

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



تولید سرامیک به روش پلاستیک

رشته سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه ای

پایه دهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



نام کتاب: تولید سرمایه به روش پلاستیک - ۲۱۰۵۱۱

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 میبیدی، هادی برزگر بفروبی، حمید تقی پور ارمکی، ندی دیده‌ور، محمود

سالاریه، ناصر ضیاییان مفید (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

غلامرضا امامی میبیدی، هادی برزگر بفروبی، سمیرا دادستان، محمود سالاریه، شراره شادان‌فر،

الهام صمدبین، ناصر ضیاییان مفید، مهدی حیدری باقرآبادی، فاطمه رعیت رکن آبادی و محسن

فلاح‌زاده فراشاهی (اعضای گروه تألیف) - مهران غفاری و ندی دیده‌ور (ویراستار فنی)، محمد

محمودی (ویراستار ادبی)

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

شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) - رضوان جهانی (صفحه‌آرا) - مریم کیوان (طراح جلد) - سیدمرتضی

میرمجیدی (رسم فنی) - نسرین اصغری (عکاس)

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

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

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

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

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

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

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ دوم 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، عکس برداری، 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.



ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی «قَدَسَ سِرَّةُ»



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.

پودمان ۱. تعیین پلاستیسیته	۱
واحد یادگیری ۱: انجام آزمایش‌های پلاستیسیته	۲
واحد یادگیری ۲: تعیین عوامل مؤثر بر پلاستیسیته	۲۶
پودمان ۲. شکل‌دهی اکستروژن	۳۹
واحد یادگیری ۱: عملیات راه‌اندازی دستگاه اکسترودر	۴۰
واحد یادگیری ۲: اجرای عملیات شکل‌دهی اکستروژن	۵۷
پودمان ۳. شکل‌دهی به روش تراش	۷۱
واحد یادگیری ۱: عملیات راه‌اندازی دستگاه تراش	۷۲
واحد یادگیری ۲: اجرای عملیات شکل‌دهی روش تراش	۸۲
پودمان ۴. شکل‌دهی به روش جیگر و جولی	۹۷
واحد یادگیری ۱: آماده‌سازی دستگاه جیگرو جولی	۹۸
واحد یادگیری ۲: اجرای عملیات شکل‌دهی با جیگرو جولی	۱۲۱
پودمان ۵. شکل‌دهی نوین سرامیک به روش پلاستیک	۱۳۹
واحد یادگیری ۱: شکل دادن سرامیک‌ها به روش قالب‌گیری تزریقی	۱۴۰
واحد یادگیری ۲: شکل‌دهی با استفاده از چاپگر سه بعدی CNC	۱۵۹
منابع	۱۷۴

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته سرامیک طراحی و براساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دهم 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 هریک از واحدهای یادگیری پس 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 از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزاء بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار 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 براساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «تعیین پلاستیسیته» است. در واحد یادگیری اول انجام آزمون‌های پلاستیسیته و در واحد یادگیری دوم تعیین عوامل مؤثر بر پلاستیسیته شرح داده شده است.

پودمان دوم: عنوان «شکل‌دهی اکستروژن» دارد در واحد یادگیری اول عملیات راه‌اندازی دستگاه اکسترودر و در واحد یادگیری دوم اجرای عملیات شکل‌دهی اکستروژن آموزش داده شده است.

پودمان سوم: دارای عنوان «شکل‌دهی به روش تراش» است. در این پودمان ابتدا عملیات راه‌اندازی دستگاه تراش و سپس اجرای عملیات شکل‌دهی تراش به صورت گام به گام آموزش عملی و تئوری داده شده است.

پودمان چهارم: «شکل‌دهی به روش جیگروچولی» نام دارد. که در واحد یادگیری اول آماده‌سازی

سخنی با هنرآموزان گرامی

دستگاه جیگروچولی و در واحد یادگیری دوم اجرای عملیات شکل دهی با جیگروچولی شرح و آموزش داده شده است.

پودمان پنجم: با عنوان «شکل دهی نوین سرامیک به روش پلاستیک» است که در آن هنرجویان ابتدا با شکل دادن سرامیک ها به روش قالب گیری تزریقی به صورت عملی آشنا می شوند. در واحد یادگیری دوم شکل دهی با استفاده از چاپگر سه بعدی و CNC آموزش عملی داده می شود. امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر برنامه ریزی و تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش



نظر سنجی کتاب درسی

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 است:

۱- شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند روش‌های شکل‌دهی نوین سرامیک به روش پلاستیک

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، دومین 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 پلاستیک 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. 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.

سخنی با هنرجویان عزیز

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزاء بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می باشد که برای انجام فعالیت های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می توانید 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 می توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت های یادگیری در ارتباط با شایستگی های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی های یادگیری مادام العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی ها را در کنار شایستگی های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت های یادگیری به کار گیرید. رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است؛ لذا توصیه های هنرآموز محترمتان درخصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی گام های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثری شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر برنامه ریزی و تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش



پودمان ۱

تعیین پلاستیسیته



از جمله ویژگی‌های مهم برای شکل‌دهی و تولید انواع محصولات، قابلیت شکل‌پذیری (پلاستیسیته) است؛ تعیین پلاستیسیته و عوامل مؤثر بر آن، در تولید سرامیک‌ها به روش پلاستیک اهمیت زیادی دارد به‌طوری‌که متناسب با نوع محصول و روش شکل‌دهی مقدار پلاستیسیته مورد نیاز متفاوت است. برای تعیین پلاستیسیته آزمون‌های زیادی پیشنهاد شده است. متداول‌ترین این آزمون‌ها براساس اندازه‌گیری مقدار رطوبت لازم برای ایجاد پلاستیسیته است.

واحد یادگیری ۱

انجام آزمایش‌های پلاستیسیته

در این واحد یادگیری ابتدا با نحوه آماده‌سازی گل پلاستیک آشنا شده و سپس در ادامه دانش و مهارت تعیین پلاستیسیته به روش‌های متداول که در تولید سرامیک‌ها به روش پلاستیک مورد توجه قرار دارد، توضیح داده شده است.

استاندارد عملکرد

■ آماده‌سازی گل پلاستیک و انجام آزمون‌های تعیین پلاستیسیته مطابق با استاندارد ملی ایران

آماده‌سازی گل با قابلیت شکل‌پذیری

بسیاری از شرایط و ویژگی‌هایی که یک محصول نهایی باید داشته باشد، وابسته به آماده‌سازی صحیح مواد اولیه است. گل شکل‌پذیر به دو روش آماده‌سازی می‌شود.

الف) روش دستی

ب) روش مکانیکی

آماده‌سازی گل شکل‌پذیر به روش دستی در کارگاه

در این روش بیشتر مراحل به روش دستی انجام می‌گیرد و از تجهیزات صنعتی کمتر استفاده می‌شود. مراحل آماده‌سازی گل شکل‌پذیر به روش دستی در نمودار ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱- آماده‌سازی گل شکل‌پذیر به روش دستی

فکر کنید



نکته

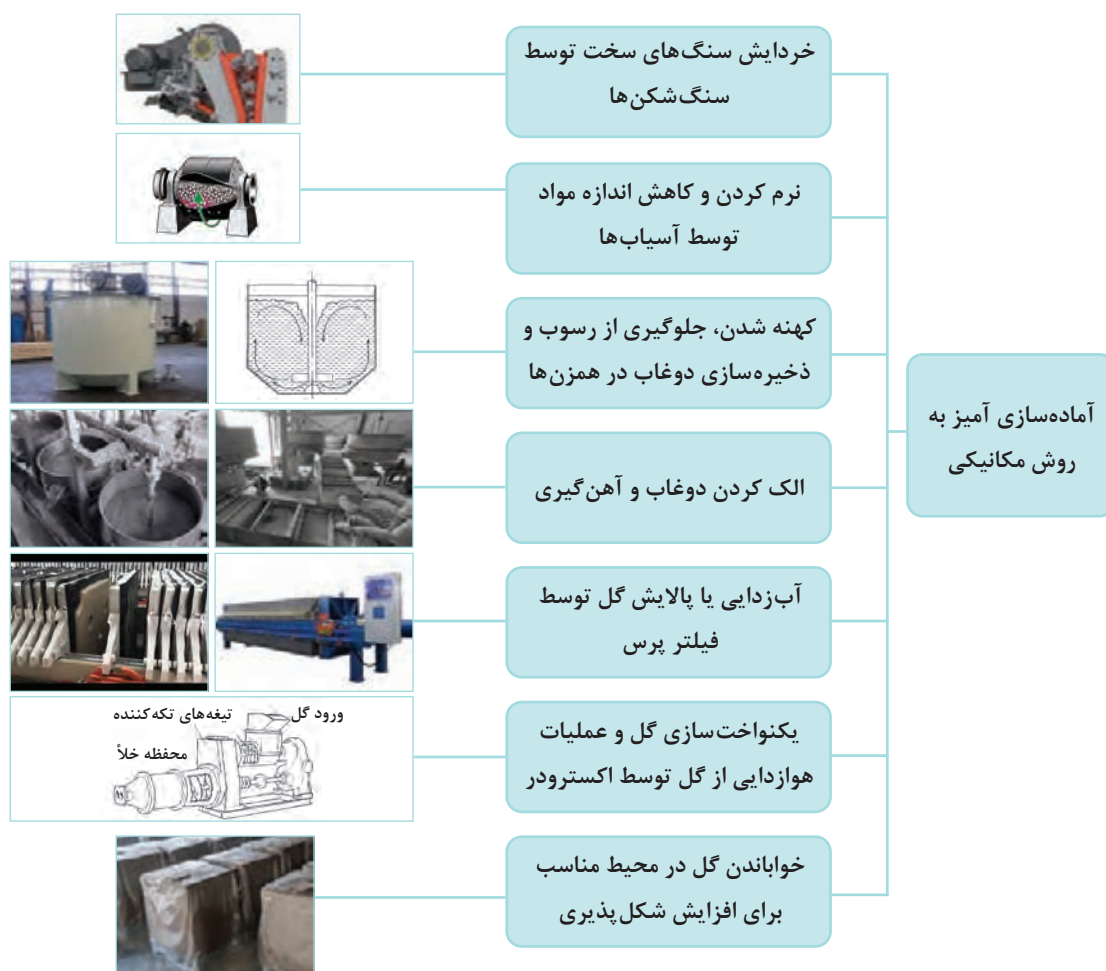


به نظر شما، مدت زمان ماندگاری خاک رس در آب به چه عواملی بستگی دارد؟

برای شست و شوی دوغاب باید به آن زمان دهید تا ذرات رس ته نشین شوند و روی ظرف، آب داشته باشیم، در این حالت می‌توانید نسبت به جداسازی آب زلال یا گل‌آلود اقدام کنید تا مواد محلول از دوغاب خارج گردد. برای جداسازی بهتر مواد محلول در آب این کار را چند بار انجام دهید.

آماده‌سازی آمیز شکل‌پذیر به روش مکانیکی

برای آماده‌سازی آمیز شکل‌پذیر در این روش، از ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی استفاده می‌شود (نمودار ۲). سرعت تولید و کیفیت آمیز در این حالت نسبت به دستی بیشتر است.



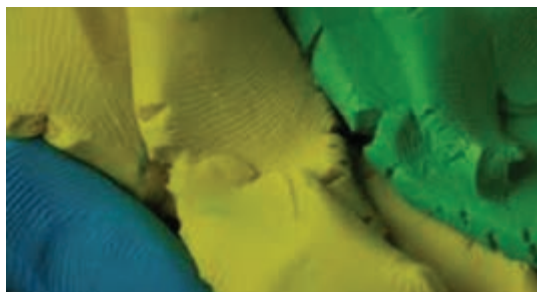
نمودار ۲- آماده‌سازی آمیز سرامیکی به روش مکانیکی

شکل پذیری

به تصاویر زیر نگاه کنید و به سؤالات پاسخ دهید.
به نظر شما قابلیت شکل پذیری این خمیرهای بازی در شکل ۱ یکسان است؟



ب



الف

شکل ۱- شکل پذیری خمیر اسباب بازی

به نظر شما کدام حالت در شکل ۲ برای شکل دهی خمیر نان مناسب تر است؟



ب



الف

شکل ۲- شکل پذیری خمیر نان

برای تولید یک محصول سرامیکی به روش پلاستیک کدام گل در شکل ۳ مناسب تر است؟



ب



الف

شکل ۳- شکل پذیری گل رس

در تمامی تصاویری که تاکنون مشاهده کردید قابلیت شکل پذیری یا پلاستیسیته اهمیت دارد.

پلاستیسیته

ویژگی پلاستیسیته^۱ ماده را قادر می‌سازد در اثر یک نیروی خارجی تغییر شکل پیدا کند، به طوری که بعد از حذف یا کاهش نیرو همچنان شکل خود را حفظ کند؛ بدون آنکه از هم گسیخته شود.

فکر کنید



آیا پلاستیسیته گل به کار رفته برای شکل‌دهی در شکل ۴ مناسب بوده است؟



ب



الف

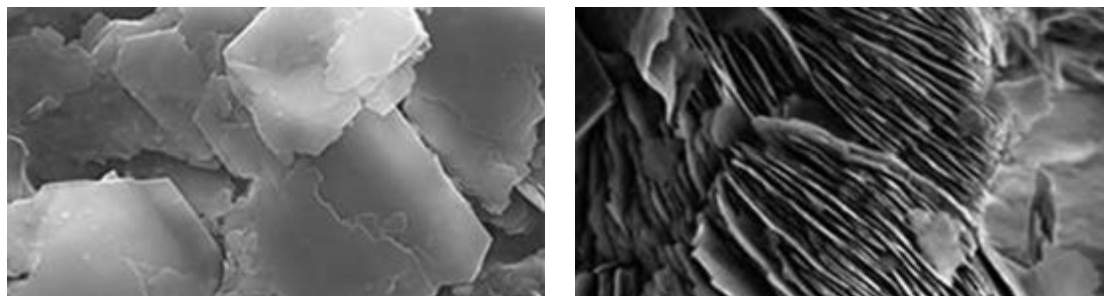
شکل ۴- نمونه‌های شکل‌دهی شده با گل رس

مواد اولیه صنعت سرامیک را از نظر پلاستیسیته می‌توان به سه دسته پلاستیک، نیمه پلاستیک و غیر پلاستیک تقسیم‌بندی کرد که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- دسته‌بندی مواد اولیه صنعت سرامیک از نظر پلاستیسیته

دسته‌بندی براساس پلاستیسیته	ماده اولیه
پلاستیک	کائولن
	بالکلی
	رس‌های قرمز
	رس دیرگداز
	بنتونیت
نیمه پلاستیک	تالک
	پیروفیلیت
	سیلیس
غیر پلاستیک	آلومینا
	فلدسپات‌ها

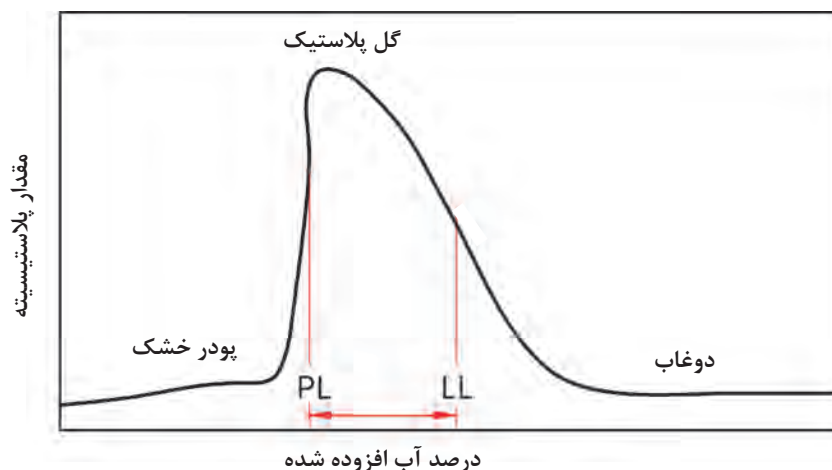
مهم‌ترین ویژگی رس‌ها خاصیت پلاستیسیته است. در شکل ۵ تصاویر میکروسکوپی کائولن نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود شکل ذرات رس ورقه‌ای است که با افزودن آب به سهولت می‌توانند بر روی هم بلغزند.



شکل ۵- تصویر میکروسکوپی کائولن

آب پلاستیسیته

رطوبت رس با در نظر گرفتن میزان آب افزوده شده تغییر می‌کند. با افزودن آب، رس از حالت خشک به حالت نیمه‌خشک، پلاستیک و دوغاب تبدیل می‌شود. مقدار آبی که باعث می‌شود گل خاصیت پلاستیسیته داشته باشد آب پلاستیسیته نامیده می‌شود. مقدار آب پلاستیسیته محدوده مشخصی دارد که اصطلاحاً به آن محدوده آب پلاستیسیته گفته می‌شود. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌کنید اگر مقدار آب مصرفی کمتر از این محدوده باشد پلاستیسیته کاهش می‌یابد و گل بسیار سفت می‌شود، همچنین اگر مقدار آب مصرفی بیشتر از محدوده آب پلاستیسیته باشد گل موردنظر بیش از حد نرم شده و استحکام قطعه حاصل از آن مناسب نخواهد بود. در این شکل محدوده آب پلاستیسیته^۱ با $PL - LL$ نشان داده شده است.



شکل ۶- تغییرات پلاستیسیته رس با میزان آب افزوده شده

۱- Plastic Limit

مقدار آب پلاستیسیته به نوع رس بستگی دارد. در جدول ۲ محدوده آب پلاستیسیته رس‌های مختلف آورده شده است.

جدول ۲- درصد آب پلاستیسیته رس‌های مختلف

درصد آب پلاستیسیته	نوع رس
۳۶-۴۵	کائولن شسته نشده
۴۴-۴۷	کائولن شسته شده
۳۵-۵۳	بالکلی
۳۲/۵-۳۸	رس‌های نسوز
۱۴/۵-۳۷/۵	رس‌های آجری

فکر کنید



چرا درصد آب پلاستیسیته در کائولن شسته شده نسبت به کائولن شسته نشده بیشتر است؟

پلاستی سائزر^۱

در صورتی که مواد اولیه، تأمین کننده پلاستیسیته مورد نظر برای تولید بدنه سرامیکی نباشند، لازم است که مواد دیگری به مخلوط مواد اولیه افزوده شود. افزودنی‌ها، مواد اصلی تشکیل دهنده اجزای بدنه‌های سرامیکی نیستند اما برای ایجاد ویژگی مورد نظر در بدنه نقش بسزایی دارند. از جمله این افزودنی‌ها، پلاستی سائزرها هستند. پلاستی سائزرها با ایجاد لایه نازکی بین ذرات، پلاستیسیته را افزایش می‌دهند. انواع پلاستی سائزرها عمدتاً به صورت ترکیبات آلی هستند. البته پلاستی سائزرهای غیر آلی نظیر فسفات‌ها و سودا نیز کاربرد دارند. در جدول ۳ انواع پلاستی سائزرها معرفی شده است.

جدول ۳- برخی از پلاستی سائزرهای متداول در مقایسه با آب

پلاستی سائزر	نقطه جوش (°C)	پلاستی سائزر	نقطه جوش (°C)
آب	۱۰۰	گلیسرول	۲۹۰
اتیلن گلیکول	۱۹۷	ترا اتیلن گلیکول	۳۲۷
دی اتیلن گلیکول	۲۴۵	تری اتیل گلیکول	۲۸۸
دی متیل فنالات	۲۸۴	دی بوتیل فنالات	۳۴۰

چرا نقطه جوش پلاستی سائزرها اهمیت دارد؟

گفت‌وگو
کنید

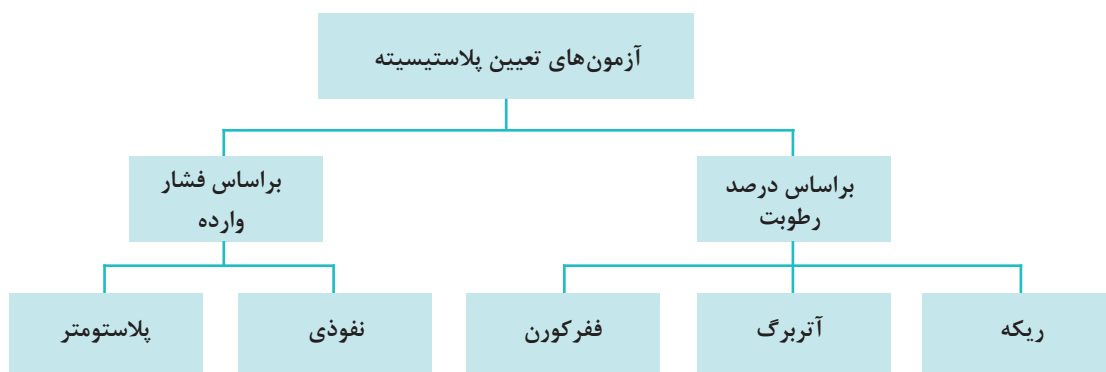


روش‌های تعیین پلاستیسیته



شکل ۷- دستگاه‌های کاربردی برای تعیین پلاستیسیته

آیا تعیین دقیق پلاستیسیته دارای اهمیت است؟
آیا شکل‌پذیری گل را می‌توان به‌طور دقیق با دست و بررسی ظاهری گل تعیین کرد؟
میزان شکل‌پذیری برای تولید بدنه‌های مختلف به روش پلاستیک اهمیت دارد. روش‌های مختلفی برای تعیین شکل‌پذیری مطرح شده است. انواع آزمون‌های تعیین پلاستیسیته در نمودار ۳ آمده است.

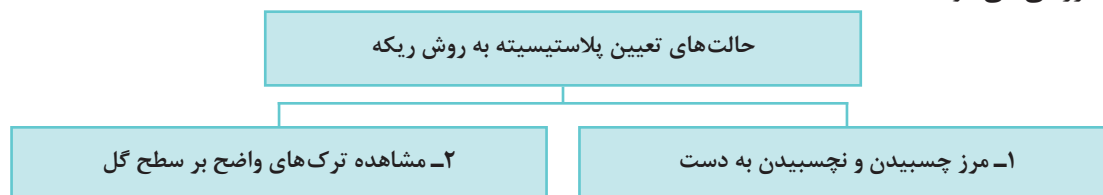


نمودار ۳- تقسیم‌بندی روش‌های تعیین پلاستیسیته

در بین روش‌های بیان شده در نمودار ۳ روش ریکه و آتربرگ غیر دستگاهی بوده و روش ففرکون، نفوذی و پلاستومتر روش‌های دستگاهی محسوب می‌شوند.

تعیین پلاستیسیته به روش ریکه^۱

در این روش میزان پلاستیسیته براساس بررسی گل با درصد رطوبت مختلف تعیین می‌شود و با بررسی ظاهر گل و لمس کردن آن و انجام محاسبات عدد پلاستیسیته به دست می‌آید. حالت اول و دوم ریکه طبق شکل ۸ بررسی می‌شود.



شکل ۸- حالت اول و دوم ریکه برای تعیین پلاستیسیته

پس از تعیین حالت اول و دوم ریکه، عدد ریکه تفاضل درصد آب در دو حالت اول و دوم است.

کدام یک از نمونه‌های شکل ۹ برای تعیین نمونه حالت اول ریکه مناسب است؟



ب



الف

شکل ۹

فکر کنید



شرح آزمون ریکه

■ **مرحله اول؛ تهیه دوغاب و تعیین حالت اول و دوم ریکه:** در ابتدا خاک موردنظر در خشک کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار داده می شود؛ زمان خشک کردن باید به قدری طولانی شود تا خاک تغییر وزن نداشته باشد. سپس دوغاب همگنی تهیه و بر روی لوح گچی پهن می شود. پس از زیر و رو کردن و ورز دادن، گل یکنواختی حاصل می شود. دو حالت برای گل وجود دارد:

۱ در صورت چسبیدن گل به دست شرایط برای تعیین حالت اول ریکه فراهم است. بنابراین در این حالت می توان گل را به قدری بر روی سطح لوح گچی ورز داد تا به حالت مرز چسبیدن و نچسبیدن به دست برسد. بعد از رسیدن به مرحله اول مقداری از گل را برداشته و بعد از کدگذاری آن را وزن کنید و در جدول ۴ یادداشت نمایید. سپس آن تکه از گل را درون خشک کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید تا خشک گردد.

۲ در این مرحله می توان حالت دوم ریکه را تعیین کرد. با ورز دادن گل بر روی سطوح گچی بر روی گل ترک هایی به وضوح ظاهر خواهد شد. بعد از مشاهده اولین ترک های ایجاد شده بر روی گل، مقداری از گل را برداشته و بعد از کدگذاری وزن آن را در جدول ۴ یادداشت کنید سپس آن تکه از گل را درون خشک کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید تا خشک گردد.

■ **مرحله دوم؛ تعیین وزن خشک حالت اول و دوم ریکه:** وزن نمونه های خشک شده، در حالت اول و دوم را در جدول ۴ یادداشت نمایید.

جدول ۴- وزن تر و خشک نمونه در حالت اول و دوم ریکه

نمونه	W_{R_1} : وزن تر در حالت اول ریکه (g)	W_{R_f} : وزن خشک در حالت اول ریکه (g)	W_{R_f} : وزن تر در حالت دوم ریکه (g)	W_{R_f} : وزن خشک در حالت دوم ریکه (g)

■ مرحله سوم: محاسبه درصد رطوبت بر مبنای خشک

$$M_{d_1} = \frac{W_{R_1} - W_{R_f}}{W_{R_f}} \times 100$$

با توجه به جدول ۴ و رابطه ۱ و ۲، درصد رطوبت بر مبنای خشک برای حالت اول ریکه و حالت دوم ریکه محاسبه می شود.

$$M_{d_f} = \frac{W_{R_f} - W_{R_f}}{W_{R_f}} \times 100$$

رابطه ۱: درصد رطوبت بر مبنای خشک در حالت اول ریکه

رابطه ۲: درصد رطوبت بر مبنای خشک در حالت دوم ریکه

■ **مرحله چهارم تعیین عدد پلاستیسیته ریکه:** عدد پلاستیسیته ریکه با توجه به درصد رطوبت بر مبنای خشک در حالت اول و دوم ریکه (M_{d_1} و M_{d_f}) مطابق رابطه ۳ محاسبه می شود.

$$R = M_{d_1} - M_{d_f}$$

رابطه ۳: محاسبه عدد پلاستیسیته ریکه



برای اطمینان از نتایج به دست آمده آزمون ریکه چند بار تکرار می شود و میانگین نتایج به عنوان عدد پلاستیسیته گزارش می شود.

هرچه عدد ریکه بالاتر باشد، گل موردنظر پلاستیسیته بالاتری خواهد داشت. در جدول ۵ عدد ریکه خاک های مختلف آمده است.

جدول ۵- عدد ریکه رس های مختلف

عدد ریکه	خاک
۴-۷	کائولن
۹-۱۱	بالکلی
۱۰-۱۴	رس قرمز



چه خطاهایی ممکن است در تعیین پلاستیسیته به روش ریکه ایجاد شود؟ روش های برطرف کردن آنها را بیان کنید.



تعیین پلاستیسیته کائولن به روش ریکه

مواد و ابزار: کائولن، آب، الک مش ۶۰، ترازو، ظرف، لوح گچی، کاردک، کولیس، خشک کن
شرح فعالیت:

۱ ابتدا مقداری از کائولن را از الک مش ۶۰ عبور دهید و در خشک کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید. سپس ۵۰۰ گرم از کائولن خشک شده و ۵۰۰ سی سی آب بردارید و در یک ظرف مناسب دوغاب همگنی تهیه کنید. دوغاب را بر روی لوح گچی پهن کرده و با کاردک یا دست به خوبی آن را زیر و رو کنید تا گل همگنی ایجاد شود.

۲ پس از تعیین حالت اول و دوم ریکه، نمونه های استوانه ای شکل به ارتفاع تقریبی ۲ سانتی متر و قطر ۵۰ میلی متر تهیه کنید و نمونه ها را کدگذاری کنید (R_1 و R_2 : حالت اول و دوم ریکه).

۳ وزن تر نمونه بلافاصله پس از ساخت نمونه ها اندازه گیری شود.

۴ نمونه ها را در خشک کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید و وزن خشک آنها را یادداشت کنید.

۵ درصد رطوبت را بر مبنای خشک در حالت اول و دوم ریکه و عدد ریکه را محاسبه کنید.



- همواره برای تهیه دوغاب خاک را داخل آب بریزید.
- از تمیز بودن لوح گچی و کاردک اطمینان حاصل کنید.
- مراقب باشید که کاردک باعث کنده شدن سطح لوح گچی و ورود گچ به گل نشود.
- برای جلوگیری از اشتباه در شناسایی نمونه‌ها هنگام کدگذاری آنها نام گروه خود را روی نمونه حک کنید.



تعیین و مقایسه پلاستیسیته بالکلی و بنتونیت به روش ریکه:

مواد و ابزار: بالکلی، بنتونیت، آب، الک مش ۶۰، ترازو، ظرف، لوح گچی، کاردک، کولیس، خشک‌کن
شرح فعالیت:

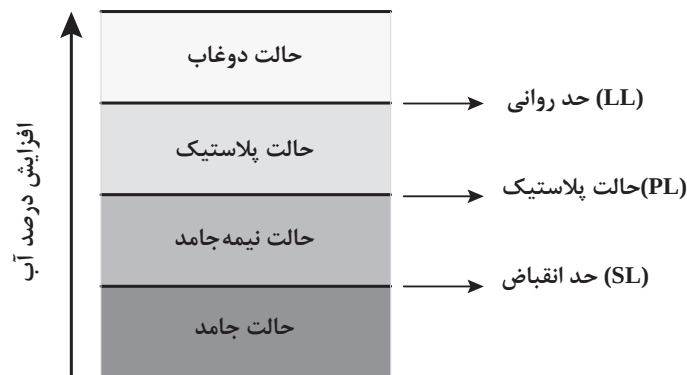
- ۱ ابتدا مقداری از بالکلی و بنتونیت را در دو ظرف جداگانه از الک با مش ۶۰ عبور دهید و در خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید. در ظرف شماره یک ۵۰۰ گرم از بالکلی خشک‌شده را با ۳۰۰ سی‌سی آب و در ظرف شماره دو ۵۰۰ گرم بنتونیت خشک‌شده را با ۳۰۰ سی‌سی آب مخلوط کنید و دوغاب‌های همگنی تهیه کنید. دوغاب‌ها را به‌صورت جداگانه بر روی لوح گچی پهن کرده و با کاردک یا دست به‌خوبی آن را زیر و رو کنید تا گل‌های همگنی ایجاد شود.
- ۲ پس از تعیین حالت اول و دوم ریکه، برای هر گل نمونه‌های استوانه‌ای شکل به ارتفاع تقریبی ۲ سانتی‌متر و قطر ۵۰ میلی‌متر تهیه کنید و نمونه‌ها را کدگذاری کنید. (R_1 و R_2 حالت اول و دوم ریکه)
- ۳ وزن تر نمونه‌ها بلافاصله پس از ساخت نمونه‌ها اندازه‌گیری شود.
- ۴ سپس نمونه‌ها را در خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید و وزن خشک آنها را یادداشت کنید.
- ۵ سپس درصد رطوبت را بر مبنای خشک در حالت اول و دوم ریکه و عدد ریکه را محاسبه کنید.
- ۶ عدد ریکه به‌دست آمده برای هر خاک را با هم مقایسه کنید و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.

تعیین پلاستیسیته به روش آتربرگ^۱

روش آتربرگ مانند ریکه یک روش غیردستگاهی است و عدد پلاستیسیته آن معمولاً به روش ریکه نزدیک است. سه محدوده برای مقدار رطوبت موجود در خاک می‌توان تعریف کرد؛ حد انقباض (SL^1)، حد پلاستیک (PL^2) و حد روانی (LL^3) (شکل ۱۰).

حد انقباض میزان رطوبتی است که در آن رطوبت خاک رفتاری بین نیمه جامد و جامد دارد.
حد پلاستیک میزان رطوبتی است که در آن رطوبت خاک رفتاری بین پلاستیک و نیمه جامد دارد.
حد روانی میزان آبی است که در آن رطوبت خاک رفتاری بین پلاستیک و دوغاب دارد.

۱- Atterberg
۲- Solid Limit
۳- Plastic Limit
۴- Liquid Limit



شکل ۱۰- حالت‌های مختلف خاک براساس رطوبت

در سنجش پلاستیسیته به روش آتربرگ درصد رطوبت در دو حد پلاستیک و حد روانی اندازه‌گیری می‌شود. برای همین منظور، اختلاف درصد آب در دو حالت تعیین می‌شود حالت اول (مرز یکی شدن شیار) و حالت دوم (ظهور اولین ترک‌ها) است.



شکل ۱۱- حالت اول و دوم آتربرگ



روش آتربرگ اولین بار توسط آلبرت آتربرگ ابداع شد. او دریافت که پلاستیسیته از ویژگی‌های خاص مواد رسی است و تلاش کرد با طراحی این روش این خاصیت مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

آیا می‌دانید



شرح آزمون آتربرگ

در این آزمون تعیین درصد آب برای دو حالت مرز یکی شدن شیار و ظهور اولین ترک‌ها اهمیت دارد. بنابراین باید درصد آب این دو حالت با توجه به وزن تر و خشک آنها تعیین شود.

■ **مرحله اول: تهیه گل:** در ابتدا خاک موردنظر در خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار داده می‌شود. زمان خشک‌کردن باید به قدری طولانی شود تا خاک تغییر وزن نداشته باشد. سپس دوغاب همگنی تهیه‌شده و بر روی لوح گچی پهن می‌شود و با زیر و رو کردن و ورز دادن، گل یکنواختی به دست می‌آید (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- تهیه گل یکنواخت با دوغاب



شکل ۱۳- آماده کردن گل به شکل دایره



شکل ۱۴- تعیین حالت اول آتربرگ

■ مرحله دوم: تعیین حالت اول آتربرگ: اگر گل پلاستیک

به دست بچسبد باید ورز دادن تا حدی ادامه یابد که با کاهش رطوبت گل به دست نچسبد؛ در این حالت امکان تعیین حالت مرز یکی شدن شیار فراهم شده است. در این حالت گل را به صورت دایره یا تخت درآورده و سطح آن را با کاردک صاف کنید (شکل ۱۳).

سپس با تیغه کاردک شیاری ایجاد کرده و چند ضربه بر روی آن وارد کنید اگر شیار ایجاد شده کمی جمع شود ولی لبه دو نصفه گل به یکدیگر نرسد، در این حالت مرحله اول آتربرگ مرز یکی شدن شیار به دست آمده است (شکل ۱۴).

پس از رسیدن به مرحله اول آتربرگ تکه‌ای از گل را برداشته و بعد از کدگذاری وزن آن را یادداشت کنید. سپس آن تکه گل را داخل خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا خشک شود سپس وزن خشک نمونه‌ها را یادداشت کنید.



۱ اگر شیار ایجاد شده کاملاً به هم چسبید حالت مرز یکی شدن شیار به دست نیامده است. در این صورت دوباره گل را ورز داده تا شیار بر روی گل ایجاد شود.

۲ به منظور تعیین دقیق مرز یکی شدن شیار از ظرف‌هایی معروف به جام کاساگرانده و شیارزن استفاده می‌شود که در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵- جام کاساگرانده و شیارزن

■ **مرحله سوم: تعیین حالت دوم آتربرگ:** برای تعیین حالت دوم آتربرگ مقداری گل را برداشته و به قدری ورز داده شود تا اولین ترک‌ها بر روی سطح آن ظاهر شود. در این حالت وزن آن با ترازو اندازه‌گیری و یادداشت می‌شود. سپس فتیله را داخل خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت تقریباً ۲۴ ساعت قرار داده تا خشک شود. در پایان وزن خشک‌شده آن را یادداشت کنید (شکل ۱۶ را مشاهده کنید).



شکل ۱۶- بررسی فتیله در روش آتربرگ

■ **مرحله چهارم: محاسبات و تعیین عدد پلاستیسیته آتربرگ:** برای تعیین عدد پلاستیسیته باید درصد رطوبت بر مبنای خشک محاسبه شود. روش محاسبه درصد رطوبت بر مبنای خشک مشابه روش ریکه است.
در ابتدا جدول ۶ کامل می‌شود.

جدول ۶- وزن تر و خشک نمونه‌ها در حالت اول و دوم آتبرگ

نمونه	W_{A_1} : وزن تر در حالت اول آتبرگ (g)	W_{A_2} : وزن خشک در حالت اول آتبرگ (g)	W_{A_3} : وزن تر در حالت دوم آتبرگ (g)	W_{A_4} : وزن خشک در حالت دوم آتبرگ (g)

سپس با توجه به جدول و رابطه‌های شماره ۴ و ۵، درصد رطوبت بر مبنای خشک در حالت اول و دوم آتبرگ تعیین می‌شود.

رابطه ۴: درصد رطوبت بر مبنای خشک در حالت اول آتبرگ

$$M_{d_1} = \frac{W_{A_1} - W_{A_2}}{W_{A_2}} \times 100$$

رابطه ۵: درصد رطوبت بر مبنای خشک در حالت دوم آتبرگ

$$M_{d_2} = \frac{W_{A_3} - W_{A_4}}{W_{A_4}} \times 100$$

عدد پلاستیسیته آتبرگ با توجه به درصد رطوبت بر مبنای خشک در حالت اول و دوم آتبرگ (M_{d_1} و M_{d_2}) مطابق رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

رابطه ۶: محاسبه عدد پلاستیسیته آتبرگ

$$R = M_{d_1} - M_{d_2}$$

نکته

برای اطمینان از نتایج به دست آمده آزمون آتبرگ چند بار تکرار می‌شود و میانگین نتایج به عنوان عدد پلاستیسیته گزارش می‌شود.



در آزمون آتبرگ هرچه عدد به دست آمده بزرگ‌تر باشد، گل مورد نظر پلاستیسیته بالاتری خواهد داشت. در جدول ۷ محدوده عدد آتبرگ خاک‌های مختلف بیان شده است.

