انواع روش های ریخته گری و انواع کوره

energyenergy.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : انواع ریخته‌گری ۸

۱-۲. ریخته‌گری از دیدگاه علمی و مهندسی ۱۰

۱-۲-۱.ریخته‌گری تجربی ۱۰

۱-۲-۲. ریخته‌گری فنی ۱۰

۱-۲-۳. ریخته‌گری مهندسی ۱۰

۱-۳. ریخته‌گری از دیدگاه فرآیندی ۱۱

۱-۳-۱. ریخته‌گری ماسه ۱۲

۱-۳-۲. ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای ۱۴

۱-۳-۳. قالب‌های ریخته‌گری گچی ۱۵

۱-۳-۴. قالب‌های سرامیکی ۱۶

۱-۳-۵. ریخته‌گری در قالب دائمی ۱۸

۱-۳-۶. ریخته‌گری مجوف ۱۸

۱-۳-۷. ریخته‌گری تحت فشار ۱۹

۱-۳-۸.ریخته‌گری گریز از مرکز ۲۱

۱-۳-۹. ریخته‌گری قالب کامل ۲۳

۱-۳-۱۰.ریخته‌گری مداوم(پیوسته) ۲۳

۱-۴. ارزیابی روشهای مختلف ریخته‌گری ۲۳

۱-۵. سهم استفاده از فرآیندهای ریخته‌گری برای تولیدچدن و فولاد ۲۴

فصل دوم : انواع کوره‌های ذوب ۲۵

۲-۱. تقسیم بندی کوره ها از نظر نوع سوخت مصرفی ۲۶

۲-۱-۱. کوره‌های مصرف کننده سوخت فسیلی ۲۷

۲-۱-۱-۱. کوره کوپل ۲۷

۲-۱-۱-۲. کوره های دوار ۳۴

۲-۱-۱-۳. کوره‌های بوته ای ۳۷

۲-۱-۱-۴. کوره‌های گامی ۴۰

۲-۱-۲. کوره الکتریکی ۴۳

۲-۱-۲-۱.کوره‌های قوس الکتریکی ۴۳
۲-۱-۲-۲.کوره‌های القایی ۴۶
۲-۱-۲-۳.کوره‌های مقاومتی ۵۱

energyenergy.ir

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱. انواع محصولات ریخته‌گری بر حسب کد آیسیک[۱] ۸

جدول۱-۲. خلاصه ای از انواع روش های ریخته‌گری ، به همراه مزایا و معایب آنها و مثالهایی در این زمینه [۳] ۱۱

جدول۲-۱. انواع کوره‌های ذوب ریخته‌گری [۱۰] ۲۸

جدول۲-۲. اطلاعات مربوط به کوره کوپل، شامل نرخ ذوب، مصرف ویژه انرژی و بهترین عملکرد[۱۲] ۲۹

جدول۲-۳. اطلاعات مربوط به کوره دوار، شامل نرخ ذوب و مصرف ویژه انرژی[۱۲]..... ۳۴

جدول۲-۴. اطلاعات مربوط به کوره قوس الکتریکی، شامل نرخ ذوب، مصرف ویژه انرژی و بهترین عملکرد[۹] ۴۳

جدول۲-۵. اطلاعات مربوط به کوره القایی، شامل نرخ ذوب، مصرف ویژه انرژی و بهترین عملکرد[۱۲] ۴۵

energyenergy.ir

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۲. بار ریزی فلز در قالب ۹
شکل۱-۳. اشیای فلزی ساخته شده به روش ریخته‌گری ۱۰
شکل۱-۴. مراحل ریخته‌گری قالب ماسه ای[۴] ۱۴
شکل۱-۵. روش معمول ساخت قالب پوسته ای[۵] ۱۵
شکل۱-۶. مراحل عملیات ساخت قالب سرامیکی [۶] ۱۷
شکل۱-۷. یک قالب سرامیکی برای ریخته‌گری قالب‌های فولادی فورج [۶] ۱۸
شکل۱-۸. پایه لامپ ریخته شده با روش ریخته‌گری مجوف [۲] ۱۹
شکل۱-۹. ریخته‌گری تحت فشار با محفظه داغ[۵] ۲۰
شکل۱-۱۰. ریخته‌گری تحت فشار با محفظه سرد[۵] ۲۰
شکل۱-۱۱. ریخته‌گری گریز از مرکز خالص[۶] ۲۲
شکل۱-۱۲. ریخته‌گری نیمه گریز از مرکز[۵] ۲۲
شکل۱-۱۳. مراحل ریخته‌گری گریز از مرکز[۵] ۲۳
شکل۱-۱۴. سهم هر فرآیند برای تولید چدن[۸] ۲۵
شکل۱-۱۵. سهم هر فرآیند برای تولید فولاد[۸] ۲۵
شکل۲-۱. سهم تولید هر یک از کوره‌های فسیلی و الکتریکی در تعدادی از کشورهای اروپایی در سال ۱۹۹۶[۹] ۲۷
شکل۲-۲. شماتیکی از یک کوره کوپل ۲۹
شکل۲-۳. نمایی از کوره کوپل سرد دم و گرم دم با جزییات[۱۳] ۳۲
شکل۲-۴. نمایی از یک کوره دوار ۳۴
شکل۲-۵. نمایی از کوره بوته ای ۳۷
شکل۲-۶. سهم انواع کوره‌های الکتریکی در کشورهای توسعه یافته[۹] ۴۳
شکل۲-۷. نمایی از یک کوره قوس الکتریک ۴۴

شکل۲-۸. نمایی از یک کوره القایی..... ۴۷

شکل۲-۹. راه‌های تلفات انرژی و مقدار آن در کوره‌های القایی[۹] ۴۸

شکل۲-۱۰. نمونه‌هایی از یک کوره مقاومتی ۵۱

energyenergy.ir

چکیده

ریخته‌گری، فرآیندی است که طی آن ماده مذاب به داخل قالب بارریزی می‌شود تا به شکل داخلی قالب، منجمد شده و از داخل آن خارج شود. در واقع ریخته‌گری جز اولین روش‌های تولید و شکل‌دهی مواد است که از گذشته‌های دور، برای تولید بسیاری از ابزار و قطعات از آن استفاده می‌شود.

در این گزارش انواع فرآیندهای ریخته‌گری به همراه مزایا و معایب قطعاتی که می‌توان با این روش ساخت، آورده شده است. ریخته‌گری را می‌توان از دو دیدگاه علمی، مهندسی و همچنین از دیدگاه فرآیندی مورد بررسی قرار داد. اساس کلیه فرآیندهای ریخته‌گری، تغذیه فلز مذاب به حفره قالب و سپس انجماد مذاب و ایجاد جسم جامد است. تفاوت فرآیندهای مختلف، اصولاً در چگونگی تهیه قالب است. علاوه بر این انواع کوره‌های ریخته‌گری به همراه توضیح مفصلی از آن گرداوری شده است. کوره‌ها از نظر مصرف انرژی به دو دسته عمده مصرف کننده سوخت فسیلی و همچنین گرمایش الکتریکی تقسیم بندی می‌شوند. انتخاب کوره با توجه به هزینه، کیفیت فلز، نیازهای تولیدی و نوع آلیاژ تعیین می‌شود. انعطاف پذیری کوره در شرایط مختلف، برای انواع تولید مزیت محسوب می‌شود.

energyenergy.ir

فصل اول
انواع ریخته‌گری

فرآیند ریخته‌گری در طول تاریخ با تحولات بسیاری روبرو بوده است و در روند تکاملی خود تا به امروز، روش‌ها و تکنولوژی‌های مختلفی را به خود اختصاص داده است. آنچه امروز به عنوان صنعت ریخته‌گری شناخته می‌شود، حاصل این تحولات و تکامل تدریجی آن در طول زمان بوده است. تکنیک‌های مختلفی در طول زمان مورد استفاده قرار گرفته‌اند، اما آنهایی که مطلوب بوده و از نظر فنی و اقتصادی جوابگوی نیازهای بشر بوده‌اند، باقی مانده و آنهایی که در روند تکاملی با مسیر نیازهای بشر هماهنگ نبوده‌اند، به دست فراموشی سپرده شده‌اند. به طور حتم تکامل روش‌های ریخته‌گری به این مرحله از تاریخ بشر ختم نمی‌شود و در آینده روش‌های مدرن‌تر و مطلوب‌تری به صنعت معرفی خواهد شد.

از جمله خصوصیاتی که سبب تولید قطعات به روش ریخته‌گری می‌شود را می‌توان موارد زیر عنوان کرد:

- پیچیدگی فنی قطعه و عدم قابلیت تولید آن از طریق سایر روش‌های تولید
- عدم نیاز به خصوصیات و مشخصه‌های فنی خاص از نظر ساختار کریستالی مواد
- هزینه نسبتاً پایین
- امکان پذیری انجام کار مکانیکی مانند آهن‌گری[1]، نورد[2] و یا روزن رانی[3] پس از مرحله ریخته‌گری و ایجاد سطح صاف و ابعاد دقیق

مطابق طبقه‌بندی وزارت صنایع و معادن، قطعات صنعتی چدنی و فولادی که از طریق ریخته‌گری تولید می‌گردند، دارای کدهای آیسیک[4] گردآوری شده در جدول ۱-۱ می‌باشد[۱].

1 . Forging
2 . Rolling
3 . Extruding
4 . ISIC

جدول۱-۱. انواع محصولات ریخته‌گری بر حسب کد آیسیک[۱]

ردیف	تعریف	ISIC code
۱	ریخته‌گری قطعات آهن	27311113
۲	شیرالات چدنی	27311155
۳	ریخته‌گری قطعات آهن به روش دقیق	27311114
۴	ریخته‌گری شیرالات آهنی وفولادی وچدنی	27311150
۵	انواع ریخته‌گری اتصالات	27311140
۶	انواع ریخته‌گری فولاد وآهن	27311110
۷	ریخته‌گری چدن چکش خوار(مالیبل)	27311118
۸	ریخته‌گری چدن سفید	27311116
۹	ریخته‌گری اتصالات فولادی	27311141
۱۰	ریخته‌گری چدن نشکن (داکتیل)	27311115
۱۱	ریخته‌گری قطعات فولادی	27311111
۱۲	ریخته‌گری اتصالات چدن	27311143
۱۳	ریخته‌گری چدن خاکستری	27311117
۱۴	ریخته‌گری قطعات فولادی به روش دقیق	27311112

نمونه‌ای از باریزی فلز در قالب در شکل۱-۲ و گروهی از اشیای فلزی ساخته شده به روش ریخته‌گری در شکل۱-۳ نمایش داده شده است.

شکل۱-۲. بار ریزی فلز در قالب

شکل۱-۳. اشیای فلزی ساخته شده به روش ریخته‌گری

ریخته‌گری را می‌توان از دو دیدگاه علمی، مهندسی و همچنین از دیدگاه فرآیندی مورد بررسی قرار داد که در ادامه به تفضیل در مورد آن بحث خواهد شد.

۱-۲. ریخته‌گری از دیدگاه علمی و مهندسی

انواع ریخته‌گری از دیدگاه علمی و مهندسی عبارتند از:[۲]

۱-۲-۱. ریخته‌گری تجربی

واحدی است که تولید بر اساس مهارتهای فردی صورت گرفته و مشخصات علوم و فناوری نوین بر آنها حاکم نیست. در این واحدها، رابطه منطقی مواد، فرآیند و خواص چندان مورد نظر نیست.

۱-۲-۲. ریخته‌گری فنی

در اینگونه واحدها، نتایج علمی و مهندسی محصول معیاری تجربی است. استفاده از روشهای نو، ماشین آلات مدرن و نیمه مدرن در خط تولید از مشخصات این واحدهاست.

۱-۲-۳. ریخته‌گری مهندسی

واحدی است که در آن علوم مهندسی و فناوری در سه زمینه مواد، فرآیند و خواص به کار گرفته می‌شود.

۱-۳. ریخته‌گری از دیدگاه فرآیندی

اساس کلیه فرآیندهای ریخته‌گری تغذیه فلز مذاب به حفره قالب و سپس انجماد مذاب و ایجاد جسم جامد است. تفاوت فرآیندهای مختلف، اصولاً در چگونگی تهیه قالب است. برای اطلاع از روش ریخته‌گری ، ابتدا به بررسی ریخته‌گری یک جسم ساده در قالب ماسه ای پرداخته می‌شود. ابتدا بایستی مدل[۱] جسم مورد نظر را از چوب، فلز یا مواد دیگر بسازیم. آنگاه قالب را با تراکم[۲] ماسه در اطراف مدل آماده سازیم. همه این موارد در داخل جعبه قالب گیری[۳] قرارمی‌گیرد. معمولاً قالب دو قسمتی است که قسمت بالایی را درجه بالایی[۴] و قسمت پائینی را درجه پایینی[۵] می‌نامند.

اگر قطعه دارای حفره باشد قالب‌های مجزایی بنام ماهیچه[۶] ساخته شده و در داخل فضای باقیمانده مدل قرار می‌گیرد که در این صورت فضای بین حفره قالب و ماهیچه ریخته‌گری می‌شود.

برای بارریزی قطعه ریخته‌گری بایستی سیستم راهگاهی[۷] ایجاد شود که در ابتدای آن حفره باز و گشادی بنام حوضچه بارریز[۸] تعبیه شده تا بارریزی را ساده کند. فلز داخل حوضچه بارریز از طریق کانال قائم[۹] به ته راهگاه و سپس به داخل راهگاه‌های افقی[۱۰] جریان یافته، سپس از طریق راهگاه‌های ورودی[۱۱] به داخل قالب وارد می‌شود.

پس از کامل شدن انجماد، قطعه ریخته‌گری شده را از قالب خارج ساخته، ماهیچه ها را با ضربه از قطعه جدا می‌کنند و قطعات ریخته‌گری اولیه را برای ماشین کاری آماده می‌سازند.

در حین فرآیند انجماد، رشد دانه‌ها با کنترل جهت انتقال حرارت در قالب کنترل می‌شود. انجماد می‌تواند با استفاده از مبرد شروع شود. مبردها قطعاتی فلزی هستند که حرارت را به سرعت انتقال می دهند. از طرف دیگر با استفاده از مواد عایق یا ترکیبات گرمازا شرایط جریان گرما را می توان کنترل کرد و در قسمت معینی از قالب، انجماد را به تاخیر انداخت. در جدول۱-۲ انواع فرآیندهای ریخته‌گری به همراه مزایا، معایب و نمونه‌هایی از قطعاتی که می‌توان با این روش ساخت آورده شده است.

1 . Pattern
2 . Packing
3 . Moulding box
4 . Cope
5 . Drag
6 . Core
7 . Gatting system
8 . Pouring cup
9 . Sprue
10 . Down gate
11 . Ingate

جدول۱-۲. خلاصه ای از انواع روش های ریخته‌گری ، به همراه مزایا و معایب آنها و مثالهایی در این زمینه [۳]

فرآیند	مزایا	معایب	نمونه ها
ماسه	هزینه پایین، گستره وسیعی از فلزات ،اندازه ها و شکل ها	تلرانس زیاد، کیفیت سطح نامطلوب	سر سیلندر ها ، بدنه موتور ها
قالب پوسته ای	دقت بالا، نرخ تولید بیشتر و کیفیت سطح بهتر	محدودیت در اندازه قطعات	میله های اتصال ، جعبه دنده‌ها
مدل مصرف شدنی	گستره وسیعی از فلزات ،اندازه ها و شکل ها	الگو ها استحکام پایینی دارند	سر سیلندر ها، اجزای ترمز
قالب گچی	اشکال پیچیده ، کیفیت سطح عالی	فقط برای فلزات غیر آهنی ،نرخ تولید پایین	نمونه های اولیه قطعات مکانیکی
قالب سرامیکی	اشکال پیچیده ، دقت بالا وکیفیت سطح خوب	فقط اندازه های کوچک	پروانه ها، تجهیزات قالب هاب تزریق
قالب دائمی	کیفیت سطح خوب، نرخ تولید بیشتر وتخلخل کم	اشکال ساده، گرانی قالب	چرخ دنده های و جعبه دنده‌ها
تحت فشار	دقت ابعادی عادی ، نرخ تولید بالا	گرانی قالب ،قطعات کوچک، فلزات غیر آهنی	چرخ های اتوموبیل، بدنه دوربین و چرخ دنده های دقیق
گریز از مرکز	احجام سیلندری شکل بزرگ، کیفیت خوب	محدودیت در شکل ، هزینه بالا	لوله ها ، بویلر ها و چرخ طیارها
مجوف	اجسام توخالی و بدون استفاده از ماهیچه، سطح خارجی قطعات بسیار صاف	سطح داخلی ناصاف	قطعات تزئینی

در ادامه روشهای مختلف ریخته‌گری به تفصیل معرفی می شوند.

۱-۳-۱. ریخته‌گری ماسه

اغلب تولید قطعات ریختگی در ماسه انجام می‌شود. ریخته‌گری ماسه[1]، فرآیندی است که در آن از ماسه برای قالب‌گیری استفاده می‌شود. ماسه لازم برای یک تن ریخته‌گری حدود ۴ تا ۵ تن است. نسبت مصرف ماسه به فلز، بسته به نوع، اندازه قطعه ریختگی و روش قالب‌گیری، متغیر است. ماسه مورد استفاده در ریخته‌گری انواع مختلفی دارد که تحت دو دسته کلی ماسه طبیعی و ماسه ترکیبی (ماسه دریاچه) می توان آنها را طبقه‌بندی نمود. این ماسه‌ها دارای یک ماده نسوز به نام سیلیکا[2] می باشند. دانه های شن باید بقدر کافی کوچک باشند تا بتوان آن‌ها را متراکم کرد، و در عین حال باید آنقدر درشت باشند تا گازهای تشکیل شده در هنگام ریخته‌گری از بین منافذ آنها خارج شوند. در قالب های بزرگ تر، از ماسه سبز استفاده می کنند(ترکیبی از ماسه، خاک رس و مقداری آب).

