مقدمه

ساخت سرامیک‌ها، هنری کهن و در عین حال، علمی نوین به‌شمار می‌رود. با نگاهی به تاریخچه‌ی ساخت سرامیک‌ها، درمی‌یابیم که این رشته در نیمه‌ی دوم قرن بیستم پیشرفت بسیاری کرده است، زیرا به دلیل به‌دست آوردن قابلیت‌های جدید در سرامیک‌سازی، این صنعت از مراحل مختلف فراوری برخوردار گردیده است.

امکان تهیه‌ی مواد خالص‌تر، دست‌یابی به دماهای بالا، افزایش سرعت پخت و سرعت تولید، نمونه‌ای از این قابلیت‌ها هستند ؛ هم‌چنین، تکامل سریع دستگاه‌ها و تکنولوژی مورد نیاز در این صنعت، نقش به‌سزایی در این پیشرفت داشته است.

تاریخچه‌ی ساخت سرامیک، بسیار جالب و درخور توجه است. ساخت قطعات با دست بیش از ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح آغاز شده است. قطعاً اولین دستگاه‌های مورداستفاده در شکل دادن، چرخ کوزه‌گری بوده است که مربوط به ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح است و روش‌های دیگر شکل دادن به قرون اخیر مربوط می‌شود. برای نمونه در اوایل عهد مسیح در سرزمین چین پیشرفت مهمی در سرامیک‌سازی پدیدار آمد و آن عبارت بود از : «تهیه‌ی قطعات پرسلان (چینی) با درخشش بالا.»

در اروپا در سال ۱۷۰۸ میلادی، شیمی‌دانی به نام «فردریچ بوتگر»[۱] توانست با حرارت دادن مخلوطی از کائولین و مواد زودگداز، بدنه‌ای مستحکم و سفید به‌دست آورد.

بعدها بر روی روش‌های مختلف شکل دادن، هم‌چنین روش‌های پخت و تزیین قطعات، پیشرفت‌های تازه‌ای به‌دست آمد.

دست‌یابی بشر به قدرت بخار در قرن ۱۹، حرکت تولید سرامیک‌ها را به سمت ماشینی شدن سرعت بخشید و سپس با استفاده از تحولات علمی قرن حاضر، به‌خصوص اشعه‌ی X ، میکروسکوپ‌های الکترونی و نظایر آن امروزه شاهد پیشرفت‌های شگرفی در ساخت و تولید انبوه سرامیک‌های نوین هستیم. هم‌اکنون کاربرد کامپیوتر نیز در کنترل تولید و طراحی‌های صنعتی، نویددهنده‌ی پیشرفت در آینده است.

به‌طورکلی فرآیند ساخت سرامیک‌ها مراحل متعدی از آماده‌سازی، شکل دادن، خشک‌کردن و پخت را در پی دارد و هر مرحله دارای شرایط خاص خود است و تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد. در این کتاب به منظور ارائه‌ی یک تصویر مناسب از مراحل ساخت سرامیک‌ها، اصول شکل‌دادن، خشک کردن و پخت سرامیک‌ها آمده و شایان ذکر است که به دلیل اهمیت آماده‌سازی این بخش در یک کتاب مستقل تدوین شده است.

۱ــ Fredrich Bottger

الف ــ سرامیک‌های سنتی

پودر آلومینای خالص

پودرهای گرانوله

سوپاپ و واشر آلومینای

دیسک آلومینای

قطعات سرامیکی پمپ

قطعات ویژه

مفصل و استخوان مصنوعی

بلبرینگ و رینگ سرامیکی

ابزار سرامیکی

پوشش‌های گرافیتی

قطعات سرامیکی ساعت

گلوله‌های سایشی

ب ــ سرامیک‌های پیشرفته

هدف کلی کتاب

آشنایی با اصول ساخت و تولید سرامیک‌ها و سیرتحوّل آن‌ها در سه بخش شکل‌دادن، خشک‌کردن و پخت سرامیک‌ها.

فصل اوّل

شکل‌دهی پلاستیک

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، از فراگیرنده انتظار می‌رود :

۱ــ انواع روش‌های شکل‌دهی پلاستیک را نام ببرد.

۲ــ ساختمان، تاریخچه و کاربرد چرخ کوزه‌گری را شرح دهد.

۳ــ شکل دادن با چرخ کوزه‌گری را بیان کند.

۴ــ کاربرد روش اکستروژن را برای هواگیری و همگن‌سازی توضیح دهد.

۵ــ کاربرد اکستروژن را در ساخت لوله، میله و آجر با شکل‌های خاص بیان کند.

۶ــ روش ریخته‌گری دوغابی را با اکستروژن ــ از نظر اقتصادی ــ مقایسه کند.

۷ــ کاربرد اکستروژن را برای پیش شکل دادن بیان نماید.

۸ــ تهیه گل با فیلتر پرس را شرح دهد و نحوه‌ی کار آن را بیان کند.

۹ــ علت و نحوه‌ی انبار کردن استوانه‌های خروجی از اکسترودر را شرح دهد.

۱۰ــ عیوب اکستروژن و روش‌های رفع آن را شرح دهد.

۱۱ــ کاربرد و نحوه‌ی کار را در روش جیگر بیان کند.

۱۲ــ کاربرد و نحوه‌ی کار را در روش جولی توضیح دهد.

۱۳ــ نحوه کار دستگاه رولر (گردان) را بیان کند.

۱۴ــ دستگاه گردان را با روش‌های جیگرــ جولی مقایسه کند. (بدون ذکر ارقام)

۱۵ــ کاربرد و نحوه‌ی کار را در روش تراش (خراطی) بیان کند.

۱۶ــ روش شکل‌دادن پرس پلاستیک را شرح دهد.

۱۷ــ عیوب روش‌های شکل‌دهی پلاستیک دستگاهی را نام‌برده و شیوه‌های برطرف کردن آن‌ها را بیان کند.

۱۸ــ مناسب‌ترین روش شکل دادن بشقاب، مقره، گلدان و کاسه را نام ببرد.

کلیات

فرآیند تولید سرامیک‌ها را پس از انتخاب مواد اولیه‌ی مناسب، می‌توان به شش مرحله تقسیم‌بندی کرد :

۱ــ آماده‌سازی مواد اولیه،

۲ــ شکل دادن،

۳ــ خشک کردن،

۴ــ پخت، (که می‌تواند شامل پخت نهایی درقطعات تک پخت یا پخت بیسکویت در محصولات لعابدار باشد).

۵ــ لعاب‌کاری،

۶ــ پخت لعاب و دکور.

حال که با مواد اولیه‌ی صنعت سرامیک و روش‌های آماده‌سازی آن‌ها آشنا شده‌اید، لازم است روش‌های شکل دادن سرامیک‌ها را نیز فراگیرید. به همین منظور در این کتاب تقسیم‌بندی‌ها و روش‌های متنوع شکل دادن تشریح می‌شود.

تنوع و تقسیم‌بندی روش‌های شکل دادن

اصولاً هر ماده خصوصیاتی دارد که براساس آن‌ها، می‌توان روش مناسب شکل دادن آن ماده را یافت. در واقع بهترین روش شکل دادن هر ماده، ساده‌ترین راهی است که بتوان آن ماده را به بهترین وجه شکل داد ؛ برای مثال فلزات، قابلیت چکش‌خواری خوبی دارند. چنان‌که، ورق‌های فلزی را می‌توان به راحتی با چکش شکل داد و یا یک قطعه‌ی فلزی، بدون گسستن، تغییرشکل می‌یابد.

چوب به راحتی بریده می‌شود. حتماً تا به حال با اره، قطعه چوبی را بریده و شکل داده‌اید. پس به کمک ابزار می‌توان قطعات بزرگ و کوچک چوبی را نیز، به شکل دل‌خواه درآورد.

مواد آلی مثل لاستیک و پلاستیک نیز نقطه‌ی ذوب پایینی دارند و با حرارت کم به‌صورت خمیر درمی‌آیند و به راحتی شکل می‌یابند. بر این اساس می‌توان گفت روش‌های شکل دادن متنوعی در ساخت و تولید لوازم مورد نیاز وجود دارد و این روش‌ها بر پایه‌ی خواص آن مواد بنا شده است. شکل دادن مصنوعات، روش‌های متنوعی دارد و لازم است تقسیم‌بندی به‌گونه‌ای صحیح عمل شود. این تقسیم‌بندی‌ها نیز مبتنی‌بر خواص شناخته شده‌ی مواد است.

شکل دادن در صنعت سرامیک

مواد اولیه‌ی سرامیک‌ها در مقایسه با فلزات، نقطه‌ی ذوب بالایی دارند. به همین دلیل، روش ذوب و ریخته‌گری، که متداول‌ترین روش ساخت شیشه و محصولات شیشه‌ای است و در ساخت بیش‌تر مصنوعات فلزی نیز کاربرد دارد، دیگر در سرامیک‌ها کمتر به‌کار گرفته می‌شود، زیرا مواد اولیه‌ی سرامیکی دارای خواص مختلفی هستند که بر پایه‌ی آن‌ها برای شکل دادن از روش‌های متنوعی استفاده شده است ؛ برای مثال، قابلیت شکل دادن مخلوط رس با آب، به میزان آب آن بستگی دارد. با ۵۰ درصد آب، دوغابی تهیه می‌شود که به راحتی و با فشار لازم بتوان کلیه‌ی گوشه‌های یک قالب را پر کرد. هنگامی که میزان آب دوغاب را کم کنیم تا به گل تبدیل شود، فشار لازم برای شکل‌دهی و تبدیل به محصول افزایش می‌یابد، هم‌چنین برای تبدیل آن به پودر مرطوب این فشار لازم به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

روش‌های شکل دادن سرامیک‌ها، عموماً برحسب درصد آب تقسیم‌بندی می‌گردد. اگر درصد آب یک آمیز به حدی باشد که مخلوط حاصل به‌صورت دوغاب درآید، با انتقال دوغاب به قالب گچی می‌توان شکل دل‌خواه را ایجاد کرد. این روش را «ریخته‌گری دوغابی» می‌نامند. در این روش، درصد آب بین ۲۵ تا ۵۰ درصد است که مقدار دقیق آن به جنس مواد اولیه بستگی دارد. حال در مقادیر کم‌تر آب (۱۸ تا ۲۲ درصد) یک توده‌ی گل پلاستیک به‌دست می‌آید. شکل‌دهی این مخلوط را «شکل دادن پلاستیک» نامیده‌اند. پرس پودرهای مرطوب را نیز می‌توان با کم‌ترین مقدار رطوبت (۴ تا ۹ درصد) ایجاد کرد. در جدول ۱ــ۱ میزان آب مورد نیاز پنج روش شکل‌دادن سرامیک‌ها را مشاهده می‌کنید که عبارت‌اند از :

۱ــ شکل‌دهی پلاستیک،

۲ــ ریخته‌گری دوغابی،

۳ــ شکل دهی با پرس،

۴ــ شکل‌دهی به روش ذوب و ریخته‌گری،

(در ساخت بعضی از فرآورده‌های سرامیکی، لازم است از روش ذوب و ریخته‌گری استفاده شود ؛ مثلاً شیشه را ابتدا ذوب می‌کنند سپس شکل می‌دهند. معدودی از دیرگدازها نیز، با این روش شکل داده می‌شوند.)

۵ــ روش‌های پیشرفته‌ی شکل‌دادن سرامیک‌های مدرن.

جدول ۱ــ۱ــ محدوده‌ی درصد آب در روش‌های مختلف شکل‌دهی سرامیک‌ها

درصد آب برمبنای تر	حالت فیزیکی آمیز	روش شکل‌دهی
۵۰ ــ ۲۵ (عموماً ۳۵)	دوغاب	ریخته‌گری دوغابی
۲۲ ــ ۱۸ (عموماً ۲۰)	گل پلاستیک	شکل‌دهی پلاستیک
۱۲ ــ ۸	پودر مرطوب	پرس پلاستیک
۹ ــ ۴	پودر مرطوب	پرس نیمه خشک
۴ ــ ۰	پودر خشک	پرس خشک

در توضیح سه روش اولیه، باید گفت که راه‌های مختلفی برای تقسیم‌بندی آن‌ها وجود دارد. یک نوع تقسیم‌بندی، براساس میزان آب مصرفی است. روش دیگر، مبتنی بر میزان ماده‌ی جامد تعریف شده است. هم‌چنین ممکن است تقسیم‌بندی بر مبنای قدمت تاریخی آن‌ها باشد، یا این که پلاستیسیته‌ی آمیزِ موردنظر، اساس این تقسیم‌بندی قرار گیرد.

در کتاب حاضر، مبنای تقسیم‌بندی، «قدمت تاریخی روش‌های شکل‌دهی پلاستیک» درنظر گرفته شده است و به ترتیب، شکل‌دهی پلاستیک، ریخته‌گری دوغابی و سرانجام، شکل دادن به روش پرس پودر، در فصل‌های بعدی بیان خواهد شد.

هم‌چنین شکل‌دهی فرآورده‌های شیشه‌ای، جداگانه، در فصل چهارم و تحت عنوان شکل‌دهی به روش ذوب و ریخته‌گری، در پی خواهد آمد.

طبیعی است که به لحاظ رشد تکنولوژی و پیشرفت روش‌های دستگاهی، هر یک از فصل‌ها دارای انواع مختلفی از روش‌های نوین‌اند که در جای خود توضیح داده خواهد شد.

در نهایت، می‌توان تقسیم‌بندی روش‌های شکل دادن سرامیک‌ها را به این صورت نشان داد :

روش‌های شکل‌دهی سرامیک‌ها
الف ــ پلاستیک
۱ــ شکل دادن دستی
۱ــ۱ــ شکل‌دهی با دست
۱ــ با دست
۲ــ با دست و قالب
۲ــ۱ــ شکل‌دهی با چرخ کوزه‌گری
۲ــ دستگاهی
۱ــ۲ــ اکستروژن
۲ــ۲ــ جیگر
۳ــ۲ــ جولی
۴ــ۲ــ رولر
۵ــ۲ــ ماشین‌های تمام اتوماتیک
۶ــ ۲ــ تراش (خراطی)
۷ــ۲ــ پرس پلاستیک
ب ــ ریخته‌گری دوغابی
۱ــ توخالی
۲ــ توپر
ج ــ پرس
۱ــ نیمه‌خشک
۲ــ خشک
۳ــ ایزواستاتیک
۱ــ سرد
۲ــ گرم
د ــ ذوب و ریخته‌گری
هـ ــ روش‌های پیشرفته (شکل دادن سرامیک‌های مُدرن)

شکل‌دهی پلاستیک

در این روش، از توده‌ی گل پلاستیک در ساخت فرآورده‌ها استفاده می‌شود. بنابراین مواد اولیه‌ی مورد مصرف، باید دارای پلاستیسیته‌ی مناسبی برای شکل‌دهی باشد. پس باید گفت شکل‌دهی سرامیک‌ها به روش پلاستیک، به پلاستیسیته‌ی رس وابسته است، اما باید توجه داشت که شکل‌دهی پلاستیک سرامیک‌ها به روش پلاستیک، یک روش واحد محسوب نمی‌شود، بلکه شامل مجموعه‌ای از روش‌های شکل‌دهی است که در همه‌ی آن‌ها، گل پلاستیک شکل داده می‌شود. در ضمن باید توجه داشت که امروزه با افزودن چسب‌ها (پلی‌وینیل الکل و ...) به مواد غیرپلاستیک، مخلوطی به‌دست می‌آید که خواص شکل‌پذیری آن مشابه گل پلاستیک است و آن را با روش‌های پلاستیک شکل می‌دهند.

