

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



تولید سرامیک به روش ریخته گری دوغابی

رشته سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه ای

پایه یازدهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



نام کتاب: تولید سرامیک به روش ریخته‌گری دوغابی - ۲۱۱۵۰۸

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: غلامرضا امامی میبدی، ناصر ضیاییان مفید، محمود سالاریه، حسین سرپولکی، امیر مقصودی‌پور،

ندی‌دیده‌ور، فرشاد فرشیدفر، مهران غفاری و محمد حسن نجاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

غلامرضا امامی میبدی، ندی‌دیده‌ور، ایمان صفایی، الهام صمدبین، ناصر ضیاییان مفید، مهران

غفاری، محمدحسن نجاری، محسن فلاح‌زاده فراشاهی، محمد کهدویی، مهدی حیدری باقرآبادی

و روژین غفاری (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) - مریم کیوان (طراح جلد) - الهه یعقوبی‌نیا (صفحه‌آرا) - سید مرتضی

میرمجیدی (رسام فنی) - فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد (رسام)

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

تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وبسایت: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir

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

(داروپخش)، تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰

صندوق پستی: ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۵

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، نمایش، 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.



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 انشاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادت تان این است که کار بکنید. این عبادت است.

امام خمینی «قَدَسَ سِرُّهُ»



این کتاب در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ از منظر چهار گروه از دنیای کار (کارفرمایان بزرگ، خبرگان حرفه‌ای، فروشندگان خدمات و کالا و انجمن‌های حرفه‌ای) و چهار گروه از دنیای آموزش (هنرآموزان خبره، مربیان سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای، هنرجویان پایه دوازدهم و فارغ‌التحصیلان شاغل) مورد ارزشیابی کشوری قرار گرفت و نتایج آن در محتوا اعمال گردید.

۱	پودمان اول : مدل سازی
۲	واحد یادگیری ۱: شایستگی تهیه دوغاب گچی
۲۲	واحد یادگیری ۲: شایستگی طراحی و ساخت مدل
۳۹	پودمان دوم : قالب سازی
۴۰	واحد یادگیری ۱: شایستگی ساخت قالب الگو و مادر قالب
۵۶	واحد یادگیری ۲: شایستگی قالب ریزی
۶۷	پودمان سوم : آماده سازی آمیز و دوغاب
۶۸	واحد یادگیری ۱: شایستگی آماده سازی آمیز
۸۲	واحد یادگیری ۲: شایستگی آماده سازی دوغاب
۹۷	پودمان چهارم: تعیین چگالی و خواص رئولوژی دوغاب
۹۸	واحد یادگیری ۱: شایستگی تعیین چگالی
۱۱۶	واحد یادگیری ۲: شایستگی تعیین خواص رئولوژی دوغاب
۱۳۵	پودمان پنجم : ریخته گری دوغابی
۱۳۶	واحد یادگیری ۱: شایستگی اجرای کار ریخته گری دوغابی
۱۵۹	واحد یادگیری ۲: شایستگی کنترل و پردازش نهایی قطعه
۱۷۷	منابع

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 به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند عملیات آماده‌سازی دوغاب

۲ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

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

بر این اساس دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی 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 درس، سومین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته سرامیک تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما 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 ریخته‌گری دوغابی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای دو واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در یک یا هر دو واحد یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد.

این درس شامل پنج پودمان است. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه

این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیرفنی است. 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 است 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.oerp.ir می‌توانید از عناوین آن 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 کارها 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 برداشته شود.

دفتر برنامه‌ریزی و 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 می‌باشد که برای سال یازدهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای پنج پودمان است و شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیر فنی است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی 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، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، 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. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «مدل سازی» است. در واحد یادگیری اول تهیه دوغاب گچی و در واحد یادگیری دوم طراحی و ساخت مدل شرح داده شده است.

پودمان دوم: عنوان «قالب‌سازی» نام دارد. در واحد یادگیری اول ساخت قالب الگو و مادر قالب و در واحد یادگیری دوم قالب‌ریزی آموزش داده شده است.

پودمان سوم: دارای عنوان «آماده‌سازی آمیز و دوغاب» است. در این پودمان ابتدا آماده‌سازی آمیز و سپس عملیات آماده‌سازی دوغاب به صورت گام به گام آموزش عملی و تئوری داده شده است.

پودمان چهارم: «تعیین چگالی و خواص رئولوژی دوغاب» نام دارد که در واحد یادگیری اول تعیین چگالی و در واحد یادگیری دوم تعیین خواص رئولوژی دوغاب شرح و آموزش داده شده است.

پودمان پنجم: با عنوان «ریخته‌گری دوغابی» است که در آن هنرجویان ابتدا با اجرای کار ریخته‌گری دوغابی به صورت عملی آشنا می‌شوند. در واحد یادگیری دوم کنترل و پردازش نهایی قطعه آموزش عملی داده می‌شود.

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





پودمان اول

مدل سازی



برای تولید انبوه قطعات سرامیکی، به قالبی دقیق و منطبق بر شکل محصول نهایی نیاز داریم. پیش از ساخت قالب، باید مدلی فیزیکی از قطعه ایجاد شود. مدل فیزیکی نیازمند طرح و نقشه می باشد. محصول نهایی، افزون بر زیبایی و کارایی مطلوب، باید از قابلیت تولید انبوه نیز برخوردار باشد.

واحد یادگیری ۱

شایستگی تهیه دوغاب گچی

به سؤالات زیر فکر کنید

- ۱ اولین مرحله در ساخت یک محصول جدید سرامیکی چیست؟
- ۲ مدل سرامیکی از چه موادی ساخته می شود؟
- ۳ چرا گچ به عنوان انتخاب اول در ساخت مدل در نظر گرفته می شود؟
- ۴ چه عواملی در انبارش گچ باید در نظر گرفته شود؟

هدف از این شایستگی فراگیری تعیین ویژگی های گچ، عوامل مؤثر بر آن و نحوه انبارش گچ است. این ویژگی ها می تواند بر کیفیت تولید قالب گچی و در نهایت تولید قطعه تأثیرگذار باشد.

استاندارد عملکرد

انجام آزمون های تعیین ویژگی های گچ مطابق با استاندارد ملی

به تصاویر شکل ۱ نگاه کنید.
به نظر شما ویژگی های گچ های زیر مشابه است؟



شکل ۱

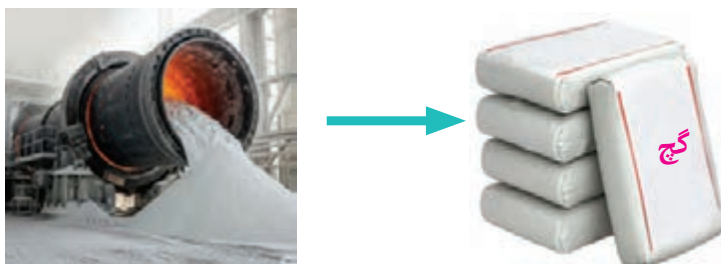


شکل ۲- پودر گچ

گچ یک ماده خودگیر در آب است که از فراوری سنگ گچ به دست می آید. عمده ترین کانی موجود در سنگ گچ ژئپس به فرمول شیمیایی $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ است که در طبیعت به وفور یافت می شود و پس از فراوری شیمیایی و فیزیکی به پودری سفیدرنگ (شکل ۲) تبدیل می شود که با افزودن آب سخت شده و قابلیت شکل پذیری بی نظیری پیدا می کند.

نحوه تبدیل سنگ گچ خام به پودر گچ

تبدیل سنگ گچ به گچ یک فرایند حرارت دهی و سپس آسیاب کردن است. در این فرایند، سنگ گچ طی یک واکنش گرماگیر در دمای (۱۸۰-۲۰۰) درجه سلسیوس بخشی از آب تبلور خود را از دست داده و به گچ نیمه هیدرات تبدیل می شود (شکل ۳).

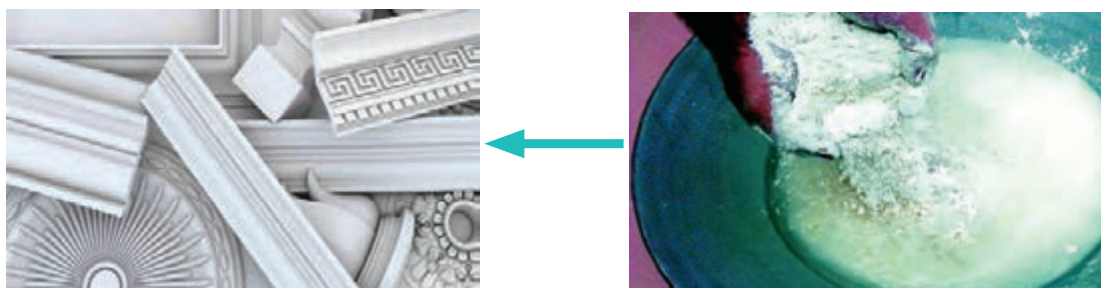


شکل ۳- حرارت دهی گچ



اگر سنگ گچ در دمای بالاتر از ۲۰۰ درجه سلسیوس پخته شود، تمام آب تبلور خود را از دست داده و به «انیدرید» یا «گچ بی آب» تبدیل می شود که به آن «گچ سوخته» نیز می گویند، زیرا دیگر با آب واکنش نمی دهد و خاصیت گیرش خود را از دست می دهد.

با افزودن گچ به آب، دوغابی به دست می آید که قابلیت شکل پذیری دارد و به مرور زمان گیرش پیدا می کند (شکل ۴) و به جسم جامد تبدیل می شود.



شکل ۴- واکنش گیرش گچ در آب

گچ بر اساس کاربرد به دو دسته اصلی تقسیم می شود:

۱ گچ ساختمانی

این نوع گچ که رایج ترین کاربرد را دارد، برای سفیدکاری، نازک کاری، گچ بری، ساخت بلوک های گچی، و تهیه ملات های گچی در صنعت ساختمان استفاده می شود. ویژگی های کلیدی آن شامل زمان گیرش مناسب، مقاومت مکانیکی و چسبندگی خوب است.

۲ گچ صنعتی

این گچ در صنایع مختلفی مانند پزشکی (گچ گیری شکستگی ها)، دندانپزشکی (ساخت قالب ها)، مجسمه سازی، قالب سازی، صنایع سرامیک و حتی صنایع غذایی کاربرد دارد. گچ صنعتی معمولاً خلوص بالاتری داشته و خواص فیزیکی و شیمیایی آن (مثل زمان گیرش، استحکام و میزان انبساط) با دقت بسیار بیشتری برای کاربرد خاص خود تنظیم می شود. به عنوان مثال، گچ دندانپزشکی باید انبساط بسیار کنترل شده ای داشته باشد تا دقت قالب گیری را تضمین کند.

تعیین ویژگی های گچ

برای استفاده از گچ باید در ابتدا ویژگی های آن را بررسی کرد. در نمودار ۱ ویژگی های گچ بیان شده است.

تعیین ویژگی های گچ

استحکام خمشی

زمان گیرش

نفوذپذیری

نسبت گچ به آب

سیالیت

نمودار ۱

مدل سازی و قالب سازی

در قالب سازی، نسبت گچ به آب عامل بسیار مهمی است و می تواند بر روی عوامل مختلفی مثل استحکام، سیالیت و نفوذپذیری تأثیرگذار باشد؛ بنابراین، انتخاب نسبت صحیح گچ به آب برای دستیابی به خواص بهینه ضروری است. نخستین گام در این راه، تعیین نسبت مجاز گچ به آب طبق رابطه ۱ است.

$$\text{رابطه ۱:} \quad \frac{\text{وزن گچ}}{\text{وزن آب}} = \text{نسبت گچ به آب}$$

در جدول ۱ اثر افزایش نسبت گچ به آب بر ویژگی گیرش گچ و قالب حاصل از آن 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 تخلخل های قالب تولید شده کاهش می یابد؟

پرسش کلاسی



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.

فعالیت کلاسی



محاسبه بیشینه نسبت گچ به آب

برای تعیین بیشینه نسبت گچ به آب از رابطه ۲ استفاده می شود.

$$\text{رابطه ۲:} \quad \frac{\text{وزن گچ مصرف شده}}{\text{وزن آب}} = \text{بیشینه نسبت گچ به آب}$$



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

مواد و تجهیزات مورد نیاز: بشر به حجم ۵۰۰ میلی لیتر، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتر، همزن دستی یا الکتریکی، ترازو با دقت یک گرم، زمان سنج، پودر گچ قالب سازی یا ساختمانی.

شرح فعالیت:

۱ ۱۰۰ میلی لیتر (گرم) آب را پیمانه کرده یا ۱۰۰ گرم آب را وزن کرده آن را داخل بشر با حجم ۵۰۰ سی سی بریزید و وزن کنید.

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

۳ افزودن گچ را ادامه دهید تا مخروطی از پودر گچ به ارتفاع تقریبی ۳ تا ۵ میلی متر در وسط سطح آب ظاهر شود (زمان افزودن گچ ۴ دقیقه باشد). سپس وزن بشر به همراه آب و گچ را اندازه گیری کنید.

جدول ۲

آزمایش	گچ مصرفی g	آب مصرفی ml	بیشینه نسبت گچ به آب
۱		۱۰۰	
۲		۱۰۰	
۳		۱۰۰	
میانگین			

۴ با کم کردن وزن بشر، آب و گچ (مرحله سوم) از وزن بشر و آب (مرحله اول) مقدار پودر گچ مصرف شده برای تعیین بیشینه نسبت گچ به آب حاصل می شود. برای کاهش خطا، آزمایش را سه بار تکرار کنید و نتایج را در جدول ۲ ثبت کنید و میانگین نسبت گچ به آب را به دست آورید.

۵ پس از طی مراحل ۱ تا ۴، مخلوط گچ و آب داخل بشر را به وسیله همزن به خوبی مخلوط کنید. سپس آن را روی سطح صاف (شیشه ای) کاملاً تمیز تخلیه کنید. سپس رفتار دوغاب گچی را از لحاظ جاری شدن مشاهده و بررسی کنید.



معمولاً دوغاب گچ حاصله به دلیل سیالیت کم، به سختی جریان پیدا می کند. اگر دوغاب چنین رفتاری نداشت، در پاشیدن پودر گچ دقت کافی نشده است.



برای افزایش استحکام قالب گچی، برای مثال برای قالب های دستگاه جیگر و جولی از نسبت گچ به آب بیشتر (حدود ۱/۴ و بالاتر) استفاده می شود. برای افزایش تخلخل در قالب گچی به خصوص در ریخته گری دوغابی که تخلخل قالب نقش مهمی دارد نسبت گچ به آب متوسط (۱/۳ - ۱/۲) استفاده می شود. به صورت تجربی می توان نتیجه گیری کرد که نسبت گچ به آب کاربردی تقریباً ۰/۲ الی ۰/۱ کمتر از بیشینه نسبت گچ به آب انتخاب می شود. با رعایت این قانون تجربی، دوغاب گچی از سیالیت مناسبی برای ریختن داخل مادر قالب و ساخت قالب گچی برخوردار است.

نکات ایمنی و بهداشت



- ۱ هنگام کار با گچ از دستکش و ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.
- ۲ جهت جلوگیری از ایجاد گردوغبار، 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

به میزان روانی دوغاب گچی سیالیت گفته می شود. سیالیت در ساخت دوغاب گچی در تولید قالب ها بسیار اهمیت دارد. در صورت کم بودن سیالیت برای پر کردن همه زوایا و انتقال نقش ها به خصوص نقش های ظریف، پر کردن زوایا و انتقال نقش به خوبی انجام نشده و حباب های بسیار زیادی در قالب گچی ایجاد می شود. در صورتی که سیالیت بسیار زیاد باشد دوغاب گچی از زوایای مادر قالب به بیرون نفوذ می کند.

برای سنجش سیالیت از حلقه ویکات استفاده می شود. این حلقه از جنس پلاستیک یا فلز به شکل مخروط ناقص است که در شکل ۵ نشان داده شده است. مراحل تعیین سیالیت دوغاب گچی با حلقه ویکات در نمودار ۲ به اختصار شرح داده شده است.



شکل ۵- حلقه ویکات

۱ پاشیدن کل پودر گچ به داخل آب در ۳۰ ثانیه	۲ توقف ۳۰ ثانیه ای بعد از پاشیدن گچ در آب	۳ هم زدن به مدت ۱ دقیقه با همزن برقی یا دستی	۴ رها کردن دوغاب گچی به مدت ۱ دقیقه	۵ ریختن دوغاب آماده شده داخل حلقه ویکات	۶ برداشتن حلقه ویکات بلافاصله پس از پرسیدن حلقه از دوغاب	۷ تعیین میانگین قطر دایره به دست آمده از دوغاب
--	---	--	-------------------------------------	---	--	--

نمودار ۲- مراحل تعیین سیالیت با حلقه ویکات



کار عملی ۲: اندازه‌گیری سیالیت دوغاب گچی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: بشر به حجم ۵۰۰ میلی لیتر، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری، همزن دستی یا برقی، ترازو با دقت ۱ گرم، حلقه ویکات، پودر گچ قالب‌سازی یا ساختمانی، شیشه تخت به ابعاد تقریبی ۴۰ cm × ۴۰ cm، ماده جدا کننده و قلم مو، خط کش مدرج، زمان سنج.

نکته: با مشخص شدن بیشینه نسبت گچ به آب پودر گچ موجود در کارگاه، امکان اندازه‌گیری سیالیت و تعیین نسبت گچ به آب مناسب دوغاب گچی 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 گونه‌ای که قاعده بزرگ آن روی سطح شیشه باشد قرار دهید.
	۲ با توجه به بیشینه نسبت گچ به آب اندازه‌گیری شده، سه نسبت گچ به آب به طوری که مقدار این نسبت‌ها ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ کمتر از بیشینه نسبت گچ به آب باشد، انتخاب کنید و مقدار گچ و آب موردنیاز را محاسبه کنید.
	۳ برای اولین آزمایش ۲۴۰ گرم پودر گچ را با دقت یک گرم توزین کنید. مقدار آب موردنیاز 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 حباب‌های حبس شده در دوغاب گچ را خارج نمایید.



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، بی‌درنگ 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.

۹ اطلاعات و نتایج آزمایش سیالیت را در جدول ۳ ثبت کنید.

جدول ۳

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



- 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

قالب های 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. ویژگی های دیگر قالب گچی از جمله تشکیل جداره که ناشی از حضور تخلخل (لوله های مویین) در قالب است نباید تحت تأثیر استحکام بیش از حد مورد نیاز برای قالب، کاهش یابد. از عوامل مؤثر در استحکام قالب گچی می توان به نسبت گچ به آب و دانه بندی گچ اشاره کرد.



کار عملی ۳: اندازه گیری استحکام خمشی گچ

مواد و تجهیزات مورد نیاز: سطل پلاستیکی ۵ لیتری، استوانه مدرج ۵۰۰ میلی لیتری، همزن دستی یا برقی، ترازو با دقت ۱ گرم، پودر گچ قالب سازی یا ساختمانی، شیشه تخت به ابعاد تقریبی $40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ ، روغن جداکننده و قلم مو، زمان سنج (کرونومتر)، قالب ساخت آزمونه به ابعاد داخلی $15 \times 20 \times 25\text{ cm}$ ، کاردک، خشک کن، استحکام سنج و کولیس.

شرح فعالیت:

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





۲ ۱۰۰۰ میلی لیتر آب را پیمانه نموده و با توجه به نتیجه آزمایش سیالیت برای بهترین نسبت گچ به آب، مقدار گچ لازم را محاسبه و توزین کنید.



۳ در مدت زمان ۳۰ ثانیه همه گچ را به داخل آب بپاشید. سپس 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 هم زدن، با زدن ضربات آرام به دیواره سطل، حباب های هوای محبوس در دوغاب گچی را خارج کنید.



۵ دوغاب گچ را با دقت به ترتیب داخل قالب های استحکام بریزید.



۶ پس از مات شدن سطح گچ، سطح آزاد آزمون ها در قالب را پرداخت کنید. پس از گرم شدن گچ، قالب را باز کرده و آزمون های استحکام را خارج کنید. در صورت نیاز سطوح نمونه ها را پرداخت کنید.



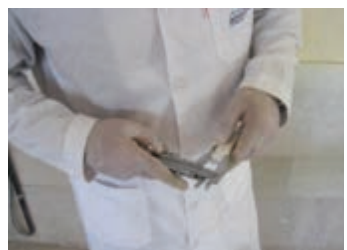
۷ آزمون ها را به خشک کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس منتقل کنید. مدت قرار گیری آزمون ها در خشک کن حداقل ۲۴ ساعت تا ثابت شدن وزن است .



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 آزمون‌ها ادامه دهید و نیروی شکست را یادداشت کنید.

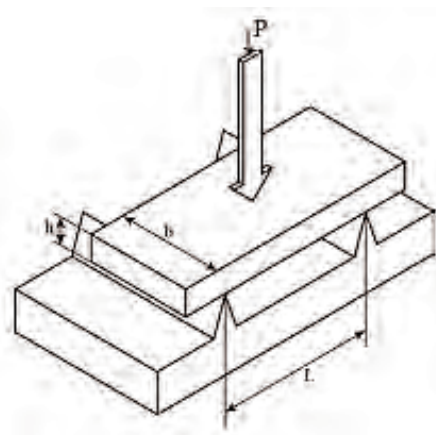


۱۰ ابعاد مقطع شکست را با کولیس اندازه‌گیری کرده و در جدول یادداشت کنید.

۱۱ جدول ثبت اطلاعات و نتایج آزمون استحکام خمشی به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۴- میانگین استحکام آزمون‌ها

آزمایش نیوتن (N)	نیرو به نیوتن (N)	فاصله تکیه‌گاه به میلی‌متر (mm)	عرض آزمون به میلی‌متر (mm)	ارتفاع مقطع شکست			استحکام به نیوتن بر میلی‌متر مربع (N/mm ²)
				۱	۲	۳ میانگین	
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							
۶							
۷							
۸							



محاسبه استحکام خمشی با توجه به رابطه ۳ انجام می شود:

$$\sigma = \frac{3 \times p \times L}{2b \times h^2} \quad \text{رابطه ۳:}$$

σ = استحکام خمشی N/mm^2 یا MPa

p = نیروی شکست N

L = فاصله تکیه گاه mm

b = عرض مقطع شکست نمونه mm

h = میانگین ارتفاع مقطع شکست نمونه mm

نکات
ایمنی و بهداشت



- 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 های 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.

فعالیت کارگاهی



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

مواد و تجهیزات مورد نیاز: بشر با حجم ۲۰۰ یا ۵۰۰ میلی لیتر، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری، همزن دستی یا برقی، ترازو با دقت یک گرم، تیغه فلزی دارای یک لبه تیز به ضخامت تقریبی ۰/۷ میلی لیتر، پودر گچ قالب سازی یا ساختمانی، شیشه تخت به ابعاد تقریبی ۴۰ cm × ۴۰ cm، ماده جدا کننده، قلم مو و زمان سنج.

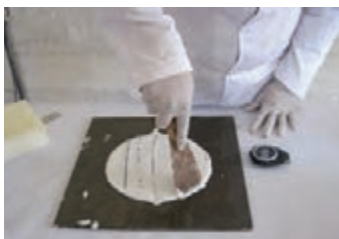
شرح فعالیت:

از بین آزمایش های 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 ۳ آماده کنید.
	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 لازم 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 تیغه 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 در حال سخت شدن 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، گچ به پایان زمان گیرش رسیده است. این زمان را از ابتدای پاشیدن گچ به عنوان زمان پریدن یادداشت کنید (t_3).

۹ برای ثبت اطلاعات و نتایج آزمایش زمان گیرش گچ از جدول زیر استفاده کنید.

جدول ۵

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

اندازه گیری زمان های ذکر شده دقیق نیست و می تواند ۱ الی ۲ دقیقه خطا داشته باشد.

نکته



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

پرسش کلاسی



دو روش دیگر برای اندازه گیری زمان گیرش گچ معرفی کنید.

تحقیق کنید



یکی از عوامل مؤثر در ریخته‌گری دوغابی 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 تجهیزات مورد نیاز: بشر پلاستیکی ۱۰۰۰ میلی لیتری، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری، همزن دستی یا برقی، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، پودر گچ قالب‌سازی، شیشه تخت به ابعاد تقریبی $40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ ، روغن جداکننده و قلم مو، زمان‌سنج، 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 سانتی‌متر (مانند بشقاب)، پایه فلزی، مداد نرم، سنباده نرم، کاردک، خشک‌کن و کولیس.

شرح فعالیت:

	۱ سطح شیشه را به 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 کنید و بلافاصله اقدام به پاشیدن گچ به داخل آب نمایید. زمان بندی 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 کنید.



۹ پس از گرم شدن گچ قالب را باز نموده و قطعه گچی را از قالب خارج نمایید. ابتدا پلیسه های 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.



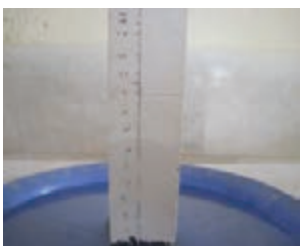
۱۲ برای ادامه کار، ابتدا قاعده‌های آزمون (منشور مربع القاعده) که خشک شده را به وسیله سنباده نرم پرداخت نمایید تا آثار روغن کاملاً از بین برود.



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 کنید. توجه داشته باشید که سنجش زمان توسط زمان سنج تا پایان آزمون قطع نمی‌شود و همچنین نباید دوباره 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 وسیله مداد علامت بزنید. پس از علامت زدن در دقیقه ۱۶ فعالیت پایان یافته و منشور را از روی پایه بردارید.



۱۶ به کمک کولیس فواصل نفوذ علامت گذاری شده را اندازه گیری نمایید.
ضریب نفوذ بر اساس رابطه ۴ محاسبه می شود:

$$D = \frac{d^2}{t} \quad \text{رابطه ۴}$$

۱۷ در جدول اطلاعات و نتایج آزمایش زمان گیرش را ثبت کنید.

جدول ۶

زمان	دقیقه	۱	۴	۹	۱۶
زمان t	ثانیه	۶۰	۲۴۰	۵۴۰	۹۶۰
فاصله از کف d	میلی متر				
ضریب نفوذ D	mm ^۲ /s				
ضریب نفوذ متوسط	mm ^۲ /s				

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 بهداشت



آیامی دانید



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

آماده سازی دوغاب گچی

منظور از آماده سازی 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 می شود.

برای تهیه دوغاب گچ، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

■ از گچ تازه استفاده شود؛

■ در صورت نیاز قبل از تهیه دوغاب، گچ را با الک بنایی (مش ۱۰) الک کرده و سپس وزن شود؛

■ همیشه گچ را به آرامی به آب اضافه کنید؛

- از آب قابل شرب استفاده شود؛
- دمای آب بر زمان گیرش تأثیر مستقیم دارد. همواره از آب با دمای ثابت استفاده شود؛
- بعد از افزودن گچ به آب باید مدتی منتظر ماند تا گچ به طور کامل خیس بخورد؛
- بعد از خیس خوردن گچ، با همزن برقی با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه و به مدت ۲-۳ دقیقه مخلوط هم زده شود. توجه کنید هم زدن زیاد باعث کشته شدن گچ خواهد شد. می توان با استفاده از سیستم خلأ، دوغاب گچی را هم زمان هواگیری نمود؛
- در صورت نبودن سیستم خلأ، بعد از هم زدن به مدت زمان ۲-۳ دقیقه دوغاب گچی به منظور خروج حباب و افزایش سیالیت، به حال خود گذاشته شود؛
- ملات گچ بعد از گیرش نهایی، حدود یک دهم درصد انبساط حجمی می دهد؛ لذا قبل از گیرش نهایی قطعات پستی مادر قالب باید باز شود؛
- تمیزی ظرف و پره همزن بسیار مهم است. در صورت آغشته بودن به گچ خشک شده، زمان گیرش دوغاب گچی کوتاه می شود.

انبارش گچ

با توجه به حساسیت بالای گچ نسبت به شرایط محیطی لازم است در نگهداری آن به نکات جدول ۷ توجه شود:

جدول ۷

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

گچ تولیدی به دلیل تغییرات خواص سنگ گچ در قسمت های مختلف معدن و همچنین شرایط تولید گچ در کارخانه از نظر دما و فشار در فاصله های زمانی متفاوت ممکن است از نظر دانه بندی و سایر ویژگی ها تغییراتی داشته باشد. بنابراین، هر بار که محموله جدید گچ وارد انبار می شود، لازم است آزمایش های گچ برای آن محموله نیز انجام شود.

نکته



ارزشیابی شایستگی تهیه دوغاب گچی

شرح کار:

- ۱ تعیین نسبت گچ به آب و سیالیت دوغاب گچی
- ۲ تعیین استحکام خمشی گچ و زمان گیرش دوغاب گچ
- ۳ تعیین ضریب نفوذپذیری گچ
- ۴ تهیه دوغاب گچی

استاندارد عملکرد: کسب مهارت در آماده سازی دوغاب گچی و تعیین ویژگی های گچ

شاخص ها:

- ۱ وزن کردن صحیح و با دقت مواد به مقدار مناسب برای ساخت دوغاب گچی
- ۲ انجام محاسبه برای تعیین نسبت مناسب گچ به آب
- ۳ کنترل سیالیت و خواص دوغاب گچی (استحکام، نفوذپذیری، زمان گیرش گچ)

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی
 ابزار و تجهیزات: ترازو، همزن، الک، خشک کن، حلقه ویکات، قالب استحکام، دستگاه استحکام خمشی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	الک کردن و توزین گچ	۲	
۲	آماده سازی دوغاب گچی	۲	
۳	تعیین نسبت گچ به آب و سیالیت	۱	
۴	تعیین استحکام خمشی گچ	۱	
۵	تعیین زمان گیرش گچ	۲	
۶	تعیین ضریب نفوذپذیری گچ	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: **			

* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.

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

واحد یادگیری ۲

شایستگی طراحی و ساخت مدل

به سؤالات زیر فکر کنید

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

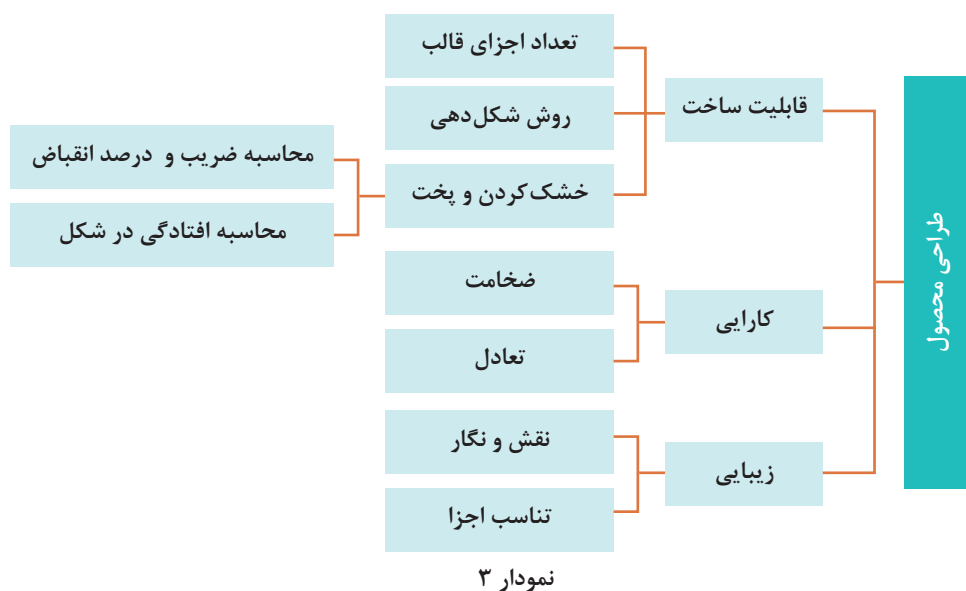
هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت طراحی و ساخت مدل مورد استفاده در صنایع سرامیک است. عوامل مؤثر بر طراحی موفق مدل شامل زیبایی، کارایی و قابلیت ساخت می باشد که در این واحد مورد توجه قرار دارد.