ماسه را می توان مجددا مورد استفاده قرار داد. همچنین زائده ها و فلزات اضافی بریده شده و مجددا استفاده می‌گردند.

قالب‌های ماسه‌ای دارای قسمت های زیر می‌باشند:

- **دو قسمت اصلی قالب :** قالب از دو قسمت اصلی درجه بالایی و درجه پایینی تشکیل شده است.

1 . Sand casting

2 . SiO_2

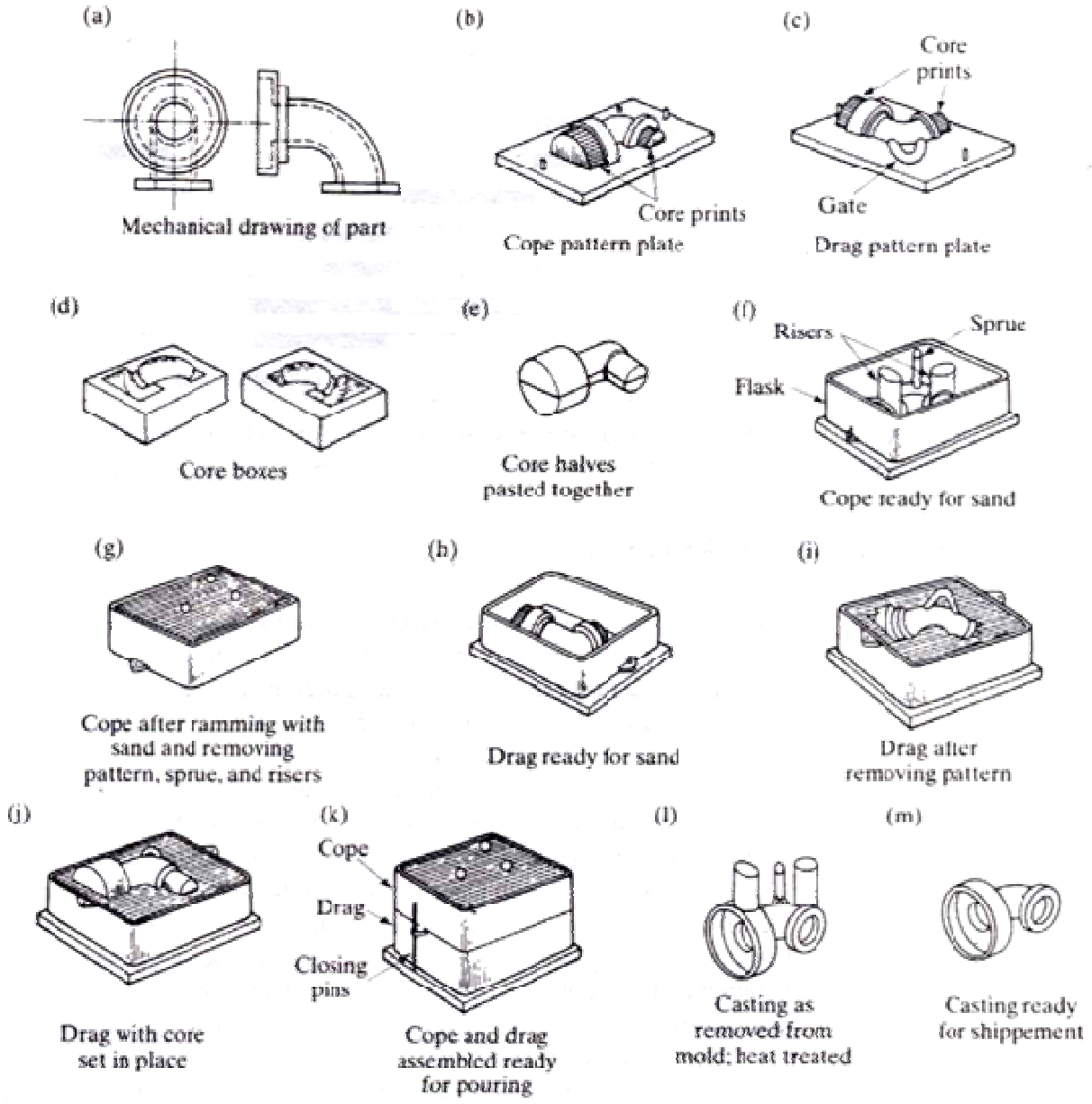
مذاب در فضای بین دو درجه که حفره قالب نام دارد، جاری می‌گردد. هندسه طرح توسط یک قطعه چوبی که مدل نام دارد، ایجاد می‌شود.

- **حفره قیفی شکل**: بالای این قیف ظرف مذاب ریزی قرار دارد. به قسمت لوله مانند قیف اسپرو[1] گفته می‌شود. فلز مذاب در داخل ظرف مذاب‌ریزی ریخته شده و از طریق اسپرو به سمت پایین جاری می‌شود.
- **راهگاه‌ها** : کانال هایی عمودی و توخالی هستند که حفره قالب را به سطح آن متصل می‌کنند. منطقه‌ای که این راهگاه‌ها به حفره قالب می‌رسند، راهباره[2] نام دارد. چندین حفره دیگر نیز درون قالب تعبیه می‌شوند که با سطح آن در تماسند. اضافه مذابی که درون قالب ریخته می‌شود، به داخل این حفره‌ها که "لوله‌های تغذیه" نام دارند جاری می‌گردد. این لوله ها مانند مخازن ذخیره مذاب عمل می‌کنند. همینطور که مذاب در داخل حفره قالب در حال جامد شدن است حجم آن کم می‌شود. برای جلوگیری از ایجاد حفره در داخل قطعه، مذاب جبران کننده از داخل این لوله ها به قالب وارد می‌شود.
- **منافذ هوا** : لوله‌های باریکی هستند که حفره قالب را به فضای بیرون متصل می‌کنند و به گازها و هوای داخل قالب اجازه می‌دهند که از قالب خارج شوند.
- **ماهیچه‌ها**: بسیاری از قطعات ریخته‌گری دارای سوراخ‌های داخلی (فضا های خالی)هستند، یا برخی حفره‌های موجود در ساختار آنها که از هیچ کجای قالب قابل دسترسی نیستند. این سطوح درونی به وسیله ماهیچه ها ایجاد می‌گردند. ماهیچه ها ازطریق آمیختن ماسه با یک سری چسب های خاص تهیه می‌شوند. این چسب باعث می‌شود که ماهیچه شکل خود را حفظ کند. قالب از طریق قرار دادن ماهیچه در داخل حفره درجه پایینی و قرار دادن درجه بالایی روی آن و قفل کردن دو درجه به هم، ساخته می‌شود. بعد از انجام عملیات ریخته‌گری ، ماسه ها کنار زده می‌شوند و ماهیچه بیرون کشیده شده و معمولا شکسته می‌شود.

فرآیند ریخته‌گری ماسه دارای مزایای بسیار بوده و یک فرآیند انعطاف پذیر، ساده و اقتصادی است. از معایب آن می‌توان به عدم امکان ریخته‌گری قطعات نازک و قطعات با ابعاد و اندازه های دقیق اشاره کرد.در شکل۱-۴ مراحل انجام ریخته‌گری به این روش به طور شماتیک نشان داده شده است.

1 . Sprue

2. Gate

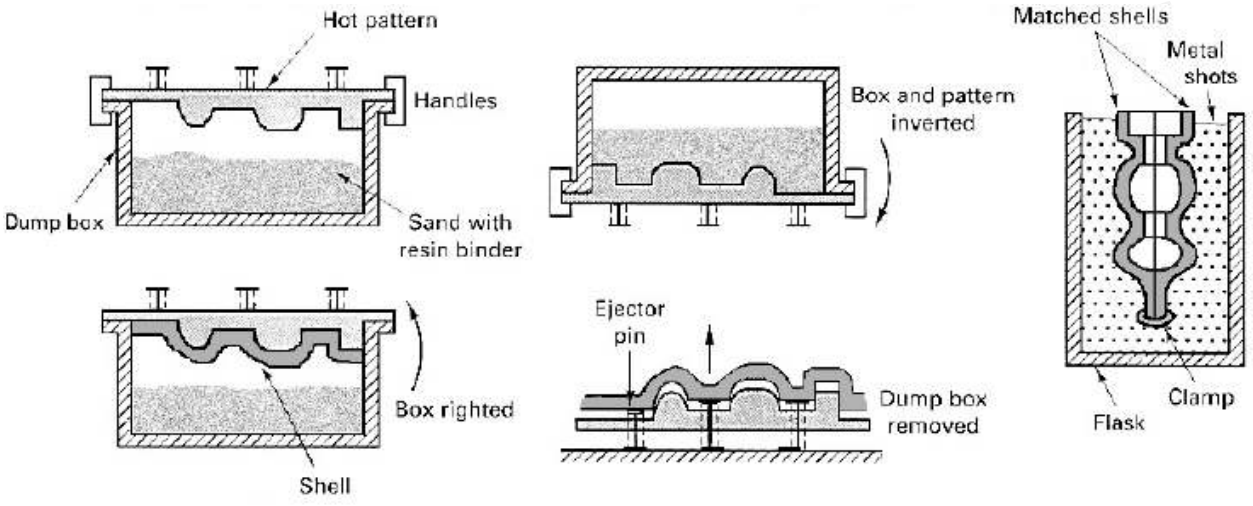


شکل۱-۴. مراحل ریخته‌گری قالب ماسه ای[۴]

۱-۳-۲. ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای

روش ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای برای اولین بار در دهۀ ۱۹۴۰ مطرح و به سبب توانایی این روش ریخته‌گری در تولید فلزات با دقت ابعادی بالا، کیفیت سطح خوب و قیمت پایین، استفاده از آن به طرز چشمگیری گسترش پیدا کرد. در این روش مدل ساخته شده از آلومینیوم یا فلزات آهنی تا دمای 175-370°C حرارت داده می‌شود، سپس توسط موادی مانند سیلیکون پوشش داده می‌شود و درون یک محفظه یا جعبه قرار داده می‌شود.

این محفظه حاوی ذرات ریز ماسه به همراه 4%-2.5% رزین ترموست[1] (نظیر فنل فرمالدئید) که پوشش دهندهٔ ماسه است، می‌باشد. این محفظه دوران می‌کند و مخلوط ماسه بر روی مدل ریخته می‌شود، سپس مجموعه برای مدت اندکی به منظور عمل آمدن رزین در داخل کوره قرار داده، پوستهٔ دور مدل سخت و توسط میلهٔ بیرون انداز از روی مدل برداشته می‌شود (شکل۱-۵) .



شکل۱-۵. روش معمول ساخت قالب پوسته ای[۵]

با کنترل زمان تماس قالب (پوسته) با مدل می‌توان ضخامت پوسته را به دقت محاسبه نمود. این پوسته‌ها سبک و نازک بوده و خواص حرارتی آنها با قالب‌های ضخیم تفاوت دارد. معمولا کیفیت بالای قطعهٔ ریخته‌گری با این روش هزینه‌های مربوط به تمیزکاری، ماشینکاری و عملیات پایانی را کاهش می‌دهد.

با این روش اشکال پیچیده را می‌توان بدون داشتن مهارت زیاد تولید کرد. این فرآیند را می‌توان به آسانی به صورت اتوماتیک در آورد. با این روش می‌توان قطعات مکانیکی نظیر پوستهٔ دنده‌ها، سرسیلندر، شاتون و ... که نیاز به دقت بالا دارند را تولید نمود. از این روش همچنین در تولید دقیق ماهیچه‌های قالب‌ها استفاده می‌شود.تلرانس در این روش $\pm 0.25mm$ می‌باشد.از معایب این روش هزینه زیاد می‌باشد[۴]،[۵]و[۶].

۱-۳-۳. قالب‌های ریخته‌گری گچی[2]

در فرآیند ریخته‌گری با قالب‌های گچی، قالب از گچ با پودر تالک[3] و سیلیکافلور[1] اضافی برای بهبود استحکام و

1 . Thermoset

2. Plaster Mold

3 . Talc

کنترل زمان لازم برای سفت شدن تهیه می‌شود. این مواد با آب مخلوط شده و دوغاب در داخل یک مدل ریخته می‌شود. بعد از آنکه گچ خشک شد، معمولا ظرف مدت ۱۵ دقیقه، مدل برداشته می‌شود و قالب خشک و رطوبت‌زدایی میگردد. دو نیمهٔ قالب روی هم سوار می‌شوند تا کل قالب را تشکیل دهند. این دو نیمه تا دمای حدود ۱۲۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۶ ساعت نگهداری می‌شوند. بعد از این مراحل می‌توان فلز مذاب را داخل آن ریخته‌گری نمود. به سبب اینکه قالب‌های گچی نفوذپذیری بسیار کمی دارند، گازهای ایجادشده در طی فرآیند نمی‌توانند فرار کنند. بنابراین فلز مذاب در داخل خلا و یا تحت فشار ریخته می‌شود.

معمولا مدل‌های مورد استفاده در قالب‌های گچی از جنس آلیاژهای آلومینیوم، پلاستیک‌های ترموست، برنج و یا آلیاژهای روی می‌باشند. مدلهای چوبی برای ساخت تعداد بالای این نوع قالب‌ها مناسب نیستند، چراکه مدل این نوع قالب‌ها به طور مداوم در معرض گچ خیس(دوغاب) می‌باشند. از آنجا که گچ حداکثر دمای $1200^{o}C$ را می‌تواند تحمل کند، از قالب‌های گچی فقط برای ریخته‌گری آلومینیوم، منیزیم، روی و بعضی آلیاژهای پایه مسی استفاده می‌شود.

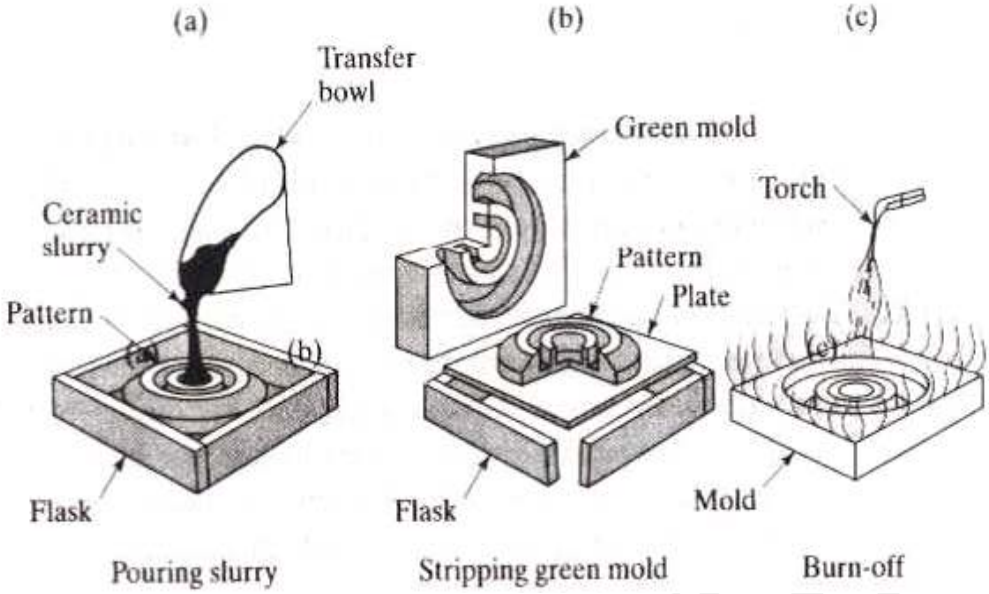
قطعات ریخته‌گری شده دارای دقت و کیفیت سطح خوب هستند. به سبب آنکه قالب‌های گچی دارای ضریب هدایت حرارتی پایین‌تری نسبت به سایر قالب‌ها می‌باشند، خنک شدن به آهستگی صورت می‌گیرد و بنابراین ساختار دانه‌های یکنواخت‌تر، تاب برداشتن کمتر و خواص مکانیکی بهتری خواهیم داشت. این روش ریخته‌گری به همراه ریخته‌گری توسط قالب‌های مومی و سرامیکی به عنوان روشهای ریخته‌گری دقیق شناخته میشوند چراکه دارای دقت ابعادی بالا و کیفیت سطح خوب هستند. از قطعاتی که با این روش تولید می‌شوند می‌توان به قفل‌ها، دنده‌ها، شیرها، ابزار و وسایل تزیینی اشاره کرد [۴]و[۶].

۱-۳-۴. قالب‌های سرامیکی

شبیه به قالب‌های گچی می‌باشند با این تفاوت که مواد مورد استفاده از این نوع قالب‌ها تحمل حرارتهای بالا را دارند و برای کارکرد در دماهای بالا مناسبند. دوغاب شامل ترکیبی از ریزدانهٔ زیرکون[۲] اکسید سیلسیوم به همراه رزین می‌باشد. بعد از گرفتن دوغاب قالب‌ها(صفحات سرامیکی)خشک شده و سوزانده می‌شود تا مواد تبخیر شدنی خارج و قالب نیز پخته شود (شکل۱-۶).

