فصل چهارم

روش‌های پیشرفته ریخته‌گری

جلسه بیست و یکم

برای تدریس این قسمت ابتدا سؤالاتی نظیر اینکه شمش به‌چند دسته تقسیم می‌شود، تفاوت شمش نوردی با ریخته‌گری چیست؟ شمش‌های ریخته‌گری به‌چند روش تولید می‌شوند؟ و در طراحی شمش‌ها به‌چه نکاتی باید توجه کرد؟ اندازه وشکل شمش‌ها به‌چه‌صورت می‌تواند باشد؟ سپس بعد از آمادگی اولیه به‌ارائه مطالب پرداخته شود.

شمش به‌قطعاتی با اشکال هندسی ساده می‌گویند که به‌منظور شکل‌دهی از طریق عملیات مکانیکی یا ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرند. و به دو گروه تقسیم می‌شوند از لحاظ کاربردی.

الف) شمش‌های ریخته‌گری

ب) شمش‌های نوردی

شمش‌های ریخته‌گری

شمش ریخته‌گری توضیح داده شود و در صورت داشتن فیلم از نحوه تولید نشان داده شود؟

شمش ریخته‌گری به‌چه صورت تولید می‌شود؟

مکانیسم ماشین‌های شمش‌ریزی عبارت است از:

الف) انتخاب نوارنقاله و تنظیم سرعت حرکت از نظر زمان لازم برای دورهٔ بارگیری، انجماد قطعه از محل بارگیری تا تخلیه و کاهش دمای قالب و آمادگی مجدد برای بارریزی.

ب) تعبیه سیستم باردهی مداوم از کوره یا از نگهدارنده که باردهی با سرعت مناسب انجام گیرد و حداقل هزینهٔ حمل و نقل برآورده شود.

ج) تعبیهٔ سیستم خنک‌کنندگی قالب به‌منظور تسریع در انجماد مذاب و آمادگی مجدد قالب برای بارگیری.

د) تعبیه سیستم انتقال شمش از محل تخلیه به‌انبار با استفاده از نوار نقاله و تأمین حداقل نیروی انسانی لازم.

شمش‌های نوردی

برای تدریس این قسمت از کتاب با توجه به‌تصاویر، ابتدا شمش‌های نوردی را از نظر شکل ظاهری و کاربرد و روش‌های تولید تقسیم بندی کنید. به‌عنوان مثال (فرق ورق با بیلت چیست؟) هرکدام چه کاربردی دارند؟ به‌چه روش‌هایی تولید می‌شوند و در ادامه تاریخچه شمش‌ریزی مداوم گفته شود.

تاریخچهٔ تحولات در مداوم‌ریزی

مداوم‌ریزی رشته‌ای جدید در صنایع ریخته‌گری و ذوب محسوب می‌شود و آغاز تاریخ آن عموماً به‌زمان «هانری بسمر» Bessemer و سال ۱۸۴۶ مربوط می‌شود. طرح بسمر براساس بارریزی در بین دو غلتک آبگرد و بیرون‌کشی ورق یا تسمه قرار داشت. طرح بسمر، ترکیب و تلفیقی از ریخته‌گری و نورد است و بدین‌گونه بسمر در مقیاس کوچک تولیدی به‌تهیه ورق دست یافت که از نظر اقتصادی و تجهیزات تولیدی زمان خود نمی‌توانست مورد توجه قرار گیرد.

روش بسمر در سال ۱۸۷۲ به‌وسیلهٔ W.Wiknson و Ge.Taylor و در سال ۱۸۷۴ به‌وسیلهٔ Goodale J با طرح ماشین تسمه‌ای و بارریزی در فاصلهٔ بین دو نوار فولادی دچار تغییر گردید و در سال ۱۸۸۵ توسط Lyman به‌بارریزی بین تسمه و غلتک (فولادی) تبدیل شد، در سال ۱۸۷۹ توسط Taskerروش جدیدی را که به‌جای تولید ورق و تسمه به‌تولید شمشال و تختال می‌انجامید پایه‌گذاری کرد که از آن به‌عنوان اولین نمونه‌های شمش‌ریزی حقیقی یاد می‌شود. در این روش مذاب در یک قالب باز با سیستم آبگرد ریخته شده و بارریزی و بیرون‌کشی قطعه توأم انجام می‌گیرد. روش تاسکر توسط دیگران و از جمله Trots در قرن نوزدهم و توسط jonghouns و Rossi و kondic و walone در سال‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۵۰ تعقیب و اصلاحیه‌هایی یا تغییراتی در آن به‌وجود آمد که امروزه تحت عنوان شمش‌ریزی مداوم و نیمه مداوم یکی از مهم‌ترین روش‌های تولید شمش را دربر می‌گیرد.

در سال ۱۸۹۸ H.W.lash روش جدید شمش‌ریزی مستقیم از کوره را ابداع کرد که توسط Eldred و بسیاری دیگر از پژوهشگران تعقیب گردید. این روش تحت‌عنوان شمش‌ریزی بسته یا افقی Closed Mould c.c مورد استعمال قرار گرفته است. تاریخچهٔ مختصر فوق نمایانگر آن است که فقط تا سال ۱۹۰۰ تکنیک و روش‌های متفاوتی در مداوم‌ریزی پدید آمده است و تکامل و گسترش تکنیک و روش آن هنوز ادامه دارد، مجموعه روش‌های موجود را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی نمود:

۱ـ مداوم‌ریزی در قالب‌های متحرک و دوار تسمه‌ریزی روش‌های بسمر لیمال و... .

۲ـ مداوم در قالب‌های ثابت باز با سیستم آبگرد و عموماً خنک‌کنندگی ثانویه که شمش‌ریزی در قالب و یا به‌اختصار شمش‌ریزی مداوم نامیده می‌شود.

روش‌های تاسکر و تروتس و...

۳ـ مداوم‌ریزی در قالب‌های ثابت بسته که قالب در قسمت تحتان کورهٔ ذوب قرار گرفته است. روش‌های Atha. Eldred

۴ـ روش مستقیم با بیرون کشیدن ورق میله از پاتل مذاب روش Lash و... باید توجه داشت که گروه‌بندی فوق پایان یافته نیست و به‌گونه‌ای در آخر همین فصل اشاره خواهد شد. روش‌های جدید دیگری نیز در تولید به‌کار می‌رود که هنوز وسعت کافی نیافته‌اند علاوه بر آن هریک از گروه‌های چهار گانه فوق خود نیز به‌دسته‌های کوچک‌تر تقسیم شده‌اند که به‌طور اختصار و در حد یک شناسایی مقدماتی معرفی می‌شوند.

مداوم‌ریزی در قالب‌های متحرک (تسمه‌ریزی)

این روش را که باید به‌عنوان مادر صنایع مداوم‌ریزی دانست با طرح بسمر آغاز گردید و اینک تحول فراوان یافته است و دسته‌های متعدد و مجزایی به‌وجود آمده که از نظر مکانیسم سردکنندگی و قالب و زمینه‌های کاربردی تفاوت‌هایی را یافته‌اند. تقسیم‌بندی زیر بر اساس نوع قالب متحرک و ریختن مذاب در فاصلهٔ

دو غلتک	Rolls
دو تسمه	Endless Belt
دو نوار مفصلی	Moving split mould
تسمه و غلتک (چرخ)	Belt and grooved roll

انجام یافته است از طرف دیگر با توجه به‌آنکه محصول کار این ماشین‌ها عموماً به‌صورت نهایی ورق، تسمه و گاه مفتول عرضه می‌گردد، ازنظر دستگاه‌ها نیز می‌توان این گروه را به‌دو دستهٔ بزرگ ماشین‌های ریخته‌گری نواری ـ تسمه‌ریزی و ماشین‌های نورد بدون شمش دسته‌بندی کرد در هر دو صورت شناسایی انواع روش‌ها به‌ایجاد و ابداع طرح‌های جدید و یا کاربرد طرح‌های موفق خواهد انجامید که در این کتاب دسته بندی نوع اول بررسی خواهد شد.

دستهٔ اول : نورد بدون شمش یا تسمه‌ریزی بین دو غلتک

بسمر در سال ۱۸۴۶ طرحی را مبنی بر بارریزی مداوم بین دو غلتک ارائه کرد که ازنظر شرایط تکنولوژیکی و کمبود سیستم‌های کنترلی مورد توجه واقع نشد و بسمر نتوانست بر مشکلاتی که در جریان تولید به‌وجود می‌آورد فائق آید یا آنها را توجیه کند.

نکات حائز اهمیت در طرح بسمر عبارت‌اند از:

الف) روش بارریزی فوقانی درفاصله بین دو غلتک

ب) دو غلتک فولادی که میان آنها آب جریان دارد و افزایش سرعت سرد کردن باعث تشکیل سریع پوستهٔ جامد اولیه می‌گردد.

پ) بیرون‌کشی تسمه که توسط حرکت غلتک‌های اولیه و غلتک‌ها و چرخ‌های ثانویه انجام می‌گیرد.

غلتک‌های ثانویه در گسترش‌های بعدی می‌تواند عمل نورد و کاهش ضخامت تسمه را نیز انجام دهد. غلتک‌های اولیه که عملاً نقش قالب را برعهده دارند از فولاد انتخاب می‌شوند و بدیهی است که محاسبات متالورژیکی و مهندسی طرح این غلتک‌ها نسبت به‌غلتک‌های نورد تمایزات و اختلافات ویژه‌ای را دارا هستند که اهم وجوه تمایز آنها عبارت است از :

۱ـ انتخاب مواد مناسب آلیاژی از نظر مقاومت در مقابل مادهٔ مذاب و کاهش احتمال خوردگی و فرسودگی ترکیبی.

۲ـ مقاومت کافی در مقابل نوسانات حرارتی و خستگی حرارتی به‌دلیل آنکه پوسته غلتک همواره از یک طرف با مذاب و درجه حرارت نسبتاً بالا و از طرف دیگر با آب جاری در تماس است.

۳ـ تحمل نیروی کمتر، به‌دلیل آنکه تغییر شکل فلز مذاب یا خمیری همواره نیروی کمتری لازم دارد و در نورد معمولی، تغییر شکل جامد، فشار بیشتری را بر غلتک اعمال می‌کند.

در سال ۱۸۹۰ E.norton و J.Hodgson کوشش‌های وسیعی را آغاز کردند که با تغییراتی در سیستم بارریزی و طرح جدیدی از غلتک‌ها و محاسبهٔ شکاف بین آنها همراه بود و این کوشش‌ها نیز به‌دلایل نارسایی‌های فراوان با موفقیت روبه‌رو نگردید. نیاز به‌ورق و تسمه و احتیاج روز افزون به‌محصولات تمام شده یا نیمه تمام آهنی و غیرآهنی در طول و پس از جنگ جهانی اول باعث گردید که این طرح مجدداً مورد مطالعهٔ جدی قرار گیرد. G.Hazelett در سال‌های ۱۹۳۶ و ۱۹۳۵ طرح عملی خویش را مبنی بر تولید فلزات غیرآهنی اجرا کرد و بعدها همین طرح را با تغییراتی به‌منظور تهیهٔ ورق و تسمه فولادهای کربنی نیز به‌کار برد در این تهیه حلقه عمودی از فولاد کرم‌دار و به‌قطر تقریبی ۶ متر همراه با دو غلتک فولادی افقی عمل شکل دادن و بیرون کشی تسمه را انجام می‌دهند یکی از غلتک‌ها نگاه دارنده و دیگری گردنده است و به‌سهولت قابل خارج شدن و جاگذاری حلقه و تسمه است. سرعت دوران برابر ۱۵۰میلی‌متر بر دقیقه (×) انتخاب شده بود و «هازلت» با این ماشین تسمه‌هایی از مس، برنج و فولاد سیلیسی به‌ضخامت ۰/۴ میلی‌متر و عرض ۷۵ میلی‌متر تولید نمود که بنا به‌گزارش او سطح تمام شده بسیار خوب و جدایش در آنها مشهود نبود.