استاندارد عملکرد

کسب شایستگی توانایی ساخت مدل بر اساس استانداردهای مربوطه

ضرورت ساخت مدل

هدف از ساخت مدل توانایی تولید قالب است تا با استفاده از آن محصولاتی مشابه در تعداد بالا تولید نمود. مدل یک شکل فیزیکی قابل مشاهده از محصول جدید است که در طراحی آن برای ساخت قالب گچی، رعایت اصول و نکات فنی بسیار اهمیت دارد و کلید ساخت قالب موفق و تولید قطعات سرامیکی باکیفیت است. در نمودار ۳ مهم ترین نکات به تفکیک بیان شده است.



قابلیت ساخت

قابلیت ساخت محصول یکی از ارکان مهم در طراحی محصول است و بین طراحی اولیه و عوامل مؤثر بر تولید محصول ارتباط عمیقی ایجاد می کند. یک طراح موفق از همان اولین قدم های طراحی، با عوامل تولید، تأمین کنندگان مواد و خطوط تولید در ارتباط است. غفلت از فرایند تولید، منجر به خلق طرح های زیبا اما غیر قابل اجرا می شود که یا هرگز به تولید انبوه نمی رسد و یا با هزینه های گزاف و کیفیتی پایین به بازار عرضه می شوند.



شکل ۶

در شکل دهی محصولات سرامیکی، پس از طراحی شکل و محاسبات ابعادی نقشه آن، ساخت مدل از مهم ترین و اساسی ترین مراحل است. برای این منظور 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.



با توجه به ابعاد و ظاهر قطعات، قطعه خام، خشک شده و پخت شده را در شکل ۶ مشخص کنید. دلیل انقباض و کاهش ابعاد در هر مرحله چیست؟

الف) 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 موردنظر 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.

$$\text{رابطه ۵: } SC = \frac{\text{طول تر}}{\text{طول پخت}} = \frac{L_w}{L_f}$$

ضریب انقباض کل

$$\text{رابطه ۶: } S_t \% = \frac{\text{طول پخت} - \text{طول تر}}{\text{طول تر}} \times 100 = \frac{L_w - L_f}{L_w} \times 100$$

درصد انقباض کل

■ ارتباط بین درصد انقباض کل و ضریب انقباض کل

$$\text{رابطه ۷: } S_t \% = \left(1 - \frac{1}{SC}\right) \times 100$$

درصد انقباض کل

$$\text{رابطه ۸: } SC = \left(\frac{1}{1 - \frac{S_t \%}{100}}\right)$$

ضریب انقباض کل

■ **مثال:** اندازه ابعاد مدل قطعه‌ای که نمونه پخته شده آن ۱۲۶ میلی متر و ضریب انقباض کل ۱/۱۵ است، را محاسبه کنید.

$$\text{میلی متر } ۱۴۵ = ۱۲۶ \times ۱/۱۵ = \text{ابعاد مدل}$$

■ **مثال:** می خواهیم یک قطعه سرامیکی با طول ۶۵ میلی متر تولید کنیم، اگر درصد انقباض کل آمیز سرامیکی ۱۵ درصد باشد طول مدل را محاسبه کنید.

$$SC = \frac{1}{(1 - 0/15)} = 1/8$$

ضریب انقباض کل

حال طول مدل عبارت است از:

$$\text{طول مدل} = ۶۵ \times ۱/۱۸ = ۷۶/۷ \text{ mm} \rightarrow \text{ضریب انقباض کل} \times \text{طول پخت} = \text{طول مدل}$$



می خواهیم یک استوانه به قطر ۱۵۰ میلی متر تولید کنیم، در صورتی که درصد انقباض کل مواد مورد استفاده برای ساخت استوانه ۸ درصد باشد، قطر مدلی را که باید ساخته شود، محاسبه کنید.



۱ انقباض بدنه ها به عوامل گوناگونی از جمله ترکیب بدنه، دانه بندی مواد، روان سازی، وزن مخصوص دوغاب و دمای پخت بستگی دارد.

۲ هرچه دما افزایش یابد، انقباض کل قطعه بیشتر می شود.

ب) افتادگی در شکل قطعات حین پخت: در بدنه های متراکم، هنگام پخت در جهت گرانشی مقداری افتادگی مشاهده می شود که می تواند روی شکل و اندازه قطعه مؤثر باشد؛ بنابراین در طراحی بشقاب های چینی بزرگ با توجه به وزن و شکل هندسی باید لبه بشقاب را ۳ تا ۴ میلی متر بالاتر از مقدار مورد نظر طراحی کرد.



دو آمیز سرامیکی A و B در شکل ۷ نشان داده شده است. هر دو نمونه ها در دمای ۱۰۵۰ درجه سلسیوس پخت شدند. کدام یک از آمیزها افتادگی کمتری در مرحله پخت داشته است؟



شکل ۷

کارایی

کارایی یکی از ارکان سه گانه در طراحی موفق در کنار زیبایی و قابلیت ساخت است. کارایی به معنای توانایی یک محصول در انجام صحیح و مؤثر وظیفه ای است که برای آن طراحی شده و با کمترین اتلاف منابع (زمان، انرژی، مواد و هزینه) وظیفه خود را انجام می دهد.

در طراحی قطعه علاوه بر زیبایی به کارایی آن قطعه باید توجه گردد. به عنوان مثال قطعاتی که پس از پخت متراکم نمی شوند، استحکام کمتری دارند و باید ضخیم تر باشند. در حالی که قطعات متراکم تر را می توان ظریف تر و نازک تر طراحی کرد.



شکل ۸

به نظر شما قطعه شکل ۸ از لحاظ طراحی چه ضعف‌هایی دارد؟ چه اصلاحاتی می‌تواند بر بهبود کارایی این قطعه مؤثر باشد؟



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



شکل ۹- زائده روی دسته قوری

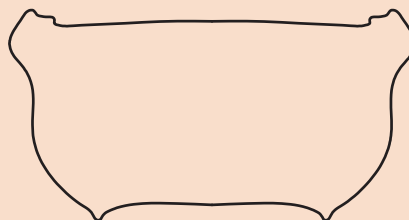
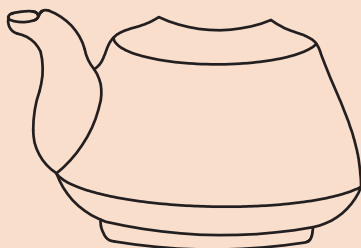
به شکل ۹ توجه کنید. وجود یک زائده روی دسته قوری به کارکرد راحت‌تر آن کمک می‌کند.



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



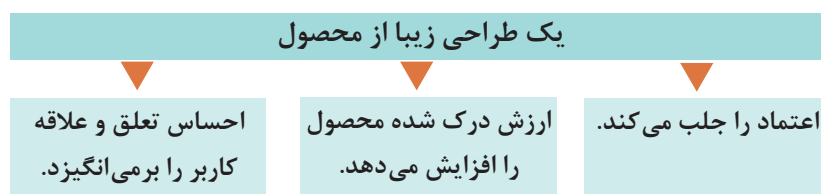
در شکل ۱۰ طرح‌های ناقصی از یک محصول سرامیکی بدون در و دسته مشاهده می‌کنید. بهترین طرح در و دسته را که متناسب با این بدنه‌ها باشند ترسیم کنید.



شکل ۱۰

زیبایی

هر محصولی فرایند مشخصی را از طراحی تا تولید طی می کند تا در انتها مطابق با نیاز و سلیقه مصرف کننده عرضه شود. باید دقت داشت که محصولی با طراحی نامناسب حتی با کیفیت و مواد مناسب، نمی تواند رضایت مصرف کننده را جلب کند. در دنیای امروز که رقابت در بازار بسیار فشرده است، زیبایی یک مزیت رقابتی نیست، بلکه یک ضرورت است. کاربران به طور ناخودآگاه محصولات زیبا را با کیفیت بالاتر، کارایی بهتر و ارزش بیشتر مرتبط می دانند.



نمودار ۴

تناسب در طراحی محصولات سرامیکی به رابطه هماهنگ و متعادل بین اندازه ها، شکل و حجم اجزای مختلف محصول با یکدیگر و با کل اثر اشاره دارد. یک طراح موفق می داند که در طراحی اجزای یک محصول، باید موضوع تناسب اجزا را رعایت کند تا محصول نهایی از زیبایی بالایی برخوردار باشد. در شکل های ۱۱ و ۱۲ دو نوع طراحی از نظر تناسب مشاهده می شود.



شکل ۱۲- قوری با طراحی مدرن



شکل ۱۱- سوپ خوری با اجزای متناسب

در طراحی یک قطعه ممکن است از طرح های معمولی استفاده نشود (شکل ۱۲)؛ اما تناسب و زیبایی در قطعه دیده شود.

فرمول ساده برای پایداری قطعه در رابطه ۹:

$$\frac{1}{5} \times \text{قطر پایه} = \text{ارتفاع محصول}$$

رابطه ۹:

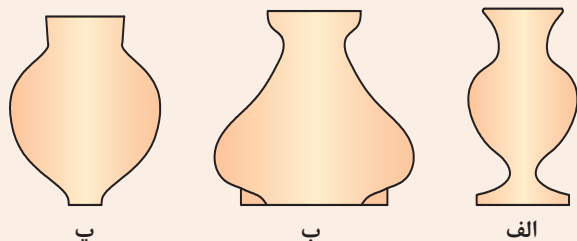
نکته



فکر کنید



کدام یک از بدنه‌های شکل ۱۳ پایداری یا تعادل بهتری دارند؟ چرا؟



شکل ۱۳

تحقیق کنید



با بررسی چند محصول (چینی ظروف)، نیاز و سلیقه مصرف‌کننده در نظر گرفته شده را نشان دهید.

طراحی مدل با دست

اولین قدم برای ساخت مدل، طراحی ایده ذهنی است که این طراحی در ساده‌ترین حالت می‌تواند به صورت دستی انجام شود. در شکل ۱۴ طراحی مدل فنجان با ابعاد آن نشان داده شده است.



شکل ۱۴

فعالیت کلاسی



مطابق با شکل ۱۴:

- ۱ ایده خود را برای ساخت یک نمکدان با در نظر گرفتن تناسب و ترکیب بندی ترسیم کنید.
- ۲ یک گلدان سرامیکی را ترسیم کنید و برای آن دو نوع دسته متفاوت طراحی کنید.

طراحی سه‌بعدی با نرم‌افزار

در صنایع سرامیک برای طراحی مدل و قالب از نرم‌افزارهایی چون SolidWorks, Catia, Rhino Mechanical, 3D Max, Z brush و Blender استفاده می‌شود.



شکل ۱۵

به کمک هنرآموز گلدان ساده مطابق با شکل ۱۵ را به وسیله یکی از نرم افزارهای معرفی شده، ترسیم کنید.

ابزار و تجهیزات مدل سازی

برای ساخت مدل گچی از انواع ابزارهای آماده سازی، توزین، تراش، پرداخت و اندازه گیری استفاده می شود که در جدول ۸ به اختصار آورده شده است.

جدول ۸- ابزار و وسایل مدل سازی

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

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

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

تحقیق کنید



ساخت مدل

مدل بر اساس طراحی محصول ساخته می شود. مدل، قطعه ای است که شکلی مشابه با محصول نهایی دارد؛ ولی ابعاد و جنس آن متفاوت است. در ساخت مدل می توان از مواد مختلفی مانند گچ، رزین و پلیمر استفاده کرد. ویژگی اصلی این مواد قابلیت تراشکاری و شکل دهی راحت آنها است. برای ساخت یک قطعه پیچیده لازم است اجزای قطعه (مانند دسته، لوله، در، بدنه، تزئین برجسته) به صورت جداگانه مدل سازی شود. مدل مورد ساخت می تواند به صورت مدور یا غیرمدور باشد. برای تراش قطعات مدور معمولاً از چرخ مدل تراشی و برای قطعات غیرمدور از روش دستی استفاده می شود. در شکل ۱۶ انواع مدل های گچی آورده شده است که مدل «الف» و «پ» مدور و مدل «ب» و «ت» غیرمدور می باشد.



ت) مدل قندان



پ) مدل قوری با اجزای آن



ب) مدل ماهی



الف) مدل آبلیمو خوری

شکل ۱۶- مدل محصولات مختلف

در ساخت مدل به روش تراش ابتدا لازم است تا بر اساس سطح مقطع مدل بلوکی از ماده قابل تراش تهیه گردد. برای به دست آوردن مقدار ماده مصرفی لازم است تا حجم بلوک اندازه گیری شود. در صورتی که بخواهیم از گچ قالب سازی برای ساخت بلوک گچی استفاده کنیم:

- ابتدا حجم مورد نظر را محاسبه می کنیم.
- به ازای هر سانتی متر مکعب یک گرم گچ در نظر گرفته می شود.

مثال: می خواهیم یک قطعه به ابعاد سطح مقطع 30×10 سانتی متر و ارتفاع ۱۳ سانتی متر از گچ بسازیم.

طول $\times$ عرض $\times$ ارتفاع = حجم مکعب مستطیل

به ازای هر سانتی متر مکعب یک گرم گچ

مقدار گچ مورد نیاز = 3900 گرم $\longrightarrow$ سانتی متر مکعب $30 \times 10 \times 13 = 3900$ = حجم بلوک گچی

مقدار آب لازم بر اساس نسبت گچ به آب مورد نظر تعیین خواهد شد. به طور مثال اگر نسبت گچ به آب در نظر گرفته شود آنگاه مقدار آب:

گرم یا سی سی $3900 \div 1/3 = 3000$

در ساخت مدل به روش تراش، لازم است ابتدا حجم کلی و فرم اصلی کار را در بلوک گچی ایجاد کرده و پس از تثبیت فرم پایه، پیاده سازی جزئیات و ظرافت های طرح انجام می شود. این رویکرد «از کل به جزء» از بروز خطاهای اساسی در مراحل بعدی جلوگیری می کند.

هر قالب گچی برای شکل دهی به روش ریخته گری دوغابی ممکن است شامل اجزایی باشد:

■ **کعب (عدسی):** محل پایه ظروف سرامیکی که قطعه بر روی آن قرار می گیرد.

■ **بدنه مدل:** شکل دهی محصول نهایی در قسمت بدنه مدل انجام می شود.

■ **سر قالب (دوغاب خور):** محل ورود دوغاب، جهت شکل دهی لبه و ذخیره دوغاب

با توجه به شکل ۱۷، کعب، بدنه مدل و دوغاب خور را مشخص کنید.



شکل ۱۷





گاهی در مدل سازی، قسمت‌هایی از قالب مانند سرقالب و کعب نیز با خود مدل ساخته می‌شود.

ساخت مدل گچی مدور



شکل ۱۸- فنجان دسته دار

می‌خواهیم برای تولید یک فنجان مشابه شکل ۱۸، مدلی تهیه کنیم. مراحل ساخت آن در جدول ۹ بیان شده است.

جدول ۹- مراحل ساخت مدل مدور

ردیف	شرح کار	تصویر
۱	ابتدا نقشهٔ دوبعدی قطعه، مشابه شکل رسم می‌شود.	
۲	سپس استوانه گچ بر روی سرچرخ دستگاه مدل تراش ریخته‌گری می‌شود.	
	سپس با ابزار نوک‌تیز ستون گچ را می‌تراشیم تا تقارن ایجاد شود.	

ردیف	شرح کار	تصویر
۳	بر اساس نقشه کشیده شده، بر روی ستون گچ باید کعب و دوغاب خور در نظر گرفته شود.	
۴	ابتدا کعب قطعه و پس از آن بدنه اصلی قطعه تراشیده می شود.	
۵	سپس دوغاب خور تراشیده می شود.	
۶	در آخر دسته فنجان که به صورت دستی ساخته شده است در محل موردنظر نصب می گردد.	



کار عملی ۶: ساخت مدل مدور (فنجان)

مواد و تجهیزات مورد نیاز: چرخ مدل سازی یا خراطی، ابزارهای مدل تراشی، انواع مغار، ترازو، اره دستی، گونیا، کولیس، خط کش، کاردک، سطل و تشت، همزن، تکه ای لوله پولیکا یا ورق گالوانیزه، سنباده و پوساب، سوهان چوب ساب، گچ، 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 مواد جدا کننده سطح درونی قالب بندی را کاملاً چرب کنید.
- ۳ با نسبت معینی از گچ و آب، دوغاب گچ مناسب برای تراش مدل بسازید.
- ۴ دوغاب گچ را به آرامی درون قالب بریزید.
- ۵ پس از گیرش گچ، قالب بندی را باز نمایید.
- ۶ مطابق طرح، برای ساخت کعب، مدل و دوغاب خور راهنما، گچ را بتراشید.
- ۷ کعب، مدل و دوغاب خور راهنما را پس از تراشیدن با سنباده و پوساب کاملاً پرداخت نمایید.
- ۸ سطح کعب، مدل و دوغاب خور راهنما را با مواد سخت کننده کاملاً آغشته کنید.
- ۹ با اره دستی کعب، مدل و دوغاب خور 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 نیاید.
- 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 دستگاه ها محافظی قرار داده شود تا ذرات گچ باعث کثیفی محیط کارگاه نشوند.
- ۷ دستگاه چرخ مدل سازی حتماً به سیستم ارت وصل باشد.

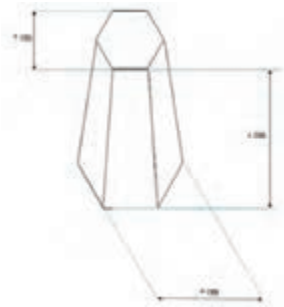
ساخت مدل گچی غیر مدور

می خواهیم برای تولید یک نمک پاش شش ضلعی، مدلی تهیه کنیم. مراحل ساخت آن در جدول ۱۰ آورده شده است.

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



جدول ۱۰- مراحل ساخت مدل غیرمدور

ردیف	شرح کار	تصویر
۱	ابتدا از مدل خود یک نقشه دوبعدی با ابعاد مشخص طراحی می کنیم.	
۲	سپس یک بلوک گچی با ابعاد بزرگ تر از مدل طراحی شده را با نسبت مشخص گچ به آب آماده می کنیم.	
۳	با استفاده از پرگار یک دایره برای رسم شش ضلعی بزرگ در پایین بلوک گچی رسم می کنیم.	
۴	با استفاده از پرگار یک دایره برای رسم شش ضلعی کوچک در بالای بلوک گچی رسم می کنیم. سپس خطوط عمودی را از زاویه های شش ضلعی بزرگ به سمت سر بلوک رسم می کنیم تا زاویه های هر دو شش ضلعی در یک راستا باشد.	

ردیف	شرح کار	تصویر
۵	با استفاده از چوب ساب تخت دو ضلع موازی را مانند تصویر روبه رو می تراشیم.	
۶	سپس اضلاع موازی دیگر را هم به همین شیوه می تراشیم.	
۷	در پایان با استفاده از یک سنباده نرم خطوط ناشی از تراش چوب ساب را پرداخت می کنیم.	

پرینتر سه بعدی یکی از روش های نوین در ساخت مدل است. در این روش با استفاده از پرینتر سه بعدی مدل نهایی به صورت لایه به لایه و بدون تراشیدن و با مواد اولیه متنوع (سرامیک ها، پلیمرها) شکل داده می شود.

نکته



در انتها به ارزیابی مدل گچی می پردازیم و تناسبات و ابعاد محصول و کیفیت اجزای منحنی ها و سطوح را بررسی می کنیم. بعد از تکمیل تراش و پرداخت سطحی مدل اجازه دهید تا مدل کاملاً خشک شود.

ارزشیابی شایستگی مدل سازی

شرح کار:

۱ طراحی با دست

۲ طراحی دوبعدی

۳ محاسبات ابعادی

۴ ساخت مدل به روش تراش یا پرینتر سه بعدی

استاندارد عملکرد: کسب مهارت در طراحی و ساخت مدل

شاخص ها:

۱ طراحی مدل با توجه به زیبایی، کارایی و قابلیت ساخت

۲ انتخاب صحیح و مناسب نسبت گچ به آب

۳ ساخت مدل بر اساس نقشه ارائه شده

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

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

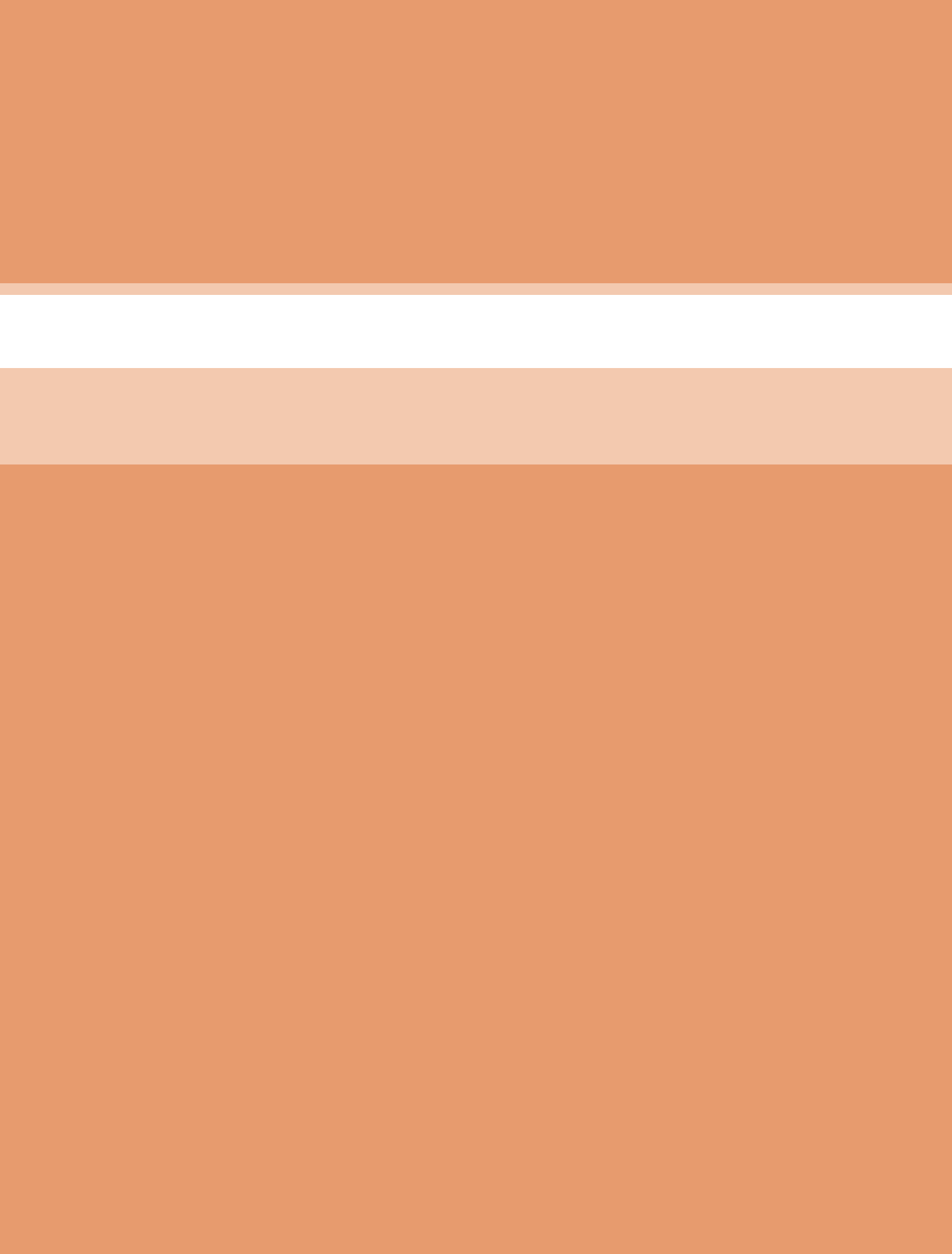
ابزار و تجهیزات: ترازو، همزن، الک، دستگاه چرخ مدل تراشی، ابزارهای مدل تراشی، ابزار اندازه گیری، تکه لوله پولیکا یا ورق گالوانیزه، ابزار پرداخت، گچ، مواد جداکننده، مواد سخت کننده.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	طراحی با دست	۲	
۲	طراحی دوبعدی و رعایت تناسب ابعادی	۲	
۳	محاسبات ابعادی	۲	
۴	ساخت مدل و پرداخت آن	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: **		

* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.

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





پودمان دوم

قالب سازی



برای تولید انبوه و مشابه بدنه‌های سرامیکی در خط تولید از مدل، قالب الگو و سپس مادر قالب و در نهایت قالب کار ساخته می‌شود. برای ساخت مادر قالب از مواد مختلفی می‌توان استفاده کرد. در صنعت سرامیک برای ساخت قالب‌های کار از گچ استفاده می‌شود.

واحد یادگیری ۱

شایستگی ساخت قالب الگو و مادر قالب

به سؤالات زیر فکر کنید

- ۱ در صنایع مختلف، چگونه می‌توان تعداد زیادی قطعه کاملاً مشابه و با ابعاد دقیق تولید کرد؟
 - ۲ در فرایند تولید جهت افزایش دقت و یکنواختی قطعات چه کاری می‌توان انجام داد؟
 - ۳ چه عواملی می‌توانند باعث ایجاد ناهماهنگی یا اختلاف در ابعاد و شکل قطعات تولیدی شوند؟
 - ۴ چه ویژگی‌هایی باعث می‌شود یک قالب از نظر فنی و عملیاتی، استاندارد و قابل قبول باشد؟
- هدف از این شایستگی فراگیری مهارت ساخت قالب الگو و مادر قالب از مدل است.

استاندارد عملکرد

ساخت قالب الگو و مادر قالب با رعایت ویژگی‌های یک قالب استاندارد

در تصاویر شکل ۱ کاربرد قالب‌ها در صنایع مختلف نشان داده شده است.



ب) قالب مورد استفاده در تولید بطری پلاستیکی



الف) قالب مورد استفاده در تولید دستکش



ت) قالب مورد استفاده در تهیه کیک



پ) قالب مورد استفاده در تولید میخ

شکل ۱

نمونه‌های دیگری از کاربردهای قالب را بیان کنید.

فکر کنید



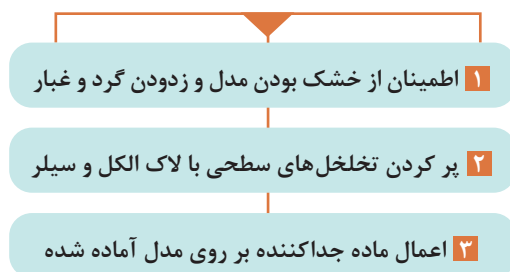
مراحل ساخت قطعه سرامیکی از طراحی تا تولید محصول در شکل ۲ آمده است



شکل ۲- مراحل ساخت قطعه سرامیکی

آماده‌سازی مدل

مراحل آماده‌سازی مدل برای قالب‌گیری در نمودار ۱ بیان شده است.



نمودار ۱

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

پرسش کلاسی



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



نمودار ۲



برای هر نوع ماده قالب‌گیری باید از جداکننده مخصوص آن استفاده کرد؛ به‌طور مثال برای ساخت قالب گچی از آب‌صابون و یا آب‌صابون تراشکاری استفاده می‌شود. برای تکثیر قالب‌های کار از مادر قالب‌های رزینی از جداکننده‌هایی مانند انواع واکس‌ها یا جداکننده‌های صنعتی استفاده می‌شود.

شکل ۳- اسپری جداکننده سیلیکون



شکل ۴- قطعه ریخته‌گری شده در قالب الگو

بعد از آماده‌سازی مدل باید قالب الگو ساخته شود تا اگر عیبی در طرح و هنگام ریخته‌گری ایجاد می‌شود قبل از ساخت مادر قالب آن را رفع کنید. با استفاده از این قالب می‌توان قطعه نمونه را نیز ریخته‌گری، و با پخت آن دقت و صحت طرح و نقشه ارائه‌شده را ارزیابی کرد. یک قالب الگوی خوب و دقیق، تضمین‌کننده کیفیت، یکنواختی، کارایی اقتصادی و پایداری تولید درازمدت است. بی‌توجهی به این مرحله، کل زنجیره تولید را با خطر تولید محصولات بی‌کیفیت، پر عیب و غیریکنواخت مواجه می‌سازد. رایج‌ترین ماده جهت ساخت قالب الگو، گچ است.

اصول کلی در طراحی قالب الگو

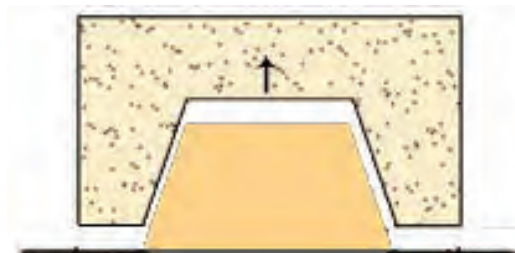
در فرایند طراحی قالب گچی کارایی قالب، شیب قالب و سهولت جداسازی را باید در نظر گرفت.

۱- کارایی قالب: مشخصات یک قالب مطلوب که کارایی مناسب داشته باشد:

- تعداد تکه‌های قالب کم باشد.
- در صورت امکان سطح جدایش‌ها طوری انتخاب شود که در قطعه نهایی در معرض دید نباشند.
- از حداقل مقدار گچ استفاده شود تا قالب سبک باشد.
- وضعیت قالب روی میز ریخته‌گری و تعادل قالب‌ها هنگام روی هم چیده شدن در نظر گرفته شود.
- تخلیه دوغاب از قالب ریخته‌گری به راحتی صورت گیرد.
- درزبندی و جفت بودن تکه‌های قالب به صورتی که دوغاب به سطح جدایش نفوذ نکند، رعایت شود.
- یکنواخت بودن ضخامت قالب برای خشک‌شدن و جذب آب برابر در نظر گرفته شود.

۲- شیب قالب: در فرایند ریخته‌گری دوغابی، طراحی مناسب قالب گچی نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت نهایی قطعه سرامیکی، سهولت جداسازی و بهره‌وری تولید دارد. یکی از اصول کلیدی در طراحی، رعایت شیب مناسب دیواره‌ها است که به دو دسته شیب منفی و شیب مثبت تقسیم می‌شود.

