

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّ اٰلِ مُحَمَّدٍ وَّ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ



تولید سرامیک به روش ریخته‌گری دوغابی

رشته سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه یازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



تولید سرامیک به روش ریخته‌گری دوغابی - ۲۱۱۵۰۸

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

غلامرضا امامی میبدی، ناصر ضیاییان‌مفید، محمود سالاریه، حسین سرپولکی، امیر مقصودی‌پور، ندی دیده‌ور، فرشاد فرشیدفر، مهران غفاری و محمدحسن نجاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
غلامرضا امامی میبدی، ایمان صفایی، الهام صمدبین، ناصر ضیاییان‌مفید، مهران غفاری و محمدحسن نجاری (اعضای گروه تألیف)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

سید مرتضی میرمجیدی (رسم فنی) - آرزو توماج (صفحه آرا)

تهران - خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹ - ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب گاه: www.irtexttextbook.ir www.chap.sch.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱

(دارو پخش) تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱ دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ چهارم ۱۳۹۹

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

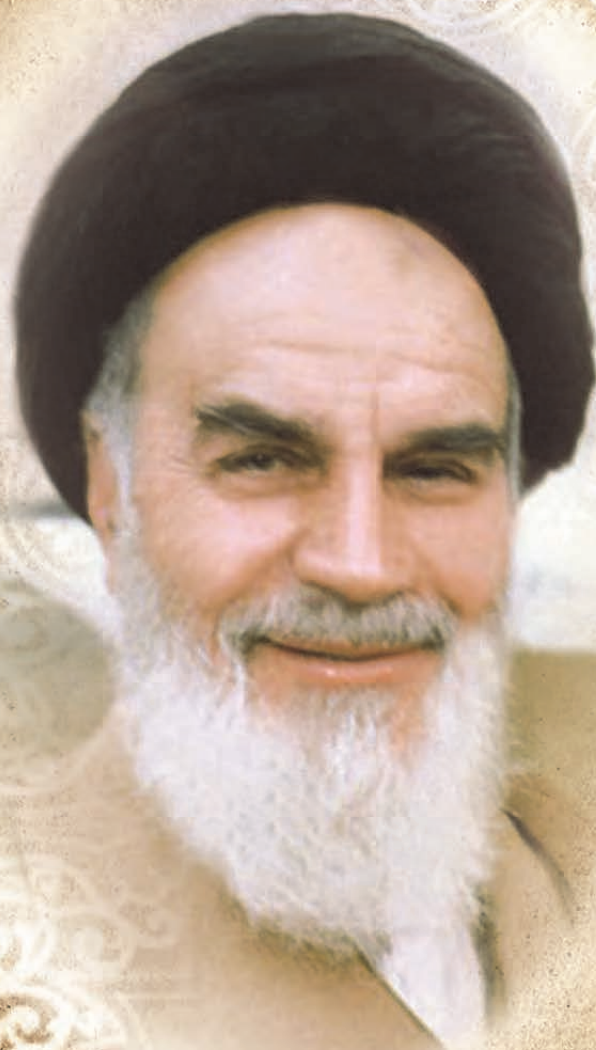
چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایشی، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

ISBN: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۳۳۸۴-۰

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۳۳۸۴-۰



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اولاً با هم متحد باشد، و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم. بلکه ان شاء الله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الان عبادت‌تان این است که کار بکنید. این عبادت است.
امام خمینی (قُدسِ سِرَّة)

پودمان اول: آماده‌سازی دوغاب..... ۱

پودمان دوم: تعیین چگالی و خواص رئولوژی دوغاب ۳۱

واحد یادگیری ۲: شایستگی تعیین چگالی

واحد یادگیری ۳: شایستگی تعیین خواص رئولوژی دوغاب

پودمان سوم: مدل‌سازی و ساخت مادر قالب..... ۷۹

پودمان چهارم: قالب‌سازی ۱۱۳

پودمان پنجم: ریخته‌گری دوغابی..... ۱۴۵

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی بطور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی – حرفه ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱. شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی ریخته گری دوغابی

۲. شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳. شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم افزارها

۴. شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این کتاب سومین کتاب کارگاهی است که ویژه رشته سرامیک تألیف شده است و کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت در شغل و حرفه بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی تولید سرامیک به روش ریخته گری دوغابی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله‌کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.medu.ir می‌توانید از آن‌ها مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام فعالیت کارگاهی جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداریم.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه‌درسی رشته سرامیک طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می باشد که برای سال یازدهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی باید برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می گیرد.

شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، نکات مهم در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمان، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان "آماده سازی دوغاب است" که ابتدا مفاهیم مرتبط با ریخته گری دوغابی بیان شده است. سپس مراحل آماده سازی دوغاب و روش های کنترل خواص دوغاب شرح داده می شود.

پودمان دوم: عنوان "تعیین چگالی و خواص رئولوژی دوغاب" دارد که مفاهیم مرتبط با چگالی و خاصیت رئولوژی دوغاب در دو واحد مجزا پرداخته شده است و در ادامه شیوه های مختلف تعیین این خواص بیان می شود.

پودمان سوم: دارای عنوان "مدل سازی و ساخت مادر قالب" است. در این پودمان ابتدا طراحی و ساخت مدل بیان شده و در ادامه روش تولید مدل و مادر قالب آموزش داده شده است.

پودمان چهارم: "قالب سازی" نام دارد. ابتدا درباره ویژگی های گچ و نکات مهم برای ساخت قالب گچی بیان شده و سپس روش تکثیر قالب گچی از مادر قالب شرح داده شده است.

پودمان پنجم: عنوان "ریخته‌گری دوغابی" دارد که در آن مراحل فرایند ریخته گری دوغابی آموزش داده شده است. همچنین مونتاژ بدنه های ریخته‌گری دوغابی و انواع عیوب این بدنه ها بیان شده است.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

پودمان اول

آماده‌سازی دوغاب



یکی از مراحل تولید سرامیک، مرحلهٔ تهیه و آماده‌سازی آمیز بدنه است که با وزن و مخلوط کردن مواد اولیه آغاز شده و با ساخت دوغاب (پس از تنظیم ویژگی‌های آن) جهت شکل دادن فراورده پایان می‌یابد. در فرایند تولید سرامیک به روش ریخته‌گری دوغابی، مرحلهٔ آماده‌سازی دوغاب دارای اهمیت ویژه‌ای است.

شایستگی آماده‌سازی دوغاب

۱ اولین مرحله در تهیه دوغاب در روش ریخته‌گری دوغابی چیست؟

۲ یکنواختی دوغاب چه اهمیتی در تولید بدنه‌های سرامیکی دارد؟

۳ در مرحله آماده‌سازی دوغاب، آهن‌گیری دارای چه اهمیتی است؟

آیا تا به حال
پی برده‌اید

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت چگونگی آماده‌سازی آمیز جهت ساخت دوغاب مناسب است که در روش ریخته‌گری دوغابی کاربرد دارد.

استاندارد عملکرد

تهیه و آماده‌سازی دوغاب سرامیکی براساس فرمول بدنه.

آماده‌سازی دوغاب

متناسب با دانش و مهارت‌هایی که کسب نموده‌اید، چه روش یا روش‌هایی را برای شکل‌دهی قطعات نشان داده شده در جدول زیر پیشنهاد می‌دهید؟

جدول ۱

روش‌های شکل‌دهی	قطعه	روش‌های شکل‌دهی	قطعه
		مثال: ۱- فتیله ۲- جولی ۳- قالب‌گیری تزریقی	
			
			

قطعات نشان داده شده در جدول ۱ را با روش ریخته‌گری دوغابی نیز می‌توان ساخت.

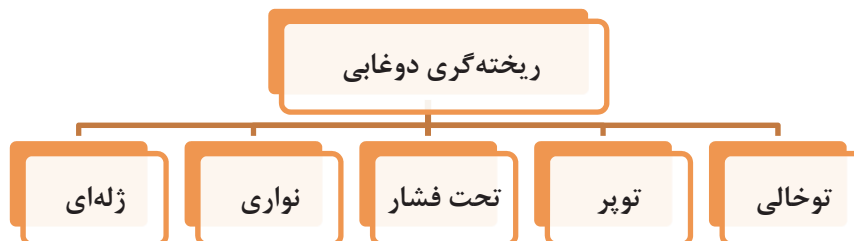
شکل‌دهی قطعات سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی از حدود ۲ قرن پیش آغاز شده است و یکی از مهم‌ترین روش‌های شکل‌دهی قطعات سرامیکی است. این روش در قرن هجدهم میلادی در اروپا ابداع گردید و در قرن نوزدهم میلادی به یک روش صنعتی تبدیل شد.

آیا می‌دانید



روش‌های ریخته‌گری دوغابی^۱

برخی از روش‌های ریخته‌گری دوغابی در نمودار ۱ نشان داده شده است:



نمودار ۱- روش‌های ریخته‌گری دوغابی

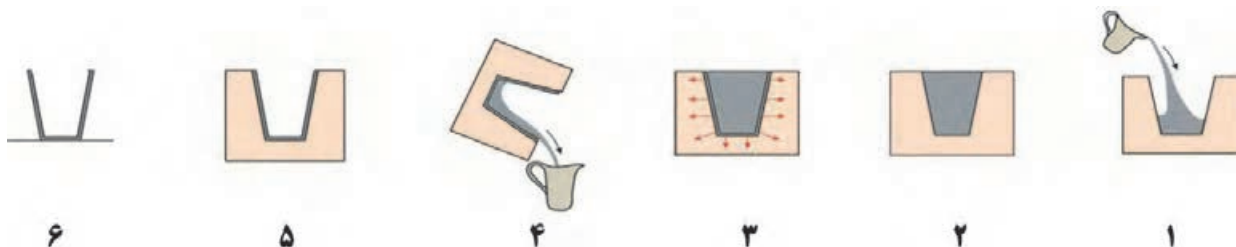
کار عملی ۱: یک اسفنج خشک را برداشته و یک سطح آن را در تماس با آب موجود در یک ظرف قرار دهید. به نحوه خیس شدن اسفنج توجه نمایید و با سایر هنرجویان درباره علت جذب آب در این حالت تبادل نظر کنید.

فعالیت کارگاهی



روش‌های ریخته‌گری توخالی^۲

در این روش، مخلوط مواد اولیه به صورت دوغاب آماده شده و درون یک قالب گچی ریخته می‌شود. جداره نازکی از گل بر روی قالب ایجاد می‌شود که با گذشت زمان، این جداره ضخامت بیشتری می‌یابد. سپس دوغاب اضافی از قالب گچی تخلیه می‌شود. به همین دلیل گاهی به این روش، «ریخته‌گری تخلیه‌ای^۳» نیز می‌گویند. پس از تخلیه دوغاب اضافی، جداره تشکیل شده در قالب، با گذشت زمان منقبض شده و به راحتی از قالب جدا می‌شود. سپس قطعه از قالب خارج شده و به خشک‌کن منتقل می‌شود.



شکل ۱- مراحل ریخته‌گری دوغابی توخالی

۱-Slip Casting

۲-Hollow Casting

۳-Drain Casting

گلدان، قندان، پارچ، قوری و چینی بهداشتی از جمله محصولاتی هستند که با این روش شکل داده می‌شوند. پر کردن و تخلیه قالب می‌تواند به دو صورت دستی و ماشینی انجام شود.



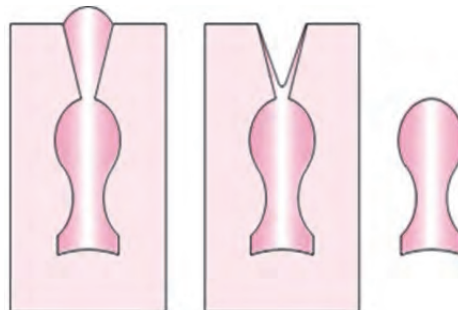
شکل ۳- ریخته‌گری دوغابی ماشینی



شکل ۲- ریخته‌گری دوغابی دستی

ریخته‌گری دوغابی توپر^۱

در این روش، دوغاب به درون قالب گچی ریخته شده اما تخلیه نمی‌شود. به عبارتی دیگر، مرحله تخلیه دوغاب وجود ندارد و تمامی دوغاب جهت تشکیل قطعه مصرف می‌شود. در این روش با دادن زمان بیشتر، ضخامت جداره‌ها بیشتر می‌شود تا جایی که این دو جداره در قسمت میانی به یکدیگر وصل شده و به یک جداره تبدیل می‌شوند. زمان ریخته‌گری دوغابی توپر طولانی است زیرا ضخامت محصول زیاد است. در شکل ۴ فرایند شکل‌دهی و یک نمونه قالب به روش ریخته‌گری دوغابی توپر نشان داده شده است.



شکل ۴- ریخته‌گری دوغابی توپر



محصولات سرامیکی که به روش ریخته‌گری دوغابی شکل داده شده‌اند را انتخاب و در مورد نوع روش ریخته‌گری آن گفت‌وگو کنید.

ریخته‌گری دوغابی تحت فشار^۱

ریخته‌گری دوغابی تحت فشار، مشابه کار یک فیلتر پرس است. در فیلتر پرس، آب دوغاب با فشار از میان یک فیلتر پارچه‌ای عبور کرده و ذرات جامد به شکل کیک بین صفحات فیلتر پرس باقی می‌مانند. در ریخته‌گری دوغابی تحت فشار، دوغاب به داخل یک قالب یک یا چند تکه پمپ می‌شود و قالب به عنوان یک فیلتر عمل می‌کند. تشابه کار یک فیلتر پرس با ریخته‌گری دوغابی تحت فشار در شکل ۵ نشان داده شده است.

ریخته‌گری دوغابی تحت فشار به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱- ریخته‌گری دوغابی تحت فشار پایین؛

۲- ریخته‌گری دوغابی تحت فشار بالا.



ب

الف

شکل ۵ - الف) فیلتر پرس ب) ریخته‌گری دوغابی تحت فشار

ریخته‌گری دوغابی تحت فشار پایین^۱

در این روش از قالب‌های گچی برای ریخته‌گری استفاده می‌شود، بنابراین فشار اعمال شده نمی‌تواند خیلی بالا باشد. این روش برای صنایعی مانند چینی بهداشتی یا ظروفی که از سرعت تولید کمتری برخوردار باشند کاربرد دارد.



شکل ۶- ریخته‌گری دوغابی با فشار پایین

پمپ کردن دوغاب

فشار لازم برای تزریق دوغاب به درون قالب با پمپ کردن دوغاب یا با قرار دادن مخزن دوغاب در ارتفاع که در شکل ۷ نشان داده شده است، تأمین می‌شود.



ب) قرار دادن مخزن دوغاب در ارتفاع



الف) پمپ کردن دوغاب

شکل ۷

ریخته‌گری دوغابی تحت فشار بالا^۱

ریخته‌گری دوغابی تحت فشار بالا در قالب‌های رزینی انجام می‌شود. در این روش، از رزین‌هایی که مانند گچ، متخلخل بوده و در ضمن استحکام بالایی دارند استفاده می‌شود. رزین ترکیبی طبیعی یا مصنوعی است که گرانروی بالایی داشته و تحت شرایط خاص سخت می‌شود.

نکته

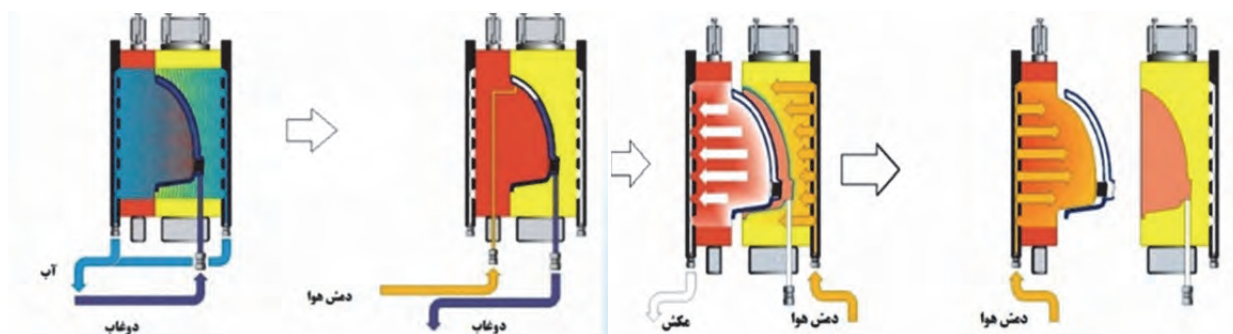
پس از مکش آب و خروج قطعه از قالب رزینی، با اعمال فشار منفی، آب مکش شده از قالب خارج و سپس برای ریخته‌گری مجدد آماده می‌شود.



با به کارگیری قالب‌های رزینی می‌توان فشار وارد شده به دوغاب را افزایش داد، بنابراین سرعت تشکیل جداره در این روش بیشتر است.

با توجه به شکل ۸، این نوع قالب‌ها به گونه‌ای ساخته می‌شوند که با تغییر میزان فشار از کم به زیاد، سرعت تشکیل جداره بیشتر و در نهایت پس از رسیدن به فشار معینی، ریخته‌گری متوقف می‌شود.

پس از تکمیل فرایند شکل‌گیری، آب جذب شده توسط هوای فشرده به بیرون منتقل شده و به جداسدن قطعه از قالب کمک می‌کند.

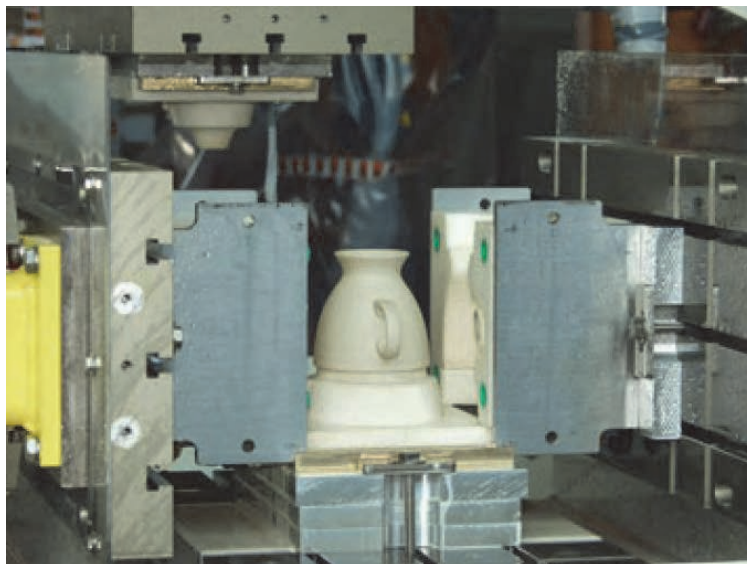


شکل ۸

فعالیت کلاسی

مزیت استفاده از قالب‌های رزینی نسبت به قالب‌های گچی چیست؟





شکل ۹- شکل دهی بدنه در قالب رزینی

چینی‌های نرم

این نوع محصولات، سرامیک‌هایی متراکم، سفید، پشت پیدا، نیمه شفاف و مقاوم در برابر سایش هستند. انواع گوناگون ظروف چینی که در زندگی روزمره با آنها سروکار داریم مانند چینی‌های تزئینی و دکوراسیون نظیر گلدان‌ها، لوسترها و مجسمه‌ها از این دسته هستند. محدوده درصد ترکیب این چینی عبارت است از: کائولن ۴۵-۳۵، فلدسپات ۳۵-۲۵ و سیلیس ۳۵-۲۵ درصد.



چینی‌های سخت

این نوع محصولات مانند چینی‌های نرم، سفید، پشت پیدا و نیمه شفاف بوده ولی نسبت به چینی‌های نرم از شفافیت کمتری برخوردارند؛ اما متراکم‌تر و دارای مقاومت سایشی بیشتری می‌باشند. ظروف چینی آشپزخانه‌ای و بعضی از چینی‌های صنعتی از جنس چینی‌های سخت هستند. محدوده درصد ترکیب این نوع چینی عبارت است از: کائولن ۵۵-۴۵، فلدسپات ۲۵-۲۰ و سیلیس ۳۰-۲۰ درصد.



چینی‌های بهداشتی

این محصولات بدنه‌هایی سفید تا کمی کدر و نیمه متراکم با مقاومت مکانیکی نسبتاً خوبی هستند که خاصیت پشت پیدایی و شفافیت ندارند. محصولات بهداشتی نظیر انواع روشویی‌ها، توالت‌ها، زیردوشی‌ها، وان‌ها و بعضی از ابزارآلات چینی که در سرویس‌های بهداشتی و حمام کاربرد دارند، از این جنس می‌باشند. محدوده درصد ترکیب این نوع چینی عبارت است از:

کائولن ۲۵-۳۰، بالکلی ۲۵-۳۰، فلدسپات ۲۵-۳۰، سیلیس ۲۵-۳۰ درصد.



چینی‌های آزمایشگاهی (شیمیایی)

این محصولات در محیط‌های آزمایشگاهی و شیمیایی، پتروشیمی، دارویی و صنایع هسته‌ای به کار گرفته می‌شوند. این چینی‌ها باید مقاومت بالایی در برابر انواع خوردگی‌ها، محلول‌های شیمیایی، بخارها و گازها داشته باشند. همچنین این چینی‌ها از مقاومت مکانیکی و حرارتی خوبی برخوردار هستند. محدوده درصد ترکیب این چینی عبارت است از:

کائولن ۶۰-۷۰، فلدسپات ۲۰-۳۰، سیلیس ۱۵-۱۰ درصد.



چینی پریان
بدنه‌های سفید، پشت پیدا که در ساخت چینی تزیینی و محصولات رومیزی استفاده می‌شود.



بوته دیرگداز معمولاً از جنس سرامیک‌های اکسیدی و غیراکسیدی است.



چینی استخوانی
به نسبت چینی سخت، سفیدتر بوده و عبور نور از آن نیز بیشتر است.



استون‌ور دارای بدنه رنگی و متراکم است.

شکل ۱۰

۱- تقسیم‌بندی دیگری از بدنه‌های سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی را در کلاس ارائه دهید.

۲- در مورد بدنه‌های چینی استخوانی، ظروف کوردیریتی، استون‌ور و ارتن‌ور تحقیق کرده و در کلاس مورد بررسی قرار دهید.

تحقیق کنید



جدول ۲- مزایا و معایب روش ریخته‌گری دوغابی

مزایا	معایب
<ul style="list-style-type: none"> امکان تولید قطعات پیچیده عدم نیاز به تجهیزات پیچیده 	<ul style="list-style-type: none"> دقت ابعادی کم زمان‌بر بودن تولید نیاز به مواد اولیه با ویژگی روان‌سازی خوب مصرف آب بالا

مراحل آماده‌سازی دوغاب

اولین مرحله در تولید سرامیک به روش ریخته‌گری دوغابی، آماده‌سازی مواد اولیه است که شامل خردایش، آسیاب و انبارش است. دومین مرحله تهیه و آماده‌سازی دوغاب است. روش‌های گوناگونی برای آماده‌سازی دوغاب بدنه وجود دارد که در شکل ۱۱ یک نمونه از آن آورده شده است.



شکل ۱۱- فرایند ساخت دوغاب و شکل‌دهی قطعه

در این روش آماده‌سازی، مواد سخت (سیلیس و فلدسپات) در بال‌میل ساییده شده و مواد رسی که نیاز به سایش ندارند به بلانجر اضافه می‌شوند.

الک شماره ۱: الکی است که دانه بندی مواد غیر رسی را تعیین می‌کند.

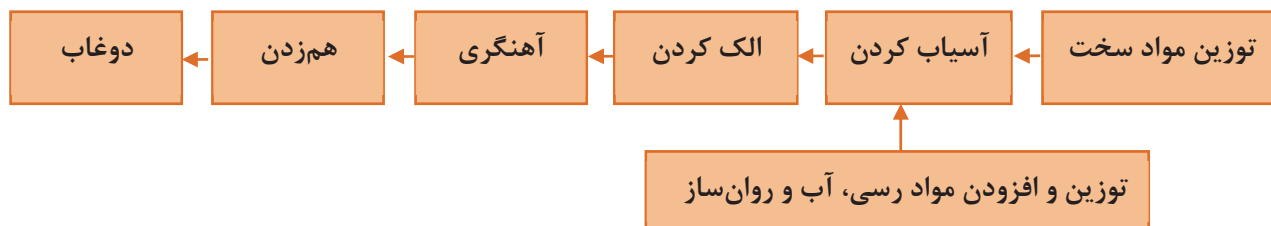
الک شماره ۲: الکی است که فقط برای جلوگیری از ورود قطعات و ضایعات به دوغاب مانند خرده‌های کاغذ، چوب و سنگ‌های درشت‌تر که ممکن است با مواد رسی (بالکلی و کائولن فراوری شده) همراه باشند استفاده می‌شود. بهتر است برای تهیه دوغاب ریخته‌گری از کیک فیلتر پرس استفاده شود، زیرا آمیز فیلتر پرس شده یک بار شسته شده و نمک‌های محلول آن که در روش ریخته‌گری دوغابی باعث ایجاد بعضی از عیوب می‌شوند، حذف شده است.

تحقیق کنید

در فرایند تولید کدام محصول، امکان حذف مرحله فیلتر پرس وجود دارد؟



عملیات آماده‌سازی دوغاب در مقیاس کارگاهی مطابق نمودار ۲ انجام می‌شود:



نمودار ۲- آماده‌سازی دوغاب در مقیاس کارگاهی

ابتدا مواد سخت در بال‌میل آسیاب شده و پس از دستیابی به دانه‌بندی مناسب، مواد رسی و روان‌ساز اضافه و بال‌میل دوباره به گردش درمی‌آید و در ادامه، دوغاب از الک و آهن‌ربا عبور کرده و درون مخزن‌های مربوط به خود نگهداری خواهد شد.

وزن کردن مواد

مرحله وزن کردن مواد اولیه دارای اهمیت زیادی است، زیرا تأثیر خطاهای این بخش معمولاً پس از پخت نهایی قطعه آشکار می‌شود.



شکل ۱۲- انبار کردن و وزن کردن مواد اولیه



در صورتی که مواد اولیه‌ای مانند کائولن، بالکلی و سیلیس مطابق با فرمول آمیز به درستی وزن نشوند، چه تأثیری روی کیفیت محصول نهایی خواهد گذاشت؟

وزن کردن مواد اولیه به دو روش خشک و تر انجام می‌شود. در روش خشک، مواد به صورت خشک یا تقریباً خشک، وزن می‌شوند ولی در روش تر، هر یک از مواد اولیه ابتدا به دوغاب تبدیل شده و سپس به بال میل یا حوضچهٔ بلانجر اضافه شده و وزن می‌شوند. برای محاسبهٔ مقدار مواد خشک موجود در دوغاب از رابطهٔ «برونیا» استفاده می‌شود.

$$w = (\rho_1 - 1) \frac{\rho_2}{\rho_2 - 1}$$

در این رابطه:

w = مقدار مادهٔ خشک موجود در یک سانتی‌متر مکعب دوغاب (g/cm^3)؛

ρ_1 = چگالی دوغاب (g/cm^3)؛

ρ_2 = چگالی مادهٔ خشک (g/cm^3).

مثال: مقدار مادهٔ خشک موجود در ۶ لیتر دوغابی را که از بالکلی با چگالی $2/45 g/cm^3$ ساخته شده و دارای چگالی $1/4 g/cm^3$ است، محاسبه کنید.

$$\rho_1 = 1/4 g/cm^3 \quad \rho_2 = 2/45 g/cm^3$$

$$w = (1/4 - 1) \times \frac{2/45}{2/45 - 1} = 0/675 g$$

عدد به‌دست آمده، مقدار ماده خشک برای ۱ سانتی‌متر مکعب است. برای ۶ لیتر که ۶۰۰۰ برابر یک سانتی‌متر مکعب است این مقدار ماده خشک را در حجم دوغاب ضرب می‌کنیم.

$$0/675 \times 6000 = 4050 g$$



$300 cm^3$ دوغاب با چگالی $1/6 g/cm^3$ از ماده خشکی با چگالی $2/65 g/cm^3$ ساخته شده است. مقدار مادهٔ خشک آن را محاسبه کنید.



چرا انتخاب کارکنان قسمت مواد اولیه باید به دقت انجام گیرد؟



شکل ۱۳

توجه به موارد زیر برای انبارداری صحیح مواد اولیه ضروری است:

- ۱- درهای ورودی و پنجره‌های سالن مواد اولیه باید همیشه بسته باشد تا از ورود گرد و غبار و رسوب بر روی مواد اولیه جلوگیری شود.
- ۲- در صورتی که امکان ورود کامیون و تریلی به داخل سالن وجود دارد، پس از خروج آنها دقت شود تا آلودگی ناشی از ورود وسایل نقلیه به سالن بر جای نمانده باشد.
- ۳- در حفظ و نگهداری کیسه‌های مواد اولیه باید دقت کرد تا از پارگی و پوسیدگی در امان بمانند.
- ۴- بهتر است بر روی کیسه‌ها اطلاعات لازم مانند نوع جنس، تاریخ ورود و دیگر موارد ضروری نوشته شود.
- ۵- مواد اولیه باید به ترتیب تاریخی که وارد کارخانه می‌شوند به مصرف برسند، به عنوان مثال کیسه‌ای از یک ماده اولیه که سال‌ها از خریداری آن گذشته است نباید در گوشه‌ای باقی بماند.



شکل ۱۴- انبار مواد اولیه

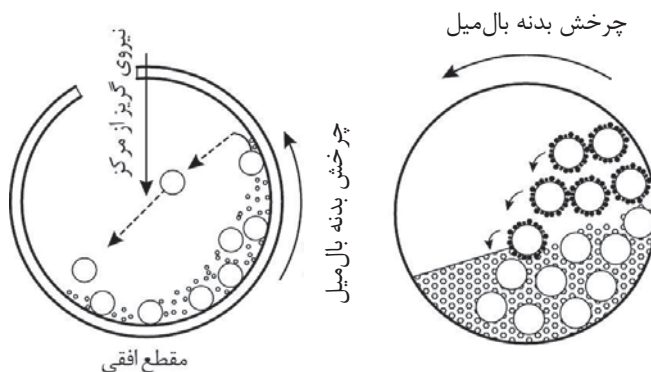
- ۶- پس از تخلیه مواد اولیه از کیسه‌ها، باید آنها را تا کرده و در محلی دور از آفتاب و شرایط جوی مناسب، انبار کرد.
- ۷- در داخل سالن انبار مواد اولیه، فقط مواد اولیه نگهداری شود و ضایعات چینی، مواد نسوز و روان‌سازها در سالنی جداگانه نگهداری شوند.
- ۸- انبار مواد اولیه نباید محل رفت و آمد غیرضروری افراد باشد و لازم است دور از در ورودی اصلی کارخانه در نظر گرفته شود.
- ۹- مواد اولیه بدنه و لعاب باید به طور کامل از هم جدا باشند و رنگ تابلوها و برگه‌های بارگیری این دو ماده نیز متفاوت باشند.
- ۱۰- برای نگهداری مواد اولیه فلّه، بهتر است محل انبار آنها توسط دیواری از هم جدا شود و تابلویی که بر روی آن نوع و مشخصات ماده اولیه نوشته شده است، به دیوار نصب شود.



شکل ۱۵- انبار مواد اولیه فلّه‌ای

آسیاب کردن مواد اولیه

عمل سایش و آسیاب کردن مواد اولیه در بال‌میل انجام می‌شود. بال‌میل مخزنی استوانه‌ای است که به طور افقی به دور محور خود می‌چرخد. درون این استوانه گلوله‌هایی قرار دارند که هنگام چرخش به طور هم‌زمان بر روی یکدیگر لغزیده و در اثر برخورد با جداره بال‌میل و برخورد با یکدیگر باعث سایش مواد اولیه می‌شوند. از بال‌میل‌ها به دو روش تر و خشک استفاده می‌شود.



شکل ۱۶- بال‌میل



زمانی که نیاز به دوغاب داشته باشیم از روش تر استفاده می‌شود. مواد اولیه، آب، گلوله‌ها و فضای خالی چهار جزء اشغال‌کننده فضای بال‌میل هستند.



شکل ۱۷- محتویات فضای داخلی بال‌میل



گلوله فلینتی



گلوله آلومینایی

شکل ۱۸- گلوله‌های آلومینایی و فلینتی بال‌میل

چگونگی حرکت محتویات داخل بال‌میل به سرعت چرخش آن بستگی دارد. در سرعت کم، گلوله‌ها و مواد در قسمت پایین بال‌میل باقی می‌مانند. در این حالت سایش مواد بسیار کم و در حد صفر است. از طرف دیگر اگر سرعت گردش بال‌میل بسیار سریع باشد، مواد و گلوله‌ها به جداره چسبیده و بی‌حرکت خواهند ماند و سایش انجام نمی‌شود. در نتیجه برای رسیدن به بازده مناسب به سرعتی بهینه نیاز است. جنس جداره داخلی (آستر) بال‌میل می‌تواند از موادی مانند استئاتیت، پرسلان، آلومینا یا لاستیک‌های مقاوم در مقابل سایش باشد.



شکل ۱۹- جداره داخلی بال‌میل از جنس آلومینا



دلیل اصلی استفاده از استئاتیت، پرسلان، آلومینا و لاستیک در آستر بال‌میل‌ها چیست؟

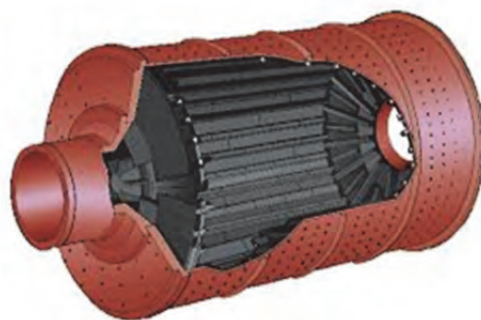
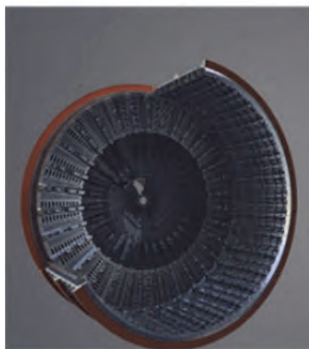
در سال‌های اخیر آسترهای لاستیکی، بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مزایا و معایب آسترهای لاستیکی در مقایسه با آسترهای سرامیکی در جدول ۳ آمده است:

جدول ۳- مزایا و معایب آسترهای لاستیکی

مزایا	معایب
<ul style="list-style-type: none"> - سر و صدای کم - سرعت نصب بالا 	<ul style="list-style-type: none"> - افزایش زمان سایش



چرا استفاده از آسترهای لاستیکی در بال‌میل‌ها باعث افزایش زمان سایش می‌شود؟



شکل ۲۰- آستر لاستیکی



ذرات ساییده شده لاستیک، تأثیر منفی چندانی بر ویژگی‌های بدنه نمی‌گذارند، زیرا این مواد در دماهای پایین می‌سوزند و از بین می‌روند.



شکل ۲۱- آستر لاستیکی بال میل

برای کنترل فرایند آسیاب کردن و همچنین برای کنترل درجه ریز شدن مواد دوغاب در آسیاب، بر اساس تجربه، مقدار زبره (رسیت^۱) باقی مانده بر روی الک با مش معین را به عنوان معیار در نظر می گیرند و از رابطه زیر، درصد آن را محاسبه می کنند.

$$R = \frac{r}{d \times s} \times 100$$

R= درصد زبره روی الک؛

r= وزن خشک زبره مانده روی الک به g از حجم ۱۰۰ cc دوغاب؛

d= چگالی دوغاب به (g/cm^3) ؛

s= درصد ماده جامد موجود در دوغاب.

ثابت بودن عدد زبره دوغاب، به این دلیل اهمیت فراوان دارد که اندازه ذرات خروجی از آسیاب تأثیرات زیادی بر خواص بدنه ساخته شده می گذارد. برای مثال، هر چه زبره دوغاب بدنه کمتر شود نشان دهنده ریز شدن بیش از حد ذرات خواهد بود. بنابراین درجه حرارت پخت کاهش، درصد انقباض بدنه افزایش و جذب آب بدنه کاهش می یابد.

کار عملی ۱: آسیاب کردن مواد سخت

مواد و ابزار: بال میل، الک با مش ۲۰۰، ترازو، فلدسپات، سیلیس و آب.

شرح فعالیت:

- ۱- ترکیب یک آمیز بدنه را به اختیار انتخاب کنید.
- ۲- ترکیب آمیز را به میزان ۱۰۰ kg محاسبه کنید.
- ۳- آب را به میزان ۳۰٪ وزن آمیز، محاسبه نموده و بعد از توزین به داخل بال میل بریزید.
- ۴- فلدسپات و سیلیس را وزن نموده و درون بال میل بارگیری کنید.
- ۵- زمانی که زبره با الک مش ۲۰۰ به درصد مناسب مثلاً ۵-۸ درصد رسید، دوغاب را تخلیه کنید.

فعالیت کارگاهی

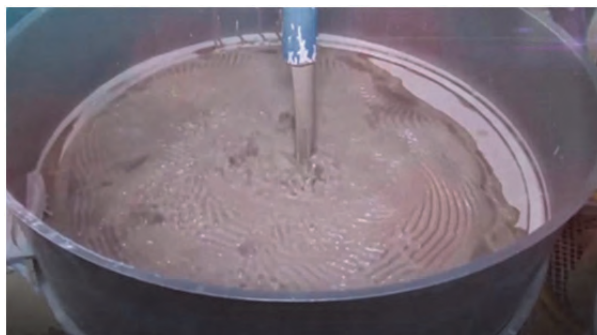




- ۱- هنگام ریختن آمیز درون بال میل حتماً از ماسک، عینک و کلاه ایمنی استفاده کنید.
- ۲- در هنگام کار از دستکش و کفش ایمنی استفاده کنید.
- ۳- از ایمن بودن وسایل برقی و داشتن سیم اتصال به زمین اطمینان حاصل کنید.
- ۴- از ریختن دوغاب در کف کارگاه جداً خودداری کنید و در صورت ریخته شدن دوغاب، آن را سریعاً جمع‌آوری کرده و از لغزنده نبودن کف کارگاه مطمئن شوید.
- ۵- هنگام حمل مواد اولیه توسط جرثقیل یا لیفتراک، از ایستادن در زیر کیسه‌های مواد و حمل‌کننده‌های مواد اولیه خودداری کنید.