جالب توجه است که طرح «هازلت» توسط یک آمریکایی به‌نام J.M.Merle که در این زمینه مشغول تحقیقات بود به‌کمپانی‌هایی فروخته شد و هنگامی‌که‌هازلت از ادعای خود نسبت به‌حقوق طرح، طرفی نسبت مطالعه بر روی آن را که در مقیاس صنعتی با مشکلاتی نیز روبه‌رو بود کنار نهاد و درمورد روش‌های دیگر به‌مطالعه و تحقیق پرداخت. در شوروی نیز از سال ۱۹۳۶ این طرح مورد توجه

قرار گرفت و واحد تولیدی novo kramalor به‌منظور تولید انواع تسمه و ورق‌های فولادی در سال ۱۹۳۷ رسماً گشایش یافت در همین سال نیز Uliturtski امکان تولید ورق‌های چدنی را اعلام کرد. جدیدترین و متحول ترین تغییرات در طرح بسمر در سال ۱۹۵۷ به‌وسیله کمپانی Hunter - Eng - Regular به‌عمل آمد و به‌وسیله این طرح ورق‌های آلومینیوم به‌ضخامت ۶ میلی‌متر و به‌عرض تا یک متر و با سرعت تولیدی حدود ۰/۵ تا ۱/۵ متر در دقیقه تولید گردید، این طرح به‌دلیل روش بارگیری از زیر و معکوس و از نظر مدل انجماد و کنترل نیروهای وارد بر پوستهٔ اولیه نسبت به‌ماشین‌های قبلی متمایز است. (شکل ۶ـ۸ الف). این طرح بعدها نیز تغییراتی یافت و در ایران نیز با روش بارریزی افقی و تحت زاویهٔ ۱۵ درجه در صنایع تولید ورق و زرورق Foil آلومینیوم مورد استفاده قرار گرفته است. (۶ـ۸ ب). در این ماشین محصول بریده نمی‌شود و در حول قرقره مناسب پیچیده می‌شود.

دستهٔ دوم: تسمه‌ریزی بین دو نوار (تسمه): این طرح را که می‌توان به‌نام Goodale نامید در سال ۱۸۷۴ اعلام گردید، بار مذاب در یک مسیر افقی در فاصله بین دو تسمه نقاله فولادی ریخته می‌شود و تسمهٔ حاصل در همان مسیر احتمال نورد گرم را دارد. طرح فوق نیز نتوانست موفقیت مناسبی کسب نماید و تا سال ۱۹۳۷ کاربرد عملی نیافت، در این سال دو نفر روسی به‌نام Y.Grudin و E.Frolov ماشین خود را براساس طرح فوق و با تغییرات عمده‌ای ارائه کردند که از ۴ نوار تسمه که با آب فشان سرد می‌شوند تشکیل می‌گردید.

بالاخره در سال‌های ۱۹۴۵، Hazelett در آمریکا در دنباله مطالعات متعدد خود برروی تهیه ورق‌های آلومینیوم و Goldoblin در شوروی توانستند از این روش و با تکامل آن، ورق شمش آلومینیوم به‌ضخامت ۶ تا ۲۲۵ میلی‌متر و سپس ورق‌های نازک‌تر از مس و حتی فولاد را تهیه نمایند. تسمه‌های فولادی، به‌وسیله تعداد غلتک شکل مناسب را یافته و تسمهٔ ریختگی حاصل نیز متعاقباً به‌وسیله غلتک‌های فشاری نورد شده و با اندازه و ضخامت دقیق و کنترل شده تولید می‌گردند، در این ماشین‌ها، عموماً از چند غلتک نگاهدارنده استفاده می‌شود و محصول پس از نورد فشاری اولیه در قرقره پیچیده و برای مراحل بعدی آماده می‌شود.

ارزشیابی پایانی جلسهٔ بیست و یکم

برای تکمیل این کار برگ ابتدا آن را از کتاب درسی تکثیر نموده و در اختیارهنرجویان قرار دهید و پس از اینکه هنرجویان کاربرگ را تکمیل کرد نمره خود را طبق یادداشت‌های نظارتی که در طول روز تهیه کرده‌اید تکمیل کرده و در کار پوشه هنرجویان ثبت کنید.

کار برگ ارزشیابی پایان جلسه بیست و یکم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	بلی	خیر
تعریف شمش را متوجه شدم.		
تفاوت شمش‌های ریختگی و نوردی را می‌دانم.		
مکانیزم ماشین‌های شمش ریزی را یاد گرفتم.		
روش‌های تولید شمش‌های ریخته‌گری را متوجه شدم.		
کاربرد شمش‌ها را از نظر کاربری می‌دانم.		
نکات لازم در طراحی شمش و اندازه شمش‌های ریختگی را می‌دانم.		

ارزشیابی توسط هنرآموز		
مؤلفه‌های ارزشیابی	بارم	نمرهٔ دریافتی
تعریف شمش را می‌داند.	۳	
تفاوت شمش‌های ریختگی و نوردی را می‌داند.	۳	
مکانیزم ماشین‌های شمش ریزی را یاد گرفته است.	۳	
روش‌های تولید شمش‌های ریخته‌گری را می‌داند.	۳	
کاربرد شمش‌ها را از نظر کاربری می‌داند.	۳	
نکات لازم در طراحی شمش‌ها را متوجه شده است.	۳	
صحت نمره خود ارزیابی هنرجو	۲	
جمع	۲۰	

جلسه بیست و دوم

دسته سوم : میله‌ریزی مداوم: این روش هر چند که به‌وسیلهٔ A.Mattes و H.W.Lash در سال‌های ۱۸۸۵ پایه گذاری گردید ولی تا سال‌های ۱۹۲۰کاربرد صنعتی پیدا نکرد. Mellen در سال‌های ۱۹۱۳ تا ۱۹۲۵ موفق گردید که میله‌ریزی مداومی از برنج و با قطرهای حدود ۲۰ تا ۳۵ میلی‌متر را ابداع نماید و در نتیجه به‌نام وی مشهور گشت، طرح اولیه متعلق به Lash و Mellen ، نشان داده شده است. قالب‌های دو تکه از چدن و با ابعاد۱۳۲× ۱۲۵×۷۵ میلی‌متر برروی نوار زنجیر نصب می‌گردند. دونیمه قالب به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که درحد اتصال مقطع کامل شمش یا میله مورد نظر را نمایان سازند مذاب در داخل محفظه قالب ریخته می‌شود و قالب و فلز مذاب تؤاماً حرکت کرده و در قسمت انتهایی و پس از انجماد، میله قالب‌ها باز شده و میله خارج می‌گردد.

مشکلات اساسی این روش در جفت نشدن کامل قالب‌ها و دوام کم آنها در اثر تغییرات حرارتی گزارش شده است، از نظر متالورژیکی نیز این روش بر شمش‌ریزی تک باری امتیاز ویژه‌ای ندارد زیرا انجماد دقیقاً در قالب انجام گرفته و هیچ‌گونه نیرو یا انرژی اضافی بر گسترش انجماد تأثیر نکرده است هرچند طرح از نظر متالورژیکی خصوصیات بارزی را دربر نداشت، ولی به‌دلیل اقتصادی و تولیدی، محققین بسیاری این روش را دنبال کردند. در سال ۱۹۳۰ نیز یک فرانسوی به‌نام Chantrain موضوع استفاده از هوای جامد را به‌عنوان قالب در این روش مطرح کرد که تاکنون درحد یک عقیده باقی مانده است. Akopoff در سال ۱۹۳۳ ماشین میله‌ریزی خود را براساس جفت شدن اتوماتیک دو نیمه قالب طراحی کرد که این اصل بعدها توسط Hunter_Douglasمورد استفاده قرار گرفت.

در هرحال، طرح اقتصادی و عملی در این سیستم در حدود سال‌های ۱۹۵۰به‌وسیله Hunter ، ابداع گردید و در مدت کوتاهی به‌طرح Hunter_ douglasمشهور شد (شکل ۱۰ـ۸)، در این ماشین قالب‌ها از چدن‌های حرارتی انتخاب گشته و هر قسمت قالب دارای سیستم آبگرد درونی بوده و علاوه بر آنها، جفت شدن قالب‌ها به‌طور اتوماتیک انجام می‌گردد. با توجه به‌ظرفیت ذوب، می‌توان چیدن ردیف قالب را در یک ماشین نصب کرده و در یک زمان به‌تولید زیادی دست یافت. این روش در آلومینیوم‌ریزی و برنج‌ریزی بیشترین موارد استعمال را یافته است.

دستهٔ چهارم: مداوم‌ریزی (تسمه و میله) بین غلتک و تسمه: سالیان متمادی، تولیدکنندگان «مفتول لحیم» از ریختن مذاب در شکاف قالب‌های گردان استفاده می‌کردند، Lyman و Ellacott اولین کسانی بودندکه روش مداوم ریز میله را با استفاده از حرکت تؤام غلتک و تسمه توصیه کردند، ولی تا سال‌های ۱۹۴۰ـ۱۹۳۷

این روش هیچ‌گونه کاربرد صنعتی و عملی پیدا نکرد. در روش‌های ابتدایی یک چرخ شیاردار با استفاده از نیروی دورانی به‌عنوان قالب به‌کار می‌رفت که عملاً با توجه به‌تولید میله‌های به‌قطر ۱۲ تا ۱۰۰ میلی‌متر و به‌طول ۱/۵ متر، می‌توانست مشمول شرایط مداوم‌ریزی باشد.

در سال‌های ۱۹۴۹ـ۱۹۴۵ Properzi ایتالیایی، Pechiney فرانسوی و مرکز آزمایش‌های آلومینیوم در انگلستان، ماشین‌های مداوم‌ریزی برای ساختن میلگرد و میله‌های سرب و روی ابداع کردند که به‌سرعت برای آلومینیوم، مس و حتی فولاد نیز بکار رفت.

قالب متشکل از یک چرخ شیار دار و یک تسمهٔ دوار فولادی است که بر روی ۲ یا سه غلتک متکی شده است. از اتصال و جفت شدن تسمه و شیار، شکل مقطع میله یا مفتول ساخته می‌شود چرخ شیاردار دارای مکانیسم آبگرد درونی است و تسمه نیز با آب خنک می‌شود. با تغییر مقطع شیار می‌توان تسمه و نوارهایی به‌عرض ۳۰ سانتی‌متر و ضخامت ۵ تا ۴۰ میلی‌متر نیز تولید کرد.

واحد بارریزی
تسمهٔ دوار فولادی
تیغه برای جدا کردن محصول از قاب (شیار)
قاب مسی چرخ
تسمهٔ دوار
میلهٔ ریخته شده

نوار میلهٔ آماده برای برش یا قرقره پیچی: جدا از مسائل عمومی طراحی و ساخت ماشین و امکانات تولیدی که وجوه متمایز دسته‌های چهارگانه ماشین‌های تسمه‌ریزی و نورد شمش را در برمی‌گیرد، کیفیت متالورژیکی و ساختاری انواع قطعات تولید شده در این روش‌ها متفاوت است.

در ماشین‌های دسته اول و به‌عبارت دیگر ماشین‌های غلتکی نورد بدون شمش، به‌همانگونه که از متن استنباط می‌شود، مشکلات فراوانی وجود داشته که اینک بسیاری از آنها مکشوف و حل گردیده‌اند. انتخاب مواد مناسب برای غلتک‌ها به‌دلیل تماس مستقیم با مذاب و نوسانات حرارتی، فرسودگی سریع آنها و نیازمندی به‌تعمیر و تعویض و سرعت تولیدی نسبتاً کم (حدود ۴۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر دقیقه) از اهم مشکلات تکنولوژیکی محسوب می‌شوند.