شیب منفی (شکل ۵- الف) به طراحی‌هایی گفته می‌شود که در آن دیواره‌های قالب به سمت داخل متمایل شده یا دارای فرورفتگی‌هایی هستند که از بیرون آوردن مستقیم قطعه جلوگیری می‌کنند و شیب مثبت (شکل ۵- ب) به زاویه‌ای اطلاق می‌شود که دیواره‌های قالب به گونه‌ای طراحی می‌شوند که سطح مقطع به تدریج از عمق قالب به سمت دهانه باز شود



شکل ب) قالب با شیب مثبت



شکل الف) قالب با شیب منفی

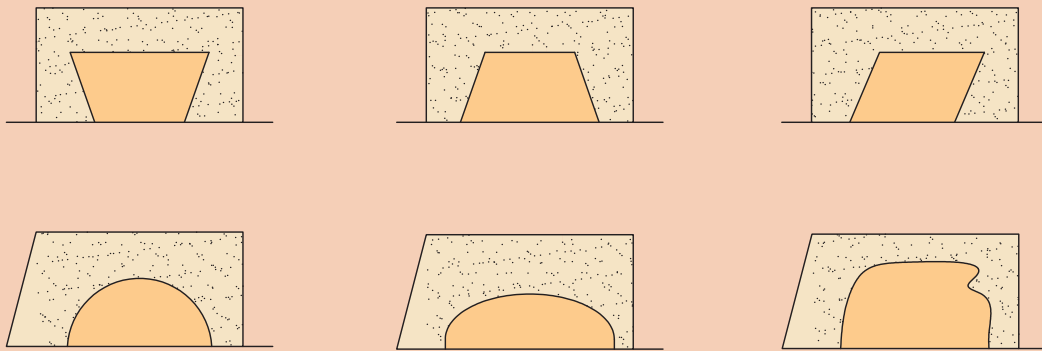
شکل ۵- انواع شیب قالب

چه راه‌حلهایی برای خارج‌شدن قطعه از قالب با شیب منفی پیشنهاد می‌کنید؟
طراحی‌های مبتنی بر شیب مثبت نه‌تنها فرایند تولید را تسهیل می‌کنند، بلکه از نظر اقتصادی نیز به‌صرفه‌تر بوده و منجر به تولید قطعاتی باکیفیت سطح بهتر و یکنواختی بیشتر می‌شود. هرگونه انحراف از این اصل باید با آگاهی از پیامدهای آن و با توجیه فنی مناسب صورت پذیرد.
برای تولید قطعات با طراحی پیچیده و شیب منفی باید از قالب‌های دو یا چندتکه استفاده کرد. در این قالب‌ها خطوط جدایش روی قطعه نهایی باقی می‌ماند که نیاز به پرداخت اضافی دارد.

فعالیت کلاسی

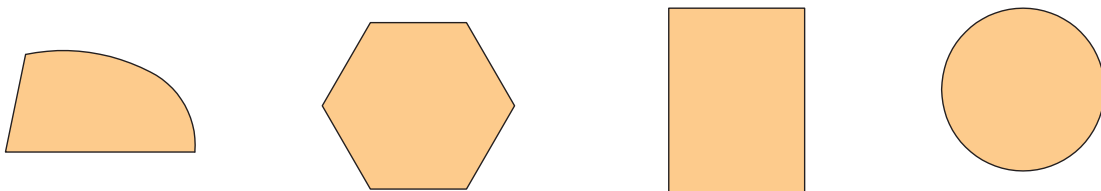


در تصاویر شکل ۶ مشخص کنید کدام یک شیب منفی دارند؟



شکل ۶

۳- سهولت جداسازی: سطح جدایش به سطوح فرضی اطلاق می‌شود که قالب گچی را به دو یا چند بخش تقسیم می‌کند تا امکان خارج‌سازی قطعه ریخته‌گری شده فراهم شود.
در تصاویر شکل ۷ سطح جدایش را طوری انتخاب کنید که شیب منفی وجود نداشته باشد.
حداکثر چند سطح جدایش می‌توانید انتخاب کنید؟
تفاوت سطح جدایش با محور تقارن چیست؟ آیا هر محور تقارن یک سطح جدایش است؟ آیا هر سطح جدایش لزوماً یک محور تقارن است؟



شکل ۷

پس از ساخت مدل برای تخمین مقدار گچ لازم برای ساخت قالب الگو می‌توان با توجه به نحوه محاسبه گچ و آب در پودمان قبل مقدار هر کدام را به دست آورد.

■ ابتدا حجم مورد نظر را محاسبه کرده و یا تخمین می‌زنیم. (حجم به واحد سانتی متر مکعب محاسبه شود).

حجم مدل - حجم کل جعبه قالب = حجم قالب

■ به ازای هر سانتی متر مکعب یک گرم گچ در نظر گرفته شود.

■ نسبت مناسب گچ به آب برای ساخت قالب الگو ۱/۴ - ۱/۲ می‌باشد.

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



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

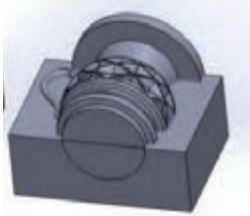
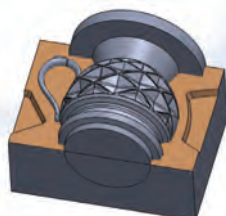
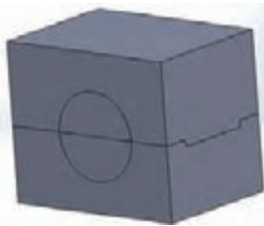
۲ بهتر است قالب قبل از گرم شدن نهایی گچ باز نشود. این نکته به صورت عملی به هنرجو آموزش داده شود.

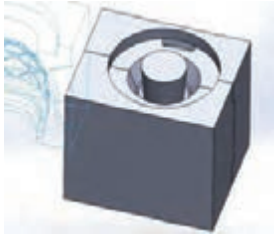
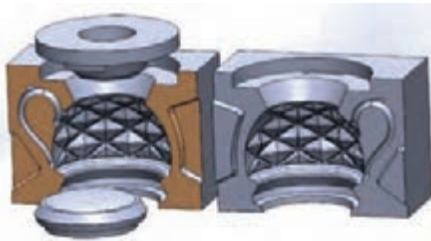
مراحل قالب‌گیری از روی مدل

در جدول ۱ مراحل قالب‌گیری از روی مدل نشان داده شده است.

جدول ۱

ردیف	توضیحات مرحله	تصویر
۱	با استفاده از کولیس، مداد طراحی و ابزار مناسب با توجه به هندسه شکل قطعه، خط تقارن را رسم کنید. سپس با استفاده از یک لوح گچی مطابق شکل و کمی گل، مدل را در محل مورد نظر مستقر کنید به طوری که خط جدایش هم سطح صفحه گچی باشد.	 

ردیف	توضیحات مرحله	تصویر
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 حفره‌ای ایجاد می‌شود تا نیمی از آن بیرون صفحه باشد. فضای خالی بین مدل و صفحه گچی را با گل پر کرده و هم‌سطح صفحه گچی می‌کنیم.	
۳	پس از اینکه همه‌جا به‌خوبی با جداکننده آغشته شد، اطراف مدل با فاصله معینی به کمک تخته یا ورق‌های پلی‌اتیلن قالب‌بندی شود سپس داخل آن تا ارتفاع معینی دوغاب گچ ریخته شود. به این ترتیب اولین قطعه قالب الگو ساخته می‌شود.	
۴	پس از اینکه گیرش گچ کامل شد، قالب از صفحه جدا می‌شود درحالی‌که مدل همراه دسته، کعب و دوغاب‌خور در آن قرار دارد.	 
۵	به کمک مغار، زبانه‌های قالب ایجاد می‌شوند. برای جلوگیری از شکست احتمالی باید دقت داشت زبانه‌های قالب تا حد ممکن بزرگ و کم‌عمق باشند.	
۶	اطراف تکه قالب گچی ساخته شده همراه مدل را به کمک صفحات تخته‌ای یا پلی‌اتیلنی قالب‌بندی می‌کنیم. بعد از گچ‌ریزی دومین قطعه قالب الگو مانند شکل، روی اولین قطعه ریخته می‌شود.	

ردیف	توضیحات مرحله	تصویر
۷	قالب را به حالت ایستاده قرار داده و دوغاب خور را خارج می‌کنیم. سپس دوغاب خوری را که قبلاً تراشیده بودیم روی مدل بدنه قرار می‌دهیم. این قیف محلی برای ریختن دوغاب داخل قالب خواهد بود.	
۸	در اینجا 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. با ریخته‌گری در قالب الگو و ساخت نمونه‌های مختلف تا رفع کلیه مشکلات ریخته‌گری و پخت و انجام اصلاحات احتمالی و اطمینان از حصول نتایج طراحی نسبت به ساخت مادر قالب اقدام می‌شود.	

می‌توان از طلق یا فیلم‌های رادیولوژی یا ورق‌های یونولیت برای قالب‌گیری استفاده کرد که سرعت کار را بسیار افزایش داده و حتی از لحاظ هزینه‌ها بیشتر صرفه‌جویی می‌شود.

نکته



فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱: ساخت قالب الگو از مدل مدور «فنجان»

مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحات سنگی یا شیشه‌ای و یا پلی‌اتیلنی، ترازو، اره دستی، گونیا، کولیس، خط‌کش، کاردک، سطل و تشت، همزن، سنباده، سوهان چوب‌ساب، گچ، 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 به 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 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 به 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 موردنظر 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 موردنظر 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.

نکات
ایمنی و بهداشت



- 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 به‌درستی 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.

فعالیت کارگاهی



- کار عملی ۲: ساخت قالب الگو از مدل با اشکال هندسی غیر مدور مانند «نمکدان»**
- مواد و تجهیزات موردنیاز:** صفحات سنگی یا شیشه‌ای یا پلی‌اتیلنی، ترازو، اره دستی، گونیا، کولیس، خط‌کش، کاردک سطل و تشت، همزن، سنباده، سوهان چوب‌ساب، گچ، مواد جداکننده، مدل گچی.
- مراحل کار:**
- ۱ با کشیدن خط تقارن روی مدل، مدل را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید.
 - ۲ سطح مدل را به مواد جداکننده آغشته کنید.
 - ۳ مدل را تا خط تقارن روی صفحه گچی قرار دهید.
 - ۴ صفحات سنگی یا شیشه‌ای را کامل به انتهای مدل چسبانده و سه طرف باقی مانده را به فاصله ۳-۴ سانتی‌متر صفحات سنگی یا شیشه‌ای قرار دهید.
 - ۵ با 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 ارتفاع ۳-۴ سانتی متر بالاتر از مدل 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 ارتفاع ۳-۴ سانتی متری مدل بریزید تا ضخامت دو طرف قالب یکسان شود.
- ۱۲ پس از گیرش گچ، قالب‌بندی را باز کنید.
- ۱۳ مجموعه ساخته شده را از میز جدا کرده 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 ارتفاع ۳-۴ سانتی متری بریزید.
- لازم به ذکر است باید ضخامت اجزای مختلف قالب یکسان باشد.
- ۱۷ پس از گیرش گچ، قالب‌بندی را باز کنید.
- ۱۸ دو تکه قالب‌ها را از هم و از مدل جدا 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 کرد.
- ۹ هنگام استفاده از وسایل و ابزارهای تیز و برنده دقت کافی داشته باشید.
- ۱۰ موارد ایمنی را هنگام تمیز کردن سطوح رعایت کنید.
- ۱۱ از ریختن باقیمانده گچ در محیط زیست خودداری کنید.
- ۱۲ قبل از گیرش گچ، ابزار و وسایل آغشته به دوغاب گچی را بشویید.

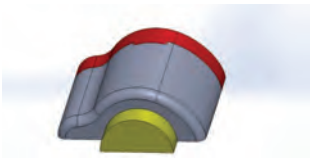
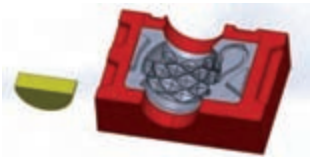
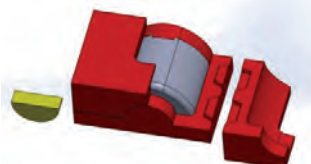
نکات
ایمنی و بهداشت



تهیه مادر قالب

در جدول ۲ فرایند ساخت یکی از قطعات مادر قالب بیان شده است.

جدول ۲

ردیف	عنوان	شکل
۱	ابتدا نسبت به تعیین ضخامت قالب الگو با استفاده از ابزار اندازه گیری اقدام شود.	
۲	قالب را به پشت، روی صفحه خوابانده و اولین قسمت مادر قالب یعنی قسمتی که بالای قالب الگو 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، دقت شود که قطعات از جای خود حرکت نکنند.	
۳	زیر قالب هم در طرف کعب با گچی که تراشیده و نصف شده به سادگی با گل، مشابه شکل قسمت زرد رنگ پر می شود. حال قطعه ای از مادر قالب را می سازیم 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 کعب بود برداشته می شود. سپس زبانه های قطعات مادر قالب ایجاد می شوند.	
۵	حال اصلی ترین قطعه مادر قالب ریخته می شود. سایر قسمت های مادر قالب مانند قطعه جلویی و قطعات پشتی نیز به ترتیب ابتدا گچ را جدا کرده و جای خالی آن با رزین پر می شود.	
۶	حال 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	بدین ترتیب مادر قالب برای ساخت یک تای قالب الگو بدنه ساخته شد.	



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.



بعد از تهیه اجزای مادر قالب مجموعه ساخته شده را از میز جدا کرده و پس از پرداخت، قطعات مادر قالب با رعایت اجزا روی هم چفت و بست شود و در خشک‌کن با دمای حدود ۴۵ الی ۵۵ درجه سلسیوس با سرعتی بسیار آهسته خشک شود. مادر قالب باید بعد از خشک‌شدن، با مایع مناسب نفوذناپذیر گردد (شکل ۸).

شکل ۸- نفوذناپذیر کردن مادر قالب با مایع مناسب



در جدول ۳ مراحل تولید مادر قالب از قالب الگو نشان داده شده است، هر مرحله را توضیح دهید.

جدول ۳

شماره	تصویر	توضیح	شماره	تصویر	توضیح
۱			۲		
۳			۴		
۵			۶		
۷			۸		



۱ شباهت‌ها و تفاوت‌های مدل و قطعه نهایی را از لحاظ ابعادی بیان کنید.

۲ شباهت‌ها و تفاوت‌های قالب الگو و قالب کار را توضیح دهید.

کار عملی ۳: ساخت مادر قالب

مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحات سنگی یا شیشه‌ای یا پلی‌اتیلن، ترازو، اره دستی، گونیا، کولیس، خط‌کش، کاردک، سطل و تشت، همزن، سنباده، سوهان چوب‌ساب، گچ، مواد جداکننده، تکه‌های قالب الگو

شرح فعالیت:

۱ با کشیدن خط روی تکه‌های قالب الگو، قالب الگو را تقسیم‌بندی کنید.

۲ سطح تکه‌های قالب را به مواد جداکننده آغشته کنید.

۳ تکه قالب الگو را از سمتی که بعداً بخواهید در مادر قالب دوغاب گچ بریزید روی میز کار کاملاً صاف و تراز شده به‌صورت 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 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 پین‌های قالب را ایجاد کنید.

۹ پس از تمیز نمودن، سطح قالب و تکه قالب را با مواد جداکننده آغشته کنید.

۱۰ دوغاب گچی مناسب با نسبت معینی از گچ و آب را برای قالب مادر 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 براساس 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 کنید.

۱۴ مجموعه ساخته شده را از میز جدا نموده و پس از پرداخت، قطعات مادر قالب را با رعایت اجزا روی هم چفت‌وبست کنید و در خشک‌کن با دمای حدود ۴۵ الی ۵۵ درجه سلسیوس با سرعتی بسیار آهسته خشک 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 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 به‌درستی 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

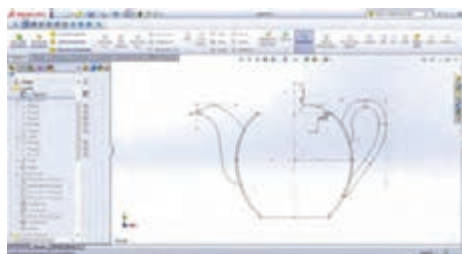


- از ضایعات و خرده تراش‌های گچ به‌عنوان پشت قالب استفاده کرد.
- ۹ هنگام استفاده از وسایل و ابزارهای تیز و برنده دقت کافی داشته باشید.
- ۱۰ موارد ایمنی را هنگام تمیز کردن سطوح رعایت نمایید.
- ۱۱ از ریختن باقی‌مانده گچ در محیط زیست خودداری کنید.
- ۱۲ قبل از گیرش گچ، ابزار و وسایل آغشته به دوغاب گچی را بشویید.

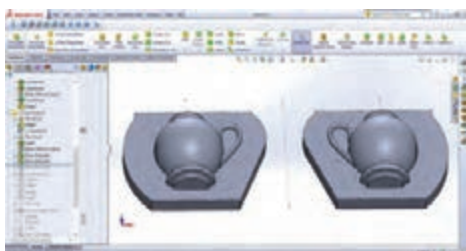
امروزه با استفاده از نرم‌افزارهای طراحی سه‌بعدی و دستگاه‌های تراش اتوماتیک مانند CNC می‌توان بدون ساختن مدل و قالب الگو به مادر قالب دستیافت و به روند کار سرعت بخشید. در این روش ابتدا در محیط نرم‌افزار، طرح دوبعدی قطعه ترسیم و سپس به طراحی سه‌بعدی تبدیل می‌شود. مادر قالب قسمت‌های مختلف قطعه مانند بدنه، دسته و لوله به‌صورت مجزا و سه‌بعدی در محیط نرم‌افزار و با در نظر گرفتن زبانه‌ها طراحی می‌شود. اپراتور دستگاه CNC با گرفتن نقطه مبدأ و با برنامه‌ای که براساس طرح سه‌بعدی تهیه شده، به تراش قطعه از بلوک آلومینیوم یا سایر مواد مناسب برای مادر قالب اقدام می‌کند.



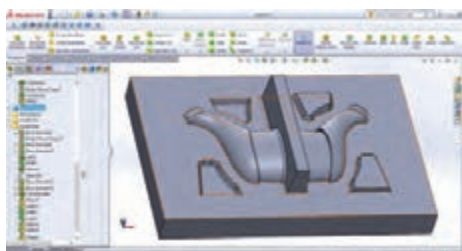
شکل ب) حجم دادن به طرح



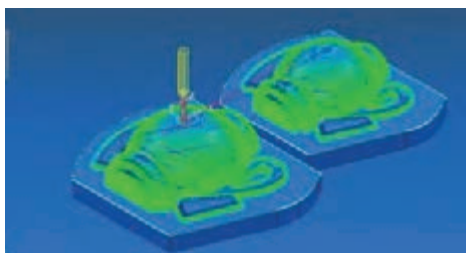
شکل الف) ترسیم دوبعدی



شکل ت) طراحی مادر قالب بدنه قوری



شکل پ) طراحی مادر قالب لوله قوری



شکل ج) تعریف نقطه مبدأ برای تراشکاری



شکل ث) تکمیل طراحی

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

ارزشیابی شایستگی ساخت قالب الگو و مادر قالب

شرح کار:

- ۱ ضد آب نمودن مدل و استفاده از جداکننده ها
- ۲ محاسبات وزنی گچ و رعایت نسبت گچ به آب
- ۳ ساخت قالب الگو
- ۴ ساخت مادر قالب از روی قالب الگو و مادر قالب

استاندارد عملکرد: کسب مهارت در طراحی و ساخت قالب الگو و مادر قالب

شاخص ها:

- ۱ طراحی قالب با توجه به زیبایی، نوع قطعه و کاربرد آن، درصد انقباض قطعه در قالب، نیاز مصرف کننده و قابلیت تولید
- ۲ انتخاب صحیح و مناسب سطح جدایش
- ۳ ساخت قالب الگو و مادر قالب براساس سطوح جدایش

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی
 ابزار و تجهیزات: ترازو، همزن، الک، ابزار اندازه گیری، تکه لوله پولیکا یا ورق گالوانیزه، ابزار پرداخت، گچ، مواد جداکننده، مواد سخت کننده.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	انتخاب سطح جدایش مناسب	۲	
۲	انجام مراحل ساخت قالب الگو از روی مدل و قالب بندی	۲	
۳	ساخت مادر قالب	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 کار گیری فناوری مناسب		
	میانگین نمرات**		

* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.

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

واحد یادگیری ۲

شایستگی قالب ریزی

به سؤالات زیر فکر کنید

- ۱ چرا باید قالب کار تکثیر شود؟
- ۲ نحوه آماده سازی مادر قالب برای تکثیر قالب به چه صورتی است؟
- ۳ چگونه تولید و تکثیر قالب کار انجام می شود؟
- ۴ چه اقداماتی بعد از تکثیر قالب انجام می شود؟

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت تولید و تکثیر قالب هایی است که در خط تولید ریخته گری دوغابی، جیگر و جولی کاربرد دارند.

استاندارد عملکرد

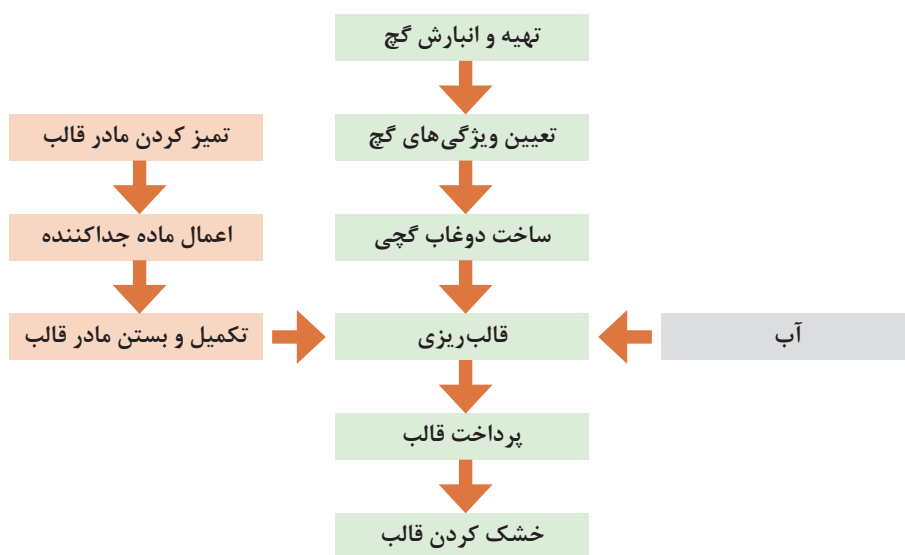
ساخت قالب کار از روی مادر قالب براساس استانداردهای مربوطه

هریک از تصویرهای شکل ۹ به چه مطلبی اشاره دارد؟



شکل ۹

در نمودار ۳ فرایند تولید قالب کار از مادر قالب نشان داده شده است.



نمودار ۳

برای ساخت قالب، به دوغاب گچی با خواص مطلوب نیاز است؛ بنابراین برای آماده ساختن قالبی باکیفیت مناسب، هم باید عوامل مؤثر بر کیفیت قالب را شناخت و هم آنها را مورد آزمایش و بررسی قرار داد (نمودار ۴).



نمودار ۴



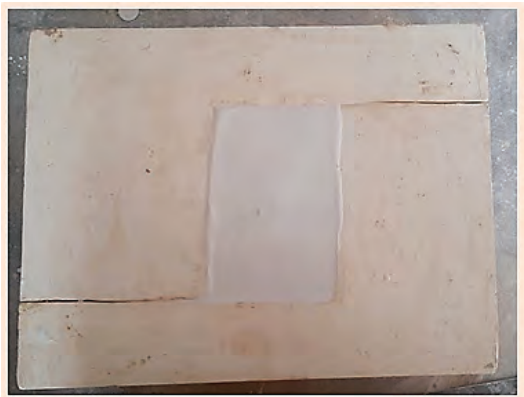
درباره عوامل مؤثر بر کیفیت قالب در کارگاه گفت‌وگو کنید.

تکثیر قالب کار از روی مادر قالب

در جدول ۴ نحوه تکثیر قالب کار از مادر قالب بیان شده است.

جدول ۴

ردیف	تصویر	توضیح
۱		زدودن گردوخاک از روی مادر قالب
۲		اعمال ماده جداکننده
۳		کنار هم قرار گرفتن اجزای مادر قالب

ریختن دوغاب گچی درون مادر قالب		۴
گیرش دوغاب گچی		۵
جدا کردن قالب کار از مادر قالب		۶

در جدول ۵ مراحل تکثیر قالب کار از مادر قالب آلومینیومی نشان داده شده است، ترتیب هر مرحله را شماره گذاری کرده و سپس توضیح دهید.

پرسش کلاسی



جدول ۵

توضیح	تصویر	توضیح	تصویر
			
			
			
			
			



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



شکل ۱۰- قالب گچی با قابلیت ریخته‌گری چهار قطعه

خشک کردن قالب کار

خشک کردن یک قالب کار نیاز به دقت و کنترل زیادی دارد. در خشک کردن یک قالب کار، 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 کار معمولاً در دمای حدود ۴۵-۵۵ 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.



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



شکل ۱۱- یک قالب چند تکه



شکل ۱۲- خشک کن

خشک کردن قالب‌های کار ممکن است به‌طور طبیعی و در هوای آزاد یا با کمک خشک‌کننده‌ها انجام شود.

اگر هر تکه از قالب به‌صورت جدا خشک شود چه مشکلی پیش می‌آید؟

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

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

کار عملی ۴: تکثیر قالب کار نمکدان

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

شرح فعالیت:

- ۱ مادر قالب موردنظر را با دقت تمیز کنید.
- ۲ با قلم‌مو 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 را درست کنید.
- ۶ دوغاب گچی آماده شده را در مادر قالب ریخته و هواگیری کنید.

پرسش کلاسی



بحث کنید



تحقیق کنید



فعالیت کارگاهی



- ۷ پس از گیرش گچ، مادر قالب را باز کرده و قطعات قالب کار را از آن جدا کنید.
- ۸ قطعات قالب کار را پرداخت کرده و آنها را روی هم ببندید.
- ۹ قالب های کار آماده را به خشک کن با دمای حدود ۴۵-۵۵ درجه سلسیوس انتقال دهید.

- ۱ هنگام کار با گچ از دستکش و ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.
- ۲ جهت جلوگیری از ایجاد گردوغبار، 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 بهداشت



انواع عیوب قالب کار

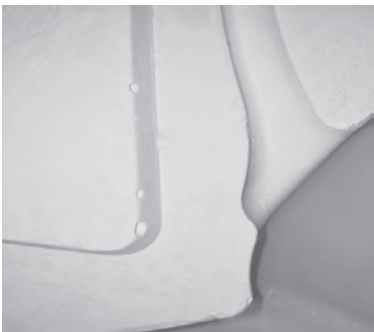
در قالب های گچی ممکن است عیوب مختلفی ایجاد شود. این عیوب در جدول ۶ به اختصار معرفی می شوند.

جدول ۶- عیوب قالب کار

عیب	دلیل
همگن نبودن قالب کار	اختلاط نامناسب مخلوط گچ و آب
وجود فاصله بین قطعات قالب	تمیز نکردن سطوح جدایش مادر قالب
پریدگی قالب	شیب منفی مادر قالب یا ماده جداکننده ناکافی
جاماندن 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 چینی های بهداشتی رایج است)
وجود حباب هوا در سطح قالب	عدم هواگیری دوغاب گچی
تفاوت در نفوذپذیری اجزای مختلف قالب کار	استفاده از دوغاب های گچی با نسبت های مختلف گچ به آب



نوع هر یک از عیوب زیر را مشخص کنید.

نوع عیب	تصویر عیب
	
	
	

رفع عیوب قالب کار

برای ساخت قالب کار 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 به‌درستی تولید شود.

با رعایت موارد زیر می توان قالبی بدون عیب تولید کرد:

- ۱ اختلاط مناسب مخلوط گچ و آب
- ۲ تمیز کردن سطوح جدایش مادر قالب
- ۳ اعمال مقدار مناسب ماده جداکننده
- ۴ تکثیر تمامی اجزای قالب کار همزمان با یک دوغاب گچی
- ۵ استفاده از دوغاب گچی با نسبت گچ به آب ثابت
- ۶ هواگیری مناسب دوغاب گچی
- ۷ خشک کردن قالب در دمای حدود ۴۵-۵۵ درجه سلسیوس

فعالیت کارگاهی



بررسی عیوب قالب کار

- ۱ قالب های کار خشک شده را از خشک کن خارج کنید.
- ۲ تکه های قالب های کار را از هم باز کنید.
- ۳ هر قسمت قالب کار را از نظر وجود عیب مورد بررسی قرار دهید.
- ۴ فهرست عیوب مشاهده شده را تهیه و راهکار رفع آن را مشخص کنید.
- ۵ قالب های کار مورد تأیید برای استفاده در واحد ریخته گری را علامت گذاری کنید.

نکات
ایمنی و بهداشت



- ۱ هنگام باز کردن خشک کن از خاموش بودن آن اطمینان حاصل کنید.
- ۲ برای تخلیه قالب ها از خشک کن از دستکش استفاده کنید.

نکات مهم در کارگاه قالب سازی

- 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 ویژگی های یکسان به دست آید.
- ۴ هنگام پر کردن مادر قالب با گچ برای تکثیر قالب گچی در دوغاب تلاطم ایجاد نشود.
- ۵ از همگنی پودر گچ در ساخت دوغاب گچی اطمینان حاصل شود (مخلوط کردن چند کیسه گچ).

شرح کار:

۱. زدودن گرد و خاک از مادر قالب
۲. اعمال ماده جداکننده بر روی مادر قالب و چفت و بست نمودن آن
۳. محاسبه میزان گچ و آب
۴. ریختن دوغاب داخل مادر قالب
۵. جداسازی و پرداخت قالب و قرار دادن داخل خشک‌کن

استاندارد عملکرد: کسب مهارت در آماده‌سازی دوغاب گچی، ساخت قالب و قالب کار

شاخص‌ها:

۱. وزن کردن صحیح و با دقت مواد به مقدار مناسب برای ساخت دوغاب گچی
۲. انجام محاسبه برای تعیین نسبت مناسب گچ به آب
۳. کنترل سیالیت و خواص دوغاب گچی (استحکام، نفوذپذیری، زمان گیرش گچ)
۴. آماده‌سازی مادر قالب (تمیزکاری و اعمال ماده جداکننده) و قالب‌ریزی به صورت دقیق
۵. پرداخت و خشک کردن قالب ریخته شده به طور صحیح

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی
 ابزار و تجهیزات: ترازو، همزن، الک، خشک‌کن، مادر قالب، ابزار تمیزکاری مادر قالب و پرداخت قالب ریخته شده، ماده جداکننده

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی مادر قالب (تمیزکاری، اعمال ماده جداکننده، پین‌گذاری، کلاف کردن)	۱	
۲	وزن کردن مواد اولیه و تهیه دوغاب گچی	۲	
۳	قالب‌ریزی (هواگیری و کنترل زمان گیرش قالب کار)	۲	
۴	بازکردن مادر قالب و خارج کردن قالب کار	۱	
۵	پرداخت قالب کار	۱	
۶	کلاف کردن قالب آماده شده و چیدن در خشک‌کن	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲	
میانگین نمرات **			

* شایستگی‌های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است.
 ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.



