

## پودمان پنجم

### ریخته‌گری دوغابی



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

### شایستگی ریخته‌گری دوغابی

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

آیا تا به حال  
پی برده‌اید

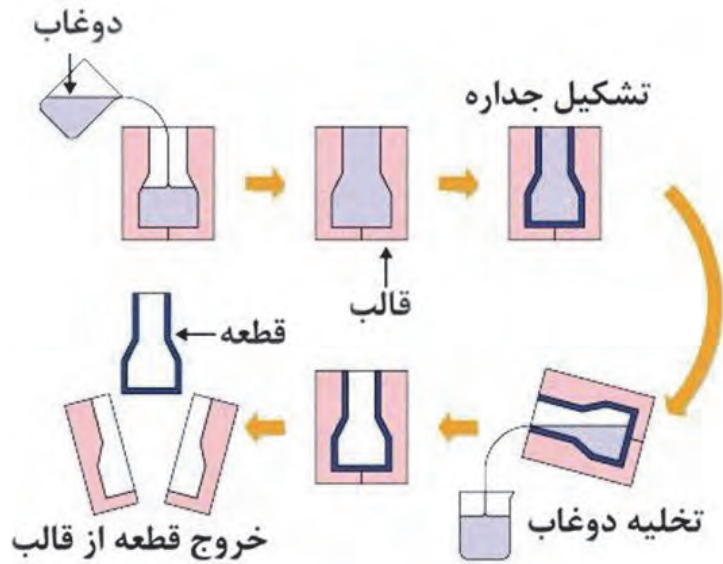
هدف از این شایستگی، فراگیری دانش و مهارت شکل‌دهی بدنه‌های سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی به شیوه‌های توپر و توخالی است. در این واحد، کسب مهارت ریخته‌گری و توجه به عوامل مؤثر بر کیفیت محصولات در شکل‌دهی مانند نحوه ریختن دوغاب درون قالب و خروج صحیح بدنه از قالب، در نظر گرفته شده است.

### استاندارد عملکرد

ساخت قطعه سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی

## ریخته‌گری دوغابی

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



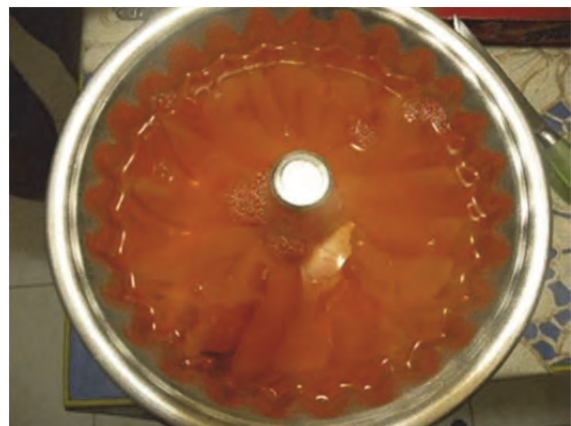
شکل ۱- مراحل ریخته‌گری دوغابی (توخالی)

به تصاویر زیر نگاه کنید:

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



ب) تهیه شکلات



الف) تهیه ژله

شکل ۲

## بررسی قالب قبل از ریخته‌گری

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



شکل ۳- قالب‌های کارکرده

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

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



شکل ۴- زدودن گرد و غبار از قالب

## ریخته گری دوغابی

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



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

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

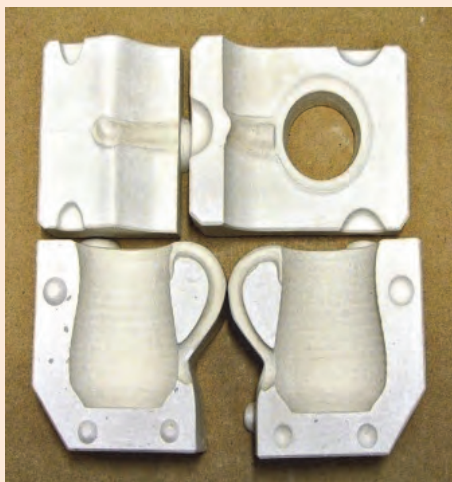


شکل ۶- پین‌های انواع قالب

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

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

فعالیت کلاسی



ب



الف



ج



### بستن قالب

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



شکل ۷- مراحل بستن قالب

گفت و گو کنید



فعالیت کارگاهی



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

### کار عملی ۱: بررسی قالب‌های موجود در کارگاه

مواد و ابزار: چند نمونه قالب گچی چند تکه.

