

گزارش عملیاتی از
ریخته گری چدن داکتیل
به روش ساندویچی

**Progresses of Ductile Cast iron with
sandwich manner**

فهرست

✱، راهگاه گذاری

سرعت پر شدن قالب

سرباره گیری در سیستم های راهگاهی فشاری

سرباره گیری در سیستم های راهگاهی غیر فشاری

سرباره گیری در سیستم های راهگاهی برای قالب های با سطح

مدرایش عمودی

طراحی پاتیل

تغذیه گذاری

عیوب ناشی از انقباض اولیه (مذاب) و ثانویه (جامد)

طراحی تغذیه با استفاده کامل از انبساط

طراحی کردن تغذیه

طراحی اندازه تغذیه

تعداد و محل تغذیه

خطاها در تغذیه گذاری و اقدامات تصحیح کننده

طراحی قطعه بدون تغذیه

شرایط لازم برای عدم تغذیه گذاری

شرایط لازم برای تغذیه گذاری به همراه سیستم راهگاهی

مبرد گذاری

طراحی سیستم راهگای تغذیه گذاری برای چدن داکتیل

راهگاه گذاری

دو هدف اصلی از تعبیه سیستم راهگای این است که اولاً شرایط لازم برای ورود مذاب به داخل محفظه قالب فراهم آید و ثالثاً زورودسرباره به داخل محفظه قالب جلوگیری شود. برقی از مواقع سیستم راهگای به عنوان تغذیه هم عمل می کند.

در مورد هدف اول یعنی وارد شدن مذاب به محفظه قالب، لازم است گفته شود که اگر چنانچه کانال و راه عبور کافی برای خروج هوا و گازها فقط از طریق مفرده ها و مانافذ دیواره قالب میسر خواهد بود که در این صورت این امر سبب کاهش سرعت پر شدن قالب و حتی گاهی سبب عدم پر شدن کامل محفظه قالب از مذاب می شود. به همین دلیل برای کلیه قالب هایی که دارای تغذیه های بازیا روی نیستند، لازم است هواکش یا کانال های باریکی که توسط سیخک در درجه بالایی ایجاد می شود به سطح بالایی قالب راه یابد. البته چنین هواکش گذاری در سیستم های قالبگیری اتوماتیک با سرعت بسیار بالا، دشوار (و در برخی موارد غیر ممکن است، لذا در این موارد باید از هواکش هایی که در سطح جدایش ایجاد می گردند، استفاده نمود.

سرباره ممکن است در درون پاتیل به وجود آید یا به واسطه اکسیداسیون سطحی مذاب ایجاد شود. اگر سرباره به واسطه اکسیداسیون سطحی مذاب چدن داکتیل در درون محفظه قالب پدید آید، در این صورت سیستم راهگای بی ثمر خواهد بود. محل قرار گرفتن راهگاه های فرعی از اهمیت برخوردار است و بخصوص برای کامل پر شدن قالب می توان از اتصال راهگاه های فرعی به ته قطعه یا به عبارت دیگر از سیستم راهگاری زیرین استفاده نمود. تعبیه سیستم راهگای زیرین و اتصال راهگاه فرعی به ته قطعه در هر جایی که امکان پذیر است باید صورت گیرد. معمولاً در مورد قالب هایی که محفظه هم در درجه بالایی و هم در درجه پایینی قرار دارد، راهگاه های فرعی باید در سطح جدایش به محفظه متصل شوند و در این صورت لازم است این عمل چنان صورت گیرد که پر شدن درجه پایینی با حداقل تلاطم صورت گیرد.

باید توجه شود که انتخاب سیستم راهگای براساس اقتصادی بودن تولید به طوریکه تعادلی ما بین راندمان تولید و کیفیت قطعات برقرار باشد، انجام می شود.

سرعت پر شدن قالب

سرعت پر شدن قالب توسط چهار عامل متخیر تعیین می شود:

۱- فاصله عمودی مابین موضیچه ذوب ریزی تا گلوگاه (تنگه) که به آن ارتفاع راهگاه بار ریز نیز گفته می شود.

۲- محل قرار گرفتن محفظه قالب نسبت به گلوگاه (تنگه)

۳- مقدار مسامت سطح مقطع گلوگاه

۴- اتلاف ناشی از اصطکاک

تا زمانی که سطح مذاب در محفظه قالب پایین تر از گلوگاه باشد فقط عوامل اول و چهارم بر روی سرعت جریان یافتن مذاب از میان گلوگاه اثر می گذارند. میزان این تاثیر را می توان چنین بیان کرد:

$$V = C - \sqrt{2G} - \sqrt{H}$$

که در رابطه فوق:

V: سرعت جریان مذاب از گلوله بر حسب اینچ بر ثانیه

C: ضریب اتلاف ناشی از اصطکاک

G: شتاب ثقل

مقدار ۲ G با دقت کافی برابر ۲۸ اینچ مربع بر ثانیه است.

H: ارتفاع راهگاه بار ریز بر حسب اینچ است.

واضح است که سرعت جریان یافتن مذاب از میان گلوگاه به ارتفاع راهگاه بارریز هم به نوبه خود متناسب با ارتفاع قطعه است.

به محض اینکه سطح چدن مذاب در محفظه قالب برابر با سطح گلوگاه یا بالاتر از آن شود، سرعت کاهش می یابد زیرا به واسطه فاصله عمودی مابین سطح گلوگاه و سطح مذاب در محفظه قالب، یک فشار برگشتی ایجاد می شود. پس از این حالت سرعت و میزان پر شدن قالب تابعی از زمان خواهد بود. معادله ای که سرعت پر شدن قالب را در هر شرایطی تعیین می نماید هم پیچیده است و هم از نظر عملی نیز مورد توجه ریخته گران نیست. زمان پر شدن کامل قالب را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

که در رابطه فوق:

$$T = \frac{1}{F.C.\sqrt{2}G} \left(\frac{V_a}{\sqrt{H}} + \frac{V_c}{\sqrt{H}} \right)$$

T زمان پر شدن کامل قالب (ثانیه)

F مقدار مساحت سطح مقطع گلوگاه (اینچ مربع)

Vd حجم قسمتی از محفظه قالب که در درجه پایینی قرار گرفته است (اینچ مکعب)

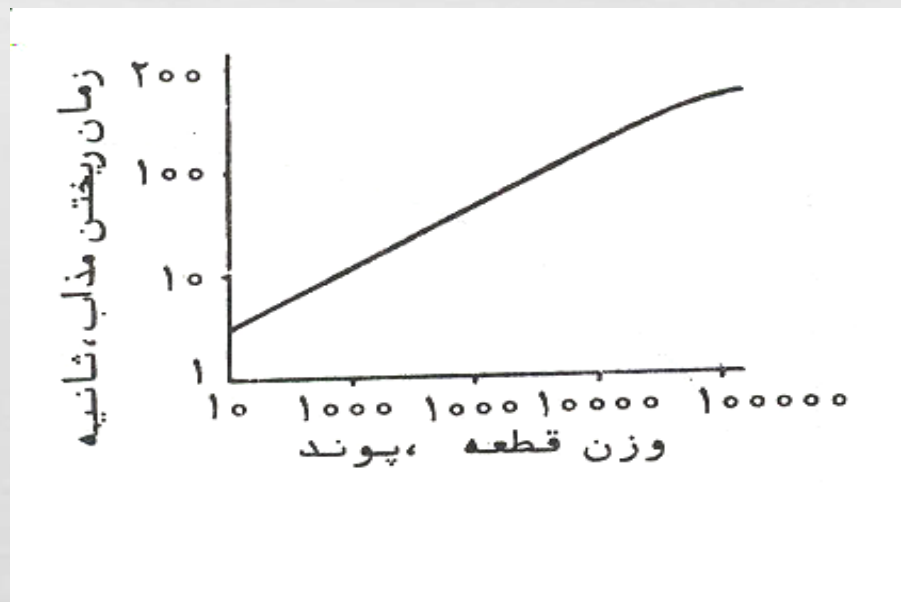
Vc حجم قسمتی از محفظه قالب که در درجه بالایی قرار گرفته است (اینچ مکعب)

B فاصله عمودی بین سطح گلوگاه تا بالاترین نقطه قطعه (اینچ)

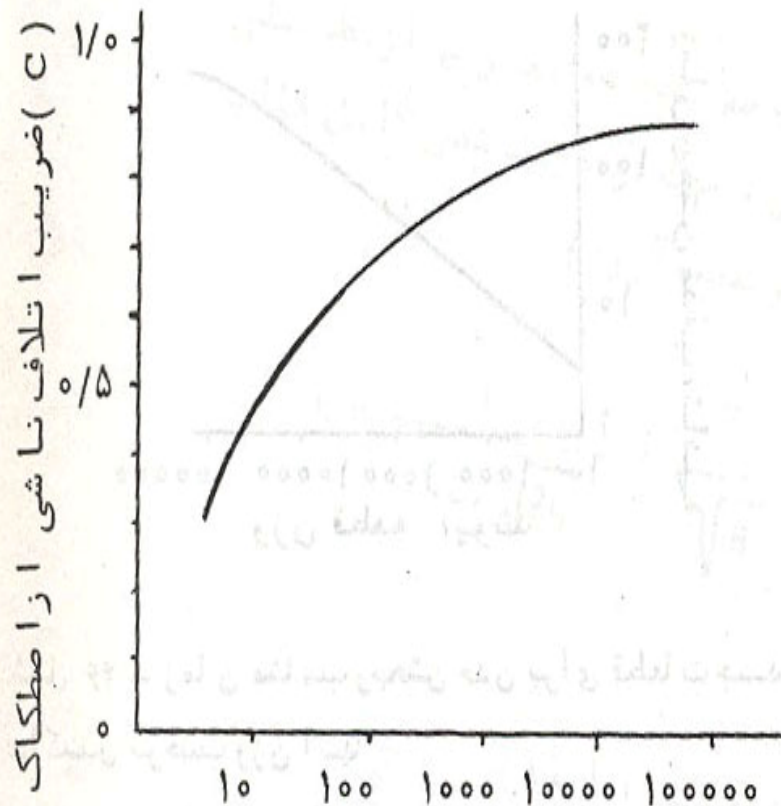
از همه عوامل فوق که در معادله اثر می گذارند فقط سطح مقطع گلوگاه است که توسط ریخته گرا انتخاب می شود و تنها عاملی است که ریخته گر می تواند مقدار آن را انتخاب و تعیین کند هر چقدر گلوگاه بزرگتر باشد، زمان ریختن مذاب کوتاه تر خواهد بود.