پودمان سوم

آماده‌سازی آمیز و دوغاب



یکی از مراحل تولید سرامیک، مرحلهٔ تهیه و آماده‌سازی آمیز و دوغاب بدنه است که این عملیات با وزن و مخلوط کردن مواد اولیه آغاز شده و با ساخت دوغاب (پس از تنظیم ویژگی‌های آن) جهت شکل دادن فراورده پایان می‌یابد؛ بنابراین درک اصول و مبانی تهیه و آماده‌سازی آمیز و دوغاب در فرایند تولید سرامیک به روش ریخته‌گری دوغابی، در صنعت سرامیک دارای اهمیت ویژه‌ای است و زیربنای دستیابی به محصولات نهایی با ویژگی‌های مطلوب است.

واحد یادگیری ۱

شایستگی آماده‌سازی آمیز

به سؤالات زیر فکر کنید

- ۱ برای آماده‌سازی آمیز، در ریخته‌گری دوغابی از چه موادی استفاده می‌شود؟
- ۲ انبارداری مواد اولیه در کارگاه و در صنعت به چه صورتی باید باشد؟
- ۳ در مرحله آماده‌سازی آمیز، توزین دارای چه اهمیتی است؟
- ۴ اولین مرحله برای تهیه دوغاب ریخته‌گری دوغابی چیست؟

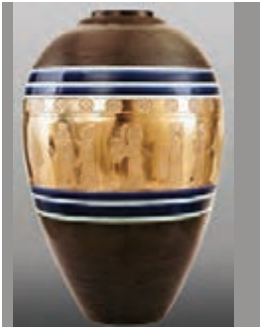
هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت انتخاب آمیز مناسب جهت ساخت دوغاب است که در روش ریخته‌گری دوغابی کاربرد دارد.

استاندارد عملکرد

تهیه و آماده‌سازی آمیز بر اساس فرمول بدنه

متناسب با دانش و مهارت‌هایی که تاکنون کسب کرده‌اید چه روش یا روش‌هایی را برای شکل‌دهی قطعات نشان داده شده در جدول ۱ پیشنهاد می‌دهید؟

جدول ۱

روش شکل‌دهی	قطعه	روش 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.

ضرورت استفاده از روش ریخته‌گری دوغابی^۱

ریخته‌گری دوغابی به عنوان یکی از اصلی‌ترین و پرکاربردترین روش‌های شکل‌دهی محسوب می‌شود. بسیاری از محصولات مانند چینی ظروف (پارچ، گلدان، لیوان و ظروف غذاخوری) و چینی بهداشتی (روشویی، توالت و وان) که دارای هندسه خاص و با پیچیدگی‌هایی در قطعات همراه است و تولید آنها با روش‌های فشاری؛ مانند پرس امکان‌پذیر نیست، با روش ریخته‌گری دوغابی شکل‌دهی و تولید می‌شوند.

فرمولاسیون و مشخصات بدنه‌های تولید شده به روش ریخته‌گری دوغابی

برای مشخص کردن نوع مواد اولیه مورد نیاز در تهیه آمیز، به برخی از بدنه‌هایی که با این روش تهیه می‌شوند، اشاره می‌شود.

۱- چینی‌های نرم



شکل ۱

این نوع محصولات، سرامیک‌هایی متراکم، سفید، پشت‌پیدا، نیمه شفاف و مقاوم در برابر سایش هستند. انواع گوناگون ظروف چینی که در زندگی روزمره با آنها سروکار داریم مانند چینی‌های تزئینی و دکوراسیونی نظیر گلدان‌ها، لوسترها، مجسمه‌ها از این دسته می‌باشند. محدوده درصد ترکیب چینی نرم در نمودار ۱ بیان شده است.



نمودار ۱- محدوده درصد ترکیب بدنه‌های چینی نرم

۲- چینی‌های سخت



شکل ۲

این نوع محصولات مانند چینی‌های نرم سفید، پشت‌پیدا 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 چینی نرم در نمودار ۲ بیان شده است.



نمودار ۲- محدوده درصد ترکیب بدنه‌های چینی سخت

۳- 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 روشویی، توالت، زیردوشی، وان و بعضی از ابزارآلات چینی که در سرویس‌های بهداشتی و حمام کاربرد دارند، از این جنس هستند. محدوده درصد ترکیب چینی بهداشتی در نمودار ۳ بیان شده است.

شکل ۳



نمودار ۳- محدوده درصد ترکیب بدنه‌های چینی بهداشتی

۴- چینی‌های آزمایشگاهی (شیمیایی)



این محصولات در محیط‌های آزمایشگاهی و شیمیایی، پتروشیمی، دارویی و صنایع هسته‌ای به کار می‌رود. این چینی‌ها باید مقاومت بالایی در برابر انواع خوردگی‌ها، محلول‌های شیمیایی، بخارها و گازها داشته باشند و به این دلیل از مقاومت مکانیکی و حرارتی خوبی برخوردار هستند. محدوده درصد ترکیب چینی بهداشتی در نمودار ۴ بیان شده است.

شکل ۴



نمودار ۴- محدوده درصد ترکیب بدنه‌های چینی آزمایشگاهی

علاوه بر بدنه‌های بیان شده بدنه‌های دیگری نیز وجود دارند که به روش ریخته‌گری دوغابی تولید می‌شود که تعدادی از آنها در جدول ۲ بیان شده است.

آبامی‌داتید



جدول ۲

تصویر	ویژگی‌های بدنه	نوع بدنه
	برای کلمه استون ور در فارسی کلماتی مثل سنگینه و داشخال بیان شده است. این بدنه‌ها رنگی و متراکم هستند.	استون ور
	برای کلمه ارتن ور در فارسی کلمه گلینه بیان شده است. این بدنه‌ها سفید و متخلخل هستند.	ارتن ور
	معمولاً از جنس سرامیک‌های اکسیدی و غیراکسیدی است.	بوته دیرگداز
	در این نوع از بدنه‌ها از خاکستر استخوان یا ترکیبات فسفاتی استفاده شده است.	چینی استخوانی



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

انتخاب مواد اولیه برای آمیز

انتخاب و به‌کارگیری مواد اولیه، در ساخت محصولات سرامیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در صورت انتخاب صحیح مواد اولیه بر اساس ویژگی‌های نوع ماده، مراحل بعدی که شامل آماده‌سازی دوغاب و فرایند ریخته‌گری دوغابی هست، به‌درستی انجام خواهد شد.

۱- مواد پلاستیک



شکل ۵- کائولن فراوری شده

مواد پلاستیک شامل رس‌های فراوری شده و معدنی هستند که باعث ایجاد خاصیت شکل‌پذیری در بدنه می‌شوند.
الف) کائولن: رس اولیه یا رس برجای‌مانده محسوب می‌شود. کائولن فراوری شده خلوص و پلاستیسیته بالایی دارد که در صورت استفاده از این خاک، بدنه بعد از پخت سفیدرنگ می‌شود. در شکل ۵، کائولن فراوری شده نشان داده شده است.



شکل ۶- بالکلی فراوری شده

ب) بالکلی: به علت اینکه توسط عوامل طبیعی مانند باد و سیلاب پس از پیدایش به محل دیگری حمل شده و در آنجا انباشته شده است، رس رسوبی یا رس ثانویه محسوب می‌شود. این خاک نسبت به کائولن ریزدانه‌تر و دارای پلاستیسیته بالاتری است. به علت حضور ناخالصی‌ها در این خاک، رنگ ظاهری آن تیره است. در شکل ۶، بالکلی فراوری شده نشان داده شده است.

درباره وجود ناخالصی‌ها در بالکلی و رنگ بعد از پخت آن گفت‌وگو کنید.



۲- مواد غیر پلاستیک

الف) گدازه‌آورها: برای کاهش دمای پخت محصولات سرامیکی از گدازه‌آورها (کمک‌ذوب‌ها) استفاده می‌شود. یکی از مواد گدازه‌آور که در آماده‌سازی آمیزهای سرامیکی در صنعت سرامیک استفاده می‌شود، فلدسپات است. فلدسپات دمای پخت بدنه را کاهش می‌دهد و با ذوب شدن در دماهای پایین‌تر و تشکیل فاز شیشه‌ای ذرات دیگر آمیز مانند رس‌ها و سیلیس را به هم می‌چسباند و باعث کاهش تخلخل در بدنه‌های

سرامیکی می‌شود و بدنه‌ای متراکم‌تر را ایجاد می‌کند. فلدسپات سدیم‌دار در (شکل ۷-الف) و فلدسپات پتاسیم‌دار در (شکل ۷-ب) نشان داده شده است.



ب) فلدسپات پتاسیم‌دار



الف) فلدسپات سدیم‌دار

شکل ۷- فلدسپات‌ها

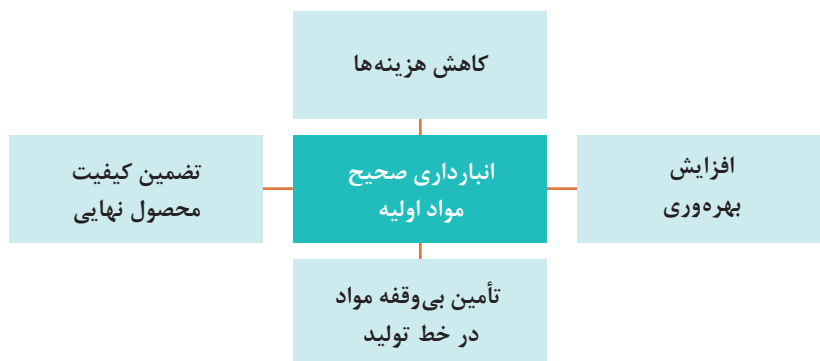


شکل ۸- پودر سیلیس

ب) مواد پرکننده: یکی از مواد پرکننده که در آماده‌سازی آمیز و دوغاب‌های سرامیکی استفاده می‌شود، سیلیس (SiO_2) است. در صورتی که از مواد پرکننده مانند سیلیس در آمیز استفاده شود، انقباض کلی بدنه کاهش می‌یابد که این امر از ایجاد ترک و تاب برداشتن جلوگیری می‌کند و در ضمن داشتن نقطه ذوب بالا مواد پرکننده از تغییر شکل و نرم‌شدن بیش از حد بدنه در هنگام پخت جلوگیری می‌کند. در شکل ۸ پودر سیلیس نشان داده شده است.

انبارداری صحیح مواد اولیه

آیا انبارداری صحیح مواد اولیه می‌تواند باعث کاهش هزینه‌ها و حفظ کیفیت محصولات شود؟ باید بررسی شود که انبارداری صحیح و اصولی مواد اولیه چه تأثیری بر خط تولید خواهد داشت. در نمودار ۵ نقش انبارداری صحیح مواد اولیه نشان داده شده است.



نمودار ۵- نقش انبارداری صحیح مواد اولیه در صنعت



در مورد نقش انبارداری صحیح مواد اولیه در محیط‌های صنعتی در کلاس گفت‌وگو کنید.

آشنایی با اصول انبارداری

توجه به نکاتی که در انبارداری صحیح و اصولی باید رعایت گردد، از اهمیت بالایی برخوردار است.

۱- جانمایی و چیدمان مواد اولیه



شکل ۹- استفاده از ارتفاع انبار برای چیدمان مواد اولیه

جانمایی و چیدمان صحیح مواد اولیه در صنعت سرامیک شامل اصول خاصی است. چیدمان صحیح باید به صورتی باشد که باعث تسهیل در دسترسی به مواد اولیه گردد. برای مواد اولیه باید یک مکان ثابت و از پیش تعیین شده مشخص گردد تا دسترسی و پیدا کردن مواد اولیه آسان گردد.

برای استفاده بهینه از فضا می‌توان از ارتفاع و قفسه‌بندی انبار استفاده کرد. در شکل ۹ استفاده از ارتفاع، در انبار مواد اولیه نشان داده شده است.



شکل ۱۰- مسیر عریض و مشخص برای عبور لیفتراک

در انبارداری، رعایت فاصله مناسب در مسیرها از اهمیت بالایی برخوردار است. راهروها باید به اندازه کافی عریض باشند تا عبور ماشین‌آلات (مثل لیفتراک) و کارکنان راحت باشد (شکل ۱۰). باید در انبار علائم راهنمایی برای ورود و خروج نصب گردد تا مسیر عبور مشخص باشد.

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.



چیدمان مواد اولیه باید به گونه‌ای تنظیم شود که انعطاف‌پذیری مناسبی داشته باشد و در صورت تغییر حجم مواد موجودی و اضافه شدن، بتوان به راحتی آن را در محل تعبیه شده قرارداد. بر اساس فرمولاسیون مواد اولیه برای موادی که حجم زیادی از فرمول را تشکیل می‌دهد باید فضای بیشتری در نظر گرفت.

نکته

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.



۲- انبارداری بر اساس کیسه‌ای یا فله‌ای بودن مواد اولیه



شکل ۱۱- انبار مواد اولیه کیسه‌ای

در حفظ و نگهداری کیسه‌های مواد اولیه باید دقت کرد تا از پارگی و پوسیدگی در امان بمانند. بهتر است روی کیسه‌ها اطلاعات لازم مثل نوع جنس، تاریخ ورود و دیگر موارد نوشته شود. در شکل ۱۱ انبارداری به صورت کیسه‌ای نشان داده شده است. پس از تخلیه مواد اولیه از کیسه‌ها، باید آنها را تا کرده و در محلی دور از آفتاب و شرایط جوی مناسب، انبار کرد.



شکل ۱۲- انبار مواد اولیه فله‌ای

برای نگهداری مواد اولیه فله 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. در شکل ۱۲ انبارکردن مواد اولیه که به صورت فله است، نشان داده شده است.

۳- انبارداری بر اساس محل قرارگیری مواد (فضای باز یا فضای سرپشته)



شکل ۱۳- انبارداری مواد اولیه در فضای باز

الف) انبار خاک در فضای باز: این نوع انبارداری سقف و دیوارهای کامل نیست و مواد اولیه به صورت تپه در فضای باز نگهداری می‌شود. در شکل ۱۳ انباری با فضای باز نشان داده شده است و در جدول ۳ مزایا و معایب انبارداری در فضای باز بیان شده است.

جدول ۳- مزایا و معایب انبارها در فضای باز

مزایا	معایب
۱- هزینه پایین و راه‌اندازی سریع (عدم نیاز به سوله و دیوار کامل)	۱- تأثیرگذاری باران و رطوبت بر مواد اولیه
۲- امکان ذخیره‌سازی با حجم بیشتر (فضای وسیع‌تر)	۲- هدر رفت مواد و اختلاط و آلودگی مواد
۳- دسترسی آسان‌تر برای ماشین‌آلات سنگین (تردد و بارگیری راحت‌تر ماشین‌ها)	۳- آلودگی محیط زیست

گفت‌وگو کنید



در انبارداری با فضای باز، شرایط آب‌وهوایی چه تأثیری بر انبارداری صحیح مواد اولیه دارد؟



ب) انبار خاک در فضای بسته: این نوع انبارداری سقف و دیوارهای کامل هستند و مواد اولیه درون سالن‌های سرپوشیده قرار می‌گیرند و مواد به‌طور کامل از عوامل بیرونی محافظت می‌شوند. در شکل ۱۴ انبار مواد اولیه با فضای بسته نشان داده شده است و در جدول ۴ مزایا و معایب انبارداری در فضای بسته بیان شده است.

شکل ۱۴- انبار مواد اولیه در فضای بسته

جدول ۴- مزایا و معایب انبارها در فضای بسته

مزایا	معایب
۱- محافظت از مواد در برابر شرایط آب و هوایی	۱- نیاز به سرمایه‌گذاری بالا برای احداث
۲- حفظ کیفیت مواد (از لحاظ رطوبت و ترکیب)	۲- ایجاد محدودیت در فضای ذخیره‌سازی
۳- کنترل بالاتر و کاهش هدر رفت مواد	۳- سخت‌تر شدن تردد و عبور ماشین‌ها

در انبارها با فضای بسته، تجمع گردوغبار در فضای بسته هنگام تخلیه مواد اولیه (به‌صورت فله) می‌تواند برای کارگران مشکلات تنفسی ایجاد کند. پس وجود سیستم‌های تهویه هوا در انبارها با فضای بسته الزامی است.

نکته ایمنی و بهداشت





کار عملی ۱: به کمک هنرآموز خود با استفاده از نکات بیان شده برای انبارداری صحیح، انبار مواد اولیه در کارگاه خود را به صورت اصولی چیدمان کنید. در انبار کارگاه، کیسه‌ای یا فله‌ای بودن مواد اولیه، ورود نور خورشید و رطوبت در محیط انبار، قفسه‌بندی مواد اولیه (استفاده از ارتفاع انبار)، مسیر راحت برای عبور و مرور و سیستم تهویه در انبار را بررسی کنید.



در محیط‌های صنعتی از سوله‌های نیمه‌باز نیز استفاده می‌کنند. این سوله‌ها دارای سقف هستند؛ اما دیوارهای کاملی ندارند تا حدی از مواد اولیه در برابر باران جلوگیری می‌کنند و سیستم گردش هوایی خوبی دارند. در شکل ۱۵ سوله نیمه باز نشان داده شده است.



شکل ۱۵- سوله نیمه‌باز



در مورد کنترل گردوغبار در انبارهای با فضای باز و فضای بسته تحقیق کنید و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.

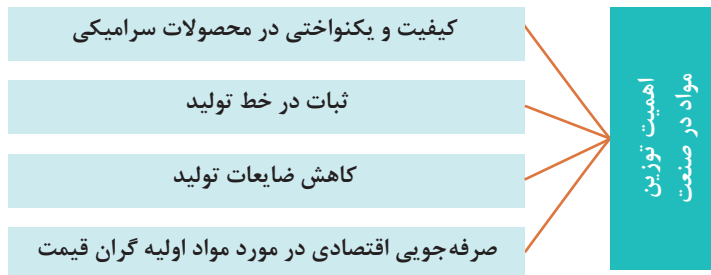
وزن کردن مواد

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



شکل ۱۶- انبار کردن و توزین مواد اولیه

در نمودار ۶ اهمیت توزین مواد اولیه در صنایع سرامیک نشان داده شده است:



نمودار ۶- اهمیت توزین در صنعت سرامیک

در مورد فرایند توزین مواد اولیه و ترازوهای مورد استفاده در صنعت سرامیک تحقیق و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



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

فکر کنید



عمل توزین مواد اولیه به دو روش خشک و تر انجام می‌شود. در روش خشک، مواد به‌صورت 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 (g/cm^3) ۲/۴۵ ساخته شده و دارای چگالی (g/cm^3) ۱/۴ است محاسبه کنید.

$$\rho_1 = 1/4 \quad \rho_2 = 2/45$$

$$W = (1/4 - 1) \times \frac{2/45}{2/45 - 1} = 0.67586 \text{ g}$$

عدد به دست آمده، مقدار ماده خشک برای ۱ سانتی متر مکعب است. برای ۶ لیتر که ۶۰۰۰ برابر یک سانتی متر مکعب هست این مقدار ماده خشک را در حجم دوغاب ضرب می کنیم.

$$۰/۶۷۵۸۶ \times ۶۰۰۰ = ۴۰۵۵/۱۶g$$

۳۰۰ cm^۳ دوغاب با چگالی ۱/۶g/cm^۳ از ماده خشکی با چگالی ۲/۶۵g/cm^۳ ساخته شده است. مقدار ماده خشک آن را محاسبه کنید.

فعالیت کلاسی



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

گفت و گو کنید



کار عملی ۲: آماده سازی آمیز بدنه چینی نرم
مواد و تجهیزات مورد نیاز: خاک کائولن، فلدسپات، سیلیس، الک با مش ۶۰، همزن، ترازو، هاون
شرح فعالیت: بر اساس فرمولاسیون های ارائه شده در کتاب، یک بدنه چینی نرم را در کارگاه آماده کنید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۳: آماده سازی آمیز بدنه چینی سخت
مواد و تجهیزات مورد نیاز: خاک کائولن، فلدسپات، سیلیس، الک با مش ۶۰، همزن، ترازو
شرح فعالیت: بر اساس فرمولاسیون های ارائه شده در کتاب، یک بدنه چینی سخت را در کارگاه آماده کنید.

فعالیت کارگاهی



ارزشیابی شایستگی آماده‌سازی آمیز

شرح کار:

- ۱ انتخاب مواد اولیه مناسب برای بدنه
- ۲ انبارداری صحیح و اصولی مواد اولیه در کارگاه
- ۳ وزن کردن دقیق مواد اولیه بر اساس فرمولاسیون
- ۴ آماده‌سازی آمیز بدنه چینی نرم
- ۵ آماده‌سازی آمیز بدنه چینی سخت

استاندارد عملکرد: کسب مهارت در تهیه و آماده‌سازی آمیز

شاخص‌ها:

- ۱ انبارچینی براساس نکات اصولی
- ۲ بررسی شرایط نگهداری مواد اولیه آمیز بدنه در انبار
- ۳ انتخاب ماده مناسب برای بدنه مشخص شده
- ۴ انتخاب صحیح مواد اولیه و وزن کردن صحیح و با دقت مواد به مقدار مناسب

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی، انبار مواد اولیه استاندارد
 ابزار و تجهیزات: باسکول، ترازوی دیجیتال، فن تهویه، قفسه‌های مناسب برای چیدمان اصولی در انبار

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انتخاب و وزن کردن دقیق مواد اولیه	۲	
۲	آماده‌سازی آمیز بر اساس فرمولاسیون	۲	
۳	محاسبه مقدار خشک ماده جامد در دوغاب	۲	
۴	چیدمان اصولی مواد اولیه در انبار	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲	
میانگین نمرات**			

* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است.

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

واحد یادگیری ۲

شایستگی آماده‌سازی دوغاب

به سؤالات زیر فکر کنید

- ۱ در مرحله آماده‌سازی مواد اولیه، آسیاب‌ها چه نقشی دارند؟
- ۲ در مرحله آماده‌سازی دوغاب، آهن‌گیری دارای چه اهمیتی است؟
- ۳ نقش همزن‌ها در صنایع دوغاب سازی چیست؟

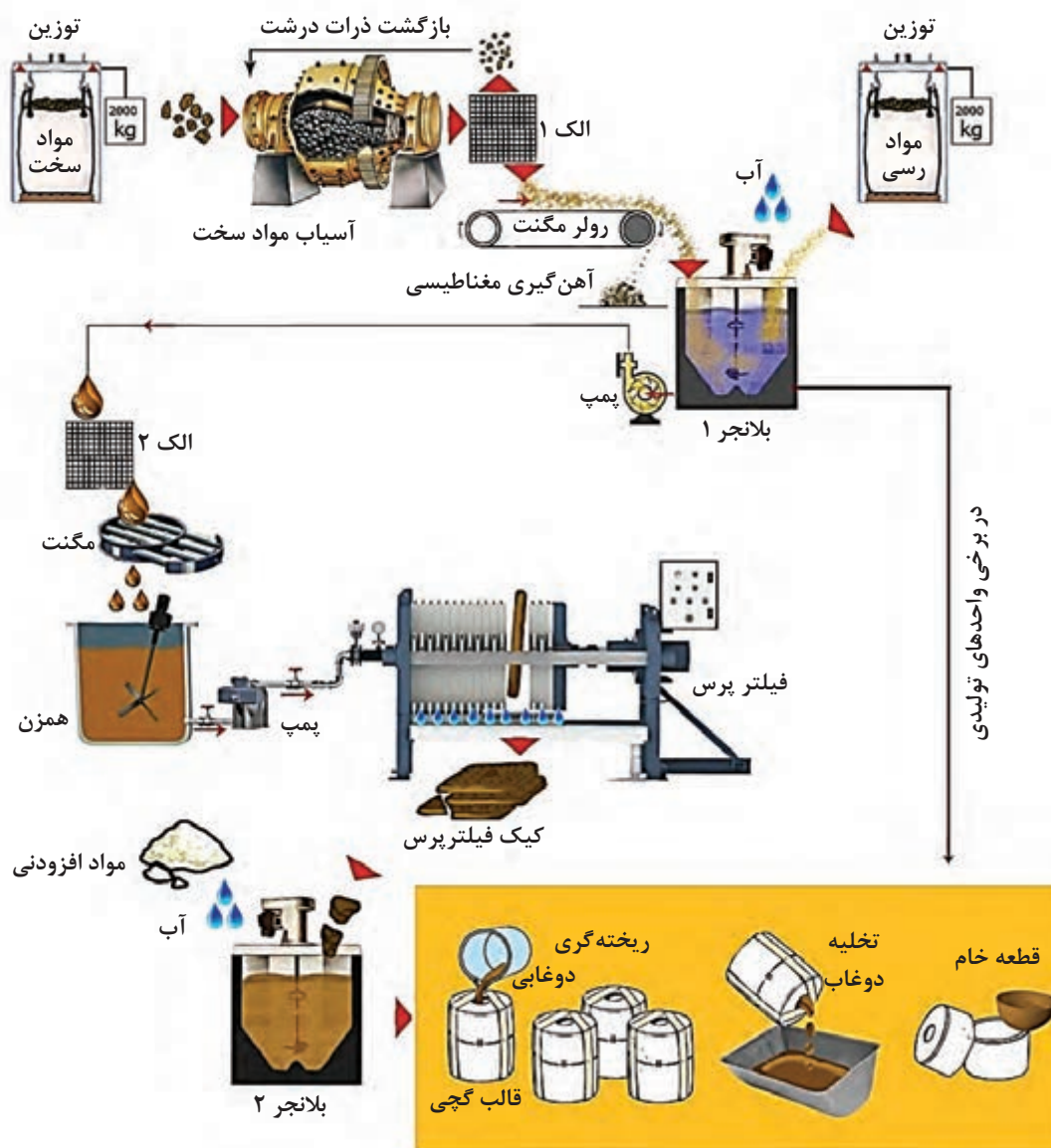
هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت آماده‌سازی دوغاب است که در روش ریخته‌گری دوغابی کاربرد دارد.

استاندارد عملکرد

آماده‌سازی دوغاب شامل مهارت بارگیری بال‌میل و استفاده از همزن، الک کردن و آهن‌گیری دوغاب.

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 ۱۷ یک نمونه از آن آورده شده است.



شکل ۱۷- فرایند ساخت دوغاب و شکل‌دهی قطعه

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

الک شماره ۱: الکی است که دانه‌بندی 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.

دستگاه فیلتر پرس: برای تبدیل دوغاب به کیک فیلتر پرس، باید پالایش گل توسط دستگاه فیلتر پرس انجام گیرد. دوغاب توسط پمپ با فشار بالا داخل صفحات فیلتر پرس تزریق می‌شود و این فشار باعث آب‌گیری و حذف املاح و نمک‌های محلول دوغاب می‌شود. حذف نمک‌های محلول دوغاب باعث کاهش عیوب در قطعات ریخته‌گری می‌شود. در شکل ۱۸ فیلتر پرس صنعتی نشان داده شده است.



شکل ۱۸- دستگاه فیلتر پرس

آیا در فرایند تولید، امکان حذف مرحله فیلتر پرس وجود دارد؟ چرا؟

تحقیق کنید

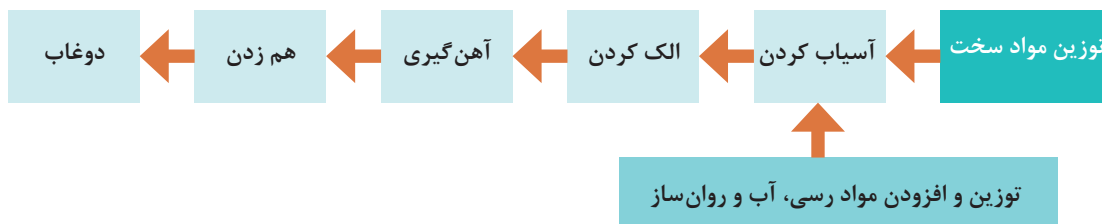


در مورد بازیابی آبی که در فرایند فیلتر پرس جدا می‌شود، در کارگاه گفت‌وگو کنید.

فکر کنید



عملیات آماده‌سازی دوغاب در مقیاس کارگاهی مطابق نمودار ۷ انجام می‌شود:



نمودار ۷- آماده‌سازی دوغاب در مقیاس کارگاهی

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

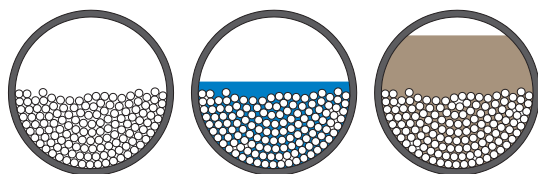
آسیاب کردن مواد اولیه

عمل سایش و آسیاب کردن مواد اولیه در بال میل انجام می‌شود. بال میل مخزنی استوانه‌ای است که به‌طور افقی به دور محور خود می‌چرخد. درون این استوانه گلوله‌هایی قرار دارند که هنگام چرخش به‌طور هم‌زمان بر روی یکدیگر لغزیده و در اثر برخورد با جداره بال میل و برخورد با یکدیگر باعث سایش مواد اولیه می‌شوند. از بال‌میل‌ها به دو روش تر و خشک استفاده می‌شود. در شکل ۱۹ بال میل نشان داده شده است.



شکل ۱۹- بال میل

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



شکل ۲۰- آب، گلوله‌ها، مواد اولیه و فضای خالی



الف) آلومینایی
ب) فلینتی
شکل ۲۱- گلوله‌های آلومینایی و فلینتی بال میل

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



شکل ۲۲- جداره داخلی بال میل از جنس آلومینا

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

فعالیت کلاسی



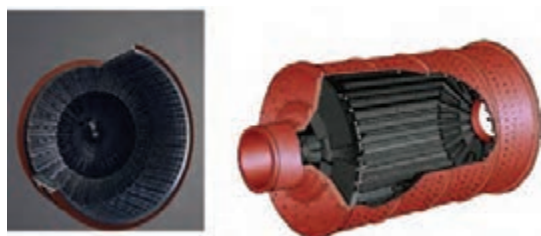
در سال‌های اخیر آسترهای لاستیکی، بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مزایا و معایب آسترهای لاستیکی در مقایسه با آسترهای سرامیکی در جدول ۵ آمده است:

جدول ۵- مزایا و معایب آسترهای لاستیکی

مزایا	معایب
- سروسدای کم - سرعت نصب بالا	- افزایش زمان سایش

چرا استفاده از آسترهای لاستیکی در بال میل‌ها باعث کاهش زمان سایش می‌شود؟

فکر کنید



شکل ۲۳- آستر لاستیکی

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



شکل ۲۴- آستر لاستیکی بال میل

برای کنترل فرایند آسیاب کردن و همچنین برای کنترل درجه ریزشیدن مواد دوغاب در آسیاب، بر اساس تجربه، مقدار زبره^۱ (رسیت) باقی‌مانده بر روی الکی با مش معین را به عنوان معیار در نظر می‌گیرند و از رابطه زیر، درصد آن را محاسبه می‌کنند.

