



دانشگاه فنی و حرفه‌ای

جزوه کارگاه مدلسازی و ریخته‌گری

فصل دوم :

روش‌های ریخته‌گری

مدرس:

محسن شمساری

نیمسال اول ۱۴۰۰-۱۳۹۹

سنة الفجر

فهرست مطالب

- ۱-۱-۱- روش های ریخته گری ۴
- ۱-۱-۱-۱- ریخته گری با قالب های چند بار مصرف ۴
- ۱-۱-۲- ریخته گری با قالب های یک بار مصرف ۵
- ۱-۲- ریخته گری ماسه ای (قالب گیری ماسه ای) ۵
- ۱-۳- انواع روش های ریخته گری در ماسه ۶
- ۱-۴- قسمت های مختلف قالب های ماسه ای ۷
- ۱-۵- ماسه ریخته گری ۸
- ۱-۵-۱- انواع ماسه ۸
- ۱-۵-۲- انتخاب ماسه ۹
- ۱-۵-۳- خواص عمومی ماسه ریختگی ۹
- ۱-۶- اصول کار کوره های ریخته گری ۱۰
- ۱-۶-۱- کوره های بوتله ای ۱۰
- ۱-۶-۲- جنس بوتله ها ۱۱
- ۱-۶-۳- انواع کوره های بوتله ای ۱۳

۱-۱- روش های ریخته گری

روش های ریخته گری به طور خلاصه به دو دسته عمده تقسیم بندی می شوند:

ریخته گری با قالب های یک بار مصرف

ریخته گری با قالب های چند بار مصرف

۱-۱-۱- ریخته گری با قالب های چند بار مصرف

ریخته گری با قالب های چند بار مصرف به موارد زیر تقسیم می شوند

- ریخته گری تو خالی
- ریخته گری کرتیاس
- ریخته گری دائمی در خلاء
- ریخته گری با فشار کم
- ریخته گری گریز از مرکز
- ریخته گری گریز از مرکز مجازی
- ریخته گری پیوسته
- ریخته گری الکترومغناطیسی
- ریخته گری حدیده ای

از میان روش های فوق ریخته گری حدیده ای و گریز از مرکز را به دلیل تولید قطعات با دقت بالا و نیز کاربرد فراوان در صنعت مورد بررسی قرار خواهیم داد.

ریخته گری حدیده ای از جمله روش هایی است که می توان قطعات با ابعاد عالی و دقیق را با آن تولید کرد. در این روش فلز مذاب تحت فشار مکانیکی یا هیدرولیکی از طریق راهگاه هایی به داخل قالب رانده شده سپس این (که در قسمتی بوده) بسته شده و مذاب درون آن سرد شده و منجمد می شود و پس از آن با باز شدن قالب قطعه از قالب خارج می شود.

ریخته گری حدیده ای به دو صورت می تواند اعمال شود ریخته گری با مخزن گرم (کوره مذاب در کنار دستگاه) و ریخته گری با مخزن سرد (که فلز را در کوره های جداگانه ذوب کرده و به داخل دستگاه تزریق می کنند).

ریخته گری گریز از مرکز از جمله روش هایی است که در تهیه قطعات مدور، لوله، و یا حتی چند ضلعی استفاده می کنند. در این روش قالب با استفاده از نیروی گریز از مرکز حول محور عمودی یا افقی می چرخد و مذاب را به همه جای آن می رساند.

۱-۱-۲- ریخته گری با قالب های یک بار مصرف

در ریخته گری با قالب های یک بار مصرف، برای بیرون آوردن قطعه ساخته شده از دورن قالب، آن را می شکنند. خود این روش را می توان به دو دسته: قالب گیری با مدل یک بار مصرف و قالب گیری با مدل چند بار مصرف تقسیم بندی کرد. قالبگیری با مدل های یک بار مصرف، قالب گیری های ماسه ای هستند که در آن قالب ساخته شده توسط ماسه پس از انجماد مذاب شکسته می شود. البته قالب گیری های پوسته ای قالب گیری به کمک خلاء، قالب گیری ماسه ای نمناک و ... را هم در زمره قالب گیری ماسه ای می توان تقسیم بندی کرد. به دلیل رایج بودن قالب گیری ماسه ای و استفاده اغلب از آن در کارگاه ریخته گری این نوع ریخته گری را در اینجا بررسی خواهیم کرد.