برای چدن داکتیل لازم است که ریخته گری نسبتاً سریع انجام شود زیرا ریخته گری سریع، اتلاف حرارتی، و اکسید اسیون سطحی را به حداقل می رساند. در تولید با حجم زیاد نیز افزایش سرعت ریخته گری باعث می شود که تولید اقتصادی تر مقرون به صرفه باشد.

شکل ۴۶ زمان مناسب ریختن چدن را ارائه می نماید:



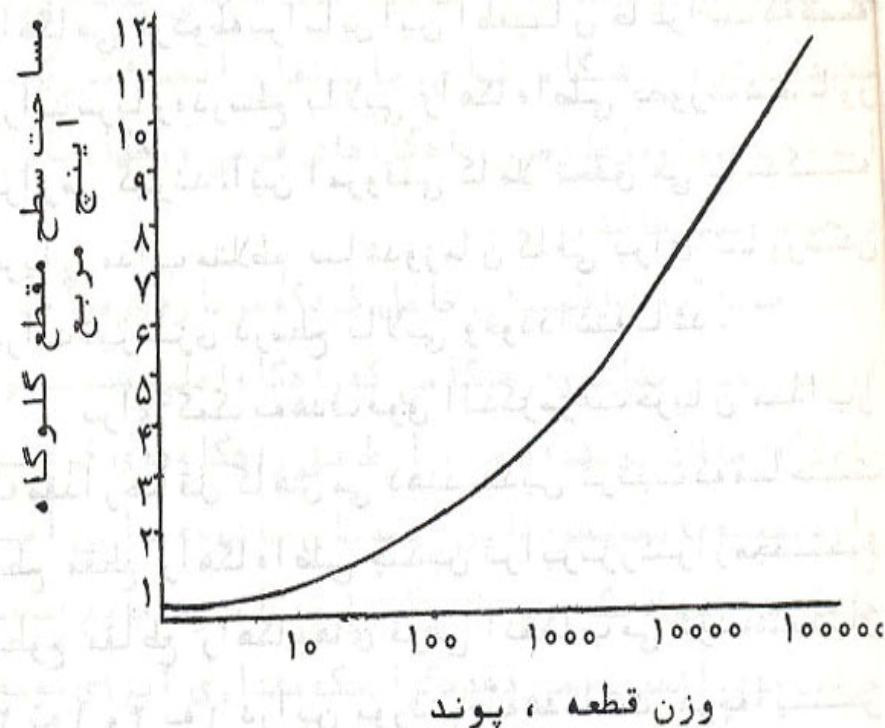
برای محاسبه و تعیین سطح مقطع گلوگاه از معادله قبلی، پس از اینکه زمان ریختن و پرشدن قالب، سطح جدایش و ارتفاع راهگاه با ریز معین شد فقط تخمین مقدار ضریب اتلاف ناشی از اصطکاک باقی می ماند. تعیین مقدار ضریب اتلاف ناشی از اصطکاک اغلب دشوار است زیرا مقدار آن از ۱۰٪ الی ۲۰٪ برای قطعات جداره نازک تا ۷۰٪ الی ۸۰٪ برای قطعات فیلی بزرگ تغییر می کند. البته مقدار C به تعدادی عوامل دیگر مثل ناهمواری و زبری سطح قالب، درجه حرارت ریخته گری، شکل هندسی سیستم راهگاهی و سرعت جریان یافتن مذاب بستگی دارد. از منحنی شکل ۴۷ می توان تنها به منظور تخمین مقدار C استفاده نمود.



وزن قطعه، پوند

شکل ۴۷- مقدار تخمینی ضریب اتلاف ناشی از اصطکاک

بر حسب وزن قطعه



شکل ۴۸- مقدار توصیه شده برای سطح مقطع گلوگاه بر

حسب وزن قطعه ریختگی چدن داکتیل

رسیدن مقداری سرباره به انتهای پائینی راهگاه بار ریز و وارد شدن آنها به داخل راهگاه اصلی نه فقط محتمل است بلکه قطعاً صورت می گیرد. این مسئله بخصوص در هنگام شروع ریخته گری اتفاق می افتد. سرباره ای که به صورت محلق درون مذاب است و یا در سطح مذاب شناور است، همراه با مذاب چدن به داخل سیستم راهگاهی وارد می شود. چگونگی حرکت و جابجایی سرباره کاملاً به طراحی راهگاه اصلی بستگی دارد زیرا راهگاه اصلی تنها بخش از سیستم راهگاهی است که قادر است سرباره را محبوس کرده آن را گیر بیندازد و از ورود آن به داخل محفظه قالب جلوگیری کند.

مکانیزم سرباره گیری و اصول طراحی سیستم راهگاهی مربوطه براساس این اطمینان خاطر است که همه ذرات سرباره در سطح بالایی راهگاه اصلی به صورت شناور قرار می گیرند. این امر وقتی کاملاً تحقق می یابد که جریان مذاب متلاطم نباشد و زمان کافی برای شناور شدن ذرات غیر فلزی در سطح بالایی وجود داشته باشد.

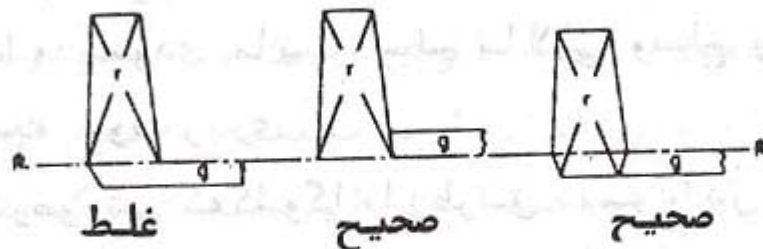
برای کمک به هدف فوق الذکر سرعت جریان مذاب را به مقدار و حداقل کاهش می دهند. بدین ترتیب که مسامت سطح مقطع راهگاه اصلی چندین برابر بزرگتر از مجموع سطوح مقاطع راهگاه های فرعی انتخاب می شود. نسبت های ۲ به ۱ و ۴ به ۱ در این مورد توصیه شده است. هر چه این نسبت بزرگتر باشد، فاصله بین راهگاه بار ریز و اولین راهگاه فرعی کمتر خواهد بود. حداقل فاصله به مقدار ارتفاع راهگاه بار ریز بستگی دارد و حداقل باید ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر)، حتی برای کوتاه ترین راهگاه بار ریز، باشد. وقتی ارتفاع راهگاه بار ریز ۱۰ اینچ (۲۵۰ میلیمتر) است، این فاصله حداقل ۶ اینچ (۱۵۰ میلیمتر) و هنگامی که ارتفاع راهگاه بار ریز برابر ۳۰ اینچ (۷۵۰ میلیمتر) است، این فاصله حداقل به مقدار ۱۰ اینچ (۲۵۰ میلیمتر) توصیه شده است. سطح مقطع راهگاه اصلی در تمام طول آن یا ثابت باقی می ماند و یا با دور شدن از راهگاه بار ریز با یک شیب یکنواخت کاهش می یابد. سرباره گیرها (موانعی که برای گیر انداختن سرباره تعبیه می شود) ناصافی، ناهمواری ها و امثال آنها، همگی باعث افزایش تلاطم مذاب می شوند و به جای کاهش خطر عیوب ناشی از سرباره، آن را افزایش می دهند. یک راهگاه اصلی تقسیم بهترین حالت را دارد. اگر به واسطه محدودیت فضا لازم است که راهگاه اصلی به صورت خمیده باشد، در هنگام طراحی باید شعاع انحنای بزرگی انتخاب شود و فاصله بین راهگاه های فرعی و راهگاه بار ریز در حد مناسبی باشد. ضمناً باید اطمینان حاصل کرد که سرباره در مراحل اولیه ریختن مذاب و در هنگامی که راهگاه اصلی هنوز کاملاً از مذاب پر نشده است، از طریق راهگاه های فرعی وارد محفظه قالب نشود.

این اطمینان با توجه به این امر حاصل می شود که یک جرم متحرک (چه با مدوچه مایع) مسیر حرکت خود را تغییر نمی دهد مگر اینکه مقداری انرژی توسط اعمال یک نیروی خارجی، صرف شده و این عمل را تحقق بخشد. تا وقتی که راهگاه اصلی به صورت مستقیم است، مذاب مسیر مستقیم را طی نموده و از کنار دهانه باز راهگاه های فرعی عبور می کند و وارد آنها نمی شود و فقط وقتی مسیر خود را تغییر داده و وارد راهگاه های فرعی می شود که یک نیروی خارجی برای این تغییر مسیر وجود داشته باشد. این نیروی خارجی به واسطه اختلاف ارتفاع مابین سطح مذاب و سطح فوقانی راهگاه های فرعی در هنگامی که جریان مذاب در انتهای راهگاه اصلی متوقف شده و سطح مذاب بالا می آید، ایجاد می شود. اگر راهگاه های فرعی در امتداد راهگاه اصلی نباشند و همچنین بین آخرین راهگاه فرعی و انتهای راهگاه اصلی یک فاصله منطقی وجود داشته باشد، ابتدا راهگاه اصلی به طور کامل یا تقریباً کامل از مذاب پر می شود و سپس جریان مذاب به راهگاه های فرعی وارد می شود. مذاب در آغاز وارد آخرین راهگاه فرعی می شود و سپس جریان مذاب به داخل سایر راهگاه های فرعی تا نزدیکترین آنها نسبت به راهگاه بار ریز ادامه یابد و سرباره اولیه شناور و در سطح فوقانی مذاب، نسبت به سطح بالایی راهگاه های فرعی در ارتفاع بالاتری قرار دارد.