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

در این رابطه:

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 می‌گذارد. برای مثال، هر چه زبره دوغاب بدنه کمتر شود نشان‌دهنده ریزشیدن بیش از حد ذرات خواهد بود؛ بنابراین درجه حرارت پخت کاهش، درصد انقباض بدنه افزایش و جذب آب بدنه کاهش می‌یابد.



کار عملی ۴: آسیاب کردن مواد سخت

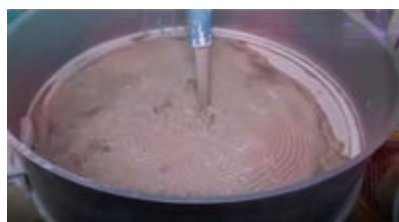
مواد و تجهیزات مورد نیاز: بال میل، الک با مش ۲۰۰، ترازو، فلدسپات، سیلیس و آب.
شرح فعالیت:

- 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٪ محاسبه کرده و بعد از توزین به داخل بال میل بریزید.
- ۴ فلدسپات و سیلیس را وزن کرده و درون بال میل بارگیری کنید.
- ۵ زمانی که زبره با الک مش ۲۰۰ به درصد مناسب به طور مثال ۵-۸ درصد رسید دوغاب را تخلیه کنید.



- 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 به سرعت جمع‌آوری کرده و سپس 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



شکل ۲۵- الک

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 غیرمتعارف مانند خرده‌های چوب، کاغذ و مانند اینها، به طور معمول از الک استفاده می‌شود.

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 زنگ‌زن و یا آلیاژ فسفر برنز، آلومینیوم، مس، نیکل، آلیاژهای گوناگون، نایلون یا ابریشم است.



توری فسفر برنزی



توری فولاد زنگ‌زن



توری برنجی

شکل ۲۶- انواع توری الک

جدول مقایسه عدد مش و قطر سوراخ الک در استانداردهای گوناگون را جست‌وجو کنید و در کلاس به بحث بگذارید.



- 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 باقی‌ماندن 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.



شکل ۲۷- دستگاه الک لرزشی

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

آهن‌گیری

در فرایند تولید دوغاب برای حذف ذرات آهن، از آهن‌ربا استفاده می‌شود. آهن‌رباها در دو نوع دائمی (شکل ۲۸- الف) و موقت (شکل ۲۸- ب) 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. اما در حال حاضر آهن‌رباهایی با قدرت بسیار بالا و اندازه کوچک در دسترس می‌باشند.



الف) آهن‌ربای دائمی ب) آهن‌ربای موقت
شکل ۲۸- آهن‌ربا

آهن‌رباهای موقت این عیب را دارند که در صورت قطع برق، تمام ذرات جذب‌شده 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 حسن را دارد که می‌توان آن را همه‌جا در مسیرهای دوغاب سرباز مانند جوی‌ها و یا حوضچه‌ها قرار داد.

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



شکل ۲۹- گاری الک، آهن‌ریا، پمپ



شکل ۳۰- آهن‌ریای دائمی

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.

فعالیت کارگاهی



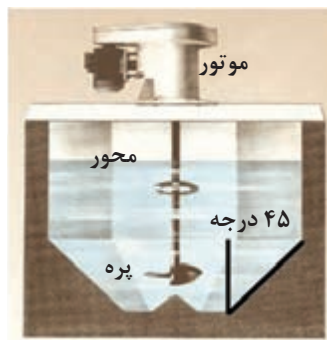
کار عملی ۵: الک کردن و آهن‌گیری دوغاب مواد سخت
مواد و تجهیزات مورد نیاز: الک با مش ۵۰ تا ۱۲۰، آهن‌ریا، دوغاب
شرح فعالیت:

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

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 شکل ۳۱ 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 ۳۱- دستگاه بلانجر و نمای آن

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

تحقیق کنید



آیامی‌دانید



پره منحنی شکل دوغاب را به سمت پایین هدایت کرده و کلوخه‌ها را به کف بلانجر می‌کوبد. مشاهده شده است که پس از تخلیه دوغاب، مقدار زیادی مواد باز نشده به کف بلانجر چسبیده‌اند. 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 ۳۳- بلانجر و الک لرزشی



شکل ۳۲- داخل بلانجر

افزودن مواد به صورت کلوخه یا کیک فیلترپرس باید در حالی 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.

نکته





هنگامی که بلانجر در حال کار است به هیچ وجه دست یا وسایل دیگری مانند اهرم، میله و مانند آن را وارد دوغاب نکنید.

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

۱ برای تولید یک بدنه 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.

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

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

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

۲ کیک آمیزی دارای ۲۰٪ رطوبت بوده و چگالی ماده جامد این کیک $2/5 \text{ g/cm}^3$ است. می‌خواهیم دوغابی به حجم 100 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: 100 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 ماده خشک کیک: ۸۰٪

$$W = (\rho_1 - 1) \frac{\rho_2}{\rho_2 - 1} = (170 - 100) \times \frac{2/5}{2/5 - 1} \approx 117 \text{ وزن ماده خشک در } 100 \text{ لیتر دوغاب}$$

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

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

کیک آمیزی دارای ۲۴٪ رطوبت است و چگالی ماده جامد این کیک $2/65 \text{ g/cm}^3$ است. می‌خواهیم دوغابی به حجم 2000 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؟



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: $5 \times 1/4 = 7 \text{ kg}$
چگالی کیک:؟

$$\text{چگالی کیک} = \frac{\text{وزن آب} + \text{وزن خاک}}{\text{حجم آب} + \text{حجم خاک}} = \frac{7 + 22}{\frac{7}{2/5} + 22 \text{ cm}^3} = 1/88 \text{ g/cm}^3$$

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

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

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

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)

فعالیت کلاسی



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

نکات ایمنی و بهداشت



کار عملی ۶: آماده‌سازی و فیلتر پرس کردن دوغاب

مواد و تجهیزات مورد نیاز: 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 فعالیت 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.

فعالیت کارگاهی





کار عملی ۷: تعیین رطوبت گل فیلتر پرس شده

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ترازو، خشک کن، کاردک و کیک فیلتر پرس.
شرح فعالیت:

- ۱ به وسیله کاردک از کیک تهیه شده با فیلتر پرس مقداری برداشته و سپس 100 g از آن را وزن کنید.
- ۲ کیک وزن شده درون خشک کن در دمای 110° 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.



- ۱ هنگام ریختن آمیز درون بال میل حتماً از ماسک استفاده کنید.
- ۲ در هنگام کار از دستکش و کفش ایمنی استفاده کنید.

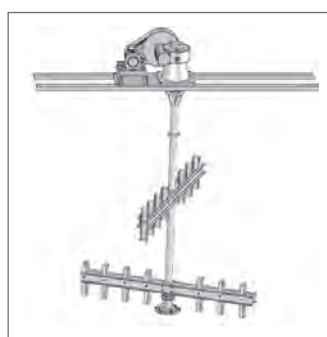


کار عملی ۸: دوغاب سازی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: باسکول، کاردک، بلانجر، روان ساز، آب و کیک فیلتر پرس.
شرح فعالیت:

- ۱ کیک های تهیه شده از فیلتر پرس را وزن کنید.
- ۲ مقدار 30 الی 40 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 ($2/0$ الی $35/0$ درصد) روان ساز محاسبه کنید.
- ۵ کیک و روان ساز را به صورت مرحله ای درون بلانجر اضافه کنید.

همزن



برای کهنه شدن، جلوگیری از رسوب و ذخیره سازی دوغاب از همزن دور آرام (شکل ۳۴) استفاده می شود. حجم این گونه مخازن به حجم دوغاب تولیدی بستگی دارد. در صنعت چینی بهداشتی، حجم مخازن بیشتر (در حد چند ده متر مکعب) ولی تعداد آنها کمتر بود، ولی در صنعت چینی ظروف، حجم مخازن کمتر ولی تعداد آنها بیشتر است.

شکل ۳۴- همزن (دور آرام)

اهداف نگه‌داری دوغاب در همزن‌ها در نمودار ۸ بیان شده است:



نمودار ۸

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 در دقیقه کافی است.

اگر قطر همزن حدود سه متر باشد، سرعت بیش از ۸ دور در دقیقه می‌تواند باعث پدید آمدن 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.

سرعت بیش از حد همزن چه مشکلاتی را ایجاد می‌کند؟

فعالیت کلاسی



فعالیت کارگاهی

کار عملی ۹: الک کردن، آهن‌گیری و ذخیره‌سازی دوغاب

مواد و تجهیزات مورد نیاز: الک با مش ۱۰۰ تا ۵۰، آهن‌ربا، همزن دور آرام.

شرح فعالیت:

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

فعالیت کارگاهی



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

نکته



شرح کار: ۱ بارگیری بال میل و تعیین شرایط دوغاب خروجی از بال میل ۲ تخلیه و الک کردن دوغاب ۳ آهن‌گیری دوغاب ۴ ذخیره سازی دوغاب در همزن			
استاندارد عملکرد: کسب مهارت در تهیه و آماده‌سازی دوغاب			
شاخص‌ها: ۱ انجام محاسبه جهت بارگیری بال میل ۲ گرفتن رسیت دوغاب و تعیین شرایط تخلیه ۳ انتخاب الک مناسب و نصب توری بر روی الک ۴ انتخاب آهن‌ریا، راه‌اندازی و به‌کارگیری صحیح آن			
شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات: مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی ابزار و تجهیزات: ترازو، بال میل، بلانچر، فیلتر پرس، همزن، الک، خشک‌کن آزمایشگاهی، آهن‌ریا			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	بارگیری بال میل	۱	
۲	تعیین شاخص‌های تخلیه دوغاب	۲	
۳	الک کردن و آهن‌گیری دوغاب	۱	
۴	فیلتر پرس کردن و دوغاب سازی در بلانچر	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب	۲	
میانگین نمرات**			
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.			



پودمان چهارم

تعیین چگالی و خواص رئولوژی دوغاب



پس از آماده‌سازی دوغاب، بررسی ویژگی‌های آن نظیر چگالی و گرانروی 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 گرانروی و تیکسوتروپی است که بر جریان‌یابی دوغاب تأثیرگذار هستند.

واحد یادگیری ۱

شایستگی تعیین چگالی

به سؤالات زیر فکر کنید

- ۱ محاسبه چگالی برای بدنه‌ها و دوغاب‌های سرامیکی چه ضرورتی دارد؟
- ۲ برای محاسبه حجم بدنه‌ها و دوغاب‌های سرامیکی چه روش‌هایی پیشنهاد می‌دهید؟
- ۳ چگالی دوغاب‌های سرامیکی به چه روشی محاسبه می‌شود؟

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت تعیین چگالی برای بدنه‌ها و دوغاب‌های سرامیکی است. همچنین شناخت روش‌های محاسبه چگالی در این واحد در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

تعیین چگالی دوغاب بر اساس روش‌های استاندارد.

ضرورت تعیین چگالی

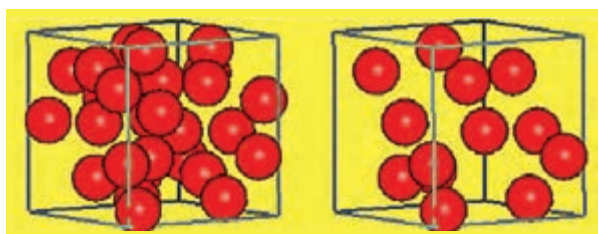


شکل ۱

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 (شکل ۱)، با وزن چندین تن بر روی آب شناور می‌مانند؟

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.



(ب)

(الف)

شکل ۲

در اندازه‌گیری چگالی مواد، جرم را می‌توان بر حسب گرم (g) یا کیلوگرم (kg) و حجم را بر حسب سانتی‌متر مکعب (cm^3)، مترمکعب (m^3) یا لیتر (L) بیان کرد (جدول ۱).

جدول ۱

واحد جرم	واحد حجم	واحد چگالی
g	cm^3	g/cm^3
kg	m^3	kg/m^3
kg	L	kg/L
lb	ft^3	lb/ft^3

در رابطه ۱ فرمول چگالی بیان شده است.

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

رابطه ۱:

ρ : چگالی

m : جرم

V : حجم

مثال: ۱۰۰ گرم سیلیس حجمی معادل $37/7 \text{ cm}^3$ دارد، چگالی سیلیس چقدر است؟

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{100 \text{ g}}{37/7 \text{ cm}^3} = 2/65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

پاسخ:

هنگام مقایسه چگالی مواد باید دقت کنید واحدها یکسان باشند.

نکته



وزن قطعه‌ای به شکل مکعب 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^3 محاسبه کنید.

فعالیت کلاسی



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.

تحقیق کنید



تعیین جرم و حجم در محاسبه چگالی

برای تعیین جرم و حجم در محاسبه چگالی، اندازه‌گیری جرم به راحتی توسط ترازو انجام می‌شود. همچنین حجم اشکالی مانند مکعب، کره، استوانه و سایر اشکال هندسی ساده (شکل ۳) به راحتی محاسبه خواهد شد ولی محاسبه حجم برای اشکال هندسی پیچیده (شکل ۴) دشوار است.



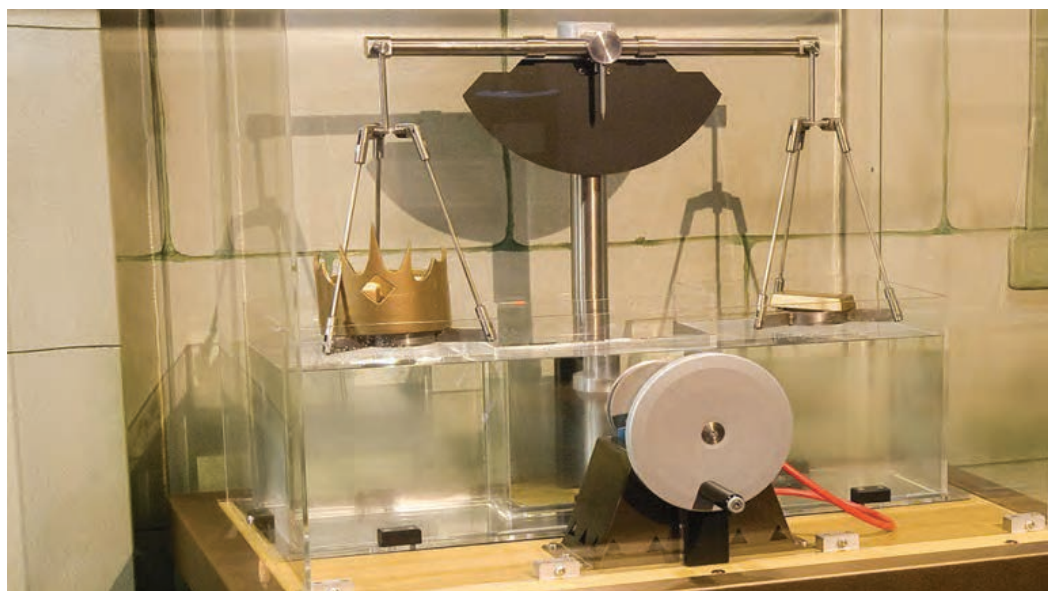
شکل ۴- اشکال هندسی پیچیده



شکل ۳- اشکال هندسی ساده



ارشمیدس دانشمند و ریاضی‌دان یونانی روشی ساده برای محاسبه حجم اشکال هندسی پیچیده پیشنهاد داد. این کشف مهم و بنیادی ارشمیدس از این قرار بود که پادشاه از ارشمیدس خواست تقلبی یا خالص بودن طلای تاج ساخته شده را به شرطی که به تاج آسیبی وارد نشود، تعیین کند. در آن زمان ارشمیدس می‌دانست که فلزات مختلف چگالی متفاوتی دارند، بنابراین فکر 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.

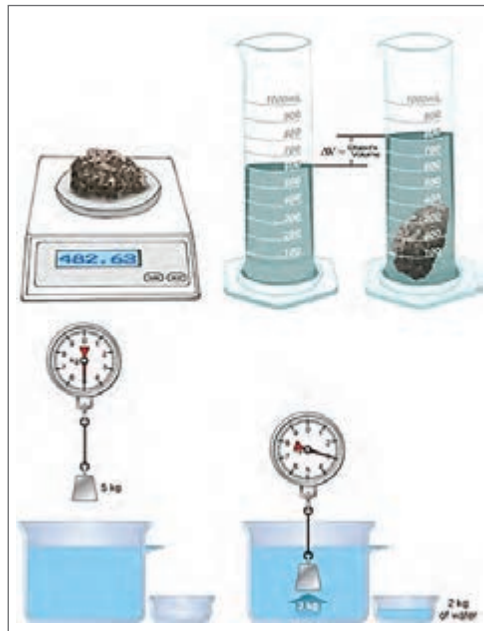


شکل ۵

اما یک روز با وارد شدن داخل آب خزینه حمام متوجه شد سطح آب بالا آمد و دوان دوان تا خانه فریاد زد یافتم. سؤال اینجاست که چه چیزی را یافته بود؟ افزایش سطح آب، هنگام ورود شیء به داخل آب، به اندازه حجم شیء است. 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 ساخته شده، تقلبی است.

محاسبه حجم اجسام توسط قانون ارشمیدس

وقتی جسمی در سیالی غوطه‌ور شود به اندازه وزن سیال هم‌جوش یا به عبارتی به اندازه حجم سیالی که جابه‌جا می‌کند از وزن آن کاسته می‌شود. در شکل ۶ این موضوع نشان داده شده است.



شکل ۶

بدین 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:

$$\text{رابطه ۲:} \quad \frac{D - I}{\rho_1} = \frac{\text{وزن سیال جابه‌جا شده}}{\text{چگالی سیال}} = \text{حجم سیال جابه‌جا شده} = \text{حجم جسم غوطه‌ور شده}$$

حال اگر سیال مورد نظر آب باشد با توجه به اینکه چگالی آب تقریباً برابر با یک است؛ بنابراین رابطه ۲ به رابطه ۳ تبدیل می‌شود:

$$\text{رابطه ۳:} \quad D - I = \text{حجم جسم غوطه‌ور شده}$$

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱: محاسبه حجم وزنه یا قطعه دلخواه به روش ارشمیدس
مواد و تجهیزات مورد نیاز: وزنه یا قطعه دلخواه، استوانه مدرج، ترازو، آب.

۱ وزن قطعه را در حالت خشک به دست آورید (D).

۲ وزن قطعه را هنگام غوطه‌وری در آب توزین کرده و مقدار به دست آمده را یادداشت کنید (I). حال میزان کاهش وزن را که همان میزان آب جابه‌جا شده یا حجم قطعه است را با رابطه ۲ به دست آورید.

محاسبه حجم در قطعات متخلخل

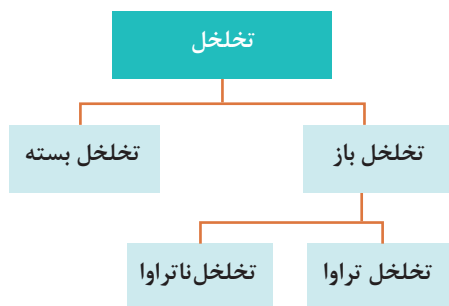
مفهوم تخلخل

به خلل و فرج موجود در قطعه تخلخل می‌گویند. مواد متخلخل می‌تواند به دو صورت طبیعی و مصنوعی وجود داشته باشد. در طبیعت مواد متخلخل از قبیل استخوان، چوب و سنگ به فراوانی یافت می‌شود. در شکل ۷ یک قطعه متخلخل طبیعی نشان داده شده است. مواد متخلخل مصنوعی ساخته دست بشر هستند، در این مواد تخلخل‌ها به صورت عمدی و خواسته ایجاد می‌شوند. در شکل ۸ عایق‌های سرامیکی که قطعه متخلخل مصنوعی هستند، نشان داده شده است.



شکل ۸- عایق‌های متخلخل مصنوعی

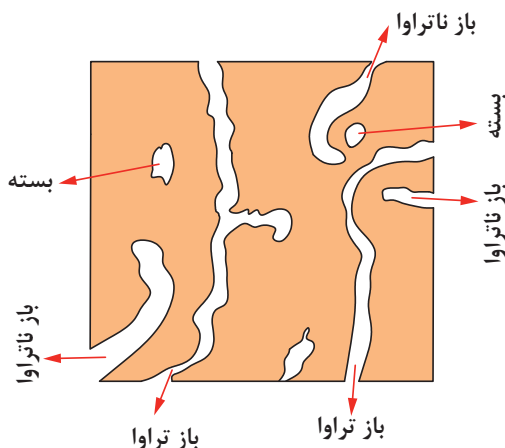
شکل ۷- قطعه متخلخل طبیعی



نمودار ۱- انواع تخلخل‌ها

انواع تخلخل‌ها در قطعات سرامیکی

به‌طور کلی تخلخل در قطعات سرامیکی به دو گروه باز و بسته تقسیم می‌شود (نمودار ۱).



شکل ۹- انواع تخلخل‌ها

در شکل ۹ تخلخل‌های باز و بسته نشان داده شده است.

تخلخل باز: به تخلخل‌هایی که به سطح قطعه راه دارند تخلخل باز می‌گویند.

تخلخل باز تراوا: به تخلخل‌های بازی که به هم متصل باشند تخلخل باز تراوا می‌گویند.

تخلخل باز ناتراوا: به تخلخل‌های بازی که به هم متصل نباشند و از یک طرف بسته باشند تخلخل باز ناتراوا گفته می‌شود.

تخلخل بسته: به تخلخل‌هایی که به سطح قطعه راه نداشته باشند تخلخل بسته می‌گویند.



دلایل ایجاد تخلخل‌های باز و بسته در قطعات سرامیکی چیست؟

حجم مواد

در قطعات متخلخل به دلیل وجود تخلخل در قطعه، حجم‌های مختلفی تعریف شده است و در نتیجه چگالی‌های متعددی را می‌توان به دست آورد؛ بنابراین سه نوع حجم (نمودار ۲) را می‌توان بیان کرد:

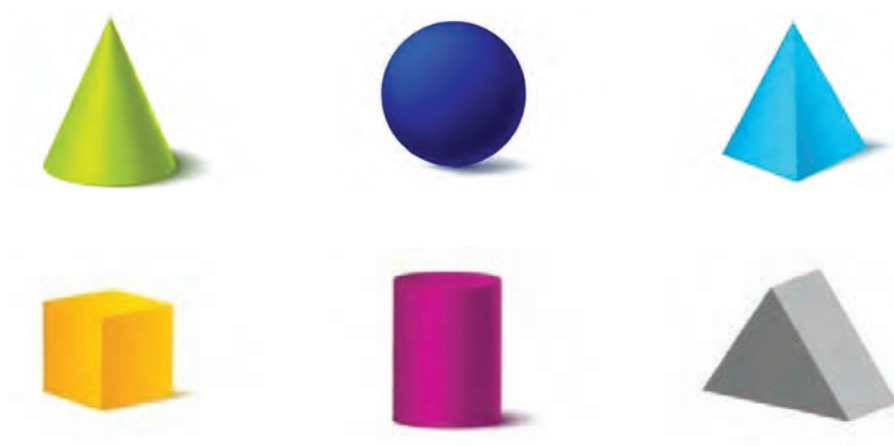


نمودار ۲

الف) حجم کلی یا توده‌ای: به مجموع حجم ماده و حجم تخلخل‌های باز و بسته، «حجم کلی یا توده‌ای» گفته می‌شود.

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 ۱۰).



شکل ۱۰

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 ۱۱).



شکل ۱۱- 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) توزین کرده در نتیجه حجم کلی برابر است با اختلاف وزن قطعه در این دو حالت.

رابطه ۴:

$$(V_b) = S - I$$

حجم کلی



شکل ۱۲- ترازوی ارشمیدس

(ب) 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.

$$V_a = D - I$$

رابطه ۵: (حجم ظاهری)

(پ) 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 ۱۳ تصویر یک پیکنومتر را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳

پیکنومتر، ظرفی با حجم مشخص است که برای اندازه گیری چگالی مایعات و جامدات به صورت پودر به کار می رود.

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

نکته



محاسبه حجم دوغاب

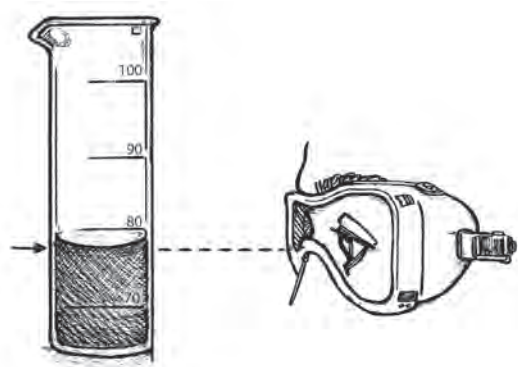
برای اندازه گیری حجم دوغاب می توان از ظروف با حجم مشخص مانند استوانه مدرج یا دانسیومتر استفاده نمود. در شکل ۱۴ استوانه های مدرج و در شکل ۱۵ دانسیومتر نشان داده شده است.



شکل ۱۵- دانسیومتر



شکل ۱۴- استوانه های مدرج



شکل ۱۶- نحوه خواندن حجم

سطح بالایی مایع در استوانه مدرج کاملاً مسطح و تخت نیست، بلکه به دلیل کشش مولکولی که میان مولکول‌های مایع و شیشه وجود دارد در کناره‌ها کمی به سمت بالا کشیده شده و حالتی منحنی و هلالی به خود می‌گیرد. هنگام خواندن حجم، چشم خود را هم‌سطح با سطح مایع قرار دهید و سطح زیرین هلال را بخوانید.

- ۱ استوانه مدرج را روی سطح صاف قرار دهید و دوغاب را آرام بریزید تا حباب ایجاد نشود.
- ۲ برای کاهش خطای آزمایش در اندازه‌گیری حجم با دانسیومتر، باید دانسیومتر را تا حدی از دوغاب پر کرد تا دوغاب از سوراخ دانسیومتر بیرون زده و سپس با دستمال سطح دانسیومتر را به خوبی پاک کرد.

نکته



انواع چگالی

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

چگالی کلی یا توده‌ای

چگالی کلی قطعه طبق رابطه ۶ به دست می‌آید.

$$\text{رابطه ۶: } D = \frac{D}{S - I} \times \rho_1 = \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم کلی}} \times \rho_b \quad (\rho_b) \text{ چگالی کلی}$$

D: وزن قطعه خشک در هوا (g)
 S: وزن قطعه اشباع از مایع (g)
 I: وزن قطعه غوطه‌ور شده در مایع (g)
 ρ_1 : چگالی مایع ($\frac{g}{cm^3}$)

فکر کنید



چه عواملی سبب می‌شود تا چگالی آب تغییر کند؟

فعالیت کلاسی



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 این آجر را محاسبه کنید.

نکته



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.

چگالی ظاهری

چگالی ظاهری قطعه طبق رابطه ۷ به دست می‌آید.

$$\text{رابطه ۷: } D = \frac{D}{D - I} \times \rho_1 = \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم ظاهری}} \times \rho_a \quad (\rho_a) \text{ چگالی ظاهری}$$

D: وزن قطعه خشک در هوا (g)
 I: وزن قطعه غوطه‌ور شده در مایع (g)
 ρ_1 : چگالی مایع ($\frac{g}{cm^3}$)

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

پاسخ:

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

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

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

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 g/cm^3 باشد، چگالی ظاهری قطعه را محاسبه کنید.

فعالیت کلاسی



چگالی حقیقی

چگالی حقیقی طبق رابطه ۸ 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.

$$\text{رابطه ۸: } (\rho_t) = \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم حقیقی}} = \frac{D}{V_t}$$

کار عملی ۲: تعیین چگالی پودر

مواد و تجهیزات مورد نیاز: 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 شست‌وشو دهید و در خشک‌کن در دمای کمتر از ۵۰ درجه سلسیوس به مدت حدوداً ۲ ساعت قرار دهید.

۲ پیکنومتر را با ترازوی حداقل ۳ رقم اعشار توزین کنید و مقدار به دست آمده را **a** بنامید.

۳ پودر سرامیکی را در دمای حدوداً ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت حدوداً ۲ ساعت و با قرار دادن داخل دسیکاتور به مدت چند ساعت خشک کنید و سپس پودر حاصله را درون پیکنومتر بریزید (به صورتی که حدوداً یک پنجم پیکنومتر را پر کند). پیکنومتر را به همراه پودر توزین 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 مجدداً پیکنومتر را به همراه پودر و آب موجود در آن توزین کنید. مقدار حاصله 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 توزین کنید و مقدار حاصله را **d** بنامید. سرانجام چگالی پودر (چگالی حقیقی) را بر اساس رابطه ۹ به دست آورید:

$$\text{رابطه ۹: } (\rho_p) = \frac{b - a}{(d - a) - (c - b)} \times \rho_t$$

فعالیت کارگاهی



ρ_p : چگالی پودر (چگالی حقیقی)

a: وزن پیکنومتر

b: وزن پیکنومتر + وزن پودر

c: وزن پیکنومتر + وزن پودر + وزن آب

d: وزن پیکنومتر + وزن آب به اندازه حجم پیکنومتر

ρ_1 : چگالی مایع

چگالی دوغاب

یکی از مشخصه‌های مهم دوغاب، داشتن چگالی مناسب است.



شکل ۱۷- دوغاب هنگام ریخته‌گری

برای محاسبه چگالی دوغاب می‌توان؛ مانند محاسبه چگالی مایعات عمل کرد. بدین صورت که دوغاب مورد نظر را در یک ظرف با حجم مشخص مانند استوانه مدرج یا دانسیومتر تا حجم مشخص پر کرده، 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.

۷۵ درصد از حجم استوانه مدرج ۲۰۰۰ میلی لیتری 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 استوانه مدرج و دانسیومتر استفاده می‌شود. اما زمانی که بخواهیم از آب و چند خاک با چگالی مختلف، دوغابی با چگالی مشخص تهیه شود از رابطه ۱۰ استفاده می‌شود.

ابتدا با مشخص بودن چگالی و وزن خاک‌های مورد نظر، حجم خاک تعیین می‌شود. برای چگالی سیال به

همین صورت عمل می‌شود. سپس از رابطه ۱۰ استفاده خواهد شد:

$$\text{رابطه ۱۰:} \quad \text{چگالی دوغاب} = \frac{\text{مجموع وزن اجزای دوغاب}}{\text{مجموع حجم اجزای دوغاب}}$$

مثال: با استفاده از ۳۰ کیلوگرم از دو خاک با چگالی $2/3 \text{ g/cm}^3$ و $2/7 \text{ g/cm}^3$ با نسبت مساوی و ۱۷ لیتر آب، دوغابی همگن تهیه شده است. چگالی دوغاب را محاسبه کنید.

پاسخ:

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

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

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

با توجه به اینکه چگالی آب تقریباً برابر ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب است، ۱۷ لیتر آب، معادل ۱۷ کیلوگرم آب است؛ بنابراین داریم:

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

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

فعالیت کلاسی



فعالیت کارگاهی



کار عملی ۳: محاسبه چگالی دوغاب

مواد و تجهیزات مورد نیاز: دانسیومتر، دوغاب سرامیکی، ترازو و خشک‌کن.

