بسم الله الرحمن الرحيم

کارگاه مدلسازی

ویژه دانشجویان رشته متالورژی

کارگاه طراحی وساخت مدل چوبی

تهیه کننده : مهندس قربانی

دانشگاه فنی حرفه ای - دانشکده فنی انقلاب اسلامی

زمستان ۹۸

تاریخچه :

در قسمت اعظم تاریخ ۵ هزار ساله ریخته گری، ریخته گر خود مدلساز، قالب گیر و ذوب ریز بود. استفاده از مدلهای دائم چوبی، خراطان و کنده کاران را به کار مدلسازی می‌کشاند. اینها همچنین برای شومینه و لوله‌های بخاری، مدلهای چوبی ارزشمند هنری درست می‌کردند. این پیشتازان مدلهای چوبی تا قرن ۱۴ م با قالب گیری زمینی روباز ریخته گری می‌کردند.

به وجود آوردن اولین شاخه مدلسازی صنعتی :

در آلمان که صنعتی شدن کشور در قرن نوزدهم جای خود را باز کرده بود، ریخته گری بیشماری به وجود آمد. برای مثال نوآوری تکنیکی در ماشین بخار و ماشینهای نساجی، موجب ساخت قطعات ناآشنایی شد. در ابتدا نجاران با تعلیم استادان ریخته گری، با ساخت مدل آشنا شدند. تخصصی شدن و نیازهای فزاینده باعث شد که قسمت مدلسازی در ریخته گریهای بزرگ به وجود آید. در سال ۱۸۲۷ میلادی اولین مدلهای صفحه‌ای که کلا از چوب ساخته شده بود برای تولید انبوه (در بخاری) با قالب گیری در مواد خود گیر صمغی به کار رفت .در اینجا بود که اولین پایه‌های قالب گیری ماشینی قرن بیستم به وجود آمد .

به وجود آمدن حرفه مدلسازی

اولین حرکت حرفه‌ای و پیشه‌ای مدلسازی با آغاز قرن بیستم به وجود آمد و این اقدام توسط نجاران و کنده‌کاران انجام شد. بعد از جنگ جهانی اول مدلسازان با اولین نشست محلی فعالیت صنفی خود را آغاز کردند. امروزه این اتحادیه اصناف آلمان ادغام شده است.

مدلسازی امروزی

مدلسازی امروزی با توجه به جنس آن، مواد مصنوعی یا فلزی و همچنین با در نظر داشتن فرایندهای جدید و ماشینی آن در ریخته گری مشخص می‌شود. همچنان که شاخه بندی حرفه‌ای نشان می‌دهد حرفه مدلسازی باعث به وجود آمدن حرفه‌های زیادی شده است. در این کتاب همه اینها به اسم (مدلساز) مشخص می‌شود،که هر کدام در ساخت و تجهیزات و لوازم مدل مشغول هستند.

اصول ساخت مدل:

انواع مدلها :

الف) مدل دائم : اکثر مدلهای ساخته شده توسط مدلسازان، مدل دائم‌اند. مدل دائم به مدلی اطلاق می‌شود که بتوان بیش از یک بار از آن برای قالب گیری استفاده کرد. مدل های دائم عموما از جنس چوب ساخته می شوند که در اصطلاح به این مدلها (مدل مادر یا مدل اولیه) نیز گفته می شود ، که این مدل اولیه باید به مدل فلزی تبدیل گردد تا بتوان در صنعت مورد استفاده قرار گیرد .

ب) مدل یک بار مصرف : مدل یک بار مصرف، مدلی است که فقط یک بار از آن استفاده می‌شود. بعد از یک بار قالب گیری مدل از بین می‌رود. بنابر این برای هر قطعه ریختگی یک مدل غیر دائم لازم است. مدل یک‌بار مصرف از مواد اسفنجی، پلی‌استیرول در ریخته‌گری با قالب توپر و روش قالب‌گیری مغناطیسی، مدل یک‌بار مصرف از موم در ریخته‌گری دقیق و ریخته‌گری هنری.

مدل چوبی : مدلهای ریخته گری عموما از چوب درختان مثل کاج، توسکا، اسفندان، گلابی، گردو و یا فیبرها و روکشها ساخته می‌شود مدل چوبی گویند . به مدل چوبی اولیه مدل مادر نیز گفته می شود .

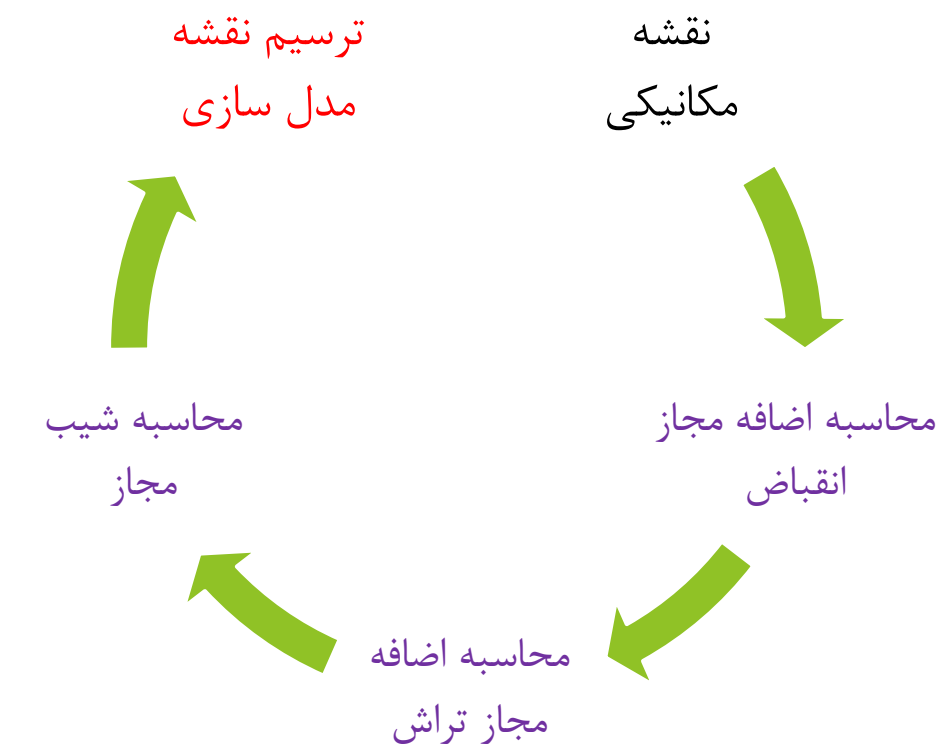
مدل فلزی : این مدلها از تبدیل مدل چوبی به فلز که عموما فلز آلومینیوم (به علت سبکی و مقاومت در برابر اکسیداسیون و فرم پذیری مناسب و ...) تولید می گردند . به مدل فلزی مدل تولید نیز گفته می شود .

اصول طراحی نقشه مدلسازی :

اولین مرحله در ساخت مدل چوبی تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدلسازی می باشد . همانطور که می دانیم ابعاد نقشه مدلسازی با نقشه مکانیکی متفاوت می باشد و علت آن هم وجود اضافه مجاز انقباض ، اضافه مجاز تراش و اضافات شیب و ... می باشد .

تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدلسازی :

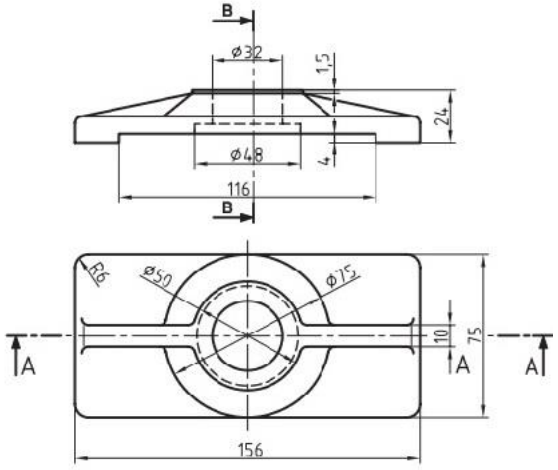
برای طراحی یک نقشه مدلسازی داشتن نقشه مکانیکی و یا وجود یک قطعه و ترسیم نقشه مکانیکی از روی قطعه شرط اصلی می باشد . جهت ترسیم نقشه مدلسازی ارجاع به استاندارد مرجع DIN 1511 آلمان جهت کسب اطلاعات بیشتر الزامی می باشد .



نقشه مکانیکی :

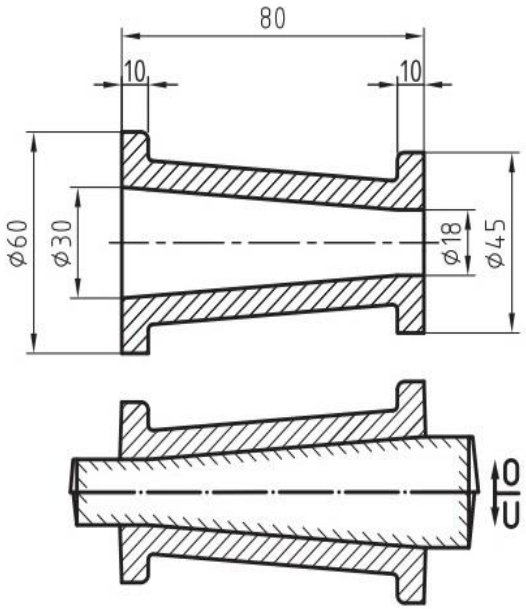
رسم فنی شکل و اندازه واقعی قطعه مکانیکی

و نماهای مختلف آن را نمایش می دهد .



نقشه مدلسازی :

رسم مدل شکل و اندازه قطعه ریختگی را جهت ساخت نمایش می دهد .رسم مدل با استفاده از نقشه مکانیکی و یا نمونه قطعه ریختگی انجام می شود .این رسم اندازه واقعی قطعه بعلاوه اضافات مجاز شامل : اضافه انقباض ، اضافه تراش ،اضافات شیب ، همچنین ماهیچه ها ، تکیه گاههای ماهیچه ، سطح جدایش و ... را نشان می دهد .