برای کامل کردن کار، لازم است راهگاه اصلی پس از آخرین راهگاه فرعی بازهم امتداد داشته باشد و انتهای آن با یک دنباله پایانی یابد. فاصله انتهای راهگاه اصلی تا آخرین راهگاه فرعی می تواند به همان اندازه فاصله راهگاه بار ریز تا اولین راهگاه فرعی باشد. راهگاه اصلی بهتر است بلند و نازک باشد به طوریکه ارتفاع راهگاه اصلی تقریباً دو برابر ضخامت مقطع آن باشد. راهگاه های فرعی بهتر است نازک و با عرض زیاد باشند به طوری که عرض مقطع راهگاه تقریباً چهار برابر ارتفاع آن باشد حداقل ضخامت راهگاه فرعی به درجه حرارت ریختن بستگی دارد و اگر مذاب فیلی داغ باشد می تواند حتی تا حد ۱۶/۱ اینچ (۵/۱ میلیمتر) باشد. وقتی درجه حرارت مذاب در موقع ریخته گری ۱۳۱۵ درجه سانتیگراد یا کمتر از آن باشد ضخامت راهگاه فرعی باید ۱/۲ الی ۸/۵ اینچ (۵/۱۲ الی ۱۷ میلیمتر) باشد تا از انجماد و بسته شدن راهگاه فرعی جلوگیری شود.

وقتی که تمام راهگاه اصلی در درجه بالایی قرار دارد باید از انحنای ساختن وقوس دادن به کف راهگاه اصلی با شعاعی بیش از ۱۶/۱ اینچ (۵/۱ میلیمتر) اجتناب شود.

همانطور که در شکل ۴۹ نشان داده شده است، لازم است کف راهگاه اصلی و کف راهگاه فرعی در یک صفحه باشد. هرگز نباید راهگاه فرعی در امتداد در راهگاه اصلی باشد. برای اطمینان از اینکه راهگاه های فرعی به عنوان گلوگاه عمل می کنند، باید سطح مقطع راهگاه بار ریز بیشتر از مجموع سطوح مقاطع راهگاه های فرعی باشد. عمومی ترین نسبت مورد استفاده ما بین سطح مقطع راهگاه بار ریز و مجموع سطوح مقاطع راهگاه های فرعی ۴ به ۳ می باشد.



شکل ۴۹- اتمال راهگاه اصلی و فرعی بطریقه صحیح و غلط
در سیستم راهگاهی فشاری

سرباره گیری در سیستم های راهگاهی غیر فشاری

تازها محل صحیح قرار گرفتن گلوگاه در یک سیستم غیر فشاری آن است که گلوگاه در محل اتصال راهگاه بار ریز با راهگاه اصلی واقع شود. گلوگاه را می توان از طریق شیب دادن به راهگاه بار ریز ایجاد کرد و یا آن را در نزدیکی محل اتصال دو راهگاه و در راهگاه اصلی تعبیه نمود. در هر صورت نسبت حداقل ما بین سطح مقطع راهگاه بار ریز در محل اتصال با موضعه ذوب ریزی و سطح مقطع گلوگاه از این رابطه به دست می آید:

$$\frac{F}{F_1} = \sqrt{\frac{H}{h}}$$

F سطح مقطع راهگاه بار ریز در محل اتصال با موضعه ذوب ریزی (اینچ مربع)
 F_1 سطح مقطع گلوگاه

H فاصله عمودی بین سطح بالایی موضعه ذوب ریزی و گلوگاه (اینچ)

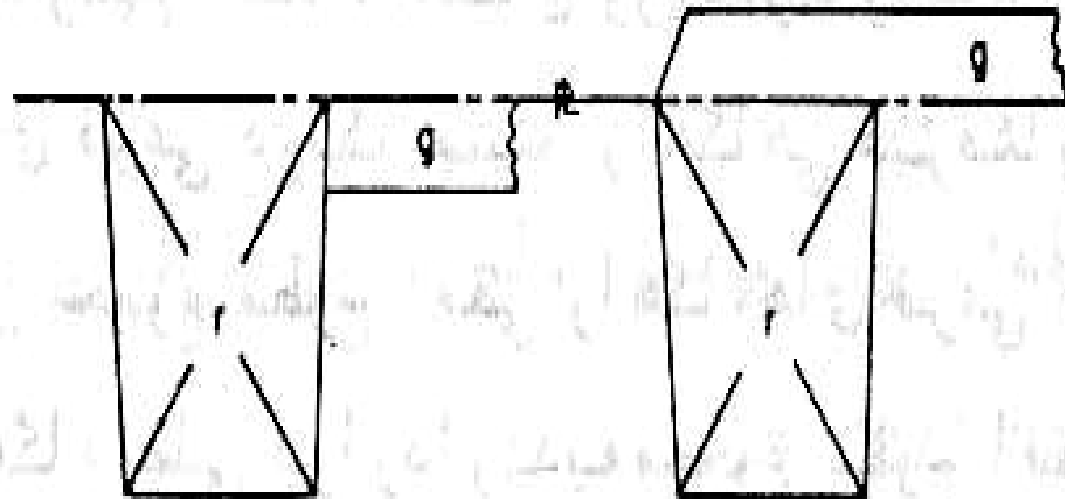
H فاصله عمودی ما بین سطح بالایی و سطح پایینی موضعه ذوب ریزی

در صورتی که گلوگاه از طریق شیب دادن به راهگاه بار ریز و یا تعبیه در راهگاه اصلی، ایجاد نشود، در نتیجه گلوگاه در بالای راهگاه بار ریز ایجاد می گردد که حاصل آن تلاطم شدید مذاب در تمام مدت ریخته گری یا در بخشی از آن خواهند بود. در سیستم های راهگاهی فشاری نیز استفاده از راهگاه بار ریز شیب دار ارجح تر است ولی از آنجا که در این روش کل سیستم پس از چند لحظه از مذاب پر می شود راهگاه بار ریز مستقیم و بدون شیب هم قابل قبول است.

راهگاه بارریز در سیستم راهگاهی غیر فشاری بسیار سریع پر از مذاب می شود و این امر اولین مرحله از تلاش سرباره گیری است. مرحله دوم، استفاده از یک راهگاه اصلی بزرگ با سطح مقطعی ۳ تا ۴ برابر سطح مقطع گلوگاه است. (اندازه مقطع راهگاه اصلی به فاصله اولین راهگاه فرعی تا راهگاه بارریز بستگی دارد، هر چه قدر طول راهگاه اصلی کوتاه تر باشد، سطح مقطع آن بزرگتر است). وجود راهگاه اصلی بزرگ از دو نظر سودمند است: اولاً وقتی راهگاه اصلی پر بار شد سرعت جریان مذاب آرام است که در نتیجه باعث شناور شدن سرباره در خلال ریخته گری می گردد و ثانیاً یک راهگاه اصلی عریض با ضخامت کم دارای سطح افقی زیادی خواهد بود که محل مناسبی برای جمع شدن سرباره است. عرض راهگاه اصلی باید تقریباً دو برابر ضخامت آن باشد. این موضوع در ابتدای شروع ریختن مذاب بسیار مهم است. احتمال ورود سرباره به داخل راهگاه های فرعی در یک سیستم راهگاهی غیر فشاری با نسبت بین مجموع سطوح افقی راهگاه های فرعی که در بالای راهگاه فرعی، متناسب است. این نسبت هرگز صفر نیست ولی می تواند به مقدار بسیار کم حتی تا یک درصد برسد.

فاصله لازم مابین راهگاه بارریز (یا گلوگاه) تا اولین راهگاه فرعی و نیز فاصله لازم ما بین آخرین راهگاه فرعی تا نقطه انتهایی راهگاه اصلی همانند سیستم راهگاهی فشاری است. مجموع سطوح مقاطع راهگاه های فرعی باید بیش از سطح مقطع گلوگاه باشد زیرا در غیر این صورت سیستم راهگاهی فشاری خواهد شد. مجموع سطوح مقاطع راهگاه های فرعی عموماً دو الی چهار برابر سطح مقطع گلوگاه انتخاب می شود معمولاً تا زمانی که ارتفاع مذاب در محفظه قالب به حد سطح بالایی راهگاه های فرعی نرسیده است، راهگاه های فرعی بزرگ به طور کامل از مذاب پر نمی شوند. این حالت باعث می شود که مذاب با سرعت آرام تری نسبت به سیستم راهگاهی فشاری وارد قالب شود.

بدیهی است راهگاه اصلی فقط هنگامی می تواند سرباره را حبس و نگه دارد که از مذاب کاملاً پر باشد و نیز واضح است که اگر راهگاه های فرعی در بالای سطح فوقانی آن نباشند، راهگاه اصلی نمی تواند کاملاً پر باشد. اتصال بین راهگاه فرعی و راهگاه اصلی که به طریقه صحیح و غلط صورت گرفته است، در شکل ۵۰ دیده می شود.



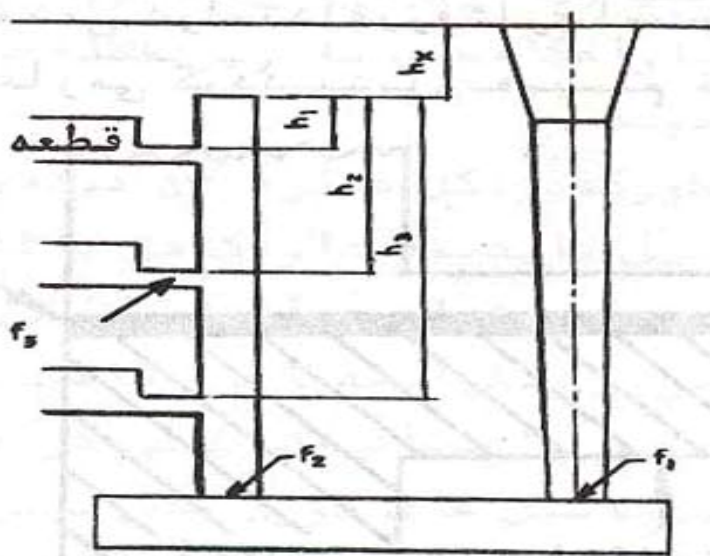
غلط

صحیح

شکل هـ-۱ اتصال بین راهگاه اصلی و راهگاه فرعی بطریق
صحیح و غلط در سیستم راهگاهی غیر فشاری

سرباره گیری در سیستم های راهگاہی برای قالب های با سطح جدایش عمودی هنگامی که سطح جدایش قالب عمودی است، راهگاہ های فرعی یا راهگاہ بارریزی که به طرف بالا می رود باید از سطح فوقانی راهگاہ اصلی منشعب شود. (در تولید چدن خاکستری تعبیه سیستم راهگاہی فشاری روی کاربرد اندکی داشته و گاهی به کار می رود). تا زمانی که راهگاہ های فرعی در بالا قرار دارند سیستم راهگاہی باید غیر فشاری باشد و طراحی و سافتمان آن براساس موارد ذکر شده مربوط به سیستم های غیر فشاری انجام پذیرد.