کیفیت ساختاری، انواع تسمه و ورق در روش بسمر، عموماً مطلوب‌تر و بهتر از روش‌های کلاسیک تهیهٔ شمش و تولید ورق می‌است، علاوه بر آن مشکلات ناشی از انقباضات مک‌های گازی و جدایش‌های ترکیبی به‌حداقل ممکن می‌رسد. سرعت انجماد، همراه با اعمال فشار بر تسمه و یا ورق جامد و نازک بودن نسبی محصول

باعث می‌گردد که ساختار ریز و تقریباً همگن در تمام ضخامت تسمه به‌وجود آید و هرچه ضخامت کمتر باشد، همگنی ساختاری بیشتر می‌گردد، سرعت انجماد همچنین باعث افزایش ضخامت پوستهٔ تبریدی گردیده و رشد دانه‌ها را محدود می‌سازد از طرف دیگر نتایج تجربی، عیوبی را در این قطعات ثبت کرده است که شامل ترک‌های سطحی، ضخامت غیر یکنواخت، آخال‌های سطحی و زخمه «scab» می‌باشند که مهم‌ترین آنها ترک‌های سطحی است که از توزیع ناهموار درجه حرارت و توزیع ناهمگن مذاب در سطح غلتک ناشی می‌شوند. در سیستم‌های افقی، اعمال فشار از دو طرف غلتک برابر نیست و در نتیجه ساختار دانه‌ها در قسمت‌های فوقانی و تحتانی تفاوت‌هایی را داشته اند که درصورت کاهش ضخامت تسمه به‌کمتر از ۱۰ میلی‌متر ناهمگنی فوق به‌حداقل کاهش یافته یا اصولاً حذف می‌شود.
فشار اعمال شده نیز باعث بروز برخی عیوب نظیر ترک، زخمه و موییننگی (Fin) قطعه می‌گردد که با محاسبه و کنترل فشار در بارریزی می‌توان آنها را کاهش داد. توزیع هرچه وسیع‌تر و یکنواخت‌تر مذاب، به وسایل مختلف نظیر ناودانک به‌طول مساوی با عرض تسمه و بهره‌گیری از روش‌های پا لایه و روبه‌گیری در پیاله بارریز می‌تواند کلیهٔ عیوب را تاحد بی‌ضرر تقلیل دهد. در هرحال ساختار میکروسکوپی و ماکروسکوپی تسمه‌های فولادی نشان می‌دهد که اندازهٔ دانه‌ها در منطقه تبریدی و جداری با منطقه مرکزی برابر نیستند.
Hazellet اظهار می‌دارد که به‌منظور حذف ناهماهنگی و ناهمگنی‌های ساختاری و ترکیبی بهترین روش آن است که فلز مذاب بر روی یک سطح بسیار سرد ریخته شود (به‌حلقهٔ فولاد در طرح هازلت توجه شود) و زمان و سرعت به‌گونه‌ای انتخاب شود که بیشترین ضخامت قطعه بر این سطح جامد شود و غلتک‌ها فقط قسمت مغزی را تحت فشار قرار دهند و منجمد سازند. لازم به‌تذکر است که طرح Hazllet در رقابت‌های تولیدی نتوانست موفقیت زیادی کسب نماید.
مشخصات فوق برای تمام دسته‌های دیگر گروه ماشین‌های تسمه‌ریزی مداوم، از نظر انتخاب مواد، کنترل انجماد و کنترل ساختاری به‌همان نسبت وجود دارد. بسیاری از مشکلات متالورژیکی و تولیدی در ماشین‌های جدید مرتفع شده است. اجزای کمکی، ناودانک‌های مناسب، کنترل اتوماتیک جریان بارریزی و سایر کنترل‌های دقیق توانسته است که بهره‌گیری از این ماشین‌ها را در تولید ورق‌های فلزات غیرآهنی و بخصوص آلومینیوم و میله‌های برنجی و برای تهیهٔ انواع ورق‌های فولادی و فولادهای آلیاژی گسترش دهند.

قالب ساکن (باز) «شمش‌ریزی»

گردش فرایند شمش‌ریزی و استفاده از قالب‌های کوچک روباز در جهت تولید انواع شمش، شمشال و تختال را هرچند با تشابهات فراوان و اصول یکسان، می‌توان در زمینه کاربرد آنان برای فلزات غیر آهنی و آلیاژهای آهنی دسته‌بندی کرد. باید توجه

داشت که عموم روش‌هایی که به‌مداوم‌ریزی منجر شده‌اند اغلب درمراحل اول بر روی فلزات غیرآهنی و به‌خصوص فلزات زود ذوب آزمایش گردیده و سپس برای فلزات دیرذوب و فولادها تعمیم یافته‌اند به‌عبارت دیگر مداوم‌ریزی درمورد فلزات غیرآهنی، همواره سریع‌تر از مداوم‌ریزی فولاد گسترش و تحول یافته است زیرا :

۱ـ کنترل ریخته‌گری فلزات غیرآهنی و به‌خصوص فلزات زود ذوب همواره آسان‌تر است.

۲ـ معمولاً میزان تولید فلزات غیرآهنی کمتر و عملاً شرایط کار فراهم‌تر است.

۳ـ در هرحال هرگونه گسترش و تحول بر روی مداوم‌ریزی و شمش‌ریزی براساس حل مشکلات ثابتی است که در مورد فلزات غیرآهنی با سهولت بیشتر و سرعت بالاتری به‌عمل می‌آید. بسیاری از این مشخصات به‌رابطه فلز و قالب و خواص فلز مایع بستگی دارد که اهم آنها عبارت‌اند از :

الف) مکانیسم عمومی ماشین بر مبنای حرکت شمش یا قطعه درحال انجماد به‌عبارت دیگر تعقیب مدل انجماد در هرلحظه شرایط متفاوتی را ایجاب می‌کند که در مجموع انجماد قطعات در مداوم‌ریزی از فرایند انجماد، روش‌های ثابت و تک باری بسیار پیچیده تر است.

ب) تاو فلز در نزدیک نقطهٔ ذوب و یا استحکام پوستهٔ جامد اولیه.

پ) مکانیسم انتقال حرارت و عواملی که بیرون‌کشی شمش از قالب را محدود می‌سازد، نظیر سیالیت مذاب، طراحی قالب، طراحی منطقهٔ سردکننده ثانویه و مکانیسم تشکیل تنش‌های داخلی.

با توجه به‌مطالب ارائه شده و با تشریحی که در این فصل و فصل‌های بعدی بعد به‌عمل خواهد آمد، شمش‌ریزی مداوم و نیمه مداوم روشی است که شمشال و تختال جامد از داخل یک قالب که معمولاً به‌سیستم آبگرد مجهز است و طول آن از طول شمش ریخته شده بسیار کوتاه‌تر است بیرون کشیده می‌شود، شمش‌ریزی نیمه مداوم به‌روشی اطلاق می‌گردد که مقدار بارریزی و اندازهٔ طولی هر شمش محدود بوده و پس از هر بارریزی، متوقف و آماده‌سازی دستگاه برای عملیات بعدی الزامی است.

در هر دو روش شمش‌ریزی مداوم و نیمه مداوم و برای تولید شمش‌های فولادی و یا آلیاژ غیرآهنی مشخصات و اجزای ثابتی وجود دارند که تغییر در مکانیسم هر جزء تاکنون به‌ابداع طرح‌های متفاوتی منجر شده است. این اجزاء عبارت‌اند از :

الف) سیستم بارریزی و کنترل سطح مذاب که از پاتیل (A) پیاله بارریز (B) و محفظهٔ ایمنی سرریز (D) تشکیل یافته است.

ب) قالب (C) که عموماً از مس و چدن یا گرافیت ساخته شده است و به‌سیستم آبگرد بیرونی و یا درونی مجهز است.

پ) تجهیزات و سیستم خنک کنندگی ثانویه (e) به‌منظور انجماد کامل شمشال یا تختال با استفاده از جریان آب شهر، آب فشان و... .

ت) مکانیسم و تجهیزات بیرون کشی شمشال از قالب که توسط غلتک (F) میله (j) و میلهٔ کف‌بند (h) تشکیل یافته و با نیروهای هیدرولیکی، مکانیکی و الکتریکی حرکت خواهند کرد.
ث) تجهیزات جدا کردن، بریدن و انتقال شمش متشکل از قسمت‌های K,O,G که در روش نیمه‌مداوم این قسمت تقریباً حذف می‌گردد.
اجزاء فوق می‌توانند ازنظر طراحی کاملاً قائم برروی هم نصب شوند و یا به‌شرحی که گفته خواهد شد تحت زاویه قائمه ازحالت قائم به‌افقی تبدیل شوند که هریک موارد استفاده مناسب خود را خواهد داشت.

طرح‌های شمش‌ریزی برای فولادها: در این روش که براساس یک بنای کاملاً قائم طرح شده است، تأسیسات ساختمانی در دو یا سه طبقه ساخته می‌شوند که معمولاً یک یا دو طبقه آن در زیر زمین بنا می‌شوند. تا تسهیلات لازم برای انتقال پاتیل و بارریزی فراهم شود.
در بررسی تاریخی، اولین طرح بر مبنای استفاده از قالب‌های آبگرد در شمش‌ریزی مداوم فولادها متعلق به TASK BAR می‌باشد که در سال ۱۸۷۹ به‌ثبت رسیده است و نمی‌توان از آن به‌عنوان یک طرح تجربه‌شده یاد نمود. طرح تسکبار برای لوله‌ریزی تهیه شده بود و مطابق شکل ۱۵ـ۸ یک میله یا سنبه Mandrel به‌عنوان ماهیچه و قسمت درونی قالب به‌کار می‌رفت. R.doalen در سال ۱۸۸۷ ماشین شمش‌ریزی متشکل از قالب آبگرد، پیاله بارریز متحرک و غلتک بیرون‌کش طراحی کرد و برای اولین بار منطقه خنک‌کنندهٔ ثانویه را به‌طور مستقیم درنظر گرفت. در سال ۱۸۹۵,Trots ماشین خود را براساس استفاده از قالب تکه و نازک ارائه کرد که از نظر صافی سطوح و استحکام بی نظیر بود. کاهش اصطکاک سطحی بین قالب و شمش جامد یکی از مشکلات عمومی شمش‌ریزی محسوب می‌گردد و در همین زمینه، طرح‌های متعددی نظیر استفاده از قالب‌های دوار دوتکه، بهره‌گیری از حرکت ارتعاشی قالب و یا قالب‌های دوار به‌منظور کاهش ضرایب اصطکاکی ابداع و عرضه گردید.
تحقیقات Z.Janghans و طرح‌های مختلف او نقطه عطف و مرحلهٔ برجسته‌ای در صنایع شمش‌ریزی محسوب می‌شود. او که به‌تحقیقات و پژوهش‌های خود در زمینه مداوم‌ریزی فلزات غیرآهنی اشتغال داشت در سال‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۳۹ و ۱۹۴۵ تا ۱۹۵۱، تجربیات خویش را برای فولاد نیز آزمود و بالاخره موفق به‌تهیهٔ حدود ۱۹۰۰ تن فولاد کم کربن فولاد زنگ نزن و فولاد ناآرام گردید. شمشال‌هایی به‌قطر ۱۰۰ تا ۲۶۵ میلی‌متر و تختال‌هایی با مقطع ۲۴۵×۸۰ میلی‌متر از محصولات ماشین‌های Janghans محسوب می‌شدند. با توجه به‌آنکه عمدهٔ تحقیقات او معطوف به‌فلزات غیر آهنی است لذا در قسمت بعد با تفصیل بیشتری درباره ماشین‌های Janghans صحبت خواهد شد.
طرح‌های مختلف و ماشین‌های متعددی که در کشورهای مختلف جهان ارائه گردیده

است، بسیار وسیع است. ماشین‌های نوع Janghans_Rossi را می‌توان نمونه‌ای پیشرفته و کامل محسوب کرد که امروزه نیز موارد استعمال فراوان دارند. این طرح از تلفیق دو ماشین janghans و Rossi توسط این دو محقق ابداع گردید درحالی‌که طرح Rossi هنوز موارد استفاده محدودی دارد. در سال ۱۹۵۴ ماشین‌های Babcock_Wilox مورد بهره‌برداری قرار گرفتند وجه تمایز این سیستم بر حرکت رفت و برگشتی شمشال در درون قالب قرار دارد و بدین ترتیب ضریب اصطکاک در بیرون‌کشی شمشال به‌مقدار زیادی کاهش می‌یابد. ماشین‌های با قالب‌های چندگانه و همچنین ماشین مداوم‌ریزی و شمش‌ریزی «cher Metex TsN۱۱» انواع جدید فولادریزی هستند که هریک در کارخانه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

ریخته‌گری پیوسته چیست؟

روش‌های شمش‌ریزی مداوم را تعریف کرده و انواع آن را نام برده و آموزش انجام شود.
فیلمی‌در ارتباط با شمش‌ریزی مداوم در کلاس نمایش داده شود.
ریخته‌گری پیوسته (CC) فولاد یعنی شکل دهی پیوسته و مستقیم فولاد مذاب به‌مقاطع فولادی نیمه‌نهایی مانند بلوم، بیلت و اسلب که در نتیجه تولید گندله (ingot) و پس از آن نورد آن در واحدهای نورد اولیه حذف می‌گردد.

