

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	انواع روشهای قالبگیری در کارگاه
۵	مدل سازی
۸	انواع و اقسام غلتکها و رینگها
۱۰	کارگاههای خاص
۱۲	تجهیزات کارگاه ریخته گری
۱۸	مجتمع آزمایشگاهی و آزمایشگاههای مواد
۲۴	قالبگیری زمینی
۲۶	قالبگیری CO2
۲۷	ماهیچه سازی
۳۳	برخی از مشخصه های سنماتیت
۳۵	عوامل موثر در انتخاب کوره
۳۶	آزمایشهای آزمایشگاهی چدن
۴۲	تئوری ریخته گری فولادها
۴۴	فولادهای کم کربن

## مقدمه

کارگاه ذوب فلزات مدرن در سال ۱۳۴۲ تاسیس گردیده این کارگاه واقع در نزدیکی ایستگاه وردآورد جاده مخصوص کرج می باشد .

کارگاه ۵ هکتار می باشد که شامل یک سوله بزرگ و در کنار آن یک ساختمان دو طبقه که شامل دفتر کارگاه محل قرار گرفتن دستگاهها می باشد . در پشت سوله یک محوطه می باشد که در آن انواع کوره ها از جمله کوره

زمینی - دوار - کوپل قرار دارد . بیشتر تولیدات این کارگاه شامل سفارشات

چدن - چدن نشکن و آلومینیوم می باشد . البته مس ، روی و برنج و برنز و

غیره نیز هست ولی کمتر از این سفارشات را دارند . عمده سفارشات

تولیدات این کارگاه شامل کارتر روغن کمپرسورهای ۲۵۰ لیتری ، لوازم

دستگاه آپارت گیری و پنچر گیری و سیلندر ماشین های سنگین و غیره که

اینها برای ریخته گری آلومینیوم و همچنین چدن ریزی برای انواع و اقسام

قطعات ماشین آلات سنگین می باشند .

روش کار در این کارگاه به صورت قالبگیری سنتی می باشد و لوازمی که

برای قالبگیری سنتی استفاده می شوند شامل :

جهت خرید فایل word به سایت [www.kandoocn.com](http://www.kandoocn.com) مراجعه کنید  
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

۱- جعبه ماهیچه

۲- درجه و زیر درجه

۳- قاشک

۴- سیخ هوا

۵- کوبه

۶- خط کش فلزی یا کاردک

۷- الک

۸- پودر تالک

۹- ماسه سیلیسی و غیره

## انواع روشهای قالبگیری در کارگاه :

۱- روش CO2 برای ماهیچه سازی : ۱- چسب سیلیکات سدیم ۲- گاز

CO2 و غیره

۲- روش قالبگیری گچی (دوغابی) : بعد از ریخته گری قطعات آنها را

با استفاده از عملیات داخل کارگاه آماده فروش می رسانند. (۱- کندن راهگاه

و سیخ هوا ۲- سوراخ کردن محل هایی که باید سوراخ شوند ۳- پرداخت

کاری بر روی قطع ۴- رنگ کردن بعضی از قطعات (مخصوصاً قطعات

آپارات) ۵- بسته بندی کردن و غیره)

## لوازم و وسایل برقی که در کارگاه موجود می باشد :

۱- مخلوط کن که برای مخلوط کردن ماسه و چسب و آب و غیره انجام

می گیرد.

۲- دستگاه آسیاب که برای جدا سازی ناخالصی ها از ماسه انجام

می گیرد.

۳- دستگاه برش ۴- کمپرسور هوا ۵- دستگاه تراش کاری ۶- دریل

۷- دستگاه جوشکاری (ترانسفورماتور)

مطالبی در مورد مذاب آلومنیوم و مذاب چدن قبل از ریختن درون قالب :

مذاب آلومنیوم : بر روی این مذاب بعد از خارج کردن از بوته از پودر

کاوارال (که قرمز رنگ می باشد ) استفاده می شود که باعث چسبندگی مذاب و گرفته شدن تفاله و سیالیت بیشتر در مذاب می گردد .

مذاب چدن : بر روی این مذاب بعد از خارج کردن از بوته پودر سیلاکس

که قرمز رنگ و دانه درشت تر از کاوارال می باشد می ریزند تا شیره و تفاله و سرباره را جذب خود بکند و باعث می شوند که این مواد غیره ضروری

بر روی مذاب جمع شده و به راحتی جمع آوری شوند در ضمن پودر

بوراکس که سفید رنگ و نرم می باشد و همچنین حالت دانه ریزتری دارد

برای مذاب آلیاژهای مس ، برنج ، برنز و غیره استفاده می شود .



## مدل سازی

نقشه های آماده برای مدلسازی :

مدل سازی با فوم یا یونیلیت : فوم یک مدل مصرفی است از مدل در قالب

می سازند و مدل ذوب شونده است که گاز زیادی تولید می کند .

اکثر کارها چوبی هستند ، اگر تعداد کم باشد از چوب در صورت زیاد بودن

قطعه ها و دقت ابعادی بالا قطعه دار AL می کنند و بعد وارد خط تولید

می شود .

برای قطعاتی که اضافه تراش و دقت ابعادی بالا دارند وقتی AL می شود و

بر می گردد که AL ۱ در صد انقباض چدن ۲ در صد در کل ۳ در صد

می شود که بعد از آن برای ریخته گری انقباض ۲ در صد باید لحاظ شود .

در صد اضافی برای ابعاد ۱۰۰ و قطعه ریختگی AL است که این قطعه اول

AL می شود و بعد فولاد می شود . که ۳ در صد انقباض دارند که بعد از AL

شدن ۲ در صد انقباض نهایی است .

پوشش مدل چوبی بستگی به جدول استاندارد دارد .

در روشهایی که تعداد زیادی قطعه نیاز باشد در مدلسازی از فوم استفاد می شود که فوم نیاز به خارج کردن ندارد و می سوزد و گاز زیادی تولید می کند و فقط مشکل ما این است که گاز زیادی که تولید می شود را از قالب خارج کنیم در غیر این صورت قطعه معیوب می شود .

در فوم کاری برای قطعات زیاد می شود که فقط لوله راهگاه را خارج می کنند و بقیه یعنی مدل از جنس فوم است . از قالب خارج نمی شود و قبل از ریختن مذاب با حرارت فوم را می سوزانند و بعد از مذاب را می ریزند .