وقتی که مذاب از طریق راهگاہ اصلی افقی وارد یک راهگاہ بارریز بالا رونده عمودی می شود و سپس وارد راهگاہ های فرعی افقی متصل به آن می شود، شرایط متفاوتی حاصل می شود. علاوه بر همه مطالبی که قبلا ذکر گردید، این سیستم می تواند از ورود سرباره ممانعت بیشتری به عمل آورد. شکل ۵۱ این سیستم راهگاہی و شرایط آن را نشان می دهد.



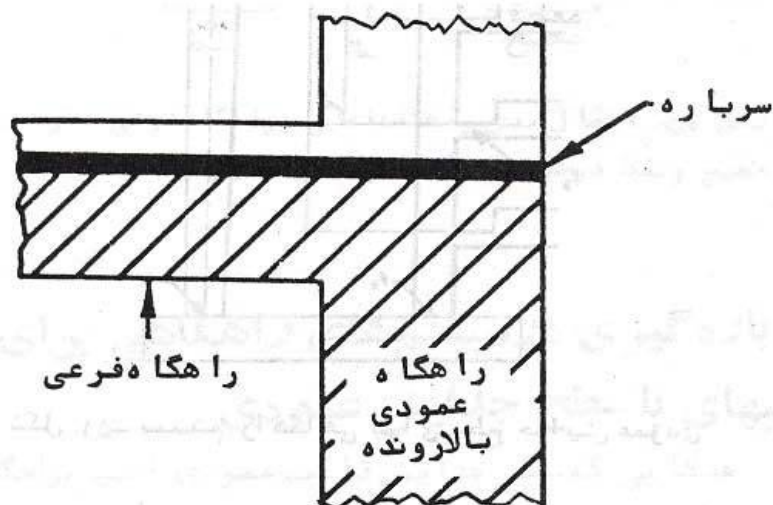
شکل ۵۱- سیستم راهگاہی برای سطح جدایش عمودی

$$\frac{f_3}{f_1} = \frac{\sqrt{hx}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} + \dots + \sqrt{h_n}}$$

گفته شد که احتمال ورود سرباره به داخل راهگاه های فرعی وجود دارد و یا در این مورد احتمال ورود سرباره در ابتدا به داخل راهگاه عمودی بالا رونده وجود دارد. اگر پر شدن قالب به آرامی و مرحله به مرحله باشد یا به عبارت دیگر راهگاه های فرعی غیر فشاری باشند، همانطور که در شکل شماره ۵۲ دیده می شود سرباره می تواند بخوبی وارد راهگاه فرعی و محفظه قالب شود. اگر راهگاه عمودی بالا رونده در ابتدا سریعاً تا بالای راهگاه فرعی پر از مذاب شود، احتمال ورود سرباره به داخل محفظه قالب نامیز خواهد بود. برای پر شدن سریع راهگاه عمودی شرایطی خاص لازم است که برای حصول آن با توجه به شکل ۵۲ رابطه زیر باید برقرار باشد:

$$\frac{f_3}{f_1} = \frac{\sqrt{hx}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} + \dots + \sqrt{h_n}}$$

چنین سیستمی در ابتدا غیر فشاری است ولی به محض اینکه پر شدن قالب آغاز می گردد تبدیل به سیستم فشاری می گردد.



شکل ۵۲- راهگاه فرعی افقی غیرفشاری در قالب با سطح

طراحی پاتیل

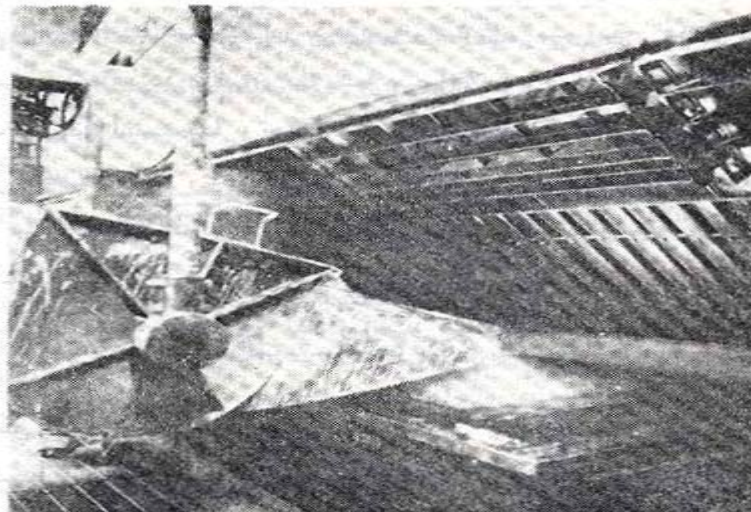
با یک نظر کلی تر می توان گفت که پاتیل و بخصوص لبه بارریز آن نیز جزئی از سیستم راهگاهی است. اولین شرط لازم آن است که اندازه پاتیل در رابطه با وزن قطعه بگونه ای باشد که مذاب در خلال مدت پنج دقیقه تخلیه شود و ناودان یا لبه بارریز پاتیل به شکل و فرمی باشد که کنترل سریع و خوب در خلال ذوب ریزی سریع بتواند صورت پذیرد در حالی که فرد ذوب ریز به مهارت خیلی بالایی نیاز نداشته باشد. یک لبه باریک و عمیق نسبت به یک لبه پهن و کم عمق ارجحیت دارد و عرض ناودان یا لبه در صورتی که ۵/۱ الی ۲ برابر قطر راهگاه یا ریز باشد ایده آل است هر چند که در بسیاری از موارد در یک نوبت ریخته گری قالب هایی با راهگاه های بارریز مختلف باید از یک ناودان ریخته گری شوند.

همانطور که در شکل اسلاید بعد دیده می شود طول افقی ناودان پاتیل باید به اندازه کافی باشد تا بتواند بدون نیاز به بالابردن بیش از حد پاتیل مذاب را به وسط قالب رساند. بالابردن بیش از حد پاتیل باعث به وجود آمدن جریان های سریع و اغتشاش مذاب می گردد.

معایب پاتیل های قوری شکل بیش از محاسن آنها است زیرا هزینه نگهداری و تعمیر آنها زیاد است، معمولاً مذاب اولیه فراب می شود و جلوگیری از ورود سرباره به قالب به طور کامل عملاً غیر ممکن است. سرباره ای که به هنگام تخلیه پاتیل به جداره آن می چسبد ممکن است در ذوب ریزی بعدی از دیواره جدا شده و وارد مذاب گردد.

ملاحظات کلی

اندازه موضعه ذوب ریزی با در نظر گرفتن دو عامل بازدهی ریخته گری و مهارت کارگر ذوب ریز انتخاب می شود.



شکل ۵۳- یک پاتیل ذوب ریزی که دارای ناودانی بطول کافی است .

البته یک استثناء نیز وجود دارد و آن در هنگامی است که از سیستم راهگاهی و نیز حوضچه ذوب ریزی به عنوان تغذیه هم استفاده می شود.

از آنجا که در هنگام ریخته گری قراردادن پاتیل در کنار قالب بسیار آسان تراز حالتی است که با پیش بینی دقیق، محل پاتیل طوری قرار بگیرد که جریان مذاب دقیقاً به داخل قالب ریخته شود، استفاده از موضیچه های طویل که طول آنها در جهت ذوب ریزی امتداد یافته است ترجیح دارد.

استفاده از مانع یا توپی های خارج شونده، در موضیچه ذوب ریزی، مورد نیاز نیست زیرا در هر صورت مذابی که به داخل موضیچه ریخته می شود تلاطم زیادی دارد و امکان جلوگیری از ورود سرباره به راهگاه بارریز به طور کامل وجود ندارد. بخصوص در این رابطه استفاده از ماهیچه های صافی زیان آور می باشد. احتمال دارد مجموع سطوح مقاطع سوراخ های باز ماهیچه صافی مسامری با سطح مقطع لازم برای بالای راهگاه با ریز باشد که در این صورت بازدهی ریخته گری کاهش می یابد. معمولاً مجموع سطوح مقاطع سوراخ های باز ماهیچه کوچکتر از حد لازم است و در حقیقت ماهیچه صافی گلوگاهی است که در بالای راهگاه بارریز قرار دارد و این امر برای تمیز بودن مذاب زیان آور است. همانطور که قبلاً ذکر گردید، لازم است راهگاه اصلی بعد از آخرین راهگاه فرعی امتداد یابد. وقتی محدودیت فضا در درجه باعث شود که امتداد دادن راهگاه اصلی به اندازه کافی میسر نباشد می توان از چندین چاهک استفاده کرد به طوری که حجم آنها برابر حجم آن مقدار از راهگاه اصلی باشد که حذف شده است.

همواره ایجاد یک موضیچه پای راهگاه در زیر راهگاه بارریز به منظور جذب ضربه ناشی از فرو ریخته مذاب اولیه و کاهش تلاطم آن در ابتدای پر شدن راهگاه اصلی، عمل مناسبی است. موضیچه های ضربه گیر پای راهگاه بخصوص در شرایطی که فاصله بین راهگاه بارریز اولین راهگاه فرعی باید کم باشد از اهمیت زیادی برخوردار هستند.

