

فصل ۴

شکل دهی به روش جیگر و جولی



یکی از روش‌های کاربردی برای شکل دهی سرامیک‌ها به روش گل پلاستیک، شکل دهی به شیوه جیگر و جولی است که با استفاده از شابلون صورت می‌گیرد. در این روش، گل پلاستیک بر روی قالب قرار می‌گیرد و با پایین آوردن شابلون، قطعه با شکل مورد نظر شکل داده می‌شود. در حال حاضر روش‌هایی مانند رولر نیز که روش توسعه یافته جیگر و جولی است، به سرعت در حال استفاده است.

واحد یادگیری ۴

شایستگی شکل‌دهی به روش جیگر ۱ و جولی ۲

شایستگی شکل‌دهی به روش جیگر و جولی و یادگیری مهارت آن :

هدف از این شایستگی، فراگیری دانش و مهارت شکل دادن گل پلاستیک با استفاده از روش جیگر و جولی است. در حال حاضر این روش شکل‌دهی مقرون به صرفه‌ترین شیوه برای تولید ظروف آشپزخانه‌ای (بشقاب، فنجان و نعلبکی) و سایر قطعات سرامیکی با کاربردهای گوناگون (بوته‌های سرامیکی) است که در سال‌های اخیر بسیار توسعه یافته است. آشنایی با دستگاه جیگر و جولی، مکانیزم شکل‌دهی با این روش و روش‌های توسعه‌یافته آن در این واحد یادگیری در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد:

در این واحد، ابتدا با تاریخچهٔ ابداع این روش آشنا خواهید شد. در ادامه، دستگاه و اجزای جیگر و جولی معرفی می‌شود و مکانیزم شکل‌دهی با استفاده از این روش به طور کامل شرح داده خواهد شد. سپس روش شکل‌دهی با استفاده از دستگاه رولر که توسعه‌یافتهٔ دستگاه جیگر و جولی است، توضیح داده می‌شود. همچنین به منظور کسب مهارت شکل دادن قطعات مختلف با استفاده از روش جیگر و جولی کارهای عملی در نظر گرفته شده است.

شکل دهی به روش جیگر و جولی

به تصاویر زیر نگاه کنید و به سؤالات پاسخ دهید:
از چه روش‌هایی برای ساخت قطعات زیر می‌توان استفاده کرد؟



شکل ۱- قطعات سرامیکی



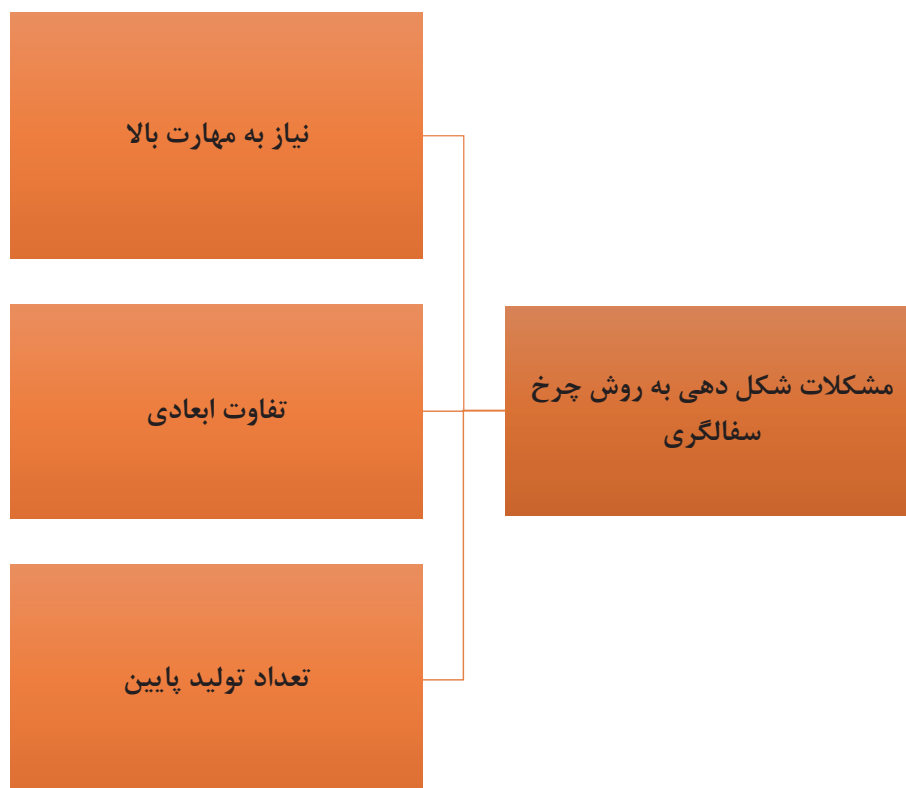
شکل ۲- چرخ سفالگری

یکی از روش‌های مورد استفاده برای شکل دادن گل پلاستیک، شکل‌دهی با چرخ سفالگری است. در شکل ۲ دستگاه چرخ سفالگری را مشاهده می‌کنید. در این روش پس از تهیه گل پلاستیک با پلاستیسیته مناسب، شکل‌دهی با استفاده از دست بر روی چرخ سفالگری انجام می‌شود.



- در مورد شکل‌دهی به روش چرخ سفالگری تحقیق کنید.
- مزایا و معایب شکل‌دهی به روش چرخ سفالگری را بیان کنید.

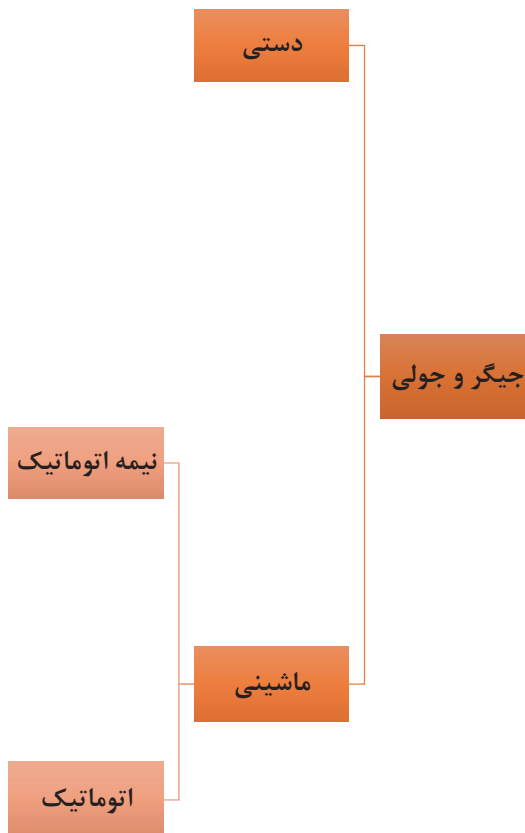
شکل‌دهی با استفاده از جیگر و جولی تکامل یافته روش شکل‌دهی با چرخ سفالگری است که با آن می‌توان قطعاتی با دقت ابعاد و تعداد بالا تولید کرد. شکل دادن با چرخ سفالگری دارای مشکلاتی است که این امر موجب شده تا ماشین‌هایی نظیر جیگر و جولی و رولر ساخته شود. مشکلات روش چرخ سفالگری عبارت است از:



شکل ۳- مشکلات شکل‌دهی به روش چرخ سفالگری

شکل دهی به روش جیگر و جولی

شکل ۴ انواع روش‌های جیگر و جولی را نشان می‌دهد.



شکل ۴- انواع روش‌های جیگر و جولی



شکل ۵- قطعات تولیدشده به روش جیگر و جولی

چه قطعاتی را با روش جیگر و جولی می‌توان تولید کرد؟

با استفاده از این روش امکان تولید قطعاتی با اشکال هندسی ساده از قبیل ظروف آشپزخانه (فنجان و بشقاب) وجود دارد (شکل ۵). برای تولید محصولاتی که شکل ساده و گرد دارند، از این روش استفاده می‌شود؛ اگرچه از این روش برای ساخت قطعاتی بیضی-شکل و چهارگوش نیز استفاده می‌شود.

امکان استفاده از روش جیگر و جولی در صنایع کوچک و کارگاهی نیز وجود دارد و زمانی مقرون به صرفه است که از تمام ظرفیت این روش برای تولید استفاده شود. با استفاده از یک دستگاه جیگر و جولی اتوماتیک امکان تولید چند صد قطعه در ساعت نیز وجود دارد. در جدول ۱ میزان تولید قطعات سرامیکی با سه روش دستی، نیمه‌اتوماتیک و اتوماتیک به صورت مقایسه‌ای بیان شده است.

جدول ۱- سرعت تولید قطعات سرامیکی با سه روش دستی، اتوماتیک و رولر

| تعداد قطعه تولیدی در ساعت | نوع روش شکل‌دهی |
|---------------------------|-----------------|
| ۱۰۰ | دستی |
| ۲۰۰-۱۵۰ | نیمه‌اتوماتیک |
| ۴۰۰-۲۵۰ | اتوماتیک |

بیشتر قطعاتی که با روش جیگر و جولی تولید می‌شوند، با روش ریخته‌گری دوغابی نیز می‌توان تولید کرد. در این روش دوغابی مناسب تهیه می‌کنند و در قالب‌هایی که عمدتاً از جنس گچ هستند، ریخته‌گری کرده و قطعات مورد نظر را تولید می‌کنند. مزایای تولید قطعات با استفاده از روش جیگر و جولی در مقایسه با روش ریخته‌گری دوغابی عبارت است از:



شکل ۶

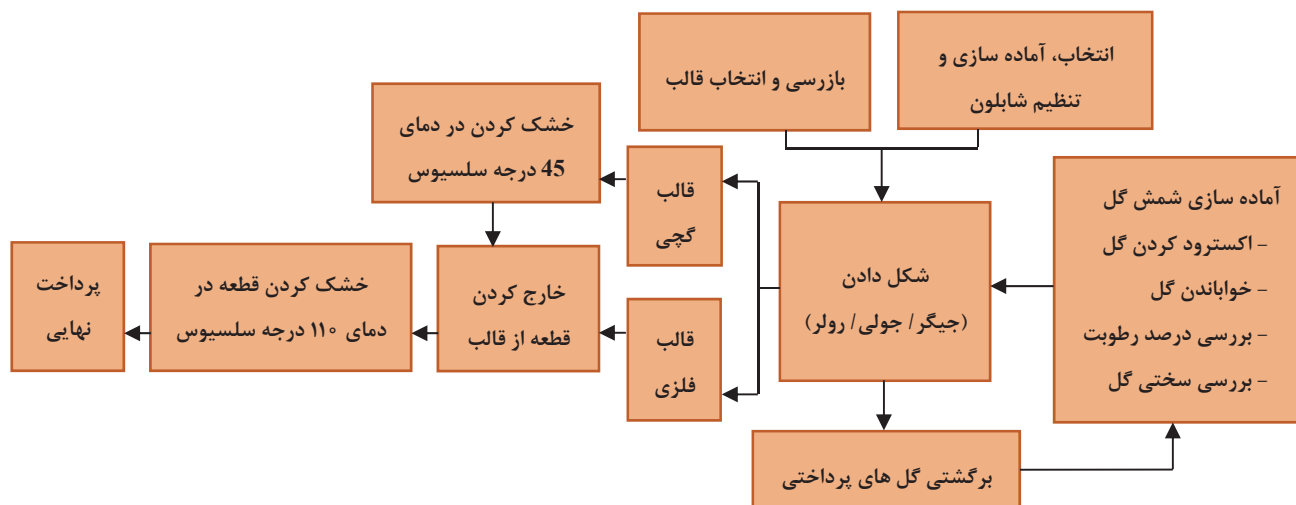
در روش جیگر و جولی از گل پلاستیک برای شکل‌دهی استفاده می‌شود. در مقابل، در روش ریخته‌گری دوغابی از دوغاب استفاده می‌شود. بنابراین مقدار آب مورد استفاده در روش ریخته‌گری دوغابی بیشتر از روش جیگر و جولی است؛ در نتیجه میزان جذب آب قالب گچی در روش جیگر و جولی در مقایسه با روش ریخته‌گری دوغابی کمتر است و فرایند خشک شدن آنها سریع‌تر رخ می‌دهد.

نکته



فرایند تولید در روش جیگر و جولی

روند تولید قطعات به روش جیگر، جولی و رولر در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷- روند کلی تولید قطعات به روش جیگر، جولی و رولر



شکل ۸- اکستروود کردن گل پلاستیک

در ادامه هر یک از این مراحل توضیح داده شده است.
مواد و تجهیزات

مواد اولیه

گل پلاستیک مورد استفاده در روش جیگر و جولی می‌تواند هر آمیزی از گل پلاستیک با مقدار پلاستیسیته مناسب باشد. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌کنید، گل مورد نیاز برای ساخت قطعه در این روش با استفاده از اکستروود کردن گل پلاستیک تهیه می‌شود.

نکته

گل پلاستیک مورد استفاده در روش جیگر و جولی در مقایسه با گل پلاستیک مورد استفاده در روش شکل‌دهی با چرخ سفال‌گری مقدار رطوبت کمتری دارد (شکل ۹).