روش گریز از مرکز - ساتیریفوژ

ریخته گری گریز از مرکز افقی با قطعه داخلی :

قالب با دور مشخص می چرخد دور دستگاه - بار ریزی - درجه حرارت -

مهم است جنس فلزی فولاد - فولاد ساده جنس ریخته گری شده است

وقتی داخل قالب ریخته می شود باید از منجمد شدن سریع باید توسط آب

خنک شود . چون ذوب سریع وارد می شود یا انبساط ناگهانی روبرو نشود .

سرعت بار ریزی توسط دستگاهی مشخص می شود

اگر ذوب مدت زمانی طول بکشد تا برسد آخر باید سپس اول سریع ریخته شود .

زمان بار ریزی مهم است که دوش آب روی پاشیده می شود .  
سفارش مشتری :

دارای کیفیت بالا . قطعه دارای ترک است که در قالب گر کرده و در اثر انقباض ترک خورده .

#### انواع فولاد ها با روش سانتیریفیوژ

دمای ریخته گری در این روش باید نسبتاً بالا باشد c ۱۵۹۰  
در این واحد کارگاهی ۴ کوره القایی که یکی با ۲ تن ظرفیت بزرگترین کوره می باشد .

کوره القایی با فرکانس بالا ، متوسط ، پائین

در فرکانس بالا تلاطم کم می باشد .

در فرکانس پائین سطح مذاب



در فرکانس بالا سرعت ذوب دهی و خوردگی جداره کوره کمتر لوله های فولادی توسط نورد تولید می شود لوله های گاز به این روش ریخته گری می شود .

انجماد بصورت ناهمگن و وسط بصورت همگن است . در گریزاز مرکز عمودی

### انواع و اقسام غلتکها و رینگها :

دور دستگاه با چیفتور مشخص می شود . وقتی می گوئیم با  $g = 60$  یک ذره برابر ۶۰ برابر نیرو وارد می شود به بدنه گریزاز مرکز دارای انبساط طولی و عرضی می باشد .

گریزاز مرکز عمودی وقتی طول به قطر زیاد باشد افقی ریخته گری می کند .نسبت قطر به طول بیشتر باشد ، غلطکهای نورد ذوب آهن آلیاژ STEEL

Base % 7 G و مقداری ni-cr که سختی لازم را بدهد .

### سانتریفوژ عمودی :

تیرآهن به این روش ریخته گری می شود .

آلیاژ از خود کارخانه گرفته می شود و بیشتر آلیاژ را از روی ساختاری  
متالوگرافی آلیاژ را دست کاری می کنند .

توزیع کاربید در شبکه برای ریخته گری غلتکها مهم است که نسبت به  
غلطکها و ساختار غلتکهای تعیین می شود .  
قالب را توسط مکپ می بندند :

در ریخته گری به روش گریز از مرکز افقی پوشش زیر کن می دهند . لوله  
ها با سانتریفوژ افقی ریخته گری می شوند .

فورم گیری دستی به علت تنوع کاری در روز ۱۰ الی ۱۵۰۰ نوع آلیاژ ریخته  
می شود .

ماسه سیلیسی معمولی :

این گونه ماسه ها بازیافت می شوند .

ماسه تر : یک ماسه معدنی هستند که در این کارگاه در ریخته گری فولاد  
استفاده می شوند .

چدن - فولاد - برنز - برنج - AL :

قطعات چدنی چون انجماد خمیری دارند و در موقع انجماد خود را جمع

می کنند که پودر زغالی یا دکسترین یک فیلم سطحی تشکیل می دهد .

در این کارگاه محاسبه مواد شارژ ذوب حتی سیستم راهگاهی توسط

کامپیوتر انجام می شود . کربن از مرکز قطر اصلی قالب آن را تعیین می کند

که نداشتن یک قالب سانتریفوژ که ساختن قالبها گران می باشد ، کوچک

کردن قالب با جوش دادن رینگ است .

در ریخته گری سانتریفوژ جرم حجمی طبقه بندی می شود .

جنس قالب ها می توانند انواع مختلف داشته باشند : ۱- فولادی

۲- گرافیتی

کوره های عملیات حرارتی نیز انواعی دارند : ۱- زمین ۲- آنیلینگ

۳- کوئیچ ۴- دستگاه شات بلات

### کارگاههای خاص :

بالا بردن در صد کربن C % برای کم کردن خوردگی در واقع توسط کنورتور با دمش Ar و O2 که ظرفیت کنوتور ۴۰۰ کیلو گرم Aod که بالا بدون دما شرط زیاد کردن آن است . کوره پیروکسن برای پخت موم .

**قطعات خاص :** صنایع دفاع - قطعه نورد در ۶۰۰ درجه سانتیگراد ، دارای ساختار کاربیدی که کاربیدها سخت می باشند که با زمینه مارتنیت یا پرلیت. کاربیده ها اگر دارای ترک شوند و این ترکها رشد بکنند انفجار شبکه را در پی خواهد داشت .

انحلال کاربید دردمای بالا و همچنین در زمان بالا صورت می گیرند . آستینت باقیمانده مشکل ساز است به همین خاطر تمپر می کنیم که آستینت را از بین برده و ما در این قسمت نیاز به سختی داریم .

### قطعات صنایع دفاع :

بخار اسید نیتریک در این مواد ۸۰ درجه سانتیگراد می باشد . در هر ۱۰ درجه ۱۰ درجه قدرت خوردندگی بالا می رود . این قطعات برای تهیه باروت TNT بکار می روند .

های سیلیکن IRON - چدن ۰/۱٪ کربن ۱۴/۷۵٪ ، Si

آلیاژهای خاص فقط در این شرکت موجود است که در صورت شوک حرارتی ممکن است بترکد. رینگ در سانتی فوژ عمودی از جنس فولاد ساخته می شود.

قطعات زیر ۱ کیلو گرم حداقل تراشکاری را دارند و همچنین تمیز کار باید باشند و بهتر است برای اینگونه قطعات از ریخته گری دقیق استفاده شود.