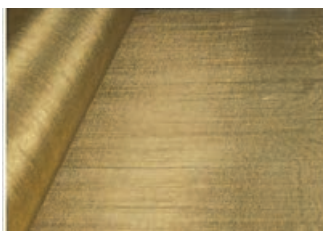
الک کردن

آماده‌سازی مواد اولیه چه به صورت تر و چه به صورت خشک، نیاز به الک کردن دارد. ابعاد ذرات دوغاب بدنه نباید از یک اندازه‌ای بزرگ‌تر باشد. تعیین ابعاد ذرات موجود در دوغاب بدنه در پایان عمل آسیاب کردن و پیش از تخلیه دوغاب در حوضچه انجام می‌شود. جهت جداسازی ذرات درشت و ناخالصی‌های غیرمتمعارف مانند خرده‌های چوب و کاغذ به طور معمول از الک استفاده می‌شود.



شکل ۲۲- الک

الک‌ها از یک توری و یک قاب تشکیل شده‌اند. در مقیاس صنعتی، حرکت لرزشی الک‌ها از نیروی یک موتور الکتریکی تأمین شده که باعث تسهیل در عبور مواد و افزایش بازدهی الک می‌شود. توری الک از جنس فولاد زنگ نزن یا آلیاژ فسفر برنز، آلومینیوم، مس، نیکل، آلیاژهای گوناگون، نایلون یا ابریشم است.



توری فسفر برنزی



توری فولاد زنگ نزن



توری برنجی

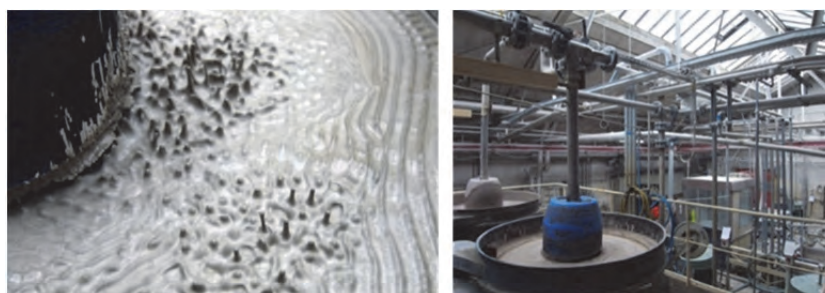
شکل ۲۳- انواع توری الک



جدول مقایسه عدد مش و قطر سوراخ الک در استانداردهای گوناگون را جست‌وجو کنید و در کلاس ارائه دهید.

- ۱- الک‌ها باید به طور مرتب بررسی شوند تا از سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود؛ زیرا وجود پارگی در الک باعث ورود مواد درشت به دوغاب می‌شود.
- ۲- باقی ماندن ناخالصی‌ها و ذرات درشت بر روی الک به شدت به آن صدمه می‌زند و بازده آن را کاهش می‌دهد، بنابراین پس از پایان کار، باید الک را شست و سپس خشک کرد.

برای آماده‌سازی دوغاب از بال‌میل تا مصرف با توجه به ناخالصی‌های موجود و حجم دوغاب مصرفی، ابتدا از الک با مش پایین مثلاً ۶۰-۵۰ استفاده کرده و سپس به مرور با افزایش چگالی و گرانروی دوغاب، از الک با مش ۸۰-۷۰ و در نهایت الک با مش ۱۲۰-۱۰۰ استفاده می‌شود.



شکل ۲۴- دستگاه الک لرزشی

آهن‌گیری

در فرایند تولید دوغاب برای حذف ذرات آهن، از آهن‌ربا استفاده می‌شود. آهن‌رباها در دو نوع دائمی و موقت موجود هستند. آهن‌رباهای دائمی، آهن‌رباهایی هستند که خاصیت مغناطیسی آنها دائمی و همیشگی است. آهن‌رباهای موقت معمولاً به وسیله جریان الکتریسیته، خاصیت مغناطیسی پیدا کرده و پس از قطع جریان برق، این خاصیت نیز از بین می‌رود. آهن‌رباهای دائمی گران‌تر از نوع موقت آن هستند. در حال حاضر آهن‌رباهایی با قدرت بسیار بالا و اندازه کوچک در دسترس می‌باشند.



ب) آهن‌ربای موقت



الف) آهن‌ربای دائمی

شکل ۲۵- انواع آهن‌ربا

آماده‌سازی دوغاب

آهن‌رباهای موقت این عیب را دارند که در صورت قطع برق، تمام ذرات جذب شده آهنی رها و به دوغاب وارد می‌شوند. برای رفع این مشکل، شرکت‌های سازنده با اصلاح طراحی آهن‌رباهای الکتریکی، نسبت به توقف عبور دوغاب بلافاصله پس از قطع برق اقدام می‌کنند. همچنین آهن‌ربای دائمی این ویژگی را دارد که می‌توان آن را در مسیرهای دوغاب سرباز مانند جوی‌ها یا حوضچه‌ها قرار داد.

نکته

آهن‌گیری دوغاب با چگالی و سرعت جریان کمتر، بهتر انجام می‌شود.



شکل ۲۶- گاری الک، آهن‌ربا و پمپ



شکل ۲۷- آهن‌ربای دائمی در اشکال گوناگون

ممکن است به علت وجود نقص در همزن‌ها، قطرات گریس و روغن از محور همزن به داخل دوغاب چکه کنند. این قطرات، مملو از ذرات آهن ناشی از سایش محور همزن هستند و بنابراین توصیه می‌شود بعد از این مرحله نیز عمل آهن‌گیری انجام شود.

کار عملی ۲: الک کردن و آهن‌گیری دوغاب مواد سخت

مواد و ابزار: الک با مش ۵۰-۱۲۰، آهن‌ربا، دوغاب آماده شده کار عملی ۱

شرح فعالیت:

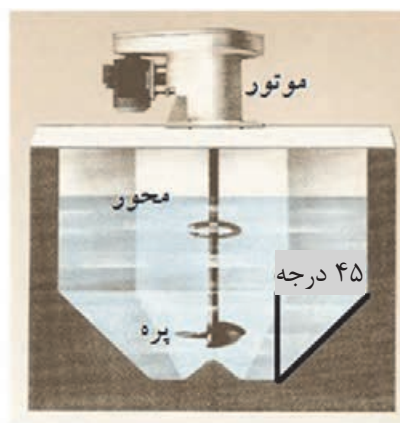
- ۱- دوغاب تخلیه شده از بال‌میل را از الک با مش ۵۰ عبور دهید.
 - ۲- به کمک آهن‌ربا، عمل آهن‌گیری دوغاب را انجام دهید.
 - ۳- دوغاب آهن‌گیری شده را به بلانجر منتقل کنید.
- توجه: حتماً آهن‌های جذب شده توسط آهن‌ربا را از محیط کارگاهی خارج کنید.

فعالیت کارگاهی



بلانجر

- بلانجرها، همزن‌هایی با دور تند هستند که باعث باز شدن کلوخه‌های مواد اولیه شده و می‌توانند از کیک فیلتر پرس یا ماده رسی، دوغاب همگن تهیه کنند. اجزای اصلی این نوع همزن عبارت‌اند از:
- ۱- مخزن شش یا هشت ضلعی که در قسمت پایین دارای پخ بوده و در مرکز آن برآمدگی وجود دارد.
 - ۲- محور و پره که تا فاصله ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متری برآمدگی کف پایین رفته است.
 - ۳- سیستم نیرو محرکه‌ای که محور و پره را به حرکت در می‌آورد.



شکل ۲۸- دستگاه بلانجر

تحقیق کنید

در مورد شکل و جنس پره بلانجر تحقیق کنید و در کلاس مورد بررسی قرار دهید.





پره‌های منحنی شکل، دوغاب را به سمت پایین هدایت کرده و کلوخه‌ها را به کف بلانجر می‌کوبند. گاهی پس از تخلیه دوغاب، مقدار زیادی مواد باز نشده به کف بلانجر می‌چسبند. مسئله بسیار مهم در این حالت آن است که هنگام کار بلانجر، دوغاب درون مخزن باید تا آنجا که ممکن است پر تلاطم بوده و تمام تنظیمات باید در جهت افزایش تلاطم دوغاب باشد.



شکل ۳۰- بلانجر و الک لرزشی



شکل ۲۹- داخل بلانجر

افزودن مواد به صورت کلوخه یا کیک فیلترپرس باید زمانی انجام شود که پروانه در حال چرخش و دوغاب در حال تلاطم باشد.



پیش از افزودن مواد به بلانجر از تمیز بودن داخل آن اطمینان حاصل کنید.



هنگامی که بلانجر در حال کار است از وارد کردن دست یا وسایل دیگری مانند میله به دوغاب خودداری کنید.

برای تنظیم شرایط دوغاب و تعیین مقدار کیک افزودنی به بلانجر، نیاز به انجام محاسبات است. در ادامه چند مثال مرتبط با بارگیری بلانجر آورده شده است.

مثال ۱: برای تولید یک بدنهٔ چینی از آمیزی استفاده کردیم که دارای چگالی $2/6 \text{ g/cm}^3$ است. کیک این آمیز دارای ۲۴٪ رطوبت است. مقدار ماده خشک، آب و چگالی 100 kg از این کیک را محاسبه کنید.

$$\frac{24}{100} \times 100 = 24 \text{ kg} \quad \text{مقدار آب داخل کیک:}$$

$$100 - 24 = 76 \text{ kg} \quad \text{مقدار خاک خشک کیک:}$$

$$\text{چگالی کیک} = \frac{\text{وزن آب} + \text{وزن خاک}}{\text{حجم آب} + \text{حجم خاک}} = \frac{76000 \text{ g} + 24000 \text{ g}}{\frac{76000 \text{ g}}{2/6 \text{ g/cm}^3} + \frac{24000 \text{ g}}{1 \text{ g/cm}^3}} = 1/88 \text{ g/cm}^3$$

مثال ۲: کیک آمیزی دارای ۲۰٪ رطوبت بوده و چگالی مادهٔ جامد این کیک $2/5 \text{ g/cm}^3$ است. می‌خواهیم دوغابی به حجم ۱۰۰ لیتر و با چگالی $1/7 \text{ g/cm}^3$ آماده کنیم. محاسبه کنید چه وزنی از آب و کیک باید به بلانجر اضافه شود؟

حجم دوغاب: ۱۰۰ لیتر

چگالی دوغاب: $1/7 \text{ g/cm}^3$ یا $1/7 \text{ kg/l}$

$$\text{وزن دوغاب: } 100 \times 1/7 = 170 \text{ kg} \rightarrow \text{چگالی} \times \text{حجم} = \text{وزن دوغاب}$$

درصد مادهٔ خشک کیک: ۸۰٪

$$w = (\rho_1 - 1) \frac{\rho_2}{\rho_2 - 1} = (1/7 - 1) \frac{2/5}{2/5 - 1} \approx 1/17 \text{ gr}$$

$$1/17 \times 100 = 117 \text{ کیلوگرم} \Rightarrow \text{وزن مادهٔ خشک در ۱۰۰ لیتر دوغاب}$$

$$\text{وزن کیک مورد نیاز} = 117 \times \frac{100}{80} = 146/25 \text{ kg}$$

$$\text{وزن آب مورد نیاز} = \text{وزن کیک} - \text{وزن دوغاب} = 170 - 146/25 = 23/75 \text{ kg}$$

کیک آمیزی دارای ۲۴٪ رطوبت است و چگالی مادهٔ جامد این کیک $2/65 \text{ g/cm}^3$ است. می‌خواهیم دوغابی به حجم ۲۰۰۰ لیتر و با چگالی $1/8 \text{ g/cm}^3$ آماده کنیم، محاسبه کنید چه وزنی از آب و کیک باید به بلانجر اضافه شود؟

فعالیت کلاسی



۳- مخزنی حاوی ۵ لیتر دوغاب به چگالی $1/4 \text{ g/cm}^3$ است. چه وزنی از کیک آمیز با ۲۲٪ رطوبت باید به آن افزوده شود تا چگالی دوغاب به $1/7 \text{ g/cm}^3$ برسد؟ (چگالی ترکیب خشک آمیز $2/5 \text{ g/cm}^3$ است)

حجم دوغاب اولیه: ۵ لیتر

وزن دوغاب اولیه: ۷ کیلوگرم ($5 \times 1/4 = 7$)

$$\text{چگالی کیک} = \frac{\text{وزن آب} + \text{وزن خاک}}{\text{حجم آب} + \text{حجم خاک}} = \frac{78 + 22}{\frac{78 \text{ g}}{2/5 \text{ g/cm}^3} + 22 \text{ cm}^3} = 1/88 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{افزودنی کیک وزن} = X, \quad \text{چگالی کل} = \frac{X}{\text{حجم کیک}}$$

$$\text{وزن کیک افزودنی} + \text{وزن دوغاب اولیه} = \frac{\text{چگالی دوغاب ثانویه}}{\text{حجم کیک افزودنی} + \text{حجم دوغاب اولیه}}$$

$$1/7 = \frac{7 + X}{5 + \frac{X}{1/88}} \rightarrow X = 15/7 \text{ kg}$$

فعالیت کلاسی



مخزنی حاوی ۱۰ لیتر دوغاب به چگالی $1/4 \text{ g/cm}^3$ است. چه مقدار کیک آمیز با ۲۲٪ رطوبت باید به آن افزود تا چگالی دوغاب به $1/7 \text{ g/cm}^3$ برسد؟ (چگالی ترکیب خشک آمیز $2/5 \text{ g/cm}^3$ است)

نکته ایمنی



چنانچه بلانچر در مدت زمان طولانی متوقف باشد، قبل از راهاندازی لازم است داخل آن را در حالی که از مدار برق خارج است، کاملاً شست‌وشو دهید.



کار عملی ۳: آماده‌سازی و فیلتر پرس کردن دوغاب

مواد و ابزار: بلانجر، ترازو، فیلتر پرس، مواد رسی و آب

شرح فعالیت:

- ۱- مواد رسی فراوری شده را وزن کنید.
 - ۲- مواد رسی وزن شده را به بلانجر حاوی دوغاب آماده شده در کار عملی ۲ اضافه کنید.
 - ۳- مقدار ۱۰ الی ۲۰ درصد آب به بلانجر اضافه کنید.
 - ۴- دوغاب را به کمک فیلتر پرس به کیک تبدیل کنید.
- توجه:** بلانجر در حال کار باشد.



کار عملی ۴: تعیین رطوبت گل فیلتر پرس شده

مواد و ابزار: ترازو، خشک‌کن، کاردک و کیک فیلتر پرس.

شرح فعالیت:

- ۱- به وسیله کاردک از کیک تهیه شده با فیلتر پرس مقداری برداشته و سپس ۱۰۰g از آن را وزن کنید.
- ۲- کیک وزن شده را درون خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید.
- ۳- بعد از خشک شدن کامل آن را وزن کنید.
- ۴- مقدار کاهش وزن گل فیلتر شده (درصد رطوبت موجود در گل) را محاسبه کنید.



در هنگام کار از دستکش و کفش ایمنی استفاده کنید.



کار عملی ۵: دوغاب‌سازی

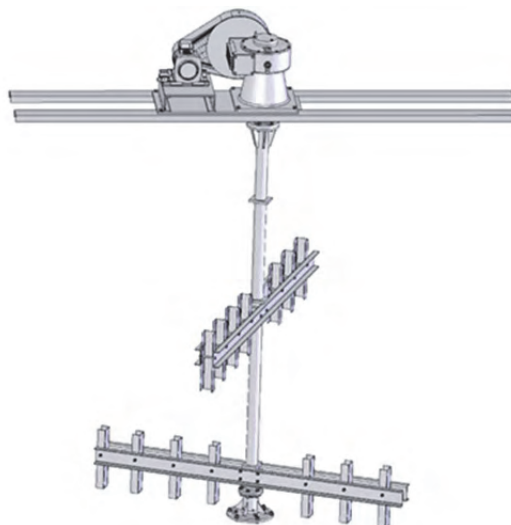
مواد و ابزار: باسکول، کاردک، بلانجر، روان‌ساز، آب و کیک فیلتر پرس

شرح فعالیت:

- ۱- کیک‌های تهیه شده از فیلتر پرس را وزن کنید.
- ۲- مقدار ۳۰ الی ۴۰ درصد آب جهت تهیه دوغاب محاسبه کنید.
- ۳- مقدار آب محاسبه شده را از مقدار آب موجود در کیک فیلتر پرس کم کرده و باقی مانده آن را به بلانجر اضافه کنید.
- ۴- بر مبنای مقدار خاک خشک (۰/۲ الی ۰/۳۵ درصد) مقدار روان‌ساز را محاسبه کنید.
- ۵- کیک و روان‌ساز را به صورت مرحله‌ای درون بلانجر اضافه کنید.

همزن

برای کهنه شدن، جلوگیری از رسوب و ذخیره‌سازی دوغاب از همزن دور آرام استفاده می‌شود. حجم این گونه مخازن به حجم دوغاب تولیدی بستگی دارد. در صنعت چینی بهداشتی، حجم مخازن بیشتر (در حد چند ده متر مکعب) و تعداد آنها کمتر است اما در صنعت چینی ظروف، حجم مخازن کمتر و تعداد بیشتر است.



شکل ۳۱- همزن (دور آرام)

اهداف نگهداری دوغاب در همزن‌ها در نمودار ۳ مشاهده می‌شوند:



نمودار ۳

دوغاب درون این مخزن‌ها به آرامی به هم می‌خورد تا از ته‌نشینی مواد جلوگیری و حباب‌ها خارج شوند. برای همزن‌هایی تا قطر دو متر، سرعت ۱۲ دور بر دقیقه کافی است.

اگر قطر همزن حدود سه متر باشد، سرعت بیش از ۸ دور بر دقیقه می‌تواند باعث ایجاد حباب‌های هوا شود.

نکته



از دیگر معایب همزن‌های با قطر زیاد می‌توان به تبخیر بسیار آب از سطح آنها اشاره کرد. همزن‌های بزرگ دارای دو پره هستند که یکی در فاصله ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری کف مخزن و دیگری در ارتفاعی از محور که حدوداً وسط مخزن است نصب می‌شود.

فکر کنید



سرعت بیش از حد همزن چه مشکلاتی را ایجاد می‌کند؟

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۶: الک کردن، آهن‌گیری و ذخیره‌سازی دوغاب

مواد و ابزار: الک‌های با مش ۱۰۰-۵۰، آهن‌ربا، همزن دور آرام.

شرح فعالیت:

- ۱- دوغاب تهیه شده را از الک با مش ۱۰۰-۵۰ عبور دهید.
- ۲- دوغاب الک شده را آهن‌گیری کنید.
- ۳- دوغاب را جهت ذخیره و نگهداری به همزن آرام منتقل کنید.

نکته



حتماً آهن‌های جذب شده توسط آهن‌ربا را از محیط کارگاهی خارج کنید.

پرسلان‌های باستانی

ساخت پرسلان (ظروف چینی) در ایران نسبت به اروپا سابقه بیشتری دارد. قدیمی‌ترین نوع پرسلان‌ها در ایران پرسلان‌های فریتی است که در قرن پنجم هجری (دوره سلجوقی) ساخته می‌شدند و تا اواخر دوره قاجار نیز رایج بودند. این پرسلان‌ها از مقدار زیادی فریت تشکیل شده که دارای مقدار بسیار کمی رس نیز هستند.



شکل ۳۲- نمونه ای از ظروف پرسلانی باستانی

با ۳ کیلوگرم آمیز خشک با چگالی $2/35 \text{ g/cm}^3$ چند لیتر دوغاب پرسلانی با چگالی $1/7 \text{ g/cm}^3$ می‌توان ساخت؟

فعالیت کلاسی



ارزشیابی نهایی شایستگی آماده‌سازی دوغاب

شرح کار: ۱- وزن کردن مواد سخت، مواد رسی و آب ۲- بارگیری بال میل و تعیین شرایط دوغاب خروجی از بال میل ۳- تخلیه و الک کردن دوغاب ۴- آهن گیری و ذخیره سازی دوغاب			
استاندارد عملکرد: تهیه و آماده سازی دوغاب براساس فرمول بدنه			
شاخص‌ها: وزن کردن صحیح و با دقت مواد به مقدار مناسب انجام محاسبه جهت بارگیری بال میل گرفتن رسیت دوغاب و تعیین شرایط تخلیه انتخاب الک مناسب انتخاب آهن ربا، راه اندازی و به کارگیری صحیح آن			
شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات: مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی ابزار و تجهیزات: باسکول، ترازوی دیجیتالی، بال میل، بلانچر، فیلتر پرس، همزن، الک، خشک کن آزمایشگاهی			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	وزن کردن مواد اولیه	۱	
۲	بارگیری بال میل	۱	
۳	تعیین شاخص های تخلیه دوغاب	۲	
۴	الک کردن و آهن گیری دوغاب	۱	
۵	فیلتر پرس کردن و دوغاب سازی در بلانچر	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲	
	میانگین نمرات		*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.			

پودمان دوم

تعیین چگالی و خواص رئولوژی دوغاب



پس از آماده‌سازی دوغاب، بررسی ویژگی‌های آن نظیر چگالی و گرانیروی دارای اهمیت بسیار زیادی است که تعیین‌کننده خواص نهایی یک بدنه سرامیکی است. تعیین چگالی به شیوه‌های مختلف صورت می‌گیرد که در میان آنها روش ارشمیدس و پیکنومتری برای سرامیک‌ها کاربرد بیشتری دارد. رئولوژی دوغاب سرامیکی شامل گرانیروی و تیکسوتروپی است که بر جریان‌یابی دوغاب تأثیرگذار هستند.

واحد یادگیری ۲

شایستگی تعیین چگالی

- ۱ از چه روش‌هایی برای تعیین چگالی می‌توان استفاده کرد؟
- ۲ چه عواملی بر روی چگالی تأثیرگذار است؟
- ۳ چند دسته تخلخل در بدنه سرامیکی می‌تواند وجود داشته باشد؟

آیا تا به حال
پی برده‌اید

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت تعیین چگالی برای بدنه‌های سرامیکی است. بررسی عوامل مؤثر بر چگالی و همچنین شناخت روش‌های محاسبه چگالی در این واحد در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

تعیین چگالی دوغاب براساس روش‌های استاندارد

تعیین چگالی

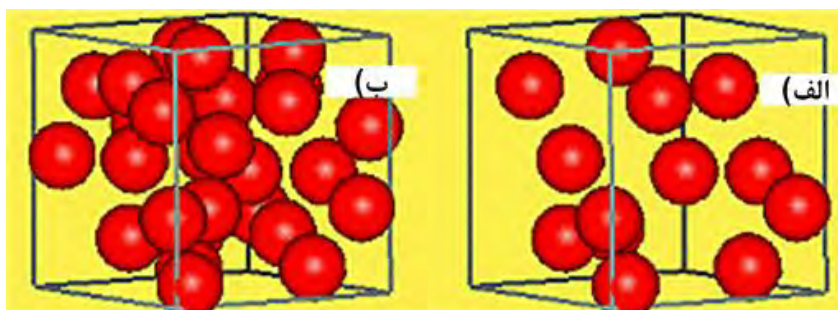
آیا این پرسش برای شما مطرح شده است که چرا یک سنگ‌ریزه کوچک چند گرمی در آب فرو می‌رود ولی کشتی‌های غول‌پیکر و یا پل‌های شناور بزرگ مانند پل شناوری که در دوران دفاع مقدس برای رساندن تدارکات و ادوات جنگی سنگین احداث شده بود، با وزن چندین تن بر روی آب شناور می‌مانند؟



شکل ۱

چگالی

چگالی نشانگر این است که جرم ماده در واحد حجم تا چه حد متراکم شده است. در شکل ۲، دو مکعب با حجم یکسان وجود دارد. مکعبی که تعداد بیشتری اجزای سازنده در آن قرار گرفته است، چگالی بیشتری دارد و به عبارت دیگر، جرم بر واحد حجم آن بیشتر است.



شکل ۲

در اندازه‌گیری چگالی مواد، جرم را می‌توان برحسب گرم (g) یا کیلوگرم (kg) و حجم را برحسب سانتی‌متر مکعب (cm^۳)، متر مکعب (m^۳) یا لیتر (L) بیان کرد (جدول ۱).

جدول ۱

یکای جرم	یکای حجم	یکای چگالی
g	cm ^۳	g/cm ^۳
kg	m ^۳	kg/m ^۳
kg	L	kg/L
lb	ft ^۳	lb/ft ^۳

فرمول چگالی به صورت زیر است:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ: چگالی

m: جرم

V: حجم

مثال: ۱۰۰ گرم سیلیس حجمی معادل ۳۷/۷ cm^۳ دارد، چگالی سیلیس چقدر است؟

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{۱۰۰g}{۳۷/۷cm^۳} = ۲/۶۵ \frac{g}{cm^۳}$$

پاسخ:

نکته

هنگام مقایسه چگالی مواد باید دقت کنید یکاها یکسان باشند.



وزن قطعه‌ای به شکل مکعب مستطیل از جنس شیشه به طول ۲۰ سانتی‌متر، عرض ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵ سانتی‌متر، برابر با ۲/۵ کیلوگرم است. چگالی آن را بر حسب g/cm^۳ محاسبه کنید.

فعالیت کلاسی



تحقیق کنید



- ۱- چگونه می‌توان چگالی یک ماده مشخص را تغییر داد؟
- ۲- یک ماده با چگالی کم و یک ماده با چگالی زیاد را نام ببرید و وزن آنها را در حجم مساوی با هم مقایسه کنید.

چگالی نسبی

نسبت چگالی مواد به چگالی یک ماده مرجع را که معمولاً آب در نظر گرفته می‌شود، «چگالی نسبی» می‌گویند و طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{چگالی نسبی} = \frac{\text{چگالی ماده مورد نظر}}{\text{چگالی آب}}$$

نکته

چگالی نسبی بدون واحد است.



مثال: چگالی نمونه‌ای از جنس زیرکونیا برابر با $5/68 \text{ g/cm}^3$ است. چگالی نسبی آن را محاسبه کنید.
پاسخ:

$$\text{چگالی نسبی} = \frac{\text{چگالی ماده مورد نظر}}{\text{چگالی آب}} = \frac{5/68 \text{ g/cm}^3}{1/00 \text{ g/cm}^3} = 5/68$$

۱- مطابق شکل ۳، چرا پرتقال با پوست بر روی سطح آب شناور است ولی پرتقال بدون پوست در آب ته‌نشین می‌شود؟

گفت‌وگو کنید



شکل ۳

۲- دو ماده A و B داریم. چگالی ماده A، 2 g/cm^3 و چگالی ماده B، $0/5 \text{ g/cm}^3$ است. به نظر شما کدام یک روی سطح آب شناور می‌شود؟



چگالی آب به دما بستگی دارد. این چگالی در 4°C درجهٔ سلسیوس به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در ناحیه‌هایی که آب و هوای زمستانی دارند، اهمیت فراوانی دارد. با پایین آمدن دمای هوا، لایه‌های متراکم‌تر آب در سطح دریاچه به کف آن جابه‌جا می‌شوند و در این فرایند گردشی، اکسیژن و مواد غذایی تقریباً به‌طور یکنواخت به تمام قسمت‌های دریاچه می‌رسد.



شکل ۴

بعد از رسیدن به حالت پایدار، دمای قسمت زیرین آب به 4°C درجهٔ سلسیوس می‌رسد و کاهش بیشتر دما و تبدیل آب به یخ، باعث می‌شود تا جانوران آبی در زمستان به زندگی خود ادامه دهند. از طرف دیگر، کم بودن چگالی یخ نسبت به آب، باعث شناور شدن یخ در سطح آب می‌شود. اگر یخ سنگین‌تر از آب بود، آب کف دریاها و رودخانه‌ها یکپارچه منجمد می‌شد و عواقب خطرناکی برای آبزیان در پی داشت.

برای تعیین جرم و حجم در محاسبهٔ چگالی، اندازه‌گیری جرم به راحتی توسط ترازو انجام می‌شود. همچنین حجم اشکالی مانند مکعب، کره، استوانه و سایر اشکال هندسی ساده (شکل ۵) به راحتی محاسبه خواهد شد ولی محاسبهٔ حجم برای اشکال هندسی پیچیده (شکل ۶) دشوار است.



شکل ۶- شکل هندسی پیچیده



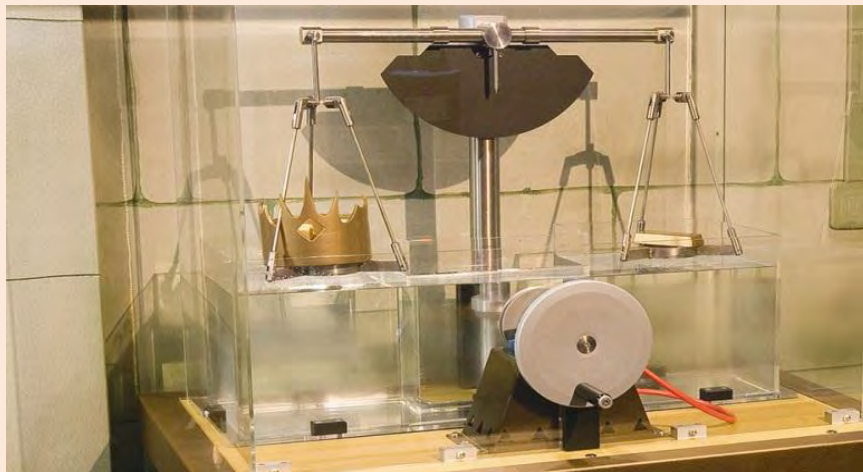
شکل ۵- اشکال هندسی ساده



آیا روشی ساده برای محاسبه حجم شکل ۶ می‌توانید پیشنهاد کنید؟



ارشمیدس دانشمند و ریاضیدان یونانی روشی ساده برای محاسبه حجم اشکال هندسی پیچیده پیشنهاد داد. این کشف مهم و بنیادی ارشمیدس با درخواست پادشاه وقت در خصوص آزمایشی براساس اینکه تاج طلای ساخته‌شده برای پادشاه آیا خالص یا تقلبی است انجام گرفت. در آن زمان ارشمیدس می‌دانست که فلزات مختلف چگالی متفاوتی دارند، بنابراین تصور می‌کرد برای تعیین چگالی تاج باید ابتدا آن را ذوب کرده سپس به صورت یک شکل هندسی مانند شمش مکعبی با ابعاد مشخص، شکل دهد و وزن آن را با یک شمش طلا با همان ابعاد مقایسه کند.



شکل ۷

ارشمیدس با وارد شدن داخل آب خزینه حمام متوجه شد که سطح آب بالا آمده است و به این نتیجه رسید که افزایش سطح آب، حین ورود شیء به داخل آب، به اندازه حجم شیء است و با آزمایش متوجه شد اجسام با حجم یکسان، میزان آب برابری را جابه‌جا می‌کنند و همچنین یک جسم حین غوطه‌ور شدن در یک سیال، به اندازه مقدار سیالی که جابه‌جا می‌کند از وزنش کاسته می‌شود. با توجه به چگالی بیشتر طلا، نسبت به نقره، یک شمش یک کیلوگرمی از جنس طلا حجم کمتری نسبت به یک شمش نیم کیلوگرمی از جنس نقره دارد؛ پس مقدار کمتری از سیال را جابه‌جا می‌کند. ارشمیدس با قرار دادن یک شمش طلا هم‌وزن تاج پادشاه در آب، مشاهده کرد که تاج، حجم بیشتری از آب را نسبت به شمش طلا جابه‌جا می‌کند. بنابراین متوجه شد تاج ساخته‌شده، تقلبی است.

محاسبه حجم اجسام توسط قانون ارشمیدس

وقتی جسمی در سیالی غوطه‌ور شود به اندازه وزن سیال هم حجمش یا به عبارتی به اندازه حجم سیالی که جابه‌جا می‌کند از وزن آن کاسته می‌شود. در شکل ۸ این موضوع نشان داده شده است.



شکل ۸

به این ترتیب اگر مقدار وزن جسم در هوا و در حالت خشک را D بنامیم و مقدار وزن جسم داخل سیال، در حالت غوطه‌وری را I بنامیم خواهیم داشت:

$$\frac{D-I}{\rho_L} = \frac{\text{وزن سیال جابه‌جا شده}}{\text{چگالی سیال}} = \text{حجم سیال جابه‌جا شده} = \text{حجم جسم غوطه‌ور شده}$$

حال اگر سیال مورد نظر آب باشد با توجه به اینکه چگالی آب تقریباً برابر با یک است بنابراین رابطه بالا به صورت زیر خواهد بود:

$$D - I = \text{حجم جسم غوطه‌ور شده}$$

چه عواملی سبب می‌شود تا چگالی آب تغییر کند؟

فکر کنید



تعیین چگالی

مثال: وزن یک جسم در هوا ۲۴/۶ گرم و در حالت غوطه‌وری در آب برابر با ۱۹/۸ گرم است. چگالی جسم را محاسبه کنید.

پاسخ: حجم جسم برابر است با حجم سیال جابه‌جا شده یا به عبارتی در حالت غوطه‌وری از وزن جسم به میزان وزن سیال هم حجمش کاسته می‌شود. بنابراین داریم:

$$D = 24/6 \text{ g} = \text{وزن جسم در هوا}$$

$$I = 19/8 \text{ g} = \text{وزن جسم در حالت غوطه‌وری}$$

با توجه به اینکه سیال آب است، رابطه به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\text{وزن آب جابه‌جا شده} = \text{حجم آب جابه‌جا شده} = \text{حجم جسم} = \frac{D - I}{\rho_L} = \frac{24/6 - 19/8}{1} = 4/8 \text{ cm}^3$$

$$\text{چگالی جسم} = \frac{\text{وزن جسم در حالت خشک}}{\text{حجم جسم}} = \frac{D}{D - I} = \frac{24/6}{(24/6 - 19/8)} = 5/1 \text{ g/cm}^3$$

مثال: وزن قطعه‌ای در هوا ۱۰۰ گرم است. وزن این قطعه وقتی داخل نفت غوطه‌ور می‌شود ۷۵ گرم می‌شود. در صورتی که چگالی نفت $0/82 \text{ g/cm}^3$ باشد، چگالی قطعه را محاسبه کنید.

پاسخ: با استفاده از قانون ارشمیدس می‌توان نوشت:

$$\text{حجم قطعه} = \text{حجم نفت جابه‌جا شده} = \frac{\text{وزن نفت جابه‌جا شده}}{\text{چگالی نفت}} = \frac{100 - 75}{0/82} = 30/49 \text{ cm}^3$$

$$\text{چگالی قطعه} = \frac{\text{وزن قطعه در حالت خشک}}{\text{حجم قطعه}} = \frac{100}{30/49} = 3/28 \text{ g/cm}^3$$

کار عملی ۱: محاسبه چگالی به روش ارشمیدس

مواد و ابزار: وزنه یا قطعه دلخواه، استوانه مدرج، ترازو، آب، دوغاب با چگالی مشخص.

۱- وزنه را در استوانه مدرج قرار داده و میزان آب جابه‌جا شده یا افزایش سطح آب را که همان مقدار حجم قطعه است یادداشت کنید.

۲- وزنه را هنگام غوطه‌وری در آب وزن کرده و مقدار به دست آمده را یادداشت کنید. حال میزان کاهش وزن را که همان میزان آب جابه‌جا شده یا حجم قطعه است با مقدار به دست آمده از قسمت قبل مقایسه کنید.

۳- وزن قطعه را در حالت خشک حساب کنید.

فعالیت کارگاهی

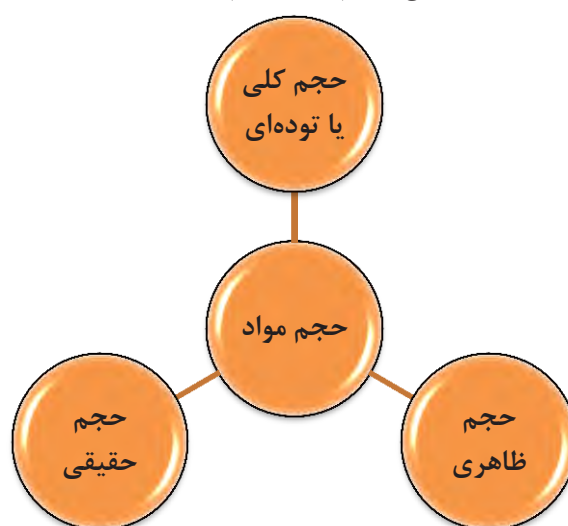


- ۴- با استفاده از نتایج به دست آمده، چگالی وزنه را محاسبه کنید.
- ۵- تمامی مراحل ۱ تا ۴ را در دوغاب با چگالی مشخص تکرار کرده و مقدار چگالی قطعه را محاسبه کنید.
- ۶- مقدار چگالی محاسبه شده از دو روش را با هم مقایسه کنید.



شکل ۹- قطعه متخلخل

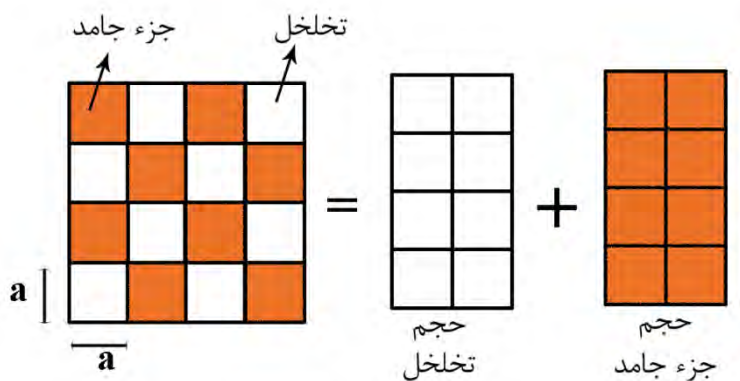
در قطعات متخلخل (شکل ۹) به دلیل وجود تخلخل در قطعه، حجم‌های مختلفی تعریف می‌شود و در نتیجه چگالی‌های متعددی را می‌توان به دست آورد. بنابراین سه نوع حجم را خواهیم داشت:



نمودار ۱

حجم کلی یا توده‌ای

به مجموع حجم جزء جامد و حجم تخلخل‌های باز و بسته، «حجم کلی یا توده‌ای» گفته می‌شود (شکل ۱۰).

