورت محلول در مایع و حباب در جامد ظاهر می‌گردد (شکل 1-4). در این آلیاژها ممکن است مقدار گازهای حل نشده به بیش از $0.6 \text{ ml H}_2/100\text{g Al}$ برسد. لذا با اعمال ملاحظات در ذوب می‌تواند میزان گاز را کاهش داد اما حتی با بهترین شرایط ذوب در کوره‌های ذوب مجدد انتظاری رود که مقدار گاز به $0.2-0.3 \text{ ml H}_2/100\text{g Al}$ برسد [13]. فرایند گاز زدایی توسط DEGASER 200 بوسیله گاز هگزا کلرواتان در مذاب که یک شیوه ی استاندارد است انجام می‌شود.

جوانه زایی و بهسازی: آلیاژهای آلومینیوم حاوی سیلیسیم به عنوان عنصر آلیاژی اصلی، به علت سیالیت زیاد که ناشی از وجود حجم نسبتاً زیاد یوتکتیک Al-Si است مهمترین آلیاژهای ریخته‌گری آلومینیوم محسوب می‌شوند. یوتکتیک بین محلول جامد آلومینیوم حاوی بیش از 1٪ سیلیسیم و سیلیسیم خالص به عنوان فاز دوم تشکیل می‌شود. انجماد آهسته یک آلیاژ Al-Si خالص تولید ساختاری بسیار درشتی می‌کند که در آن یوتکتیک به صورت صفحات با سوزنی‌های بزرگ سیلیسیم در یک زمینه پیوسته آلومینیومی تشکیل می‌شود (شکل 2-4). آلیاژهای دارای این نوع یوتکتیک درست به علت طبیعت ترد صفحات سیلیسیم درشت دارای انعطاف پذیری پایینی می‌باشند. در نتیجه با استفاده از برخی فلوریدهای قلیایی خاص که قبل از ریخته‌گری به مذاب افزوده می‌شوند به شدت ساختار را ریز کرده و فاز سیلیسیم به شکل الیاف درآمده که هم انعطاف پذیری و هم استحکام کششی به مقدار زیاد بهبود می‌یابد. آلیاژهای دوتایی Al-Si تا ترکیب یوتکتیک انعطاف پذیری خوبی دارند مشروط بر اینکه مقدار آهن محتوی که باعث تشکیل صفحات درشت و ترد ترکیب $\alpha\text{-Al Fe Si}$ می‌کند در حداقل مقدار ممکن کنترل شود.

اگر مقدار سیلیسیم محتوی کمتر از 8٪ باشد اصلاح ساختار جهت حصول انعطاف پذیری قابل قبول لازم نیست [6]، اما همان طور که در شکل 4-2 مشخص است بهسازی آلیاژ A356 مفید خواهد بود [13].

نکاتی که در هنگام عملیات جوانه زایی باید به آنها توجه کرد:

زمان جوانه زایی: از نکاتی عملی مهم در جوانه زایی، انتخاب زمان مناسب برای جوانه زایی است. معمولاً جوانه زها در آخرین مرحله به مذاب اضافه می کنند. درجه حرارت و زمان میرایی: درج حرارت و زمان، یک عامل اساسی در بازدهی جوانه زایی محسوب می گردد. در صورتی که درجه حرارت بالا و یا زمان نگهداری مذاب پس از جوانه زایی طولانی باشد راندمان جوانه زایی به شدت کاهش می یابد. پخش یکنواخت: پخش یکنواخت جوانه زها در مذاب، اهمیت زیادی در بهبود کیفیت قطعات ریختگی دارد [7]. جوانه زها توسط کلاهک خوراک دهنده که توسط پوشش نسوز پوشانده شده تا از جذب آهن توسط آلومینیوم جلوگیری شود به ته مذاب فرو برده می شود [14]. مقدار جوانه زها: مقدار جوانه زها باید حد معینی داشته باشد. چنانچه مقدار جوانه زها کم باشد ریز دانگی به دست می آید. همچنین در صورتی که تعداد جوانه زها خیلی باشد به دلیل حذف اثرات یکدیگر امکان درشت دانگی دارد [7]. عمل جوانه زایی توسط NUCLEANT 2 به میزان 0.25٪ وزن مذاب انجام گردیده [14].

عملیات ذوب ریزی با توجه به امکانات داده شده به شرح ذیل است [14]:

- 1- فلز را تحت COVERAL 11 ذوب کرده و تا زمانی که ذوب کامل می شود به شارژ کردن فلاکس بایستی ادامه داد ، میزان این فلاکس پوششی به ازای هر 50 Kg فلز 250 gr می باشد (0.5٪). ، همچنین در صورت نیاز، فلاکس بیشتری اضافه کرده تا سطح مذاب کاملاً با فلاکس پوشش داده شود، در نهایت دما را تا حدود $750 - 760^{\circ}\text{C}$ افزایش داده.
- 2- قرص NUCLEANT 2 (به میزان 0.25٪ از وزن مذاب) توسط کلاهک خوراک دهنده قبل یا همراه با DEGASSER 200 به درون مذاب فرو برده می شود (در صورتی که مذاب بیش از 50 Kg باشد، عمل گاز زدایی در دو مرحله انجام می گردد).
- 3- پس از گذشت 5 دقیقه، مجدداً 0.5٪ فلاکس COVERAL 11 را به سطح مذاب پاشیده و نهایتاً قبل از بار ریزی سرباره را به آرامی جمع کرده و از مذاب خارج می گردند.

ضخامت قطعه	دمای بارریزی
ریخته گری سبک، زیر 15mm	730°C
ریخته گری متوسط، 15 - 40 mm	710°C
ریخته گری سنگین ، بالای 40 mm	690°C

دماهای بار ریزی پیش نهاد شده در ریخته گری ماسه:

سرعت بارریزی:

پارامتر پرکردن قالب با سرعت مشخص بطوری که موجب حبس هوا در جریان ذوب ریزی نگردد و اجزاء سیستم راهگامی به گونه ای باشند که سرعت مذاب در راهباره ها پایین تر از حد بحرانی باشد، مربوط به طراحی سیستم راهگامی می باشد که در بخش طراحی لحاظ گردیده. بطوری که ، حد بحرانی سرعت مذاب در راهباره ها برای آلیاژهای پایه آلومینیوم تقریباً برابر 250 mm/s بوده که طبق محاسبات بخش طراحی سیستم راهگامی و نسبت های راهگامیشکل 2-4 این حد بحرانی مدنظر قرار گرفت و این سرعت بدست آمده در خصوص حبس هوا که در سرعت های تقریباً بالاتر از 1.0-0.5 m/s اتفاق می افتد بسیار مطلوب می باشد [8].

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

هر طرح صنعتی دارای یکسری اهداف استراتژیک می باشد که این اهداف عصاره نتایج کلیه فعالیت هایی می باشد که در زیربنای آن طرح صورت می گیرد و بر اساس همین اهداف می توان برنامه ها و استراتژیهای را پیاده سازی نمود، اهداف استراتژیک یک طرح صنعتی را با عنایت به موارد فوق می توان چنین عنوان نمود.

- سادگی و امکان پذیر بودن
- قابل دسترس بودن مواد اولیه
- بهره گیری از خدمات نرم افزاری و فناوری
- رعایت مسائل زیست محیطی
- صرفه جویی در زمان
- صرفه جویی در هزینه

بدیهی است که بخشی از موارد فوق در درازمدت و تیراژ بالای تولید قابل دست یابی می باشد اما در همین راستا موارد ذیل که در خصوص طرح زنجیر پیاده سازی گردید می تواند دلالت بر حصول اهداف فوق باشد.

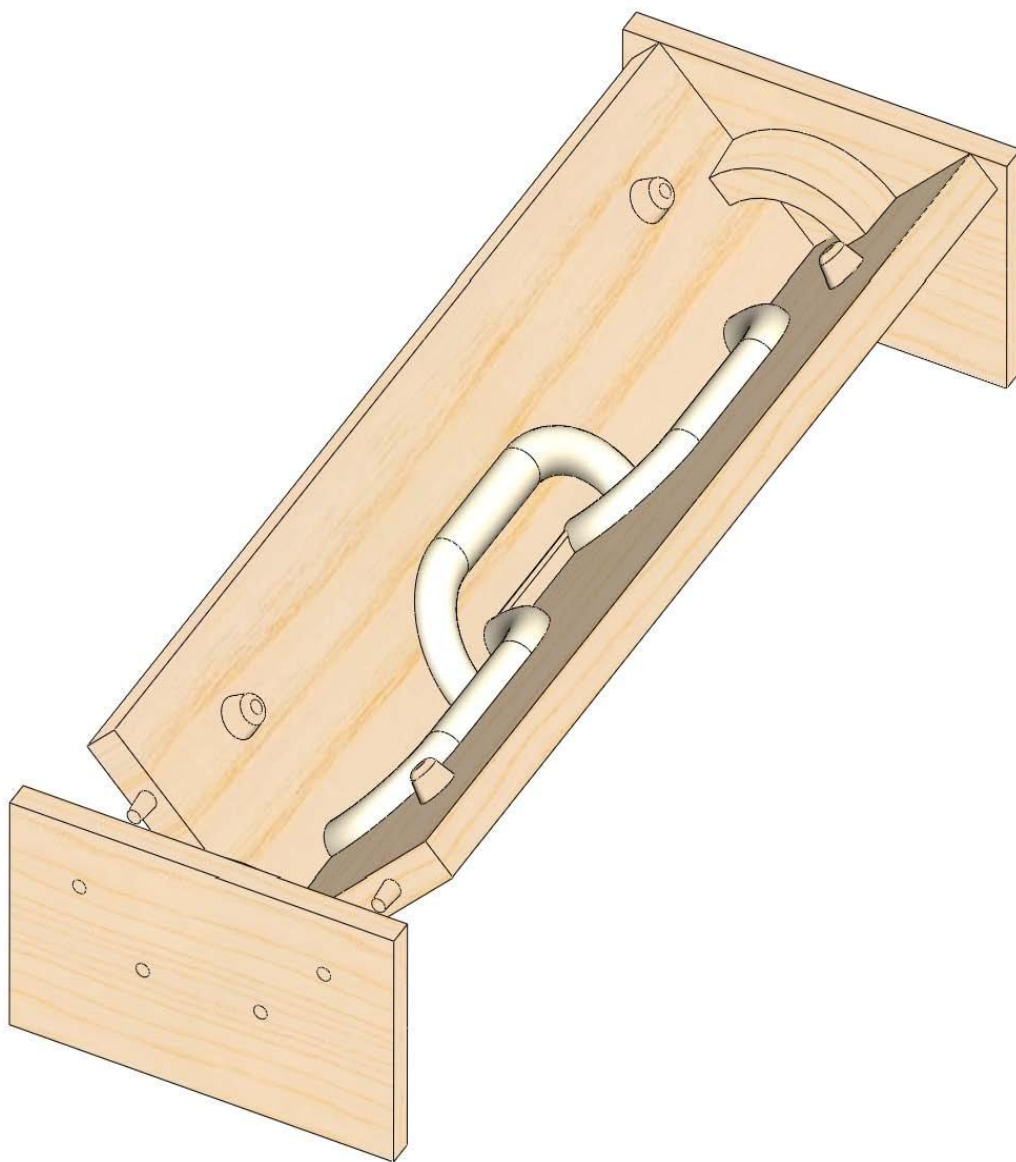
- سادگی مراحل قالبگیری نسبت به روش های دیگر به واسطه مدل صفحه ای.
- استفاده کمتر از مواد اولیه قالبگیری.
- افزایش راندمان ریخته گری به علت کاهش ارتفاع سیستم راهگاهی.
- عدم استفاده از درجه قالبگیری و محدودیت های استفاده از آن.
- استفاده از ربع مدل زنجیر که به جهت مقارن بودن نمونه زنجیر انجام پذیر بود.
- فراهم آمدن بیش از یک سطح جدایش که به موجب آن امکان مانور بیشتری در طراحی های سیستم راهگاهی ایجاد گردید.
- استفاده از نرم افزار شبیه سازی که به موجب این نرم افزار نتایج متالورژیکی و تکنولوژیکی قابل بررسی و بهینه سازی بود.
- امکان اوریب قرار دادن زنجیر ها در حین ریخته گری که شرایط ریخته گری را برای هر سه حلقه کاملاً یکسان و خواص نهایی را برابر نمود (شکل 2-3).
- سادگی فرایند تولید مدل و هزینه تمام شده بسیار پایین با دقت ابعادی فوق العاده.
- عدم استفاده از جعبه ماهیچه و محدودیت های استفاده از آن.
- استفاده از مواد معدنی به عنوان مدل پزیتو که علاوه بر هزینه بسیار ناچیز، صافی سطح و سهولت اجرا را در بر خواهد داشت.
- با بهره گیری از ساختمان کامپوزیت ها، مسلح کردن مدل گچی توسط الیاف طبیعی پیشنهاد گردید، که به موجب آن استحکام مدل افزایش پیدا خواهد کرد.
- استفاده از قالب نگاتیو در فرایند تولید مدل، که در پی آن در صورتی که مشکلی برای هر یک از مدل های پزیتو بوجود آید، نمونه ای دیگر با کمترین هزینه و زمان ممکن با همان دقت ابعادی قابل تولید خواهد بود.
- ماشینکاری و ساخت تنها یک مدل نگاتیو و تهیه 3 مدل پزیتو از روی آن.
- با ایده گرفتن از رفتار پرک ها که در اتصال با قطعات صنعتی موجب تغییر روند انجماد و سرعت سرد شدن موضعی مذاب گشته که به نوعی عملکردی مشابه مبرد ها خواهد داشت، لذا با توجه به کوچک بودن قطعات استفاده از پرک به عنوان

جوانه ای جهت شروع انجماد و جهت دار کردن جبهه انجماد طراحی گردید که در پی آن نتایج تحلیل کسر جامد در شکل 12-2 و 13-2 قابل بررسی می باشد.