یک سیستم راهگاهی فشاری عموماً مطمئن تر است و ضرر کمتری به راندمان و بازدهی ریخته گری وارد می سازد. استفاده از سیستم راهگاهی غیر فشاری در موارد زیر مناسب است:

الف: هنگامی که راهگاه اصلی به صورت قوسی شکل (مثلاً به شکل دایره) در داخل قطعه قرار می گیرد و راهگاه های فرعی از مرکز آن منشعب می شوند.

ب: هنگامی که چندین قطعه کوچک در یک قالب ریخته گری می شوند. (در این حالت راندمان و بازدهی ریخته با سیستم راهگاهی غیر فشاری عالی است).

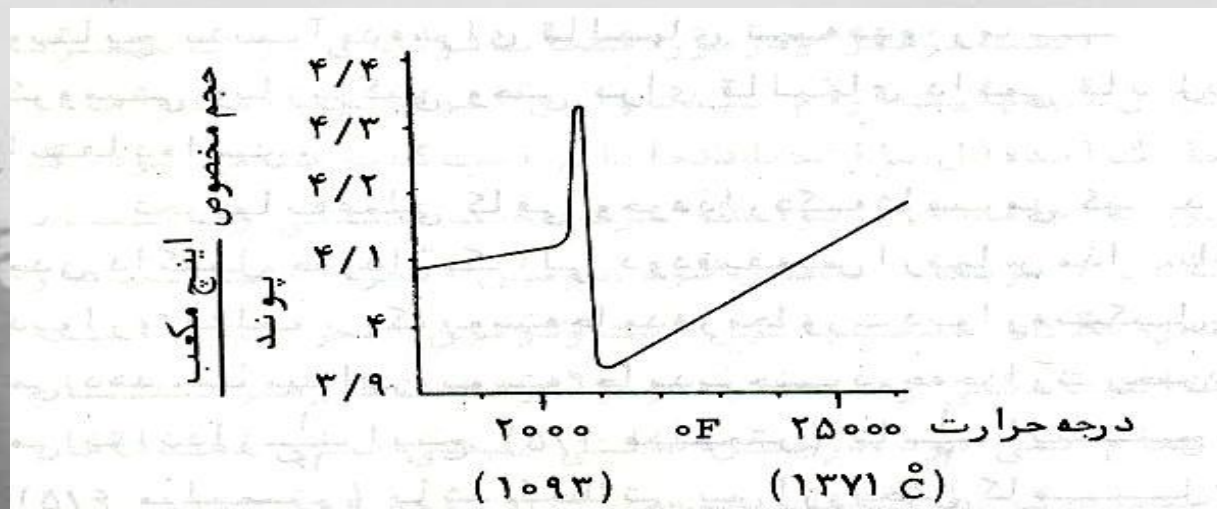
ج: وقتی سطح جدایش قالب عمودی است.

د: هنگامی که قطعاتی با ضخامت جداره ۵/۱۲ الی ۲۵ میلیمتر ریخته گری می شوند و از سیستم راهگاهی به عنوان تغذیه هم استفاده می شود.

عموماً از فلاکس ها برای جداسازی سرباره از مذاب و افزایش احتمال و امکان باقی ماندن سرباره در راهگاه اصلی استفاده می شود. اغلب فلاکس ها چه به صورت تجارتی و یا غیر از آن شامل مخلوطی از کریولیت و فلوراید سدیم به میزان ۵۰-۵۰ و یا دارای صد در صد کریولیت می باشند. فلاکس را می توان همراه با آلیاژکروی کننده به مذاب اضافه نمود یا همراه ذبا مواد جوانه زا و یا در هنگام ریختن مذاب به داخل پاتیل به آن اضافه کرد. افزودن مقدار کمی فلاکس به داخل موضعی ذوب ریزی و یا راهگاه بارریز نیز نتایج خوبی ببار آورده است.

اضافه کردن مقدار اندکی اکسید آهن قرمز در راهگاه بارریز نیز از نظر کنترل بهتر سرباره موثر است. تغذیه گذاری

رفتار انقباضی و پیچیدگی انقباض چدن های داکتیل در مقایسه با سایر آلیاژ ها و فلزات بسیار متفاوت است و فقط به رفتار چدن فاکستری شباهت دارد. اختلاف اساسی ما بین رفتار انقباضی چدن داکتیل و دیگر آلیاژ ها آن است که چدن داکتیل در مرحله ای از انجماد انبساط حاصل می کند. پس از این انبساط در حالی که هنوز انجماد چدن فاکتمه نیافته است انقباض ثانویه پدید می آید. در شکل ۵۴ تغییرات حجم از شروع ریختن تا انجماد کامل فلز نشان داده شده است.



شکل ۵۴ - تغییرات حجمی چدن داکتیل از شروع ریختن

انبساط می تواند باعث ایجاد عیوب و نواقص انقباضی شود اما اگر این پدیده به خوبی درک گردد و به نحو صحیح مورد استفاده قرار گیرد می تواند قطعه را پر و تغذیه کند و این عمل حتی تا به آن حد انجام شود که به هیچگونه تغذیه نیاز نباشد.

تخیرات مجمی یک قطعه هیچگاه دقیقاً مشابه وضعیتی که در شکل ۴۵ نشان داده شده است نیست. از انبساط قطعه در درجه های مختلف قالبگیری بر حسب اینکه استمکام و مقاومت قالب چه اندازه باشد جلوگیری می شود (البته هیچگاه انبساط به واسطه مقاومت قالب به صفر نمی رسد) و به واسطه همین مقاومت قالب در خلال خنک شدن، تجمع تنش در داخل قطعه ایجاد می گردد.

اگر چه مبحث جاری فقط در ارتباط با قالب هایی است که با استفاده از ماسه سیلیسی تهیه شده اند ولی اصول و نتایج به دست آمده برای قالب های تهیه شده از ماسه کرومیتی و یا زیرکنی و حتی برای قالب های دائمی قابل استفاده است.

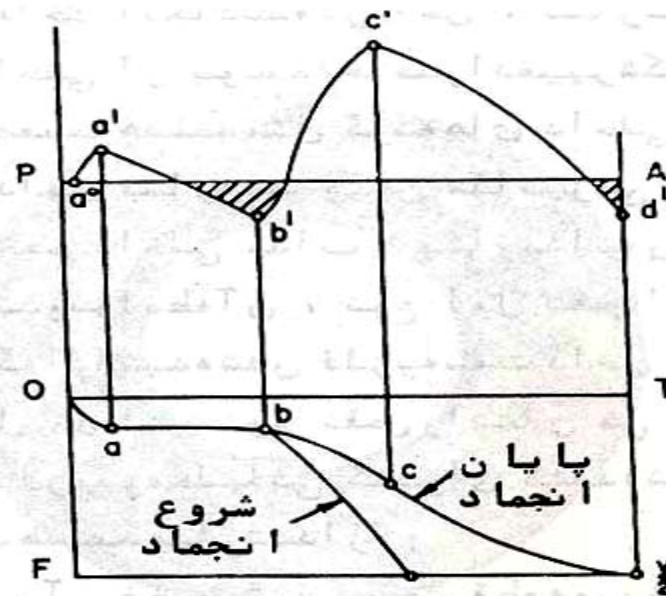
تجربیات علمی کافی وجود دارد که ثابت می کند چدن داکتیل مدوداً یک الی دو دقیقه پس از تماس مذاب با دیواره قالب، یک پوسته جامد در مجاورت دیواره تشکیل می دهد. ضخامت این پوسته جامد در مجاورت دیواره تشکیل می دهد. ضخامت این پوسته جامد بر حسب درجه حرارت ریختن می تواند از ۱/۱۶ اینچ (۵/۱ میلیمتر) تا ۱/۴ اینچ (۵/۶ میلیمتر) باشد. لحظاتی پس از ریختن کامل مذاب و پایان ریخته گری و پس از انجماد و بسته شدن راهگاه های فرعی، چدن داکتیل مذاب به طور کامل در داخل پوسته جامد بسته شده محبوس می گردد. البته اگر قطعه به تغذیه متصل باشد این عمل صورت نخواهد گرفت.

پیشرفت انجماد و تخفیرات فشار درون مذاب چدن بر حسب گذشت زمان درد یا گرام شما تیک pft در شکل ۵۵ دیده می شود. همانطور که توسط فاصله عمودی از خط ot نشان داده شده است، انجماد در ابتدا سریع است از فنک کندی آن کاهش می یابد و رشد پوسته جامد در این نامیه با سرعت بسیار آرام ادامه می یابد. این رفتار و حالت در مورد همه آلیاژهای یوتکتیکی صادق است زیرا انجماد در این آلیاژها قبل از اینکه دمای همه قطعه به حد مشخصی نرسد، صورت نمی پذیرد. پس از آن انجماد به طور همزمان در سراسر قطعه آغاز می شود. اگر سرعت سرد شدن بسیار آهسته باشد، انجماد کلی و همه جانبه به صورت فوق الذکر انجام می شود.

البته در عمل و در مورد قطعات تولیدی سرعت سرد کردن بی نهایت آرام نیست و این امر اولین انحراف از حالت ایده آل یا انجماد تعادلی است که باعث می شود یک پوسته جامد نازک به واسطه سرعت فنک کندی زیاد قالب، سریعاً تشکیل شود. دومین انحراف شیب دار شدن خط ab به سمت پایین است و سومین انحراف آن است که انجماد کلی و همه جانبه در سراسر قطعه به طور همزمان انجام نمی شود. در چنین حالتی منحنی نشان دهنده آغاز انجماد یک خط مستقیم عمودی از b به خط افقی آ تا ۲/۷ است. هنگامی که خط پایان انجماد از هر دو طرف دو دیواره به وسط قطعه برسد انجماد کامل است.