روش‌های شکل‌دهی پلاستیک را می‌توان به دو بخش کلی شکل‌دهی پلاستیک «دستی» و «دستگاهی» تقسیم‌بندی کرد :

الف) شکل‌دهی پلاستیک دستی

۱ــ شکل‌دهی با دست: این روش، قدیمی‌ترین روش شکل دادن به‌شمار می‌آید که در آن نقش دست کارگر ماهر در شکل دادن، اهمیت خاصی دارد. انواع روش‌های شکل‌دهی دستی عبارت‌اند از : فتیله سازی، مسطح سازی، (جعبه‌سازی) و کار با دست

در روش فتیله‌سازی، یک قطعه گل را بین دو کف دست به‌صورت فتیله درمی‌آورند، سپس اجزای آن را طوری روی هم می‌چینند تا شکل موردنظر به‌دست آید و در صورت تمایل می‌توانند درزهای بین رشته‌ها را صاف کنند تا محصول یک‌پارچه‌ای به‌دست آید و سرانجام، به‌منظور تزیین، کنده‌کاری‌هایی بر روی سطح ظرف ایجاد کنند.

در شکل ۱ــ۱ تصویر کوزه‌ای را مشاهده می‌کنید که به این روش ساخته شده است.

شکل ۱ــ۱ــ کوزه‌ی دست‌ساز با روش فتیله سازی

در روش مسطح‌سازی عموماً یک توده گل توسط وردنه به‌صورت تخت درمی‌آید و به‌وسیله ابزار برش در ابعاد مختلف بریده می‌شود. سپس با متصل ساختن صفحات بریده شده قطعه‌ی موردنظر ساخته می‌شود. محصولات متعددی نیز می‌توانند، بسته به مهارت فرد، توسط انگشتان دست و دیگر ابزارهای ابتدایی شکل داده شوند.

امروزه استفاده‌ی احتمالی از روش‌های شکل‌دهی با دست، صرفاً جنبه‌ی هنری دارد و در مقیاس تولید کارگاهی فاقد صرفه‌ی اقتصادی است.

۲ــ شکل‌دهی با دست و قالب : در این روش که از قالب نیز استفاده می‌شود، امکان ساخت محصولاتی با شکل‌های غیرمتقارن فراهم می‌آید. اساساً دلایل استفاده از قالب عبارت است از :

۱ــ سرعت تولید بالاتر، نسبت به شکل دادن با دست ،

۲ــ امکان استفاده از دست‌های غیرهنرمند (عدم اتکا به کارگر ماهر)،

۳ــ تکرار تولید قطعات با ابعاد و نقش‌های یکسان،

۴ــ تسهیل در ساخت قطعات بزرگ.

به‌نظر برخی، قالب‌های اولیه به‌صورت گچی و یا از جنس سبد بوده ولی بعدها آن را از جنس چوب ساخته‌اند، ولی امروزه از انواع قالب‌های گچی استفاده می‌شود. در کارگاه‌های سنتی اطراف تهران، همدان، قم، میبد و ... برای ساخت گلدان‌های بزرگ، از قالب گچی استفاده می‌شود. گل آماده را به دیواره‌ی داخلی قالب گچی می‌چسبانند سپس با دست سطح آن را صاف می‌کنند تا یک لایه با ضخامت یکسان ایجاد شود. در واقع، قالب گچی سطح بیرونی گلدان را دربر می‌گیرد.

اگر قالب گچی فرورفتگی یا برجستگی داشته باشد سطح گلدان نیز برجستگی و فرورفتگی خواهد داشت.

پس از مدتی، مقداری از آب گل به‌وسیله‌ی قالب گچی جذب و در نتیجه باعث انقباض محصول می‌شود و قطعه، به راحتی از قالب جدا می‌گردد. با پایان گرفتن مرحله‌ی شکل‌دهی، محصول آماده‌ی خشک شدن و پخت می‌شود.

از قالب چوبی، بیش‌تر برای شکل دادن آجرهای ساختمانی به روش سنتی استفاده می‌شود. امروزه حتی بعضی از انواع دیرگدازها نیز، به این روش تولید می‌شوند. قالب چوبی گاه دارای چند شبکه است. گل از پیش آماده شده را کارگرِ خشت‌زن، درون قالب قرار می‌دهد و به‌وسیله‌ی تیغه‌ای گل اضافی گرفته می‌شود. با برداشتن قالب، خشت‌های ساخته شده، روی زمین باقی می‌مانند. در برخی موارد برای تخلیه، قالب‌ها را برمی‌گردانند. گل مورد نیاز خشت‌زنی، باید

سفت‌تر از هنگامی باشد که قالب گچی به‌کار گرفته می‌شود. چون اولاً، قالب چوبی جذب آب ندارد ؛ ثانیاً، بلافاصله باید تخلیه شود. پس شکل گل باید حفظ شود. به عبارت دیگر، محصول نباید پس از برداشتن قالب، شکل خود را از دست بدهد.

از سوی دیگر، در کار با قالب گچی به دلیل جذب آب به‌وسیله‌ی گچ، درصد آب گل می‌تواند بیش‌تر درنظر گرفته شود تا هنگام یک دست کردن آن در قالب گچی، خشک و شکننده نشود.

خشت‌زنی در برخی شهرها و مناطق ایران مرسوم است. یک گروه سه نفره با همکاری یک‌دیگر می‌توانند روزانه تا دو هزار قالب آجر را شکل دهند.

امروزه به‌وسیله‌ی اکسترودر حلزونی، به قطر ۴۰ سانتی‌متر، می‌توان در هر ساعت به‌طور متوسط ده‌هزار آجر ساختمانی استاندارد تولید کرد.

به هرحال، روش دست و قالب در مقایسه با روش‌های دستگاهی روش کندی محسوب می‌شود، اما به دلیل عدم نیاز به تکنولوژی و سرمایه‌گذاری، هنوز کاربرد درخور توجهی دارد.

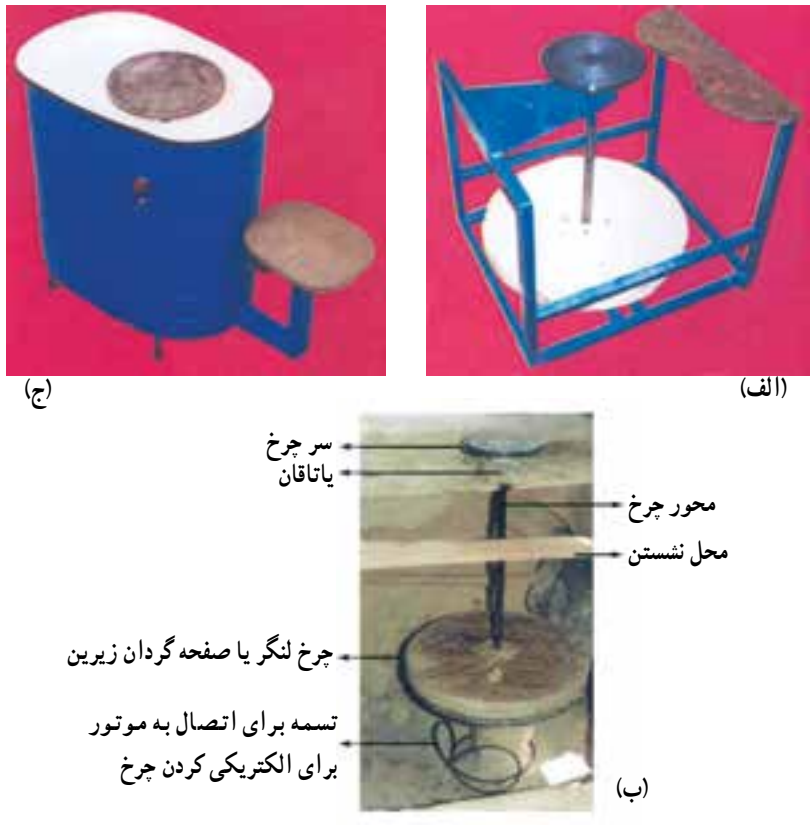
گلدان‌های بزرگ و نقش برجسته، کاشی، آجر و قطعات نامتقارنی که در ساخت محراب‌ها و ستون‌های مساجد به کار می‌رود و حتی تابلوهای بعضی از اماکن به‌روش دست و قالب تهیه می‌شود. در شکل ۲ــ۱ چند نمونه کاشی برجسته نشان داده شده است.

شکل ۲ــ۱ــ کاشی‌ها با نقش برجسته که به روش دست و قالب تهیه شده است.

۳ــ شکل‌دهی با چرخ کوزه‌گری : همان‌گونه که گفته شد استفاده از چرخ کوزه‌گری به حدود ۵۰۰۰ سال پیش باز می‌گردد. درباره‌ی مخترعان این دستگاه، بین مورخین اختلاف نظر وجود دارد، اما مراکز معروف تمدن بشری یعنی ایران، مصر، چین و یونان از قدیمی‌ترین استفاده‌کنندگان آن بوده‌اند.

چون در این روش، شکل دادن همراه با چرخش انجام می‌گیرد، باید توجه داشت که فقط ظروف متقارن و دارای مقطع دایره‌ای را می‌توان با چرخ‌کاری تولید کرد.

چرخ‌های اولیه، با دست حرکت می‌کردند، اما بعدها این کار با پا انجام گرفت و امروزه به‌وسیله‌ی موتورهای الکتریکی کار می‌کنند. در چرخ‌های پایی «تصویر الف» که هنوز رایج است، صفحه‌ی بزرگی با نام لنگر وجود دارد که با پا به حرکت درمی‌آید. این صفحه به‌وسیله‌ی میله‌ای به صفحه‌ی دوار فوقانی سرچرخ متصل است. توده‌ی گل، بر روی این صفحه قرار می‌گیرد و هنگام چرخش، با دستان استادکار شکل می‌یابد.



شکل ۳ــ۱ــ چرخ کوزه‌گری پایی (الف و ب) و برقی (ج)

در چرخ‌های کوزه‌گری الکتریکی، چرخش سرچرخ به‌وسیله‌ی یک موتور الکتریکی تأمین می‌شود. گفتنی است که برخی از روش‌های دستگاهی، از تکامل چرخ کوزه‌گری به‌وجود آمده‌اند.

روش کار با چرخ کوزه‌گری

با قراردادن توده‌ی گل آماده‌ی کار (دارای پلاستیسیته‌ی مطلوب)، بر روی سرچرخ، عمل شکل دادن آغاز می‌گردد. چرخ‌کاری را می‌توان به مراحل کلی زیر تقسیم‌بندی کرد :

ــ **ساخت استوانه‌ی توپر:** در مرحله‌ی اول، سعی می‌شود توده‌ی گل به مرکز صفحه‌ی سرچرخ هدایت گردد.

برای این منظور، با نرمی دست، از کنار گل به آن فشار داده می‌شود و هم‌زمان با دست دیگر، از بالا، گل تحت فشار قرار می‌گیرد. چون چرخ در حال گردش است، فشار هم‌زمان دو دست در جهت عمود بر یک‌دیگر، گل را به‌صورت استوانه‌ای درمی‌آورد و اگر با دقّت عمل شود، استوانه توپر می‌شود و در مرکز چرخ قرار می‌گیرد.

ــ **ساخت استوانه‌ی توخالی :** در این مرحله، هنگام چرخش استوانه‌ی ساخته شده در مرحله‌ی قبل، دو کف دست را دور گل حلقه می‌کنند و انگشتان شست هر دو دست را در مرکز گل فرو می‌برند تا یک حفره ساخته شود. در ادامه‌ی کار با انگشتان دو دست، می‌توان دیواره‌ی استوانه‌ی ساخته شده را از داخل و خارج تحت فشار قرار داد (شکل ۵ــ۱) و به تدریج دست‌ها را به بالا یا

شکل ۴ــ۱ــ گل در مرکز چرخ قرار داده می‌شود.

شکل ۵ــ۱ــ ساخت استوانه‌ی توبر

پایین حرکت داد. هم‌چنین می‌توان ضخامت دیواره و قطر دهانه‌ی گل را کم و زیاد کرد. در واقع با این حرکت‌ها می‌توان یک استوانه‌ی توخالی با ابعاد مناسب تهیه کرد. این استوانه از نظر اندازه باید با نمونه‌ای که قرار است شکل داده شود، تناسب داشته باشد (شکل‌های ۷ــ۱ و ۸ــ۱).

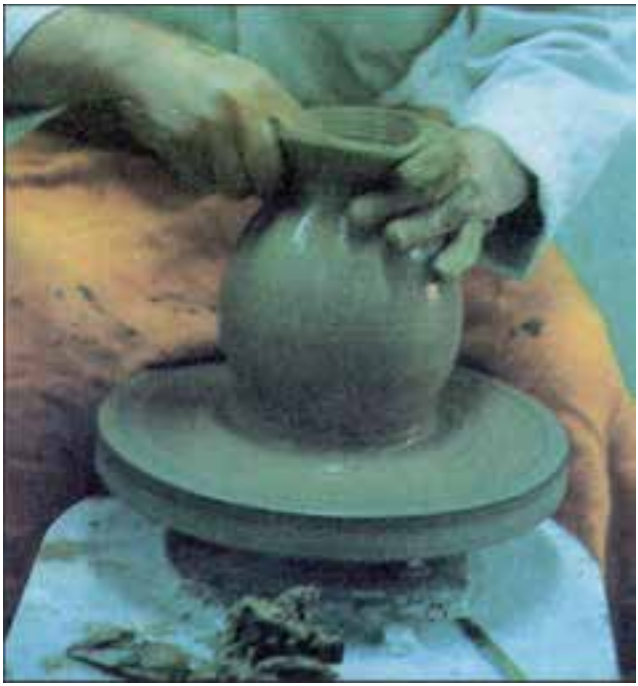
شکل ۶ــ۱ــ برای ساخت استوانه‌ی توخالی انگشتان شست درون گل فرو برده می‌شود.