جدول ۷ - عدد آتربگ رس‌های مختلف

عدد آتربگ	خاک
۱۰-۲۲	کائولن
۳۰-۵۵	ایلیت
۵۹-۱۰۰	مونت موریونیت

چه خطاهایی ممکن است در تعیین پلاستیسیته به روش آتربگ ایجاد شود؟ روش‌های برطرف کردن آنها را بیان کنید.

فکر کنید



فعالیت کارگاهی



تعیین پلاستیسیته کائولن به روش آتربگ

مواد و ابزار: کائولن، آب، الک مش ۶۰، لوح گچی، کاردک، ترازو، خط‌کش، کاساگرانده یا کفه الک، کاشی لعاب دار و خشک‌کن

شرح فعالیت:

ابتدا مقداری کائولن را از الک مش ۶۰ عبور داده و در خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار داده شود. سپس ۵۰۰ گرم کائولن خشک‌شده و ۵۰۰ سی‌سی آب برداشته و در یک ظرف مناسب دوغاب همگنی تهیه کنید. سپس مطابق با شرح آزمون آتربگ (مراحل ۱ تا ۴) عدد پلاستیسیته را محاسبه کنید.

مدت زمان قرارگیری نمونه داخل خشک‌کن باید به قدری باشد که نمونه کاهش وزن نداشته باشد.

نکته



تعیین و مقایسه پلاستیسیته بالکلی و بنتونیت به روش آتربگ

مواد و ابزار: بالکلی، بنتونیت، آب، الک مش ۶۰، لوح گچی، کاردک، ترازو، خط‌کش، کاساگرانده یا کفه الک، کاشی لعاب‌دار و خشک‌کن

شرح فعالیت:

ابتدا مقداری از بالکلی و بنتونیت را در دو ظرف جداگانه از الک با مش ۶۰ عبور دهید و در خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید. در ظرف شماره یک ۵۰۰ گرم از بالکلی خشک‌شده را با ۳۰۰ سی‌سی آب بردارید و در ظرف شماره دو ۵۰۰ گرم بنتونیت خشک‌شده را با ۳۰۰ سی‌سی آب بردارید و دوغاب‌های همگنی تهیه کنید. دوغاب‌ها را به‌صورت جداگانه بر روی لوح گچی پهن کرده و با کاردک یا دست به‌خوبی آن را زیر و رو کنید تا گل‌های همگنی ایجاد شود.

فعالیت کارگاهی



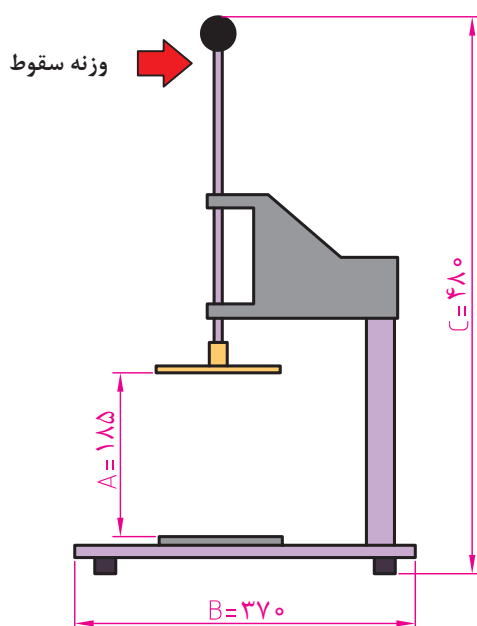
سپس مطابق با شرح آزمون آتبرگ (مراحل ۱ تا ۴) عدد پلاستیسیته بالکلی و بنتونیت را محاسبه و مقایسه کنید.
اعداد پلاستیسیته به دست آمده برای هر خاک را مقایسه و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.

مدت زمان قرارگیری نمونه داخل خشک کن باید به قدری باشد که نمونه کاهش وزن نداشته باشد.

نکته



تعیین پلاستیسیته به روش ففرکورن^۱



یکی از مهم‌ترین آزمون‌های اندازه‌گیری پلاستیسیته آزمون ففرکورن است. در شکل ۱۷، تصویر و مشخصات دستگاه ففرکورن نشان داده شده است. در این روش استوانه‌ای گلی با ابعاد مناسب به وسیله قالب مخصوص (نمونه‌ساز) ساخته می‌شود که بر روی آن یک وزنه به جرم ۱۱۹۲ گرم از ارتفاع استاندارد ۱۸۵ میلی‌متری (در شکل با A نشان داده شده) سقوط می‌کند.

شکل ۱۷- طرح‌واره دستگاه ففرکورن

■ شرح آزمون ففرکورن:

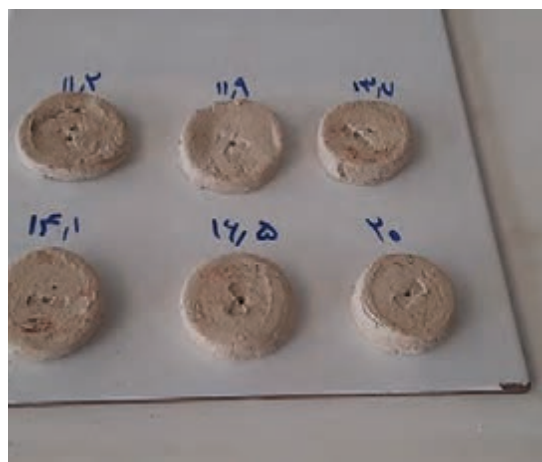
۱- **تهیه گل:** دوغاب همگنی تهیه کنید و بر روی لوح گچی پهن کنید. پس از زیر و رو کردن و ورز دادن، گل یکنواختی حاصل می‌شود. زمانی که گل به دست نچسبد، می‌توان نمونه‌های آزمون را تهیه کرد.

۲- **ساخت نمونه:** پس از آماده شدن گل با استفاده از قالب ففرکورن (یک استوانه به ارتفاع ۴۰ میلی‌متر و قطر ۳۳ میلی‌متر) که در شکل ۱۸ نشان داده شده است، حداقل ۶ نمونه بسازید.



شکل ۱۸- نمونه‌ساز دستگاه ففرکورن و گل خارج شده از نمونه‌ساز

۳- تعیین ارتفاع ثانویه: در این مرحله نمونه‌ها را در دستگاه ففرکورن قرار دهید و ضامن وزنه را آزاد کنید تا روی استوانه گلی سقوط کند و ارتفاع ثانویه را اندازه‌گیری نمایید (شکل ۱۹). نمونه‌ها را کدگذاری و بلافاصله وزن آنها را یادداشت کنید.



شکل ۱۹- تعیین ارتفاع ثانویه

ارتفاع ثانویه نمونه‌های آماده‌شده باید در محدوده‌های ارتفاع شامل کمتر از ۱۲، بین ۱۲ تا ۱۶ میلی‌متر و بیشتر از ۱۶ میلی‌متر باشد. در صورتی که ارتفاع ثانویه نمونه‌ها در محدوده‌های مشخص‌شده نباشد، برای رسیدن به ارتفاع بالاتر می‌توان با ورز دادن روی لوح گچی عملیات آب‌گیری از گل را انجام داد و برای رسیدن به ارتفاع کمتر می‌توان به گل رطوبت اضافه کرد.

نکته

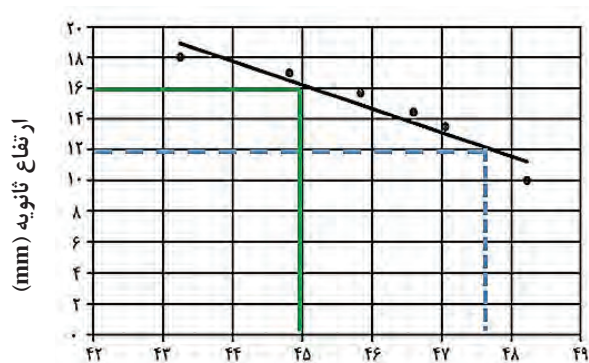


پس از آن نمونه‌ها را برای تعیین وزن خشک، به مدت ۲۴ ساعت درون خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید، سپس وزن خشک نمونه‌ها را به‌وسیله ترازو تعیین و اطلاعات حاصل از این مرحله را در جدولی مانند جدول ۸ یادداشت کنید.

جدول ۸- اطلاعات لازم برای تعیین پلاستیسیته به روش ففرکورن

نمونه	ارتفاع اولیه (mm)	ارتفاع ثانویه (mm)	وزن تر (g)	وزن خشک (g)
۱	۴۰			
۲	۴۰			
۳	۴۰			
۴	۴۰			
۵	۴۰			
۶	۴۰			

۴- با توجه به وزن تر و خشک نمونه‌ها، درصد رطوبت بر مبنای خشک نمونه‌ها را محاسبه کنید. سپس در نمودار ۴ ارتفاع نمونه بر حسب درصد رطوبت بر مبنای خشک را مشخص کرده و نزدیک‌ترین خط به نقاط موردنظر را ترسیم نمایید. درصد رطوبت بر مبنای خشک در ارتفاع ۱۲ و ۱۶ میلی‌متر را پیدا نمایید. درصد رطوبت بر مبنای خشک در ارتفاع ۱۲ میلی‌متر نشان‌دهنده عدد پلاستیسیته ففکرون است و درصد رطوبت بر مبنای خشک در ارتفاع ۱۶ میلی‌متر درصد آب کارپذیری ففکرون را نشان می‌دهد.



درصد رطوبت بر مبنای خشک (%)

نمودار ۴- درصد رطوبت بر مبنای خشک و ارتفاع ثانویه نمونه

در جدول ۹ عدد پلاستیسیته ففکرون و درصد آب کارپذیری رس‌های مختلف بیان شده است.

جدول ۹- عدد پلاستیسیته و درصد آب کارپذیری خاک‌های مختلف به روش ففکرون

خاک	عدد پلاستیسیته	درصد آب کارپذیری
کائولن شسته شده	۱۴-۲۲	۴۳-۴۸
بالکلی	۳۲-۷۲	۳۰-۵۲
زنوز	۲۵-۴۷	۲۲-۳۲

درباره ارتباط عدد پلاستیسیته ففکرون و درصد آب کارپذیری رس‌های مختلف بحث کنید.

گفت‌وگو کنید



فکر کنید



روش ففرکورن برای تعیین پلاستیسیته بدنه‌های حاوی مواد غیررسی که معمولاً برای تهیه مواد پیشرفته کاربرد دارند مناسب نیست دلیل این موضوع پلاستیسیته کم این نمونه‌ها است که دقت اندازه‌گیری را کاهش می‌دهد.

فعالیت کارگاهی



تعیین پلاستیسیته کائولن به روش ففرکورن

مواد و ابزار: کائولن، آب، الک مش ۶۰، لوح گچی، کاردک، ترازو، کولیس، کاشی لعاب‌دار، خشک‌کن
شرح فعالیت:

۱ مقدار ی خاک کائولن از الک مش ۶۰ عبور داده و در خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید.

۲ ۵۰۰ گرم کائولن خشک‌شده و ۵۰۰ سی‌سی آب اندازه‌گیری کرده و در یک ظرف مناسب دوغاب همگنی تهیه کنید.

۳ دوغاب را بر روی لوح گچی پهن کرده و با زیر و رو کردن آن گل یکنواختی تهیه کنید.

۴ با استفاده از نمونه‌ساز حداقل ۶ نمونه تهیه کنید و هریک کدگذاری شود.

۵ سپس وزنه و ارتفاع سقوط وزنه دستگاه ففرکورن را ارزیابی کنید.

۶ هریک از نمونه‌ها را در دستگاه ففرکورن قرار داده و وزنه را آزاد کنید تا بر روی نمونه سقوط کند. ارتفاع ثانویه و وزن هریک از نمونه‌ها را یادداشت کرده و سپس آنها را داخل خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار دهید و سپس وزن خشک آنها را یادداشت کنید.

۷ با توجه به شرح آزمون درصد رطوبت بر مبنای خشک نمونه‌ها را به‌دست آورده و نتایج را بر روی کاغذ شطرنجی رسم کنید و سپس عدد پلاستیسیته و درصد آب کارپذیری خاک کائولن را تعیین کنید و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.

نکته



قبل از تهیه نمونه‌ها داخل نمونه‌ساز را با مقدار کمی روغن چرب کنید. سطح زیرین وزنه را قبل از سقوط به مقدار بسیار کم روغن کاری کنید. خشک‌کن را از لحاظ جریان هوا بررسی کنید، خشک‌کن نباید از بخار آب اشباع شده باشد. گل روغنی شده را نباید به بقیه گل بازگرداند.

فعالیت کارگاهی



تعیین و مقایسه پلاستیسیته بالکلی و بنتونیت به روش ففرکورن

مواد و ابزار: بالکلی و بنتونیت، آب، الک مش ۶۰، لوح گچی، کاردک، ترازو، کولیس، کاشی لعاب‌دار، خشک‌کن

شرح فعالیت:

۱ مقدار ی خاک بالکلی و بنتونیت را در ظروفی جداگانه از الک مش ۶۰ عبور داده و در خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید.

- ۲) ۵۰۰ گرم بالکلی خشک شده و ۵۰۰ سی سی آب اندازه گیری کرده و ۵۰۰ گرم بنتونیت خشک شده و ۵۰۰ سی سی آب اندازه گیری کرده در ظرف جداگانه بریزید و دوغاب های همگنی تهیه نمایید.
- ۳) دوغاب ها را به صورت جداگانه بر روی لوح گچی پهن کرده و با زیر و رو کردن آن گل های یکنواختی تهیه کنید.
- ۴) با استفاده از نمونه ساز حداقل ۶ نمونه برای هر گل تهیه کنید و هریک را کدگذاری کنید.
- ۵) سپس وزنه و ارتفاع سقوط وزنه دستگاه ففرکورن را ارزیابی کنید.
- ۶) هریک از نمونه ها را در دستگاه ففرکورن قرار داده و وزنه را آزاد کنید تا بر روی نمونه سقوط کند. ارتفاع ثانویه و وزن هریک از نمونه ها را یادداشت کرده و سپس آنها را داخل خشک کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار دهید و سپس وزن خشک آنها را یادداشت کنید.
- ۷) با توجه به شرح آزمون درصد رطوبت بر مبنای خشک نمونه ها را به دست آورده و نتایج را بر روی کاغذ شطرنجی رسم کنید و سپس عدد پلاستیسیته و درصد آب کارپذیری خاک بالکلی و بنتونیت را تعیین کنید و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.

به نظر شما چه خطاهایی در آزمون ففرکورن ممکن است وجود داشته باشد؟ روش های برطرف کردن آن را نام ببرید.

فکر کنید



فعالیت کارگاهی



مقایسه پلاستیسیته کائولن، بالکلی و بنتونیت به روش ففرکورن، آتربرگ و ریکه
شرح فعالیت: عدد پلاستیسیته که از فعالیت های کارگاهی ۱ تا ۶ به دست آورده اید را در جدول ۱۰ یادداشت کنید و درباره نتایج گروه های مختلف بحث و گفت و گو کنید.

جدول ۱۰- جدول ثبت نتایج آزمون های پلاستیسیته خاک کائولن، بالکلی و بنتونیت

نوع خاک	روش تعیین پلاستیسیته		
	روش آتربرگ	روش ریکه	روش ففرکورن
کائولن			
بالکلی			
بنتونیت			

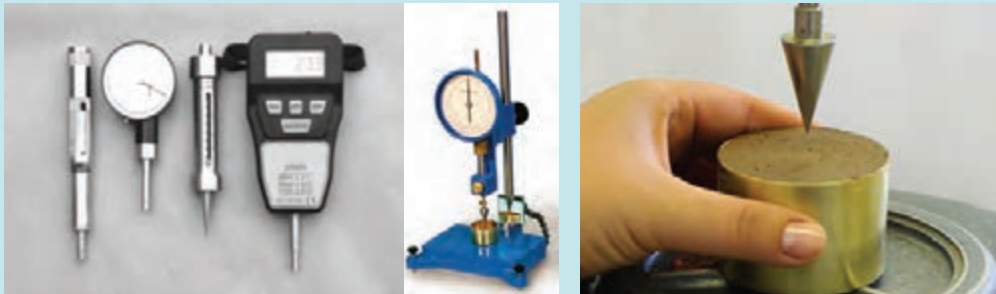
اندازه گیری دقیق پلاستیسیته کار دشواری است، بنابراین با توجه به سایر ویژگی ها مانند رطوبت، استحکام و فشار وارد شده بر قطعه می توان پلاستیسیته گل را تعیین کرد. پلاستیسیته در روش های ریکه، آتربرگ و ففرکورن براساس رطوبت تعیین می شود. در این قسمت سایر روش های پلاستیسیته نظیر روش نفوذی و روش پلاستومتر بیان شده است. تعیین پلاستیسیته در روش نفوذی و پلاستومتر با اندازه گیری میزان فشار وارد شده بر گل تعیین می شود.

آیا می دانید



روش نفوذی

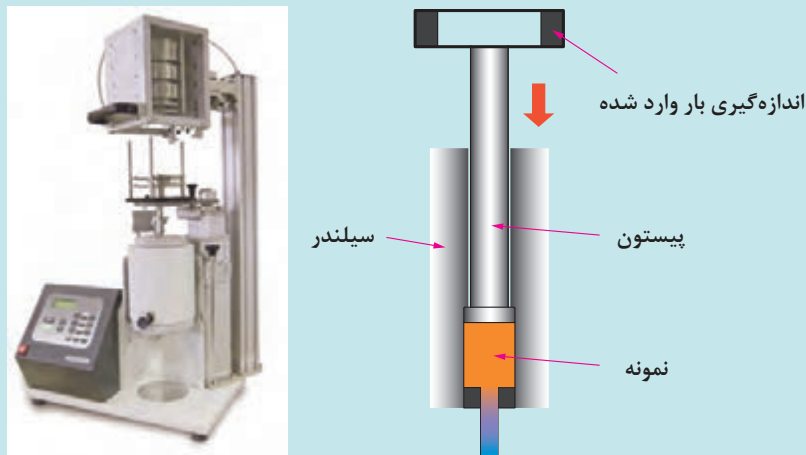
در این روش از یک ابزار برای نفوذ در گل استفاده می‌شود. این ابزار تحت نیروی مشخصی به درون نمونه مورد نظر وارد می‌شود. مقدار فشاری که برای نفوذ درون نمونه به کار می‌رود به عنوان معیار پلاستیسیته در نظر گرفته می‌شود (شکل ۲۰-الف). دستگاه‌های نفوذسنج به طور گسترده در صنایع سرامیک کاربرد دارند. در شکل ۲۰-ب انواع دستگاه‌های نفوذسنج نشان داده شده است.



الف
ب
شکل ۲۰-آزمون تعیین پلاستیسیته به روش نفوذی

روش پلاستومتر

در این روش با اعمال فشار، گل از یک نازل با شکل هندسی مشخص خارج شده و مقاومت گل در هنگام عبور از نازل توسط دستگاه اندازه‌گیری می‌شود که نشان‌دهنده مقدار پلاستیسیته است. در شکل ۲۱ اجزای دستگاه پلاستومتر نشان داده شده است. این دستگاه در صنایع مختلف از جمله سرامیک کاربرد دارد.



شکل ۲۱-دستگاه پلاستومتر و اجزای آن

درباره سایر روش‌های پیشرفته تعیین پلاستیسیته تحقیق کنید و گزارشی به کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



ارزشیابی انجام آزمون‌های پلاستیسیته

شرح کار:

- آماده‌سازی گل پلاستیک
- تعیین پلاستیسیته به روش ریکه
- تعیین پلاستیسیته به روش آتربرگ
- تعیین پلاستیسیته به روش ففرکورن

استاندارد عملکرد:

- آماده‌سازی گل پلاستیک و انجام آزمون‌های تعیین پلاستیسیته مطابق با استاندارد ملی ایران

شاخص‌ها:

- تعیین پلاستیسیته برای خاک‌های مختلف با روش‌های متفاوت

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی و سیستم تهویه، دستگاه ففرکورن، خشک‌کن، ترازو
 ابزار و تجهیزات: ظرف، کاردک، لوح گچی، دستگاه ففرکورن، جام کاساگرانده و شیارزن، الک، خشک‌کن، ترازو، کولیس، کاغذ شطرنجی و روغن
 تجهیزات ایمنی: لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار و تجهیزات اطفای حریق

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	آماده‌سازی گل پلاستیک	۱	
۲	تعیین پلاستیسیته به روش ریکه	۲	
۳	تعیین پلاستیسیته به روش آتربرگ	۲	
۴	تعیین پلاستیسیته به روش ففرکورن	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: [*] دقت عمل و صحت - لباس کار و کفش ایمنی - مسئولیت‌پذیری - رعایت موارد زیست محیطی		۲	
میانگین نمرات **			

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

واحد یادگیری ۲

تعیین عوامل مؤثر بر پلاستیسیته

در این واحد یادگیری ابتدا با عوامل مؤثر بر پلاستیسیته آشنا می‌شوید و در ادامه فعالیت و کارهای عملی برای کسب مهارت عوامل تأثیرگذار بر پلاستیسیته و شکل‌پذیری در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

■ بررسی عوامل تأثیرگذار بر پلاستیسیته گل‌های مصرفی براساس استاندارد ملی ایران

عوامل مؤثر بر تعیین پلاستیسیته



آیا می‌توان بدون تغییر آمیز (مخلوط مواد اولیه) میزان پلاستیسیته را تغییر داد؟ به نظر شما تغییر در اندازه، توزیع و شکل ذرات چه تأثیری بر پلاستیسیته دارد؟ برای تعیین پلاستیسیته مواد رسی عوامل مؤثر بر پلاستیسیته باید بررسی شود. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پلاستیسیته در نمودار ۵ آمده است. در این قسمت هر یک از عوامل مؤثر بر پلاستیسیته بررسی شده است:

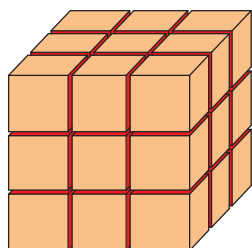
۱- اندازه ذرات:

به نظر شما کدام یک (کله‌قند، حبه قند و شکر) در آب سریع‌تر حل می‌شود؟

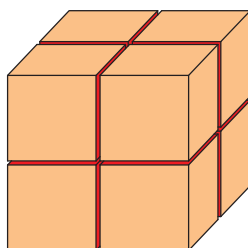


شکل ۲۲- کله‌قند، قند حبه‌ای و شکر

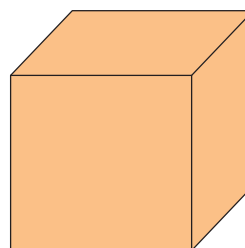
به نظر شما کدام یک از تصاویر شکل ۲۳ سطح بیشتری دارد؟



(ج)



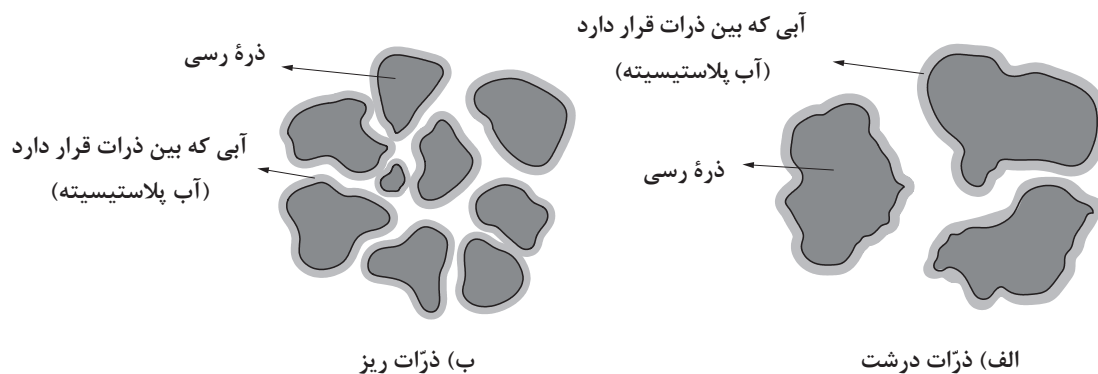
(ب)



(الف)

شکل ۲۳- تقسیم شدن مکعب بزرگ به مکعب‌های کوچک

با ریز شدن سطح ذرات افزایش می‌یابد و امکان قرارگیری آب بین ذرات بیشتر می‌شود. بنابراین ذرات راحت‌تر بر روی هم می‌لغزند و قابلیت پلاستیسیته افزایش می‌یابد (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- قرارگیری آب بین ذرات در دو حالت: الف) ذرات درشت ب) ذرات ریز

کوارتز و فلدسپات با وجود اینکه خاصیت پلاستیک ندارند اگر بیش از حد ریزدانه شوند، خاصیت پلاستیسیته بسیار کمی از خود نشان می‌دهند اما باید توجه داشت که خاصیت پلاستیسیته آنها قابل مقایسه با رس‌ها نیست.

نکته



دانه‌بندی رس‌ها تأثیر مستقیمی بر پلاستیسیته دارد، هر چه ذرات رس ریزتر باشد، پلاستیسیته خاک بیشتر می‌شود.

وجود ذرات درشت‌تر مانند ماسه در کنار ذرات ریز رس، پلاستیسیته را کاهش می‌دهد. در واقع ذرات درشت ماسه فضای خالی بین ذرات رس را پر می‌کند در نتیجه پلاستیسیته را کاهش می‌دهد. بنابراین بهتر است در مرحله آماده‌سازی خاک رس، ماسه‌های درشت توسط الک جدا شود.

نکته



در مورد اندازه ذرات مینرال‌های رسی کائولینیت و مونت‌موریونیت تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید





مقایسه اثر اندازه ذرات بر پلاستیسیته

مواد و ابزار: دو عدد ظرف، کائولن، سیلیس، آب، الک مش ۴۰ و ۱۰۰، ترازو، خشک کن، دستگاه

ففرکون

شرح فعالیت:

۱ مقدار ی خاک کائولن بردارید و از الک ۴۰ عبور دهید سپس در خشک کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار دهید.

۲ مقدار ی سیلیس بردارید و مقداری از آن را از الک مش ۴۰ و مقداری از آن را از الک مش ۱۰۰ عبور دهید.

۳ دو ظرف جداگانه بردارید و هریک را کدگذاری کنید. در ظرف شماره یک ۳۰۰ سی سی آب بریزید و با ۳۰۰ گرم کائولن خشک شده و ۱۰۰ گرم سیلیس مخلوط کنید از الک مش ۴۰ عبور دهید.

۴ در ظرف شماره دو، ۳۰۰ سی سی آب بریزید و با ۲۰۰ گرم کائولن خشک شده و ۱۰۰ گرم سیلیس مخلوط کرده از الک مش ۱۰۰ عبور دهید.

۵ دوغاب های به دست آمده را به طور جداگانه بر روی لوح گچی پخش کنید و با زیر و رو کردن آن گل های یکنواختی به دست آورید.

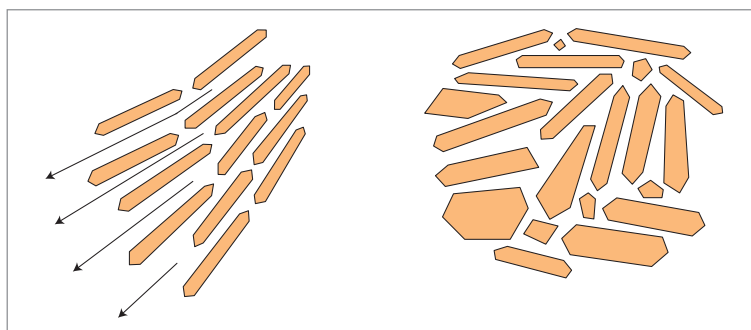
۶ سپس با توجه به شرح آزمون ففرکون عدد پلاستیسیته هریک از گل ها را به دست آورید و نتایج را مقایسه کنید.

ورود گرد سیلیس به سیستم تنفسی انسان می تواند به مرور باعث آسیب دیدن ریه ها شود و بیماری سیلیکوز را ایجاد کند. پس در هنگام استفاده از سیلیس بایستی از ماسک استفاده نمود.



۲- توزیع اندازه ذرات:

هنگامی که محدوده اندازه ذرات بسیار ریز و نزدیک به هم باشد مقدار پلاستیسیته افزایش می یابد، زیرا در این حالت اصطکاک بین آنها بسیار کم می شود و راحت تر بر روی هم می لغزند (شکل ۲۵).



ب) ذرات با اندازه یکسان

الف) ذرات با اندازه های مختلف

شکل ۲۵- توزیع اندازه ذرات

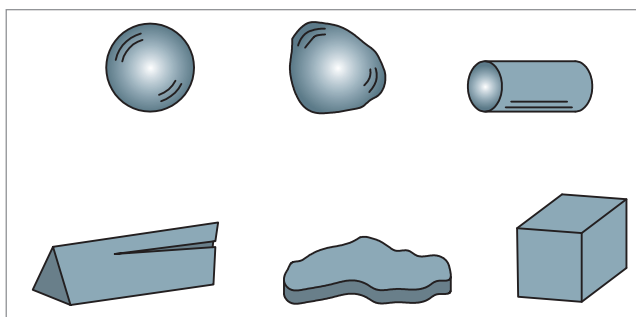
فکر کنید



- ۱ توزیع اندازه دانه چه تأثیری بر استحکام نهایی قطعه دارد؟
- ۲ ریز کردن بیش از حد اندازه ذرات چه تأثیری بر استحکام قطعه شکل‌دهی خواهد داشت؟

۳- شکل ذرات:

با توجه به شکل ۲۶ به سؤال پاسخ دهید.
سطح تماس ذرات در کدام یک بیشتر می‌شود؟



شکل ۲۶- اشکال مختلف ذرات

میزان سطح تماس ذرات با توجه به شکل آنها تغییر می‌کند. هرچه شکل ذرات به کروی بودن نزدیک‌تر باشد، سطح تماس بین ذرات کاهش خواهد یافت و میزان آبی که در بین ذرات کروی قرار دارند کاهش می‌یابد بنابراین خاصیت پلاستیسیته کم می‌شود.

نکته



شکل ذرات رس به صورت ورقه‌ای است، در این حالت سطح تماس بین ذرات زیاد است. با اضافه کردن آب به رس‌ها، ورقه‌ها می‌توانند به راحتی بر روی یکدیگر بلغزند. در این حالت شکل‌پذیری و خاصیت پلاستیسیته افزایش می‌یابد.

فعالیت کارگاهی



تأثیر شکل ذرات

مواد و ابزار: دو عدد ظرف با حجم یکسان، میخ، ساچمه

شرح فعالیت:

- ۱ مقداری میخ و ساچمه بردارید.
 - ۲ میخ‌ها را در یکی از ظرف‌ها و ساچمه‌ها را در ظرف دیگر بریزید.
- راجع به نحوه پر شدن ظرف‌ها و تأثیر شکل ذرات در کارگاه گفت‌وگو کنید و نتایج را در کارگاه ارائه دهید.

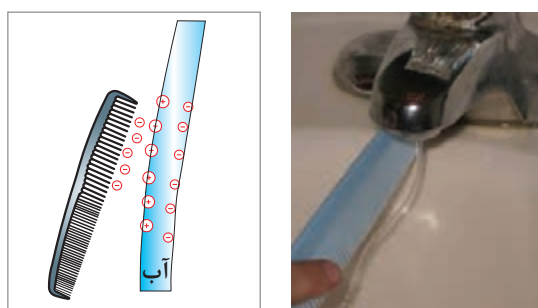
هرچه ذرات رس ریزتر و صفحه‌ای‌تر باشند، سطح تماس بیشتری با آب دارند در نتیجه پلاستیسیته بالاتری خواهند داشت.



۴- نوع و درصد مایع افزوده‌شده:

با توجه به شکل ۲۷ به سؤال پاسخ دهید.

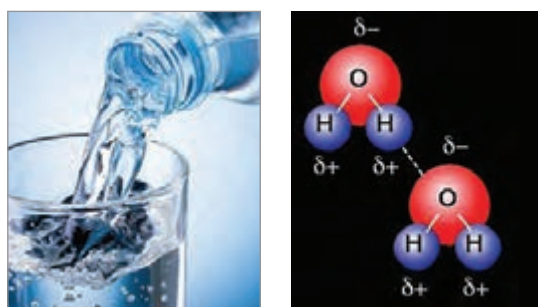
انحراف جریان آب در مقابل شانه باردارشده به کدام ویژگی آب مربوط می‌شود؟



شکل ۲۷- انحراف جریان آب در کنار شانه باردار

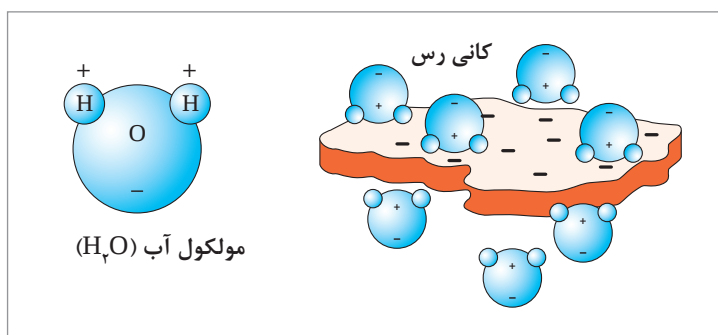
منظور از مولکول قطبی، یعنی مولکول دارای بخشی با بار جزئی مثبت و بخشی با بار جزئی منفی باشد. مولکول آب قطبی است. همان‌طور که در شکل ۲۸ نشان داده شده، آب دارای دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن است. اتم اکسیژن دارای بار جزئی منفی و اتم‌های هیدروژن دارای بار جزئی مثبت هستند. اگر مولکول‌های آب در یک میدان الکتریکی قرار گیرند جهت‌گیری می‌کنند. شانه باردار دارای بار منفی است، وقتی در کنار آب قرار می‌گیرد باعث انحراف در جریان آب می‌شود.

نوع و میزان مایعی که در بین ذرات رس قرار می‌گیرد از جمله عوامل مؤثر بر پلاستیسیته است. در مایعات قطبی ذرات تشکیل‌دهنده قطبی بوده و دارای سر مثبت و منفی هستند که با نیروی جاذبه الکترواستاتیکی یکدیگر را جذب می‌کنند.



شکل ۲۸- ساختار مولکول آب

همان‌طور که در شکل ۲۹ می‌بینید در سطح ذرات رس بار منفی و در لبه‌ها بار مثبت وجود دارد که باعث جذب مولکول‌های مایعات قطبی می‌شود. اما در حلال‌های غیرقطبی ذرات تشکیل‌دهنده آن غیرقطبی هستند و تنها نیروی جاذبه ضعیف واندروالسی بین آنها وجود دارد. بنابراین هنگامی که مولکول‌های مایعات قطبی مانند آب و الکل در بین ذرات رسی قرار می‌گیرند، باعث لغزش و سهولت حرکت صفحات رسی و ایجاد خاصیت پلاستیسیته می‌شوند؛ در حالی که مایعات غیرقطبی مانند کربن تتراکلرید یا بنزن خاصیت پلاستیسیته ایجاد نمی‌کنند.



شکل ۲۹- بارهای موجود در سطح رس

درباره تأثیر میزان آب افزوده شده بر پلاستیسیته رس بحث و گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگو
کنید



فعالیت کارگاهی



اثر نوع مایع افزوده شده بر پلاستیسیته

مواد و ابزار: دو عدد ظرف، الک مش ۶۰، بالکلی، آب، مایع غیرقطبی نظیر تولوئن، ترازو، خشک‌کن
شرح فعالیت:

- ۱ مقدار بالکلی بردارید و از الک مش ۶۰ عبور دهید و در خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید.
- ۲ دو ظرف جداگانه بردارید و هریک را کدگذاری کنید.
- ۳ در ظرف شماره یک ۵۰۰ سی‌سی آب بریزید و داخل آن ۵۰۰ گرم بالکلی خشک‌شده بریزید و از آن دوغاب همگنی تهیه کنید.
- ۴ در ظرف شماره دو، ۳۰۰ سی‌سی تولوئن بریزید و داخل آن ۵۰۰ گرم بالکلی خشک‌شده بریزید و از آن دوغاب همگنی تهیه کنید.
- ۵ هر یک از دوغاب‌ها را به‌طور جداگانه بر روی لوح گچی پهن کنید و به‌وسیله دست یا کاردک زیر و رو کنید تا آب اضافی آن جذب شود و گل همگنی به‌دست آید.
- ۶ با توجه به شرح آزمون ففرکورن عدد پلاستیسیته هریک از گل‌ها را به‌دست آورید و نتایج به‌دست آمده را مقایسه کنید.



در صورت استفاده از کاردک مراقب باشید سطح لوح گچی کنده نشود.

- ۱ در هنگام استفاده از مایعات غیرقطبی از دستکش و ماسک استفاده کنید.
- ۲ برخی از مایعات غیرقطبی مانند بنزن شدیداً سمی هستند؛ هیچ‌گاه از این مایعات استفاده نکنید.
- ۳ اغلب مایعات آلی مانند بنزن و تولوئن آتش‌گیر هستند.

۵- نحوه آماده‌سازی گل:

برای تهیه گل در مقادیر کم روش‌های مختلفی وجود دارد که متداول‌ترین آنها شامل موارد زیر است.

۱ دوغابی از آب و رس تهیه شده و بر روی لوح گچی پهن می‌شود. سپس با زیر و رو کردن گل رطوبت آن جذب لوح گچی می‌شود و گل یکنواختی به‌دست می‌آید (شکل ۳۰).



شکل ۳۰- تهیه دوغاب از خاک رس و آب‌گیری آن توسط لوح گچی



۲ در روش دوم گل پلاستیک با افزودن مقدار کمتری آب به خاک تهیه می‌شود در این روش مقدار آب افزوده‌شده کمتر از دوغاب است و با زیر و رو کردن و ورز دادن می‌توان گل یکنواختی تهیه کرد. (شکل ۳۱).

گلی که از روش اول به‌دست می‌آید از لحاظ توزیع رطوبت در قسمت‌های مختلف گل یکنواخت‌تر است؛ بنابراین پلاستیسیته بهتری خواهد داشت که برای شکل‌دهی مناسب‌تر است.