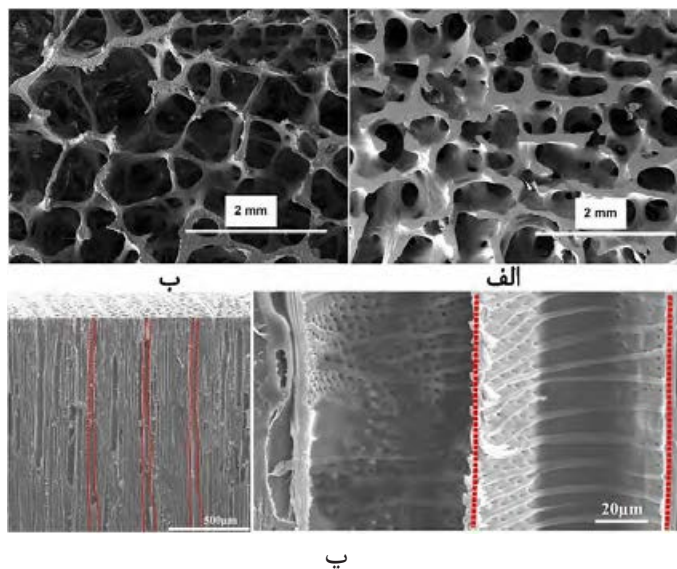


شکل ۱۰

مواد متخلخل را می‌توان به دو گروه کلی طبیعی و مصنوعی تقسیم‌بندی نمود.

الف) مواد متخلخل طبیعی

در طبیعت مواد متخلخل از قبیل استخوان، اسفنج و چوب به فراوانی یافت می‌شود. برای مثال در شکل زیر، الف) تصویر از ساختار استخوان یک فرد جوان، ب) تصویر از ساختار استخوان یک فرد پیر و پ) تصویر از ساختار چوب، نشان داده شده است که تخلخل‌ها در این ساختارها به‌وضوح دیده می‌شود.



پ

شکل ۱۱

ب) مواد متخلخل مصنوعی

همان طوری که از نام این گروه فهمیده می شود، این مواد، ساخته دست بشر هستند و در این گروه، تخلخل به صورت عمدی و خواسته ایجاد می شود. تخلخل در قطعاتی مانند عایق ها، فیلترها، جاذب ها به صورت عمدی ایجاد می شود. در شکل زیر، تصاویر مربوط به عایق های سرامیکی که قطعاتی متخلخل هستند، نشان داده شده است.



شکل ۱۲

تحقیق کنید

چرا قطعاتی مانند آجرهای عایق یا فیلترها را متخلخل می سازند؟



انواع تخلخل ها در قطعات سرامیکی

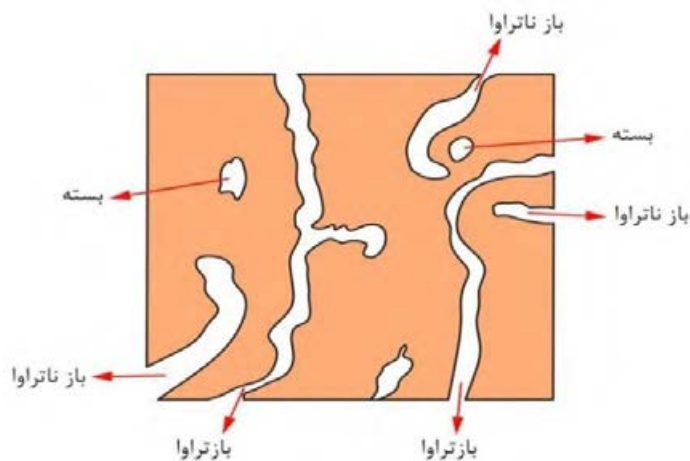
به طور کلی تخلخل ها در قطعات سرامیکی به دو گروه باز و بسته تقسیم می شوند. تخلخل های باز به سطح قطعه راه دارند. به تخلخل های بازی که به هم متصل باشند تراوا و به تخلخل های بازی که به هم متصل نباشند و از یک طرف بسته باشند تخلخل ناتراوا گفته می شود.



نمودار ۲

تعیین چگالی

از نام تخلخل‌های بسته می‌توان فهمید، این نوع تخلخل‌ها به سطح قطعه راه ندارند. در شکل ۱۳ انواع تخلخل‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱۳- انواع تخلخل‌ها

تحقیق کنید

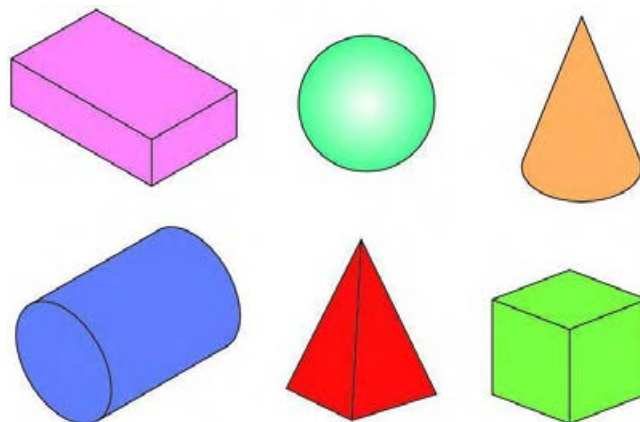
دلایل ایجاد تخلخل‌های باز و بسته در قطعات سرامیکی چیست؟



تعیین حجم کلی

حجم کلی را به سه روش می‌توان اندازه‌گیری نمود.

۱- اندازه‌گیری ابعادی قطعه: در این روش حجم قطعات با شکل هندسی منظم مانند استوانه یا مکعب به وسیله اندازه‌گیری ابعاد نمونه محاسبه می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴

۲- غوطه‌وری نمونه در جیوه: جیوه نمی‌تواند داخل تخلخل‌های باز قطعه نفوذ کند بنابراین با استفاده از جابه‌جایی جیوه می‌توان حجم قطعه را محاسبه نمود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- محاسبه حجم به روش غوطه‌وری نمونه در جیوه

۳- غوطه‌وری نمونه در آب: با توجه به اینکه آب می‌تواند در تخلخل‌های قطعه نفوذ کند، بنابراین قطعه در آب در حال جوشیدن قرار داده می‌شود تا آب، تمام تخلخل‌های باز را پر کرده و قطعه از آب اشباع شود. در این صورت برای محاسبه حجم کلی یا توده‌ای، قطعه اشباع شده از آب (S) را در هوا و در حالت غوطه‌وری (I) وزن می‌کنیم

$$V_b = \frac{S-I}{\rho_L}$$

در نتیجه حجم کلی برابر است با اختلاف وزن قطعه در این دو حالت:



شکل ۱۶- ترازوی ارشمیدس

حجم ظاهری

به مجموع حجم ماده جامد و حجم تخلخل‌های بسته، حجم ظاهری گویند. برای محاسبه حجم ظاهری می‌توان نمونه خشک را در هوا توزین کرده (D) و مقدار آن را از وزن نمونه در حالت غوطه‌وری (I) کم کرد که رابطه آن به صورت زیر به دست می‌آید:

$$V_a = \frac{D - I}{\rho_L} \quad (\text{حجم ظاهری})$$

حجم حقیقی

به حجم جزء ماده جامد (بدون تخلخل) حجم حقیقی گفته می‌شود. از آنجایی که حجم حقیقی فقط دربرگیرنده جزء جامد است و از طرفی نمونه‌های سرامیکی معمولاً دارای تخلخل‌های باز و بسته هستند، بنابراین باید این تخلخل‌ها از بین بروند. بدین منظور نمونه به صورت پودری درآمده و سپس حجم حقیقی توسط روش پیکنومتری اندازه‌گیری می‌شود. شکل ۱۷ تصویر یک پیکنومتر شیشه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷

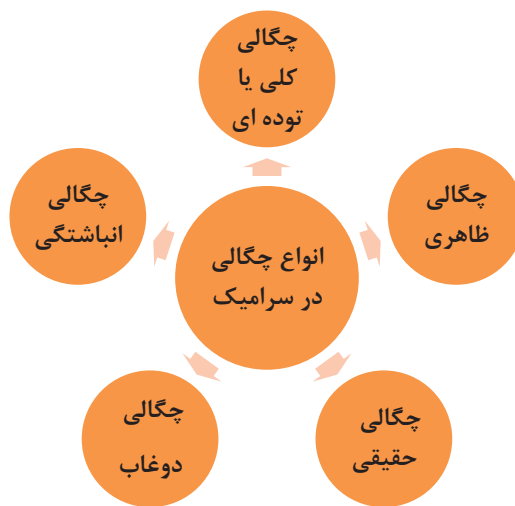
پیکنومتر، ظرفی با حجم مشخص است که برای اندازه‌گیری چگالی مایعات و جامدات به صورت پودر به کار می‌رود.

نکته

هنگام کار با پیکنومتر به منظور کاهش خطای آزمایش باید دقت شود که هر پیکنومتر همراه با در مخصوص به خود استفاده شود.



در روند تولید یک قطعه سرامیکی دانستن مقدار چگالی پودر، دوغاب و قطعه نهایی امری مهم محسوب می‌شود. بنابراین در سرامیک‌ها، چگالی‌های مختلفی تعریف می‌شود که در نمودار ۳ نشان داده شده است.



نمودار ۳

برای تهیه یک آمیز بدنه، لعاب، رنگ یا مواردی از این قبیل، ابتدا مواد پس از فرایند خردایش توسط سنگ شکن‌های مختلف باید توسط آسیاب به صورت پودر درآیند. به عنوان مثال برای بارگیری سهم حجمی مواد در آسیاب باید چگالی پودر مورد نظر اندازه‌گیری شود.

چگالی کلی یا توده‌ای

چگالی کلی از تقسیم کردن وزن قطعه بر حجم کلی و ضرب کردن آن در چگالی مایع به دست می‌آید.

$$\rho_b \text{ (چگالی کلی)} = \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم کلی}} = \frac{D}{S-I} \times \rho_L$$

D = وزن قطعه خشک در هوا (g)

S = وزن قطعه اشباع از مایع (g)

I = وزن قطعه غوطه‌ور شده در مایع (g)

ρ_L = چگالی مایع (g/cm^3)

برای محاسبه حجم کلی و در نهایت چگالی کلی قطعاتی که نمی‌توان در آب جوشاند و غوطه‌ور ساخت، مانند قطعات پرس شده که استحکام کافی ندارند یا قطعاتی که با آب واکنش می‌دهند، آنها را باید در سیال دیگری به غیر از آب مانند جیوه، الکل و نفت غوطه‌ور ساخت و سپس چگالی را تعیین کرد.

نکته



چگالی ظاهری

چگالی ظاهری از تقسیم کردن وزن قطعه بر روی حجم ظاهری و ضرب کردن در چگالی مایع به دست می‌آید.

$$\rho_a \text{ (چگالی ظاهری)} = \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم ظاهری}} = \frac{D}{D-I} \times \rho_L$$

چگالی حقیقی

چگالی حقیقی از تقسیم کردن وزن قطعه بر حجم حقیقی به دست می‌آید. چگالی حقیقی را می‌توان تقریباً معادل چگالی پودر در نظر گرفت. برای محاسبه حجم حقیقی ابتدا قطعه باید به صورت پودری درآمده تا تمام تخلخل‌های موجود در آن از بین رود. سپس با روش پیکنومتری حجم و چگالی حقیقی قطعه پودر شده محاسبه می‌شود.

$$\rho_t = \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم حقیقی}} = \frac{D}{V_t}$$

کار عملی ۲: تعیین چگالی پودر

فعالیت کارگاهی



مواد و ابزار: پیکنومتر، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، دسیکاتور، پیپت، آب مقطر، پودر سرامیکی مورد نظر و خشک‌کن.

شرح فعالیت:

۱- ابتدا پیکنومتر را به خوبی شست و شو دهید و در خشک‌کن در دمای کمتر از ۵۰ درجه سلسیوس به مدت حدوداً ۲ ساعت قرار دهید.

۲- پیکنومتر را وزن کنید و مقدار به دست آمده را a بنامید.

۳- پودر سرامیکی را در دمای حدوداً ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت خشک کرده و سپس داخل دسیکاتور قرار دهید، پودر حاصل را درون پیکنومتر بریزید (به صورتی که حدوداً یک پنجم پیکنومتر را پر کند). پیکنومتر را به همراه پودر وزن کنید و مقدار به دست آمده را b بنامید.

۴- به وسیله پیپت، آب مقطر را به میزانی که روی پودر را بپوشاند بریزید و پس از اندکی به هم زدن، پیکنومتر را تا خط نشان پر از مایع کرده و دوباره پیکنومتر را به همراه پودر و آب موجود در آن وزن کنید. مقدار به دست آمده را c بنامید.

۵- سپس پیکنومتر را خالی کرده و پس از شست‌وشوی مناسب آن را با آب پر کرده و پیکنومتر را به همراه آب وزن کنید و مقدار حاصله را d بنامید. سرانجام چگالی پودر (چگالی حقیقی) را براساس رابطه زیر به دست آورید:

$$\rho_p = \frac{b-a}{(d-a)-(c-b)} \times \rho_L$$

$$\rho_p = \text{چگالی پودر (چگالی حقیقی)}$$

$$a = \text{وزن پیکنومتر}$$

$$b = \text{وزن پیکنومتر} + \text{وزن پودر}$$

$$c = \text{وزن پیکنومتر} + \text{وزن پودر} + \text{وزن آب}$$

$$d = \text{وزن پیکنومتر} + \text{وزن آب به اندازه حجم پیکنومتر}$$

$$\rho_L = \text{چگالی مایع}$$

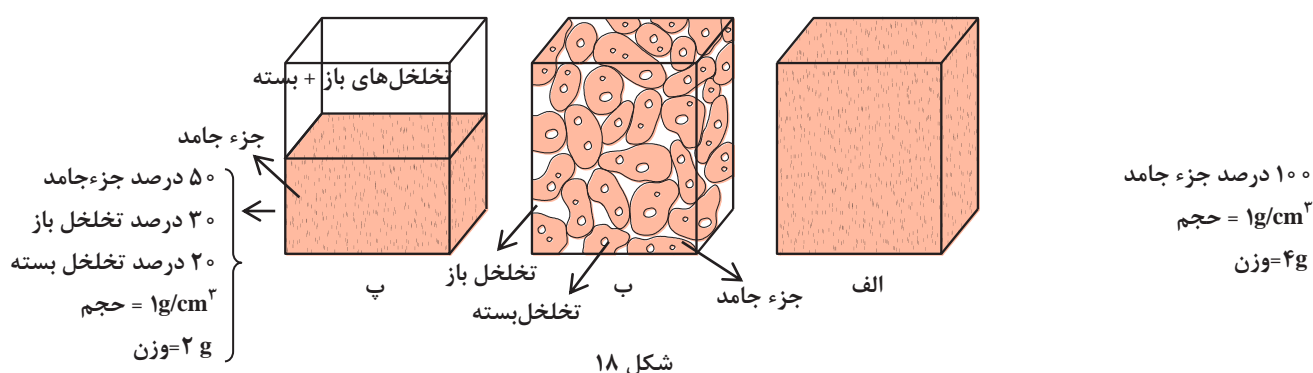


وزن یک آجر عایق در حالت خشک ۱۵۰۰ گرم است. اگر وزن این آجر در حالت جذب آب کامل معادل ۱۹۰۰ گرم و در حالت غوطه‌وری ۹۰۰ گرم باشد. چگالی کلی و چگالی ظاهری این آجر را محاسبه کنید.



الک‌کردن پودری با مش ۲۰۰ و مش ۱۰۰ چه تأثیری می‌تواند در حذف تخلخل‌ها و چگالی حقیقی داشته باشد؟

در شکل ۱۸ مفهوم چگالی کلی، ظاهری و حقیقی با شکل نشان داده شده است. هر سه مکعب دارای حجم یکسان بوده ولی در شکل ۱۸ (الف) فرض بر این است که کل حجم مکعب توسط جزء جامد پر شده است، در شکل ۱۸ (ب) ۵۰ درصد حجم مکعب توسط جزء جامد و ۳۰ درصد تخلخل‌های باز و ۲۰ درصد تخلخل‌های بسته است. با توجه به تعریف چگالی کلی، که از تقسیم وزن قطعه بر حجم کلی به‌دست می‌آید، این مقدار برای شکل (الف) به دلیل اینکه کل حجم مکعب توسط جزء جامد پر شده است، چگالی کلی برابر با چگالی حقیقی قطعه 4 g/cm^3 است. در شکل ۱۸ (ب) و (پ) ۵۰ درصد از حجم مکعب توسط جزء جامد و ۳۰ درصد از حجم را تخلخل‌های باز و ۲۰ درصد باقیمانده را تخلخل‌های بسته اشغال کرده است. چگالی کلی برابر با 2 g/cm^3 ، چگالی ظاهری برابر با $2/86 \text{ g/cm}^3$ و چگالی حقیقی برابر با 4 g/cm^3 است.



شکل ۱۸

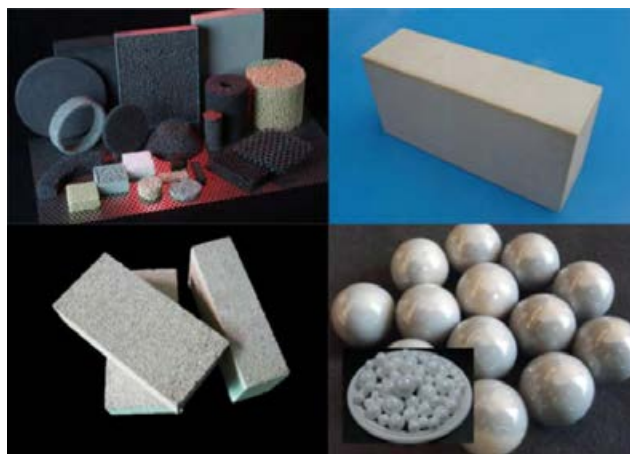
چگالی محصولات سرامیکی

به محصولاتی که دارای درصد تخلخل باز و بسته پایین باشند، محصولات چگال یا متراکم گفته می‌شود. بدیهی است، اگر در قطعه‌ای مقدار چگالی کلی بسیار نزدیک به چگالی حقیقی باشد، آن قطعه، متراکم است. داشتن چگالی بالا یا تخلخل پایین در قطعاتی مانند گلوله‌های بال‌میل، آجرهای نسوز داخل کوره و

تعیین چگالی

اکثر سرامیک‌های مهندسی، باعث بهبود عملکرد آنها می‌شود. برعکس در محصولاتی مانند فیلترهای سرامیکی، جاذب‌ها، عایق‌ها افزایش درصد تخلخل باعث بهبود خواص این قطعات می‌شود. در شکل ۱۹ برخی از محصولات متراکم و متخلخل نشان داده شده است.

به‌عنوان یک اصل کلی می‌توان گفت با افزایش درصد تخلخل در قطعات سرامیکی، استحکام مکانیکی کاهش پیدا می‌کند. برای مثال با توجه به اینکه کاشی‌های کف بیشتر در معرض فشار و ضربه قرار دارند، باید از استحکام مکانیکی خوبی برخوردار باشند و همچنین باید جذب آب پایینی داشته باشند. بنابراین باید درصد تخلخل در این محصولات کم باشد.



ب

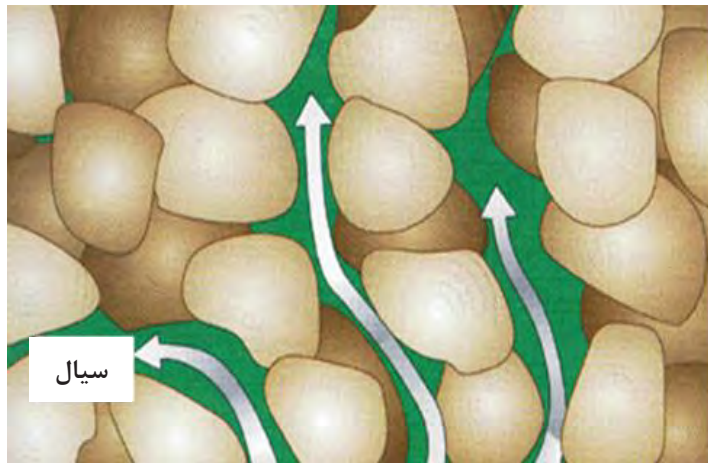
الف

شکل ۱۹- الف) محصولات متراکم ب) محصولات متخلخل سرامیکی

حجم و درصد تخلخل‌های قطعه

تخلخل‌های باز به سطح قطعه راه دارند، بنابراین با جوشاندن قطعه درون مایع، تمام تخلخل‌های باز از مایع پر شده (شکل ۲۰) و حجم تخلخل‌ها با حجم مایع جذب شده توسط قطعه برابر خواهد بود. حجم تخلخل‌های باز از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{حجم تخلخل های باز یا ظاهری} = \frac{S - D}{\rho_L}$$



شکل ۲۰

و به همین صورت درصد تخلخل ظاهری یا باز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد تخلخل‌های باز} = \frac{\text{حجم تخلخل‌های باز}}{\text{حجم کل}} \times 100 = \frac{S-D}{S-I} \times 100$$

می‌توان از رابطه زیر برای محاسبه درصد تخلخل‌های بسته استفاده نمود:

$$\text{درصد تخلخل‌های بسته} = \rho_b \left(\frac{1}{\rho_a} - \frac{1}{\rho_t} \right) \times 100$$

$$\rho_b = \text{چگالی کلی}$$

$$\rho_a = \text{چگالی ظاهری}$$

$$\rho_t = \text{چگالی حقیقی}$$

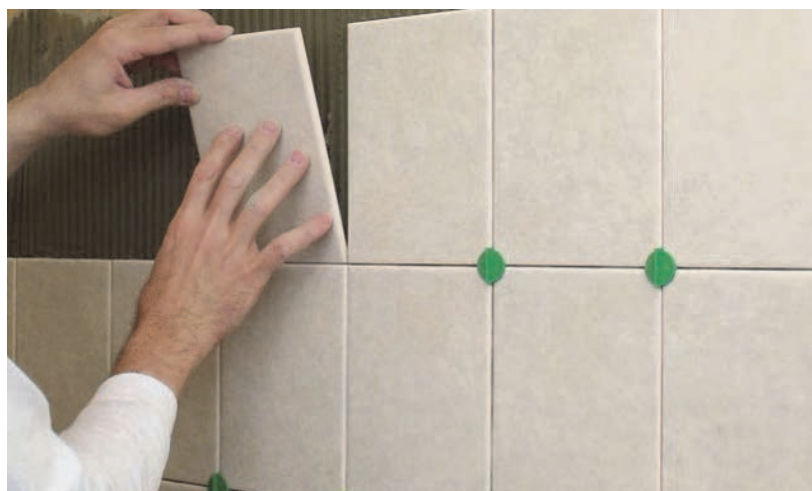
برای محاسبه درصد کل تخلخل‌ها (تخلخل‌های باز و بسته) می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$\text{درصد تخلخل‌های کلی} = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right) \times 100$$

درصد جذب آب

درصد جذب آب در سرامیک‌ها بسیار دارای اهمیت است. برای مثال در کاشی دیوار اگر درصد جذب آب از حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد کمتر باشد هنگام نصب اتصال خوبی با ملات سیمان و دیوار نخواهد داشت. در صنعت، درصد آب جذب شده (W_a) با رابطه زیر تعیین می‌شود که نشان‌دهنده تخلخل‌های باز قطعه است:

$$\text{درصد جذب آب} = \frac{\text{وزن آب جذب شده}}{\text{وزن خشک قطعه}} = \left(\frac{S-D}{D} \right) \times 100$$



شکل ۲۱

کار عملی ۲: محاسبه درصد جذب آب و تخلخل‌های باز

مواد و ابزار: یک عدد کاشی دیوار، یک عدد کاشی کف، هیتر، بشر، ترازو و دستمال پارچه‌ای.

شرح فعالیت:

- ۱- ابتدا روی کاشی‌ها آب بریزید و به صورت چشمی مشخص کنید کدام کاشی دیوار و کدام کاشی کف است.
- ۲- قطعات کاشی را به‌طور جداگانه در حالت خشک و در هوا با ترازو وزن کرده و مقادیر به دست آمده را یادداشت کنید.
- ۳- قطعات کاشی را در بشر قرار داده و بشر را با آب پر کنید.
- ۴- دمای هیتر را حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس تنظیم کرده و بشر را روی آن قرار داده و حداقل ۲ ساعت زمان دهید تا بجوشد.
- ۵- قطعات کاشی را در حالت غوطه‌وری در آب وزن کنید و مقادیر به دست آمده را یادداشت کنید.
- ۶- قطعات کاشی را از آب بیرون آورده سپس با دستمال قطرات آب روی سطح را پاک کنید. سپس قطعات اشباع شده از آب را وزن کرده و مقادیر به دست آمده را یادداشت کنید.
- ۷- درصد تخلخل‌های باز و درصد جذب آب را محاسبه کنید.
- ۸- مقادیر به دست آمده برای دو کاشی را با هم مقایسه کنید.

فعالیت کارگاهی



چگالی دوغاب

روش ریخته‌گری دوغابی برای شکل‌دهی و تولید انواع محصولات سرامیکی مانند پرس‌لان‌ها، دیرگدازها و سرامیک‌های مهندسی استفاده می‌شود. دومین مرحله ریخته‌گری دوغابی، تهیه و آماده‌سازی دوغاب است. همچنین برای شکل‌دهی قطعات و محصولات سرامیکی مانند کاشی و سرامیک به روش پرس پودر یکی از مراحل فرایند آماده‌سازی دوغاب است. دوغاب تهیه شده باید دارای خواص مورد نظر و مطلوب باشد. یکی از مشخصه‌های مهم یک دوغاب سرامیکی، چگالی مناسب است.



شکل ۲۲- دوغاب هنگام ریخته‌گری

در روش ریخته‌گری دوغابی اگر چگالی دوغاب مورد استفاده بیشتر یا کمتر از حد مطلوب باشد چه تأثیری بر فرایند و محصول نهایی خواهد گذاشت؟

تحقیق کنید



برای محاسبه چگالی دوغاب می‌توان مانند محاسبه چگالی مایعات عمل کرد. به این صورت که دوغاب را در یک ظرف با حجم مشخص مانند استوانه مدرج یا پیکنومتر فلزی تا حجم مشخص ریخته، سپس با کم کردن وزن ظرف مورد نظر از وزن دوغاب و ظرف، وزن دوغاب به دست می‌آید. حال با تقسیم کردن وزن دوغاب بر حجم دوغاب چگالی دوغاب به دست خواهد آمد.

نکته

در صنعت به پیکنومتر فلزی، دانسیتی متر هم گفته می‌شود.



تعیین چگالی

نام هر یک از ظرف‌ها را که برای تعیین حجم دوغاب به کار می‌رود در جالی خالی بنویسید.

فعالیت کلاسی



۷۵ درصد از حجم استوانه مدرج ۲۰۰۰ میلی‌لیتری با دوغابی سرامیکی پر شده و مجموع وزن آنها ۳۶۵۰ گرم است. اگر وزن استوانه مدرج برابر با ۱۱۵۰ گرم باشد، چگالی دوغاب را محاسبه کنید.

فعالیت کلاسی



برای محاسبه چگالی دوغابی که از قبل تهیه و آماده شده است، از روش پیکنومتری استفاده می‌شود. در زمانی که بخواهیم از آب و چند خاک با چگالی مختلف، دوغابی با چگالی مشخص تهیه شود از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\text{دوغاب چگالی} = \frac{\text{مجموع وزن اجزای دوغاب}}{\text{مجموع حجم اجزای دوغاب}}$$

با مشخص بودن چگالی و وزن خاک‌های مورد نظر، حجم خاک تعیین می‌شود. برای چگالی سیال نیز به همین صورت عمل می‌شود.

$$\text{چگالی خاک (۱)} = \frac{\text{وزن خاک (۱)}}{\text{حجم خاک (۱)}}$$

مثال: با استفاده از ۳۰ کیلوگرم از دو خاک با چگالی $2/3 \text{ g/cm}^3$ و $2/6 \text{ g/cm}^3$ با نسبت مساوی و ۱۷ لیتر آب، دوغابی همگن تهیه شده است. چگالی دوغاب را محاسبه کنید.
پاسخ:

$$\text{حجم خاک (۱)} = \frac{\text{وزن خاک (۱)}}{\text{چگالی خاک (۱)}} = \frac{15000 \text{ g}}{2/3 \text{ g/cm}^3} = 6521/74 \text{ cm}^3$$

$$\text{حجم خاک (۲)} = \frac{\text{وزن خاک (۲)}}{\text{چگالی خاک (۲)}} = \frac{15000 \text{ g}}{2/6 \text{ g/cm}^3} = 5769/23 \text{ cm}^3$$

با توجه به اینکه چگالی آب تقریباً برابر ۱ است، ۱۷ لیتر آب، معادل ۱۷ کیلوگرم آب است. بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} \text{چگالی دوغاب} &= \frac{\text{جرم آب} + \text{جرم خاک (۲)} + \text{جرم خاک (۱)}}{\text{حجم آب} + \text{حجم خاک (۲)} + \text{حجم خاک (۱)}} = \frac{\text{مجموع وزن اجزای دوغاب}}{\text{مجموع حجم اجزای دوغاب}} \\ &= \frac{15000 + 15000 + 17000}{6521/74 + 5769/23 + 17000} = 1/6 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

چه حجمی از آب را باید به ۱۰ کیلوگرم آمیز مورد نظر با چگالی $2/5 \text{ g/cm}^3$ اضافه کرد تا چگالی دوغاب مورد نظر برابر با $1/8 \text{ g/cm}^3$ شود؟

فعالیت کلاسی



کار عملی ۳: محاسبه چگالی دوغاب

مواد و ابزار: پیکنومتر، دوغاب سرامیکی، ترازو و خشک‌کن.

شرح فعالیت:

- ۱- ابتدا پیکنومتر را به خوبی شست‌وشو دهید سپس آن را در خشک‌کن قرار داده تا رطوبت موجود تبخیر شود.
- ۲- پیکنومتر را در حالت خشک با ترازو وزن کنید و مقدار به دست آمده را یادداشت کنید.
- ۳- دوغاب را پس از کمی هم زدن، داخل پیکنومتر ریخته و سپس پیکنومتر حاوی دوغاب را توسط ترازو وزن کنید.
- ۴- برای محاسبه وزن دوغاب، وزن پیکنومتر خالی را از وزن پیکنومتر حاوی دوغاب کم کنید.
- ۵- چگالی دوغاب را محاسبه کنید.

فعالیت کارگاهی



تعیین چگالی

نکته

در صورت موجود نبودن پیکنومتر می‌توان از استوانهٔ مدرّج استفاده نمود.

نکته

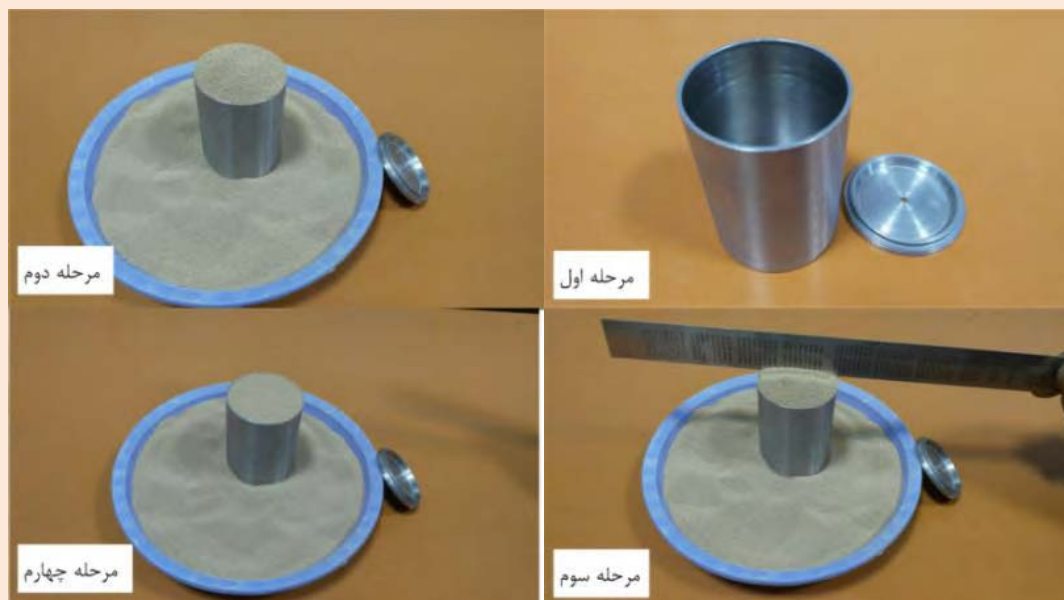
برای کاهش خطای آزمایش باید پیکنومتر را تا حدی از دوغاب پر کرد که دوغاب از سوراخ پیکنومتر بیرون بزند و سپس با دستمال سطح پیکنومتر را به خوبی باید پاک کرد.

چگالی انباشتگی

چگالی انباشتگی معمولاً برای پودر، گرانول یا گلوله‌های بال میل استفاده می‌شود. بدین ترتیب که مادهٔ مورد نظر را در ظرفی با حجم مشخص ریخته، سپس برای مشخص شدن وزن مادهٔ مورد نظر، وزن ظرف خالی، از وزن ظرف حاوی ماده، کم می‌شود. چگالی انباشتگی برابر خواهد بود با وزن ماده، تقسیم بر حجم پرشدهٔ ظرف.

نکته

می‌توان از پیکنومتر برای تعیین چگالی انباشتگی پودر و گرانول استفاده کرد (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- مراحل پرکردن پیکنومتر با خاک



کار عملی ۴: تعیین چگالی انباشتگی

مواد و ابزار: خاک بالکلی، پودر آلومینا، گرانول آلومینا، گلوله‌های بال میل از جنس آلومینا، پیکنومتر یا استوانه مدرج، ترازو، خط کش و بشر.

شرح فعالیت:

- ۱- پس از شستن و خشک کردن پیکنومتر، آن را با ترازو وزن کنید و مقدار به دست آمده را یادداشت کنید.
- ۲- پس از پر کردن پیکنومتر تا خط نشان توسط خاک بالکلی، پودر آلومینا، گرانول آلومینا و گلوله‌های بال میل از جنس آلومینا را وزن کرده و مقدار به دست آمده را یادداشت کنید.
- ۳- با کم کردن وزن پیکنومتر خالی از وزن پیکنومتر حاوی مواد داخل آن، وزن مواد را تعیین کنید.
- ۴- برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده مورد نظر را بر حجم پیکنومتر تقسیم کنید و مقادیر به دست آمده را در جدول یادداشت کنید.
- ۵- چگالی انباشتگی مواد را با هم مقایسه کنید.



در رابطه با تأثیر اندازه ذرات بر چگالی انباشتگی پودر آلومینا، گرانول آلومینا و گلوله‌های بال میل آلومینایی با هم کلاسی‌های خود گفت‌وگو کنید.



برای محاسبه حجم گلوله‌های بال میل از جنس آلومینا می‌توان از بشر یا استوانه مدرج استفاده کرد (شکل ۲۴)



شکل ۲۴

ارزشیابی نهایی شایستگی تعیین چگالی دوغاب

<p>شرح کار:</p> <p>۱- محاسبه حجم مواد مختلف</p> <p>۲- محاسبه چگالی از روی حجم مواد</p> <p>۳- محاسبه چگالی دوغاب</p>																																							
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>تعیین چگالی دوغاب براساس روش های استاندارد</p>																																							
<p>شاخص ها:</p> <p>وزن کردن دقیق مواد و تجهیزات</p> <p>انتخاب مناسب ترین روش اندازه گیری چگالی مواد</p>																																							
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی</p> <p>ابزار و تجهیزات: پیکنومتر، ترازوی آزمایشگاهی، پیپت، دستگاه خشک کن، دسیکاتور، استوانه مدرج، گلوله بال میل</p>																																							
<p>معیار شایستگی:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th><th>مرحله کار</th><th>حداقل نمره قبولی از ۳</th><th>نمره هنرجو</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td><td>کار با پیکنومتر</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td>۲</td><td>محاسبه چگالی به روش ارشمیدس</td><td>۱</td><td></td></tr> <tr> <td>۳</td><td>تعیین چگالی دوغاب</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td>۴</td><td>تهیه دوغاب با چگالی مشخص با استفاده از انواع خاک ها</td><td>۱</td><td></td></tr> <tr> <td>۵</td><td>تعیین چگالی انباشتگی خاک</td><td>۱</td><td></td></tr> <tr> <td colspan="2">شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td colspan="2">دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="2">میانگین نمرات</td><td></td><td>*</td></tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	کار با پیکنومتر	۲		۲	محاسبه چگالی به روش ارشمیدس	۱		۳	تعیین چگالی دوغاب	۲		۴	تهیه دوغاب با چگالی مشخص با استفاده از انواع خاک ها	۱		۵	تعیین چگالی انباشتگی خاک	۱		شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۲		دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب				میانگین نمرات			*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																																				
۱	کار با پیکنومتر	۲																																					
۲	محاسبه چگالی به روش ارشمیدس	۱																																					
۳	تعیین چگالی دوغاب	۲																																					
۴	تهیه دوغاب با چگالی مشخص با استفاده از انواع خاک ها	۱																																					
۵	تعیین چگالی انباشتگی خاک	۱																																					
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۲																																					
دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب																																							
میانگین نمرات			*																																				

واحد یادگیری ۳

شایستگی تعیین خواص رئولوژی دوغاب

- ۱ خواص رئولوژی دوغاب شامل اندازه‌گیری چه مواردی است؟
- ۲ برای خواص رئولوژی دوغاب چه تجهیزاتی مورد نیاز است؟
- ۳ تعیین خواص رئولوژی دوغاب به چه دلیل دارای اهمیت است؟

آیا تا به حال
پی برده‌اید

هدف از این شایستگی، فراگیری روش انتخاب و تعیین درصد روان‌ساز مناسب برای تهیه دوغاب مورد استفاده برای ریخته‌گری دوغابی است. هنرجویان مهارت تعیین گرانروی و تیکسوتروپی دوغاب را در این واحد فرا خواهند گرفت.