شکل ۷ــ۱ــ ساخت استوانه‌ی توخالی

شکل ۸ــ۱ــ شروع اجرای طرح بدنه

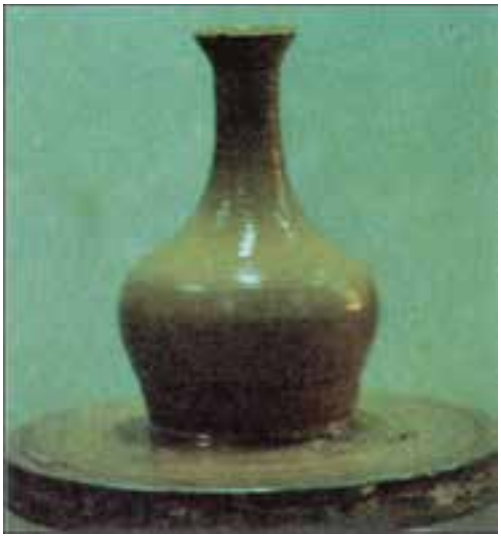
ــ اجرای طرح : حال با انگشتان دست، طرح مورد نظر پیاده می‌شود. برای مثال، اگر دو انگشت سبابه، بدنه‌ی استوانه را به بیرون بکشند، این قسمت از استوانه به‌صورت «برآمده» شکل می‌گیرد ؛ یا اگر دست به تدریج به بیرون و سپس به داخل کشیده شود قطعه، شبیه تنه‌ی کوزه، شکل می‌گیرد (شکل ۹ــ۱ تا ۱۲ــ۱).

شکل ۹ــ۱ــ جمع کردن دهانه‌ی کوزه



شکل ۱۰ــ۱ــ تنظیم ابعاد دهانه

شکل ۱۱ــ۱ــ بالا کشیدن دهانه‌ی کوزه



شکل ۱۲ــ۱ــ محصول نهایی

بعد از اجرای طرح، به‌وسیله‌ی سیم نازک، قطعه را از روی سرچرخ جدا می‌کنند و آن را از پایه‌ی قطعه عبور می‌دهند، سپس محصول از سرچرخ بریده می‌شود. بعد آن را در هوای آزاد قرار می‌دهند تا کمی خشک شود و استحکام نسبی پیدا کند (شکل ۱۳ــ۱).

شکل ۱۳ــ۱ــ جدا کردن محصول به‌وسیله‌ی سیم نازک از سرچرخ

ــ **پرداخت کردن**: در آخرین مرحله، قطعه‌ی نیمه مرطوب، به‌صورت وارونه، بر روی چرخ قرار داده می‌شود ؛ سپس با ابزار تراش مخصوص محل قرارگیری روی سطح، سطح آن صاف و از ضخامت آن کاسته می‌شود تا به اندازه‌ی دل‌خواه برسد. ضمن این که ضخامت ته قطعه نیز تنظیم می‌گردد.

با دقت در مراحل چهارگانه‌ی ذکر شده، درمی‌یابید که در اجرای هر مرحله، مهارت و تجربه‌ی فرد، نقش اصلی را به‌عهده دارد و کسانی که حداقل یک بار چرخ‌کاری کرده باشند، اهمیت این مهارت را بهتر درمی‌یابند.

پس از این، با جزئیات اجرایی مراحل شکل دادن با چرخ کوزه‌گری، در دروس کارگاهی و همراه با کار عملی، آشنا خواهید شد.

پلاستیسیته چیست و چگونه ارزیابی می‌شود؟

گفته شد که گل چرخ‌کاری، باید پیش‌تر آماده شود. این آماده‌سازی چگونه انجام می‌شود؟ چه راه‌هایی برای تشخیص «رسیدن گِل مناسب برای شکل‌دهی با چرخ کوزه‌گری» وجود دارد؟

برای پاسخ به این پرسش‌ها ابتدا، لازم است پلاستیسیته را تعریف کنیم :

اگر در صورت اعمال نیرو به قطعه‌ای (با یک توده‌ی گل)، آن قطعه بدون گسیختگی و تَرَک، تغییر شکل یابد و پس از حذف نیرو، تغییر شکل پایدار بماند، این خاصیت، پلاستیسیته نام دارد.

هر چه پلاستیسیته‌ی گل بیش‌تر باشد، شکل‌پذیری آن راحت‌تر انجام می‌گیرد و احتمال بروز تَرَک نیز کم‌تر می‌گردد.

چرخ‌کاران سنتی، ترجیح می‌دهند گِل موردنظر را خود تهیه کنند تا از رفتار و خواص آن اطلاع کافی داشته باشند. گاه گل را ده‌ها روز نگه می‌دارند. این عمل را خواباندن گل (کهنگی : Ageing) می‌نامند. خواباندن گل، پلاستیسیته را به نحو چشم‌گیری افزایش می‌دهد. می‌دانید که کار با گلِ غیرآماده بسیار مشکل است.

ورز دادن نیز، باعث بهبود خواص شکل‌پذیری گل می‌شود ؛ بنابراین، قبل از آغاز مرحله‌ی شکل دادن، لازم است گل را به‌خوبی ورز بدهیم. این کار با دست یا دستگاه انجام می‌شود.

اندازه‌گیری پلاستیسیته

پلاستیسیته را مستقیماً نمی‌توان اندازه‌گیری کرد، اما روش‌های مقایسه‌ای وجود دارد که برمبنای آن پلاستیسیته‌ی دو خاک نسبت به یک‌دیگر مقایسه می‌شوند ؛ برای مثال، پلاستیسیته‌ی بیش‌تر، باعث می‌شود استحکام خشک، انقباض تر به خشک و افزایش آب کارپذیری بیش‌تر گردد.

چرخ‌کاران سنتی، برای ارزیابی پلاستیسیته‌ی گل، بیش‌تر از روش‌های تجربی استفاده می‌کنند ؛ نمونه‌ای از آن، به این شرح است :

توده‌ی گل را در دست ورز می‌دهند و آن را بین دو دست به‌صورت یک رشته (فتیله) درمی‌آورند ؛ به‌گونه‌ای که ضخامت فتیله به یک‌سانتی‌متر و طول آن به حدود ۲۰ سانتی‌متر برسد. سپس مطابق شکل ۱۴ــ۱، دو سر آن را روی هم می‌گذارند و فشار می‌دهند. اگر در محل قوس ترک یا گسیختگی مشاهده نشود، این گل دارای پلاستیسیته‌ی کافی برای چرخ‌کاری است.

شکل ۱۴ــ۱ــ پلاستیسیته‌ی مناسب

شکل ۱۵ــ۱ــ پلاستیسیته‌ی نامناسب

فتیله‌ی گل برای آزمایش پلاستیسیته به این شکل درمی‌آید.

مقایسه‌ی این دو، نشان می‌دهد که اگر چه این روش از کارآیی خوبی برخوردار است دقت کافی به همراه ندارد. امروزه به کمک روش‌های دستگاهی اندازه‌گیری پلاستیسیته، می‌توان درصد رطوبت حالت مطلوب شکل دادن را به‌طور دقیق تعیین کرد.

با توجه به آن‌چه گذشت، تنوع شکل‌های محصولاتی که با چرخ کوزه‌گری تولید می‌شوند، بیش‌تر از دیگر روش‌های پلاستیک است ؛ بنابراین، ساخت محصولات هنری با این روش به‌خوبی امکان‌پذیر است، اما روش چرخ‌کاری محدودیت‌هایی نیز دارد. برای مثال، به نیروی ماهر نیازمند است و یا سرعت تولید آن در مقایسه با روش‌های دستگاهی پایین است. با این روش ظروفی ساخته می‌شوند که مقطع دایره داشته باشند. هم‌چنین در این روش، امکان تولید قطعات کاملاً هم‌اندازه، کم است. در ضمن روشی است که فقط بر پایه‌ی مواد پلاستیک بنا نهاده شده است.

با همه‌ی محدودیت‌هایی که در روش چرخ‌کاری مطرح شد، این روش هنوز در تولید قطعات و ظروف سنتی سرامیک جایگاه خاصی دارد، زیرا مزایای مهمی نسبت به دیگر روش‌ها دارد، که از آن جمله است : ارزان بودن روش و بی‌نیازی از سرمایه‌گذاری کلان.

توجه: روش‌های دیگری به نام ریکه، آتربرگ و روش دستگاهی ففر کورن و نظایر آن وجود دارد که برای اندازه‌گیری پلاستیسیته استفاده می‌گردد.

ب) شکل‌دهی پلاستیک دستگاهی

تا به حال با شیوه‌های شکل دادن پلاستیک دستی محصولات سرامیکی آشنا شده اید. شکل‌دهی پلاستیک دستگاهی سرامیک‌ها، هم‌زمان با رشد تکنولوژی تنوع یافته است. در واقع، ماشین‌آلات به‌منظور افزایش سرعت تولید و هم‌چنین امکان تولید قطعات هم‌اندازه به خدمت گرفته شده‌اند. ضمن این که به موازات افزایش کارآیی دستگاه‌ها نقش استادکار در تولید کاهش یافته است. تا جایی که بعضی از محصولات به صورت کاملاً اتوماتیک شکل داده می‌شوند. به خصوص که در این حالت، تولید محصولات افزایش چشم‌گیری پیدا کرده و قیمت تمام شده به حداقل ممکن رسیده است. دلایل یادشده ایجاب می‌کند از چگونگی تولید با روش‌های دستگاهی شکل دادن، اطلاعات کافی کسب شود. در این قسمت به تفصیل با شیوه‌های متنوع شکل دادن پلاستیک دستگاهی سرامیک‌ها آشنا خواهید شد.

اکستروژن :اکستروژن، روشی مؤثر و کارآمد، در شکل دادن نیمه پیوسته و پیوسته‌ی سرامیک‌ها به‌شمار می‌رود و از تجهیزات نسبتاً ساده‌ای برخوردار است. اکستروژن نوعی روش شکل‌دهی است که در فرآیند تراکم‌سازی[1] (Consolidationg) نیز کاربرد دارد.

بعضی فرآورده‌های پلاستیکی و مواد آلی، شبیه لوله‌های پلیکا و شلنگ‌های لاستیکی نیز، به روش اکستروژن شکل داده می‌شوند. این روش سال‌ها در ساخت بسیاری از محصولات سنتی سرامیک‌ها به‌کار گرفته شده است و اخیراً نیز در تولید سرامیک‌های پیشرفته مانند کاربید سیلیسیم، نیترید سیلیسیم و سرامیک‌های اکسیدی چون آلومینا کاربرد دارد.

همان‌طورکه می‌دانید، این مواد دارای پلاستیسیته‌ی کافی برای شکل‌دهی نیستند ؛ بنابراین، آن‌ها را با چسب‌ها مخلوط می‌کنند. در واقع این مواد، پلاستیسیته‌ی مخلوط را تأمین می‌کنند.

از روش اکستروژن، علاوه بر لوله و استوانه‌ی توپر و نظایر آن، در ساخت صفحات، لایه‌های نازک و قطعات مشبک و لانه‌زنبوری نیز می‌توان استفاده نمود. (شکل ۱۶ــ۱)ضمناً روش اکستروژن، محدودیت‌هایی نیز دارد.

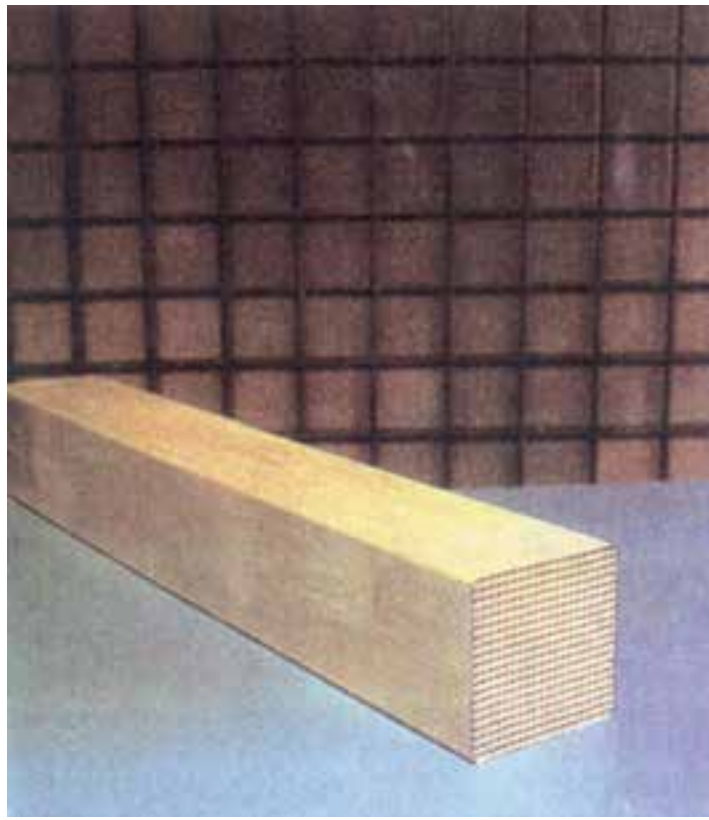
مناسب‌ترین محصولاتی که با این روش ساخته می‌شوند فرآورده‌هایی هستند که اندازه و شکل مقطع یکسان و ثابت در طول داشته باشند. به عبارت دیگر، باید قطر چنین فرآورده‌هایی در محور طول آن ثابت باشد.

بعضی از محصولاتی که به روش اکستروژن شکل داده می‌شوند، عبارت‌اند از :

۱ــ تکه‌های گِل به‌وسیله‌ی اکسترودر به شکل بلوک‌های متراکم و یک پارچه در می‌آیند تا در موارد خاص به‌کار گرفته شوند.

۱ــ لوله و تیوپ،
۲ــ میله یا استوانه‌ی توپر،
۳ــ قطعات مشبک لانه زنبوری،
۴ــ صفحه ، به صورت کاملاً توپر یا توخالی،
۵ــ لایه‌های نازک.