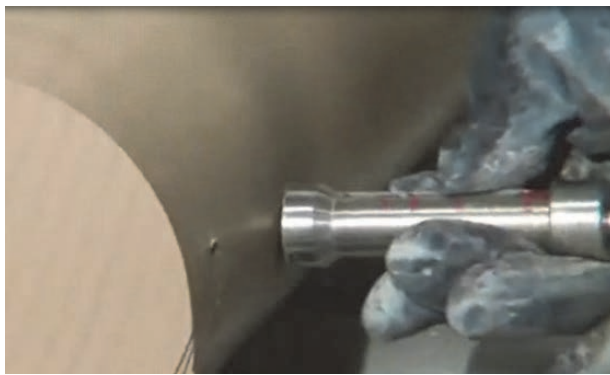


شکل ۹- گل پلاستیک مورد استفاده در روش جیگر و جولی

عوامل مهمی که در انتخاب گل پلاستیک باید مدنظر قرار داد، عبارتند از:

الف- سختی گل پلاستیک

اگر میزان سختی گل بالا باشد، مهم‌ترین قسمتی که دچار مشکل می‌شود، تیغه برش است. هرچه سختی بیشتر باشد تیغه برش زودتر کند شده و در نتیجه باعث ایجاد عیوب می‌شود.



شکل ۱۰- اندازه‌گیری سختی شمش گل قبل از شکل‌دهی

اندازه‌گیری سختی و درصد رطوبت شمش گل

مواد و تجهیزات مورد نیاز :

گل پلاستیک، دستگاه اندازه‌گیری سختی گل، ترازو و خشک‌کن

شرح فعالیت:

اندازه‌گیری سختی

با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سختی، سختی ۵ نقطه مختلف شمش گل مورد استفاده جهت شکل‌دهی

به روش جیگر و جولی را اندازه‌گیری کنید.

فعالیت
کارگاهی



اندازه‌گیری درصد رطوبت

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

گل پلاستیک، خشک‌کن، سیم برش، ترازو
شرح فعالیت:

۱- برش یک لایه از شمش گل را با استفاده از سیم برش

۲- اندازه‌گیری وزن تر

۳- خشک‌کردن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت

۴- اندازه‌گیری وزن خشک

۵- محاسبه درصد رطوبت

ب- جهت‌گیری ترجیحی ذرات

مقدار گل اضافه زیر دستگاه، اختلاف دور کَلگی و اسپیندل، سرعت دور کَلگی و اسپیندل، زمان شکل دادن و جهت قرار دادن گل، همگی بر آرایش ذرات قطعه پس از شکل‌دهی مؤثرند.

۲- قالب

در این روش از دو نوع قالب گچی و فلزی استفاده می‌شود. ساخت قالب گچی در این روش با روش ریخته‌گری دوغابی مشابه است که در سال آینده با آن آشنا خواهید شد. در حالت کلی، در روش جیگر و جولی به طور معمول از سه نوع قالب استفاده می‌شود:

➤ قالب یک تکه

➤ قالب چند تکه

➤ قالب تزئین

بسته به سرعت خشک شدن قالب، می‌توان آن را چند بار در روز استفاده کرد. بیشتر تولیدکنندگان کارگاهی کوچک، قالب‌های گچی را در هوای محیط خشک می‌کنند که با توجه به این شرایط، از هر قالب ۲ بار در روز می‌توان استفاده کرد. در مقابل، کارخانجات با تعداد تولید بالا از خشک‌کن‌های صنعتی برای خشک کردن قالب استفاده می‌کنند که با توجه به این شرایط، قابلیت استفاده از هر قالب تا ۴ بار در هر شیفت کاری فراهم می‌شود. شکل ۱۱ و ۱۲ قالب‌های گچی و فلزی مورد استفاده در روش جیگر و جولی را نشان می‌دهد.



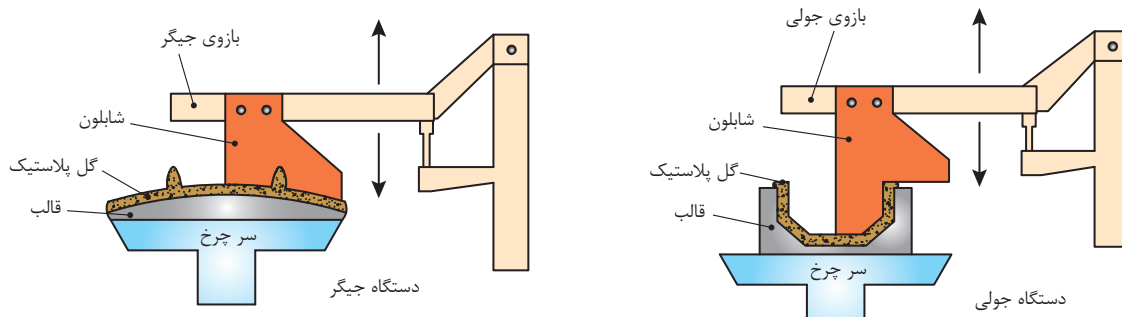
شکل ۱۱- قالب‌های گچی مورد استفاده در روش جیگر و جولی: الف) یک تکه، ب) چند تکه



شکل ۱۲- قالب فلزی چند تکه مورد استفاده در روش جیگر و جولی

دستگاه جیگر و جولی

از این دستگاه برای شکل دادن بیرون قطعات (جیگر) و داخل قطعات (جولی) استفاده می‌شود. در این روش گل بدنه بر روی قالب قرار داده می‌شود و با پایین آوردن شابلون بر روی گل و تراشیدن آن، شکل‌دهی صورت می‌گیرد. در شکل ۱۳ فرایند شکل‌دهی با استفاده از جیگر و جولی به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۱۳- شماتیک شکل‌دهی به روش جیگر و جولی

اجزا و تجهیزات دستگاه جیگر و جولی

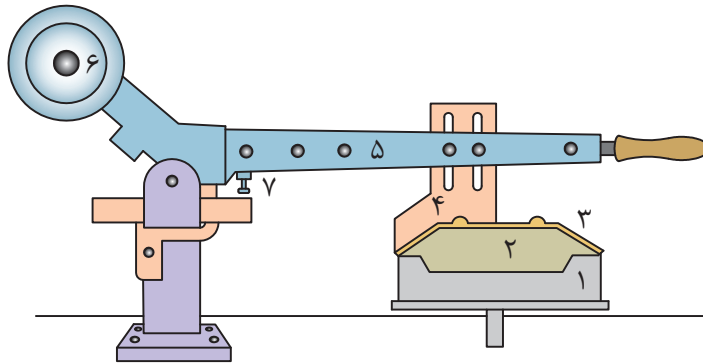
دستگاه جیگر و جولی دارای اجزای مختلفی است که هرکدام از آنها نقش مؤثری در فرایند شکل‌دهی دارند. اجزای دستگاه جیگر و جولی عبارتند از:



شکل ۱۴- اجزا و تجهیزات دستگاه جیگر و جولی

شکل دهی به روش جیگر و جولی

در شکل ۱۵ شماتیکی از اجزای مختلف دستگاه جیگر نشان داده شده است.



شکل ۱۵ - شماتیکی از اجزای دستگاه جیگر و جولی برای تولید ظروف تخت: ۱- سر چرخ با زبانه، ۲- قالب، ۳- گل پلاستیک شکل داده شده به صورت بشقاب، ۴- شابلون، ۵- بازوی دستگاه، ۶- وزنه تعادل، ۷- پیچ تنظیم ضخامت قطعه

در ادامه مهم‌ترین اجزای دستگاه جیگر و جولی شرح داده می‌شود.

سر چرخ

این قسمت از دستگاه شامل یک زبانه است که قالب گچی را نگه می‌دارد. در دستگاه جیگر و جولی از دو نوع سر چرخ استفاده می‌شود که عبارتند از:



شکل ۱۶- انواع سرچرخ مورد استفاده در دستگاه جیگر

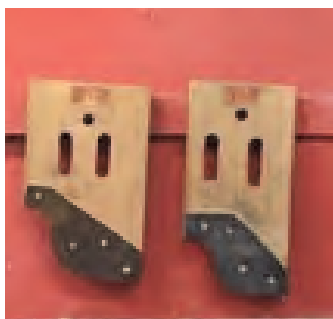
نکته



- ✓ سرعت تنظیمی برای سرچرخ معمولاً ۲۵۰-۴۰۰ دور بر دقیقه در نظر گرفته می‌شود. قطعات کوچک از قبیل فنجان را می‌توان با سرعت سرچرخ بالاتری (حدود ۴۰۰ دور بر دقیقه) تولید کرد.
- ✓ از آنجا که زبانه از جنس فولاد زنگ‌نزن است، اگر به صورت هم‌مرکز با سر چرخ درنیاید، سریع ساییده می‌شود. برای جلوگیری از این حالت، دیواره‌های بیرونی با پوشش لاستیکی یا حلقه‌های فلزی تقویت می‌شود.

شابلون

به طور معمول شابلون‌ها از جنس فولاد و یا آلایژهای زنگ‌نزن ساخته می‌شوند. حداقل ضخامت فولاد مورد استفاده در ساخت شابلون ۳ میلی‌متر است. در شکل ۱۷ انواع شابلون مورد استفاده برای شکل‌دهی با استفاده از روش جیگر و جولی مشاهده می‌شود.



شکل ۱۷- انواع شابلون مورد استفاده در شکل‌دهی با استفاده از روش جولی



شکل ۱۸- شابلون تقویت شده با چوب

همانطور که در شکل ۱۸ می‌توان دید، گاهی برای ایجاد استحکام بیشتر، شابلون‌های فلزی را با استفاده از قرار دادن چوب در پشت آن تقویت می‌کنند.

با توجه به سایش در تیغه شابلون، تیغه هر چند وقت یکبار باید تیز شود. همچنین پس از طراحی شابلون با ویژگی‌های مورد نظر، شابلون‌هایی از روی آن تولید شده و شابلون اصلی به منظور تولید شابلون در آینده نگهداری می‌شود. هنگام قرار دادن شابلون روی دستگاه باید دقت کرد تا شابلون در مرکز قرار بگیرد، در غیر این صورت عیوب مارپیچی و یا عدم تقارن در قطعه نهایی ایجاد می‌شود. برای تولید قطعاتی که تعداد آنها کمتر است از شابلون‌های چوبی و پلاستیکی نیز می‌توان استفاده کرد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- شابلون چوبی و پلاستیکی تقویت شده با چوب

عمر این شابلون‌ها در مقایسه با شابلون فلزی کوتاه‌تر است. همان‌طور که در شکل ۲۰ دیده می‌شود، شابلون را می‌توان با استفاده از پیچ و مهره قابل تنظیم بر روی دستگاه نصب کرد.

شکل دهی به روش جیگر و جولی



شکل ۲۰- شابلون با پیچ و مهره قابل تنظیم

ساخت شابلون

مواد و تجهیزات مورد نیاز :

تخته چوب، ابزار برش چوب، سمباده

شرح فعالیت:

- ۱- ابتدا با توجه به نوع شابلون، طراحی اولیه شابلون انجام می‌شود.
- ۲- طرح شابلون بر روی تخته چوب کشیده شود.
- ۳- با استفاده از ابزار برش طرح پیاده شده برش داده شود.
- ۴- پس از ساخت اولیه شابلون با استفاده از سمباده محل برش پرداخت شود.

فعالیت
کارگاهی



در حین برش و سنباده‌کاری مراقب باشید تا به دستانتان آسیب نرسد.

در حین کار از ماسک استفاده کنید.

نکته ایمنی



تیغه برش

پس از شکل‌دهی، مقداری گل اضافی از محیط قالب بیرون می‌زند که باید به وسیلهٔ ابزاری حذف شود. در این موارد از تیغهٔ برش استفاده می‌شود.



شکل ۲۱- تیغهٔ برش در حال حذف گل اضافی



اگر تیغه برش به خوبی تنظیم نشود (بالتر یا پایین تر از سطح قالب باشد) چه مشکلاتی ایجاد می‌شود؟ آیا جنس تیغه برش در بروز عیوب نقش دارد؟

پیچ تنظیم ضخامت قطعه

یکی دیگر از اجزای مهم دستگاه جیگر و جولی پیچ تنظیم ضخامت قطعه است. وظیفه این پیچ تنظیم فاصله شابلون تا قالب است که ضخامت نهایی قطعه را تعیین می‌کند.



پیچ تنظیم ضخامت قطعه در هر شیفت کاری چندین بار باید مورد بررسی قرار گیرد.

پرداخت:

پرداخت در قطعات تولیدشده به روش جیگر و جولی به ویژگی‌های گل پلاستیک مورد استفاده بستگی دارد. به طور معمول پرداخت، تنها برای صاف کردن لبه‌های ظروف تولیدشده انجام می‌گیرد. پرداخت قطعه مرحله مجزا از تولید است و اگر تعداد شکل‌دهی بالا باشد، بهتر است پرداخت توسط دستگاه اتوماتیکی انجام شود. عملیات پرداخت می‌تواند بر روی دستگاه جیگر و جولی صورت بگیرد. بهترین مرحله پرداخت برای تمام محصولات رسی زمانی است که قطعه به مرحله دوم رسیده باشد. معمولاً برای پرداخت، قطعه بر روی چرخ می‌چرخد و پرداخت با استفاده از اسفنج مرطوب صورت می‌گیرد. بهترین روش برای فرایند پرداخت قطعات استفاده از اسفنج مرطوب است. در شکل ۲۲ فرایند پرداخت به صورت دستی و اتوماتیک نشان داده شده است.