### تجهیزات کارگاه ریخته گری

در کارگاه ریخته گری به طور کلی به وسیله مدل و ماسه در درجه ، کار قالبگیری را انجام داده و سپس با استفاده از کوره و بوته مذاب را آماده می سازند و داخل درجه قالبگیری ریخته و پس از منجمد شدن مذاب و سرد شدن قطعه مورد نظر را که شکلی دقیقاً مثل مدل دارد ، را از داخل ماسه خارج می کنند . اما کل این مراحل که به سادگی بیان شد احتیاج به مدت زمان طولانی و تجهیزاتی دارد . در زیر تجهیزاتی که جهت تولید یک قطعه به کار گرفته می شود را بیان می کنیم :

۱- ماسه : اولین ماده ای که برای قالب گیری لازم و احتیاج است ، ماسه نام دارد . این ماسه در کارگاه ریخته گری خود به چهار نوع مختلف تقسیم بندی می شود :



الف) ماسه طبیعی

ب) ماسه مصنوعی

ج) ماسه CO2

د) ماسه چراغی

(۱-۱) ماسه طبیعی : به ماسه ای اطلاق می شود که به صورت طبیعی بدست

آمده باشد و همان ماسه هایی است که در کنار رودخانه ها قرار دارد و از آنجا

برای قالبگیری به کارگاه آورده می شود . در این نوع ماسه چسب مصنوعی به

کار برده نمی شود ، بلکه همان ۵ الی ۶ درصد خاک رس موجود در آن به همراه

آب نقش چسب را بازی می کند و به ماسه استحکام لازم را می دهد .

از مهمترین مزایای این نوع ماسه را حتی تهیه کردن آن با هزینه کم و ریزدانه بون

این نوع ماسه می باشد . اما در کنار این مزایا این نوع ماسه تحمل حرارتی کمی

دارد و زود زیتتر می شود که از عیوب آن محسوب می شود

(۲-۱) ماسه مصنوعی : این ماسه که نسبت به ماسه طبیعی مصرف بیشتری

دارد تشکیل شده است از ۵ الی ۶ درصد چسب بتونیت و ۳ الی ۴ درصد آب که

هنگامی که با هم مخلوط می شوند ماسه چسبندگی خوبی پیدا می کند . این نوع

ماسه از خرد کردن و آسیا کردن سنگهای رودخانه ای و ماسه ای بدست می آید که

نسبت به ماسه طبیعی درشت دانه تر و با هزینه بیشتری بدست می آید ولی دارای تحمل حرارتی بالایی است و مثلاً در مقابل مذاب چون که نزدیک به  $1500^{\circ}\text{C}$  حرارت دارد، نمی سوزد.

۳-۱) ماسه  $\text{CO}_2$  (دی اکسید کربن): این ماسه در حالت طبیعی خشک است ولی هنگامی که به مقدار ۶٪ به آن چسب سیلیکات سدیم (آب شیشه) اضافه می شود، حالت تر شونده گی پیدا می کند و می توان با آن کار قالبگیری و یا ماهیچه سازی را انجام داد. مخلوط این ماسه با چسب سیلیکات سدیم هنگامی که در معرض گاز  $\text{CO}_2$  قرار گیرد سخت و محکم می شود. به همین دلیل به ماسه  $\text{CO}_2$  معروف است.

۴-۱) ماسه چراغی: این نوع ماسه که دارای رنگ زرد است بیشتر برای ماهیچه سازی بکار می رود و هنگامی که در معرض حرارت و آتش قرار گیرد، سخت و محکم می شود به همین دلیل به ماسه چراغی معروف است.

۲- مدل: مدل عبارتست از شکلی شبیه به قطعه تولیدی، از جنس چوب یا آلومینیوم که آن را در ماسه قرار داده و قالبگیری می کنیم. سپس مدل را از ماسه خارج می کنیم. حفره بوجود آمده توسط مدل را قالب می گوئیم که شکلی قطعه مورد نظر است مدلهای دارای انواع مختلفی هستند که اسامی آنها عبارتند از:

الف) مدل‌های ساده که در درجه زیری قرار می‌گیرند و اکثراً از جنس چوب می‌باشند .

ب) مدل‌های دو تکه یا چند تکه که همانطور که از اسم آنها استنباط می‌شود ، دارای تکه هایی هستند . هر کدام از این تکه های مدل در یک درجه قالبگیری می‌شوند که در داخل قالب به وسیله پین و جاپین آنها را روی همدیگر قرار می‌دهند .

ج) مدل‌های صفحه‌ای که هر دو تکه مدل بر روی یک صفحه مونتاژ می‌شوند و کار قالبگیری را برای ما آسان می‌کنند .

۳-۱) ابزارهای قالبگیری : ابزارهایی که برای یک قالبگیری مورد نیاز است عبارتند از :

۳-۱) درجه قالبگیری : که عبارتست از محفظه‌ای چهار گوش که مدل و ماسه را در آن قرار می‌دهیم . درجه قالبگیری از دو لنگه تشکیل شده است که به وسیله پین و جاپین بر روی همدیگر قرار می‌گیرند .

۳-۲) کوبه : وسیله ای است برای کوبیدن ماسه بر روی مدل، تا ماسه شکل مدل را به خود بگیرد .

۳-۳) پودر تالک (جدایش): که بین ماسه و مدل و یا بین ماسه دو درجه

می زنند که از چسبندگی ماسه به همدیگر یا به مدل جلوگیری کند .

۳-۴) ابزار قاشقی و پاشنه : ابزاری است که به وسیله آن تعمیرات قالب را انجام

می دهیم و کانالهای اصلی و فرعی راهگاه را در ماسه ایجاد می کنیم .

۳-۵) قلم مو و آب : که برای خیس و مرطوب کردن ماسه اطراف مدل بکار

می روند و از خراب شدن ماسه توسط مدل ، جلوگیری می کنند .

#### ۴- کوره ها و وسایل تهیه مذاب :

در کارگاه ریخته گری دو کوره وجود دارد : کوره زمینی یا بوتله ای و کوره شعله

ای یا دوار

کوره زمینی بیشتر برای ذوب آلیاژهای آهنی مثل چدن و آلیاژهای غیر آهنی مثل

آلومینیوم ، مس ، برنج ، و ..... بکار می رود . بدین ترتیب که بوتله را مثلاً از

آلومینیوم پر کرده و داخل کوره قرار می دهیم و پس از ذوب شدن بوتله را به

وسیله طوقچه یا انبر بیرون می آوریم و داخل کمچه قرار داده و دو نفر این طرف

و آن طرف کمچه را گرفته و آماده مذاب ریزی داخل قالب می شوند . سوخت

این کوره از گازوئیل است که به وسیله هوای که از دم و یا بازدم برقی به همراه

سخت داخل کوره می شود ، گازوئیل را پودر کرده و باعث می شود که راندمان حرارتی کوره بالا رود .

کوره شعله ای یا دوار تشکیل شده است از بدنه ، شاسی ، موتور جهت گرداندن کوره و شعله گیر . این کوره بیشتر برای ذوب چدن بکار می رود . بدین ترتیب که چدن‌ها داخل محفظه کوره دوار قرار داده و طی تماس شعله با چدن‌ها ، آنها را ذوب می کند . در همین حین کوره به وسیله موتور و چدن‌هایی که در زیر کوره قرار دارد می چرخد و شعله گیر هم جلوی اتلاف حرارت شعله را گرفته و هوای گرم را به طرف بادزن برقی هدایت می کند تا به وسیله هوای گرم راندمان حرارتی کوره بالا رود . بوسیله چرخاندن کوره و قرار دادن بوت‌ه در زیر کوره مذاب چدن را از داخل کوره به قالب‌ها انتقال می دهیم .