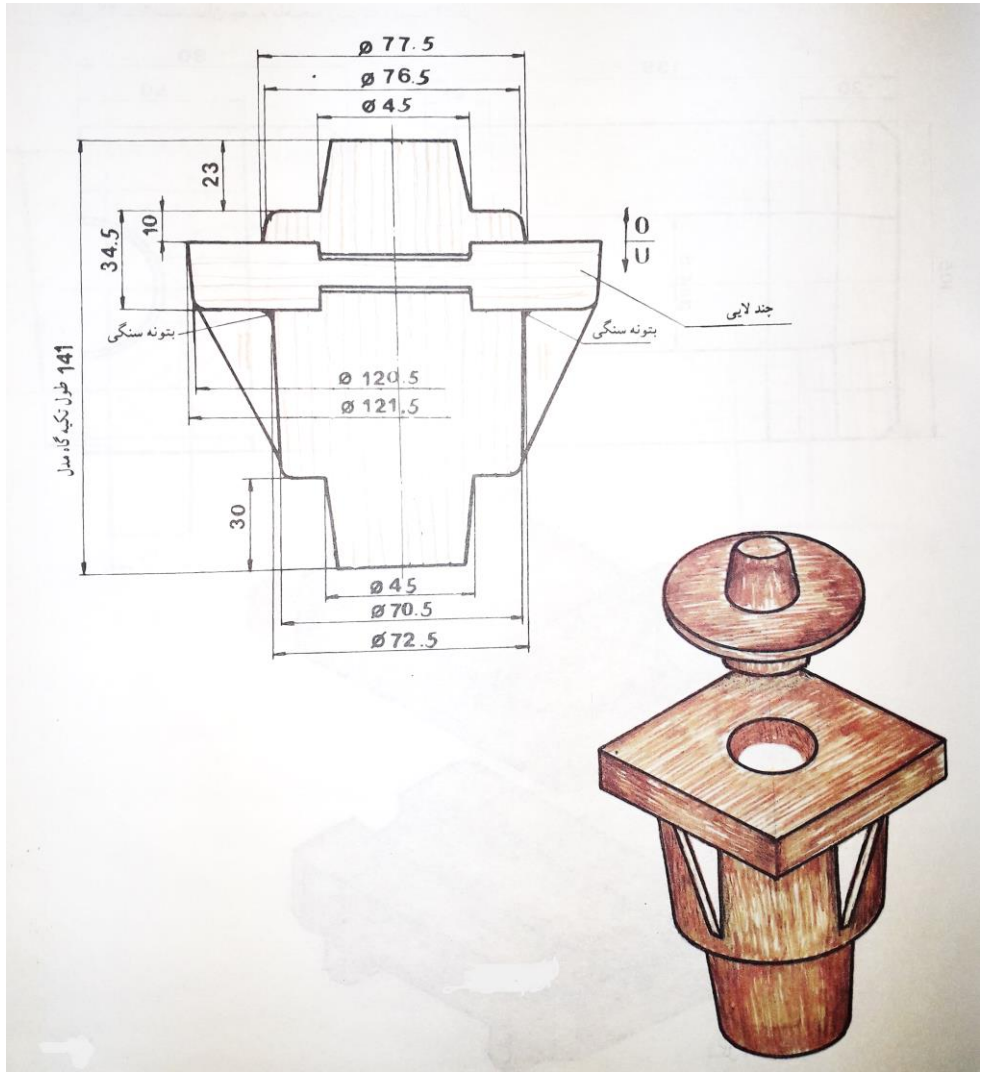
رسم مدل معمولا بر اساس استاندارد DIN 1511 آلمان

به مقیاس ۱:۱ انجام می شود .در شکل روبرو نقشه مکانیکی

و نقشه مدلسازی نمایش داده می شود .

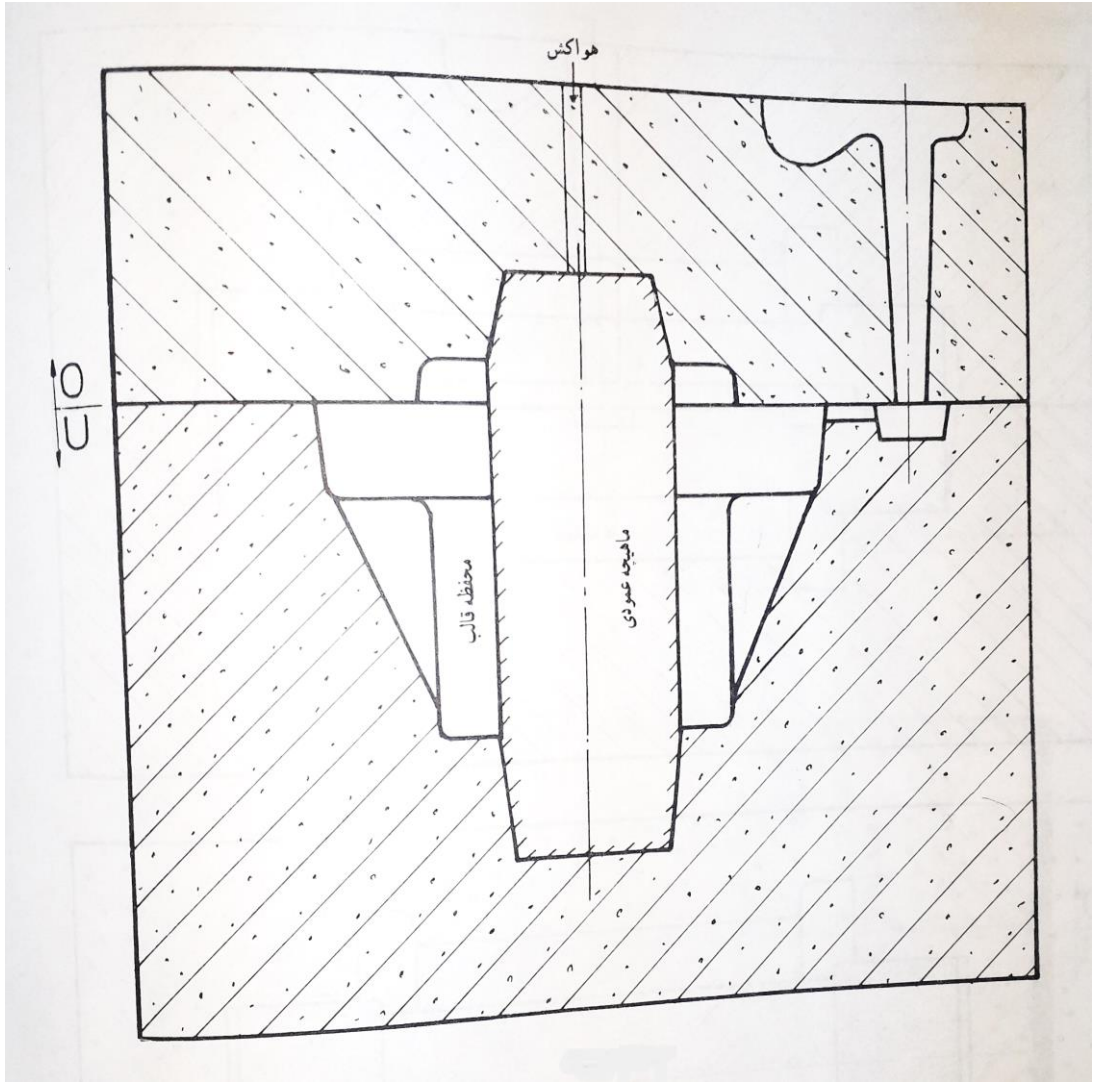
نقشه ساختمان مدل :

در این نقشه سطح جدایش مدل ، تعداد قطعات چوب ، جهت الیاف چوب و ... به مقیاس اندازه استاندارد رسم می شود.



نقشه قالبگیری مدل :

در این نقشه نحوه قرار گیری مدل در داخل درجه و نحوه قالبگیری ، نحوه اتصال اجزای سیستم راهگاهی ، نحوه قرار گیری ماهیچه و ... نمایش داده می شود .



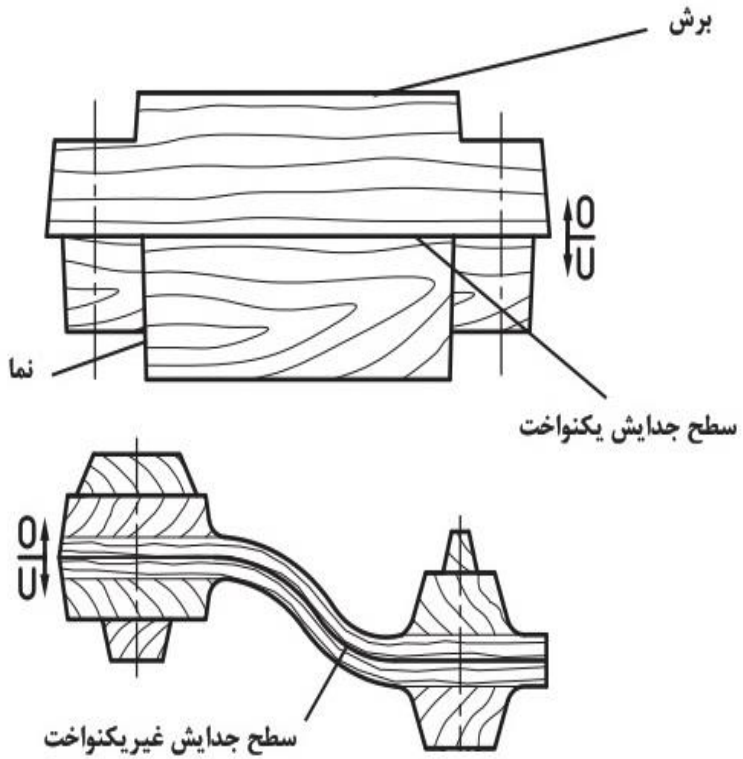
طراحی سطح جدایش:

الف) سطح جدایش قالب

سطحی که ۲ لنگه قالب از هم جدا می شوند ، سطح جدایش قالب گفته می شود. معمولا سطح جدایش دو نیمه قالب بصورت افقی است که می تواند به حالت یکنواخت و غیر یکنواخت باشد .

الف) سطح جدایش مدل

سطحی که تکه های مدل از هم جدا می شوند و یا سطحی که شیب مدل بر اساس آن اعمال می شود را سطح جدایش مدل می نامند. اغلب مدلها دارای سطح جدایش افقی هستند ، همچنین به منظور سهولت و کیفیت بهتر قالبگیری ، سطح جدایش مدل بهتر است یکنواخت باشد .مدل باید به گونه ای طراحی شود که به راحتی از محفظه قالب خارج گردد . به همین دلیل مدلهای یک تکه و یا چند تکه ساخته شده و دیواره های قائم آن را شیب می دهند .