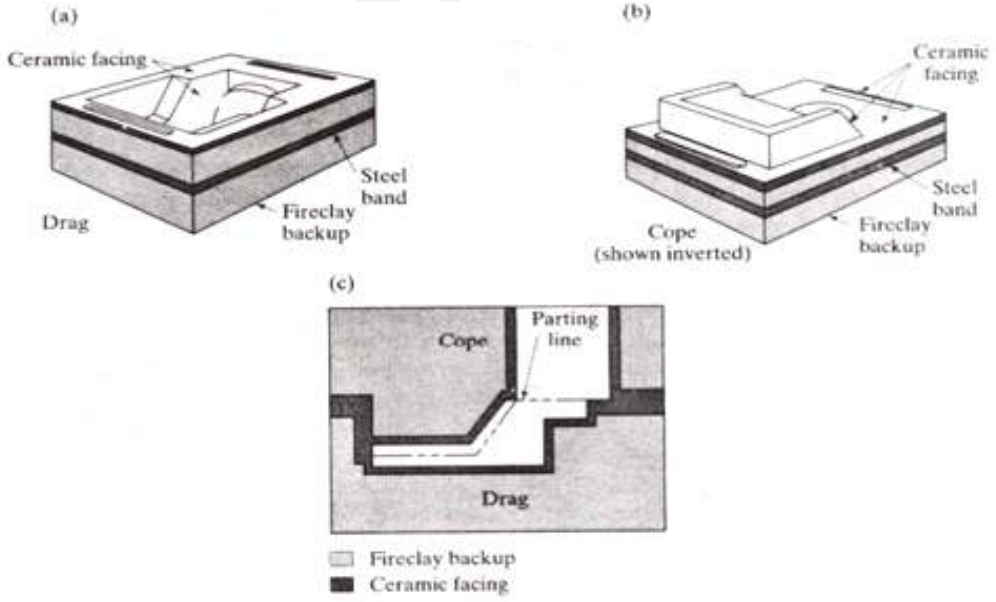
1 . Silica Flour

2 . $ZrSiO_2$



شکل۱-۶. مراحل عملیات ساخت قالب سرامیکی [۶]

مدل می‌تواند از چوب یا فلز باشد. بعد از قرار دادن مدل و ریختن دوغاب، قالب برداشته، خشک و سوزانده می‌شود تا مواد بخارشدنی آن از بین برود، سپس قالب پخته می‌شود. قالب‌ها محکم بسته و به عنوان قالب تمام سرامیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فرآیند شاو[1] وجوه سرامیک برای حصول به استحکام توسط خاک نسوز پخته می‌شود. سپس این وجوه سرامیکی روی هم سوار و آماده ریخته‌گری می‌شود (شکل۱-۷).



1 . Shaw process

شکل۱-۷. یک قالب سرامیکی برای ریخته‌گری قالب‌های فولادی فورج [۶]

مقاومت این قالب در دماهای بالا سبب شده است این نوع قالب برای ریخته‌گری فلزات آهنی و آلیاژهای دما بالا، فولاد زنگ نزن و فولادهای ابزار استفاده شوند. قطعهٔ ریخته‌گری شده دارای دقت ابعادی بالا و کیفیت سطح خوب می‌باشد. قطعات ریخته‌گری شده با این روش می‌توانند دارای اشکال پیچیده با ابعاد مختلف باشند. این فرآیند یک روش تولید گران قیمت می‌باشد. قطعاتی که معمولا با این روش تولید می‌شوند، پره‌های توربین، ابزار برش ماشینکاری، قالب‌های مورد استفاده در شکل‌دهی فلزات و قالب‌های مورد استفاده برای قطعات پلاستیکی و یا لاستیکی می‌باشد. با این روش می‌توان قطعاتی با وزن بیش از 700 kg را نیز تولید کرد [۴]و[۶].

۱-۳-۵. ریخته‌گری در قالب دائمی

همانطور که از اسم آن پیداست، قالب‌های دائمی به صورت مکرر مورد استفاده قرار می گیرند. این قالب‌ها به گونه‌ای طراحی می شوند که قطعهٔ ریخته‌گری شده به آسانی بتواند از داخل آن برداشته شود تا بتوان دوباره از قالب برای ریخته‌گری قطعهٔ بعدی استفاده نمود. برای ساخت این قالب‌ها از فلزاتی که در دماهای بالا استحکام دارند استفاده می شود. از آنجاییکه قالب‌های فلزی دارای هدایت حرارتی بهتری نسبت به قالب‌های غیردائمی می باشند، انجماد قطعهٔ ریخته‌گری سریع انجام می شود که این موضوع بر روی میکروساختار و اندازهٔ دانهٔ ریختگی تاثیر می‌گذارد.

در قالب‌های دائمی دو نیمهٔ قالب از موادی نظیر فولاد، برنز و گرافیت ساخته شده و حفره های قالب و سیستم راهگاهی در داخل قالب ماشینکاری می شود. معمولا از چدن خاکستری و فولاد کم کربن به عنوان ماهیچه استفاده می شود. استفاده از چدن خاکستری به عنوان ماده خام ماهیچه معمولتر است.برای افزایش عمر قالب‌های دائمی، سطوح حفره‌های قالب توسط دوغابی از مواد مقاوم پوشانده می‌شود و یا بعد از تولید چند قطعه با اسپری لایه ای از گرافیت روی آن قرار می‌گیرد.

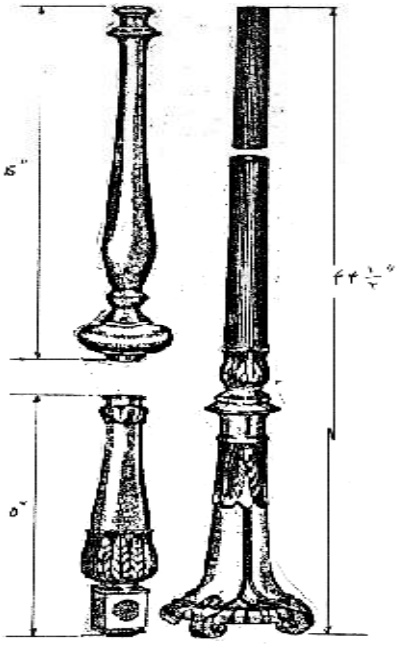
با این فرآیند می توان قطعاتی یکنواخت با کیفیت سطح خوب، تلرانسهای کم و خواص مکانیکی خوب در تیراژ بالا تولید نمود. قطعات معروف تولید شده با این روش پیستونهای موتورهای احتراق داخلی، سرسیلندر و وسایل آشپزخانه می‌باشد [۴]و[۶].

۱-۳-۶. ریخته‌گری مجوف[1]

در روش دیگری از ریخته‌گری که بنام ریخته‌گری مجوف شناخته می‌شود، برای تولید اجسام توخالی از قالب

1 . Slush casting

دائمی ولی بدون استفاده از ماهیچه استفاده می‌گردد. برای این کار بارریزی در قالب انجام شده سپس آن را به مدت معینی به حال خود می گذارند تا پوسته جامدی تشکیل شود. آنگاه قالب را واژگون کرده تا مذاب منجمد نشده تخلیه شود. سطح خارجی این قطعات بسیار صاف است اما سطح داخلی آنها ناصاف می‌باشد. این روش شبیه ریخته‌گری دوغاب سرامیکی است. در شکل۱-۸ نمونه ای از یک پایه لامپ ریخته شده با روش ریخته‌گری مجوف نشان داده شده است. [۲]



شکل۱-۸. پایه لامپ ریخته شده با روش ریخته‌گری مجوف [۲]

۱-۳-۷. ریخته‌گری تحت فشار [1]

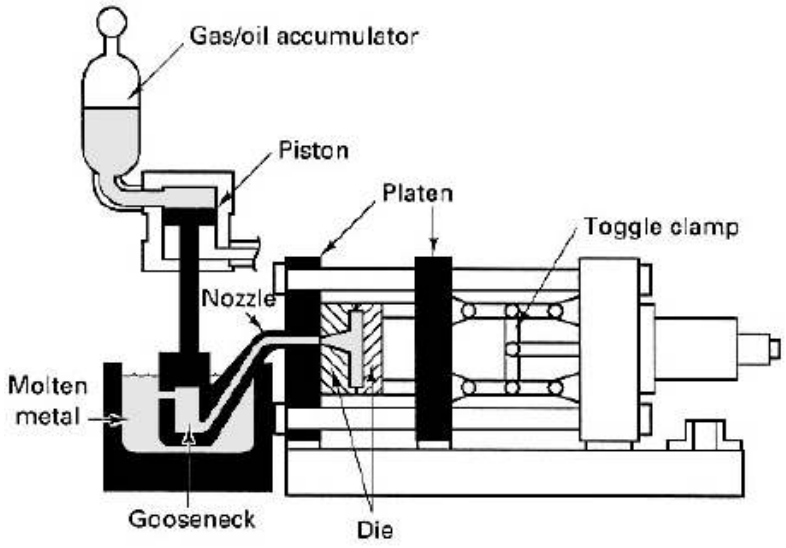
تفاوت ریخته‌گری تحت فشار با ریخته‌گری در قالب دائم، فشار مثبت اعمال شده در این روش است که این فشار مثبت در طول انجماد اعمال می‌شود. برای ریخته‌گری با فشار زیاد از فشارهائی در حدود چند هزارpsi استفاده می‌شود. روش مذکور به طور معمول شامل دو فرآیند محفظه داغ و محفظه سرد می‌باشد که در ادامه تشریح می‌گردد. [۷]

الف- ریخته‌گری تحت فشار با محفظه داغ

در ریخته‌گری تحت فشار با محفظه داغ، مخزنی از فلز مذاب در کوره مربوط به دستگاه نگهداری می‌شود. سپس پمپ دستگاه بداخل فلز مذاب فروبرده می‌شود و پمپ، مذاب را به داخل قالب می راند (شکل۱-۹). استفاده از

1. Pressure diecast

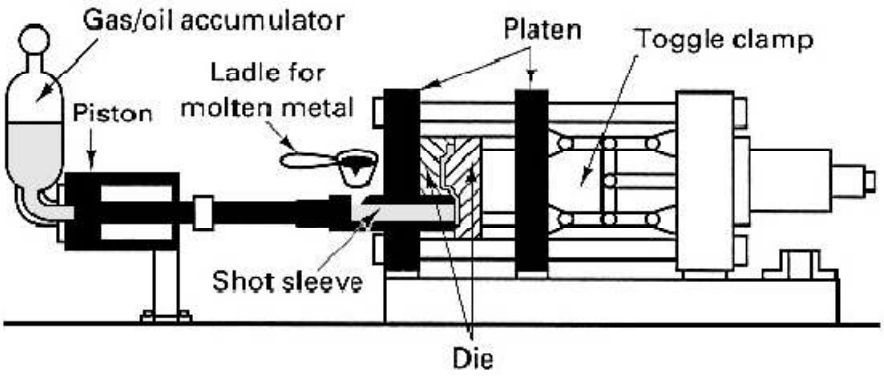
فرآیند محفظه داغ به فلزات زودگداز عمدتاً آلیاژهـای روی کـه در دمـای ۴۰۰ تزریـق صـورت مـی گیـرد، منحصـر می‌شود.



شکل۱-۹. ریخته‌گری تحت فشار با محفظه داغ[۵]

ب- ریخته‌گری تحت فشار با محفظه سرد

روش ریخته‌گری تحت فشار با محفظه سرد برای آلیاژهایی که دمای ذوب بالائی دارند مانند آلیاژهای آلـومینیم که تزریق در بالاتر از ۵۰۰ درجه سانتیگراد صورت می پذیرد، مورد استفاده قرار می گیرد. در ایـن روش محفظـه در مجاورت قالب با فلز مذاب، بارگیری شده و سپس مذاب با فشار به داخل قالـب رانـده مـی‌شـود. در ایـن روش فشـار اعمال شده در حدود4000-15000psi می‌باشد. شکل۱-۱۰ شماتیکی از این روش را نشان می‌دهد.



شکل۱-۱۰. ریخته‌گری تحت فشار با محفظه سرد[۵]

۱-۳-۸. ریخته‌گری گریز از مرکز[1]

همانطور که از نامش پیداست در فرآیند ریخته‌گری گریز از مرکز مذاب توسط نیروی گریز از مرکز داخل حفره‌ها پخش می‌شود. این روش برای اولین بار در دهۀ ۱۸۰۰ پیشنهاد شد. سه نوع ریخته‌گری گریز از مرکز وجود دارد: ریخته‌گری گریز از مرکز خالص[2]، ریخته‌گری نیمه گریز از مرکز[3] و ریخته‌گری گریز از مرکز[4].

الف-ریخته‌گری گریز از مرکز خالص

قطعات استوانه‌ای شکل نظیر لوله‌ها، لوله‌های تفنگ و ... توسط ریخته‌گری گریز از مرکز خالص تولید می‌شوند. در این روش فلز مذاب در داخل قالب در حال گردش ریخته می‌شود. محور چرخش معمولا افقی است ولی برای قطعات کوچک می‌تواند به صورت عمودی نیز باشد. قالب از فولاد، آهن و گرافیت ساخته می‌شود و باآلیاژهای مقاوم حرارتی پوشش داده می‌شود. سطوح قالب را می‌توان به اشکال مختلف ساخت، بنابراین می‌توان با این روش لوله‌هایی با سطوح خارجی مختلف نظیر مربع، چند ضلعی و ... تولید نمود. سطح داخل قطعه همچنان استوانه‌ای باقی می‌ماند چراکه فلز مذاب به خاطر نیروی گریز از مرکز به صورت یکنواخت پخش می‌شود. البته به دلیل اختلاف دانسیته المانهای سبکتر نظیر تفاله ، ناخالصیها و قطعات آلیاژهای مقاوم حرارتی بر روی سطح داخلی ریخته می‌نشینند. سیلندرهایی از قطر 13 mm و با طول 3 m با ضخامتی از 6 mm تا 125 mm را می توان با این روش تولید نمود.

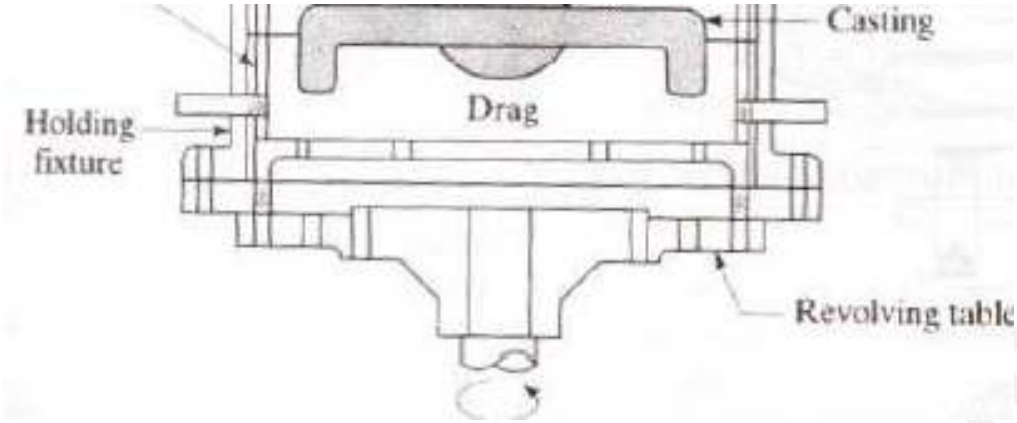
ریخته‌گری با کیفیت خوب، دقت ابعادی بالا و سطوح خارجی دقیق را می‌توان با این روش داشت.علاوه بر لوله‌ها، قطعاتی نظیر بوش ها، رینگ‌های آب‌بندی و بوش‌های سیلندر موتور با این روش تولید می‌شود.در شکل شکل۱-۱۱ نمونه‌ای از این روش آمده است [۵]و[۷].

1 . Centrifugal casting

2. True Centrifugal Casting

3. Semi-Centrifugal Casting

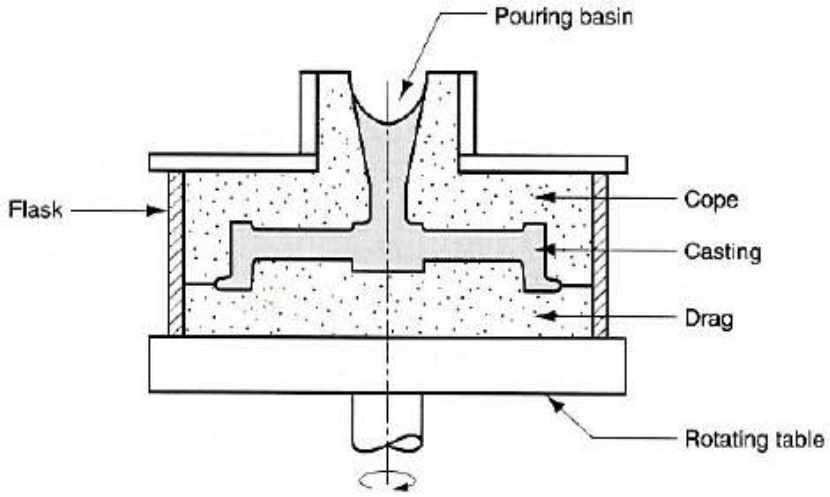
4. Centrifugal Casting



شکل۱-۱۱. ریخته‌گری گریز از مرکز خالص[۶]

ب-ریخته‌گری نیمه گریز از مرکز

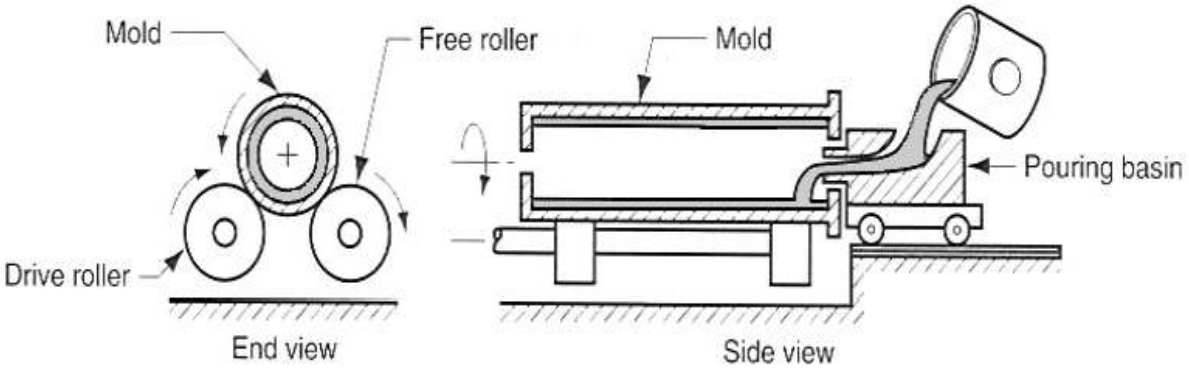
از این روش برای تولید قطعاتی با تقارن محوری استفاده می‌شود. در شکل۱-۱۲ مثالی از استفاده از این روش آمده است.