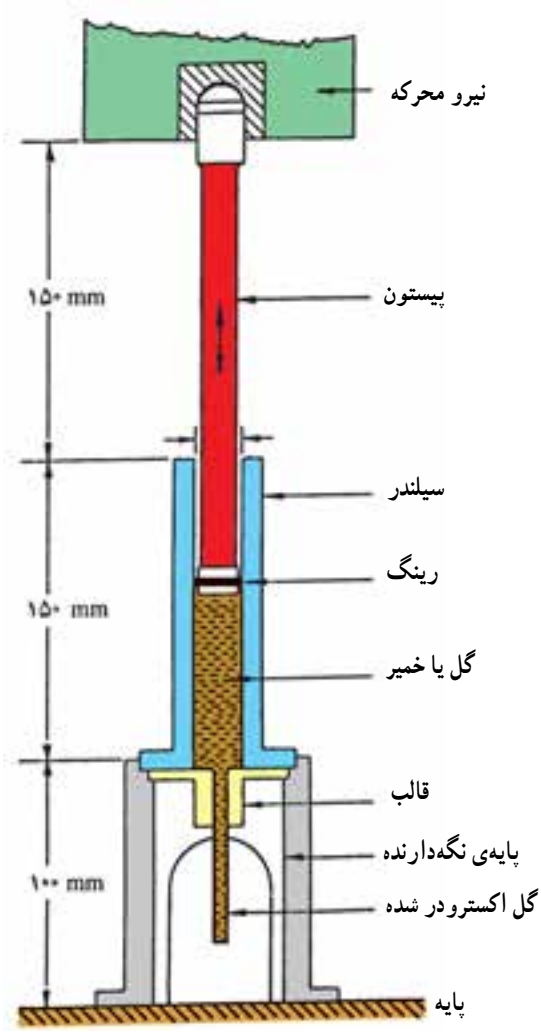
شاید بتوان مواردی از قبیل خشک کردن، خارج کردن مواد آلی، چسب و پخت این محصولات را از جمله نکات منفی این روش به‌شمار آورد. حلّال‌ها، چسب‌ها و افزودنی‌هایی که به منظور بهبود رفتار «آمیز»، در حین فرآیند شکل دادن، به آن اضافه می‌شوند، باید به نوعی در مراحل بعد خارج گردند، زیرا هر یک از آن‌ها ممکن است در ساخت قطعات با این روش، مبنای بسیاری از عیوب شوند.



شکل ۱۶ــ۱ــ یک نمونه از مبدل سرامیکی لانه زنبوری(محصولات نوینی که به روش اکستروژن تولید می‌شود.)

از نظر دستگاهی، سه نوع اکسترودر وجود دارد :

الف) اکسترودر پیستونی یا مرحله‌ای (Batch extruder) :در این نوع، مجموعه‌ای حاوی پیستون و سیلندر وجود دارد که در انتهای آن قالب تعبیه شده است. با فشار پیستون، مخلوط یا گل درون سیلندر فشرده می‌شود و از قالب عبور می‌کند. امتیاز استفاده از این روش، امکان ایجاد فشارهای بسیار زیاد است. فشار پیستون می‌تواند با پمپ‌های هیدرولیک یا سیستم‌های مکانیکی تأمین گردد (شکل ۱۷ــ۱).



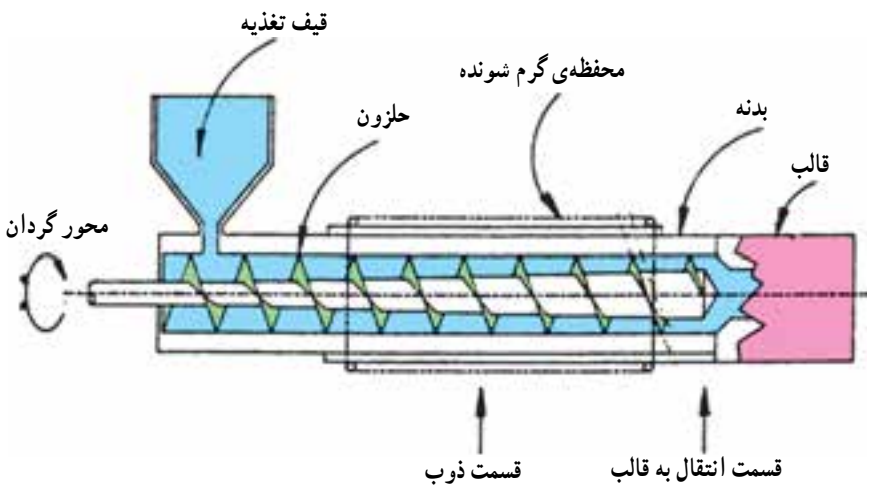
شکل ۱۷ــ۱ــ اکسترودر پیستونی

ترکیب (آمیز) می‌تواند به‌صورت پلاستیک باشد. در صورتی که بخواهند مواد سرامیکی غیرپلاستیک را با این روش شکل دهند، از مواد چسبی استفاده می‌کنند. این مواد در حالت سرد خاصیت پلاستیسیته دارند و با حرارت، حالت خمیری پیدا می‌کنند. در این حالت بعد از گرم کردن سیلندر مواد، مخلوط قابلیت شکل‌پذیری می‌یابد ؛ سپس با عبور از قالب آن را شکل می‌دهند. در این وضعیت سعی می‌شود قالب سرد نگه داشته شود تا محصول بعد از خروج از قالب سرد گردد و شکل خود را حفظ کند. در شکل دادن گل‌های پلاستیک، نیازی به گرم کردن محفظه نیست.

مهم‌ترین نقص اکسترودر پیستونی، نیمه پیوسته بودن تولید است ؛ یعنی، در هر مرحله سیلندر بارگیری می‌شود و پس از اتمام مواد، پیستون به عقب کشیده می‌شود و بارگیری مجدداً انجام می‌گیرد. هرچه دهانه‌ی خروجی نسبت به قطر سیلندر کم‌تر باشد، تعداد دفعات بارگیری کم‌تر می‌شود.

اکسترودرهای پیستونی ممکن است به صورت عمودی یا افقی نیز کار کنند.

ب) اکسترودر حلزونی (Screw extruder) :این دستگاه که منحصراً به اکسترودر معروف شده، حاوی یک یا دو حلزون (به صورت دوقلو) است و عموماً در تولید مواد پلیمری، پلاستیکی (آلی) به‌کار گرفته می‌شود. برای مواد پلیمری، دهانه‌ی ورودی گرم می‌شود ؛ سپس بسته به نوع مواد آن، قالب را گرم یا سرد می‌کنند. چون بعضی از پلیمرها با سرد شدن و برخی دیگر با گرم شدن سخت می‌شوند، لازم است آن‌ها پس از خروج از قالب تا استحکام محصول، قابلیت حفظ شکل موردنظر را داشته باشند (شکل ۱۸ــ۱).



شکل ۱۸ــ۱ــ اکسترودر حلزونی مخصوص مواد پلیمری (تزریق پلاستیک)

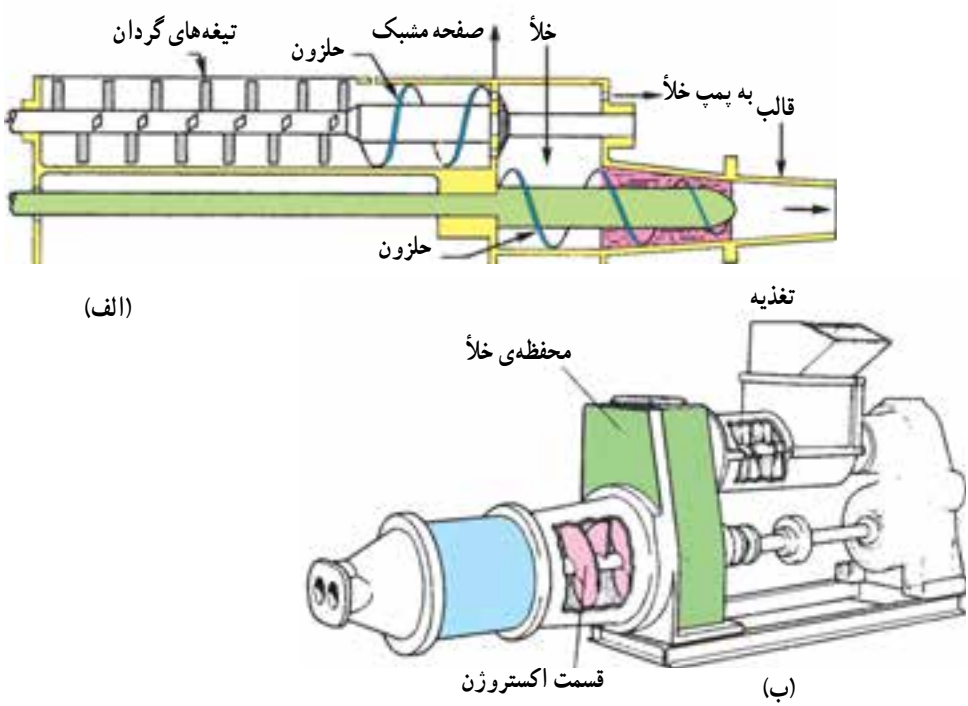
هنگامی که از مخلوط مواد سرامیکی و آلی استفاده شود، مواد پلیمری به‌طور نسبی ذوب می‌گردد و مخلوط حاصل، قابلیت شکل‌پذیری می‌یابد. این حالت مواد، به‌وسیله‌ی حلزون‌ها، مخلوط و به جلو رانده می‌شود و در نهایت، با فشار وارد قالب می‌شود و شکل می‌گیرد.

عموماً ابتدای محور حلزونی به‌صورت ماردون (تیغه‌های چاقویی) است و سپس به صورت حلزون درمی‌آید. در نوع دیگر اکسترودر، دو حلزون به‌صورت دوقلو طوری در کنار هم قرار گرفته‌اند که تیغه‌های یک حلزون از بین تیغه‌های دیگری عبور می‌کند و هر دو در یک محفظه کار می‌کنند.

این نوع اکسترودر علاوه براین که در صنایع پلاستیک‌سازی به‌خوبی به‌کار گرفته می‌شود، در ساخت محصولات سرامیکی نیز اهمیت به‌سزایی دارد ؛ به‌ویژه آن که در تولید سرامیک‌های مهندسی از این دستگاه استفاده می‌شود.

ج) پاگمیل : این دستگاه، هم نوعی مخلوط کننده و ورز دهنده است و هم به‌عنوان اکسترودر عمل می‌کند. در صورتی که هم‌زمان عمل هوازدایی را نیز انجام دهد به آن «پاگمیل هوازدا» گویند.

مزیت استفاده از پاگمیل هوازدا این است که عمل مخلوط کردن، هواگیری، متراکم کردن و شکل‌دهی به روش اکستروژن همگی در یک دستگاه انجام می‌پذیرد.



شکل ۱۹ــ۱ــ دونوع پاگمیل هوازدا (شکل‌های الف و ب)

این دستگاه دارای دو محور حلزونی، مطابق شکل، است. یک حلزون مواد ورودی را به‌قطعات کوچک‌تر برش می‌دهد(پاگینگ). سپس آن را توسط حلزونی فشرده می‌کند و با عبور از صفحه مشبک به‌محفظه‌ی خلأ هدایت می‌نماید. در این محفظه، هواگیری انجام می‌شود، سپس حلزون دیگر گل را فشرده و مخلوط می‌کند تا مواد با عبور از قالب، شکل بگیرند.

عمل هواگیری، باعث می‌شود تا پلاستیسیته‌ی مخلوط، بهبود یابد ؛ هم‌چنین موجب افزایش تراکم و فشردگی محصول می‌شود.

حلزون‌ها و تیغه‌ها عموماً با پوشش‌های مقاوم (در مقابل سایش) پوشیده شده‌اند تا هم فرسایش کم‌تری داشته باشند و هم از وارد شدن ناخالصی‌های فلزی به «آمیز» جلوگیری کنند.

شکل دادن به وسیله‌ی پاگمیل در صنایع سرامیک، به‌ویژه صنعت آجر، به‌طور وسیع رایج شده است و استفاده از این دستگاه، امکان افزایش سرعت‌های تولید بسیار بالا را فراهم ساخته است.

۱ــ شکل دادن و پیش شکل دادن به روش اکستروژن

اکستروژن، روشی برای شکل دادن است، اما در بیش‌تر روش‌های دستگاهی شکل دادن نیز لازم است تا از گل پیش شکل داده شده استفاده شود ؛ بنابراین، در این روش گاه پیش شکل دادن و زمانی شکل دادن، هدف اصلی قرار می‌گیرد.

پیش شکل دادن با اکسترودر: در اکستروژن، گاه پیش شکل دادن موردنظر است و شکل‌دادن نهایی محصول با دیگر روش‌ها انجام می‌شود. تقریباً در تمامی روش‌های شکل دادن لازم است گل، یک دست و همگن گردد و توزیع رطوبت آن یکسان شود. هم‌چنین توده‌ی گل، خالی از حباب و هوا باشد. همگن این کارها با اکسترودر (پاگمیل هوازدا) تأمین می‌شود ؛ برای مثال گل مناسب برای ساخت یک بشقاب یا فنجان بدین شکل عمل می‌شود :

توده‌ی گل وارد پاگمیل می‌گردد و به صورت ستون استوانه‌ای شکل با شرایط مطلوب درمی‌آید. این ستون گل، با سیم‌های نازک بریده شده، به‌صورت دیسک درمی‌آید (پیش شکل دادن) ؛ سپس هر برش (دیسک) گل به دستگاه مربوط هدایت شده به‌صورت بشقاب یا فنجان، شکل داده می‌شود (شکل ۲ــ۱).

شکل دادن با اکسترودر: آجرهای ساختمانی، بلوک‌های تیغه‌ای و سقفی (لانه‌زنبوری)، هم‌چنین لوله‌های سرامیکی، با روش اکسترودر شکل داده می‌شوند. در واقع در این‌جا اکسترودر شکل نهایی قطعه را تأمین می‌کند. در ساخت آجر، قالب اکسترودر طوری ساخته می‌شود تا ستون گل خروجی، مکعب مستطیل باشد که پس از خروج آن را به ابعاد مورد نظر بریده، به طرف خشک‌کن می‌فرستند.

شکل ۲۰ــ۱ــ ستون گل خروجی از پاگمیل به اندازه‌ی معین بریده شده و به منظور شکل دادن به قالب هدایت می‌شود.

عمل بریدن، با سیم‌های نازک و عموماً به‌صورت چندتایی انجام می‌شود ؛ برای نمونه، پس از خروج ۸۰ سانتی‌متر گل از دستگاه، یک شبکه‌ی سیم نازک با یک حرکت، آن را به ۱۰ قالب آجر با ضخامت‌های مساوی تقسیم می‌کند. در این روش، سرعت تولید زیاد است، با بعضی از دستگاه‌ها می‌توان ۶ تا ۲۰ هزار قالب آجر را در ساعت تولید کرد.

در صورت تعبیه‌ی قطعات فلزی در داخل قالب، می‌توان آجرهای مشبک و بلوک‌های لانه زنبوری یا لوله‌های توخالی فاضلاب را شکل داد (شکل ۲۱ــ۱).

اگر در داخل قالب خروجی دستگاه، یک استوانه‌ی توپر به‌عنوان هسته تعبیه شده باشد گل فشرده شده راهی جز عبور از میان قالب و هسته‌ی فلزی ندارد. پس استوانه‌ی خروجی به صورت توخالی شکل داده می‌شود (شکل ۲۲ــ۱).