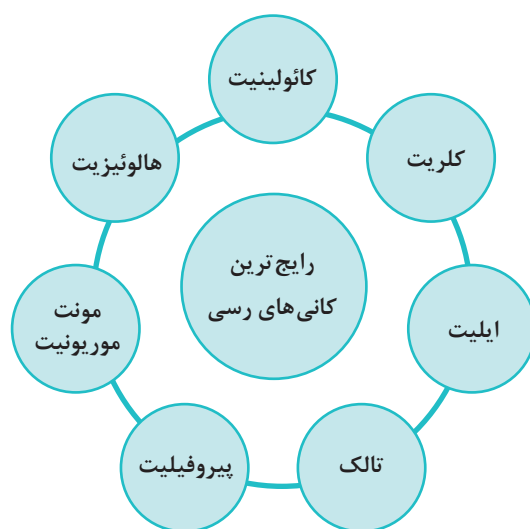
شکل ۳۱- تهیه گل با مقادیر کم آب



برای تهیه گل در مقادیر زیاد می‌توان از دستگاه بالمیل استفاده کرد. بالمیل کردن دوغاب باعث افزایش یکنواختی و پلاستیسیته گل می‌شود.

۶- مقدار و نوع کانی رسی:

بدیهی است که با توجه به ویژگی‌های بیان‌شده برای رس‌ها مقدار بیشتر کانی‌های رسی خاصیت پلاستیسیته بیشتری را به همراه خواهد داشت؛ در حالی که وجود مواد غیر پلاستیک مانند فلدسپات‌ها خاصیت پلاستیسیته آمیز را کاهش می‌دهد. در نمودار ۶ رایج‌ترین کانی‌های رسی معرفی شده است.



نمودار ۶- رایج‌ترین کانی‌های رسی

خاک‌های حاوی کانی مونت موریونیت چه کاربردهایی در صنایع مختلف دارند؟ چرا؟

تحقیق کنید



فکر کنید



برای تهیه یک گل پلاستیک از ترکیب خاک‌ها استفاده شده است. به نظر شما در هر حالت، کدام یک از مخلوط‌های زیر پلاستیسیته بهتری خواهد داشت؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.

حالت اول:

الف) ۹۰٪ کائولن + ۱۰٪ سیلیس ب) ۶۰٪ کائولن + ۴۰٪ سیلیس

حالت دوم:

الف) ۹۰٪ کائولن + ۱۰٪ بنتونیت ب) ۶۰٪ کائولن + ۴۰٪ بنتونیت



تعیین جذب آب خاک‌های مختلف

مواد و ابزار: دو عدد ظرف الک مش ۶۰، بالکلی، تالک، فلدسپات، آب، ترازو و خشک‌کن
شرح فعالیت:

- ۱ مقدار بالکلی، تالک و فلدسپات بردارید و هر یک را جداگانه از الک مش ۶۰ عبور دهید و در خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید.
- ۲ سپس سه ظرف جداگانه بردارید و هریک را کدگذاری کنید.
- ۳ در ظرف شماره یک ۳۰۰ سی‌سی آب بریزید و با ۵۰۰ گرم بالکلی خشک‌شده مخلوط کنید و به خوبی هم بزنید.
- ۴ در ظرف شماره دو ۳۰۰ سی‌سی آب بریزید و با ۵۰۰ گرم تالک خشک‌شده مخلوط کنید و به خوبی هم بزنید.
- ۵ در ظرف شماره سه ۳۰۰ سی‌سی آب بریزید و با ۵۰۰ گرم فلدسپات خشک‌شده مخلوط کنید و به خوبی هم بزنید.
- ۶ میزان ته‌نشین شدن هریک از دوغاب‌ها بعد از دو ساعت و ارتباط آنها را با جذب آب تعیین کنید.

۷- مدت زمان خواباندن گل

خواباندن گل به دو دلیل می‌تواند باعث افزایش پلاستیسیته شود.
(الف) هنگامی که گل استراحت می‌کند آب بین ذرات رس، فرصت پیدا می‌کند که به صورت آهسته به تمام قسمت‌های گل نفوذ کند.
(ب) در صورتی که مواد آلی در گل وجود داشته باشد، با خواباندن گل، مواد آلی به وسیله باکتری‌ها تجزیه می‌شود و باعث ایجاد کپک در گل خواهد شد که در نهایت کپک‌ها باعث لغزندگی بهتر ذرات رس خواهد شد.

نکته



در صورتی که در گل پلاستیک مواد آلی وجود داشته باشد، اگر مدت زمان خواباندن گل بیشتر شود به علت تجزیه مواد آلی و ایجاد کپک‌ها، بوی نامطبوع و بد رنگی در گل ایجاد خواهد شد که در تماس با هوا و پس از پخت این مشکل برطرف می‌گردد.

قبل از خواباندن گل در کارگاه، بهتر است اقداماتی صورت گیرد تا پلاستیسیته گل بیشتر شود.
(الف) ایجاد سوراخ‌هایی درون گل و اضافه کردن آب درون سوراخ‌ها و نگه‌داری گل در کیسه پلاستیکی (شکل ۳۲).



شکل ۳۲- اقدامات انجام‌شده قبل از خواباندن گل

مراحل کار در این روش عبارت‌اند از:

- ۱ داخل گل سوراخ‌هایی با استفاده از ابزار مناسب در راستای ارتفاع گل ایجاد شود.
- ۲ مقداری آب داخل سوراخ‌ها ریخته شود.
- ۳ درب کیسه پلاستیکی حاوی گل بسته شود.

نکته



برای ایجاد شرایط بهینه می‌توان گل را درون دو کیسه پلاستیکی، سپس درون جعبه پلاستیکی قرار داد تا در محیطی مرطوب و ایزوله از نفوذ هوا باشد و خاصیت پلاستیسیته گل افزایش یابد.

ب) افزودن رطوبت از طریق اسپری آب به گل و نگهداری گل در کیسه پلاستیکی (شکل ۳۳)

- ۱ گل توسط سیم برش به چند قسمت تقسیم می‌شود.
- ۲ مقداری آب توسط آب‌پاش بر روی سطوح بریده‌شده پاشیده می‌شود.
- ۳ تکه‌های بریده‌شده روی هم قرار می‌گیرد و درب کیسه پلاستیکی بسته می‌شود.
- ۴ برای ایزوله کردن بیشتر، می‌توان گل را داخل یک کیسه پلاستیکی دیگر قرار داد و در نهایت داخل یک جعبه پلاستیکی درب دار گذاشت و اجازه داد تا گل به‌خوبی استراحت نماید.



شکل ۳۳- اقدامات لازم پیش از خواباندن گل



شکل ۳۴- اتاق‌های مخصوص خواباندن گل

در صنعت سرامیک که مقادیر گل زیاد است باید از روش‌های دیگری استفاده کرد. لازم است اتاق‌های مخصوص استراحت گل ایجاد شود (شکل ۳۴). محیط داخلی این اتاق‌ها باید مرطوب و از لحاظ نفوذ هوا ایزوله باشد. برای عملکرد بهتر، این اتاق‌ها باید دور از نور خورشید ساخته شوند.



تعیین پلاستیسیته گل رسی خوابانده شده

مواد و ابزار: بالکلی، آب، الک مش ۶۰، ترازو، لوح گچی، کاردک، ترازو، خشک کن
شرح فعالیت:

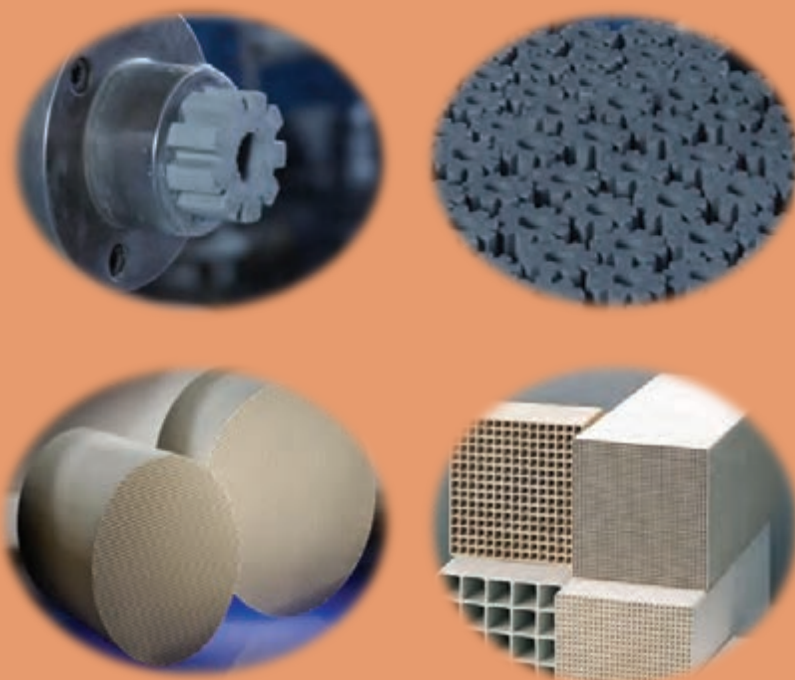
- ۱ مقدار ی از بالکلی را از الک با مش ۶۰ عبور دهید و در خشک کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید.
- ۲ ۵۰۰ گرم از بالکلی خشک شده و ۲۵۰ سی سی آب بردارید و در یک ظرف مناسب دوغاب همگنی تهیه کنید.
- ۳ دوغاب را بر روی لوح گچی پهن کرده و با کاردک یا دست به خوبی آن را زیر و رو کنید تا گل همگنی ایجاد شود.
- ۴ گل را به دو قسمت تقسیم نموده و مطابق با شرح آزمون ففرکورن، عدد پلاستیسیته و درصد آب کارپذیری یکی از قسمت ها را محاسبه کنید.
- ۵ قسمت دیگر گل را درون یک پلاستیک قرار داده و به مدت یک ماه استراحت دهید و بعد از یک ماه مجدد مطابق با شرح آزمون ففرکورن، عدد پلاستیسیته و درصد آب کارپذیری قسمت دیگر را محاسبه کنید و نتایج را با هم مقایسه نمایید.

شرح کار: ■ بررسی عوامل مؤثر بر پلاستیسیته ■ بررسی و تحلیل نتایج			
استاندارد عملکرد: ■ بررسی عوامل تأثیرگذار بر پلاستیسیته گل‌های مصرفی			
شاخص‌ها: ■ بررسی اندازه، توزیع و شکل ذرات خاک ■ بررسی نوع و درصد مایع افزوده‌شده ■ نحوه آماده‌سازی گل و مقدار و نوع کانی رسی ■ استراحت گل در محیط و شرایط استاندارد			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، دستگاه ففرکورن، خشک‌کن، ترازو ابزار و تجهیزات: انواع خاک‌ها و مایع‌های قطبی مورد استفاده در صنعت سرامیک برای ایجاد گل پلاستیک، لوح گچی، دستگاه ففرکورن، خشک‌کن			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی تأثیر اندازه ذرات بر پلاستیسیته	۲	
۲	بررسی تأثیر نوع مایع افزوده‌شده بر پلاستیسیته	۲	
۳	ایجاد محیط مناسب برای استراحت گل	۱	
۴	ثبت گزارش	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**			
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد، ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			



پودمان ۲

شکل دهی اکستروژن



در بین روش های شکل دهی، تعداد کمی از آنها مانند شکل دهی به روش اکستروژن وجود دارد که در زمینه های مختلف کاربرد بسیار وسیعی پیدا کرده باشد. اولین کاربرد شکل دهی اکستروژن در تولید لوله های سرامیکی بوده است که امروزه در صنایع مختلف مانند صنایع پلاستیک، غذایی، شیمیایی و صنایع وابسته کاربرد پیدا کرده است. این روش یکی از روش های شکل دهی پلاستیک به شمار می رود که به دلایلی مانند سهولت کاربرد، هزینه پایین و قابلیت بالا در زمینه تولید قطعات ظریف و پیچیده کاربرد زیادی دارد.

واحد یادگیری ۱

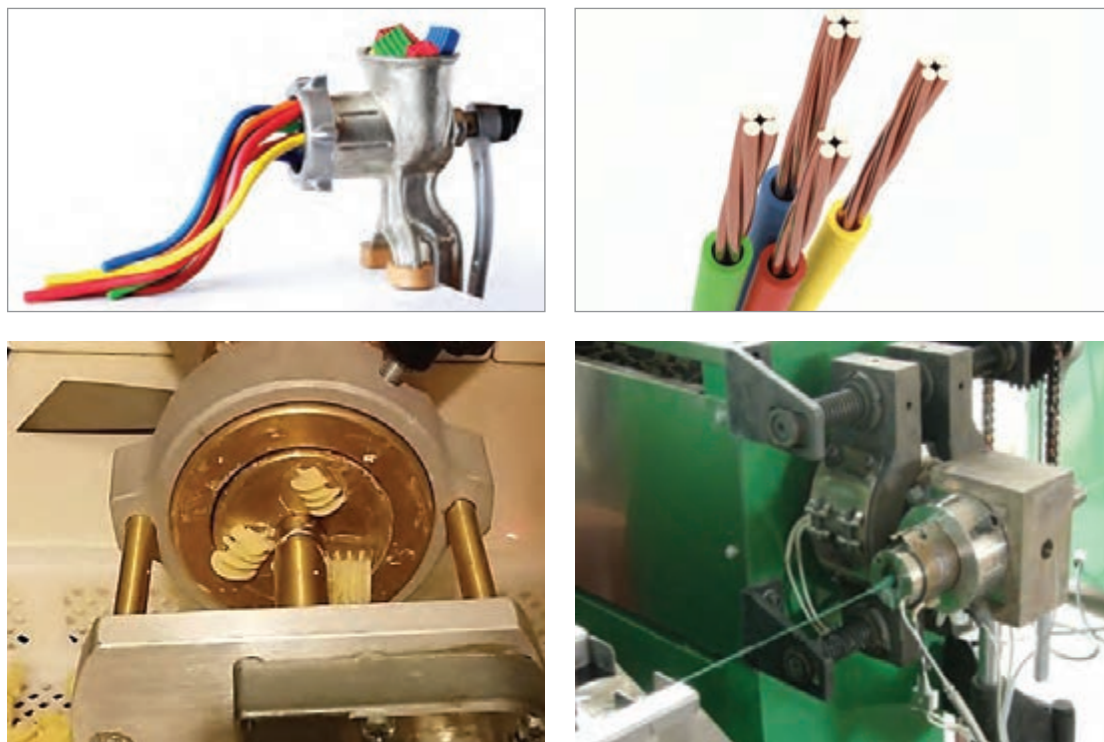
عملیات راه اندازی دستگاه اکسترودر

در این واحد یادگیری ابتدا با ضرورت استفاده از دستگاه اکسترودر، ابزار و تجهیزات آن آشنا شده و سپس در ادامه انواع دستگاه های اکسترودر و نحوه راه اندازی این دستگاه توضیح داده شده است.

استاندارد عملکرد

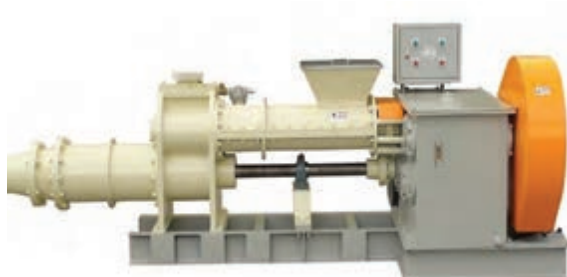
■ بررسی تجهیزات دستگاه اکسترودر و راه اندازی آن براساس دستورالعمل

آیا تاکنون به این موضوع فکر کرده‌اید که روکش سیم‌های مسی بلند و بدون درز یا ماکارونی چگونه شکل دهی می‌شوند؟



شکل ۱

دستگاه اکسترودر در صنایع مختلفی مانند صنعت سرامیک، مواد غذایی و مواد پلیمری کاربرد دارد. در صنایع سرامیک برای اختلاط بیشتر و بهتر، خروج هوای گل، رسیدن به یکنواختی رطوبت در تمامی نقاط و داشتن گلی با پلاستیسیته مناسب از دستگاه اکسترودر استفاده می‌شود. از این دستگاه می‌توان برای عملیات پیش شکل دهی گل و شکل دهی گل استفاده کرد. در شکل ۲ دستگاه اکسترودر هوازدا نشان داده شده است.



شکل ۲- دستگاه اکسترودر هوازدا

ابزار و تجهیزات اکسترودر

در شکل دهی به روش اکستروژن با اعمال نیرو گل پلاستیک از داخل محفظه اکسترودر به طرف قالب با شکل مشخص هدایت شده و به وسیله تجهیزات برش قطعه با اندازه مشخص برش داده می شود. از نظر روند تولید، دستگاه های مورد استفاده در روش اکستروژن از سه بخش اصلی تشکیل شده اند (شکل ۳):



شکل ۳- اجزای دستگاه اکسترودر

از نظر ساختاری دستگاه اکسترودر دارای بخش های مختلف مکانیکی و الکتریکی است. بخش مکانیکی شامل سیلندر، جعبه دنده (گیربکس)، قیف تغذیه، ماردون ها و قالب است و قسمت الکتریکی شامل موتور الکتریکی مجهز به سیستم کنترل سرعت است.

بررسی اجزای دستگاه اکسترودر

با کمک و راهنمایی هنرآموز محترم، به صورت عملی اجزای مختلف دستگاه اکسترودر را باز و سپس دوباره در جای خود نصب نمایید.

فعالیت کارگاهی



گفت و گو کنید



در مورد سیستم انتقال قدرت، بخش های مکانیکی دستگاه و جنس قطعات با یکدیگر بحث و گفت و گو کنید و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.

سیستم اعمال نیرو و تجهیزات دستگاه اکسترودر

۱- سیستم اعمال نیرو

این بخش شامل موتور الکتریکی و جعبه‌دنده اکسترودر است که نیروی لازم برای چرخش ماردون را تأمین می‌کند.

الف) موتور الکتریکی: برای تأمین نیروی چرخشی لازم برای حرکت ماردون‌ها نیاز به یک موتور الکتریکی با قابلیت کنترل سرعت است. موتور الکتریکی نوعی ماشین الکتریکی است که برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی جنبشی استفاده می‌شود.

اگر موتور الکتریکی قابلیت کنترل سرعت را داشته باشد، کارایی بالاتری خواهد داشت و بر خروجی گل و کیفیت گل از لحاظ یکنواختی رطوبت تأثیر مستقیم دارد. به‌طوری‌که هر چه سرعت موتور کمتر باشد گل خروجی از لحاظ رطوبت یکنواخت‌تر خواهد بود.

نکته



ب) جعبه‌دنده: نیروی محرک را از موتور الکتریکی می‌گیرد و میزان معینی از آن را به ماردون‌ها انتقال می‌دهد. در واقع جعبه‌دنده سرعت و قدرت چرخش ماردون را تنظیم می‌کند (شکل ۴).



شکل ۴- جعبه‌دنده دستگاه اکسترودر

۲- تجهیزات مکانیکی دستگاه اکسترودر

الف) سیستم خوراک‌دهی: خوراک‌دهی دستگاه اکسترودر در صنعت سرامیک می‌تواند به دو صورت باشد. ■ خوراک دستگاه، کیک فیلترپرس باشد. در این حالت کیک از طریق قیف تعبیه شده بالای دستگاه تغذیه می‌شود (شکل ۵). این قیف از جنس فولاد ضدزنگ است و قابلیت جدایش از دستگاه را دارد.



شکل ۵- قیف دستگاه اکسترودر

در این روش ابتدا خاک با مقدار زیادی آب به صورت دوغاب در می آید، سپس دوغاب حاصل شده به دستگاه فیلتر پرس هدایت می شود تا عملیات پالایش گل انجام گیرد، محصول خروجی از بین صفحات فیلتر پرس کیک نام دارد. کیک از طریق قیف وارد دستگاه می شود.

■ خوراک دستگاه، کلوخه های رسی خشک باشد. در این حالت از دستگاه اکسترودری استفاده می شود که مجهز به مخلوط کن باشد. کلوخه های رسی وارد محفظه دستگاه می شود به مقدار مناسب آب افزوده می شود (شکل ۶). ابتدا عملیات مخلوط سازی گل و سپس عملیات همگن سازی گل، هواگیری و خروج گل از انتهای دستگاه اکسترودر انجام خواهد شد.



شکل ۶- ورود کلوخه های رسی خشک به داخل محفظه و افزودن آب به مقدار لازم

ب) محفظه یا سیلندر^۱ دستگاه: محفظه دستگاه باید از جنس فولاد مستحکم ضدزنگ باشد تا وقتی در معرض گل سرامیکی (دارای رطوبت) قرار می گیرد دچار سایش و خوردگی نشود. سطح داخلی سیلندر باید کاملاً صاف و صیقلی باشد تا اصطکاک گل با بدنه کاهش یابد.

در صورت سایش و زنگ زدگی محفظه، ناخالصی هایی وارد گل می شود که در مرحله پخت این ناخالصی ها بر روی رنگ بدنه پخت شده تأثیر منفی می گذارند.

نکته



گل دارای مواد سخت مانند سیلیس است، که باعث سایش محفظه اکسترودر خواهد شد.

نکته



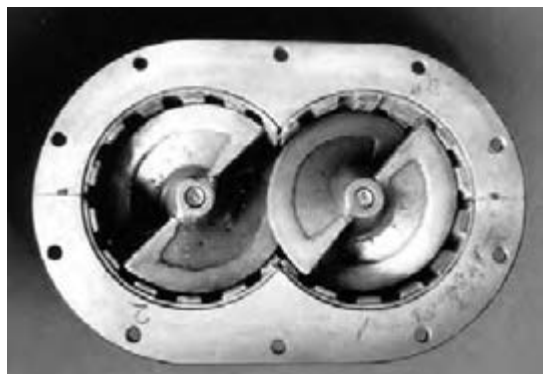
ج) سیستم هدایت گل: در اکسترودرها سیستم هدایت گل به دو صورت است.

۱ در اکسترودر پیستونی از طریق فشار اعمالی به پیستون، انتقال گل به سمت جلو انجام می گیرد. در این دستگاه ها باید عملیات مخلوط سازی گل قبل از ورود به قیف تغذیه، به طور کامل انجام گرفته باشد.

۲ در اکسترودر حلزونی به جای استفاده از پیستون از یک یا چند حلزونی (ماردون) برای هدایت گل به جلو استفاده می گردد.

■ ماردون^۱ یا مارپیچ

شکل ظاهری ماردون‌ها به صورت مارپیچ است. این قسمت هم مانند سیلندر باید از جنس فولاد مستحکم ضدزنگ باشد تا دچار خوردگی و سایش نشود و از ورود ناخالصی‌ها به گل جلوگیری شود. ماردون‌ها عملیات مخلوط‌سازی، ورز دادن و هدایت گل را انجام می‌دهند. در شکل ۷- الف تک ماردون و در شکل ۷- ب دو ماردون نشان داده شده است.



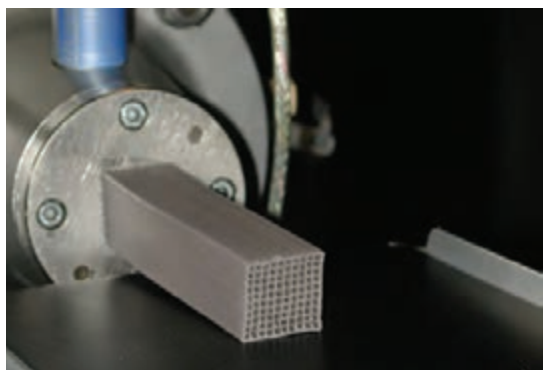
ب) دو ماردون



الف) تک ماردون

شکل ۷

د) قالب انتهایی دستگاه: در شکل ۸ با توجه به نوع قالبی که در انتها تعبیه شده است محصول خروجی متفاوت خواهد بود. در شکل ۸- الف خروج خمیردندان از تیوپ آن و در شکل ۸- ب قطعه اکستروود شده لانه زنبوری هنگام خروج از اکسترودر نشان داده شده است.



ب) خروج قطعه اکستروود شده لانه زنبوری



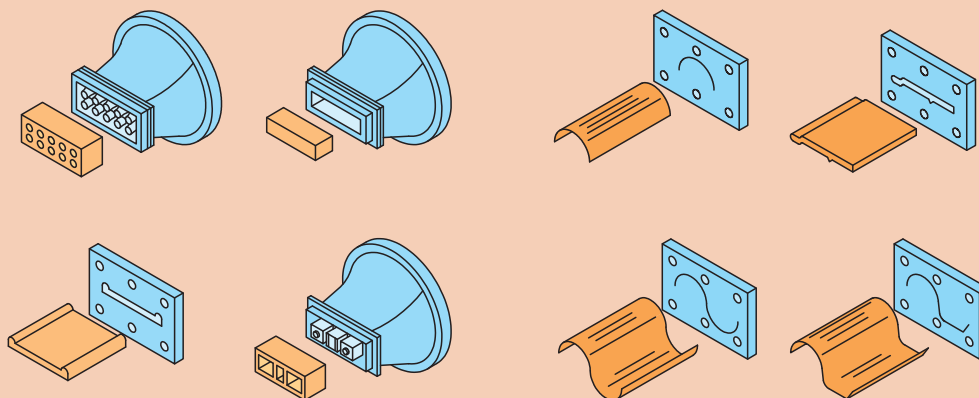
الف) خروج خمیردندان از تیوپ آن

شکل ۸

۱- Screw



به تصاویر شکل ۹ نگاه کنید، به نظر شما شکل سطح مقطع قطعات اکسترودر شده چگونه تعیین می شود؟



شکل ۹



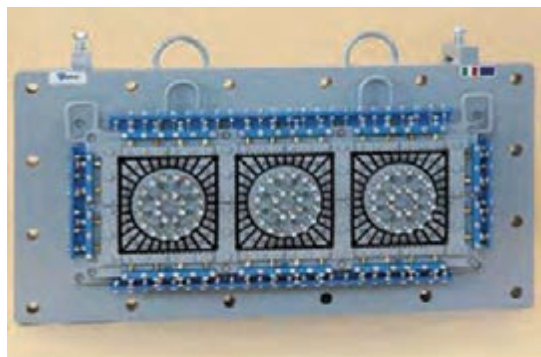
در صنایع مختلف با توجه به نوع محصول تولیدی، نوع قالب و جنس قالب می تواند متفاوت باشد.

هر چه ساخت قطعات در صنایع مختلف دارای ظرافت و دقت بالاتری باشد، در قالب ساخته شده نیز باید ظرافت و حساسیت بیشتری اعمال کرد. قالب ها بسته به جنس تولیدی، متفاوت هستند، زیرا قطعات تولیدی می توانند از جنس مواد غذایی، پلاستیک، فلز و سرامیک ها باشند که هر کدام قالب مخصوص خود را دارند.



در مورد جنس قالب های نصب شده در انتهای دستگاه اکسترودر، در صنایع غذایی و سرامیک گفت و گو کنید.

در قسمت خروجی محفظه اکسترودر قالب نصب می شود، قالب ها در ابعاد و شکل های متنوعی با توجه به شکل سطح مقطع قطعات مورد نیاز برای اکسترودر شدن طراحی و ساخته می شوند. هر چه قطعه پیچیده تر باشد ساخت قالب نیز دشوارتر است. ساخت قالب به طراحی و محاسبات پیچیده ای نیاز دارد، زیرا ابعاد دقیق و طراحی مناسب قالب، نقش تعیین کننده ای در کیفیت قطعه اکسترودر شده دارد. نمونه ای از قالب های اکسترودر صنعتی و دستی در شکل ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۰- قالب نصب‌شده در دستگاه اکسترودر صنعتی و محصول خروجی



شکل ۱۱- قالب‌های دستگاه اکسترودر دستی و محصول‌های خروجی

ویژگی‌های قالب‌های نصب‌شده در انتهای دستگاه اکسترودر در صنعت سرامیک در نمودار ۱ بیان‌شده است.



نمودار ۱- ویژگی‌های قالب‌های نصب‌شده بر روی اکسترودر در صنعت سرامیک

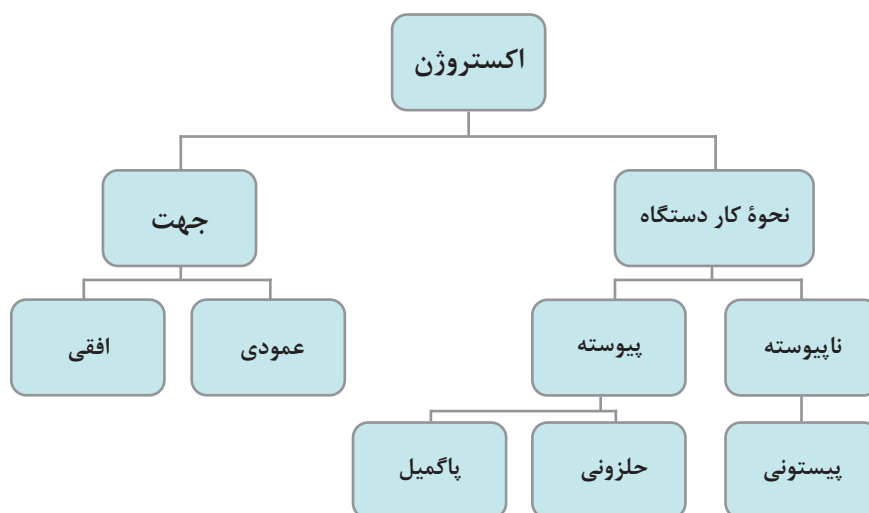


بررسی و تعویض قالب اکسترودر

- ۱ به کمک هنرآموز خود، به صورت عملی بر روی تعویض قالب دستگاه اکسترودر کار کنید.
- ۲ در مورد جنس، ضخامت و نوع قالب و صاف و صیقلی بودن سطح داخلی قالب با یکدیگر بحث و گفت‌وگو کنید و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.
- ۳ مشخص کنید قالب‌های دستگاه اکسترودر برای مرحله شکل‌دهی استفاده می‌شود یا در مرحله پیش از شکل‌دهی؟

تقسیم‌بندی روش‌های اکستروژن

به طور کلی روش شکل‌دهی اکستروژن تقسیم‌بندی متفاوتی دارد که روش‌های متداول آن در نمودار ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۲- روش‌های متداول شکل‌دهی به روش اکستروژن

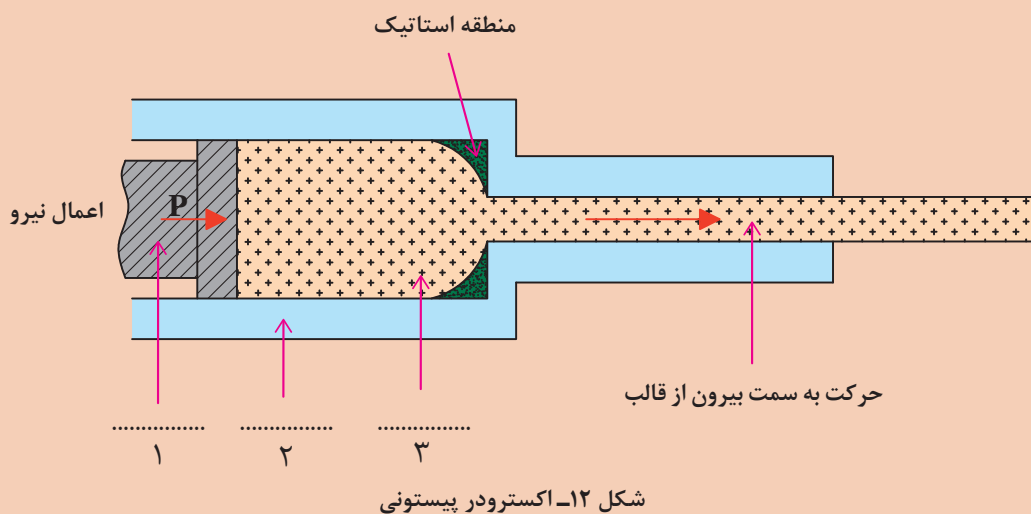
۱- تقسیم‌بندی اکسترودرها از لحاظ تجهیزات دستگاهی

روش شکل‌دهی اکستروژن از لحاظ تجهیزات و دستگاهی شامل سه نوع پیستونی، حلزونی و پاگمیل است. **الف) اکسترودر پیستونی:** اکسترودر پیستونی ساده‌ترین نوع سیستم اکسترودر به‌شمار می‌رود که شامل محفظه (سیلندر)، پیستون و قالب است. در این سیستم لازم است عملیات مخلوط‌سازی گل برای شکل‌دهی قبل از ریختن آن به داخل دستگاه به صورت کامل انجام گیرد. گل جهت شکل‌دهی به محفظه اکسترودر ریخته می‌شود و سپس با اعمال فشار، پیستون در داخل محفظه استوانه‌ای به سمت دهانه قالب هدایت شده و با عبور از دهانه، به صورت شکل داده شده خارج می‌گردد.

اکسترودر پیستونی دسته‌بندی‌های مختلفی دارد که از جمله این تقسیم‌بندی‌ها می‌تواند موارد زیر باشد:

- بر اساس میزان نیروی اعمالی
- نوع سیستم اعمال فشار برای جلو راندن پیستون داخل محفظه (هیدرولیکی یا مکانیکی)
- جهت اکسترودر (عمودی یا افقی) و (مستقیم یا غیرمستقیم)
- نحوه شارژ آمیز (دستی با اتوماتیک)

به شکل ۱۲ دقت کنید و با توجه به توضیحات ارائه شده در مورد اکسترودر پیستونی، ضمن پر کردن جاهای خالی در شکل، توصیفی از عملکرد اجزای معرفی شده در شکل را در این دستگاه ارائه دهید.



سرعت تولید محصول در اکسترودر پیستونی رابطه مستقیم با سرعت حرکت پیستون در این دستگاه دارد، اما هر چه سرعت حرکت پیستون کاهش یابد، کیفیت محصول نهایی افزایش خواهد یافت.

منطقه استاتیک: در این قسمت از قالب گل فشرده شده و امکان خروج از انتهای اکسترودر وجود ندارد (شکل ۱۲).

برای رفع مشکل منطقه استاتیک چه راه‌حلی پیشنهاد می‌کنید؟

ب) اکسترودر حلزونی: در اکسترودر حلزونی که ساختار آن در مقایسه با اکسترودر پیستونی کمی پیچیده‌تر است از یک یا چند حلزونی به جای پیستون استفاده می‌شود که این حلزونی‌ها با چرخش، گل ورودی را به سمت جلو و قالب هدایت می‌کنند در این سیستم علاوه بر شکل‌دهی تا حدودی عملیات مخلوط‌سازی ثانویه

فعالیت کلاسی



نکته



نکته

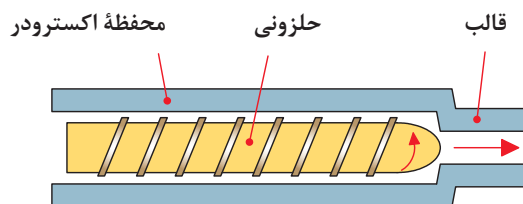


پرسش



نیز توسط حلزونی‌ها انجام می‌شود. در شکل ۱۳ نمایی از تک حلزونی و در شکل ۱۴ نمایی از دو حلزونی نشان داده شده است. اکسترودر حلزونی مانند اکسترودر پیستونی دارای دسته‌بندی‌های مختلفی است که از جمله این تقسیم‌بندی‌ها می‌تواند موارد زیر باشد.

- بر اساس میزان نیروی اعمالی
- نوع سیستم اعمال فشار برای جلو راندن پیستون داخل محفظه (هیدرولیکی یا مکانیکی)
- جهت اکسترودر (عمودی یا افقی)
- نحوه شارژ آمیز (دستی یا اتوماتیک)



شکل ۱۳- نمایی از تک حلزونی

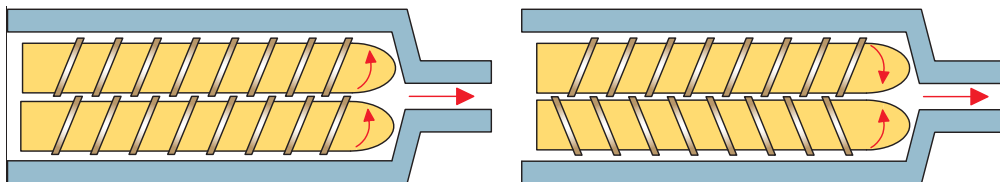
در صنایع سرامیک از اکسترودر با بیش از یک حلزونی استفاده می‌شود چون این اکسترودرها نسبت به اکسترودرهای با یک حلزونی سرعت تولید بالاتری و صرفه اقتصادی بالاتری دارند. تیغه‌های این دستگاه می‌تواند جهت چرخش متفاوت (جهت مخالف و جهت موافق) نسبت به هم داشته باشند که تیغه‌های یک حلزون از بین تیغه‌های دیگری عبور می‌کند و گل را به سمت جلو هدایت می‌کنند.

نکته



به شکل ۱۴ دقت کنید و با توجه به توضیحات ارائه شده در قسمت اکسترودر حلزونی، توصیفی از عملکرد اجزای معرفی شده در شکل را در این دستگاه ارائه دهید.

پرسش



شکل ۱۴- نمایی از دو حلزونی با جهت‌های مخالف و موافق

فکر کنید



- ۱ چه تفاوتی بین دو دستگاه اکسترودر پیستونی و حلزونی وجود دارد؟
- ۲ این دو روش اکستروژن چه معایب و مزایایی نسبت به یکدیگر دارند؟
- ۳ در جدول ۱ مقایسه‌ای بین دو نوع اکستروژن پیستونی و حلزونی آمده است. با توجه به این دو روش جدول را کامل کنید.