شکل۱-۱۲. ریخته‌گری نیمه گریز از مرکز[۵]

ج-ریخته‌گری گریز از مرکز

در این روش قالب با هر شکلی در مکان مشخصی نسبت به محور دوران قرارمی‌گیرند. فلز مذاب از مرکز ریخته می‌شود و به خاطر نیروی گریز از مرکز به داخل قالب فشرده می‌شود. در این روش خواص ریختگی با فاصله از دوران تغییر می‌کند.در شکل۱-۱۳ مراحل کلی این روش دیده می‌شود.



شکل۱-۱۳. مراحل ریخته‌گری گریز از مرکز[۵]

۱-۳-۹. ریخته‌گری قالب کامل[1]

ریخته‌گری قالب کامل یا قالب بدون حفره، روشی است که اخیرا ابداع شده است و مفهوم اصلی آن بسیار ساده است. مدل را از ماده مناسبی (معمولا پلی استیرن)که قابل احتراق یا قابل تبخیرشدن است، می سازند. سپس قالب در اطراف آن تشکیل می‌شود. مدل را از قالب جدا نمی سازند بلکه فلز مذاب را به داخل قالب کامل بارریزی می کنند. با جلو رفتن مذاب، مدل سوخته و از بین می رود تا قالب پر شود. از این روش برای ریخته‌گری قطعات پیچیده استفاده می‌کنند [۲].

۱-۳-۱۰. ریخته‌گری مداوم(پیوسته)[2]

از ریخته‌گری مداوم (پیوسته) برای تولید شمش‌های فلزی استفاده می‌کنند. در این روش، مذاب ازداخل پاتیل مخصوص به داخل قالب گرافیتی یا فلزی که با آب سرد می‌شود و ته آن باز است بارریزی می‌شود. پوسته ای از فلز جامد به سرعت در سطح مشترک قالب و مذاب تشکیل شده و به علت انقباض از دیواره قالب جدا می‌شود. برای جلوگیری ازخارج شدن مذاب از قالب در شروع بارریزی، شمش فلزی در ته قالب قرار داده می‌شود وسپس با ادامه بارریزی به بیرون کشیده می‌شود [۲].

۱-۴. ارزیابی روشهای مختلف ریخته‌گری

مقایسه و ارزیابی روشهای ریخته‌گری برای انتخاب اقتصادی ترین روش بسیار مهم است اما به علت این که عوامل مختلفی بر ریخته‌گری اثر می گذارند، این ارزیابی مشکل است. انتخاب اقتصادی ترین فرآیند برای تولید یک

1 . Full-Mould Casting

2 . Continuous Casting

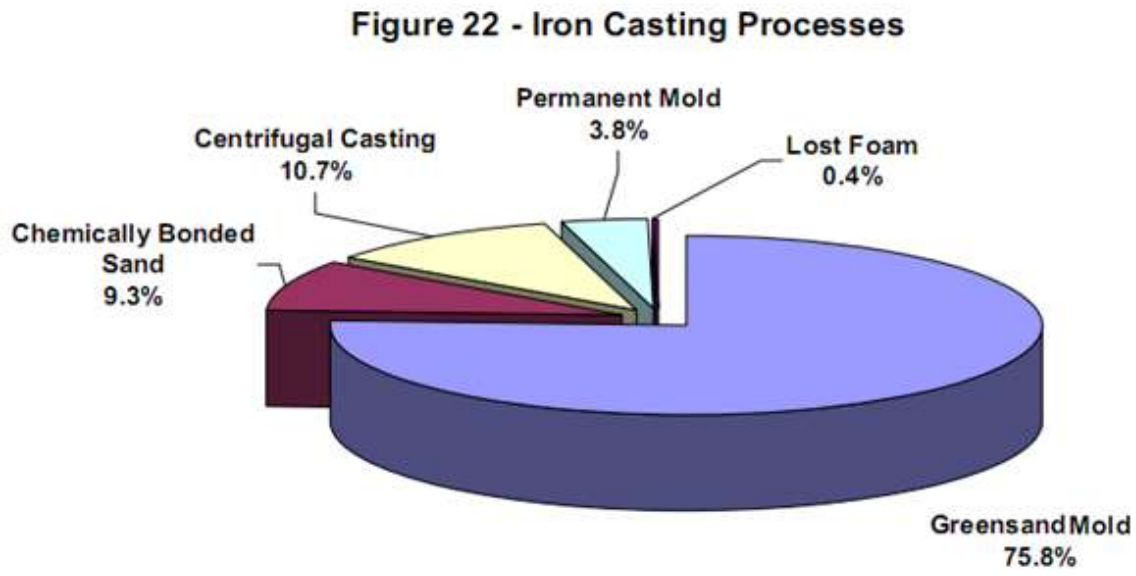
قطعه ریختگی، به نوع آلیاژ، پیچیدگی و اندازه قطعه، میزان تولید، دقت ابعاد و سطح تمام شده آن بستگی دارد. همه این عوامل، اهمیت اقتصادی یکسانی ندارند بلکه ممکن است یکی از این عوامل در شرایط به خصوصی تعیین کننده باشد.

مهم ترین عامل مربوط به مواد که بر انتخاب روش ریخته‌گری موثر است، دمای ذوب می‌باشد. فرآیندهایی که در آنها از مواد نسوز و دیرگداز به عنوان قالب استفاده می‌شود (ریخته‌گری ماسه و ریخته‌گری دقیق)، برای ریخته‌گری اغلب آلیاژها کاربرد دارند، درصورتیکه فرآیندهایی که نیاز به قالب‌های فلزی دایمی دارند، بایستی برای آلیاژهای زودگداز مانند آلیاژهای آلومینیم، منیزیم، روی، و مس استفاده شوند.

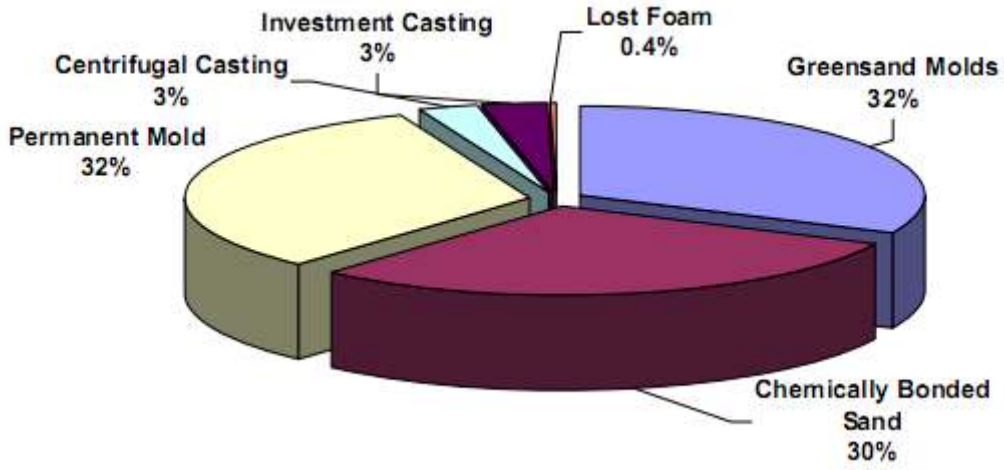
فرآیندهای ریخته‌گری نسبت به اندازه و وزن قطعه فوق العاده انعطاف پذیرند. به طور مثال برای تولید قطعات بزرگ از روش ساده ریخته‌گری ماسه و برای تولید قطعات کوچک از ریخته‌گری دقیق استفاده می‌شود. قابلیت هر فرآیند ریخته‌گری برای تکرار تولید قطعات پیچیده به روش ساده، از اهمیت زیادی برخوردار است. تولید پیچیده‌ترین اشکال به مدل های مصرف شونده نیاز دارد. هزینه زیاد ساخت قالب های فلزی و ضرورت سهولت جدا شدن قطعه از قالب، باعث محدودیت پیچیدگی قطعه شده و استفاده از قالب های دایمی را با مشکلاتی مواجه می‌سازد. از دیگر عوامل مهم می‌توان به حداقل ضخامت قطعه که می‌تواند در یک فرآیند تولید شود، اشاره نمود. این عامل تابع سطح تمام شده قالب، روش ورود مذاب به قالب و همچنین محفظه قالب است. دقت ریخته‌گری (ابعاد و سطح تمام شده) فرآیندهای مختلف با هم متفاوت است. دقت زیاد ابعاد و سطح تمام شده خوب در فرآیندهایی که از قالب فلزی دایمی استفاده می‌شود، بالاتر است.

۱-۵. سهم استفاده از فرآیندهای ریخته‌گری برای تولیدچدن و فولاد

همانطور که در قسمت های قبل توضیح داده شد، فرآیندهای تولید چدن و فولاد تنوع بسیاری دارد. در شکل۱-۱۴ و شکل۱-۱۵ به ترتیب سهم هر فرآیند برای تولید چدن و فولاد آورده شده است.



شکل۱-۱۴. سهم هر فرآیند برای تولید چدن[۸]



شکل۱-۱۵. سهم هر فرآیند برای تولید فولاد[۸]

فصل دوم

انواع کوره‌های ذوب

زیربنای صنایع سنگین هر کشور، صنایع ذوب فلزات آن می‌باشد. زیربنای صنایع ذوب نیز صنایع کوره سازی است. لذا از اینجا اهمیت صنایع کوره سازی به وضوح روشن می‌گردد. در این فصل انواع کوره‌های ریخته‌گری به همراه توضیح مفصلی درباره‌ی هر کدام آورده شده است.

۲-۱. تقسیم بندی کوره ها از نظر نوع سوخت مصرفی

ذوب فلزات اغلب به روش ناپیوسته[1] صورت می‌گیرد. مورد استثنای قابل ذکر، ذوب پیوسته در کوره کوپل[2] است، که اکثرا برای تولید چدن استفاده می‌شود. انتخاب کوره با توجه به هزینه، کیفیت فلز، نیازهای تولیدی و نوع آلیاژ تعیین می‌شود. انعطاف پذیری کوره در شرایط مختلف، برای انواع تولید مزیت محسوب می‌شود.کوره‌ها از نظر کاربرد به سه گروه پیش گرم، ذوب و نگه‌دارنده و از لحاظ مصرف انرژی به دو دسته عمده تقسیم بندی می‌شوند:

۱. کوره‌های مصرف کننده سوخت فسیلی

۲. کوره‌های با گرمایش الکتریکی

در شکل۲-۱ سهم تولید هر یک از کوره‌های فسیلی و الکتریکی در تعدادی از کشورهای اروپایی نشان داده شده است.

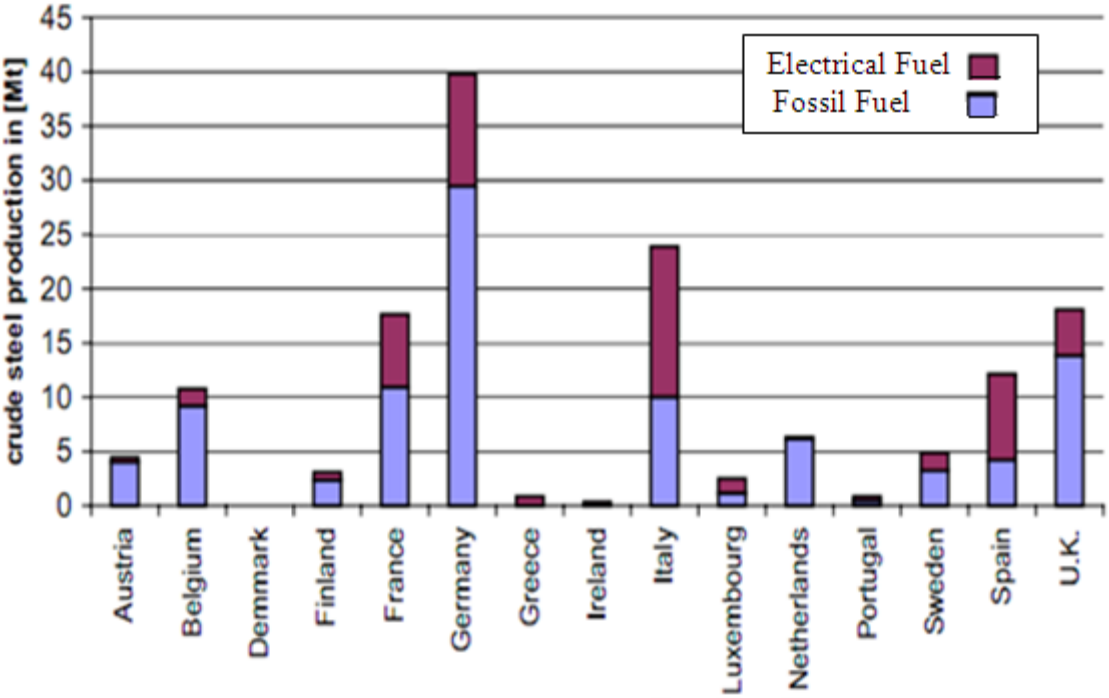
به طور کلی کنترل دقیق ترکیب شیمیائی، داشتن حداقل تلفات و حداکثر تمیزی در کوره‌هائی حاصل می‌شود که بار کوره از فرآیند احتراق جدا باشد، که در این موارد خطر آلودگی بار کوره با عناصر گازی و گوگرد ناشی از احتراق کاهش می یابد. بنابراین بر این اساس می توان گفت کوره‌های بوته ای بر کوره‌های وانی و اجاق‌دار برتری دارند.

از طرف دیگر در مواقعی که به واکنش بین سرباره و فلز نیاز باشد، شرایط گرمایی کوره‌های وانی ترجیح داده می‌شود، زیرا اثر گرما دهی از قسمت فوقانی، فرآیند خالص سازی را تسریع می بخشد. در حالت خاص تولید چدن خاکستری، تماس مستقیم بین سوخت و بار کوره یک مزیت به شمار می‌آید، چرا که کک هم نقش سوخت و هم نقش عامل کربورایزینگ[3] را بازی می‌کند. در این صورت کوره کوپل منحصر به فرد است.

1 . Batch

2 . Cupola Furnace

3 . Carburizing



شکل۲-۱. سهم تولید هر یک از کوره‌های فسیلی و الکتریکی در تعدادی از کشورهای اروپایی در سال ۱۹۹۶[۹]

ظرفیت ذوب نیز از دیگر عوامل محدود کننده به حساب می‌آید. برای میزان ذوب در حدود یک تـن و بـالاتر، از کوره وانی که ضخامت نسوز آن قابل ملاحظه بوده و پوسته ای فلزی دارد، استفاده می‌شود. بر عکس بوتـه هـا بـرای ریخته‌گری های کم، بسیار مناسب و قابل انعطاف می‌باشند. درجدول۲-۱ انواع کوره‌های ذوب ریخته‌گری ارائه شـده است.

در ادامه هر یک از انواع کوره، به تفصیل معرفی خواهد شد.

۲-۱-۱. کوره‌های مصرف کننده سوخت فسیلی

کوره‌های سوخت فسیلی تنوع بسیاری دارند که در زیر به شرح تعدادی از آنها پرداخته می‌شود.

۲-۱-۱-۱. کوره کوپل

کوره کوپل دارای مکانیزم عملکرد ساده بوده و بیشتر برای ذوب قراضه های چدنی استفاده مـی‌شـود. همچنـین نحوه کار این کوره با کوره بلند شباهت زیادی دارد. تفاوت آنها در این است که کوره بلند برای احیـای سـنگ معـدن آهن استفاده می‌شود. این نوع کوره ذوب در اندازه های متنوع و با قدرت ذوب بین ۱۰۰کیلوگرم تا چند ده تن چدن وجود دارد. در شکل۲-۲ شماتیکی از یک کوره کوپل نمایش داده شده است [۱۱].