این روش، برای ساخت لوله‌های توخالی مناسب است. بعضی لوله‌های فاضلاب که شکل منحنی دارند، ابتدا به همین روش به صورت مستقیم شکل داده می‌شوند، سپس کارگر آن‌ها را درون یک راهنمای منحنی شکل می‌پیچد تا خشک گردد. در ساخت لوله‌های بلند (حدود ۶ متر) از اکسترودرهای عمودی استفاده می‌شود. با یک نوع اکسترودر می‌توان در هر ساعت ۷۰۰ لوله‌ی کوتاه تولید کرد.

شکل ۲۱ــ۱ــ بلوک‌های مشبک و لانه‌زنبوری در حال شکل یافتن به‌وسیله‌ی پاگمیل

شکل ۲۲ــ۱ــ لوله‌های توخالی که به روش اکستروژن شکل داده شده‌اند.

تنوع محصولات در روش اکستروژن

مهم‌ترین موارد استفاده از اکستروژن، در ساخت انواع آجرهای ساختمانی است، چون سرعت تولید بسیار بالاست ؛ بنابراین، قیمت تمام شده‌ی محصولات پایین می‌آید ؛ برای مثال با ۲۰ هزار قالب در ساعت در ۲۴ ساعت حدود ۵۰۰ هزار قالب آجر تولید می‌شود. گفتنی است که در صنعت آجر، دستگاه‌های شکل‌دهنده دارای موتورهای دیزلی هستند که انرژی لازم دستگاه را تأمین می‌کنند ؛ از این‌رو نیاز به تأسیسات گسترده‌ای برای تولید ندارند.

معمولاً آجرهای بنا و نما با شکل‌های متنوع، هم‌چنین لوله‌ها و بلوک‌های توپر و توخالی، به روش اکستروژن تولید می‌شوند.

اعمال خلأ و مزایای آن

ایجاد خلأ در اکستروژن، باعث حذف حباب‌های ریز هوا و تهیه‌ی توده‌ی گل یک‌نواخت می‌شود ؛ بنابراین، پیوستگی گل در تمام نقاط آن برقرار می‌گردد و خاصیت پلاستیسیته‌ی آن بهبود می‌یابد ؛ بنابراین قطعه‌ی تولید شده هم از تراکم بیش‌تری با خلأ بیش‌تر و هم از تراکم افزون‌تر و پلاستیسیته‌ی بهتر برخوردار خواهد شد ؛ به‌ویژه هنگامی که اکستروژن با هدف پیش شکل دادن مطرح باشد و شکل دادن به‌وسیله‌ی دستگاه‌های دیگر انجام شود، پلاستیسیته‌ی مناسب، شکل دادن را آسان می‌کند و امکان بروز عیوب را کاهش می‌دهد.

تهیه و آماده‌سازی گل

گل مورد نیاز برای اکستروژن (تغذیه)، باید پیش‌تر آماده شده باشد. آماده‌سازی به دو روش انجام می‌شود :

الف ــ تهیه‌ی گل به کمک مخلوط‌کن : در این روش، خاک به همراه مقدار مشخصی آب درون یک مخلوط‌کن ریخته می‌شود ؛ سپس با یک‌دیگر مخلوط می‌گردد تا گل موردنظر به دست آید. این گل فاقد یک‌دستی است، اما چون سرعت تهیه‌ی آن زیاد است، در ساخت آجر و محصولاتی که ارزش اقتصادی کم‌تری دارند، از این روش استفاده می‌شود.

ب ــ تهیه‌ی گل به‌وسیله‌ی فیلتر پرس: خاک با مقدار زیادی آب به صورت دوغاب درمی‌آید. به این دوغاب می‌توان مواد افزودنی لازم اضافه نمود و با هم‌زدن کافی آن را به‌صورت کاملاً «همگن» درآورد ؛ سپس دوغاب حاصل شده به دستگاه فیلتر پرس هدایت می‌شود تا آب آن

گرفته شود. توده‌های گل آب‌گیری شده که کیک نام دارد (شکل۲۴ــ۱)، از بین صفحات فیلتر پرس خارج می‌شود. این کیک‌ها از نظر ترکیب و رطوبت، همگن هستند و به‌وسیله‌ی اکسترودر یا پاگمیل کاملاً ورز داده می‌شوند تا برای مراحل بعدی آماده گردند (شکل ۲۵ــ۱).

شکل ۲۳ــ۱ــ مخلوط‌کن گل

شکل ۲۴ــ۱ــ فیلتر پرس در حال تخلیه (به کیک‌های خارج شده از دستگاه دقت کنید)

شکل ۲۵ــ۱ــ کیک‌های به‌دست آمده از فیلتر پرس به وسیله‌ی کارگر وارد پاگمیل می‌شوند.

ذخیره‌سازی و انبار کردن استوانه‌ها

هنگامی که اکستروژن، یک روش پیش شکل دادن باشد، استوانه‌های توپری که تولید می‌شوند باید در مراحل بعدی شکل داده شوند. بدین منظور، این ستون‌های گل را در محیط مرطوب انبار می‌کنند تا در آن‌ها شیب رطوبتی ایجاد نشود ؛ یعنی درصد رطوبت درون و سطح گل یکسان باقی بماند. هم‌چنین اگر رطوبت گل برای شکل دادن کافی نباشد، بخار آب لازم به انبارها داده می‌شود تا رطوبت موردنظر به دست آید.

عیوب اکستروژن و راه‌های برطرف کردن آن‌ها

محصولاتی که با روش اکستروژن تولید می‌شوند، ممکن است دارای عیب باشند. میزان غیریک‌نواختی در این قطعات اندک است، اما عواملی چون مقدار مواد پلاستیک در «بچ[1]»، اندازه‌ی ذرات، درصد رطوبت گل، میزان خلأ اعمال شده، قدرت دستگاه و نوع و شکل قالب اگر صحیح انتخاب نشوند، منشأ معایب مختلفی در قطعه خواهند شد.

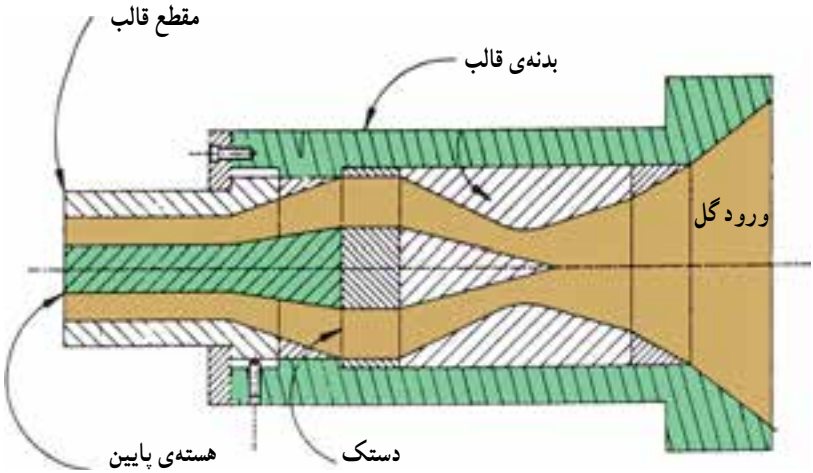
ـ تَرَک S شکل

این تَرَک، از متداول‌ترین عیوب روش اکستروژن به‌شمار می‌رود و در درون قطعات توپر مشاهده می‌شود ؛ برای مثال هنگامی که ستون‌های گل تولید می‌شوند، این تَرَک‌ها در ناحیه‌ی میانی مقطع آن‌ها به‌وجود می‌آیند.

تَرَک S شکل، چگونه به‌وجود می‌آید؟ می‌دانید که اندازه‌ی قطر مارپیچ یا حلزون به سمت قالب خروجی به تدریج کم می‌شود. در ناحیه‌ای که حلزون به انتها می‌رسد گل‌های فشرده‌ی اطراف باید جای خالی آن را پر کنند ؛ بنابراین، گل فشرده شده برای پرکردن جای خالی حلزون از اطراف به سمت مرکز هدایت می‌شود و در ناحیه‌ی میانی به یک‌دیگر وصل می‌شوند. در صورتی که خواص گل آماده شده،دارای خواص مطلوب نشود پیوستگی مناسب در محل اتصال، یعنی در مرکز ستون گل، به‌وجود نمی‌آید. در نتیجه گل این ناحیه هنگام خشک شدن به‌صورت ترک S شکل ظاهر می‌شود. البته روش‌های مختلفی جهت رفع این عیب ارائه شده است. به عنوان مثال هرچه پلاستیسیته‌ی گل بیش‌تر شود، این عیب کم‌تر بروز می‌کند و یا حوزه‌ی پدید آمده تَرَک‌پذیر محدودتر می‌گردد.

۱ـ بَچ (Batch) مقدار ماده‌ای است که برای یک مرحله‌ی شکل داده، آماده شده و ترکیب «آمیز» موردنظر را داراست.

راه دیگر کاهش یا حل این مشکل، افزودن طول قالب است. هرچه طول قالب بیش‌تر باشد، فشردگی ستون گل زیادتر می‌شود و در محل اتصال (در مرکز ستون گل) پیوستگی بیش‌تر می‌گردد.



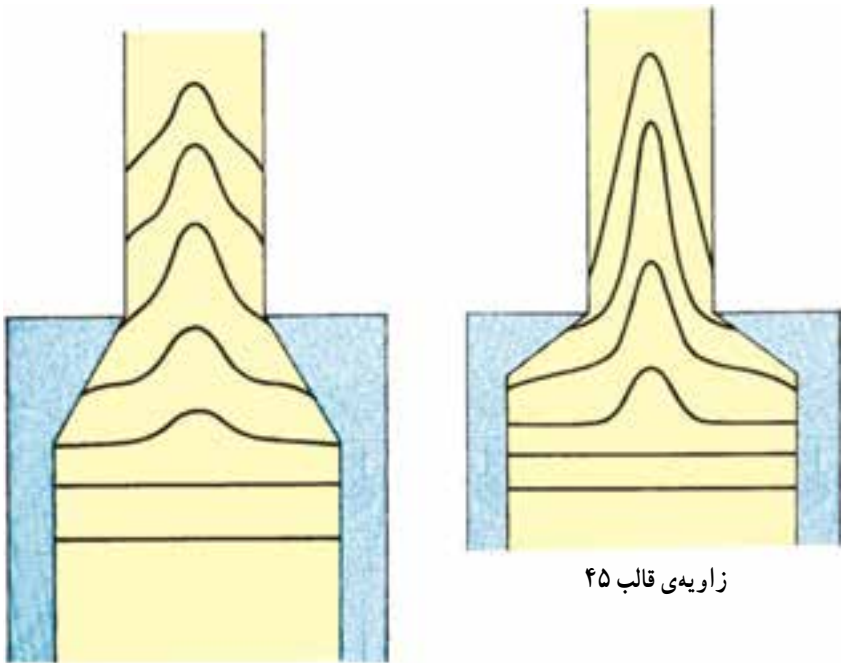
شکل ۲۶ــ۱ــ مقطع قالب اکستروژن

انتخاب صحیح طول و قطر حلزون، شیب پره‌ها (تیغه‌ها)، سرعت خروج گل، قدرت دستگاه و... عوامل دیگری هستند که در رفع این عیب، تأثیر می‌گذارند.

ــ لایه‌لایه شدن (Lamination)

از عمده مشکلات دیگر اکستروژن، عیب لایه‌لایه شدن است. با تغذیه‌ی گل‌های رنگی به دستگاه، می‌توان چگونگی جریان گل درون قالب را مشاهده کرد.

به دلیل اصطکاک گل با جداره‌ی قالب، سرعت جریان مواد در ناحیه‌ی میانی بیش‌تر از کناره‌هاست. حالت لایه‌لایه شدن، گاه در مقطع ستون گل و زمانی در طول یا بر روی دیواره‌ی ستون مشاهده می‌شود.



شکل ۲۷ــ ۱ــ اختلاف سرعت نواحی میانی و جانبی ستون گل هنگام خروج از اکسترودر

ــ **لایه‌لایه شدن در مقطع گل :** هنگامی که گل در قالب قرار می‌گیرد، تحت فشار است. با خروج ستون گل از قالب، این فشار آزاد می‌شود و در آن یک حالت بازگشت فنری مشاهده می‌کنیم ؛یعنی، اندازه‌ی قطر ستون گل بعد از خروج از قالب بیش‌تر می‌شود. کمبود پلاستیسیته‌ی گل، لایه‌لایه شدن را تشدید می‌کند. درصد آب مخلوط، فشار دستگاه و ... نیز بر روی حالت لایه‌لایه شدن تأثیر می‌گذارد.

شکل ۲۸ــ ۱ــ لایه‌لایه شدن در مقطع گل

از طرف دیگر، اگر آمیز موردنظر، در حین خشک شدن انقباض زیادی داشته باشد، این حالت تشدید می‌شود. در این وضعیت کاهش سرعت خشک شدن می‌تواند از بروز این عیب جلوگیری کند.

ــ لایه‌لایه شدن در امتداد طول ستون گل (روی سطح جداره) :اگر فشار اکستروژن زیاد باشد و قالب به‌خوبی روان‌کاری نشده باشد، به هنگام خروج ستون گل، لبه‌های آن بریده بریده می‌شود. کم کردن فشار و استفاده از مواد روغن‌کاری در سطح مشترک گل و قالب، این مشکل را برطرف می‌کند. اگر سطح قالب به‌وسیله‌ی آب‌کاری به‌صورت کاملاً صیقلی درآید، این عیب کم‌تر ظاهر می‌شود.

شکل ۲۹ــ۱

ــ تَرَک شمعدانی (ستاره‌ای)

گاه ممکن است ذرات غیرپلاستیک درشت (شاموت)، که انقباض آن هنگام خشک شدن آن‌ها کم است ؛داخل مواد پلاستیک شود از این‌رو هنگام خشک شدن پیرامون این ذرات تنش ایجاد می‌شود و در نتیجه باعث بروز تَرَک ستاره‌ای می‌گردد.

شکل ۳۰ــ۱ــ تَرَک ستاره‌ای

در شکل‌دادن پلاستیک توسط اکستروژن عیوب دیگری نیز ممکن است به وجود آمده به منظور کنترل عیوب وکاهش ضایعات در ساخت محصولات می‌توان نکاتی را در آماده‌سازی و حتی حین شکل‌دادن رعایت کرد. به طورکلی با دقت در موارد زیر می‌توان امکان بروز عیوب را در این روش کاهش داد.