- با توجه به طراحی خاص قطعه امکان استفاده از تغذیه روباز فراهم شده، که به موجب آن استفاده از مواد گرمازا جهت افزایش زمان انجماد مذاب داخل تغذیه ایجاد گردیده، طبق نتایج علمی بدست آمده استفاده از این مواد موجب افزایش راندمان تغذیه تا 16٪ بیشتر نسبت به روش بدون مواد گرمازا می باشد [12].
- استفاده از پین دو سر مخروطی که در پی آن لزومی برای تهیه دو مدل صفحه ای نمی باشد و این امر موجب کاهش هزینه های تولید مدل می گردد.

منابع

- 1- اصول طراحی مدل ها و قالب های ریخته گری، Rolf Roller، ترجمه ی عبدا... ولی نژاد، چاپ اول، پاییز 1375، انتشارات مؤسسه نشر علوم نوین
- 2- ریخته گری پیشرفته، جلد دوم، John Campbell، ترجمه ی سید محمد علی بوطرابی و صابر بالی، چاپ چهارم 1389، انتشارات دانشگاه علم و صنعت
- 3- اصول تکنولوژیکی ریخته گری، حسن ثقیان لارجانی و منصور امامی، 1381، انتشارات چاپ و نشر کتاب های درسی ایران
- 4- مواد قالبگیری برای ریخته گری فلزات، محمد حسین فتحی، چاپ پنجم، بهار 1383، انتشارات نشر ارکان اصفهان
- 5- ریخته گری فلزات غیر آهنی، جلال حجازی، چاپ ششم، خرداد 1383، انتشارات آزاد
- 6- آلیاژ های سبک، آی. جی. پالمیز، ترجمه ی رضا محمدی و دکتر اردشیر طهماسبی، چاپ اول، بهار 1380، انتشارات ارکان
- 7- اصول متالورژی ریخته گری، حسن ثقیان لارجانی و منصور امامی، 1381، انتشارات چاپ و نشر کتاب های درسی ایران
- 8- ریخته گری پیشرفته، جلد اول، John Campbell، ترجمه ی سید محمد علی بوطرابی و صابر بالی، چاپ چهارم 1389، انتشارات دانشگاه علم و صنعت
- 9- اصول ساخت مدل های آرالدیتی و پلاستوفومی در صنعت ریخته گری، مرداد سلیمی، چاپ اول 1388، انتشارات پلک
- 10- Design of Gating and Feeding Systems, Dr. A.K.M.B. Rashi, MME Department, Foundry Engineering Sessional
- 11- The Feeding of Castings, John Campbell and Richard A. Harding, IRC in Materials, The University of Birmingham
- 12- Casting Design and Performance, Lichun L. Chen, Chair, First printing, November 2009, ASM International
- 13- Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook, John R. Brown, Eleventh edition 1999, Eleventh Butterworth-Heinemann
- 14- Foseco Foundryman Handbook, John R. Brown, Eleventh edition, MAY-1994, Eleventh Butterworth-Heinemann
- 15- Castings Practice: The 10 Rules of Castings, John Campbell, First published 2004, Elsevier Butterworth-Heinemann



شکل 1-1 نمایی کلی از مدل قالبگیری.

جدول 1-2 مشخصات آلومینیوم A356 طبق استاندارد ASTM B618-02

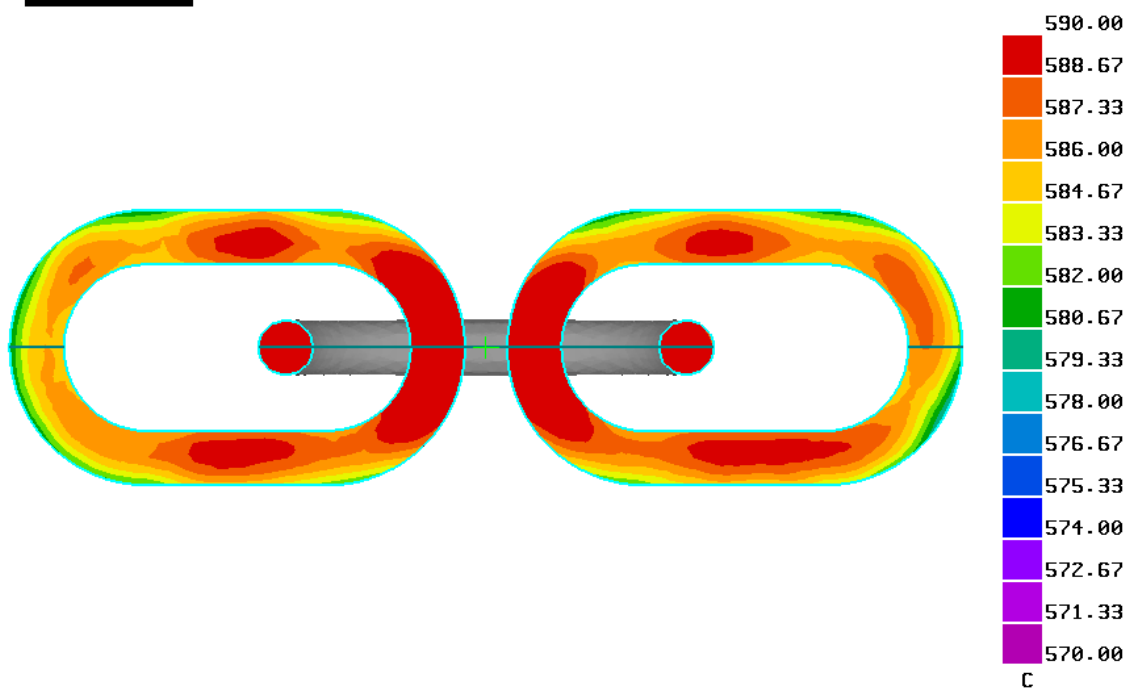
NOTE 1— 1 indicates best of group, 5 indicates poorest of group.

ASTM B 618 - 02¹

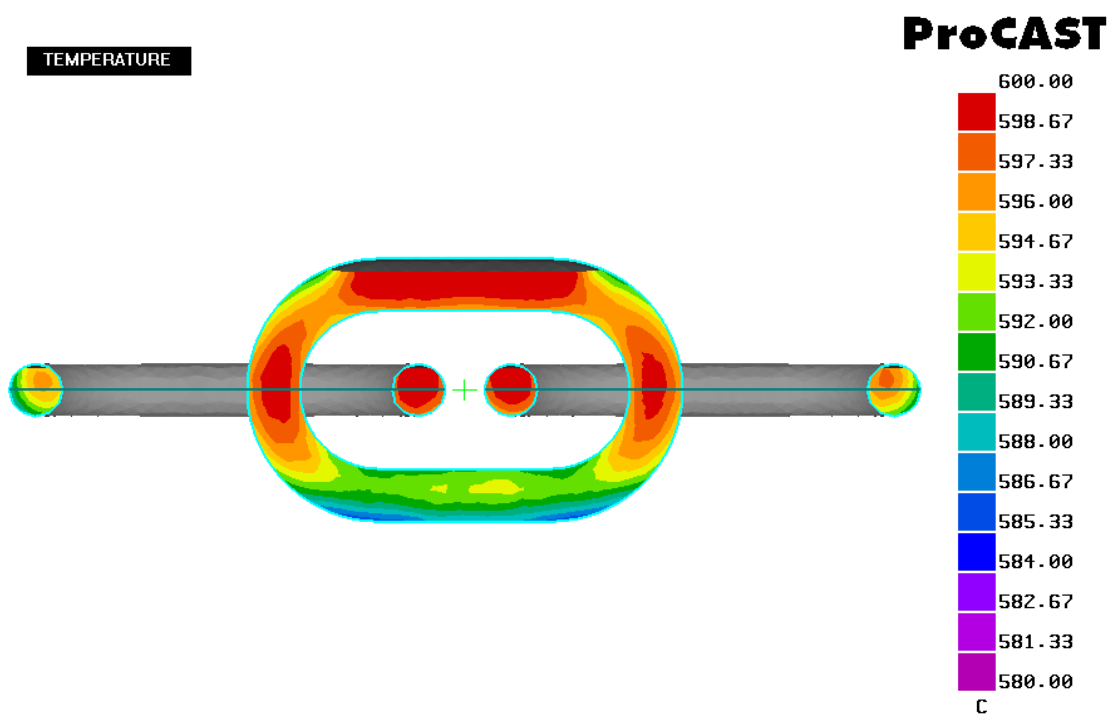
Alloy		Pattern Shrinkage Allowance, in. ft ^A [mm/m]	Approximate Melting Range, ° F ^B [°C]	Resistance to Hot Cracking ^C	Pressure Tightness	Fluidity ^D	Solidification Shrinkage Tendency ^E	Normally Heat Treated	Resistance to Corrosion ^F	Machining ^G	Polishing ^H	Electroplating ^I	Anodizing (Appearance) ^J	Chemical Oxide Coating (Protection) ^K	Strength at Elevated Temperature ^L	Suitability for Welding ^M	Suitability for Brazing ^N
ANSI ^O	UNS																
201.0	A02010	1/32 [13]	050-1200 [566-649]	4	3	3	4	yes	4	1	1	1	2	2	1	4	no
204.0	A02040	1/32 [13]	985-1200 [529-649]	4	3	3	4	yes	4	1	2	1	3	4	1	4	no
208.0	A02080	1/32 [13]	970-1160 [521-627]	2	2	2	2	yes	4	3	3	2	3	3	3	2	no
222.0	A02220	1/32 [13]	965-1155 [518-624]	3	3	3	3	yes	4	1	2	1	3	4	1	4	no
242.0	A02420	1/32 [13]	990-1175 [532-635]	4	3	3	4	yes	4	2	2	1	3	4	1	4	no
295.0	A02950	1/32 [13]	970-1190 [521-643]	4	4	3	3	yes	3	2	2	1	2	3	3	3	no
319.0	A03190	1/32 [13]	950-1125 [510-607]	2	2	2	2	yes	3	3	4	2	4	3	3	2	no
328.0	A03280	1/32 [13]	960-1135 [516-613]	1	1	1	1	yes	3	4	5	2	4	2	2	2	no
355.0	A03550	1/32 [13]	015-1150 [546-621]	1	1	1	1	yes	3	3	3	1	4	2	2	2	no
C355.0	A33550	1/32 [13]	015-1150 [546-621]	1	1	1	1	yes	3	3	3	1	4	2	2	2	no
356.0	A33560	1/32 [13]	035-1135 [557-613]	1	1	1	1	yes	2	4	5	2	4	2	3	2	no
A356.0	A13560	1/32 [13]	035-1135 [557-621]	1	1	1	1	yes	2	4	5	2	4	2	3	2	no
443.0	A04430	1/32 [13]	065-1170 [574-632]	1	1	1	1	no	3	5	5	2	5	2	4	1	ltd

TEMPERATURE

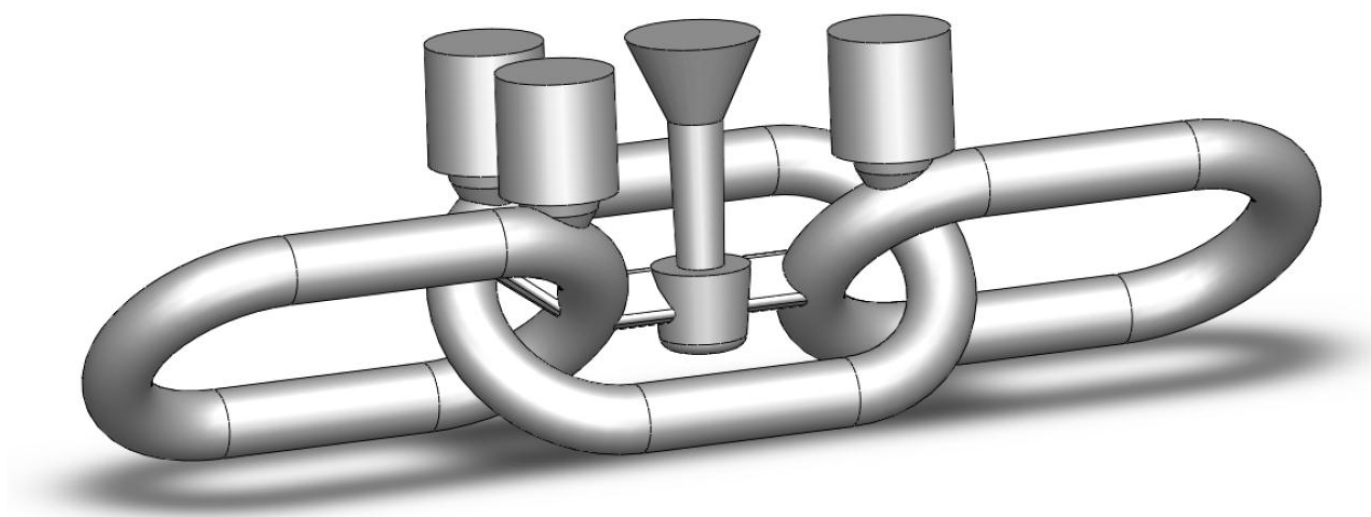
ProCAST



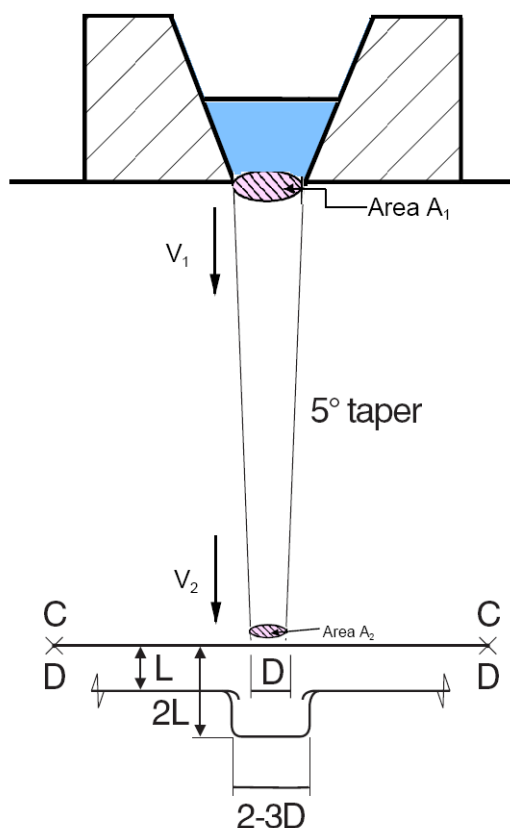
شکل 1-2 شناسایی نقاط گرم در اولین گام شبیه سازی ریخته گری.