جدول ۱- مقایسه اکسترودر پیستونی و حلزونی

حلزونی	پیستونی
اکستروژن حلزونی به صورت پیوسته امکان انجام هم‌زمان مخلوط‌سازی و تولید قطعه را دارد بنابراین سرعت تولید بالاست.	در اکستروژن پیستونی سرعت تولید قطعات در مقایسه با نوع حلزونی کمتر است زیرا به صورت غیر پیوسته کار می‌کند.
	در استفاده از دستگاه پیستونی تماس گل ورودی به اکسترودر نسبت به نوع حلزونی کمتر است، بنابراین امکان آلودگی نیز کمتر می‌شود.
در اکستروژن حلزونی، تا حدودی عملیات مخلوط‌سازی و همگن کردن مواد اولیه کمک می‌کند.	در روش پیستونی لازم است عملیات مخلوط‌سازی قبل از هدایت مواد اولیه به داخل محفظه اکستروژن انجام شود.

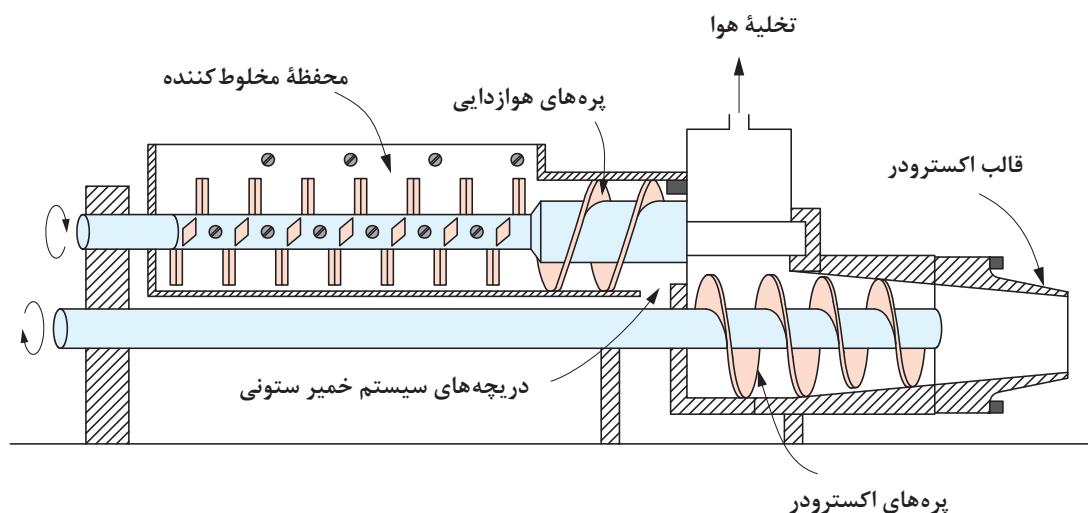
پرسش



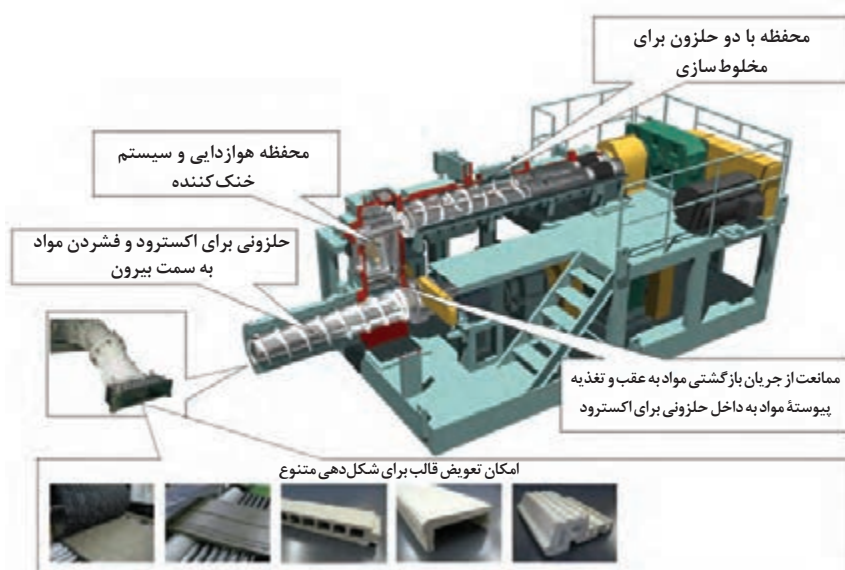
آیا ویژگی‌های قطعات حاصل از شکل‌دهی با اکسترودر پیستونی با قطعات حاصل از شکل‌دهی با اکسترودر حلزونی تفاوت دارند؟

ج) پانگمیل: به منظور انجام شکل‌دهی با روش اکستروژن به صورت پیوسته و انجام هم‌زمان عملیات مخلوط‌سازی گل، یک دستگاه پانگمیل یا مخلوط‌کن دیگری که دارای سیستم هوازایی نیز است به عنوان جزئی از سیستم اکستروژن در دستگاه طراحی می‌شود.

پاگمیل دارای ردیف‌هایی از پره‌ها بر روی میله است که با چرخش آن، گل بین پره‌ها فشرده شده و با اعمال تنش به مخلوط شدن آن کمک می‌کند. به این ترتیب با حرکت گل بین پره‌ها و فشرده شدن آنها تا حدودی هوای موجود در داخل گل خارج می‌شود و مخلوط همگن می‌شود. با افزودن سیستم تخلیه هوا به دستگاه اکستروژن امکان هوازدایی مخلوط گل فراهم می‌شود. سپس گل آماده انجام عملیات شکل‌دهی با اکستروژن می‌گردد. جزئیات بیان‌شده را می‌توانید در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ مشاهده نمایید.



شکل ۱۵- طرح‌واره دستگاه پاگمیل و معرفی تجهیزات دستگاه



شکل ۱۶- اجزای اکسترودر حلزونی همراه با سیستم هوازدایی

گل اکستروژن با ترکیب مشخص و پلاستیسیته مناسب به محفظه ورودی مواد ریخته می‌شود و با یک حلزونی به سمت تیغه چرخنده هدایت می‌شود این تیغه ضمن گسیختن و تکه‌تکه کردن گل ورودی از همدیگر، هواگیری نیز انجام می‌دهد به منظور جلوگیری از ورود هوا به داخل گل لازم است شارژ و ریختن گل با سرعت انجام گیرد. بعد از هوازدایی و گسیختن (تکه‌تکه شدن) گل از هم توسط تیغه‌های چرخشی گل به سمت حلزونی بعدی هدایت می‌شود تا کار مخلوط‌سازی و فشردن آن انجام شود و گل به صورت توده‌ای یکنواخت درآید. سپس گل به سمت قالب با شکل و اندازه مشخص فشرده و شکل‌دهی می‌شود.

نکته



اندازه قالب باید با سرعت ریختن گل به داخل دستگاه متناسب باشد، به‌ویژه در دستگاه‌های اکستروژن با ظرفیت کم باید دقت کافی شود تا گل بیش از حد ظرفیت به دستگاه ریخته نشود. در بعضی از دستگاه‌های اکستروژن هنگام اکستروژن کردن در قسمت‌هایی از دستگاه به گل حرارت اعمال می‌شود. در فرایند اکستروژن مخلوط کردن گل از مراحل حساس و مهم به شمار می‌رود.

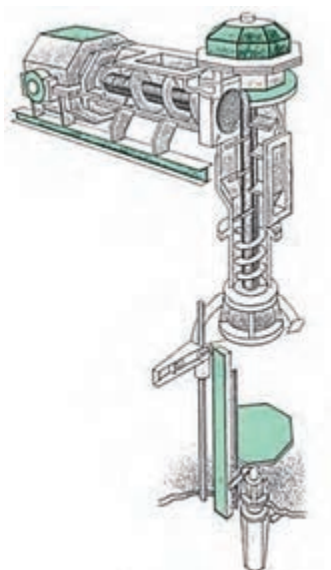
نکته ایمنی



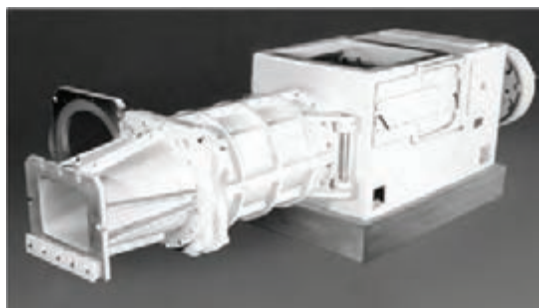
- با توجه به وجود خطرات احتمالی برق گرفتگی دقت لازم را داشته باشید و از روشن و خاموش کردن دستگاه با دست خیس اجتناب کنید.
- هنگام بررسی اجزای دستگاه دقت کنید که برق دستگاه از تابلو مرکزی کارگاه قطع شده باشد.
- از نزدیک کردن دستان خود به داخل محفظه ورودی گل خودداری کنید.
- مراقب باشید تا هنگام باز کردن ماردون به خود آسیب نزنید.
- مواظب گیر کردن احتمالی لباس نظیر شال گردن و آستین لباس به دستگاه در هنگام کار باشید.

۲- تقسیم‌بندی اکسترودرها بر اساس جهت شکل‌دهی

اکسترودرها می‌توانند به صورت افقی و عمودی به کار گرفته شوند. نوع افقی در تولید انواع سرامیک‌ها کاربرد بیشتری دارد ولی در ساخت برخی قطعات لوله‌ای شکل با جداره نازک و قطر بزرگ نوع عمودی ترجیح داده می‌شود؛ زیرا در اکستروژن عمودی خارج کردن محصول اکستروژن شده بدون تغییر شکل سطح مقطع آن امکان‌پذیر است. در شکل ۱۷ نمونه‌ای از اکستروژن عمودی و در شکل ۱۸ نمونه‌ای از اکستروژن افقی نشان داده شده است.



شکل ۱۷ - اکستروژن عمودی برای شکل دادن لوله‌های فاضلاب



شکل ۱۸- اکسترودر افقی در صنایع سرامیک

در شکل ۱۹ محصولاتی از اکسترودر عمودی و در شکل ۲۰ محصولاتی از اکسترودر افقی نشان داده شده است.

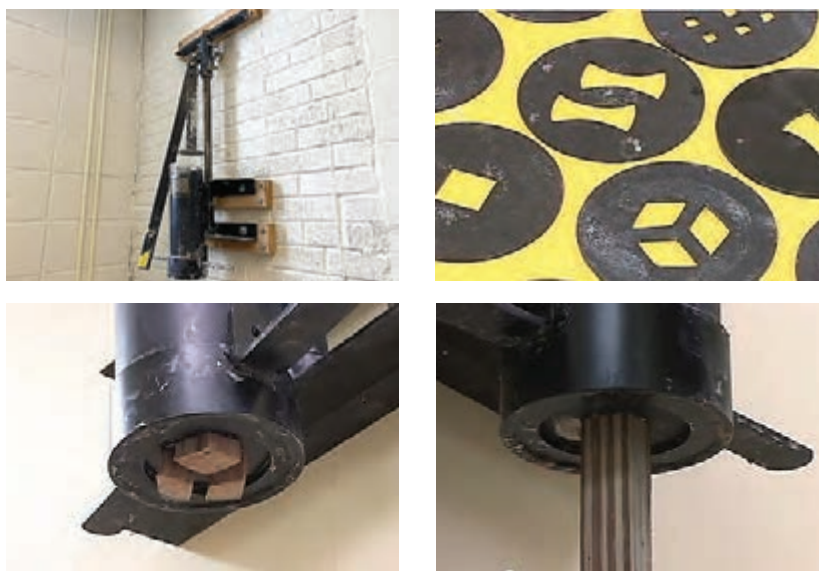


شکل ۱۹- محصولاتی از اکسترودر صنعتی عمودی



شکل ۲۰- محصولاتی از اکسترودر صنعتی افقی

در شکل ۲۱ اکسترودر عمودی کارگاهی سرامیک به همراه قالب‌ها و محصولات خروجی از دستگاه نشان داده است.



شکل ۲۱- اکسترودر عمودی کارگاهی، قالب‌ها و محصولات خروجی از این دستگاه



شکل ۲۲

در مورد عملکرد دستگاه اکسترودر برای شکل‌دهی استوانه توخالی در شکل ۲۲ گفت‌وگو کنید.

پرسش



شرح کار:

- آشنایی با تجهیزات دستگاه اکسترودر
- تعویض قالب اکسترودر
- راه اندازی دستگاه اکسترودر

استاندارد عملکرد:

- بررسی تجهیزات دستگاه اکسترودر و راه اندازی آن

شاخص ها:

- تعیین نوع دستگاه اکسترودر در صنعت سرامیک و نحوه کار با آن

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی و دستگاه اکسترودر و قالب های دستگاه
 ابزار و تجهیزات: قالب فولادی مقاوم به سایش و خوردگی، دستگاه اکسترودر حلزونی
 تجهیزات ایمنی: لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار و تجهیزات اطفای حریق

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی تجهیزات دستگاه اکسترودر	۱	
۲	تعیین دستگاه اکسترودر مناسب برای صنعت و کارگاه سرامیک	۱	
۳	باز کردن و بستن دستگاه اکسترودر و بررسی قطعات دستگاه	۲	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت لباس کار و کفش ایمنی-مسئولیت پذیری-رعایت موارد زیست محیطی	۲	
میانگین نمرات **			*

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

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

واحد یادگیری ۲

اجرای عملیات شکل‌دهی اکستروژن

در این واحد یادگیری ابتدا با محصولاتی که با این دستگاه شکل‌دهی می‌شوند، آشنا می‌شوید سپس مراحل شکل‌دهی به روش اکستروژن را فراخواهید گرفت. در ادامه فعالیت و کارهای عملی برای کسب مهارت اکستروژن کردن خاک‌های مختلف در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

■ اکستروژن کردن آمیزه‌های مختلف سرامیکی مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه

به محصولات شکل ۲۳ نگاه کنید
به نظر شما قطعات تولیدشده با این روش دارای چه خصوصیات مشترکی هستند؟



شکل ۲۳- محصولات تولیدشده به روش اکستروژن

قطعات ساخته شده در شکل ۲۳ همگی حاصل شکل دهی پلاستیک به روش اکستروژن هستند. به محصولات تولیدشده به روش اکستروژن محصولات اکستروژن شده گفته می شود. با دقت کردن در شکل ۲۳ متوجه خواهید شد که محصولات اکستروژن شده دارای ویژگی های زیر هستند.

■ سطح مقطع یکنواخت و ثابت در امتداد طولی

■ بدون درز طولی

■ امکان تولید قطعات با جدار نازک و ساختار ریز و مشبک

مثال های دیگری از محصولات اکستروژن شده در شکل ۲۴ نشان داده شده است.



لوله و محافظ سرامیکی

پایه کاتالیست لانه زنبوری، مبدل حرارتی

کاشی، آجر دیرگداز، بلوک ساختمانی

خازن سرامیکی

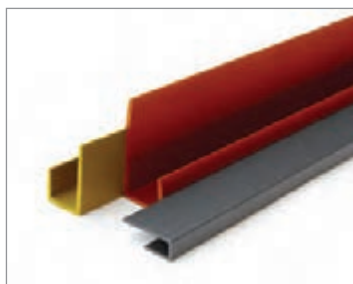
شکل ۲۴- محصولات سرامیکی شکل دهی شده به روش اکستروژن

گفت‌وگو
کنید



به فرآورده‌های حاصل از روش اکستروژن توجه کنید و در مورد سایر ویژگی‌های محصولات تولیدشده به روش اکستروژن بحث کنید.

تقریباً تمام مواد سرامیکی، فلزی، پلیمری و حتی مواد غذایی اگر شرایط لازم برای فشردن از روزنه قالب را داشته باشند، می‌توانند به روش اکستروژن شکل‌دهی شوند (شکل ۲۵).



محصول اکستروژن شده پلیمری



محصول اکستروژن شده فلزی



محصول اکستروژن شده سرامیکی

شکل ۲۵- محصولات اکستروژن شده با جنس‌های مختلف

تحقیق کنید

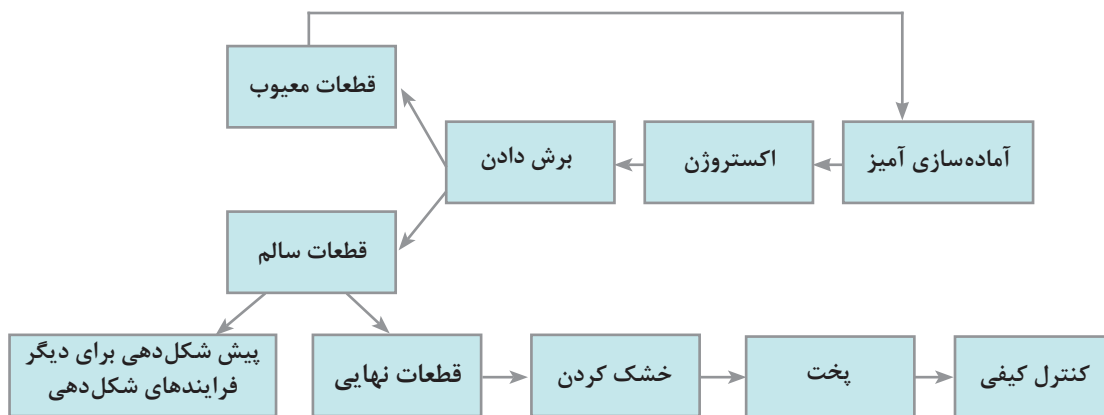


فهرستی از محصولات سرامیکی و کاربرد آنها در صنایع مختلف را که با روش اکستروژن شکل‌دهی و تولید می‌شوند، تهیه کنید.



روند ساخت قطعات سرامیکی به روش اکستروژن

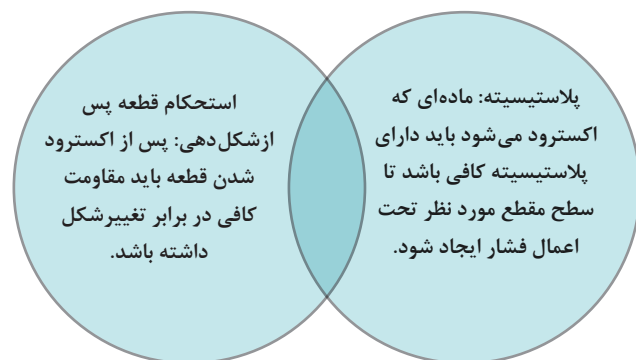
در نمودار ۳ مراحل ساخت یک قطعه سرامیکی به روش اکستروژن را مشاهده می کنید.



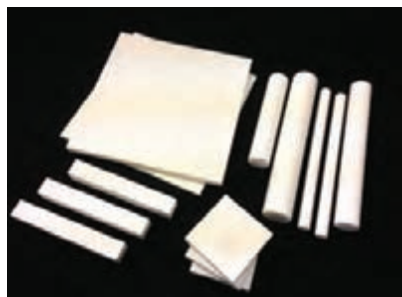
نمودار ۳- مراحل ساخت قطعه سرامیکی به روش اکستروژن

ویژگی های مواد اولیه برای شکل دهی به روش اکستروژن

در نمودار ۴ ویژگی های مواد اولیه سرامیکی برای شکل دهی به روش اکستروژن بیان شده است.



نمودار ۴



شکل ۲۶- قطعات سرامیکی اکستروژن شده با مواد غیر پلاستیک

ممکن است این سؤال در ذهن ایجاد شود که آیا مواد فاقد پلاستیسیته نیز قابلیت شکل دهی به روش اکستروژن را دارند؟ قابلیت اکستروژن شدن برای موادی که پلاستیسیته کافی برای شکل دهی ندارند با افزودن چسب و مواد پلاستی سائز ایجاد می شود. به طور مثال در لوله های محافظ ترموکوپل از جنس آلومینیوم نیتريد که پلاستیسیته کافی برای شکل دهی با اکستروژن را ندارند با افزودن پلاستی سائز و چسب پلاستیسیته لازم در آنها ایجاد شده و اکستروژن می شوند (شکل ۲۶).



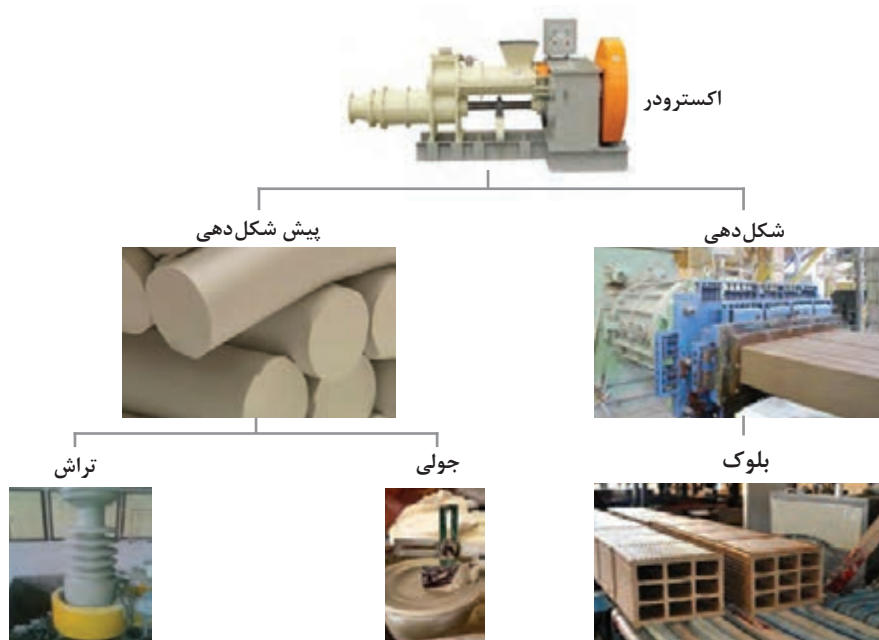
اکستروژن کردن قطعاتی از جنس آلومینا به عنوان یک ماده سرامیکی با اندازه ذرات ۵ میکرومتر را در نظر بگیرید. پودر اولیه آلومینا در آب یا حلال‌های دیگر دارای پلاستیسیته لازم نبوده و بنابراین عمل اکستروژن کردن به راحتی انجام نمی‌گیرد. با افزودن ذرات ریز بوهمیت به ذرات آلومینای پودر اولیه میزان پلاستیسیته افزایش می‌یابد. در واقع ذرات ریز بوهمیت بین ذرات آلومینای پودر اولیه قرار می‌گیرند و باعث افزایش پلاستیسیته آنها می‌شوند. چند نمونه از چسب‌های مورد استفاده در آماده‌سازی آمیز در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- چند نمونه از چسب‌های مصرفی در شکل‌دهی به روش اکستروژن

نام فارسی	نام لاتین
صمغ	Gum
پلی وینیل الکل	Poly vinyl alcohol (PVA)
نشاسته	Starch
کربوکسی متیل سلولز	Carboxy methyl cellulose (CMC)

شکل‌دهی با دستگاه اکسترودر

گل بعد از آماده‌سازی جهت فرایند اکستروژن شدن وارد قیف دستگاه اکستروژن می‌شود. با اعمال نیرو گل به سمت قالب با شکل مشخص هدایت می‌شود و از آنجا با شکل مشخص از دستگاه خارج می‌شود. لازم است بدانیم گاهی بدنه اکستروژن شده، محصول نهایی نیست و اکستروژن برای پیش‌شکل‌دهی قطعات به کار می‌رود که در نهایت شکل اصلی و نهایی با روش دیگر مانند تراش و جیگر، جولی و رولر انجام می‌شود (شکل ۲۷).



شکل ۲۷



در فرایند اکستروژن تراکم به طور معکوس به میزان رطوبت گل سرامیکی بستگی دارد و نسبت آب به خاک، تعیین کننده نهایی تراکم محصول است؛ یعنی با کاهش میزان آب نسبت به مواد سرامیکی در گل ورودی به اکسترودر تراکم محصول بیشتر می شود. بنابراین برای گل پیش شکل دهی برای روش های شکل دهی دیگر مانند تراش و جیگر و جولی لازم است مقدار رطوبت موجود در گل کم باشد تا تراکم گل آماده شده بالا باشد.

شکل دهی به روش اکستروژن با ابزار دستی

مراحل شکل دهی به روش اکستروژن با ابزارهای دستی عبارتند از:
مرحله اول: آماده سازی مواد اولیه با ترکیب و رطوبت مناسب طوری که ویژگی ها و شرایط لازم برای اکستروژن شدن را داشته باشد (شکل ۲۸).



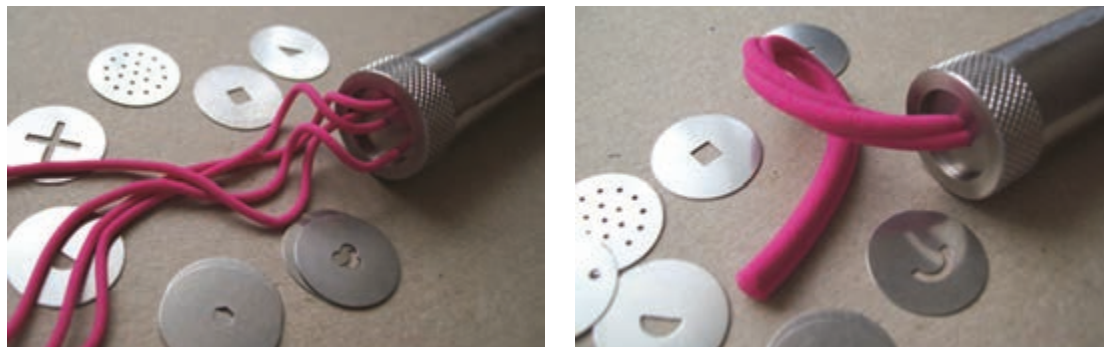
شکل ۲۸- مرحله اول

مرحله دوم: انتخاب شکل دهانه اکسترودر و پر کردن مخزن دستگاه با آمیز (شکل ۲۹).



شکل ۲۹- مرحله دوم

مرحله سوم: اعمال نیرو به منظور بیرون راندن آمیز اکستروژن شده از قالب و برش محصولات (شکل ۳۰).



شکل ۳۰- مرحله سوم



شکل ۳۱

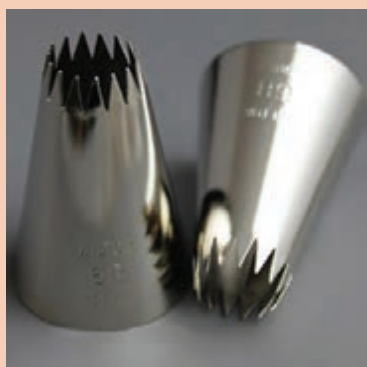
ساخت اکسترودر دستی با استفاده از سرنگ
با استفاده از سرنگ معمولی (شکل ۳۱) یک نمونه‌سازی
خلاقانه انجام دهید و ویژگی‌های حاصل از محصول به دست
آمده را با نتایج سایر گروه‌ها مقایسه کنید.

فعالیت کارگاهی



از سرنگ بدون سوزن استفاده نمایید.

نکته ایمنی



شکل ۳۲- قالب خامه‌ریزی

خامه‌ریزی برای آراستن کیک با استفاده از قالب (شکل ۳۲) نیز
شباهت‌هایی با روش اکستروژن دارد.

نکته



شکل دهی به روش اکستروژن به صورت کارگاهی

۱- اکستروژن به عنوان روشی برای پیش شکل دهی

مراحل پیش شکل دهی به روش اکستروژن عبارتند از:

مرحله اول: پر کردن مخزن دستگاه با گل و انجام عملیات مخلوط کردن گل برای یکنواخت سازی رطوبت (شکل ۳۳).



شکل ۳۳- مخلوط سازی گل در دستگاه اکسترودر

مرحله دوم: اعمال نیرو به منظور هدایت کردن گل و بیرون راندن مواد اکستروود شده از قالب (شکل ۳۴).



شکل ۳۴- خروج شمش گل از دستگاه اکسترودر

مرحله سوم: برش شمش گل و نگهداری آن در محیط مناسب (شکل ۳۵).



شکل ۳۵- برش شمش گل به صورت دستی

مرحله چهارم: شکل دهی شمش گل با روش های تراش، جیگروچولی و رولر (شکل ۳۶ و شکل ۳۷).



شکل ۳۷- شکل دهی با رولر



شکل ۳۶- شکل دهی به روش تراش

قطعات اکستروژن شده باید در ابعاد طولی مورد نظر بریده شوند. برش دادن قطعات خروجی از اکستروژر لازم است با دقت بالایی انجام شود تا از ایجاد عیوب در لبه قطعات جلوگیری شود. برش طولی قطعات می تواند به صورت دستی یا اتوماتیک انجام شود. معمولاً عمل بریدن با استفاده از سیم های نازک انجام می شود. در شکل ۳۸- الف برش به صورت دستی با سیم برش و شکل ۳۸- ب برش به صورت اتوماتیک نشان داده شده است.

نکته



(ب) برش به صورت اتوماتیک



(الف) برش به صورت دستی با سیم برش

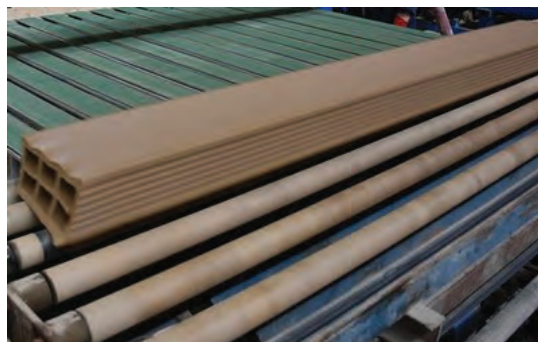
شکل ۳۸

۲- اکستروژن به عنوان روش شکل دهی

در این روش با توجه به قالب تعبیه شده در انتهای دستگاه، ابعاد نهایی نمونه ها توسط تیغه برش می خورد. در شکل ۳۹- الف بلوک قبل از برش و شکل ۳۹- ب بلوک بعد از برش نشان داده شده است.



ب) بعد از برش بلوک



الف) قبل از برش بلوک

شکل ۳۹

قابلیت اکستروژن شدن آمیز بالکلی و آلومینا

مواد و ابزار:

۱۰ کیلوگرم آلومینا، ۱۰ کیلوگرم بالکلی، آب، دو عدد ظرف مناسب برای تهیه گل

شرح فعالیت:

مقدار ۱۰ کیلوگرم خاک بالکلی و به همان مقدار پودر آلومینا تهیه و با افزودن ۱۸ درصد آب به هر کدام گل آماده کنید. پس از آماده سازی گل هر کدام را جداگانه داخل محفظه اکستروژن ریخته و عملیات شکل دهی اکستروژن را انجام دهید.

فعالیت کارگاهی



نکات ایمنی



- 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 نزدیک کردن دستان خود به داخل محفظه ورودی مواد اولیه خودداری کنید.
- ۳) حتماً از وسایل جانبی برای ریختن آمیز داخل دستگاه استفاده شود.
- ۴) مواظب گیر کردن احتمالی لباس نظیر شال گردن و آستین لباس به دستگاه در هنگام کار باشید.

پرسش



فعالیت کارگاهی



قابلیت اکستروژن شدن آمیز با درصد های رطوبت مختلف

مواد و ابزار: ۲۰ کیلوگرم کائولن، آب، دو عدد ظرف مناسب برای تهیه دوغاب

شرح فعالیت:

مقدار ۲۰ کیلوگرم خاک کائولن را تهیه و با نیمی از آن در یک ظرف و با نیمی دیگر در ظرف دیگری جداگانه دوغاب آماده کرده و پس از آب گیری، از هر کدام گل با پلاستیسیته های متفاوت تهیه کنید.

پس از آماده‌سازی هرکدام را جداگانه داخل محفظه اکسترودر ریخته و عملیات شکل‌دهی را انجام دهید. مقدار پلاستیسیته را با یکی از روش‌های آموزش داده شده در پودمان اول تعیین کنید.

نکات ایمنی



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

۲ از نزدیک کردن دست‌تان خود به داخل محفظه ورودی مواد اولیه خودداری کنید.

۳ حتماً از وسایل جانبی برای ریختن آمیز داخل دستگاه استفاده شود.

۴ مواظب گیر کردن احتمالی لباس نظیر شال‌گردن و آستین لباس به دستگاه در هنگام کار باشید.

پرسش



گل با درصدهای متفاوت رطوبت را از لحاظ اکستروژن شدن با هم مقایسه کنید.

عیوب اکستروژن

به شکل ۴۰ نگاه کنید در این شکل نمایی از محصولات معیوب فرایند اکستروژن نشان داده شده‌اند که در هر یک از آنها یک سری از عیوب قابل مشاهده است.



ج) لایه لایه شدن و ترک مقطع طولی



ب) ترک S شکل



الف) ترک Y شکل



د) پارگی لبه‌ها

شکل ۴۰- برخی از عیوب قطعات اکستروژن شده

در هر روش شکل‌دهی ممکن است یک سری از عیوب در قطعه ایجاد شود که با بررسی دقیق می‌توان عامل آنها را شناسایی کرد و راه‌حلی برای رفع آن ارائه داد.



در جدول ۳ برخی از عیوب قطعات اکستروود شده به همراه عامل ایجاد عیب و راه حل آن آمده است. درباره عامل ایجاد هر یک از عیوب فکر کنید و راه حل هایی برای هر کدام ارائه دهید.

جدول ۳- عیوب ایجاد شده در قطعات اکستروود شده و عامل ایجاد آنها و راه حل هایی برای هر کدام

نوع عیب	علت ایجاد عیب	راه حل برای رفع عیب
لایه لایه شدن	عملکرد اکسترودرهای حلزونی به گونه ای است که باعث ایجاد حالت لایه لایه ای در گل می شود و زمانی که مخلوط آمیز قبل از خروج از انتهای قالب به صورت کامل به هم تنیده نشود، ایجاد می شود.	با انتخاب مواد رسی با پلاستیسیته مناسب و نیز طراحی درست قالب می توان عیب لایه دار شدن گل را از بین برد.
پارگی لبه های سطحی: ترک های سطحی که در هنگام خروج ماده از اکسترودر ایجاد می شود.	۱- اصطکاک تماسی بین دیواره اکستروژن و آمیز از علل ایجاد این عیب است.	۱- با استفاده از مواد روان ساز اصطکاک گل را در قالب کم کرد.
	۲- از ماسه های درشت استفاده شده باشد.	۲-
	۳- درصد رطوبت گل کم شده باشد.	۳- درصد رطوبت گل را افزایش داد.
	۴- خاک رسی با پلاستیسیته کافی نداشته باشد.	۴- بهبود چسبندگی گل با افزودن مواد کمکی
ترک S شکل	این عیوب در درون قطعات توپر مشاهده می شوند. با توجه به کاهش تدریجی قطر حلزونی به سمت قالب، ناحیه انتهایی حلزونی، گل های فشرده اطراف باید جای خالی آن را پر کنند؛ بنابراین گل فشرده شده برای پر کردن جای خالی حلزون از اطراف به مرکز هدایت می شود و در ناحیه میانی به هم وصل می شوند. در صورتی که گل آماده شده دارای خواص نامطلوب باشد، عدم پیوستگی گل در مرکز قطعه وجود دارد که بعد از خشک شدن به صورت S ظاهر می شود.	۱- انتخاب گل با پلاستیسیته مناسب ۲-
ترک Y شکل (ستاره ای)	وجود ذرات غیر پلاستیک درشت (شاموت) در گل باعث ایجاد ترک می شود. علت آن ایجاد تنش در اطراف این ذرات به علت انقباض کمتر آنها در هنگام خشک شدن است.	
اعوجاج قطعات اکستروود شده		
تخلخل در قطعات اکستروود شده		

به طور کلی کار کردن با اکستروودر با وجود مشکلات زیاد به دلیل سرعت تولید بالا از لحاظ اقتصادی دارای ارزش سرمایه گذاری است. در این روش شکل دهی با دقت و تجربه بالا و ارائه راه حل مناسب می توان بر مشکلات آن غلبه کرد.



ارزشیابی اجرای عملیات شکل‌دهی اکستروژن

شرح کار:

- شکل‌دهی به روش اکستروژن با ابزار دستی
- پیش‌شکل‌دهی به روش اکستروژن به صورت کارگاهی
- بررسی عیوب ایجادشده در شمش گل و برطرف کردن عیوب

استاندارد عملکرد:

- اکستروژن کردن آمیزه‌های مختلف سرامیکی مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه

شاخص‌ها:

- اکستروژن کردن آمیزه‌های حاوی مواد رسی
- اکستروژن کردن آمیزه‌های حاوی مواد رسی و غیر رسی
- بررسی عیوب شمش ایجادشده در شمش گل و برطرف کردن آن

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، دستگاه اکستروژن
 ابزار و تجهیزات: انواع خاک‌ها در صنایع سرامیک برای ایجاد گل پلاستیک، دستگاه اکستروژن خشک‌کن

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	اکستروژن گل با استفاده از ابزار دستی	۱	
۲	اکستروژن کردن گل با دستگاه اکستروژن	۲	
۳	توانایی تشخیص عیوب قطعات اکستروژنی و روش‌های رفع آن	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت - لباس کار و کفش ایمنی - مسئولیت‌پذیری - رعایت موارد زیست محیطی	۲	
میانگین نمرات **			

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

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



پودمان ۳

شکل دهی به روش تراش



یکی از روش‌های متداول برای شکل دهی قطعات سرامیکی (به ویژه قطعات سرامیکی مورد استفاده در صنایع برق و نساجی)، تراش است. در این روش شمش گل بر روی دستگاه تراش نصب می‌شود و هم‌زمان با چرخش، به وسیله شابلون تیز شکل نهایی قطعه تراشیده می‌شود.

واحد یادگیری ۱

عملیات راه اندازی دستگاه تراش

در این واحد یادگیری چگونگی کار با دستگاه تراش و نحوه کار با آن برای شکل دهی گِل پلاستیک آموزش داده شده و مهارت آن را با انجام فعالیت های کارگاهی کسب می کنید.

استاندارد عملکرد

■ راه اندازی دستگاه تراش گِل پلاستیک براساس دستورالعمل.

یکی از روش‌های متداول برای شکل‌دهی قطعات، تراش یا خراطی است. در شکل الف و ب تکه‌ای از چوب یا فلز بر روی دستگاه تراش نصب می‌شود و همزمان با چرخش، به وسیله تیغه‌های تیز شکل نهایی قطعه تراشیده می‌شود.