۱-۲- ریخته گری ماسه ای (قالب گیری ماسه ای)

در این نوع ریخته گری قبل از انجام هر کاری مدلی را که براساس آن قرار است محصول ساخته شود با استفاده از پلاستیک، چوب و غیره می سازند. سپس آن را در قالب فلزی دو تکه قرار می دهند. هر یک از این دو قسمت جداشدنی قالب را (درجه) می نامند. بنابراین خود مدل دو تکه خواهد بود. درجه بالایی را بر روی میز کار قرار داده، قسمت بالایی مدل را در داخل آن گذاشته با استفاده از پودر جداکننده و پاشش و کوبیدن ماسه درون قالب (ترکیب ماده مذکور شامل ماسه، آب، خاک رس و نوعی چسب است) آن را پر می کنند. همین کار را برای نیمه دیگر نیز انجام می دهند. نباید از نظر دور داشت که گذاشتن تکه چوبی (به صورت شیب دار) برای ایجاد راهگاه مناسب درون قالب ضروری است و نیز تعبیه تغذیه کننده برای جبران کمبودهای ناشی از انقباض مذاب دورن قالب. بعد از خارج کردن مدل از قالب و میله راهگاه دو نیمه قالب بر روی هم قرار گرفته، سپس مذاب را درون آن می ریزند (با استفاده از ابزاری شبیه ملاقه به نام چمچه) و پس از سرد شدن مذاب، قالب را شکسته و قطعه را خارج می کنند.

در این روش ماسه نقش قالب را برای ما بازی می کند، ضمن اینکه نیرویی که برای جریان یافتن مذاب در داخل قالب لازمست نیروی ثقل است که امروزه از روش های بسیار پیچیده تری از جمله فشار هیدرولیکی به جای آن استفاده می کنند. این روش یکی از ساده ترین و متداول ترین روشها (البته در سطح کارگاهی) برای تولید قطعات ریخته گری است و قطعه ای که بدین طریق به دست می آید احتمالا دارای نقایص ظاهری فراوانی از جمله: پلیسه زیاد و تخلخل است که ما را به استفاده از عملیات ماشین کاری بعدی وادار می سازد.

باید خاطر نشان کرد که برای به دست آوردن قطعات و محصولات با کیفیت بالا و بدون نیاز به عملیات ماشینکاری بعدی از روش های جدید و پیشرفته تری استفاده می گردد. ضمن اینکه قالب گیری با قالب های یک بار مصرف هزینه و زمان زیادی را به خود اختصاص میدهد. در عمل از قالب گیری با قالب های چند بار مصرف بسیار استفاده می شود که به آن خواهیم پرداخت.

۱-۳- انواع روش های ریخته گری در ماسه

ریخته گری در قالب شکل داده شده با ماسه شامل روش های زیر:

- ریخته گری در ماسه تر
 - ریخته گری در ماسه خشک : در این روش، قالب ماسه ای در گرمخانه ای با دمای حدود ۳۰۰ درجه ی سانتیگراد به مدت مناسبی قرار داده شده و خشک می گردد.
 - ریخته گری در قالب رو خشک: ریخته گری در آن دسته از قالب های ماسه ای که سطوح آنها - اغلب با یک مشعل - تا عمق معینی خشک شده است.
 - ریخته گری روباز در ماسه : ریخته گری در قالب های ماسه ای بدون لنگه ی رویی، از این روش در تولید قطعات تا دقیقی که یک سطح تخت دارند استفاده می شود.
- در ریخته گری ماسه ای از ماسه طبیعی یا ماسه ترکیبی (ماسه دریاچه استفاده می شود، که دارای یک ماده نسوز به نام سیلیکا (SiO₂) می باشد. دانه های شن باید به قدر کافی کوچک باشند تا بتوان آنها را متراکم کرد. و در عین حال باید آنقدر درشت باشند تا گازهای تشکیل شده در هنگام ریخته گری 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 می گردند.