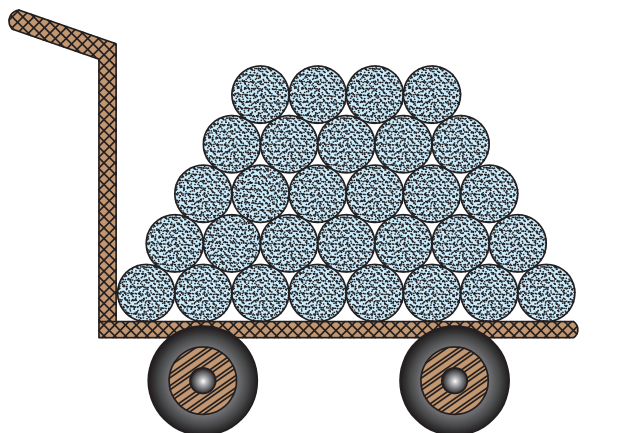


شکل ۲۲- پرداخت نمونه به روش (الف) دستی - (ب) اتوماتیک

شکل دهی به روش جیگر و جولی

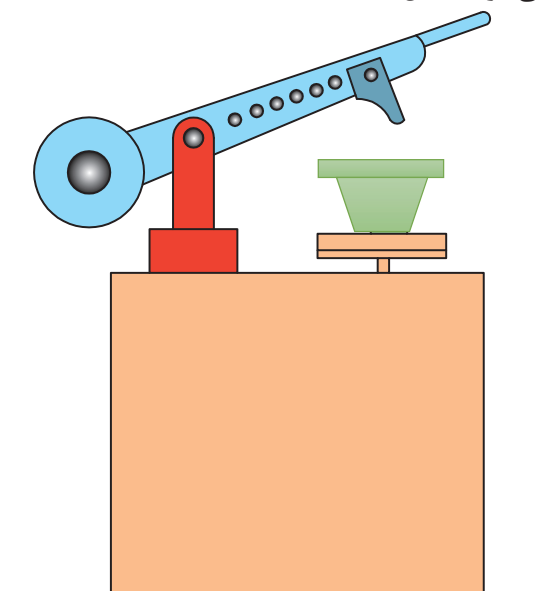
فرایند شکل دهی به روش جیگر و جولی

ابتدا گل مورد نظر به روش دستی و یا دستگاهی آماده شده سپس به مقدار لازم برش داده می شود (شکل ۲۳).



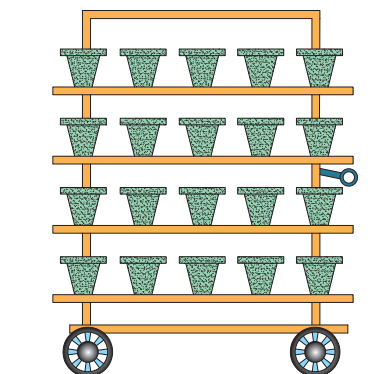
شکل ۲۳- آماده کردن گل پلاستیک

گل برش خورده درون قالب گچی قرار داده شده، سپس قالب گچی در زبانه قرار داده شده و شکل دهی با پایین آوردن شابلون انجام می شود (شکل ۲۴).



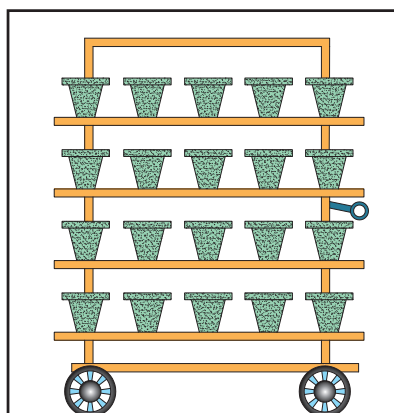
شکل ۲۴- قرار دادن قالب گچی در زبانه و شکل دهی

پس از شکل دهی قالب در واگن قرار داده و قالب جدیدی را جایگزین می کنند (شکل ۲۵).



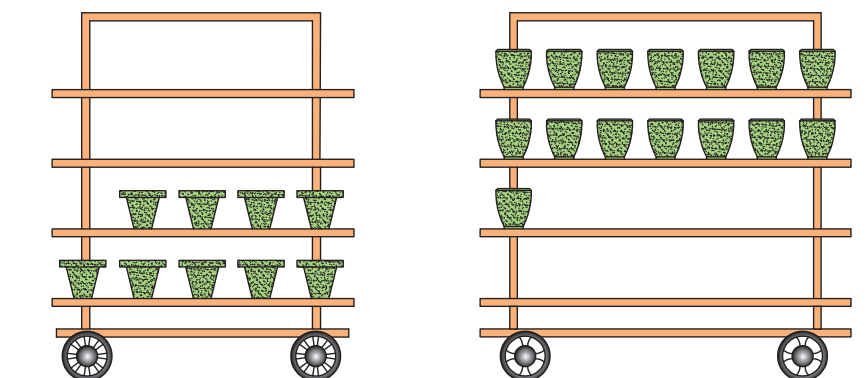
شکل ۲۵- قرار دادن قالب گچی و قطعات شکل گرفته در واگن

واگن حاوی قالب و قطعات شکل گرفته در خشک کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس قرار داده می شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- انتقال قالب حاوی قطعات به خشک کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس

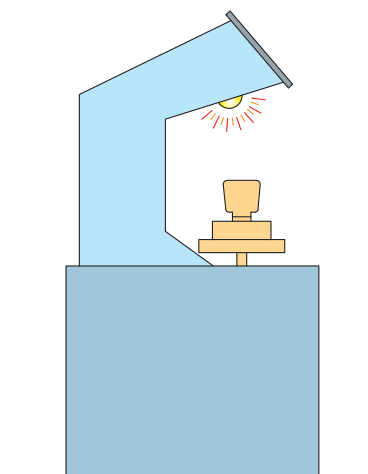
پس از آنکه قالب و قطعات خشک شدند، قطعات از قالب خارج می شود و قالب خشک شده به فرایند تولید برمی گردد (شکل ۲۷). سپس قطعه به خشک کن ۱۱۰ درجه سلسیوس برای خشک شدن کامل منتقل می شود.



شکل ۲۷- خارج کردن قطعات خشک شده از قالب و برگشت قالب به خط تولید

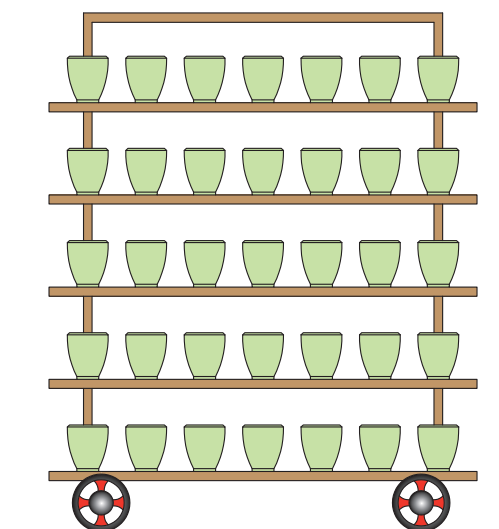
شکل دهی به روش جیگر و جولی

پرداخت دیواره با استفاده از زبانه گردان انجام می‌شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- پرداخت قطعات

قطعات پس از خشک شدن برای مرحله بعدی تولید پرداخت شده و سپس آماده پخت بیسکویت و لعاب‌زنی می‌شود (شکل ۲۹).



شکل ۲۹- خشک کردن قطعات و آماده کردن برای مراحل بعدی تولید

شکل دهی به روش جیگر و جولی

- انتخاب، آماده‌سازی و تنظیم شابلون

اولین مرحله در شکل دهی به روش جیگر و جولی انتخاب شابلون متناسب با قطعه تولیدی است. شابلون باید مطابق با ضخامت و شکل قطعه تنظیم و بر روی دستگاه بسته شود. بر اثر نیرویی که در هنگام شکل دهی به شابلون وارد می‌شود، ممکن است شابلون از موقعیت خود خارج شود.



لازم است باید روزانه حداقل یک بار وضعیت قرارگیری شابلون بر روی دستگاه کنترل شود.



شکل ۳۰- آماده کردن گل به صورت ورقه‌ای



شکل ۳۱- قرار دادن قالب بر روی زبانه

شکل‌دهی بیرون قطعات با استفاده از جیگر

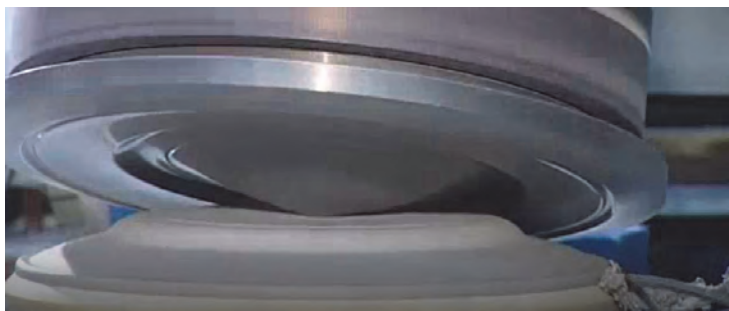
در ابتدا برش‌هایی از گل با وزن معین آماده می‌کنیم. وزن گل $1/4$ - $1/3$ برابر وزن قطعه و قطری در حدود قطر پایه قطعه در نظر گرفته می‌شود. این ورقه‌ها اصولاً با برش گل به وسیله سیم برش تهیه می‌شوند. امروزه در کارخانجات بزرگ تمام این مراحل به وسیله دستگاه انجام می‌شود. قبل از پایین آوردن شابلون و شکل‌دهی، گل پلاستیک با استفاده از گل‌پهن‌کن بر روی قالب پهن می‌شود و سپس شکل‌دهی صورت می‌گیرد.

قرار دادن قالب روی زبانه و اعمال گل روی قالب

پهن کردن گل و پایین آوردن بازوی دستگاه و شکل دادن قطعه (به طور همزمان چند قطره آب روی سطح قطعه ریخته شود تا سطحی صاف به دست آید).



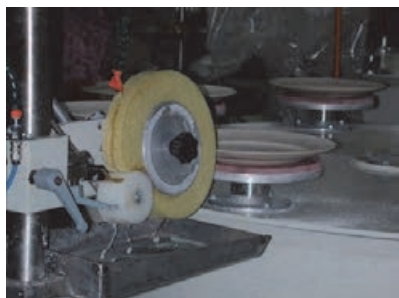
شکل ۳۲- الف) پهن کردن گل، ب) شکل دادن



شکل ۳۳- حذف گل‌های اضافی

شکل دهی به روش جیگر و جولی

خارج کردن قطعه از قالب و پرداخت آن



شکل ۳۵- پرداخت

خشک کردن قالب و قطعه در خشک کن با
دمای ۴۵ درجه سلسیوس



شکل ۳۴

شکل دهی قطعات تخت از قبیل بشقاب با استفاده از روش جیگر

نمایش فیلم



فعالیت
کارگاهی



شکل دادن بشقاب با استفاده از دستگاه جیگر

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

گل پلاستیک، قالب گچی، شابلون، اسفنج، دستگاه جیگر، خشک کن
شرح فعالیت:

- ۱- انتخاب شابلون مناسب و نصب آن بر روی دستگاه
- ۲- قرار دادن قالب گچی روی زبانه
- ۳- تنظیم فاصله شابلون و قالب به وسیله پیچ تنظیم
- ۴- انتخاب مقدار مناسب گل و قرار دادن آن روی قالب
- ۵- پهن کردن گل
- ۶- پایین آوردن بازوی دستگاه و انجام عمل شکل دهی با سرعت مناسب
- ۷- بیرون آوردن قالب از دستگاه و پرداخت اولیه
- ۸- قرار دادن قالب و قطعه در خشک کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس
- ۹- خارج کردن قطعه از قالب
- ۱۰- خشک کردن قطعه در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس
- ۱۱- پرداخت نهایی



با توجه به وجود خطرات احتمالی برق‌گرفتگی دقت لازم را داشته باشید و از روشن و خاموش کردن دستگاه با دست خیس اجتناب کنید.
از آنجا که شابلون تیز است، در حین نصب آن مواظب باشید تا دستتان آسیب نبیند.
مراقب گیر کردن احتمالی لباس نظیر شال گردن و آستین لباس به دستگاه در حین کار باشید.
هیچ‌گونه تماس مستقیمی با ابزار برش و اجزای دستگاه نداشته باشید.

شکل‌دهی داخل قطعات با استفاده از شابلون (جولی)

مقدار مناسبی از گل را که به صورت گلوله درآمده است، انتخاب می‌کنیم. مقدار گل باید به دقت وزن شود، ولی اپراتورهای باتجربه قادر به انتخاب گل مناسب بدون وزن کردن نیز هستند. اگر گل پلاستیک پاگمیل و اکسترودر شده باشد، می‌توان آن را به صورت برش‌هایی با وزن مشخص تهیه کرد و در دسترس اپراتور جهت استفاده قرار داد که اینکار روند تولید را تسریع می‌کند. همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، در حال حاضر انتخاب مقدار گل، برش و قرار دادن آن در قالب به صورت کاملاً اتوماتیک صورت می‌گیرد.



شکل ۳۶- برش گل و ساخت دیسک: (الف) دستی (ب) ماشینی

از تمیز بودن قالب و کاردک اطمینان حاصل می‌کنید، زیرا اگر ذرات کوچک خشک شده وارد گل شوند، باعث ترک خوردن قطعه هنگام خشک شدن قطعه پس از شکل‌گیری خواهد شد.



قالب را روی زبانه قرار می‌دهیم (برای گذاشتن یا برداشتن قالب نیازی به خاموش کردن دستگاه نیست)



شکل ۳۷

شکل دهی به روش جیگر و جولی

مقداری از گل را که در مرحله اول تهیه کرده بودیم، در قالب قرار می‌دهیم. قطعات بزرگ گل با دست درون قالب پهن می‌شود. در قطعات کوچک شابلون را می‌توان به طور مستقیم روی گل قرار داد.