ب) خراطی چوب



الف) تراشکاری فلز

شکل ۱

در تصاویر شکل‌های ۲ و ۳ قطعات شکل گرفته به روش تراش از جنس چوب و فلز نشان داده شده است. این قطعات از نظر ظاهری چه شباهت‌هایی به یکدیگر دارند؟

پرسش



شکل ۳- قطعات فلزی شکل داده شده با تراش



شکل ۲- قطعات چوبی شکل داده شده با تراش

روش تراشکاری برای شکل‌دهی قطعات سرامیکی نیز استفاده می‌شود امروزه قطعات سرامیکی شکل‌دهی شده به روش تراش با بازار مصرف قابل‌توجهی در صنایعی مانند نساجی، مخابرات و برق روبه‌رو است. بیشترین کاربرد این روش در ساخت مقره‌های صنعت برق و نساجی است. در شکل ۴ قطعات سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق و نساجی را مشاهده می‌کنید که به روش تراش شکل داده شده‌اند.



(ب)



(الف)

شکل ۴- قطعات سرامیکی شکل‌دهی شده به روش تراش در صنایع: (الف) برق (ب) نساجی

شکل‌دهی به روش تراش

در این روش شکل‌دهی ابتدا گلی که پیش شکل داده شده و به‌صورت نیمه‌خشک درآمده در دستگاه تراش به‌منظور شکل‌دهی نهایی قرار می‌گیرد. ستون گل پیش شکل داده شده پس از تنظیم رطوبت به‌صورت افقی و یا عمودی در دستگاه تراش قرار گرفته، چرخانده می‌شود و با تیغه یا شابلون فلزی تراشیده می‌شود. در این روش با انتخاب طرح و ابزار مناسب قطعات مختلفی را می‌توان شکل داد.



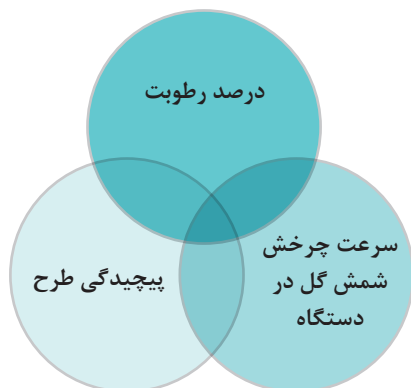
(ب) مقره سرامیکی



(الف) گلوله سرامیکی

شکل ۵- شکل‌دهی به روش تراش

ابزارهای تراش گل و تجهیزات آن



شکل ۶

برای تراش با توجه به شمش و طرح مورد نظر، ابزارهای مناسب انتخاب می‌شود. برخی از ابزارها مانند شابلون وظیفه تراش گل را برعهده دارند که بر روی دستگاه تراش نصب می‌شود، برخی از ابزارها نیز برای پرداخت و جدا کردن قطعه از دستگاه به کار می‌رود.

عوامل مؤثر بر انتخاب ابزار تراش در ادامه آمده است:
مهم‌ترین ابزار و تجهیزات تراش گل در جدول ۱ بیان شده است. جنس اغلب ابزارها مانند شابلون‌های مورد استفاده از موادی با سختی بالا انتخاب می‌شود و باید مقاوم به زنگ‌زدگی باشند.

جدول ۱

نوع ابزار	تعریف	تصویر
شابلون	ابزاری از جنس فولاد زنگ‌نزن که مقاومت به سایش بالایی دارد که مطابق طرح مورد نظر به کار می‌رود.	
تیغه یا سیم برش	ابزاری از جنس فولاد زنگ‌نزن یا از جنس پلاستیک (پلیمر) محکم که دارای دسته فلزی است که برای برش قطعه پس از ساخت به کار می‌رود.	
ماشین تراش	دستگاهی است که کلیه ابزارهای تراش مطابق دستورالعمل بر روی آن نصب شده و به صورت دستی یا اتوماتیک طرح موردنظر بر روی گل اجرا می‌شود.	



درباره سؤالات زیر با یکدیگر بحث و گفت‌وگو کنید:

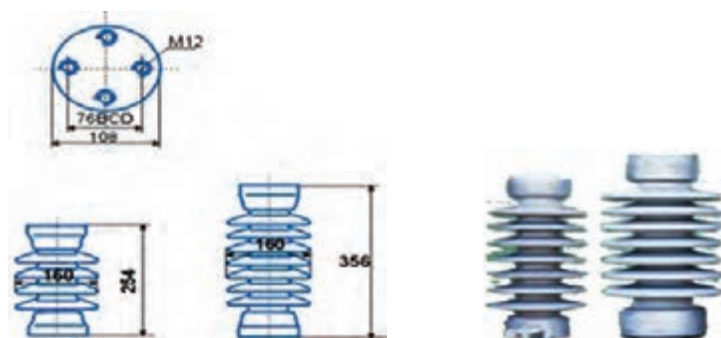
- ۱ آیا تیز بودن لبه شابلون‌ها بر کیفیت سطحی محصولات تولیدی تأثیری دارد؟
- ۲ شابلون مناسب برای تراشکاری علاوه بر فلزی چه جنس‌هایی می‌تواند داشته باشد؟

طراحی و پیاده‌سازی شابلون

در روش تراش وظیفه اصلی شکل‌دهی به عهده شابلون است. شابلون مناسب با توجه به نوع و طرح قطعه تولیدی پس از کنترل دقیق و اطمینان از سالم بودن آن و با به‌کارگیری ابزارهای اندازه‌گیری انتخاب می‌شود.

مراحل طراحی و پیاده‌سازی شابلون به شرح زیر است:

- ۱- **طراحی نقشه بدنه و شابلون:** نقشه بدنه مورد نظر با توجه به مشخصاتی مانند ابعاد و جزئیات آن تهیه می‌شود. نمونه‌هایی از نقشه مقوره‌ها در شکل ۷ آمده است



شکل ۷- نمونه نقشه طراحی شده مقوره

- ۲- **انتخاب شابلون و ساخت آن براساس بدنه:** براساس شکل و پیچیدگی بدنه، شابلون مناسب انتخاب می‌شود و سپس با توجه به نقشه ساخته می‌شود
- ۳- **نصب شابلون:** ضخامت نهایی محصول، براساس نصب صحیح شابلون تنظیم می‌شود.

به منظور بهبود کیفیت تراش باید تیزی و کیفیت تراش شابلون بررسی و کنترل شود.

نکته



در شکل ۸ طراحی و پیاده‌سازی شابلون نشان داده شده است. همان‌طور که در این تصاویر می‌بینید پس از انتخاب، شابلون بر روی دستگاه تراش نصب و تنظیم می‌شود. سپس برای شکل‌دهی تیزی و کیفیت تراش شابلون کنترل می‌شود.



ج) بررسی و کنترل تیزی و کیفیت تراش شابلون



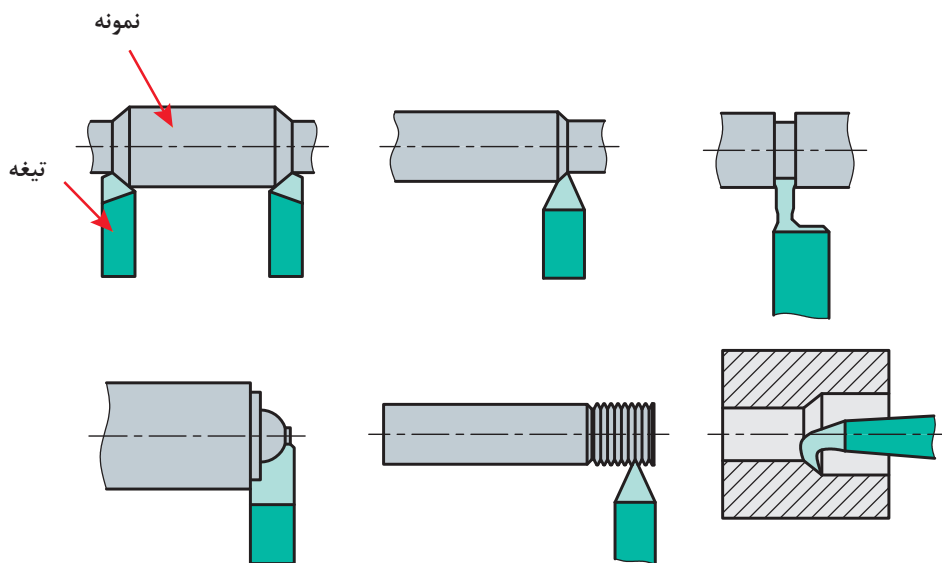
ب) نصب و تنظیم شابلون



الف) انتخاب شابلون

شکل ۸ - مراحل پیاده‌سازی شابلون

نمونه طرح‌هایی که از شابلون‌های مختلف ساخته می‌شود، در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹ - شابلون‌های مختلف

نصب و تنظیم شابلون

شرح فعالیت:

- ۱ با توجه به طرح بدنه موردنظر، شابلون مناسب انتخاب شود.
- ۲ تیزی و تمیزی شابلون را کنترل کنید.
- ۳ شابلون را در دستگاه تراش قرار داده و نصب و تنظیم کنید.

فعالیت کارگاهی





- 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 مواظب گیر کردن احتمالی لباس نظیر شال گردن و آستین لباس به دستگاه در هنگام کار باشید.
- ۳ از جابه جایی و دستکاری بی مورد شابلون خودداری کنید.
- ۴ احتیاط کنید که دستهایتان بین حد فاصل شابلون و مقعره در حال تراش قرار نگیرد.

استقرار شافت و شمش برای تراش



شکل ۱۰- استقرار شافت و شمش گل

هدف از انتخاب شافت در تراش شمش گل، تولید قطعات کاملاً مدور می باشد که با کمک دستگاه تراش ساخته می شوند. در شکل ۱۰ می توانید شافت و محل استقرار شمش گل را مشاهده کنید.



در سال های اخیر امکان ساخت قطعات غیرمدور (غیر متقارن) با دستگاه تراش فراهم شده است.

انتخاب شافت مناسب برای شکل دهی به عواملی مانند ابعاد قطعه (قطر، ارتفاع و ضخامت) و نوع قطعه تولیدی بستگی دارد. استقرار شافت پس از برش و استقرار شمش انجام می شود.



شکل ۱۱- دستگاه تراش

در شکل ۱۱ شافت و شابلون را مشخص کنید.



به تصاویر شکل ۱۲ نگاه کنید و تناسب شافت با توجه به ابعاد قطعه را بررسی کنید.



شکل ۱۲- شمش‌های گلی و مقره‌های شکل گرفته با تراش

قرارگیری صحیح شمش بر روی جایگاه بسیار مهم است زیرا در هنگام تراش با اعمال فشار زیاد شابلون در اثر چرخش حول محور نیاز است که شمش در محل قرارگیری خود مستحکم و پایدار باشد.

نکته



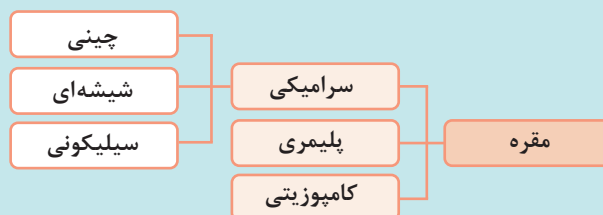
آیا می‌دانید



مهم‌ترین کاربرد روش شکل‌دهی تراش در تولید مقره‌ها است. مقره پایه عایقی است که در تمامی مناطقی که عبور جریان برق یا تجمع بار الکتریکی وجود داشته باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در هدایت گر نخ در صنایع نساجی و یا در دکل‌های برق که در محل اتصال کابل‌های برق با دکل به کار می‌روند، در خطوط انتقال نیرو به منظور محافظت از کابل‌های انتقال‌دهنده جریان برق از مقره‌ها استفاده می‌شود. شکل و جنس مقره‌ها برحسب ولتاژ و شرایط محیطی نظیر آلودگی و رطوبت متفاوت است.



شکل ۱۳- مقره‌های سرامیکی



مقره‌های چینی از چهار ماده مختلف تشکیل شده‌اند که در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲

ماده اولیه	مقدار مواد در ترکیب (%)
کائولن	۲۰-۳۰
بالکلی	۲۰-۳۰
سیلیس	۲۰-۳۰
فلدسپات	۲۵-۳۰

مهم‌ترین ویژگی‌های مقره‌ها شامل موارد زیر است:

- ۱ عایق‌بندی بین سیم‌ها، زمین و سیم‌ها
- ۲ توانایی تحمل وزن سیم‌های خطوط انتقال جریان برق حتی زمانی که ضخامت یخ و برف تشکیل شده روی سیم‌ها زیاد باشد.
- ۳ مقاومت کافی در شرایط متفاوت محیطی مانند بارندگی، برف، گرما، باد.
- ۴ مقاومت الکتریکی بالا
- ۵ مقاومت شیمیایی بالا

ارزشیابی عملیات راه اندازی دستگاه تراش

شرح کار: ■ نصب شابلون روی دستگاه تراش ■ استقرار شافت و شمش برای تراش																											
استاندارد عملکرد: ■ کنترل و نصب شابلون روی دستگاه تراش و برش گل و استقرار صحیح شافت																											
شاخص‌ها: ■ کنترل و توانایی نصب شابلون و شافت بر روی دستگاه تراش																											
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: کارگاه استاندارد و مجهز به تجهیزات ایمنی و دستگاه تراش تجهیزات: میز کارگاه و دستگاه تراش ابزار و مواد: شمش گل، ابزار برش گل و شابلون تجهیزات ایمنی: لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار و تجهیزات اطفای حریق																											
معیار شایستگی: <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>نصب صحیح شابلون</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td>۲</td><td>کنترل تیزی و کیفیت تراش شابلون</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td>۳</td><td>استقرار شافت</td><td>۱</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش*: دقت عمل و صحت - لباس کار و کفش ایمنی - مسئولیت پذیری - رعایت موارد زیست محیطی</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td colspan="3">میانگین نمرات **</td><td></td></tr> </tbody> </table>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	نصب صحیح شابلون	۲		۲	کنترل تیزی و کیفیت تراش شابلون	۲		۳	استقرار شافت	۱			شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش*: دقت عمل و صحت - لباس کار و کفش ایمنی - مسئولیت پذیری - رعایت موارد زیست محیطی	۲		میانگین نمرات **			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																								
۱	نصب صحیح شابلون	۲																									
۲	کنترل تیزی و کیفیت تراش شابلون	۲																									
۳	استقرار شافت	۱																									
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش*: دقت عمل و صحت - لباس کار و کفش ایمنی - مسئولیت پذیری - رعایت موارد زیست محیطی	۲																									
میانگین نمرات **																											
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.																											

واحد یادگیری ۲

اجرای عملیات شکل دهی روش تراش

در این واحد یادگیری دانش و مهارت چگونگی آماده سازی و شکل دهی گل پلاستیک برای ساخت مقره
سرامیکی و گلوله های آسیاب بالمیل به روش تراش آموزش داده می شود.

استاندارد عملکرد

■ ساخت مقره و گلوله سرامیکی براساس دستورالعمل و استاندارد مربوطه.

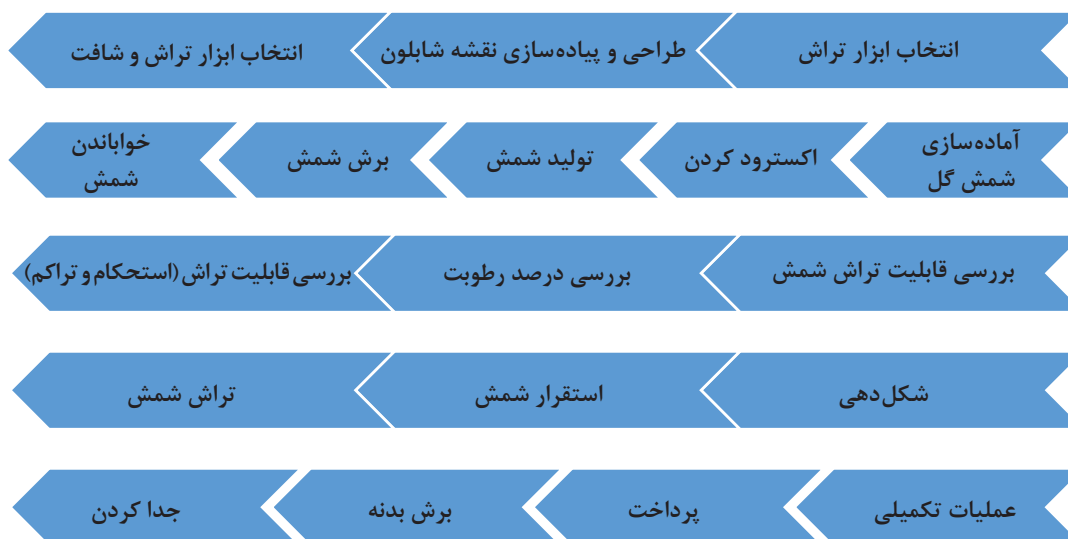
- به شکل ۱۴ نگاه کنید و به سؤالات پاسخ دهید:
- آیا شکل‌دهی این قطعات با روش تراش امکان‌پذیر است؟
 - شکل‌دهی با روش تراش برای تولید قطعات متقارن مناسب است؟



شکل ۱۴- قطعات سرامیکی شکل گرفته با تراش

مراحل تراش گل

در شکل ۱۵ مراحل شکل‌دهی گل پلاستیک به روش تراش نشان داده شده است. قبل از شکل‌دهی بررسی ویژگی شمش گل و ابزارهای تراش اهمیت دارد.



شکل ۱۵- مراحل شکل‌دهی گل پلاستیک به روش تراش

آماده‌سازی گل

روش تراش از روش‌های شکل‌دهی گل پلاستیک است و رطوبت گل در این روش نیز اهمیت دارد و باید قبل از شکل‌دهی میزان رطوبت گل مورد بررسی قرار گیرد. آماده‌سازی گل در پنج مرحله انجام می‌شود، که به ترتیب عبارتند از:

- ۱- اکسترودر کردن
- ۲- تولید شمش گل
- ۳- خواباندن شمش
- ۴- بررسی درصد رطوبت
- ۵- بررسی قابلیت تراش شمش

فکر کنید



آیا گل هواگیری نشده برای تراشکاری مناسب است؟



شکل ۱۶- شمش گل

قبل از شکل‌دهی باید مقدار رطوبت و پلاستیسیته شمش گل براساس شکل نهایی محصول تعیین شود و پس از تنظیم رطوبت آن، طرح بر روی شمش اجرا شود. در جدول ۳، درصد رطوبت شمش برای محصولات مختلف بیان شده است.

جدول ۳- درصد رطوبت شمش گل در قطعات مختلف سرامیکی

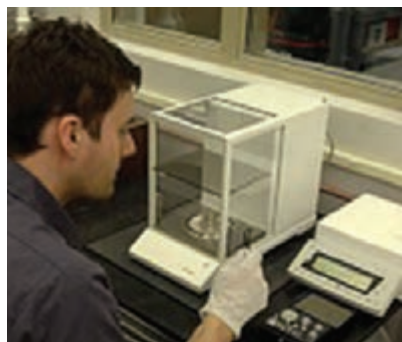
درصد رطوبت شمش گل	نوع بدنه
۱۷-۱۹	مقره کوچک
۱۲-۱۵	مقره بزرگ
۱۲-۱۵	گلوله‌های سرامیکی

■ به نظر شما اگر درصد رطوبت شمش نامناسب باشد در فرایند شکل‌دهی چه مشکلی پیش می‌آید؟

پرسش



از دیگر عوامل مؤثر در شکل‌دهی به روش تراش میزان درصد رطوبت استوانه گلی اکسترودر شده می‌باشد. برای شکل‌دهی به روش تراش، ابتدا شمش گل به وسیله اکسترودر تهیه می‌شود. شمش گلی که از اکسترودر



شکل ۱۷- بررسی میزان رطوبت شمش

به‌دست می‌آید، هواگیری شده و مقدار رطوبت آن مشخص است. رطوبت قطعاتی که با روش تراش شکل‌دهی می‌شوند، معمولاً بین ۱۲ تا ۱۸ درصد است. میزان رطوبت به روش تجربی با فشار دادن دست روی سطح تازه تراش خورده شمش بررسی می‌شود و یا میزان رطوبت لایه تراش داده شده، با نمونه‌برداری و بررسی وزن تر و خشک آن تعیین می‌شود.

فعالیت کارگاهی



بررسی شکل‌پذیری شمش گل با درصدهای مختلف رطوبت

مواد و ابزار: تالک خام، تالک کلسینه شده، منیزیت، بالکلی، کوارتز، بنتونیت، خشک‌کن، ترازوی آزمایشگاهی، دستگاه تراش، سیم‌برش، کورنومتر

شرح فعالیت

۱ شمش گلی را با ترکیب داده شده در جدول زیر آماده کنید.

ماده اولیه	مقدار (%)
تالک خام	۴۰
تالک کلسینه شده	۱۵
منیزیت	۱۵
بالکلی	۲۰
کوارتز	۵
بنتونیت	۵

۲ شمش تهیه شده را به مدت یک هفته در محلی مرطوب و دور از نور خورشید بخوابانید.

۳ شمش گل را به چهار قسمت تقسیم کنید.

۴ وزن هریک از قسمت‌ها را با ترازوی آزمایشگاهی به‌دست آورید.

۵ هریک از قسمت‌های بریده شده را داخل خشک‌کن ۶۰ درجهٔ سلسیوس قرار دهید.

۶ هریک از قسمت‌ها را پس از گذشت ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه از خشک‌کن خارج کنید.

۷ در هر مرحله، وزن شمش‌های خارج شده از خشک‌کن را به‌دست آورید.

۸ درصد رطوبت شمش را در هر مرحله پس از خروج از خشک کن محاسبه کنید.

۹ با قرار دادن شمش در دستگاه تراش، شکل پذیری آن را بررسی کنید.

۱۰ شکل پذیری شمش ها با درصدهای مختلف رطوبت را باهم مقایسه کنید.

نکات ایمنی



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 مواظب گیر کردن احتمالی لباس به دستگاه در هنگام کار باشید.

۳ احتیاط کنید که دست هایتان بین حد فاصل شابلون و مقعره در حال تراش قرار نگیرد.

یکنواختی رطوبت سطح نسبت به عمق در شمش های بزرگ بیشتر مورد توجه قرار دارد، مثلاً در مقره های کوچک مخابراتی چون اندازه شمش کوچک (با طول ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر و قطر ۸ تا ۱۰ سانتی متر) است، بنابراین تفاوت درصد رطوبت سطح نسبت به عمق شمش هنگام آماده سازی شمش گل زیاد نمی باشد و با خواباندن گل به مدت زمان کافی (پس از یک تا دو روز) رطوبت سطح و عمق شمش یکنواخت خواهد بود.



خواباندن گل باید در شرایط مناسب یعنی در محیط مرطوب و دور از نور خورشید باشد.

نکته



شکل ۱۸

به شکل های ۱۹ نگاه کنید. برای شکل دهی قطعات ۱، ۲ و ۳ شمش مناسب را پیدا کنید.

فعالیت کلاسی



شمش	قطعه	ردیف
		۱

شمش	قطعه	ردیف
		۲
		۳

شکل ۱۹

درصد رطوبت شمش‌های بزرگ باید به زیر ۱۵ درصد کاهش یابد تا شمش در حین تراش پایداری کافی داشته باشد. برای این منظور تراش مرحله به مرحله انجام می‌شود تا شمش به شکل موردنظر درآید. لایه‌برداری با ابزارهای تراش تاحدی انجام می‌شود که شمش پایداری مناسب داشته باشد. پایداری شمش باید متناسب با سرعت چرخش دستگاه باشد.

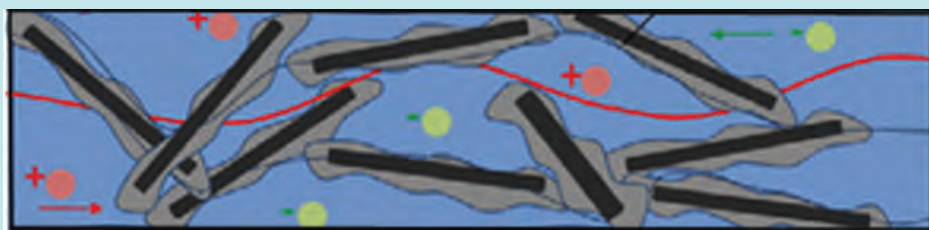
برای تراش قطعات بزرگ، مابین مراحل دستگاه تراش به مدت چند ساعت متوقف می‌شود تا رطوبت لایه‌ها کاهش یابد.

نکته



روش درست و اصلی برای آنکه تمامی ضخامت شمش درصد رطوبت کم و قابل قبول داشته باشد، آن است که از سیستم عبور جریان برق مستقیم (AC) استفاده می‌شود.

آیا می‌دانید



شکل ۲۰- یک شمش گل دارای رطوبت و دانه‌های سرامیکی تحت جریان برق



شمش گل مناسب برای تولید قطعات زیر را از لحاظ اندازه و درصد رطوبت با هم مقایسه کنید.



شکل ۲۱- مقره‌های سرامیکی



قبل از شکل‌دهی، دستگاه از نظر سرعت چرخش و سالم بودن تسمه و نیروی محرکه کنترل شود.

در این قسمت مراحل شکل‌دهی تراش برای شکل‌دهی مقره‌های کوچک و بزرگ و گلوله آسیاب بیان شده است.

مراحل شکل‌دهی مقره کوچک به روش تراش

مراحل شکل‌دهی مقره کوچک به روش تراش در زیر توضیح داده شده است؛ این مراحل برای ساخت دیگر قطعات با ابعاد کوچک نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



۱- انتخاب شمش گل مناسب و قرار دادن روی دستگاه
ابتدا شمش سوراخ‌دار با درصد رطوبت مناسب، با طول معین برش داده شده و بر روی شافت قرار داده می‌شود.

۲- تراش

با توجه به طرح و اندازه قطعه موردنظر با حرکت شابلون به سمت شمش، ابتدا یک لایه نازک از روی کل شمش برداشته می‌شود. هدف از این کار آن است که اثرات فشار دست روی شمش و اختلاف رطوبت سطح با لایه داخلی کمتر شود.



سپس با حرکت دادن شابلون به سمت عمق، آرام آرام لایه‌های سطحی برداشته تا شکل نهایی ایجاد شود.

۳- پرداخت



به منظور حذف ناصافی‌های سطحی قطعه شکل داده شده از اسفنج مرطوب استفاده می‌شود.

پرداخت مناطقی با ضخامت کم با دقت بیشتری انجام شود.

نکته



۴- برش



پس از شکل‌دهی قطعه با استفاده از ابزارهای برش مانند سیم برش، قطعه شکل داده شده از سطح جدا شود.

۵- جدا کردن قطعه



همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید پس از اتمام تراش، با فشار کم دو دست قطعه آرام به سمت بالا حرکت داده می‌شود و با اندکی فشار بیرون آورده می‌شود. سپس نمونه به داخل خشک کن انتقال داده می‌شود تا به آرامی خشک شود.

شکل ۲۲- مراحل تراشکاری مفره

پس از جدا کردن قطعه ممکن است نیاز به پرداخت برخی از سطوح باشد.

نکته



نمونه‌هایی از مقره‌های شیاردار و تابلویی از انواع مقره‌های کوچک هستند که در شکل ۲۳ نشان داده شده است.



مقره تابلویی



مقره شیاردار کوچک

شکل ۲۳

ساخت مقره دوشیاره با دستگاه تراش

مواد و ابزار: شمش آماده شده، دستگاه تراش، سیم برش، شابلون
شرح فعالیت:

- ۱ شمش مناسب برای شکل‌دهی را تهیه کنید.
- ۲ شمش را در دستگاه تراش قرار دهید.
- ۳ طرح موردنظر را انتخاب کنید.
- ۴ شابلون مناسب را انتخاب کنید.
- ۵ با دستگاه تراش یک مقره دوشیاره را شکل دهید.

فعالیت کارگاهی



نکات ایمنی



- ۱ با توجه به وجود خطرات احتمالی برق‌گرفتگی، دقت لازم را داشته باشید و از روشن و خاموش کردن دستگاه با دست خیس اجتناب کنید.
- ۲ مراقب گیرکردن احتمالی لباس به دستگاه در حین کار باشید.
- ۳ از جابه‌جایی و دست‌کاری بی‌مورد شابلون خودداری کنید.
- ۴ احتیاط کنید که دست‌هایتان بین حدفصل شابلون و مقره در حال تراش قرار نگیرد.

شکل‌دهی مقره بزرگ به روش تراش



در این قسمت مراحل تراش مقره‌های بزرگ توضیح داده شده است.
این مراحل برای دیگر قطعات با ابعاد بزرگ نیز به کار می‌رود.
۱- برش شمش با طول مناسب
ابتدا شمش را با طول مناسب بریده و روی شافت قرار داده شود.

شکل ۲۴- برش شمش با طول مناسب



شکل ۲۵- استقرار شمش

۲- استقرار شمش

بعد از استقرار شمش، دستگاه روشن می‌شود تا از هم مرکز بودن و دوران صحیح شمش اطمینان حاصل شود.

قرارگیری شمش‌های بزرگ به تنهایی امکان‌پذیر نیست و باید این کار به صورت چند نفره و یا با استفاده از جرثقیل صورت پذیرد.

نکته



شکل ۲۶- جابه‌جایی شمش‌ها به کمک جرثقیل

۳- تراش

با توجه به طرح و اندازه قطعه موردنظر با حرکت شابلون به سمت شمش، ابتدا یک لایه کلی از روی شمش برداشته (مرکز کردن شمش) سپس به وسیله ابزارهای تراش، فرایند تراش دادن شمش انجام می‌شود. فرایند تراش قطعات کوچک در یک مرحله و قطعات بزرگ در چند مرحله انجام می‌شود.



شکل ۲۷- مراحل تراش مقعره بوشینگ



ادامه شکل ۲۷- مراحل تراش مقعره پوشینگ



شکل ۲۸- پرداخت

۴- پرداخت

پس از شکل دهی قطعه به کمک ابزارهای مناسب مانند ابزار تراش، لایه های نازکی برداشته می شود تا قطعه مورد نظر ساخته شود. همچنین به منظور حذف ناصافی های سطحی با اسفنج مرطوب پرداخت انجام می شود.

۵- بریدن

پس از تکمیل نهایی تراش، قطعه به حال خود رها می‌شود تا حداقل به مدت یک ساعت در روی شافت باقی بماند و با کاهش رطوبت استحکام مناسبی پیدا کند. پس از شکل‌دهی قطعه، با استفاده از ابزارهای برش مانند سیم برش قطعه شکل داده شده از سطح برش داده می‌شود.

۶- جداکردن قطعه

قطعه برش داده شده از سطح تکیه‌گاه از شافت جدا شده و به خشک‌کن در دمای کم و مدت زمان‌های طولانی قرار داده می‌شود.



شکل ۲۹- جداکردن قطعه

نمونه‌هایی از مقره‌های تابلویی و پوشینگ در شکل ۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۳۰- مقره بزرگ

بعضی از قطعات ابتدا با روش‌های دیگر شکل داده شده، سپس با تراش دادن مرحله شکل‌دهی کامل می‌شوند.

نکته





ساخت مقرء ساده با دستگاه تراش

مواد و ابزار: شمش آماده شده، دستگاه تراش، سیم برش، ابزار تراش، شابلون
شرح فعالیت:

۱ شمش مناسب برای شکل دهی را با استفاده از مقادیر داده شده در جدول زیر تهیه کنید.

ماده اولیه	مقدار (%)
کائولن	۳۰
بالکلی	۱۵
فلدسپات	۳۰
سیلیس	۲۵

۲ شمش را در دستگاه تراش قرار دهید.

۳ طرح موردنظر را انتخاب کنید.

۴ شابلون مناسب را انتخاب کنید.

۵ با دستگاه تراش یک مقرء ساده را شکل دهید.



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 مراقب گیرکردن احتمالی لباس به دستگاه در حین کار باشید.

۳ از جابه جایی و دستکاری بی مورد شابلون خودداری کنید.

۴ احتیاط کنید که دست هایتان بین حدفاصل شابلون و مقرء در حال تراش قرار نگیرد.



در تصاویر زیر مراحل شکل دهی گلوله های سرامیکی به روش تراش نشان داده شده است. درباره هر یک از مراحل بحث و گفت و گو کنید.

شکل‌دهی گلوله‌های آسیاب بال‌میل



(۲)



(۱)



(۴)



(۳)



(۶)



(۵)



(۷)

شکل ۳۱- مراحل شکل‌دهی گلوله‌های سرامیکی



شکل ۳۲- گلوله‌های سرامیکی

ساخت گلوله سرامیکی با دستگاه تراش
مواد و ابزار: شمش آماده شده، دستگاه تراش، سیم برش
شرح فعالیت:

- ۱ شمش مناسب برای شکل‌دهی را تهیه کنید.
- ۲ شمش را در دستگاه تراش قرار دهید.
- ۳ شابلون مناسب را انتخاب کنید.
- ۴ با دستگاه تراش یک گلوله سرامیکی را شکل دهید.

فعالیت کارگاهی



ارزشیابی اجرای عملیات شکل دهی روش تراش

شرح کار:

- شکل دهی گل پلاستیک به مقره ساده با روش تراش
- شکل دهی گل پلاستیک به گلوله آسیاب بالمیل با روش تراش

استاندارد عملکرد:

- شکل دهی مقره ساده و گلوله بالمیل روش تراش

شاخص ها:

- بررسی هریک از عوامل مؤثر بر تراش گل پلاستیک
- سالم و بی عیب بودن بدنه ها

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد و مجهز به تجهیزات ایمنی و دستگاه تراش
ابزار و تجهیزات: ترازو، تیغه برش، شافت، دستگاه اکسترودر، دستگاه تراش، خشک کن و تجهیزات پرداخت
مواد: گل رس اکسترودر شده
تجهیزات ایمنی: لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار و تجهیزات اطفای حریق

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی شمش گل و ارزیابی رطوبت آن	۱	
۲	شکل دهی مقره ساده	۲	
۳	شکل دهی گلوله بالمیل	۲	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:*	۲	
	دقت عمل - صحت - لباس کار و کفش ایمنی - مسئولیت پذیری - رعایت موارد زیست محیطی		
	میانگین نمرات **		

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

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



پودمان ۴

شکل دهی به روش جیگر و جولی



در صنعت سرامیک، فناوری نقش حیاتی در افزایش کارایی و کیفیت فرایندهای تولید داشته است. یکی از این نوآوری‌ها که تولید سرامیک را به طور قابل توجهی متحول کرد، دستگاه جیگرینگ است. این دستگاه برای تولید محصولات با تقارن یکنواخت مانند بشقاب، کاسه و نعلبکی همچنین تولیداتی با گودی عمیق مثل گلدان و تجهیزات آزمایشگاهی، ایده‌آل است. تکنیک جیگرینگ توانست با ایجاد دقت، سرعت بالا در تولید و کاهش ضایعات، تولید انبوه سرامیک را به ارمغان بیاورد. به نحوی که از صنایع دستی کوچک گرفته تا صنایع بزرگ، توانستند با بهره‌گیری از تکنیک جیگرینگ در ارائه طیف گسترده‌ای از محصولات سرامیکی موفق عمل کنند.

واحد یادگیری ۱

آماده سازی دستگاه جیگر^۱ و جولی^۲

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارتی است که فراگیر بتواند اجزای دستگاه چرخ سفالگری را بشناسد و چگونگی شکل دهی قطعه با چرخ سفالگری بیاموزد، چگونگی تکامل چرخ سفالگری و ساخته شدن دستگاه جیگر و جولی را بیان کند دستگاه جیگر و جولی متناسب با ویژگی های مواد اولیه، نوع بدنه و ابعاد قطعه را انتخاب کند. با توجه به اینکه نوع و ابعاد قطعات تولیدی متغیر است، ضروری است ابزار و تجهیزات دستگاه همانند قالب گچی، شابلون و تیغه برش با دقت انتخاب و ساخته شود و کنترل و ارزیابی دستگاه همانند سرعت گردش سرچرخ، کلگی در دستگاه رولر، حرارت کلگی جهت تولید قطعه انجام گیرد.

استاندارد عملکرد

انتخاب دستگاه و آماده کردن آن جهت بهره برداری مناسب از دستگاه های چرخ سفالگری، جیگر و جولی برای تولید قطعه براساس دستورالعمل و استانداردهای موجود.

۱- Jiggering

۲- Jollyng

به محصولات سرامیکی شکل ۱ نگاه کنید و 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 و دستگاه چِگِر و جولی تکامل یافته دستگاه چرخ‌کاری با گل پلاستیک است. هزاران سال پیش، اولین چرخ سفالگری در حالی اختراع شد و رونق گرفت که بشر به دنبال راهی برای افزایش تعداد سفالینه‌ها، کاربردی‌تر کردن دست‌سازه‌ها و نظم بخشیدن به آثارش می‌گشت. اختراع چرخ سفالگری، نقطه‌ای مهم در صنعت سفال و سرامیک است. این چرخ‌های سفال بودند که توانستند به تولید انبوه سفالینه‌ها کمک کنند، آنها را ظریف‌تر کردند و به سفالگران اجازه دادند تا طرح‌ها و ظروف جدیدی را خلق کنند.

در روش سفالگری با چرخ، سفالگران محصولاتمانند گلدان در ابعاد مختلف، لیوان، فنجان‌های کوچک قهوه‌خوری، ظروف مصرفی مثل کاسه، بشقاب، لیوان، انواع گلدان‌ها، ظروف دکوری را می‌سازند. از چرخ سفالگری علاوه بر ساخت اشیای سرامیکی می‌توان برای تراش، تزیین، رنگ‌آمیزی، نقاشی و لعاب‌کاری قبل از اینکه قطعه سرامیکی برای پخت داخل کوره برود نیز استفاده کرد.



شکل ۴- تراش با چرخ سفالگری



شکل ۳- پرداخت با چرخ سفالگری

انواع چرخ‌های سفالگری

۱- چرخ‌های دستی

ویژگی‌ها و نحوه عملکرد: چرخ‌های دستی به‌وسیله نیروی انسانی و با استفاده از دست یا پا به حرکت درمی‌آیند. این نوع چرخ‌ها معمولاً ساده و بدون نیاز به برق یا باتری هستند و به کاربر اجازه می‌دهند که با کنترل دقیق‌تری بر روی قطعه سرامیکی کار کند. طراحی این چرخ‌ها به گونه‌ای است که کاربر می‌تواند سرعت و دقت کار را براساس نیاز خود تنظیم کند.