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

فعالیت کارگاهی



### کار عملی ۲: مهارت باز و بسته کردن قالب گچی

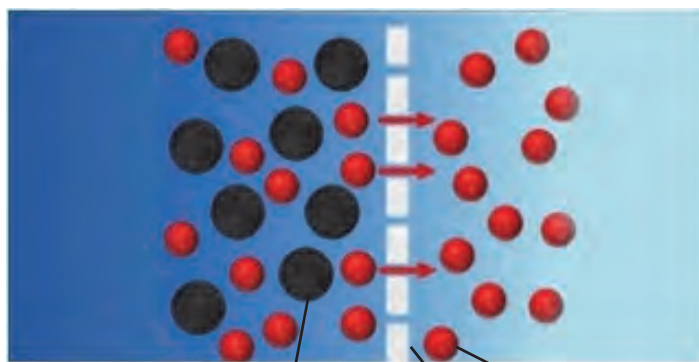
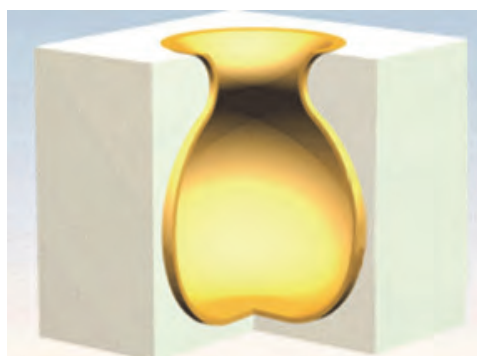
مواد و ابزار: چند نمونه قالب گچی چند تکه.

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

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

## سرعت ریخته‌گری<sup>۱</sup>

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



شکل ۸ آب دیواره قالب ذرات جامد دوغاب



## ریخته‌گری دوغابی

به ضخامت دیواره ایجاد شده در واحد زمان، سرعت ریخته‌گری گفته می‌شود که با رابطه زیر به دست می‌آید.

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

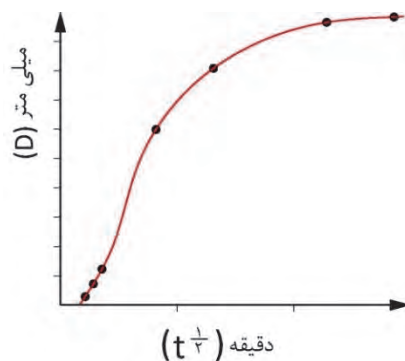
در این رابطه،  $D$  ضخامت دیواره تشکیل شده (به میلی‌متر)،  $t$  مدت زمان قرارگیری دوغاب در قالب (به دقیقه) و  $K$  ضریب ثابت است.

برای تعیین زمان ریخته‌گری، دوغاب به درون چند قالب یکسان ریخته می‌شود و هر کدام از قالب‌ها پس از مدت زمان معین (و به اختلاف زمانی ۵ دقیقه) تخلیه می‌شود. پس از جدا شدن و بیرون آوردن قطعه از قالب، ضخامت جداره تشکیل شده در هر قالب با کولیس اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۹- قالب نمونه برای تعیین سرعت ریخته‌گری

با داشتن زمان‌های مختلف و ضخامت جداره، نمودار ضخامت دیواره و مدت زمان قرارگیری دوغاب در قالب ( $D - t^{\frac{1}{2}}$ ) رسم می‌شود. همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌کنید در ابتدا شیب نمودار افزایش می‌یابد و با گذشت زمان شیب نمودار صفر می‌شود و ضخامت جداره تشکیل شده، ثابت می‌شود.