پیشرفت‌هایی در ریخته‌گری پیوسته

مزیت‌های به‌کارگیری ریخته‌گری پیوسته در فولادسازی را می‌توان به‌شرح زیر خلاصه کرد:
راندمان بالا: بازده ریخته‌گری کنده به‌فولاد نیمه‌نهایی بین ۸۲ تا ۸۴ درصد است ولی بازده در ریخته‌گری پیوسته که فولاد مذاب به‌محصول نیمه‌نهایی تبدیل می‌شود بین ۹۵ تا ۹۷ درصد است.
فرایند ریخته‌گری پیوسته در مقایسه با ریخته‌گری کنده ۲۰ درصد از مصرف انرژی می‌کاهد.
با حذف فرایند نورد در واحدهای نورد اولیه که در ریخته‌گری کنده ضروری است، فرایند ریخته‌گری پیوست از صرف زمان و هزینهٔ اضافی می‌کاهد.
کاهش نیروی کار در فرایند ریخته‌گری پیوسته بهره‌وری را افزایش داده، شرایط محیط کار را بهبود بخشیده و از هزینهٔ تولید می‌کاهد.
پذیرش مزیت ریخته‌گری پیوسته در سطح جهانی به دو دهه طول کشید. در ابتدا حدود ۸۰ درصد ماشین‌های ریخته‌گری ماشین‌های عمودی بودند. اما تا دههٔ ۸۰ ماشین‌های عمودی تغییر یافته و تقریباً ۹۸ درصد آن به‌ماشین‌های ریخته‌گری پیوسته تبدیل شدند که درحال حاضر به‌شکل قوسی یا خمیده درآمده‌اند.

ارزشیابی پایانی جلسهٔ بیست و دوم

برای تکمیل این کار برگ ابتدا آن را از کتاب درسی تکثیر نموده و در اختیارهنرجویان قرار دهید و پس از تکمیل کاربرگ توسط هنرجویان نمره خود را طبق یادداشت‌های نظارتی که در طول روز تهیه کرده‌اید تکمیل کرده و در کار پوشه هنرجویان ثبت کنید.

کار برگ ارزشیابی پایان جلسهٔ بیست و دوم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	بلی	خیر
تفاوت بیلت، شمشه، اسلب و ورق را متوجه شدم.		
مفهوم شمش ریزی مداوم یا پیوسته را می‌دانم.		
کاربرد شمش ریزی مداوم یا پیوسته را متوجه شدم.		
اصول ریخته‌گری پیوسته را یاد گرفته‌ام.		
مزایای به‌کارگیری ریخته‌گری مداوم را متوجه شدم.		
معایب به‌کارگیری ریخته‌گری مداوم را متوجه شدم.		

ارزشیابی توسط هنرآموز		
مؤلفه‌های ارزشیابی	بارم	نمره دریافتی
تفاوت بیلت، شمشه، اسلب و ورق را می‌داند.	۳	
مفهوم شمش‌ریزی مداوم یا پیوسته را می‌داند.	۳	
کاربرد شمش‌ریزی مداوم یا پیوسته را یاد گرفته است.	۳	
اصول ریخته‌گری پیوسته را یاد گرفته است.	۳	
مزایای به‌کارگیری ریخته‌گری مداوم را یاد گرفته است.	۳	
معایب به‌کارگیری ریخته‌گری مداوم را متوجه شده است.	۳	
صحت نمرهٔ خود ارزیابی هنرجو	۲	
جمع	۲۰	

جلسه بیست و سوم

ریخته‌گری کوبشی squeeze casting

مقدمه

پیشنهاد می‌شود برای تدریس این بخش از کتاب ابتدا مقدمه‌ای در مورد روش‌های نوین در ریخته‌گری بیان شود و در هنگام تدریس و ارائه مقدمه از هنرجویان بپرسید که برای کاهش تخلخل‌های گازی و انقباضی در قطعات تولید شده از چه روش‌هایی می‌توان استفاده کرد؟ چه تفاوتی بین ریخته‌گری کوبشی با آهنگری وجود دارد؟ درصورتی که بخواهیم قطعه‌ای بدون راهگاه تولید کنیم چه روشی مناسب است؟ از ریخته‌گری کوبشی به‌چه منظور استفاده می‌شود؟ اسامی‌دیگر این روش را از هنرجویان پرسش کنید؟

روش ریخته‌گری کوبشی یکی از روش‌هایی است که اخیراً در کشورهای غربی و ژاپن برای تولید قطعات با خواص مطلوب‌تر و نزدیک به‌شکل نهایی، و همچنین تولید کامپوزیت‌های با زمینهٔ فلزی، مورد توجه واقع شده است. بررسی پیشینهٔ این روش نشان می‌دهد که اولین بار محقق روسی به‌نام چرنُف در سال ۱۸۷۸ از نیروی بخار آب برای اعمال فشار بر فلز مذاب استفاده کرد. مهم‌ترین ویژگی‌های این روش، کاهش تخلخل‌های انقباضی و گازی، تولید قطعه نزدیک به‌شکل نهایی، خواص مکانیکی بالا نزدیک به‌قطعات کار شده، سرعت تولید بالا، افزایش راندمان تولید از طریق حذف راهگاه و تغذیه، دقت ابعادی بالا و قابلیت استفاده برای فلزاتی که قابلیت ریخته‌گری خوب ندارند (سیالیت) است، این مزیت‌ها سبب شده است که این روش ریخته‌گری نظر بسیاری از محققین را به‌سوی خود جلب کند. این روش می‌تواند در داخل کشور برای تولید قطعات متعدد و متنوع به‌کار گرفته شود که با تولید انبوه علاوه بر خواص ذکر شده سرعت تولید بالا رفته و قیمت تمام شده قطعه کاهش می‌یابد. این روش با نام‌هایی همچون ریخته‌گری اکستروژنی، پرس کردن مذاب، شکل دادن مذاب، انجماد تحت فشار، شکل‌دهی کوبشی و آهنگری مذاب آمده است.

مراحل انجام فرایند ریخته‌گری کوبشی:

برای تدریس این بخش از کتاب ابتدا مقدمه‌ای در مورد تفاوت روش‌های ریخته‌گری از جمله آهنگری، ثقلی و ویژه سؤال شود و بخواهیم دو روش ریخته‌گری و آهنگری باهم تلفیق شود چه راهکاری وجود دارد؟

ریخته‌گری کوبشی فرایندی است که در آن مذاب پس از ریختن در محفظه قالب تحت فشار منجمد می‌شود که می‌توان گفت این روش ترکیبی از دو روش تولید، ریخته‌گری و آهنگری است.

مراحل تولید قطعه به‌روش ریخته‌گری کوبشی همان طور که در شکل نمایش داده شده است به‌صورت زیر است:

۱ مقدار معینی از فلز مذاب به‌داخل یک قالب پیش‌گرم شده ریخته می‌شود.

۲ سُنبه‌متصل به‌یک پرس هیدرولیک حرکت کرده و با سطح مذاب در تماس مستقیم قرار می‌گیرد و شروع به‌اعمال فشار می‌کند تا فشار به‌مقدار مورد نظر برسد.

۳ فشار اعمالی توسط پرس تا پایان انجماد بر روی مذاب نگه داشته می‌شود.

۴ در پایان سنبه‌به‌حالت اول قبل از اعمال فشار بر می‌گردد و قطعه توسط پران کف قالب که برای بیرون راندن قطعه تعبیه شده است، خارج می‌گردد.

برای تدریس این بخش از کتاب ابتدا مقدمه‌ای در رابطه با مزایا و معایب این روش بیان شود از جمله اینکه در مورد فرقی که این روش با روش‌های دیگر دارد از جمله سیستم راهگاهی و تغذیه، استفاده از جوانه زا و گاززدایی، درجه حرارت ریختن مذاب نسبت به‌روش‌های دیگر و سرعت تولید سؤال شود و همچنین در مورد استفاده از تجهیزاتی که استفاده شده است و وزن قطعه ریختگی و غیره سؤال کرد. و سپس به‌مزایا و معایب آن پرداخته شود.

مزایای فرایند ریخته‌گری کوبشی

از مهم ترین مزایای این روش می‌توان به‌موارد زیر اشاره کرد:

۱ عدم استفاده از سیستم راهگاهی و تغذیه، که باعث بالا رفتن راندمان ریخته‌گری می‌گردد

۲ انجماد تحت فشار مذاب، باعث به‌وجود آمدن ساختارهای ریز در قطعه می‌شود که خواص مکانیکی قطعه را بهبود می‌بخشد.

۳ کیفیت سطحی نمونه‌های تولیدی با این روش بالا بوده البته هرچه سطح درونی قالب و سطح بیرونی سمبه‌صاف تر باشد این کیفیت سطحی نیز افزایش می‌یابد.

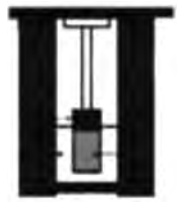
۴ کاهش قابل ملاحظهٔ تخلخل‌های گازی و انقباضی یکی دیگر از مزیت‌های ریخته‌گری کوبشی است.

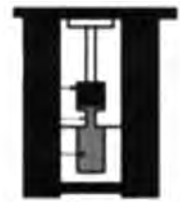
۵ با استفاده از ریخته‌گری کوبشی امکان تولید قطعات نزدیک به‌شکل نهایی مخصوصاً برای آلیاژهای غیرآهنی وجود دارد.
۶ اعمال فشار در حین انجماد و تسریع انتقال حرارت، سرعت انجماد و سرعت تولید را افزایش می‌دهد.
۷ با توجه به‌اعمال فشار در حین انجماد سیالیت مذاب اهمیت کمتری پیدا می‌کند.
۸ قطعاتی بدون عیب و با کیفیت قطعات آهنگری شده با این روش قابل تولید هستند. با این تفاوت که در روش آهنگری نیاز به‌استفاده از چند قالب یا چند بار استفاده از یک قالب برای تولید قطعه می‌باشد، اما در این روش تنها نیاز به‌یک بار استفاده از یک قالب داشته و با توجه به‌اینکه فشار اعمالی در آهنگری بسیار زیاد است و بیشتر اوقات به‌صورت ضربه‌ای و آن هم بر فلز در حالت جامد اعمال می‌شود، استهلاک قالب در روش آهنگری از روش ریخته‌گری کوبشی بالاتر است.
۹ در این روش اصلاح ساختار میکروسکوپی و بهبود خواص مکانیکی از طریق اعمال فشار انجام می‌شود. بنابراین استفاده از مواد جوانه‌زا، گاز زدا و غیره به‌شدت کاهش می‌یابد و در بسیاری از موارد مورد نیاز نمی‌باشد.
۱۰ به‌دلیل استفاده از قالب با کیفیت بالا و استفاده از پوشش بر روی سطح درونی قالب استهلاک قالب کاهش می‌یابد و ابعاد قطعات تولیدی تکرارپذیر بوده که از این لحاظ با ریخته‌گری تحت فشار مشابهت دارد.
۱۱ به‌دلیل اینکه قطعات تولیدی فاقد عیوب ریخته‌گری هستند، نیاز به‌انجام آزمایش‌های غیرمخرب بر روی قطعات در برخی اوقات رفع می‌شود.
۱۲ در ریخته‌گری کوبشی حفره‌ها و تخلخل‌ها کاهش یافته و به‌دام افتادن گازها در حین انجماد رخ نمی‌دهد، این قطعات قابلیت عملیات حرارتی را دارند. در روش‌های ریخته‌گری ثقلی و ریخته‌گری پرفشار به‌علت به دام افتادن گازها در حین انجماد و وجود حفره‌ها وتخلخل‌ها در قطعه تولیدی، درحین عملیات حرارتی ممکن است قطعه دچار تاول‌زدگی شود.