مزایا و معایب چرخ‌های دستی سفالگری

مزایا:
کنترل بیشتر بر روی قطعه: کاربران می‌توانند به راحتی با دست‌های خود کنترل بیشتری بر روی فرم‌دهی قطعه داشته باشند.
هزینه پایین‌تر: چرخ‌های دستی معمولاً هزینه کمتری نسبت به انواع برقی دارند و برای کارگاه‌های کوچک یا هنرمندان خانگی مناسب‌اند.



شکل ۵- چرخ سفالگری دستی

معایب:

نیاز به تلاش فیزیکی بیشتر: کار با چرخ دستی به انرژی و زمان بیشتری نیاز دارد و می‌تواند برای کارهای طولانی مدت خسته‌کننده باشد.

زمان بر بودن: فرایند شکل‌دهی با این چرخ‌ها ممکن است نسبت به انواع برقی طولانی‌تر باشد.

۲- چرخ‌های برقی

ویژگی‌ها و نحوه عملکرد: چرخ‌های برقی با استفاده از موتور الکتریکی به حرکت درمی‌آیند و امکان شکل‌دهی سریع‌تر و دقیق‌تر قطعات سرامیکی را فراهم می‌کنند. این چرخ‌ها به راحتی می‌توانند سرعت چرخش را تنظیم کنند و به کاربر این امکان را می‌دهند که بدون نیاز به تلاش فیزیکی زیاد، کارهای پیچیده را انجام دهد.



مزایا و معایب چرخ برقی سفالگری

مزایا:

سهولت استفاده: کاربران می‌توانند با کمترین تلاش فیزیکی، کارهای دقیق و سریع را انجام دهند.

تنظیمات دقیق: این چرخ‌ها معمولاً دارای تنظیمات پیشرفته‌ای هستند که به کنترل بهتر بر روی سرعت تولید و دقت کار کمک می‌کند.

معایب:

هزینه بالاتر: هزینه خرید و نگهداری چرخ‌های برقی به طور معمول بالاتر از چرخ‌های دستی است.

نیاز به منبع برق: این چرخ‌ها برای عملکرد صحیح به منبع برق نیاز دارند و ممکن است محدودیت‌هایی در مکان‌های بدون دسترسی به برق داشته باشند.



شکل ۶- چرخ سفالگری برقی

اجزای اصلی چرخ سفالگری



شکل ۷- اجزای چرخ سفالگری

چرخ‌های سفالگری از اجزای اصلی مختلفی تشکیل شده‌اند که هر کدام نقش مهمی در عملکرد و کیفیت کار دارند. یکی از این اجزا سرچرخ (صفحه کار) است که به صورت دایره‌ای بر روی چرخ قرار می‌گیرد و قطعه سرامیکی روی آن شکل می‌گیرد. این صفحه معمولاً از مواد مقاوم و باکیفیت مانند فولاد ضد زنگ ساخته می‌شود تا در برابر ضربه و فشار مقاوم باشد.

موتور چرخ سفالگری نیز یکی از اجزای کلیدی است. این موتور به حرکت درآوردن صفحه کار و تنظیم سرعت چرخش آن کمک می‌کند. در چرخ‌های سفالگری برقی موتور باید توان کافی برای انجام کارهای مختلف را داشته باشد و قادر به تنظیم دقیق سرعت‌ها باشد.

پدال چرخ سفالگری که در چرخ‌های دستی و برقی وجود دارد، برای کنترل سرعت چرخش صفحه کار استفاده می‌شود. در چرخ‌های برقی، پدال به تنظیم دقیق‌تر سرعت کمک می‌کند.

نحوه استفاده و نگهداری از چرخ‌های سفالگری

برای استفاده مؤثر از چرخ سفالگری و دستیابی به بهترین نتایج، توجه به چندین نکته کلیدی ضروری است:

۱- تنظیم سرعت: سرعت چرخ باید با توجه به نوع و اندازه قطعه سرامیکی تنظیم شود. سرعت‌های بالاتر برای فرم‌دهی سریع و قطعات بزرگ مناسب است، در حالی که سرعت‌های پایین‌تر برای قطعات ظریف‌تر و پیچیده‌تر مطلوب‌تر هستند. سرعت زیاد ممکن است باعث ایجاد مشکلاتی در فرم‌دهی، مانند عدم یکنواختی و نازکی غیریکنواخت شود. همچنین، سرعت کم می‌تواند زمان زیادی برای فرم‌دهی نیاز داشته باشد و دقت لازم را تأمین نکند.

۲- حفظ تعادل: برای حفظ تعادل، از ابزارهای تنظیم و تکنیک‌های صحیح استفاده کنید، مانند تنظیم دقیق مرکز قطعه.



شکل ۸- تکنیک تزئین روی چرخ سفالگری

۳- تکنیک‌های صحیح: تسلط بر تکنیک‌های فرم‌دهی و استفاده از ابزارهای مناسب بسیار مهم است. تکنیک‌هایی مانند استفاده صحیح از انگشتان برای ایجاد فرم و استفاده از ابزارهای دستی برای تسهیل کار می‌تواند به کیفیت قطعات افزوده و فرایند کار را بهبود بخشد. آموزش مداوم و تمرین منظم به تسلط بر این تکنیک‌ها کمک می‌کند.

۴- مراقبت از ابزارها: استفاده از ابزارهای باکیفیت و مناسب برای کار با چرخ سفالگری، مانند ابزارهای برش و فرم‌دهی، برای دستیابی به نتایج دقیق و یکنواخت ضروری است. ابزارهای تیز و سالم به کارایی بهتر و دقت بیشتر کمک می‌کنند.



شکل ۹- تمیزکاری صفحه سر چرخ

۵- نگهداری و تعمیرات دوره‌ای چرخ سفالگری: برای افزایش طول عمر و حفظ عملکرد بهینه چرخ سفالگری، تمیزکاری منظم دستگاه، سرویس دوره‌ای دستگاه، استفاده از قطعات یدکی و لوازم جانبی با کیفیت و بازرسی منظم دوره‌ای برای شناسایی مشکلات احتمالی و جلوگیری از آسیب‌های جدی دستگاه ضروری است.

شکل‌دهی سرامیک با چرخ سفالگری

فرایند شکل‌دهی یک قطعه مدور سرامیکی نیازمند تمرین بسیار و راهنمایی استادکار است. اما آشنایی با این فرایند شکل‌دهی ما را کمک خواهد کرد تا روش جیگر و جولی را بهتر فرا بگیریم بنابراین به صورت خلاصه و تصویری مراحل شکل‌دهی سرامیک با چرخ سفالگری آورده می‌شود. در ابتدا چند تصویر از ابزار مورد نیاز چرخ‌کاری را در شکل ۱۰ ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱۰- ابزار چرخ‌کاری

- ۱- **سوزن:** برای جدا کردن ظروف و مجسمه‌های سفالی از چرخ به‌طور تمیز و بدون آسیب.
 - ۲- **نخ:** نخ که به‌عنوان نخ سرامیکی نیز شناخته می‌شود، ابزاری ضروری برای سفالگران است که برای جدا کردن ظروف سفالی از چرخ سفالگری استفاده می‌شود. این نخ از الیاف کتان، پنبه یا فایبرگلاس ساخته شده است که می‌تواند در برابر رطوبت مقاومت کند.
 - ۳- **کاردک:** از کاردک برای صاف کردن سطوح، فرم‌دهی ظریف و ایجاد خطوط صاف استفاده می‌شود. کاردک‌ها در جنس‌های مختلف چوبی، فلزی و پلاستیکی موجود هستند. هر جنس از کاردک مزایا و معایب خاص خود را دارد و برای کارهای مختلف مناسب است. کاردک‌های چوبی برای کارهای ظریف و دقیق مناسب هستند، در حالی که کاردک‌های فلزی برای کارهای خشن‌تر و حجیم‌تر کاربرد دارند. کاردک‌های پلاستیکی برای کار با گِل‌های مرطوب و لغزنده مناسب هستند.
 - ۴- **شابلون (مُشته) مثلثی با گوشه‌های گرد:** شابلون مثلثی در جنس‌های مختلف چوبی، پلاستیکی و فلزی در بازار موجوداند و برای هموار نگه‌داشتن سطح بیرونی سفال در حین چرخیدن بر چرخ استفاده می‌شود. شابلون‌های چوبی برای کارهای ظریف و دقیق مناسب هستند، در حالی که شابلون‌های فلزی برای کارهای خشن‌تر و حجیم‌تر کاربرد دارند و مُشته‌های پلاستیکی برای کار با گِل‌های مرطوب و لغزنده مناسب هستند.
 - ۵- **تیماج:** تیماج‌ها تکه‌ای پارچه از جنس چرم طبیعی یا مصنوعی هستند که در حال کار بر روی چرخ و برای صاف کردن لبه‌های سرامیک و فشرده کردن گل از آن استفاده می‌شود.
 - ۶- **کولیس:** از کولیس‌ها برای اندازه‌گیری قطر ظروف سرامیکی استفاده می‌شود. کولیس‌های دستی برای اندازه‌گیری‌های ساده و سریع مناسب هستند.
- خلاصه‌ای از فرایند شکل‌دهی با چرخ سفالگری را در تصاویر شکل ۱۱ مشاهده می‌کنید.



۳- دستتان را خیس کنید.



۲- با ضربه دست، گِل را در مرکز سرچرخ قرار دهید.



۱- لقمه گِل را روی سرچرخ قرار دهید.



۶- گِل را به شکل مخروط در آورید.



۵- برای مرکز شدن، گِل را به سمت مرکز سرچرخ فشار دهید.



۴- سطح گِل را خیس کنید.



۹- دست راست به پایین و دست چپ به سمت جلو فشار دهید.



۸- دست راست را روی مخروط قرار دهید و با دست چپ، آن را قفل کنید.



۷- با فشار شست، بالای مخروط را تراز کنید.



۱۲- با انگشت، سوراخی در مرکز گل ایجاد کنید.



۱۱- با انگشتان شست مرکز گل را علامت بگذارید.



۱۰- با کف دست چپ لبه بیرونی گل را صاف کنید.



۱۵- فشار انگشتان را رها کنید.



۱۴- با فشار دست چپ دیوار بیرونی را شکل دهید.



۱۳- انگشت دست راست را به سمت عقب حرکت دهید.



۱۸- فقط از نوک انگشتان استفاده کنید.



۱۷- با استفاده از اسفنج، گل را با انگشتان خود فشار دهید.



۱۶- با فشار نوک انگشت دیوار را بالا ببرید



۲۱- توجه داشته باشید که فقط نوک انگشتان با قطعه تماس دارند.



۲۰- دست‌ها باید در دو طرف دیوار لمس شوند.



۱۹- در حالی که دست بیرونی به آرامی گل رس را نگه می‌دارد، استوانه را به سمت بیرون فشار دهید.



۲۴- برای برش سیم را تا انتها بکشید و آن را محکم و صاف نگه دارید.



۲۳- با ابزار چوبی محل برش را تمیز کنید.



۲۲- لبه قطعه را با تکه‌ای چرم صاف کنید.

شکل ۱۱- شکل‌دهی با چرخ سفالگری

ساخت لیوان آب‌خوری

مواد و ابزار: گل پلاستیک، چرخ سفالگری، ابزار چرخ‌کاری، آب

شرح فعالیت:

۱ گل پلاستیک مناسب را انتخاب کنید و به یکی از روش‌های سر قوچی، مارپیچی یا برش - ضربه ورز دهید.

۲ تصویر لیوان خود را با درج اندازه‌های آن جلوی چرخ سفالگری نصب کنید.

۳ با کمی آب سطح سرچرخ را مرطوب کنید.

۴ گل پلاستیک را بر روی مرکز چرخ سفالگری قرار دهید.

۵ چرخ سفالگری را روشن کنید.

۶ با دستان خیس گل را مرکز کنید.

۷ از مرکز گل سوراخی ایجاد کنید و به سمت بیرون فشار دهید.

۸ با انگشتان دو دست دیواره لیوان را بالا بیاورید.

۹ با ابزار، بیرون و درون قطعه را پرداخت کنید.

۱۰ به کمک نخ یا سیم برش لیوان را از روی سرچرخ جدا کنید و روی یک صفحه قرار دهید.

۱۱ قطعه را در محیطی قرار دهید تا به آرامی خشک شود.

فعالیت کارگاهی



تحقیق کنید



چه نوع چرخ سفالگری برای سفالگران مبتدی مناسب‌تر است؟ چگونه می‌توان چرخ سفالگری مناسب با نیازهای خود را انتخاب کرد؟ آیا چرخ‌های سفالگری قابل حمل هستند و می‌توان آنها را به راحتی جابه‌جا کرد؟

نکته



چرخ‌های سفالگری، ابزارهای حیاتی برای هنرمندان و صنعتگران سرامیک هستند که به دقت و خلاقیت در تولید آثار سرامیکی کمک می‌کنند. انتخاب چرخ مناسب بر اساس نیازها، بودجه و توجه به ویژگی‌های مختلف آن، می‌تواند تأثیر زیادی بر کیفیت و کارایی محصولات نهایی داشته باشد. رعایت نکات کلیدی در انتخاب و نگهداری چرخ، می‌تواند از آن بهره‌وری بیشتری داشته باشید و آثار سرامیکی با کیفیت‌تری خلق کنید.

فعالیت کارگاهی



ساخت کاسه ماست خوری

مواد و ابزار: گل پلاستیک، چرخ سفالگری، ابزار چرخ‌کاری، آب
شرح فعالیت:

این فعالیت مطابق با مراحل فعالیت کارگاهی صفحه ۱۰۶ انجام شود.



شکل دادن با چرخ سفالگری سه مشکل به همراه دارد:

۱ نیاز به مهارت بالا

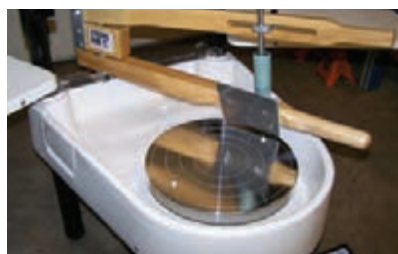
۲ تفاوت ابعادی در قطعات شکل داده شده

۳ پایین بودن تعداد قطعه تولیدی

این مشکلات، سفالگران را بر آن داشت که راه حلی تازه بیابند. با استفاده از شابلون‌های متعدد و همچنین نصب پایه‌های دارای شابلون در کنار دستگاه، کارایی چرخ سفالگری را بهبود دادند.



شکل ۱۲- استفاده از شابلون در روش چرخ‌کاری



شکل ۱۳- نصب نگهدارنده شابلون کنار چرخ سفالگری



شکل ۱۴- دستگاه رولر

حرکت در جهت بهبود فرایند شکل دهی با چرخ سفالگری منجر به ساخت دستگاهی جدید به نام جیگرو جولی و در ادامه، دستگاهی به نام رولر شد. به عبارتی جیگرو جولی تکامل یافته روش شکل دهی با چرخ سفالگری است.

شکل دادن به روش جیگرو جولی را به اختصار روش جیگرینگ^۱ هم می گویند. جیگرینگ فرایندی برای شکل دهی سرامیک است که در آن از یک قالب گچی چرخان و یک شابلون مخروطی برای شکل دادن قطعات سرامیکی روی آن استفاده می شود.

آیا می دانید



نمودار ۱ انواع روش های جیگرو جولی را نشان می دهد.



۳- ماشینی اتوماتیک



۲- ماشینی نیمه اتوماتیک



۱- دستی

نمودار ۱- انواع روش های جیگر و جولی



شکل ۱۵- ظرف های شکل داده شده به روش جیگر و جولی

چه قطعاتی را با روش جیگرو جولی می توان تولید کرد؟
با استفاده از این روش امکان تولید قطعاتی با اشکال هندسی ساده از قبیل ظروف آشپزخانه (فنجان و بشقاب) وجود دارد (شکل ۱۵). برای تولید محصولات که شکل ساده و گرد دارند از این روش استفاده می شود؛ اگرچه از این روش برای ساخت قطعاتی بیضی شکل و چهار گوش نیز استفاده می شود.

۱- Jiggering

امکان استفاده از روش جیگروجولی 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 جیگروجولی 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، نیمه‌اتوماتیک و اتوماتیک

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

بیشتر قطعاتی که با روش جیگروجولی 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 جیگروجولی در مقایسه با روش ریخته‌گری دوغابی عبارت است از:



نمودار ۲

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

نکته



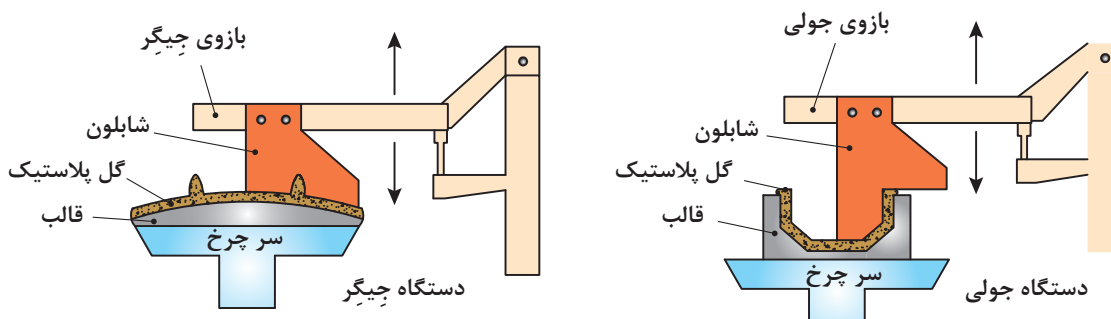
دستگاه جیگرو جولی

از این دستگاه برای شکل دادن بیرون قطعات (جیگر) و داخل قطعات (جولی) استفاده می‌شود.



شکل ۱۶- شکل دادن بیرون قطعه (جیگر) و داخل قطعه (جولی)

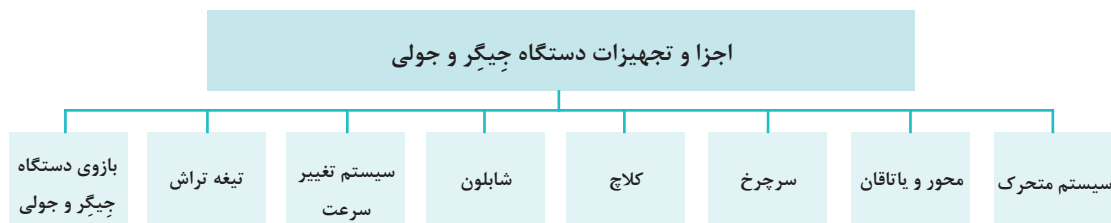
در این روش گل بدنه بر روی قالب قرار داده می‌شود و با پایین آوردن شابلون بر روی گل و تراشیدن آن شکل‌دهی صورت می‌گیرد. در شکل ۱۷ چگونگی شکل‌دهی با استفاده از جیگرو جولی به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۱۷- شکل‌دهی به روش جیگرو جولی

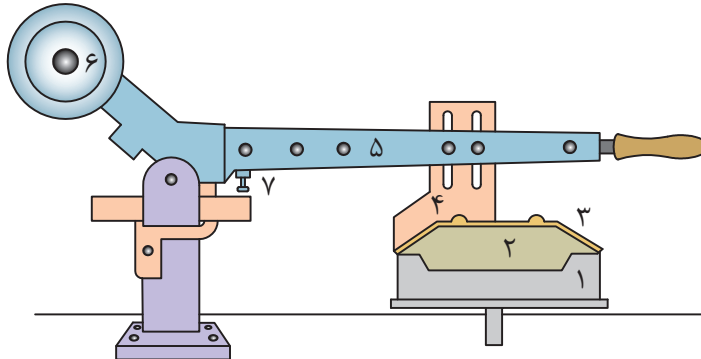
اجزا و تجهیزات دستگاه جیگرو جولی

دستگاه جیگر و جولی دارای اجزای مختلفی است که هر کدام از آنها نقش مؤثری در فرایند شکل‌دهی دارند. اجزای دستگاه جیگر و جولی عبارت‌اند از:



نمودار ۳- اجزا و تجهیزات دستگاه جیگر و جولی

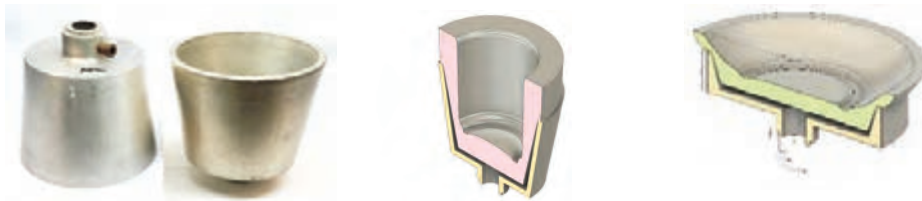
در شکل ۱۸ شماتیکی از اجزای مختلف دستگاه جیگر نشان داده شده است.



شکل ۱۸- شماتیکی از اجزای دستگاه جیگر برای تولید ظروف تخت ۱- سرچرخ با زبانه ۲- قالب ۳- صورت بشقاب ۴- شابلون ۵- بازوی دستگاه ۶- وزنه تعادل ۷- پیچ تنظیم ضخامت قطعه

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

۱ سرچرخ‌های که قالب گچی درون آن قرار می‌گیرد.



شکل ۱۹- الف) سرچرخ نوع ۱

۲ سرچرخ‌ی که دارای مرغکی از جنس آهن یا چدن است.



شکل ۱۹- ب) سرچرخ نوع ۲



۱ 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. ۲ از آنجا که زبانه از جنس فولاد زنگ نزن است اگر به صورت هم مرکز با سرچرخ در نیاید، 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 آلیاژهای زنگ نزن ساخته می‌شوند حداقل ضخامت فولاد مورد استفاده در ساخت شابلون ۳ میلی‌متر است.

در شکل ۲۰ انواع شابلون مورد استفاده برای شکل‌دهی با استفاده از روش جیگروجولی مشاهده می‌شود.



شکل ۲۰- شابلون مورد استفاده در جیگر و جولی

همان‌طور که در شکل‌های ۲۱ و ۲۲ 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 کم است می‌توان از شابلون‌های چوبی و پلاستیکی نیز استفاده کرد. عمر این شابلون‌ها در مقایسه با شابلون فلزی کوتاه‌تر است. همان‌طور که در شکل ۲۳ دیده می‌شود، شابلون را می‌توان با استفاده از پیچ و مهره قابل تنظیم بر روی دستگاه نصب کرد.



شکل ۲۱- شابلون تقویت شده با چوب



شکل ۲۲- شابلون چوبی و پلاستیکی تقویت شده با چوب



شکل ۲۳- شابلون با پیچ و مهره قابل تنظیم

ساخت شابلون

مواد و ابزار: تخته چوب، ابزار برش چوب، سنباده

شرح فعالیت:

- ۱ ابتدا با توجه به شکل قطعه، طراحی اولیه شابلون انجام شود.
- 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 سنباده محل برش پرداخت شود.

فعالیت کارگاهی



نکات ایمنی



تحقیق کنید



■ در هنگام برش و سنباده کاری مراقب باشید تا به دستانتان آسیب نرسد.

■ در زمان انجام کار از ماسک استفاده کنید.

■ زمان مناسب نصب شابلون در کدام مرحله راه‌اندازی دستگاه باید انجام شود؟

■ شابلون مناسب را علاوه بر فلز، از چه جنس‌های دیگری می‌توان ساخت؟

تیغه برش: پس از شکل‌دهی مقداری گل اضافی از محیط قالب بیرون می‌زند که باید به وسیله ابزار حذف شود. در این موارد از تیغه برش استفاده می‌شود.

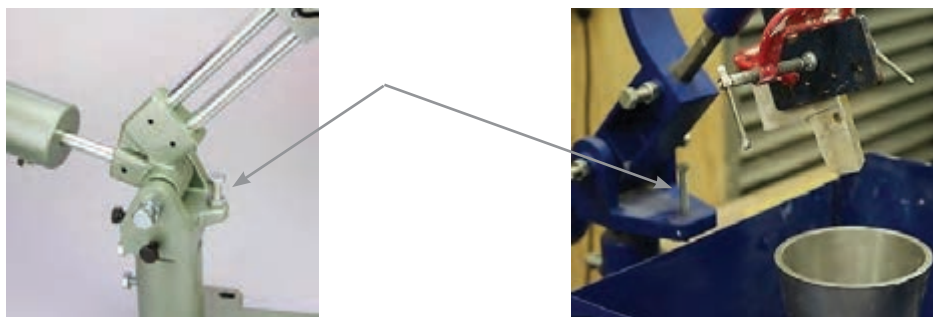


شکل ۲۴- تیغه برش



در مورد تأثیر جنس و تیزی تیغه برش در کیفیت برش و ایجاد احتمالی عیب در قطعه تحقیق کنید.

پیچ تنظیم ضخامت قطعه: یکی دیگر از اجزای مهم دستگاه جیگرو جولی پیچ تنظیم ضخامت قطعه است. وظیفه این پیچ تنظیم فاصله شابلون تا قالب است که ضخامت نهایی قطعه را تعیین می کند.



شکل ۲۵- پیچ تنظیم ضخامت قطعه



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

قالب مورد نیاز

در دنیای امروز، قالب‌های سرامیکی نقشی کلیدی در تولید انبوه محصولات سرامیکی دارند. قالب‌ها به سازندگان امکان می‌دهند تا محصولات یکسان و با کیفیت بالا تولید کنند، به طوری که هر قطعه‌ای دقیقاً مشابه قطعه دیگر باشد. همچنین یکی از ویژگی‌های مهم قالب‌های سرامیکی در تولید انبوه، کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت تولید است. از آنجا که قالب‌ها می‌توانند برای تولید چندین قطعه مورد استفاده قرار گیرند، هزینه‌های تولید به طور چشمگیری کاهش پیدا می‌کند.

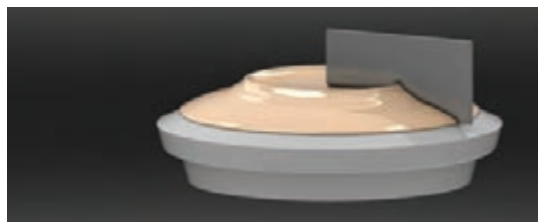


یکی از ابزار و اجزای ضروری در فرایند شکل‌دهی جیگرو جولی، قالب گچی می‌باشد (در موارد استثنائی از قالب فلزی نیز استفاده می‌شود). در روش جیگر قالب گچی شکل داخلی قطعه و شابلون قسمت بیرونی و پشت قطعه را شکل می‌دهد و برعکس در روش جولی قالب شکل بیرون قطعه و شابلون قسمت داخلی را شکل‌دهی می‌کند.

شکل ۲۶- قالب و شابلون جولی



شکل ۲۸- قالب جولی



شکل ۲۷- قالب چِیگر

قالب‌های گچی چِیگر و جولی به سهولت و به کمک مادر قالب و گچ قالب‌گیری ساخته می‌شوند. مادر قالب‌ها در واحد مدل و قالب‌سازی کارگاه طراحی و ساخته می‌شوند.



شکل ۲۹- طراحی مدل و قالب

شکل ۳۰ مادر قالب یک کاسه را نشان می‌دهد که به روش جولی شکل داده می‌شود. مادر قالب از دو تیکه تشکیل شده است. تیکه اول حلقه دوار بیرونی است که شکل داخل سرچرخ دستگاه جولی را شکل می‌دهد و تیکه مرکزی مادر قالب، شکل کاسه را ایجاد می‌کند که توسط شابلون شکل داده خواهد شد. جنس مادر قالب می‌تواند از گچ، فلز، پلیمر مستحکم یا ترکیبی باشد.



شکل ۳۰- مادر قالب از جنس گچ و پلیمر



شکل ۳۱- مادر قالب از جنس گچ و فلز

در شکل ۳۲ مراحل ساخت قالب لیوان برای روش جولی را مشاهده می کنید.



۳- اتصال اجزای مادر قالب



۲- اجزای مادر قالب لیوان



۱- طرح مدل و قطعه نهایی



۶- قالب لیوان



۵- جدا کردن اجزای مادر قالب



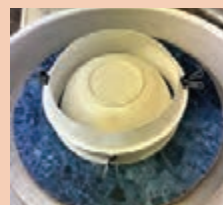
۴- ریختن دوغاب گچی در مادر قالب

شکل ۳۲- مراحل ساخت قالب یک لیوان

ساخت قالب کاسه

مواد و ابزار: گچ قالب سازی، مادر قالب کاسه، ماده جداکننده
شرح فعالیت:

- ۱ مادر قالب کاسه انتخاب کنید و آن را تمیز کنید.
- ۲ سطوح تماس با دوغاب گچی در مادر قالب را به ماده جداکننده آغشته کنید.
- ۳ قطعات مادر قالب را به هم متصل کنید و مطمئن شوید اتصالات به خوبی انجام شده است.
- ۴ با هماهنگی هنرآموز خود، دوغاب گچی را آماده سازی کنید.
- ۵ دوغاب را داخل مادر قالب گچی ریخته و بعد از هواگیری، زمان دهید تا دوغاب گچی سفت شود.
- ۶ قالب را از مادر قالب به آرامی و دقت خارج کنید و پرداخت کنید.
- ۷ قالب را برای خشک شدن داخل خشک کن ۴۵ درجه سلسیوس قرار دهید.



فعالیت کارگاهی





ساخت قالب لیوان

مواد و ابزار: گچ قالب‌سازی، مادر قالب کاسه، ماده جداکننده

شرح فعالیت:

- ۱ مادر قالب را لیوان انتخاب کنید و آن را تمیز کنید.
- ۲ سطوح تماس با دوغاب گچی در مادر قالب را به ماده جداکننده آغشته کنید.
- ۳ قطعات مادر قالب را به هم متصل کنید و مطمئن شوید اتصالات به خوبی انجام شده است.
- ۴ با هماهنگی با هنرآموز خود، دوغاب گچی را آماده‌سازی کنید.
- ۵ دوغاب را داخل مادر قالب گچی ریخته و بعد از هواگیری، زمان دهید تا دوغاب گچی سفت شود.
- ۶ قالب را از مادر قالب به آرامی و دقت خارج کنید و پرداخت کنید.
- ۷ قالب برای خشک شدن داخل خشک‌کن ۴۵ درجه سلسیوس قرار دهید.



می‌توان با تزئین مدل در زمان طراحی و ساخت مدل، قالبی با قطعات تزئین شده داشته باشیم.

نکته

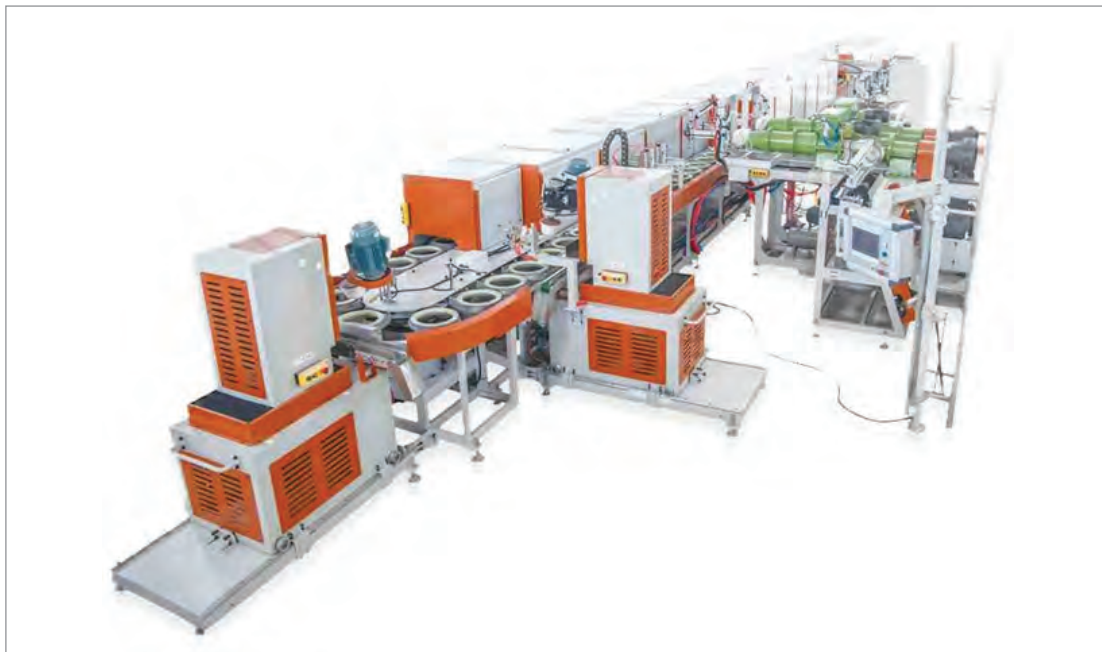


شکل دهی به روش دستگاه رولر

در سال های اخیر جهت بهبود کیفیت قطعات تولیدی و افزایش تعداد تولید در روز از دستگاه رولر که دستگاه تکامل یافته جیگرو جولی می باشد، استفاده می شود. در شکل های ۳۳ و ۳۴ دستگاه نیمه و تمام اتوماتیک رولر نشان داده شده است.



شکل ۳۳- دستگاه نیمه اتوماتیک رولر



شکل ۳۴- دستگاه تمام اتوماتیک رولر



مکانیزم کلی شکل‌دهی به روش رولر مشابه با روش جیگروجولی می‌باشد ولی در جزئیات و اجزا تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند که عبارت است از:

- ۱ شابلون توسط رولر (کَلگی) جایگزین شده است. شکل رولر به نوع قطعه‌ای که شکل داده می‌شود، بستگی دارد.
- ۲ در دستگاه هم رولر می‌تواند بچرخد هم اسپیندل و هم اینکه هر دو می‌توانند هم‌جهت با همدیگر با سرعت‌های مختلف بچرخند.
- ۳ رولر و اسپیندل دستگاه قابلیت بالا و پایین شدن را دارند.

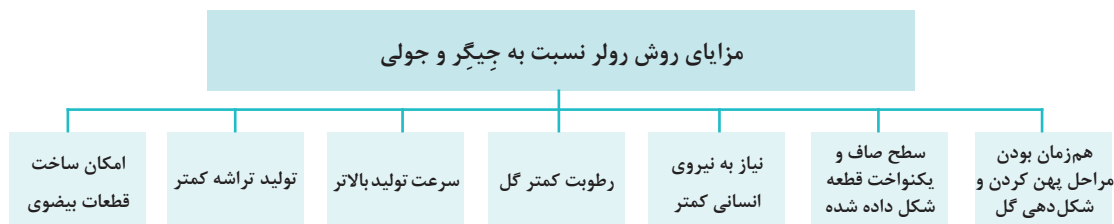
معمولاً پشت قالب گچی پمپ مکش هوا وجود دارد که باعث می‌شود قالب به‌خوبی به دستگاه بچسبد.

نکته



شکل ۳۵- رولر و اسپیندل دستگاه رولر

مزایای روش رولر نسبت به جیگروجولی عبارت‌اند از:



نمودار ۴- مزایای روش رولر نسبت به جیگرو جولی

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

نکته



ارزشیابی آماده سازی دستگاه جیگر و جولی

شرح کار:

- آماده سازی گل پلاستیک و راه اندازی دستگاه چرخ سفالگری
- ساخت قطعات مدور مثل لیوان، فنجان، کاسه و گلدان
- طراحی و ساخت شابلون
- انتخاب و ساخت تیغه برش
- ساخت قالب جیگر و جولی

استاندارد عملکرد:

- انتخاب دستگاه و آماده کردن آن جهت بهره برداری مناسب از دستگاه های چرخ سفالگری، جیگر و جولی برای تولید قطعه

شاخص ها:

- آماده سازی گل پلاستیک و ساخت قطعه با چرخ سفالگری
- نصب تجهیزات و راه اندازی دستگاه جیگر و جولی

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی و تولید سرامیک

ابزار و تجهیزات: ابزار سفالگری، شابلون، تیغه برش، چرخ سفالگری، جیگر و جولی

مواد: گل پلاستیک

تجهیزات ایمنی: لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار، کلاه ایمنی، عینک ایمنی، کمربند ایمنی و تجهیزات اطفای حریق

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی گل پلاستیک	۱	
۲	چرخکاری با چرخ سفالگری	۲	
۳	ساخت شابلون و قالب دستگاه جیگر و جولی	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی بهداشت توجهات زیست محیطی و نگرش: [*] دقت عمل و صحت - لباس کار و کفش ایمنی - مسئولیت پذیری - رعایت موارد زیست محیطی	۲	
میانگین نمرات ^{**}			

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

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

واحد یادگیری ۲

اجرای عملیات شکل‌دهی با جیگر و جولی

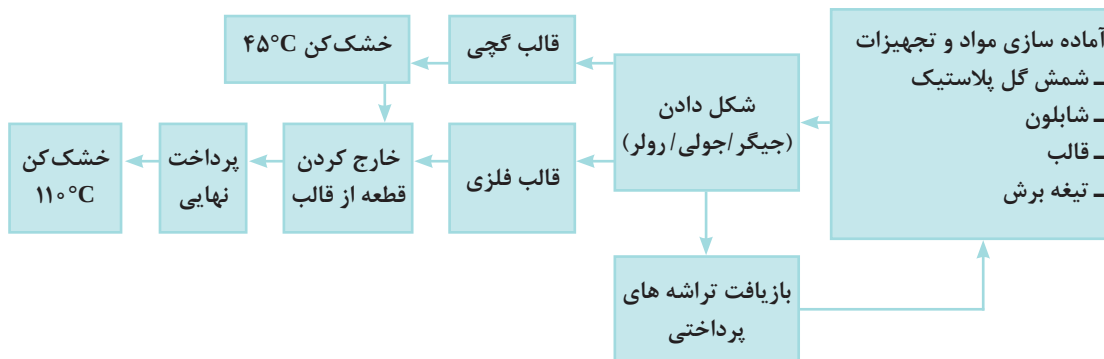
هدف از این واحد یادگیری فراگیری دانش و مهارت شکل دادن گل پلاستیک با استفاده از روش جیگر و جولی است. در حال حاضر این روش شکل‌دهی، مقرون به صرفه‌ترین شیوه برای تولید ظروف آشپزخانه‌ای (بشقاب، فنجان و نعلبکی) و سایر قطعات سرامیکی با کاربردهای گوناگون (بوته سرامیکی) است. آشنایی با مکانیزم شکل‌دهی با این روش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

استاندارد عملکرد

■ ساخت بدنه سرامیکی به روش جیگر و جولی متناسب با شکل فرم و ابعاد مورد نظر

فرایند تولید در روش جیگرینگ

روند تولید قطعات به روش جیگرینگ (جیگر، جولی و رولر) در نمودار ۵ نشان داده شده است.