شرح فعالیت:

۱ ابتدا دانسیومتر را به خوبی شست‌وشو دهید سپس آن را در خشک‌کن قرار داده تا رطوبت موجود تبخیر شود.

۲ دانسیومتر را در حالت خشک با ترازو توزین کنید و مقدار به‌دست آمده را یادداشت کنید.

- ۳ دوغاب را پس از کمی هم زدن، داخل دانسیمتر ریخته و سپس دانسیمتر حاوی دوغاب را توسط ترازو توزین کنید.
- ۴ حال برای محاسبه وزن دوغاب، وزن دانسیمتر خالی را از وزن دانسیمتر حاوی دوغاب کم کنید.
- ۵ چگالی دوغاب را محاسبه کنید.

در صورت موجود نبودن دانسیمتر می توان از استوانه مدرج استفاده کرد.

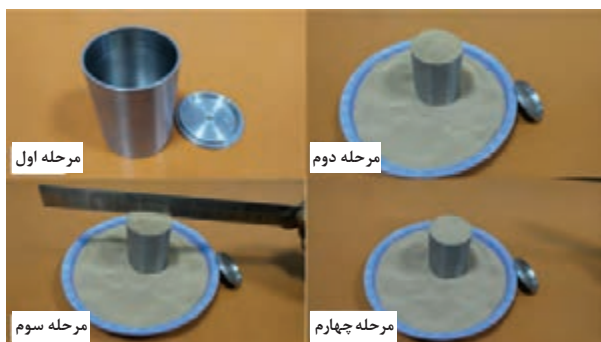
نکته



چگالی انباشتگی

چگالی انباشتگی معمولاً برای پودر، گرانول یا گلوله های بال میل استفاده می شود. بدین ترتیب که ماده مورد نظر را در ظرفی با حجم مشخص ریخته، سپس برای مشخص شدن وزن ماده مورد نظر، وزن ظرف خالی از وزن ظرف حاوی ماده، کم می شود. چگالی انباشتگی برابر خواهد بود با وزن ماده، تقسیم بر حجم پر شده ظرف.

می توان از دانسیمتر برای چگالی انباشتگی پودر و گرانول استفاده کرد (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- مراحل پر کردن دانسیمتر با خاک

نکته



کار عملی ۴: تعیین چگالی انباشتگی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: انواع خاک، پودر آلومینا، گرانول آلومینا، گلوله های بال میل از جنس آلومینا، دانسیمتر یا استوانه مدرج، ترازو، خط کش و بشر.

شرح فعالیت:

- ۱ پس از شستن و خشک کردن دانسیمتر، آن را با ترازو توزین کنید و مقدار به دست آمده را یادداشت کنید. پس از پر کردن دانسیمتر تا خط نشان توسط خاک بالکلی، پودر آلومینا و گرانول آلومینا را توزین کرده و مقدار به دست آمده را یادداشت کنید.

فعالیت کارگاهی



- ۲ با کم کردن وزن دانسیومتر خالی، از وزن دانسیومتر حاوی مواد داخل آن، وزن مواد تعیین کنید.
- ۳ برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده مورد نظر را بر حجم دانسیومتر تقسیم کنید و مقادیر به دست آمده را در جدول یادداشت کنید.
- ۴ چگالی انباشتگی مواد را با هم مقایسه کنید.
- ۵ در رابطه با تأثیر اندازه ذرات بر چگالی انباشتگی پودر آلومینا، گرانول آلومینا و گلوله‌های بال میل آلومینایی با همکلاسی‌های خود گفت‌وگو کنید.

نکته



برای محاسبه حجم گلوله‌های بال میل می‌توان از بشر یا استوانه مدرج استفاده کرد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

چگالی نسبی

نسبت چگالی مواد به چگالی یک ماده مرجع را که معمولاً آب در نظر گرفته می‌شود، «چگالی نسبی» می‌گویند و طبق رابطه ۱۱ محاسبه می‌شود:

$$\text{رابطه ۱۱:} \quad \text{چگالی نسبی} = \frac{\text{چگالی ماده مورد نظر}}{\text{چگالی آب}}$$

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 ۲۰، چرا پرتقال سالم بر روی سطح آب شناور است ولی پرتقال بدون پوست در آب ته‌نشین می‌شود؟
- ۲ دو ماده A و B داریم. چگالی A، 2 g/cm^3 و چگالی B، 0.5 g/cm^3 است. به نظر شما کدام یک روی سطح آب شناور می‌شود؟



شکل ۲۰

ارزشیابی شایستگی تعیین چگالی

شرح کار: ۱ محاسبه حجم مواد مختلف ۲ محاسبه چگالی از روی حجم ۳ محاسبه چگالی دوغاب			
استاندارد عملکرد: تعیین چگالی دوغاب براساس روش های استاندارد			
شاخص ها: ۱ وزن کردن دقیق مواد و تجهیزات ۲ انتخاب مناسب ترین روش اندازه گیری چگالی مواد			
شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات: مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی ابزار و تجهیزات: پیکنومتر، دانسیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، پیپت، دستگاه خشک کن، دسیکاتور، استوانه مدرج، گلوله بال میل			
معیار شایستگی:			
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 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**			
* شایستگی های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارند؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.			

واحد یادگیری ۲

شایستگی تعیین خواص رئولوژی دوغاب

به سؤالات زیر فکر کنید

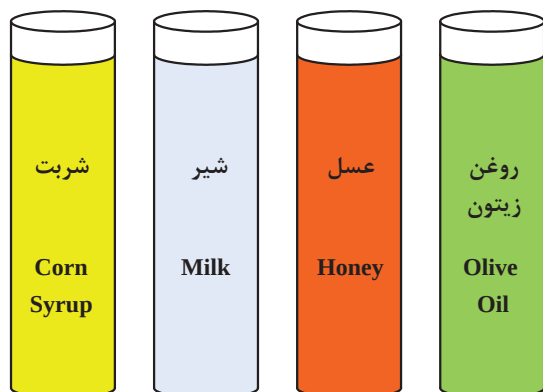
- ۱ خواص رئولوژی دوغاب شامل اندازه گیری چه مواردی است؟
- ۲ برای خواص رئولوژی دوغاب چه تجهیزاتی مورد نیاز است؟
- ۳ تعیین رئولوژی در دوغاب ها چه اهمیتی دارد؟

هدف از این شایستگی، فراگیری روش انتخاب و تعیین درصد روان ساز مناسب برای تهیه دوغاب مورد استفاده برای ریخته گری دوغابی است. همچنین مهارت تعیین گرانروی و تیکسوتروپی دوغاب را در این واحد فرا خواهید گرفت.

استاندارد عملکرد

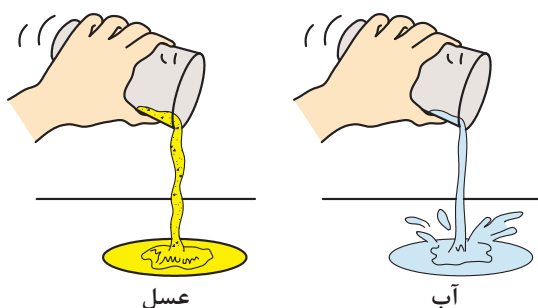
انتخاب روان ساز مناسب و تعیین گرانروی و تیکسوتروپی دوغاب براساس روش های استاندارد.

پودمان چهارم: تعیین چگالی و خواص رئولوژی دوغاب



در هر یک از ظروف شکل ۲۱ 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؟

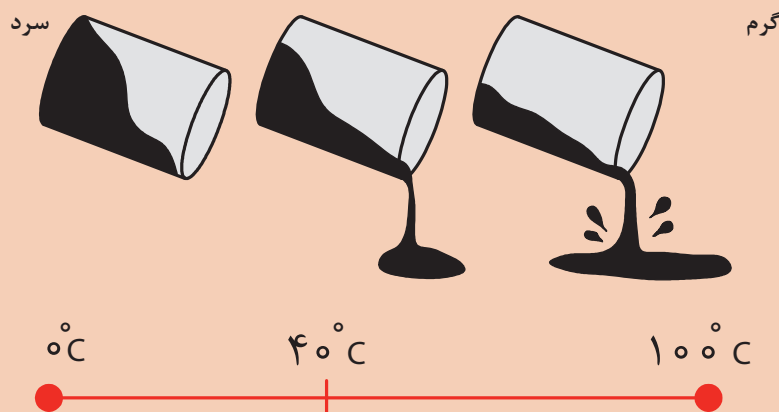
شکل ۲۱



به شکل ۲۲ نگاه کنید. یک لیوان حاوی عسل و دیگری حاوی آب است؛ به نظر شما کدام مایع راحت‌تر از لیوان تخلیه می‌شود؟

شکل ۲۲

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



شکل ۲۳

فعالیت کلاسی



اصطکاک در زندگی روزمره به وضوح قابل مشاهده است. به عنوان مثال اصطکاک بین کفش و زمین عامل حرکت و مانع سر خوردن است. در هنگام ترمز کردن، اصطکاک باعث توقف وسیله نقلیه می شود. این موارد، اصطکاک میان دو جسم جامد را نشان می دهد.

در مایعات نیز اصطکاک وجود دارد، جریان یابی مایعات به اصطکاک داخلی بین اجزای سازنده آن بستگی دارد. قابلیت جریان یابی مایعات را «سیالیت» و مقاومت درونی مایعات را در برابر جاری شدن، «گرانروی» گفته می شود.

فکر کنید



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

فعالیت کلاسی



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

فعالیت کارگاهی

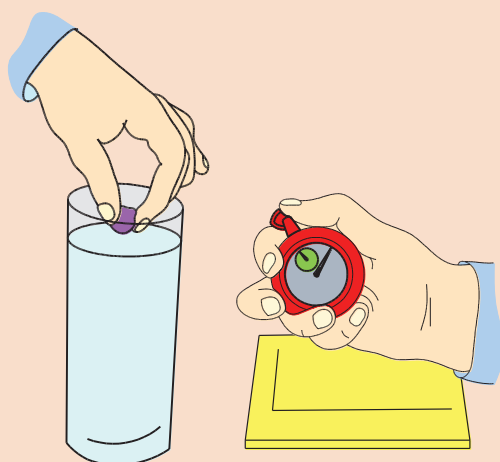


کار عملی ۵: بررسی گرانروی مایعات مختلف

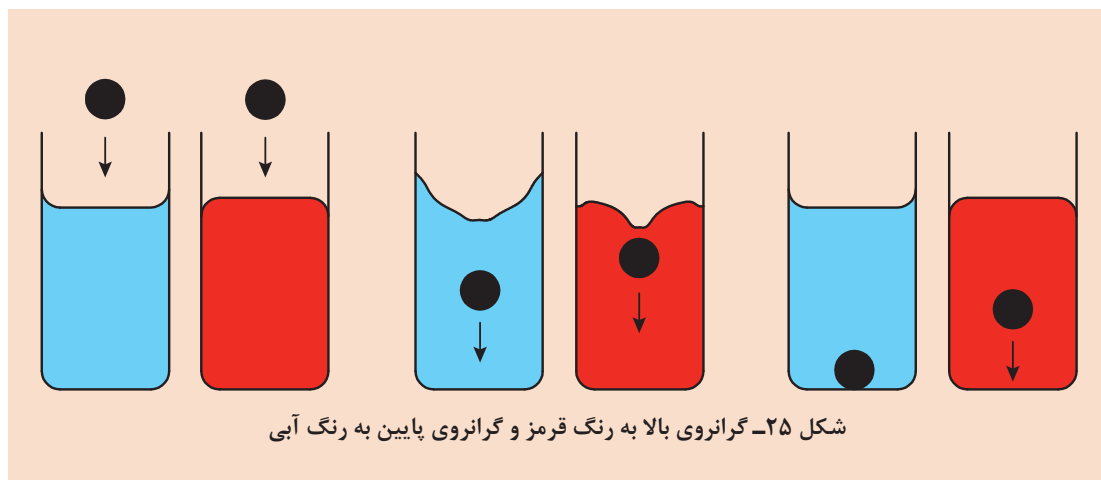
مواد و تجهیزات مورد نیاز: تعدادی تیلۀ هم اندازه، لیوان شیشه ای، مایعات موجود در کارگاه مانند آب، سدیم سیلیکات مایع، روغن گلپکول و زمان سنج.

شرح فعالیت:

- ۱ لیوان ها را با مایعات مختلف با ارتفاع یکسان پر کنید. (برای جلوگیری از سر ریز شدن مایع هنگام انداختن تیلۀ در آن، بهتر است کمی از سر لیوان ها را خالی بگذارید).
- ۲ کدام مایع گرانروی بیشتری دارد؟ آیا در هنگام ریختن مایعات در لیوان ها می توانید این تفاوت را تشخیص دهید؟
- ۳ تیلۀ ها را در مایعات رها کنید و زمان رسیدن تیلۀ به ته لیوان را اندازه گیری کنید.
- ۴ تیلۀ در کدام مایع سریع تر به ته ظرف می رسد. دلیل آن چیست؟



شکل ۲۴



برای ایجاد شرایط ثابت در دوغاب ریخته‌گری باید خواص رئولوژی ثابت باشد. همچنین ثبات خواص رئولوژی به کاهش عیوب در مرحله شکل‌دهی در طی روزهای مختلف کمک کرده و بر روی برنامه‌ریزی دقیق‌تر و شکل‌دادن 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.

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



شکل ۲۶

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 می شود؟

روش های اندازه گیری گرانی و محاسبه تیکسوتروپی دوغاب



شکل ۲۷- انواع دستگاه های ویسکوزیمتر

۱- روش ریزشی

یکی از روش های ساده سنجش گرانی، استفاده از ویسکوزیمتر ریزشی است که در آن، زمان عبور ۱۰۰ میلی لیتر دوغاب از دهانه خروجی با قطر مشخص اندازه گیری می شود.

نکته



دهانه خروجی متداول در ویسکوزیمتر ریزشی، ۴ میلی متر است.



شکل ۲۸- ویسکوزیمتر ریزشی

در ویسکوزیمتر ریزشی مقدار گرانی تعیین نمی شود؛ بلکه زمان عبور دوغاب از دهانه تعیین می شود و با داشتن زمان های عبور دوغاب به صورت مقایسه ای، میزان گرانی تعیین می شود. برای سهولت کار در بسیاری از صنایع از این روش استفاده می شود (شکل ۲۸).



کار عملی ۶: تعیین گرانروی دوغاب و تأثیر زمان ماندگاری آن بر گرانروی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: دوغاب، لیوان یا بشر، همزن آزمایشگاهی، ترازوی آزمایشگاهی، دستگاه ویسکوزیومتر و زمان سنج.

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

شرح فعالیت:

۱ مقدار ۷۰۰ میلی لیتر از دوغاب موجود در کارگاه را بردارید.

۲ دوغاب را به مدت ۱ دقیقه به هم بزنید.

۳ گرانروی آن را اندازه گیری 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 میلی لیتر دوغاب موجود در کارگاه را بردارید (پس از ماندگاری در زمان های مشخص شده).

۲ دوغاب به مدت ۱ دقیقه به هم زده شود.

۳ گرانروی آن اندازه گیری 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 گونه ای دوغاب هم زده شود که دوغاب به بیرون و سر صورت پاشیده نشود.



زمان عبور ۱۰۰ میلی لیتر آب از یک دستگاه ویسکوزیومتر ریزشی «زمان عبور بحرانی» نامیده می شود.

محاسبه تیکسوتروپی به روش ریزشی: برای تعیین میزان تیکسوتروپی دوغاب، بایستی:

(الف) در مرحله اول ۱۰۰ میلی لیتر دوغاب را در ویسکوزیومتر ریخته و پس از یک دقیقه راکد ماندن، زمان عبور دوغاب اندازه گیری می شود (t_1).

(ب) در مرحله بعد، پس از سی دقیقه راکد ماندن دوغاب در ویسکوزیومتر، زمان عبور آن اندازه گیری می شود (۲+). سپس به کمک رابطه ۱۲ تیکسوتروپی ($\%T$) دوغاب محاسبه می شود:

$$\%T = \frac{t_2 - t_1}{t_2} \times 100 \quad \text{رابطه ۱۲}$$

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



شکل ۲۹- ویسکوزیومتر ریزشی

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

نکته



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. همان طور که در شکل ۱۰ دیده می شود این استوانه به راحتی می چرخد و یک چرخ طیار، گشتاور مناسبی را برای چرخش پدید می آورد. چرخ طیار و استوانه ۳۶۰ درجه از حالت تعادل خود (در جهت عقربه های ساعت) چرخانده و با ضامن دستگاه در این حالت متوقف می شود. پس از قرار دادن اسپیندل دستگاه درون دوغاب، ضامن دستگاه آزاد می شود تا اسپیندل در داخل دوغاب به چرخش درآید. هر چه گرانیوی دوغاب کمتر باشد استوانه با سرعت بیشتری می چرخد و در نتیجه از حالت تعادل بیشتر عبور می کند. اگر گرانیوی دوغاب بالا باشد مقدار کمتری می چرخد؛ بنابراین میزان بازگشت چرخ طیار معیاری برای میزان گرانیوی است. می توان با توجه به میزان بازگشت چرخ طیار و مراجعه به جداول استاندارد، گرانیوی دوغاب را بر حسب پواز تعیین کرد (V).



شکل ۳۰- ویسکوزیومتر پیچشی

نکته

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

فکر کنید

تیکسوتروپی دوغاب را چگونه می توان با استفاده از دستگاه ویسکوزیتر پیچشی محاسبه نمود؟



تعیین تیکسوتروپی دوغاب با دستگاه ویسکوزیتر پیچشی

در این روش گرانروی دوغاب پس از ۱ دقیقه راکد ماندن (V_1) و ۵ دقیقه راکد ماندن (V_2) اندازه گیری شده سپس تیکسوتروپی (T) یک دقیقه و پنج دقیقه با توجه به معادلات بیان شده محاسبه می شود.



شکل ۳۱- ویسکوزیتر پیچشی

تیکسوتروپی یک دقیقه دوغاب $V_1 - V_0 =$

تیکسوتروپی پنج دقیقه دوغاب $V_2 - V_0 =$

میزان تیکسوتروپی دوغاب مورد نظر برای صناعی که به روش ریخته گری دوغابی قطعات را شکل می دهند در چه محدوده ای است؟

تحقیق کنید



۳- روش چرخشی

در این روش از دستگاه ویسکوزیتر چرخشی که می تواند دیجیتالی نیز باشد استفاده می شود. این دستگاه دارای محور چرخش و استوانه (اسپیندل) است. این دستگاه چرخ طیار و قسمت مدرج ندارد و نیازی به چرخاندن استوانه قبل از اندازه گیری گرانروی دوغاب نیست. کاپ دوغاب زیر دستگاه به گونه ای که استوانه در داخل دوغاب کاملاً شناور است، قرار می گیرد. کلید دستگاه را زده و استوانه (اسپیندل) در دوغاب می چرخد. سرعت چرخش استوانه در دوغاب متناسب با سیالیت دوغاب است که دستگاه عدد گرانروی دوغاب را بر حسب پواز مشخص می کند.



شکل ۳۲- ویسکوزیمتر چرخشی

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۷: تعیین تیکسوتروپی دوغاب و تأثیر زمان ماندگاری دوغاب بر تیکسوتروپی مواد و تجهیزات مورد نیاز: دوغاب، لیوان یا بشر، همزن آزمایشگاهی، ترازوی آزمایشگاهی، دستگاه ویسکوزیمتر.

شرح فعالیت:

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

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

با استفاده از منحنی تعیین گرانروی و تیکسوتروپی دوغاب در زمان های ماندگاری مختلف، بهترین زمان ماندگاری برای رسیدن به بهینه ترین خاصیت رئولوژی دوغاب مشخص می شود.

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 نپاشد.



موارد زیر را کامل کنید:

مقدار بیش از اندازه آب در یک دوغاب باعث ایجاد مشکلات زیر می شود:

۱ زمان خشک شدن قطعه را طولانی می کند.

۲ انقباض خشک شدن قطعه را بالا می برد.

۳

۴

با کاهش میزان آب دوغاب، اغلب مشکلات مطرح شده برطرف می شود. از طرف دیگر، کاهش میزان آب موجود در دوغاب باید به اندازه ای باشد که جریان یابی راحت دوغاب به نقاط مختلف قالب را کاهش ندهد. برای حل این مشکل از روان سازها استفاده می شود. روان سازها موادی هستند که کمک می کنند با استفاده از میزان آب کمتر و ذرات جامد بیشتر، دوغاب، سیال و روان باشد و مشکلات فوق نیز برطرف شود.

نقش روان سازها در دوغاب

موادی که سیالیت مطلوب در دوغاب ایجاد می کند و نیاز آن را به آب به حداقل می رسانند، «روان ساز» نامیده می شوند.



شکل ۳۳- دوغاب مطلوب در حال ریخته گری

روان سازها کمک می کنند تا:

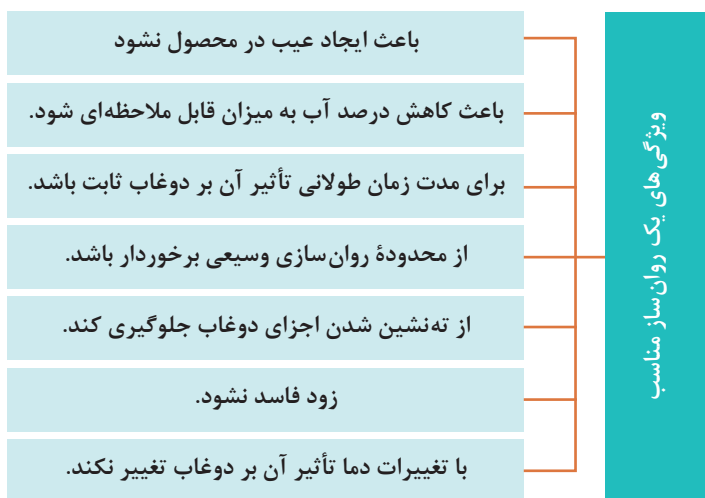
- ۱ زمان آسیاب کردن کاهش یابد.
- ۲ درصد مصرف آب به میزان قابل ملاحظه ای کم شود.
- ۳ انرژی مصرفی برای آسیاب کردن کاهش یابد.
- ۴ چگالی دوغاب افزایش یابد.



شکل ۳۴- ویسکوزیومتر ریزشی

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

تحقیق کنید



نمودار ۴- ویژگی‌های یک روان ساز مناسب

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

فکر کنید



شکل ۳۵- تخلیه قالب

انواع روان سازها

جدول ۲- انواع روان سازها

نوع روان ساز	نام روان ساز	ویژگی های روان ساز
معدنی	سدیم کربنات، سدیم سیلیکات، سدیم آلومینات، هگزامتافسفات سدیم (کالگن)، سدیم هیدروکسید، سدیم آکسالات، 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 انعقاد و تیکس شدن آن می شوند.
آلی	دی اتیل آمین، دی پروپیل آمین، مونو اتیل آمین، مونوایزو بوتیل آمین، پلی وینیل آمین، پیریدین، پاپیریدین، تترامیتل آمونیوم هیدروکسید	۱- به قالب های گچی آسیب نمی رسانند. ۲- در مرحله پخت می سوزند ولی باعث خرابی رنگ محصول نمی شوند. ۳- کمتر باعث انعقاد و تیکس شدن دوغاب می شوند. ۴- روان سازهای آلی بر روان سازی دوغاب های ریخته گری بسیار تأثیر گذار هستند.

استفاده از روان سازها می تواند باعث بروز برخی از عیوب در قطعه شود.



نمودار ۵- معایب روان ساز

مراحل دوغاب سازی

- ۱- پیش روان سازی
- ۲- تعیین نوع روان ساز
- ۳- تعیین درصد روان ساز
- ۴- تنظیم دوغاب

۱- پیش روان سازی

برای تهیه دوغاب روان از یک خاک یا آمیزی از چند خاک می توان از درصدهای مختلفی از آب و خاک استفاده کرد. سپس با دستگاه ویسکوزیومتر گرانروی دوغاب ها اندازه گرفته می شود. دوغابی که دارای گرانروی بالاتری بوده برای مرحله بعد انتخاب می شود.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۸: پیش روان سازی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: لیوان یا بشر، دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک آزمایشگاهی، کائولن یا بالکلی یا آمیز معین، زمان سنج و همزن.

شرح فعالیت:

- ۱ عدد لیوان برداشته و داخل هر کدام ۱۰۰ گرم آب بریزید.
 - ۲ به هر یک از لیوان ها به ترتیب ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۰، ۱۴۰، ۱۵۰، ۱۶۰، ۱۷۰، ۱۸۰، ۱۹۰، ۲۰۰ گرم خاک اضافه کنید.
 - ۳ دوغاب را هم زده و حداقل به مدت یک روز نگهداری کنید.
 - ۴ گرانروی دوغاب ها را به وسیله دستگاه ویسکوزیومتر اندازه گیری کنید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
 - ۵ پس از گذشت یک هفته گرانروی دوغاب ها را دوباره اندازه گیری کنید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
 - ۶ با بررسی گرانروی دوغاب ها، هر نمونه ای را که در کل گرانروی بیشتری بود به عنوان پیش روان ساز مطلوب انتخاب کنید.
- تذکر: می توان به کمک وزن خاک و آب، درصد خاک و آب مطلوب برای مراحل بعدی را تعیین کرد.

نکات ایمنی و بهداشت



- ۱ هنگام کار با خاک یا روان سازها از ماسک استفاده کنید.
- ۲ هنگام هم زدن دوغاب به وسیله همزن آزمایشگاهی، دوغاب به گونه ای هم زده شود که به بیرون و سر صورت نیفتد.

۲- تعیین نوع روان ساز

برای انتخاب روان سازی که تأثیر بیشتری بر روانی دوغاب دارد مطابق زیر عمل می شود:

ابتدا به تعداد روان سازهای موجود، دوغاب هایی با گرانروی بالا (درصدهای خاک و آب مرحله پیش روان سازی) آماده می شود. سپس به هر دوغاب، مقدار ثابتی از روان ساز (۲/۵ درصد) اضافه می شود. پس از گذشت حداقل ۲۴ ساعت، گرانروی یا زمان عبور هر یک از دوغاب ها اندازه گیری می شود.

هر روان سازی که باعث روانی بیشتر دوغاب شود به عنوان روان ساز مصرفی برای دوغاب استفاده می شود.

نکته



در بعضی از دوغاب ها یک روان ساز به تنهایی نمی تواند باعث روانی دوغاب شود. در چنین مواردی لازم است از دو یا سه روان ساز به صورت هم زمان استفاده کرد.



کار عملی ۹: تعیین نوع روان ساز

مواد و تجهیزات مورد نیاز: لیوان یا بشر، دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک آزمایشگاهی، چند نوع روان ساز کائولن یا بالکلی یا آمیز معین، زمان سنج و همزن.

شرح فعالیت:

- ۱ به تعداد روان سازهای موجود، لیوان های محتوی آب با درصد پیش روان سازی آماده کنید.
- ۲ به هر لیوان حاوی آب، به میزان 0.2% از هر یک از روان سازها به صورت جداگانه اضافه کنید و روان ساز را خوب در آب حل کنید.
- ۳ به هر لیوان حاوی آب و روان ساز، کائولن، بالکلی یا آمیز با درصد پیش روان سازی اضافه کنید.
- ۴ دوغاب ها را هم زده و حداقل به مدت یک روز نگاه داری نماید.
- ۵ گرانیروی دوغاب ها را به وسیله دستگاه ویسکوزیومتر اندازه گیری کنید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۶ پس از گذشت یک هفته گرانیروی دوغاب ها را دوباره اندازه گیری کنید. (هر دوغاب حداقل دو مرتبه)
- ۷ با بررسی گرانیروی دوغاب ها، هر نمونه ای را که در کل گرانیروی کمتری داشت به عنوان نوع روان ساز مطلوب انتخاب کنید.

تذکر

- 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، دوغاب به گونه ای هم زده شود که به بیرون و سر صورت نپاشد.

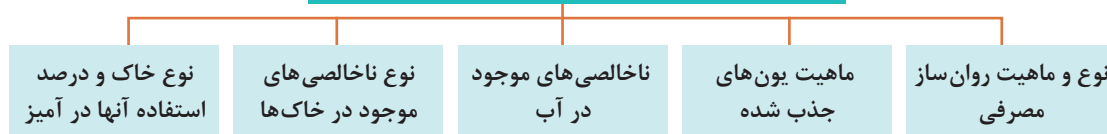
۳- تعیین درصد روان ساز



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 دوغاب ها اندازه گیری شود. هر مقدار روان سازی که باعث روانی بیشتر دوغاب شده باشد به عنوان درصد روان ساز مصرفی متناسب برای این دوغاب بیان می شود.

شکل ۳۶- اندازه گیر گرانیروی دوغاب

عوامل مؤثر بر نوع و میزان روان ساز مصرفی



نمودار ۶- 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 سدیم کربنات در بال میل و سدیم سیلیکات در بلانجر یا همزن به دوغاب اضافه می شود.

نکته



فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱۰: تعیین درصد روان ساز

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

شرح فعالیت:

- ۱ ۶ عدد لیوان انتخاب کنید و درون هر یک از آنها آب با درصد پیش روان سازی بریزید.
- ۲ با اختلاف ۰/۰۵٪ به هر لیوان از ۰/۱٪ تا ۰/۳۵٪ 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 دوغاب‌ها را هم زده حداقل به مدت یک روز ننگه‌داری نمایید.
- ۵ گرانروی دوغاب‌ها را به وسیله دستگاه ویسکوزیومتر اندازه بگیرید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۶ در لیوان‌ها به طور کامل بسته شود.
- ۷ پس از گذشت یک هفته گرانروی دوغاب‌ها را دوباره اندازه بگیرید (هر دوغاب حداقل دو مرتبه).
- ۸ با بررسی گرانروی دوغاب‌ها، هر نمونه‌ای 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.

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

نکات ایمنی و بهداشت



۴- تنظیم دوغاب

در این مرحله نوع و درصد روان ساز، ثابت در نظر گرفته می شود و با تغییر دادن درصدهای خاک و آب، دوغاب به گرانی و چگالی معین می رسد.



شکل ۳۷- همزن آزمایشگاهی

کار عملی ۱۱: تنظیم دوغاب

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

شرح فعالیت:

- ۱ لیوان دوغاب با توجه به نتایج تعیین درصد روان ساز دوغاب (فعالیت کارگاهی ۶) تهیه کنید.
 - ۲ چگالی و گرانی دوغاب ها را اندازه گیری کنید.
 - ۳ چنانچه چگالی دوغاب $1/65$ الی $1/75$ نباشد به دوغاب ها وزن معینی از کائولن، بالکلی یا آمیز اضافه کنید.
 - ۴ دوغاب ها را هم زده و چگالی و گرانی دوغاب ها 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 بررسی های مکرر، گرانی و چگالی دوغاب در زمان های مطرح شده نباید تغییر چندانی داشته باشد.
- تذکر:** دوغابی برای ریخته گری مناسب است که چگالی آن $1/65$ الی $1/75$ و گرانی (زمان عبور) آن ۱۰۰ الی ۱۲۰ ثانیه بیشتر نشود.
- اگر به دوغاب بیش از درصد مورد نیاز روان ساز افزوده شود باعث از بین رفتن خواص رئولوژی آن می شود.