۱ــ کنترل پلاستیسیته‌ی آمیز،

۲ــ تنظیم سرعت خروج گل،

۳ــ کنترل اندازه‌ی ذرات،

۴ــ انتخاب درصد رطوبت مناسب،
۵ــ انتخاب طول و نوع مناسب قالب،
۶ــ پرداخت سطح داخلی قالب و آب‌کاری آن،
۷ــ گرم کردن سطح قالب،
۸ــ روان‌کاری در سطح قالب.

انتخاب وکنترل موارد فوق در بهبود تولید سرامیک‌ها به روش اکستروژن و ارتباط زیادی به دانش و تجربه فرد و هم‌چنین نوع مواد اولیه و ماشین آلات آن دارد. تغییر هر یک از این موارد می‌تواند به بروز تغییرات گسترده‌ای منجر گردد. مثلاً با افزودن رطوبت گل به میزان یک درصد ممکن است بسیاری از عیوب قالب را خود به خود برطرف ساخت یا با انتخاب روش صحیح روان‌کاری میزان تولید را افزایش داد. در انتهای این بحث باید گفت کار کردن به روش اکستروژن آسان نیست، اما به دلیل داشتن سرعت تولید بالا، از نظر اقتصادی ارزش سرمایه‌گذاری آن زیاد است ؛ بنابراین،استفاده از روش حاضر، به‌دقت و تجربه‌ی کافی نیازمند است تا بتوان با شناخت صحیح عیوب و کشف راه‌حل‌های مناسب، بر مشکلات آن چیره شد.

۲ــ شکل دادن با دستگاه جیگر (Jiggering)

شکل دادن به‌وسیله‌ی دستگاه‌های جیگر و جولی، در واقع روش تکامل یافته‌ی چرخ‌کاری به‌حساب می‌آید. تفاوت عمده‌ای که بین آن‌ها وجود دارد این است که در روش جیگر و جولی، نقش نیروی ماهر کاهش می‌یابد.

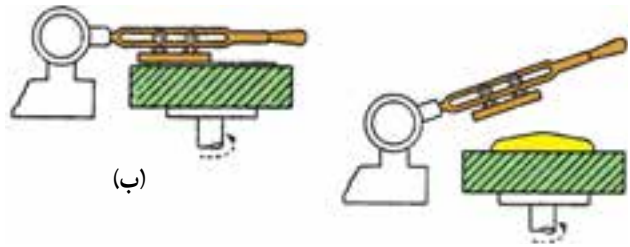
بشقاب، دیس و ظروف تخت به‌وسیله‌ی دستگاه جیگر و فنجان، کاسه و ظروف گود با جولی شکل داده می‌شوند. روش ساخت بشقاب به‌وسیله‌ی جیگر را می‌توان چنین بیان کرد :

در مرحله‌ی اول،مقدار مورد نیاز دستگاه تأمین می‌شود. از ستون گل خروجی اکسترودر گل‌ها به‌صورت برش (دیسک Disk) تهیه می‌شود. قطر این برش‌ها معمولاً کم‌تر از قطر نهایی قطعه‌ای است که باید تولید شود، اما ضخامت آن طوری درنظر گرفته می‌شود تا مقدار گل لازم برای کار تأمین گردد.

مرحله‌ی دوم «پهن کردن»[۱] نام دارد که در واقع نوعی پیش شکل دادن است. برش گل بر روی یک قالب، زیر دستگاه «گل پهن‌کن» قرار می‌گیرد.

۱ــ Batting

در نتیجه‌ی این کار، شعاع برش گل زیاد می‌شود ؛ تا حدی که از اندازه‌ی محصول نهایی، اندکی نیز بزرگ‌تر می‌گردد. واضح است که این کار، باعث کاهش ضخامت برش گل می‌شود (شکل ۳۱ــ۱).



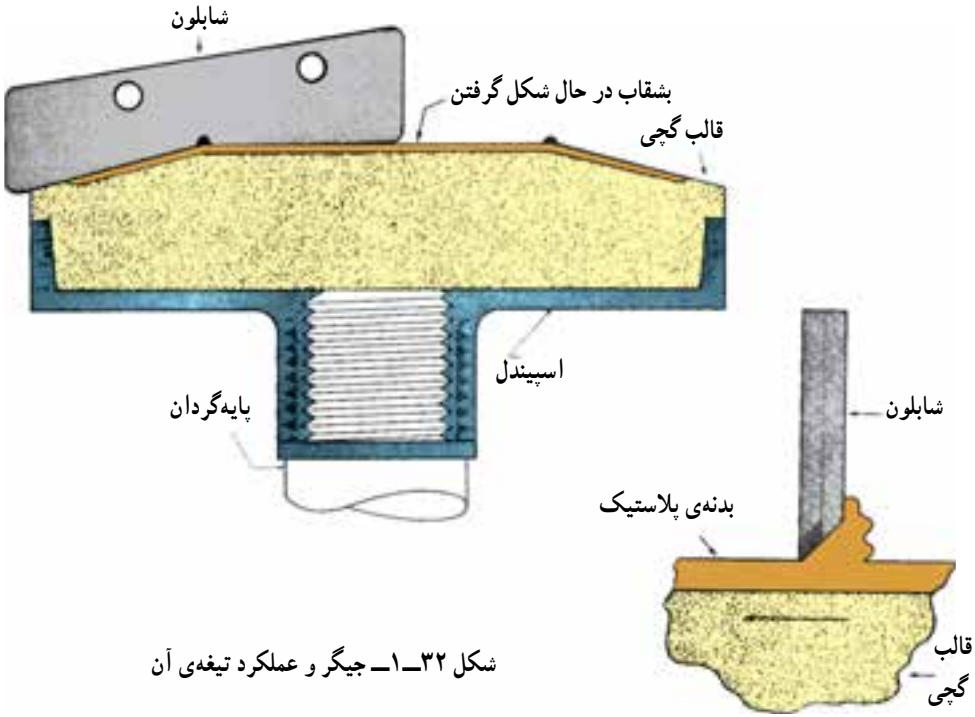
شکل ۳۱ــ۱ــ دستگاه گل پهن کن

یک قالب گچی تخت را ،که برش گل در مرکز آن قرار داده می‌شود ؛ در نظر بگیرید. این قالب، در حالی که دَوَران می‌کند، یک تیغه‌ی فلزی نیز برای پهن کردن گل بر روی آن فشار وارد می‌نماید. هرچه فشار بیش‌تر شود، گل، پهن‌تر می‌شود و قطر آن زیادتر می‌گردد. بعد از رسیدن به ابعاد دل‌خواه، برش گل پهن شده به‌وسیله‌ی دستگاه جیگر آماده‌ی شکل دادن می‌شود.

قالب گچی در جیگر، عبارت است از قالبی که دارای یک سطح محدب باشد. این سطح محدب قالب، می‌تواند داخل یک بشقاب را شکل بدهد. برش پهن شده‌ی گل در مرکز این قالب قرار داده می‌شود. قالب گچی خود بر روی یک پایه‌ی فلزی قرار می‌گیرد که به آن «اسپیندل»[۱] گفته می‌شود.

قالب گچی،پس از قرارگرفتن از روی اسپیندل، با روشن شدن دستگاه جیگر، شروع به دَوَران می‌کند. شکل پذیری نهایی بشقاب یا ظروف تخت در این مرحله انجام می‌گیرد و در حالی که قالب می‌چرخد، کارگر با دسته‌ای که دارای یک شابلون (تیغه‌ی شکل‌دهنده) است،روی گل را می‌فشارد. در حقیقت، شابلون پشت بشقاب را شکل می‌دهد و هم‌زمان داخل بشقاب به‌وسیله‌ی قالب گچی شکل می‌گیرد.

۱ــ Spindle



شکل ۳۲ــ۱ــ جیگر و عملکرد تیغه‌ی آن

شابلون، طوری طراحی شده است که جهت فشار، از مرکز گل به‌طرف لبه‌ی بشقاب باشد ؛ یعنی، ابتدا تماس در مرکز بشقاب آغاز می‌شود و به تدریج به سمت لبه پیش می‌رود. با این کار مقادیر گل اضافی از کناره‌ها خارج می‌شود.

شکل ۳۳ــ۱ــ دستگاه جیگر نیمه اتوماتیک

در پایان، گل‌های زیادی با یک ابزار تیز به‌راحتی بریده می‌شود.

در هر مرحله می‌توان از پاشیدن آب برای کاهش اصطکاک و شکل‌پذیری بهتر، استفاده کرد.

قسمت‌های مختلف دستگاه جیگر عبارت‌اند از :

۱ــ گل پهن‌کن،

۲ــ دسته‌ای که شابلون بر روی آن نصب می‌شود و شکل دادن را انجام می‌دهد،

۳ــ قالب گچی،

۴ــ اسپیندل،

۵ــ پایه گردان که به وسیله‌ی موتور به حرکت درمی‌آید.

۳ــ شکل دادن با دستگاه جولی (Jolleying)

این روش برای تولید قطعات گود، مثل فنجان و کاسه طراحی شده است. روش استفاده از جیگر و جولی شبیه یک‌دیگرند ؛ با این تفاوت که در جیگر، داخل قطعه به‌وسیله‌ی قالب گچی و بیرون آن (پشت بشقاب) به وسیله‌ی تیغه یا شابلون ساخته می‌شود، اما در جولی عکس این حالت وجود دارد ؛ یعنی، قالب گچی بیرون و قسمت خارجی فنجان و تیغه‌ی فلزی، سطح داخل آن را شکل می‌دهد.

در این روش نیز به برش گل نیاز است. با دستگاه‌های پهن کن مخصوص، شکل ابتدایی این برش‌ها مشخص می‌گردد، اما بهترین روش پیش‌نهادی، استفاده از چرخ‌کاری برای پیش شکل دادن است. در ادامه‌ی کار آن را درون قالب می‌گذارند و آن را با شابلون فلزی شکل می‌دهند.

شکل ۳۴ــ۱ــ دستگاه جولی نیمه اتوماتیک

هنگامی که آخرین مراحل شکل دادن به وسیله‌ی دستگاه‌های جیگر و جولی پایان یافت، قالب گچی همراه با قطعه‌ی شکل داده شده، به خشک‌کن منتقل می‌شوند تا در اولین مرحله، قطعه از قالب جدا شود ؛ سپس قطعه را برای خشک شدن به طرف دستگاه خشک کن مربوط انتقال می‌دهند. با توجه به حضور قالب گچی لازم است تا دمای خشک‌کن در این مرحله بیش‌تر از $45^{\circ}C$ نگردد. درصد رطوبت گل در ابتدا حدود ۲۰ درصد است که حین خشک کردن ــ زمانی که این مقدار به حدود ۱۰ الی ۱۲ درصد برسد ــ قطعه به‌راحتی از قالب گچی جدا می‌گردد و قالب پس از خشک شدن، مجدداً در مسیر تولید به‌کار گرفته می‌شود.

با بعضی از انواع دستگاه‌های جولی، می‌توان قطعات توخالی بزرگی به قطر یک متر نیز ساخت.

دستگاه‌های جیگر و جولی، که به‌وسیله‌ی کارگر کنترل می‌شود، به صورت غیرخودکار عمل می‌کنند. این نوع دستگاه‌ها در مقیاس صنعتی کاربرد زیادی ندارند و صرفاً در کارگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه دستگاه‌های جیگر و جولی نیمه‌خودکار نیز طراحی کرده و ساخته‌اند، اما دستگاه‌های تمام اتوماتیکی نیز به نام‌گردان یا رولر ــ که سرعت تولید بسیار بالایی دارند ــ در صنعت به‌کار گرفته می‌شوند (شکل‌های ۳۳ــ۱ و ۳۴ــ۱).

شابلون‌های جیگر و جولی از فولاد نسبتاً سخت ساخته می‌شوند تا در مقابل سایش مقاوم باشند. هم‌چنین این شابلون‌ها از کاربیدها، به‌خصوص کاربید تنگستن و آلومینای زینتر شده نیز تهیه می‌شوند.

یادآور می‌شود در روش شکل‌دهی با جیگروجولی هر قالب گچی حدود ۲۰۰ سیکل تولید را طی می‌کند و درصد آب لازم برای ساخت قالب گچی حدود ۳۰ درصد است.

۴ــ شکل دادن با دستگاه‌های گَردان (رولر)

دستگاه رولر، شکل تکامل یافته‌ی دستگاه‌های جیگر و جولی است و با یک‌دیگر تفاوت‌هایی نیز دارند. پیش‌تر گفته شد که مرحله‌ی نهایی شکل دادن در روش جیگر و جولی، به‌کارگیری تیغه‌های فلزی است. این کار در رولر به‌کمک یک حجم دوار، به نام بمب (bomb)،انجام می‌گیرد.

یک برش گل در مرکز قالب گچی قرار داده می‌شود. آن‌گاه هم‌زمان سر رولر و اسپیندل توسط موتورهای جداگانه‌ای به حرکت درمی‌آیند. ضمن این که سرعت رولر کم‌تر از سرعت اسپیندل است و در واقع این اختلاف سرعت موجب می‌شود تا قطعه شکل بگیرد (شکل۳۵ــ۱).

شکل ۳۵ــ۱ــ شکل دادن به‌وسیله‌ی رولر

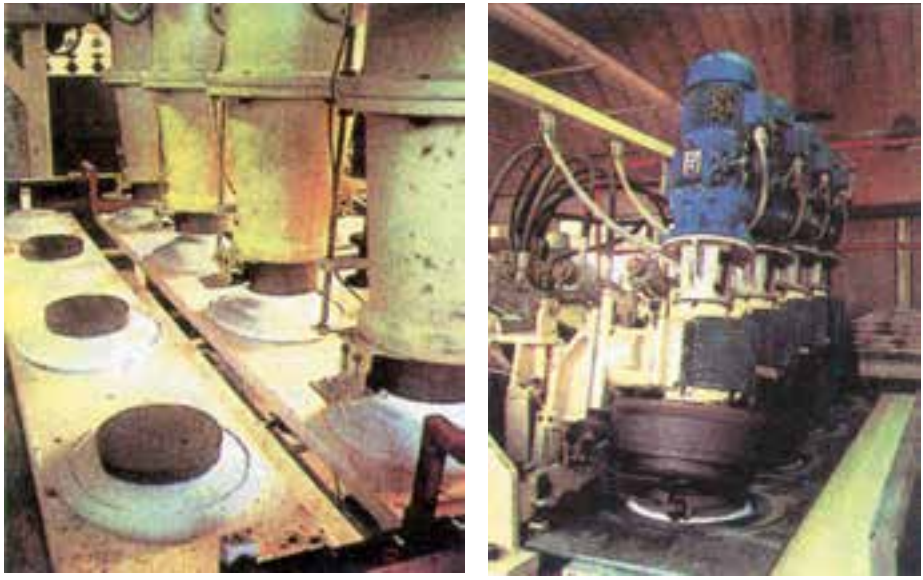
امتیاز اصلی دستگاه رولر نسبت به جیگر و جولی این است که در رولر، عمل پهن کردن و شکل دادن در یک مرحله و هم‌زمان به‌وسیله‌ی سر دستگاه صورت می‌گیرد. غالباً سر دستگاه رولر را گرم نگه می‌دارند. این عمل باعث بخار شدن بخشی از آب سطحی گل می‌شود و از چسبیدن گل به سر دستگاه جلوگیری می‌کند. دمای سر دستگاه حدود ۸۰ تا ۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است.