نمودار ۵- مراحل شکل دهی به روش جیگرینگ

آماده سازی مواد و تجهیزات

گل پلاستیک مورد استفاده در روش جیگر و جولی می تواند هر آمیزی از گل پلاستیک با مقدار پلاستیسیته مناسب باشد. همان طور که در شکل ۳۶ مشاهده می کنید گل مورد نیاز برای ساخت قطعه در این روش از گل پلاستیک اکستروود شده استفاده می شود.



شکل ۳۶- گل پلاستیک اکستروود شده با بالمیل



شکل ۳۷- ستون خمیر (گل پلاستیک)

عوامل مهمی که در انتخاب گل پلاستیک باید مد نظر قرار داد. عبارتند از:

الف) رطوبت گل: گل پلاستیک مورد استفاده در روش جیگر و جولی در مقایسه با گل پلاستیک مورد استفاده در روش شکل دهی با چرخ سفالگری مقدار رطوبت کمتری دارد. محدوده درصد آب موجود در بدنه های که به روش پلاستیک شکل دهی می شود، ۱۸ تا ۲۵ درصد است (در بیشتر بدنه ها درصد رطوبت ۲۰ درصد است).



اندازه‌گیری درصد رطوبت

مواد و ابزار: گل پلاستیک، خشک‌کن، سیم برش، ترازو
شرح فعالیت:

- ۱ برش یک لایه از شمش گل با استفاده از سیم برش
- ۲ اندازه‌گیری وزن تر
- ۳ خشک کردن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت
- ۴ اندازه‌گیری وزن خشک
- ۵ محاسبه درصد رطوبت



ب) سختی گل پلاستیک: سختی گل پلاستیک ارتباط زیادی با درصد رطوبت، دانه‌بندی، زمان ماندگاری و شرایط تولید گل دارد. آزمایشگاه طبق آزمایشات متعدد که انجام می‌دهد، تعیین می‌کند که سختی گل تولید شده با شرایط تولید در کارخانه، چقدر است. برای مثال عدد سختی گل پلاستیک با رطوبت حدود ۲۳ درصد و زمان ماندگاری ۳ روز را، عدد ۱۶ تعیین می‌کند.

شکل ۳۸- ارزیابی سختی گل پلاستیک

سنجش سختی گل پلاستیک با دستگاه سختی‌سنج انجام می‌شود. این دستگاه بسیار ساده که نتیجه آزمایش را در لحظه به ما ارائه می‌دهد دارای یک میخ و فنری در پشت آن است. وقتی دستگاه بر روی گل پلاستیک فرو برده می‌شود با توجه به سختی گل میزان جمع شدن فنر و فرورفتگی میخ متغیر خواهد بود. هر چه رطوبت گل زیاد باشد میخ مقاومتری را در مسیر حرکت خود نمی‌بیند و به عقب رانده نمی‌شود و فنر هم بسیار کم جمع می‌شود. اما برعکس در رطوبت کم، میخ با مقاومت بیشتری روبه‌رو و فنر هم بیشتر جمع می‌شود. میزان جابه‌جایی فنر به صورت یک مقیاس عددی بر روی دستگاه نشان داده می‌شود.



شکل ۳۹- دستگاه سختی‌سنج گل

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





اندازه گیری سختی

مواد و ابزار: گل پلاستیک، دستگاه اندازه گیری سختی گل

شرح فعالیت:

با استفاده از دستگاه اندازه گیری سختی، سختی ۵ نقطه مختلف شمش گل مورد استفاده جهت شکل دهی به روش جیگرو جولی را اندازه گیری کنید.



شکل ۴۰- سرچرخ و قالب فلزی



شکل ۴۱- رولر اتوماتیک تولید کاسه

(ج) جهت گیری ترجیحی ذرات: مقدار گل اضافه زیر دستگاه، اختلاف دور کلگی و اسپیندل، سرعت دور کلگی و اسپیندل، زمان شکل دادن و جهت قرار دادن گل، همگی بر آرایش ذرات قطعه پس از شکل دهی مؤثرند.

(د) قالب: در این روش از دو نوع قالب گچی و فلزی و به صورت یک تکه یا چند تکه استفاده می شود. بسته به سرعت خشک شدن قالب می توان آن را چند بار در روز استفاده کرد، بیشتر تولیدکنندگان کارگاهی کوچک قالب های گچی را در هوای محیط خشک می کنند که با توجه به این شرایط از هر قالب ۲ بار در روز می توان استفاده کرد. در مقابل کارخانجات با تعداد تولید بالا از خشک کن های صنعتی برای خشک کردن قالب استفاده می کنند که با توجه به این شرایط قابلیت استفاده از هر قالب تا ۴ بار در هر شیفت کاری فراهم می شود. شکل های ۴۱ و ۴۲ نشان می دهد که قطعات بلافاصله بعد از شکل دهی همراه با قالب وارد خشک کن 45°C می شوند.

(ح) شابلون: در شکل دهی به روش جیگرو 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 می شود ممکن است شابلون از موقعیت خود خارج شود.



شکل ۴۳- شابلون دستگاه جولی



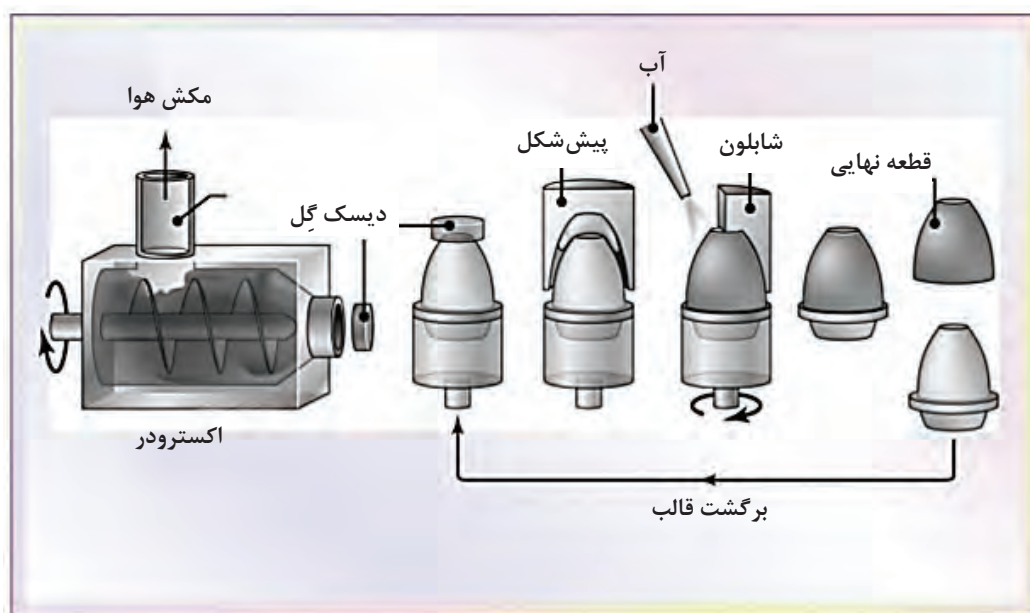
شکل ۴۲- رولر اتوماتیک تولید بشقاب

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



شکل‌دهی بادستگاه جیگر (بیرون قطعه)

در شکل ۴۴ شماتیکی از فرایند شکل‌دهی به روش جیگر را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴۴- فرایند شکل‌دهی جیگر



شکل ۴۵- برش گل

۱ 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 (شکل ۴۵).



۲ گل پلاستیک با استفاده از گل پهن کن بر روی قالب پهن می شود و سپس شکل دهی صورت می گیرد. (به طور هم زمان چند قطره آب روی سطح قطعه ریخته شود تا سطحی صاف به دست آید).

شکل ۴۶- پهن کردن گل

۳ قرار دادن قالب روی زبانه و قراردادن گل روی قالب.

۴ پایین آمدن بازوی دستگاه و عمل شکل دهی قطعه (در حین شکل دادن از اسفنج مرطوب هم برای خیس کردن سطح قطعه استفاده می کنیم).



شکل ۴۷- شکل دادن به شابلون



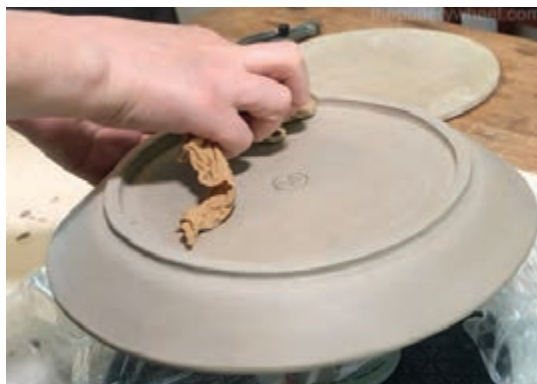
۵ خشک کردن قالب و قطعه در خشک کن با دمای 45°C یا در محیط (شکل ۴۸).

شکل ۴۸- خشک کردن قالب

۶ خارج کردن قطعه از قالب و پرداخت آن.



شکل ۵۰- پرداخت بعد خشک شدن



شکل ۴۹- پرداخت قطعه بعد از بیرون آوردن از قالب

شکل دادن بشقاب با استفاده از دستگاه جیگر

مواد و ابزار: 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
- 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

فعالیت کارگاهی



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 هنگام نصب آن مواظب باشید تا دستتان آسیب نبیند.

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

۴ هیچ‌گونه تماس مستقیمی با ابزار برش و اجزای دستگاه نداشته باشید.

نکات ایمنی



شکل دهی با دستگاه جولی (داخل قطعه)



شکل ۵۱- دیسک گل

۱ برش مناسبی از گل را انتخاب می‌کنیم. 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 این کار روند تولید را تسریع می‌کند.

مقدار گل باید به دقت وزن شود یا اینکه از سیم‌های برش که هر کدام وزن مشخصی از گل را جدا می‌کند استفاده شود. اپراتورهای با تجربه قادر به انتخاب گل مناسب بدون وزن کردن نیز هستند. برای مثال اپراتور از دستان خود برای انتخاب مقدار گل استفاده می‌کند (شکل ۵۲).



شکل ۵۲- برش گل



شکل ۵۳- قرار دادن گل داخل قالب

۲ قالب را روی زبانه قرار می‌دهیم و دیسک گل برش خورده را داخل قالب قرار داده و برای چسبیدن گل به قالب با دست حلقه گل را فشار می‌دهیم (برای گذاشتن یا برداشتن قالب نیازی به خاموش کردن دستگاه نیست).

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



شکل ۵۴- شکل دادن با شابلون جولی

۴ گِل‌های اضافه بازو با تیغ بریده شود.



شکل ۵۵- شکل دادن با شابلون جولی

۵ خشک کردن قالب و قطعه در محیط کارگاه یا در خشک کن ۴۵ درجه سلسیوس



شکل ۵۶- خشک کردن در محیط یا خشک‌کن

۶ بیرون آوردن قطعه از قالب و پرداخت قطعه.



شکل ۵۷- پرداخت کردن قطعه

دو قطعه زیر به روش جولی ساخته شده است. در مورد قالب و روش شکل دهی آن تحقیق کنید.



تحقیق کنید



فعالیت کارگاهی



شکل دادن کاسه با استفاده از دستگاه جولی

مواد و ابزار: 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



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 هنگام نصب آن مواظب باشید تا دستتان آسیب نبیند.

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

۴ هیچ‌گونه تماس مستقیمی با ابزار برش و اجزای دستگاه نداشته باشید.

نکات ایمنی



معایب فرایند شکل‌دهی به روش جیگر و جولی

همان‌طور که در نمودار ۶ مشاهده می‌شود معایب فرایند شکل‌دهی به روش جیگر و جولی را می‌توان به مشکلات ناشی از دستگاه و تجهیزات و عیوب ایجاد شده در قطعه پس از شکل‌دهی تقسیم بندی کرد.



عیوب دستگاهی

۱- چسبیدن گل به قالب: این عیب بیشتر مواقعی به وجود می آید که از قالب های جدید استفاده می شود. این مشکل معمولاً پس از چندین بار استفاده از قالب برطرف می شود.



شکل ۵۸- شکستن قالب

۲- شکستن قالب: یکی از دلایل شکستن قالب استفاده از گچ بی کیفیت در ساخت آن است. استفاده از گچ با کیفیت بالا یکی از راه های برطرف کردن این مشکل است. از آنجا که این مشکل بیشتر در قسمت بالایی و لبه های قالب اتفاق می افتد برای کاهش ایجاد آن بهتر است که این قسمت از قالب با ضخامت بالاتری ساخته شود. روش تقویت کردن قالب با استفاده از سیم هنگام ریخته گری قالب راه دیگری برای کاهش این عیب است.



شکل ۵۹- شکستن و سایش لبه

۳- سایش سریع زبانه گچی: با استفاده از حلقه های فلزی با عرض ۲ میلی متر می توان بدنه و لبه مرغک گچی را تقویت کرد. همچنین از نوارهای لاستیکی نیز می توان برای این منظور استفاده کرد. روش قدیمی برای کاهش این عیب ریختن سرب مذاب داخل مرغک گچی است.

عیوب قطعات

- ۱- ایجاد خطوط مارپیچ در سطح قطعه: در این عیب سطح قطعه صاف نیست و خطوط مارپیچی بر روی سطح آن که توسط شابلون شکل دهی شده است، مشاهده می شود. راه های برطرف کردن این عیب عبارت اند از:
 - الف) تنظیم صحیح شابلون
 - ب افزایش ضخامت شابلون
 - ج) افزایش ضخامت بازوی نگهدارنده 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 مرغک 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

انواع مکانیزم های شکل دهی با استفاده از رولر

۱ پس از برش گل و قرار دادن آن در مرکز قالب گچی فقط رولر می چرخد، رولر پایین آمده و بر روی سطح گل قرار می گیرد و سپس بر اثر اصطکاک بین رولر و گل اسپیندل نیز شروع به چرخش می کند. 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.

فرایند شکل‌دهی با دستگاه رولر

۱ برش گل و قرار دادن درون قالب به صورت دستی یا اتوماتیک (شکل ۶۰).



شکل ۶۰- برش گل

۲ حرکت کَلگی به سمت قالب و تماس با گل (شکل ۶۱).



شکل ۶۱- قرار گرفتن دیسک گل در قالب

۳ شکل دهی قطعه یا چرخش کلگی و اسپیندل (شکل ۶۲، ۶۳ و ۶۴).



شکل ۶۲- شکل دهی پشت بشقاب با کلگی



شکل ۶۳- شکل دهی داخل بشقاب با کلگی



شکل ۶۴- شکل دهی داخل قطعه با کلگی های متفاوت

پودمان ۴: شکل‌دهی به روش چِیگر و جولی



ادامه شکل ۶۴- شکل دهی داخل قطعه با کلگی‌های متفاوت

۴ خشک کردن در خشک‌کن ۴۵ درجه سلسیوس (شکل ۶۵).



شکل ۶۵- ورود قطعات به خشک‌کن

۵ بیرون آوردن قطعه از قالب و پرداخت (شکل ۶۶).



شکل ۶۶

نکته



رولر توسط منبع حرارتی به صورت المنت در داخل آن با مشعلی که کنار آن قرار دارد گرم می شود. 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 شکل دهی آب نیز اسپری می شود.

تحقیق کنید



دمای مناسب رولر هنگام شکل دهی باید چه میزان باشد؟ اگر دمای رولر از میزان مناسب برای شکل دهی کمتر یا بیشتر باشد چه مشکلاتی ایجاد می شود؟

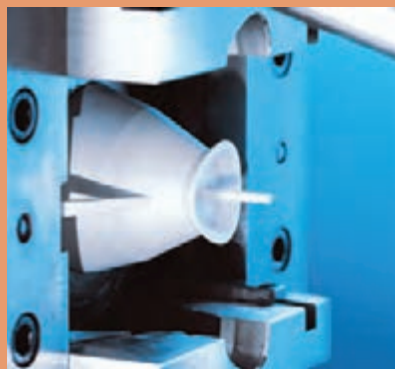
ارزشیابی اجرای عملیات شکل‌دهی با جیگر و جولی

شرح کار: - آماده کردن گل پلاستیک - نصب شابلون و راه اندازی دستگاه - شکل دادن قطعات به روش جیگر، جولی و رولر - پرداخت قطعات شکل داده شده			
استاندارد عملکرد: ساخت بدنه سرامیکی به روش جیگر و جولی با توجه به فرم ابعاد و شکل بدنه			
شاخص‌ها: - بررسی پارامتر تأثیرگذار در تهیه گل پلاستیک - استفاده صحیح از تجهیزات مانند شابلون، تیغه برش و دستگاه جیگر و جولی - بررسی پارامترهای مؤثر بر شکل دادن قطعات با استفاده از روش جیگر، جولی و رولر			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی و سیستم تهویه دستگاه جیگر، جولی و رولر ابزار و تجهیزات: دستگاه جیگر و جولی شابلون گل پلاستیک، تیغه برش، سیم برش، خشک کن، تجهیزات پرداخت و ترازو تجهیزات ایمنی: لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار، تجهیزات اطفای حریق			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی ۳	نمره هنر جو
۱	آماده کردن گل پلاستیک	۱	
۲	شکل دادن قطعات با جیگر، جولی و 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 - مسئولیت پذیری - رعایت موارد زیست محیطی	۲	
میانگین نمرات^{**}			
[*] شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و مستمر است. ^{**} حداقل میانگین نمرات هنر جو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			



پودمان ۵

شکل دهی نوین سرامیک به روش پلاستیک



با توجه به نیاز روز افزون بشر به قطعات جدید با اشکال پیچیده و ویژگی‌های مطلوب نیاز به روش‌های جدید برای تولید این قطعات می‌باشد. از روش‌های نوین شکل‌دهی سرامیک‌ها با آمیز پلاستیک، قالب‌گیری تزریقی، چاپگر سه بعدی و CNC می‌باشد. با این روش‌ها می‌توان قطعاتی با اشکال پیچیده و ابعاد دقیق و با سرعت بالاتر تولید کرد.

واحد یادگیری ۱

شکل دادن سرامیک‌ها به روش قالب‌گیری تزریقی

هدف از این واحد یادگیری فراگیری دانش و مهارت شکل دادن آمیز 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.

استاندارد عملکرد

آشنایی با دستگاه قالب‌گیری تزریقی و اجزای آن، مکانیزم و مراحل شکل‌دهی با روش قالب‌گیری تزریقی

شکل دادن سرامیک‌ها به روش قالب‌گیری تزریقی

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



شکل ۳

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



شکل ۴



شکل ۵

در صنایع نفت و گاز نیز محصولات سرامیکی کاربردهای فراوانی دارند. به‌طور مثال در برج‌های تقطیر پکینگ‌های^۱ سرامیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در شکل ۶ و ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷- داخل یک برج در حال چیدن پکینگ‌های سرامیکی



شکل ۶- 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 بالایی 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 نوشابه سازی کاربرد وسیعی دارند.

شکل‌هایی از پکینگ‌های سرامیکی در زیر نشان داده شده است.



زین اسبی

استوانه‌ای

استوانه پره دار

لانه زنبوری

شکل ۸- نمونه‌هایی از پکینگ‌های سرامیکی

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، روز به روز در حال رشد است.

قطعات سرامیکی تولید شده به روش قالب‌گیری تزریقی می‌توانند ویژگی مکانیکی عالی با وزن مخصوص کم داشته باشند. این محصولات برای ساخت قطعات متحرک اتومبیل‌ها، قطارها، صنایع هوا فضا و دینام‌ها (به ویژه قطعات موتور) بسیار مناسب هستند. همچنین از این سرامیک‌ها در قطعات الکتریکی (دی الکتریک‌ها، عایق‌ها، مقره‌ها، پیزوالکتریک‌ها، ابرساناها) مغناطیس‌ها و قطعات و ابزار پزشکی می‌توان استفاده کرد.

در شکل ۹ انواع محصولات سرامیکی با ویژگی‌های منحصر به فرد تولید شده به روش قالب‌گیری تزریقی آورده شده است.



سختی بالا



پیچیدگی



ابعاد خیلی کوچک (میکرو)



انعطاف پذیری

شکل ۹- انواع محصولات سرامیکی با ویژگی‌های منحصر به فرد

در جدول ۱ مقایسه دیسک قهوه‌ساب صنعتی فلزی و سرامیکی تولید شده به روش قالب‌گیری تزریقی نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه دیسک قهوه‌ساب فلزی و سرامیکی

جنس	ویژگی	شکل
فلزی	- فرایند تولید طولانی شامل: ریخته‌گری، ماشین‌کاری، سخت‌کاری و سنگ‌زنی - هزینه بالا - کاهش عملکرد دیسک هنگام فرایند سخت‌کاری	
سرامیکی	- 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	

مانند جدول ۱، دو نوع محصول فلزی و سرامیکی دیگر را با یکدیگر مقایسه کنید.

تحقیق کنید



فرایند تولید به روش قالب‌گیری تزریقی بر اساس روش آماده‌سازی مواد اولیه و ترکیب به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شود.



نمودار ۱- تقسیم‌بندی فرایند تولید به روش قالب‌گیری تزریقی

۱- روش آماده سازی مواد اولیه

الف) آمیز پلاستیک: مخلوطی از مواد اولیه بدنه با افزودنی هایی مانند آب و روان ساز آماده می شود.
ب) گرانول سازی (pim)^۱: مخلوطی از پودر سرامیکی با افزودنی هایی مانند حلال، چسب و روان کننده های آلی به دست می آید.

نکته

گرانول از بهم چسبیده شدن ذرات پودر به وجود می آید.



۲- ترکیب

الف) تک ترکیبی: در این روش آمیز از یک ترکیب تهیه شده و به داخل قالب تزریق می شود و کل قطعه ویژگی یکسانی دارد.



شکل ۱۰- قطعه تک ترکیبی

ب) چند ترکیبی: در این روش آمیز با چند ترکیب متفاوت تهیه شده و سپس با توجه به خواص محصول مورد نظر به صورت جداگانه تزریق می شوند و گاهی دو یا چند ترکیب هم زمان در قالب تزریق می شوند.



شکل ۱۱- قطعه دو ترکیبی

امروزه با رشد سریع علم و فناوری نیاز به قطعات با چند ویژگی وجود دارد به همین علت روش دو یا چند ترکیبی نسبت به روش تک ترکیبی در قالب گیری تزریقی، رشد سریع تری داشته است.
استفاده از این روش امکان تولید محصولاتی را فراهم می آورد که دارای ویژگی و رفتارهای متفاوتی باشد. به طور مثال قطعاتی با قسمت های رنگی متفاوت، رسانا - نارسای الکتریکی، مغناطیسی - غیرمغناطیسی، عایق حرارتی - هادی حرارت تولید می شود. در روش چند ترکیبی می توان 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 قالب گیری تزریقی را بیابید و در کلاس ارائه دهید.





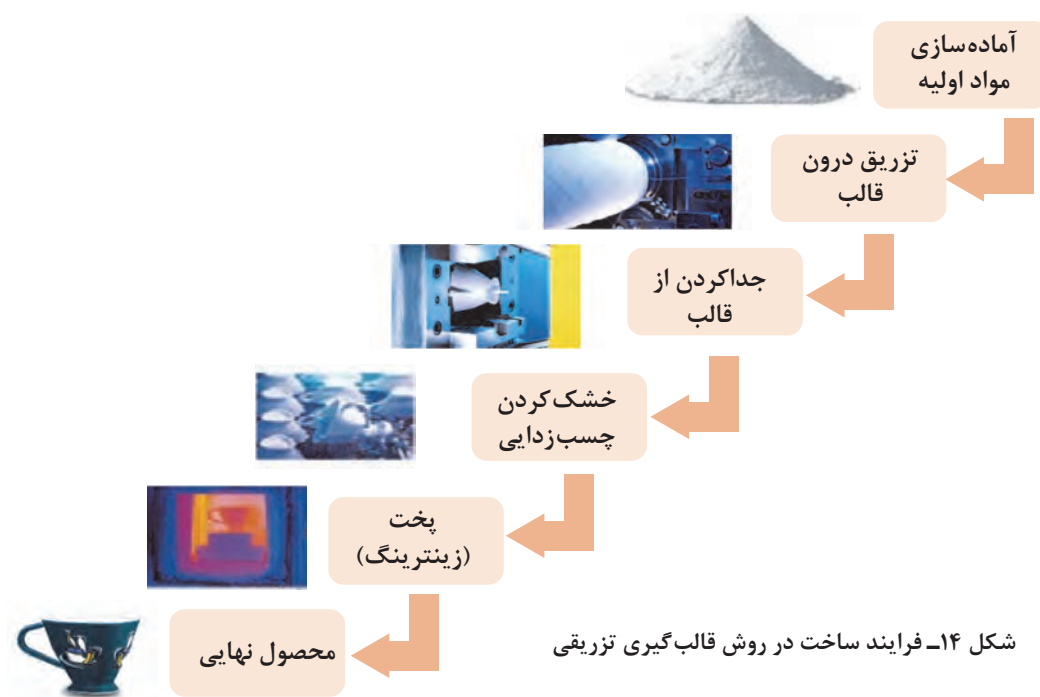
تولید میکروسازه به روش قالب‌گیری تزریقی
با استفاده از روش شکل‌دهی تزریقی می‌توان قطعاتی با اندازه نسبتاً ریزی تولید کرد که به این قطعات میکروسازه و این روش قالب‌گیری میکرو نامیده می‌شوند. این روش برای شکل‌دهی محصولات بسیار ریز و دقیق (با قسمت‌هایی مانند سوراخ‌ها، دندانه‌ها و یا زوایای بسیار ظریف و خان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

شکل ۱۲- میکرو سازه‌های سرامیکی تولید شده به روش قالب‌گیری تزریقی

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



شکل ۱۳- میکروسازه‌ای به وزن ۰/۰۰۲۲ گرم مورد استفاده در سمک

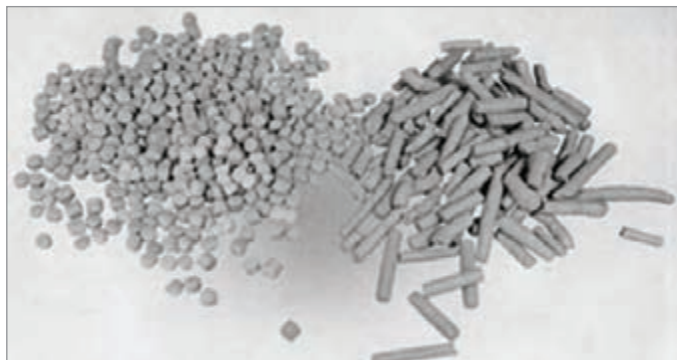


فرایند ساخت در روش قالب گیری تزریقی

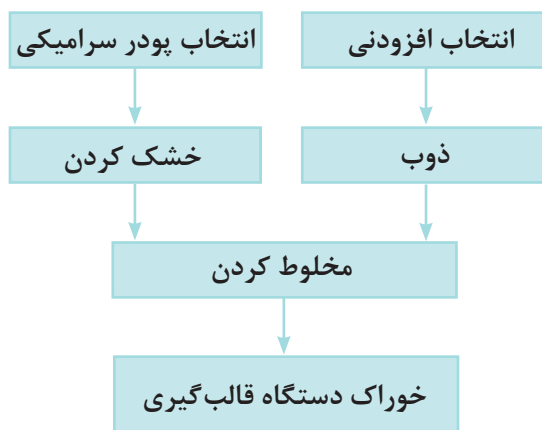
۱- آماده سازی مواد اولیه

همان طور که گفته شد مراحل تولید سرامیک ها به روش قالب گیری تزریقی بر مبنای روش آماده سازی مواد اولیه به دو گروه تقسیم می شوند:

الف) آمیز پلاستیک: در فرایند آماده سازی آمیز پلاستیک ابتدا با درصد معین آب، خاک و روان ساز به کمک بالمیل دوغاب ایده آل تهیه می شود؛ سپس به کمک دستگاه فیلتر پرس دوغاب به آمیزی با میزان معین رطوبت تبدیل می شود. آنگاه آمیز را در مخلوط کن به مدت نسبتاً طولانی مخلوط می کنیم و ورز می دهیم. در مدت زمان مخلوط کردن و ورز دادن علاوه بر ایجاد همگنی در آمیز تنش های سطحی نیز کم می شود. در نهایت آمیزها به کمک دستگاه اکسترودر کاملاً هواگیری می شوند و به صورت متراکم در می آیند و متناسب با دستگاه شکل دهی و خروجی اکسترودر به صورت استوانه ای یا گندله یا گرانول خارج می شوند. در این مرحله، آمیزها آماده تزریق به دستگاه قالب گیری هستند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵



ب) گرانول سازی: در فرایند گرانول سازی، پودر سرامیکی با افزودنی هایی مانند چسب، حلال و روان کننده ای آلی در دستگاه مخلوط کن ریخته می شود. در مخلوط کن پودر سرامیکی با افزودنی ها به صورت ترکیب یکنواخت و همگن در می آید و گرانول سرد شده خارج می شود. در نمودار ۲ فرایند گرانول سازی نشان داده شده است.



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
پلی پروپیلن	واکس ریز بلور
پلی اتیلن	واکس پارافین
پلی استر	واکس کانابا
پلی ونیل استات	
پلی متیل متا اکریلات	



آماده‌سازی آمیز بدنه آلومینایی

مواد و ابزار: همزن، ترازوی آزمایشگاهی، ظرف با اندازه متوسط، کاردک، استوانه مدرج، پودر آلومینا، پلی پروپیلن، واکس پارافین، استئاریک اسید
شرح فعالیت:

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

۱ آمیز آماده شده براساس جدول بالا را با کمک ترازو وزن کنید.

۲ آمیز را درون مخلوط‌کن بریزید.

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

۴ آمیز خارج شده از مخلوط‌کن را درون ظرف دردار ریخته تا در فعالیت کارگاهی بعدی مورد استفاده قرار دهید.



آماده سازی آمیز پکینگ زین اسبی

مواد و ابزار: همزن، ترازوی آزمایشگاهی، ظرف با اندازه متوسط، کاردک، استوانه مدرج، کائولن، بالکلی، فلدسپات، سیلیس

شرح فعالیت:

۱ با استفاده از خاک های موجود در کارگاه، آمیزی مناسب با فرمول بدنه های استون وری که به قرار زیر است، آماده کنید:

ماده اولیه	درصد
کانی های رسی	۴۰-۶۰ درصد
فلدسپات	۲۵-۳۰ درصد
کوارتز	۲۵-۳۰ درصد

۲ آمیز را درون مخلوط کن ریخته و ۲۵-۲۰ درصد آب به آن اضافه کنید.

۳ آمیز گرانول شده توسط مخلوط کن را درون یک ظرف در بسته ریخته و تا زمان ریختن داخل دستگاه قالب گیری تزریقی نگهداری کنید.



در مدت زمانی که مخلوط کن روشن است از باز کردن در مخلوط کن خودداری کنید.



۲- شکل دادن

در روش قالب گیری تزریقی لازم است که از دستگاه های خاصی استفاده شود، در نتیجه شناخت اجزای دستگاه، قالب و روش تزریق لازم و ضروری است.

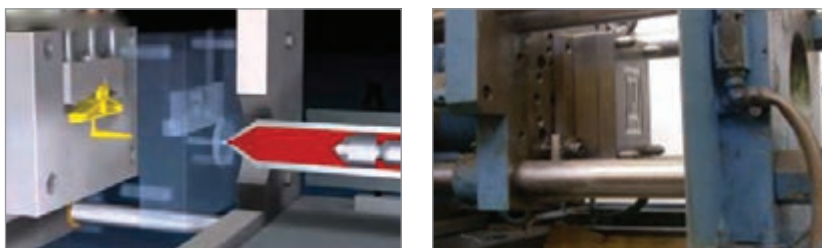


الف) دستگاه قالب گیری تزریقی: تجهیزات و شکل ظاهری دستگاه در این روش شباهت زیادی به دستگاه های صنایع تولید قطعات پلاستیک دارد.

شکل ۱۶- دستگاه قالب گیری تزریقی

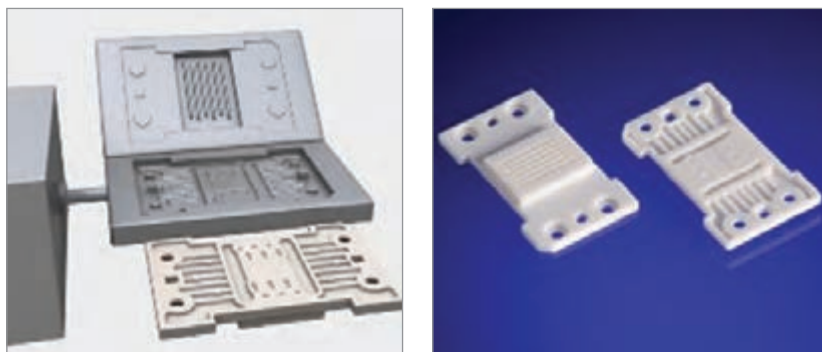
در این دستگاه، آمیز بعد از ورود از طریق قیف تغذیه با فشار پیستون به درون قالب تزریق می‌شود و قطعه در داخل قالب شکل می‌گیرد.

ب) قالب‌ها: با توجه به اینکه مواد سرامیکی سختی بالایی دارند، جنس قالب باید از فولاد، آلیاژهایی با سختی بالا یا سرامیک‌های انتخاب شود. همچنین قالب باید در مقابل زنگ زدگی مقاوم باشند. در شکل ۱۷ قالب تحت فشار و تزریق را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۷- قالب تحت فشار و تزریق

در شکل ۱۸ قالب و قطعه سرامیکی ساخته شده از این قالب نشان داده شده است.



شکل ۱۸- قطعه شکل‌دهی شده با قالب



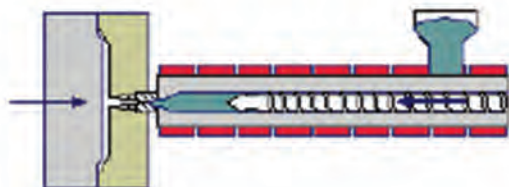
شکل ۱۹- قیچی سرامیکی - آلومینایی
شکل‌دهی شده به روش قالب‌گیری تزریقی

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

تحقیق کنید



مراحل شکل دهی توسط دستگاه قالب گیری تزریقی در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



۱ قالب بسته شده و حلزونی برای تزریق به جلو حرکت می کند.



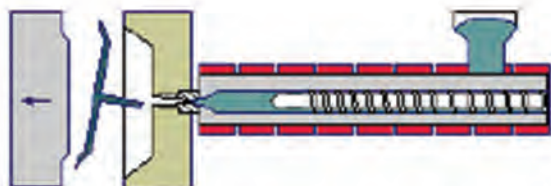
۲ چرخش حلزونی آمیز را به داخل قالب تزریق می کند.



۳ قالب به صورت کامل پر می شود.



۴ تزریق و شکل گیری قطعه کامل می شود.



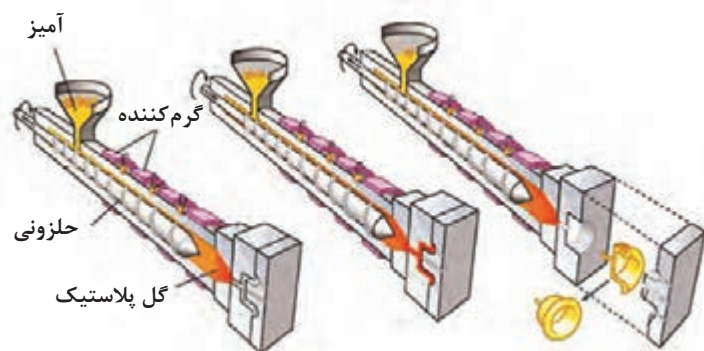
۵ قالب باز شده و قطعه خارج می شود.



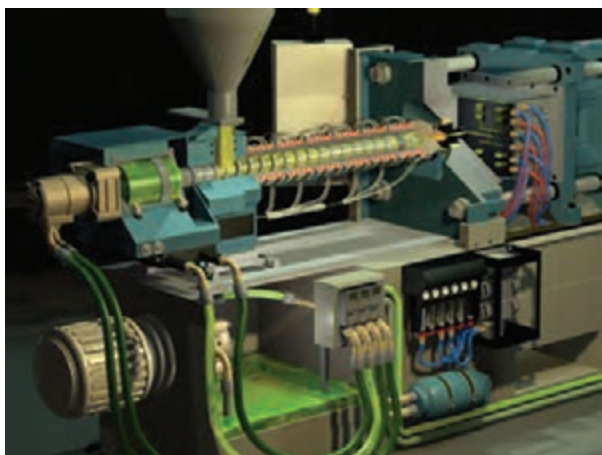
۶ قالب مجدداً بسته می شود تا تزریق دوباره انجام گیرد.

شکل ۲۰

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



شکل ۲۱- شکل‌گیری قطعه به روش قالب‌گیری تزریقی



شکل ۲۲- دستگاه قالب‌گیری تزریقی

۳- خشک‌کردن و چسب‌زدایی

در صورت استفاده از آب در فرایند آماده‌سازی مواد اولیه لازم است که از خشک‌کن استفاده شود.