فعالیت کارگاهی





کار عملی ۱۲: تأثیر نامطلوب روان ساز بر خاصیت رئولوژی دوغاب در صورت استفاده بیش از حد روان ساز

مواد و تجهیزات مورد نیاز: لیوان، دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک آزمایشگاهی، یک نوع روان ساز، کائولن یا بالکلی یا آمیز، کرنومتر، همزن.

شرح فعالیت:

- ۱ درون ده عدد لیوان ۱۰۰ گرم آب بریزید.
- ۲ به هر لیوان به میزان ۰/۱٪ تا ۱٪ روان ساز به صورت جداگانه بریزید و خوب در آب حل کنید.
- ۳ به هر لیوان حاوی آب و روان ساز ۱۵۰ 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 روان ساز بر خاصیت رئولوژی دوغاب را تعیین کنید.



شکل ۳۸

ارزشیابی 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 گرانیروی و تیکسوتروپی دوغاب

استاندارد عملکرد: کسب مهارت تعیین نوع و درصد بهینه روان ساز جهت تهیه دوغابی با خواص رئولوژی مناسب

شاخص ها:

- ۱ اندازه گیری گرانیروی دوغاب
- ۲ تعیین تیکسوتروپی دوغاب
- ۳ تعیین نوع و درصد روان ساز مطلوب برای دوغاب
- ۴ محاسبه درصد خاک و آب و روان ساز دوغاب
- ۵ ساخت دوغاب با خواص رئولوژی مناسب

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

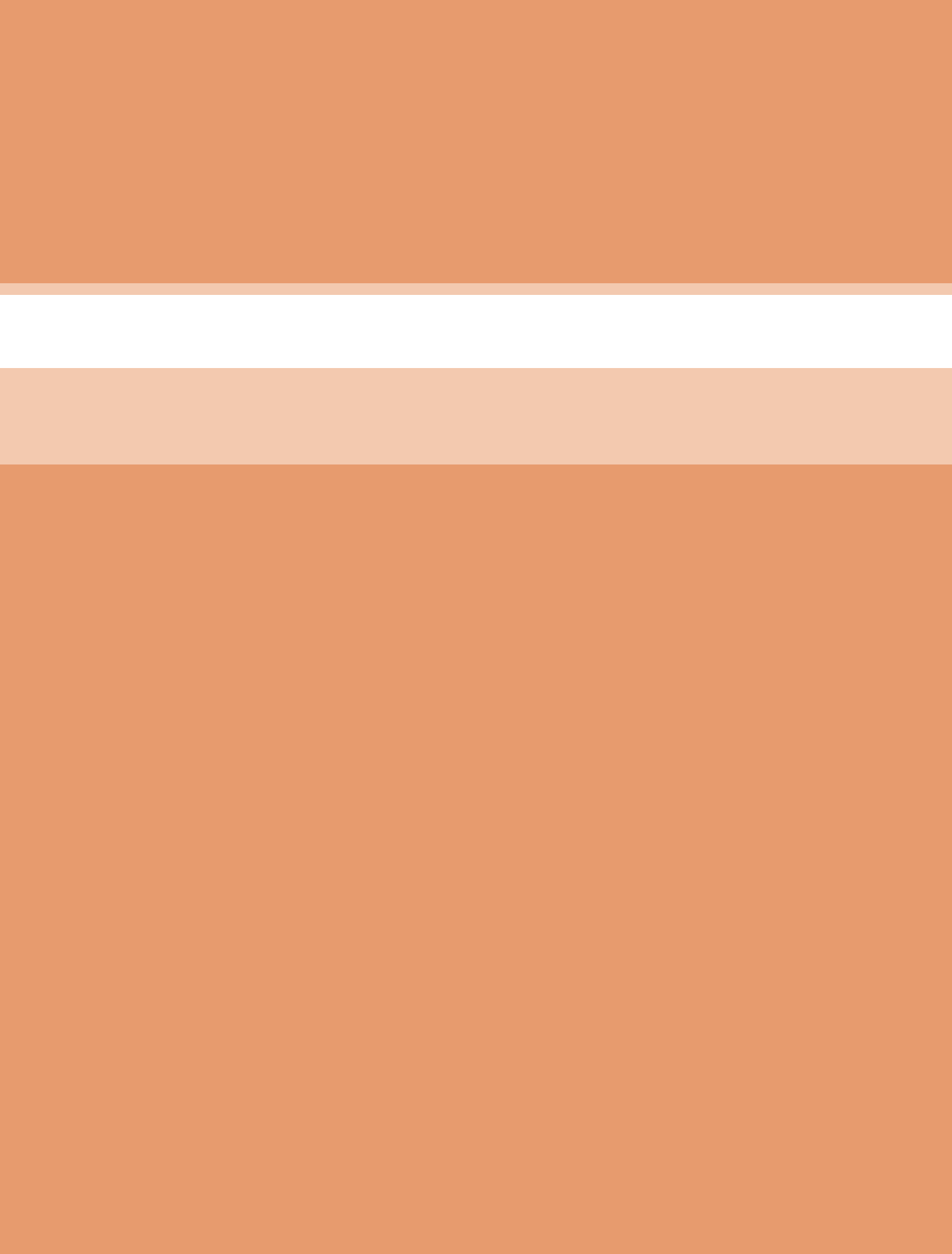
مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی
 ابزار و تجهیزات: دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک، همزن آزمایشگاهی، بشر، زمان سنج

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 گرانیروی 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 کار گیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات**			

* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارند؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.

** 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 قطعه‌هایی در ابعاد و اشکال گوناگون شکل‌دهی کرد. در روش ریخته‌گری دوغابی قطعه‌های سرامیکی از طریق ریختن دوغاب در یک قالب جاذب آب تولید می‌شوند.

واحد یادگیری ۱

شایستگی اجرای کار ریخته‌گری دوغابی

به سؤالات زیر فکر کنید

- ۱ چگونه با به کارگیری دوغاب سرامیکی، قطعه تولید کرد؟
- ۲ قالب‌های مورد استفاده در ریخته‌گری دوغابی به چه صورت هستند؟
- ۳ کدام قطعات با روش ریخته‌گری دوغابی شکل داده می‌شوند؟

هدف از این شایستگی، فراگیری دانش و مهارت شکل‌دهی قطعه‌های سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی به شیوه‌های توپر و توخالی است. در این واحد، کسب مهارت اجرای کار ریخته‌گری دوغابی شامل نحوه ریختن دوغاب درون قالب و خروج صحیح قطعه از قالب، در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

اجرای ریخته‌گری دوغابی به روش توخالی و توپر براساس استانداردهای مربوطه.

روش‌های ریخته‌گری دوغابی

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 کنید و با سایر هنرجویان درباره علت جذب آب در این حالت تبادل نظر کنید.

فعالیت کارگاهی

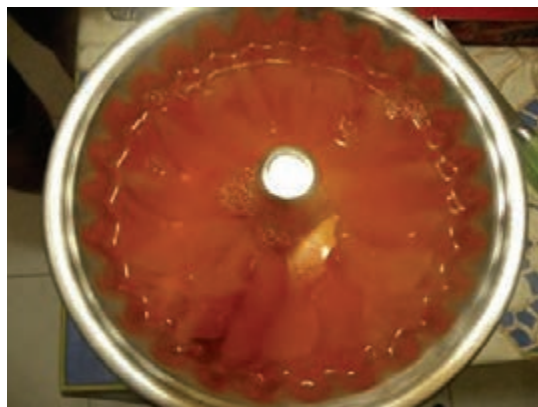


روش‌های ریخته‌گری توخالی^۱

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



ب) تهیه شکلات



الف) تهیه ژله

شکل ۱

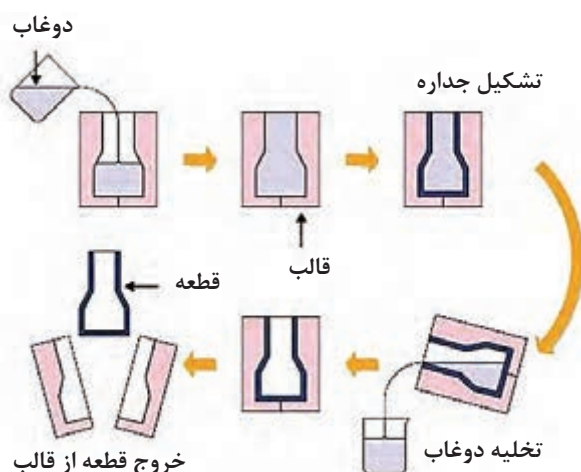
در این روش، مخلوط مواد اولیه به صورت دوغاب آماده می‌شود. سپس دوغاب، درون یک قالب گچی ریخته می‌شود. جداره نازکی از گل بر روی قالب ایجاد می‌شود که با گذشت زمان، این جداره ضخامت بیشتری می‌یابد. سپس دوغاب اضافی از قالب گچی تخلیه می‌شود. به همین دلیل گاهی به این روش، «ریخته‌گری تخلیه‌ای^۲» نیز می‌گویند.

۱- Hollow Casting

۲- Drain Casting

به شکل ۲ نگاه کنید:

پس از تخلیه دوغاب اضافی، جداره تشکیل شده در قالب، با گذشت زمان منقبض شده و به راحتی از قالب جدا می شود. سپس قطعه از قالب خارج شده و به خشک کن منتقل می شود. گلدان، قندان، پارچ، قوری و چینی بهداشتی از جمله محصولاتی هستند که با این روش شکل داده می شوند. پر کردن و تخلیه قالب می تواند به دو صورت دستی شکل ۳ و دستگاهی شکل ۴ انجام شود.



شکل ۲- مراحل ریخته‌گری دوغابی توخالی



شکل ۳- ریخته‌گری دوغابی توخالی به روش دستی



شکل ۴- ریخته‌گری دوغابی توخالی به روش دستگاهی

ریخته‌گری دوغابی توپر^۱



شکل ۵- ریخته‌گری دوغابی توپر

در این روش، دوغاب به درون قالب گچی ریخته شده اما تخلیه نمی‌شود. به عبارتی دیگر، مرحله تخلیه دوغاب وجود ندارد؛ بلکه تمامی دوغاب جهت تشکیل قطعه مصرف می‌شود. در روش ریخته‌گری دوغابی توپر با دادن زمان بیشتر، ضخامت جداره‌ها بیشتر می‌شود تا جایی که این دو جداره در قسمت میانی به یکدیگر وصل می‌شوند و به یک جداره تبدیل می‌شوند. زمان ریخته‌گری دوغابی توپر طولانی بوده؛ زیرا ضخامت محصول زیاد است. در شکل ۵ یک قطعه سرامیکی بعد از ریخته‌گری دوغابی توپر و باز کردن قالب نشان داده شده است.

در اطراف خود محصولاتی که به روش ریخته‌گری دوغابی توخالی و توپر شکل داده شده‌اند را بیابید و در مورد نحوه شکل‌دهی آن در کلاس بحث کنید.

فعالیت کلاسی



ریخته‌گری دوغابی تحت فشار^۲

فرایند ریخته‌گری دوغابی تحت فشار مانند کار یک فیلتر پرس است. در فیلتر پرس، آب دوغاب توسط 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 چندتکه از جنس رزین‌های متخلخل پمپ می‌شود و قالب به عنوان یک فیلتر عمل می‌کند. تشابه مراحل انجام ریخته‌گری دوغابی تحت فشار با کار یک فیلتر پرس در شکل ۶ 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.



شکل ۶



شکل ۷- ریخته‌گری دوغابی با فشار پایین

۱- 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 است کاربرد دارد (شکل ۷).

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 ۸ نشان داده شده است، تأمین می‌شود.



شکل ۸ (ب) قرار دادن مخزن دوغاب در ارتفاع



الف) پمپ کردن دوغاب

شکل ۸

۲- ریخته‌گری دوغابی تحت فشار بالا^۲: 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.

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

نکته



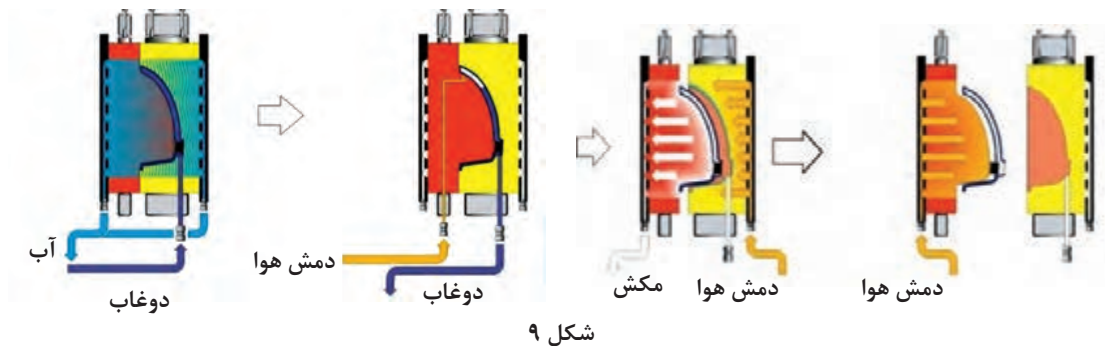
با به کارگیری قالب‌های رزینی می‌توان فشار وارد شده به دوغاب را افزایش داد، بنابراین سرعت تشکیل جداره در این روش بیشتر است.

با توجه به شکل ۹، 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.

۱- Low Pressure casting

۲- High Pressure casting

پودمان پنجم: ریخته‌گری دوغابی



مزیت استفاده از قالب‌های رزینی نسبت به قالب‌های گچی چیست؟

تحقیق کنید



شکل ۱۰

بررسی قالب قبل از ریخته‌گری

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



شکل ۱۱- انبار قالب‌های گچی

بررسی قالب‌های گچی در کارگاه شامل ۴ مورد است:

۱- بررسی خشک بودن قالب گچی

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

۲- بررسی تمیز بودن سطح قالب از گردوغبار و دوغاب خشک شده بر روی قالب

الف) پیش از ریختن دوغاب درون قالب، سطوح داخلی قالب بررسی شود و در صورتی که بر روی سطوح گردوغبار ناشی از محیط کارگاه نشسته باشد باید با استفاده از یک برس نرم، اسفنج یا پمپ باد، گردوغبار آن زدوده شود (شکل ۱۲) تا از بروز برخی از عیوب جلوگیری شود.



شکل ۱۲- زدودن گردوغبار از قالب

ب) پس از اتمام فرایند ریخته‌گری، در صورتی که ریخته‌گر دوغاب‌های باقی‌مانده بر روی قالب را پاک نکرده باشد، دوغاب بر روی سطوح قالب گچی باقی‌مانده و خشک می‌شود. قبل از ریخته‌گری باید قالب گچی بررسی شود و لایه‌های باقی‌مانده از دوغاب بر روی قالب گچی با استفاده از یک اسفنج یا کاردک پلاستیکی جدا شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- بررسی قالب و جدا کردن لایه‌های دوغاب خشک شده از آن

نکته



۱ در هنگام پاک کردن دوغاب به هیچ وجه از کاردک‌های فلزی و وسایل تیز استفاده نکنید؛ زیرا این ابزار باعث از بین رفتن سطوح قالب گچی می‌شوند.

۲ 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 ۱۴).

قفل و پین، بین قطعات گچی باید به صورت مناسب ایجاد شده باشد به صورتی که قطعات گچی به خوبی در کنار یکدیگر قرار بگیرند و تکه‌های قالب در هم قفل شوند و دوغاب از درون قالب خارج نشود.



شکل ۱۴- پین‌های انواع قالب

۳- بررسی قالب از لحاظ پیچیدگی

قالب‌های گچی چندانکه و پیچیده به منظور ساخت قطعات با هندسه‌های پیچیده و دقیق طراحی می‌شوند که امکان جداسازی قطعه از قالب بدون آسیب دیدگی وجود داشته باشد (شکل ۱۵). استفاده از نوارهای لاستیکی، بست‌ها و گیره‌ها برای ثابت کردن قطعات قالب و جلوگیری از جابه‌جایی در زمان ریختن اهمیت

دارد. در ریخته‌گری قالب‌های پیچیده توجه ویژه به تعداد تکه‌های قالب گچی، قرارگیری صحیح آنها در کنار هم و بستن چند نوار لاستیکی برای نگه داشتن قطعات در کنار هم از اهمیت بالایی برخوردار است.



شکل ۱۵- قالب‌های گچی با پیچیدگی زیاد

به هریک از قالب‌های شکل ۱۶ توجه کنید و قالب‌ها را از لحاظ پیچیدگی و باز کردن قالب بعد از ریخته‌گری بررسی کنید.

فعالیت کلاسی



(ب)



(الف)



(ت)



(پ)

شکل ۱۶

۴- بررسی قالب برای تشخیص زمان مناسب برای تعویض آن

تعویض قالب‌های گچی که در فرایند ریخته‌گری دوغابی استفاده می‌شود چه اهمیتی دارد؟ در صورت عدم تعویض قالب فرسوده، قالب چه تأثیری بر فرایند ریخته‌گری و کیفیت نهایی نمونه‌ها خواهد داشت؟ در صورتی که تعداد سیکل‌های ریخته‌گری دوغابی زیاد باشد باعث می‌شود سطح داخلی قالب گچی زبر شود. در صورت ریخته‌گری دوغابی مجدد بر کیفیت نهایی قطعه ریخته‌گری تأثیر منفی خواهد داشت و سطح قطعات زبر خواهد بود.

به نظر شما چه علائم دیگری نشان‌دهنده فرسودگی و پایان یافتن عمر مفید قالب هست؟

تحقیق کنید



فعالیت کارگاهی



کار عملی ۲: بررسی قالب‌های موجود در کارگاه از لحاظ پایان یافتن عمر مفید آنها

مواد و تجهیزات مورد نیاز: قالب‌های گچی موجود در انبار قالب کارگاه
شرح فعالیت: به کمک هنرآموز خود سطوح داخلی قالب‌های گچی موجود در انبار کارگاه را بررسی کنید و مشخص کنید کدام یک از قالب‌های گچی نیاز به تعویض دارند و گزارشی به کلاس ارائه کنید.

بستن قالب‌های گچی چندتکه

قالب‌های مربوط به ریخته‌گری دوغابی می‌تواند به صورت یک یا چندتکه باشند. در شکل ۱۷ مراحل بستن یک قالب ۴ تکه نشان داده شده است.



۳



۲



۱



۶



۵



۴

شکل ۱۷- مراحل بستن قالب



کار عملی ۳: مهارت باز و بسته کردن قالب گچی
مواد و تجهیزات مورد نیاز: چند نمونه قالب گچی چندتکه.
شرح فعالیت:
 قالب‌های گچی چندتکه را انتخاب کرده و باز و بسته کردن آنها را چندین بار تمرین کنید.



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

مراحل اجرای ریخته‌گری دوغابی توخالی در روش دستی



شکل ۱۸- شیوه بستن قالب

در فرایند ریخته‌گری دوغابی توخالی دوغاب سرامیکی داخل قالب ریخته می‌شود و بعد از تشکیل جداره، دوغاب اضافی تخلیه می‌شود. مراحل اجرای کار ریخته‌گری دوغابی توپر به روش دستی برای یک لیوان دسته‌دار عبارت‌اند از:

۱- بستن قالب: قالب‌های ریخته‌گری معمولاً چند جزئی هستند. بنابراین قبل از ریخته‌گری، اجزای قالب مورد نظر بررسی و اتصال (چفت و بست) داده می‌شوند، سپس نوارهای لاستیکی به دور قالب قرار می‌گیرند تا دوغاب از محل اتصال قالب‌ها خارج نشود (شکل ۱۸).



آیا در هریک از قالب‌های شکل ۱۹، نحوه قرارگیری نوارهای اطراف قالب صحیح است؟ چرا؟



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۱۹

۲- بررسی شرایط دوغاب: ویژگی‌های دوغاب مورد نظر مانند چگالی شکل ۲۰ و گرانی شکل ۲۱ بررسی شود.

بودمان پنجم: ریخته‌گری دوغابی



شکل ۲۰- بررسی چگالی دوغاب



شکل ۲۱- بررسی گرانی دوغاب

سپس دوغاب برای ایجاد یکنواختی و جلوگیری از ته‌نشین شدن با استفاده از همزن حداقل به مدت ۱۰ دقیقه هم زده می‌شود (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- هم زدن دوغاب قبل از ریخته‌گری

نکته



در صنعت برای هم زدن دوغاب از دستگاه بلانچر استفاده می شود که پره های پارویی شکل دارد (شکل ۲۳).



شکل ۲۳

فکر کنید



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 به داخل قالب (کاملاً تا سر آن) ریخته می شود (شکل ۲۴). بهتر است، هنگام ریخته گری دوغابی قالب چرخانده شود تا حباب های هوا راحت تر خارج شوند و دوغاب در کل قالب به طور یکنواخت قرار گیرد.



۳



۲



۱

شکل ۲۴- ریختن دوغاب درون قالب

نکته

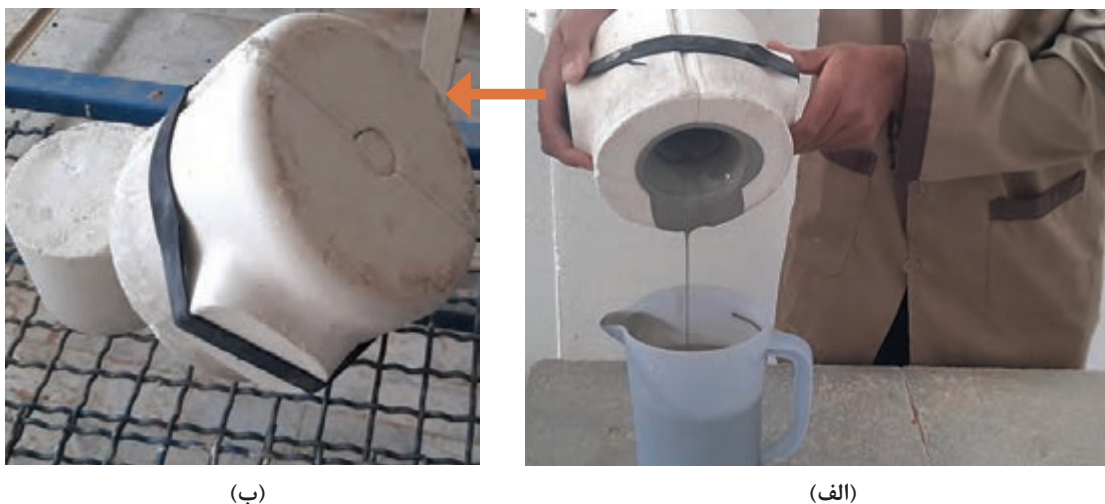


همان طور که در شکل ۲۵ نشان داده شده است، دوغاب باید وسط قالب ریخته شود و این کار نباید از کناره های قالب انجام شود.



شکل ۲۵- شیوه 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. **۴- تخلیه دوغاب اضافی:** به دوغاب درون قالب فرصت داده می‌شود تا جداره تشکیل شود. برای قطعه‌های توخالی پس از تشکیل 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 ۲۶).



شکل ۲۶

- ۱ در قالب‌های بزرگ که در کارخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند تخلیه دوغاب از مجرای زیر قالب (شکل ۲۷) انجام می‌شود.
- ۲ دوغاب تخلیه شده (برگشتی) را به علت نداشتن خواص اولیه نمی‌توان دوباره استفاده کرد و باید ترمیم شود تا قابلیت استفاده دوباره را پیدا کند.

نکته



شکل ۲۷- مجرای زیر قالب جهت تخلیه دوغاب

پس از تخلیه دوغاب، اضافه‌هایی که به علت تخلیه دوغاب بر روی قالب ایجاد شده با ابزار مناسب (کاردک پلاستیکی) برداشته می‌شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸



۵- باز کردن قالب: پس از تخلیه دوغاب، به قطعه زمان داده می‌شود تا انقباض یابد و از قالب جدا شود (شکل ۲۹).

شکل ۲۹

سپس کش اطراف قالب را باز کرده و قالب با دست یا به کمک ابزار به آرامی از محل درزها باز می‌شود (شکل ۳۰).



(پ)

(ب)

(الف)

شکل ۳۰- باز کردن قالب



شکل ۳۱

۶- خروج قطعه از قالب: پس از باز کردن قالب، قطعه به آرامی و با دقت خارج می‌شود. (شکل ۳۱).



شکل ۳۲

اگر برای خروج راحت‌تر قطعه از قالب، لبه‌های قطعه ریخته‌گری شده مطابق شکل ۳۲ با ابزار آزاد شود چه مشکلاتی ممکن است برای قطعه و قالب ایجاد شود؟

فکر کنید



مراحل ریخته‌گری را در تصاویر به ترتیب مشخص کنید و درباره هر مرحله توضیح دهید.

فعالیت کلاسی



شماره شکل	عنوان مرحله	تصویر
		
		



فعالیت کارگاهی



کار عملی ۴: ریخته‌گری دوغابی توخالی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: دوغاب، همزن، آب، قالب ریخته‌گری توخالی، نوار لاستیکی، کرنومتر، ظرف دانسیومتر، 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. سپس شرایط دوغاب (چگالی و گرانیروی) را تعیین کنید.
- ۲ قالب مورد نظر برای ریخته‌گری دوغابی را بررسی و آماده کنید.
- ۳ دوغاب را درون قالب بریزید و بعد از مدت زمان معین و تشکیل جداره با ضخامت مناسب دوغاب اضافی را خارج کنید.
- ۴ مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری توخالی به روش دستی، بدنه شکل‌دهی شده را خارج کنید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۵: ریخته‌گری توخالی (قالب‌های چندتکه)

مواد و تجهیزات مورد نیاز: دوغاب، همزن، آب، قالب ریخته‌گری توخالی، نوار لاستیکی، کرنومتر، ظرف دانسیومتر، 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. سپس شرایط دوغاب (چگالی و گرانیروی) را تعیین کنید.
- ۲ قالب مورد نظر برای ریخته‌گری دوغابی را بررسی و آماده کنید.
- ۳ دوغاب را درون قالب بریزید و بعد از مدت زمان معین و تشکیل جداره با ضخامت مناسب دوغاب اضافی را خارج کنید.
- ۴ مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری توخالی به روش دستی، بدنه شکل‌دهی شده را خارج کنید.

مراحل اجرای ریخته‌گری توپر به روش دستی

در فرایند ریخته‌گری دوغابی توپر دوغاب سرامیکی داخل قالب ریخته می‌شود، بدون اینکه دوغاب تخلیه شود. مراحل اجرای کار ریخته‌گری دوغابی توپر به روش دستی برای یک بشقاب عبارت‌اند از:

۱- بررسی قالب و بستن آن: سطح داخلی قالب ریخته‌گری توپر از لحاظ (گردوغبار و لایه های دوغاب خشک شده بررسی می‌شود، در صورت نداشتن مشکل، 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 ۳۳).



شکل ۳۳- بررسی قالب و بستن آن

۲- ریختن دوغاب درون قالب: در این مرحله، ابتدا دوغاب به‌خوبی و با سرعت کم هم زده می‌شود و سپس شرایط دوغاب (چگالی و گرانی) مورد بررسی قرار می‌گیرد و در صورتی که دوغاب شرایط مناسب را داشته باشد به آرامی داخل قالب ریخته می‌شود تا پر شود (شکل ۳۴). سپس به قالب استراحت داده می‌شود تا قطعه درون قالب شکل گیرد.

در مورد چگالی و گرانی دوغاب در ریخته‌گری دوغابی توخالی و توپر در کارگاه گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگو کنید



شکل ۳۴- ریختن دوغاب درون قالب



قطعه‌های توپر نیاز به تخلیه دوغاب ندارند و کل دوغاب درون قالب برای تشکیل قطعه مصرف می‌شود. با توجه به جذب آب توسط قالب، سعی می‌شود از سرخالی شدن دوغاب در این قالب‌ها با استفاده از قیف جلوگیری و به قالب‌ها دوغاب اضافه شود (شکل ۳۵).



شکل ۳۵- قیف بالای قالب

۳- برداشتن گل اضافی از دوغاب خور قالب: در مرحله بعد به وسیله یک کاردک پلاستیکی یا به وسیله دست گل اضافی در قسمت‌های دوغاب خور قالب گچی برداشته می‌شود (شکل ۳۶).



شکل ۳۶- برداشتن گل اضافی از قسمت بالای دوغاب

۴- باز کردن قالب: در مرحله بعدی ابتدا کش‌های اطراف قالب باز می‌شود سپس قالب با دست یا به کمک ابزار به آرامی از محل درزها باز می‌شود (شکل ۳۷).



شکل ۳۷- باز کردن کش‌های اطراف قالب و باز کردن قالب

۵- خروج قطعه از قالب: پس از باز کردن قالب، بدنه شکل‌دهی شده به آرامی خارج می‌شود. دقت و مهارت در این مرحله اهمیت زیادی دارد. در روش ریخته‌گری توپر ممکن است خروج قطعه به سهولت انجام نشود، بنابراین می‌توان از پمپ باد نیز استفاده کرد (شکل ۳۸).



شکل ۳۸- خروج قطعه از قالب

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۶: ریخته‌گری توپر

مواد و تجهیزات مورد نیاز: دوغاب، همزن، آب، قالب ریخته‌گری توپر، نوار لاستیکی، زمان‌سنج، ظرف دانسیومتر، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر و خشک‌کن.

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 شرایط دوغاب (چگالی و گرانروی) را بررسی کنید و با راهنمایی هنرآموز دوغابی با شرایط مناسب برای ریخته‌گری دوغابی تهیه کنید.
- ۳ قالب موردنظر برای ریخته‌گری دوغابی توپر را بررسی و آماده کنید.
- ۴ دوغاب را درون قالب بریزید و مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری، بدنه شکل‌دهی شده را خارج کنید.

ریخته‌گری دوغابی به روش ماشینی

ریخته‌گری دوغابی به روش ماشینی برای تولیدات انبوه به کار می‌رود که خود به دو صورت دستی، نیمه‌اتوماتیک یا اتوماتیک انجام می‌شود. این روش برای تولید محصولاتی نظیر چینی ظروف و چینی بهداشتی کاربرد دارد. در شکل ۳۹ مراحل فرایند تولید چینی بهداشتی^۱ نشان داده شده است.



شکل ۳۹- فرایند کلی تولید چینی بهداشتی

مراحل ریخته‌گری دوغابی در کارخانه چینی بهداشتی عبارت است از:

۱ تزریق دوغاب به قالب گچی؛

۲ تشکیل جداره و تخلیه دوغاب؛



شکل ۴۰- باز کردن لوله‌ها جهت تخلیه دوغاب اضافی

۳ زمان توقف (جهت انقباض قطعه از قالب)؛



شکل ۴۱- انقباض قطعه چینی بهداشتی

۴ بیرون آوردن قطعه از قالب؛



شکل ۴۲- بیرون آوردن قطعه از قالب به روش ماشینی

۵ پرداخت (آماده کردن قطعه برای لعاب‌زنی)



شکل ۴۳

قطعه شکل‌دهی شده پس از این مراحل، خشک شده، لعاب‌زنی و پخت می‌شود. در شکل ۴۴ برخی از محصولات کارخانه چینی بهداشتی نشان داده شده است.