تخفیرات فشار داخلی مذاب در بخش فوقانی دیاگرام نشان داده شده است. خط افقی A نمایانگر فشار اتمسفر می باشد و در این حالت از تغذیه استفاده نشده است. تا زمانی که راهگاه ها منجمد نشده است فشار اتمسفر بر مذاب حاکم است (از فشار فرو استاتیک مذاب که در مقایسه با فشار اتمسفر اندک است صرف نظر شده است) این مسئله به صورت نقطه نشان داده شده است. وقتی نقطه a در نظر گرفته شود، انجماد نسبتاً سریع هنوز ادامه دارد. انبساط ناچیز حاصله باعث افزایش فشار داخلی مذاب از a تا a می شود. در فاصله زمانی a تا b که مذاب سرد می شود، انقباض مذاب پدید می آید و فشار از A تا b کاهش پیدا می کند. اینک انجماد کلی همراه با انبساط بسیار زیاد آغاز می گردد و در صورتی که دیواره های قالب مورد استفاده به اندازه کافی مستحکم باشند، فشار داخلی از b تا c افزایش می یابد. سرانجام انقباض ثانویه در مراحل پایانی انجماد سبب می شود که فشار از نقطه c تا زیر فشار اتمسفر یعنی d کاهش یابد.

لازمه ظاهر شدن عیوب انقباضی و مفره های کشیدگی در هر قطعه از چدن داکتیل فقط آن است که فشار داخلی مذاب از فشار اتمسفر کمتر شود. در مثال ارائه شده در شکل ۵۵ دو موقعیت وجود دارد که فشار داخلی مذاب از فشار اتمسفر کمتر است (دو منطقه هاشور خورده در شکل آن دو حالت را نشان می دهد) و نتیجتاً قطعه دارای دو نوع از عیوب انقباضی خواهد بود.



شکل ۵۵ - دیاگرام PFT .

P فشار داخلی مذاب، F انجماد (ضخامت لایه منجمد شده) ،

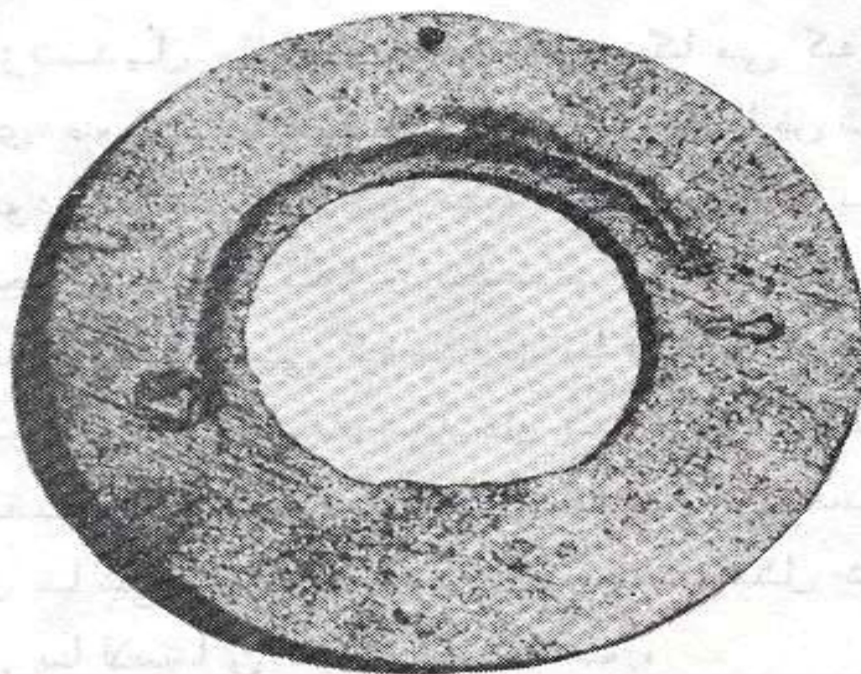
T زمان ، A فضا را تمسفر و v ضخامت جدا ره قطعه است .

عیوب ناشی از انقباض اولیه (مذاب) و ثانویه (جامد)

شناخت صمغ نوع انقباض و تشفیص دو نوع عیب متفاوت ناشی از آن که در قطعات پدن داکتیل می تواند پدید آید از اهمیت بسیاری برخوردار است. طریقه رفع هر یک از دو نوع عیب ناشی از انقباض نیز متفاوت است.

هنگامی که در فاصله بین A تا B) شکل ۵۵) مقدار فشار داخلی مذاب کم می شود، بجز یک لایه نازک منجمد شده در مجاورت دیواره قالب، بقیه فلز به صورت مذاب است. به واسطه فلا ایجاد شده در داخل فشار خارجی (اتمسفر) می تواند به راحتی آن پوسته جامد را تخییر شکل دهد و نقاطی را که ضعیف هستند مثل گوشه های داخلی یا بالای قطعه به سمت داخل فشار دهد. چنین مکانیزمی می تواند توسط کاهش حجم داخلی مذاب، فشار مذاب را به مقدار اتمسفر برساند و به واسطه آن، نوع اول نقص انقباضی یعنی عیبی که از کشیده شدن فلز به سمت داخلی پدید می آید ظاهر شود. شکل ۵۶ این نوع نقص را نشان می دهد.

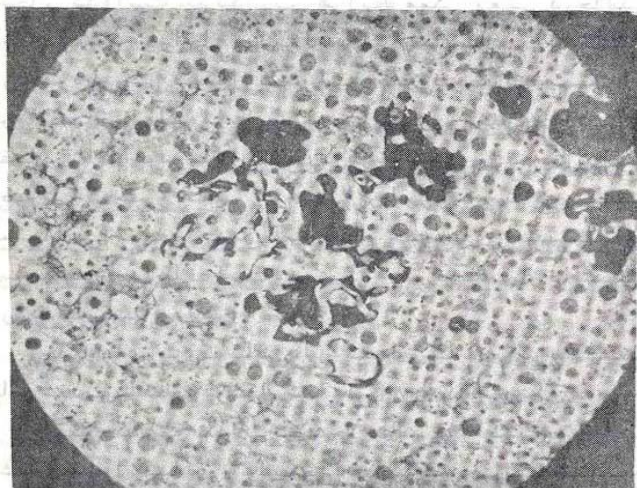
شرایط لازم و محل هایی که برای کشیده شدن به سمت داخل مناسب هستند عبارتند از: سطحی که در زیر آن ضمیم ترین بخش قطعه و بیشترین مذاب قرار دارد. سطح بالایی قطعه (چون مذاب واقع در بالاگرم تر از نقاط پایین است). پوسته جامد اولیه که بسیار ضعیف است (بخصوص در طرفی از قطعه که راهگاه های فرعی واقع شده اند). بدون تردید کشیده شدن سطوح به سمت داخل نشانه و دلیلی برانقباض مذاب بوده و برای رفع این عیب (نقص ناشی از انقباض) باید با در نظر گرفتن عامل اصلی چاره جویی نمود. اگر اختلاف فشار به مد کافی نباشد و نتواند پوسته جامد را تخییر شکل دهد (مثل هنگامی که مذاب با دمای پایین ریخته می شود) فلا ایجاد شده سبب تشکیل یک یا چند مفره در بالای قطعه خواهد شد. ظهور چنین مفره های بزرگ که درست در زیر سطح درجه بالایی پدید می آید نیز دلیل قطعی بر انقباض اولیه (انقباض مذاب) است.



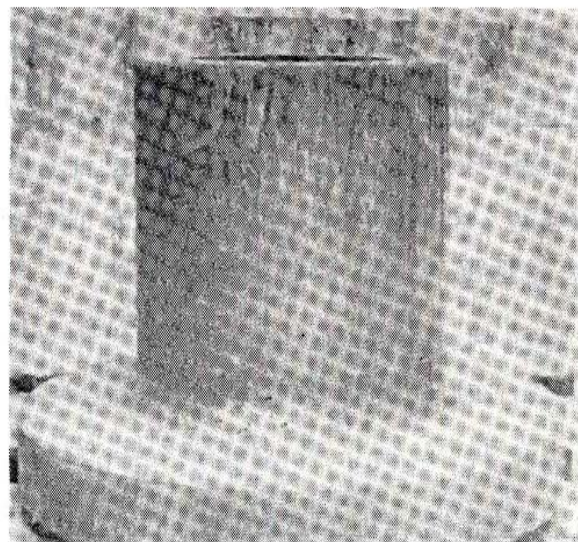
شکل ۵۶ - نمونه‌ای از عیبی که بواسطه انقباض اولیه
(انقباض مذاب) پدید می‌آید.

اغلب اتفاق می افتد که انقباض مذاب حتی قبل از آنکه ضخامت پوسته جامد به مقدار قابل ملاحظه ای برسد آغاز شود. فشار اتمسفر در تماس مستقیم با مذاب باقی می ماند و با اعمال فشار، گرم ترین نقاط سطح بالایی قطعه را به سمت پایین می برد و سبب می شود که مفره های لوله ای شکل در قطعه پدید آید. سطوح اینگونه عیوب هم (بخصوص در بخش های بالایی) نظیر مفره انقباضی اولیه نسبتاً صاف است.

پس از تبدیل مذاب به جامد و هنگامی که انجماد به مقدار زیادی صورت پذیرفت به واسطه انقباض ثانویه فلا ایجاد می شود و مذاب باقیمانده توسط جامد ایجاد شده به بخش های مجزا و جداگانه ای تقسیم می شود. به واسطه وجد فلا در هر یک از بخش هایی که مذاب باقی مانده است، نواقض و مفره ها یی به صورت تفلخل پدید می آید. تفلخل ناشی از انقباض ثانویه در شکل شماره ۵۷ دیده می شود. عیب تفلخل ناشی از انقباض ثانویه در شکل شماره ۵۸ با بزرگنمایی بالا نشان داده شده است.