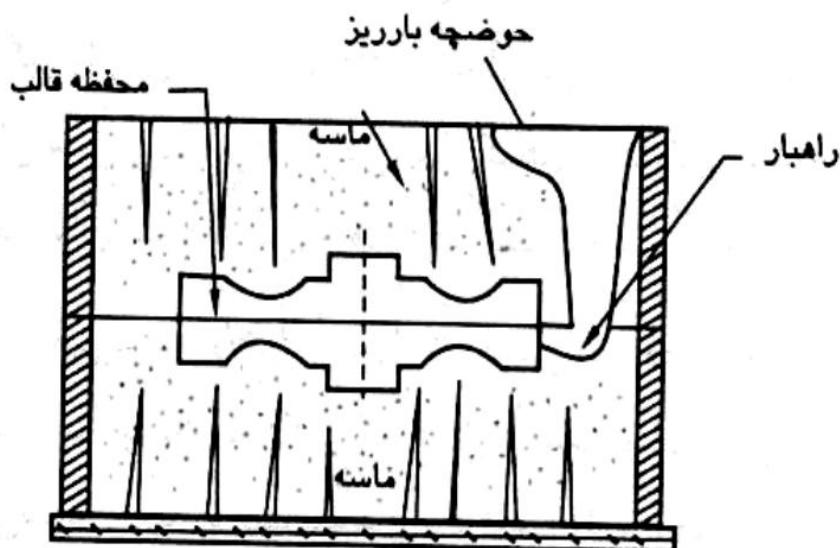
۱-۴ - قسمت های مختلف قالب های ماسه ای

قالب از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. درجه بالایی و درجه پایینی " نامیده می شوند. مذاب در فضای بین دو درجه که حفره قالب نام دارد، جاری می گردد. هندسه طرح توسط یک قطعه چوبی که الگو با مدل نام دارد، ایجاد می شود. شکل طرح، تقریباً شبیه به قطعه ای که ما نیاز داریم می باشد.

• **حفره قیفی شکل:** بالای این قیف ظرف مذاب ریزی قرار دارد. و به قسمت لوله مانند قیف sprue گفته می شود. فلز مذاب در داخل ظرف مذاب ریزی ریخته شده و از طریق sprue به سمت پایین جاری می شود

• **راهگاهها،** کانال هایی عمودی و توخالی هستند که حفره قالب را به سطح آن متصل می کنند. منطقه ای که این راهگاه ها به حفره ، قالب می رسند، دروازه (gate) نام دارد.

• **چندین حفره دیگر نیز درون قالب تعبیه می شوند** که با سطح آن در تماسند. اضافه مذابی که درون قالب ریخته می شود، به داخل این حفره ها که لوله های تغذیه « نام دارند جاری می گردد. این لوله ها مانند مخازن ذخیره مذاب عمل می کنند. همان طور که مذاب در داخل حفره قالب در حال جامد شده است حجم آن کم می شود. برای جلوگیری از ایجاد حفره در داخل قطعه، مذاب جبران کننده از داخل این لوله ها به قالب وارد می شود.