شکل ۴۴- محصولات کارخانه چینی بهداشتی

ریخته‌گری چینی‌های بهداشتی با سه روش دستی، نیمه‌اتوماتیک یا اتوماتیک انجام می‌شود که در شکل ۴۵ نشان داده شده است.



(پ) روش اتوماتیک

(ب) روش نیمه‌اتوماتیک

(الف) روش دستی

شکل ۴۵

در روش دستی کلیه مراحل ریخته‌گری، بازکردن قالب‌ها و نقل و انتقال به صورت دستی صورت می‌گیرد. برای تولید محصولاتی نظیر توالت‌فرنگی از این روش استفاده می‌شود. در روش نیمه‌اتوماتیک 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.

درباره اهمیت کنترل دوغاب در کارخانه‌های تولید قطعه‌های ریخته‌گری دوغابی بحث و گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگو کنید



بازدید: به همراه هنرآموز محترم از یک کارخانه چینی بهداشتی بازدید کنید و مراحل ریخته‌گری دوغابی چینی بهداشتی را از نزدیک مشاهده کرده و گزارشی جهت ارائه به کلاس تهیه کنید.

ارزشیابی شایستگی اجرای کار ریخته‌گری دوغابی

شرح کار:

- ۱ بررسی قالب (از لحاظ دوغاب‌های خشک شده باقی مانده، گردوغبار محیط و درصد رطوبت)
- ۲ چفت کردن قالب‌های چندتکه
- ۳ اجرای ریخته‌گری دوغابی توخالی
- ۴ اجرای ریخته‌گری دوغابی توپر

استاندارد عملکرد: کسب مهارت شکل‌دهی قطعه‌های سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی به شیوه‌های توپر و توخالی

شاخص‌ها:

- ۱ تمیزکاری قالب‌های کارکرده و آماده‌سازی آنها برای اجرای ریخته‌گری دوغابی
- ۲ اجرای ریخته‌گری دوغابی به شیوه‌های توخالی و خروج قطعه از قالب
- ۳ اجرای ریخته‌گری دوغابی به شیوه‌های توپر و خروج قطعه از قالب

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، کرنومتر، قالب‌های ریخته‌گری دوغابی (توخالی و توپر)

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی قالب جهت ریخته‌گری	۱	
۲	چفت کردن قالب‌های چندتکه	۲	
۳	اجرای مراحل ریخته‌گری دوغابی توخالی و خروج قطعه	۲	
۴	اجرای مراحل ریخته‌گری دوغابی توپر و خروج قطعه	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش*:		۲	
دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات**			

* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است.

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

واحد یادگیری ۲

شایستگی کنترل و پردازش نهایی قطعه

به سؤالات زیر فکر کنید

- ۱ به نظر شما آیا قطعه ریخته‌گری شده در مرحله شکل‌دهی نیاز به پرداخت دارد؟
- ۲ مونتاژ قطعات نمونه چه زمانی و به چه صورتی باید انجام بگیرد؟
- ۳ سرعت ریخته‌گری چه تأثیری بر نمونه نهایی و فرایند ریخته‌گری خواهد داشت؟
- ۴ چه عیوبی در محصولات ریخته‌گری ایجاد می‌شود؟ چگونه می‌توان آنها را برطرف کرد؟

هدف از این شایستگی، فراگیری دانش و مهارت عملیات پرداخت و مونتاژ است. در این واحد یادگیری، کسب مهارت تشخیص عیوب قطعات شکل‌دهی شده به روش ریخته‌گری دوغابی و روش‌های برطرف کردن آنها آموزش داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

کسب توانایی انجام عملیات پرداخت و مونتاژ بعد از فرایند ریخته‌گری دوغابی و تشخیص عیوب ایجاد شده در قطعات ریخته‌گری شده و ارائه راه‌حل‌های مناسب برای برطرف کردن عیوب.

پرداخت بدنه ریخته‌گری شده



شکل ۴۶

قطعات ریخته‌گری شده در مرحله شکل‌دهی دارای زوائد و ناهمواری‌هایی در محل دوغاب‌خور، درز قالب و لبه قطعه هستند که باید با استفاده از ابزار مناسب پرداخت شوند تا به محصولی با ظاهری زیبا و مناسب دست پیدا کنیم.

به بدنه شکل ۴۶ که از قالب گچی خارج شده است، نگاه کنید و به سؤالات زیر پاسخ دهید:

به نظر شما نمونه ریخته‌گری شده در شکل ۴۶ نیاز به پرداخت دارد؟ پرداخت در مرحله شکل‌دهی در چه قسمت‌هایی از بدنه باید انجام شود؟ در جدول ۱ ابزارهای کاربردی برای پرداخت در مرحله شکل‌دهی قطعات ریخته‌گری نشان داده شده است.

جدول ۱

نام ابزار	مشخصات و کاربرد	تصویر
چاقوی برش	این ابزار از جنس فولاد زنگ‌نزن است و برای برش و جداکردن قسمت‌های اضافی (دوغاب خور قالب) در نمونه ریخته‌گری شده استفاده می‌شود.	
ابزار برش و پرداخت	این ابزار از جنس فولاد زنگ‌نزن است و برای تراشیدن لایه‌های ایجاد شده در درز قالب و ناهمواری‌ها بر روی سطح نمونه ریخته‌گری شده استفاده می‌شود.	
اسفنج	این ابزار باید دارای منافذ ریز و متراکم باشد زیرا بافت درشت یا نامنظم باعث ایجاد خط‌وخش بر روی سطح کار می‌شود. جنس اسفنج باید به اندازه کافی مقاوم باشد تا در حین کار دچار پارگی و ریزش قطعات نشود.	

۱- جدا کردن دوغاب خور نمونه ریخته‌گری شده: در سطح داخلی قالب، لایه اضافی ایجاد می‌شود که می‌توان این قسمت را با استفاده از چاقوی برش یا ابزار برش مناسب پس از خروج قطعه از قالب برید و جدا کرد (شکل ۴۷).



شکل ۴۷



براساس نوع طراحی قالب، دوغاب‌خور قطعه را می‌توان بیرون قالب شکل ۴۷ یا داخل قالب شکل ۴۸ از قطعه اصلی جدا کرد.



شکل ۴۸



شکل ۴۹

۲- جدا کردن پلیسه‌های اضافی بر روی نمونه ریخته‌گری شده: بعد از خروج نمونه از قالب پلیسه‌های اضافی به آرامی با ابزار مناسب مانند لیسه پلاستیکی یا تیغ جدا می‌شوند (شکل ۴۹).

۳- برطرف کردن ناهمواری‌های قطعه در لبه و سطح نمونه: سپس با استفاده از اسفنج مرطوب، لبه‌ها و ناصافی‌ها پرداخت می‌شوند (شکل ۵۰).



شکل ۵۰



ضایعات ریخته‌گری دوغابی و اضافه‌های حلقه جمع‌آوری شده برای ساخت دوغاب دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۵۱).

شکل ۵۱

مونتاژ در ریخته‌گری دوغابی

به تصاویر شکل ۵۲ نگاه کنید، برای اتصال قطعه و دسته چه روش‌هایی را می‌توانید پیشنهاد کنید؟



شکل ۵۲

اغلب قطعه‌های سرامیکی معمولاً شکلی پیچیده دارند. قطعات پیچیده مانند برخی از چینی ظروف را نمی‌توان به صورت یکپارچه تولید کرد. از این رو برخی از اجزای قطعه به‌طور جداگانه شکل‌دهی می‌شوند و سپس به هم چسبانده می‌شوند (شکل ۵۳).



شکل ۵۳- 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.

فهرستی از قطعات مونتاژ شده را که در زندگی روزمره کاربرد دارند، یادداشت کنید و در کلاس نام ببرید.

فعالیت کلاسی



مونتاژ کاری یکی از بخش‌های مهم در هر کارخانه تولید قطعه‌های سرامیک است. در مونتاژ باید به نکات زیر توجه کرد:
زمان مناسب برای انجام مونتاژ پس از فرایند شکل‌دهی و کم‌شدن رطوبت قطعه است. 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.

نکته



چرا قبل از مرحله مونتاژکاری باید رطوبت قطعه یکنواخت شود؟

فکر کنید



برای مونتاژکاری، از دوغاب خود قطعه استفاده می‌شود که به آن مقداری سرکه یا سدیم سیلیکات یا CMC افزوده می‌شود تا به دوغابی با روانی کم تبدیل شود. دوغابی که برای اتصال قطعه‌های سرامیکی چندجزئی به کار می‌رود نباید حاوی حباب‌های ریز هوا باشد؛ زیرا استحکام محل اتصال کاهش می‌یابد (شکل ۵۴).



شکل ۵۴- دوغاب با روانی کم برای مونتاژکاری

مراحل انجام مونتاژ

در جدول ۲ مراحل مونتاژ دسته به بدنه لیوان نشان داده شده است.

جدول ۲- مراحل مونتاژ دسته به قطعه

	۱ بر روی قطعه اصلی محل قرارگیری و اتصال اجزا (محل قرارگیری دسته) مشخص می‌شود. به کمک ابزار مناسب بر روی محل مشخص شده شیارهای کوچک ایجاد می‌شود.
	۲ جزء مونتاژی (دسته) 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.

نکته



به‌طور معمول برای مونتاژ قطعه‌های سرامیکی از چسب‌های شیمیایی استفاده نمی‌شود؛ زیرا باعث ایجاد ترک در محل اتصال اجزا می‌شود.

فکر کنید



چرا به‌کارگیری چسب‌های شیمیایی در مونتاژ باعث ایجاد ترک می‌شود؟

نکته



برای بررسی اتصال مناسب قطعه‌های سرامیکی چندجزئی در مونتاژ، چند نمونه به‌صورت اتفاقی انتخاب شده و شکسته می‌شود. در این بررسی نباید قطعه از محل اتصال جدا شود.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۷: مونتاژ قطعه‌های ریخته‌گری دوغابی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: دوغاب، همزن، آب، نوار لاستیکی، کرنومتر، ظرف دانسیومتر، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر، خشک‌کن، قالب ریخته‌گری توخالی چندتکه (قطعه 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. سپس شرایط دوغاب (گرانروی و چگالی) را تعیین کنید.
- ۲ قالب موردنظر برای ریخته‌گری را بررسی و آماده کنید.
- ۳ دوغاب را داخل قالب ریخته‌گری بریزید.
- ۴ میزان انقباض و تشکیل جداره را بررسی کنید.
- ۵ مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری، بدنه شکل‌دهی شده را خارج کنید.
- ۶ قطعه و اجزای شکل‌دهی شده را به کمک هنرآموز خود از نظر رطوبت مناسب برای مونتاژ بررسی کنید.
- ۷ برای اتصال قطعه و دسته مقداری از دوغاب قطعه را با افزودن مقداری سرکه یاسدیم سیلیکات به‌صورت گل درآورید.
- ۸ طبق مراحل مونتاژکاری، اتصال قطعه و اجزا را انجام دهید و به آن فرصت دهید تا خشک شود.
- ۹ قطعه را پس از پرداخت، خشک شدن برای پخت به هنرآموز خود تحویل دهید.

مراحل مونتاژ لوله به قطعه قوری

- ۱ باز کردن قالب گچی لوله و قطعه قوری و جدا کردن آنها



شکل ۵۵

۲ بریدن اضافات لوله قوری در سر لوله و در انتهای لوله



شکل ۵۶

۳ جدا کردن پلیسه‌های اضافه در محل اتصال



شکل ۵۷

۴ ایجاد سوراخ‌های قوری با ابزار مناسب در محل مشخص شده در بدنه قوری



شکل ۵۸



شکل ۵۹

سوراخ‌های قوری باید با طرح و نظم مناسبی ایجاد شود.

۵ آماده‌سازی چسب مونتاژ و اعمال چسب بر روی لبه لوله با استفاده از قلم‌مو



شکل ۶۰

۶ چسباندن جزء مونتاژی آغشته به دوغاب به بدنه اصلی با فشار کم



شکل ۶۱

بهترین زمان برای مونتاژ قطعات، داشتن رطوبت یکسان در قطعات مونتاژی است. رطوبت باید به اندازه‌ای باشد که در اثر فشار کم دست در حین مونتاژ، قطعات دچار دفرمگی نشوند.

۷ پر کردن اطراف قسمت مونتاژ کرده با چسب و اطمینان از اتصال آن

۸ پرداخت اطراف قسمت مونتاژ شده با ابر مرطوب

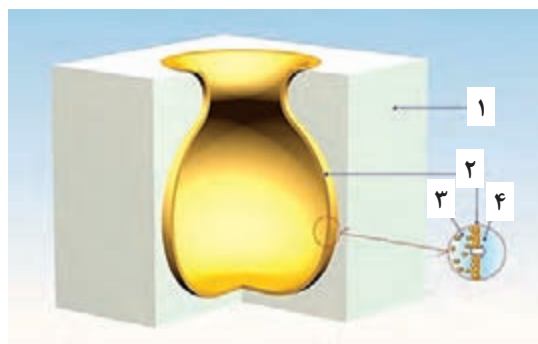


شکل ۶۲

خشک کردن قطعه ریخته گری شده

بعد از پرداخت در مرحله شکل دهی، نمونه درون خشک کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار می گیرد. مدت زمان قرارگیری قطعه در خشک کن و نحوه خشک شدن قطعه ها با توجه به نوع قطعه (توپر یا تو خالی) و ضخامت آن تعیین می شود.

سرعت ریخته گری^۱



شکل ۶۳

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 درمی آید و شکل قالب را به خود می گیرد. شکل ۶۳ (شماره ۱: قالب، شماره ۲: دوغابی که تبدیل به جامد شده، شماره ۳: دوغاب مایع و شماره ۴: آبگیری دوغاب (عمل موینگی توسط قالب) را نشان می دهد.

سرعت ریخته گری به دو روش بیان می شود:

الف) به ضخامت دیواره ایجاد شده در واحد زمان، سرعت ریخته گری گفته می شود که از رابطه ۱ به دست می آید.

$$D = Kt^{\frac{1}{2}}$$

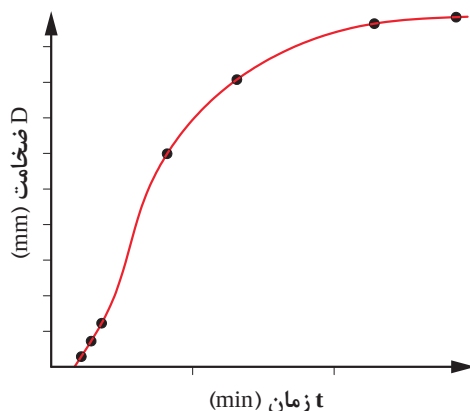
رابطه ۱:

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 (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 ۶۴- قالب نمونه برای تعیین سرعت ریخته گری

با داشتن زمان‌های مختلف و ضخامت جداره، نمودار ضخامت دیواره و مدت زمان قرارگیری دوغاب در قالب (D-t) رسم می‌شود. همان‌طور که در شکل ۶۵ مشاهده می‌کنید در ابتدا شیب نمودار افزایش می‌یابد و با گذشت زمان شیب نمودار صفر می‌شود و ضخامت تشکیل جداره ثابت می‌شود.



شکل ۶۵- نمودار سرعت ریخته‌گری توخالی

ب) در روش دیگر وزن نمونه ریخته‌گری شده برحسب زمان معیاری از سرعت ریخته‌گری محسوب می‌شود. برای تعیین زمان ریخته‌گری، دوغاب به درون چند قالب یکسان ریخته می‌شود و هرکدام از قالب‌ها پس از مدت زمان معین تخلیه می‌شود. پس از جدا شدن و بیرون آوردن قطعه از قالب، وزن جداره تشکیل شده در هر قالب با ترازو اندازه‌گیری می‌شود. در ابتدا وزن نمونه به سرعت افزایش می‌یابد؛ زیرا دوغاب به سرعت در قالب نفوذ می‌کند. اما با گذشت زمان، سرعت افزایش وزن کاهش می‌یابد.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۸: تعیین سرعت ریخته‌گری دوغابی با استفاده از نمودار زمان - وزن

مواد و تجهیزات مورد نیاز: دوغاب، همزن، کرنومتر، ظرف دانسیومتر، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر، قالب بوته (۶ عدد با ضخامت یکسان و شرایط یکسان)

شرح فعالیت:

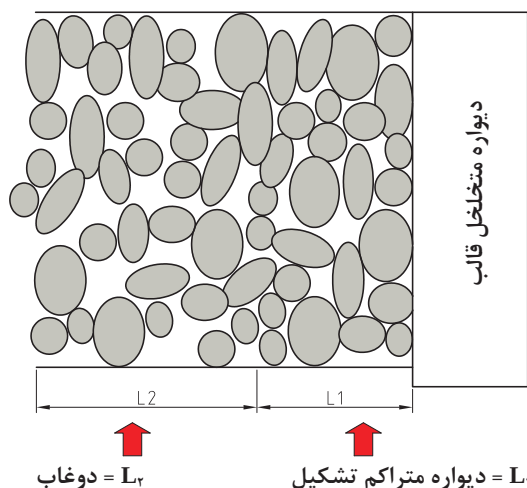
- ۱ دوغاب موجود در کارگاه را به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه درون همزن با دور آرام قرار دهید تا کاملاً یکنواخت شود. سپس شرایط دوغاب (گرانروی و چگالی) را تعیین کنید.
- ۲ قالب‌های موردنظر برای ریخته‌گری را بررسی و آماده کنید.
- ۳ دوغاب را داخل قالب‌های ریخته‌گری بریزید و با کرنومتر برای هر قالب زمان بگیرید.
- ۴ به کمک هنرآموز خود در زمان‌های تعیین شده دوغاب اضافی را تخلیه کنید.
- ۵ مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری، قطعه‌های شکل‌دهی شده را خارج کنید.
- ۶ وزن هر نمونه و زمان تخلیه را در جدول یادداشت کنید.

						زمان (min)
						وزن (gr)

۷ نمودار زمان برحسب وزن را رسم کنید.

۸ نتیجه را در کارگاه ارائه دهید. این نمودار برای تعیین زمان لازم جهت دستیابی به وزن خاص جداره، بهینه‌سازی سرعت تولید و کنترل کیفیت محصول استفاده می‌شود.

چه عواملی بر سرعت ریخته‌گری دوغاب‌ها اثرگذار است؟



شکل ۶۶

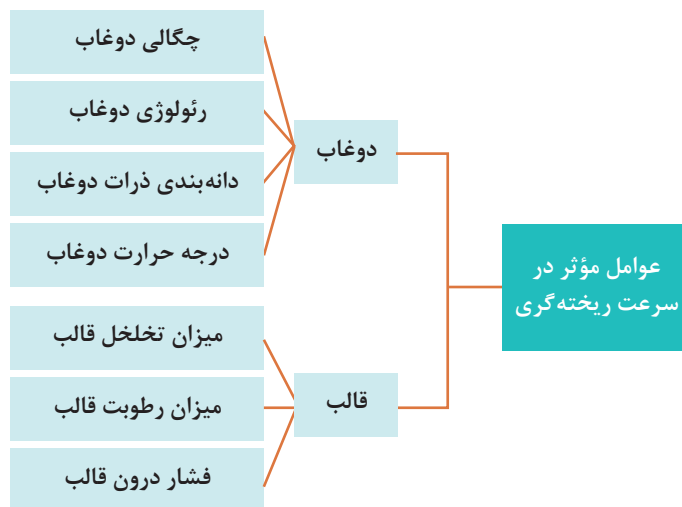
سرعت ریخته‌گری دوغاب عامل مهمی در تعیین ضخامت بدنه خام و سرعت تولید است. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سرعت ریخته‌گری عبارت است از:

۱- مقاومت دیواره ایجاد شده در قالب در برابر نفوذ آب

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 ۶۶ می‌بینید

L_1 دیواره متراکم ایجاد شده در مجاورت قالب است که مانند سدی در برابر نفوذ آب است. اگر دانه‌بندی مواد خیلی ریز باشد مقاومت دیواره ایجاد شده در برابر عبور آب بیشتر است و اگر دانه‌بندی درشت باشد مقاومت لایه تشکیل شده خیلی کمتر خواهد بود.

۲- دوغاب و قالب گچی نیز در سرعت ریخته‌گری دوغابی تأثیرگذار است (نمودار ۲).



نمودار ۲- عوامل مؤثر بر سرعت ریخته‌گری مربوط به دوغاب و قالب گچی

الف) تأثیر عامل دوغاب در سرعت ریخته‌گری دوغابی

چگالی دوغاب 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 گرانش 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.

پرسش کلاسی



چرا چگالی دوغاب باید تا حد امکان بالا باشد؟

دانه‌بندی درشت دوغاب منجر به کاهش تراکم جداره تشکیل شده می‌شود که باعث می‌شود سرعت ریخته‌گری افزایش یابد؛ ولی منجر به استحکام کمتر قطعه خواهد شد. اما دانه‌بندی ریز باعث می‌شود سرعت ریخته‌گری کاهش یابد؛ ولی استحکام قطعه نهایی به دلیل افزایش تراکم جداره تشکیل شده افزایش خواهد یافت.

فکر کنید



به نظر شما درجه حرارت دوغاب چه تأثیری بر سرعت ریخته‌گری دارد؟

ب) تأثیر عامل قالب در سرعت ریخته‌گری دوغابی

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

فکر کنید



نسبت گچ به آب چه تأثیری در میزان تخلخل‌های قالب و تشکیل جداره خواهد داشت؟

رطوبت بیشتر قالب، سرعت ریخته‌گری را کاهش می‌دهد. قالب‌های ریخته‌گری برای عملکرد بهتر و سرعت ریخته‌گری بالاتر، باید درون خشک‌کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس قرار گیرند.

تحقیق کنید



درباره اثر فشار بر سرعت ریخته‌گری دوغابی تحقیق کنید.

گفت‌وگو کنید



درباره عوامل و شرایط محیطی کارگاه بر سرعت ریخته‌گری دوغابی در کلاس گفت‌وگو کنید.



کار عملی ۹: تعیین نقش چگالی دوغاب در تشکیل جداره نمونه درون قالب گچی
مواد و تجهیزات مورد نیاز: دوغاب، همزن، کرنومتر، ظرف دانسیومتر، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر، قالب بوته (۲ عدد با ضخامت یکسان و شرایط یکسان)، کولیس

شرح فعالیت:

- ۱ به کمک هنرآموز خود دو نوع دوغاب با چگالی متفاوت در کارگاه را به مدت ۱۰ دقیقه درون همزن با دور آرام قرار دهید تا کاملاً یکنواخت شود. سپس شرایط دوغاب (گرانروی و چگالی) را تعیین کنید.
- ۲ قالب‌های موردنظر برای ریخته‌گری را بررسی و آماده کنید.
- ۳ دوغاب‌ها را داخل قالب‌های ریخته‌گری بریزید و با کرنومتر برای هر قالب زمان بگیرید.
- ۴ بعد از ۵ دقیقه دوغاب اضافی هر قالب را تخلیه کنید.
- ۵ مطابق با مراحل اجرای ریخته‌گری، قطعه‌های شکل‌دهی شده را خارج کنید.
- ۶ ضخامت نمونه‌های ریخته‌گری شده را با کولیس اندازه‌گیری کنید.
- ۷ نتیجه را در کارگاه ارائه دهید و در مورد ضخامت‌ها در کارگاه گفت‌وگو کنید.

بررسی و کنترل عیوب ریخته‌گری

در محصولاتی که به روش ریخته‌گری شکل داده می‌شوند عیوب خاصی مشاهده می‌شود. به تصاویر شکل ۶۷ نگاه کنید و محل عیوب را در این محصولات مشخص کنید.



شکل ۶۷

در ادامه برخی از عیوب ریخته‌گری دوغابی توضیح داده خواهد شد.

۱- عیب سوراخ‌های سنجاقی: همان‌طور که از نام این عیب مشخص است، ابعاد سوراخ‌ها به‌طور معمول بسیار کوچک بوده و در سطح قطعه مشاهده می‌شود (شکل ۶۸). علت اصلی ایجاد این عیب، وجود و حبس حباب‌های ریز هوا در دوغاب است.



شکل ۶۸- عیب سوراخ‌های سنجاقی در سطح قطعه

عواملی مانند هم زدن سریع دوغاب در حوضچه و پر کردن بسیار سریع قالب باعث ورود حباب‌های هوا به داخل دوغاب می‌شود.



شکل ۶۹- پر کردن قالب با سرعت مناسب

وجود زوایای تند در قالب نیز باعث حبس حباب‌های هوا می‌شود (شکل ۷۰).



شکل ۷۰- قالب با زاویه‌های متعدد

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

۱ انبار کردن دوغاب‌های ریخته‌گری جهت خروج حباب‌های هوا

۲ هم زدن آرام دوغاب جهت خروج حباب‌های هوا

۳ 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 قطعه با وضوح بیشتری ظاهر می‌گردند.

نکته



۲- عیب چین و شکن در سطح داخلی قطعه: در دوغاب‌هایی که گرانروی بیشتر از حد معمول دارند، ناصافی و ناهمواری‌هایی به شکل هلال در سطح داخلی قطعه (سطحی که در تماس با قالب نیست) ظاهر می‌شود. هنگام تخلیه دوغاب نیز موج‌هایی بر روی سطح درونی قطعه ظاهر می‌گردد (شکل ۷۱).



شکل ۷۱- عیب چین و شکن (هلالی شکل) در سطح داخلی قطعه

چه راه‌حلی برای کاهش عیب چین‌وشکن پیشنهاد می‌کنید.

پرسش کلاسی





شکل ۷۲- عیب درز قالب

۳- عیب خط درز قالب: بیشتر قالب‌هایی که در فرایند ریخته‌گری دوغابی مورد استفاده قرار می‌گیرند به‌صورت چندتکه هستند. زمانی که ریخته‌گری دوغابی انجام می‌گیرد دوغاب درون درزها نفوذ کرده و خط درز در نمونه ایجاد می‌کند (شکل ۷۲). در ضمن اگر قالب در محل اتصال به‌خوبی پاک نشود، به‌درستی چفت نمی‌شود و اثر خط درز در این نمونه‌ها بیشتر خواهد بود. خط درز در نمونه به‌وسیله یک تیغ و اسفنج مرطوب برطرف می‌شود.



شکل ۷۳- عیب لکه ریخته‌گری

۴- عیب لکه ریخته‌گری: به‌دلیل تخلیه نامناسب دوغاب و ماندن قطره‌هایی از دوغاب در کف قالب، یک لکه یا برآمدگی در ته قطعه ایجاد می‌شود (شکل ۷۳).



شکل ۷۴- عیب رگه‌رگه شدن در سطح بیرونی قطعه

۵- عیب رگه‌رگه شدن در سطح بیرونی قطعه: این عیب معمولاً زمانی ایجاد می‌شود که دوغاب به‌صورت پیوسته داخل قالب ریخته نشود در شکل ۷۴ عیب رگه‌رگه شدن در سطح بیرونی قطعه نشان داده شده است.

کار عملی ۱۰: بررسی عیوب قطعه‌های ریخته‌گری دوغابی

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

فعالیت کارگاهی



ارزشیابی شایستگی کنترل و پردازش نهایی قطعه

شرح کار:

- ۱ پرداخت در مرحله شکل دهی قطعه‌های ریخته‌گری شده
- ۲ مونتاژکاری
- ۳ تعیین سرعت ریخته‌گری و تخلیه دوغاب
- ۴ توانایی تشخیص عیوب و راه‌های برطرف کردن آن
- ۵ مونتاژکاری

استاندارد عملکرد: کسب مهارت پرداخت و مونتاژ قطعه‌های ریخته‌گری دوغابی و برطرف کردن عیوب ایجاد شده در قطعه‌های ریخته‌گری شده

شاخص‌ها:

- ۱ پرداخت نمونه‌های ریخته‌گری شده
- ۲ مونتاژکاری قطعه‌های ریخته‌گری دوغابی
- ۳ تعیین سرعت ریخته‌گری و زمان تخلیه دوغاب
- ۴ توانایی تشخیص عیوب در قطعه‌ها 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، کرنومتر، قالب‌های ریخته‌گری دوغابی (توخالی و توپر)، ابزارهای پرداخت در مرحله شکل‌دهی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	پرداخت	۲	
۲	مونتاژکاری	۱	
۳	تعیین سرعت ریخته‌گری دوغابی و عوامل مؤثر بر آن	۲	
۴	تشخیص عیوب و نحوه رفع آن	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش.*		۲	
دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات**			

* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است.

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

- ۱ برنامه درسی رشته سرامیک (۱۴۰۳)، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش.
- ۲ رستم‌خانی، محمد، روانسازی دوغاب‌های سرامیکی، شرکت تعاونی معدنی پارس کانسار.
- ۳ قصاعی، حسین، (۱۳۷۷) آزمایشگاه فرایند ساخت (۱)، دانشگاه علم و صنعت.
- ۴ رستم‌خانی، محمد، تکنولوژی ریخته‌گری دوغابی، شرکت تعاونی معدنی پارس کانسار.
- ۵ رستم‌خانی، محمد، تکنولوژی ساخت گل پلاستیک (کنترل کیفیت در صنعت سرامیک)، شرکت تعاونی معدنی پارس کانسار.
- ۶ غفاری، مهران و صلاحی، اسماعیل، (۱۳۸۶)، آشنایی با تئوری و تکنولوژی ساخت پرس‌لان‌ها، انتشارات روزبان.
- ۷ رحیمی، افسون و متین، مهران، (۱۳۶۸)، تکنولوژی سرامیک‌های ظریف ۱ و ۲، شرکت صنایع خاک چینی ایران.
- ۸ رستم‌خانی، محمد، (۱۳۸۴)، آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۹ قصاعی، حسین، آزمایشگاه مواد اولیه.
- ۱۰ مروی اصفهانی، محمود، (۱۳۶۳)، تئوری سرامیک، سال سوم هنرستان، وزارت آموزش و پرورش.
- ۱۱ پایدار، حسین، (۱۳۸۷)، تکنولوژی فرآورده‌های چینی، اصفهان: دانشگاه آزاد اسلامی شهر مجلسی.
- ۱۲ سالاریه، محمود، (۱۳۸۶)، ساخت و تولید سرامیک، تهران: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.
- ۱۳ رحمان، محمدان، (۱۳۹۴)، ترجمه: سرپولکی، حسین، مهدوی، سهیل و یزدانی، آرش. فراوری پیشرفته سرامیک. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۱۴ رحمان، محمدان، (۱۳۹۴)، ترجمه: محمدی، محمدرضا، مسعودی، افشین و موحدی، مجتبی، فرایندهای سرامیکی، تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی.
- ۱۵ Licciulli, A. An introduction to ceramic forming processes.
- ۱۶ TEACHER INSTRUCTIONS Ceramic Processing: SlipCasting, Journal of The American Society.
- ۱۷ Multi-Mineral Knowledge: Casting Slip Control.
- ۱۸ 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 می توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar.roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ - ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