انواع روش‌های ریخته‌گری کوبشی

دو نوع مختلف ریخته‌گری کوبشی مستقیم (DSC) و ریخته‌گری کوبشی غیرمستقیم (ISC) که در شکل زیر آمده است وجود دارد:

در ریخته‌گری کوبشی مستقیم، فشار به‌تمام سطح مذاب اعمال شده و مذاب تحت این شرایط منجمد می‌شود.


مستقیم


غیر مستقیم

در روش غیرمستقیم فلز مذاب توسط یک پیستون با قطر کم به‌داخل محفظه قالب تزریق می‌شود به‌طوری که فشار در هنگام انجماد روی فلزاعمال می‌گردد. در این روش نیازی به‌استفاده از سیستم دقیق توزین مذاب نمی‌باشد.
این روش نسبت به‌روش ریخته‌گری کوبشی مستقیم دوعیب دارد که عبارت‌اند از
۱ نیاز این روش به‌سیستم راهگاهی که سبب کاهش بازده ریخته‌گری می‌شود.
۲ ریخته‌گری آلیاژهای کارپذیر (که سیالیت کمتری درمقایسه با آلیاژهای ریختگی دارند) بدون داشتن عیوب ریخته‌گری با این روش مشکل است.

محدودیت‌های فرایند ریخته‌گری کوبشی

درکنارمزایای ذکر شده در قسمت قبلی ریخته‌گری کوبشی دارای معایب و محدودیت‌هایی نیز می‌باشد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:
۱ تجهیزات اولیه این روش مانند قالب و پرس در مقایسه با ریخته‌گری ثقلی گران‌تر است.
۲ قالب به‌کار رفته به‌دلیل اینکه تحت سیکل‌های حرارتی و تنشی متوالی قرار می‌گیرد نسبت به‌قالب‌های دائم مورد استفاده در ریخته‌گری ثقلی دارای عمر کمتر است.
۳ در این روش با توجه به‌اینکه سیستم راهگاهی وجود ندارد و مذابی که در قالب ریخته می‌شود تماماً تبدیل به‌قطعه می‌شود، مذاب ریخته شده باید دقیقاً وزن شود که این امر یکی از معایب این روش است. البته در ریخته‌گری کوبشی غیرمستقیم این مشکل وجود ندارد.
۴ با توجه به‌اینکه مذاب کاملاً تبدیل به‌قطعه می‌شود پس مذاب بایدکاملاً تمیز و عاری از هرگونه آلودگی و آخال باشد در غیراین صورت آلودگی‌ها و آخال‌ها در قطعه می‌مانند و خواص مکانیکی قطعه را کاهش می‌دهند.
۵ در این روش با توجه به‌اینکه پانچ بر مذاب درون قالب فشار اعمال می‌کند، نمی‌توان قطعات خیلی بزرگ را تولید کرد زیرا که طراحی سیستم اعمال فشار و قالب نه اقتصادی است و نه امکان‌پذیر. پس در این روش نسبت به‌روش ثقلی محدودیت وزن و اندازه قطعات وجود دارد.
۶ در این روش تولید مقاطع خیلی نازک مشکل است و رسیدن به‌ضخامت کمتر از ۴ میلی‌متر حتی با روش ریخته‌گری کوبشی غیرمستقیم که سرعت سرد شدن کمتری دارد، به‌سختی امکان‌پذیر می‌باشد.
۷ در این روش به‌دلیل اعمال فشار بالا احتمال پیچش قطعات نسبت به ریخته‌گری ثقلی، به‌ویژه در هنگام عملیات حرارتی بیشتر است.
۸ در این روش مانند روش ریخته‌گری تحت فشار، جا دادن ماهیچه‌های یک بار مصرف در درون قالب برای قطعاتی که نیاز به‌ماهیچه دارند با محدودیت مواجه است.

۹ اعمال فشار با وجود تمام مزایایی که دارد باعث تشویق جدایش ناشی از اعمال فشار می‌شود که این امر می‌تواند سبب تضعیف خواص مکانیکی قطعه گردد.

کاربردهای ریخته‌گری کوبشی

خواص مطلوب قطعات تولیدی از روش ریخته‌گری کوبشی سبب شده است که گرایش به‌آن افزایش یابد به‌طوری که این روش در صنایع مختلف برای تولید قطعات از فلزات و آلیاژها مختلف به‌کار گرفته شود. ریخته‌گری کوبشی را می‌توان برای محدودهٔ وسیعی از آلیاژها از سرب گرفته تا فولاد به‌کار برد، اما با بالا رفتن دمای ذوب آلیاژ مصرفی با محدودیت قالب از لحاظ تهیه و قیمت مواجه می‌شویم. البته هم اکنون تولید قطعات با دمای ذوب بالا مانند فولاد با استفاده از این روش در نقاط مختلف دنیا درحال انجام است ولی گرایش برای تولید آلیاژهای سبک و با دمای ذوب کم نظیر آلیاژهای منیزیم و آلومینیوم و کامپوزیت‌های آنها بسیار بیشتر از فلزات با دمای ذوب بالا است.

عوامل مهم فرایند ریخته‌گری کوبشی

یکی ازعوامل مهم فرایند ریخته‌گری کوبشی آلیاژ مورد استفاده است. ترکیب شیمیایی و خواص فیزیکی آلیاژ به‌دلیل اینکه تأثیر مستقیم بر عمر قالب دارند از اهمیت خاصی برخوردارند. ترکیب شیمیایی خود تعیین‌کنندهٔ خواص فیزیکی چون دمای ذوب، هدایت حرارتی، ضریب انبساط، حرارتی، ضریب انتقال حرارت به‌قالب، جوش خوردن به‌قالب و بُرد انجماد است. از آنجایی که دمای ذوب فلز تعیین‌کنندهٔ جنس قالب مورد استفاده است این روش برای آلیاژها با نقطه ذوب پایین نظیر آلومینیوم و منیزیم کاربرد بیشتری دارد.

از دیگر پارامترهای ریخته‌گری کوبشی می‌توان به‌میزان فشار اعمالی، دمای ریخته‌گری، دمای قالب و میزان فوق گداز اشاره کرد. کیفیت مذاب از لحاظ تمیز بودن و حضور آخال‌ها، نوع حرکت مذاب در درون قالب (که می‌تواند باعث تلاطم شود)، پوشش قالب و مدت زمان ماندن مذاب در قالب قبل از اینکه روی آن فشار اعمال شود از دیگر پارامترهای مهم می‌باشند. در ادامه در مورد مهم‌ترین پارامترهای فرایند توضیحات بیشتری آورده شده است.

دمای ریخته‌گری

دمایی که مذاب از آن دما به‌داخل قالب ریخته می‌شود بر کیفیت قطعه و عمر قالب تاثیرگذار است. دمای ریخته‌گری در روش ریخته‌گری کوبشی، با توجه به‌انجماد تحت فشار، نسبت به‌روش‌های دیگر ریخته‌گری پایین‌تر است. دمای پایین بارریزی سبب کاهش سیالیت مذاب می‌شود که البته به‌خاطر اعمال فشار بر مذاب این مسئله اهمیت کمتری دارد. دمای بارریزی باید به‌دقت انتخاب شود زیرا که دمای بارریزی خیلی کم ممکن است به‌دلیل کاهش سیالیت سبب پر نشدن کامل قالب

(به‌خصوص در مقاطع نازک) و یا سرد جوشی شود. دمای ریخته‌گری بسیار بالا ممکن است سبب حرکت مذاب در درون فضای بین سنبه و قالب و تشکیل پلیسه شود و در هنگام خروج قطعه سبب‌گیر کردن قطعه در قالب گردد. دمای بارریزی بالا همچنین ممکن است سبب ایجاد ترک گرم در قالب یا پانچ شود.

دمای قالب

دمای پیش گرم قالب باید به‌گونه‌ای انتخاب شودکه اولاً از انجماد زود هنگام مذاب قبل از اعمال فشار تا حدامکان جلوگیری کند، ثانیاً مانع خستگی حرارتی قالب شود و در عین‌حال از تشکیل عیوب سطحی و جوش سرد قطعه به‌قالب جلوگیری کند. دمای پیش‌گرم خیلی پایین ضخامت لایهٔ منجمد شده اولیه قبل از اعمال فشار را افزایش داده و دمای خیلی بالا تمایل به‌جوش خوردن مذاب و قالب را افزایش می‌دهد. این دما در محدوده ۱۵۰تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کند که برای جلوگیری ازمعایب سطحی و سایر معایب از دمای بالا خودداری می‌کنند. برای آلیاژهای آلومینیوم دمای قالب بینِ ۲۰۰ و ۳۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و برای آلیاژهای آهنی این دما بینِ ۳۰۰ و ۴۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد است.

کیفیت و کمیت مذاب

در روش ریخته‌گری کوبشی مستقیم تمام مذاب ریخته شده در قالب تبدیل به‌قطعه می‌شود، از این رو مذاب باید تمیز باشد به‌همین جهت باید سرباره و ناخالصی‌ها را تا حد امکان از مذاب حذف کرد. این کار را می‌توان با فلاکس زدن، فیلتر کردن مذاب و ریخته‌گری از کف پاتیل انجام داد دراین روش باید مذاب، به‌دقت وزن شود زیرا که میزان مذاب تعیین کننده ابعاد نهایی قطعه می‌باشد.

سرعت اعمال فشار

سرعت بالای پانچ در هنگام تماس با فلز می‌تواند اثرات معکوس داشته باشد مثلاً در خطوط جدایش قالب امکان پلیسه شدن وجود دارد، همچنین ممکن است در محل تماس پانچ، فشار به‌طور لحظه‌ای بالا رود و باعث انجماد زود هنگام شود که این خود باعث غیریکنواختی در قطعه می‌شود. برای بیشتر کارهای عملی و تجربی برای جلوگیری از انجماد زود هنگام فلز در قالب سرعت پانچ ۵برای اعمال فشاررا ۵ cm/s انتخاب می‌کنند. در حالتی که فاصله آزاد بین سنبه و قالب زیاد است از دو سرعت مختلف برای اعمال فشار استفاده می‌کنند یکی سرعت بالا برای انتقال سنبه به سطح فلز مذاب و دیگری سرعت کم برای اعمال فشار بر مذاب برای انجماد تحت فشار می‌باشد.

دمای اعمال فشار

اینکه فشار باید زمانی اعمال شود که فلز کاملاً مذاب است یا اینکه زمانی اعمال شود که مقداری از فلز منجمد شده در بین محققین اختلاف نظر وجود دارد. عده‌ای از محققین بر این عقیده‌اند که فشار باید در دمایی اعمال شود که سیالیت مذاب به‌صفر می‌رسد که این دما در محدودهٔ بین لیکوییدوس و سالیدوس قرار دارد عدهٔ دیگر معتقدند که برای اینکه یک قطعه با روش ریخته‌گری کوبشی ریخته شود باید فشار بر فلز کاملاً مذاب اعمال شود برای رسیدن به‌دمای مورد نظر برای اعمال فشار، به‌مذاب ریخته شده درون قالب زمان داده می‌شود که به‌این زمان اصطلاحاً زمان ماند می‌گویند. زمان ماند به‌شکل قطعه و دمای مذاب درون قالب وابسته است و ممکن است بسته به‌عوامل ذکر شده از چند ثانیه تا چند دقیقه طول بکشد.