شکل 2-2 شناسایی نقاط گرم در اولین گام شبیه سازی ریخته گری.



شکل 2-3 نمایی کلی از موقعیت سیستم راهگاهی.

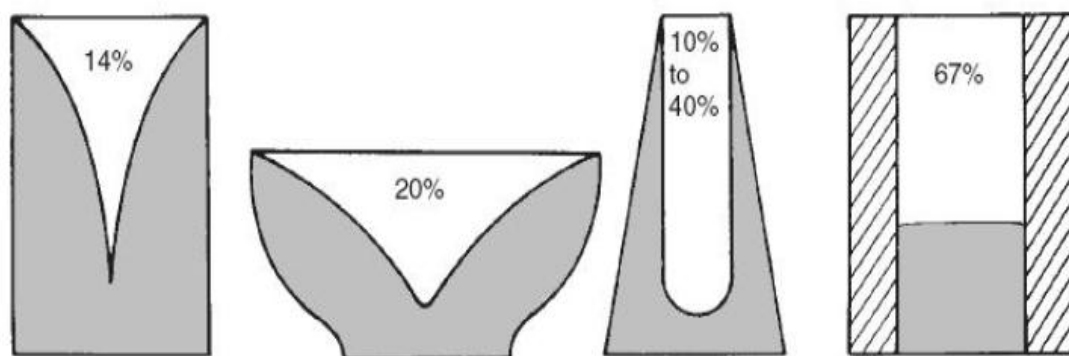


ابعاد	اجزاء سیستم راهگاهی
4	زمان پر شدن (sec)
0.16	نرخ پر شدن میانگین (Kg/s)
154.5	سطح راهبار (mm ²)
2	تعداد راهبار ها
4.5×14	ابعاد راهبار (mm × mm)
130	سطح بالایی راهگاه (mm ²)
∅13	قطر بالایی راهگاه (mm)
125	ارتفاع راهگاه (mm)
103	سطح پایینی راهگاه (mm ²)
∅11	قطر پایینی راهگاه (mm)

شکل 2-4 ابعاد اجزای سیستم راهگاهی و نسبت هایشان [11] [13].

جدول 2-2 انقباض حین انجماد برخی از فلزات [15].

Metal	Crystal structure	Melting point °C	Liquid density (kg/m ³)	Solid density (kg/m ³)	Volume change (%)	Ref.
Al	fcc	660	2368	2550	7.14	1
Au	fcc	1063	17 380	18 280	5.47	1
Co	fcc	1495	7750	8180	5.26	1
Cu	fcc	1083	7938	8382	5.30	1
Ni	fcc	1453	7790	8210	5.11	1
Pb	fcc	327	10 665	11 020	3.22	1
Fe	bcc	1536	7035	7265	3.16	1
Li	bcc	181	528	—	2.74	4,5
Na	bcc	97	927	—	2.6	4,5
K	bcc	64	827	—	2.54	4,5
Rb	bcc	39	1437	—	2.3	4,5
Cs	bcc	29	1854	—	2.6	4,5
Tl	bcc	303	11 200	—	2.2	2
Cd	hcp	321	7998	—	4.00	2
Mg	hcp	651	1590	1655	4.10	3
Zn	hcp	420	6577	—	4.08	2
Ce	hcp	787	6668	6646	-0.33	1
In	fcc	156	7017	—	1.98	2
Sn	tetrag	232	6986	7166	2.51	1
Bi	rhomb	271	10 034	9701	-3.32	1
Sb	rhomb	631	6493	6535	0.64	1
Si	diam	1410	2525	—	-2.9	2

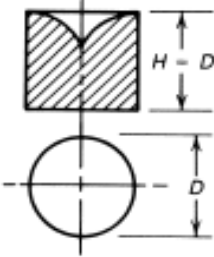
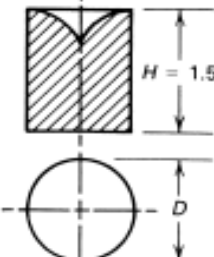
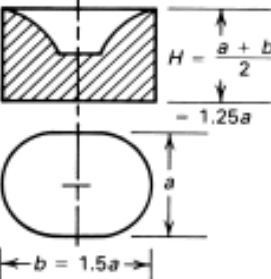
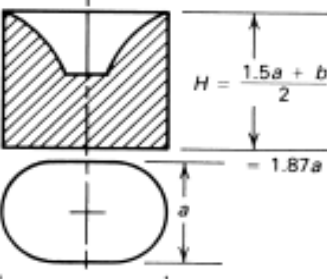
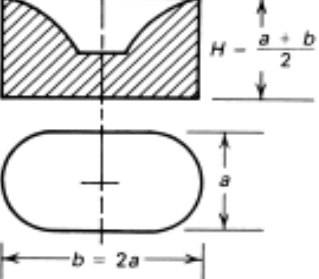
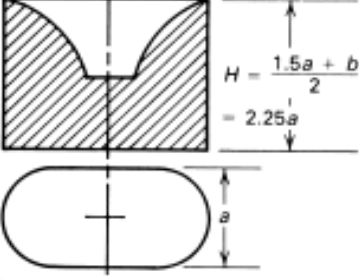
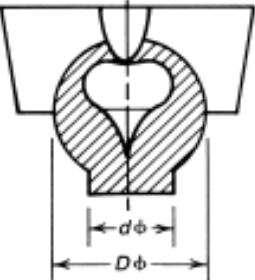
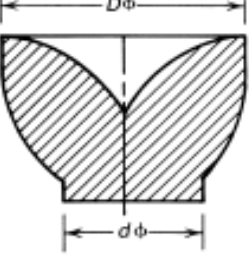
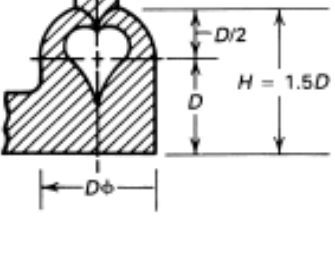
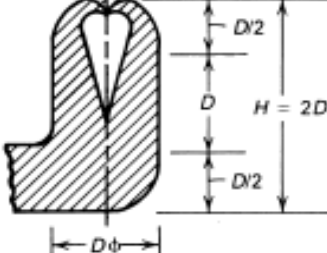


شکل 2-5 تاثیر اشکال مختلف تغذیه بر راندمان تغذیه [2].

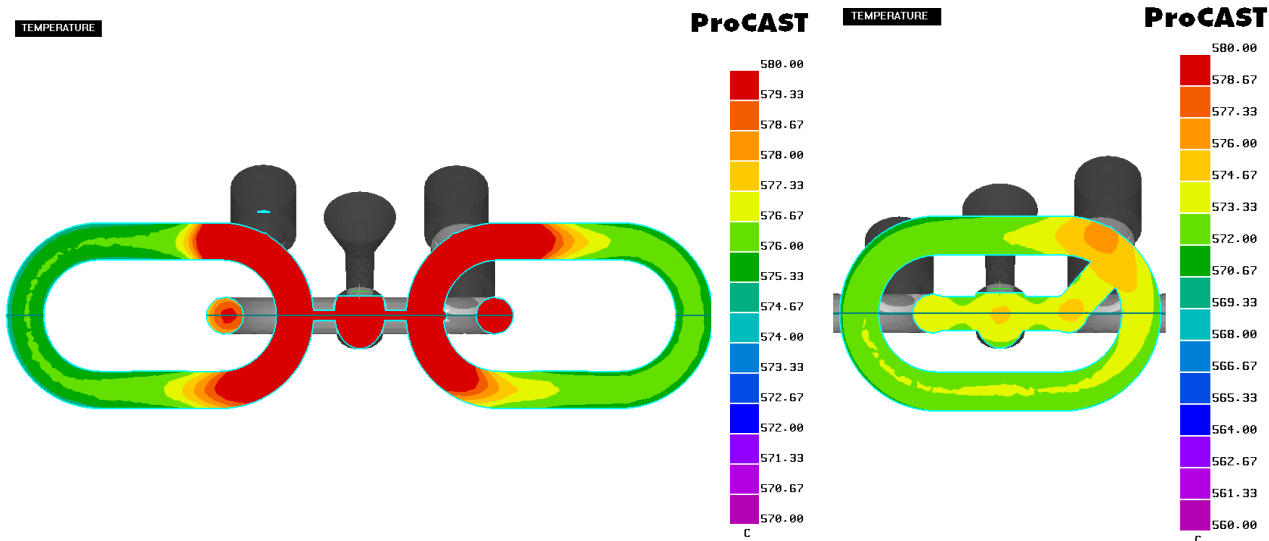
Alloy cast	Radiation loss through top, %	Solidification time, min			
		Sand riser/open end	Sleeved riser/open top	Sand riser/insulated top	Sleeved riser/insulated top
Steel	42	5	7.5	13.4	43.0
Copper	26	8.2	15.1	14.0	45.0
Aluminum	8	12.3	31.1	14.3	45.6

Source: Ref 31

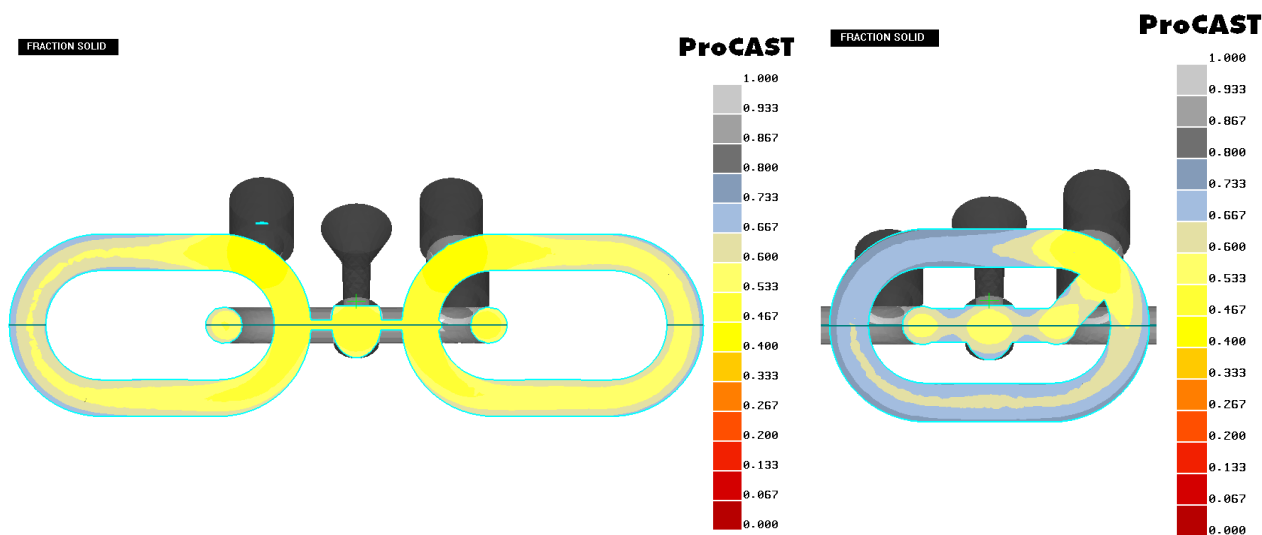
شکل 2-6 تاثیر سیستم های تغذیه گذاری بر زمان انجماد در آلیاژ های مختلف [12].

Riser type	Characteristic values	Riser type	Characteristic values
	$V_r = 0.785D^3$ $= 1.69M_r^3$ $M_r = 0.1667D$ $D = 6M_r = H$		$V_r = 1.18D^3$ $= 179M_r^3$ $M_r = 0.187D$ $D = 5.35M_r$ $H = 8.02M_r$
	$V_r = 1.605a^3$ $= 181.5M_r^3$ $M_r = 0.207a$ $a = 4.84M_r$ $b = 7.25M_r$ $H = 6.05M_r$		$V_r = 2.4a^3$ $= 189M_r^3$ $M_r = 0.233a$ $a = 4.29M_r$ $b = 6.43M_r$ $H = 8.03M_r$
	$V_r = 2.67a^3$ $= 200M_r^3$ $M_r = 0.237a$ $a = 4.22M_r$ $b = 8.45M_r$ $H = 6.32M_r$		$V_r = 4.01a^3$ $= 211M_r^3$ $M_r = 0.267a$ $a = 3.75M_r$ $b = 7.5M_r$ $H = 8.42M_r$
	$V_r = 0.533D^3$ $= 115M_r^3$ $M_r = 0.1667D$ $D = 6M_r$ $d = 0.61D$ $= 3.66M_r$		$V_r = 0.261D^3$ $= 196M_r^3$ $M_r = 0.11D$ $D = 9.1M_r$ $d = 0.4D$ $= 3.64M_r$
	$V_r = 1.04D^3$ $= 156M_r^3$ $M_r = 0.189D$ $D = 5.3M_r$ $H = 7.94M_r$		$V_r = 1.318D^3$ $= 143M_r^3$ $M_r = 0.21D$ $D = 4.76M_r$ $H = 9.52M_r$

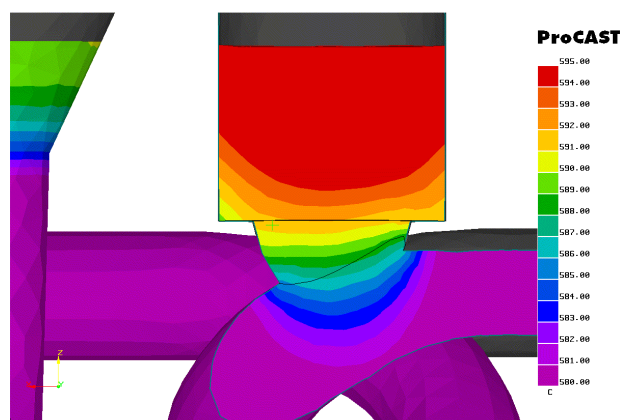
شکل 2-7 اشکال هندسی تغذیه ها و ویژگی های حجمی شان [12].