عوامل موثر بر طراحی مدل :

الف) اضافه مجاز انقباض

ب) اضافه مجاز تراش

ج) شیب مجاز مدل

الف) اضافه مجاز انقباض

تمامی فلزات و آلیاژها به غیر از (چدنها ، بیسموت و)در اثر افزایش دما دچار انبساط یا افزایش حجم می شوند و در اثر کاهش دما دچار انقباض یا کاهش حجم میگردند ، این پدیده برای مذابی که قرار است از دمای فوق ذوب تا دمای محیط سرد شود نیز رخ می دهد . مراحل سرد شدن مذاب به ۳ مرحله زیر تقسیم می شود.

۱) این مرحله در فاز مایع است ، کاهش حجم مذاب از دمای فوق ذوب تا دمای ذوب در حین ذوب ریزی جبران میگردد .

۲) این مرحله که مخلوطی از فاز مایع و فاز جامد است ، با گذشت زمان انقباض ایجاد می شود . جبران کاهش حجم مذاب در این مرحله توسط تغذیه گذاری و طراحی سیستم راهگاهی انجام میگیرد .

۳) **این مرحله در فاز جامد است** ، انقباض در تمام جهات بصورت یکنواخت انجام میگیرد . چون قطعه جامد شده با کاهش دما منقبض می شود پس مدل را بایستی به اندازه این انقباض که انقباض در فاز جامد نامیده می شود ، بزرگتر از قطعه ساخت .جبران کاهش ابعاد این مرحله توسط مدلساز صورت میگیرد ، یعنی مدل باید به اندازه انقباض فاز جامد ، بزرگتر از قطعه باشد .

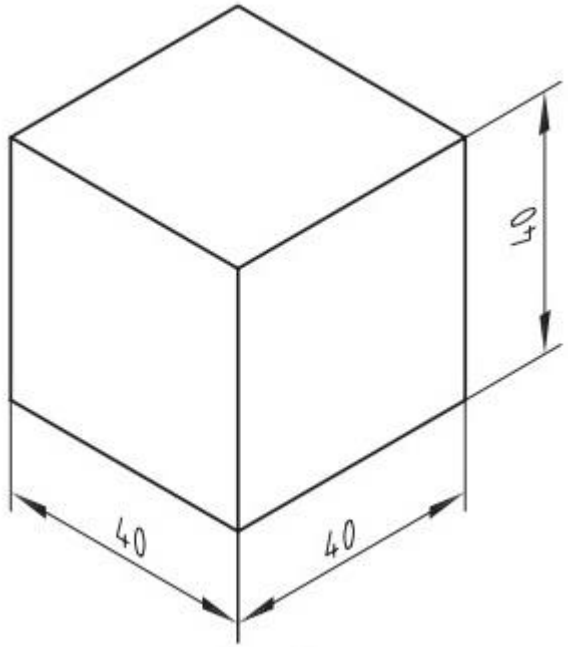
عوامل موثر بر مقدار انقباض فاز جامد :

الف) جنس قطعه ب) جنس قالب ج) ابعاد قطعه د) شرایط محیط(فشار، رطوبت و ...)

با توجه به عوامل فوق مقدار انقباض استاندارد در جدول زیر آورده شده است .

جنس فلز	درصد انقباض تئوری	درصد انقباض عملی
چدن خاکستری	۱	۱/۳ ..... ۰/۵
چدن با گرافیت کروی بدون عملیات حرارتی	۱/۲	۲ ..... ۰/۸
چدن با گرافیت کروی با عملیات حرارتی	۰/۵	۰/۸ ..... ۰
چدن تمپر سفید (GTW)	۱/۶	۲ ..... ۱
چدن تمپر سیاه (GTS)	۰/۵	۱/۵ ..... ۰
فولاد ریختگی	۲	۲/۵ ..... ۱/۵
فولاد منگنز	۲/۳	۲/۸ ..... ۲/۳
آلیاژهای آلومینیوم	۱/۲	۱/۵ ..... ۰/۸
آلیاژهای منیزیم	۱/۲	۱/۵ ..... ۱
مس الکترولیت	۱/۹	۲/۱ ..... ۱/۵
آلیاژ مس و قلع (برنز)	۱/۵	۲ ..... ۰/۸
آلیاژ مس و قلع و روی (برنج قرمز)	۱/۳	۱/۶ ..... ۰/۸
آلیاژ مس و روی (برنج)	۱/۲	۱/۸ ..... ۰/۸
آلیاژ مس مخصوص[Cu-Zn-Mn (Fe-A۱)]	۲	۲/۳ ..... ۱/۸
آلیاژهای آلومینیوم برنز	۲/۱	۲/۳ ..... ۱/۹
آلیاژ روی	۱/۳	۱/۵ ..... ۱/۱
فلزات سفید (آلیاژهای سرب و قلع)	۰/۵	۰/۶ ..... ۰/۴

مثال :



مثال: اگر مقدار انقباض قطعه مکعبی به ضلع ۴۰ میلی‌متر برابر ۱/۲۵ درصد باشد، اندازه‌های اولیه مدل برای قالب‌گیری دستی چقدر است؟ سپس قطعه را با ابعاد جدید با در نظر گرفتن انقباض آن مجدد ترسیم نمایید.

حل: برای حل مسئله ابتدا رابطه مربوط به انقباض تقریبی را می‌نویسیم.

$$LM=(LG\times S)/۱۰۰ + LG$$

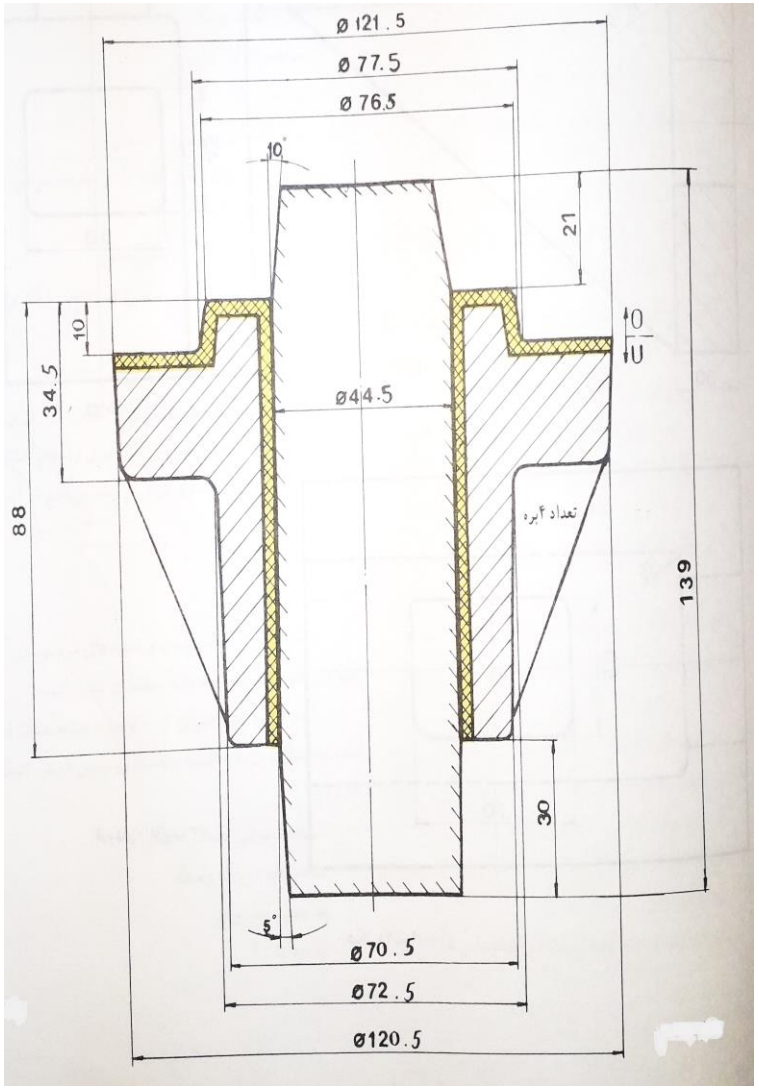
سپس اندازه مدل را محاسبه می‌کنیم.

S=۱/۲۵ درصد انقباض

$$Lm = LG + LG \times S/۱۰۰$$

$$LG = ۴۰mm \rightarrow LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG = \frac{۴۰ \times ۱/۲۵}{۱۰۰} + ۴۰ = ۴۰/۵\ mm$$

ب) اضافه مجاز تراش



دقت ابعادی وکیفیت سطحی اغلب قطعات ریخته گری پایین است .

بنابراین نیاز به عملیات تکمیلی مانند ماشین کاری هستند و همچنین به منظور حذف مک ها ، حفره ها و .ناخالصی های سطحی را باید اغلب قطعات ریخته گری را براده برداری کرد . به همین منظور در محل هایی که احتیاج به براده برداری است ، متناسب با روش براده برداری در مدل باید اندازه اضافی در نظر گرفت که به آن اضافه مجاز ماشین کاری و یا اضافه مجاز تراش می گویند .

نمایانگر اضافه مجاز تراش در شکل روبرو نمایش داده می شود .

عوامل موثر بر مقدار اضافه مجاز تراش:

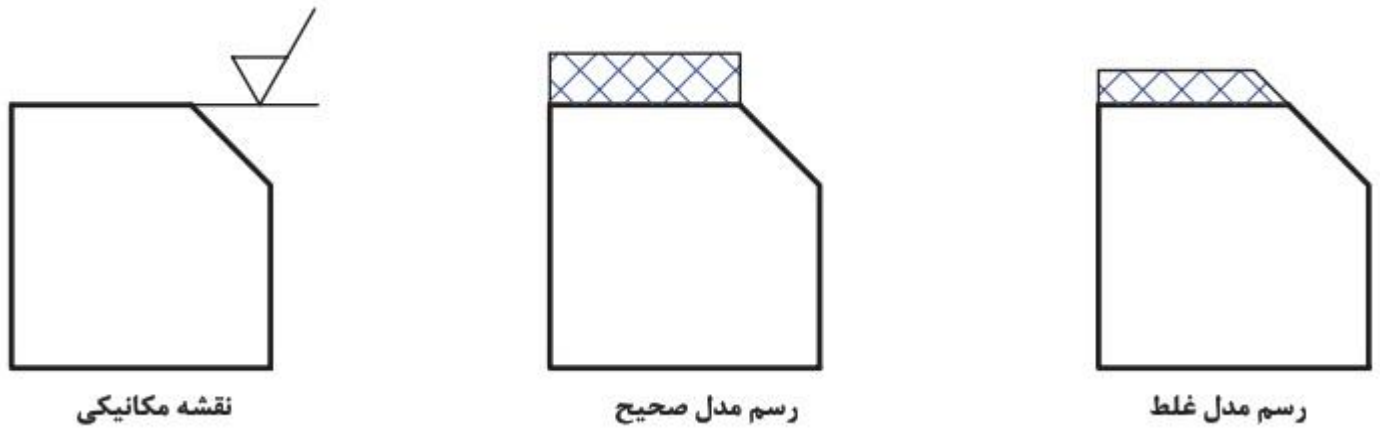
الف) جنس قطعه : هر چه نقطه ذوب بیشتر ، چگالی بیشتر ، اضافه تراش مجاز بیشتر .