نمودار ۱- سرعت ریخته‌گری

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



شکل ۱۰

چه عواملی بر سرعت ریخته‌گری دوغاب‌ها اثرگذار است؟



ب



الف

شکل ۱۱

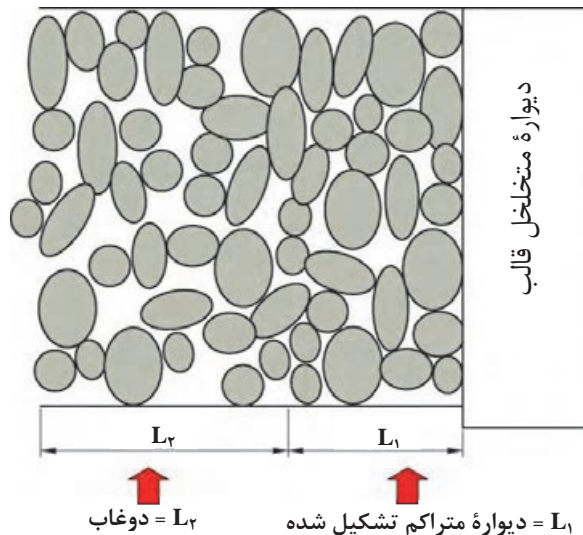
سرعت ریخته‌گری دوغاب عامل مهمی در تعیین ضخامت بدنه خام و سرعت تولید است. به همین دلیل یکی از مهم‌ترین خواص دوغاب سرعت ریخته‌گری آن است. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سرعت ریخته‌گری در نمودار ۲ نشان داده شده‌اند.



نمودار ۲- عوامل مؤثر بر سرعت ریخته‌گری

## ریخته‌گری دوغابی

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



شکل ۱۲

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

فکر کنید

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



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

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

تحقیق کنید



## مراحل اجرای کار ریخته‌گری دوغابی

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



شکل ۱۳- محصولات ریخته‌گری دوغابی

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



ب) ریخته‌گری دوغابی به روش ماشینی



الف) ریخته‌گری دوغابی به روش دستی

شکل ۱۴

## ریخته‌گری دوغابی

مراحل ریخته‌گری دوغابی دستی عبارت‌اند از:

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



شکل ۱۵- روش‌های مختلف بستن قالب

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

فکر کنید



پ



ب



الف

شکل ۱۶



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



شکل ۱۷- بررسی گرانروی

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



شکل ۱۸- هم زدن دوغاب قبل از ریخته‌گری





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



شکل ۱۹



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

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



۳



۲

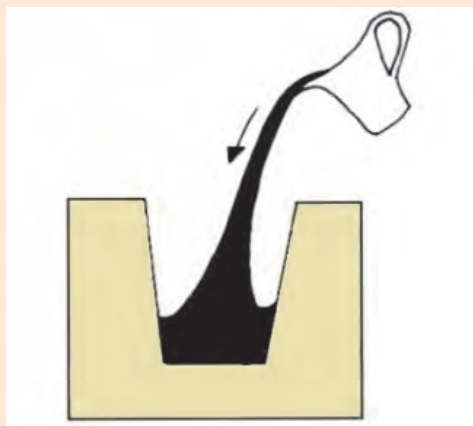


۱

شکل ۲۰- ریختن دوغاب در قالب



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



شکل ۲۱- روش صحیح ریختن دوغاب درون قالب

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



شکل ۲۲- قیف بالای دوغاب

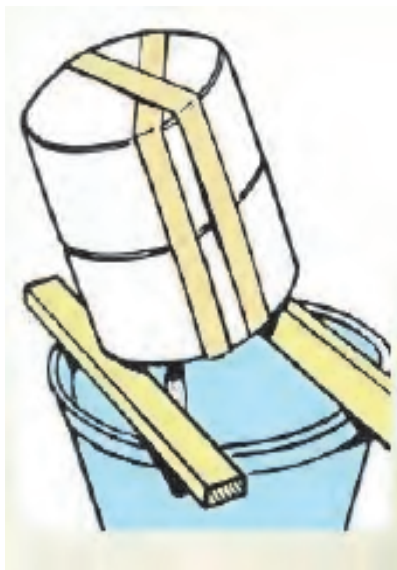
## ریخته‌گری دوغابی

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



شکل ۲۳

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



شکل ۲۴- تخلیه دوغاب اضافی

نکته



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



شکل ۲۵- مجرای زیر قالب جهت تخلیه دوغاب

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

نکته



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

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



شکل ۲۶



## ریخته‌گری دوغابی

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



شکل ۲۷

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



شکل ۲۸- باز کردن قالب

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



ب- بدنه ریخته‌گری شده پس از باز کردن قالب



الف- خارج کردن بدنه ریخته‌گری شده

شکل ۲۹

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

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

فکر کنید



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



شکل ۳۰



## ریخته‌گری دوغابی

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



شکل ۳۱- پرداخت بدنه‌های ریخته‌گری دوغابی

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



ب



الف

شکل ۳۲

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



شکل ۳۳

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

نکته



شکل ۳۴






ریخته گری دوغابی

۸- مرحله خشک کردن: در این مرحله بدنه شکل دهی شده به خشک کن منتقل شده و با سرعت مشخص کاملاً خشک می شود. مدت زمان قرارگیری بدنه در خشک کن و نحوه خشک شدن بدنه ها با توجه به نوع قطعه (توپر یا توخالی) و ضخامت آن تعیین می شود.