جنس قالب

قالب باید از جنسی انتخاب شود که دارای استحکام بالا در دمای بالا و حفظ آن، تافنس مناسب و ساختار میکروسکوپی همگن باشد و با مذاب واکنش ندهد جنس قالب به‌آلیاژی که ریخته می‌شود وابسته است و برای آلیاژهای آلومینیوم و اکثرآلیاژهای غیرآهنی معمولاً از فولاد H۱۳ استفاده می‌شودکه فولاد گرمکار کروم‌ـ مولیبدن‌دار می‌باشد و خاصیت مقاومت در دمای بالا و مقاومت به‌خستگی حرارتی و مقاومت در برابر سایش را توام با هم داراست. هنگامی‌که هدف ریخته‌گری فلزات با دمای ذوب بالاتر مدنظر باشد باید از آلیاژهای مقاوم تر به‌دمای بالا نظیر آلیاژهای حاوی تنگستن و مولیبدن استفاده کرد.

پوشش قالب و روانکار

برای جلوگیری از سایش قالب، چسبیدن قطعه به‌قالب، واکنش مذاب به‌قالب و همچنین برای سهولت خروج قطعه از قالب قبل از هر ریخته‌گری درون قالب را با یک ماده مناسب پوشش می‌دهند. نوع پوشش به‌جنس قالب و آلیاژ مصرفی ریخته‌گری وابسته است. معمولاً برای پوشش قالب و سنبه در هر ریخته‌گری از اسپری کردن محلول کلوییدی گرافیت و آب بر روی آنها استفاده می‌شود. برای شرایط دمای شدیدتر نظیر ریخته‌گری کوبشی فولاد از اسپری کردن یک محلول حاوی ذرات سرامیکی روی سطح قالب و سنبه استفاده می‌شود که این محلول معمولاً کلوییدی از مخلوط پودر آلومینا و چسب در آب می‌باشد.

مقایسه روش‌های ریخته‌گری کوبش با سایر روش‌های ریخته‌گری

الف) ماسه‌ای تر

راندمان ریخته‌گری در روش کوبشی بالاتر است.
میزان چگالی قطعه در ریخته‌گری کوبشی بیشتر از روش ماسه‌ای تر است.
سرعت تولید در روش ریخته‌گری کوبشی بالاتر است.

ب) فورج (آهنگری)

در ریخته‌گری کوبشی مادهٔ اولیه مذاب اما در فورج جامد است.
عمر قالب در ریخته‌گری کوبشی کمتر است.
صرفه‌جویی در مواد مصرفی نسبت به‌روش فورج بیشتر است.

ج) تفاوت با دایکست

ریخته‌گری کوبشی فرایندی است که به‌منظور ساخت قطعاتی با کمترین حفره‌ها و تخلخل‌ها طراحی شده است. تفاوت عمدهٔ این روش ریخته‌گری با دایکست در طراحی مسیرهای ورودی مذاب، سرعت تزریق و افزایش فشار است. از آنجا که بخش زیادی از تخلخل‌های ایجاد شده به‌علت آشفتگی جریان مذاب تزریق شده به‌درون قالب می‌باشد، ریخته‌گری کوبشی با ایجاد مسیرهای ورودی بزرگ‌تر سبب ورود جریان آرام مذاب به درون قالب و منافذ ایجاد شده می‌شود تا از ایجاد تخلخل‌ها جلوگیری کند.

دانش افزایی

ذوب در خلأ

ذوب القایی در خلأ (vacuum induction melting (VIM): ذوب تحت خلأ در بوته‌های گرم شده به‌وسیله القا از روش‌های جدیدی است که در نیمهٔ دوم قرن بیستم توسعه یافته است. ذوب القایی تحت خلأ در اواخر دههٔ ۱۹۵۰ به‌دلیل نیاز به‌تولید سوپر آلیاژهای حاوی عناصر فعال در یک اتمسفرکنترل شده توسعه یافت.

این فرایند دارای انعطاف‌پذیری مناسبی بوده و کنترل مستقل دما، زمان، فشار و انتقال جرم را برای مذاب فراهم می‌کند. به‌همین ترتیب فرایند ذوب القایی در خلأ کنترل بیشتری بر ترکیب شیمیایی آلیاژ و همگن بودن آن نسبت به‌سایر فرایندهای ذوب در خلأ دارد. ذوب القایی در خلأ برای کاربردهای گسترده به‌ویژه در مورد آلیاژهای پیچیده در صنایع هوافضا به‌کار می‌رود. مزایای ذوب القایی در خلأ عبارت‌اند از:

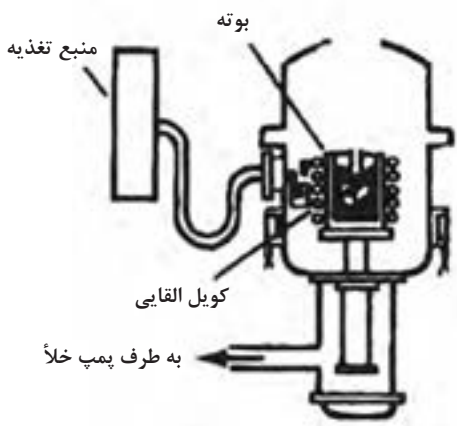
- کنترل دقیق دما
- اتلاف کم عناصر آلیاژی به‌وسیله اکسیداسیون

- دستیابی به‌ترکیب شیمیایی دقیق
- حذف عناصر نامطلوب با فشار بخار بالا
- حذف گازهای حل شده همانند هیدروژن و نیتروژن
- انعطاف پذیری و قابلیت برنامه‌ریزی برای انواع مختلف آلیاژها
- قابلیت قرارگرفتن فلز مذاب به‌مدت طولانی در خلأ
- توانایی شارژ درطول فرایند ذوب
- بازده بالا و آلودگی کمتر و سازگار با محیط زیست
- تهیه مذاب همگن با درجه حرارت یکنواخت به‌دلیل تلاطم بالای فلز مذاب

ذوب القایی در خلأ در تولید سوپر آلیاژها بسیار ضروری است زیرا این آلیاژها به‌دلیل حضور عناصر واکنش‌پذیر با اکسیژن و نیتروژن اتمسفر، باید تحت خلأ یا اتمسفر خنثی ذوب شوند. این فرایند همچنین برای تولید فلزات با خلوص بالا تحت شرایط عاری از اکسیژن به‌کار می‌رود که تشکیل ناخالصی‌های غیرفلزی اکسیدی و نیتریدی را محدود می‌کند. با این‌حال در این فرایند مشکلاتی در مورد عناصر آلیاژی با فشار بخار بالا مثل منیزیم وجود دارد.

در مقایسه با کوره‌های قوس الکتریکی تحت اتمسفر کنترل شده، کوره‌های ذوب در خلأ قابلیت کنترل عناصر آلیاژی را دارا است از طرفی هزینه‌های کوره‌های ذوب در خلأ بالاتر است. کوره‌های قوس الکتریکی تحت اتمسفر کنترل شده قابلیت اصلاح ترکیب شیمیایی مذاب (مانندکاهش کربن، گوگرد و...) را دارند. در حالی‌که مذاب تهیه شده در کوره‌های خلأ با ترکیب شیمیایی مشابه شارژ صورت می‌گیرد.

مشخصات فرایند: یک کورهٔ ذوب القایی در خلأ شامل یک بوته است که در پوسته فولادی قرار گرفته است و متصل به‌سیستم خلأ با سرعت بالا می‌باشد.



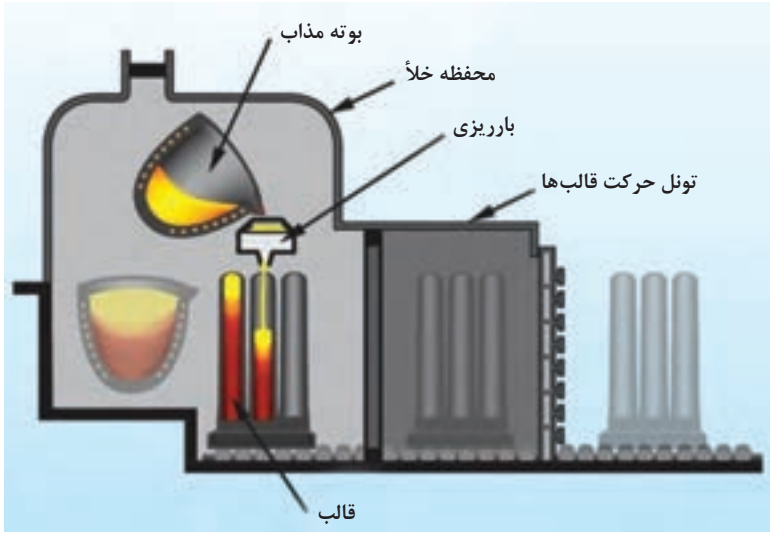
اجزای اصلی کوره ذوب القایی در خلأ و تصویر واقعی

ظرفیت کوره‌های ذوب القایی در خلأ از ۱ کیلوگرم تا ۳۰ تن متغیر است. محصولات تولیدی این روش شامل قطعات نیمه تمام مثل میله، سیم و شمشال، شمش و الکترود، قطعات ساختمانی و پودرها هستند. کاربردهای این روش در تحقیق و توسعه، صنایع الکترونیک، کاربردهای پزشکی، صنایع هوافضا و خودرو می‌باشد.

کاربرد کوره‌های ذوب القایی در خلأ عبارت‌اند از:

- تولید آلیاژهای مس و آلومینیوم بدون اکسیژن
- تولید سوپرآلیاژهای صنایع هوافضا و توربین‌های گازی
- تولید آلیاژهای پزشکی
- تولید آلیاژهای آهن ـ نیکل برای کاربردهای الکترونیکی
- تولید آلیاژهای پایه نیکل ـ کبالت برای کاربردهای شیمیایی و صنایع دریایی

همچنین در تهیهٔ شیر، اتصالات و پمپ‌ها، مبدل‌های حرارتی، قطعات مقاوم در برابر اصطکاک، ابزارسازی نیز کاربرد دارند.



شمای کوره ذوب القایی و ریخته‌گری شمش در خلأ

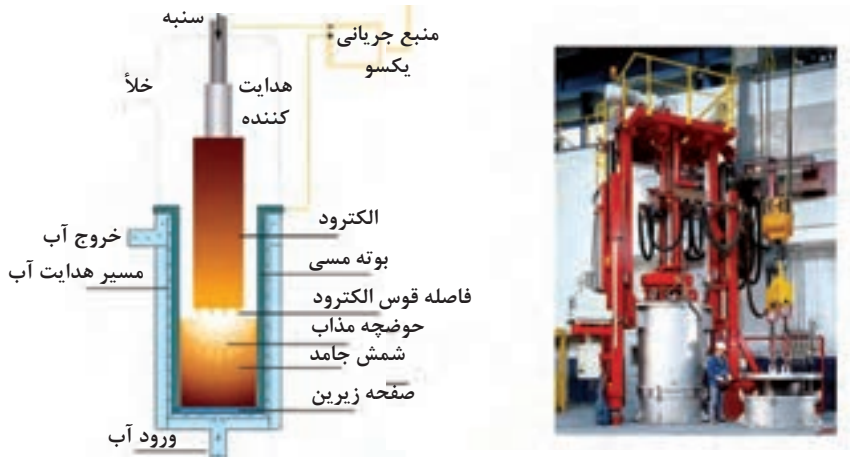
ذوب مجدد قوسی در خلأ (Vacuum arc remelting (VAR): ذوب مجدد قوسی در خلأ اولین بار در اواخر دهه ۱۹۵۰ برای ذوب مجدد سوپر آلیاژها در صنایع هوافضا استفاده شد. مشخصه اصلی ذوب مجدد قوسی در خلأ ذوب پیوستهٔ یک الکترود مصرف شدنی به‌وسیله قوس الکتریکی با جریان یک سو (DC) تحت خلأ می‌باشد. حرارت ایجاد شده برای ذوب فلز در ذوب مجدد قوسی در خلأ؛