ب) ابعاد قطعه : هر چه ابعاد قطعه بزرگتر ، اضافه تراش مجاز بیشتر .

ج) جنس قالب : هر چه جنس قالب مرغوب تر ، اضافه مجاز تراش کمتر .

د) محل ماشینکاری : سطوح زیرین قطعه احتیاج کمتری به تراشکاری دارند و سطوح فوقانی قطعه احتیاج به تراشکاری بیشتری دارند .

طریقه نمایش اضافه مجاز تراش در نقشه :



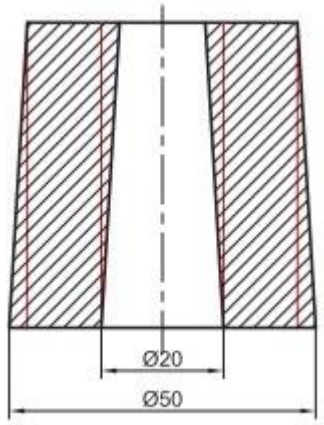
محاسبه اضافه مجاز تراش :

برای تعیین اضافه مجاز تراش از جدول استاندارد استفاده می شود .

استاندارد تراش مجاز در آلیاژهای مختلف بر حسب میلی‌متر

جنس قطعه	اندازه قطعه	سطوح زیری	سطوح داخلی و جانبی	سطوح رویی
چدن	تا ۱۵۰	۲/۵	۳	۵
	تا ۳۰۰	۳	۳/۵	۵/۵
	۳۰۰ _ ۵۰۰	۴	۵	۶
	۵۰۰ _ ۹۰۰	۴/۵	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 غیرآهنی	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	۳/۵
	۹۰۰ _ ۱۵۰۰	۳	۴	۵

ب) شیب مجاز مدل



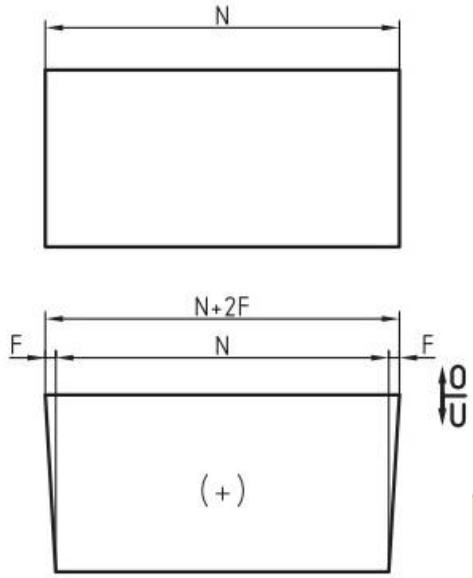
طراحی مدل باید به طوری باشد که مدل به سهولت از قالب خارج شود ،

بنابراین دیواره عمودی آن را شیب می دهیم .

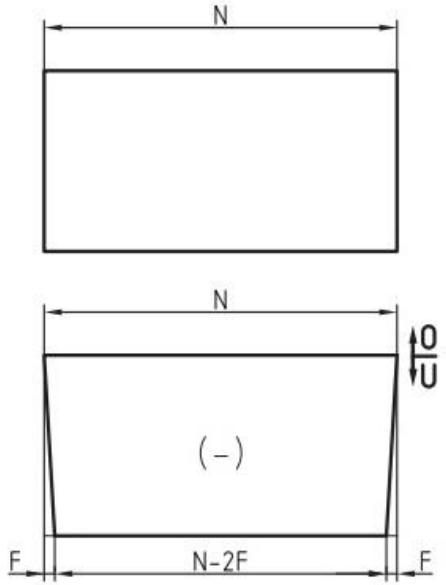
نمایش شیب : شیب هیچگاه به طور مستقیم رسم نمی شود .

انواع شیب عبارت است از :

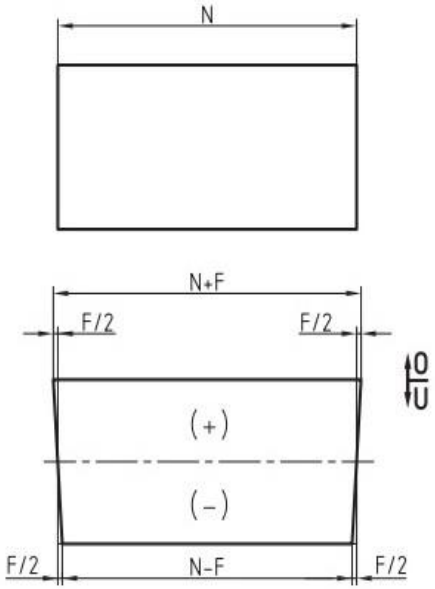
۱) شیب اضافی



۲) شیب نقصانی



۳) شیب میانی



محاسبه شیب مدل :

تعیین مقدار شیب مدل به عوامل زیادی بستگی دارد که به کار گیری آن دشوار و وقت گیر می باشد . که مناسب ترین راه مراجعه به جدول شیب استاندارد مدلها می باشد که در زیر آورده شده است .

استاندارد شیب مدل براساس DIN۱۵۱۱

ارتفاع برحسب میلی‌متر	شیب برحسب درجه	ارتفاع برحسب میلی‌متر	شیب برحسب درجه
تا ۱۰	۳	تا ۲۵۰	۱/۵
۱۰ ـ ۱۸	۲	۲۵۰ ـ ۳۲۰	۲
۱۸ ـ ۳۰	۱ و ۳۰′	۳۲۰ ـ ۵۰۰	۳
۳۰ ـ ۵۰	۱	۵۰۰ ـ ۸۰۰	۴/۵
۵۰ ـ ۸۰	۴۵′	۸۰۰ ـ ۱۲۰۰	۷
۸۰ ـ ۱۸۰	۳۰′	۱۲۰۰ ـ ۲۰۰۰	۱۱
—	—	۲۰۰۰ ـ ۴۰۰۰	۲۱

برای تعیین مقدار شیب، ارتفاع‌های قالب‌گیری را شماره‌گذاری نموده و سپس مقدار شیب را با توجه به ارتفاع‌های مشخص‌شده بر حسب درجه از جدول استاندارد (۵) تعیین می‌کنیم و سپس با استفاده از رابطه ۳ مقدار شیب را بر حسب میلی‌متر حساب می‌کنیم.

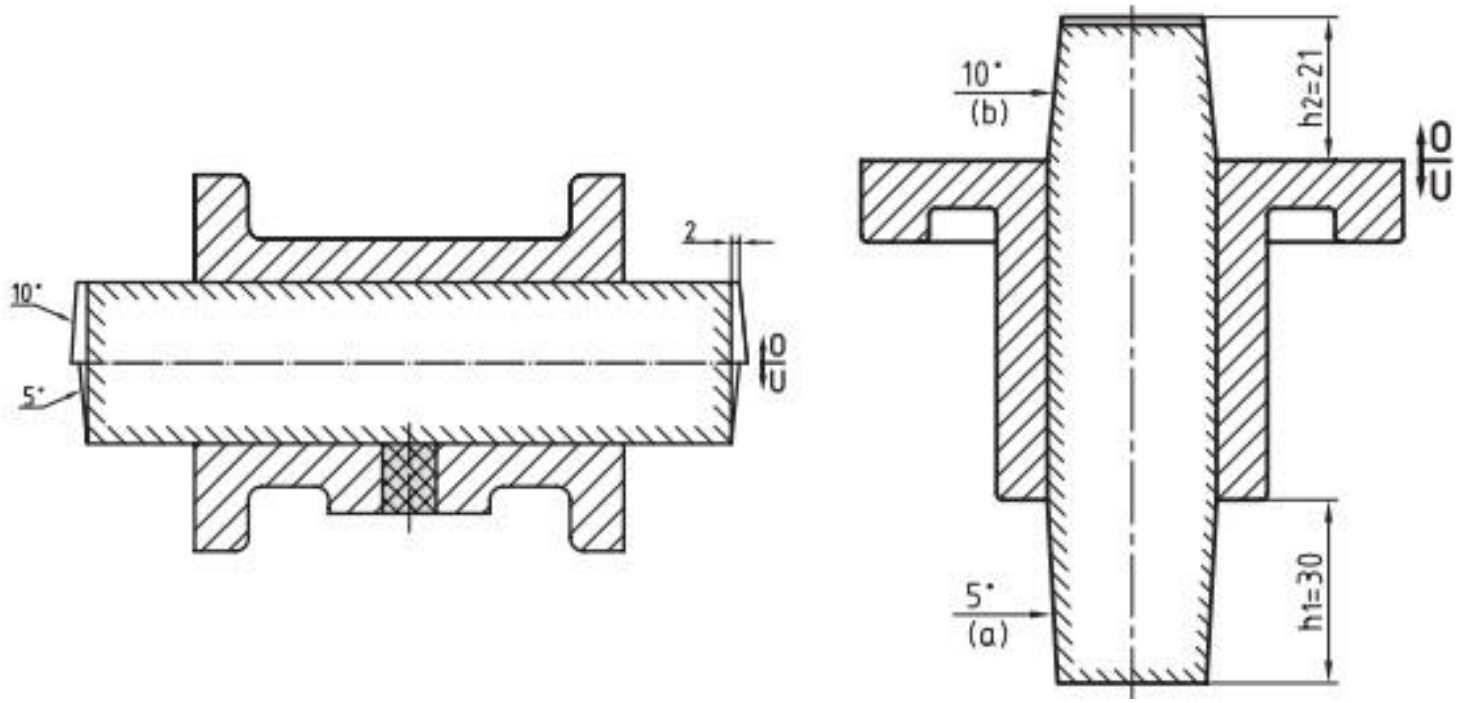
$$Fs\,(mm) = \frac{۱/۷۵ \times h \times \text{درجه}}{۱۰۰}$$ رابطه ۳

Fs(mm): شیب بر حسب میلی‌متر

h: ارتفاع بر حسب میلی‌متر

تعیین طول و شیب تکیه گاههای مدل:

برای اینکه ماهیچه به آسانی درون قالب قرار گیرد طول تکیه گاه ماهیچه و همچنین شیب آن باید بر اساس اصول صحیحی تعیین شود . این مقادیر برایی ماهیچه های عمودی و افقی بر اساس جداول استاندارد تعیین میگ



تعیین طول تکیه گاه ماهیچه بر اساس استاندارد DIN آلمان :

اندازه آن در ماهیچه های عمود ی۱ تا ۱/۵ برابر قطر ماهیچه برای تکیه گاه زیری و ۱ برابرقطر ماهیچه برای ارتفاع تکیه گاه رویی است .اندازه آن در ماهیچه افقی ۱ تا ۱/۵ برابر قطر ماهیچه است که در ۲ طرف آن اعمال می شود .