فعالیت کلاسی



مراحل ریخته گری را در تصاویر زیر به ترتیب مشخص کنید و عنوان هر مرحله را بنویسید.

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



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

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

#### شرح فعالیت:

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



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

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

#### شرح فعالیت:

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



### کار عملی ۵: ریخته‌گری توپر

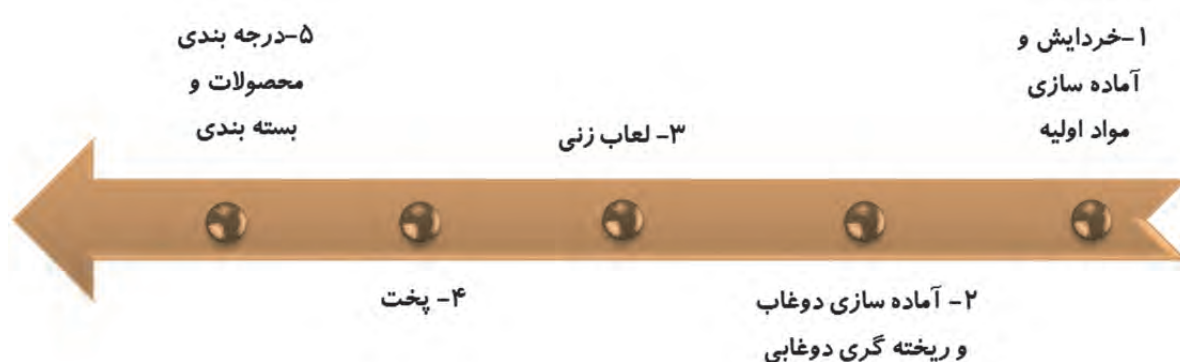
**مواد و ابزار:** دوغاب، همزن، آب، قالب ریخته‌گری توپر، نوار لاستیکی، زمان‌سنج، بالن ژوژه، ترازو، دستگاه ویسکوزیومتر و خشک‌کن.

#### شرح فعالیت:

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

## ریخته‌گری دوغابی به روش ماشینی

ریخته‌گری دوغابی به روش ماشینی برای تولیدات انبوه به کار می‌رود که خود به دو صورت، نیمه اتوماتیک یا اتوماتیک انجام می‌شود. این روش برای تولید محصولاتی نظیر چینی ظروف و چینی بهداشتی کاربرد دارد. در نمودار ۳ مراحل فرایند تولید چینی بهداشتی<sup>۱</sup> بیان شده است.



نمودار ۳ - فرایند کلی تولید چینی بهداشتی



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

۱- تزریق دوغاب به قالب گچی؛

۲- تشکیل جداره و تخلیه دوغاب؛



شکل ۳۵- باز کردن لوله‌ها جهت تخلیه دوغاب اضافی

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



شکل ۳۶- جدا شدن بدنه چینی بهداشتی

۴- بیرون آوردن بدنه از قالب؛



شکل ۳۷- بیرون آوردن بدنه از قالب



۵- پرداخت (آماده کردن نمونه برای لعاب‌زنی).



شکل ۳۸- پرداخت

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



شکل ۳۹- محصولات کارخانه چینی بهداشتی

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



پ) روش اتوماتیک



ب) روش نیمه اتوماتیک



الف) روش دستی

شکل ۴۰

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

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

گفت و گو کنید



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

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

## مونتازا در ریخته‌گری دوغابی

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



شکل ۴۱

## ریخته گری دوغابی

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



شکل ۴۲- شکل‌دهی جداگانه لوله و بدنه قوری

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

تحقیق کنید

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



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

فکر کنید

چرا قبل از مرحله مونتاژکاری باید رطوبت قطعه یکنواخت شود؟



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



شکل ۴۳- دوغاب با روانی کم برای مونتاژکاری

## مراحل انجام مونتاژ

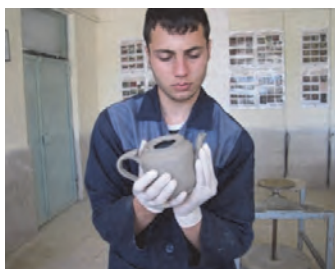
در شکل ۴۴ مراحل مونتاژ لوله به بدنه قوری نشان داده شده است.