استاندارد عملکرد

تنظیم خواص رئولوژی دوغاب براساس دوغاب مناسب بدنه.

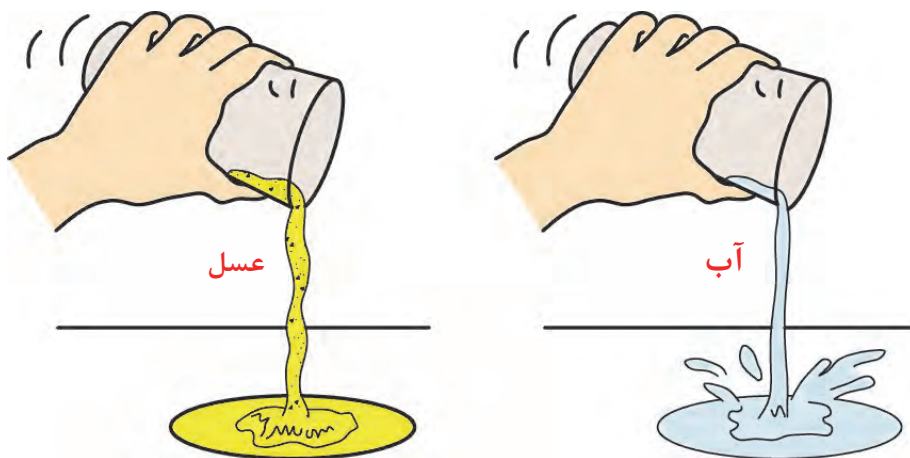
تعیین خواص رئولوژی دوغاب

در هر یک از ظروف شکل ۱ مایعی ریخته شده است. هم‌زمان یک گوی درون آنها رها می‌کنیم. به نظر شما، گوی در ظرف حاوی کدام مایع، زودتر سقوط می‌کند و به ته ظرف می‌رسد؟



شکل ۱

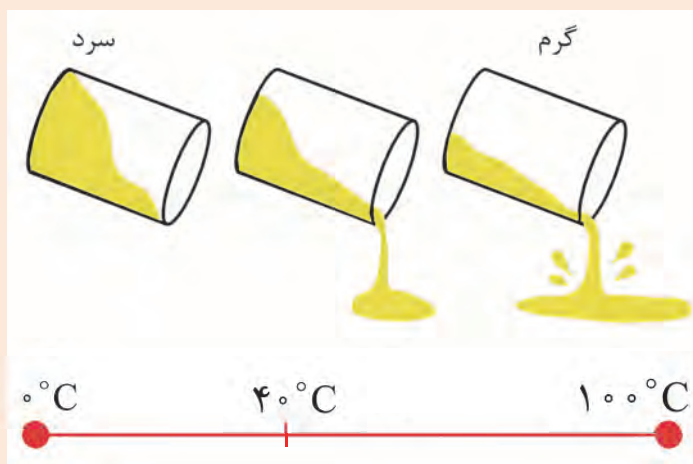
به شکل ۲ نگاه کنید. یک لیوان حاوی عسل و دیگری حاوی آب است؛ به نظر شما کدام مایع راحت‌تر از لیوان تخلیه می‌شود؟



شکل ۲



مقداری شهد مربا به میزان مساوی به صورت جداگانه در دو ظرف ریخته شده است و سپس یکی را در یخچال قرار داده و دیگری را روی شعله گاز گرم می‌کنیم. تخلیه شهد از کدام ظرف راحت‌تر صورت می‌گیرد؟



شکل ۳

اصطکاک در زندگی روزمره به وضوح قابل مشاهده است. به عنوان مثال اصطکاک بین کفش و زمین عامل حرکت و مانع سرخوردن است. در هنگام ترمز کردن، اصطکاک باعث توقف وسیله نقلیه می‌شود. این موارد، اصطکاک میان دو جسم جامد را نشان می‌دهد. در مایعات نیز اصطکاک وجود دارد، جریان‌یابی مایعات به اصطکاک داخلی بین اجزای سازنده آن بستگی دارد. قابلیت جریان‌یابی مایعات را «سیالیت» و مقاومت درونی مایعات در برابر جاری شدن، «گرانروی» نامیده می‌شود.



یک تفنگ آب‌پاش را تصور کنید. اگر به جای آب با سیالیت بالا، مایعی ویسکوز مانند عسل یا شیرۀ مربای سرد باشد چه اتفاقی می‌افتد؟

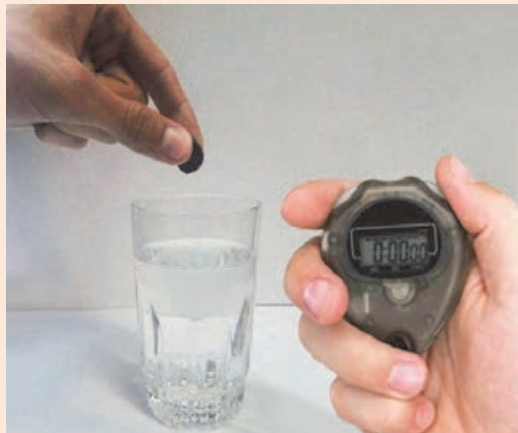


یک مایع با گرانروی بالا و یک مایع با سیالیت بالا نام ببرید.



کار عملی ۱: بررسی گرانیروی مایعات مختلف

مواد و ابزار: تعدادی تیلۀ هم‌اندازه، لیوان شیشه‌ای، مایعات موجود در کارگاه مانند آب، سدیم سیلیکات مایع، روغن گلیکول و زمان‌سنج.



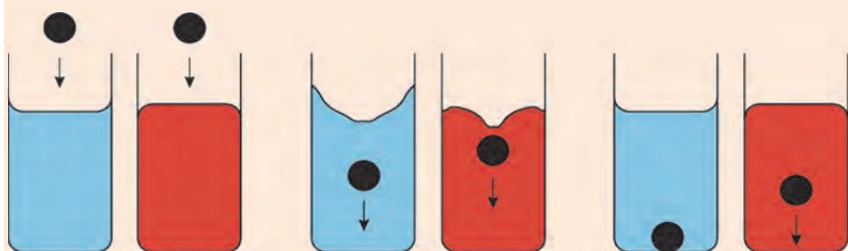
شکل ۴

شرح فعالیت:

لیوان‌ها را با مایعات مختلف با ارتفاع یکسان پر کنید. (برای جلوگیری از سرریز شدن مایع هنگام انداختن تیلۀ در آن، بهتر است کمی از سر لیوان‌ها را خالی بگذارید).

– کدام مایع گرانیروی بیشتری دارد؟ آیا در هنگام ریختن مایعات در لیوان‌ها می‌توانید این تفاوت را تشخیص دهید؟

تیلۀها را در مایعات رها کنید و زمان رسیدن تیلۀ به ته لیوان را اندازه‌گیری کنید. تیلۀ در کدام مایع سریع‌تر به ته ظرف می‌رسد. دلیل آن چیست؟



شکل ۵

برای ایجاد شرایط ثابت در دوغاب ریخته‌گری باید خواص رئولوژی ثابت باشد. به این دلیل ثبات خواص رئولوژی به کاهش عیوب در مرحله شکل‌دهی در طی روزهای مختلف کمک کرده و بر روی برنامه‌ریزی دقیق‌تر و شکل دادن محصولاتی با کیفیت بالا و ثابت اثرگذار است.

گرانروی (ویسکوزیته)

به مقاومت درونی سیال در برابر جاری شدن «گرانروی» یا ویسکوزیته گفته می‌شود و واحد اندازه‌گیری آن «پواز» است.



شکل ۶

$$(P = \text{g/cm.s یا } P = \text{Pa.s})$$

تیکسوتروپی

عبارت است از تمایل دوغاب به سفت شدن هنگام راکد ماندن.

تحقیق کنید



اگر تیکسوتروپی دوغاب زیاد یا کم باشد باعث بروز چه مشکلاتی می‌شود؟

روش‌های اندازه‌گیری گرانروی و محاسبه تیکسوتروپی دوغاب



شکل ۷- روش‌های اندازه‌گیری گرانروی دوغاب

۱- روش ریزشی

یکی از روش‌های سادهٔ سنجش گرانروی، استفاده از ویسکوزیومتر ریزشی است که در آن، زمان عبور ۱۰۰ میلی‌لیتر دوغاب از دهانهٔ خروجی با قطر مشخص اندازه‌گیری می‌شود.

نکته

دهانهٔ خروجی متداول در ویسکوزیومتر ریزشی، ۴ میلی‌متر است.



در ویسکوزیومتر ریزشی مقدار گرانروی تعیین نمی‌شود بلکه زمان عبور دوغاب از دهانه تعیین می‌شود و با داشتن زمان‌های عبور دوغاب به‌صورت مقایسه‌ای، میزان گرانروی مشخص می‌شود. برای سهولت کار در بسیاری از صنایع از این روش استفاده می‌شود.



شکل ۸- ویسکوزیومتر ریزشی



کار عملی ۲: تعیین گرانروی دوغاب و تأثیر زمان ماندگاری آن بر گرانروی

مواد و ابزار: دوغاب، لیوان یا بشر، همزن آزمایشگاهی، ترازوی آزمایشگاهی، دستگاه ویسکوزیومتر و زمان‌سنج.

الف) زمان اولیه (هنگام آماده شدن دوغاب مراحل زیر انجام می‌شود):

شرح فعالیت:

۱- مقدار ۷۰۰ میلی‌لیتر از دوغاب موجود در کارگاه را بردارید.

۲- دوغاب را به مدت ۱ دقیقه به هم بزنید.

۳- گرانروی آن را اندازه‌گیری کنید (حداقل دو مرتبه).

ب) زمان ثانویه (پس از ماندگاری دوغاب به مدت یک روز، یک هفته و یا چند هفته، مراحل زیر را انجام دهید):

۱- مقدار ۷۰۰ میلی‌لیتر دوغاب موجود در کارگاه را بردارید (پس از ماندگاری در زمان‌های مشخص شده).

۲- دوغاب را به مدت ۱ دقیقه به هم بزنید.

۳- گرانروی آن اندازه‌گیری شود (حداقل دو مرتبه).

۴- با رسم منحنی، تأثیر زمان ماندگاری بر گرانروی آن بررسی شود.



۱- هنگام برداشتن دوغاب دستگاه همزن خاموش باشد.

۲- هنگام هم زدن دوغاب به وسیله همزن آزمایشگاهی به گونه‌ای دوغاب هم زده شود که دوغاب به بیرون و سر صورت پاشیده نشود.



زمان عبور ۱۰۰ میلی‌لیتر آب از یک دستگاه ویسکوزیومتر ریزشی «زمان عبور بحرانی» نامیده می‌شود.

محاسبه تیکسوتروپی به روش ریزشی

برای تعیین میزان تیکسوتروپی دوغاب، به صورت زیر باید عمل کرد:

الف) در مرحله اول ۱۰۰ میلی‌لیتر دوغاب را در ویسکوزیومتر ریخته و پس از یک دقیقه راکد ماندن، زمان عبور دوغاب اندازه‌گیری می‌شود (t_1).

ب) در مرحله بعد، پس از سی دقیقه راکد ماندن دوغاب در ویسکوزیومتر، زمان عبور آن اندازه‌گیری می‌شود (t_2), سپس

به کمک رابطه زیر درصد تیکسوتروپی (T%) دوغاب محاسبه می‌شود:

$$T\% = \frac{t_2 - t_1}{t_2} \times 100$$

تعیین خواص رئولوژی دوغاب

اگر چنانچه پس از ۳۰ دقیقه راکد گذاشتن، دوغاب از دهانه دستگاه خارج نشود دلیل بر تیکسوتروپی بسیار بالای دوغاب است. در این صورت می‌توان برای انجام آزمایش مرحله دوم زمان‌های کمتر را در نظر گرفت.



شکل ۹- ویسکوزیومتر ریزشی

نکته

در روش ریزشی باید دوغاب موجود در ویسکوزیومترها در هر دو مرحله به‌طور کامل خارج شود.



۲- روش پیچشی

دستگاه ویسکوزیومتر پیچشی دارای یک سیم است که از بالا محکم بسته شده و از طرف دیگر به یک استوانه فلزی (اسپیندل) متصل است. همان‌طور که در شکل ۱۰ دیده می‌شود این استوانه به‌راحتی می‌چرخد و یک چرخ طیار، گشتاور مناسبی را برای چرخش پدید می‌آورد. چرخ طیار و استوانه، ۳۶۰ درجه از حالت تعادل خود (در جهت عقربه‌های ساعت) چرخانده و با ضامن دستگاه در این حالت متوقف می‌شود.

پس از قرار دادن اسپیندل دستگاه درون دوغاب، ضامن دستگاه آزاد می‌شود تا اسپیندل در داخل دوغاب به چرخش درآید. هر چه گرانی دوغاب کمتر باشد استوانه با سرعت بیشتری می‌چرخد و در نتیجه از حالت تعادل بیشتر عبور می‌کند. اگر گرانی دوغاب بالا باشد مقدار کمتری می‌چرخد. بنابراین میزان بازگشت چرخ طیار معیاری برای میزان گرانی است. می‌توان با توجه به میزان بازگشت چرخ طیار و مراجعه به جداول استاندارد، گرانی دوغاب را بر حسب پواز تعیین نمود (V°).



شکل ۱۰- ویسکوزیومتر پیچشی

در حالتی دستگاه تنظیم است که بدون دوغاب با خارج کردن ضامن، استوانه دو دور بچرخد و عقربه به مقابل عدد صفر برگردد.

نکته



تیکسوتروپی دوغاب را چگونه می‌توان با استفاده از دستگاه ویسکوزیومتر پیچشی محاسبه نمود؟

فکر کنید



تعیین تیکسوتروپی دوغاب با دستگاه ویسکوزیومتر پیچشی

در این روش گرانیوی دوغاب پس از ۱ دقیقه راکد ماندن (V_1) و ۵ دقیقه راکد ماندن (V_2) اندازه‌گیری شده سپس تیکسوتروپی (T) یک دقیقه و پنج دقیقه با توجه به معادلات زیر محاسبه می‌شود.



شکل ۱۱- ویسکوزیومتر پیچشی

اندازه‌گیری تیکسوتروپی دوغاب پس از یک دقیقه $V_1 - V_0 =$

اندازه‌گیری تیکسوتروپی دوغاب پس از پنج دقیقه $V_2 - V_0 =$

میزان تیکسوتروپی دوغاب مورد نظر برای صنایعی که به روش ریخته‌گری دوغابی قطعات را شکل می‌دهند در چه محدوده‌ای است؟

تحقیق کنید



۳- روش چرخشی

در این روش از دستگاه ویسکوزیومتر چرخشی که می‌تواند دیجیتالی نیز باشد استفاده می‌شود. این دستگاه دارای محور چرخش و استوانه (اسپیندل) است. این دستگاه چرخ طیار و قسمت مدرج ندارد و نیازی به چرخاندن استوانه قبل از اندازه‌گیری گرانروی دوغاب نیست. کاپ دوغاب زیر دستگاه به گونه‌ای که استوانه در داخل دوغاب کاملاً شناور است قرار می‌گیرد. کلید دستگاه را زده و استوانه (اسپیندل) در دوغاب می‌چرخد. سرعت چرخش استوانه در دوغاب متناسب با سیالیت دوغاب است که دستگاه عدد گرانروی دوغاب را بر حسب پواز مشخص می‌کند.



شکل ۱۲- ویسکوزیومتر چرخشی

کار علمی ۳: تعیین تیکسوتروپی دوغاب و تأثیر زمان ماندگاری دوغاب بر تیکسوتروپی مواد و ابزار: دوغاب، لیوان یا بشر، همزن آزمایشگاهی، ترازوی آزمایشگاهی، دستگاه ویسکوزیومتر. شرح فعالیت:

فعالیت کارگاهی



الف) زمان اولیه (هنگام آماده شدن دوغاب مراحل زیر انجام می‌شود)

- ۱- مقدار ۷۰۰ میلی‌لیتر دوغاب تهیه کنید.
- ۲- آن را به مدت ۱ دقیقه هم بزنید.
- ۳- مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر از آن را درون قیف دستگاه ریخته و به مدت یک دقیقه به حال خود رها کنید.
- ۴- تیکسوتروپی دوغاب را اندازه‌گیری کنید.
- ۵- مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر دوغاب درون قیف دستگاه ریخته و به مدت سی دقیقه به حال خود رها کنید.
- ۶- تیکسوتروپی دوغاب را اندازه‌گیری کنید.
- ب) زمان ثانویه (پس از گذشت یک روز، یک هفته و یا چند هفته مراحل زیر را انجام دهید).
- ۷- مقدار ۷۰۰ میلی‌لیتر دوغاب تهیه کنید.
- ۸- دوغاب را به مدت ۱ دقیقه هم بزنید.
- ۹- مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر دوغاب درون قیف دستگاه ریخته و به مدت یک دقیقه به حال خود رها کنید.
- ۱۰- تیکسوتروپی دوغاب را اندازه‌گیری کنید.
- ۱۱- مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر از آن را درون قیف دستگاه ریخته و به مدت سی دقیقه به حال خود رها کنید.
- ۱۲- تیکسوتروپی دوغاب را اندازه‌گیری کنید.
- ۱۳- با رسم منحنی، تأثیر زمان ماندگاری بر تیکسوتروپی دوغاب را بررسی کنید.

با استفاده از منحنی تعیین گرانروی و تیکسوتروپی دوغاب در زمان‌های ماندگاری مختلف، بهترین زمان ماندگاری برای رسیدن به بهینه‌ترین خاصیت رئولوژی دوغاب مشخص می‌شود.

نکته



۱- هنگام برداشتن دوغاب دستگاه همزن خاموش باشد.
۲- هنگام هم زدن دوغاب به وسیله همزن آزمایشگاهی مراقب باشید که دوغاب به بیرون و سر و صورت پاشیده نشود.

نکات ایمنی



موارد زیر را کامل کنید:
مقدار بیش از اندازه آب در یک دوغاب باعث ایجاد مشکلات زیر می‌شود:
۱- زمان خشک شدن قطعه را طولانی می‌کند.
۲- انقباض خشک شدن قطعه را بالا می‌برد.
۳-
۴-

فعالیت کلاسی



با کاهش میزان آب دوغاب، اغلب مشکلات مطرح شده برطرف می‌شود. از طرف دیگر، کاهش میزان آب موجود در دوغاب باید به اندازه‌ای باشد که جریان‌یابی راحت دوغاب به نقاط مختلف قالب را کاهش ندهد. برای حل این مشکل از روان‌سازها استفاده می‌شود. روان‌سازها موادی هستند که کمک می‌کنند با استفاده از میزان آب کمتر و ذرات جامد بیشتر، دوغاب، سیال و روان باشد و مشکلات بالا نیز برطرف شود.

نقش روان‌سازها در دوغاب

موادی که سیالیت مناسب در دوغاب ایجاد می‌کنند و نیاز آن را به آب به حداقل می‌رسانند، «روان‌ساز» نامیده می‌شوند.



شکل ۱۳- دوغاب مناسب ریخته‌گری دوغابی

روان سازها کمک می کنند تا:

- ۱- زمان آسیاب کردن کاهش یابد.
- ۲- درصد مصرف آب به میزان قابل ملاحظه ای کم شود.
- ۳- انرژی مصرفی برای آسیاب کردن کاهش یابد.
- ۴- چگالی دوغاب افزایش یابد.



شکل ۱۴- ویسکوزیومتر ریزشی

تحقیق کنید



چرا بعضی از روان سازها برای دوغاب های مورد استفاده در تهیه گل پلاستیک مناسب نیستند؟



نمودار ۱- ویژگی های یک روان ساز مناسب



خاصیت رئولوژی و نوع روان ساز چه تأثیری بر چگونگی تخلیه دوغاب از قالب دارد؟



شکل ۱۵- تخلیه قالب

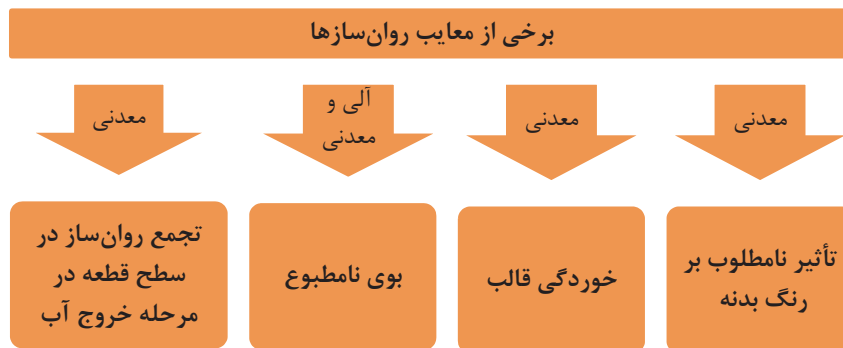
انواع روان سازها

جدول ۱- انواع روان سازها

نوع روان ساز	نام روان ساز	ویژگی های روان ساز
معدنی	سدیم کربنات، سدیم سیلیکات، سدیم آلومینات، هگزا متا فسفات سدیم (کالگن)، سدیم هیدروکسید، سدیم آکسلات، فسفات های سدیم، لیتیم کربنات، لیتیم هیدروکسید، لیتیم آلومینات، لیتیم سترات.	۱- بعضی از روان سازهای معدنی باعث خوردگی قالب های گچی می شوند. ۲- بعضی از این روان سازها تأثیر نامطلوبی بر روی رنگ محصول دارند. ۳- استفاده بیش از حد از این روان سازها، به جای ایجاد روانی دوغاب باعث انقباض و تیکس شدن آن می شوند.
آلی	دی اتیل آمین، دی پروپیل آمین، مونو اتیل آمین، مونوایزو بوتیل آمین، پلی وینیل آمین، پیریدین، پاپیریدین، تترامتیل آمونیوم هیدروکسید	۱- به قالب های گچی آسیب نمی رسانند. ۲- در مرحله پخت می سوزند ولی باعث خرابی رنگ محصول نمی شوند. ۳- اثر کمتری بر انقباض و تیکس شدن دوغاب دارد. ۴- روان سازهای آلی بر روان سازی دوغاب های ریخته گری بسیار تأثیر گذار هستند.

تعیین خواص رئولوژی دوغاب

استفاده از روان‌سازها می‌تواند باعث بروز برخی از عیوب در قطعه شود.



نمودار ۲- معایب روان‌سازها

مراحل دوغاب‌سازی

- پیش‌روان‌سازی؛
- تعیین نوع روان‌ساز؛
- تعیین درصد روان‌ساز؛
- تنظیم دوغاب.

پیش‌روان‌سازی

برای تهیه دوغاب روان از یک خاک یا آمیزی از چند خاک می‌توان از درصدهای مختلفی از آب و خاک استفاده کرد. سپس با دستگاه ویسکوزیومتر گرانروی دوغاب‌ها اندازه‌گیری می‌شود. دوغابی که دارای گرانروی بالاتری بوده برای مرحله بعد انتخاب می‌شود.

کار عملی ۴: پیش‌روان‌سازی

مواد و ابزار: لیوان یا بشر، دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک آزمایشگاهی، کائولن یا بالکلی یا آمیز معین، زمان‌سنج و همزن.

شرح فعالیت:

- ۱- ۱۰ عدد لیوان برداشته و داخل هر کدام ۱۰۰ گرم آب بریزید.
- ۲- به هریک از لیوان‌ها به ترتیب ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۰، ۱۴۰، ۱۵۰، ۱۶۰، ۱۷۰، ۱۸۰، ۱۹۰ و ۲۰۰ گرم خاک اضافه کنید.
- ۳- دوغاب را هم زده و حداقل به مدت یک روز نگهداری کنید.
- ۴- گرانروی دوغاب‌ها را به وسیله دستگاه ویسکوزیومتر اندازه‌گیری کنید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۵- پس از گذشت یک هفته گرانروی دوغاب‌ها را دوباره اندازه‌گیری کنید. (هر دوغاب حداقل دو مرتبه)
- ۶- با بررسی گرانروی دوغاب‌ها، هر نمونه‌ای را که در کل گرانروی بیشتری داشت به عنوان پیش‌روان‌ساز مطلوب انتخاب کنید.

نکته: می‌توان به کمک وزن خاک و آب، درصد خاک و آب مطلوب برای مراحل بعدی را تعیین کرد.

فعالیت کارگاهی





- ۱- هنگام کار با خاک یا روان‌سازها از ماسک استفاده کنید.
- ۲- هنگام هم زدن دوغاب به‌وسیله همزن آزمایشگاهی، دوغاب به‌گونه‌ای هم زده شود که به بیرون و سر و صورت پاشیده نشود.

تعیین نوع روان‌ساز

برای انتخاب روان‌سازی که تأثیر بیشتری بر روانی دوغاب دارد مطابق زیر عمل می‌شود:

ابتدا به تعداد روان‌سازهای موجود، دوغاب‌هایی با گرانی‌های بالا (درصدهای خاک و آب مرحله پیش روان‌سازی) آماده می‌شود. سپس به هر دوغاب، مقدار ثابتی از روان‌ساز (۰/۲٪) اضافه می‌شود. پس از گذشت حداقل ۲۴ ساعت، گرانی‌های هر روان‌سازی که باعث روانی بیشتر دوغاب شود به‌عنوان روان‌ساز مصرفی برای دوغاب استفاده می‌شود.



در بعضی از دوغاب‌ها یک روان‌ساز به تنهایی نمی‌تواند باعث روانی دوغاب شود. در چنین مواردی لازم است از دو یا سه روان‌ساز به‌صورت هم‌زمان استفاده کرد.

کار عملی ۵: تعیین نوع روان‌ساز



مواد و ابزار: لیوان یا بشر، دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک آزمایشگاهی، چند نوع روان‌ساز کائولن یا بالکلی یا آمیز معین، زمان‌سنج و همزن.

شرح فعالیت:

- ۱- به تعداد روان‌سازهای موجود، لیوان‌های محتوی آب با درصد پیش‌روان‌سازی آماده کنید.
- ۲- به هر لیوان حاوی آب، به میزان ۰/۲٪ از هر یک از روان‌سازها به‌صورت جداگانه اضافه کنید و روان‌ساز را خوب در آب حل کنید.
- ۳- به هر لیوان حاوی آب و روان‌ساز، کائولن، بالکلی یا آمیز با درصد پیش‌روان‌سازی اضافه کنید.
- ۴- دوغاب‌ها را هم زده و حداقل به مدت یک روز نگهداری نمایید.
- ۵- گرانی‌های دوغاب‌ها را به‌وسیله دستگاه ویسکوزیومتر اندازه‌گیری کنید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۶- پس از گذشت یک هفته گرانی‌های دوغاب‌ها را دوباره اندازه‌گیری کنید. (هر دوغاب حداقل دو مرتبه)
- ۷- با بررسی گرانی‌های دوغاب‌ها، هر نمونه‌ای را که در کل گرانی کمتری داشت به‌عنوان نوع روان‌ساز مطلوب انتخاب کنید.



- ۱- به منظور افزایش دقت در تعیین روان ساز مطلوب بهتر است از هر روان ساز دو نمونه آزمایشگاهی تهیه کرد.
- ۲- مقدار روان ساز مصرفی بر مبنای وزن خاک محاسبه می شود.



- ۱- هنگام کار با خاک یا روان سازها از ماسک استفاده کنید.
- ۲- هنگام هم زدن دوغاب به وسیله همزن آزمایشگاهی، مراقب باشید که دوغاب به بیرون و سر و صورت پاشیده نشود.

تعیین مقدار روان ساز

پس از انتخاب نوع روان ساز، باید درصد آن نیز تعیین شود. برای تعیین مقدار روان ساز، چند دوغاب (با درصدهای آب و خاک مشخص که در مرحله پیش روان سازی به دست آمده است) تهیه کرده، سپس به هر کدام روان ساز با درصدهای متفاوت اضافه شود، پس از گذشت حداقل ۲۴ ساعت گرانیروی یا زمان عبور دوغابها اندازه گیری شود. مقدار روان سازی که باعث روانی بیشتر دوغاب شود، به عنوان درصد روان ساز مصرفی متناسب برای این دوغاب بیان می شود.



شکل ۱۶- اندازه گیری گرانیروی دوغاب



نمودار ۳- عوامل مؤثر بر نوع و میزان روان ساز مصرفی

زمان مناسب افزودن روان ساز به دوغاب

- ۱- در ابتدای آسیاب کردن برای سهولت در آسیاب کردن و افزایش چگالی دوغاب؛
- ۲- به هنگام باز کردن و متفرق ساختن مواد رسی در آب.

چنانچه در دوغابی از دو روان ساز سدیم کربنات و سدیم سیلیکات استفاده شود، معمولاً کربنات سدیم در بال میل و سدیم سیلیکات در بلانجر یا همزن به دوغاب اضافه می شود.

نکته



کار عملی ۶: تعیین درصد روان ساز

مواد و ابزار: لیوان یا بشر، دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک آزمایشگاهی، نوع روان ساز انتخاب شده، کائولن یا بالکلی یا آمیز معین، زمان سنج و همزن.

فعالیت کارگاهی



شرح فعالیت:

- ۱- ۶ عدد لیوان انتخاب کنید و درون هر یک از آنها مقدار آبی که در مرحله پیش روان سازی به دست آمده است، بریزید.
- ۲- با اختلاف 0.05% به هر لیوان از 0.1% تا 0.35% روان ساز انتخاب شده اضافه کنید.
- ۳- به هر لیوان (حاوی آب و روان ساز)، کائولن یا بالکلی آمیز با درصد پیش روان سازی اضافه کنید.
- ۴- دوغاب ها را هم زده حداقل به مدت یک روز نگهداری نمایید.
- ۵- گرانروی دوغاب ها را به وسیله دستگاه ویسکوزیومتر اندازه بگیرید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۶- پس از گذشت یک هفته گرانروی دوغاب ها را دوباره اندازه بگیرید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۷- با بررسی گرانروی دوغاب ها، هر نمونه ای را که در کل دارای گرانروی کمتری است به عنوان درصد روان ساز مطلوب انتخاب کنید.

- ۱- هنگام کار با خاک یا روان سازها از ماسک و دستکش استفاده کنید.

بهداشتی و ایمنی

- ۲- هنگام هم زدن دوغاب به وسیله همزن آزمایشگاهی، دوغاب به گونه ای هم زده شود که به بیرون و سر و صورت نپاشد.



تنظیم دوغاب

در این مرحله نوع و درصد روان‌ساز، ثابت در نظر گرفته می‌شود و با تغییر دادن درصدهای خاک و آب، دوغاب به گرانی و چگالی معین می‌رسد.



شکل ۱۷- همزن آزمایشگاهی

کار عملی ۷: تنظیم دوغاب

مواد و ابزار: لیوان یا بشر، دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک آزمایشگاهی، نوع روان‌ساز مطلوب انتخاب شده، کائولن یا بالکلی یا آمیز معین، زمان‌سنج و همزن.

شرح فعالیت:

- ۱- لیوان دوغاب با توجه به نتایج تعیین درصد روان‌ساز دوغاب (کار عملی ۶) تهیه کنید.
- ۲- چگالی و گرانی دوغاب‌ها را اندازه‌گیری کنید.
- ۳- چنانچه چگالی دوغاب $1/65$ الی $1/75$ گرم بر سانتی‌متر مکعب نباشد به دوغاب‌ها مقدار مشخصی از کائولن، بالکلی یا آمیز اضافه کنید.
- ۴- دوغاب‌ها را هم زده و چگالی و گرانی آنها را اندازه بگیرید. اگر دوغاب به شرایط مطلوب نرسیده بود دوباره به آن خاک اضافه کنید. این مرحله را آن قدر تکرار کنید تا دوغاب به شرایط مناسب از لحاظ چگالی و گرانی برسد.
- ۵- پس از ۲۴ ساعت گرانی و چگالی دوغاب را اندازه بگیرید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۶- پس از گذشت یک هفته، گرانی و چگالی دوغاب را دوباره اندازه بگیرید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۷- با بررسی‌های دوباره، گرانی و چگالی دوغاب در زمان‌های مطرح شده نباید تغییر چندانی داشته باشد.

فعالیت کارگاهی



تذکر:

دوغابی برای ریخته‌گری مناسب است که چگالی آن $1/65$ تا $1/75$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و گرانیروی (زمان عبور) آن 100 تا 120 ثانیه بیشتر نشود. اگر به دوغاب بیش از درصد مورد نیاز روان‌ساز افزوده شود باعث از بین رفتن خواص رئولوژی آن می‌شود.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۸: تأثیر نامطلوب روان‌ساز بر خاصیت رئولوژی دوغاب در صورت استفاده بیش از حد روان‌ساز

مواد و ابزار: لیوان، دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک آزمایشگاهی، یک نوع روان‌ساز، کائولن یا بالکلی یا آمیز، زمان‌سنج، همزن.

شرح فعالیت:

- ۱- درون ده عدد لیوان 100 گرم آب بریزید.
- ۲- به هر لیوان به میزان 1% تا 10% روان‌ساز به صورت جداگانه بریزید و خوب در آب حل کنید.
- ۳- به هر لیوان حاوی آب و روان‌ساز 150 گرم کائولن یا بالکلی یا آمیز اضافه کنید.
- ۴- دوغاب‌ها را به هم زده و حداقل به مدت یک روز نگهداری نماید.
- ۵- گرانیروی و تیکسوتروپی دوغاب‌ها را به وسیله دستگاه ویسکوزیومتر اندازه بگیرید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۶- پس از یک هفته، گرانیروی و تیکسوتروپی دوغاب‌ها را دوباره اندازه بگیرید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۷- با نتایج به دست آمده، یک منحنی رسم نماید و اثر استفاده بیش از حد روان‌ساز بر خاصیت رئولوژی دوغاب را تعیین کنید.



شکل ۱۸

ارزشیابی نهایی شایستگی تعیین خواص رئولوژی دوغاب

شرح کار:

۱- تعیین درصد آب و خاک دوغاب پیش روان سازی

۲- انتخاب روان ساز مطلوب

۳- تعیین درصد روان ساز دوغاب

۴- تهیه دوغاب مناسب

۵- اندازه گیری گرانروی و تیکسوتروپی دوغاب

استاندارد عملکرد:

تنظیم خواص رئولوژی دوغاب براساس دوغاب مناسب بدنه

شاخص ها:

اندازه گیری گرانروی دوغاب

تعیین تیکسوتروپی دوغاب

تعیین نوع و درصد روان ساز مطلوب برای دوغاب

محاسبه درصد خاک و آب و روان ساز دوغاب

ساخت دوغاب با خواص رئولوژی مناسب

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی

ابزار و تجهیزات: دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک، همزن آزمایشگاهی، بشر، زمان سنج

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین درصد آب و خاک دوغاب پیش روان سازی	۱	
۲	انتخاب روان ساز مطلوب	۱	
۳	تعیین درصد روان ساز دوغاب	۱	
۴	تهیه دوغاب مناسب	۱	
۵	اندازه گیری گرانروی و تیکسوتروپی دوغاب	۲	
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۲	
دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات		*	

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.

پودمان سوم

مدل سازی و ساخت مادر قالب



در طراحی محصول، علاوه بر زیبایی و کارایی، نکات فنی بسیاری در نظر گرفته می شود. طرح محصول ابتدا به صورت نقشه فنی ترسیم شده و سپس مدل واقعی آن ساخته می شود. دقت و صحت نقشه در مدل بررسی شده و سپس قالب گیری و ساخت مادر قالب انجام می شود. امروزه روش های متنوعی برای مدل سازی و ساخت مادر قالب توسعه یافته است.

شایستگی مدل سازی و ساخت مادر قالب

- ۱ در طراحی قطعه چه نکاتی را باید در نظر گرفت؟
- ۲ مدل در ساخت یک قطعه سرامیکی چه اهمیتی دارد؟
- ۳ چگونه می توان طرح قطعه ای را به مدل تبدیل کرد؟

آیا تا به حال
پی برده اید

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت طراحی و ساخت مدل و مادر قالب مورد استفاده در صنایع سرامیک است. توانایی بررسی عوامل مؤثر بر تولید مدل و مادر قالب شامل انقباض، افتادگی حین پخت و همچنین به کارگیری ابزارهای مناسب در این واحد مورد توجه قرار دارد.

استاندارد عملکرد

ساخت مدل و مادر قالب براساس شکل، ابعاد و کاربرد قطعه مورد نظر.

در تصاویر زیر کاربردهای مختلف قالب‌ها در صنایع مختلف نشان داده شده است. در هر یک از این کاربردها چه نکاتی در طراحی قالب باید در نظر گرفته شود؟



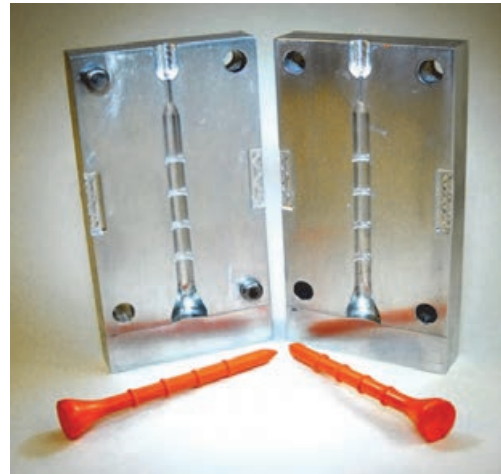
شکل ۲- قالب مورد استفاده در تولید بطری پلاستیکی



شکل ۱- قالب مورد استفاده در تولید دستکش



شکل ۴- قالب مورد استفاده در تهیه کیک



شکل ۳- قالب مورد استفاده در تولید میخ

فکر کنید



نمونه‌های دیگری از کاربردهای قالب را بیان کنید.

هر محصولی فرایند مشخصی را از طراحی تا تولید طی می‌کند تا در انتها مطابق با نیاز و سلیقه مصرف‌کننده عرضه شود. باید دقت داشت که محصولی با طراحی نامناسب حتی با کیفیت و مواد مناسب، نمی‌تواند رضایت مصرف‌کننده را جلب کند.