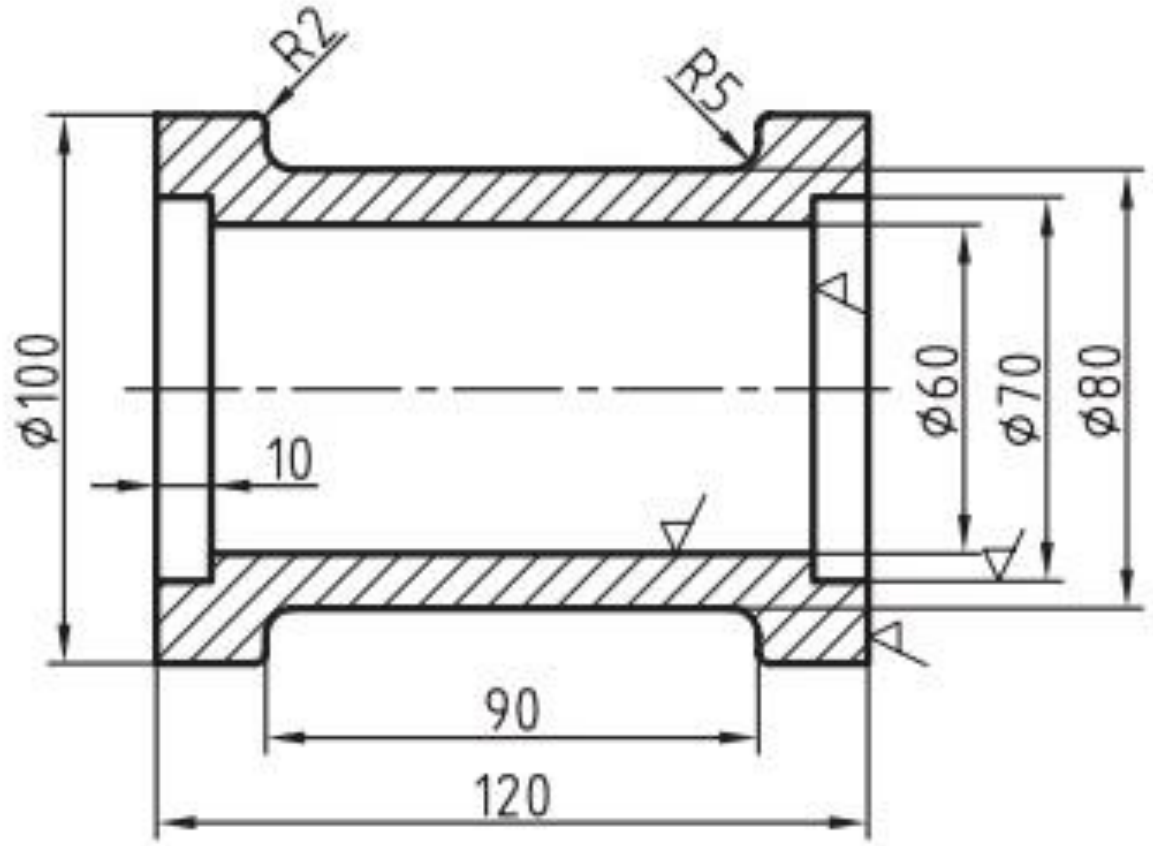
مثال : در صورتی که قطعه داده شده در شکل زیر از جنس آلیاژ چدن با ۰/۹ درصد انقباض و شیب اضافی در قالب ماسه ای ریخته گری شود مطلوبست :

الف) رسم نقشه مدلسازی

ب) رسم نقشه ساختمان مدل

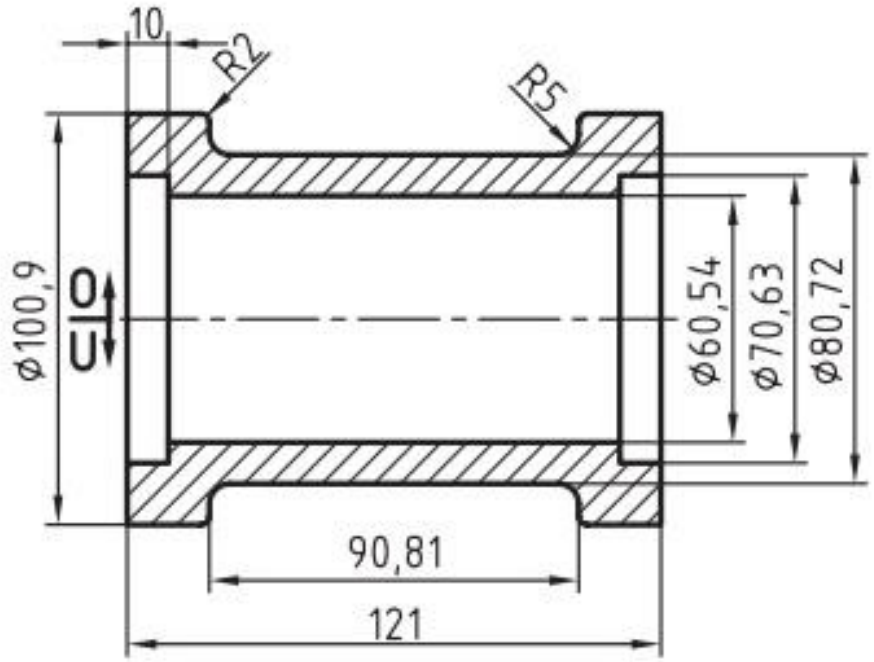
ج) رسم جعبه ماهیچه

د) رسم نقشه قالبگیری



الف) رسم نقشه مدلسازی

۱) مرحله اول : تعیین مقدار مجاز انقباض بر حسب میلی متر



رابطه ۲ $LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG$

طول ۱۲۰ $\Rightarrow LM = \frac{۱۲۰ \times ۰/۹}{۱۰۰} + ۱۲۰ = ۱۲۱ mm$

طول ۹۰ $\Rightarrow LM = \frac{۹۰ \times ۰/۹}{۱۰۰} + ۹۰ = ۹۰/۸۱ mm$

$\varnothing ۱۰۰ \Rightarrow LM = \frac{۱۰۰ \times ۰/۹}{۱۰۰} + ۱۰۰ = ۱۰۰/۹ mm$

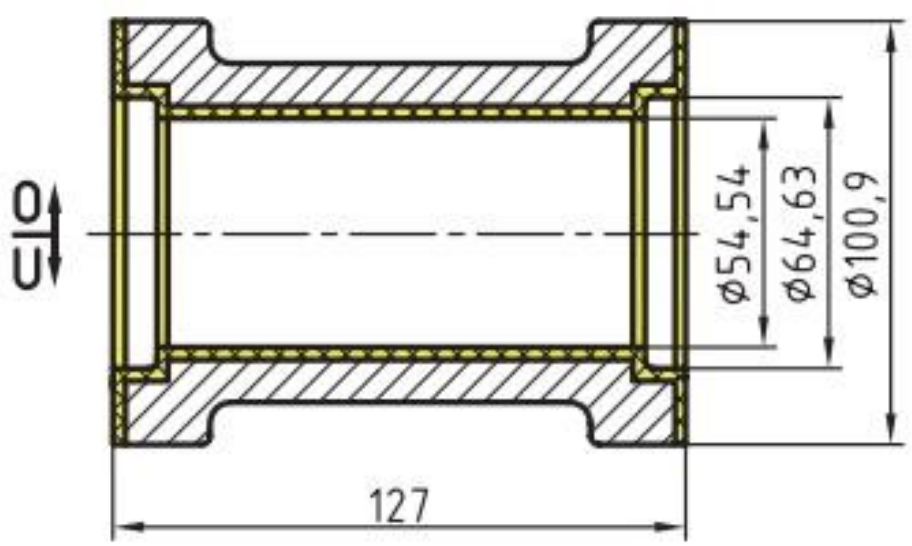
$\varnothing ۸۰ \Rightarrow LM = \frac{۸۰ \times ۰/۹}{۱۰۰} + ۸۰ = ۸۰/۷۲ mm$

$\varnothing ۷۰ \Rightarrow LM = \frac{۷۰ \times ۰/۹}{۱۰۰} + ۷۰ = ۷۰/۶۳ mm$

$\varnothing ۶۰ \Rightarrow LM = \frac{۶۰ \times ۰/۹}{۱۰۰} + ۶۰ = ۶۰/۵۴ mm$

الف) رسم نقشه مدلسازی

۲) مرحله دوم : تعیین مقدار مجاز تراش



اضافه تراش ۳ میلی‌متر به ابعاد محل تراش، پس از محاسبه انقباض مجاز به شرح زیر اضافه می‌شود.