### مجتمع آزمایشگاهی و آزمایشگاههای گروه مواد

در این آزمایشگاهها در مورد قطعات و کلاً موادی که در ریخته گری استفاده می شوند ، آزمایشها و تجزیه و تحلیل هایی صورت می گیرد این آزمایشها به صورت زیر می باشد :

- ۱- آزمایشگاه مصالح قالبگیری : در این آزمایشگاه در مورد موادی که با آن قالبگیری انجام می گیرد ، تحقیق و مطالعه و آزمایش صورت می گیرد این مواد



می تواند ماسه ، چسب ، آب ، خاک اره ، پودر گرافیت و اثر و درصد هر کدام در مواد قالبگیری باشد . این آزمایشگاه از تجهیزاتی مثل کوبه ، خشک کن ، ترازو ، دستگاه کشش و فشار و ... برخوردار است .

۲- آزمایشگاه خواص مکانیکی : در این آزمایشگاه قطعات ریخته گری شده را مورد آزمایشهای گوناگونی قرار می دهند تا از خواص مکانیکی آنها اطلاعاتی بدست آورند . این خواص مانند کشش ، فشار ، ضربه ، خمش ، پیچش و ... می باشد که هر کدام از این خواص بر روی دستگاههایی به همین نام مورد آزمایش قرار می گیرند .

۳- آزمایشگاه متالوگرافی : در این آزمایشگاه متالوگرافی قطعات آهنی و غیر آهنی را ابتدا سنگ می زنند و بعد با سمباده های زبر و نرم آنها را سمباده کاری می کنند . و در مراحل آخر پولیش واچ می کنند . اچ کردن به معنی قرار دادن قطعه داخل یک اسید خورنده مثل هیدروکلریدریک یا اسید نیتریک است تا سطح قطعه کاملاً زیر میکروسکوپ پیدا باشد . پس از این مراحل قطعات را زیر میکروسکوپ قرار می دهند و سطح آن را مورد مطالعه و تحقیق قرار می دهند . در مواردی از سطح آن قطعات توسط میکروسکوپ عکسبرداری می کنند . چند

عدد دستگاه سمباده ، تعدادی میکروسکوپ ، دستگاه پولیش و اسیدهای گوناگون  
از تجهیزات این آزمایشگاه به شمار می رود .

۴- آزمایشگاه عملیات حرارتی : این آزمایشگاه اثر حرارت بر روی قطعات  
مختلف را بررسی می کند . بدین ترتیب که قطعات را در کوره های برقی قرار  
داده و سپس در آب یا روغن یا در هوا خنک می کنند و آنها را در آزمایشگاه  
متالوگرافی برده و سطح آنها را زیر میکروسکوپ می بینند تا تغییرات حاصل شده  
را متوجه شوند .

#### قالبگیری مدل های یک تکه و ساده :

ابتدا درجه ای متناسب با مدل برداشته و صفحه زیر درجه را روی میز قرار  
می دهیم . برای قالبگیری باید ابتدا درجه زیری را به صورت برعکس بر روی  
صفحه زیر درجه قرار دهیم . مدل را درون درجه قرار می دهیم . اما چگونگی  
قرار دادن مدل در داخل درجه خیلی مهم است . برای این کار می توانیم از دو  
راه استفاده کنیم . یکی اینکه به شیب مدل نگاه کنیم . در اینصورت باید مدل را  
طوری در درجه قرار دهیم که هنگامی که می خواهیم مدل را از ماسه بیرون  
بیاوریم ، هر چه مدل بالاتر می آید ، شیب به طرف داخل باشد و ضای آزاد بین

ماسه و مدل بیشتر شود . در غیر این صورت مدل به هنگام خروج از ماسه ، قالب را خراب می کند .

راه دوم تشخیص چگونگی قرار دادن مدل در داخل درجه این است که مدل را طوری قرار دهیم که هنگامی که درجه زیری را در حالت عادی قرار می دهیم (۱۸۰ درجه می چرخانیم) سوراخ مدل به طرف بالا باشد تا بتوانیم به وسیله میخ که در داخل سوراخ قرار می گیرد ، مدل را از ماسه خارج کنیم . هنگامی که مدل را در درجه زیری قرار دادیم ، پودر تالک روی مدل می پاشیم و بعد از آن ماسه الک شده را روی آن ریخته و می کوبیم . پس از یک مرحله کوبیدن دوباره ماسه ریخته و می کوبیم و برای بار سوم طوری ماسه می ریزیم ، که از سطح درجه بالاتر رود . سپس به وسیله خط کش ماسه اضافه را از روی درجه برمی داریم و درجه زیری را به همراه زیر درجه به حالت عادی برمی گردانیم . بعد از اینکه درجه زیری کامل شد ، درجه رویی را روی آن قرار داده ، از یک چوب مخروطی به عنوان راهگاه استفاده می کنیم و سپس دوباره پودر تالک می زنیم تا ماسه دو درجه به هم نچسبد و مانند درجه زیری ماسه ریخته و می کوبیم . پس از اینکه هر دو درجه کامل شد ، چوبی را که به عنوان راهگاه گذاشته بودیم ، در می آوریم و یک حوضچه قیفی شکل و یا گلابی شکل روی سر درجه بالایی بر

روی ماسه ایجاد می کنیم درجه ها را از همدیگر جدا کرده و اطراف مدل را به وسیله قلم و آب می زنیم . مدل را لقمی کنیم و سپس به وسیله یک عدد میخ که آن را در داخل سوراخ مدل قرار می دهیم مدل را از ماسه خارج می کنیم . در درجه زیر حوضچه و کانال اصلی و کانالهای فرعی که تعداد آنها بستگی به اندازه و حجم قطعه دارد ، درمی آوریم . با یک میله یا سیخ هواکش چند عدد سیخ هوا در درجه بالایی ، جهت خروج گازها و بخارات آب می زنیم . بدین ترتیب که سیخ هوا را از این طرف قالب وارد ماسه ها کرده و از طرف دیگر ماسه ها در می آوریم تا یک سوراخ سرتاسری ایجاد شود . این عمل را در چند جای قالب تکرار می کنیم و سپس قالب و راهگاه را با شعله خشک می کنیم . در اینجا سوالی که ممکن است برای هر فرد پیش بیاید این است که دلیل خشک کردن قالب چیست ؟