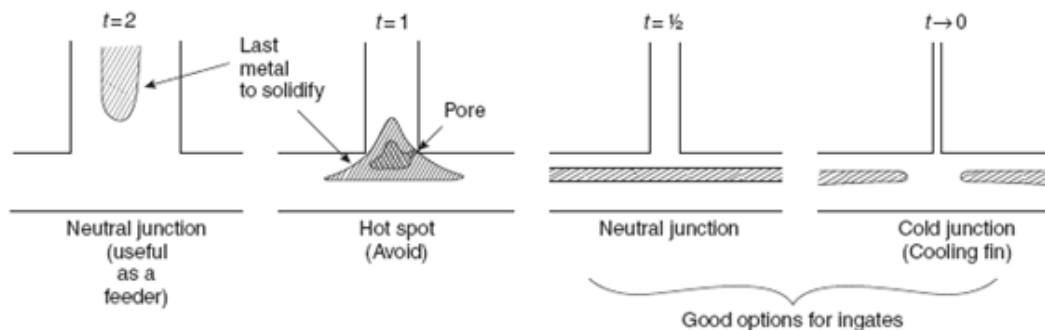
شکل 2-8 جهت شیب دمایی در حلقه های زنجیر.



شکل 2-9 جبهه انجماد در حلقه های زنجیر (بر حسب کسر جامد).



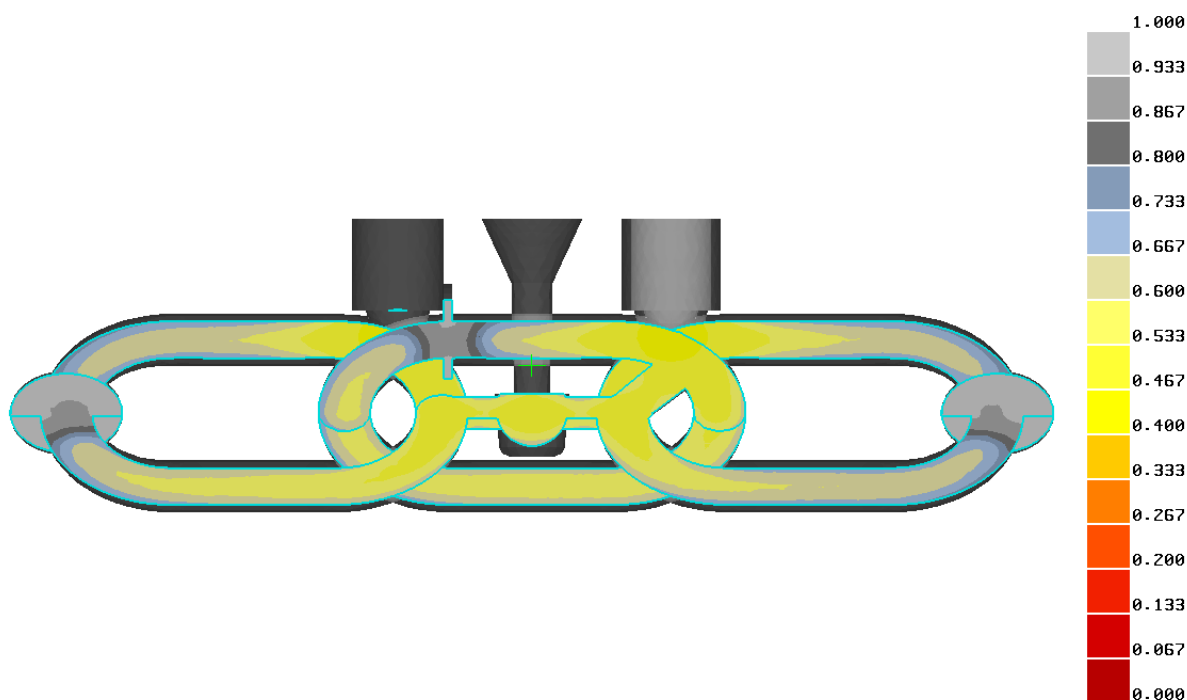
شکل 2-10 شیب دمایی در سه منطقه قطعه، گلولی و تغذیه.



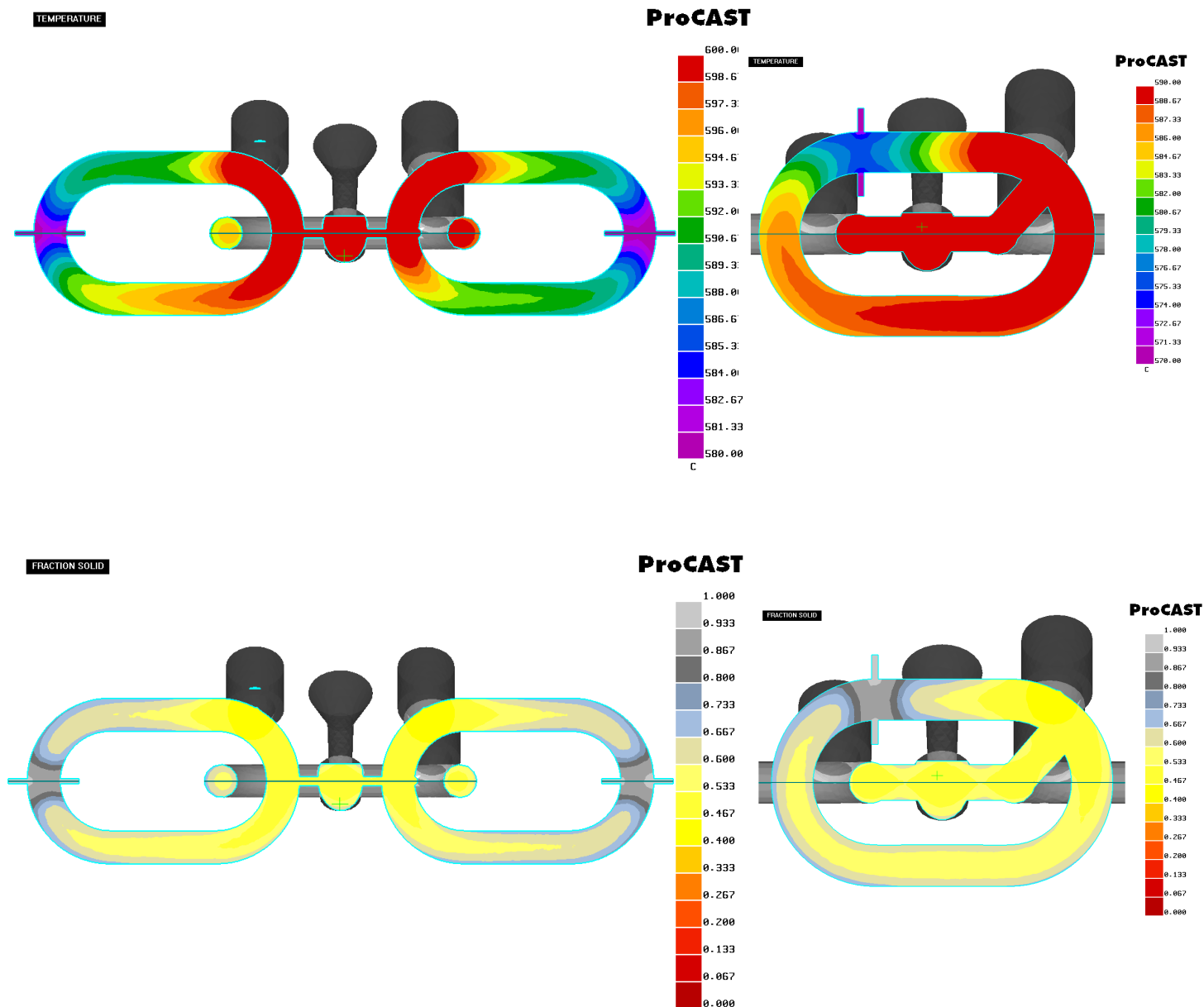
شکل 2-11 موقعیت نقاط گرم در اتصالات [15].

FRACTION SOLID

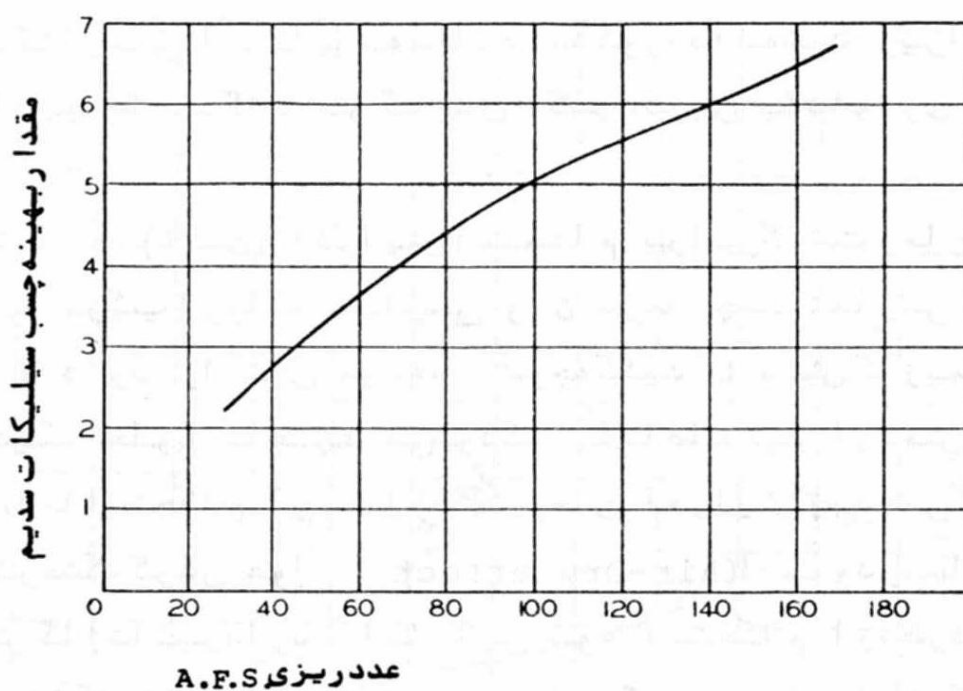
ProCAST



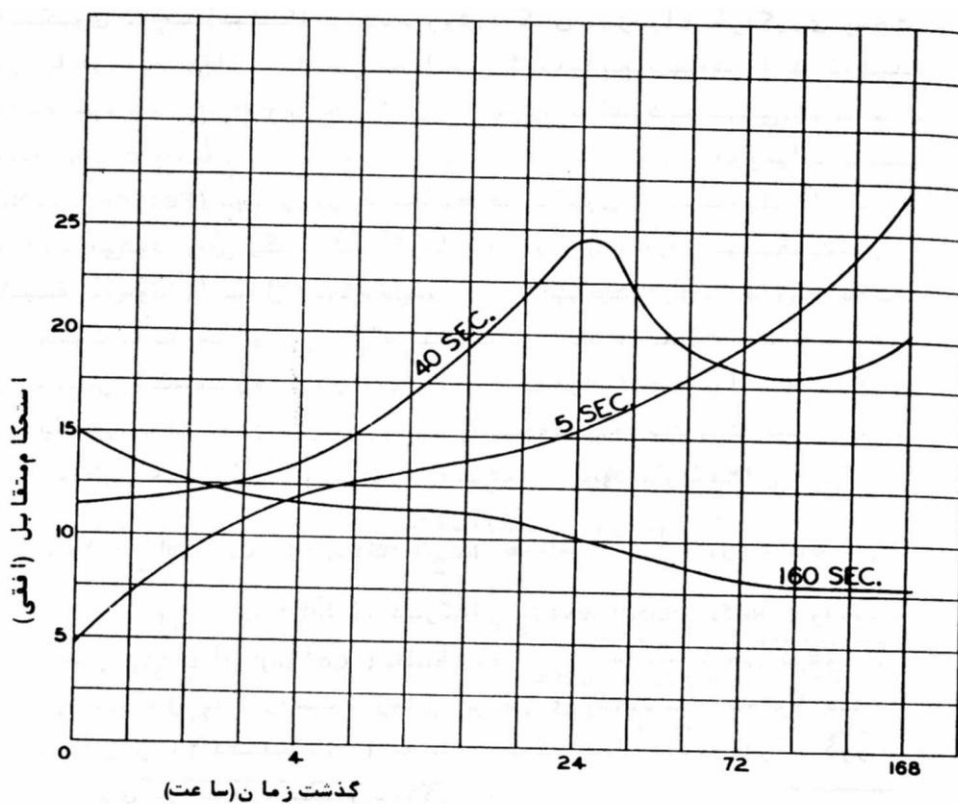
شکل 2-12 موقعیت قرار گیری پرک ها در حلقه های زنجیر.



شکل 2-13 تاثیر پرک بر شیب دمایی و جبهه انجماد.