ایجاد قوس الکتریکی بین الکترود مصرف شدنی و حوضچه مذاب در بالای شمش به‌وجود می‌آید.
فلز ذوب شده در یک قالب مسی آبگرد منجمد می‌شود. در این روش قطب منفی به‌الکترود و قطب مثبت به‌حوضچه مذاب متصل است. جریان مورد استفاده تا ۴۰ کیلوآمپر و محدوده خلأ ۰/۱ تا۱ پاسکال است. کوره‌ها به‌سیستم توزین الکترود، سیستم تغذیه جریان بالا و کنترل کامپیوتری فرایند ذوب (کنترل فاصله قوس، کنترل نرخ ذوب، سیستم جمع آوری و ثبت داده‌ها) مجهز هستند. قطر شمش‌های به‌دست آمده تا ۱/۵ متر و وزن آنها تا ۵۰ تن می‌رسد. متغیرهای فرایند شامل اتمسفر و نرخ ذوب می‌باشند.
مزایای این فرایند عبارت‌اند از:

- حذف گازهای حل شده از قبیل هیدروژن، نیتروژن و منواکسیدکربن
- به‌حداقل رساندن عناصر مضر با فشار بخار بالا
- بهبود تمیزی مذاب با حذف اکسیدها
- دستیابی به‌شرایط انجماد جهت دار برای جلوگیری از جدایش‌ها

کاربردهای ذوب مجدد قوسی در خلأ

- سوپرآلیاژها برای استفاده در هوافضا
- فولادهای استحکام بالا برای ساخت لوله‌ها و رینگ‌ها
- فولادهای بلبرینگ
- فولادهای ابزار
- فولادهای قالب
- ذوب فلزات فعال (تیتانیوم، زیرکونیم و آلیاژهای آنها) برای کاربرد در صنایع شیمیایی، هوافضا و...

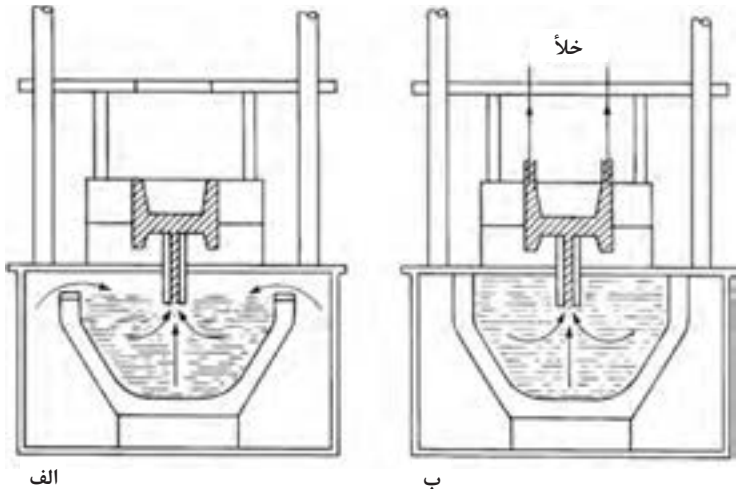


شمای کوره ذوب مجدد قوسی در خلأ و تصویر واقعی

ریخته‌گری کم‌فشار و ریخته‌گری تحت خلأ

ریخته‌گری کم فشار و ریخته‌گری تحت خلأ از بسیاری جهات شبیه به‌یکدیگر هستند. یک قالب فلزی در بالای یک کوره‌ی آب‌بندی شده که حاوی فلز مذاب است نصب می‌شود. یک لوله دارای پوشش دیرگداز که به‌آن لولهٔ راهگاه گفته می‌شود از ته قالب به‌فلز مذاب وصل شده است. سپس در ریخته‌گری کم فشار (ورود هوای تحت فشار پایین به‌محفظه کوره) و در ریخته‌گری خلأ (اعمال خلأ به‌قالب) موجب می‌شود فلز مذاب از لوله بالا برود و با آشفتگی کم وارد حفره قالب شود. هوای درون قالب از طریق خروجی‌ها و قسمت‌های جداکنندهٔ قالب بیرون می‌رود. زمانی که قطعه منجمد شد، فشار هوا (ریخته‌گری کم فشار) یا خلأ (ریخته‌گری تحت خلأ) برداشته می‌شود و به‌فلز مذاب در لولهٔ راهگاه اجازه می‌دهد که به‌درون کوره برگردد. پس از سرد شدن، قالب باز شده و قطعه خارج می‌شود.

این فرایند توانایی تولید قطعات با کیفیت بالا را دارد. با طراحی درست قالب، انجماد جهت‌دار قطعه صورت گرفته و بنابراین نیازی به‌استفاده از تغذیه وجود ندارد و قطعه از انتهای قالب پر و تغذیه می‌گردد. به‌خاطر اینکه معمولاً یک ورودی مذاب داریم و تغذیه هم استفاده نمی‌شود، بازده ریخته‌گری عمدتاً بالا بوده، و معمولاً بالای ۹۰٪ است. دقت ابعادی و پرداخت سطحی خوبی در این روش می‌توانیم داشته باشیم و قطعات پیچیده را هم می‌توان توسط ماهیچه‌های ماسه‌ای تولید کرد. خواص مکانیکی عالی و نرخ تولید بالا و بازده مناسب از مزایای این روش‌ها است.



نمایی از تجهیزات مورد استفاده در (الف) ریخته‌گری کم فشار و (ب) ریخته‌گری خلأ

ریخته‌گری کم فشار در قالب‌های دائمی

به‌طور کلی در این روش قطعات ریختگی را که اصولاً از نوع فلزات سبک هستند، به‌وسیلهٔ قالب‌های فلزی دائمی بر روی ماشین‌های خاص ریخته‌گری کم فشار تولید می‌کنند. بوته حاوی مذاب، در داخل محفظه گرم در بسته قرار دارد. که این بوته از طریق لوله انتقال مذاب با قالب فلزی در تماس قرار می‌گیرد. هوای فشرده و یا همان گاز را به‌منظور پر کردن قالب به‌محفظه مذاب هدایت می‌کنند تا در نتیجه فشاری در حدود ۰/۲ تا ۰/۵ بار بر آن اعمال شود و مذاب از طریق لوله انتقال به‌سمت بالای قالب فرستاده می‌شود تا درنهایت قالب پر شود. لازم به‌توضیح است که در مرحله انجماد مذاب، فشار اعمالی بایستی همچنین برقرار باشد تا ساختار بلوری متراکم و یکنواختی به‌وجود بیاید.

نکته

پیش از خارج کردن قطعه، فشاری که اعمال می‌شود باید قطع شود تا مذاب بتواند در لوله به‌سمت پایین هدایت شود.

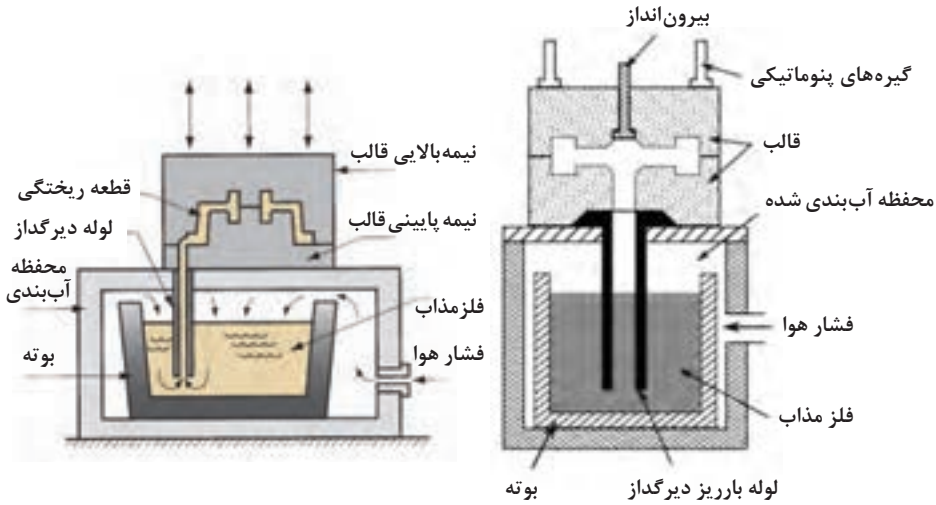
ماشین‌های ریخته‌گری کم فشار: درحال حاضر ماشین‌های ریخته‌گری کم فشار به‌صورت تمام خودکار تنظیم می‌شوند و همچنین قالب‌های فلزی با سطح جدایش عمودی یا افقی مجهز به‌کشش ماهیچه و بیرون اندازهای هیدرولیکی یا پنوماتیکی استفاده می‌شوند. بر روی صفحه پایینی ماشین، نصفه زیری قالب فلزی به‌عنوان نیمه ثابت قالب محکم می‌شود و نیمه متحرک قالب بالایی بر روی صفحه متحرک ماشین محکم می‌شود که غالباً ماهیچه‌های فولادی نیز به‌طور هیدرولیکی روی آن کار گذاشته می‌شود (شکل صفحه بعد). قطعات ریختگی با کیفیت بالا از آلیاژهای آلومینیوم، منیزیم و سایر آلیاژهای با نقطه ذوب پایین از این روش تولید می‌شوند. قطعات آلومینیومی از ۲ تا ۱۵۰ کیلوگرم را می‌توان توسط این روش تولید کرد.

کاربردهای رایج

نکته

دمای قالب‌های فلزی در هنگام کار دستگاه چیزی درحدود ۳۰۰ تا ۳۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد.

- قطعات آلومینیومی‌اتومبیل: رینگ‌ها، سرسیلندرها، بدنهٔ سیلندر و محفظه‌ها
- قطعات ریختگی هوافضا
- محفظه‌های موتورهای الکتریکی
- ظروف آشپزخانه مانند زودپزها



نمایی از یک دستگاه ریخته‌گری تحت فشار کم با قالب دائمی

یکی از مزایای روش ریخته‌گری تحت فشار کم امکان استفاده از ماهیچه‌های ماسه ای برای ریخته‌گری قطعات پیچیده نظیر سر سیلندر است. ماهیچه‌هایی که به‌روش جعبه‌سرد تولید می‌شود در این روش کاربرد ندارند زیرا استحکام پایین داشته و توانایی مقاومت در برابر فشار مذاب ورودی و فشار انجماد را ندارد.

معایب روش ریخته‌گری تحت فشار کم:

- امکان تولید قطعات وزن زیاد در این روش محدود می‌باشد.
- هزینه تولید بالا می‌باشد.
- ریخته‌گری فلزاتی که نقطه ذوب بالا دارند مشکل است.
- هزینه تعمیر و نگهداری قالب زیادمی‌باشد.
- فلزاتی مانند فولاد و چدن به‌این روش قابلیت ریخته‌گری ندارند.

مقایسه ریخته‌گری تحت فشار با ریخته‌گری کم فشار:

در این روش فشار تزریق مذاب نسبت به‌فشار بالا (تحت فشار) خیلی پایین و حداکثر یک اتمسفر است. پایین بودن فشار امکان استفاده از ماهیچه‌های موقت را مهیا می‌سازد و در ریخته‌گری فشار بالا امکان استفاده از ماهیچه‌های موقت مقدور نمی‌باشد.