به خاطر اینکه ماسه خیس است و مذاب داغ را می خواهیم داخل قالب بریزیم ، لذا امکان پاشیدن مذاب به اطراف وجود دارد . برای همین باید قالب را خشک کنم . خشک کردن با شعله به خشک کردن سطحی موسوم است زیرا ما فقط سطح قالب (تا ارتفاع ۲-۳ سانتیمتری) را خشک می کنیم و بقیه جاهایی را که با مذاب در تماس نیست ، خیس است مذاب را آماده می کنم و بدون قالب



می ریزیم و پس از گذشت مدت زمان کافی قطعه را از داخل ماسه خارج می کنیم و اگر سالم باشد آن را سوهانکاری و سمباده کاری می کنیم . اما اگر قطعه معیوب باشد (دارای مک یا کشیدگی باشد یا مذاب به تمام قسمتهای آن نرسیده باشد) از آن به عنوان قراضه استفاده می شود و هر ذوب مجدد به کار گرفته می شود .

#### - قالبگیری مدل های دو تکه با ماهیچه متحرک

این نوع قالبگیری همانند قالبگیری مدل های یک تکه می باشد ولی با این تفاوت که در اینجا مدل دارای دو تکه است و برای ایجاد حفره یا شیار باید به صورت دستی و با همان ماسه قالبگیری ، ماهیچه بسازیم . ماهیچه سازی در این نوع قالبگیری بدین صورت است که باید جاهایی را که حفره یا شیار دارد از ماسه خالی کنیم و شیب دهیم . سپس مدل رویی را روی مدل زیری قرار داده و ماهیچه را به صورت شیب دار و با دست ، طوری که از ماسه قالبگیری جدا باشد (یعنی بین ماسه ماهیچه و ماسه قالبگیری پودر جدایش بریزیم) می سازیم . به دلیل اینکه ماهیچه قابلیت تحرک و جابه جایی را در هر دو لنگه درجه دارد به «ماهیچه متحرک» مشهور است . در ماهیچه سازی متحرک ، باید در داخل ماهیچه از قانجاق استفاده کنیم .



تعریف قانجاق : قانجاق عبارتست از میله مسی که به شکل ماهیچه ساخته می شود و در وسط آن قرار دارد و لاعت استحکام ماهیچه می شود ، تا هنگام جابه جا کردن ماهیچه نشکند .

### قالبگیری زمینی

قالبگیری زمینی همانطور که از اسمش پیداست بر روی زمین صورت می گیرد و برای تولید قطعات بزرگی است که قالبگیری آنها در درجه های کوچک امکان پذیر نیست . در این نوع قالبگیری ممکن است زمین به عنوان درجه زیری باشد و درجه رویی بر روی زمین قرار گیرد . یا ممکن است با استفاده از دو لنگه درجه بزرگ قالبگیری صورت گیرد . اما در این کارگاه به دلیل کمبود درجه مجبور هستیم از زمین به عنوان یک لنگه درجه استفاده کنیم . ماسه خشک را با کمی بتونیت و آب مخلوط می کنیم و به وسیله الک آن را الک می کنیم تا دانه های درشت و کلوخه های آن گرفته شود . پس از الک کردن ماسه را بر روی زمین به اندازه یک درجه پهن کرده و می کوئیم و سپس صاف می کنیم . در اینجا باید ماسه زیر را تراز کنیم تا سطح کاملاً صاف و یکنواختی داشته باشد . سپس مدل را که می تواند یک پروانه بزرگ یا یک درجه کوچک باشد را روی ماسه قرار می دهیم . در زیر مدل و کناره های آن از پودر تا لک استفاده می کنیم . بعد

درجه بالایی را روی مدل قرار می دهیم و ان را از ماسه پر می کنیم و می کویم . از یک چوب متوسط برای راهگاه و از یک چوب بزرگ به عنوان تغذیه استفاده می کنیم . پس از آنکه قالبگیری تمام شد چهار عدد میخ در چهار گوشه درجه بالایی به عنوان راهنما قرار می دهیم تا موقعی که دوباره خواستیم درجه بالایی را از زمین جدا می کنیم . پس از همه این کارها نوبت به درآوردن مدل از داخل ماسه می شود . برای این کار باید ابتدا جاهایی از مدل را که با ماسه در تماس است و ممکن است موقع درآوردن مدل ، از جایش بلند شود ، آب می زنیم و سپس مدل را لقمی کنیم تا کاملاً مدل در جای خودش حالت بازی داشته باشد . مدل را در می آوریم و به طراحی حوضچه پای راهگاه و کانال اصلی و فرعی می پردازیم . قالب را به وسیله مشعلی که به سیلندر گاز وصل است ، خشک می کنیم و مذاب را که از قبل آماده کرده ایم بوسیله بوتله داخل قالب می ریزیم . بعد از اتمام مذاب ریزی حدوداً ۲۰ تا ۳۰ دقیقه طول می کشد تا قطعه سرد شود . قطعه را از داخل ماسه در می آوریم . راهگاه و تغذیه آن را می بریم و ماسه اضافه آن را به وسیله کاردک و برس سیمی تمیز می کنیم . بعد به کمک سوهان اضافات قطعه را می سائیم و بدین ترتیب توانسته ایم یک پروانه بزرگ تولید کنیم .

از مزایای قالبگیری زمینی می توان قابلیت تولید بزرگ با حجم زیاد را نام برد و از معایب آن مشکل بودن این نوع قالبگیری و داشتن وسایلی مانند جرثقیل برای بلند کردن درجه است که در همه کارگاهها یافت نمی شود .