طول اسمی ماهیچه: ۱۲۷mm=(۳+۳)+۱۲۱

قطر بزرگ ماهیچه: ۶۴/۶۳mm=۳-۳-۶۳/۷۰

قطر کوچک ماهیچه: ۵۴/۶۳mm=۳-۳-۵۴/۶۰

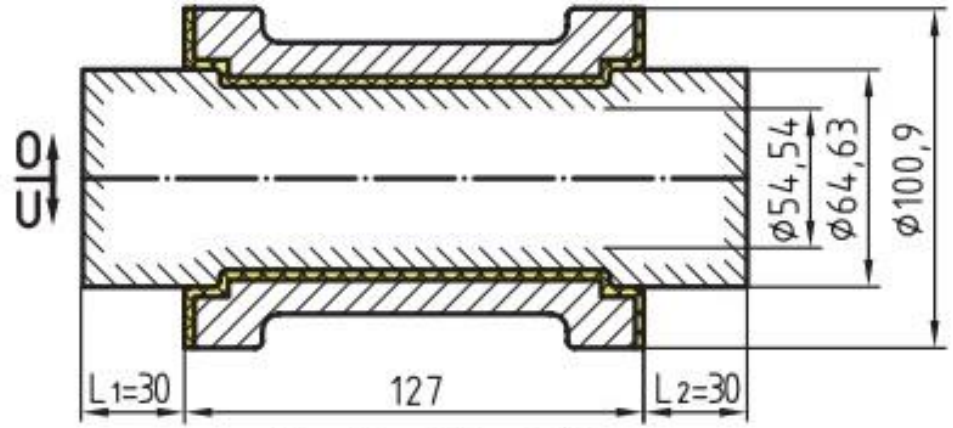
الف) رسم نقشه مدلسازی

۳) مرحله سوم: تعیین طول تکیه گاههای ماهیچه افقی

قطر متوسط ماهیچه: $d_m = \frac{۶۴/۶۳ + ۵۴/۵۴}{۲} = ۵۹/۶\,mm$

طول اسمی ماهیچه: L=۱۲۷mm

طول تکیه‌گاه در ماهیچه افقی $L_۱ = L_۲ \xrightarrow{\text{از جدول ۸}} ۳۰mm$

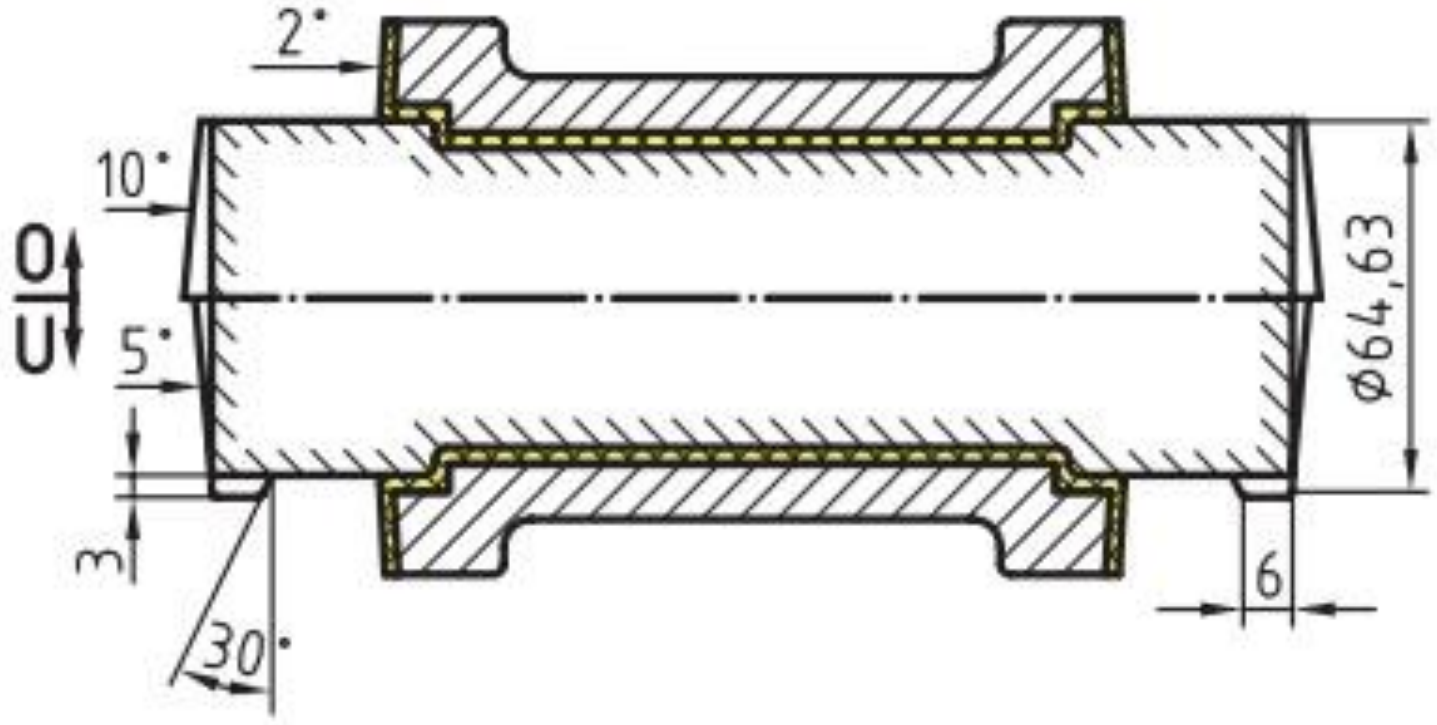


طول اسمی(جان ماهیچه)