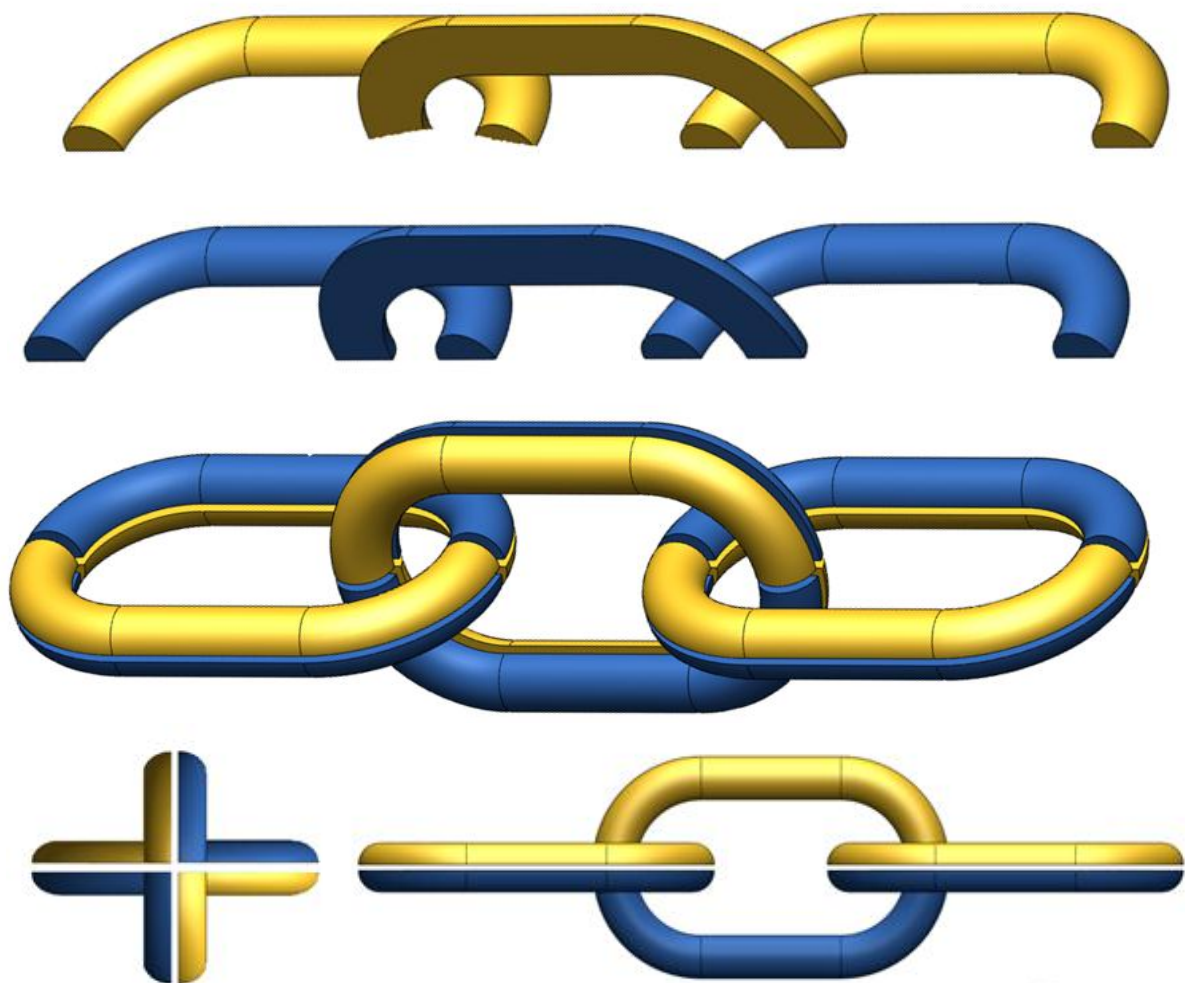


شکل 1-3 ارتباط عدد ریزی و مقدار بهینه چسب سیلیکات سدیم [4].

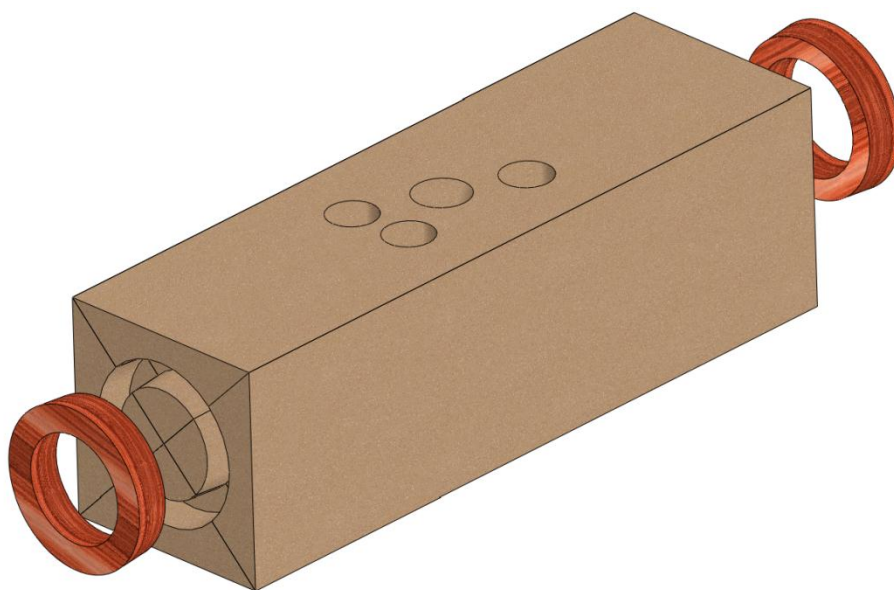


شکل 2-3 اثر تلفیقی زمان دمش گاز و گذشت زمان بر استحکام یک مخلوط ماسه قالبگیری با چسب

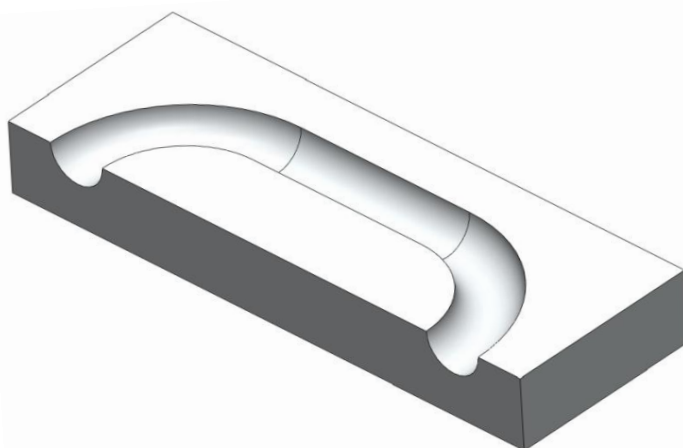
سیلیکات سدیم [4].



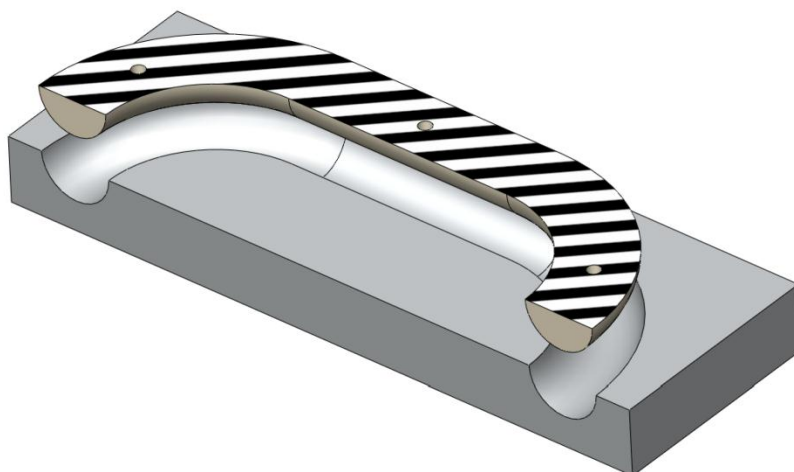
شکل 3-3 هندسه تقارنی زنجیر.



شکل 3-4 ترتیب قرار گیری اجزای قالب قبل از بار ریزی.



شکل 3-5 شمای کلی از قالب نگاتیو



شکل 3-6 نحوه خروج مدل پزیتیو از قالب نگاتیو.



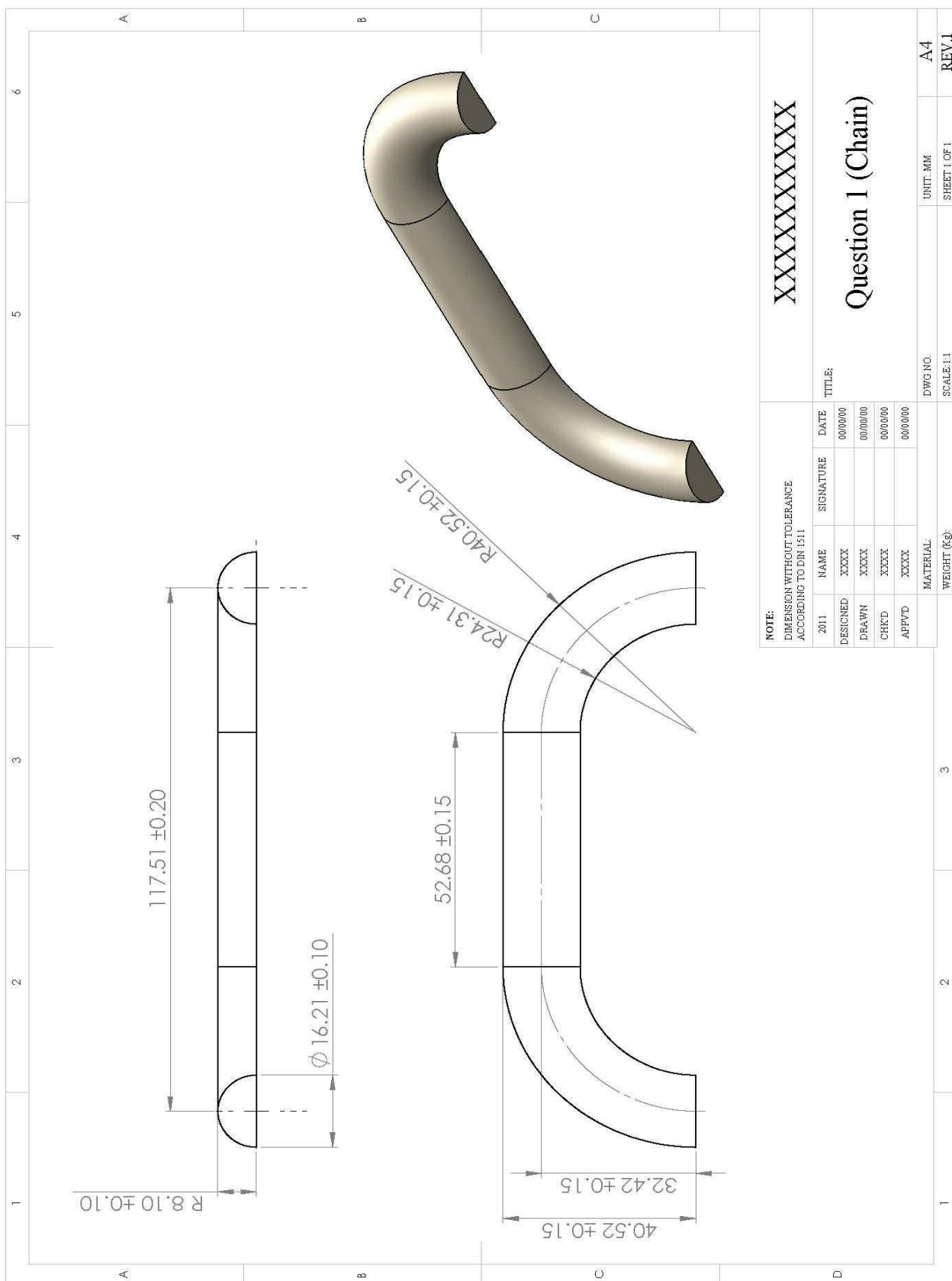
شکل 3-7 نحوه قرار گیری مدل پزیتیو بر روی صفحه چوبی.

جدول 1-3 نسبت آب به گچ و مقاومت فشاری آن [9].

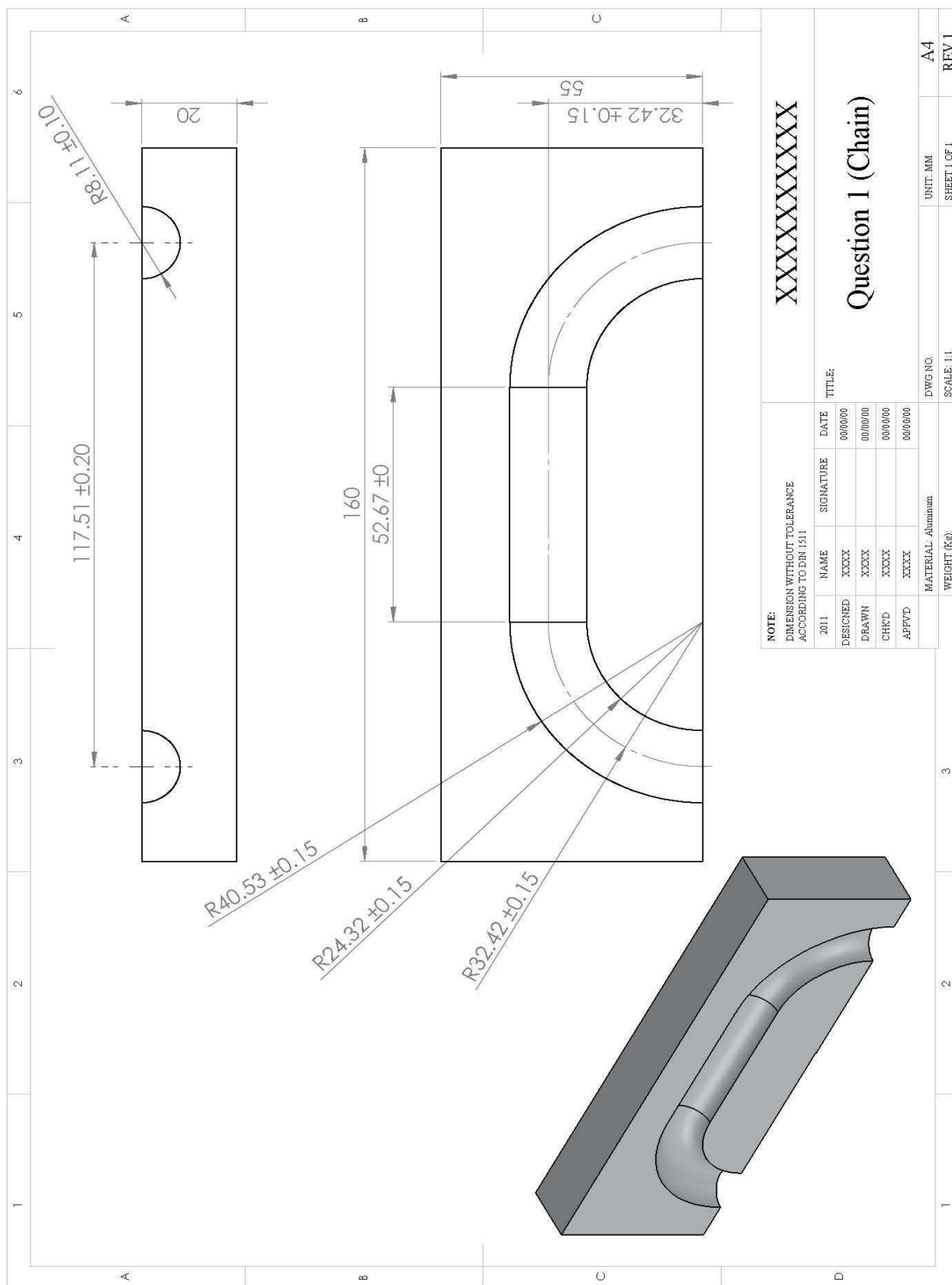
نسبت آب به گچ		مقاومت فشاری	
واحد گچ	واحد آب	Kp/cm ²	مقاومت فشاری
۲	۱	۴۳۰	۳۴۰
۱/۷۵	۱	۴۰۰	۲۵۰