شکل ۳۸- قرار دادن دیسک گل در قالب

با پایین آوردن بازوی جولی داخل قالب، نیروی وارد شده به گل قطعاتی با شکل مورد نظر را تولید می‌کند. قبل از برداشتن شابلون، داخل قطعه را مرطوب می‌کنیم تا سطح صافی تولید شود.



شکل ۳۹- پایین آوردن بازوی جولی و شکل‌دهی

حذف گل‌های اضافه



شکل ۴۰

خشک کردن قالب و قطعه در خشک کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس



شکل ۴۱

پرداخت قطعه



شکل ۴۲

شکل دهی قطعات گود از قبیل فنجان با استفاده از روش جولی

نمایش فیلم





شکل دادن کاسه با استفاده از دستگاه جولی

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

گل پلاستیک، قالب گچی، شابلون، اسفنج، دستگاه جولی
شرح فعالیت:

۱- انتخاب شابلون مناسب و نصب آن روی دستگاه

۲- قرار دادن قالب گچی روی زبانه

۳- تنظیم فاصله شابلون و قالب به وسیله پیچ تنظیم

۴- انتخاب مقدار مناسب گل و قرار دادن آن روی قالب

۵- پهن کردن گل

۶- پایین آوردن بازوی دستگاه و انجام عمل شکل دهی با سرعت مناسب

۷- بیرون آوردن قالب از دستگاه و پرداخت اولیه

۸- قرار دادن قالب و قطعه در خشک کن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس

۹- خارج کردن قطعه از قالب

۱۰- خشک کردن قطعه در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس

۱۱- پرداخت نهایی



۱- با توجه به وجود خطرات احتمالی برق گرفتگی، دقت لازم را داشته باشید و از روشن و خاموش کردن دستگاه با دست خیس اجتناب کنید.

۲- از آنجا که شابلون تیز است، در حین نصب آن مواظب باشید تا دستتان آسیب نبیند.

۳- مراقب گیر کردن احتمالی لباس نظیر شال گردن و آستین لباس به دستگاه در حین کار باشید.

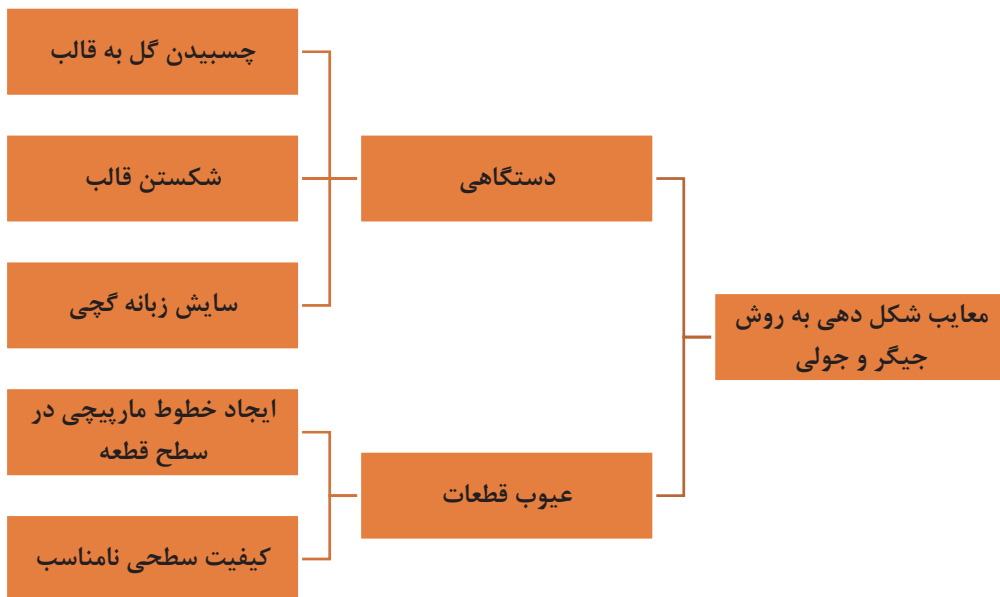
۴- هیچ گونه تماس مستقیمی با ابزار برش و اجزای دستگاه نداشته باشید.



نمایش فیلم شکل دهی قطعات گود از قبیل کاسه و فنجان با استفاده از روش جولی

معایب فرایند شکل دهی به روش جیگر و جولی

همانطور که در شکل ۴۳ مشاهده می شود، معایب فرایند شکل دهی به روش جیگر و جولی را می توان به مشکلات ناشی از دستگاه و تجهیزات و عیوب ایجاد شده در قطعه پس از شکل دهی تقسیم بندی کرد.



شکل ۴۳

عیوب دستگاهی

۱- چسبیدن گل به قالب

این عیب بیشتر مواقعی به وجود می‌آید که از قالب‌های جدید استفاده می‌شود. این مشکل معمولاً پس از چندین بار استفاده از قالب برطرف می‌شود.

۲- شکستن قالب

یکی از دلایل شکستن قالب استفاده از گچ بی‌کیفیت در ساخت آن است. استفاده از گچ با کیفیت بالا، برطرف کردن این مشکل است. از آنجا که این مشکل بیشتر در قسمت بالایی و لبه‌های قالب اتفاق می‌افتد، برای کاهش ایجاد آن بهتر است که این قسمت از قالب با ضخامت بالاتری ساخته شود. روش تقویت کردن قالب با استفاده از سیم در حین ریخته‌گری قالب راه دیگری برای کاهش این عیب است.

۳- سایش سریع زبانه گچی

با استفاده از حلقه‌های فلزی با عرض ۲ میلی‌متر می‌توان بدنه و لبه مرغک گچی را تقویت کرد. همچنین از نوارهای لاستیکی نیز می‌توان برای این منظور استفاده کرد. روش قدیمی برای کاهش این عیب ریختن سرب مذاب داخل مرغک گچی است.



شکل ۴۴



شکل ۴۵

عیوب قطعات

۱- ایجاد خطوط ماریپیچ در سطح قطعه

در این عیب سطح قطعه صاف نیست و خطوط ماریپیچی بر روی سطح آن که توسط شابلون شکل دهی شده است، مشاهده می شود. راه های برطرف کردن این عیب عبارتند از:

الف) تنظیم صحیح شابلون

ب) افزایش ضخامت شابلون

ج) افزایش ضخامت بازوی نگه دارنده شابلون

د) تقویت شابلون با استفاده از صفحه چوبی

۲- کیفیت سطحی نامناسب

این عیب در اثر تنظیم نامناسب شابلون به وجود می آید. همچنین اگر قالب گچی هم مرکز نباشد، یک طرف قطعه ضخامت کم و طرف مقابل ضخامت بیشتری خواهد داشت. این عیب می تواند به دلیل خارج از مرکز بودن زبانه نیز باشد یا اینکه فاصله بین قالب و مرگک بیش از اندازه باشد. علاوه بر این، اگر قالب طراحی مناسبی هم نداشته باشد، این مشکل به وجود خواهد آمد.

شکل دهی به روش رولر

جهت بهبود کیفیت قطعات تولیدی و افزایش تعداد تولید در روز رولر که دستگاه تکامل یافته جیگر و جولی است، استفاده می شود. رولرها به صورت اتوماتیک و نیمه اتوماتیک در صنعت کاربرد دارند. در شکل ۴۶ دستگاه رولر نشان داده شده است.



شکل ۴۶- دستگاه رولر

مکانیزم شکل دهی به روش رولر با روش جیگر و جولی مشابه است، ولی در جزئیات و اجزاء تفاوت هایی با یکدیگر دارند که عبارتست از:

۱- شابلون توسط رولر (کلگی) جایگزین شده است. شکل رولر به نوع قطعه ای که شکل داده می شود، بستگی دارد.

- ۲- در دستگاه رولر هم رولر می‌تواند بچرخد هم اسپیندل و هم اینکه هردو می‌توانند در هم جهت یکدیگر با سرعت‌های مختلف بچرخند.
- ۳- رولر و اسپیندل دستگاه قابلیت بالا و پایین شدن را دارند.

نکته



معمولاً پشت قالب گچی پمپ مکش هوا وجود دارد که باعث می‌شود قالب به خوبی به دستگاه بچسبد.

انواع مکانیزم‌های شکل‌دهی با استفاده از رولر

۱. پس از برش گل و قرار دادن آن در مرکز قالب گچی، فقط رولر می‌چرخد، رولر پایین آمده و بر روی سطح گل قرار می‌گیرد و سپس بر اثر اصطکاک بین رولر و گل، اسپیندل نیز شروع به چرخش می‌کند. سرعت چرخش اسپیندل در مقایسه با رولر کمتر است.
۲. پس از برش گل و قرار دادن در مرکز قالب گچی، فقط اسپیندل می‌چرخد و پس از تماس با گل، رولر نیز شروع به چرخش می‌کند.
۳. هم اسپیندل و هم رولر دارای موتور هستند که با سرعت‌های متفاوت و قابل تنظیم می‌چرخند.

نکته



رولر توسط منبع حرارتی (به صورت المنت در داخل آن یا مشعلی که کنار آن قرار دارد) گرم می‌شود تا گل به آن نچسبد. از طرف دیگر، برای جلوگیری از کاهش رطوبت سطح گل که در تماس با رولر است، قبل از شروع فرایند شکل‌دهی آب نیز اسپری می‌شود.

تحقیق کنید



دمای مناسب رولر در حین شکل‌دهی باید چه میزان باشد؟ اگر دمای رولر از میزان مناسب برای شکل‌دهی کمتر یا بیشتر باشد، چه مشکلاتی ایجاد می‌شود؟

نمایش فیلم



نمایش فیلم شکل‌دهی قطعات مختلف با استفاده از دستگاه رولر

بازدید از کارخانه تولیدی که در آن قطعات با استفاده از روش رولر شکل داده می‌شود.

شکل دهی به روش جیگر و جولی

مزایای رولر نسبت به جیگر و جولی

مزایای روش رولر نسبت به جیگر و جولی عبارتند از:



شکل ۴۷

محدودیت این روش، ناتوانی در شکل دهی قطعات با اشکال پیچیده است.

نکته



استحکام قطعات تولیدشده به روش جیگر و جولی و روش رولر را با یکدیگر مقایسه کنید.

فکر کنید



ارزشیابی شایستگی شکل‌دهی به روش جیگر و جولی

شرح کار:

آماده کردن گل پلاستیک
نصب شابلون و راه‌اندازی دستگاه
شکل دادن قطعات به روش جیگر/جولی/رولر
پرداخت قطعات شکل داده شده

استاندارد عملکرد:

توانایی شکل دادن قطعات سرامیکی به روش جیگر/جولی/رولر

شاخص‌ها:

بررسی پارمترهای تأثیر گذار در تهیه گل پلاستیک
استفاده صحیح از تجهیزات از قبیل شابلون، تیغه برش و دستگاه جیگر و جولی
بررسی پارامترهای مؤثر بر شکل دادن قطعات با استفاده از روش جیگر/جولی/رولر

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی و سیستم تهویه، دستگاه جیگر/جولی/رولر
ابزار و تجهیزات: دستگاه جیگر و جولی، شابلون، گل پلاستیک، تیغه برش، سیم برش، خشک کن، تجهیزات پرداخت، ترازو
تجهیزات ایمنی: لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار، تجهیزات اطفای حریق

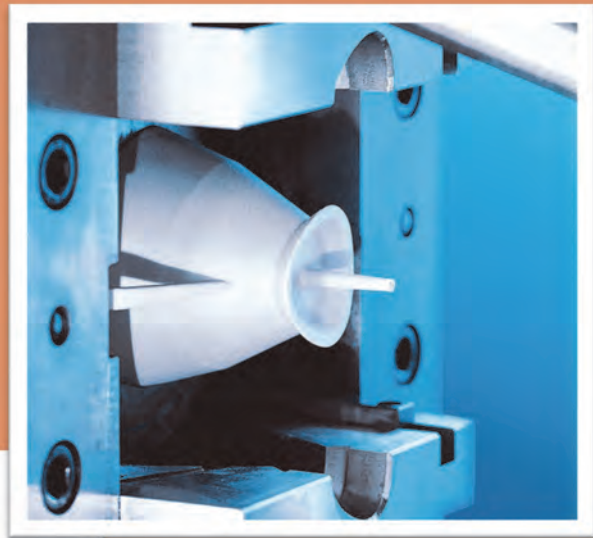
معیار شایستگی:

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|------|--|-----------------------|------------|
| ۱ | آماده کردن گل پلاستیک | ۱ | |
| ۲ | شکل دادن قطعات با جیگر/جولی/رولر | ۲ | |
| ۳ | بررسی عیوب و پرداخت قطعات | ۱ | |
| | شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت- لباس کار و کفش ایمنی - مسئولیت‌پذیری- رعایت موارد زیست‌محیطی | | ۲ |
| | میانگین نمرات | | * |

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

فصل ۵

شکل دهی به روش قالبگیری تزریقی



یکی از روش‌های نوین شکل‌دهی سرامیک‌ها با روش گل پلاستیک، قالب‌گیری تزریقی است. با این روش می‌توان قطعاتی با ارزش و با خواصی منحصر به فرد تولید کرد. در این روش ابتدا آمیز آماده‌سازی و گرانوله شده و سپس با اعمال فشار آمیز درون قالب تزریق شده و شکل‌دهی می‌شود. بعد از خارج کردن قطعه از قالب چسب‌زدایی و در نهایت پخته می‌شود.