شکل دادن بشقاب و دیس به کمک رولر: در سی سال اخیر، به تدریج جیگر جای خود را به رولر داده است. در ابتدا رولر به منظور تولید ظروف گود طراحی شده بود، اما امروزه بهترین روش برای تولید ظروف تخت تلقی می‌شود.

قالب گچی را روی دستگاه رولر می‌گذارند و برای نگاه داشتن آن بر روی پایه‌ی دستگاه از خلأ استفاده می‌کنند. در حقیقت با مکش هوا قالب را نگه می‌دارند.

شکل ۳۶ــ۱ــ رولر تمام اتوماتیک بشقاب

چون قالب گچی متخلخل است، مکش ایجاد شده، گل را نیز بر روی سطح قالب گچی نگه می‌دارد. در این روش نیازی به پهن کردن نیست. در واقع پهن کردن و شکل دادن نهایی هم‌زمان انجام می‌شود.



شکل ۳۷ــ۱ــ دستگاه‌های رولر با چند سر برای شکل دادن

برش گل بر روی قالب گچی قرار می‌گیرد و به هنگام چرخش، سردستگاه پایین می‌آید. سرعت چرخش سر دستگاه می‌تواند بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ دور در دقیقه باشد.* پس از پایان مرحله‌ی شکل دادن، قالب از چرخش باز می‌ایستد و همراه با قطعه به سوی دستگاه خشک کن منتقل می‌شود.

شکل دادن با دستگاه‌های گردان، دارای مزیت‌های زیادی است. شاید مهم‌ترین آن‌ها ادغام دو مرحله‌ی پهن کردن و شکل دادن باشد و امتیاز دیگر، شکل دادن به محصولاتی است که سطوحی بسیار صاف و صیقلی دارند.

در مورد شیوه‌ی کار دستگاه‌های رولر، باید گفت که عموماً سر دستگاه که در حال چرخش است، پایین می‌آید و بر روی گل فشار وارد می‌کند. این عمل، در نهایت به دَوَران قالب گچی نیز منجر می‌شود. انواع دیگری از دستگاه‌های رولر را ساخته‌اند که سردستگاه آن‌ها ثابت است و این قالب گچی است که به سمت بالا حرکت می‌کند و گل را زیر فشار سر دستگاه قرار می‌دهد و باعث چرخش خود قالب نیز می‌گردد تا قطعه شکل بگیرد.

به هرحال، در بعضی از دستگاه‌ها، نیروی محرکه برای چرخش به سردستگاه و در بعضی به پایه‌ی نگهدارنده‌ی قالب گچی متصل است و بعضی هم به هنگام اتصال با گل به چرخش درمی‌آیند. در نوع سوم رولر، هم سر و هم پایه با سرعت نزدیک به یک‌دیگر به چرخش درمی‌آیند و دیسک گل بین آن دو شکل می‌گیرد.

همان‌گونه که مشاهده می‌کنید، در همه‌ی حالات، اصول کار ثابت است و طراحی‌های صنعتی با هدف افزایش کارآیی دستگاه انجام می‌گیرد و در آینده نیز ممکن است شاهد تغییرات جدیدی در ساخت این دستگاه‌ها باشیم. مهم‌ترین مزایای روش رولر عبارت‌اند از :

۱ــ بی‌نیازی از نیروی انسانی زیاد و امکان استفاده از نیروی نیمه ماهر و غیرماهر،

۲ــ استفاده از گل با رطوبت کم‌تر،

۳ــ سرعت تولید و بازده کاری بیش‌تر.

مهم‌ترین محدودیت این روش آن است که نمی‌تواند قطعات غیرمدور و پیچیده را شکل بدهد و فقط محصولاتی که مدور باشند به این روش شکل داده می‌شوند.

از دیگر ظروف تخت، دیس را می‌توان نام برد. دیس را نیز به‌وسیله‌ی رولر می‌توان شکل داد ؛ هرچند که شکل آن مدور نباشد. در یک روش خاص، «برش» گل بر روی سطح قالب گچی قرار داده می‌شود. قالب گچی در این حالت دیس را شکل می‌دهد ؛ پس سردستگاه با دَوَرانِ حول خود، هم‌چنین چرخش در مسیر بیضوی، گل را به سطح قالب می‌فشارد. این حرکت دوگانه می‌تواند یک

---

* سرعت دوران اسپیندل ۱۷۰ تا ۵۰۰ دور در دقیقه است.

دیس بیضوی را شکل دهد. در روش دیگر، سر دستگاه فقط به دور محور خود می‌چرخد و حرکت خارج از مرکز به‌وسیله‌ی پایه و قالب انجام می‌شود.

شکل دادن به فنجان و ظروف گود با دستگاه رولر: چنان که گفته شد دستگاه‌های گردان، ابتدا به منظور تولید فنجان و کاسه طراحی شده بودند، زیرا در ساخت این نوع محصولات به روش دستگاه جولی، مشکلات زیادی وجود داشته است.

سطح خارجی فنجان و کاسه در این روش با قالب گچی در تماس است و در نتیجه به صورت گود و یک تکه ساخته می‌شود. توده‌ی گل به‌صورت گلوله در می‌آید و وارد قالب می‌گردد ؛ سپس سردستگاه وارد قالب گچی می‌شود و فنجان یا کاسه را شکل می‌دهد. با انتقال قالب‌ها به سمت «خشک کن» و هم‌زمان با از دست دادن رطوبت، قطعه‌ی منقبض شده به راحتی از قالب جدا می‌شود (شکل ۳۸ــ۱).

شکل ۳۸ــ۱ــ شکل دادن به فنجان با دستگاه رولر

در این روش می‌توان از دستگاه‌های تمام اتوماتیک (شکل ۳۶ــ۱)، نیز که توانایی شکل دادن به حدود ۲۰ فنجان را در دقیقه دارند استفاده کرد. گفتنی است که در این روش، فقط به بدنه‌ی فنجان شکل داده می‌شود ؛ سپس دسته‌ی آن که از روش ریخته‌گری دوغابی یا روش دیگر ساخته شده است، به آن متصل می‌شود.

۵ــ شکل دادن با ماشین‌های تمام اتوماتیک

به‌طور کلی در صنعت،برای بهره‌وری بیش‌تر در تولید، هم‌چنین کاهش نقش نیروی انسانی، سعی می‌شود از دستگاه‌های خودکار استفاده شود. این دستگاه‌ها همراه با افزایش سرعت تولید و ارتقای کیفیت محصولات، هزینه‌ی تولید را نیز کاهش می‌دهند. انواع نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک دستگاه‌های جولی، که در تولید توانایی‌های متفاوتی دارند ساخته شده است. کارگر ماهر با دستگاه جیگر حدود ۱۰۰ قطعه در ساعت تولید می‌کند اما در یک دستگاه جیگر نیمه‌اتوماتیک این تعداد به حدود ۱۵۰ عدد افزایش می‌یابد.

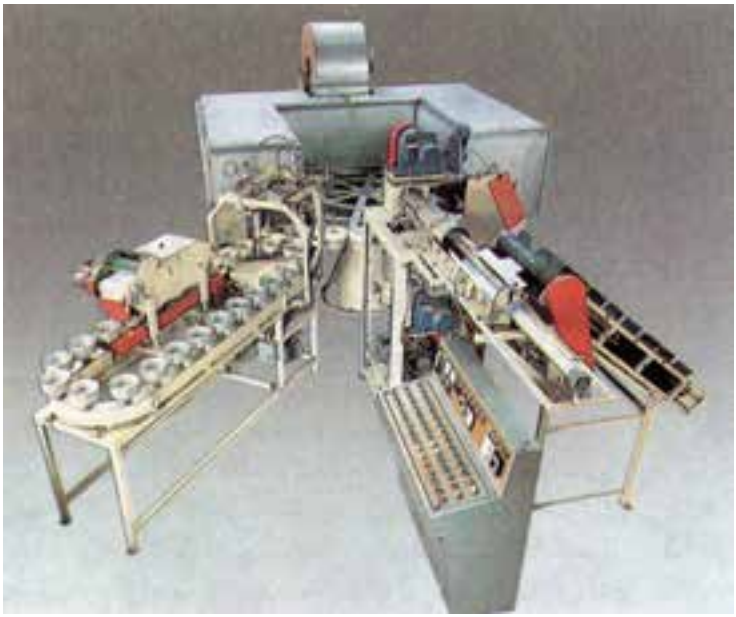
بعضی از انواع جیگرهای نیمه‌اتوماتیک، دارای یک میزگردان هستند و بر روی آن‌ها، سه، چهار یا تعداد بیش‌تری پایه، برای قرار گرفتن قالب، وجود دارد و برای شکل‌دادن به قطعه بالای هر پایه یک شابلون قرار داده شده است. برداشتن و گذاشتن قالب در این دستگاه به‌وسیله‌ی کارگر انجام می‌شود. چنین دستگاهی با ۸ سر می‌تواند تا حدود ۱۴۰۰ قطعه را شکل دهد ؛ یعنی هر سر حدود ۱۸۰ قطعه در ساعت تولید می‌کند.

یک دستگاه جیگر با یک میزگردان، حاوی ۶ پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی قالب است و عمل شکل دادن را فقط با یک سرانجام می‌دهد. هم‌زمان با چرخش میز، سردستگاه به سرعت پایین و بالا می‌رود. در این حالت، توانایی تولید دستگاه با یک سر به ۶۰۰ قطعه در ساعت می‌رسد و در مقایسه با یک دستگاه رولر با یک سر، این دستگاه بدون دخالت کارگر در هر ساعت ۶۰۰ قطعه تولید می‌کند. دستگاه‌های رولر تمام اتوماتیک با میزهای گردان و چند سر، برای شکل دادن، قابلیت‌های تولید بسیار بالایی دارند، به‌طوری که یک نوع آن‌ها حدود ۲۰ فنجان را در یک دقیقه شکل می‌دهد.

در انتها باید گفت که میزان دور ریز گل در روش رولر، کم‌تر از روش‌های جیگر و جولی است. یعنی در روش رولر، حداکثر ۲۵ درصد گل به‌صورت ضایعات خارج می‌شود و ۷۵ درصد آن، صرف ساخت محصول می‌گردد. ضمن این‌که این ضایعات می‌توانند دوباره در مسیر تولید به کار گرفته شوند.

درصد آب در حین شکل دادن

مقدار آب مورد مصرف، بستگی به نوع مواد اولیه و شیوه‌ی شکل دادن دارد. هرگاه ترکیب «آمیز» ثابت باشد و از مواد اولیه‌ی یکسانی استفاده شود، مصرف آب، با توجه به روش‌های مختلف شکل دادن، متفاوت خواهد بود.



شکل ۳۹ــ ۱ــ رولر تمام اتوماتیک فنجان

به‌طورکلی در روش‌های شکل دادن پلاستیک، مقدار آب بین ۱۸ تا ۲۲ درصد بوده است بیش‌ترین مقادیر آب مربوط به روش‌های دستی و چرخ‌کاری است. در روش جیگر و جولی مقدار آب کم‌تر است و دستگاه‌های رولر مصرف آب را به حداقل رسانده‌اند. درخور توجه است که هنگام شکل دادن به قطعه، هر چه مقدار رطوبت کم‌تر باشد، انقباض آن در خشک شدن کم‌تر و تغییر ابعاد آن نیز محدودتر می‌شود. ضمن آن که زمان خشک کردن نیز کاهش می‌یابد.

قالب: در روش‌های دستگاهی، جنس قالب از گچ است.اما انتخاب نوع گچ و نسبت گچ به آب، به‌طور مستقیم به روش شکل دادن بستگی دارد.گفته شد که درصد آب لازم برای قالب‌های جیگر و جولی، حدود ۳۰ درصد است، اما در رولر، چون استحکام قالب گچی باید بیش‌تر باشد، مقدار آب را اندکی کم‌تر از ۳۰ درصد انتخاب می‌کنند. در حالت‌های خاص برای افزایش استحکام قالب‌ها، به‌ویژه در ساخت قطعات بزرگ و پیچیده‌تر ؛ مانند مقره‌ها، می‌توان با استفاده از مفتول فلزی قالب‌ها را مسلح کرد.

قالب‌های مورد استفاده یک تکه ساخته می‌شوند. در ساخت قالب‌های گچی، تلاش مستمری وجود دارد تا بتوان با استفاده از مواد اولیه و برخوردار از خلوص و کیفیت بالا، عمر قالب‌ها را افزایش داد.

۶ــ شکل دادن به روش تراش (خراطی)

آیا تا به حال دستگاه‌های تراش فلزات را دیده‌اید؟ تراش‌کاری، روشی مهم در شکل دادن به فلزات است. این روش در ساختن بعضی از قطعات چوبی نیز به کارگرفته می‌شود و به آن «خرّاطی» می‌گویند. تکه‌ای چوب یا فلز بر روی دستگاه تراش نصب می‌گردد و هم‌زمان با چرخش به‌وسیله‌ی تیغه‌های ویژه، شکل نهایی قطعه‌ی تراشیده شده، به‌دست می‌آید. از این روش در صنعت سرامیک نیز استفاده می‌شود.