جدول۲-۱. انواع کوره‌های ذوب ریخته‌گری [۱۰]

انرژی	شکل اصلی	نوع کوره		روش گرم کردن	زمینه اصلی کاربرد
احتراقی	وانی	کوره کوپل		کک (بار با سوخت مستقیما در تماس است)-ذوب پیوسته	چدن، فولاد
		کوره دوار		سوخت گاز، مایع و جامدپودری	آلیاژهای غیرآهنی، چدن (مالیبل)
	بوته ای	کوره بوته ای ثابت		سوخت مایع	اغلب آلیاژهای غیر از فولاد
				سوخت جامد	اغلب آلیاژهای غیر از فولاد
		کوره بوته ای چرخان	چرخان حول محوری که تقریباً کمی بالاتر از مرکز ثقل است	سوخت مایع	ریخته‌گری های تحت فشار
			چرخان حول محور ناودانی کوره	سوخت مایع	ریخته‌گری های کوچک
الکتریکی	قوسی	مستقیم		قوس به بار کوره	فولاد ، چدن
		غیر مستقیم		تشعشع قوس	آلیاژهای غیرآهنی، فولادهای آلیاژی
	مقاومتی			تشعشع میله مقاومتی	فولاد، چدن، آلیاژهای مس
				المانهای گرمایی	آلیاژهای غیرآهنی
	القایی	القایی بی هسته		القایی فرکانس بالا	فولاد، مخصوصا فولادهای آلیاژی
		القایی با هسته		القایی فرکانس پایین	چدن و آلیاژهای غیرآهنی، برای ریخته‌گری تحت فشار

شکل۲-۲. شماتیکی از یک کوره کوپل

اطلاعات مربوط به کوره کوپل که شامل نرخ ذوب، مصرف ویـژه انـرژی و بهتـرین عملکـرد ایـن نـوع کـوره در جدول۲-۲ آورده شده است.

جدول۲-۲. اطلاعات مربوط به کوره کوپل، شامل نرخ ذوب، مصرف ویژه انرژی و بهترین عملکرد[۱۲]

نوع کوره	جنس فلز	نرخ ذوب	مصرف ویژه انرژی	بهترین عملکرد
		Ton/hr	Kwh/Ton	Kwh/Ton
کوپل	چدن	5.6-22.4	838.1-1430.2	823.5-1183

- **اجزاء کوره کوپل**

کوره کوپل به طور ساده به دو بخش اساسی تقسیم می‌شود:

• ساختمان اصلی که شامل بدنه فلزی، مواد نسوز، محل شارژ، ورودی هوا و خروجی مذاب می شود.

• بخشهای جانبی که شامل محل توزین شارژ، تصفیه گازهای خروجی، پیش گرم هوا وریل شارژ می‌گردد.

در ادامه به معرفی قسمتهای مختلف این نوع کوره ها پرداخته می شود.

- بدنه

بدنه کوره از جنس فولاد بوده و ضخامت آن در کوره‌های بزرگ به ۳۰ تا ۴۰ میلیمتر هم می‌رسد. بر روی بدنـه محلهایی برای ورود مواد شارژ، هوای مصرفی، خروج سرباره و خروج مذاب تعبیه شده اسـت. قسـمت کـف کـوره بـه صورت درب بوده که برای تعمیر و خالی کردن مواد نسوز قبلی و جـایگزینی مـواد نسـوز جدیـد اسـتفاده مـی‌شـود. همچنین این کوره به طور یکپارچه نبوده و این امکان را دارد که قسمتهای مختلف از یکدیگر جدا شوند. در دور بدنه یک قوطی فولادی به صورت کمربند قرار داده شده که هوای مصرفی کوره ابتدا وارد این قسـمت شـده و سـپس وارد کوره می‌شود، این عمل برای یکنواختی در میزان هوای وارده به کوره از مجراهای موجود صورت می‌گیرد.

- مواد نسوز

مواد نسوز این نوع کوره ها بسته به نوع سرباره به دو دسته بازی و اسیدی تقسیم می‌شوند. همچنـین در حالـت ایده‌آل در قسمتهای مختلف کوره از مواد نسوز مختلف استفاده می‌شود، به این صورت که در محل خـروج مـذاب یـا محل ذخیره مذاب از نسوز با خواص مکانیکی متوسط استفاده شده اما در قسمتی که مجـرای ورود هـوا قـرار دارد از نسوزهای با خواص مکانیکی بالاتر استفاده می‌شود زیرا این محلها به شدت در معرض هوای وارده قرار دارد.

- محل شارژ

در این کوره‌ها شارژ از یک دریچه که در روی بدنه در قسمت بالای کوره قرار دارد انجام می‌شود. نحوه شارژ ایـن

کوره ها بدین صورت است که ابتدا مقدار معینی کک در کوره ریخته تا مقداری دمای کوره را بالا برده و برای ذوب آماده سازد. سپس اقدام به ریختن متوالی قراضه چدن و فولاد و کک می‌نمایند.

- ورودی هوا

بر روی جداره خارجی کوره سوراخ‌هایی وجود دارد که برای ورود هوا به داخل محفظه کوره تعبیه شده است، این سوراخ ها با یک محفظه به صورت کمربند پوشیده شده است که ابتدا هوا از دمنده به داخل این کمربند رفته و سپس وارد کوره می‌شود. این کمربند نقش مهمی در یکنواختی هوای وارد شده به کوره را ایفا می‌کند.

- خروجی مذاب

محل خروج مذاب در پایین ترین قسمت کوره قرار دارد و مذاب در خود کوره تجمع یافته، سپس از کوره خارج می شودیا اینکه همزمان با ذوب، مذاب خارج می شود.

در کارخانجات بزرگ مذاب تولید شده به داخل یک نگهدارنده ریخته می‌شود و پس از تجمع مقدار مناسب مذاب اقدام به تخلیه آن به پاتیل و ریخته‌گری می‌کنند.

این نوع کوره ذوب برای تهیه انواع چدن معمولی و چدن چکش‌خوار مناسب می‌باشد. اصولا دو نوع کوره کوپل وجود دارد: کوره کوپل سرد دم و کوره کوپل گرم دم.

الف- کوره کوپل با هوای سرد (سرد دم)

ساختمان این کوره متشکل از: ۱- دریچه ورودی بار ۲- جدار زرهی ۳- لوله‌های دمنده ۴- جعبه دم ۵- تنوره کوره ۶- کف بوته ۷- مجرای تخلیه ۸- پیش گرمگاه ۹- گدازگاه ۱۰- آتشگاه ۱۱- بوته

تعداد لوله‌های دمنده معمولا ۴ تا۶ عدد است . دمنده‌ها در حالت عادی در ارتفاعی معادل قطر داخلی کوره از کف کوره به بالا قرار می‌گیرند و اغلب آنها شیب ملایمی به طرف پایین کوره دارند. در بالای کوره کوپل دودکشی وجود دارد که در بیشتر انواع آن یک جرقه‌گیر نصب شده است تا از خروج ذرات گداخته بار به خارج از کوره و در نتیجه امکان آتش‌سوزی جلوگیری شود.

هوایی که از لوله‌های دمنده به داخل کوره می‌رسد، خیلی زود داغ می‌شود و پس از سوزاندن کک، آنرا به گاز کربنیک، (CO_2) تبدیل می‌نماید. این عمل در سوختگاه انجام می‌شود. بر خلاف واکنش‌های احتراق که گرمازا هستند این واکنش گرماگیر است. آن قسمت از کوره که این واکنش در آن انجام می‌یابد منطقه احیاء نامیده می‌شود.

آهن در قسمت فوقانی تنوره در اثر تماس با گازهای متصاعد شده داغ می‌شود. هر چه نسبت سطح خارجی به حجم بیشتر باشد، به همان نسبت هم انتقال گرما از گازها بهتر صورت می‌گیرد. بعد از آنکه آهن به تدریج به طرف

پایین کوره سرازیر شد، در قسمت احیا یعنی در ابتدای گدازگاه ذوب می‌شود. (گدازگاه). قطرات مذاب از کک‌های داغ گذاشته، از قسمت زیرین محل احیا وارد سوختگاه می‌شود. حرارت آن در این محل بالاتر از نقطه ذوب می باشد و در اینجا تغییراتی در ترکیب شیمیایی آن به وجود می‌آید. در پایان همراه با سرباره تولید شده به بوته می‌رسد و از آنجا مستقیما وارد حوضچه می‌گردد.

کوره کوپل سرد دم، ابتدا از طریق سوختن کک یا جریان هوا، گرم می‌شود. برای این که قبل از ورود بار فلزی کک سرخ شده و به حالت التهاب در آید، لازم است که دستگاه دم برای مدت کوتاهی روشن شود. سپس زمانی عمل بارگیری کوره انجام می‌شود که بلندی کک بستر به حد لازم رسیده باشد. در این موقع مواد گداز آور را متناوبا یا یکجا بر روی آهن و کک اضافه می‌نمایند و به محض این که کوره پر شد، جریان هوا را برقرار می‌سازند. آهن مذاب در بوته کوره جمع می‌شود یا مستقیما به دخل حوضچه می‌ریزد.

ب: کوره‌های کوپل با هوای گرم (گرم دم)

ساختمان کوره‌های کوپل گرم دم در اصل شبیه ساختمان کوره‌های کوپل سرد دم است. با این تفاوت که کوره کوپل گرم دم همیشه استوانه‌ای نیست. این کوره به کمک گرم‌کننده‌هایی که به طریق بازگشتی هوا را گرم می‌کنند کار می‌کند. برای گرم کردن هوا غالبا از حرارت گازهای گلوگاه استفاده می شود، به طوری که گازهای گلوگاه را به وسیله دستگاه مکنده به رکوپراتور می رسانند تا در آنجا عمل انتقال گرما از گازها به هوای سرد صورت گیرد.

عمل مکیدن گازهای خروجی ممکن است به سه صورت انجام گیرد:

الف- کمی پایین تر از دریچه ورود بار

ب- کمی بالاتر از سوختگاه

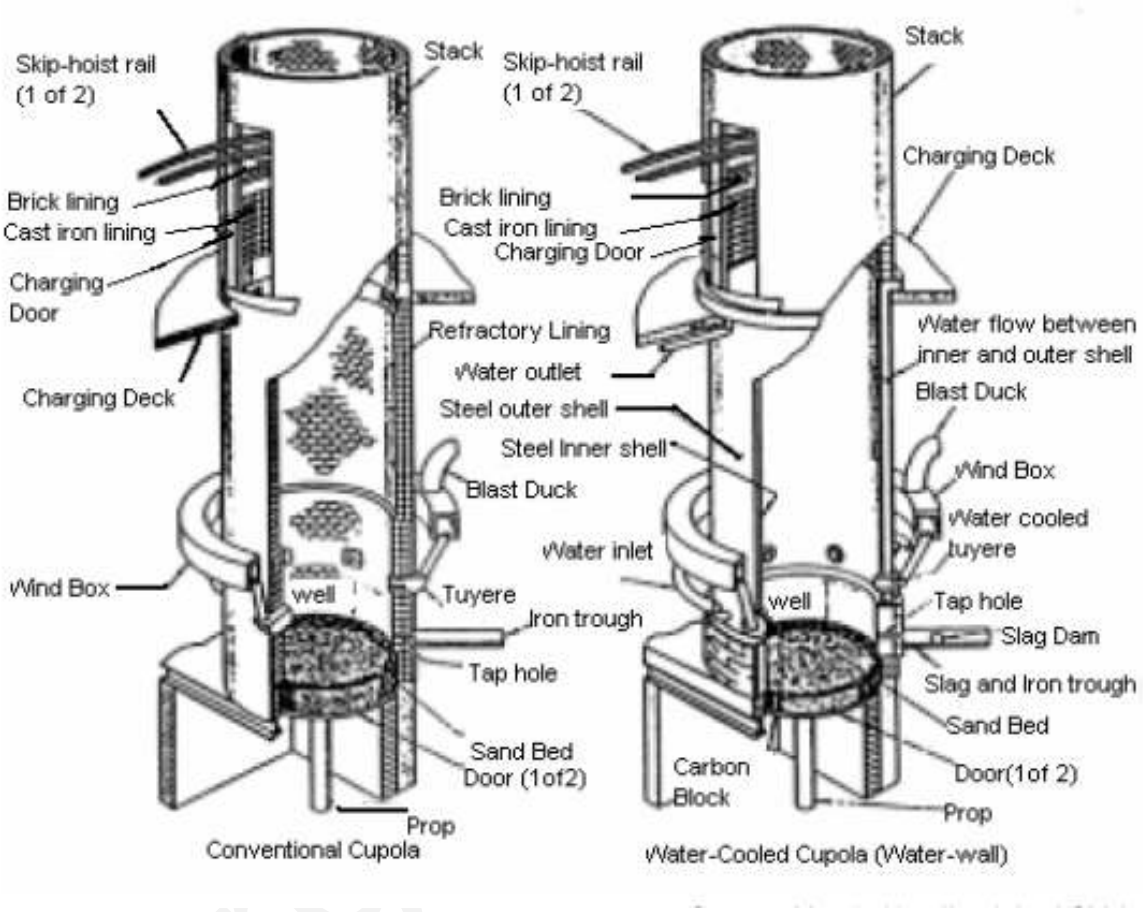
ج- کمی بالاتر از دریچه ورود بار

عمل احتراق در اصل مانند احتراق در کوره‌های سرد دم است، اما ختلاف اصلی در این است که سوختگاه در کوره کوپل گرم دم، به علت استفاده از هوای پیش گرم شده به سطح دمنده‌ها نزدیکتر می‌شود. با کوچک شدن گدازگاه، حرارت کوره گرم دم از حد ماکزیمم کوره سرد دم تجاوز می‌کند.

درصد مقدار کک را در کوره کوپل گرم دم، اغلب به ۸ تا ۱۲٪ می رسانند. تحت این شرایط حرارت آهن به ۱۴۵۰ تا ۱۵۵۰سانتیگراد می‌رسد. در کوره‌های کوپل گرم دمی که جدار آنها بازی است، مقدار بیشتری کک به کار برده می‌شود. (۱۵ تا ۲۵٪). بدین جهت کربن‌دهی در این کوره‌ها بیشتر انجام می‌گیرد. به این ترتیب می‌توان بار آنها را در مقایسه با بار کوره‌های اسیدی از موادی که دارای کربن کمتری هستند انتخاب نمود. امتیاز دیگر این کوره‌ها این است که به علت خاصیت بازی سرباره آنها، درصد گوگرد آهن پایین می‌آید.در آغاز ذوب، هوای گرم وجود ندارد، مگر آن که یک رکوپراتور با گرم کننده خارجی یا یک دستگاه گرم کننده دیگری موجود باشد. بالا رفتن درجه

حرارت هوا با گرم شدن رکوپراتور به وسیله گازهای خروجی نسبت مستقیم دارد.

در شکل۲-۳ نمایی از کوره کوپل سرد دم و گرم دم با جزییات آورده شده است.



شکل۲-۳. نمایی از کوره کوپل سرد دم و گرم دم با جزییات[۱۳]

انواع سرباره گیری:

سرباره گیری مستقیم: در سرباره‌گیری مستقیم، سرباره و مذاب مشترکا به وسیله یک دریچه تخلیه خروجی از کوره خارج می‌شوند و به علت وزن مخصوص متفاوت در مخزنی که به این دریچه متصل است از یکدیگر جدا می‌شوند. در اینجا برای خروج سرباره، یک مجرا در قسمت بالای دریچه تخلیه در نظر گرفته می‌شود در حالی که مذاب در محل پایین‌تری توسط یک سیفون جاری می‌شود.

سرباره گیری غیرمستقیم: برای سرباره گیری و خارج کردن مذاب دو سیفون جداگانه مورد نیاز است. این روش برای کوره‌های کوپلی که در آنها مدتی طولانی بدون انقطاع ذوب می‌شود، مناسب‌تر می‌باشد زیرا سرباره سیفون آسان‌تر بازسازی می‌شود. برای تفهیم طرز کار می‌توان هر دو سیفون را به عنوان لوله‌های ارتباطی در نظر

گرفت.

energyenergy.ir

۲-۱-۱-۲. کوره های دوار[1]

کوره‌های دوار برای ذوب چدن در سال ۱۹۳۰ در آلمان ساخته شد ولی در حال حاضر در دنیا بیشتر انگلیسی‌ها از آن استفاده می کنند. این کوره‌ها شامل یک اسکلت فلزی می‌باشد که به شکل یک استوانه متصل به دو مخروط ناقص است و توسط فلنج روی استوانه و مخروط‌ها به یکدیگر متصل می‌شود. به طرف دهانه بزرگ مخروط‌ها و هر دو طرف استوانه فلنج نصب شده و روی استوانه دو غلطک وصل می‌شود. غلطک‌های محرک، کوره را با سرعت یک دور در دقیقه می چرخانند. در یک طرف مخروط ناقص مشعل و در طرف دیگر دودکش است، در بعضی از طرح کوره‌ها دود از سقف کارگاه با کانالی خارج می‌شود و در تعدادی از آنها نیز دود توسط کانالهائی به سیستم‌های بازیافت حرارت ارسال شده و از گرمای آن برای پیش گرم کردن هوای ورودی استفاده می کنند. تجربه نشان می دهد که به راحتی می توان با استفاده از گرمای دود، هوای ورودی را حدود ۲۵۰- ۳۵۰ درجه سانتیگراد گرم کرد. این عمل باعث می‌شود راندمان حرارتی کوره بالا رود.