### قالبگیری CO<sub>2</sub> (دی اکسید کربن)

مقداری ماسه CO<sub>2</sub> را برداشته و الک می کنیم و آن را به مقدار ۵ تا ۶ درصد با چسب سیلیکات سدیم (آب شیشه) مخلوط می کنیم تا ماسه حالت ترشوندگی به خود بگیرد . سپس مانند قالبگیری معمولی آن را بر روی مدل ریخته و با کوبه می کوبیم . مدل در این نوع قالبگیری به صورت صفحه ای می باشد . به مقدار ۵ تا ۶ سانتیمتر بر روی مدل را ماسه CO<sub>2</sub> می ریزیم و با کوبه می کوبیم و بعد بقیه فضای خالی درجه را از ماسه معمولی قالبگیری پر می کنیم . پس از آنکه کار قالبگیری یک درجه تمام شد بوسیله چند ضربه به درجه مدل را لق می کنیم واز بالا با سیخ هواکش چند سیخ بر روی ماسه می زنیم تا به مدل برسد . پس از آن از گاز CO<sub>2</sub> استفاده می کنیم و بوسیله کپسول و تفنگی ان گاز CO<sub>2</sub> را به آن می دهیم . در اثر واکنش گاز CO<sub>2</sub> با چسب آب شیشه ماسه استحکام خوبی پیدا می کند . لنگه دوم درجه را نیز به همراه راهگاه بدین صورت قالبگیری کرده و با گاز محکم می کنیم . بعد از این مدل را از درجه جدا کرده و قالب را بدون

خشک کردن آماده مذاب ریزی می کنیم این نوع قالبگیری دارای مزایا و معایبی نیز هست که در زیر به آن اشاره می شود :

از مزایای این نوع قالبگیری می توان استحکام خوب و قدرت نفوذ گاز بالا و همچنین صافی سطح ریختگی اشاره کرد .

در قبال این مزایا دارای محدودیتهایی نیز هست که از آن جمله می توان قدرت فروپاشی کم و مشکل بودن تهیه چسب سیلیکات سدیم و همچنین جابه جا کردن کپسولهای بزرگ حاوی گاز دی اکسید کربن نام برد . از این نوع ماسه (ماسه CO2) برای ماهیچه سازی نیز استفاده می شود .

#### ماهیچه سازی

گاهی اوقات مجبوریم برای ایجاد حفره یا شیار یا سوراخ در یک قطعه تولید از دریل یا دستگاه تراشکاری استفاده کنیم . اما این وسایل هم دارای هزینه زیادی است و هم وقت زیادی را جهت انجام کار صرف می کند . بدین منظور از ماهیچه در قالبگیری استفاده می کنند ماهیچه یا به صورت ، ماهیچه سرخود در قالب جای می گیرد که از همان ماسه قالبگیری برای ماهیچه سازی استفاده می شود یا اینکه ماهیچه به روشهای دیگری ساخته شده و درون قالب جای می گیرد . توضیحات مربوط به ماهیچه سازی سرخود که از جنس مواد قالب



است در قبل آورده شده است اما ماهیچه سازی جداگانه به دو روش ساخته می شود. روش اول همان روش قالبگیری CO<sub>2</sub> است فقط در اینجا به جای قالبگیری و قالب، ماهیچه ساخته می شود. و اما روش دوم ماهیچه سازی با ماسه چراغی می باشد. ماسه چراغی یک نوع ماسه نرم و ریزدانه است که دارای رنگ زرد است و در مقابل آتش و حرارت واکنش نشان داده و محکم می شود. روش کار بدین ترتیب است که ابتدا قالبهایی که با نام جعبه ماهیچه مشهورند را برداشته و آنها را جفت می کنیم و با گیره دستی آنها را به همدیگر محکم می کنیم تا از جایشان تکان نخورند. سپس مشعل را به جعبه ماهیچه که از جنس چدن می باشد می گیریم تا ۲۵۰-۲۰۰ C گرم شود. سپس یک صفحه زیر سوراخ جعبه ماهیچه می گذاریم تا ماسه بیرون نریزد و از طرف دیگر ماسه چراغی را داخل جعبه ماهیچه می ریزیم بر اثر تماس ماسه چراغی با جعبه ماهیچه داغ، ماسه سخت و محکم می شود. بعد از این گیره دستی را باز می کنیم و به وسیله چند ضربه ماهیچه را از داخل جعبه ماهیچه در می آوریم و بدین ترتیب می توانیم ماهیچه سازی کنیم و درون قالب جای دهیم. از محدودیتهای این نوع ماهیچه سازی به خطرناک بودن آن و احتمال سوختگی ماهیچه ساز می توان اشاره کرد.



## تکثیر مدل و ساخت مدل صفحه‌ای

یکی دیگر از کارهایی که ما در طول دوران کارآموزی با آن آشنا شدیم و کار کردیم ساخت مدل صفحه‌ای و همچنین تکثیر مدلهایی که در کارگاه به تعداد کمی یافت می‌شد، بود. تکثیر مدل بدین صورت است که مدلهایی که تعداد آنها در کارگاه کم است قالبگیری می‌شود و سپس مذاب آلومینیوم در آن می‌ریزیم. در این نوع قالبگیری سعی بر آن است که تا حد ممکن قطعه‌ای سالم و بدون عیب تولید شود. پس از آنکه قطعه را از داخل قالب خارج کردیم و سرد شد جاهایی که مذاب به صورت پوسته نفوذ کرده است را سوهانکاری می‌کنیم سپس جاهایی که در قطعه کشیدگی (انقباض) ایجاد شده است را با بتونه پر می‌کنیم و سپس با سمباده های آلومینیومی ساب بتونه اضافی را از بین می‌بریم. پس از آنکه کار سمباده کاری و پرداخت مدل تمام شد، اگر مدل دو تکه است بر روی یک تکه آن پین و بر روی دیگری جاپین (سوراخ) ایجاد می‌کنیم. پس از همه این کارها که مدل آماده شد نوبت به رنگ کاری این مدلها می‌رسد. بدین صورت مدلهای یک تکه و ساده را رنگ زرد و مدلهای دو تکه و ماهیچه متحرک را رنگ سبز و مدلهای با سطح جدایش غیر یکنواخت را رنگ قرمز می‌زنیم.

مدل صفحه‌ای را بدین صورت می‌سازند که ابتدا یک مدل چوبی صفحه را قالبگیری و ریخته‌گری می‌کنند. سپس مدل‌هایی را که نیز قرار است بر روی این صفحه مونتاژ شوند را به همان روش ریخته‌گری و بتونه‌کاری می‌کنند. از یک تکه چوب و یک جسم مخروطی که آنها رانیز ریخته‌گری کرده‌اند. به عنوان حوضچه و کانالهای اصلی و فرعی استفاده می‌کنند. پس از ریخته‌گری همه این ریخته‌گری همه این قطعات نوبت به مونتاژ کردن آنها بر روی صفحه می‌رسد که آنها را به وسیله چسب آهن یا پیچ و پرچ بر روی دو طرف صفحه مونتاژ می‌کنند و بدین ترتیب می‌توان یک مدل صفحه‌ای را ساخت. بوسیله مدل صفحه قالبگیری خیلی راحت و سریعتر انجام می‌شود. مدل صفحه‌ای بین دو لنگه یک درجه قرار می‌گیرد. پس باید یک مدل صفحه‌ای، مخصوص یک درجه باشد. برای این کار صفحه آن را طبق اندازه یک درجه مورد نظر می‌سازند و سپس مدل صفحه‌ای و درجه را شماره‌گذاری کرده و آنها را رنگ زرد می‌کنند، از مدل صفحه‌ای بیشتر برای قالبگیری‌های دو تکه با ماسه CO2 استفاده می‌شود.