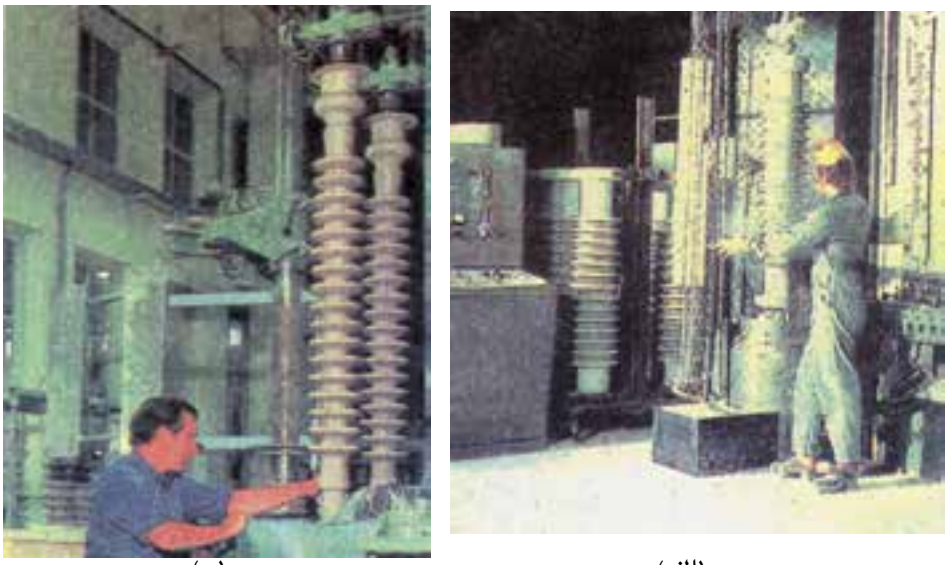
در بیش‌تر روش‌های شکل دادن پلاستیک در مرحله‌ی پرداخت، که محصول دارای استحکام نسبی است، این روش به کار گرفته می‌شود. اما با روش تراش، تنها می‌توان قطعات خاصی را شکل داد. شکل دادن با روش تراش (خراطی) به محصولات سرامیکی نیز در دو مرحله انجام می‌گیرد :

شکل ۴۰ــ۱ــ تعدادی از محصولاتی که به روش تراش شکل داده می‌شوند.

در مرحله‌ی نخست، یک ستون گل به‌وسیله‌ی اکسترودر پیش شکل داده می‌شود ؛ سپس استوانه‌های گل به‌صورت عمودی یا افقی به دَوَران درمی‌آیند و با تیغه‌هایی تراش داده می‌شوند. این کار به صورت دستی، به‌گونه‌ی خودکار یا با دستگاه انجام می‌گیرد.

بیش‌ترین کاربرد این روش، در ساخت مقره‌های فشار قوی صنعت برق است. ستون گل به‌وسیله‌ی یک شابلون به شکل مقره شکل داده می‌شود (شکل ۴۱ــ۱).

شکل دادن به روش تراش، در حالت‌های خاص به کمک استوانه‌هایی عملی می‌شود که قبلاً به‌صورت نیمه‌خشک یا خشک درآمده باشند و یا حتی پخت بیسکویت را پشت سر گذارده باشند. در این صورت، استوانه‌ی بیسکویت شده بر روی دستگاه قرار می‌گیرد و به‌وسیله‌ی ابزار و شابلون‌های تراش به شکل مطلوب درمی‌آید. بدیهی است که در این حالت جنس شابلون‌ها باید سخت‌تر باشد. به‌همین جهت آن‌ها را از جنس کاربید تنگستن و آلومینای زینتر شده می‌سازند (شکل ۴۲ــ۱).



(ب) (الف)

شکل ۴۱ــ۱ــ مقره‌ها در حال شکل‌گیری به روش تراش (خراطی)

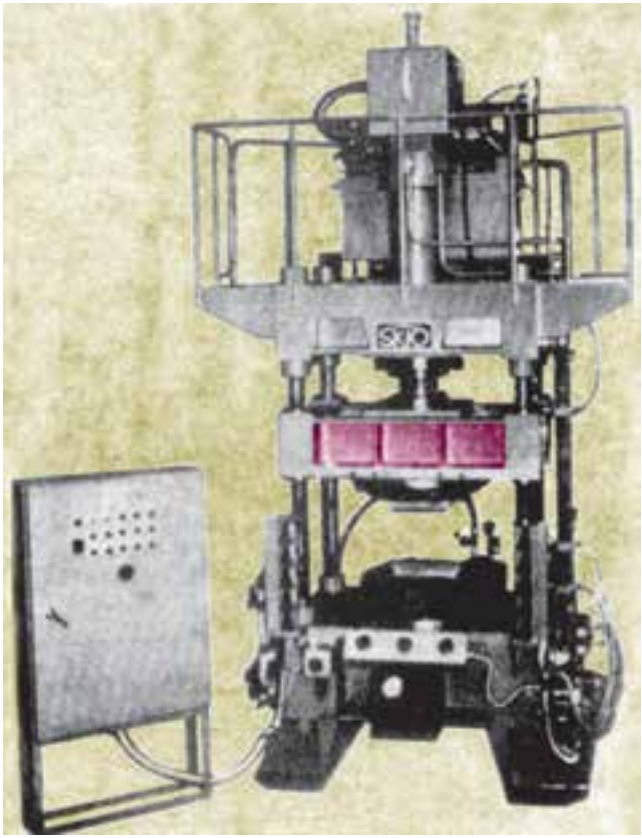
۷ــ پرس پلاستیک

در این روش،به یک توده‌ی گل پلاستیک ، با تحت فشار قرارگرفتن آن بین یک قالب دوتکه، شکل داده می‌شود. «قالب» عموماً از جنس گچ ساخته می‌شود. گرچه از قالب‌های فلزی نیز در این روش استفاده می‌گردد.

در این روش، گل را درون قالب می‌گذارند تا پرس شود. در صورت استفاده از برش گلِ حاصل شده از اکسترودر، می‌توان ابتدا آن‌ها را پهن کرد و سپس در قالب اصلی شکل داد. این عمل، به‌خصوص برای قطعات پیچیده‌تر توصیه می‌گردد زیرا بروز عیوب را در این قطعات کاهش می‌دهد.

شکل ۴۲ــ۱ــ مقره‌های بسیار بزرگ نیز به روش تراش تولید می‌شوند.

در این روش، به محصولاتی نیز، که دارای مقاطع دایره‌ای نیستند، شکل داده می‌شود. سفال‌های مواج برای پوشش سقف، بعضی از ساگارها[1] و حتی بسیاری از بوته‌های بزرگ نیز با این روش تولید می‌شوند.



شکل ۴۳ــ۱ــ دستگاه پرس پلاستیک

به‌طورکلی باید گفت که پرس پلاستیک روشی سریع و ارزان به‌حساب می‌آید و برای تولید انبوه قطعاتی که تقارن دایره‌ای ندارند و در عین حال شکل نسبتاً ساده‌ای دارند، بسیار مناسب است.

در صورت استفاده از قالب‌های گچی، با آغشته کردن قالب با محلول سود سوزآور، استحکام آن را افزایش می‌دهند.

۱ــ به قطعاتی که محصولات را برای پخت روی آن‌ها قرار می‌دهند و به کوره فرستاده می‌شوند «ساگار» می‌گویند.

عیوب روش‌های شکل دادن پلاستیک دستگاهی و شیوه‌های برطرف کردن آن‌ها

در هر یک از روش‌های شکل دادن، معایبی متناسب با وضعیت تولید آن روش‌ها بروز می‌کند. در این‌جا به چند عیب، که به نوعی در همه‌ی این روش‌ها مشترک‌اند، اشاره می‌شود :

گسیختگی: هنگامی که برش گل،به صورت پهن شکل داده می‌شود به دلیل پلاستیسیته‌ی کم، توانایی تغییر شکل پلاستیک کاهش می‌یابد و گل پاره یا گسیخته می‌شود.

این پدیده اغلب در تولید چینی استخوانی[1] که درصد مواد پلاستیک آن کم است، مشاهده می‌شود. اگر در این حالت نتوان آمیز را تغییر داد با پاشیدن آب (اسپری) در مراحل مختلف کار می‌توان از بروز این عیب جلوگیری کرد. هم‌چنین در این وضعیت و در روش جیگر، باید تیغه‌ی فلزی را کم‌کم بر روی گل فشار داد. یا در رولر، سردستگاه و در روش تراش، شابلون باید به آهستگی به گل نزدیک شود تا شکل‌دهی صورت گیرد.

افزایش پلاستیسیته‌ی گل، پاشیدن به موقع آب، تنظیم سرعت دستگاه و دقت در مرحله‌ی شکل دادن، عواملی هستند که این معایب را برطرف می‌کنند یا امکان بروز آن راکاهش می‌دهند.

جهت‌دار شدن ذرات رُسی: از مهم‌ترین عیوبی که در شکل دادن پلاستیک دستگاهی می‌توان نام برد جهت‌دار شدن ذرات است. بروز این عیب در اغلب روش‌ها مشترک است. همان‌گونه که می‌دانید، ذرات رس، شکل ورقه‌ای (صفحه‌ای) و لایه‌ای دارند ؛ از این رو ممکن است این لایه‌ها هنگام شکل دادن با یک‌دیگر هم‌جهت شوند و به صورت موازی روی هم قرار گیرند، در نتیجه مشکلاتی در کار ایجاد می‌کنند، زیرا هنگامی که ذرات هم‌جهت شوند، درمرحله‌ی خشک کردن انقباض جهت عمود بر لایه‌ها ــ به علت خروج آب بین لایه‌ها ــ از جهات دیگر بیش‌تر می‌شود و همین سبب بروز انقباض غیریک‌نواخت می‌گردد ؛ یعنی، محصول در یک جهت میل بیش‌تری به انقباض دارد. در این حالت، ممکن است کاسه یا بشقاب تاب بردارد و در حالات شدیدتر، ترک بخورد.

(ب) (الف)

شکل ۴۴ــ۱ــ جهت‌دار شدن ذرات رُسی

۱ــ چینی استخوانی (Bone china) نوعی چینی است که قسمت اعظم مواد اولیه‌ی آن را استخوان تشکیل می‌دهد.

شدت بروز این عیب در هر روش تفاوت می‌کند و به چندین عامل بستگی دارد. پلاستیسیته، درصد رطوبت، هواگیری مناسب هنگام ساخت استوانه‌ها در مرحله‌ی پیش شکل دادن، چگونگی پهن کردن گل و سرعت دَوَران دستگاه، از عواملی هستند که در برطرف کردن این معایب مؤثرند و با بررسی دقیق می‌توان تأثیر هر یک را شناخت و برای برطرف کردن آن عیوب به موقع وارد عمل شد.

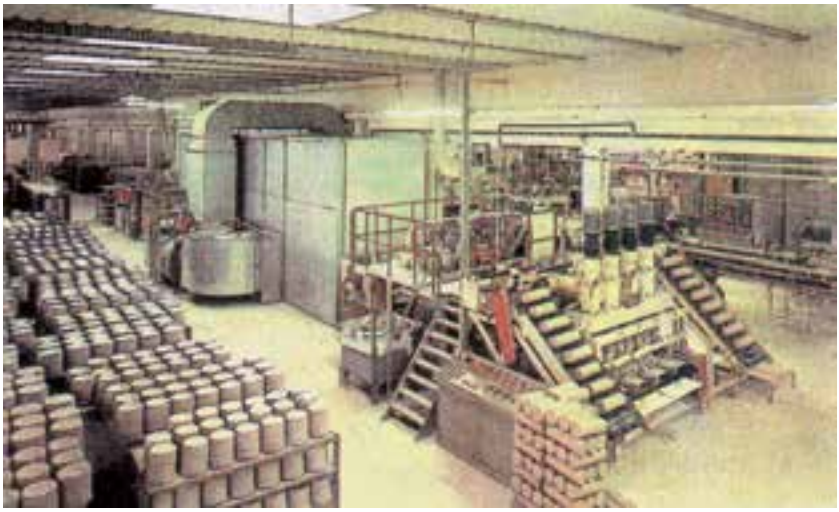
بهترین روش تولید محصولات متقارن

امید است با روش‌های شکل دادن پلاستیک دستگاهی، به‌خوبی آشنا شده باشید. حال باید پرسید که بهترین روش تولید هر محصول کدام است؟ با توجه به مطالب قبلی، بهترین روش تولید بشقاب، فنجان و کاسه استفاده از دستگاه‌های گردان یا رولر است.

زیرا اولاً تولید آن‌ها عموماً یک مرحله‌ای است و کم‌تر به پهن کردن گل نیازمندند ؛ ثانیاً سطح محصولات صاف و صیقلی‌تر است ؛ ثالثاً سرعت تولید این روش، نسبت به جیگر و جولی بالاتر است.

در ساخت مقره‌های ستونی بزرگ، روش تراش متداول‌ترین و مطلوب‌ترین روش تولید به‌شمار می‌رود. مقره‌های بشقابی کماکان به روش رولر تولید می‌شوند.

هم‌چنین از روش تراش در ساخت محصولات پیچیده‌تر و خاص می‌توان استفاده کرد. در انتها ذکر این نکته لازم است که تقریباً همه‌ی قطعاتی که به روش‌های دستگاهی تولید می‌شوند، دارای شکل متقارن هستند و تنها در پرس پلاستیک امکان ساخت محصولاتی غیر متقارن وجود دارد. از طرف



شکل ۴۵ــ۱ــ بخش شکل دادن پلاستیک دستگاهی یک کارخانه‌ی چینی مظروف

دیگر، بعضی از محصولات ذکر شده در این بخش، با دیگر روش‌ها نیز تولید می‌شوند ؛ برای مثال شکل دادن دیس بیش‌تر به روش ریخته‌گری دوغابی انجام می‌شود و یا روش‌های نوینی برای شکل دادن به بشقاب تعریف شده که به تدریج جای روش‌های قبلی را گرفته‌اند.

پرسش‌های فصل اوّل

۱ــ شکل‌دهی پلاستیک سرامیک‌ها را طبقه‌بندی نمایید.
۲ــ چرا روش دست و قالب هنوز هم متداول است؟
۳ــ مراحل شکل دادن با چرخ کوزه‌گری را شرح دهید.
۴ــ پلاستیسیته چیست؟
۵ــ انواع اکسترودرها را نام ببرید.
۶ــ نحوه‌ی کار پاگمیل را توضیح دهید.
۷ــ دو نقش اکستروژن در شکل دادن سرامیک‌ها را بیان کنید.
۸ــ چه محصولاتی با اکستروژن تولید می‌شود؟
۹ــ دستگاه اکسترودر چگونه کار آماده‌سازی گل را انجام می‌دهد؟
۱۰ــ عیوب اکستروژن را نام ببرید.
۱۱ــ تَرَک S شکل چیست؟ چگونه به‌وجود می‌آید؟ راه برطرف کردن آن را بنویسید.
۱۲ــ روش جیگر را کاملاً شرح دهید.
۱۳ــ چه تفاوتی بین روش جیگر و جولی وجود دارد؟
۱۴ــ مراحل ساخت بشقاب به‌وسیله‌ی جیگر را شرح دهید.
۱۵ــ شکل دادن به‌وسیله‌ی رولر چگونه انجام می‌شود؟
۱۶ــ مزایای رولر در مقایسه با جیگر و جولی چیست؟
۱۷ــ روش تراش چیست و چه محصولاتی را به این روش شکل می‌دهند.
۱۸ــ نحوه‌ی کار پرس پلاستیک را توضیح دهید.
۱۹ــ جهت‌دار شدن ذرات رسی چیست؟
۲۰ــ بهترین روش تولید خشت، فنجان، مقره، بشقاب وگلدان چیست؟