کوره های دوار مختلف با ظرفیت هایی بین ۲۵۰ کیلوگرم تا ۷۰ تن مذاب چدن و تا ۱۲ تن مذاب آلومینیوم موجود می‌باشد. سوخت این نوع کوره‌ها با توجه به مواد اولیه ورودی گاز، گازوئیل و مازوت است. کوره‌هائی با ظرفیت کمتر با دست و کوره‌های با ظرفیت بیشتر به کمک جرثقیل شارژ می شوند. کوره روی جکهای مربوطه به اندازه ۴۵ درجه بلند می‌شود و بعد از شارژ دوباره به جای خودش بر می‌گردد. جداره نسوز این کوره‌ها برای ذوب چدن خاک نسوز سیلیسی و برای ذوب آلیاژهای آلومینیوم خاک نسوز آلومینائی است.در شکل۲-۴ نمایی از یک کوره دوار آورده شده است.[۱۱]

شکل۲-۴. نمایی از یک کوره دوار

1 . Rotary Furnace

اطلاعات مربوط به کوره دوار که شامل نرخ ذوب و مصرف ویژه انرژی این نوع کـوره در جـدول۲-۳ آورده شـده است.

جدول۲-۳. اطلاعات مربوط به کوره دوار، شامل نرخ ذوب و مصرف ویژه انرژی[۱۲]

مصرف ویژه انرژی	نرخ ذوب	جنس فلز	نوع کوره
Kwh/Ton	Ton/hr		
1250-2472	2.24-22.4	چدن	دوار

کوره‌های دواری را که بر اساس نوع سوخت مصرفی تقسیم بندی می‌کنند که به شرح ذیل می‌باشد:

- کوره دوار با سوخت جامد پودری شکل
- کوره دوار با سوخت مایع
- کوره دوار با سوخت گاز

۱. کوره دوار باسوخت جامد پودری شکل

در این نوع کوره مخلوط پودر زغال و هوا توسط مشعلی بـه درون ایـن محفظـه وارد شـده و حـرارت حاصـل از احتراق آن، با سرعت کمی به درون کوره دمیده می‌شود. این نوع کوره ها با پودر آنتراسیت کار کـرده و بـه دلیـل آن که اشتعال آنتراسیت در مراحل ابتدایی ذوب با مشکلاتی روبروست لـذا شـروع کـار کـوره بـا مصـرف سـوخت‌هـای بیتومینه و یا دیگر سوخت‌های شعله دراز آغاز می‌گردد. در کوره‌های مدرن محفظه احتراق توسط یک فیدر حلزونـی انجام شده و هوای مصرف شده نیز توسط یک دمنده دوار که فشار دبـی هـوای خروجـی قابـل تنظـیم اسـت تـامین می‌گردد، لذا نسبت هوا به سوخت مصرفی دقیقا کنترل مـی‌گـردد. مشخصـه شـعله و رانـدمان حرارتـی پـودر زغـال مصرفی بستگی به اندازه دانه‌های آن دارد.

۲. کوره دوار با سوخت مایع

سرعت ذوب در این نوع کوره‌ها ۲۵ درصد بیشتر از کوره‌های با سوخت جامد است. در کوره‌های مدرن امـروزی سیستم‌های کنترلی وجود دارد که سوخت مصرفی را به همراه هوا به صورت کاملا اتمیزه شده وارد کـوره مـی‌نمایـد. از آنجایی که تماس مستقیم سوخت با مذاب می‌تواند مشکلات زیادی را از نظر کیفیت مذاب فراهم آورد لـذا تنظـیم مقدار هوا به سوخت، دبی هوا، فشار هوا بایستی به دقت کنترل شده، نوع مشعل و ابعاد کوره نیز به درسـتی انتخـاب گردند. این دستگاه مقدار دلخواه جریان سوخت را به نسبتی (نسبت سوخت به هوای احتراقی) کـه از قبـل مشـخص شده است ثابت نگه می‌دارد.

در صورتی که درجه حرارت گاز خروجی ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد افت حرارت در گاز خروجی دودکـش بـا ۱۲ درصد هوای اضافی حدودا ۵۸ درصد است در حالی که با ۵۰ درصد هوای اضافی افت حرارت تقریبا به ۷۵ درصد

می‌رسد.

۳. کوره دوار با سوخت گازی

تجاربی که بر روی کوره‌های دوار نتیجه مطلوب داده اند دستگاه‌هایی هستند که افشانک سیستم سوخت آنها از هوای داغ استفاده می‌کند. تمامی دستگاههای احتراقی که همراه این کوره هستند شامل طرحهای ایمنی هستند.

ساختمان کوره دوار

در این جا ساختمان و تجهیزات یک کوره دوار (شعله ای) که شامل بدنه، شاسی الکتروموتور، گیربکس (جعبه‌دنده)، دودکش متحرک، رکوپراتور (گرم‌کننده هوا) ، لوله ورودی هوای سرد، لوله خروجی هوای گرم، ونتیلاتور (دستگاه دمنده) ، مشعل منبع سوخت، پایه نگهدارنده ونتیلاتور و تابلوی فرمان می‌باشد، شرح داده می‌شود.

- بدنه:

از یک استوانه و دو مخروط ناقص تشکیل یافته است که مخروط‌ها از طرف قاعده بزرگ به طرفین استوانه متصل شده‌اند. پوسته خارجی بدنه، از ورقه فولادی به ضخامت۸ تا ۱۰ میلیمتر ساخته می‌شود و جداره داخلی آن از مواد دیرگداز سیلیسی به همراه کائولن پوشش داده شده است. در روی پوسته خارجی بدنه، دو حلقه جوش داده می‌شوند. همچنین در وسط استوانه و در طرفین آن دو سوراخ برای تخلیه بار کوره تعبیه شده است.

- پایه یا شاسی:

از یک اسکلت فلزی فولادی تشکیل یافته است و بر روی بتن مسلح نصب می‌شود. در روی شاسی چهار قرقره وجود دارد و با قرار گرفتن رینگ‌های بدنه در داخل شیار این قرقره‌ها، بدنه کوره به طور آزاد بر روی شاسی مستقر می‌گردد.

- دودکش متحرک

این دودکش بر روی پایه ای نصب شده و در جلوی دهانه شارژ کوره قرار می‌گیرد و حول محوری حرکت چرخشی دارد. هنگام شارژ کوره، از دهانه شارژ فاصله گرفته و شارژ صورت می گیرد وسپس به حالت اول باز گشته و شعله و دود خارج شده از کوره از داخل آن عبور می‌کند و به طرف بالا هدایت می‌شود.

- رکوپراتور (گرم‌کننده هوا)

از یک استوانه دو جداره فلزی تشکیل یافته است . فضای خالی بین دو جداره، از قسمت پایین و بالا مسدود می‌باشد. روی سطح جانبی استوانه دو سوراخ تعبیه شده است. سوراخ پایینی برای ورود هوای سرد و سوراخ بالایی برای خروج هوای گرم می‌باشد. سوراخ هوای سرد به وسیله لوله‌ای به دستگاه دمنده هوا (ونتیلاتور) و سوراخ بالایی به وسیله لوله رابط (لوله هوا گرم) به فارسونگاه متصل می‌شود. رکوپراتور در بالای دودکش متحرک قرار می‌گیرد و با عبور شعله و دود از درون آن، هوای سرد ورودی به هوای گرم تبدیل می شود.

- دستگاه دمنده هوا (ونتیلاتور)

همان طور که گفته شد برای ایجاد حرارت در این کوره‌ها باید سوخت و هوا بـا نسـبت معینـی مخلـوط شـود و بسوزد. هوای مورد نیاز به وسیله ونتیلاتور تامین می‌شود. در کنار دستگاه دم، دریچه‌ای وجود دارد کـه مقـدار هـوا را کنترل می‌کند.

عوامل موثر در طراحی کوره های دوار

۱- مقرون به صرفه بودن

۲- طراحی بر اساس نوع سوخت مصرفی (جامد- مایع- گاز)

۳- طراحی بر اساس ظرفیت کوره

۴- طراحی بر اساس انتقال حرارت کوره

۲-۱-۱-۳. کوره‌های بوته ای[1]

همانطورکه از نام آنها پیداست برای عمل ذوب از بوته استفاده می‌شود. حرارت در این کوره‌هـا بیشـتر از طریـق هدایت به مواد موجود در داخل بوته انتقال می یابد.در شکل۲-۵ یک کوره بوته‌ای نمایش داده شده است.

شکل۲-۵. نمایی از کوره بوته ای

در ادامه انواع کوره‌های بوته ای به تفصیل معرفی شده است.

- **کوره بوته ای ثابت (زمینی)**

با سوخت جامد:

این نوع کوره‌ها عموما سنتی هستند که از سوخت جامد زغال سنگ یا کک برای عمل ذوب استفاده می‌نماینـد. این کوره نیاز به برق نداشته و با هوای طبیعی که از زیر کوره از لابه‌لای میله‌های کف به داخل کشیده می‌شود زغال

1 . Crucible Furnaces

سنگ یا کک‌ها را مشتعل می‌سازد. برای ذوب فلزات مخصوصاً چدن بوته را در داخل کک‌ها دفن کرده تا هم از بالا و هم از بغل و هم از زیر حرارت به فلز برسد و ذوب فلز به خوبی و کامل انجام شود.

با سوخت مایع:

این نوع کوره برای ذوب ۱۰۰-۱۵۰ کیلوگرم چدن مورد استفاده قرار می گیرد. سوخت این کوره‌ها گازوئیل یا مازوت است و می توان با استفاده از بوته های گرافیتی در آن، چدن را ذوب نمود. مشعل آن یک نوع مشعل ساده صنعتی که از طریق یک لوله رابط به یک ونتیلاتور (دمنده هوا) وصل شده است. نوع ونتیلاتور بسته به ظرفیت کوره انتخاب می‌شود. بدنه کوره از اسکلت فلزی است و در این کوره‌ها شعله مستقیماً به مذاب نمی‌خورد، زیرا اگر مستقیماً به مذاب بخورد موجب اکسیده کردن آن می‌شود.

- **کوره بوته ای چرخان**

این نوع کوره‌ها از دو نوع تشکیل شده اند:

۱- چرخان حول محوری که تقریباً کمی بالاتر از مرکز ثقل است

۲- چرخان حول محور ناودانی کوره

طراحی کوره

اصولا برای طراحی این نوع کوره بایستی چند فاکتور را در نظر گرفت:

۱-ارتفاع کوره بایستی در حد اپتیمم باشد. یعنی حدی که بالاترین راندمان حرارتی و اقتصادی را دارا باشد. می‌دانیم که هر چه ارتفاع کوره زیاد باشد مقدار گرمای حاصل در کوره بالا خواهد رفت. و ضمنا سوخت‌ها راندمان بیشتری خواهند داشت، اما بالا بودن ارتفاع کوره مشکلات دیگری را در پی خواهد داشت، از جمله: خارج کردن بوته از داخل کوره و مصرف بیش از حد مصالح ذوب. با توجه به موارد بالا بایستی حداقل ارتفاعی که بالاترین راندمان حرارتی را جهت ریخته‌گری به وجود آورد را در نظر گرفت.

۲-برای حفظ راندمان حرارتی در بالاترین حد خود، طراحان شرایطی را فراهم می‌آورند که حرارت بیشتر در کوره مستقر شده و کمتر تلف شود برای این کار در بیشتر موارد در حد فاصل بین انتهای ته بوته‌ای و حدود ۲۵ سانتی‌متر به دهانه کوره (درب کوره) قطر داخلی کوره را بیشتر انتخاب می‌کنند (شکم می‌دهند) در این صورت کوره تقریبا به شکل خمره‌ای در خواهد آمد.

کوره‌های زمینی به روش‌های مختلفی ساخته می‌شود و در زیر ساده‌ترین و متداول‌ترین روش برای ساخت کوره زمینی تشریح می‌گردد.

یک کوره زمینی از قسمتهای مختلف زیر ساخته می‌شود.

۱- بدنه استوانه‌ای فلزی

با توجه به شرایط طراحی کوره می‌توان بدنه خارجی کوره را از ورق آهن به ضخامت 5^{mm} تا 10^{mm} تهیه نمود.

ته این بدنه استوانه‌ای نیز از جنس خودش بوده و به وسیله دریچه‌ای متحرک باز و بسته می‌گردد. ضمنا سوراخ کوچکی در یک گوشه دریچه پایین جهت خروج اشغال و شیرهایی ته کوره تعبیه گردیده است. دریچه پایین در موقع تعمیر ته کوره باز و بسته می‌گردد. ضخامت جداره کوره نبایستی از حد معینی (حدود 5^{mm}) کمتر باشد زیرا ضخامت کمتر از این مقدار باعث تغییر شکل جداره در اثر گرما گردیده و در نتیجه باعث از هم پاشیدگی کوره خواهد شد.

۲- جداره نسوز کوره

جداره نسوز کوره از مواد نسوز تشکیل گردیده است. امروزه کوره‌های زمینی را بیشتر آجرهای نسوز تشکیل می‌دهند.

نحوه چیدن آجرها از ته کوره تا دهانه آن بایستی با توجه به طراحی کوره انجام گیرد. ضمنا دهانه فارسونگاه نیز آجر فرم مخصوص خود دارد اما می‌توان آجرهای جداره کوره را فرم داده و جای آجر فارسونگاه به کار برد. ته کوره نیز از آجرهای نسوز حدود ۳ سانتی‌متر می‌پوشانند و روی آن را با خاک نسوز با اندک شیبی به طرف سوراخ خروج ته کوره اندود می‌کند.

آجرهای شاموتی معمولا مناسب‌ترین دیرگداز و اقتصادی‌ترین آجرها برای ساخت کوره‌های زمینی می‌باشد. این آجرها در شرایط مذاب گیری این نوع کوره‌ها عمر نسبتا خوبی دارند. آنها دارای مقاومت در برابر شوک حرارتی خوبی بوده و نقطه زینتر بالائی دارند.

جهت بالا بردن عمر و راندمان کوره بهتر است نکات زیر رعایت گردد.

۱-استفاده از مواد نسوز مرغوب باعث بیشتر شدن عمر کوره می‌شود.

۲-مشعل و دمنده مناسب انتخاب شود زیرا راندمان بهتر و عمر جداره کوره بیشتر شده و زمان ذوب کاهش می‌یابد.

۳-در موقع چیدن آجر از کمترین مقدار ملات استفاده گردد. هرگاه ضخامت ملات زیاد باشد پس از خشک شدن و حرارت دیدن انقباض پیدا کرد و در بین آجرها ترک ایجاد شده و آجرها لق می‌شوند و سرباره در آنها نفوذ کرده و جداره کوره را از هم می‌پاشد.

۴-پس از ساخت کوره بهتر است که کوره به تدریج خشک و آماده کار شود.

۵- در هر بار روشن کردن کوره جهت ذوب فلزات بهتر است در ده دقیقه اول سرعت دم و مقدار سوخت پایین باشد و به تدریج بالا رود.

۶-سعی شود در هیچ شرایطی مذاب به جداره کوره نپاشیده و ته کوره نریزد.

۷-شمش‌ها را به طور عمودی در بوته قرار دهید زیرا در اثر افقی قرار دادن در بوته، انبساط در شمش ها حاصل شده و بوته را می‌شکند و در نتیجه مذاب در کوره ریخته و کوره را خراب می‌کند.

سوخت کوره‌های زمینی

سوخت کوره‌های زمینی مایع یا گاز است. در حالتی که سوخت کوره مایع باشد بایستی توجه داشت که هر چه ویسکوزیته مذاب کمتر باشد (هر چه سیالیت بیشتر باشد)سوخت کامل‌تر انجام می‌شود از طرفی هر چه سیالیت سوخت مایع بیشتر باشد قیمت آنها نیز افزایش می‌یابد، ضمنا در سوختهای مایع حرارت باعث بالا رفتن سیالیت آنها می شود روی این اصل بهتر است از سوختهایی با سیالیت کم (مازوت) و ارزان استفاده کرده و قبل از مصرف آنها را پیش‌گرم کرد.

۲-۱-۱-۴. کوره‌های گامی

کوره ها معمولا بسته به شکل قطعه و نوع انتقال آن درکوره طراحی و ساخته می شوند.به عنوان مثال در یک کارخانه لوله سازی ابتدا قطعه در قالب یک شمش ۱/۵ - ۱ متری در کوره پیش گرم کننده که بصورت دوارمی‌باشد شارژ می‌شود اما بعد از اینکه شکل لوله را به خود گرفت, نیاز به کوره هایی با طول بیشتری پیدا می‌کند که در اینجا این مشکل توسط کوره های گامی حل گردیده است. دلیل اینکه این کوره ها گامی نام گرفته اند این است که قطعه بعد از شارژ بصورت گام به گام و حرکت چرخشی به سمت درب دشارژ هدایت می‌شوند.