به نظر شما قطعه زیر از لحاظ طراحی چه ضعف‌هایی دارد؟
چه اصلاحاتی می‌تواند بر بهبود کارایی و زیبایی این قطعه مؤثر باشد؟



شکل ۵



چه نکاتی در طراحی یک قوری بر زیبایی و کارایی آن تأثیرگذار است؟
چه روش‌هایی برای طراحی دقیق‌تر یک محصول پیشنهاد می‌کنید؟

در شکل‌دهی محصولات سرامیکی، پس از طراحی شکل و محاسبات ابعادی نقشه آن، ساخت مدل و مادر قالب از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراحل است.

مراحل ساخت قطعهٔ سرامیکی از طراحی تا تولید محصول به صورت زیر است:

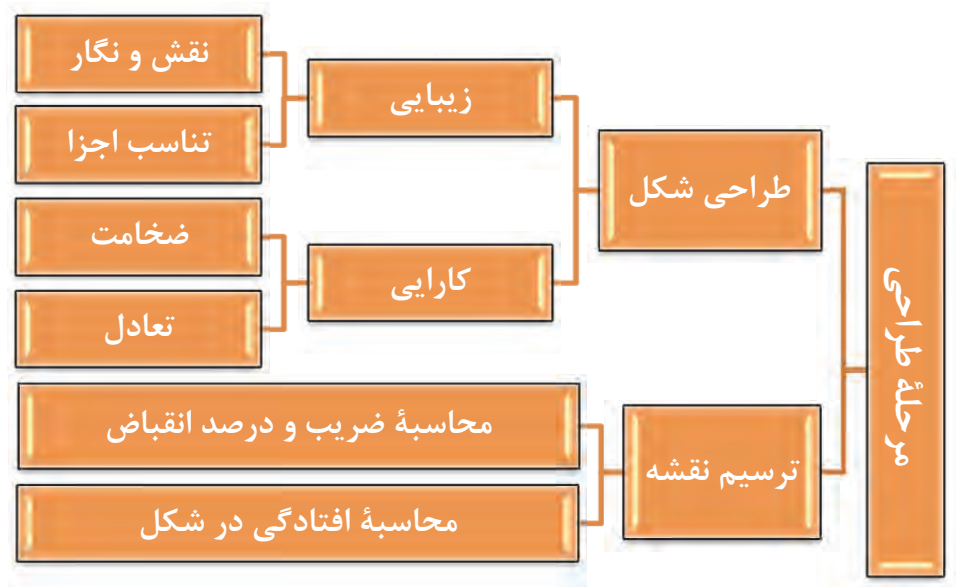


شکل ۶- مراحل ساخت قطعه سرامیکی

در طراحی و ارائهٔ نقشهٔ محصول سرامیکی، به عنوان اولین قدم باید به نکات متعددی توجه شود. طراح باید با در نظر گرفتن موانع فرایندهای تولید در مدل و جنبه‌های زیبایی و کاربردی در محصول، نظر مساعد مصرف‌کننده را جلب نماید. همچنین موارد دیگری مانند نکات ایمنی، بهداشتی، زیست‌محیطی، فنی، فرهنگی، مذهبی و عرف جامعه در طراحی دارای اهمیت هستند.



با بررسی طراحی چند محصول، نیاز و سلیقه در نظر گرفته شده برای مصرف‌کننده را بررسی کنید.



نمودار ۱- مرحله طراحی

باید اجزای محصول، در طراحی با یکدیگر تناسب داشته باشند. برای مثال در طراحی دسته یک سوپ‌خوری باید حجم بدنه آن نیز در نظر گرفته شود.



شکل ۸- قوری با طراحی مدرن



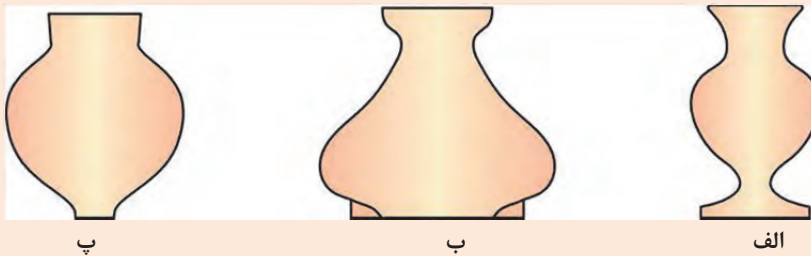
شکل ۷- سوپ‌خوری با اجزای متناسب

در طراحی یک قطعه ممکن است از طرح‌های معمولی استفاده نشود؛ اما تناسب و زیبایی در قطعه دیده شود. همچنین در طراحی قطعه علاوه بر زیبایی، باید به موارد دیگری نیز توجه کرد که در کاربرد آن مشکل ساز نشود. به عنوان مثال قطعاتی که پس از پخت متراکم نمی‌شوند، استحکام کمتری دارند و باید ضخیم‌تر باشند. درحالی که قطعات متراکم‌تر را می‌توان ظریف‌تر و نازک‌تر طراحی کرد. تعادل قطعه در تولید و کاربرد امری بسیار مهم است.

فکر کنید



کدام یک از بدنه‌های زیر پایداری یا تعادل بهتری دارد؟ چرا؟



شکل ۹

به شکل زیر توجه کنید. وجود یک زائده روی دسته قوری به کارکرد راحت‌تر آن کمک می‌کند.



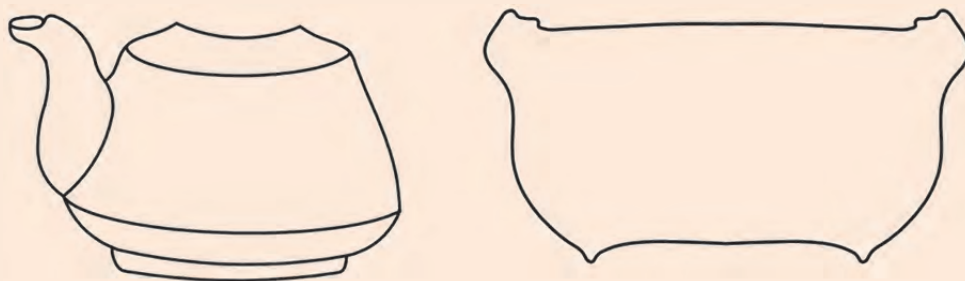
شکل ۱۰- زائده روی دسته قوری



محصولات سرامیکی موجود در منزل را مورد بررسی قرار دهید. آیا محصولی را مشاهده می‌کنید که طراحی آن با توجه به مطالب گفته شده مناسب نباشد؟



در شکل‌های زیر طرح‌هایی ناقص بدون در و دسته مشاهده می‌کنید. بهترین طرح در و دسته را که متناسب با این بدنه‌ها باشند ترسیم کنید.



شکل ۱۱

علاوه بر طراحی محصولی مناسب، ارائه نقشه دوبعدی برای ساخت مدل و قالب نیز ضروری است. بدین منظور باید درصد انقباض پخت و مقدار افتادگی هنگام پخت را محاسبه و در ابعاد لحاظ نمود.



شکل ۱۲

با توجه به ابعاد و ظاهر قطعات، قطعه خام، خشک‌شده و پخت شده را در شکل ۱۲ مشخص کنید. دلیل انقباض و کاهش ابعاد در هر مرحله چیست؟



محاسبات انقباض در طراحی مدل

انقباض کل در قطعات خام متراکم کمتر از قطعات خام متخلخل است، چون کاهش تخلخل عامل اصلی در میزان انقباض است. هرچه دمای پخت افزایش یابد، تخلخل کمتر و انقباض نیز بیشتر می شود. طراح باید با توجه به میزان انقباض کل، ابعاد مدل را محاسبه کند و در نقشه اعمال نماید تا قطعه نهایی پخت شده با ابعاد مورد نظر و مطلوب به دست آید. میزان انقباض آمیزها به دو صورت ضریب انقباض و درصد انقباض گزارش می شود تا در محاسبات نقشه مورد استفاده قرار گیرد.

$$SC = \frac{\text{طول تر}}{\text{طول پخت}} = \frac{L_w}{L_f}$$

$$S_t\% = \frac{\text{طول پخت} - \text{طول تر}}{\text{طول تر}} \times 100 = \frac{L_w - L_f}{L_w} \times 100$$

ارتباط بین درصد انقباض کل و ضریب انقباض کل

$$S_t\% = \left(1 - \frac{1}{\text{ضریب انقباض کل}}\right) \times 100$$

مثال:

۱- طول مدل قطعه ای که طول نمونه پخته شده آن ۱۲۶ میلی متر و ضریب انقباض کل ۱/۱۵ است، را محاسبه کنید.

میلی متر ۱۴۵ = ۱۲۶ × ۱/۱۵ = ابعاد مدل

۲- در صورتی که بخواهیم یک قطعه سرامیکی با طول ۶۵ میلی متر تولید کنیم، اگر درصد انقباض کل آمیز سرامیکی ۱۵ درصد باشد طول مدل را محاسبه کنید.

راه حل: با توجه به درصد انقباض مواد، طول اولیه (طول تر یا L_w) نمونه آزمایش شده ۱۰۰ میلی متر است. بنابراین داریم:

$$SC = \frac{1}{(1 - 0.15)} = 1.18$$

طول مدل عبارت است از:

$$\text{طول مدل} = 65 \times 1.18 = 76.7 \text{ mm} \rightarrow \text{ضریب انقباض کل} \times \text{طول پخت} = \text{طول مدل}$$

نکته



فعالیت کلاسی



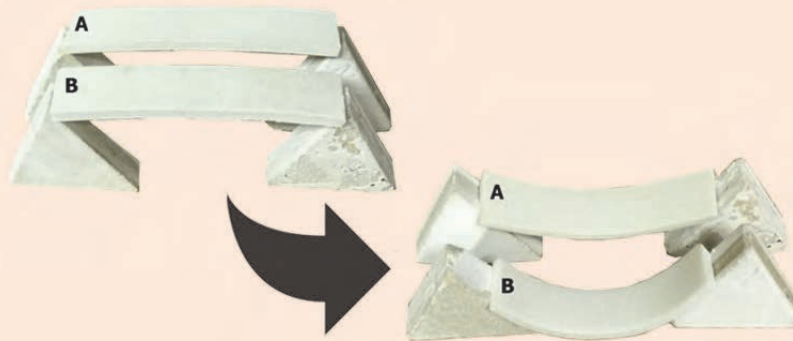
فعالیت کلاسی



ظرف شکل داده شده به روش ریخته‌گری مانند ارتنور که در ۹۰۰ درجه سلسیوس پخت می‌شود، متخلخل بوده و انقباض کلی آن حدود ۱-۳ درصد است. درحالی‌که اگر این قطعه در ۱۱۰۰ درجه سلسیوس پخت شود متراکم‌تر شده و انقباض کل آن حدود ۶-۸ درصد می‌شود.

می‌خواهیم یک گلدان با دهانه‌ای به قطر ۱۵۰ میلی‌متر تولید کنیم، در صورتی‌که درصد انقباض کل مواد مورد استفاده برای ساخت گلدان ۸ درصد باشد، قطر دهانه مدلی را که باید ساخته شود محاسبه کنید.

دو قطعه سرامیکی A و B به صورت زیر، شکل داده شده و در دمای ۱۰۵۰ درجه سلسیوس پخت شدند. کدام یک از قطعه‌ها افتادگی کمتری در مرحله پخت داشته است؟



شکل ۱۳

افتادگی در شکل قطعات حین پخت

در بدنه‌های متراکم، هنگام پخت در جهت گرانز زمین مقداری افتادگی مشاهده می‌شود که می‌تواند روی شکل و اندازه قطعه مؤثر باشد بنابراین در طراحی بشقاب‌های بزرگ، با توجه به وزن و شکل هندسی باید لبه بشقاب را ۳ تا ۴ میلی‌متر بالاتر از مقدار مورد نظر طراحی کرد.

آیا می‌دانید



در طراحی انواع چینی بهداشتی، میزان مصرف آب به طراحی هندسی و شکل محصول بستگی دارد.

پس از طراحی محصول، مدل بر اساس نقشه ارائه شده ساخته می‌شود. مدل، قطعه‌ای است که شکلی مشابه با محصول نهایی دارد ولی ابعاد و جنس آن متفاوت است. در ساخت مدل می‌توان از مواد مختلفی مانند گچ، رزین و پلیمر استفاده کرد. ویژگی اصلی این مواد، تراش‌کاری یا شکل‌دهی راحت آنها است.



شکل ۱۴- مدل محصولات مختلف

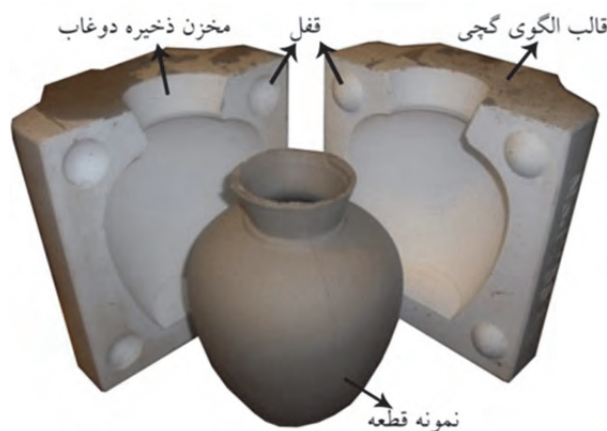
برای سهولت در تراش کاری و شکل دهی مدل های پیچیده می توان آن را به اجزای سازنده مانند در، دسته و لوله تقسیم نموده و هر یک را جداگانه و با روش های مختلفی ساخت.

تحقیق کنید

در رابطه با تکنولوژی های نوین مدل سازی تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



گاهی در مدل سازی، قسمت هایی از قالب مانند سرقالب، توپی یا عدسی نیز با خود مدل ساخته می شود. پس از ساخت مدل، قالبی از آن تهیه می شود که از هر نظر شبیه قالبی است که قرار است در خط تولید به کار رود. این قالب را قالب اولیه یا قالب الگو می نامند. با استفاده از این قالب می توان قطعه نمونه را نیز ریخته گری کرد و با پخت آن دقت و صحت طرح و نقشه ارائه شده را ارزیابی نمود.



شکل ۱۵- قطعه ریخته گری شده در قالب الگو

از قالب الگو، مادر قالب ساخته می‌شود که برای ساخت قالب‌های گچی به تعداد زیاد به کار می‌رود. تمام ویژگی‌های قالب گچی از جمله ضخامت قالب و شکل و اندازه قفل‌ها در این مرحله طراحی و ساخته می‌شود. مادر قالب می‌تواند رزینی، گچی یا فلزی باشد.



شکل ۱۶- مادر قالب گچی

مواد مورد استفاده در ساخت مادر قالب در صنعت سرامیک به سه دسته فلزی، معدنی و آلی تقسیم می‌شوند.



مواد آلی

- رزین‌های الاستیک (سیلیکون رابر)
- رزین‌های سخت (اپوکسی)
- تفلون و انواع پلیمرها
- رزین آرالدیت



مواد معدنی

- گچ
- سیمان



مواد فلزی

- آلومینیوم
- چدن

نکته



گچ از حرارت دادن سنگ گچ (کلسیم سولفات آبدار) و حذف بخشی از آب مولکولی آن به دست می آید. گچ در دو نوع آلفا و بتا می تواند تولید شود. گچ های صنعتی معمولاً دارای مقدار بیشتری از نوع آلفا و گچ ساختمانی دارای مقدار بیشتری از نوع بتا هستند.

جدول ۱- انواع گچ

انواع گچ	گچ آلفا (α)	گچ بتا (β)
کاربرد	شکسته بندی، دندان سازی و مادر قالب	ساختمانی
استحکام	۳۰ (Mpa)	۴ (Mpa)
جذب آب	۲۰٪	۴۰٪
گیرش	سریع	کند

در قالب سازی برای ریخته گری دوغابی معمولاً از ترکیب این دو نوع گچ برای ساخت قالبی با استحکام مطلوب و جذب آب بالا استفاده می شود.

گچ معمولاً با مقدار مشخصی آب مخلوط می شود تا گیرش حاصل شود و ساختار محکم تری به خود گیرد. به طور مشابه رزین های مصرفی عمدتاً از دو جز تشکیل می شوند که یکی از آنها سخت کننده^۱ نام دارد. اضافه کردن سخت کننده به رزین اولیه باعث می شود رزین پس از مدتی سخت شده و ساختار محکمی پیدا کند. از جمله ویژگی های مشترک این مواد قالب سازی می توان به سخت شدن آنها با گذشت زمان اشاره کرد.

نکته



نکته مهم در انتخاب مواد قالب سازی این است که مواد قالب سازی در هنگام گیرش دچار تغییرات ابعادی می شوند بنابراین باید موادی را انتخاب کرد که حداقل تغییرات را داشته باشند.

نکته



در ساخت مادر قالب با مواد رزینی باید دقت داشت که نسبت رزین به سخت کننده که معمولاً توسط شرکت تولید کننده مشخص می شود، با دقت بیشتری کنترل شود.

از شاخص های تأثیر گذار در قالب سازی رزینی دمای محیط است. از آنجایی که سرعت گیرش بیشتر مواد رزینی تابع دمای محیط و دمای قالب است، دمای محیط باید به دقت کنترل شود. معمولاً برای این منظور دمای ۲۲-۲۰ درجه سلسیوس مناسب است.



اگر دمای محیط زیاد باشد، چه مشکلی در هنگام استفاده از رزین‌های قالب‌سازی پیش می‌آید؟



ب) مادر قالب تفلونی بوته



الف) مادر قالب رزینی



ت) مادر قالب آلومینیومی روشویی



پ) مادر قالب گچی دیس چینی

شکل ۱۷- انواع مادر قالب

انواع مواد مورد استفاده ساخت مادر قالب را از نظر اقتصادی و کاربرد مقایسه کرده و ویژگی‌های هر کدام را بیان کنید.



با استفاده از مادر قالب می‌توان قالب‌های گچی را تولید و تکثیر کرده و آنها را در خط تولید برای تولید قطعات نهایی به روش‌های ریخته‌گری دوغابی، جیگر و جولی استفاده نمود. این قالب‌ها که با عنوان قالب گچی نامیده می‌شوند، بعد از مدتی مستهلک شده و باید با قالب‌های نو جایگزین شوند. در برخی موارد برای ساخت قالب علاوه بر گچ، از رزین نیز استفاده می‌شود. قالب‌های رزینی در ریخته‌گری تحت فشار استفاده می‌شوند.

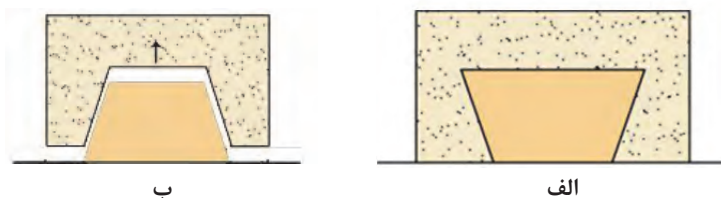
به چه دلیل قالب شکل ۱۸ دو تکه طراحی شده است؟

فکر کنید



شکل ۱۸- قالب گچی

در سطوح شیب‌دار، وجود شیب منفی باعث جلوگیری از خروج قطعه می‌شود.

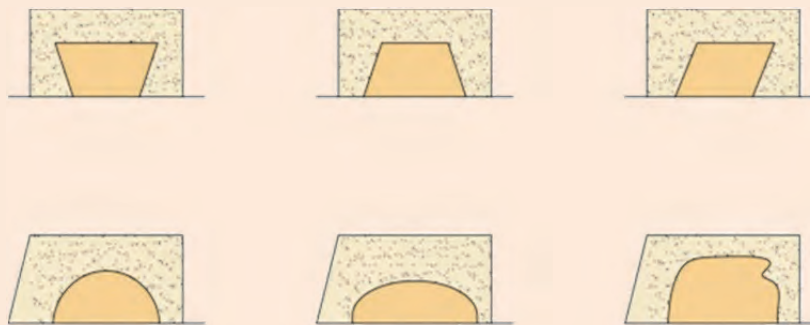


شکل ۱۹- قالب با شیب منفی (ب) قالب با شیب مثبت

چه راه‌حلهایی برای خارج شدن قطعه از قالب در شکل ۱۹ پیشنهاد می‌کنید؟
برای سهولت در خروج قطعه، قالب‌ها را به صورت دو یا چند تکه می‌سازند. سطح تماس بین اجزاء یا قطعات قالب را «سطح جدایش قالب» می‌گویند.

در تصاویر شکل ۲۰ مشخص کنید کدام یک شیب منفی دارند؟

فعالیت کلاسی



شکل ۲۰



در تصاویر شکل ۲۱ سطح جدایش را طوری انتخاب کنید که شیب منفی وجود نداشته باشد. حداکثر چند سطح جدایش می‌توانید انتخاب کنید؟



شکل ۲۱

تفاوت سطح جدایش با محور تقارن چیست؟ آیا هر محور تقارن یک سطح جدایش است؟ آیا هر سطح جدایش لزوماً یک محور تقارن است؟

از رزین‌های الاستیک در ساخت قالب‌هایی استفاده می‌شود که ممکن است شیب منفی داشته و یا انبساط گچ موجب شود که قطعه از قالب به سختی خارج شود.



شباهت‌ها و تفاوت‌های مدل و قطعه نهایی را از لحاظ ابعادی بیان کنید. شباهت‌ها و تفاوت‌های قالب الگو و قالب گچی را بیان کنید. نقش مادر قالب در فرایند تولید محصولات سرامیکی چیست؟

ابزار و تجهیزات مدل‌سازی

جدول ۲- ابزار و تجهیزات مدل‌سازی

		
قطر سنج داخلی	قطر سنج خارجی	کولیس
		
گونیا	انواع مغار	اره دستی برای برش دادن گچ

مدل سازی و ساخت مادر قالب

		
چرخ مدل سازی	سوهان چوب ساب	گیره
		
همزن	ترازو با دقت مناسب	سطل

همزن می تواند اتوماتیک یا دستی باشد. با استفاده از همزن های اتوماتیک، دوغاب یکنواخت تری را می توان تهیه کرد.

در رابطه با سایر وسایل و تجهیزاتی که در مدل سازی کاربرد دارد تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

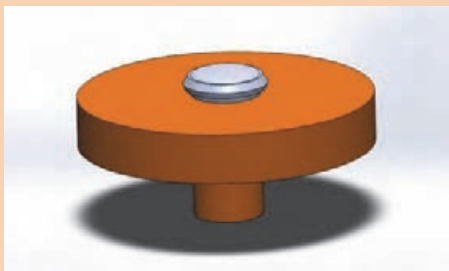
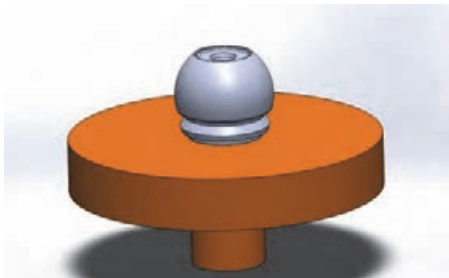
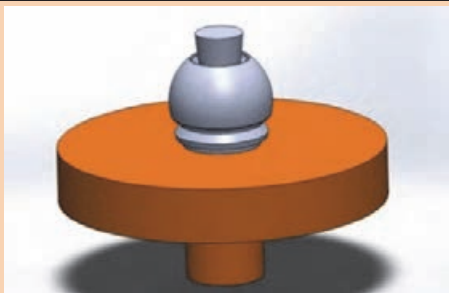
تحقیق کنید



مراحل ساخت مدل یک قوری مشابه شکل ۲۲، عبارت است از:

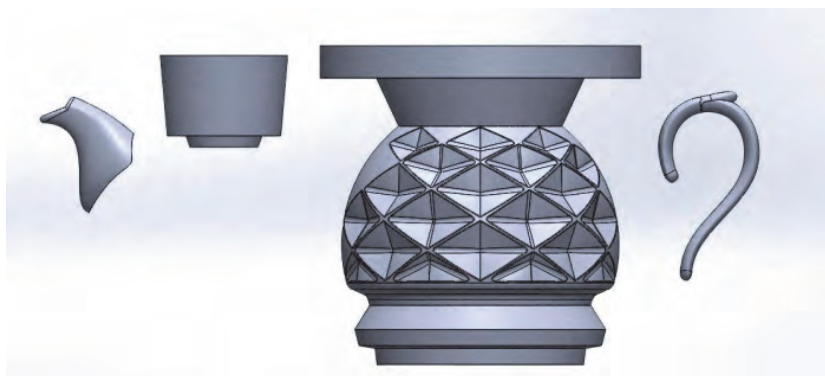


شکل ۲۲- قوری با بدنه طرح دار

ردیف	شرح کار	تصویر
۱	ابتدا نقشه دو بعدی قطعه، مشابه شکل رسم می شود.	
۲	سپس توپی تراشیده می شود.	
۳	بر اساس نقشه کشیده شده، بدنه قوری تراشیده می شود.	
۴	قیف محل ریخته گری را تراشیده و پس از اینکه از روی بدنه جدا شد برای مرحله قالب گیری کنار گذاشته می شود.	
۵	قطعه مطابق شکل تراش داده می شود که به آن «مخروط راهنما» گفته می شود و در قالب گیری مورد استفاده قرار می گیرد.	

ردیف	شرح کار	تصویر
۶	مجموعه از روی چرخ جدا شده و به همین ترتیب «در قوری» تراشیده می شود.	
۷	ابتدا قیف و مخروط راهنما به صورت واژگون روی چرخ تراشیده می شود. سپس در قوری، روی چرخ تراش داده می شود.	
۸	اگر در قوری دارای نقش باشد برای حفظ تقارن، بهتر است در این مرحله نقش اجرا شود.	

قطعاتی مانند دسته و لوله به صورت دستی از گچ ساخته می شوند. اگر بدنه دارای نقش باشد، باید در مرحله آخر اعمال شود. اجزای یک مدل قوری در شکل ۲۳ دیده می شود.



شکل ۲۳- قطعات لازم برای قالب گیری



کار عملی ۱: ساخت مدل مدور (نمکدان، لیوان، فنجان، بوته)

مواد و ابزار: دستگاه چرخ مدل سازی یا خراطی، ابزارهای مدل تراشی، انواع مغار، ترازو، اره دستی، گونیا، کولیس، خط کش، کاردک، سطل یا تشت، همزن، تکه ای لوله پولیکا یا ورق گالوانیزه، سنباده و پوساب، سوهان چوب ساب، گچ، روغن و مواد جداکننده، مواد سخت کننده.

شرح فعالیت:

- ۱- با یک تکه لوله پولیکا یا ورق گالوانیزه روی سر چرخ را قالب بندی کنید.
- ۲- با روغن و مواد جداکننده سطح درونی قالب بندی را کاملاً چرب کنید.
- ۳- با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب تهیه کنید.
- ۴- دوغاب گچ را به آرامی درون قالب بریزید.
- ۵- پس از گیرش گچ، قالب بندی را باز نمایید.
- ۶- مطابق طرح، برای ساخت توپی، مدل و قیف مخروط راهنما، گچ را بتراشید.
- ۷- توپی، مدل و قیف مخروط راهنما را پس از تراشیدن با سنباده و پوساب کاملاً پرداخت نمایید.
- ۸- سطح توپی، مدل و قیف مخروط راهنما را با مواد سخت کننده کاملاً آغشته کنید.
- ۹- با اره دستی توپی، مدل و قیف مخروط راهنما را از چرخ جدا کنید.



- ۱- هنگام وزن نمودن و پاشیدن گچ درون آب ماسک بزنید.
- ۲- وزن دوغاب گچ کاملاً دقیق محاسبه شود تا دوغاب اضافه باقی نماند.
- ۳- برای جلوگیری از پاشش گچ و ورود حباب هوا، دوغاب گچی به آرامی هم زده شود.
- ۴- جهت جلوگیری از ورود خرده های گچ به چشم هنگام تراشیدن گچ حتماً عینک کار بزنید.
- ۵- هنگام تراشیدن گچ از ابزارها و مغارها به درستی استفاده کنید تا باعث آسیب رساندن به شما نشوند.
- ۶- هنگام تراشیدن گچ در اطراف دستگاهها محافظی قرار داده شود تا ذرات گچ باعث کثیفی محیط کارگاه نشوند.
- ۷- دستگاه چرخ مدل سازی حتماً به سیستم ارت وصل باشد.

پس از ساخت مدل، جهت ساخت قالب الگو بر روی سطح آن از جداکننده استفاده می شود.



شکل ۲۴- الگوی گچی با زبانه های پلاستیکی

- پس از ساخت مدل برای تخمین مقدار گچ لازم برای ساخت قالب الگو می توان از روش زیر استفاده کرد:
- ابتدا حجم مورد نظر را محاسبه کرده یا تخمین زده می شود. (حجم به واحد سانتی متر مکعب محاسبه شود).
 - به ازای هر سانتی متر مکعب یک گرم گچ در نظر گرفته شود.

نکته

این روش فقط برای تخمین حدودی مقدار گچ قابل استفاده است.



مثال: در صورتی که بخواهیم یک قطعه به ابعاد $35 \times 50 \times 15$ سانتی متر و به ارتفاع ۱۵ سانتی متر از گچ بسازیم، ابتدا حجم قطعه را محاسبه می کنیم:

$$\text{حجم این مکعب مستطیل} = 35 \times 50 \times 15 = 26250 \text{ cm}^3$$

بنابراین تقریباً ۲۶۲۵۰ گرم گچ برای ساخت این قطعه نیاز خواهیم داشت.
مقدار آب لازم بر اساس نسبت گچ به آب مورد نظر تعیین خواهد شد. به طور مثال اگر نسبت گچ به آب $1/3$ در نظر گرفته شود، آنگاه:

$$\text{مقدار آب لازم} = \frac{26250}{1/3} = 20192 \text{ cm}^3$$

در ساخت دوغاب گچی دقت کنید:

- ۱- ظرف تمیز باشد.
- ۲- گچ الک شده و به آرامی در آب پاشیده شود.
- ۳- دوغاب گچی را آرام مخلوط کنید تا هوا وارد آن نشود.
- ۴- به دوغاب گچی پیش از ریختن در قالب به مدت ۱ تا ۲ دقیقه فرصت داده شود.
- ۵- پس از پر کردن قالب با دوغاب گچی با زدن ضربات آرام به قالب به پخش بهتر و هواگیری دوغاب کمک کنید.
- ۶- زمان مناسب برای باز کردن قالب هنگامی است که با فشردن انگشت دست، دور انگشتان آب جمع نشود.

نکته

هدف از به حال خود گذاشتن گچ به مدت ۱ تا ۲ دقیقه، افزایش گرانیروی گچ است تا از درزهای قالب خارج نشود.



نکته

بهتر است قالب پیش از گرم شدن گچ باز شود.



جداکننده‌ها انواع مختلفی دارند که وظیفه اصلی آنها جدا کردن قالب الگو از مدل یا قالب گچی از مادر قالب است.



برای هر نوع ماده قالب‌گیری، باید از جداکننده مخصوص آن استفاده کرد؛ به‌طور مثال، برای ساخت قالب گچی، از آب صابون یا آب صابون تراشکاری استفاده می‌شود. برای تکثیر قالب‌های گچی از مادر قالب‌های رزینی، از جداکننده‌هایی مانند انواع واکس‌ها یا روغن استفاده می‌شود تا رزین را در خود حل نکند.



شکل ۲۵- اسپری جداکننده سیلیکون

قبل از قالب‌گیری قطعات متخلخل، ابتدا تخلخل‌های سطحی را حذف و سپس جداکننده را اعمال می‌کنیم. به‌طور مثال قطعه یا مدل گچی را با استفاده از لاک الکل یا سیلر می‌پوشانیم.

نکته



در صورتی که تخلخل‌های سطحی مدل باز باشند، چه مشکلی در فرایند قالب‌گیری پیش می‌آید؟

فکر کنید



مراحل قالب گیری از روی مدل

ردیف	توضیحات مرحله	تصویر
۱	با استفاده از کولیس، مداد طراحی و ابزار مناسب با توجه به هندسه شکل قطعه، خط تقارن رسم می شود. سپس با استفاده از یک لوح گچی، مطابق شکل و کمی گل، مدل را در محل مورد نظر مستقر کرده به طوری که خط جدایش هم سطح صفحه گچی باشد.	 
۲	در سمت تویی، فاصله بالای تویی تا صفحه باید نصف قطر آن باشد. در سمت مخروط راهنما نیز، فاصله بالای مخروط راهنما تا صفحه، نصف قطر آن است. برای دسته نیز روی صفحه گچی حفره ای ایجاد می شود تا نیمی از آن بیرون صفحه باشد. فضای خالی بین مدل و صفحه گچی را باید با گل پر کرده تا هم سطح صفحه گچی شود.	
۳	پس از اینکه تمام قسمت ها به خوبی با جداکننده آغشته شد، اطراف مدل با فاصله معینی به کمک تخته یا ورق های پلی اتیلن قالب بندی می شود، سپس داخل آن تا ارتفاع معینی دوغاب گچ ریخته می شود. به این ترتیب اولین قطعه قالب الگو ساخته می شود.	
۴	پس از اینکه گیرش گچ کامل شد، قالب از صفحه جدا می شود در حالی که مدل همراه دسته، تویی و مخروط راهنما در آن قرار دارد.	

ردیف	توضیحات مرحله	تصویر
۵	به کمک مغار، زبانه‌های قالب ایجاد می‌شوند. برای جلوگیری از شکست احتمالی باید دقت کرد زبانه‌های قالب تا حد ممکن بزرگ و کم عمق باشند.	
۶	اطراف تکه قالب گچی ساخته شده همراه مدل، به کمک صفحات تخته‌ای یا پلی‌اتیلنی قالب‌بندی می‌شود. بعد از گچ‌ریزی، دومین قطعه قالب الگو مانند شکل روبه‌رو، روی اولین قطعه ریخته می‌شود.	
۷	قالب را به حالت ایستاده قرار داده و مخروط راهنما خارج می‌شود. سپس قیفی که قبلاً تراشیده شده، روی مدل بدنه قرار داده می‌شود. اکنون درز ایجاد شده، محلی برای ریختن دوغاب داخل قالب خواهد بود.	
۸	با رعایت اولویت، اجزای قالب را یکی پس از دیگری از هم باز کرده تا مدل اولیه از آن بیرون آید و قالب الگو پس از خشک شدن برای ریخته‌گری استفاده شود. پس از ریخته‌گری در قالب الگو و ساخت نمونه‌های مختلف و رفع کلیه مشکلات ریخته‌گری و پخت و انجام اصلاحات احتمالی و اطمینان از حصول نتایج طراحی، نسبت به ساخت مادر قالب اقدام می‌شود.	



مشخص کنید هر یک از بدنه های سرامیکی زیر با استفاده از چه نوع قالبی و با چه روشی تولید می شوند؟

جدول ۳

قطعه	قالب و روش	قطعه	قالب و روش
دیس چینی		قوری	
روشویی		نعلبکی	
بشقاب گرد		فنجان دسته دار	



می توان از طلق، فیلم های رادیولوژی یا ورق های یونولیت، به جای تراشیدن ورقه گچی استفاده کرد که سرعت کار را بسیار افزایش داده و از لحاظ اقتصادی نیز به صرفه است.

مشخصات یک قالب مطلوب

- ۱- تعداد تکه های قالب کم باشد.
- ۲- در صورت امکان، سطح جدایش ها طوری انتخاب شود که در قطعه نهایی، مشاهده نشود.
- ۳- از حداقل مقدار گچ استفاده شود تا قالب سبک باشد.
- ۴- وضعیت قالب روی میز ریخته گری و تعادل قالب ها هنگام روی هم چیده شدن در نظر گرفته شود.
- ۵- تخلیه دوغاب از قالب ریخته گری به راحتی صورت گیرد.
- ۶- درزبندی و جفت بودن تکه های قالب به صورتی که دوغاب به سطح جدایش نفوذ نکند، رعایت شود.
- ۷- یکنواخت بودن ضخامت قالب برای خشک شدن و جذب آب برابر، در نظر گرفته شود.



شکل ۲۷- قالب قوری درزبندی شده



شکل ۲۶- قالب بدنه ی یک قوری



کار عملی ۲: ساخت قالب الگو از مدل مدور «نمکدان، لیوان، فنجان، بوتله»

مواد و ابزار: صفحات سنگی یا شیشه‌ای یا پلی‌اتیلنی، ترازو، اره دستی، گونیا، کولیس، خط‌کش، کاردک، سطل و تشت، همزن، سنباده و پوساب، سوهان چوب‌ساب، گچ، روغن و مواد جداکننده، مدل گچی.

شرح فعالیت:

- ۱- با کشیدن خط تقارن روی مدل، آن را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید.
- ۲- سطح مدل را با روغن و مواد جداکننده آغشته کنید.
- ۳- روی میز کار کاملاً صاف و تراز شود، سپس مدل را روی چند تکه گل به صورت کاملاً تراز قرار دهید.
- ۴- اطراف مدل را با فاصله‌های معین به میزان ضخامت مورد نظر برای قالب، با صفحات سنگی یا شیشه‌ای یا پلی‌اتیلنی قالب‌بندی کنید.
- ۵- با روغن و مواد جداکننده سطح درونی قالب‌بندی را آغشته کنید.
- ۶- با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب برای قالب را بسازید.
- ۷- دوغاب گچ را به آرامی درون قالب تا خط تقارن‌های کشیده شده بریزید.
- ۸- پس از گیرش گچ، بر روی سطح زیر قالب گچی تهیه شده، زبانه‌های قالب را ایجاد کنید.
- ۹- پس از تمیز نمودن، سطح زیر قالب و مدل را با روغن و مواد جداکننده آغشته کنید.
- ۱۰- با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب برای قالب را بسازید.
- ۱۱- دوغاب گچ را به آرامی درون قالب‌بندی تا ارتفاعی که بر روی مدل، به ضخامت مورد نظر برای قالب برسد، بریزید.
- ۱۲- پس از گیرش گچ، قالب‌بندی را باز نمایید.
- ۱۳- مجموعه ساخته شده را از میز جدا نموده و از طرف قالب گچی روی میز قرار دهید سپس تکه زیر قالب و گل‌ها را جدا کرده و اطراف آن را مجدداً قالب‌بندی کنید.
- ۱۴- با مواد جداکننده سطح درونی قالب‌بندی، مدل و قالب گچی را آغشته کنید.
- ۱۵- با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب برای قالب را بسازید.
- ۱۶- دوغاب گچ را به آرامی درون قالب‌بندی تا ارتفاعی که بر روی مدل، به ضخامت مورد نظر برای قالب برسد، بریزید.
- ۱۷- پس از گیرش گچ، قالب‌بندی را باز نمایید.
- ۱۸- دو تکه قالب‌ها را از هم و از مدل جدا کنید.