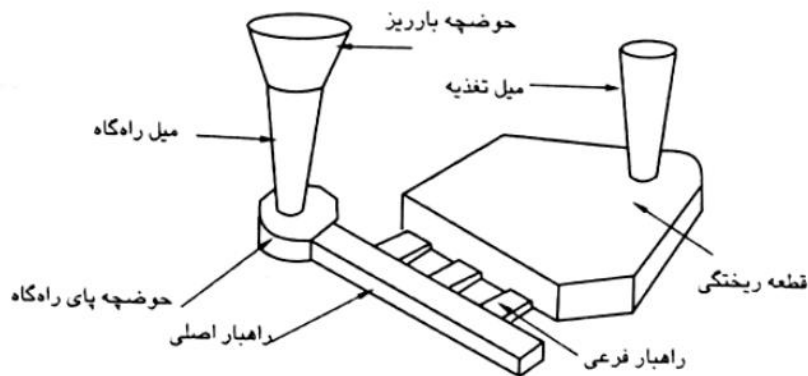


شکل (۱-۱) شماتیک قالب ریخته گری

• **منافذ هوا:** لوله های باریکی هستند که حفره قالب را به فضای بیرون متصل می کنند و به گازها و هوای

داخل قالب اجازه می دهند که از قالب خارج شوند.

• **ماهیچه ها**، بسیاری از قطعات ریخته گری دارای سوراخ های داخلی هستند فضاهای خالی). یا برخی حفره های موجود در ساختار آنها از هیچ کجای قالب قابل دسترسی نیستند. این سطوح درونی به وسیله ماهیچه ها ایجاد می گردند. ماهیچه ها از طریق آمیختن ماسه با یک سری چسب های خاص تهیه می شوند. این چسب باعث می شود که وقتی ماهیچه را در دست می گیریم 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 می شود. بعد از انجام عملیات ریخته گری، ماسهها کنار زدن می شوند و ماهیچه بیرون کشیده شده و معمولاً شکسته می شود.



شکل (۱-۲) اجزاء مختلف سیستم راه گاهی

۱-۵- ماسه ریخته گری

۱-۵-۱- انواع ماسه

الف) ماسه طبیعی: شامل ماسه های رودخانه ای و ماسه های بادی ماسه طبیعی مستقیماً از منابع طبیعی، استخراج و استفاده می شود و هیچگونه کار اضافی روی آن انجام نمی شود مثل ماسه کنار رودخانه (این ماسه ها را آزمایش می کنند که حاوی آهک نباشد. حسن ماسه رودخانه ای در این است که شسته شده و میزان گردی بیشتری دارند در نتیجه کیفیت سطحی قطعات بالا

می رود. اما در ماسه بادی، خاک نیز وجود دارد که خاصیت چسبندگی دارد.
(ب) ماسه مصنوعی: در این حالت، معادن طبیعی را شناسایی کرده و مثلاً آن را الک کرده و ناخالصی هایی مثل آهک را حذف می کنند و آن را خرد کرده و گرد می کنند این ماسه ها تحمل دمایی بالاتری دارند.

۱-۵-۲- انتخاب ماسه

از چند نقطه باید نمونه گیری کرد و تست ترکیب شیمیایی و دیرگدازی و... انجام داد و برای اینکه رطوبت و مواد همراه ماسه تبخیر نشود، باید در ظرف بسته نمونه برداری کرد.

۱-۵-۳- خواص عمومی ماسه ریختگی

- استحکام در حالت تر: استحکام فشاری و برشی در گوشه ها
- استحکام در حالت خشک
- استحکام در حالت حرارتی: سریع به دمای بالا می رسد، وقتی رطوبت خود را از دست می دهد نباید شکل خود را از دست بدهد زیرا باعث ایجاد ترک و خرد شدن یا پلیسه و زائده و رگه می شود.
- قابلیت عبور گاز: گاز متصاعد شده از چسب و پوشش و هوای داخل باید خارج شود. به شکل و دانه مواد قالب و میزان کوبش و چسب و رطوبت بستگی دارد
- پایداری حرارتی: ابعاد خود را حفظ کند و ضریب انبساط حرارت پایین داشته باشد.
- دیرگدازی مواد: قالب تغییر حالت ندهد و سوخته و ذوب نشود و مقاوم به حرارت باشد.
- قابلیت شکل گیری: به اندازه دانه بستگی دارد.
- کیفیت سطحی: به خواص فیزیکی دانه بستگی دارد.
- قابلیت فروپاشی: تابع نوع چسب مصرفی است.
- قابلیت بازیافت
- تهیه و کنترل ساده
- قدرت خنک کنندگی