واحد یادگیری ۵

شایستگی شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی

شایستگی شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی و یادگیری مهارت آن :

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت شکل دادن گل پلاستیک با استفاده از روش قالبگیری تزریقی است. در حال حاضر این روش شکل‌دهی برای ساخت قطعات پیچیده، با دقت ابعادی بالا و دارای خواص ویژه و نیز در اندازه‌های خیلی کوچک تا بزرگ مناسب است. آشنایی با دستگاه قالبگیری تزریقی و مکانیزم شکل‌دهی با این روش در این واحد یادگیری در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد:

در این واحد هنرجو ابتدا با چند مورد از کاربرد محصولات تولیدشده با این روش آشنا خواهد شد. در ادامه با دستگاه قالبگیری تزریقی و اجزای آن آشنا می‌شود. سپس مکانیزم و مراحل شکل‌دهی با این روش به طور کامل شرح داده خواهد شد. همچنین به منظور کسب مهارت، فعالیت‌های عملی جهت شکل دادن قطعات مختلف با استفاده از روش قالبگیری تزریقی در نظر گرفته شده است.

شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی

در شکل ۱ مجموعه‌ای از محصولات سرامیکی نشان داده شده است. به دقت به آنها نگاه کنید.

- آیا روش شکل‌دهی این قطعات را می‌توانید پیش‌بینی کنید؟



شکل ۱- نمونه‌هایی از محصولات سرامیکی

در صنعت نساجی برای تاباندن نخ از قطعاتی استفاده می‌شود که نمونه آن در شکل ۲ آورده شده است. ویژگی مهم این قطعات مقاومت زیاد آنها در برابر سایش است که این ویژگی با استفاده از قطعات سرامیکی فراهم شده است.

در شکل ۲ ابتدا قطعات سرامیکی مورد استفاده برای تاباندن نخ را مشخص کنید. سپس نمونه آنها را از میان محصولات شکل ۱ جستجو کنید.

جستجو کنید





شکل ۲- قطعات سرامیکی مورد استفاده در تاباندن نخ

در شکل ۳ محصول سرامیکی دیگری نشان داده شده است که به عنوان کاربردی ترین قطعه در دندان پزشکی شناخته شده است. آیا نام این قطعه را می دانید؟



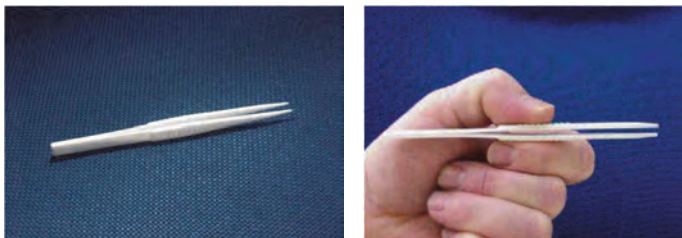
شکل ۳

در شکل ۴ یک چاقوی جراحی و در شکل ۵ یک انبرک از جنس زیرکونیا تولیدشده به روش قالبگیری تزریقی آمده است.



شکل ۴

شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی



شکل ۵

در صنایع نفت و گاز نیز محصولات سرامیکی کاربردهای فراوانی دارند. به طور مثال در برج‌های تقطیر پکینگ‌های سرامیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در شکل ۶ و ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶- پکینگ‌های سرامیکی



شکل ۷- داخل یک برج در حال چیدن پکینگ‌های سرامیکی

خواص و نقش پکینگ‌های سرامیکی در صنایع مختلف را بررسی کنید.

فکر کنید





پکینگ‌های سرامیکی از جمله قطعات اصلی و ضروری برج‌های تقطیر هستند که مقاوت بالای اسیدی و حرارتی دارند و برای ایجاد سطح تماس بین دو فاز مایع و گاز و یا دو فاز مایع استفاده می‌شوند. این قطعات در واکنش‌ها شرکت نمی‌کنند، بلکه سطح و زمان تماس بین دو فاز را زیاد کرده و باعث افزایش راندمان واکنش‌ها می‌شوند. این پکینگ‌ها (پرکن‌ها) در سه جنس استون ور، چینی و آلومینایی ساخته می‌شوند و در صنایعی نظیر نفت، گاز، پتروشیمی، تغلیظ اسید، صنایع قند و شکر و نوشابه‌سازی کاربرد وسیعی دارند.

شکل‌هایی از پکینگ‌های سرامیکی در زیر نشان داده شده‌است.



زین اسبی

استوانه‌ای

استوانه پره‌دار

لانه زنبوری

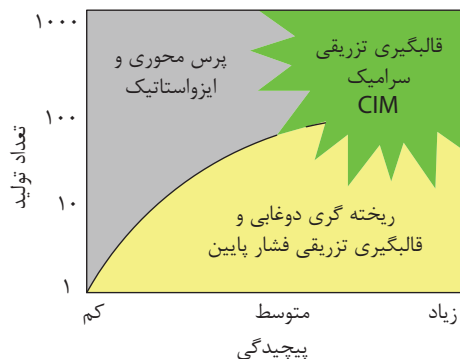
ساخت قطعات متحرک اتومبیل‌ها، قطارها، صنایع هوافضا و دینام‌ها (به‌ویژه قطعات موتور) بسیار مناسب هستند. همچنین از این سرامیک‌ها در قطعات الکتریکی (دی‌الکتریک‌ها، عایق‌ها، مقره‌ها، پیزوالکتریک‌ها، ابرساناها) مغناطیس‌ها و قطعات و ابزار پزشکی می‌توان استفاده کرد. در انتخاب روش مناسب برای تولید محصولات سرامیکی پیشرفته باید به دو نکته توجه کرد:

- ۱- پیچیدگی قطعه
- ۲- تعداد قطعه مورد نیاز

قالب‌گیری تزریقی

تولید سرامیک‌ها با روش شکل‌دهی قالب‌گیری تزریقی نسبت به سایر روش‌ها رشد بیشتری داشته و قطعات با ارزش‌تری با این روش تولید شده است و بازار تولید سرامیک‌های پیشرفته با استفاده از این روش شکل‌دهی، روزبه‌روز در حال رشد است.

قطعات سرامیکی تولیدشده به روش قالب‌گیری تزریقی می‌توانند ویژگی مکانیکی عالی با وزن مخصوص کم داشته باشند. این محصولات برای



شکل ۸ - میزان تولید و پیچیدگی قطعات بر اساس روش شکل‌دهی

شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی

همان‌طور که در شکل ۸ می‌بینید، برای تولید محصولات با پیچیدگی بالا و در تعداد زیاد، روش قالبگیری تزریقی کاربرد بیشتری دارد. در شکل ۹ انواع محصولات سرمایی با ویژگی‌های منحصر به فرد تولید شده به روش قالبگیری تزریقی آورده شده است.



سختی بالا

پیچیدگی

در اندازه‌های میکرو

انعطاف پذیری

شکل ۹- انواع محصولات قالبگیری تزریقی با ویژگی‌های منحصر به فرد

در جدول ۱ مقایسه دیسک قهوه ساب صنعتی فلزی و سرمایی تولید شده به روش قالبگیری تزریقی نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه دیسک قهوه ساب فلزی و سرمایی

| شکل | ویژگی | جنس |
|---|--|---------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - فرایند تولید طولانی شامل ریخته‌گری، ماشین‌کاری، سخت‌کاری و سنگ‌زنی - هزینه بالا - کاهش عملکرد دیسک در حین فرایند سخت‌کاری | فلزی |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - جایگزینی فلز توسط سرامیک تولیدی به روش قالب‌های تزریقی - طول عمر بالاتر قطعه به دلیل سختی بالا - خواص بهتر سنگ‌زنی - مقاومت در برابر مواد شیمیایی | سرامیکی |

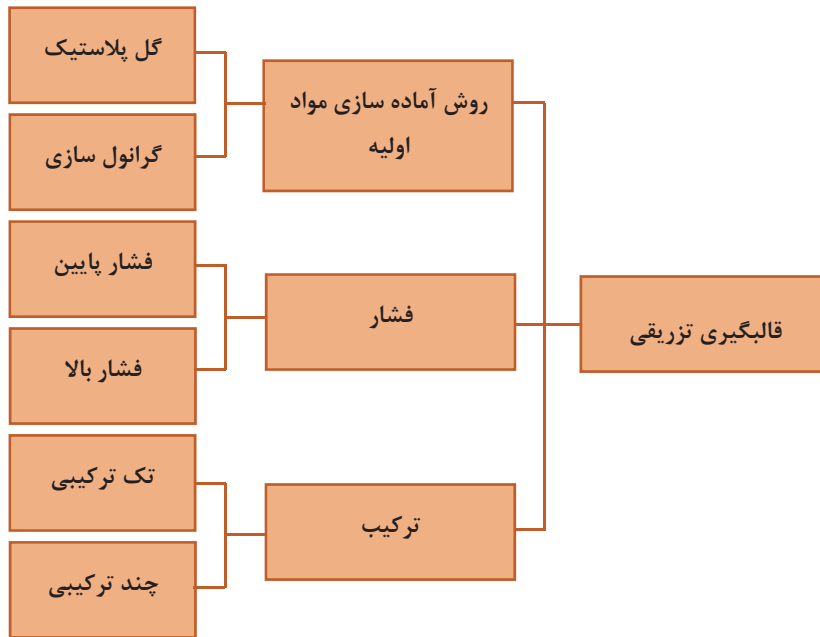
همانند جدول فوق، دو نوع محصول فلزی و سرمایی دیگر را با یکدیگر مقایسه کنید.

تحقیق کنید



قالبگیری تزریقی

فرایند تولید به روش قالبگیری تزریقی بر اساس روش آماده‌سازی مواد اولیه، میزان فشار و ترکیب به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شود.



شکل ۱۰- تقسیم‌بندی فرایند تولید به روش قالبگیری تزریقی

الف) روش آماده‌سازی مواد اولیه

گل پلاستیک : مخلوطی از مواد اولیه بدنه با افزودنی‌هایی مانند آب و روانساز آماده می‌شود. گرانول‌سازی (PIM_۲): مخلوطی از پودر سرامیکی با افزودنی‌هایی مانند حلال، چسب و روان‌کننده‌های آلی بدست می‌آید.

نکته: گرانول از بهم چسبیده شدن ذرات پودر به وجود می‌آیند.

ب) فشار

۱- فشار پایین (LPIM_۲): مقدار فشار تزریق شده به گل بین ۰/۲ الی ۵ مگاپاسکال در نظر گرفته می‌شود که بر اساس میزان پلاستیسیته گل، شکل قطعه مورد نظر از لحاظ سادگی و یا پیچیدگی، اندازه و ضخامت قطعه میزان فشار تغییر می‌کند.

۲- فشار بالا (HPIM_۴): مقدار فشار تزریق شده به گل بیش از ۵ مگاپاسکال در نظر گرفته می‌شود، در صورت کم بودن پلاستیسیته گل یا گرانول، پیچیدگی شکل هندسی قطعه و حتی بر حسب شرایط دستگاه، مقدار فشار تزریق شده تغییر می‌کند.

2 - Powder injection molding

3- Low Pressure injection molding

4 - High Pressure injection molding

شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی



شکل ۱۱: قطعه تک ترکیبی



شکل ۱۲: قطعه دو ترکیبی

ج) ترکیب:

۱- تک ترکیبی

در این روش گل از یک ترکیب تهیه شده و به داخل قالب تزریق می‌شود و کل قطعه ویژگی یکسانی دارد.

۲- چند ترکیبی

در این روش گل با چند ترکیب متفاوت تهیه شده و سپس با توجه به خواص محصول مورد نظر به صورت جداگانه تزریق می‌شود.

گاهی دو یا چند ترکیب هم‌زمان در قالب تزریق می‌شوند.

امروزه با رشد سریع علم و فناوری نیاز به قطعات با چند ویژگی وجود دارد به همین دلیل، روش دو یا چند- ترکیبی نسبت به روش تک ترکیبی در قالبگیری تزریقی رشد سریع‌تری داشته‌است.

استفاده از این روش امکان تولید محصولاتی را فراهم می‌آورد که دارای ویژگی و رفتارهای متفاوتی باشد. به طور مثال، قطعاتی با قسمت‌های رنگی متفاوت، رسانا- نارسانای الکتریکی، مغناطیسی- غیر مغناطیسی، عایق حرارتی- هادی حرارت تولید می‌شود.

در روش چند ترکیبی می‌توان قطعاتی از سرامیک - فلز و سرامیک- پلیمر را نیز تولید کرد.

تحقیق کنید



تصویر و مشخصات چند محصول سرامیکی دو یا چند ترکیبی تولید شده به روش قالبگیری تزریقی را بیابید و در کلاس ارائه دهید.



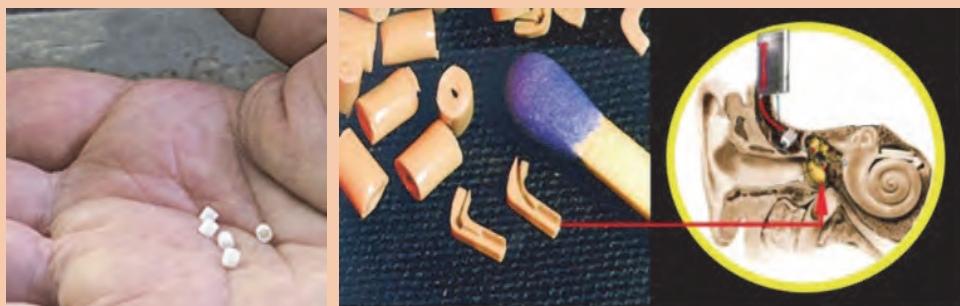
تولید میکروسازه به روش قالبگیری تزریقی

با استفاده از روش شکل‌دهی تزریقی می‌توان قطعاتی با اندازه نسبتاً ریز تولید کرد. این قطعات میکروسازه و این روش، قالبگیری میکرو نامیده می‌شوند. این روش برای شکل‌دهی محصولات بسیار ریز و دقیق (با قسمت‌هایی مانند سوراخ‌ها، دندانه‌ها و یا زوایای بسیار ظریف و خان درون پیچ‌ها) کاربرد دارد.