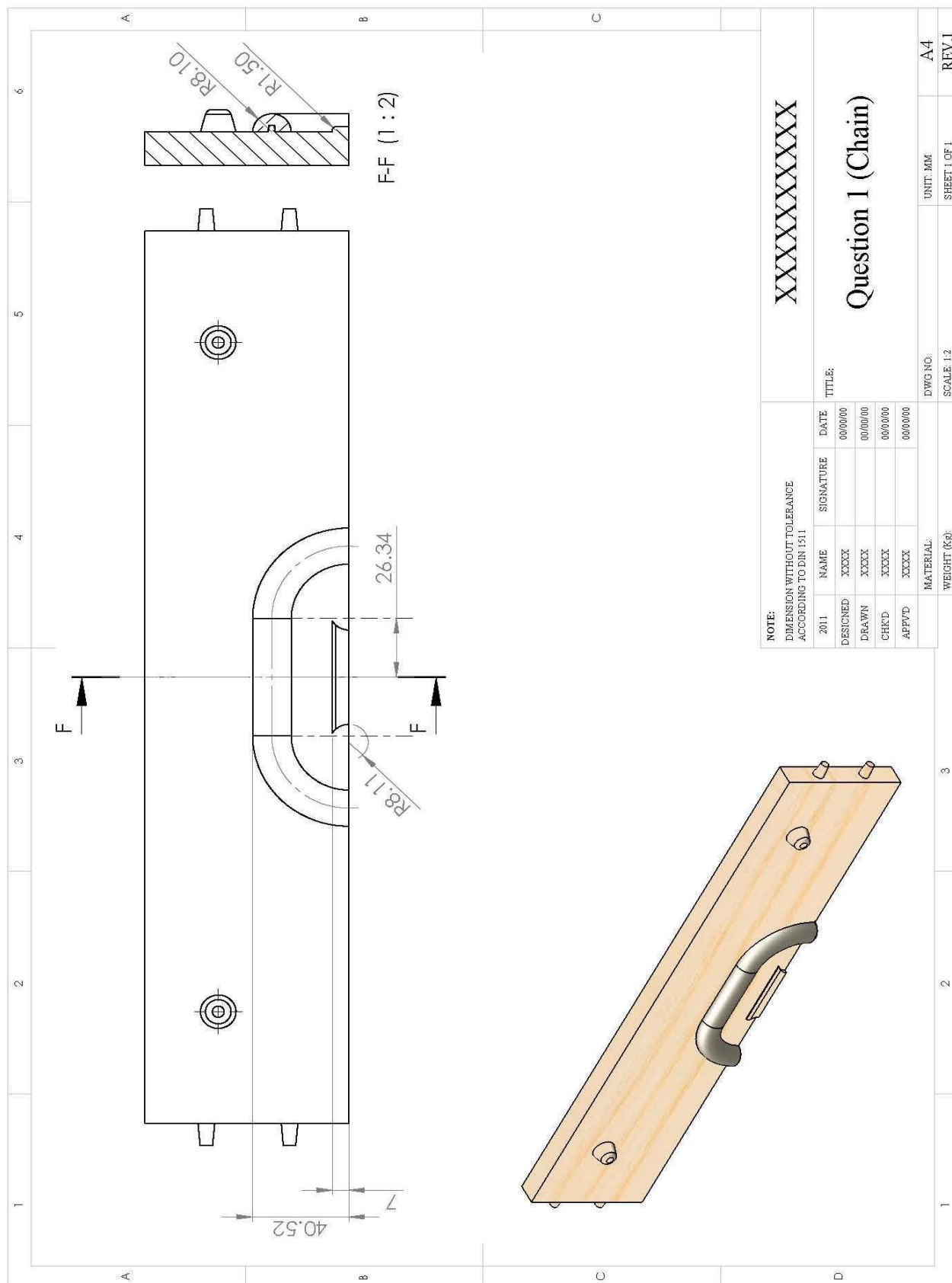
جدول 2-3 مقاومت فشاری گچ سخت شده بر حسب کیلوپوند بر سانتیمتر مربع [9].

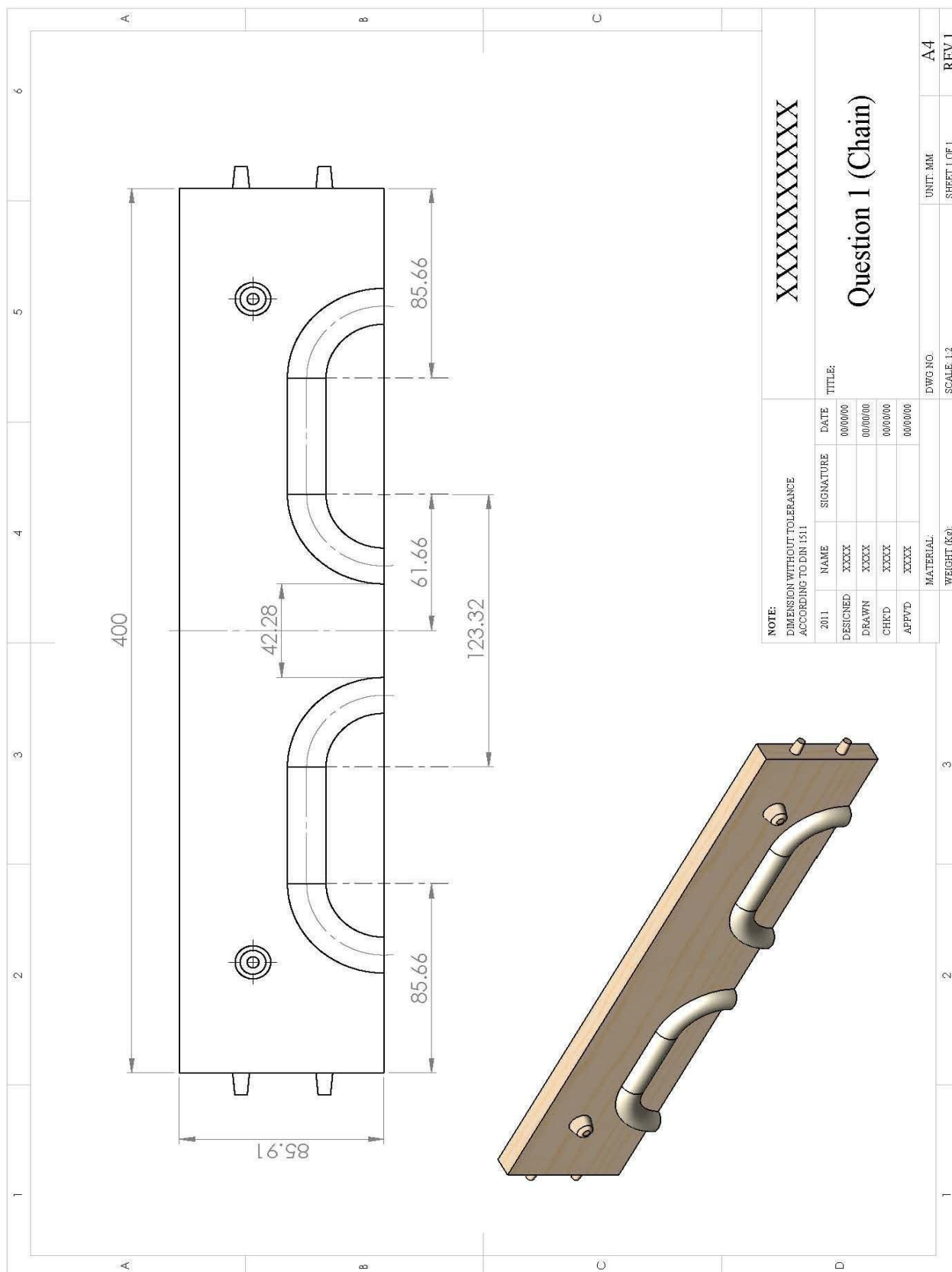
زمان خشک شدن کامل گچ بر حسب ساعت	۱	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
مقاومت فشاری بر حسب کیلوپوند بر سانتیمتر مربع	۵۰	۱۷۰	۲۰۰	۳۰۰	۳۷۰	۳۸۰	۳۹۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۱۵