- ۱- هنگام وزن نمودن و پاشیدن گچ درون آب ماسک بزنید.
- ۲- وزن دوغاب گچ کاملاً دقیق محاسبه شود تا دوغاب اضافه نیاید.
- ۳- برای جلوگیری از پاشش گچ و ورود حباب هوا دوغاب گچی به آرامی هم زده شود.
- ۴- جهت جلوگیری از ورود خرده‌های گچ به چشم هنگام تراشیدن گچ حتماً عینک کار بزنید.
- ۵- هنگام تراشیدن گچ از ابزارها و مغارها به درستی استفاده کنید تا باعث آسیب رساندن به شما نشوند.
- ۶- هنگام تراشیدن گچ در اطراف دستگاه‌ها محافظی قرار داده شود تا ذرات گچ باعث کثیفی محیط کارگاه نشوند.
- ۷- دستگاه چرخ مدل‌سازی حتماً به سیستم ارت وصل باشد.



کار عملی ۳: ساخت قالب الگو از مدل با اشکال هندسی غیر مدور مانند «جامدادی، گلدان کوچک رومیزی، جاشمعی، جاکلیدی»

مواد و ابزار: صفحات سنگی یا شیشه‌ای یا پلی‌اتیلنی، ترازو، اره دستی، گونیا، کولیس، خط‌کش، کاردک سطل و تشت، همزن، سنباده و پوساب، سوهان چوب ساب، گچ، روغن و مواد جداکننده، مدل گچی.

شرح فعالیت:

- ۱- با کشیدن خط تقارن روی مدل، مدل را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید.
- ۲- سطح مدل را با روغن و مواد جداکننده آغشته کنید.
- ۳- روی میز کار کاملاً صاف و تراز شود سپس مدل را روی چند تکه گل به صورت کاملاً تراز قرار دهید.
- ۴- اطراف مدل را با فاصله‌های معین به میزان ضخامت مورد نظر برای قالب، با صفحات سنگی یا شیشه‌ای یا پلی‌اتیلنی قالب‌بندی کنید.
- ۵- با روغن و مواد جداکننده سطح درونی قالب‌بندی را آغشته کنید.
- ۶- با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب برای قالب را بسازید.
- ۷- دوغاب گچ را به آرامی درون قالب تا خط تقارن‌های کشیده شده بریزید.
- ۸- پس از گیرش گچ، بر روی سطح زیر قالب گچی تهیه شده، زبانه‌های قالب را ایجاد کنید.
- ۹- پس از تمیز نمودن، سطح زیر قالب و مدل را با روغن و مواد جداکننده آغشته کنید.
- ۱۰- با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب برای قالب را بسازید.
- ۱۱- دوغاب گچ را به آرامی درون قالب‌بندی تا ارتفاعی که بر روی مدل، به ضخامت مورد نظر برای قالب برسد، بریزید.
- ۱۲- پس از گیرش گچ، قالب‌بندی را باز نمایید.
- ۱۳- مجموعه ساخته شده را از میز جدا نموده و از طرف قالب گچی روی میز قرار دهید سپس تکه زیر قالب و گل‌ها را جدا کرده و اطراف آن را مجدداً قالب‌بندی کنید.
- ۱۴- با مواد جداکننده سطح درونی قالب‌بندی، مدل و قالب گچی را آغشته کنید.
- ۱۵- با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب برای قالب را بسازید.
- ۱۶- دوغاب گچ را به آرامی درون قالب‌بندی تا ارتفاعی که بر روی مدل، به ضخامت مورد نظر برای قالب برسد، بریزید.
- ۱۷- پس از گیرش گچ، قالب‌بندی را باز نمایید.
- ۱۸- دو تکه قالب‌ها را از هم و از مدل جدا کنید.



- ۱- هنگام وزن نمودن و پاشیدن گچ درون آب ماسک بزنید.
- ۲- وزن دوغاب گچ کاملاً دقیق محاسبه شود تا دوغاب اضافه نیاید.
- ۳- جهت جلوگیری از خطر سرخوردن، از ریخته شدن دوغاب گچی بر روی کف کارگاه خودداری کنید.
- ۴- جهت جلوگیری از پاشش دوغاب گچی آن را به آرامی هم بزنید.
- ۵- موقع تراشیدن گچ حتماً عینک کار بزنید تا خرده‌های گچ به چشم شما آسیبی نرسانند.
- ۶- جهت جلوگیری از آسیب رسیدن، هنگام تراشیدن گچ از ابزارها به درستی استفاده کنید.
- ۷- هنگام تراشیدن گچ در اطراف میز محافظی قرار داده شود تا ذرات گچ باعث کثیفی محیط کارگاه نشوند.
- ۸- برای صرفه‌جویی و کمتر شدن ضایعات و کاهش آلودگی زیست‌محیطی، در دوغاب زیر قالب می‌توان از ضایعات و خرده تراش‌های گچ به‌عنوان پشت قالب استفاده نمود.
- ۹- هنگام استفاده از وسایل و ابزارهای تیز و برنده دقت کافی داشته باشید.
- ۱۰- موارد ایمنی را هنگام تمیز کردن سطوح رعایت نمایید.
- ۱۱- از ریختن باقیمانده گچ در محیط زیست خودداری کنید.
- ۱۲- قبل از گیرش گچ، ابزار و وسایل آغشته به دوغاب گچی را بشویید.

پس از انجام اصلاحات لازم بر روی قالب الگو، اقدام به تهیهٔ مادر قالب از بخش‌های مختلف آن به‌طور مجزا می‌شود.



(ب) مادر قالب



(الف) قالب الگو

شکل ۲۸

در این قسمت تنها به بررسی فرایند ساخت یکی از قطعات مادر قالب می پردازیم.

جدول ۴

ردیف	عنوان	شکل
۱	ابتدا ضخامت قالب گچی با استفاده از ابزار برش تعیین می شود.	
۲	قالب را به پشت، روی صفحه خوابانده و اولین قسمت مادر قالب یعنی قسمتی که بالای قالب گچی را شکل خواهد داد، ساخته می شود (قسمت قرمز رنگ). برای این کار حتماً تمام سطوح قالب الگو با سیلر و جداکننده پوشش داده شده و پس از ریختن گچ و تماس با آن، باید دقت شود که قطعات از جای خود حرکت نکنند.	
۳	قسمت زیر قالب نیز در طرف تویی که با گچ تراشیده و نصف شده است، با گل، (قسمت زرد رنگ) پر می شود. سپس قطعه ای از مادر قالب ساخته می شود که پشت قالب را شکل می دهد. این قطعه می تواند از دو قطعه در کنار هم یا یک تکه ساخته شود.	
۴	کل مجموعه را برگردانده و گلی که در زیر قالب سمت تویی بود برداشته می شود. سپس زبانه های قطعات مادر قالب ایجاد می شوند.	
۵	سپس اصلی ترین قطعه مادر قالب ریخته می شود. برای ساخت سایر قسمت های مادر قالب، مانند قطعه جلویی و قطعات پشتی نیز به ترتیب ابتدا گچ جدا شده و جای خالی آن با رزین پر می شود.	
۶	قطعات مادر قالب توسط فشار باد و در صورت نیاز با ضربات آرام چکش لاستیکی از هم جدا می شوند. در نهایت قالب الگو از آن جدا می شود.	
۷	به این ترتیب مادر قالب برای ساخت یک تای قالب گچی بدنه ساخته می شود.	



در هنگام خارج کردن بخش‌های قالب الگو از مادر قالب باید دقت کرد به مادر قالب صدمه‌ای وارد نشود.



تعداد قطعات مادر قالب موجود در کارگاه را شمرده و با تعداد قطعات قالب مقایسه کنید.



کار عملی ۴: ساخت مادر قالب

مواد و ابزار: صفحات سنگی یا شیشه‌ای یا پلی‌اتیلن، ترازو، اره دستی، گونیا، کولیس، خط‌کش، کاردک، سطل و تشت، همزن، سنباده و پوساب، سوهان چوب ساب، گچ، روغن و مواد جداکننده، تکه‌های قالب الگو

شرح فعالیت:

- ۱- با کشیدن خط روی تکه‌های قالب الگو، آن را تقسیم‌بندی کنید.
- ۲- سطح تکه‌های قالب را با روغن و مواد جداکننده آغشته کنید.
- ۳- تکه قالب الگو را از سمتی که قرار است بعد از ساخت مادر قالب در آن دوغاب گچ ریخته شود روی میز کار کاملاً صاف و تراز شده، به صورت کاملاً تراز قرار دهید.
- ۴- اطراف تکه قالب الگو را با صفحات سنگی یا شیشه‌ای یا پلی‌اتیلن با فاصله‌های معین به میزان ضخامت مورد نظر برای قالب، قالب‌بندی کنید.
- ۵- با روغن و مواد جداکننده سطح درونی قالب‌بندی را آغشته کنید.
- ۶- با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب برای مادر قالب بسازید.
- ۷- دوغاب گچ را به آرامی درون قالب تا خط تقارن‌های کشیده شده، بریزید.
- ۸- پس از گیرش گچ، بر روی سطح قالب گچی تهیه شده قفل‌های قالب را ایجاد کنید.
- ۹- پس از تمیز نمودن، سطح قالب و تکه قالب را با روغن و مواد جداکننده آغشته کنید.
- ۱۰- دوغاب گچی مناسب با نسبت معینی از گچ و آب را برای مادر قالب بسازید.
- ۱۱- دوغاب گچ را تا ارتفاعی که بر روی تکه قالب الگو، به ضخامت مورد نظر برای مادر قالب برسد به آرامی درون قالب‌بندی بریزید و با زدن ضربه‌های آرام هواگیری کنید.
- ۱۲- بر اساس مراحل بالا متناسب با تعداد تکه‌های مادر قالب و از تکه قالب‌های الگو مادر قالب ساخته شود.
- ۱۳- پس از گیرش گچ، قالب‌بندی را باز نمایید.
- ۱۴- مجموعه ساخته شده را از میز جدا نموده و پس از پرداخت، قطعات مادر قالب را با رعایت اجزا روی هم چفت و بست کنید و در خشک‌کن با دمای ۴۵ الی ۵۵ درجه سلسیوس با سرعتی بسیار آهسته خشک کنید.



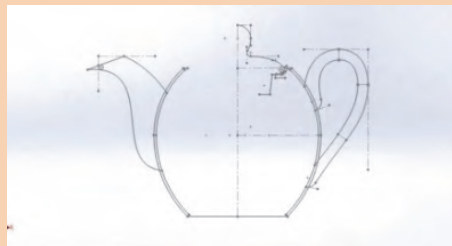
- ۱- هنگام وزن کردن و پاشیدن گچ درون آب ماسک بزنید.
- ۲- وزن دوغاب گچ کاملاً دقیق محاسبه شود تا دوغاب اضافه نیاید.
- ۳- جهت جلوگیری از خطر سرخوردن از ریخته شدن دوغاب گچی کف کارگاه خودداری کنید.
- ۴- جهت جلوگیری از پاشش دوغاب گچی آن را به آرامی هم بزنید.
- ۵- موقع تراشیدن گچ حتماً عینک کار بزنید تا خرده‌های گچ به چشم شما آسیبی نرسانند.
- ۶- جهت جلوگیری از آسیب رسیدن، هنگام تراشیدن گچ از ابزارها به درستی استفاده کنید.
- ۷- هنگام تراشیدن گچ در اطراف میز محافظی قرار داده شود تا ذرات گچ باعث کثیفی محیط کارگاه نشوند.
- ۸- برای صرفه‌جویی و کمتر شدن ضایعات و کاهش آلودگی زیست‌محیطی، در دوغاب زیر قالب می‌توان از ضایعات و خرده تراش‌های گچ به عنوان پشت قالب استفاده نمود.
- ۹- هنگام استفاده از وسایل و ابزارهای تیز و برنده دقت کافی داشته باشید.
- ۱۰- موارد ایمنی را هنگام تمیز کردن سطوح رعایت نمایید.
- ۱۱- از ریختن باقیمانده گچ در محیط زیست خودداری کنید.
- ۱۲- قبل از گیرش گچ، ابزار و وسایل آغشته به دوغاب گچی را بشویید.



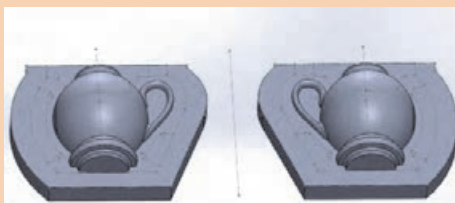
امروزه با استفاده از نرم‌افزارهای طراحی سه‌بعدی و دستگاه‌های تراش اتوماتیک مانند CNC می‌توان بدون ساختن مدل و قالب الگو، مادر قالب را ساخت و به روند کار سرعت بخشید. در این روش ابتدا در محیط نرم‌افزار، طرح دوبعدی قطعه ترسیم و سپس به طرحی سه‌بعدی تبدیل می‌شود. مادر قالب قسمت‌های مختلف قطعه مانند بدنه، دسته و لوله به صورت مجزا و سه‌بعدی در محیط نرم‌افزار و با در نظر گرفتن زبانه‌ها طراحی می‌شود. با تعریف کردن نقطه مبدأ دستگاه تراش با توجه به طرح داده شده شروع به تراش دادن و براده‌برداری از بلوک آلومینیومی و ساختن مادر قالب‌ها می‌کند.



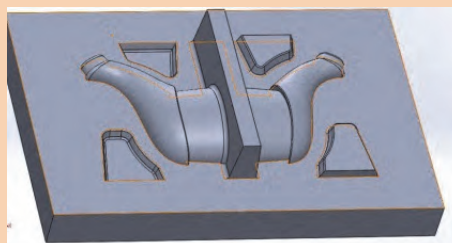
(ب) حجم دادن به طرح



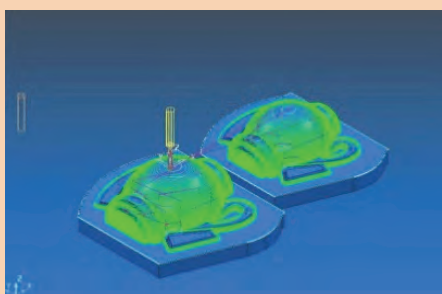
(الف) ترسیم دوبعدی



(ت) طراحی مادر قالب بدنه قوری



(پ) طراحی مادر قالب لوله قوری



(ج) تعریف نقطه مبدأ برای تراش کاری



(ث) تکمیل طراحی

شکل ۲۹

امروزه مانند صنایع دیگر که از نرم‌افزارهای مختلف برای طراحی و تراش استفاده می‌کنند، در صنایع سرامیک هم از این نرم‌افزارها استفاده می‌شود.

ارزشیابی نهایی شایستگی مدل سازی

<p>شرح کار:</p> <p>۱- طراحی مدل</p> <p>۲- ساخت مدل</p> <p>۳- ساخت قالب الگو</p> <p>۴- ساخت مادر قالب</p>																															
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>ساخت مدل و مادر قالب براساس شکل، ابعاد و کاربرد قطعه مورد نظر</p>																															
<p>شاخص ها:</p> <p>طراحی قالب با توجه به زیبایی، نوع قطعه و کاربرد آن، درصد انقباض قطعه در قالب، نیاز مصرف کننده و قابلیت تولید انتخاب صحیح و مناسب سطح جدایش</p> <p>ساخت مدل بر اساس نقشه ارائه شده (تراشکاری و شکل دهی)</p>																															
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی</p> <p>ابزار و تجهیزات: ترازو، همزن، الک، دستگاه چرخ مدلور، ابزارهای مدل تراشی، ابزار اندازه گیری، لوله پولیکا یا ورق گالوانیزه، ابزار پرداخت، گچ، مواد جداکننده، مواد سخت کننده.</p>																															
<p>معیار شایستگی:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th><th>مرحله کار</th><th>حداقل نمره قبولی از ۳</th><th>نمره هنرجو</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td><td>تراشیدن مدل</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td>۲</td><td>انتخاب سطح جدایش مناسب</td><td>۱</td><td></td></tr> <tr> <td>۳</td><td>انجام مراحل ساخت قالب الگو از روی مدل و قالب بندی</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td>۴</td><td>پرداخت و خشک کردن مادر قالب</td><td>۱</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>میانگین نمرات</td><td></td><td>*</td></tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	تراشیدن مدل	۲		۲	انتخاب سطح جدایش مناسب	۱		۳	انجام مراحل ساخت قالب الگو از روی مدل و قالب بندی	۲		۴	پرداخت و خشک کردن مادر قالب	۱			شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲			میانگین نمرات		*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																												
۱	تراشیدن مدل	۲																													
۲	انتخاب سطح جدایش مناسب	۱																													
۳	انجام مراحل ساخت قالب الگو از روی مدل و قالب بندی	۲																													
۴	پرداخت و خشک کردن مادر قالب	۱																													
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲																													
	میانگین نمرات		*																												

پودمان چهارم

قالب‌سازی



برای تولید انبوه و مشابه بدنه‌های سرامیکی در خط تولید باید از مادر قالب، قالب‌های کار تهیه شود. قالب‌هایی که در صنعت برای شکل‌دهی استفاده می‌شوند انواع گوناگونی دارند که با توجه به قطعه نهایی و ویژگی‌های مورد نظر انتخاب می‌شوند. در صنعت سرامیک قالب‌های گچی برای شکل‌دهی بدنه‌ها کاربرد بیشتری دارند.

شایستگی قالب‌سازی و یادگیری مهارت آن

آیا تا به حال
پی برده‌اید

۱ کاربرد قالب چیست؟

۲ چرا گچ کاربرد زیادی در قالب‌گیری دارد؟

۳ تولید و تکثیر قالب گچی چگونه انجام می‌شود؟

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت تولید و تکثیر قالب‌هایی است که در خط تولید ریخته‌گری دوغابی و جیگر و جولی کاربرد دارند. همچنین کسب مهارت آماده‌سازی مادر قالب، دوغاب گچی و قالب‌سازی در این واحد در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

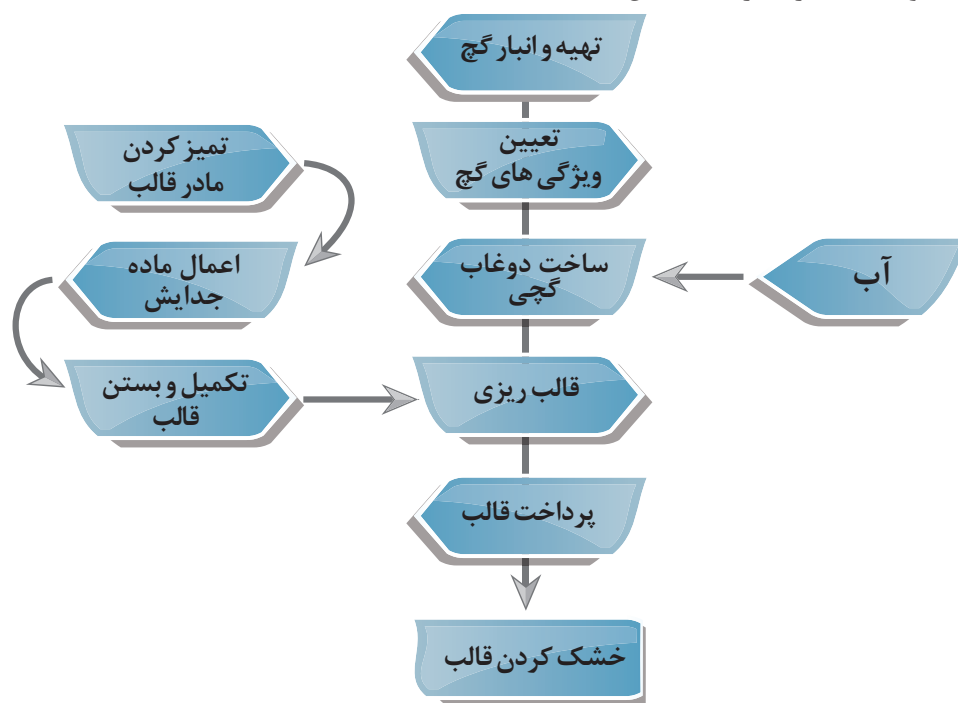
انجام آزمون‌های تعیین ویژگی‌های گچ مطابق با استاندارد ملی ایران و ساخت قالب گچی براساس مادر قالب

هر یک از تصویرهای شکل ۱ به چه مطلبی اشاره دارد؟



شکل ۱

در نمودار ۱ فرایند تولید قالب از مادر قالب نشان داده شده است.



نمودار ۱

برای ساخت قالب، به دوغاب گچی باید خواص مطلوب نیاز است. بنابراین برای آماده ساختن قالبی با کیفیت مناسب، باید عوامل مؤثر بر کیفیت قالب را شناخت و آنها را مورد آزمایش و بررسی قرار داد.



نمودار ۲

تعیین ویژگی‌های گچ

نسبت گچ به آب

در قالب‌سازی، نسبت گچ به آب عامل بسیار مهمی به شمار می‌رود. برای ساختن قالب، دوغاب گچ باید سیالیت مناسبی داشته باشد. سیالیت کم باعث ایجاد مشکل در ساخت قالب می‌شود و سیالیت زیاد (ناشی از آب بیش از حد دوغاب گچی) باعث کاهش کیفیت قالب می‌شود. انتخاب نسبت مناسب گچ به آب، سیالیت مناسب دوغاب را فراهم می‌کند. برای به دست آوردن این نسبت، ابتدا نیاز به تعیین بیشینه نسبت گچ به آب است.

$$\text{نسبت گچ به آب} = \frac{\text{وزن گچ}}{\text{وزن آب}}$$

اثر افزایش نسبت گچ به آب بر ویژگی گیرش گچ و قالب حاصل از آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱

سیالیت دوغاب گچی	سرعت گیرش	انبساط گیرش	تخلخل	استحکام	
↓	↑	↑	↓	↑	افزایش نسبت گچ به آب



به چه دلیل با افزایش نسبت گچ به آب تخلخل‌های قالب تولید شده کاهش می‌یابد؟

۱- اگر در دوغابی ۷۵۰ گرم گچ با ۵۴۰ گرم آب مخلوط شده باشد، نسبت گچ به آب دوغاب گچی را محاسبه کنید.

۲- در تهیه یک دوغاب گچی از نسبت گچ به آب ۱/۳۳ استفاده شده است. چنانچه در ساخت دوغاب از ۲ کیلوگرم آب استفاده شده باشد، مقدار گچ را به دست آورید.

کار عملی ۱: به دست آوردن بیشینه نسبت گچ به آب

مواد و ابزار: بشر به حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری، همزن دستی یا الکتریکی، ترازو با دقت یک گرم، زمان سنج، پودر گچ قالب‌سازی یا ساختمانی.

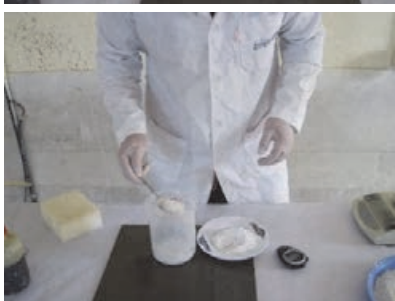
شرح فعالیت:

۱- ابتدا ۲۵۰ گرم پودر گچ را وزن کنید.

(در صورت در دسترس نبودن گچ قالب‌سازی می‌توانید از گچ ساختمانی الک شده استفاده کنید)

۲- ۱۰۰ میلی‌لیتر (گرم) آب را پیمانه کرده یا ۱۰۰ گرم آب را وزن نموده و داخل بشر بریزید.

۳- به آرامی گچ را به قسمت مرکزی ظرف آب اضافه کنید به طوری که به اطراف پخش نشود.





۴- افزودن گچ را ادامه دهید تا مخروطی از پودر گچ به ارتفاع تقریبی ۳ تا ۵ میلی‌متر در وسط سطح آب ظاهر شود (زمان افزودن گچ ۴ دقیقه باشد). اگر در حین پاشیدن پودر گچ مقداری از آن داخل سینی ریخت، آن را به پودر گچ مصرف نشده افزوده و سپس آن را جهت تعیین گچ باقی‌مانده وزن کنید.

آزمایش	گچ مصرفی (g)	آب مصرفی (ml)	نسبت گچ به آب
۱		۱۰۰	
۲		۱۰۰	
۳		۱۰۰	

۵- با کم کردن مقدار گچ باقی‌مانده از ۲۵۰ گرم مقدار اولیه، مقدار پودر گچ مصرف شده برای تعیین بیشینه نسبت گچ به آب به دست می‌آید. نتایج را در جدولی مشابه جدول مقابل ثبت کنید.



۶- پس از طی مراحل ۱ تا ۵، مخلوط گچ و آب داخل بشر را به وسیله همزن به خوبی مخلوط کنید. سپس آن را روی سطح صاف (شیشه‌ای) کاملاً تمیز تخلیه کنید. سپس رفتار دوغاب گچی را از لحاظ جاری شدن مشاهده و بررسی کنید.



نکته: معمولاً دوغاب گچ به دست آمده به دلیل سیالیت کم، رفتاری شبیه عسل از خود نشان می‌دهد و به سختی جریان پیدا می‌کند. اگر دوغاب چنین رفتاری نداشت، در پاشیدن پودر گچ دقت کافی نشده و از پودر گچ بیشتر یا کمتر از حد مجاز در ساخت دوغاب استفاده شده است.

محاسبه بیشینه نسبت گچ به آب

برای تعیین بیشینه نسبت گچ به آب از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\text{وزن گچ مصرف شده} = \frac{\text{بیشینه نسبت گچ به آب}}{\text{وزن آب}}$$

پس از تعیین بیشینه نسبت گچ به آب که معمولاً برای گچ قالب سازی حدود $1/6 - 1/5$ است می‌توان به نسبت گچ به آب کاربردی دست یافت. نسبت گچ به آب کاربردی برای گچ قالب‌سازی معمولاً در محدوده $1/4 - 1/2$ قرار دارد.

۱- هنگام کار با گچ از دستکش و ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.

۲- جهت جلوگیری از ایجاد گرد و غبار، گچ را به آرامی به آب اضافه کنید.

۳- ظروف آغشته به دوغاب گچی را بلافاصله با آب بشویید.

۴- برای جلوگیری از ورود گچ به سیستم فاضلاب، قبل از شستن ظروف ابتدا گچ اضافی را در ظرف مناسب پسماند تخلیه کنید.

نکات ایمنی و
بهداشتی

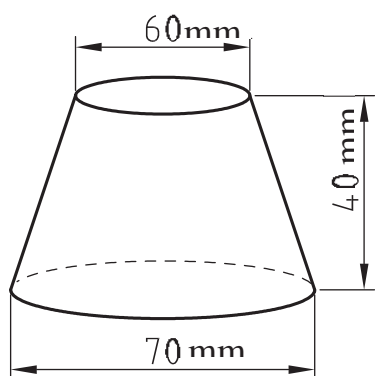


نکته



برای افزایش استحکام قالب گچی، برای مثال برای قالب‌های دستگاه جیگر و جولی از نسبت گچ به آب بیشتر (حدود $1/3$ و بالاتر) استفاده می‌شود. برای افزایش تخلخل در قالب گچی به خصوص در ریخته‌گری دوغابی که تخلخل قالب نقش مهمی دارد، نسبت گچ به آب متوسط ($1/3 - 1/2$) استفاده می‌شود. به صورت تجربی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نسبت گچ به آب کاربردی تقریباً $1/1$ الی $2/2$ کمتر از بیشینه نسبت گچ به آب انتخاب می‌شود. با رعایت این قانون تجربی، دوغاب گچی از سیالیت مناسبی برای ریختن داخل مادر قالب و ساخت قالب گچی برخوردار است.

به میزان روانی دوغاب گچی سیالیت گفته می‌شود. سیالیت دوغاب گچی، در تولید قالب‌ها بسیار اهمیت دارد. در صورت کم بودن سیالیت دوغاب گچی، پر کردن زوایای قالب و انتقال نقش به خوبی انجام نشده و حباب‌های بسیار زیادی در قالب گچی ایجاد می‌شود. در صورتی که سیالیت بسیار زیاد باشد دوغاب گچی از زوایای مادر قالب به بیرون نفوذ می‌کند. برای سنجش سیالیت، از حلقه ویکات استفاده می‌شود. این حلقه از جنس پلاستیک یا فلز به شکل مخروط ناقص است و شکل و ابعاد آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ - حلقه ویکات

۷- تعیین
میانگین قطر
دایره به دست
آمده از دوغاب

۶- برداشتن
حلقه ویکات
بلافاصله پس از
پر شدن حلقه از
دوغاب

۵- ریختن
دوغاب آماده
شده داخل حلقه
ویکات

۴- رها کردن
دوغاب گچی به
مدت ۱ دقیقه

۳- هم زدن به
مدت ۱ دقیقه
با همزن برقی
یا دستی

۲- توقف ۳۰
ثانیه ای بعد از
پاشیدن گچ در
آب

۱- پاشیدن
کل پودر گچ
به داخل آب
در ۳۰ ثانیه

نمودار ۳- مراحل تعیین سیالیت دوغاب با حلقه ویکات



کار عملی ۲: سنجش سیالیت دوغاب گچی

مواد و ابزار: بشر به حجم ۵۰۰ میلی لیتر، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری، همزن دستی یا برقی، ترازو با دقت ۱ گرم، حلقه ویکات، پودر گچ قالب سازی یا ساختمانی، شیشه تخت به ابعاد تقریبی $40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ ، ماده جدا کننده و قلم مو، خط کش مدرج و زمان سنج.

نکته: با مشخص شدن بیشینه نسبت گچ به آب پودر گچ موجود در کارگاه، امکان اندازه گیری سیالیت و تعیین نسبت گچ به آب مناسب دوغاب های ساخته شده با آن وجود دارد.

شرح فعالیت:



۱- ابتدا سطح شیشه و سطح داخلی حلقه ویکات را به ماده جدا کننده آغشته نمایید به طوری که برجستگی نامناسبی ایجاد نشود. سپس حلقه ویکات را در وسط شیشه به گونه ای که قاعده بزرگتر آن روی سطح شیشه باشد قرار دهید.



۲- با توجه به بیشینه نسبت گچ به آب اندازه گیری شده، سه نسبت گچ به آب به طوری که مقدار این نسبت ها $0/3$ ، $0/2$ و $0/4$ کمتر از بیشینه نسبت گچ به آب باشد، انتخاب کنید و مقدار گچ و آب مورد نیاز را محاسبه کنید.



۳- برای اولین آزمایش ۲۴۰ گرم پودر گچ را با دقت یک گرم توزین کنید. مقدار آب مورد نیاز با توجه به نسبت گچ به آب انتخابی را به کمک استوانه مدرج پیمانه کرده و در بشر بریزید.



۴- گچ وزن شده را بلافاصله بعد از روشن کردن زمان سنج به آرامی در مدت ۳۰ ثانیه به داخل بشر بریزید. پس از ریختن گچ در آب، مخلوط گچ و آب را به مدت ۳۰ ثانیه به حال خود بگذارید.



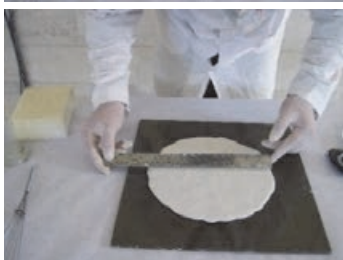
۵- مخلوط را به وسیله همزن برقی یا دستی با سرعت ۷۵-۸۰ دور در دقیقه به مدت ۱ دقیقه هم بزنید. با زدن چند ضربه آرام به دیواره بشر حباب های حبس شده در دوغاب گچ را خارج نمایید و دوغاب گچی را به مدت ۱ دقیقه به حال خود رها کنید.



۶- دوغاب گچ را به آرامی داخل حلقه ویکات بریزید تا حلقه کاملاً پر شود و سطح دوغاب با لبه بالایی حلقه برابر شود.



۷- پس از پر شدن حلقه ویکات، بی درنگ آن را به کمک دست به سمت بالا بردارید تا دوغاب گچ روی سطح شیشه‌ای به شکل دایره جریان یابد. حلقه را سریع از سطح کار دور کنید تا قطرات دوغاب گچی چکه نکند.



۸- حال با استفاده از خطکش، قطر دایره تشکیل شده را در جهات مختلف (حداقل ۳ جهت) اندازه‌گیری نمایید. میانگین قطر دایره به دست آمده را محاسبه کنید و به عنوان سیالیت به سانتی‌متر یادداشت کنید.

اندازه‌گیری سیالیت را برای دو نسبت گچ به آب دیگر انجام دهید و نتایج را در جدول ۲ ثبت نموده و سپس مقایسه کنید.

فعالیت کارگاهی



جدول ۲- ثبت اطلاعات و نتایج آزمایش‌های سیالیت

آزمایش	نسبت‌های گچ به آب انتخابی	مقدار پودر گچ به گرم	مقدار آب به میلی‌لیتر	قطر دایره (سانتی‌متر)			
				۱	۲	۳	میانگین
۱		۲۴۰					
۲		۲۴۰					
۳		۲۴۰					

نکات ایمنی و بهداشتی



- ۱- هنگام کار با گچ از دستکش و ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.
- ۲- جهت جلوگیری از ایجاد گرد و غبار، گچ را به آرامی به آب اضافه کنید.
- ۳- ظروف آغشته به دوغاب گچی را بلافاصله با آب بشویید.
- ۴- برای جلوگیری از ورود گچ به سیستم فاضلاب، قبل از شستن ظروف ابتدا گچ اضافی را در ظرف مناسب پسماند تخلیه کنید.



سیالیت مناسب برای یک دوغاب گچی، سیالیتی است که تمام حجم مادر قالب را پر کرده و به راحتی هواگیری شود. در صنعت متناسب با کاربرد قالب، قطر مطلوب آزمایش سیالیت برای دوغاب گچی در محدوده ۱۸ تا ۲۲ سانتی متر است. به عنوان مثال در چینی ظروف این عدد ۲۱ و در چینی بهداشتی ۲۲ است.

استحکام خمشی گچ

قالب‌های گچی به دلیل حمل و نقل و اعمال نیرو در اثر فشار باید از استحکام خوبی برخوردار باشند. آگاهی از استحکام و عوامل مؤثر بر آن برای تولید قالب اهمیت دارد. ویژگی‌های دیگر قالب گچی از جمله تشکیل جداره که ناشی از حضور تخلخل (لوله‌های موئین) در قالب است، نباید تحت تأثیر استحکام بیش از حد مورد نیاز برای قالب، قرار گیرد. از عوامل مؤثر در استحکام قالب گچی می‌توان به نسبت گچ به آب و دانه‌بندی گچ اشاره کرد.

کار عملی ۳: اندازه‌گیری استحکام خمشی گچ

مواد و ابزار: سطل پلاستیکی ۵ لیتری، استوانه مدرج ۵۰۰ میلی‌لیتری، همزن دستی یا برقی، ترازو با دقت ۱ گرم، پودر گچ قالب‌سازی یا ساختمانی، شیشه تخت به ابعاد تقریبی ۴۰cm×۴۰cm، روغن جداکننده و قلم مو، زمان‌سنج، قالب ساخت آزمونه به ابعاد داخلی ۱۵×۲۰×۲۵mm، کاردک، خشک‌کن، استحکام‌سنج و کولیس.



شرح فعالیت:

۱- قالب‌های استحکام (۸ عدد) را کاملاً تمیز کنید و سطوح داخلی آنها را به ماده جداکننده آغشته نمایید.



۲- ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب را پیمانه نموده و با توجه به نتیجه آزمایش سیالیت برای بهترین نسبت گچ به آب، مقدار گچ لازم را محاسبه و وزن کنید.



۳- در مدت زمان ۳۰ ثانیه همه گچ را به داخل آب بپاشید. مخلوط گچ و آب را ۳۰ ثانیه به حال خود رها کنید و سپس به مدت ۶۰ ثانیه با همزن برقی یا دستی هم بزنید.





۴- پس از اتمام هم‌زدن، با زدن ضربات آرام به دیوارهٔ سطل، حباب‌های هوای محبوس در دوغاب گچی را خارج کنید.



۵- دوغاب گچ را با دقت به ترتیب داخل قالب‌های استحکام بریزید.



۶- پس از مات شدن سطح گچ، سطح آزاد آزمون‌ها در قالب را پرداخت کنید. پس از گرم شدن گچ، قالب را باز کرده و آزمون‌های استحکام را خارج کنید. در صورت نیاز سطوح نمونه‌ها را پرداخت کنید.



۷- آزمون‌ها را به خشک‌کن با دمای ۴۵ درجهٔ سلسیوس منتقل کنید. مدت قرارگیری آزمون‌ها در خشک‌کن حداقل ۲۴ ساعت تا ثابت شدن وزن است.



۸- آزمون‌ها را مطابق شکل رو به رو در دستگاه استحکام سنج روی تکیه‌گاه قرار دهید.



۹- اعمال نیرو را با سرعت ثابت تا شکست آزمون ادامه دهید و نیروی شکست را یادداشت کنید.



۱۰- ابعاد مقطع شکست را با کولیس اندازه‌گیری کرده و در جدول یادداشت کنید.