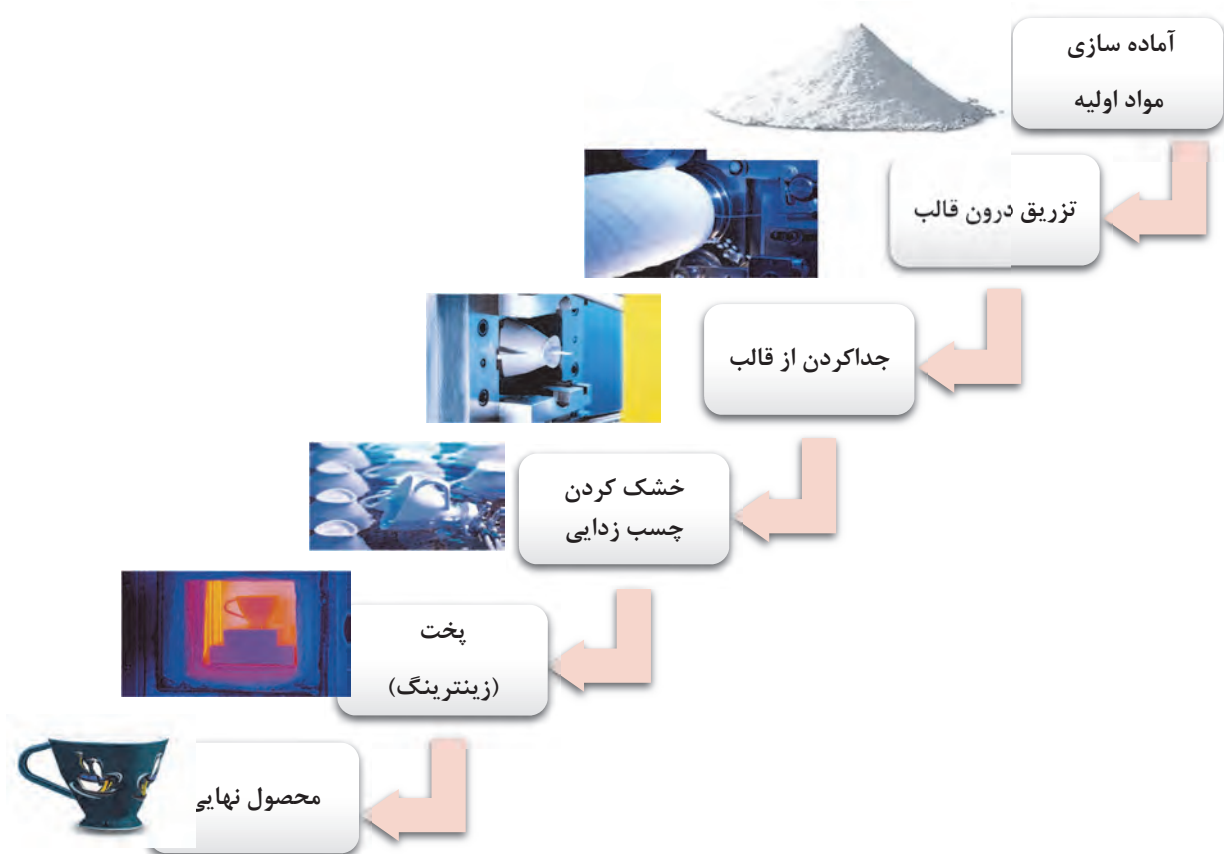
شکل ۱۳- میکروسازه‌های سرامیکی تولیدشده به روش قالبگیری تزریقی

از میکروسازه‌ها در صنایع مختلف مانند رایانه، مخابرات، بیوسرامیک‌ها، میکروسنسورها استفاده می‌شود که قابلیت استفاده در محیط‌های خاص و دشوار حرارتی، شیمیایی و الکتریکی را دارد و در حالی که موادی نظیر: فلزات و پلاستیک‌ها را نمی‌توان استفاده کرد.



شکل ۱۴- میکروسازه‌ای به وزن ۰/۰۰۲۲ گرم مورد استفاده در سمعک

شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی



شکل ۱۵: فرایند ساخت در روش قالبگیری تزریقی

۱- آماده‌سازی مواد اولیه

همان‌طور که گفته شد، مراحل تولید سرامیک‌ها به روش قالبگیری تزریقی بر مبنای روش آماده‌سازی مواد اولیه به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف) گل پلاستیک

در فرایند آماده‌سازی گل پلاستیک، ابتدا با درصد معین آب و خاک و روان‌ساز به کمک بالمیل دوغاب ایده‌آل تهیه می‌شود. سپس به کمک دستگاه فیلترپرس دوغاب را به گلی با میزان معین رطوبت تبدیل می‌شود. آنگاه گل را در مخلوط‌کن دارای پرّه‌های سیگماشکل به مدت نسبتاً طولانی مخلوط می‌کنیم و ورز می‌دهیم.

در مدت زمان مخلوط کردن و ورز دادن علاوه بر ایجاد همگنی در گل، تنش‌های سطحی نیز کم می‌شود. مخلوط‌کن‌های سیگمایی مورد استفاده در این مرحله به صورت تک یا دومحوره هستند.



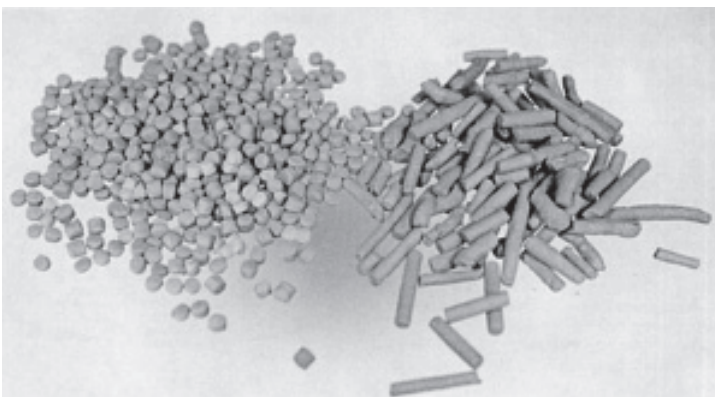
ب) دومحور



الف) تک‌محور

شکل ۱۶: انواع مخلوط‌کن سیگمایی

در نهایت گل‌ها به کمک دستگاه اکسترودر کاملاً هواگیری می‌شوند و به صورت متراکم درمی‌آیند و متناسب با دستگاه شکل‌دهی و خروجی اکسترودر به صورت استوانه‌ای یا گندله یا گرانول خارج می‌شوند. در این مرحله، گل‌ها آماده تزریق به دستگاه قالبگیری هستند. (مطابق با شکل ۱۷)



شکل ۱۷

شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی

ب) گرانول‌سازی

در فرایند گرانول‌سازی، پودر سرامیکی با افزودنی‌هایی مانند چسب، حلال و روان‌کننده‌ای آلی در دستگاه مخلوط‌کن سیگمایی ریخته می‌شود. در مخلوط‌کن پودر سرامیکی با افزودنی‌ها به صورت ترکیب یک‌نواخت و همگن درمی‌آید و گرانول سردشده خارج می‌شود. در شکل ۱۸ فرایند گرانول‌سازی آورده شده است.



شکل ۱۸

نکته

مواد افزودنی در این فرایند جزء مواد ترموپلاست محسوب می‌شوند؛ یعنی این مواد برای ایجاد خاصیت پلاستیسیته باید ذوب شوند. در جدول ۲ چند افزودنی رایج مورد استفاده در روش تزریقی آورده شده است.

جدول ۲: چسب‌ها و مواد افزودنی کاربردی برای روش قالبگیری تزریقی

| چسب اصلی | چسب جزئی | پلاستی‌سایزر | دیگر افزودنی‌ها |
|--------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| پلی پروپیلن | واکس ریز بلور | دی متیل فتالات | اسید استئاریک |
| پلی اتیلن | واکس پارافین | دی اتیل فتالات | اسید اولئیک |
| پلی استر | واکس کانابا | دی بوتیل فتالات | روغن ماهی |
| پلی ونیل استات | | دی اکتی فتالات | ارگانوسیلان |
| پلی متیل متاکریلات | | | ارگانو تیتانات |



کار عملی ۱- آماده‌سازی آمیز بدنه آلومینایی
وسایل مورد نیاز: همزن، ترازوی آزمایشگاهی، تشت متوسط، کاردک، استوانه مدرج
مواد مورد نیاز: پودر آلومینا، پلی پروپیلن، واکس پارافین، اسید استئاریک
شرح فعالیت:
۱- آمیز زیر را با کمک ترازو وزن کنید.

| ماده اولیه | درصد |
|---------------|------|
| پودر آلومینا | ۸۲ |
| پلی پروپیلن | ۸ |
| واکس پارافین | ۸ |
| اسید استئاریک | ۲ |

۲- آمیز را درون مخلوط‌کن بریزید.

۳- فرصت دهید تا به مدت ۲۰ دقیقه مواد درون مخلوط‌کن به خوبی مخلوط شوند.

۴- آمیز خارج‌شده از مخلوط‌کن را درون ظرف درب‌دار ریخته تا در فعالیت عملی بعدی مورد استفاده قرار داده شود.



در جدول ۳ چند ویژگی برای چسب‌های مورد استفاده در آمیز آورده شده است. در گفت‌وگو با همکلاسی‌ها این جدول را تکمیل کنید.

جدول ۳

| ردیف | ویژگی |
|------|---|
| ۱ | خواص شکل‌پذیری آمیز برای تزریق را افزایش دهد. |
| ۲ | باعث یکنواختی آمیزشود (باعث جدایش نشود). |
| ۳ | از چسبیدن قطعه شکل‌گرفته به قالب جلوگیری کند. |
| ۴ | قبل از پخت چسب به طور کامل از قطعه خارج شود. |
| ۵ | با آمیز واکنش مخرب نداشته باشد. |
| ۶ | تغییرات ابعادی و حجمی قطعه حداقل باشد. |
| ۷ | |
| ۸ | |
| ۹ | |



کار عملی ۲- آماده‌سازی آمیز پکینگ زین اسبی
وسایل مورد نیاز: همزن، ترازوی آزمایشگاهی، ظرف با اندازه متوسط، کاردک، استوانه‌مدرج
مواد مورد نیاز: کائولن، بالکلی، فلدسپات، سیلیس
۱- با استفاده از خاک‌های موجود در کارگاه آمیزی مناسب با فرمول بدنه‌های استون‌وری مطابق زیر آماده کنید.

| ماده اولیه | درصد |
|--------------|--------------|
| کانی‌های رسی | ۴۰ - ۶۰ درصد |
| فلدسپات | ۲۵-۳۰ درصد |
| کوارتز | ۲۵-۳۰ درصد |

۲- آمیز را درون مخلوط‌کن ریخته و ۲۵-۲۰ درصد آب به آن اضافه کنید.
۳- آمیز گرانول‌شده توسط مخلوط‌کن را درون یک ظرف دربسته ریخته و تا زمان ریختن داخل دستگاه قالبگیری تزریقی نگهداری کنید.



درمدت زمانی که مخلوط‌کن روشن است از باز کردن در خلوط‌کن خودداری نمایید.

۲- شکل دادن

در روش قالبگیری تزریقی نیازمند استفاده از دستگاه‌های خاصی است که شناخت اجزای دستگاه، قالب و روش تزریق لازم و ضروری است.

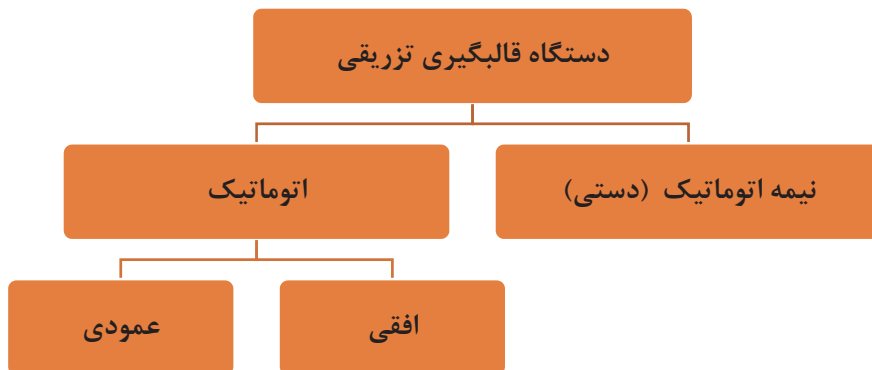
دستگاه قالبگیری تزریقی

تجهیزات و شکل ظاهری دستگاه در این روش شباهت زیادی به دستگاه‌های صنایع تولید قطعات پلاستیک دارد.



شکل ۱۹- دستگاه قالبگیری تزریقی

در این دستگاه، آمیز بعد از ورود از طریق قیف تغذیه با فشار پیستون به درون قالب تزریق می‌شود و قطعه در داخل قالب شکل می‌گیرد. در شکل ۲۰ دستگاه‌های شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی در دو نوع نیمه‌اتوماتیک (دستی) و اتوماتیک نشان داده شده است.