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



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

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





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



بدنه پس از مونتاژ

شکل ۴۴- مراحل مونتاژ لوله به بدنه قوری

نکته

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

فکر کنید

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

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

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۶: مونتاژ بدنه‌های ریخته‌گری دوغابی

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

شرح فعالیت:

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

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



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

## بررسی و کنترل عیوب ریخته‌گری

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



شکل ۴۵

## ریخته‌گری دوغابی

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

جدول ۱- عیوب متداول در بدنه‌های ریخته‌گری شده

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



سستی بدنه



درز و خط و رگه



سوراخ سنجاقتی

شکل ۴۶- نمونه‌هایی از عیوب ریخته‌گری

۱-Brittle casts

۲-Flabby casts

۳-Wreath

۴-Pinholes

۵-Casting spot

۶-Cracking

۷-Check mark

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

### ۱- سوراخ‌های سنجاقی

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



شکل ۴۷- پر کردن قالب با سرعت مناسب

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



شکل ۴۸- قالب با زاویه‌های متعدد

## ریخته‌گری دوغابی

همچنین 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 نمودن عیب سوراخ‌های سنجاقی بیان شده است.



نمودار ۳- روش‌های برطرف کردن عیب سوراخ سنجاقی

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

نکته



## ۲- چین و شکن

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

فعالیت کلاسی



چه راه‌حلی برای کاهش عیب چین و شکن پیشنهاد می‌کنید.

### ۳- عیب لکه ریخته‌گری

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

#### کار عملی ۷: بررسی عیوب بدنه‌های ریخته‌گری دوغابی

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

فعالیت کارگاهی



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

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

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

۲- سرعت ریخته‌گری قالب را تعیین کنید.

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

فعالیت کارگاهی





### ارزشیابی نهایی شایستگی ریخته‌گری دوغابی

<p><b>شرح کار:</b></p> <p>۱- آماده‌سازی قالب                  ۲- ریخته‌گری                  ۳- تعیین سرعت ریخته‌گری و تخلیه دوغاب                  ۴- خارج نمودن بدنه از قالب و پرداخت آن                  ۵- مونتاژکاری</p>																																			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>ساخت قطعه سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی</p>																																			
<p><b>شاخص‌ها:</b></p> <p>۱- تمیزکاری قالب‌های کارکرده و آماده‌سازی آنها برای ریخته‌گری دوغابی                  ۲- تعیین سرعت ریخته‌گری و زمان تخلیه دوغاب                  ۳- اجرای ریخته‌گری دوغابی به شیوه‌های توپر و توخالی و خروج بدنه از قالب                  ۴- مونتاژکاری بدنه‌های ریخته‌گری دوغابی                  ۵- توانایی تشخیص عیوب در بدنه‌ها و جلوگیری از ایجاد آنها</p>																																			
<p><b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b></p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نورکافی                  ابزار و تجهیزات: دستگاه ویسکوزیومتر، ترازوی آزمایشگاهی، الک، همزن آزمایشگاهی، بشر، کورنومتر، قالب‌های ریخته‌گری دوغابی (توخالی و توپر)</p>																																			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>بررسی قالب جهت ریخته‌گری و بستن آن</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>تعیین سرعت ریخته‌گری</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>اجرای مراحل ریخته‌گری دوغابی و خروج بدنه</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td>مونتاژ بدنه‌های ریخته‌گری</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۵</td> <td>تشخیص عیوب و نحوه رفع آن</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب</td> <td>۲</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="3">میانگین نمرات</td> </tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	بررسی قالب جهت ریخته‌گری و بستن آن	۱		۲	تعیین سرعت ریخته‌گری	۱		۳	اجرای مراحل ریخته‌گری دوغابی و خروج بدنه	۲		۴	مونتاژ بدنه‌های ریخته‌گری	۱		۵	تشخیص عیوب و نحوه رفع آن	۱			شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب		۲		میانگین نمرات		
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																																
۱	بررسی قالب جهت ریخته‌گری و بستن آن	۱																																	
۲	تعیین سرعت ریخته‌گری	۱																																	
۳	اجرای مراحل ریخته‌گری دوغابی و خروج بدنه	۲																																	
۴	مونتاژ بدنه‌های ریخته‌گری	۱																																	
۵	تشخیص عیوب و نحوه رفع آن	۱																																	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب		۲																																
	میانگین نمرات																																		

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

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه  
به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۲۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب‌گاه: [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

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

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

استان: یزد

آقای علیرضا کریم بیگی، خانم مرجان عزیزی

استان: فارس

آقای محمد خسروی