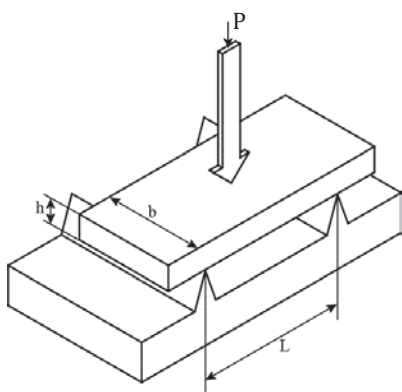
۱۱- محاسبه استحکام خمشی

جدول ۳- نتایج استحکام خمشی

استحکام (N/mm ^۲)	ارتفاع مقطع شکست				عرض آزمونه (mm)	طول آزمونه (mm)	نیرو (N)	آزمایش
	میانگین	۳	۲	۱				
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶
								۷
								۸
میانگین استحکام نمونه‌ها:								

محاسبه استحکام خمشی با توجه به رابطه زیر انجام می‌شود:

$$\sigma = \frac{3 \times p \times l}{2b \times h^2}$$



σ = استحکام خمشی (MPa یا N/mm^۲)

p = نیروی شکست (N)

l = فاصله تکیه‌گاه (mm)

b = طول مقطع شکست نمونه (mm)

h = میانگین عرض مقطع شکست نمونه (mm)



- ۱- هنگام کار با گچ از دستکش و ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.
- ۲- جهت جلوگیری از ایجاد گرد و غبار، گچ را به آرامی به آب اضافه کنید.
- ۳- ظروف آغشته به دوغاب گچی را بلافاصله با آب بشویید.
- ۴- برای جلوگیری از ورود گچ به سیستم فاضلاب، قبل از شستن ظروف ابتدا گچ اضافی را در ظرف مناسب پسماند تخلیه کنید.

زمان گیرش

یکی از نکات مهم در تکثیر قالب، زمان مناسب ریختن دوغاب گچی در مادر قالب و خارج کردن قالب از آن است. اطلاع از سرعت گیرش گچ، به تعیین زمان مناسب باز کردن مادر قالب کمک خواهد کرد.



کار عملی ۴: تعیین زمان گیرش اولیه و ثانویه دوغاب گچ

مواد و ابزار: بشر با حجم ۲۰۰ یا ۵۰۰ میلی‌لیتر، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری، همزن دستی یا برقی، ترازو با دقت یک گرم، تیغه فلزی دارای یک لبه تیز به ضخامت تقریبی ۰/۷ میلی‌لیتر، پودر گچ قالب‌سازی یا ساختمانی، شیشه تخت به ابعاد تقریبی ۴۰ cm × ۴۰ cm، ماده جدا کننده، قلم مو و زمان‌سنج.

شرح فعالیت:

از بین آزمایش‌های سیالیت انجام شده نسبت گچ به آب با بیشترین سیالیت را انتخاب نمایید.



- ۱- با توجه به نتیجه آزمایش سیالیت، مقدار آب لازم برای ۱۵۰ گرم پودر گچ را محاسبه نمایید. قبل از شروع آزمایش برای ثبت نتایج جدولی مشابه جدول ۴ آماده نمایید.



- ۲- شیشه را به ماده جدا کننده آغشته کنید به نحوی که برجستگی و غیریکنواختی از آن بر روی سطح شیشه مشاهده نشود.



۳- مقدار گچ مورد نیاز را وزن کنید (۱۵۰ گرم).



۴- مقدار آب محاسبه شده را توسط استوانه مدرج پیمانه کنید و سپس داخل بشر بریزید.
با رعایت زمان بندی پاشیدن، توقف، هم زدن و توقف نهایی، دوغاب گچ را تهیه کنید.



۵- دوغاب گچ را با کمک حلقه ویکات بر روی سطح شیشه پخش کنید.



۶- پس از گذشت ۵ دقیقه به وسیله ابزار مخصوص در هر ۳۰ ثانیه اقدام به ایجاد یک شیار در سطح دوغاب کنید.
ایجاد شیار را تا زمانی که محو نشود ادامه دهید. زمان ثبت- شده از ابتدای پاشیدن پودر گچ به داخل آب تا این حالت را به عنوان زمان گیرش اولیه (t_1) یادداشت نمایید.



۷- برای تعیین زمان گیرش ثانویه از اعمال فشار توسط انگشت شست بر روی سطح گچ خمیری شده که در حال سخت شدن است، کمک بگیرید. این کار را ادامه دهید تا زمانی که در اطراف محل در اثر اعمال فشار توسط انگشت آب جمع نشود. این لحظه نشان دهنده رسیدن به زمان گیرش ثانویه (t_2) است. زمان گیرش ثانویه را از ابتدای پاشیدن گچ محاسبه کنید.



۸- در ادامه به وسیله لبه تیز تیغه فلزی به دفعات به لبه توده گچ سفت شده فشار آورید. زمانی که کنده شدن گچ توسط تیغه همراه با پریدن است، زمان گیرش گچ به پایان رسیده است. این زمان را از ابتدای پاشیدن گچ به عنوان زمان پریدن یادداشت کنید (t_3).

جدول ۴- ثبت اطلاعات و نتایج آزمایش زمان گیرش گچ

آزمایش	نسبت گچ به آب	گیرش اولیه (t_1) (دقیقه)	گیرش ثانویه (t_2) (دقیقه)	زمان پریدن لبه گچ (t_3) (دقیقه)
۱				
۲				
۳				

نکته

اندازه‌گیری زمان‌های ذکر شده دقیق نیست و می‌تواند ۱ الی ۲ دقیقه خطا داشته باشد.



پرسش کلاسی

نسبت گچ به آب چه تأثیری بر روی زمان گیرش دارد؟



تحقیق کنید

دو روش دیگر برای اندازه‌گیری زمان گیرش گچ معرفی کنید.



ضرب نفوذپذیری

یکی از عوامل مؤثر در ریخته‌گری دوغایی سرعت تشکیل جداره است که با نفوذپذیری قالب گچی مرتبط است. نفوذپذیری قالب گچی به ساختار تخلخل شامل درصد، شکل و اندازه تخلخل بستگی دارد.



کار عملی ۵: نفوذپذیری گچ

مواد و ابزار: بشر پلاستیکی ۱۰۰۰ میلی لیتری، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری، همزن دستی یا برقی، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، پودر گچ قالب سازی، شیشه تخت به ابعاد تقریبی $40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ ، روغن جداکننده و قلم مو، زمان سنج، قالب ساخت نمونه به ابعاد داخلی $300\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ ، پایه فلزی، ظرف گود به عمق حدود ۳ سانتی متر (مانند بشقاب)، پایه فلزی، مداد نرم، سنباده نرم، کاردک، خشک کن و کولیس.

شرح فعالیت:

۱- سطح شیشه را به ماده جداکننده آغشته کنید و آن را روی سطح میز تراز قرار دهید.



۲- قالب را تمیز کرده و سطوح داخلی آن را به ماده جداکننده آغشته کنید و آن را روی سطح شیشه قرار دهید.



۳- ۳۰۰ میلی لیتر آب شرب را با استوانه مدرج پیمانه کرده و در بشر پلاستیکی تخلیه کنید.



۴- با توجه به نتایج آزمون سیالیت، مقدار گچ لازم برای ۳۰۰ میلی لیتر آب را محاسبه و با دقت یک گرم وزن کنید.





۵- زمان سنج را فعال نمایید و بلافاصله اقدام به پاشیدن گچ به داخل آب نمایید. زمان‌بندی را در تهیه دوغاب رعایت کنید.



۶- با همزن برقی یا دستی با سرعت ۷۵-۸۰ دور در دقیقه دوغاب گچی را هم بزنید. با زدن ضربه آرام به دیواره بشر، هوای حبس شده در دوغاب را خارج کنید.



۷- دوغاب را در قالب تخلیه و قالب را پر کنید.



۸- پس از مات شدن گچ به کمک کاردک سطح آن را پرداخت نمایید.



۹- پس از گرم شدن گچ قالب را باز نموده و قطعه گچی را از قالب خارج نمایید. ابتدا پلیسه‌های احتمالی ناشی از درز قالب را با احتیاط و با کاردک از قطعه جدا کنید سپس با پارچه خشک و تمیز ماده جداکننده موجود در سطح نمونه را پاک کنید.



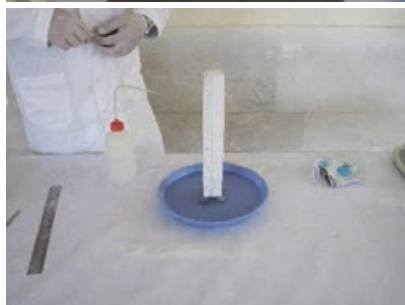
۱۰- آزمون را به منظور خشک شدن به خشک کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس منتقل کنید و حداقل ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت در خشک کن نگهداری کنید.



۱۱- پس از خشک شدن آزمون را از خشک کن خارج کنید.



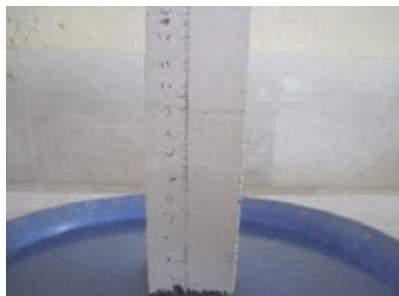
۱۲- برای ادامه کار، ابتدا قاعده‌های آزمون (منشور مربع القاعده) خشک شده را، به وسیله سنباده نرم پرداخت نمایید تا آثار روغن کاملاً از بین برود.



۱۳- پایه فلزی را داخل ظرف (بشقاب گود) قرار داده و منشور گچی را بر روی آن استوار نمایید.



۱۴- به داخل ظرف، آب اضافه کنید تا حدی که آب با قاعده منشور تماس پیدا کند. به محض تماس آب با منشور گچی، ریختن آب را قطع کرده و زمان سنج را روشن نمایید. توجه داشته باشید که سنجش زمان توسط زمان سنج تا پایان آزمون قطع نمی‌شود. همچنین نباید مجدداً به ظرف آب اضافه کنید.



۱۵- میزان نفوذ آب را به داخل منشور گچی در زمان‌های ۱، ۴، ۹ و ۱۶ دقیقه ($1^2=1$ ، $2^2=4$ ، $3^2=9$ و $4^2=16$) به وسیلهٔ مداد علامت بزنید. پس از علامت زدن در دقیقهٔ ۱۶ فعالیت پایان یافته و منشور را از روی پایه بردارید.



۱۶- به کمک کولیس فواصل نفوذ علامت‌گذاری شده را اندازه‌گیری نمایید و در جدول نتایج یادداشت کنید. با مقایسه مقادیر نفوذ متوجه خواهید شد که مقدار آب نفوذ کرده در دقیقهٔ اول برای دو برابر شدن تقریباً به چهار دقیقه زمان نیاز دارد. یعنی نفوذ آب به داخل قالب گچی تابع مجذور زمان (زمان به توان ۲) است.

جدول ۵- ثبت اطلاعات و نتایج آزمایش زمان گیرش

آزمونه	طول نفوذ در یک دقیقه به میلی‌متر	طول نفوذ در چهار دقیقه به میلی‌متر	طول نفوذ در نه دقیقه به میلی‌متر	طول نفوذ در شانزده دقیقه به میلی‌متر

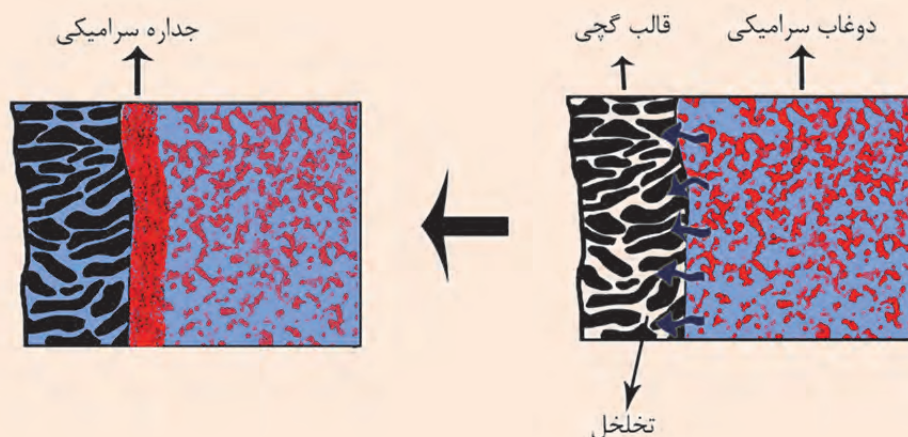
نکات ایمنی و بهداشتی



- ۱- هنگام کار با گچ از دستکش و ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.
- ۲- برای جلوگیری از ایجاد گرد و غبار، گچ را به آرامی به آب اضافه کنید.
- ۳- ظروف آغشته به دوغاب گچی را بلافاصله با آب بشویید.
- ۴- برای جلوگیری از ورود گچ به سیستم فاضلاب قبل از شستن ظروف، ابتدا گچ اضافی را در ظرف مناسب پسماند تخلیه کنید.



معمولاً با کاهش نسبت گچ به آب، تخلخل قالب افزایش می‌یابد و در نتیجه نفوذپذیری آن زیاد می‌شود. سرعت تشکیل جداره علاوه بر میزان نفوذپذیری قالب گچی، به نوع دوغاب نیز وابسته است.



آماده‌سازی دوغاب گچی

منظور از آماده‌سازی دوغاب گچی، رعایت مجموعه نکاتی است که منجر به تهیه دوغابی همگن با شرایط مطلوب از نظر نسبت گچ به آب، سیالیت و زمان گیرش برای تولید قالب می‌شود. برای تهیه دوغاب گچ، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- ۱- از گچ تازه استفاده شود؛
- ۲- در صورت نیاز قبل از تهیه دوغاب، گچ با الک بنایی (مش ۱۰) الک شده و سپس وزن شود؛
- ۳- همیشه گچ به آرامی به آب اضافه شود؛
- ۴- از آب قابل شرب استفاده شود؛
- ۵- دمای آب بر زمان گیرش تأثیر مستقیم دارد. همواره از آب با دمای ثابت استفاده شود؛
- ۶- بعد از افزودن گچ به آب باید مدتی منتظر ماند تا گچ به طور کامل خیس بخورد؛
- ۷- بعد از خیس خوردن گچ، با همزن برقی با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه و به مدت ۲-۳ دقیقه مخلوط هم‌زده شود. توجه کنید هم‌زدن زیاد باعث کشته شدن گچ خواهد شد. می‌توان با استفاده از سیستم خلأ، دوغاب گچی را هم‌زمان هواگیری نمود؛
- ۸- در صورت نبودن سیستم خلأ، بعد از هم‌زدن به مدت زمان ۲-۳ دقیقه دوغاب گچی به منظور خروج حباب و افزایش سیالیت، به حال خود گذاشته شود؛
- ۹- ملات گچ بعد از گیرش نهایی، حدود یک درصد انبساط حجمی دارد، بنابراین قبل از گیرش نهایی باید مادر قالب باز شود؛
- ۱۰- تمیزی ظرف و پرّه همزن بسیار مهم است. در صورت آغشته بودن به گچ خشک شده، زمان گیرش دوغاب گچی کوتاه می‌شود.

فکر کنید



اگر در ساخت قالب‌های گچی چند تکه، از دوغاب‌های گچی متفاوتی استفاده شوند، چه مشکلاتی پیش می‌آید؟

انبارش گچ

با توجه به حساسیت بالای گچ نسبت به شرایط محیطی لازم است در نگهداری آن به نکات زیر توجه شود:

جدول ۶

شرایط	راهکار
از باران و برف محافظت شود.	سرپوشیده بودن انبار
بسته‌بندی سالم	از نفوذ رطوبت و هدر رفتن گچ جلوگیری شود.
چگونگی چیدمان بسته‌های گچ	با فاصله از کف و دیوار و با ارتفاع کم چیده شوند
ترتیب استفاده از بسته‌های گچ	ابتدا بسته‌های قدیمی‌تر مصرف شود
شرایط محیطی انبار	خشک و به دور از نور آفتاب باشد
از ترکیب گچ با سایر مواد اولیه جلوگیری شود	جدا بودن انبار گچ از سایر مواد

نکته

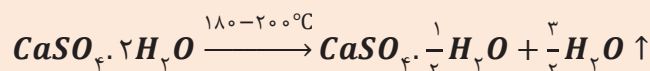


- ۱- خواص سنگ گچ در قسمت‌های مختلف معدن متغیر است.
- ۲- شرایط تولید گچ از نظر دما و فشار در کارخانه کاملاً ثابت نیست.
- ۳- گچ تولیدی در فاصله‌های زمانی مختلف، ممکن است از نظر دانه‌بندی و سایر ویژگی‌ها تغییراتی داشته باشد. بنابراین، هر بار که محموله جدید گچ وارد انبار می‌شود، لازم است آزمایش‌های گچ برای آن محموله نیز انجام شود.

آیا می‌دانید



پودر گچ حاصل حرارت دادن سنگ گچ (کانی ژیپس) است، گچ قالب‌سازی (کلسیم سولفات نیمه هیدرات) با فرمول $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ، سختی ۲ و وزن مخصوص ۲/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است و طبق واکنش زیر به وجود می‌آید:



به طوری که با حرارت دادن، مقدار $\frac{3}{2}$ مول آب از سنگ گچ خارج شده و واکنش گیرش گچ با جذب مجدد این آب صورت می‌گیرد. چون هوا دارای رطوبت است میل ترکیبی با آن دارد.

تکثیر قالب گچی از روی مادر قالب

همان طور که می دانید برای تولید قطعات سرامیکی به روش ریخته گری دوغابی، از قالب های گچی استفاده می شود. ساخت این قالب ها با استفاده از مادر قالب امکان پذیر است. در جدول زیر فرایند تکثیر قالب گچی از روی مادر قالب آورده شده است.

جدول ۷- تکثیر قالب گچی از روی مادر قالب

تصویر	مراحل کار
	۱- تمیز کردن مادر قالب
	۲- آغشته کردن مادر قالب به ماده جداکننده
	۳- پین گذاری مادر قالب (در صورت نیاز)
	۴- بستن و کلاف کردن مادر قالب

تصویر	مراحل کار
	<p>۵- تهیه دوغاب گچی (وزن کردن گچ و آب، افزودن گچ به آب و همزدن)</p>
	<p>۶- ریختن دوغاب گچی داخل مادر قالب (هواگیری دوغاب گچی و کنترل زمان گیرش قالب گچی)</p>
	<p>۷- باز کردن مادر قالب</p>
	<p>۸- خارج کردن قالب گچی</p>
	<p>۹- پرداخت قالب گچی</p>

تصویر	مراحل کار
	۱۰- کلاف کردن قالب گچی
	۱۱- چیدن قالب‌های گچی در خشک کن ۴۵ درجه سلسیوس

نکته

یک قالب گچی ممکن است برای ریخته‌گری بیش از یک قطعه طراحی شده باشد.



شکل ۴- قالب گچی با قابلیت ریخته‌گری چهار قطعه

خشک کردن قالب گچی

خشک کردن یک قالب گچی نیاز به دقت و کنترل زیادی دارد. در خشک کردن یک قالب گچی، دمای خشک‌کن، رطوبت محیط و سرعت دمیدن هوا عوامل بسیار مهمی هستند که باید به دقت کنترل شوند. در این قسمت برخی از این عوامل بیان شده است:

دما و رطوبت خشک‌کن

- خشک شدن قالب گچی معمولاً در دمای ۴۵ درجهٔ سلسیوس انجام می‌شود و دمای بالاتر می‌تواند با خارج کردن آب ساختاری آن باعث پوک شدن گچ شود.
- افزایش رطوبت محیط خشک‌کن، سرعت خشک شدن را کند می‌کند.

سرعت دمیدن هوا

مهم‌ترین عامل برای خشک شدن سریع و یکنواخت قالب، کنترل سرعت دمش هواست. بهترین حالت در دمش هوا، سرعت بالا و دمای زیر ۴۵ درجهٔ سلسیوس است.

نکته

همهٔ قالب‌ها باید حتماً از سطح بیرونی خشک شوند و در قالب‌های چند تکه لازم است که حتماً تمام تکه‌های قالب سر جای خود قرار گرفته و خشک شوند.



شکل ۵- یک قالب چند تکه

قالب سازی



شکل ۶- خشک کن

خشک کردن قالب‌های گچی ممکن است به طور طبیعی و در هوای آزاد یا با کمک خشک کن انجام شود.

اگر هر تکه از قالب به صورت جداگانه خشک شود چه مشکلی پیش می‌آید؟

پرسش کلاسی



پس از ساخت یک قالب گچی متوجه می‌شوید که قالب به اندازه لازم، آب دوغاب را جذب نمی‌کند، در مورد علت‌های این مشکل بحث کنید.

گفت و گو کنید



در مورد جنس و فرایند ساخت قالب‌های ریخته‌گری تحت فشار تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



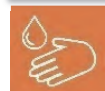


کار عملی ۶: تکثیر قالب گچی

مواد و ابزار: گچ قالب‌سازی، ماده جداکننده، آب، قلم مو، ۲ عدد سطل پلاستیکی به حجم ۲۰ لیتر، ترازو با ظرفیت ۳۰ کیلوگرم، همزن برقی (یا دستی)، الک، مادر قالب، کاردک، سنباده، کش درزبندی و سرتاس.

شرح فعالیت:

- ۱- مادر قالب مورد نظر را با دقت تمیز کنید.
- ۲- با قلم مو یا اسفنج کلیه سطوح داخلی مادر قالب را به ماده جداکننده آغشته کنید.
- ۳- در صورتی که قالب به پین‌های پلاستیکی نیاز دارد مادر قالب را پین‌گذاری کنید.
- ۴- اجزای مادر قالب را ببندید.
- ۵- با رعایت نکات لازم، دوغاب گچی با نسبت گچ به آب مناسب، درست کنید.
- ۶- دوغاب گچی آماده شده را در مادر قالب ریخته و هواگیری کنید.
- ۷- پس از گیرش گچ، مادر قالب را باز کرده و قطعات قالب گچی را از آن جدا کنید.
- ۸- قطعات قالب گچی را پرداخت کرده و آنها را روی هم ببندید.
- ۹- قالب‌های گچی آماده را به خشک‌کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس انتقال دهید.



- ۱- هنگام کار با گچ از دستکش و ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.
- ۲- جهت جلوگیری از ایجاد گرد و غبار، گچ را به آرامی به آب اضافه کنید.
- ۳- ظروف آغشته به دوغاب گچی را بلافاصله با آب بشویید.
- ۴- برای جلوگیری از ورود گچ به سیستم فاضلاب، قبل از شستن ظروف ابتدا گچ اضافی را در ظرف مناسب پسماند تخلیه کنید.

انواع عیوب قالب گچی

در قالب‌های گچی ممکن است عیوب مختلفی ایجاد شود. این عیوب در ادامه به اختصار معرفی می‌شوند.

جدول ۸- عیوب قالب گچی

عیب	دلیل
عدم یکنواختی قالب گچی	اختلاط نامناسب مخلوط گچ و آب
وجود فاصله بین قطعات قالب	درزدار بودن اجزای قالب
پریدگی قالب	شیب منفی مادر قالب یا ماده جدا کننده ناکافی
جا ماندن رد جداکننده	استفاده زیاد از جداکننده و برجسته بودن آن
پوک شدن یا استحکام کم	خشک شدن در دمای بالاتر از ۴۵ درجه سلسیوس
تاب برداشتن قالب گچی	بزرگ بودن قالب گچی (در چینی‌های بهداشتی رایج است) و یا خشک کردن تکه‌های قالب به صورت جداگانه
وجود حباب هوا در سطح قالب	عدم هواگیری دوغاب گچی
تفاوت در نفوذپذیری اجزای مختلف قالب گچی	استفاده از دوغاب‌های گچی با نسبت‌های مختلف گچ به آب

نوع هر یک از عیوب زیر را مشخص کنید.

فعالیت کلاسی



تصویر عیب	نوع عیب
	
	
	

رفع عیوب قالب

برای ساخت قالب مناسب و بدون عیب، رعایت زمان‌های مناسب و نکات لازم برای خشک کردن قالب الزامی است. در برخی موارد اگر عیوب سطحی کوچکی مانند پریدگی‌ها وجود داشته باشد، می‌توان عیب را اصلاح کرد اما در اکثر مواقع قالب باید به درستی تولید شود.

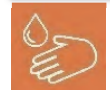
کار عملی ۷: بررسی عیوب قالب گچی

فعالیت کارگاهی



- ۱- قالب‌های گچی خشک شده را از خشک‌کن خارج کنید.
- ۲- تکه‌های قالب‌های گچی را از هم باز کنید.
- ۳- هر قسمت قالب گچی را از نظر وجود عیب مورد بررسی قرار دهید.
- ۴- فهرست عیوب مشاهده شده را تهیه و راهکار رفع آن را مشخص کنید.
- ۵- قالب‌های گچی مورد تأیید برای استفاده در واحد ریخته‌گری را علامت‌گذاری کنید.

نکات ایمنی و
بهداشتی



- ۱- هنگام باز کردن خشک‌کن از خاموش بودن آن اطمینان حاصل کنید.
- ۲- برای تخلیه قالب‌ها از خشک‌کن، از دستکش استفاده کنید.

نکات مهم در کارگاه قالب‌سازی

۱ کارگاه تمیز نگه داشته شود.

۲ دمای آب مورد استفاده در تابستان و زمستان کنترل شود تا یکسان باشد.

۳ توزین آب و گچ دقیق باشد تا در روزهای مختلف دوغاب گچی با ویژگی‌های یکسان به دست آید.

۴ هنگام پر کردن مادر قالب با گچ برای تکثیر قالب گچی در دوغاب تلاطم ایجاد نشود.

۵ در صورت امکان از گچ تازه پخته شده استفاده نشود، چون در این صورت زمان گیرش کم می‌شود بهتر است گچ چند روز در محیط بماند.

ارزشیابی نهایی شایستگی قالب سازی

<p>شرح کار:</p> <p>۱- تعیین ویژگی های گچ</p> <p>۲- تهیه دوغاب گچی</p> <p>۳- آماده کردن مادر قالب و قالب ریزی</p> <p>۴- پرداخت و خشک کردن قالب ریخته شده</p>			
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>انجام آزمون های تعیین ویژگی های گچ مطابق با استاندارد ملی ایران و ساخت قالب گچی براساس مادر قالب</p>			
<p>شاخص ها:</p> <p>وزن کردن صحیح و دقیق مواد به مقدار مناسب برای ساخت دوغاب گچی</p> <p>انجام محاسبه برای تعیین نسبت مناسب گچ به آب</p> <p>کنترل سیالیت و خواص دوغاب گچی (استحکام، نفوذپذیری، زمان گیرش گچ)</p> <p>آماده سازی مادر قالب (تمیزکاری و اعمال ماده جداکننده) و قالب ریزی به صورت دقیق</p> <p>کنترل زمان گیرش قالب گچی</p> <p>پرداخت و خشک کردن قالب ریخته شده به طور صحیح</p>			
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی</p> <p>ابزار و تجهیزات: ترازو، همزن، الک، خشک کن، مادر قالب، ابزار تمیزکاری مادر قالب و پرداخت قالب ریخته شده، ماده جداکننده</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی مادر قالب (تمیزکاری، اعمال ماده جداکننده، پین گذاری، کلاف کردن)	۱	
۲	وزن کردن مواد اولیه و تهیه دوغاب گچی	۲	
۳	قالب ریزی (هواگیری و کنترل زمان گیرش قالب گچی)	۲	
۴	باز کردن مادر قالب و خارج کردن قالب گچی	۱	
۵	پرداخت قالب گچی	۱	
۶	کلاف کردن قالب آماده شده و چیدن در خشک کن	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲	
	میانگین نمرات		*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.			

پودمان پنجم

ریخته‌گری دوغابی



یکی از روش‌های متداول در تولید سرامیک‌ها، روش ریخته‌گری دوغابی است. با این روش می‌توان بدنه‌هایی در ابعاد و اشکال گوناگون شکل‌دهی کرد. در روش ریخته‌گری دوغابی بدنه‌های سرامیکی از طریق ریختن دوغاب در یک قالب جاذب آب، تولید می‌شوند.

شایستگی ریخته‌گری دوغابی

- ۱ چگونه می‌توان از دوغاب سرامیکی قطعه تولید کرد؟
- ۲ در روش ریخته‌گری دوغابی چه عواملی بر محصول نهایی اثرگذار است؟
- ۳ چه بدنه‌هایی با روش ریخته‌گری دوغابی شکل داده می‌شوند؟

آیا تا به حال
پی برده‌اید

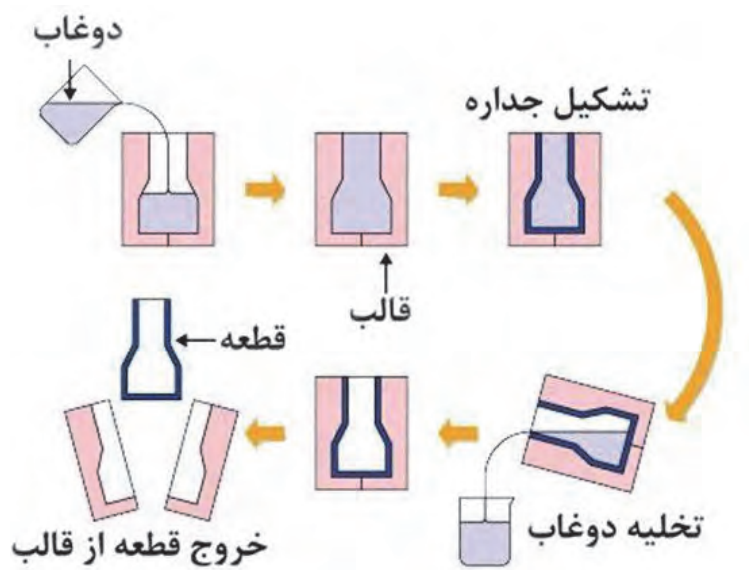
هدف از این شایستگی، فراگیری دانش و مهارت شکل‌دهی بدنه‌های سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی به شیوه‌های توپر و توخالی است. در این واحد، کسب مهارت ریخته‌گری و توجه به عوامل مؤثر بر کیفیت محصولات در شکل‌دهی مانند نحوه ریختن دوغاب درون قالب و خروج صحیح بدنه از قالب، در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

ساخت قطعه سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی

ریخته‌گری دوغابی

همان‌طور که قبلاً بیان شد در روش ریخته‌گری دوغابی، دوغاب سرامیکی به داخل قالبی که معمولاً از جنس گچ است ریخته می‌شود و به شکل طرح داخل قالب در می‌آید. در شکل ۱ مراحل ریخته‌گری دوغابی توخالی نشان داده شده است.



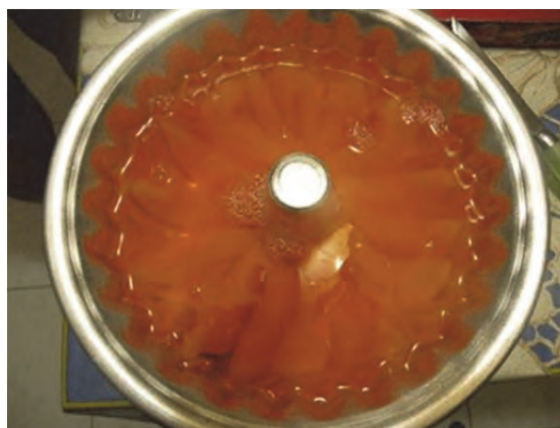
شکل ۱- مراحل ریخته‌گری دوغابی (توخالی)

به تصاویر زیر نگاه کنید:

به نظر شما چه شباهتی بین آماده‌سازی ژله و شکلات و روش تولید سرامیک به روش ریخته‌گری دوغابی وجود دارد؟



ب) تهیه شکلات



الف) تهیه ژله

شکل ۲

بررسی قالب قبل از ریخته‌گری

بررسی قالب‌های موجود در کارگاه قبل از ریخته‌گری چه اهمیتی دارد؟



شکل ۳- قالب‌های کارکرده

لوله‌های مویین موجود در قالب گچی، مکشی را ایجاد می‌کنند که آب موجود در دوغاب را جذب کرده و باعث تشکیل جداره می‌شود. با چندین بار استفاده از قالب‌ها، این لوله‌ها اشباع می‌شوند که باعث کاهش سرعت ریخته‌گری شده و ضخامت جداره تشکیل شده کاهش می‌یابد.

قرار دادن قالب‌ها در هوای آزاد به مدت ۳ الی ۴ روز یا قرار دادن آنها درون خشک‌کن با دمای ۴۵-۵۵ درجه سلسیوس به مدت زمان مناسب، سبب خشک شدن قالب و تخلیه لوله‌های مویین می‌شود. قبل از ریختن دوغاب درون قالب، گرد و غبار آن با اسفنج یا پمپ هوا زدوده می‌شود تا از بروز برخی از عیوب جلوگیری شود.



شکل ۴- زدودن گرد و غبار از قالب

ریخته گری دوغابی

همچنین جدا کردن لایه‌های دوغاب خشک شده بر روی قالب یا زوائد قالب گچی نیز اهمیت دارد.



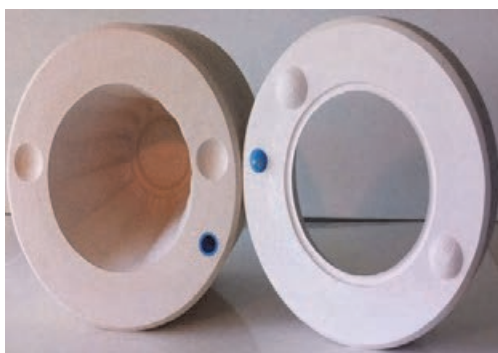
۳

۲

۱

شکل ۵- بررسی قالب و جدا کردن لایه‌های دوغاب خشک شده از آن

بررسی محل اتصال اجزای قالب (پین‌ها)، قبل از ریختن دوغاب درون قالب، اهمیت دارد تا اطمینان حاصل شود که دوغاب از درون قالب به بیرون نمی‌ریزد.

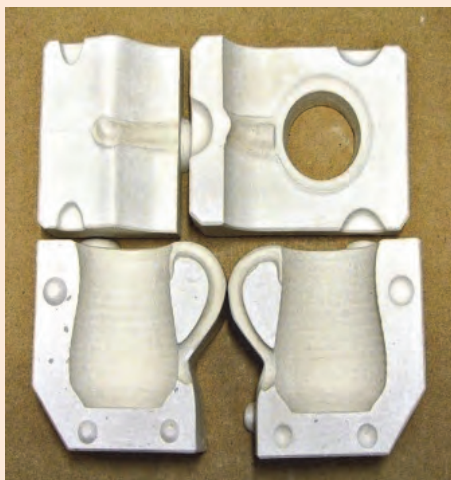


شکل ۶- پین‌های انواع قالب

روی قسمت‌هایی از قالب که پیچیدگی زیادی دارند، مقداری پودر تالک پاشیده می‌شود تا بدنه پس از ریخته‌گری راحت‌تر از قالب جدا شود. برای قالب‌هایی که پیچیدگی ندارند نباید تالک استفاده شود، زیرا تالک باعث عدم جذب آب می‌شود.

به هر یک از قالب‌های زیر توجه کنید و قالب‌هایی را که نیاز به پاشیدن تالک قبل از ریخته‌گری دارند، مشخص کنید.

فعالیت کلاسی



ب



الف



ج

بستن قالب

در شکل ۷ مراحل بستن یک قالب چند تکه نشان داده شده است.



شکل ۷- مراحل بستن قالب

گفت و گو کنید



فعالیت کارگاهی



در مورد مشکلات بررسی نکردن قالب قبل از ریخته‌گری دوغابی، گفت‌وگو کنید.

کار عملی ۱: بررسی قالب‌های موجود در کارگاه

مواد و ابزار: چند نمونه قالب گچی چند تکه.

شرح فعالیت: قالب‌های ریخته‌گری دوغابی موجود در کارگاه را بررسی کنید و هر یک از مواردی را که در بررسی قالب‌ها باید به آنها توجه شود، تعیین کنید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۲: مهارت باز و بسته کردن قالب گچی

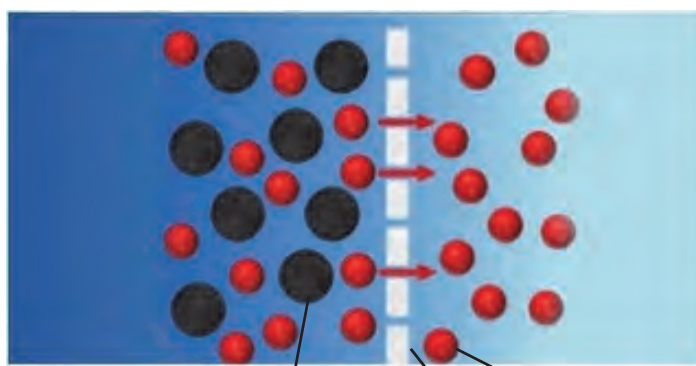
مواد و ابزار: چند نمونه قالب گچی چند تکه.

شرح فعالیت: قالب‌های گچی چند تکه را انتخاب کرده و باز و بسته کردن آنها را چندین بار تمرین کنید.

نکته: در هنگام بستن قالب مواظب باشید تا به پین‌های آن آسیبی وارد نشود.

سرعت ریخته‌گری^۱

با ریختن دوغاب درون قالب، بعد از مدت زمان مشخصی، آن قسمت از دوغاب که در تماس با قالب گچی است به دلیل جذب آب به وسیله قالب، به شکل خمیر درمی‌آید و شکل قالب را به خود می‌گیرد. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود آب از طریق لوله‌های موئین جذب دیواره قالب می‌شود.



شکل ۸

ذرات جامد
دوغاب

آب
دیواره قالب

ریخته گری دوغابی

به ضخامت دیواره ایجاد شده در واحد زمان، سرعت ریخته گری گفته می شود که با رابطه زیر به دست می آید.

$$D = K t^{\frac{1}{2}}$$

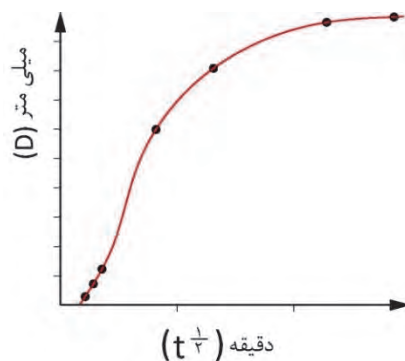
در این رابطه، D ضخامت دیواره تشکیل شده (به میلی متر)، t مدت زمان قرارگیری دوغاب در قالب (به دقیقه) و K ضریب ثابت است.