شکل ۲۰- معرفی انواع دستگاه‌های قالبگیری تزریقی

شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی

۱ - نیمه اتوماتیک (دستی)

در این دستگاه باید قالب بر روی دستگاه نصب شود و پس از تزریق گل درون دستگاه و شکل گرفتن گل، مجدداً قالب از دستگاه جدا شده و قطعه خارج شود.



شکل ۲۱- دستگاه نیمه اتوماتیک (دستی) قالبگیری تزریقی

۲- اتوماتیک

در این نوع دستگاه تمامی مراحل بصورت متوالی انجام می‌پذیرد که به شکل‌های افقی و عمودی وجود دارند.



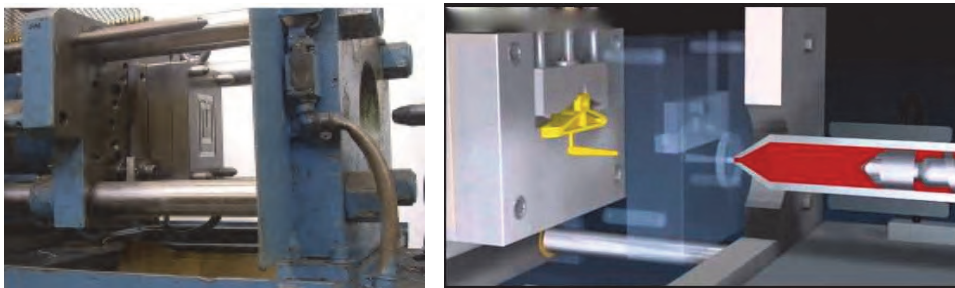
ب) عمودی

الف) افقی

شکل ۲۲- دستگاه قالبگیری تزریقی اتوماتیک

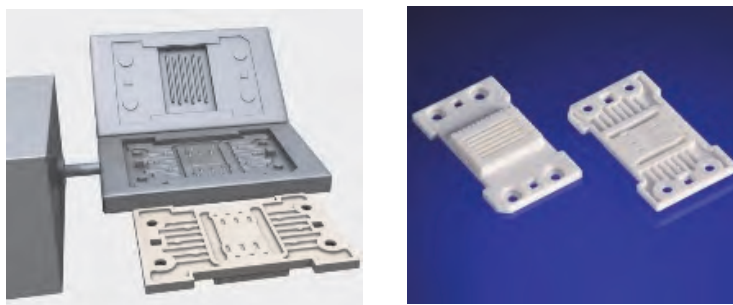
قالب‌ها :

با توجه به این که مواد سرامیکی سختی بالایی دارند، جنس قالب باید از فولاد، آلیاژهایی با سختی بالا یا سرامیک‌های سخت انتخاب می‌شود. همچنین قالب باید در مقابل زنگ‌زدگی مقاوم باشد. در شکل ۲۲ قالب تحت فشار و تزریق را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۲- قالب تحت فشار و تزریق

در شکل زیر قالب و قطعه سرامیکی ساخته‌شده از آن نشان داده شده است.



شکل ۲۴- قطعه شکل‌دهی شده با قالب

تصاویر انواع دستگاه‌ها و قالب‌های مورد استفاده در قالبگیری تزریقی را از منابع موجود جمع‌آوری کنید. آیا از قالب‌هایی با جنس دیگر می‌توان استفاده کرد؟

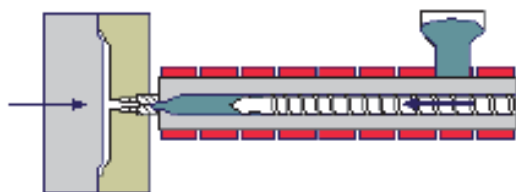
تحقیق کنید



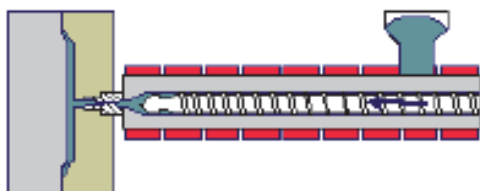
شکل ۲۵- قیچی سرامیکی (آلومینا) شکل‌دهی شده به روش قالبگیری تزریقی

شکل‌دهی به روش قالب‌گیری تزریقی

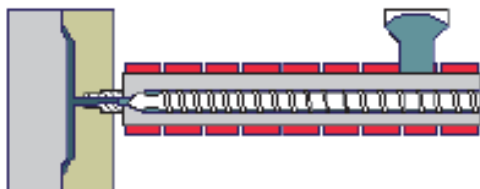
مراحل شکل‌دهی توسط دستگاه قالب‌گیری تزریقی در شکل ۲۶ نشان داده شده است.



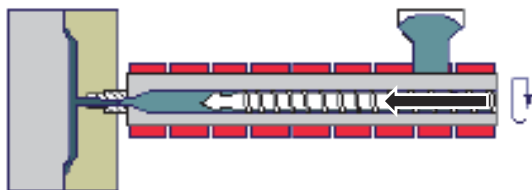
۱- قالب بسته‌شده و حلزونی برای تزریق به جلو حرکت می‌کند.



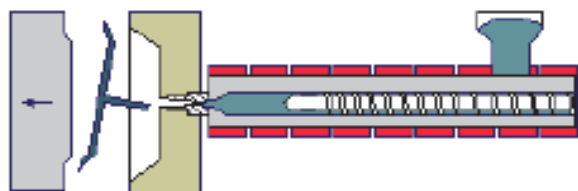
۲- چرخش حلزونی آمیز را به داخل قالب تزریق می‌کند.



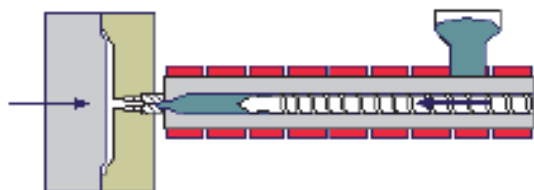
۳- قالب به صورت کامل پر می‌شود.



۴- تزریق و شکل‌گیری قطعه کامل می‌شود.



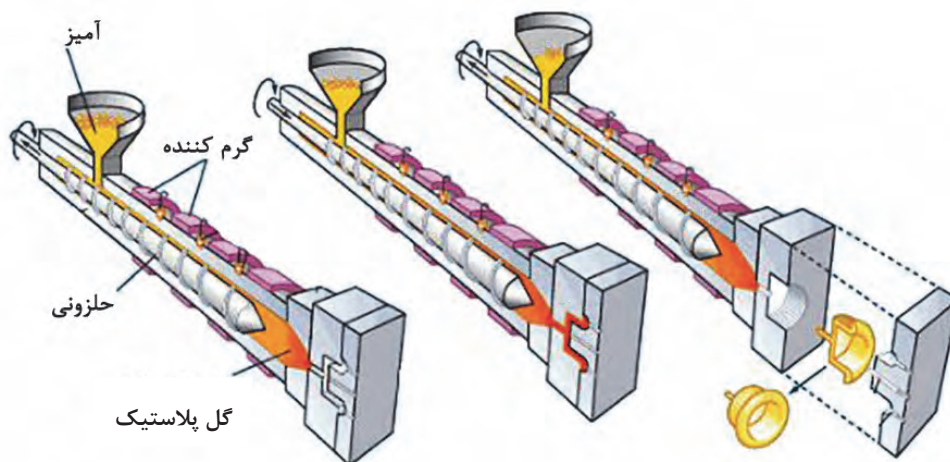
۵- قالب باز شده و قطعه خارج می‌شود.



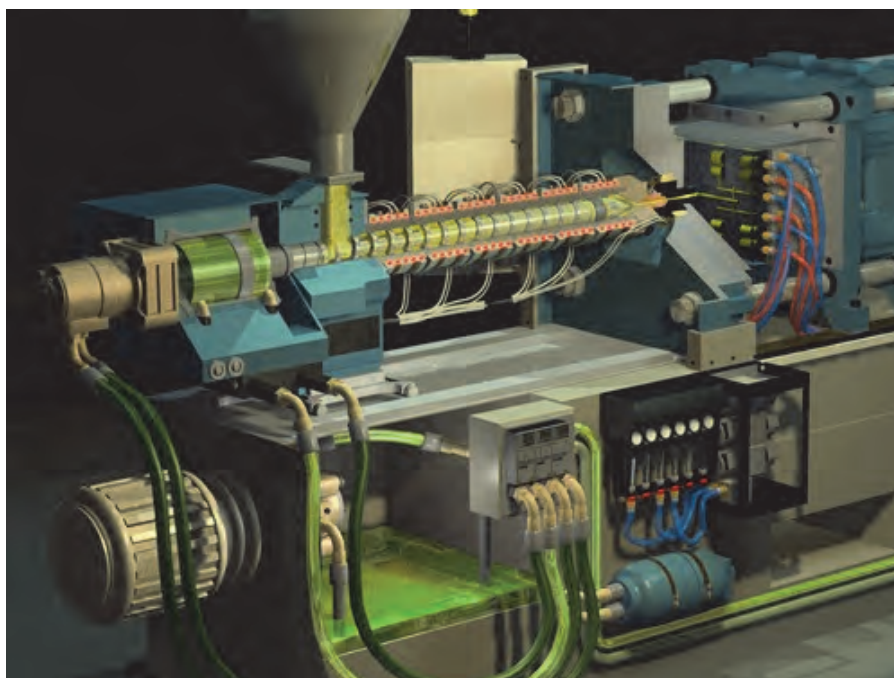
۶- قالب مجدداً بسته می‌شود تا تزریق دوباره انجام گیرد.

شکل ۲۶

در روش قالبگیری تزریقی از مواد گرمانرم (ترموپلاستیک) برای شکل پذیری ترکیب استفاده می کنند (مانند موم پارافین، پلی پروپیلن، پلی اتیلن). این مواد در دستگاه تزریق شده توسط گرمای المنت ذوب می شود و ضمن ایجاد پلاستیسیته و قابلیت شکل پذیری نقش چسب را نیز انجام می دهند. در نهایت، زمانی که قطعه سرد می شود، شکل و انسجام اولیه را خواهد داشت.



شکل ۲۷- شکل گیری قطعه به روش قالبگیری تزریقی



شکل ۲۸- دستگاه قالبگیری تزریقی

شکل دهی به روش قالبگیری تزریقی

در شکل ۲۹ عوامل مؤثر بر شکل دادن قطعه در فرایند شکل دهی توسط دستگاه قالبگیری تزریقی آورده شده است.



شکل ۲۹- عوامل مؤثر بر شکل دهی در روش قالبگیری تزریقی

تأثیر برخی از عوامل مؤثر بر شکل دادن قطعه در روش قالبگیری تزریقی را بررسی کنید.

تحقیق کنید



شکل ۳۰- خشک کن

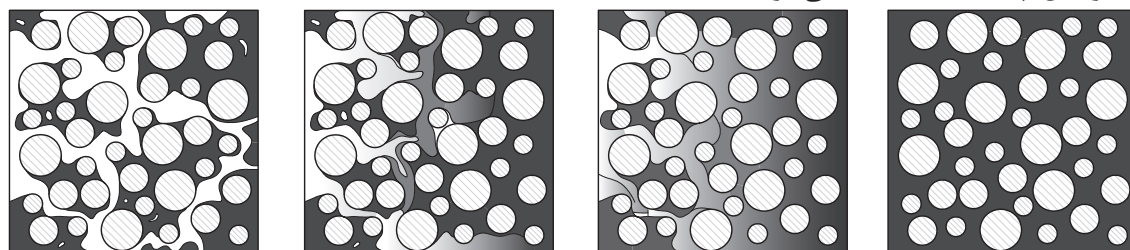
۳- خشک کردن و چسبزدایی در صورت استفاده از آب در فرایند آماده سازی مواد اولیه لازم است که از خشک کن استفاده شود.

با توجه به اینکه در روش قالب‌گیری تزریقی استفاده از چسب‌ها و افزودنی‌های آلی دیگر مانند پلاستی‌سایزرها رایج است، باید فرایند حذف چسب (چسب زدایی) استفاده شود. حذف چسب یا چسب‌زدایی مرحله بحرانی در فرایند ساخت سرامیک‌ها است. چسب‌ها باید به طور کامل بدون از هم‌گسیختگی بدنه و ایجاد هرگونه عیب از بدنه حذف گردند. برای چسب‌زدایی دو روش زیر به کار می‌رود:

۱- خارج کردن چسب با حلال

۲- خارج کردن چسب با کمک حرارت

خارج کردن چسب با کمک حلال: به طور معمول در این روش از چند چسب استفاده می‌شود و هر یک از آنها دارای حلالیت و دمای تجزیه شدن متفاوت هستند. وقتی یک قطعه داخل یک حلال قرار می‌گیرد، یک جزء از دو جزء چسب توسط حلال از قطعه خارج می‌شود و ساختاری با تخلخل به جا می‌گذارد و قطعه برای سوختن چسب بعدی آماده می‌شود.



مرحله نهایی

مرحله میانی

مرحله ابتدایی

قطعه خام

شکل ۳۱- مراحل خارج کردن چسب با کمک حلال

خارج کردن چسب با حرارت

در این روش از طریق حرارت‌دهی چسب تجزیه شده و به شکل بخار از بدنه خارج می‌شود. در شکل ۳۲ دستگاهی نشان داده شده است که عملیات خشک‌کردن، چسب‌زدایی و پیش‌پخت را انجام می‌دهد.