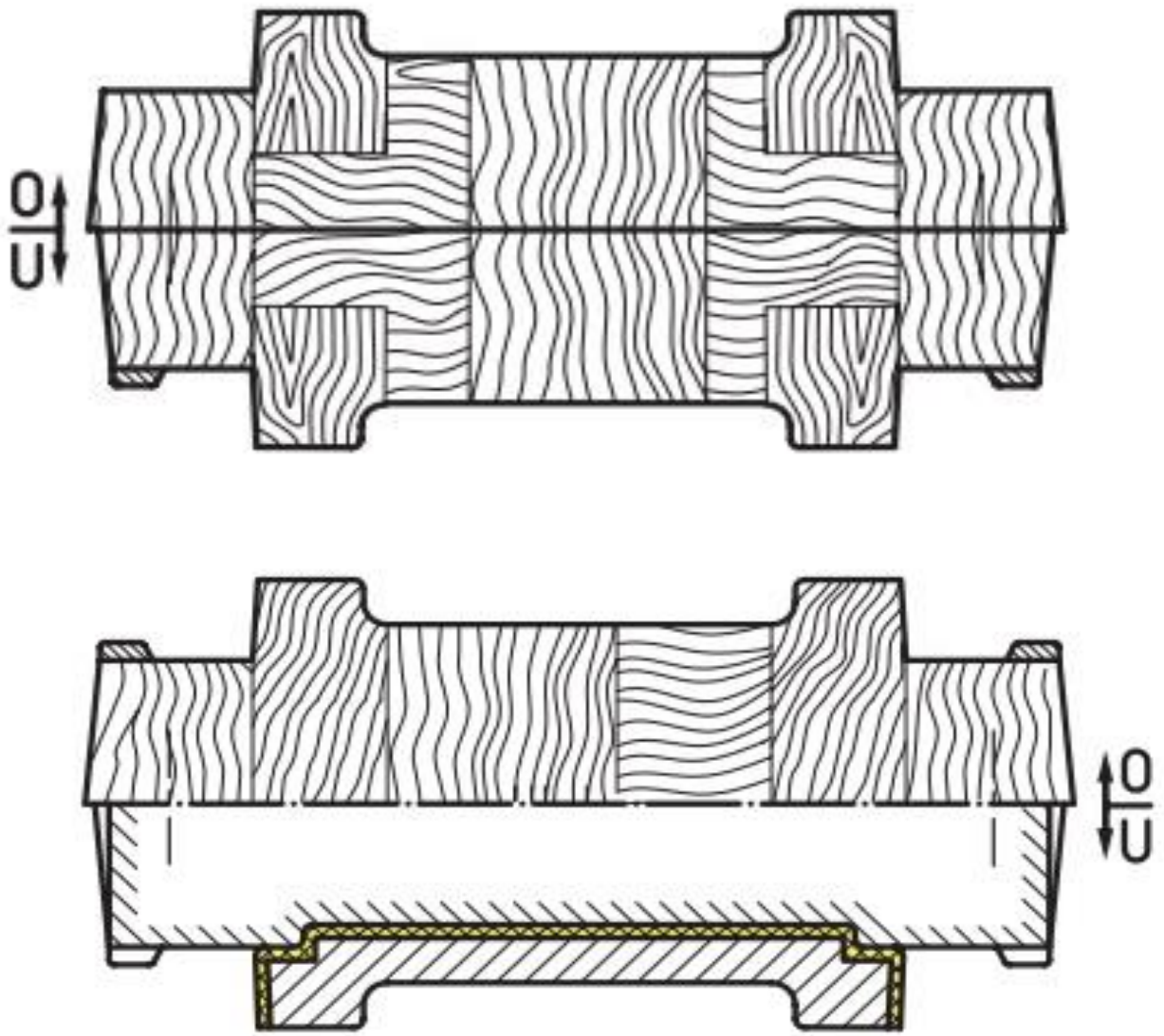
الف) رسم نقشه مدلسازی

۴) مرحله چهارم: تعیین شیب مدل بر حسب میلیمتراز روی جداول استاندارد

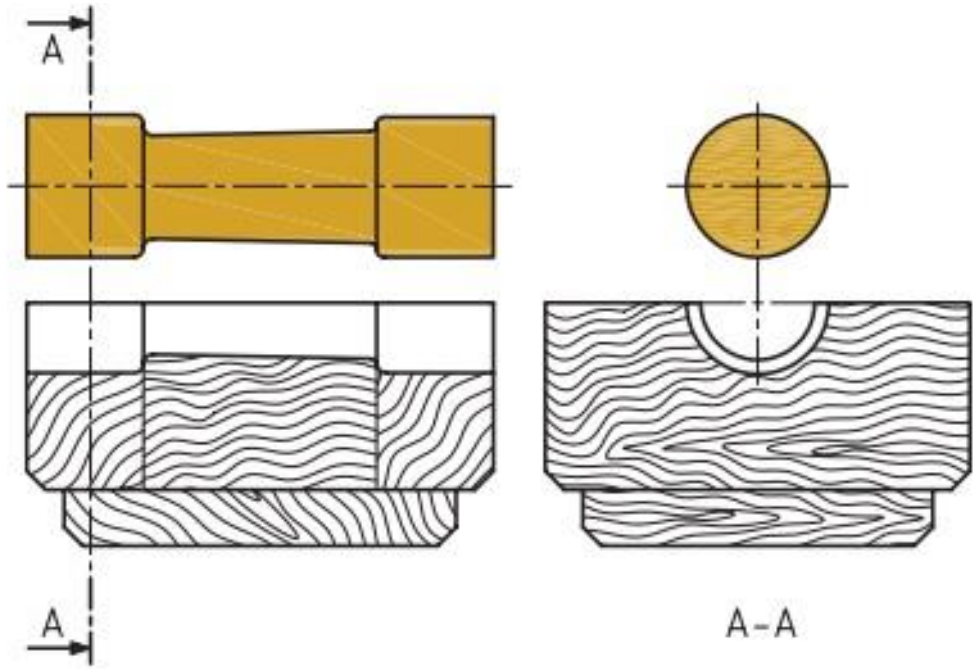
۵) مرحله پنجم: رسم نقشه مدلسازی



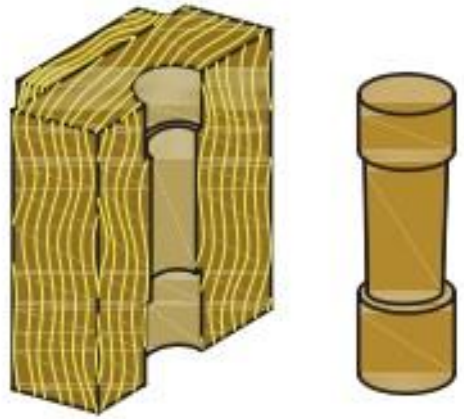
ب) رسم نقشه ساختمان مدل



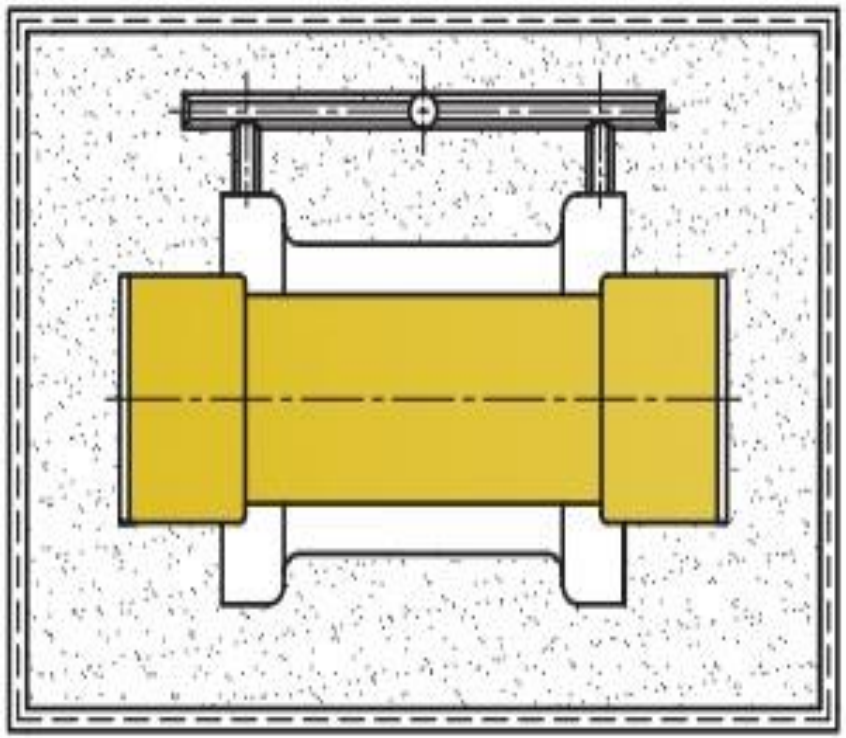
ج) رسم نقشه جعبه ماهیچه

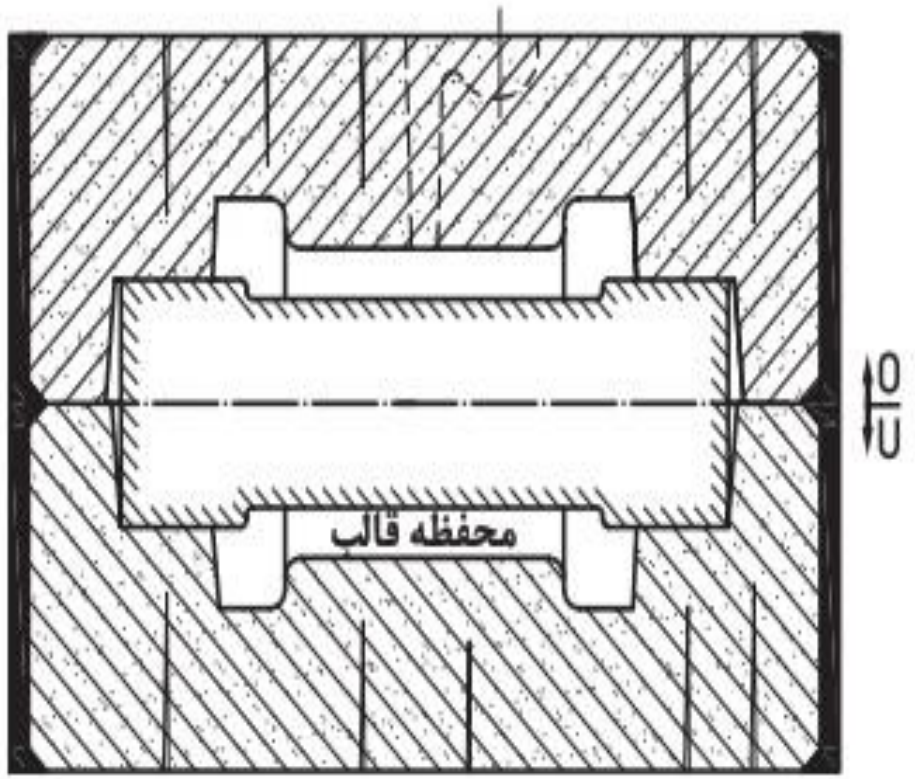


مرحله دهم: رسم ماهیچه و جعبه ماهیچه:
برای تعیین چگونگی سطح جدایش جعبه ماهیچه و طراحی و محاسبه ساختمان چوبی آن، باید ابتدا ماهیچه رسم شود و براساس آن جعبه ماهیچه‌ترسیم شود.



د) رسم نقشه قالبگیری





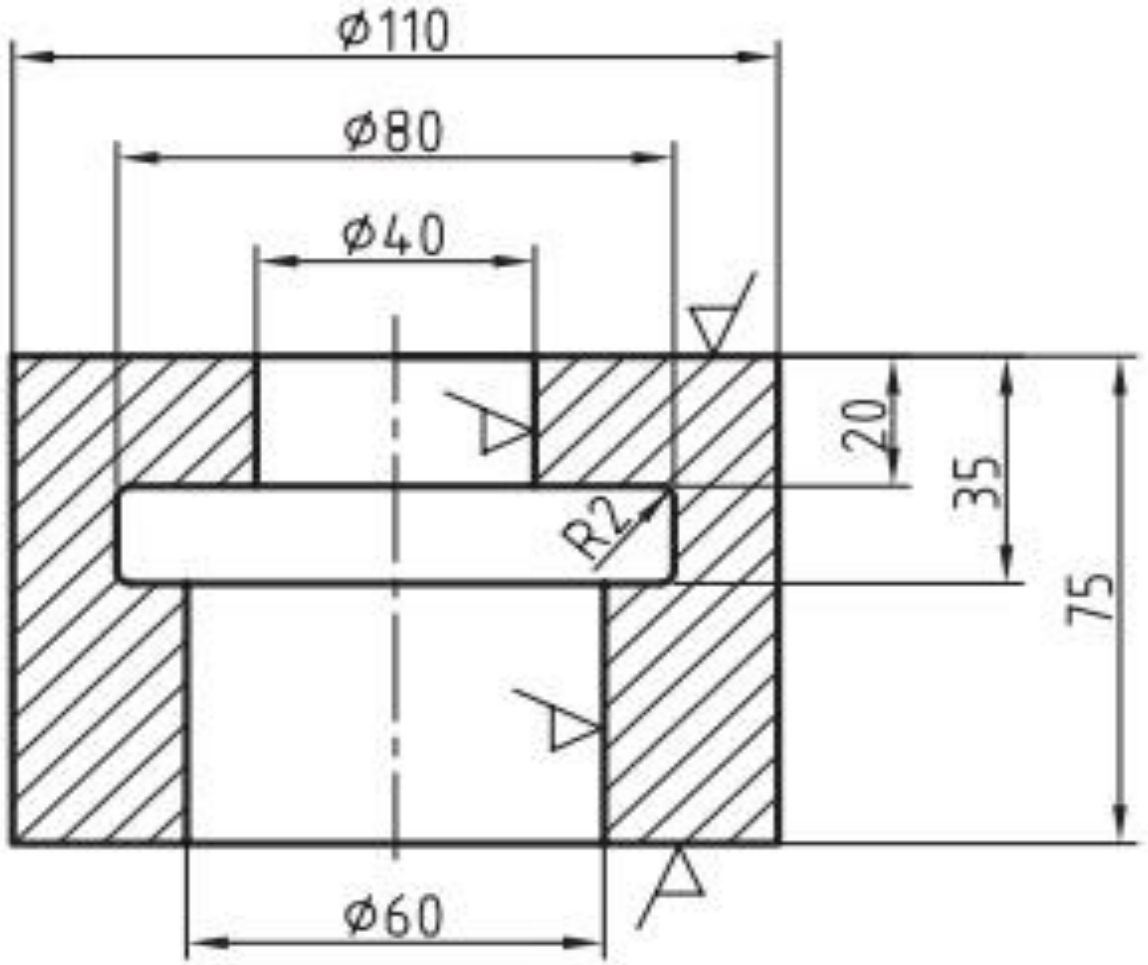
تمرین ۱ : در صورتی که قطعه داده شده در شکل زیر از جنس آلومینیوم با ۱/۵ درصد انقباض و شیب اضافی در قالب ماسه ای ریخته گری شود مطلوبست :