در طول دوران کارآموزی من در همه کلاسهای سرپرست شرکت کردم. در یکی از این جلسات سرپرست در مورد چدن‌ها توضیحاتی برای شاگردان گفتند که می‌توانستم نکات زیر را یادداشت کنم:

### چدن (CAST IRON)

خانواده‌ای از آلیاژهای آهنی هستند که درصد کربن موجود در آنها بیش از ۲٪ و سیلیم (SI) بیش از ۱ درصد می‌باشد. در واقع چدن یک نوع آلیاژ سه تایی SI - C - FE می‌باشد.

چه خواصی موجب برتری چدن نسبت به فلزات دیگر شده است؟

- ۱- ارزانی قیمت
- ۲- خواص مکانیکی ویژه (از جمله قابلیت جذب ارتعاش، مقاومت در برابر سایش و فشار، عدم حساسیت در برابر شیارهای سطحی)
- ۳- سادگی تهیه قطعات چدنی از طریق ریخته‌گری به دلیل:

الف) پائین بودن نقطه ذوب و سیاسیت بالا

ب) پائین بودن ضریب انقباض در هنگام استحاله مذاب جامد

عوامل موثر در تعیین خواص مکانیکی چدن‌ها نسبت به گرافیت:

گرافیت نوعی کربن کریستالیز شده است که به علت تغییر فرم پلاستیکی راحتی

که در گرافیت وجود دارد سختی بسیار کمی دارد

(۱) مقدار گرافیت : هر چه درصد ذرات گرافیت در زمینه زیادتر باشد استحکام چدن کمتر می باشد

(۲) شکل گرافیت : اشکال مختلفی از ذرات گرافیت در ریز ساختار دیده می شود که مهمترین آنها عبارتند از :

الف) گرافیت لایه ای در چدن خاکستری

ب) گرافیت تمبر شده در چدن ماسیبل

ج) گرافیت کروی در چدنهای داکتیل

د) گرافیت کرمی شکل در چدن با گرافیت فشرده

(۳) نحوه توزیع ذرات گرافیت : تاثیر زیادی بر روی خواص مکانیکی دارد مانند

ساختار گل رزی

(۴) اندازه ذرات گرافیت

کربن به دو صورت در ساختار دیده می شود : به صورت آزاد گرافیت و به

صورت ترکیبی  $FE_3C$  (سمانتیت)

برخی از مشخصه های سمانتیت :

(۱) وزن مخصوص نزدیک به آهن

(۲) فازی بسیار سخت و شکننده است

(۳) دارای هیچگونه تغییر آلوتروپی نیست و نقطه ذوب حدود C ۱۲۵۰ دارد .

کربن معادل : توسط این فاکتور اثر تمام فازهای موجود در چدن نسبت به اثر

کربن و عناصر مشابه سنجیده می شود . مجموعه این اثرات تشکیل عدد خاصی

به نام کربن معادل (CE) را می دهد .

$$CE = (\%C + \frac{1}{3} \%SI + \%P) - (\%S) - (\%AL) - (\%CU)$$

$$- (\%NI) - (\%CR) + (\%MN)$$

$$\Rightarrow CR < 1.0\% \text{ و } NI \text{ و } CU < 4\% \text{ و } AL < 2\% \text{ و } S < 1\% \text{ و } MN < 2.5\% \text{ اگر}$$

$$CE = \%C + \frac{1}{3} (SI + P\%)$$

**ذوب چدن:** ذوب چدن راحت و در کوره های معمولی مانند کوره های بوته

ای (گرافیتی) زمینی چدن را ذوب می کنند در حالی که فولاد را در کوره های

قوس ، القایی و زیمنس ذوب می کنند . کوره ای که مخصوص ذوب چدن است

و صرفه اقتصادی دارد ، کوپل می باشد که تا حدود ۱ تن در ساعت می تواند

ذوب بدهد . کوره هایی که برای ذوب چدن استفاده می شوند عبارتند از :



کوره کوپل ، القایی ، الکتریکی ، کوره گرم کن شعله ای و کوره زمینی

عوامل موثر در انتخاب کوره :

- ۱- میزان سرمایه گذاری
- ۲- اندازه و نوع قطعه ریختگی
- ۳- سرعت ذوب
- ۴- ظرفیت کوره
- ۵- میزان نیاز به کنترل مذاب

کنترل مذاب چدن (آزمایش کارگاهی) : تعیین میزان تمایل چدن به گرافیت زایی توسط آزمایش چیل (CHILL) مشخص می شود (گرافیت زایی چدن سفید) این کار توسط ریختن مذاب داخل قالبهایی به شکل مکعب مستطیل یا حفره ای شکل صورت می گیرد .

در این آزمایش هر چه عمق سرد شدن در نمونه بیشتر باشد تمایل چدن به گرافیت زایی کمتر است .

عمده ترین عواملی که روی سیالیت مذاب چدن اثر می گذارد :

- ۱- درجه حرارت مذاب

۲- ترکیب شیمیایی : هر چه ترکیب به ترکیب یوتکتیک نزدیکتر شود سیالیت

مذاب بالاتر می رود .

۳- ارائه این دو فاکتور بر روی سیالیت چدن خاکستری به صورت زیر ارائه شده است :

$$۱۵۵ - T + ۰۰۵ CE * ۱۴/۹ = \text{درجه سیالیت}$$

آزمایشهای آزمایشگاهی چدن :

۱- تعیین ترکیب شیمیایی چدن با استفاده از ابزاری نظیر کوانتومتر

۲- تعیین خواص مکانیکی چدن : کلیه خواص کششی ، فشاری ، ضربه و سختی و ...

۳- کنترل ریز ساختار (با متالوگرافی)

۴- تعیین میزان تخلخل چدن با کمک اشعه ایکس (راديوگرافي)

چدن خاکستری

(۱) کوره های ذوب : به علت پائین بودن نقطه ذوب عموماً می توان در هر کوره ای عملیات ذوب را انجام داد .