مشخصات کوره مذکور

- کوره ای است به شکل مکعب مستطیل با طول ۱۵ وعرض ۷/۵ متر و با ارتفاع ۴/۵ متر(ارتفاع محفظه داخلی کوره حدودا ۱/۵ متر است).
- سوخت کوره گاز طبیعی می باشد.
- قدرت حرارتی کوره ۷۰۰۰ کیلوکالری در ساعت می‌باشد.
- دارای ۴۸ مشعل گازی در یک طرف کوره می‌باشد.
- ماکزیمم تولید در ساعت ۲۵۰ تن است

قابلیت های کوره مذکور

- قابلیت بالا بردن دما تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد
- کنترل آسان دما و اتمسفر کوره
- قابلیت نگهداری لوله‌ها در داخل کوره همراه با چرخاندن
- هزینه نگهداری پایین
- قابلیت ردیابی دقیق لوله ها در داخل کوره
- قابلیت پایش وضعیت داخل کوره در حین کار

مکانیزم کاری وتجهیزات مکانیکی کوره

کوره از قسمتهای مختلف به شرح ذیل تشکیل شده است

۱-اسکلت کوره

۲-میز های گامی وسایر تجهیزات مربوط به انتقال لوله در داخل کور

۳- سیستم سوخت واحتراق کوره

۴- ایستگاه هیدرولیک , پنوماتیک وگریس‌کاری

۵- سیستم خنک کاری کوره

۶- کابین فرمان کوره

۷- نسوزهای داخل کوره

اسکلت کوره

اسکلت کوره شامل اسکلت نگهدارنده ,ورق های کف ,سقف و بدنه کوره , درب‌ها ,کانال‌های انتقال دود و... می‌باشد. اسکلت نگهدارنده خود از دو قسمت ثابت و متحرک تشکیل شده است. اسکلت ثابت به بدنه اصلی کوره متصل است و سایر اجزا روی آنها سوار هستند.اسکلت متحرک از دوقسمت تشکیل شده است که یکی از آنها حرکت افقی ودیگری حرکت عمودی میز گامی را به عهده دارد.

میز با حرکت افقی توسط یک جک پنوماتیکی وغلطک‌های که در زیر آن قرار دارد به حرکت در می‌آید.

میز با حرکت عمودی توسط یاتاقان‌های خارج از مرکز و جک‌های هیدرولیکی کمکی به حرکت در می‌آید.

میز های گامی[1]

از دو مجموعه متحرک وثابت تشکیل شده است و وظیفه انتقال لوله ها در عرض کوره را عهده دار می‌باشند. مجموعه ثابت آن به بدنه اصلی متصل است وهیچ‌گونه حرکتی ندارد اما مجموعه متحرک آن به اسکلتی که حرکت افقی دارد متصل است که به واسطه آن حرکت عمودی و خود آن حرکت افقی را اعمال می‌کند.

سیستم سوخت واحتراق کوره[2]

سیستم گاز این کوره بدین صورت می باشدکه گاز طبیعی بعد از اینکه از فیلتر های مخصوص گذرانده شد به نسبت ۱به ۱۱ با هوای احتراق مخلوط می‌گردد و توسط ونتیلاتورهای دمنده به مشعل های گاز رسانده می‌شود.

1 . walking beam

2 . Air Combustion & Gas Pipe System

ضمنا هوای احتراق از قبل با حرارت دودکش‌ها داغ شده ومورد استفاده قرار می‌گیرد تا راندمان کوره بالا رود. همچنین با تغییر نسبت گاز به هوا می توان محیط کوره را احیایی یا اکسیدی نمود.

ایستگاه هیدرولیک , پنوماتیک وگریس‌کاری

تجهیزات فوق الذکر در زیر زمینی پایین تر از زیرزمین اصلی کوره قرار گرفته‌اند وهر کدام وظایفی را به عهده دارند.

- ایستگاه هیدرولیک که شامل یک‌سری پمپ های قوی است که که توسط لوله هایی با جک‌های هیدرولیکی در تماس است ونیروی مربوط به آنها را تامین می‌کند.
- ایستگاه پنوماتیک نیز با جک‌های پنوماتیکی در ارتباط است و در بعضی موارد هوای فشرده جهت خنک کاری را نیز تامین می‌کند.
- ایستگاه گریس نیز کار گریسکاری تجهیزات را بطور اتوماتیک انجام می دهد مثل گریس‌کاری یاتاقانهای خارج از مرکز.

سیستم خنک کاری کوره

- خنک کاری به دو صورت انجام می‌شود : با آب و با هوا
- خنک کاری با هوای معمولی برای زیر زمین کوره استفاده می‌شود و هوای فشرده برای خنک نگهداشتن دوربین‌ها هنگامی که برای پایش وارد کوره می‌شوند استفاده می‌گردد.
- از خنک کاری با آب برای خنک نگه داشتن رولیک‌های داخل کوره که دائم در حال چرخیدن هستند، استفاده می‌شود.
- آب مصرفی توسط لوله هایی با فشار معینی به محل رسانده وبعد از خنک کاری در برج های خنک کننده سرد می‌شوند.

کابین فرمان

از داخل این کابین کلیه قسمتها اعم از نسوز های داخل ,الکترموتور ها ,آب، هوا ,فشار ,پایش داخل کوره و... امکان پذیر است.چون سیستم توسط برنامه های الکترونیکی (plc) کنترل و راهبری می‌شود.

نسوزهای مربوط به کوره

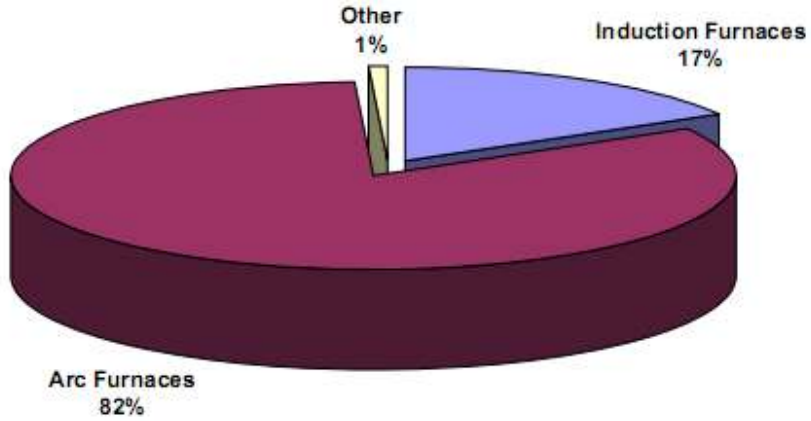
- نسوز های این نوع کوره‌ها به دلیل پایین بودن دمای کاری از حسیاسیت بالایی برخوردار نیست.لذا از نسوز های معمولی استفاده می کنند.
- نسوز های کف کوره: از دو لایه بتن تشکیل شده که اولی بتن عایق ودومی شاموت از نوع ریختنی

می‌باشد.

- نسوز های مربوط به سقف: از نوع پشم سرامیک می باشد که تا دمای ۱۲۶۰ درجه تحمل دارد وتوسط نگهدارنده هایی به نام استات که از نوع فولاد گرمکار می‌باشد به سقف متصل می‌شود.
- نسوزهای مربوط به بدنه: از سه لایه تشکیل شده است. لایه اول یک عایق دست ساز از سرباره ریخته‌گری بنام فنوپانل است به ضخامت حدود ۲ سانتیمتر بعدی یک لایه بتن عایق ودر نهایت هم یک لایه آجر شاموتی بکاربرده شده است.
- نسوز مربوط به زون‌ها هم ازنوع بتن ۹۴٪ آلومینا می‌باشد.

۲-۱-۲. کوره الکتریکی[1]

در گذشته بیشتر از کوره‌های سوخت فسیلی برای ذوب فلزات استفاده می شد. راندمان پایین، سر و صدای زیاد، عدم یکنواختی مذاب، عدم توانایی ذوب فلزات دیرگداز و مسائلی از این قبیل مشکلاتی است که بر سر راه استفاده از کوره های احتراقی وجود دارد. استفاده از کوره های الکتریکی راه حل مناسبی برای غلبه بر این مشکلات می‌باشد. کوره الکتریکی شامل کوره‌های قوس الکتریکی، کوره‌های القایی، مقاومتی و ... می‌باشند که کوره قوس الکتریکی و القایی از مهمترین آنها می‌باشند. در شکل۲-۶ سهم انواع کوره‌های الکتریکی در کشورهای توسعه یافته دیده می‌شود.



شکل۲-۶. سهم انواع کوره‌های الکتریکی در کشورهای توسعه یافته[۹]

۲-۱-۲-۱. کوره‌های قوس الکتریکی[2]

کوره‌های قوس الکتریکی برای ذوب فولاد و به منظور فولادسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کوره‌های قوس

[1] . Electric Furnace
[2] . Electric Arc Furnace

الکتریکی، انرژی الکتریکی از طریق ایجاد قوس بین الکترودهای گرافیتی و شارژ فلزی و یا ایجاد قوس بین خود الکترودها، به حرارت تبدیل شده و موجب ذوب فلزات می‌گردد. به همین خاطر این کوره‌ها را بر دو نوع قوسی مستقیم (قوس به بار کوره) و قوسی غیر مستقیم (قوس بین الکترودها) تقسیم بندی می‌کنند. در شکل۲-۷ یک کوره قوس نمایش داده شده است[۱۴].

شکل۲-۷. نمایی از یک کوره قوس الکتریک

اطلاعات مربوط به کوره قوس الکتریکی که شامل نرخ ذوب، مصرف ویژه انرژی و بهترین عملکرد این نوع کوره در جدول۲-۴ آورده شده است.

جدول۲-۴. اطلاعات مربوط به کوره قوس الکتریکی، شامل نرخ ذوب، مصرف ویژه انرژی و بهترین عملکرد[۹]

نوع کوره	جنس فلز	نرخ ذوب	مصرف ویژه انرژی	بهترین عملکرد
		Ton/Hr	Kwh/Ton	Kwh/Ton
قوس الکتریکی	فولاد	112	446.43-535.71	451.3

چیدن شارژ درون کوره

قراضه های سنگین به ته کوره رفته و قراضه های سبک و تراشه روی آنها را می پوشانند، در نتیجه الکترود بدون اینکه آسیبی ببینند در داخل بار فرو رفته و سقف از تشعشع حرارتی محافظت می شود. لازم به ذکر است قبل از اینکه قراضه در کوره شارژ شود مواد کربن زا مانند کک، آنتراسیت و الکترودهای شکسته در ته کوره قرار گرفته تا جوشش بدلیل وجود کربن زیاد در کوره حاصل شود. مواد سرباره زای اکسیدی مانند اکسید آهن و سنگ آهک را می توان در سبد شارژ یا به همراه مواد کربن زا به کوره افزود.

این نوع کوره‌ها را شاید بتوان از نوع کوره‌های مقاومتی به حساب آورد، در اینجا مقاومت، فاصله هوایی است که

بین دو الکترود و یا یک الکترود و شارژ موجود می باشد. در اثر عبور جریان برق از این فاصله هوایی، قوس الکتریکی ایجاد می‌شود درجه حرارت قوس الکتریکی ایجاد شده بسیار زیاد بوده و به حدود ۳۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در منطقه قوس می‌رسد.

کوره‌های قوسی را نسبت به مسیری که جریان الکتریکی در این کوره‌ها طی می‌کند می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

الف- در صورتی که قوس الکتریکی بین الکترودها برقرار گردد، به آن کوره قوس الکتریکی غیر مستقیم گویند.

حرارت ایجاد شده در اثر این قوس از طریق تشعشع و جابجایی به شارژ منتقل گشته و موجبات ذوب آن را فراهم می‌نماید. این نوع کوره‌ها نسبت به این که توسط یک یا سه فاز تغذیه شوند، دارای دو یا سه الکترود بوده و بیشتر برای ذوب فلزات غیر آهنی و چدن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب) در صورتی که جریان الکتریکی از طریق قوس الکتریکی ایجاد شده بین الکترود و شارژ به شارژ منتقل شود آن را کوره قوس الکتریکی مستقیم نامند. این کوره‌ها ممکن است با جریان برق یک، دو یا سه فاز کار کنند، جریان برق ممکن است از طریق قوسی که بین یک الکترود و شارژ ایجاد می‌شود به شارژ منتقل و پس از عبور از آن با ایجاد یک قوس الکتریکی دیگر به الکترود مجاور منتقل شود و یا احتمال دارد جریان الکتریکی پس از ورود به شارژ (از طریق قوس الکتریکی که بین الکترود و شارژ برقرار می‌باشد) با بدنه کوره منتقل و از آن جا توسط یک الکترود دیگر (بدون ایجاد قوس) خارج شود.

کوره‌های قوس الکتریکی مستقیم دارای یک، دو یا سه الکترود می‌باشند. متداولترین نوع کوره قوس الکتریکی مستقیم که برای تهیه و ذوب آلیاژهای آهنی به کار می‌رود، دارای سه الکترود می‌باشد.

مراحل فرایند ذوب

الف ـ در مرحله نخست ذوب با یک ولتاژ متوسط آغاز می شود تا از آسیب رساندن به سقف کوره تا حد امکان جلوگیری بعمل آید، البته اگر سرعت ذوب بالایی مد نظر باشد، این مرحله را حذف می کنند.

ب ـ پس از وارد شدن الکترودها بداخل شارژ جهت استفاده از حد اکثر انرژی ورودی به کوره ولتاژ مناسبی انتخاب می شود.

پ ـ پس از تشکیل مذاب و تجمع آن در حوضچه، ولتاژ را جهت جلوگیری از آسیبهای تشعشعی به آستر نسوز کوره کاهش می‌دهند.

ت - بیرون کشیدن الکترود ها از درون شارژ زمانی انجام می گیرد که حدوداً ٪۷۵ بار ذوب شده باشد، سپس بطریق مختلف آن را بهم زده تا بقیه بار که هنوز ذوب نشده است نیز ذوب گردد. پس از اتمام عملیات ذوب، کوره را

تخلیه می کنند.

۲-۱-۲-۲. کوره‌های القایی [1]

تکنولوژی گرمایش القایی در واقع تولید حرارت توسط میدان متغیر مغناطیسی قوی است که توسط سیستمهای مختلفی قابل تولید می‌باشد. در گذشته این میدانها توسط ژنراتورهای دینامیکی تولید می گردید، بدین شکل که یک ژنراتور فرکانس متوسط با یک موتور سه فاز کوپل شده و با اضافه کردن یکسری خازن در مدار رزونانس، جریان‌های متغیری در داخل کویل گرمکن بوجود می گردد. بدین ترتیب حرارت در قطعهٔ قرار داده شده در کویل ایجاد می شود.

با پیشرفت تکنولوژی الکترونیک قدرت و ساخته شدن سوئیچهای سریع و قوی، نسل جدیدی از ژنراتورها بوجود آمد که اصطلاحاً به آنها ژنراتورهای استاتیکی گفته می‌شود. در این نوع ژنراتورها حرکت مکانیکی وجود ندارد. به اضافه اینکه کنترل قدرت ژنراتور بسیار دقیقتر و کاملتر میسر است.

این تکنولوژی زیر بنای بسیاری از تکنولوژیها و صنایع می‌باشد و به عبارتی اکثر صنایع سنگین به نوعی به این تکنولوژی وابسته اند. در ضمن این تکنولوژی خود بسترساز بسیاری از تکنولوژیهای دیگر است.

کوره‌های القایی در مقایسه با کوره‌های سوخت فسیلی دارای مزایای فراوانی از جمله دقت بیشتر، تمیزی و تلفات گرمایی کمتر و ... است. در ضمن در کوره‌هایی که در آنها از روشهای دیگر (غیر القا) برای ذوب استفاده می‌شود، اندازه کوره بسیار بزرگ بوده و زمان راه اندازی و خاموش کردن آنها طولانی است.

عبور جریان از یک سیم پیچ و استفاده از میدان مغناطیسی برای ایجاد جریان در هسته سیم پیچ، اساس کار کوره‌های القایی را تشکیل می دهد. در این کوره‌ها از حرارت ایجاد شده توسط تلفات فوکو و هیسترزیس برای ذوب فلزات یا هرگونه عملیات حرارتی استفاده می‌شود . نمایی از یک کوره القایی در شکل۲-۸ نمایش داده شده است.

1 . Induction Furnace

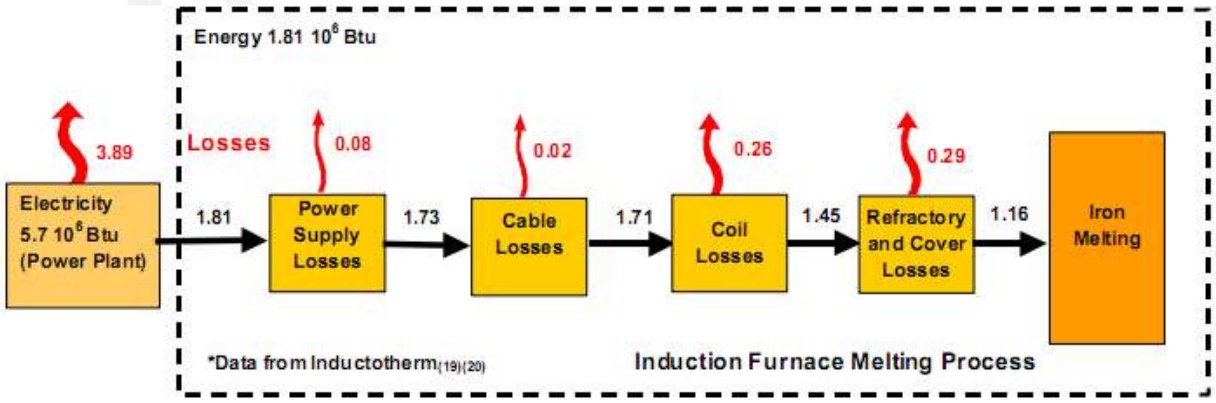
شکل۲-۸. نمایی از یک کوره القایی

اطلاعات مربوط به کوره القایی که شامل نرخ ذوب، مصرف ویژه انرژی و بهترین عملکرد این نوع کوره در جدول۲-۵ آورده شده است.