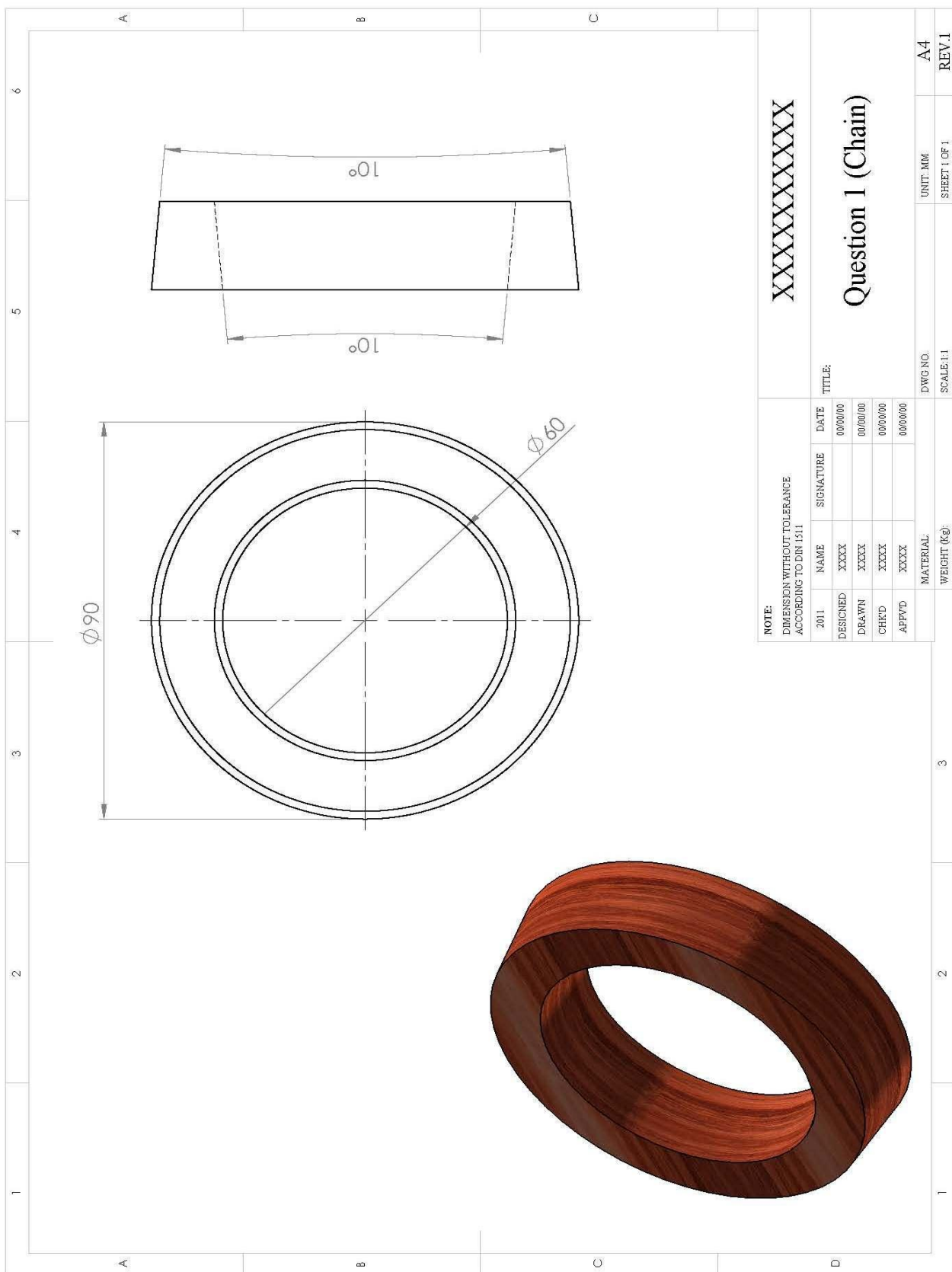


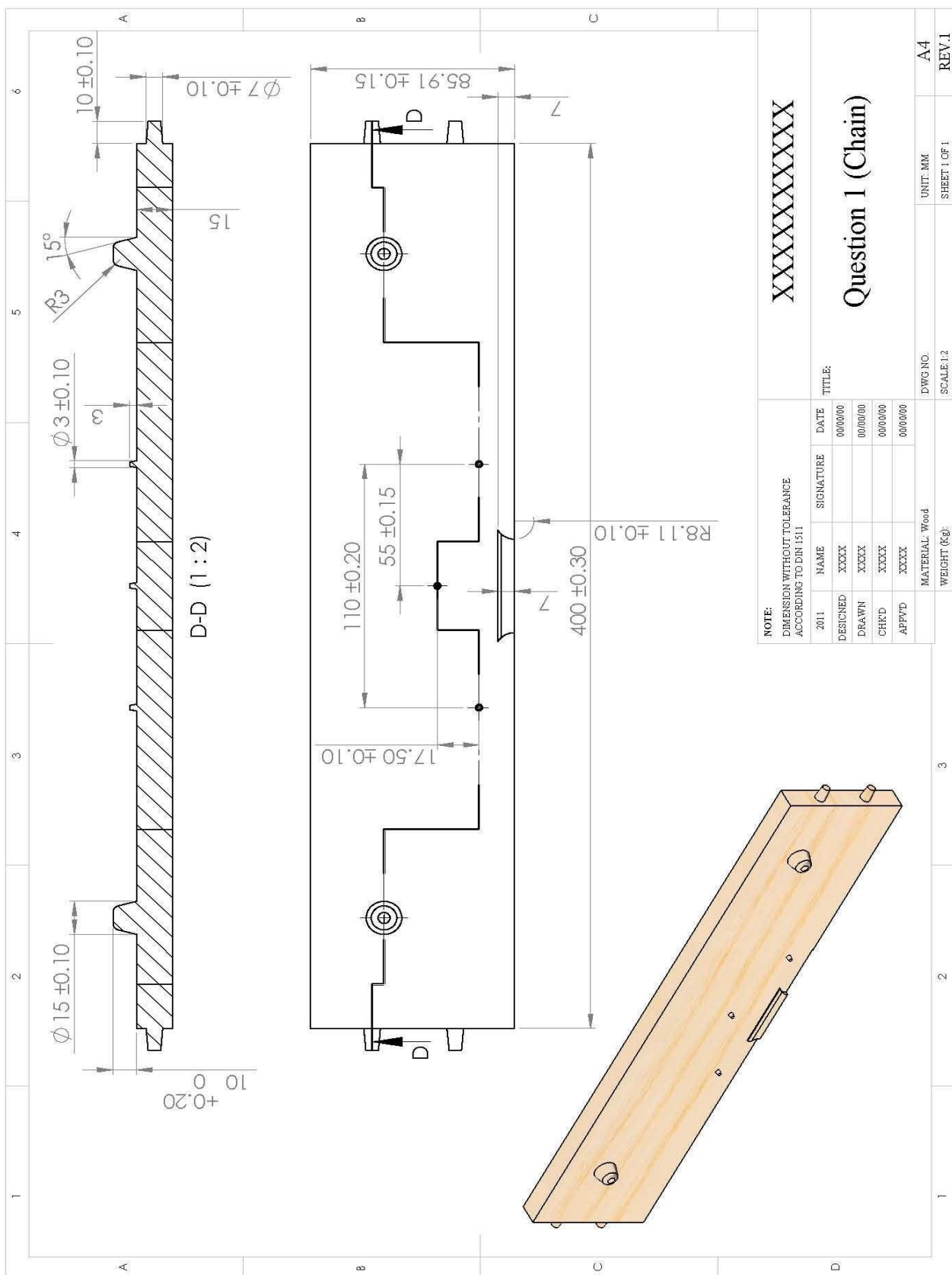
شکل 8-3

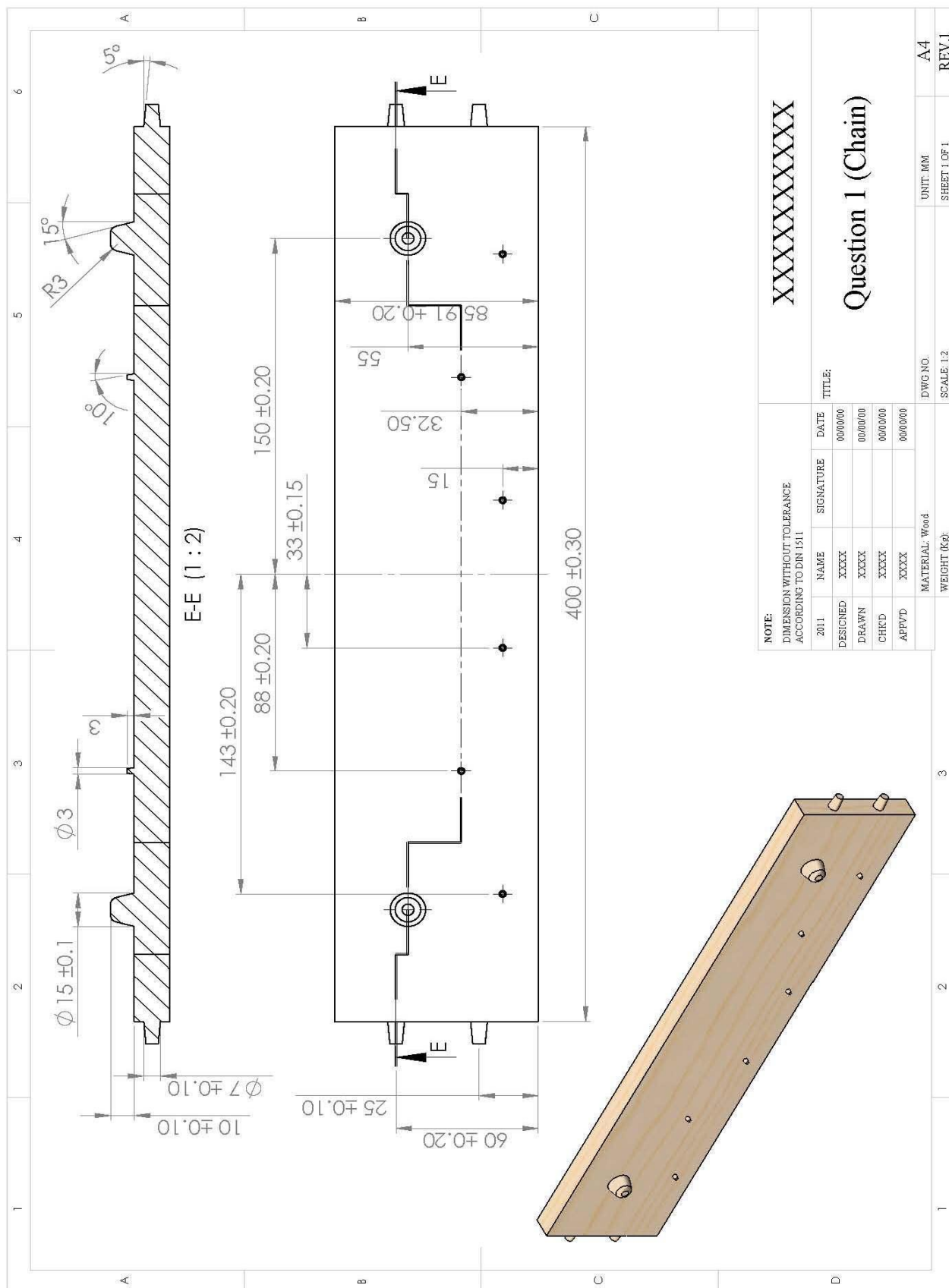


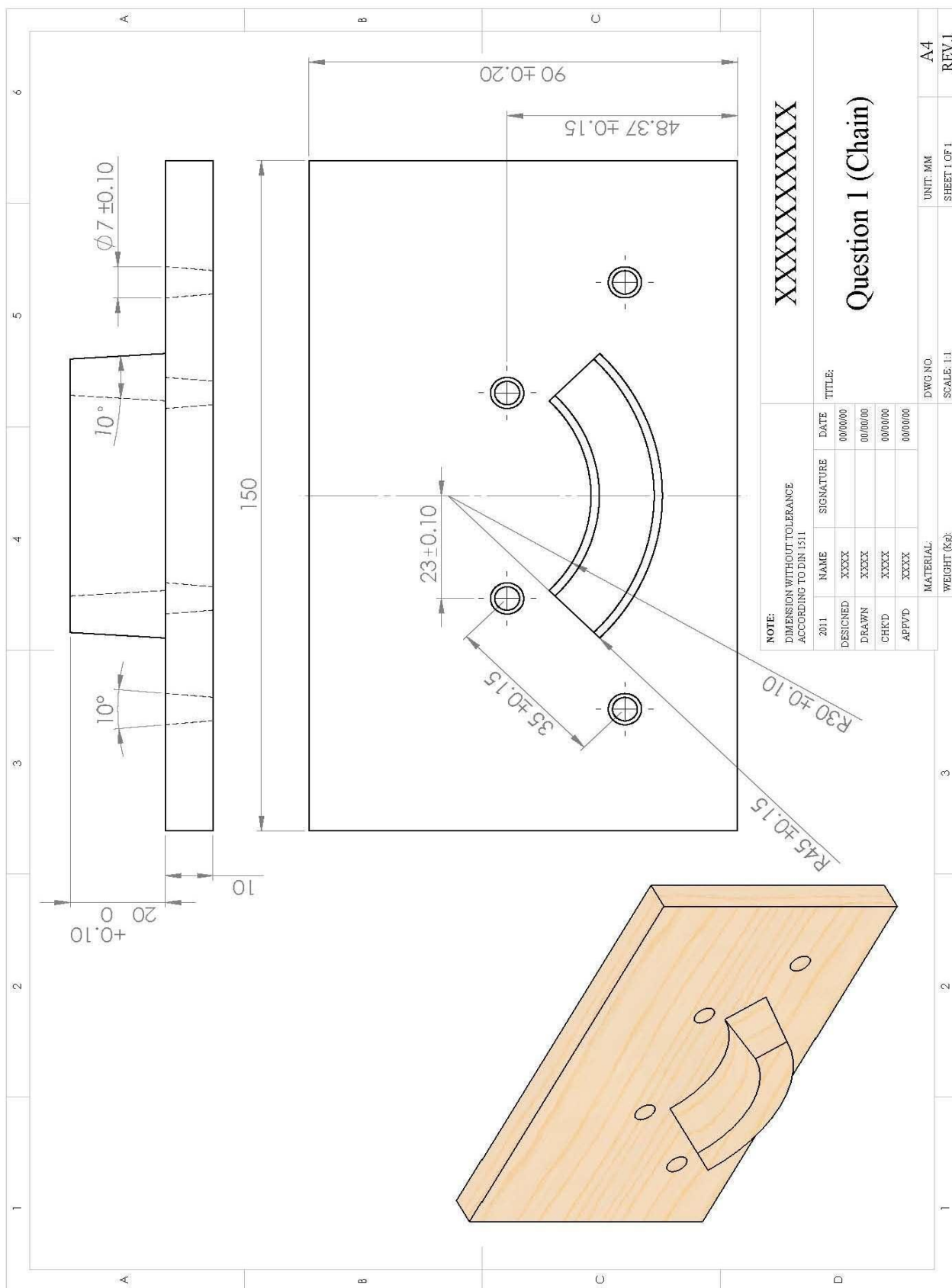


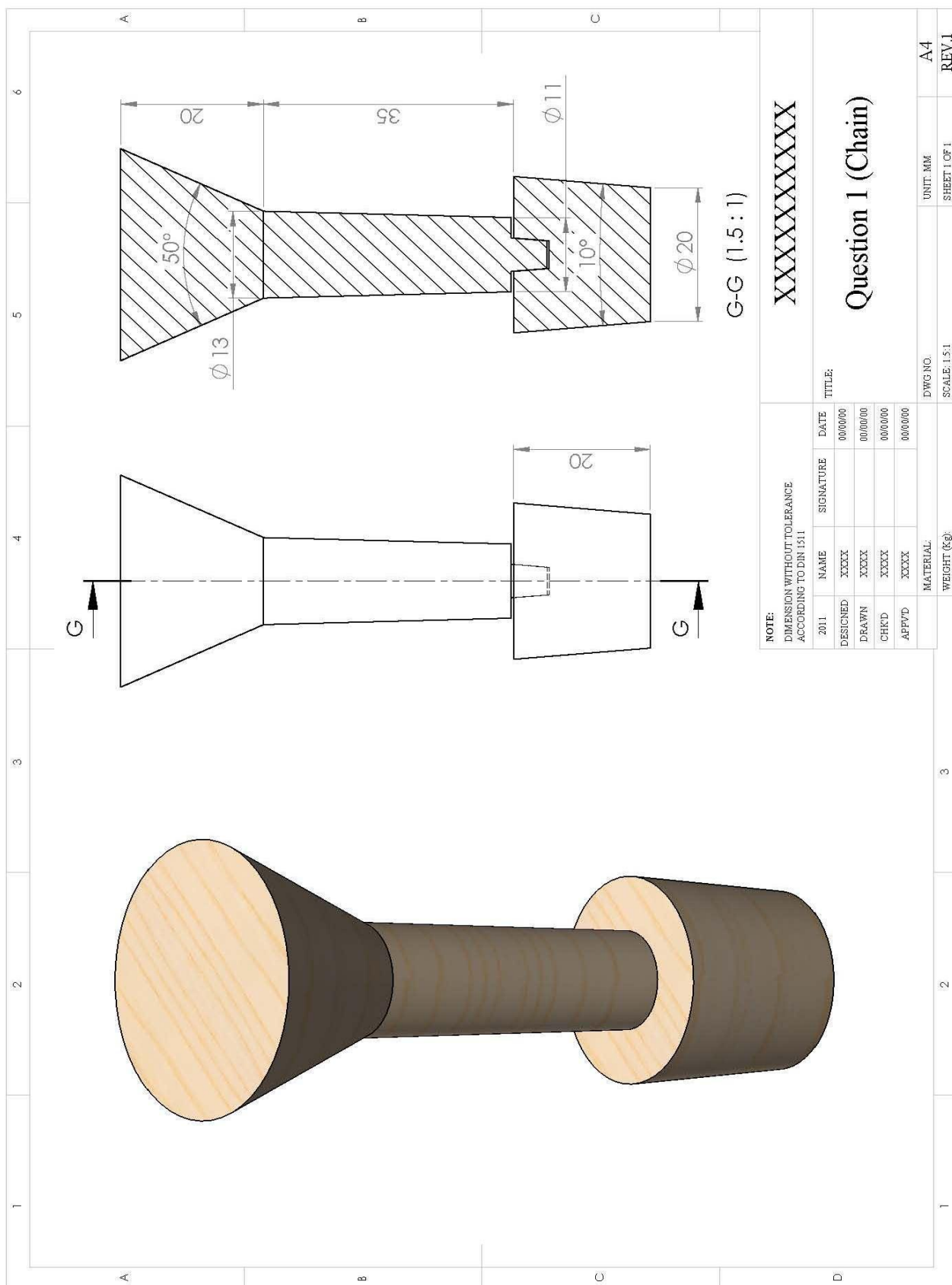


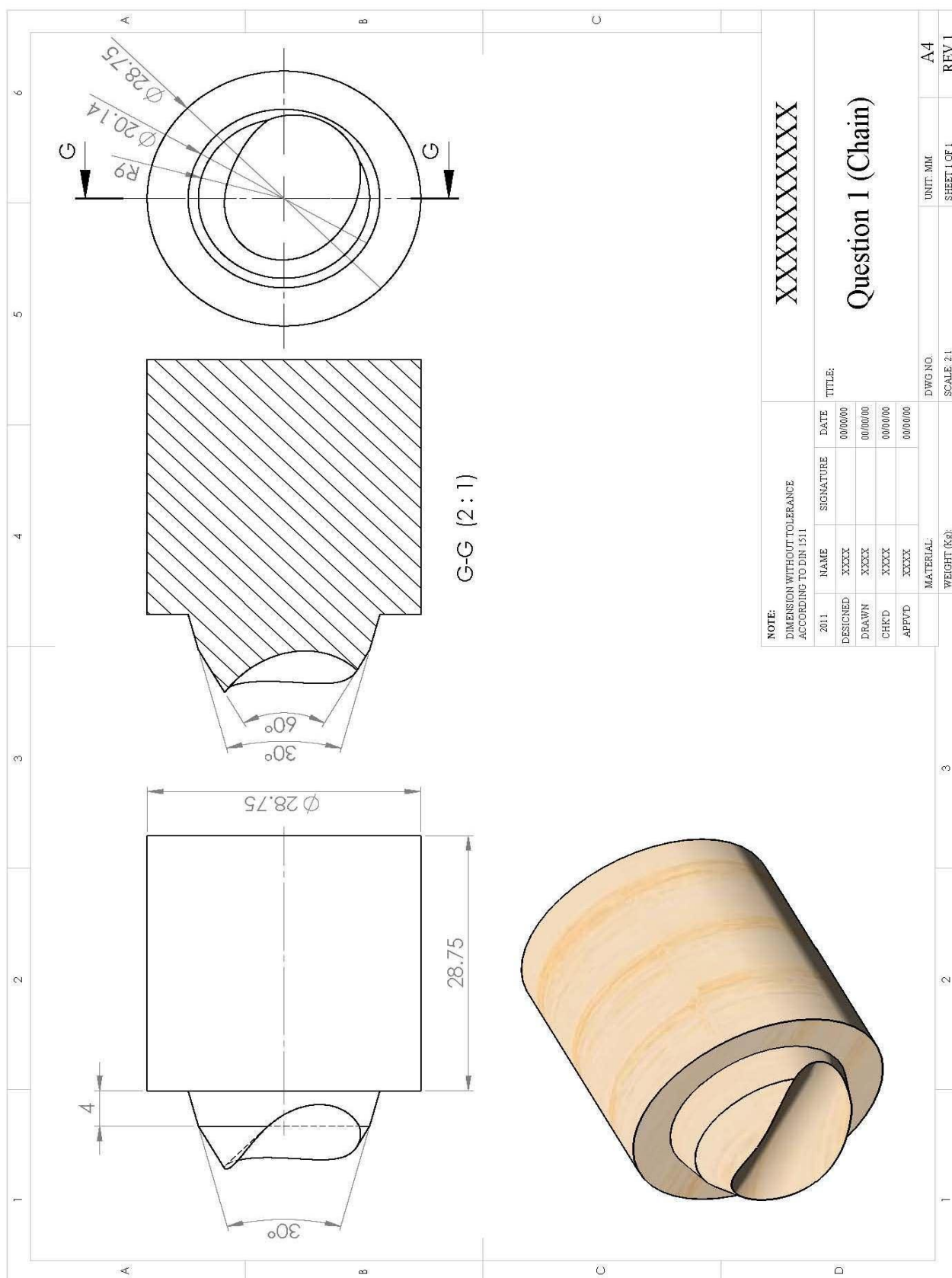


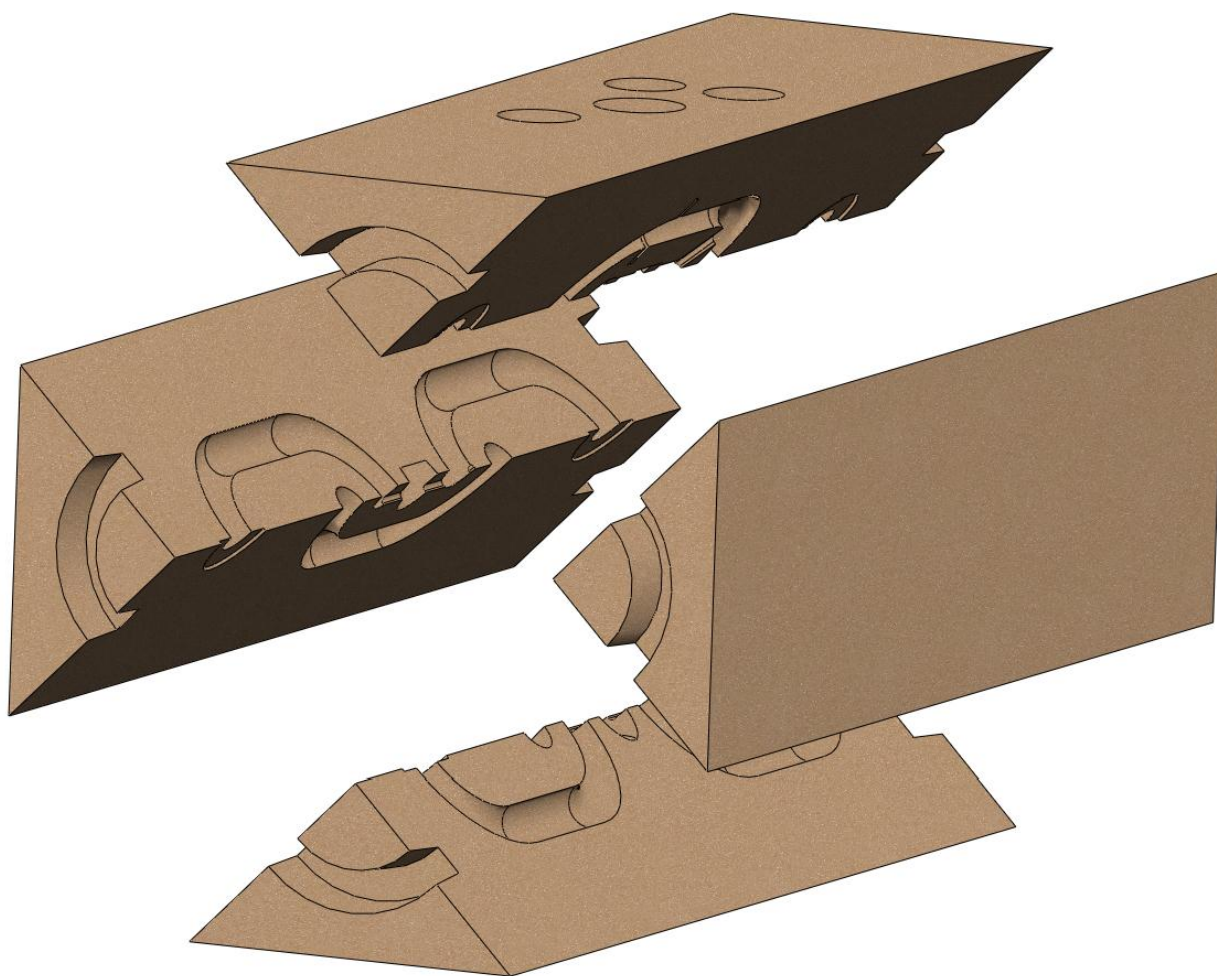








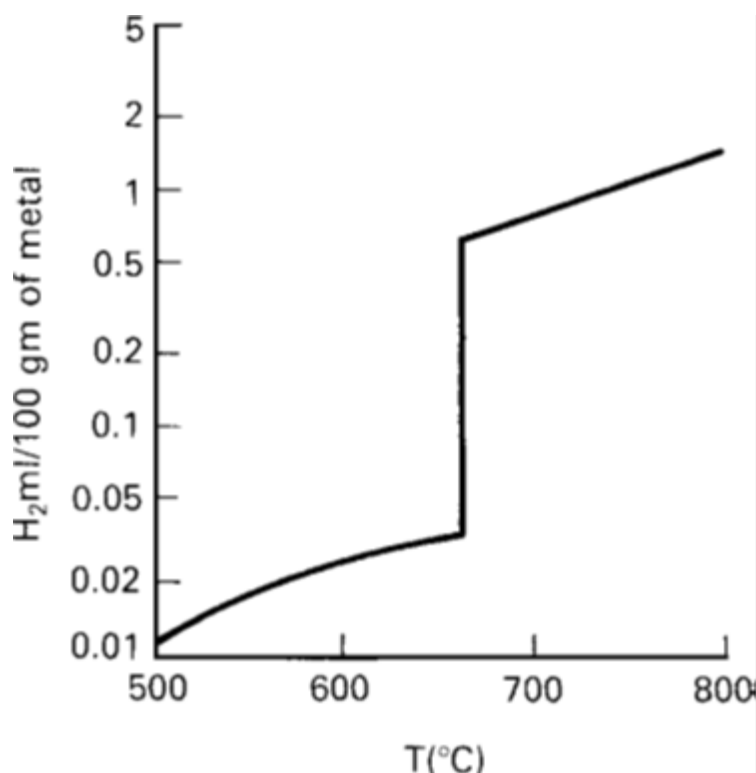




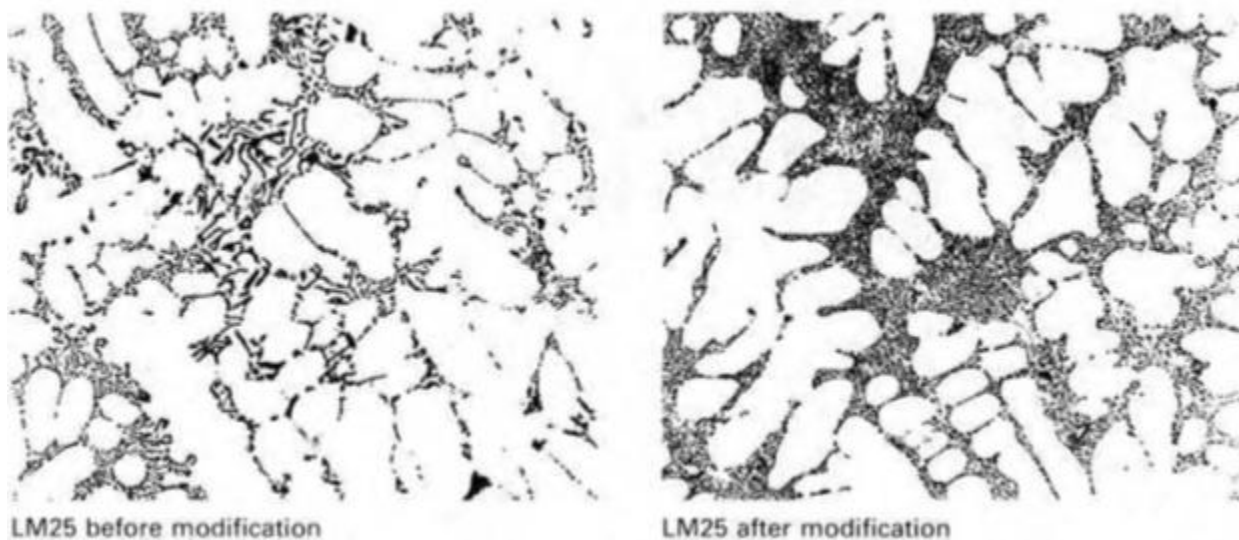
شکل 3-18 بخش های قالب قبل از قرار گیری در کنار هم و ذوب ریزی.

جدول 1-4 فلاکس های پوششی مورد استفاده در آلیاژ های آلومینیم [14].

Grade	Flux type	Melt pt °C	Dross type	Melting unit	Alloy type	Remarks	Method of application
5F	Covering Drossing	620	Dry	Large, rev., shaft rot, tilter etc.	All low Mg alloys	Also prevents furnace wall build-up, usually used in smelters	Add half early, rest at final melt-down. Form a complete cover. Use about 0.5-1% of metal weight or 1 kg/m ² of melt area
11	Covering Drossing	-	Dry	Crucible, electric	ditto	Used for ingot and clean scrap melted for sand and diecastings	Add 0.5-1% early and maintain cover. Remove after grain refining/degassing
29A	Modifying	780	Liquid	Crucible, bale-out	9-13% Si	Used at 760-800°C	Melt under COVERAL 11, heat to 800°C, grain refine/degas skim, add 1% COVERAL 29A, work in, leave 5 min., dross off with COVERAL 11
36A	Modifying	670	Liquid	Crucible, bale-out	7-13% Si	Low temp. version of 29A	Melt under COVERAL 11, degas and skim, add 2% COVERAL 36A at around 750°C and stir in, leave 5-10 min. and dross-off with COVERAL 11