نکته: ماسه سیلیسی را با خاک اره مخلوط کرده و جلو انبساط و انقباض را می گیرند یا با چسب سیلیکات

سدیم و مواد افزودنی برای راحت جدا شدن مخلوط می کنند. رطوبت در صنعت بین ۴ تا ۶ درصد وزنی است، اگر رطوبت کم باشد، استحکام تر کاهش می یابد و اگر زیاد باشد، باعث ایجاد موک گازی می شود.

۱-۶- اصول کار کوره های ریخته گری

در فرایند استخراج، تصفیه و ذوب مجدد، معمولاً راههائی وجود دارد که بسته به نوع کار طراحی می شوند و در این کوره ها عمل ذوب انجام می شود. در این جهت می توان از کوره بلند (کوره ای که در آن اکسید آهن تبدیل به چدن می شود)، کنورتور (که در آن چدن با دمش اکسیژن خالص به فولاد تبدیل می شود) و کوره های دیگر به عنوان کوره های ذوب نامیده می شوند استفاده کرد. اصطلاحاً به این کوره ها، کوره های دوباره ذوب می گویند، کوره هایی که در ریخته گری برای ذوب مجدد فلزات و آلیاژها استفاده می شوند به ترتیب می توانیم به شرح زیر نام ببریم:

- کوره های بوته ای
- کوره های تشعشعی
- کوره های ایستاده (کویل)
- کوره های برقی
- کوره های با شعاع الکترونی
- کوره های دیگر (استفاده از انرژی های دیگر)

۱-۶-۱- کوره های بوته ای

همان طور که از نام آنها پیداست برای عمل ذوب از بوته استفاده می شود. انتقال حرارت در این کوره ها بیشتر از طریق هدایت به مواد موجود در داخل بوته می باشد. حرارت به سه طریق منتقل می شود: ۱. هدایت. ۲. جابجایی. ۳. تشعشع

۱-۶-۲- جنس بوته ها

جنس بوته ها که استفاده می کنند به شرح زیر است. بوته های آهن خالص - بوته های فولادی - بوته های چدنی - بوته های شاموتی - بوته های گرافیتی - بوته های سیلیکون کاربایدی - بوته های دیگر.

بوته های آهن خالص

برای فلزاتی که نقطه ذوب کمتری نسبت به آهن دارند و خوردگی کمتری دارند. از بوته های آهنی برای ذوب موادی که نقطه ذوب آنها پایین تر از نقطه ذوب آهن خالص است (۱۵۳۹-۱۵۳۶ درجه سانتیگراد) است. منیزیم را مجبوریم در داخل این بوته ذوب کنیم چون با بهترین آجر نسوز نمی توان منیزیم را ذوب کرد و دلیلش میل ترکیبی منیزیم با اکسیژن است که اکسیژن نسوز را می کشد و نسوز متخلخل می شود.