شکل ۳۲

شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی

چسب‌زدایی حرارتی در سه مرحله انجام می‌شود:

- ۱- چسب در دمای ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده می‌شود و به نقطه نرم شدن می‌رسد. تجزیه شیمیایی و حذف چسب در این مرحله ناچیز است.
- ۲- از دمای ۲۰۰ تا ۴۰۰ درجه سلسیوس اکثر چسب‌ها تجزیه و تبخیر می‌شوند.
- ۳- چسب کمی در بدنه باقی می‌ماند که از طریق تبخیر و تجزیه در دما بالای ۴۰۰ درجه سلسیوس از بدنه خارج می‌شود.

پخت (زینتر کردن)

مرحله پایانی فرایند قالبگیری تزریقی، پخت است. در این مرحله تمام ناخالصی‌های موجود از قطعه خارج شده و قطعه ضمن تراکم یافتن، منقبض می‌شود و استحکام نهایی خود را پیدا می‌کند.



شکل ۳۳- پخت قطعه تولید شده به روش قالبگیری تزریقی



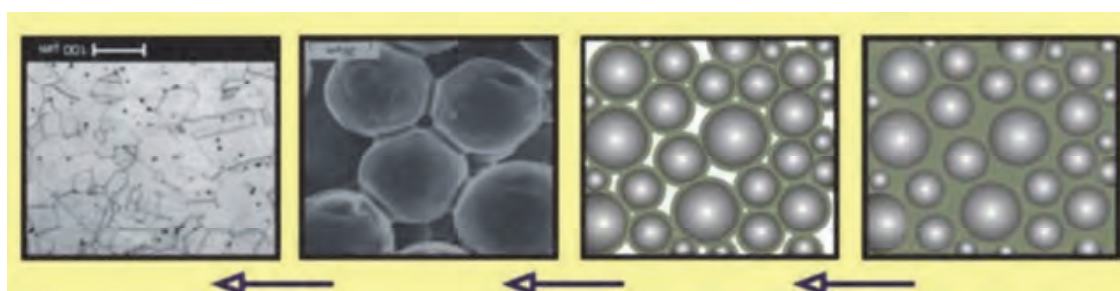
قطعه پخته و زینتر شده



قطعه چسب‌زدایی شده



قطعه خام



شکل ۳۴- مراحل پخت و تراکم قطعه

با توجه به تصویر فوق، تفاوت‌های بین قطعه خام و پخته‌شده را بیان کنید.

تحقیق کنید





شکل ۳۵- کوره پخت

مزایا و معایب روش شکل‌دهی قالب‌های تزریقی

جدول ۴: مزایا و معایب روش قالبگیری تزریقی

| مزایا/معایب | توضیحات |
|-------------|--|
| مزایا | ۱- ساخت قطعات سرامیکی با اشکال خیلی پیچیده |
| | ۲- امکان تولید اقتصادی و مقرون به‌صرفه برای محصولات دقیق و با کاربرد خاص |
| | ۳- یکنواختی خواص محصولات |
| | ۴- تولید محصولات با کیفیت سطح عالی |
| | ۵- امکان تولید قطعات با اندازه‌های مختلف |
| | ۶- افزایش راندمان تولید |
| | ۷- تولید محصولات با خواص مطلوب |
| | ۸- امکان تولید قطعات با ترکیب‌های مختلف |
| معایب | ۱- بالا بودن هزینه تولید ماده اولیه (پودر) |
| | ۲- چرخه تولید چند مرحله‌ای (فرایند تولید چند مرحله‌ای) |

کار عملی ۳- شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی
مواد اولیه تهیه‌شده در فعالیت ۱ و ۲ را به کمک دستگاه قالبگیری تزریقی شکل‌دهی کنید.

فعالیت
کارگاهی





کار عملی ۴- ساخت بدنه آلومینایی
وسایل لازم برای انجام فعالیت: ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۱/۱ گرم، الک مش ۲۰۰، استوانه مدرج، همزن دستی و یا برقی، مخلوط‌کن، دستگاه تزریقی، خشک‌کن آزمایشگاهی، کوره
مواد اولیه مورد نیاز: آلومینا با خلوص ۹۹/۵، اکسید منیزیم، پلی اتیلن سبک، واکس پارافین، واکس کارابانا، موم نخل، قیر، اسید استئاریک
شرح فعالیت:
۱- ترکیب زیر را برای ساخت بدنه آلومینایی به روش قالبگیری تزریقی انتخاب کنید.

| درصد | اجزا | درصد حجمی آمیز | ترکیب |
|-------|----------------------|----------------|--------------|
| ۹۹/۹۰ | آلومینا با خلوص ۹۹/۵ | ۵۵ | پودر سرامیکی |
| ۰/۲۵ | اکسید منیزیم | | |
| ۳۳ | پلی اتیلن سبک | ۴۵ | چسب |
| ۳۳ | واکس پارافین | | |
| ۲۰ | واکس کارابانا | | |
| ۹ | موم نخل | | |
| ۳ | قیر | | |
| ۲ | اسید استئاریک | | |

- ۲- پودر سرامیکی در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس خشک شود و از الک با مش ۲۰۰ عبور داده شود.
- ۳- چسب و پودر سرامیکی را با کمک مخلوط‌کن گرانول کنید.
- ۴- ترکیبی با فشار ۰/۷ مگاپاسگال شکل دهید.
- ۵- قطعه شکل داده شده در دمای ۴۵ درجه سلسیوس را چسب‌زدایی کنید.
- ۶- قطعه را به کمک کوره و در دمای ۱۶۰۰ درجه سلسیوس حرارت دهید و کوره را به نحوی تنظیم کنید که هر یک ساعت ۱۰۰ درجه سلسیوس افزایش یابد.

- ۱- مواظب باشید روان سازها و چسب‌ها با پوست شما تماس نداشته باشند، چون ممکن است باعث بروز بیماری‌های پوستی شود.
- ۲- بعضی از چسب‌ها قابلیت احتراق دارند، نزدیک شعله و محیط داغ نگهداری نکنید.





کار عملی ۵- ساخت یک قطعه تزئینی (پریان) به روش قالبگیری تزریقی
وسایل لازم برای انجام فعالیت: ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم، الک مش ۲۰۰، استوانه مدرج،
همزن دستی و یا برقی، مخلوط‌کن، دستگاه تزریقی، خشک‌کن آزمایشگاهی، کوره
مواد اولیه مورد نیاز: فلدسپات، کائولن، کوارتز و سدیم سیلیکات
شرح فعالیت:
۱- آمیز زیر را برای ساخت یک مجسمه پریانی به روش قالبگیری تزریقی وزن کنید.

| درصد | اجزا | درصد اجزا | ترکیب |
|----------|--------------|------------|---------|
| ۷۵-۶۵ | فلدسپات | ۸۰-۷۰ | آمیز |
| ۲۰-۱۰ | کائولن | | |
| ۲۰-۱۰ | کوارتز | | |
| | | ۳۰-۲۰ | آب |
| ۰/۲-۰/۳۵ | سدیم سیلیکات | ۰/۲۵- ۰/۳۵ | روانساز |

- ۲- خاک‌ها را از الک با مش ۲۰۰ عبور دهید.
- ۳- روان‌ساز سدیم سیلیکات را در آب نیمه‌گرم حل کنید.
- ۴- خاک‌ها را درون محلول حاوی آب و روان‌ساز بریزید.
- ۵- آمیز را با همزن به خوبی هم بزنید.
- ۶- حداقل به مدت ۲۴ ساعت بگذارید آمیز بماند (اگر زمان ماندن بیشتر باشد، عملیات شکل‌دهی بهتر انجام می‌شود).
- ۷- با قالب تزریقی شکل دهی را انجام دهید.
- ۸- قطعه خارج شده از قالب درون خشک‌کن با دمای ۴۵-۵۵ سلسیوس قرار داده شود.
- ۹- قطعه را در محدوده دمایی ۱۱۰۰-۱۲۵۰ درجه سلسیوس پخت نمایید.



در صورتی که قطعه پس از خارج کردن از قالب نیاز به پرداخت داشت، پرداخت گردد.



کار عملی ۶: ساخت یک قطعه الکتريکی به روش قالبگیری تزریقی
وسایل لازم برای انجام فعالیت: ترازو آزمایشگاهی با دقت ۱/ گرم، الک مش ۲۰۰، استوانه مدرج، همزن دستی و یا برقی، مخلوط‌کن، دستگاه تزریقی، خشک‌کن آزمایشگاهی، کوره مواد اولیه مورد نیاز: فلدسپات، کائولن، کوارتز، سدیم سیلیکات
شرح فعالیت:

۱- آمیز زیر را برای ساخت یک قطعه الکتريکی به روش قالبگیری تزریقی وزن کنید.

| درصد | اجزاء | درصد اجزاء | ترکیب |
|----------|--------------|------------|---------|
| ۲۵-۳۵ | فلدسپات | ۷۰-۸۰ | آمیز |
| ۵۰-۳۰ | کائولن | | |
| ۲۵-۳۵ | کوارتز | | |
| | | ۲۰-۳۰ | آب |
| ۰/۲-۰/۳۵ | سدیم سیلیکات | ۰/۲۵-۰/۳۵ | روانساز |

۲- خاک‌ها را از الک با مش ۲۰۰ عبور دهید.

۳- روانساز سدیم سیلیکات را در آب ولرم حل کنید.

۴- خاک‌ها را درون محلول حاوی آب و روانساز بریزید.

۵- آمیز را با همزن بخوبی هم بزنید.

۶- حداقل به مدت ۲۴ ساعت بگذارید آمیز بماند (اگر زمان ماندن بیشتر باشد عملیات شکل‌دهی بهتر انجام می‌شود).

۷- با قالب تزریقی شکل دهید.

۸- قطعه خارج شده از قالب درون خشک‌کن با دمای ۴۵-۵۵ سلسیوس قرار داده شود.

۹- قطعه در محدوده دمائی ۱۲۵۰-۱۱۰۰ درجه سلسیوس پخت نماید.

ارزشیابی شایستگی شکل‌دهی به روش قالبگیری تزریقی

شرح کار:

آماده سازی آمیز
شکل دادن قطعات به روش قالبگیری تزریقی
انواع دستگاه قالبگیری تزریقی
معایب و مزایای روش قالبگیری تزریقی

استاندارد عملکرد:

مهارت آماده سازی ترکیب آمیز و تولید قطعه به روش قالبگیری تزریقی
شاخص‌ها:
کار با دستگاه قالبگیری تزریقی و تولید قطعه بدون عیب

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط:

فضای مناسب و عاری از آلودگی جهت نگهداری دستگاه قالبگیری تزریقی- کارگاه استاندارد- رعایت تمامی نکات ایمنی

ابزار و تجهیزات:

دستگاه قالبگیری تزریقی، ترازو آزمایشگاهی با دقت ۱/۱۰ گرم، الک با مش ۲۰۰، استوانه مدرج، مخلوط کن، خشک کن آزمایشگاهی، کوره

معیار شایستگی:

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|------|--|-----------------------|------------|
| ۱ | آماده کردن آمیز | ۱ | |
| ۲ | شکل دادن قطعات با قالبگیری تزریقی | ۲ | |
| ۳ | کنترل نهایی | ۱ | |
| | شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: | ۲ | |
| | دقت عمل و صحت- لباس کار و کفش ایمنی مسئولیت‌پذیری- رعایت موارد زیست محیطی | | |
| | میانگین نمرات | | * |

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

- ۱- برنامه درسی رشته سرامیک - دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۳.
- ۲- بنگیسو، مورات. ترجمه محمد ابراهیم ابراهیمی، سرامیک‌های مهندسی، نشر دانش پویان جوان.
- ۳- تشکری، شعبانعلی. چینی الکتریکی، نشر تحقیقات منابع سرامیک ایران.
- ۴- پایدار، حسین. تکنولوژی فرآورده‌های چینی، نشر دانشگاه آزاد اسلامی شهر مجلسی، ۱۳۸۷.
- ۵- سربولکی، حسین. شکل دادن و پخت سرامیک‌ها، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۳.
- ۶- صلاحی، اسماعیل. غفاری، مهران. نعمتی، حمیدرضا. آشنایی با تئوری و تکنولوژی ساخت پرسلان‌ها، نشر روزبهان، ۱۳۸۷.
- ۷- قصابی، حسین. آزمایشگاه مواد اولیه سرامیک، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲.
- ۸- کشمیری، مهرداد. مواد اولیه سرامیک، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۰.
- ۹- کلانتر، مهدی. سرامیک‌های سازه‌ای دما بالا، نشر دانشگاه یزد، ۱۳۸۷.
- ۱۰- متین، مهران. رحیمی، افسون. تکنولوژی سرامیک‌های ظریف، نشر شرکت سهامی انتشار، ۱۳۹۳.

11. Handle, F. Extrusion in ceramics, Springer, 2009.

12. King, A.G. Ceramic Technology and Process, Noyes Publications, 2002.

13. Shackelford, J.F. Ceramic and glass materials, Springer, 2002.

14. Singer, F. Industrial Ceramics Springer.

15. Terpstra, R. A., Pox, P. P.A. C., Devries, A. H. Ceramic Processing, Springer, 1995

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

وب گاه: www.tvoccd.medu.ir

دسترزاینف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش

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

استان: قزوین

آقایان: محمد حسن نجاری، علیرضا ابراهیم آبادی

استان: یزد

آقای: علیرضا کریم بیگی

استان: فارس

آقایان: محمد خسروی، مهدی رستگار