48	Refining	500	Liquid	All	Low-Mg alloy scrap	Reclamation of turnings etc.	Melt heel of solid metal, add 1-5% COVERAL 48 to cover, add further flux with swarf additions
65	Covering	500	Pasty	Crucible	3-10% Mg alloys	Sodium free	Add 0.5% with the charge, add a further 2% when molten, stir in at 750°C. Dross-off after grain refinement and degassing
66	Covering	-	Dry	Crucible, bale-out	1-10% Mg alloys	Sodium free	Add about 0.5% at early stage of melting, a further 0.5% when melting is complete. Dross-off after degassing and grain-refinement
75	Covering Drossing	-	Dry	Holding	Low-Mg alloys	Wide temp. range flux for pressure diecasters	Can be used at 600-800°C, scatter 0.25-0.5% on metal surface and rabble gently until exotherm develops. Push aside remove before taking ladles
88	Furnace cleaning	-	-	Reverb., rotary, transfer ladle	-	To remove oxide build-up formed on furnace walls	Preheat empty furnace to 800-850°C, spray walls using Foseco flux gun, reheat for 15 min, then scrape clean. Use once per week
2011	Covering Drossing	-	Liquid	Crucible, electric resist. and induct.	Low-Mg	Low fume covering and drossing flux	Use 0.5-1%, form cover as early as possible and maintain intact. After grain refining and degassing, add further flux, rabble into surface until exotherm, leave 2-3 min, skim



شکل 1-4 تغییرات حلالیت هیدروژن در مذاب آلومینیم برحسب دما [13].



شکل 2-4 شکل تاثیر اصلاح کنندگی بر ریز ساختار آلیاژ A356(x125) [13].