برای تعیین زمان ریخته گری، دوغاب به درون چند قالب یکسان ریخته می شود و هر کدام از قالب ها پس از مدت زمان معین (و به اختلاف زمانی ۵ دقیقه) تخلیه می شود. پس از جدا شدن و بیرون آوردن قطعه از قالب، ضخامت جداره تشکیل شده در هر قالب با کولیس اندازه گیری می شود.



شکل ۹- قالب نمونه برای تعیین سرعت ریخته گری

با داشتن زمان های مختلف و ضخامت جداره، نمودار ضخامت دیواره و مدت زمان قرارگیری دوغاب در قالب ($D - t^{\frac{1}{2}}$) رسم می شود. همان طور که در نمودار ۱ مشاهده می کنید در ابتدا شیب نمودار افزایش می یابد و با گذشت زمان شیب نمودار صفر می شود و ضخامت جداره تشکیل شده، ثابت می شود.



نمودار ۱- سرعت ریخته گری

سپس تخلیه دوغاب با توجه به سرعت ریخته‌گری و جداری مناسب صورت می‌گیرد.



شکل ۱۰

چه عواملی بر سرعت ریخته‌گری دوغاب‌ها اثرگذار است؟



ب



الف

شکل ۱۱

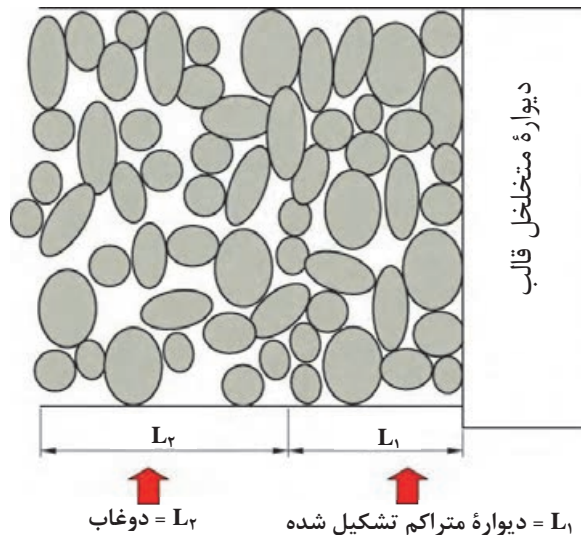
سرعت ریخته‌گری دوغاب عامل مهمی در تعیین ضخامت بدنه خام و سرعت تولید است. به همین دلیل یکی از مهم‌ترین خواص دوغاب سرعت ریخته‌گری آن است. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سرعت ریخته‌گری در نمودار ۲ نشان داده شده‌اند.



نمودار ۲- عوامل مؤثر بر سرعت ریخته‌گری

ریخته‌گری دوغابی

از مهم‌ترین عوامل مؤثر در سرعت ریخته‌گری، مقاومت دیواره ایجاد شده در برابر عبور آب است. با قرارگیری دوغاب در قالب، در ابتدا سرعت تشکیل دیواره زیاد است و سپس دیواره تشکیل شده به عنوان سدی در برابر نفوذ آب به قالب گچی عمل می‌کند که باعث می‌شود سرعت ریخته‌گری به مرور کاهش و سپس ثابت شود. همان‌طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌کنید L_1 دیواره متراکم ایجاد شده در مجاورت قالب است که مانند سدی در برابر نفوذ آب است.

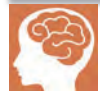


شکل ۱۲

چگالی دوغاب نیز بر سرعت ریخته‌گری تأثیر زیادی دارد. چگالی دوغاب، نسبت بین مواد جامد و آب است که تا حد امکان باید بالا باشد. برای ایجاد دوغاب با چگالی بالا و گرانیوی مناسب، استفاده از روان‌سازها ضرورت دارد. افزایش مقدار آب، علاوه بر کاهش چگالی دوغاب، باعث اشباع شدن سریع‌تر قالب می‌شود که سرعت ریخته‌گری را کاهش می‌دهد.

فکر کنید

به چه دلیل چگالی دوغاب باید تا حد امکان بالا باشد؟



قالب گچی نیز یکی از عوامل تعیین‌کننده در ضخامت لایه ریخته‌گری شده به حساب می‌آید. میزان تخلخل قالب گچی، توزیع تخلخل‌ها، قطر تخلخل‌های موجود و میزان رطوبت قالب گچی بر روی جذب آب و ضخامت لایه ریخته‌گری شده تأثیر دارند.

درباره اثر دما و فشار بر سرعت ریخته‌گری دوغابی تحقیق کنید.

تحقیق کنید



مراحل اجرای کار ریخته‌گری دوغابی

در شکل زیر بدنه‌های مختلفی که با روش ریخته‌گری دوغابی شکل‌دهی شده‌اند نشان داده شده است.



شکل ۱۳- محصولات ریخته‌گری دوغابی

ریخته‌گری دوغابی به دو روش دستی و ماشینی انجام می‌شود که در شکل ۱۴ مشاهده می‌کنید.



ب) ریخته‌گری دوغابی به روش ماشینی



الف) ریخته‌گری دوغابی به روش دستی

شکل ۱۴

ریخته گری دوغابی

مراحل ریخته‌گری دوغابی دستی عبارت‌اند از:

۱- **بستن قالب:** قالب‌های ریخته‌گری معمولاً چند جزئی هستند. بنابراین قبل از ریخته‌گری، اجزای قالب مورد نظر اتصال (چفت و بست) داده می‌شوند، سپس نوارهای لاستیکی به دور قالب قرار می‌گیرند تا دوغاب از محل اتصال قالب‌ها خارج نشود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- روش‌های مختلف بستن قالب

آیا در هر یک از قالب‌ها، نحوه قرارگیری نوارهای اطراف قالب صحیح است؟ چرا؟

فکر کنید



پ



ب



الف

شکل ۱۶

۲- بررسی دوغاب: لازم است ویژگی‌های دوغاب مورد نظر مانند گرانروی و چگالی مورد بررسی قرار گیرد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- بررسی گرانروی

سپس دوغاب برای ایجاد یکنواختی و جلوگیری از ته‌نشین شدن با استفاده از همزن حداقل به مدت ۱۰ دقیقه هم زده می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- هم زدن دوغاب قبل از ریخته‌گری



در صنعت برای هم زدن دوغاب از دستگاه بلانجر استفاده می شود که پره های پارویی شکل دارد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹



برای ایجاد یکنواختی، قبل از ریخته گری باید هم زدن دوغاب با چه سرعتی (آرام یا تند) انجام شود؟ چرا؟

۳- ریختن دوغاب درون قالب: در این مرحله، دوغاب به آرامی در داخل قالب (کاملاً تا سر آن) ریخته می شود. پس از ریختن، دوغاب درون قالب چرخانده می شود و ضربه های آرامی به قالب زده می شود تا حباب های هوا خارج شوند و دوغاب در کل قالب به طور یکنواخت قرار گیرد.



۳



۲

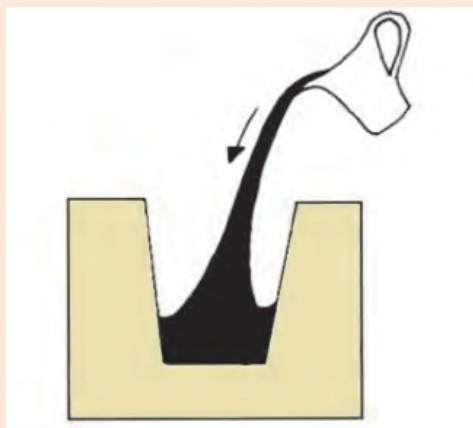


۱

شکل ۲۰- ریختن دوغاب در قالب



همان‌طور که در شکل ۲۱ نشان داده شده است، دوغاب باید در مرکز قالب ریخته شود و این کار نباید از کناره‌های قالب انجام شود.



شکل ۲۱- روش صحیح ریختن دوغاب درون قالب

در هنگام تشکیل جداره، حجم دوغاب درون قالب به مرور کم می‌شود. بنابراین نیاز به افزودن دوباره دوغاب است تا قالب پر شود. به همین منظور در دهانه قالب گچی، یک حلقه (دوغاب خور) در نظر گرفته می‌شود. برای افزودن دوغاب اضافی درون قالب می‌توان قیفی بالای آن در نظر گرفت که باعث ایجاد ستونی از دوغاب بالای قالب می‌شود. میزان افزودن دوغاب به قالب ریخته‌گری با توجه به شکل قالب و ضخامت بدنه مورد نظر تغییر می‌کند.



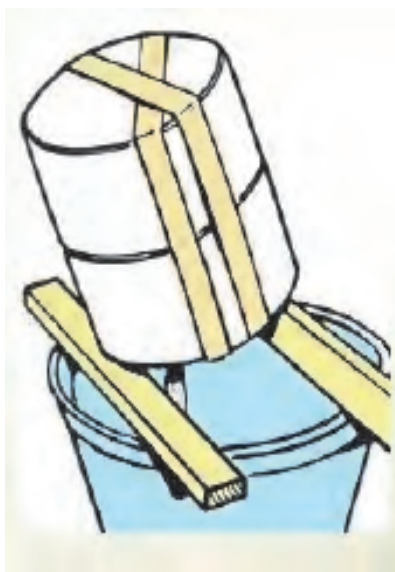
شکل ۲۲- قیف بالای دوغاب

۴- تخلیه دوغاب اضافی: به دوغاب درون قالب با توجه به سرعت ریخته‌گری فرصت داده می‌شود تا جداره تشکیل شود. سپس میزان انقباض و تشکیل جداره بررسی می‌شود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳

در بدنه‌های توخالی پس از تشکیل جداره به ضخامت مورد نظر، دوغاب اضافی تحت زاویه مشخص تخلیه می‌شود. سپس قالب به پشت قرار داده می‌شود تا کل دوغاب اضافی به طور کامل خارج شود.



شکل ۲۴- تخلیه دوغاب اضافی

نکته



در قالب‌های بزرگ که در کارخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند تخلیه دوغاب از مجرای زیر قالب انجام می‌شود.



شکل ۲۵- مجرای زیر قالب جهت تخلیه دوغاب

بدنه‌های توپر نیاز به تخلیه دوغاب ندارند و کل دوغاب درون قالب برای تشکیل بدنه مصرف می‌شود. با توجه به جذب آب توسط قالب، باید سعی شود حداقل یک ساعت از سرخالی شدن قالب از دوغاب، جلوگیری کرده و به قالب‌ها دوغاب اضافه شود.

نکته



دوغاب تخلیه شده پس از کنترل و تنظیم خواص رئولوژی، دوباره برای ریخته‌گری دوغابی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پس از تخلیه دوغاب، اضافه‌هایی که به علت تخلیه دوغاب بر روی قالب ایجاد شده با ابزار مناسب پرداخت می‌شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۶

۵- باز کردن قالب: پس از تخلیه دوغاب، به بدنه شکل‌دهی شده، زمان داده می‌شود تا با کاهش رطوبت، استحکام ابتدایی را یافته و انقباض یابد سپس از قالب جدا شود (شکل ۲۷).



شکل ۲۷

کش‌های اطراف قالب را باز کرده و قالب با دست یا به کمک ابزار به آرامی از محل درزها باز می‌شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- باز کردن قالب

۶- خروج بدنه از قالب: پس از باز کردن قالب، بدنه شکل‌دهی شده به آرامی و با توجه به میزان استحکام از قالب خارج می‌شود. دقت و مهارت در این مرحله اهمیت زیادی دارد.



ب- بدنه ریخته‌گری شده پس از باز کردن قالب

الف- خارج کردن بدنه ریخته‌گری شده

شکل ۲۹

در روش ریخته‌گری توپر ممکن است خروج قطعه به سهولت انجام نشود، بنابراین می‌توان از فشار هوا نیز استفاده کرد.

اگر برای خروج سریع‌تر و راحت‌تر بدنه از قالب، لبه‌های بدنه ریخته‌گری شده مطابق شکل زیر با ابزار آزاد شود چه مشکلاتی ممکن است برای بدنه و قالب ایجاد شود؟

فکر کنید



۷- پرداخت بدنه ریخته‌گری شده: در این مرحله بدنه بررسی می‌شود تا در صورت نیاز پرداخت شود. برای این کار لبه‌ها و پلیسه‌های اضافی با ابزار مناسب مانند تیغک جدا می‌شوند (شکل ۳۰).



شکل ۳۰

ریخته گری دوغابی

سپس با استفاده از اسفنج مرطوب، لبه‌ها و ناصافی‌ها پرداخت می‌شوند (شکل ۳۱).



شکل ۳۱- پرداخت بدنه‌های ریخته‌گری دوغابی

در سطح داخلی حلقه (دوغاب خور) لایه‌ای اضافه ایجاد می‌شود که این قسمت را می‌توان قبل از خروج قطعه از قالب با ابزار مناسب بریده و جدا کرد (شکل ۳۲).



ب



الف

شکل ۳۲

می‌توان این قسمت اضافی (دوغاب خور) را پس از خروج بدنه از قالب جدا کرد و برید (شکل ۳۳).



شکل ۳۳

ضایعات ریخته‌گری دوغابی و اضافه‌های حلقه جمع‌آوری شده برای ساخت دوغاب، دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۳۴).



شکل ۳۴

نکته








ریخته گری دوغابی

۸- مرحله خشک کردن: در این مرحله بدنه شکل‌دهی شده به خشک کن منتقل شده و با سرعت مشخص کاملاً خشک می‌شود. مدت زمان قرارگیری بدنه در خشک‌کن و نحوه خشک شدن بدنه‌ها با توجه به نوع قطعه (توپر یا توخالی) و ضخامت آن تعیین می‌شود.

فعالیت کلاسی



شماره شکل	عنوان مرحله	تصویر
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	



کار عملی ۳: ریخته‌گری دوغابی توخالی (قالب‌های یک تکه)

مواد و ابزار: دوغاب، همزن، آب، قالب ریخته‌گری توخالی، نوار لاستیکی، زمان‌سنج، بالن ژوژه، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر و خشک‌کن.

شرح فعالیت:

- ۱- دوغاب موجود در کارگاه را به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه درون همزن با سرعت آرام قرار دهید تا کاملاً یکنواخت شود.
- ۲- قالب مورد نظر برای ریخته‌گری دوغابی را بررسی کنید.
- ۳- دوغاب را درون قالب بریزید و هر ۴ دقیقه یک بار ضخامت جداره تشکیل شده را اندازه‌گیری کنید. سپس مطابق با سرعت ریخته‌گری، دوغاب اضافی را خارج کنید.
- ۴- میزان انقباض جداره را بررسی کنید و مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری، بدنه شکل‌دهی شده را خارج کنید.
- ۵- سپس بدنه را پرداخت کنید.
- ۶- پس از پرداخت، بدنه را به خشک‌کن منتقل کنید.



کار عملی ۴: ریخته‌گری دوغابی توخالی (قالب‌های چند تکه)

مواد و ابزار: دوغاب، همزن، آب، قالب ریخته‌گری توخالی چند تکه، نوار لاستیکی، کورنومتر، بالن ژوژه، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر و خشک‌کن.

شرح فعالیت:

- ۱- دوغاب موجود در کارگاه را به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه درون همزن با سرعت آرام قرار دهید. تا کاملاً یکنواخت شود.
- ۲- قالب مورد نظر برای ریخته‌گری دوغابی را بررسی کنید.
- ۳- دوغاب را درون قالب بریزید و هر ۴ دقیقه یک بار ضخامت جداره تشکیل شده را اندازه‌گیری کنید و سپس مطابق با سرعت ریخته‌گری، دوغاب اضافی را خارج کنید.
- ۴- میزان انقباض جداره را بررسی کنید و مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری، بدنه شکل‌دهی شده را خارج کنید.
- ۵- سپس بدنه را پرداخت کنید.
- ۶- پس از پرداخت، بدنه را به خشک‌کن منتقل کنید.



کار عملی ۵: ریخته گری توپر

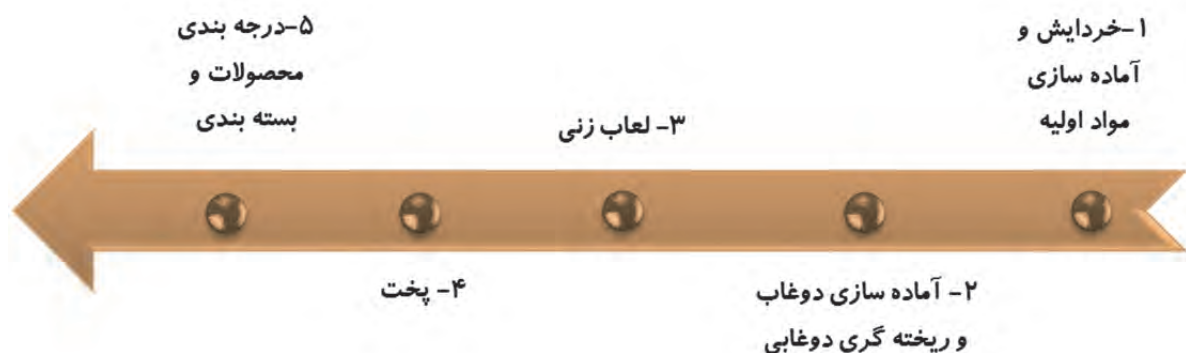
مواد و ابزار: دوغاب، همزن، آب، قالب ریخته گری توپر، نوار لاستیکی، زمان سنج، بالن ژوژه، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر و خشک کن.

شرح فعالیت:

- ۱- دوغاب موجود در کارگاه را به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه درون همزن با دور آرام قرار دهید تا کاملاً یکنواخت شود.
- ۲- قالب مورد نظر برای ریخته گری دوغابی را بررسی کنید.
- ۳- دوغاب را درون قالب بریزید و هر ۴ دقیقه یک بار ضخامت دیواره تشکیل جداره را اندازه گیری کنید و سرعت ریخته گری را تعیین کنید.
- ۴- میزان انقباض جداره را بررسی کنید و مطابق با مراحل اجرای ریخته گری، بدنه شکل دهی شده را خارج کنید.
- ۵- سپس بدنه را پرداخت کنید.
- ۶- پس از پرداخت، بدنه را به خشک کن منتقل کنید.

ریخته گری دوغابی به روش ماشینی

ریخته گری دوغابی به روش ماشینی برای تولیدات انبوه به کار می رود که خود به دو صورت، نیمه اتوماتیک یا اتوماتیک انجام می شود. این روش برای تولید محصولاتی نظیر چینی ظروف و چینی بهداشتی کاربرد دارد. در نمودار ۳ مراحل فرایند تولید چینی بهداشتی^۱ بیان شده است.



نمودار ۳ - فرایند کلی تولید چینی بهداشتی

مراحل ریخته‌گری دوغابی در کارخانه چینی بهداشتی شامل مراحل زیر می‌باشد:

۱- تزریق دوغاب به قالب گچی؛

۲- تشکیل جداره و تخلیه دوغاب؛



شکل ۳۵- باز کردن لوله‌ها جهت تخلیه دوغاب اضافی

۳- زمان توقف (جهت ایجاد استحکام اولیه و جدا شدن بدنه از قالب)؛



شکل ۳۶- جدا شدن بدنه چینی بهداشتی

۴- بیرون آوردن بدنه از قالب؛



شکل ۳۷- بیرون آوردن بدنه از قالب

۵- پرداخت (آماده کردن نمونه برای لعابزنی).



شکل ۳۸- پرداخت

بدنه شکل‌دهی شده پس از این مراحل، خشک شده و لعابزنی و پخت می‌شود. در شکل ۳۹ برخی از محصولات کارخانه چینی بهداشتی نشان داده شده است.



شکل ۳۹- محصولات کارخانه چینی بهداشتی

ریخته‌گری چینی‌های بهداشتی با سه روش دستی، نیمه اتوماتیک یا اتوماتیک انجام می‌شود که در شکل ۴۰ نشان داده شده است.



پ) روش اتوماتیک



ب) روش نیمه اتوماتیک



الف) روش دستی

شکل ۴۰

در روش دستی کلیه مراحل شامل بستن قالب‌ها، ریختن دوغاب، تخلیه دوغاب اضافی، بازکردن قالب و خارج کردن بدنه شکل یافته به صورت دستی صورت می‌گیرد.

در روش نیمه اتوماتیک قالب‌ها به صورت سری بر روی یک ریل قرار گرفته و عمل ریخته‌گری و تخلیه توسط لوله‌های متصل به قالب‌ها صورت می‌گیرد. سپس مراحل انتقال قطعه به وسیله دست انجام می‌شود. از این روش در تولید قطعات ساده مثل پایه و روشویی استفاده می‌شود. در روش اتوماتیک تمام مراحل شکل‌دهی به وسیله دستگاه‌ها انجام می‌شود.

گفت و گو کنید



درباره اهمیت کنترل دوغاب در کارخانه‌های تولید بدنه‌های ریخته‌گری دوغابی گفت و گو کنید.

بازدید: از یک کارخانه تولید چینی بهداشتی در نزدیکی شهر محل سکونت خود بازدید کنید.

مونتاز^۱ در ریخته‌گری دوغابی

به تصاویر زیر نگاه کنید، برای اتصال بدنه و دسته چه روش‌هایی را می‌توانید پیشنهاد کنید؟



شکل ۴۱

ریخته گری دوغابی

اغلب بدنه‌های سرامیکی معمولاً شکلی پیچیده دارند. قطعات پیچیده مانند برخی از چینی ظروف را نمی‌توان به صورت یک پارچه تولید کرد. از این رو برخی از اجزای بدنه به طور جداگانه شکل‌دهی می‌شوند و سپس به هم چسبانده می‌شوند (شکل ۴۲).



شکل ۴۲ - شکل‌دهی جداگانه لوله و بدنه قوری

به چسباندن قطعات کوچک‌تر به بدنه اصلی برای تولید یک قطعه پیچیده بزرگ‌تر، مونتاژکاری گفته می‌شود؛ مثلاً دسته فنجان یا لوله قوری به صورت جداگانه شکل‌دهی شده و سپس به بدنه اصلی اتصال داده می‌شود. مونتاژ در بسیاری از صنایع نظیر فلزات و پلاستیک نیز کاربرد دارد.

تحقیق کنید

فهرستی از قطعات مونتاژ شده را که در زندگی روزمره کاربرد دارند تهیه کنید.



- مونتاژکاری یکی از بخش‌های مهم در هر کارخانه تولید بدنه‌های سرامیک است. در مونتاژ باید به نکات زیر توجه کرد:
- زمان مناسب برای انجام مونتاژ، پس از فرایند شکل‌دهی و کم شدن رطوبت بدنه است.
- کلیه قطعات چند تکه برای اتصال به یکدیگر باید ابتدا تا نقطه چرمینگی خشک شوند. چرمینگی مرحله‌ای از خشک کردن قطعات سرامیکی است که در آن، قطعه تمام انقباض‌های خشک را انجام داده است و تغییر حجم نخواهد داشت.
- در بخش مونتاژکاری، قطعات مونتاژ شده باید رطوبت یکسانی داشته باشند.
- وجود هوای محبوس شده در بخش‌های مختلف مونتاژ شده موجب ایجاد ترک در قطعه می‌شود.

فکر کنید

چرا قبل از مرحله مونتاژکاری باید رطوبت قطعه یکنواخت شود؟



برای مونتاژکاری، از دوغاب خود قطعه استفاده می‌شود که به آن مقداری سرکه یا سدیم سیلیکات افزوده می‌شود تا به دوغابی با روانی کم تبدیل شود. دوغابی که برای اتصال بدنه‌های سرامیکی چند جزئی به کار می‌رود نباید حاوی حباب‌های ریز هوا باشد زیرا استحکام محل اتصال کاهش می‌یابد.



شکل ۴۳- دوغاب با روانی کم برای مونتاژکاری

مراحل انجام مونتاژ

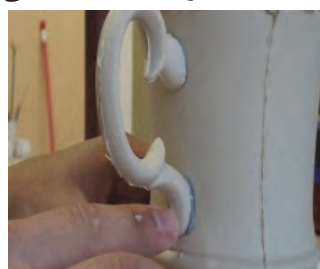
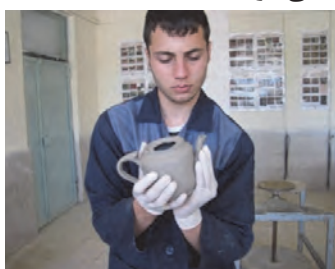
در شکل ۴۴ مراحل مونتاژ لوله به بدنه قوری نشان داده شده است.

- ۱- ابتدا بر روی بدنه اصلی محل قرارگیری و اتصال اجزا (به عنوان مثال محل قرارگیری لوله قوری) مشخص می‌شود. به کمک ابزار مناسب (مته) بر روی محل مشخص شده شیارهای کوچک ایجاد می‌شود.



- ۲- جزء مونتاژی (به عنوان مثال لوله قوری) به دوغاب با روانی کم که از پیش آماده شده آغشته می‌شود.

- ۳- سپس جزء مونتاژی آغشته به دوغاب به بدنه اصلی با فشار کمی چسبانده می‌شود.





۴- اطراف قسمت مونتاژ کرده باید به خوبی با دوغاب موردنظر پر شود و از اتصال آن اطمینان حاصل شود.



بدنه پس از مونتاژ

شکل ۴۴- مراحل مونتاژ لوله به بدنه قوری

به طور معمول برای مونتاژ بدنه‌های سرامیکی از چسب‌های شیمیایی استفاده نمی‌شود، زیرا باعث ایجاد ترک در محل اتصال اجزا می‌شود.

نکته



چرا به کارگیری چسب‌های شیمیایی در مونتاژ باعث ایجاد ترک می‌شود؟

فکر کنید



برای بررسی اتصال مناسب بدنه‌های سرامیکی چند جزئی در مونتاژ، چند نمونه به صورت اتفاقی انتخاب شده و شکسته می‌شود. در این بررسی نباید بدنه از محل اتصال جدا شود.

کار عملی ۶: مونتاژ بدنه‌های ریخته‌گری دوغابی

مواد و ابزار: دوغاب، همزن، آب، نوار لاستیکی، کورنومتر، بالن ژوژه، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر، خشک کن، قالب ریخته‌گری توخالی چند تکه (بدنه برای مونتاژ مناسب باشد).

شرح فعالیت:

۱- دوغاب موجود در کارگاه را به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه درون همزن با دور آرام قرار دهید تا کاملاً یکنواخت شود.

۲- قالب مورد نظر برای ریخته‌گری را تمیز و بررسی کنید.

فعالیت کارگاهی



- ۳- دوغاب را داخل قالب ریخته‌گری بریزید.
- ۴- میزان انقباض و تشکیل جداره را بررسی کنید.
- ۵- سرعت ریخته‌گری را تعیین کنید.
- ۶- مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری، بدنه شکل‌دهی شده را خارج کنید.
- ۷- بدنه و اجزای شکل‌دهی شده را از نظر رطوبت در محدوده چرمینگی قرار دهید (قطعه را از نظر تغییر رنگ و میزان خشک شدن، بررسی کنید که به نقطه چرمینگی رسیده باشد).
- ۸- برای اتصال بدنه و دسته مقداری از دوغاب بدنه را با افزودن مقداری سرکه یا سدیم سیلیکات به صورت گل درآورید.
- ۹- طبق مراحل مونتاژکاری، اتصال بدنه و اجزا را انجام دهید و به آن فرصت دهید تا استحکام اولیه را پیدا کنید.
- ۱۰- سپس بدنه را پرداخت کنید.
- ۱۱- پس از پرداخت، بدنه را به خشک کن انتقال دهید.

بررسی و کنترل عیوب ریخته‌گری

در محصولاتی که به روش ریخته‌گری شکل داده می‌شوند عیوب خاصی مشاهده می‌شود. به تصاویر زیر نگاه کنید و محل عیوب را در این محصولات مشخص کنید.



شکل ۴۵

ریخته‌گری دوغابی

عیوب ریخته‌گری از عوامل متعددی مانند حبس حباب‌های هوا در دوغاب، گرانیروی نامناسب دوغاب و سرعت نامساوی ریخته‌گری در قالب ایجاد می‌شود. در جدول ۱ انواع عیوب متداول در ریخته‌گری دوغابی مطرح شده است.

جدول ۱- عیوب متداول در بدنه‌های ریخته‌گری شده

عیب	دلیل ایجاد عیب	راه برطرف کردن عیب
شکندنده بودن بدنه ریخته‌گری شده ^۱	تیکسوتروپی بسیار کم دوغاب	کاهش میزان دفلوکولانت
سستی بدنه ریخته‌گری شده ^۲	تیکسوتروپی بسیار بالای دوغاب	افزایش میزان دفلوکولانت
چین و شکن ^۳	تیکسوتروپی بسیار کم دوغاب	تنظیم درصد آب دوغاب کاهش میزان دفلوکولانت
سوراخ‌های سنجاقی ^۴	حبس حباب‌های هوا در زیر سطح بدنه	کنترل گرانیروی دوغاب
لکه ریخته‌گری ^۵	تیکسوتروپی بسیار کم دوغاب	افزایش آب یا کاهش دفلوکولانت
ترکی ^۶	تیکسوتروپی بسیار کم دوغاب سرعت خشک شدن نابرابر در بدنه	کاهش میزان آب یا کاهش میزان دفلوکولانت
خط و رگه در بدنه ^۷	مکث در حین پر کردن قالب	تنظیم سرعت پر کردن قالب
خط درز	نفوذ دوغاب به داخل درزهای قالب	اعمال ضربه به محل درزها در حین ریخته‌گری



سستی بدنه



درز و خط و رگه



سوراخ سنجاقی

شکل ۴۶- نمونه‌هایی از عیوب ریخته‌گری

۱-Brittle casts

۲-Flabby casts

۳-Wreath

۴-Pinholes

۵-Casting spot

۶-Cracking

۷-Check mark

در ادامه به برخی از عیوب ریخته‌گری دوغابی اشاره خواهد شد.

۱- سوراخ‌های سنجاقی

همان‌طور که از نام این عیب مشخص است، ابعاد سوراخ‌ها به طور معمول بسیار کوچک بوده و در سطح بدنه مشاهده می‌شود. علت اصلی ایجاد این عیب، وجود و حبس حباب‌های ریز هوا در دوغاب است. عواملی مانند هم زدن سریع دوغاب در حوضچه و پر کردن بسیار سریع قالب باعث ورود حباب‌های هوا به داخل دوغاب می‌شود.



شکل ۴۷- پر کردن قالب با سرعت مناسب

وجود زاویه‌های تند در قالب نیز باعث حبس حباب‌های هوا می‌شود.



شکل ۴۸- قالب با زاویه‌های متعدد

ریخته‌گری دوغابی

همچنین گرانیروی بالای دوغاب‌های ریخته‌گری از عوامل ایجادکننده سوراخ‌های سنجاقی است زیرا باعث حبس حباب‌های هوا می‌شود.
در نمودار ۳ برخی از راه‌های پیشنهادی برای برطرف نمودن عیب سوراخ‌های سنجاقی بیان شده است.

انبار نمودن دوغاب‌های ریخته‌گری جهت خروج
حباب‌های هوا

هم زدن آرام دوغاب جهت خروج حباب‌های هوا

کاهش ناگهانی فشار هوای محیط

نمودار ۳- روش‌های برطرف کردن عیب سوراخ سنجاقی

سوراخ‌های سنجاقی در مرحله ریخته‌گری به وجود می‌آیند، ولی معمولاً پس از ذوب لعاب در بدنه با وضوح بیشتری ظاهر می‌گردند.

نکته



۲- چین و شکن

در دوغاب‌هایی که گرانیروی بیشتر از حد معمول دارند، ناصافی و ناهمواری‌هایی به شکل هلال در سطح داخلی فراورده (سطحی که در تماس با قالب نیست) ظاهر می‌شود. هنگام تخلیه دوغاب نیز موج‌هایی بر روی سطح درونی بدنه ظاهر می‌گردد.

فعالیت کلاسی

چه راه‌حلی برای کاهش عیب چین و شکن پیشنهاد می‌کنید.



۳- عیب لکه ریخته‌گری

به دلیل تخلیه نامناسب دوغاب و ماندن قطره‌هایی از دوغاب در کف قالب، یک لکه یا برآمدگی در ته قطعه ایجاد می‌شود. همچنین در بدنه‌های ریخته‌گری شده به ویژه در بدنه‌هایی که رنگ پس از پخت آنها سفید است، ممکن است لکه‌های تیره رنگ مشاهده شود، زیرا هنگامی که گرانش دوغاب بالا است، ذرات رسی سریع‌تر جذب قالب شده و مواد کمک ذوب، در نقاط خاصی از بدنه متراکم می‌شوند که در هنگام پخت، لکه‌های ریخته‌گری را ایجاد می‌کنند.

کار عملی ۷: بررسی عیوب بدنه‌های ریخته‌گری دوغابی

بدنه‌های شکل‌دهی شده با روش ریخته‌گری دوغابی توسط گروه‌های مختلف را بررسی کنید و فهرستی از عیوب موجود در آنها را تهیه کنید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۸: بررسی سرعت ریخته‌گری قالب‌های گچی آماده شده در پودمان سوم

مواد و ابزار: دوغاب، همزن، آب، قالب ریخته‌گری توخالی دو تکه، نوار لاستیکی، زمان‌سنج، بالون ژوژه، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر و خشک‌کن.

۱- با استفاده از قالب‌هایی را که در فعالیت کارگاهی پودمان سوم تهیه کرده‌اید، ریخته‌گری دوغابی انجام دهید.

۲- سرعت ریخته‌گری قالب را تعیین کنید.

۳- میزان انقباض و تشکیل جداره را بررسی کنید و مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری، بدنه شکل‌دهی شده در هر یک از قالب‌ها را خارج کنید.

فعالیت کارگاهی



ارزشیابی نهایی شایستگی ریخته گری دوغابی

شرح کار:

۱- آماده سازی قالب

۲- ریخته گری

۳- تعیین سرعت ریخته گری و تخلیه دوغاب

۴- خارج نمودن بدنه از قالب و پرداخت آن

۵- مونتاژکاری

استاندارد عملکرد:

ساخت قطعه سرامیکی به روش ریخته گری دوغابی

شاخص ها:

۱- تمیزکاری قالب های کارکرده و آماده سازی آنها برای ریخته گری دوغابی

۲- تعیین سرعت ریخته گری و زمان تخلیه دوغاب

۳- اجرای ریخته گری دوغابی به شیوه های توپر و توخالی و خروج بدنه از قالب

۴- مونتاژکاری بدنه های ریخته گری دوغابی

۵- توانایی تشخیص عیوب در بدنه ها و جلوگیری از ایجاد آنها

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی

ابزار و تجهیزات: دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک، همزن آزمایشگاهی، بشر، کورنومتر، قالب های ریخته گری دوغابی (توخالی و توپر)

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی قالب جهت ریخته گری و بستن آن	۱	
۲	تعیین سرعت ریخته گری	۱	
۳	اجرای مراحل ریخته گری دوغابی و خروج بدنه	۲	
۴	مونتاژ بدنه های ریخته گری	۱	
۵	تشخیص عیوب و نحوه رفع آن	۱	
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۲	
دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات			

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.

- ۱- برنامه‌درسی رشته سرامیک. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی-و حرفه‌ای و کاردانش
- ۲- استاندارد شایستگی حرفه رشته سرامیک. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی-و حرفه‌ای و کاردانش
- ۳- استاندارد ارزشیابی حرفه رشته سرامیک. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی-و حرفه‌ای و کاردانش
- ۴- رستم خانی، محمد. روانسازی دوغاب‌های سرامیکی. شرکت تعاونی معدنی پارس کانسار.
- ۵- قصاعی، حسین. (۱۳۷۷). آزمایشگاه فرایند ساخت (۱). دانشگاه علم و صنعت.
- ۶- رستم خانی، محمد. تکنولوژی ریخته‌گری دوغابی. شرکت تعاونی معدنی پارس کانسار.
- ۷- رستم خانی، محمد. تکنولوژی ساخت گل پلاستیک (کنترل کیفیت در صنعت سرامیک). شرکت تعاونی معدنی پارس کانسار.
- ۸- غفاری، مهران و صلاحی، اسماعیل. (۱۳۸۶). آشنایی با تئوری و تکنولوژی ساخت پرسلان‌ها. انتشارات روزبان.
- ۹- رحیمی، افسون و متین، مهران. (۱۳۶۸). تکنولوژی سرامیک‌های ظریف ۲ و ۱. شرکت صناعی خاک چینی ایران.
- ۱۰- رستم خانی، محمد. (۱۳۸۴). آماده سازی مواد اولیه سرامیکی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۱۱- قصاعی، حسین. آزمایشگاه مواد اولیه.
- ۱۲- مروی اصفهانی، محمود. (۱۳۶۳). تئوری سرامیک. سال سوم هنرستان. وزارت آموزش و پرورش.
- ۱۳- پایدار، حسین. (۱۳۸۷). تکنولوژی فرآورده های چینی. اصفهان: دانشگاه آزاد اسلامی شهر مجلسی.
- ۱۴- سالاریه، محمود. (۱۳۸۶). ساخت و تولید سرامیک. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.
- ۱۵- رحمان، محمدان. (۱۳۹۴). ترجمه: سرپولکی، حسین. مهدوی، سهیل و یزدانی، آرش. فراوری پیشرفته سرامیک. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۱۶- رحمان، محمدان. (۱۳۹۴). ترجمه: محمدی، محمدرضا. مسعودی، افشین و موحدی، مجتبی. فرایندهای سرامیکی. تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی.
- 17- Licciulli, A. An introduction to ceramic forming processes.
- 18- TEACHER INSTRUCTIONS Ceramic Processing: Slip Casting ,Journal of The American Society.
- 19- Multi-Mineral Knowledge: Casting Slip Control.
- 20- PREPARATION OF CRUCIBLES FROM SPECIAL REFRACTORIES BY SLIP~CASTING, By John G. Thompson and Manley" W. Mallett, Part of Journal of Research of the National Bureau of Standards, Volume 23, August 1939.



هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وبگاه: www.tvoccd.medu.ir

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

همکاران هنرآموز که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت فعال داشته‌اند.

استان: یزد

آقای علیرضا کریم بیگی، خانم مرجان عزیزی

استان: فارس

آقای محمد خسروی