آهن خالص تجاری

چون آهن به صورت خیلی خالص به ندرت یافت می شود، بیشتر از این آهن استفاده می شود و خلوصش ۹۹/۸٪ است و ناخالصی اش ۰/۲ - ۰/۱ می باشد. آهن خالص تجاری را در دنیا برخی از شرکت ها تولید می کنند. از جمله شرکت آرمکو و وستینگ هاوس در آمریکا تولید می کنند که برای ذوب آلیاژهای با نقطه ذوب کم مثل روی، منیزیم، سرب و ... از این ورق ها بوته درست کرده (بوته یکپارچه استفاده می کنند (بوته را جوش نمی زنند بلکه با آهنگری درست می کنند با پرس و گرم کاری) - از بوته های چدنی برای ذوب آلیاژهای روی، آلومینیوم و سایر آلیاژها با نقطه ذوب پایین استفاده می کنند بشرطی که مشکل آهن در آن آلیاژها وجود نداشته باشد. تجربه نشان می دهد مذاب Al و Zn، آهن را در خود حل می کند چون چدن دارای انتقال حرارت خوب است (به دلیل گرافیت های لایه ای) و ارزان ریخته گری می شود. در ایران بیشتر از بوته های چدنی استفاده می شود.

بوته های فولادی

از بوته های فولادی برای ذوب آلیاژها با نقطه ذوب کم و آلیاژهایی که میل ترکیبی زیادی نسبت به اکسیژن دارد مثل آلیاژهای منیزیم که علاقه دارند اکسیژن مواد نسوز را بگیرند، استفاده می کنند. فولادهای معمولی خوردگی بیشتری دارند و مذاب آلیاژهای مختلف در آن تدریجا آن را می خورند (یعنی بدنه را در خود حل می کنند).

بوته از جنس مواد نسوز دوام بیشتری در برابر پوسته پوسته شدن یعنی اکسید شدن دارد. آنالیز یک نوع فولاد نسوز عبارتست از ۲۵٪ کرم و ۲۰٪ نیکل و بقیه عناصر جزئی دیگر، از آلیاژهای دیگر نیز که قیمت آنها گران است به عنوان بوته می توان استفاده کرد، از جمله آلیاژ ۵۰٪ کرم و ۵۰٪ نیکل یا آلیاژ ۵۰٪ کرم

و ۵۰٪ نیکل و کمی نیوبیوم Nb که دوام و مقاومت خوبی دارد.

بوته های گرافیتی

همان طور که از نام این بوته ها پیداست، جنس این بوته ها از گرافیت می باشد. (می دانیم که کربن در طبیعت به سه صورت دیده می شود: ۱. کربن بیشکل: این کربن شکل بلوری ندارد و به آن کربن آمورف نیز می گویند. این کربن در اثر حرارت در مجاورت اکسیژن، می سوزد و خاکستر از آن باقی می ماند. ۲. کربن به صورت گرافیت: این نوع کربن به صورت بلوری (کریستالی) می باشد و بلوری آن طوری است که دارای صفحات الغزش است و این صفحات می توانند روی هم به راحتی بلغزند. بهترین آنها گرافیت چرب نقره ای است. این گرافیت ماده نسوز است و نقطه ذوبی در حدود بیش از ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد دارد گرافیت راسب (رسوب بافته شده در حین انجماد در چدنهای خاکستری از این نوع است که از مذاب جدا شده. ۳. کربن به صورت الماس: بلور این نوع کربن به صورت یک هشت وجهی است ولی رنگی و شفاف است و با سختی ۱۰ موهس سخت ترین ماده در طبیعت می باشد). بوته های گرافیتی بدلیل اینکه نقطه ذوب بالا داشته و گرافیت نیز علاوه بر نسوز بودن از انتقال حرارت زیادی نیز برخوردار است هدایت خوبی داشته و حرارت را از جداره خود به داخل بوته هدایت می کند.

ی سیلیکون کارباید

این نوع بوته ها از استحکام بیشتری برخوردارند و خود ماده سیلیکون کارباید در اثر حرارت، کمی منقبض و منبسط می شود. یکی از بهترین موادی است که به شک حرارتی مقاوم است. برای ذوب چدن بیشتر از بوته های سیلیکون کارباید استفاده می شود چون چدن آلیاژیست از آهن - کربن - سیلیسیم، پس کمتر علاقه دارد جداره را بخورد.