(۲) روشهای ریخته گری : عموماً گریز از مرکز ، افت فشار و ثقلی

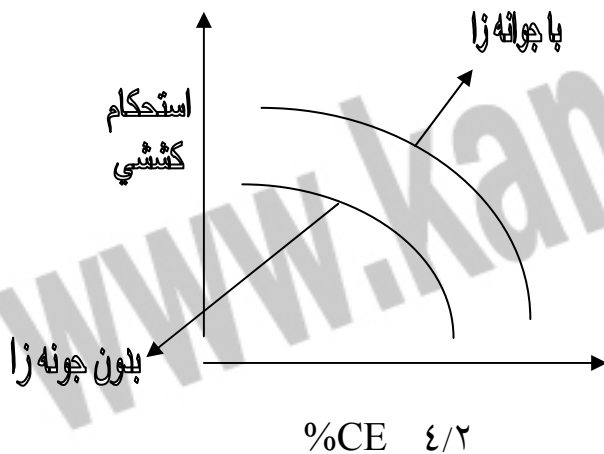
۳) روشهای قالبگیری : به استثنای روش قالبگیری با گچ سایر روشها به کار گرفته می شود .

### خواص مهندسی چدن خاکستری

اصولاً ترکیب شیمیایی ، سرعت سرد شدن و نوع عملیات حرارتی روی ریز ساختار و نتیجتاً روی خواص مکانیکی اثر می گذارد

۱- اثر ترکیب شیمیایی : مهمترین اثر خواص مکانیکی مربوط به کربن و سیلیسیم موجود در آن می باشد .

با استفاده از نمودار روبه‌رو با افزوده شدن درصد کربن معادل ، خواص مکانیکی کاهش می یابد .

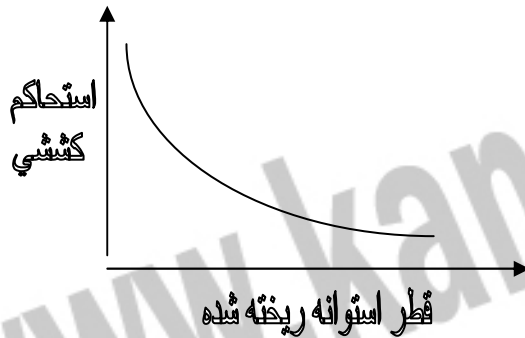


۲- اثر سرعت تبرید : افزایش سرعت تبرید موجب افزایش استحکام کششی

چدن می گردد . علت این موضوع ریز شدن لایه های گرافیت و تیغه های پرلیتی در ساختار بر اثر سرعت سرد شدن بالا می باشد .

براساس این موضوع نمودار روبه‌رو استحکام کششی را نسبت به قطر استوانه

ریخته شده نمایش می‌دهد .



۳- خاصیت جذب ارتعاش : خاصیت جذب ارتعاش (ضریب خفه کنندگی)

عبارتست از خاصیتی که براساس آن یک ماده تنشهای ارتعاشی را به تدریج در خود جذب می‌کند . عواملی همچون افزایش کربن معادل باعث جذب ارتعاش زیادتر می‌شود . خاصیت جذب ارتعاش با استحکام رابطه معکوس دارد .

چدن نشکن (چدن با گرافیت کروی) :

مزایای این نوع چدن عبارتست از :

۱- این چدن دارای مزایای چدن خاکستری بنابراین قابلیت ریخته‌گری

قطعات با اشکال پیچیده را دارد .

۲- این چدن دارای مزایای مهندسی بالا است . استحکام مکانیکی بالا ، قابلیت

تغییر شکل بالا و مدول الاستیسیته بالا

۳- چدن نشکن قابلیت نورد، آهنگری، عملیات حرارتی را دارا می باشد.

استحکام کششی این چدن‌ها  $g/mm$  ۴۰ است

۴- مثل چدن‌های خاکستری خواص آنها تابع توزیع، اندازه و شکل و ...

گرافیتها می باشد (اما نه بشدت چدن‌های خاکستری)

۵- استحکام بین ۱۵۰-۶۰ KPSI را دارا هستند و ۱-۲۵% IEL

در ساخت قطعات ماشین آلات موتور کششی، موتور تجهیزات کشاورزی،

محورهای انتقال قدرت، میل لنگ، دیسک کلاچ، پمپ کمپرسی و ... استفاده

می شود.

انجماد این چدن‌ها در تحت انجماد بیشتری صورت می گیرد یعنی  $F 120$  اما

چدن خاکستری در  $F 60$

مراحل تولید چدن با گرافیت کروی:

۱- انتخاب شارژ فلزی و ذوب آن

۲- عملیات گوگردزدایی (زیرا گوگرد یکی از عناصری است که از تشکیل

گرافیت کروی جلوگیری می کند)

۳- عملیات کرو کردن

۴- جوانه زنی مذاب



روشهای افزودن فروسیلسیم منیزیم (۲/۵٪ وزنی مذاب) به مذاب چدن نشکن :

منیزیم (MG) به علت دارا بودن وزن مخصوص کم در سطح مذاب چدن قرار خواهد گرفت. همینطور نقطه جوش آن C ۱۱۰۰ است که به خاطر اختلاف دما با مذاب چدن به بخار تبدیل می شود. همچنین میل ترکیبی زیادی با عوامل محیطی دارد. به همین دلیل باید با استفاده از روشهای زیر فرو سیلسیم منیزیم را به مذاب اضافه کرد :

۱- روش فروری : در این روش مواد حاوی منیزیم را داخل یک قوطی سوراخدار ریخته و آن را داخل مذاب فرو می برند بدین ترتیب می توان منیزیم را به مذاب اضافه کرد. این روش بازایی حدود ۶۵٪ دارد.

۲- روش ساندویچی : براساس همین روش در کف پاتیل پله ای ایجاد می کنند و مواد منیزیم دار را داخل قسمت پائین پله قرار می دهند و روی آن را به وسیله یک ورق فلزی می پوشانند. بدین ترتیب منیزیم را به مذاب اضافه می کنند این روش بازایی حدود ۸۰٪ دارد.

۳- روش روریزی : یکی دیگر از روشهای اضافه کردن منیزیم به مذاب چدن روش روریزی است. بدین صورت که منیزیم را روی سطح مذاب می پاشیم و بلافاصله روی آن را کاورال (که نقش پوشش دارد) می ریزیم تا از بخار شدن

منیزیم جلوگیری کند . این روش بازیابی حدود ۲۰٪ را دارد . به همین دلیل

کمتر از آن استفاده می شود

۴- اضافه کردن منیزیم در سیستم راهگامی : در این روش مواد حاوی منیزیم

را در یک قسمت از سیستم راهگامی گذاشته تا پس از ورود مذاب با هم ترکیب

شوند و به داخل قالب راه پیدا کنند . این روش بازیابی حدود ۹۵٪ را دارد و

بهترین روش محسوب می شود .