شکل ۵۸ - تفلخل درچدن داکتیل، محلول آج نایتال
بزرگنمایی ۱۰۰×



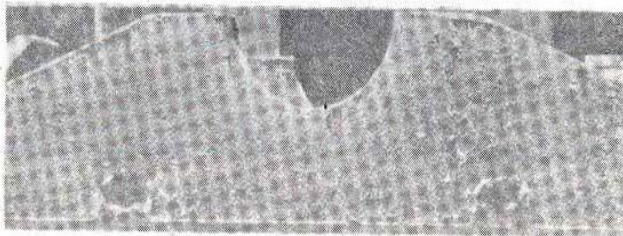
شکل ۵۷ - عیب ناشی از انقباض ثانویه (تفلخل)

تخلخل (مفره انقباضی) همواره در بخش بالایی مرکز مرارتی قطعه پدید می آید. مرکز مرارتی قطعه اغلب در ناحیه تغذیه های بزرگ با اتصالات کوتاه و بزرگ است، در چنین حالتی تخلخل در محل اتصال تغذیه به قطعه ظاهر می شود، بطوریکه امتداد تخلخل هم به داخل تغذیه و هم به داخل قطعه کشیده شده است.

اندازه مفره های انقباضی به این مسئله وابسته است که در لحظه ایجاد فلا، انجماد فلز تا چه حد پیشرفت کرده و انجام شده است. در بدترین شرایط ممکن یعنی در حالتی که فلا در همان مراحل اولیه انجماد ایجاد شود، احتمال دارد مفره بزرگی تشکیل شود. این مفره بزرگ بخوبی از مفره انقباض اولیه قابل تشخیص است زیرا مفره ناشی از انقباض ثانویه در بالای سطح مرکز مرارتی واقع می شوند در صورتی که مفره ناشی از انقباض اولیه درست در زیر سطح بالایی قطعه پدید می آید. سطح مفره های انقباض ثانویه خشن و ناصاف است و پوشیده از برجستگی های ناشی از رشد دندریت های آهن است.

مفره های بزرگ ناشی از انقباض ثانویه در محل تمای تغذیه با قطعه در شکل شماره ۵۹ دیده می شود.

وقتی که همه مذاب تحت فلا ناشی از انقباض اولیه باشد، مفره انقباضی اولیه می تواند به صورت یک مفره انقباض ثانویه به طرف پایین ادامه پیدا کند. در این صورت سطوح بخش های بالایی مفره صاف و مسطح است در صورتی که در نوامی پایین، سطوح مفره ناصاف و خشن است.



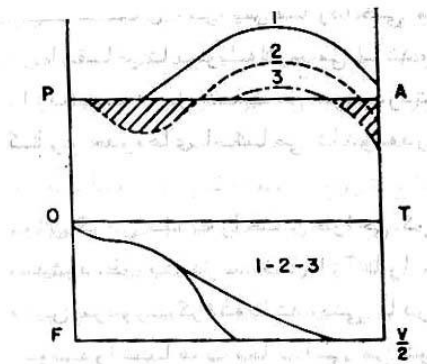
شکل ۵۹ - مفره های بزرگ ناشی از انقباض ثانویه که در

محل اتصال تغذیه به قطعه ایجاد شده است.

طراحی تغذیه با استفاده کامل از انبساط

اثر تغذیه گذاری در شکل شماره ۶۰ نشان داده شده است. در آینده نشان داده می شود که تغذیه گذاری برای قطعات چدن داکتیل همیشه مورد نیاز نیست.

قطعات شماره ۱۲ و ۱۳ از هر نظر مشابه یکدیگر هستند و فقط از نظر تغذیه گذاری شده و محل اتصال مابین قطعه و تغذیه درست قبل از آغاز انجماد همه جانبه و کلی قطعه و انبساط، منجمد شده و بسته است. تغذیه در این قطعه انقباض اولیه (مذاب) را جبران می کند، اما به هنگام انبساط، گروی تغذیه از انتقال مذاب چدن از داخل قطعه بدرون تغذیه جلوگیری می نماید.



شکل ۶۰ - دیاگرام PFT برای سه قطعه چدن داکتیل که فقط از نظر تغذیه گذاری متفاوت هستند.

تغذیه قطع شماره ۲ به مقدار کافی و مناسب نیست در این مورد بالای تغذیه و یا گردن آن بسیار سریع منجمد می شود. در نتیجه تغذیه قادر نخواهد بود که انقباض اولیه (مذاب) را جبران نماید. همانند این مثال، اغلب اوقات عیوب ناشی از انقباض اولیه به همراه عیوب ناشی از انقباض ثانویه پدید می آید.

طراحی گردن تغذیه

متداول ترین اشتباه در تغذیه گذاری یا در مقیست تغذیه گذاری بیش از حد در شکل شماره ۶۰ توسط خط شماره ۳ نشان داده شده است. در این حالت گردن تغذیه پس از آغاز انجمد کلی و شروع انبساط، هنوز منجمد نشده است و چدن مذاب از قطعه وارد تغذیه می شود. در واقع در این مورد انبساط به جای افزایش فشار داخلی مذاب که برای جبران انقباض ثانویه لازم می باشد، باعث ورود مذاب از قطعه به داخل تغذیه می شود و در نتیجه پس از پایان کار، مفره های انقباضی ثانویه در قطعه به وجود آمده است.

می توان گردن تغذیه را چنان طراحی کرد که در زمان مناسب منجمد شود به طوریکه درست قبل از آغاز انجماد کلی و همه جانبه این امر صورت گرفته باشد. حتی با در نظر گرفتن متغیرهای تولید و اشتباهات محاسباتی می توان از روش زیر برای تعیین ابعاد صمیع تغذیه مورد نیاز استفاده نمود.

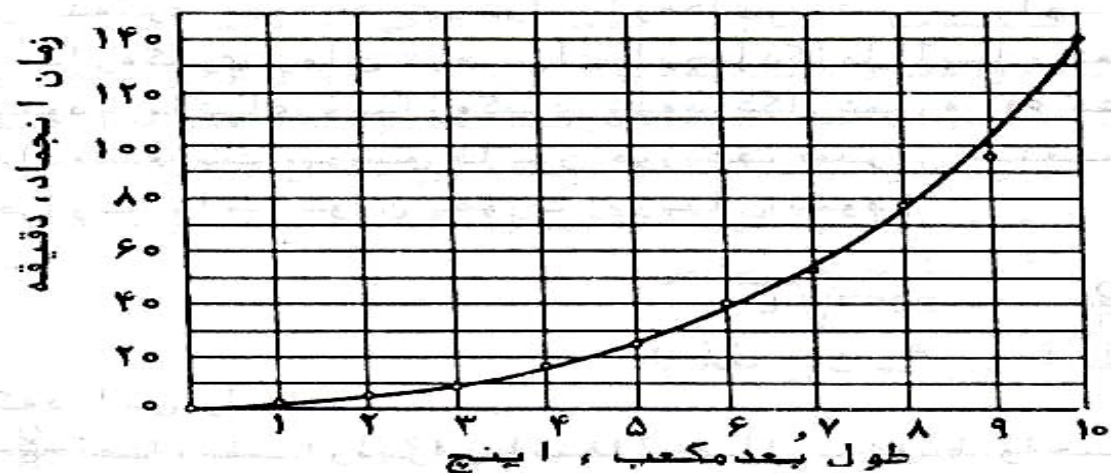
میزان انتقال حرارت در ماسه تر را می توان با ریخته گری مکعب هایی در اندازه های متفاوت و اندازه گیری زمان لازم برای انجماد کامل آنها، تعیین نمود. زمان های اندازه گیری شده در شکل شماره ۶۱ نشان داده شده است. بر طبق قانون چورینف، میزان انتقال حرارت را می توان به صورت زیر بیان نمود:

$$\frac{Q}{S} = 2387\sqrt{T}$$

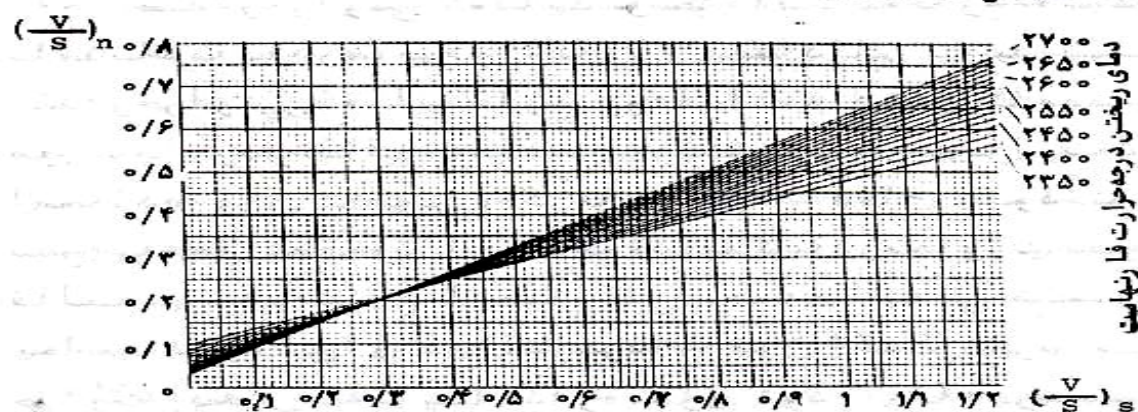
که در این رابطه،

$\frac{Q}{S}$ عبارتست از میزان انتقال حرارت توسط واحد سطح قالب (کالری بر اینچ مربع) و
T زمان (دقیقه) می باشد

مقدار حرارتی که باید توسط قالب به خارج انتقال یابد تا دما به درجه حرارت شروع انجماد کلی برسد و نیز مقدار حرارتی که باید خارج شود تا انجماد به طور کامل صورت پذیرد را با توجه به دمای ریختن، درجه حرارت شروع انجماد، وزن مخصوص، گرمای ویژه، دمای نفوذ، نسبت سطح به حجم قطعه و ضخامت لایه منجمد شده در مجاورت دیواره قالب به هنگام شروع انجماد کلی و همه جانبه می توان محاسبه نمود. برای همه متغیرهای فوق الذکر به جز درجه حرارت ریختن که باید اندازه گیری شود، مقادیر نسبتاً دقیقی در دسترس می باشد. با استفاده از این اطلاعات معین و داده ها یک معادله به دست آمده است که در شکل شماره ۶۲ ارائه شده است. با استفاده از دیاگرام شکل ۶۲ می توان اندازه گردن تغذیه را طراحی نمود.