جدول۲-۵. اطلاعات مربوط به کوره القایی، شامل نرخ ذوب، مصرف ویژه انرژی و بهترین عملکرد[۱۲]

نوع کوره	جنس فلز	نرخ ذوب	مصرف ویژه انرژی	بهترین عملکرد
		Ton/Hr	Kwh/Ton	Kwh/Ton
القایی	فولاد	1.12-11.2	535.25-970	539.71-714.29
	چدن	1.12-11.2	535.25-970	539.71-714.29

در شکل۲-۹ راه‌های تلفات انرژی و مقدار آن در این نوع کوره مشخص گردیده است.



شکل۲-۹. راه‌های تلفات انرژی و مقدار آن در کوره‌های القایی[۹]

لازم به ذکر است که مزیت‌های دیگر کوره‌های القایی همچون دقت زیاد برای گرم کردن تا عمق مورد نظر و حرارت دادن نواحی سطحی در طی پیشرفتهای بعدی (در سالهای جنگ جهانی دوم) بیشتر آشکار شد. در گرمایش القایی عدم نیاز به منبع خارجی گرم کننده ، تلفات گرمایی کمتر شده و تمیزی شرایط کار تامین میگردد. در این روش همچنین نیازی به تماس فیزیکی بار و کویل نبوده و علاوه بر این چگالی توان بالا در مدت زمان گرمایش کم به آسانی قابل دسترس می‌باشد .

در ابتدا کوره‌های القایی مستقیماً از شبکه قدرت تغذیه می شدند که به نوبه خود گام موفقی در استفاده از توان الکتریکی جهت عملیات حرارتی بحساب می‌آمد .

از آنجائیکه تلفات فوکو و هیسترزیس با فرکانس نسبت مستقیم دارند و اینکه ابعاد کویل کوره با بالا رفتن فرکانس کاهش می یابد ، مهندسین به فکر تغذیه کوره در فرکانسهای بالاتر از فرکانس شبکه قدرت افتادند . اولین قدم در این راه استفاده از فرکانسهای دو برابر و سه برابر که از هارمونیکهای دوم و سوم بدست می آمدند، بود .

این هارمونیک‌ها بر خلاف طبیعت مخرب خود، در این نوع کاربرد سودمند تشخیص داده شدند . پائین بودن راندمان در استفاده از هارمونیک‌های فوق موجب گردید طراحان روش دیگری را مورد استفاده قرار دهند در این مرحله سیستم موتورـژنراتور توسعه یافت که با استفاده از این سیستم توانستند فرکانس تغذیه را تا صدها هرتز افزایش دهند. در کوره‌های القایی افزایش فرکانس باعث کاهش عمق نفوذ جریان القایی میگردد، لذا در عملیات حرارتی سطحی که سخت‌کاری سطح فلز ، مورد نظر می‌باشد از کوره‌های القایی با فرکانس بالا استفاده می‌شود.

از لحاظ سیستم قدرت می‌توان سیستمهای القایی را به چهار دسته اساسی تقسیم نمود :

الف) سیستمهای تغذیه[1]:

در این سیستمها که فرکانس کار آنها بین ۵۰ تا ۶۰ هرتز و ۱۵۰ تا ۵۴۰ هرتز می‌باشد احتیاجی به تبدیل فرکانس نیست و با توجه به فرکانس کار ، عمق نفوذ جریان زیاد بوده و حدود ۱۰ تا ۱۰۰ میلیمتر می‌باشد. همچنین مقدار توان لازم تا حدود چندین صد مگا وات نیز می‌رسد.

ب) سیستمهای موتورـ ژنراتور[2]:

فرکانس این سیستمها از ۵۰۰ هرتز تا ۱۰ کیلو هرتز می‌باشد . در این سیستمها تبدیل فرکانس لازم بوده و این عمل بوسیله ژنراتورهای کوپل شده با موتورهای القایی صورت می پذیرد. همچنین در این سیستمها توان به وسیله ماشینهای ۵۰۰ کیلو وات تامین می‌گردد و برای بدست آوردن توان‌های بالاتر ، از سری کردن ماشینها استفاده می‌شود . عمق نفوذ در این سیستمها به خاطر بالاتر بودن فرکانس نسبت به سیستمها تغذیه، کمتر بوده و در حدود

1 . Supply Systems
2 . Motor-Generator Systems

۱ تا ۱۰ میلیمتر است.

ج) سیستمهای مبدل نیمه هادی[1]:

در این سیستمها فرکانس در محدوده ۵۰۰هرتز تا ۱۰۰کیلو هرتز بوده و تبدیل فرکانس به طرق گوناگونی صورت می پذیرد. در این سیستمها از سوئیچ‌های نیمه هادی استفاده می‌شود و توان مبدل بستگی به نوع کاربرد آن تا حدود 2 MW می‌تواند برسد.

د) سیستمهای فرکانس رادیویی [2]:

فرکانس کار در این سیستم در محدوده ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز می‌باشد . از این سیستمها برای عمق نفوذ جریان بسیار سطحی، در حدود ۰/۱ تا ۲ میلیمتر استفاده می‌گردد و در آن از روش گرمایی متمرکز با سرعت تولید بالا استفاده می‌گردد [۱۴].

تقسیم بندی از لحاظ شکل و وضعیت قرارگیری کویل ها :

الف) کوره های القائی هسته دار

در کوره کانالی، سیم پیچ کوره به دور یک هسته آهن لایه لایه که کانال را احاطه کرده و به بدنه کوره وصل می‌شود پیچیده شده،. کانال امکان دارد بشکل u، v یاw باشد این مسئله به طرح کارخانه سازنده ، ونوع آلیاژی که ذوب می‌شود بستگی دارد.با توجه به اینکه بعضی از آلیاژها در کانال گیر می‌کنند، شکل کانال بایستی طوری طرح شده باشد که با استفاده از یک سیخ بتوان هر نوع گرفتگی را از میان برد. در کانال، گرما مستقیما بر روی فلز اثر می‌گذارد اما نیروهای مغناطیسی باعث می‌شوند که فلز از کوره بداخل کانال و بالعکس جریان پیدا کند فلز در کانال به مقدار زیادی گرم می‌شود. درجه حرارت فلز در کانال حدود ۱۰۰درجه سانتیگراد بیش از درجه حرارت فلز مذاب در بدنه کوره است .چنانچه بخواهند کار را سرد شروع کنند بایستی ابتدا کوره را با استفاده از شعله گاز یا نفت گرم کرده وبعد فلز را بصورت سیال در آورند که بتواند کانال را پر کند.

ب) کوره های القائی بدون هسته

این نوع کوره شامل یک بوته دیر گداز می‌باشد که یک کویل مسی با قابلیت هدایت زیاد بدور آن پیچیده شده است . این کویل با آب خنک می‌شود ، حلقه های این سیم پیچ با فیبر شیشه و پنبه نسوز(آزبست)عایق شده‌اند ،این لایه‌های عایق از اتصال کوتاه شدن جریان برق جلوگیری می‌کنند. کوره‌های بدون هسته معمولا بر مبنای فرکانس کارشان طبقه بندی می‌شوند.

تقسیم بندی کوره‌های القائی از لحاظ فرکانس :

1 . Solid-State Converter Systems

2 . Radio-Frequency System

- کوره های القائی با فرکانس پایین.
- کوره های القائی با فرکانس متوسط.
- کوره های القائی با فرکانس بالا.
- کوره های القائی با فرکانس متعدد .

الف) کوره های القائی با فرکانس پایین

چنانچه از نام آن پیداست، این فرکانس همان فرکانس شبکه است. فرکانس شبکه ارزانترین راه برای نصب کوره بدون هسته می‌باشد، در این حالت به وجود مبدل فرکانس نیازی نیست. برای بار کوره فقط یک ترانسفورماتور موردنیاز می‌باشد. ترانسفورماتوری که در آن هسته ها از نظر مغناطیسی به حد اشباع در آمده اند یک جریان متغیر تولید می‌کند که شامل نوسانات زیادی می‌باشد. چنین کورهائی با ۳ یا ۹ برابر فرکانس شبکه کار می‌کنند. باید در کویل اولیه یک فیلتر کار گذاشته شود تا از بازگشت نوسانات به برق شبکه جلوگیری بعمل آید. کویلهای بسته ای که بصورت متوالی با سیم پیچ های اولیه قرارگرفته اند این فیلتر را تقویت میکنند کوره‌هائی که با فرکانس پائین کار میکنند نیازی بدستگاه تنظیم بار ندارند چون بار به محض ورود به طور مساوی بین سه فاز تقسیم می‌شود.

ب) کوره های القائی با فرکانس متوسط

فرکانس برق القا شده در این کوره ها بین ۶۰ الی ۵۰۰ هرتز می باشد. بنابر این دارای هزینه سرمایه گذاری اولیه بیشتری نسبت به کوره‌ها با فرکانس شبکه بوده و ظرفیت چنین کوره هایی از چند کیلوگرم تا حدود ۱۰ تن متغیر می باشد. کار با این کوره‌ها ساده بوده و سرعت ذوب آن زیاد می‌باشد. این کوره ها را می توان بدون نیاز به مذاب اولیه از حالت سرد بکار انداخت. این کوره ها بیشتر جهت تهیه چدنها و فولادهای مخصوص در مقادیر کم بکار می روند.

ج) کوره القایی با فرکانس بالا

در فرکانس ۵۰۰ هرتز و بالاتر، معمولاً از اصطلاح فرکانس زیاداستفاده می‌شود. برق از یک منبع سه فاز تأمین می‌شود. استفاده از مبدلهای فرکانس ثابت که با تایریستور کار می‌کند یک نوآوری جدید محسوب می‌گردد. درمورد موتور ژنراتور، برقی که وارد کوره می‌شود توسط منبع میدان کنترل و به آلترناتور هدایت می‌گردد. مزایای مبدل‌های ثابت بیش از موتور ژنراتور است. قسمتهای متحرک در این گونه مبدلها وجود ندارد و بین روشن کردن ژنراتور و شتاب یافتن آن اختلاف فاز پیش نمی‌آید. همچنین نیروی تلف شده کاهش پیدا می‌کند چون وقتی کوره کار نکند، موتور افت نداشته و برقی هم مصرف نمی‌شود. مزیت دیگری که مبدل ثابت دارد این است که خودش تنظیم می‌شود. ظرفیت دستگاهی که با ژنراتور تغذیه می‌شود مرتباً بایستی تنظیم شود تا ضریب توان برق ثابت نگهداشته شود ولی مبدل ثابت بطور خودکار فرکانس خود را عوض می‌کند، در این حالت ضریب توان ثابت نگهداشته شده و

اپراتور کوره لازم نیست که خازن‌های تنظیم‌کننده را تنظیم نماید.

د) کوره های القائی با فرکانس متعدد :این نوع کوره ها معمولا دارای سه فرکانس متفاوت بوده و دارای مزایای هر دو کوره القائی با فرکانس شبکه و متوسط می باشد. استفاده از این کوره ها برای کارگاه‌های ریخته‌گری کوچک و متوسط مناسب می باشد.

۲-۱-۲-۳. کوره‌های مقاومتی[1]

کوره‌های مقاومتی برای ذوب فولاد، چدن، آلیاژهای مس و آلیاژهای غیر آهنی کاربرد دارد. اصولا طرز کار این کوره بر مبنای المانهای گرمایی قرار دارد. در شکل۲-۱۰ نمونه‌هایی از یک کوره مقاومتی آورده شده است.

شکل۲-۱۰. نمونه‌هایی از یک کوره مقاومتی

مکانیزم کلی این کوره‌ها

مکانیزم عملکرد این کوره‌ها بر اساس مقاومت الکتریکی کوره استوار است. المنتهای این کوره از آلیاژی با نقطه ذوب بالا و مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون بالا استفاده می‌شود. جریان الکتریسیته را با شدت جریان بالا از این

[1] . Resistance Furnace

المنت ها عبور می دهندو از حرارت ایجاد شده و کنترل شده جهت ذوب فلزات استفاده می‌شود. جهت تنظیم حرارت این کوره‌ها از یک سیستم کنترل کننده استفاده می‌شود که با ارائه درجه حرارت به دستگاه تلرانسی حرارتی که خود دستگاه دارد حرارات را با قطع و وصل کردن جریان برق کنترل می کند.

انواع کوره‌های مقاومتی

الف) کوره‌های مقاومتی با گرم کنندگی غیر مستقیم

ب) کوره‌های مقاومتی با گرم کنندگی مستقیم

نوع الف: کوره‌های مقاومتی با گرم کنندگی غیر مستقیم

در این نوع از کوره‌ها جریان برق هیچ ارتباطی با شارژ کوره ندارد یعنی حرارت توسط المنت های فنری شکل که دور بوته وجود دارد و جریان برق از آنها می‌گذرد که ابتدا به بوته و بعد از بوته به شارژ انتقال می‌یابد. این نوع کوره بر اساس جنس مقاومت به انواع زیر تقسیم می شوند.

۱- کوره‌های مقاومتی با مقاومت فلزی جامد

در این نوع از کوره‌ها المنت های حرارتی بصورت مارپیچ (فنری شکل) به دور محفظه کوره پیچیده شده و حرارت ایجاد شده در اثر عبور جریان ، به فلز شارژ منتقل می‌گردد. جنس این المنت ها بیشتر از آلیاژهای نیکرم که تشکیل شده از نیکل– کروم و آهن می باشد.

۲- کوره‌های مقاومتی با مقاومت مایع:

در کوره‌های نوع «الف» حرارت ایجاد شده نسبتاً پائین (حدود ۱۲۰۰ الی ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد) می باشد. لذا جهت ایجاد درجه حرارت بالاتر از کوره‌های با مقاومت بالاتری استفاده می‌شود. اکثر عناصر در حالت مایع هدایت الکتریکی کمتری دارند. لذا از این خاصیت جهت ذوب فلزات دیگر می توان بهره برداری کرد. به این صورت که مثلا در یک نمونه از این کوره‌ها از سیلیس مایع استفاده می‌شود. یعنی سیلیس مایع در بستر کوره واقع بر روی فلز شارژ تحت تاثیر عبور جریان الکتریکی قرار می‌گیرد و با ایجاد حرارتی که از انعکاس و انتقال به شارژ می‌رسد و شارژ مورد نظر ذوب می‌شود که امروزه در صنعت استفاده چندانی ندارند.

۳- کوره‌های مقاومتی گرافیتی:

بطور کلی این نوع کوره‌ها دارای میله گرافیتی می‌باشد که بر روی دو تکیه‌گاه قرار گرفته است. با عبور جریان الکتریسیته از این میله گرافیتی حرارت ایجاد شده که باعث ذوب شارژ می‌شود. این میله های گرافیتی به مرور زمان ،مصرف می‌شود. مصرف این الکترودهای گرافتی برای هر ۱۰۰۰ Kwh جریان برق ۲ Kg می باشد. اتمسفر ذوب در این نوع کوره‌ها معمولاً خنثی بوده، یعنی ذوب در خلاء واقع می‌شود و بیشتر برای ذوب فلزات غیر آهنی و چدن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و در موارد خاصی برای ذوب فولادها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نوع ب: کوره‌های مقاومتی با گرم کننده مستقیم

در این نمونه از کوره‌های مقاومتی، مقاومت مورد نظر که جریان برق از آن می‌گذرد همان فلز شارژ است که در اثر عبور جریان الکتریسیته با ولتاژ کم و جریان زیاد گرم شده و موجب ذوب آن می‌شود. از این نوع کوره‌ها جهت ذوب فلزات کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد و بیشتر جهت گرم نگهداشتن فلزات استفاده می‌شود. عیب اساسی این کوره‌ها مصرف برق زیاد است.

مزایای این نوع کوره‌ها عبارتند از آلودگی کم، کارکردن راحت تر نسبت به بقیه کوره‌ها و در موسسه های آموزش بزرگ و همچنین در دانشگاهها بزرگ جهت ذوب ، یا نگهداشتن ذوب استفاده می‌شود. و همچنین کار اصلی این کوره‌ها بهبود خواص مکانیکی در فلزات می باشد.

energyenergy.ir

منابع

[۱]. گزارش امكان سنجي مقدماتي طرح ريخته گري قطعات چدني و فولادي، وزارت صنايع و معادن، شهريور ۱۳۸۶

[۲] . مباني ريختهگري فلزات نوشته دكتر علي اكبر فرشياني

[3]. U.S. Department of Energy، Office of Industrial Technologies، Energy and Environmental Profile of the U.S. Metal Casting

[4]. William F.Hosford, Robert M.Caddll,“Metal Forming Mechanics and Metallurgy,” Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, 1983

[5]. Valery Marinov, Manufacturing Technology

[6]. P.Farhang,“An Encyclopaedia of Metallurgy and Materials, English-Persian,” Donya Publisher, 1990

[7]. Caine , J.B Design of Ferrous Casting , American foundrymen's society , Des plaines , Illinois

[8]. Theoretical/Best Practice Energy Use In Metalcasting Operations

[9]. Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel December 2001

[10]. communication with AFS , DOE/CMC

[11]. Coal and Industrial Furnaces – Department of Coal Publications, Government of India

[12]. Theoretical/Best Practice Energy Use In Metalcasting Operations byJ. F. Schifo & J.T. Radia

KERAMIDA Environmental, Inc. Indianapolis, IN May 2004

[13]. Advanced Melting Technologies: Energy Saving Concepts and Opportunities for the Metal Casting Industry November 2005

[14]. Industrial Furnaces by W.Trinks ,John Wiley and Sons Inc,Newyork

energyenergy.ir