شکل ۲۳- خشک‌کن

با توجه به اینکه در روش قالب‌گیری تزریقی استفاده از چسب‌ها و افزودنی‌های آلی دیگر مانند پلاستی



شکل ۲۴

سایزرها رایج است باید از فرایند حذف چسب (چسب زدایی) استفاده شود. حذف چسب یا چسب‌زدایی مرحله بحرانی در فرایند ساخت سرامیک‌ها است. چسب‌ها باید به‌طور کامل بدون از هم گسیختگی بدنه و ایجاد هرگونه عیب از بدنه حذف گردند. چسب‌ها از طریق حرارت‌دهی، تجزیه شده و به شکل بخار از بدنه خارج می‌شود. در شکل ۲۴ دستگاهی نشان داده شده است که عملیات خشک‌کردن، چسب‌زدایی و پیش پخت را انجام می‌دهد.



شکل ۲۵- قطعه پخت شده به روش قالب‌گیری تزریقی

تجزیه شیمیایی چسب‌ها در دمای ۱۵۰-۲۰۰ درجه سلسیوس شروع می‌شود و در دمای بالای ۴۰۰ درجه سلسیوس از طریق تبخیر و تجزیه از بدنه خارج می‌شوند.

۴- پخت و زینتر کردن

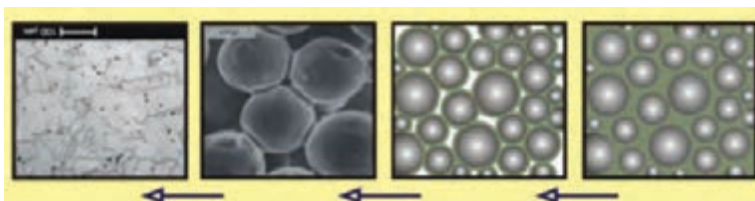
مرحله پایانی فرایند قالب‌گیری تزریقی، پخت است. در این مرحله قطعه ضمن تراکم یافتن، منقبض می‌شود و استحکام نهایی خود را پیدا می‌کند.



قطعه پخته و زینتر شده



قطعه خام



شکل ۲۶- مراحل پخت و تراکم قطعه

با توجه به شکل ۲۶، در مورد تفاوت‌های بین قطعه خام و پخته شده تحقیق کنید.

تحقیق کنید





شکل ۲۷- کوره پخت

مزایا و معایب روش شکل دهی قالب های تزریقی

جدول ۳- مزایا و معایب روش قالب گیری تزریقی

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



شکل دهی به روش قالب گیری تزریقی
مواد اولیه تهیه شده در فعالیت کارگاهی (۱) صفحه ۱۴۸ و فعالیت کارگاهی (۲) صفحه ۱۴۹ را به کمک دستگاه قالب گیری تزریقی شکل دهی کنید.



ساخت بدنه آلومینایی
مواد و ابزار: ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم، الک مش ۲۰۰، استوانه مدرج، همزن دستی و یا برقی، مخلوط کن، دستگاه قالب گیری تزریقی، خشک کن آزمایشگاهی، کوره
مواد اولیه مورد نیاز: آلومینا با خلوص ۹۹/۵، منیزیم اکسید، پلی اتیلن سبک، واکس پارافین، واکس کارابانا، موم نخل، قیر، استتاریک اسید
شرح فعالیت:

۱ ترکیب زیر را برای ساخت بدنه آلومینایی به روش قالب گیری تزریقی آماده کنید.

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

۲ پودر سرامیکی را در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس خشک کنید و از الک با مش ۲۰۰ عبور دهید.

۳ چسب و پودر سرامیکی را با کمک مخلوط کن 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 صورتی تنظیم کنید که هر یک ساعت ۱۰۰ درجه سلسیوس افزایش دما داشته باشد.



- ۱ مراقب باشید روان‌سازها 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.



ساخت یک قطعه تزئینی (پریان) به روش قالب‌گیری تزریقی

مواد و ابزار: ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم، الک مش ۲۰۰، استوانه مدرج، همزن دستی و یا برقی، مخلوط‌کن، دستگاه قالب‌گیری تزریقی، خشک‌کن آزمایشگاهی، کوره، فلدسپات، کائولن، کوارتز و سدیم سیلیکات

شرح فعالیت:

- ۱ آمیز زیر را برای ساخت یک مجسمه پریانی به روش قالب‌گیری تزریقی وزن کنید.

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

- 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 شکل‌دهی را انجام دهید.
- ۸ قطعه خارج شده از قالب درون خشک‌کن با دمای ۴۵-۵۵ درجه سلسیوس قرار داده شود.
- ۹ قطعه را در محدوده دمایی ۱۱۰-۱۲۵ درجه سلسیوس پخت کنید.



در صورتی که قطعه پس از خارج کردن از قالب نیاز به پرداخت داشت، عملیات پرداخت بر روی قطعه انجام شود.

ساخت یک قطعه الکتریکی به روش قالب گیری تزریقی

مواد و ابزار: ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم، الک مش ۲۰۰، استوانه مدرج، همزن دستی و یا برقی، مخلوط کن، دستگاه قالب گیری تزریقی، خشک کن آزمایشگاهی، کوره، فلدسپات، کائولن، کوارتز، سدیم سیلیکات

شرح فعالیت:

۱) آمیز زیر را برای ساخت یک قطعه الکتریکی به روش قالب گیری تزریقی آماده کنید.

ترکیب	درصد اجزا	اجزا	درصد
آمیز	۷۰-۸۰	فلدسپات	۲۵-۳۵
		کائولن	۳۰-۵۰
		کوارتز	۲۵-۳۵
آب	۲۰-۳۰		
روان ساز	۰/۲۵-۰/۳۵	سدیم سیلیکات	۰/۲-۰/۳۵

۲) خاک ها را از الک با مش ۲۰۰ عبور دهید.

۳) روان ساز سدیم سیلیکات را در آب ولرم حل کنید.

۴) خاک ها را درون محلول حاوی آب و روان ساز 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 شکل دهی بهتر انجام می شود).

۷) با قالب تزریقی شکل دهی را انجام دهید.

۸) قطعه خارج شده از قالب درون خشک کن با دمای ۴۵-۵۵ درجه سلسیوس قرار دهید.

۹) قطعه را در محدوده دمایی ۱۱۰-۱۲۵ درجه سلسیوس پخت کنید.

ارزشیابی شکل دهی به روش قالب گیری تزریقی

شرح کار: ■ آماده سازی آمیز ■ شکل دادن قطعات به روش قالب گیری تزریقی			
استاندارد عملکرد: ■ آماده سازی آمیز و تولید قطعه به روش قالب گیری تزریقی مطابق با فرمول بدنه			
شاخص ها: ■ کار با دستگاه قالب گیری تزریقی و تولید قطعه بدون عیب			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: کارگاه استاندارد و عاری از آلودگی جهت نگهداری دستگاه قالب گیری تزریقی، مجهز به تجهیزات ایمنی ابزار و تجهیزات: دستگاه قالب گیری تزریقی، ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم، الک با مش ۲۰۰، استوانه مدرج، مخلوط کن، خشک کن آزمایشگاهی، کوره تجهیزات ایمنی: لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار، تجهیزات اطفای حریق مواد: مواد اولیه آماده سازی آمیز مناسب شکل دهی با قالب گیری تزریقی			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	آماده کردن آمیز	۱	
۲	شکل دادن قطعات با قالب گیری تزریقی	۲	
۳	کنترل نهایی	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۲	
	دقت عمل و صحت - لباس کار و کفش ایمنی		
	مسئولیت پذیری - رعایت موارد زیست محیطی		
میانگین نمرات **			
** شایستگی های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و مستمر است.			
** حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			

واحد یادگیری ۲

شکل دهی با استفاده از چاپگر سه بعدی CNC

در این واحد یادگیری ابتدا با دستگاه چاپگر سه بعدی و CNC آشنا می‌شوید، سپس مراحل شکل دهی با این دو روش را فرا خواهید گرفت. در ادامه فعالیت و کارهای عملی برای کسب مهارت شکل دادن با این دو روش در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

■ ساخت قطعه با چاپگر سه بعدی و دستگاه CNC براساس دستورالعمل و استاندارد مربوطه

به تصاویر شکل ۲۸ نگاه کنید و به سؤالات زیر پاسخ دهید:



شکل ۲۸- نمونه‌ای از محصولات سرامیکی

از چه روش‌هایی برای ساخت قطعات بالا می‌توان استفاده کرد؟
چه روشی در تولید انبوه کاربردی‌تر است؟

از روش‌های مورد استفاده برای شکل دادن قطعات سرامیکی، ریخته‌گری دوغابی و چرخ سفالگری است. در روش چرخ کاری شکل‌دهی با دست و چرخ سفالگری انجام می‌شود و در روش ریخته‌گری با استفاده از قالب گچی شکل‌دهی انجام می‌شود.

در مورد شکل‌دهی به روش ریخته‌گری دوغابی تحقیق کنید.

تحقیق کنید

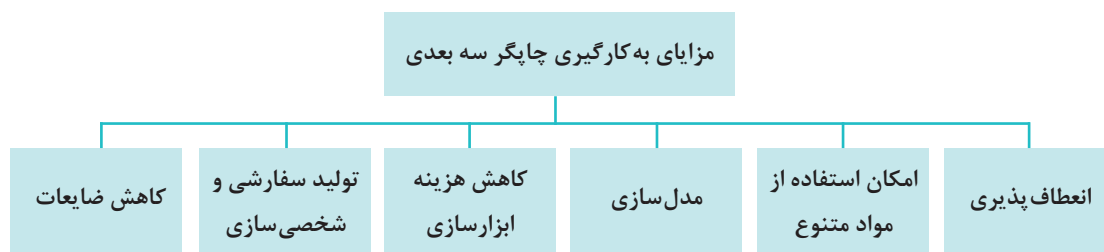


شکل ۲۹- دستگاه چاپگر سه بعدی

در سال‌های اخیر روش جدیدی ابداع شده است که ترکیبی از روش‌های شکل‌دهی چرخ سفالگری و ریخته‌گری دوغابی می‌باشد که با آن می‌توان قطعاتی با دقت ابعادی بالا تولید کرد. شکل ۲۹ دستگاه چاپگر سه بعدی را نشان می‌دهد.

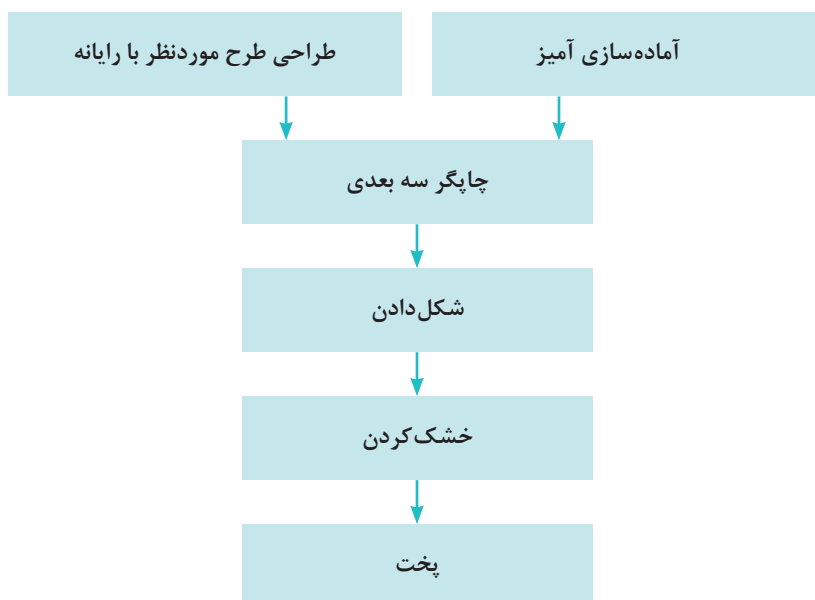
چه قطعاتی را می‌توان با چاپگر سه بعدی تولید کرد؟

چاپگر سه بعدی دنیایی از اشکال و ساختارها را قابل دسترس کرده است. بسته به نوع چاپگر و ماده مصرفی، می‌توان از اشیای ساده مانند مجسمه‌ها و قطعات کوچک تا ساختارهای پیچیده مانند اجزای ماشین (مانند چرخ دنده، پیچ و مهره و اجزای ماشین آلات)، مدل‌های معماری، لوازم پزشکی (پروتزهای دست و پا، ابزار جراحی و حتی مدل‌های آموزشی اندام‌های بدن)، اسباب‌بازی‌ها، قطعات الکترونیکی، آشپزی و غذا (شکلات و پاستا)، بدنه پهبادها و انواع ظروف را تولید کرد. برخی از چاپگرهای پیشرفته حتی می‌توانند مواد مختلف را ترکیب کنند تا اجسام چند جزئی را بسازند. به کارگیری چاپگر سه بعدی در تولید مزایای قابل توجهی دارد که آن را برتر از برخی از روش‌ها می‌سازد:



نمودار ۳- مزایای روش تولید با استفاده از چاپگر سه بعدی

فرایند تولید با استفاده از چاپگرهای سه بعدی شامل چندین مرحله است که بسته به نوع چاپگر و ماده مصرفی می‌تواند متفاوت باشد. چاپگر سه بعدی براساس ایجاد لایه‌های مختلف بر روی یکدیگر (از پایین به بالا) استوار است. اما به طور کلی، مراحل اصلی به شرح نمودار ۴ است.



نمودار ۴- فرایند تولید با استفاده از چاپگر سه بعدی

آمیز و تجهیزات چاپگر سه بعدی

آمیز: آمیز مورد استفاده در چاپگرهای سه بعدی از نظر چسبندگی، جریان یابی و اندازه ذرات باید به شکلی باشد که از نازل دستگاه عبور کند. جریان یابی آمیز مورد استفاده در دستگاه چاپگر سه بعدی نباید خیلی پایین باشد که به موتور دستگاه فشار وارد کند و نه خیلی جریان یابی بالا باشد که از نازل دستگاه شُرّه کند.

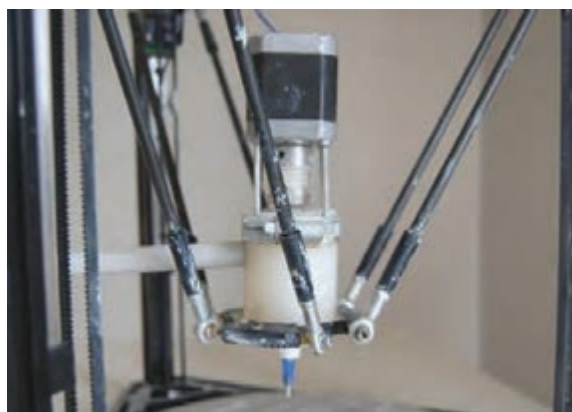
در شکل دهی با چاپگر سه بعدی از انواع آمیز قرمز، آمیز سفید و آمیز رنگی (حاوی رنگدانه) استفاده می شود.

نکته



تجهیزات دستگاه چاپگر سه بعدی

تجهیزات یک چاپگر سه بعدی سرامیک را می توان به سه بخش عمده تقسیم کرد: ۱- اسکلت، ۲- سیستم تغذیه و ۳- سر چاپگر.



اسکلت: منظور از اسکلت، بخشی از دستگاه است که یک ساختار حرکتی برای چاپگر سه بعدی در اختیار قرار می دهد. چاپگرهای سه بعدی انواع اسکلت مختلفی دارند که هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. بهترین انتخاب برای یک چاپگر سه بعدی، چاپگری است که یک بازوی شش محوره دارد.

شکل ۳۰- چاپگر سه بعدی دارای بازوی شش محوره



شکل ۳۱- سرچاپگر

سر چاپگر: سرچاپگر قسمتی از دستگاه است که عمل خروج آمیز و چاپ در آن رخ می دهد. یک اکسترودر متحرک داخل سر چاپگر به آمیز کمک می کند که آمیز از نازل خارج شود و از آن مهم تر، با توقف اکسترودر، جریان آمیز بلافاصله قطع می شود. این قسمت باید قابل شست و شو باشد و جداسازی آن از چاپگر و قسمت موتور به سادگی صورت گیرد.

سیستم تغذیه: این سیستم شامل مخزن آمیز، شلنگ‌های رابط برای فشار دادن آمیز به بیرون مخزن است. مخزن آمیز: می‌تواند شفاف یا کدر باشد. در مخازن شفاف، میزان باقیمانده آمیز قابل مشاهده است.



شکل ۳۳ - مخزن آمیز شفاف

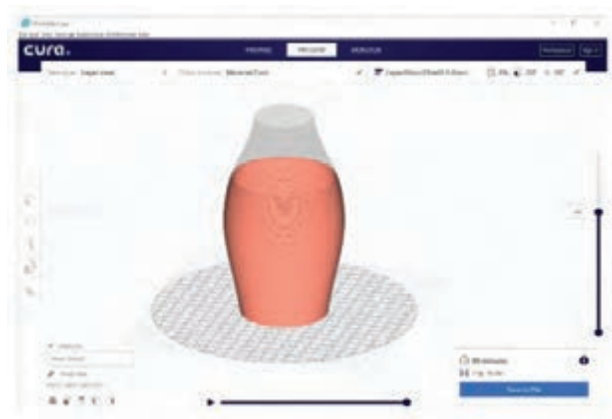


شکل ۳۲ - مخزن آمیز کدر

خروج آمیز از مخزن به صورت پنوماتیکی و یا مکانیکی انجام می‌شود. در نوع پنوماتیکی از باد برای خروج آمیز از نازل و در نوع مکانیکی برای خروج آمیز از نیروی مکانیکی استفاده می‌شود.

فرایند تولید در چاپگر سه بعدی

۱- طراحی توسط رایانه: ابتدا با نرم‌افزارها، طرحی از قطعه طراحی می‌شود.



شکل ۳۴ - نمونه قطعه طراحی شده با رایانه

۲- انتقال طرح به دستگاه چاپگر سه بعدی

۳- آماده‌سازی آمیز: فرایند آماده‌سازی آمیز پلاستیک در روش چاپگر سه بعدی مشابه فرایند قالب‌گیری تزریقی می‌باشد؛ بعد از آماده‌سازی آمیز پلاستیک مخزن دستگاه از آمیز پر شده و با کمک روش مکانیکی و یا یک پمپ باد، آمیز داخل دستگاه به سمت نازل حرکت می‌کند.

مواد اولیه‌ای که به درون سیلندر پیستون ریخته شده، باید فشرده شود تا از محبوس شدن هوا و ایجاد اکستروژن ناپیوسته رس از طریق نازل جلوگیری شود.

نکته



۴- کنترل شرایط آمیز: تست سرنگ یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ارزیابی جریان‌یابی آمیز برای چاپگرهای سه‌بعدی سرامیکی است.

شرح آزمون

مرحله اول: در ابتدا آمیز پلاستیک تهیه می‌شود و به خوبی ورز داده می‌شود.
مرحله دوم: سپس آمیز آماده شده به داخل سرنگ با نازل ۲ تا ۴ میلی‌متر انتقال داده می‌شود و سرنگ پر از آمیز می‌شود. انتهای سرنگ بسته و چندین بار فشار داده می‌شود تا آمیز یکنواخت شود.
مرحله سوم: سرنگ به صورت عمودی گرفته می‌شود و با دست یا اهرم فشار داده می‌شود تا آمیز از سرنگ خارج شود.

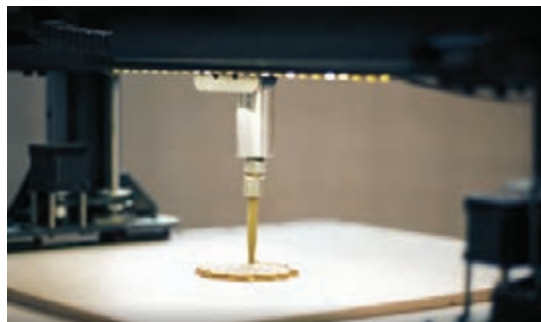
مرحله چهارم: مشاهده رفتار آمیز خروجی:

- ۱ جریان آمیز بریده بریده یا سخت باشد، نیاز به رقیق‌سازی با آب دارد.
- ۲ خروج سریع و پخش شدن آمیز نیاز به افزودن پودر آمیز دارد.
- ۳ جریان یکنواخت و حفظ شکل آمیز، آمیز موردنظر آماده برای پرینت می‌باشد.



شکل ۳۵- نحوه خروج گل از سرنگ

۵- شکل‌دهی و بهبود اتصال لایه‌ها: لایه اول طرح بر روی میز دستگاه ساخته می‌شود. این عملیات مثل قیف خامه‌ریزی بر روی کیک می‌ماند.



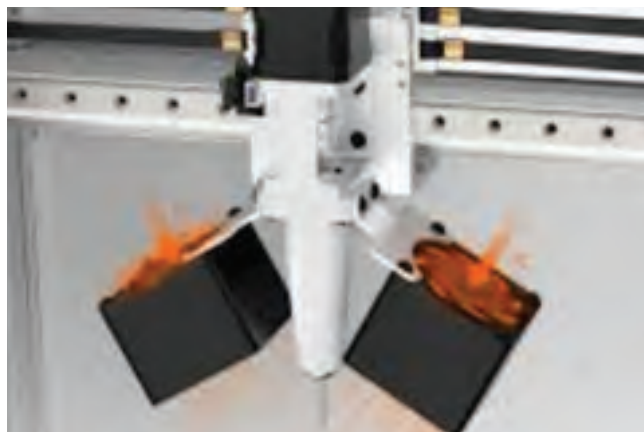
شکل ۳۶- ساخت لایه اول

پس از آن میز دستگاه به اندازه یک لایه پایین می‌رود و لایه دوم بر روی لایه اول ساخته می‌شود. این کار تا ساخت تمامی لایه‌ها تکرار می‌شود.



شکل ۳۷- نمونه ساخته شده با استفاده از چاپگر سه بعدی

دستگاه چاپگر سه بعدی به یک فن دمش هوا و یا یک لامپ حرارتی مجهز است که با دمش هوای گرم، رطوبت بین لایه‌ها را کاهش می‌دهد و به بهبود اتصال بین لایه‌ها کمک می‌کند. بعد از اتمام چاپ، دمش هوا قطع می‌شود و قطعه برای خشک شدن نهایی به خشک‌کن منتقل می‌شود.



شکل ۳۸- فن هوای گرم در چاپگر سه بعدی

باید سرعت دمش هوا و کاهش رطوبت پایین باشد به گونه‌ای که منجر به ترک خوردن قطعه نشود.

نکته



۶- خشک کردن نهایی: قطعه ساخته شده جهت خشک شدن کامل به داخل خشک‌کن منتقل می‌شود.
۷- پخت: مرحله پایانی فرایند چاپگر سه بعدی، پخت است. در این مرحله تمام مواد فرار موجود در قطعه خارج شده و قطعه ضمن تراکم یافتن، منقبض می‌شود و استحکام نهایی خود را پیدا می‌کند. در صورت لزوم عملیات لعاب‌زنی و پخت مجدد قطعه لعاب خورده در کوره انجام می‌شود.



قطعات ساخته شده به روش چاپگر سه بعدی مانند سایر محصولات سرامیکی را می توان لعاب کاری نمود.

عوامل مؤثر بر شکل دهی به روش چاپگر سه بعدی

- **اندازه نازل:** هرچه قدر اندازه نازل کوچک تر باشد قطعات ظریف تری را می توان چاپ کرد از طرف دیگر با کوچک شدن قطر نازل، زمان چاپ بیشتر می شود.
- **پهنای دیواره:** پهنای دیواره قطعه ساخته شده کمی بزرگ تر از قطر نازل می باشد. برای داشتن دیواره پهن تر باید تعداد نازل و قطر نازل را افزایش داد.
- **سرعت دمش هوای گرم:** سرعت زیاد دمش هوای گرم می تواند منجر به ترک های عرضی قطعه شود.

فعالیت کارگاهی



بررسی شرایط آمیز جهت انتقال به چاپگر سه بعدی

مواد و ابزار: کائولن، آب، ظرف پلاستیکی متوسط برای تهیه آمیز، همزن، سرنگ ۳۰۰ میلی متر، نازل
شرح فعالیت:

- ۱ خاک رس را با ۳۰-۲۰ درصد آب داخل مخلوط کن ریخته و از آن یک آمیز با جریان یابی مناسب تهیه کنید.
- ۲ خواباندن آمیز آماده شده.
- ۳ آمیز ساخته شده را به خوبی ورز دهید.
- ۴ نازل را به سر سرنگ ببندید. آمیز ساخته شده را به پیستون سرنگ منتقل کنید. سر سرنگ را ببندید و سیلندر را چندین بار فشار دهید تا هوای آمیز خارج شود.
- ۵ سرنگ را عمودی بگیرید و فشار دهید تا آمیز خارج شود.
- ۶ شرایط خروج آمیز را تحلیل و بررسی کنید.

فعالیت کارگاهی



ساخت یک نمونه سفالی با چاپگر سه بعدی

مواد و ابزار: خاک رس، آب، ظرف پلاستیکی متوسط برای تهیه آمیز، همزن، دستگاه چاپگر سه بعدی
شرح فعالیت:

- ۱ طرح مورد نظر را با استفاده از رایانه طراحی کنید و آن را به دستگاه چاپگر سه بعدی انتقال دهید.
- ۲ خاک رس را با ۳۰-۲۰ درصد آب داخل مخلوط کن ریخته و از آن یک آمیز با جریان یابی مناسب تهیه کنید.
- ۳ خواباندن آمیز آماده شده.
- ۴ آمیز را به خوبی ورز دهید و به دستگاه منتقل کنید و عملیات شکل دهی با چاپگر سه بعدی را انجام دهید.
- ۵ قطعه ساخته شده را خشک کنید.
- ۶ قطعه خشک شده را در کوره پخت کنید.



ساخت یک نمونه با استفاده از آمیز سفید سرامیکی

مواد اولیه و تجهیزات: کائولن، فلدسپات و سیلیس، آب، ظرف پلاستیکی مناسب برای تهیه آمیز، همزن، کاردک، ترازو، بشر استوانه مدرج، دستگاه چاپگر سه بعدی

شرح فعالیت:

- ۱ طرح موردنظر را با استفاده از رایانه طراحی کنید و آن را به دستگاه چاپگر سه بعدی انتقال دهید.
- ۲ با استفاده از خاک‌های موجود در کارگاه، آمیز مناسب با فرمول جدول زیر آماده کنید.

ماده اولیه	درصد
کانی رسی	۵۰
فلدسپات	۲۵
سیلیس	۲۵
روان‌ساز (سیلیکات سدیم)	۵/۲-۵/۲۵
آب	۲۰-۳۰

- ۳ آمیز را داخل بال میل ریخته تا یک دوغاب یکنواخت حاصل شود. دوغاب حاصل را آبیگری کنید و آمیز با رطوبت یکنواخت را به دست آورید.
- ۴ خواباندن آمیز
- ۵ آمیز تهیه شده را به خوبی ورز دهید و به دستگاه منتقل کنید و عملیات شکل دهی با چاپگر سه بعدی را انجام دهید.
- ۶ قطعه ساخته شده را خشک کنید.
- ۷ قطعه خشک شده را در کوره پخت کنید.



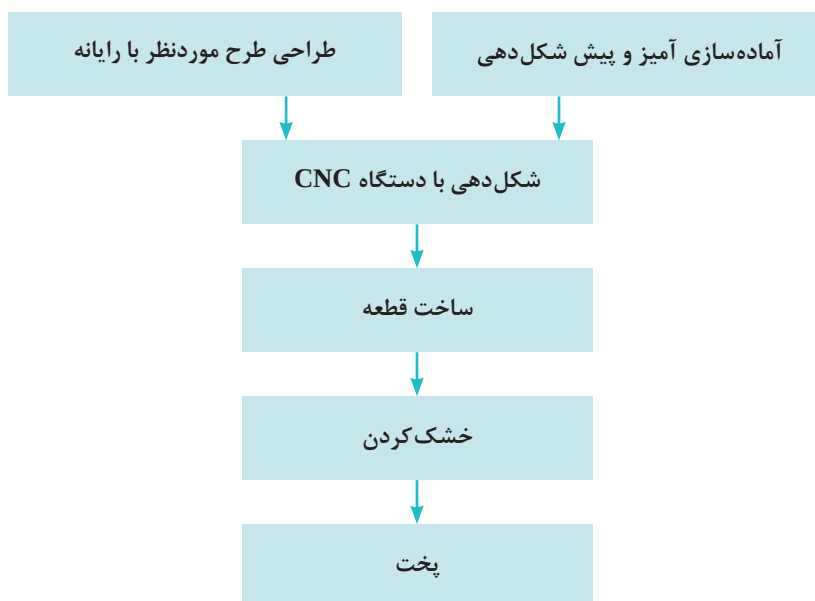
- ۱ با توجه به وجود خطرات احتمالی برق گرفتگی دقت داشته باشید و از خاموش و روشن کردن دستگاه با دست خیس اجتناب کنید.
- ۲ هنگام کارکردن دستگاه از دست زدن به محفظه، قسمت‌های متحرک و نازل خودداری کنید.
- ۳ چاپگر سه بعدی را به دور از آب و رطوبت نگه دارید.
- ۴ دستگاه باید از هرگونه گرد و خاک به دور باشد.

به تصاویر شکل ۳۹ با دقت نگاه کنید. شکل‌دهی این قطعات با چه روشی امکان‌پذیر است؟ آیا استفاده از روش‌های دستی برای این قطعات و تولید انبوه مناسب است؟



شکل ۳۹- محصولات سرامیکی

ماشین کنترل عددی رایانه‌ای یا CNC^۱ دستگاه الکترومکانیکی است که برای شکل‌دهی سرامیک‌ها استفاده می‌شود. ماشین‌های CNC برخلاف ماشین چاپگر سه بعدی از روش بالا به پایین برای شکل‌دهی قطعات استفاده می‌کنند. بدین صورت که مواد اولیه بعد از آماده‌سازی، با استفاده از دستگاه CNC تراش داده می‌شود تا به شکل نهایی طبق برنامه‌ای که به دستگاه داده شده دست پیدا کنند. نمودار ۵ فرایند تولید قطعه با استفاده از روش CNC را نشان می‌دهد.



نمودار ۵- فرایند تولید سرامیک با روش CNC

آمیز و تجهیزات

در روش شکل دهی CNC، آمیز پلاستیک آماده می شود که این ترکیب بدنه می تواند تک ترکیبی یا چند ترکیبی باشد؛ سپس با توجه به نمونه موردنظر یک بلوکی از آمیز با اندازه مناسب پیش شکل دهی می شود.



شکل ۴۰- ماکت خودرو با روش CNC

تولید ماکت خودرو با استفاده از آمیز رس و به روش CNC با استفاده از روش CNC می توان ماکت خودرو را با استفاده از آمیز رس تولید کرد. با استفاده از روش CNC طبق طرحی که به دستگاه داده شده می توان انواع مختلف ماکت خودرو با طرح های مختلف تولید کرد.

آیا می دانید



تجهیزات دستگاه CNC

دستگاه CNC دارای اجزای مختلفی است که هر کدام نقش مؤثری در فرایند شکل دهی دارند. اجزای دستگاه CNC عبارتند از:



نمودار ۶- اجزای دستگاه CNC



شکل ۴۱- اسپیندل دستگاه CNC

در ادامه مهم ترین اجزای CNC شرح داده خواهد شد.
اسپیندل: قسمت متحرک که توسط نیروی موتور قابلیت چرخش دارد و بسته به فرکانس می توان سرعت چرخش دستگاه را کاهش و افزایش داد.



فرز: فرز جهت تراش آمیز استفاده می‌شود و در جنس‌های مختلف وجود دارد ولی با توجه به اینکه سرامیک‌ها دارای سختی و استحکام بالا هستند؛ بنابراین فرز را باید از جنس‌های با مقاومت به سایشی و استحکام بالا انتخاب کرد. عمدتاً جنس‌هایی که برای تراش کاری سرامیک‌ها استفاده می‌شود تنگستن کاربید، فرز‌های با پوشش سرامیکی الماس و تیتانیوم نیتريد است. فرز‌ها بسته به کاربرد، دارای شکل‌های مختلف از جمله سرگرد، سر تخت و نوک تیز و مخروطی می‌باشند.

شکل ۴۲- انواع فرز دستگاه CNC

انواع دستگاه CNC

عمودی: در این دستگاه، ابزار برش و اسپیندل در زاویه‌ای عمود بر میز دستگاه قرار دارند. از این دستگاه بیشتر برای براده‌برداری و سوراخ‌کاری استفاده می‌کنند.

افقی: در این دستگاه، اسپیندل به موازات میز کار قرار گرفته است. در این مدل به دلیل اینکه محدودیت دید وجود دارد کار با آن سخت است و به یک اپراتور مجرب نیاز است و عمدتاً برای ایجاد شیار استفاده می‌شود و سرعت بالایی دارد.



شکل ۴۴- دستگاه CNC افقی



شکل ۴۳- دستگاه CNC عمودی

فرایند تولید در دستگاه CNC

- ۱- طراحی توسط رایانه: ابتدا با نرم افزارها، طرحی از قطعه طراحی می‌شود
- ۲- انتقال طرح به دستگاه CNC
- ۳- آماده‌سازی آمیز: فرایند آماده‌سازی آمیز پلاستیک در روش CNC مشابه فرایند قالب گیری تزریقی می‌باشد.

۴- پیش شکل دهی: مطابق با طرح مورد نظر بلوک یا حجمی از آمیز آماده می شود.



شکل ۴۵- بلوک آمیز پلاستیک

رطوبت آمیز در روش شکل دهی CNC باید به نقطه چرمینگی رسیده باشد. اگر رطوبت آمیز زیاد باشد فرز در آمیز فرو می رود و اگر آمیز خیلی خشک باشد باعث شکستگی قطعه می شود.

نکته



۵- لایه برداری با استفاده از دستگاه CNC: پس از روشن کردن دستگاه اسپیندل حول محور خود شروع به چرخش می کند و فرز دستگاه شروع به لایه برداری از قسمت های مختلف مطابق طرح می کند.

۶- براده برداری از قطعه لایه برداری شده: هنگام لایه برداری از قطعه، براده هایی از نرمه آمیز روی قطعه پراکنده می شود که با استفاده از دستگاه دمش هوا باید این براده ها از طرح دور شوند تا لایه برداری به طور کامل انجام شود. بعد از اینکه فرایند شکل دهی اتمام شد باید قطعه پرداخت شود.

شکل ۴۶- لایه برداری از بلوک آمیز



۶- خشک کردن: قطعه برای خشک شدن به داخل خشک کن منتقل می شود.

۷- پخت: مرحله پایانی فرایند پخت و زینتر است که در داخل کوره انجام می شود.

شکل ۴۷- براده برداری از بلوک آمیز
لایه برداری شده



ساخت یک کتیبه سرامیکی با دستگاه CNC

مواد و ابزار: آمیز پلاستیک، آب، ظرف پلاستیکی متوسط برای تهیه آمیز، همزن، دستگاه CNC

شرح فعالیت:

- ۱ با استفاده از آمیز رس یک لوح $۵ \times ۴۰ \times ۴۰$ سانتی متر را تهیه کنید.
- ۲ طرح موردنظر را با استفاده از رایانه طراحی کنید و آن را به دستگاه CNC انتقال دهید.
- ۳ با استفاده از دستگاه CNC شکل موردنظر را روی آمیز ایجاد کنید.
- ۴ قطعه تولید شده را پرداخت کنید.
- ۵ قطعه را در داخل خشک کن، خشک کنید.
- ۶ قطعه را داخل کوره پخت کنید.

ارزشیابی شکل دهی با استفاده از چاپگر سه بعدی و CNC

شرح کار: ■ آماده سازی آمیز ■ شکل دادن قطعات با استفاده از چاپگر سه بعدی و CNC			
استاندارد عملکرد: ■ آماده سازی آمیز و تولید با روش های استفاده از چاپگر سه بعدی و CNC مطابق با فرمول بدنه			
شاخص ها: ■ کار با دستگاه چاپگر سه بعدی و CNC و تولید قطعه بدون عیب			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: فضای کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی و دستگاه چاپگر سه بعدی ابزار و تجهیزات: دستگاه چاپگر سه بعدی و CNC، استوانه مدرج، ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم، مخلوط کن، خشک کن آزمایشگاهی، کوره مواد: آمیز مناسب شکل دهی با استفاده از چاپگر سه بعدی و CNC 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 آمیز	۱	
۲	شکل دادن قطعات با چاپگر سه بعدی و CNC	۲	
۳	کنترل نهایی	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت - لباس کار و کفش ایمنی مسئولیت پذیری - رعایت موارد زیست محیطی	۲	
میانگین نمرات **			
* شایستگی های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			

- ۱ برنامه درسی درس تولید سرامیک به روش پلاستیک رشته سرامیک، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، ۱۴۰۳.
- ۲ بنگیسو، مورات. ترجمه محمد ابراهیم ابراهیمی، سرامیک‌های مهندسی، نشر دانش‌پویان جوان، ۱۳۹۲.
- ۳ پایدار، حسین. تکنولوژی فراورده‌های چینی، نشر دانشگاه آزاد اسلامی شهر مجلسی، ۱۳۸۷.
- ۴ سرپولکی، حسین. شکل دادن و پخت سرامیک‌ها، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۳.
- ۵ صلاحی، اسماعیل. غفاری، مهران. نعمتی، حمیدرضا. آشنایی با تئوری و تکنولوژی ساخت پرسیلان‌ها، نشر روزبهان، ۱۳۸۷.
- ۶ قصاعی، حسین. آزمایشگاه مواد اولیه سرامیک، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲.
- ۷ کشمیری، مهرداد. مواد اولیه سرامیک، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۰.
- ۸ کلانتر، مهدی. سرامیک‌های سازه‌ای دما بالا، نشر دانشگاه یزد، ۱۳۸۷.
- ۹ متین، مهران. رحیمی، افسون. تکنولوژی سرامیک‌های ظریف، نشر شرکت سهامی انتشار، ۱۳۹۳.

- ۱۰ Handle, F. Extrusion in ceramics, Springer, 2009.
- ۱۱ King, A.G. Ceramic Technology and Process, Noyes Publications, 2002.
- ۱۲ Shackelford, J.F. Ceramic and glass materials, Springer, 2002.
- ۱۳ Singer, F. Industrial Ceramics Springer.
- ۱۴ Terpstra, R. A., Pox, P. P.A. C., Devries, A. H. Ceramic Processing, Springer, 1995.