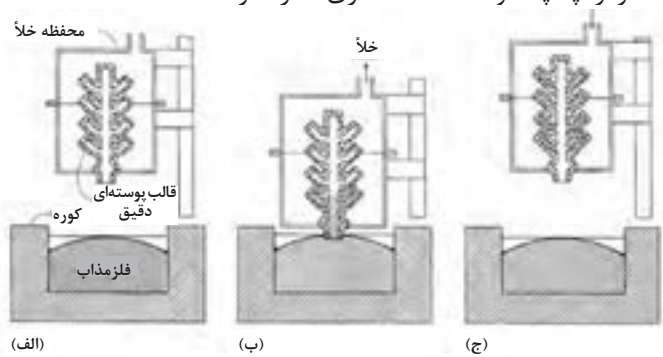
مقایسه ریخته‌گری کم فشار با روش ویژه: امکان تولید قطعات پیچیده به‌دلیل پر شدن قالب در این روش امکان‌پذیر است ولی در روش ویژه امکان تولید قطعات پیچیده وجود ندارد. در روش کم فشار، فشار مذاب در همه جای قطعه یکسان است و دانه‌های هم اندازه در انجماد تولید می‌شود درحالی که در روش ویژه فشار در قسمت پایین قطعه نسبت به‌قسمت بالای قطعه یکسان نبوده و بنابراین چگالی قطعات در پایین بیشتر و اندازه دانه‌ها نیز ریزتر است.

ریخته‌گری در خلأ

در این روش قالب‌ها به‌طور معمول همراه با یک لوله پرکننده که از قالب به‌خارج از محفظه امتداد دارد، در یک محفظه خلأ قرار داده می‌شوند. لوله پرکننده در فلز مذاب فروبرده می‌شود و در اطراف قالب خلأ ایجاد می‌شود و باعث می‌گردد که فلز به‌طرف قالب بالا برود. به‌طور کلی از قالب‌های فلزی در این روش استفاده می‌شود و از زمان جنگ جهانی دوم، بسیاری از قطعات ریخته‌گری آلومینیومی با کیفیت بالا در این قالب‌ها با روش پرشدن خلاف جاذبه ساخته شدند. در قالب‌های فلزی تخلیه هوا صورت می‌گیرد تا در حین خلأ، فضاهای قالب به‌طور کامل توسط فلز مذاب پر شود. در اوایل دهه ۱۹۷۰، روش‌های جدیدی برای ریخته‌گری خلاف جاذبه در قالب‌های غیرفلزی نفوذپذیر، ابتدا با استفاده از قالب‌های دقیق سرامیکی و بعد با استفاده از قالب‌های ماسه‌ای چسب سرد طراحی شد. فرایندهای ریخته‌گری کم فشار خلاف جاذبه[1] عبارت‌اند از:

۱ـ ریخته‌گری کم فشار خلاف جاذبه آلیاژهای ذوب شده در هوا: مزایای این روش، ریخته‌گری تعداد زیادی قطعه در هر قالب، بازده بالای سیستم راهگاهی (زیرا بیشتر فلز در سیستم راهگاهی به‌داخل کوره بر می‌گردد)، و عیوب کمتر قطعات ریختگی (به‌خصوص ناخالصی‌های ذوب که به‌دلیل غوطه‌وری دایمی‌لوله پرکننده در مذاب تمیز، کاهش می‌یابد). قطعات با دیواره نازک (تا ۰/۷۵ میلی‌متر) به‌راحتی با هزینه پایین و در تعداد بالا با این روش تولید می‌شوند. شکل بالای صفحهٔ قبل نمایی از این روش را نشان می‌دهد.

این فرایند برای ساخت قطعات از انواع آلیاژها برای صنایع مختلف استفاده می‌شود. در صنعت خودرو، به‌اجزای سیستم فرمان، قطعات انتقال، و در قطعات تولید شده برای هواپیما و صنایع هوا فضا، می‌توان به‌پروانه سوخت پمپ، بال‌های موشک، قطعات ترمز، پمپ‌ها و قطعات ساختاری اشاره کرد.

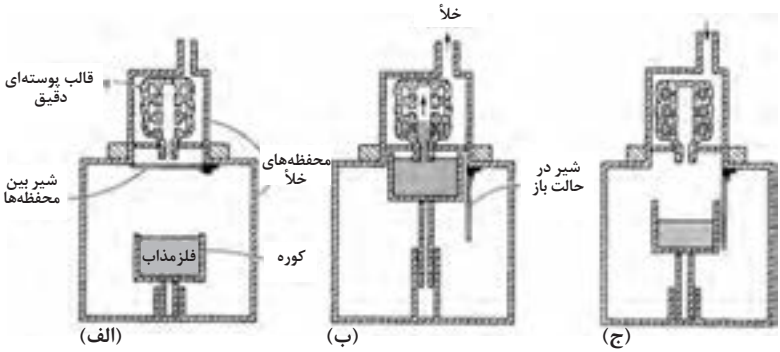


نمایی از ریخته‌گری کم فشار خلاف جاذبه آلیاژهای ذوب شده در هوا (الف) قالب پوسته‌ای دقیق در محفظه ریخته‌گری، (ب) قالب تا موقعیت پر شدن پایین آورده می‌شود، (ج) قطعه ریختگی داخل قالب منجمد شده و اغلب مذاب در سیستم راهگاهی به‌کوره برمی‌گردد.

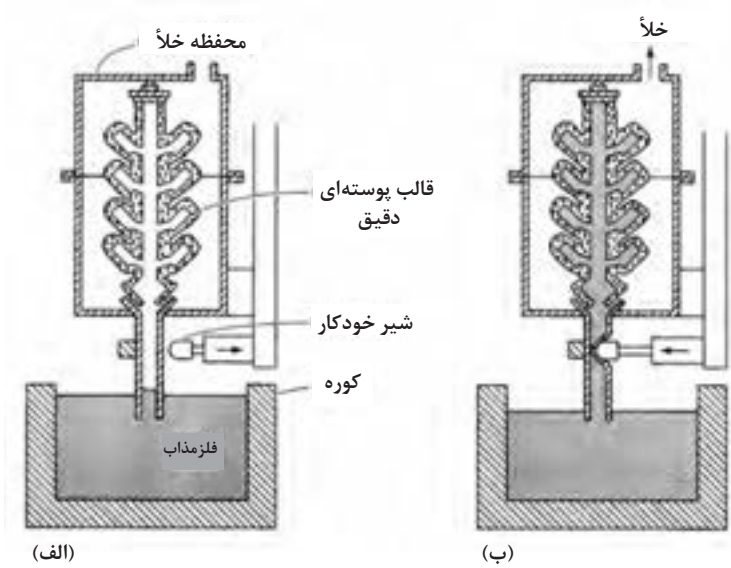
۱- Counter-gravity Low-Pressure casting

۲ـ ریخته‌گری کم فشار خلاف جاذبه آلیاژهای ذوب شده در خلأ: این فرایند برای آلیاژهایی که شامل فلزات فعال هستند استفاده می‌شود، به‌خصوص سوپرآلیاژها که ممکن است حاوی آلومینیوم، زیرکونیم، تیتانیم وهافنیوم باشند. این روش تمامی مزایای روش ریخته‌گری کم فشار خلاف جاذبه‌آلیاژهای ذوب شده در هوا را دارد؛ به‌علاوه توانایی پرکردن مقاطع نازک (تا ۰/۵ میلی‌متر) و تولید قطعات ریختگی عاری از اکسید. این روش درساخت موتورهای توربین گاز و محفظه مشعل موتور جت، که از سوپر آلیاژها ساخته می‌شوند و دارای مساحت زیاد و دیواره نازک هستند به‌کار می‌رود. در روش‌های معمول ریخته‌گری ثقلی، وجود اکسیدهای کوچک باعث معیوب شدن این قطعات می‌گردد (شکل صفحه قبل).

برای انجماد قطعات ضخیم، از لوله پرکننده انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود، که با یک شیر خودکار پس از پر شدن قالب بسته می‌شود. این روش برای پر شدن کامل قالب در ریخته‌گری قطعات نازک به‌کار می‌رود و مزیت تمیزی فلز پرشونده را دارد (شکل زیر).



نمای مراحل فرایند ریخته‌گری کم فشار خلاف جاذبه آلیاژهای ذوب شده در خلأ؛ (الف) فلز در خلأ ذوب می‌شود و قالب داغ در محفظه مجزای بالایی وارد می‌گردد، سپس خلأ در محفظه دوم ایجاد می‌شود. (ب) هر دو محفظه با گاز آرگون شستشو می‌شوند، دریچه بین محفظه‌ها باز می‌شود، لوله پرکننده داخل فلز مذاب می‌شود، خلأ اضافی به‌محفظه بالایی اعمال می‌گردد تا فلز را به‌سمت بالا هدایت کند. (ج) پس از منجمد شدن قطعات، خلأ برداشته می‌شود و فلز مذاب باقیمانده در سیستم راهگاهی به‌بوته برمی‌گردد.



(الف) لوله پرکننده در مذاب فروبرده شده و از خلأ برای پرکردن قالب استفاده می‌شود. (ب) هنگامی که قالب پر شد، یک شیر خودکار، دهانه لوله پرکننده را می‌بندد. فلز در قالب محبوس شده و همانند ریخته‌گری ثقلی منجمد می‌شود.

۳ـ ریخته‌گری کم فشار خلاف جاذبهٔ آلیاژهای ذوب شده در هوا در قالب ماسه‌ای:

این روش برای ریخته‌گری در ماسه استفاده می‌شود و کاملاً با روش‌های بحث شده در بالا متفاوت است. این روش توانایی تولید قطعات ریختگی نازک در خلأ پایین را دارد. به‌دلیل اینکه فلز از بخش‌های تمیز مذاب برداشته می‌شود و ریخته‌گری در دماهای فوق ذوب پایین انجام می‌شود، (در مقایسه با روش‌های ریخته‌گری ثقلی) ناخالصی‌های مذاب بسیار کم است.

میله‌های اتصال و شفت‌های نازک و توخالی در خودرو را می‌توان با فولاد و چدن با ضخامت دیواره تنها ۱/۵ میلی‌متر به‌این روش ساخت. مرکز چرخ فولاد ضدزنگ که از چرخ‌های آلومینیومی‌سبک‌تر هستند، با توجه به‌قابلیت تولید دیوارهای نازک، با این روش ساخته می‌شوند.

ارزشیابی پایانی جلسهٔ بیست و سوم

برای تکمیل این کار برگ ابتدا آن را از کتاب درسی تکثیر نموده و در اختیارهنرجویان قرار دهید و پس از تکمیل کاربرگ توسط هنرجویان نمره خود را طبق یادداشت‌های نظارتی که در طول روز تهیه کرده‌اید تکمیل کرده و در کار پوشه هنرجویان ثبت نمایید.

کار برگ ارزشیابی پایان جلسه بیست و سوم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	بلی	خیر
تفاوت ریخته‌گری کوبشی با آهنگری را می‌دانم.		
مراحل انجام فرایند ریخته‌گری کوبشی را یاد گرفتم.		
عوامل مهم در فرایند ریخته‌گری کوبشی را متوجه شدم.		
تفاوت ریخته‌گری کوبشی مستقیم و غیرمستقیم را می‌دانم.		
عوامل مؤثر در فرایند ریخته‌گری کوبشی را می‌دانم.		
مزایا و معایب ریخته‌گری کوبشی را یاد گرفته‌ام.		
ریخته‌گری کوبشی را می‌توانم با سایر روش‌های ریخته‌گری مقایسه کنم.		
انواع قطعات تولید شده به‌روش ریخته‌گری کوبشی را یاد گرفتم.		

ارزشیابی توسط هنرآموز		
مؤلفه‌های ارزشیابی	بارم	نمرهٔ دریافتی
تفاوت ریخته‌گری کوبشی با آهنگری را متوجه شده است..	۱	
مراحل انجام فرایند ریخته‌گری کوبشی را یاد گرفته است.	۲	
عوامل مهم در فرایند ریخته‌گری کوبشی را می‌داند.	۲	
تفاوت ریخته‌گری کوبشی مستقیم و غیر مستقیم را می‌داند.	۲	
عوامل موثر در فرایند ریخته‌گری کوبشی را یاد گرفته است.	۳	
مزایا و معایب ریخته‌گری کوبشی را می‌داند.	۲	
ریخته‌گری کوبشی را می‌تواند با سایر روش‌های ریخته‌گری مقایسه کند.	۳	
انواع قطعات تولید شده به‌روش ریخته‌گری کوبشی را یاد گرفته است.	۳	
صحت نمره خود ارزیابی هنرجو	۲	
جمع	۲۰	