الف) رسم نقشه مدلسازی

ب) رسم نقشه ساختمان مدل

ج) رسم جعبه ماهیچه

د) رسم نقشه قالبگیری



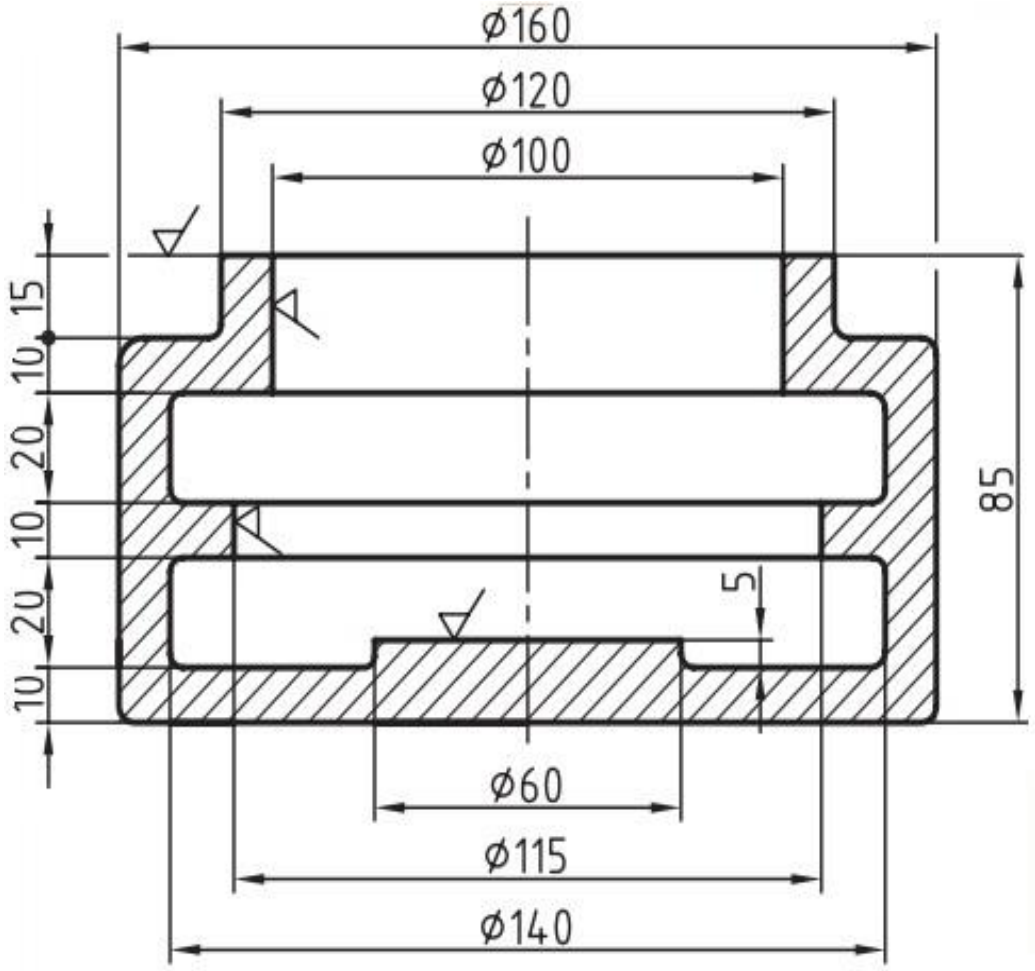
تمرین ۲ : پوسته برنزی با ماهیچه آویز ریخته گری می شود .در صورتی که انقباض مجاز ۱/۵ درصد و شیب آن اضافی باشد . مطلوبست محاسبه :

الف) رسم نقشه مدلسازی

ب) رسم نقشه ساختمان مدل

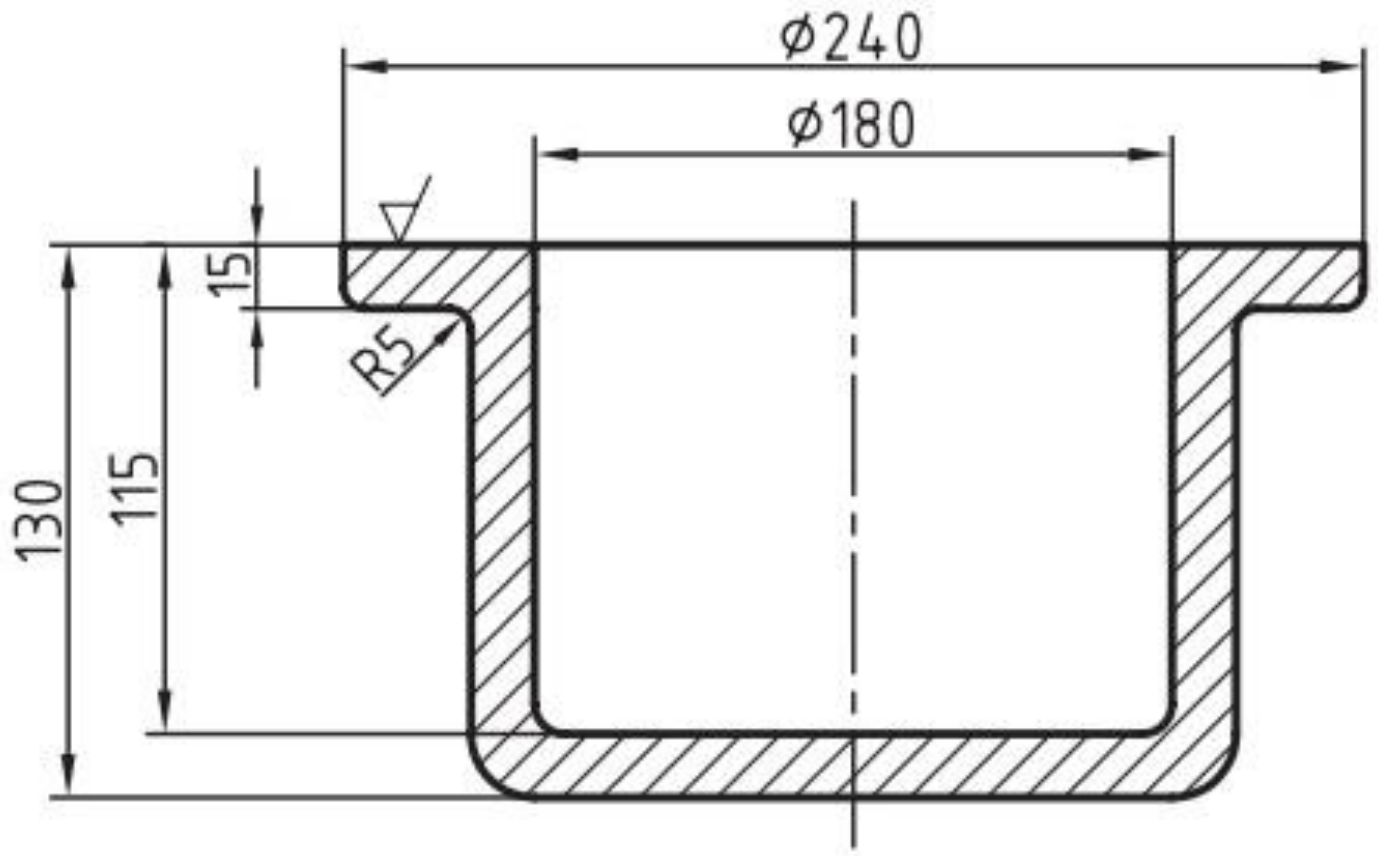
ج) رسم جعبه ماهیچه

د) رسم نقشه قالبگیری



تمرین ۴ : در صورتی که قطعه داده شده در شکل زیر از جنس آلومینیوم با ۱ درصد انقباض و شیب اضافی در قالب ماسه ای ریخته گری شود مطلوبست :

الف) محاسبه اضافات مدلسازی ب) رسم نقشه مدلسازی



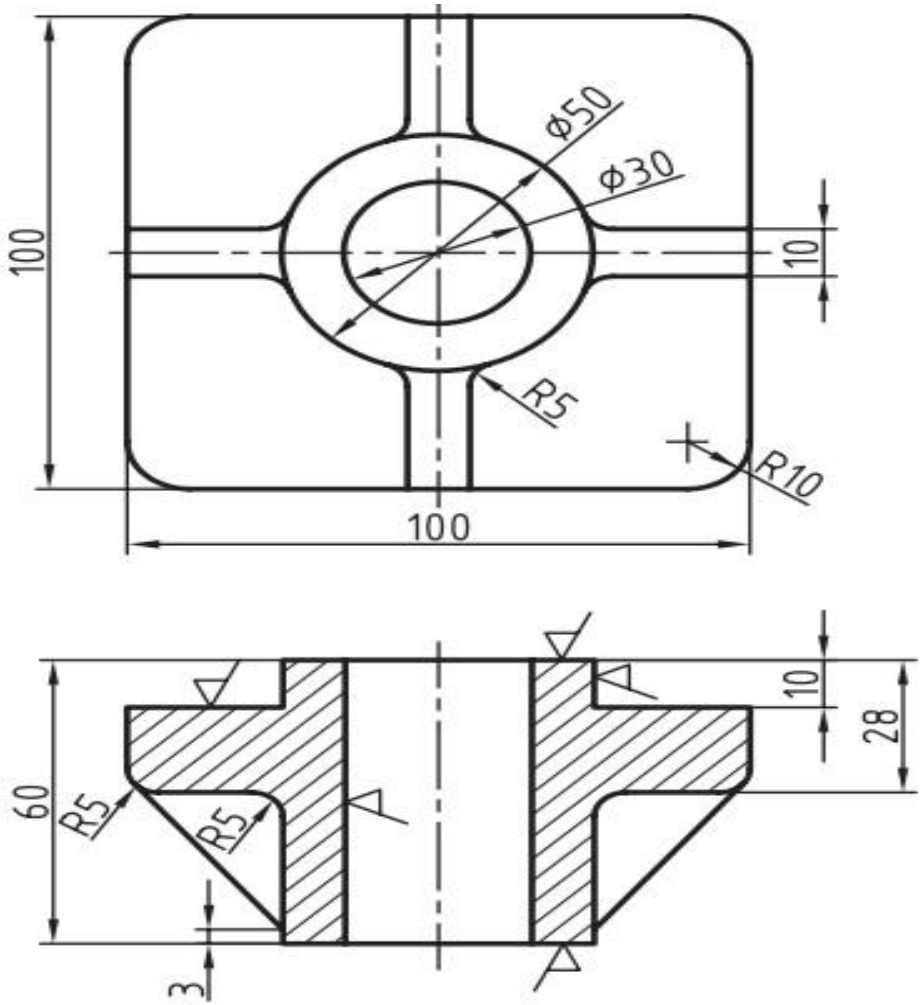
تمرین ۵ : در صورتی که قطعه داده شده در شکل زیر از جنس آلیاژ چدن با ۰/۹ درصد انقباض و شیب اضافی در قالب ماسه ای ریخته گری شود مطلوبست :

الف) رسم نقشه مدلسازی

ب) رسم نقشه ساختمان مدل

ج) رسم جعبه ماهیچه

د) رسم نقشه قالبگیری



تمرین کارگاهی : برای تولید قطعه زیر به تعداد ۱۰۰۰۰۰ عدد از جنس چدن نشکن می باشد . برای این منظور نیاز است که ابتدا مدل چوبی تولید گردیده و سپس این مدل چوبی (مدل مادر) تبدیل به مدل آلومینیومی (مدل تولید) گردد ، و از روی مدل تولید اقدام تولید قطعات چدنی نمایید . با این مفروضات محاسبات مدلسازی بر روی نقشه مکانیکی زیر انجام گردد و پس از تایید نقشه ترسیمی ، اقدام به ساخت مدل فوق نمایید .