بوته های شاموتی

این بوته ها از خاک رس نسوز ساخته می شود. از ریختن رس نسوز در اثر حرارت اصطلاحاً شاموت به دست می آید. البته درجه نسوز بوته های شاموتی بستگی به درجه خلوص شاموت دارد. بهترین ماده شاموت آن است که پس از پخت، مقدار فازهای مولیت در حداکثر خود قرار گیرد. مولیت نسوزی است که تا دمای درجه سانتی گراد ۱۸۰۰ می تواند دوام بیاورد، در ضمن از نظر مقاومت مکانیکی در دمای بالا نیز خوب است. در بوته های شاموتی آلیاژهای غیر آهنی و به ندرت چدن ذوب می شود. معمولاً دوام بوته های شاموتی تا دمای ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد است.

۱-۶-۳- انواع کوره های بوتنه ای

الف) کوره بوتنه ای چرخان

ب) کوره بوتنه ای ثابت (زمینی)

۱. **با سوخت جامد** - این نوع کوره ها دو نوعند، یکی کوره سنتی است که از سوخت جامد زغال سنگ یا کک برای عمل ذوب استفاده می کردند. این نوع کوره نیاز به برق نداشت و با هوای طبیعی که از زیر کوره از لابه لای میله های کف به داخل کشیده میشد زغال سنگ یا کک ها را مشتعل می ساخت. برای ذوب فلزات مخصوصا چدن بوتنه را در داخل ککها دفن می کردند تا هم از بالا و هم از بغل ها و هم از زیر حرارت به فلز برسد و ذوب خوب و کامل انجام شود. (برای ذوب چدن در این کوره ها اول باید ککها را الک کرد یعنی ککها را دسته بندی کرد از درشت به ریز و پودر، کک درشت در زیر و بعد بوتنه و بعد شارژ و چند کک گنده در داخل بوتنه و کک متوسط در اطراف و ریزها را در اطراف می ریزیم و بقیه را در بالا می گذاریم).

۲. **با سوخت مایع** - نقشه این کوره در شکل آمده است که برای ذوب ۱۵۰ - ۱۰۰ کیلو گرم چدن می باشد، سوخت این کوره ها از گازوئیل با ارزش حرارتی ۹۳۰۰ کیلو کالری بر لیتر درجه سانتیگراد یا مازوت با ارزش حرارتی ۱۱۰۰ کیلو کالری بر لیتر درجه سانتیگراد است و می توان با استفاده از بوتنه های گرافیتی در آن چدن ذوب کرد.

ج) کوره های تشعشی نیمه چرخان

از این کوره ها نیز برای ذوب آلیاژهای غیر آهنی استفاده می کنند و موقع تخلیه مذاب، | کوره چرخانده می شود یا در هنگام شارژ کوره چرخانده شده و شارژ را تحویل می گیرد. در این کوره ها نیز سعی می شود شعله به دیواره ها برخورد کرده و برخورد مستقیم با مذاب نداشته باشد.

د) کوره های دوار

کوره های دوار مذاب چدن مذاب آلومینیوم می سازد. سوخت این نوع کوره ها گاز، | گازوئیل و مازوت است. کوره هائی با ظرفیت کمتر با دست و کوره های با ظرفیت بیشتر به کمک جراثقیل شارژ می شوند. کوره روی جکهای مربوطه به اندازه ۴۵ درجه بلند می شود و بعد از شارژ دوباره به جای خودش بر می گردد. جداره نسوز این کوره ها برای ذوب چدن، خاک نسوز سیلیسی و برای ذوب آلیاژهای آلومینیوم خاک نسوز آلومینایی است. ساختمان این کوره ها: این کوره ها شامل یک اسکلت فلزی که به شکل یک استوانه متصل به دو مخروط ناقص است و توسط فلنچ روی استوانه و مخروطها به یکدیگر متصل می شود. به طرف دهانه بزرگ مخروطها و هر دو طرف استوانه فلنچ نصب شده و روی استوانه دو غلطک وصل می شود.