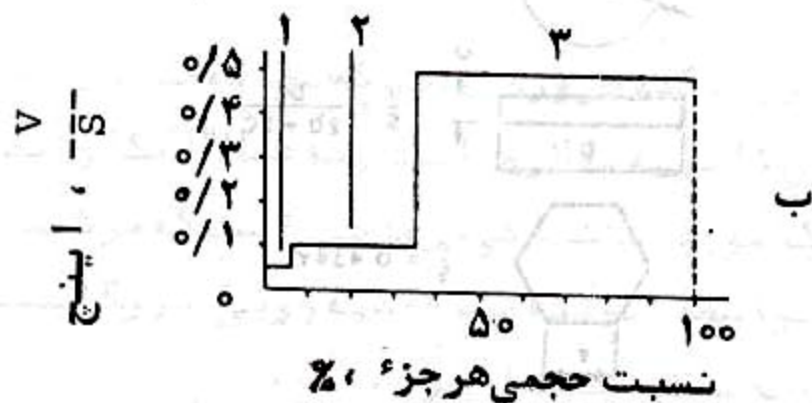
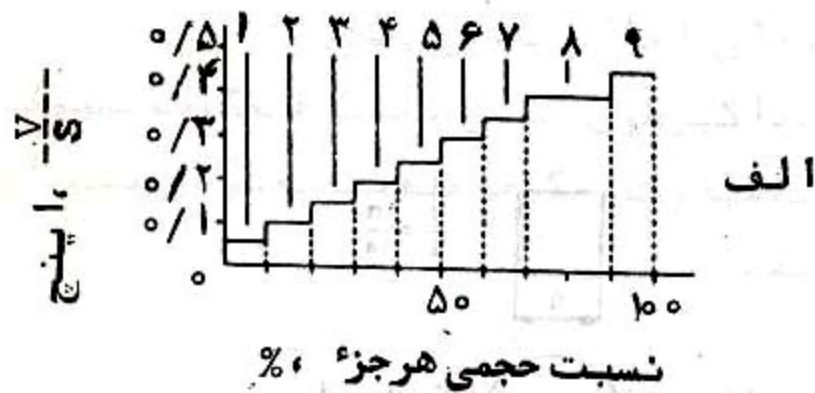


شکل ۶۱ - زمان انجام دقظعات مکعبی چدن داکتیل با اندازه‌های متفاوت، درجه حرارت ریختن مذاب ۱۴۲۶ درجه سانتیگراد است.



شکل ۶۲ - دیاگرام برای تعیین سطح مقطع کردن تغذیه دیاگرام فوق برای چدن داکتیل استثنیتی بکار رنمی رود مگر اینکه را بطه زیرمورد استفاده قرار گیرد

در مورد و پارامتر، یکی $(\frac{V}{S})^S$ یعنی نسبت حجم کل قطعه به مساحت سطوح بیرونی فنک کننده و نیز $(\frac{V}{S})^N$ یعنی حجم کل گردن تغذیه به مساحت سطوح فنک کننده آن توضیح دقیق تری باید ارائه شود. مناسبه حجم و سطح کل قطعه نه مورد نیاز است و نه به سهولت قابل انجام می باشد. گذشته از قطعاتی که شکل ماده دارند اغلب قطعات دارای تیرک، پره و اجزایی نظیر آنها می باشند. البته حجم کل چنین اجزایی معمولاً از ۵ تا ۱۰ درصد حجم کل تجاوز نمی کند. انجماد این قسمت های ظریف و نازک می تواند قبل از شروع انجماد قسمت های دیگر قطعه انجام شود و پایان پذیرد. در چنین حالتی انبساط به وجود آمده در قسمت های ظریف می تواند امکان تغذیه مذاب و رفع انقباض قسمت هایی از قطعه را که هنوز دارای مذاب هستند فراهم سازد و بدین ترتیب اطمینان حاصل شود که انقباض مذاب در قسمت های اصلی قطعه توسط تغذیه جبران می شود. برای اجتناب از عیوب و پدید آمدن محایب، لازم است انبساط ناشی از انجماد در قسمت های ظریف مورد توجه قرار گیرد. تعیین و تشخیص قسمت اصلی و مدول قطعه در مورد قطعاتی که شکل ساده دارند آسان است ولی هر چه قدر شکل قطعه پیچیده تر شود این تشخیص دشوارتر خواهد بود. وقتی شکل قطعه پیچیده باشد می توان هر قطعه را به قطعات ساده کوچکتر تقسیم بندی کرد، بطوریکه ضخامت هر یک از قطعات کوچک به ترتیب افزایش یابد. برای تبدیل قطعه به اجزا پله پله باید هر قطعه را توسط سطوح عمودی فرضی تقسیم بندی کرد به طوری که بخش های حاصل، هر یک دارای شکل ساده و با ضخامت یکسان باشند. اینک می توان نسبت حجم به سطوح فنک کننده را مناسبه نمود. البته توجه به این نکته که سطوح فرضی تقسیم کننده که در جوار یکدیگر قرار دارند سطوح فنک محسوب نمی شوند، ضروری است. نسبت درصد حجمی هر یک از این امزا ساده به حجم کل قطعه را می توان به سادگی مناسبه نمود. براساس این محاسبات و نتایج به دست آمده یک دیاگرام حاصل می شود. دو نوع اساسی از این دیاگرام ها در شکل شماره ۳۶ نشان داده شده است.



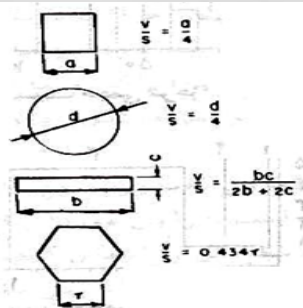
شکل ۳-۶ دو نوع اساسی از توزیع ضخامت برای اجزای
تشکیل دهنده قطعه

انجماد قطعاتی که به صورت نوع الف صورت می گیرد تقریباً پیوسته است. در این مورد آن قسمتی را که حجمی کمتر از ۱۰ درصد حجم کل را اشغال کند می توان مهم و اصلی دانست. در خلال انجماد، این بخش مهم به اندازه کافی به مذاب قسمت ضمیمه تر و مجاور خود فشار وارد نموده و انقباض آن را تا قبل از شروع انجماد کلی جبران می کند و این عمل به ترتیب در مورد قطعات ضمیمه تر بعدی و بعدی تکرار می شود.

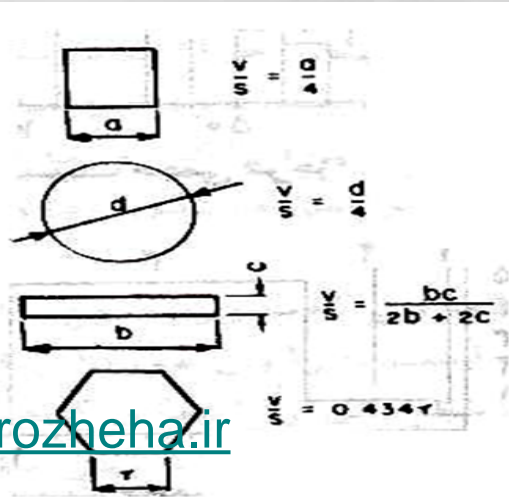
در مورد نوع ب فاصله زمانی طولانی ما بین انجماد کامل جز شماره ۲ و آغاز انجماد کلی جز شماره ۳ وجود دارد. برای ایجاد فشار کافی به منظور جبران انقباض مذاب در قسمت ضمیمه، لازم است که نسبت حجمی جز شماره ۲ حتی به اندازه ۵۰ درصد از حجم کل قطعه باشد. البته این مطلب شامل جز شماره یک کاملاً قابل اغماض است نمی شود.

مقدار یعنی نسبت حجم گردان تغذیه به مساحت سطح خنک کننده آن، در صورتی که طول گردن تغذیه بلند و نامحدود فرض شود، به سادگی قابل محاسبه است. تجارب عملی نشان می دهد که اگر طول گردن تغذیه حداقل چهار برابر ضخامت نازک ترین قسمت آن باشد چنین فرضی قابل قبول است. در شکل شماره ۶۴ این نسبت مقاطع ساده نشان داده شده است.

گردن تغذیه با طول بی نهایت زیاد و نامحدود به این معنی است که حداقل در تمام طول گردن تغذیه یک قسمت وجود داشته باشد که تحت تاثیر حرارت تغذیه و قطعه قرار نگیرد و نه توسط قطعه و نه توسط تغذیه گرم نشود.



شکل ۶۴ - نسبت حجم کل به سطح خنک کننده برای میله‌هایی که طول بلند و نامحدود و مقاوم با شکل‌های ساده معمولی دارند.



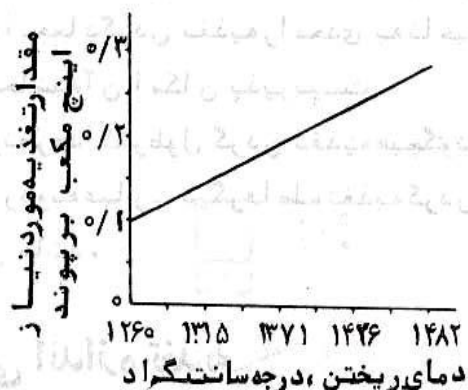
چنین حالتی فقط در موقع افقی بودن گردن تغذیه قابل حصول است و یا در زمانی که گردن تغذیه یک قسمت افقی داشته باشد که طول آن قسمت به اندازه حداقل مقدار فوق الذکر باشد. اگر گردن تغذیه عمودی و یا به صورت شیب دار باشد، در این صورت جریان های مرارتی از قطعه به تغذیه وارد می شود و گردن تغذیه را گرم می کند و در نتیجه انجماد گردن تغذیه را به مدی به تأخیر می اندازد که دیگر مناسب آن امکان پذیر نیست.

از نظر حداکثر طول گردن تغذیه هیچگونه محدودیتی وجود ندارد و به عبارت دیگر فاصله تغذیه کردن بی نهایت طولی می باشد. طراحی اندازه تغذیه

توجه به این نکته ضروری است که تغذیه گذاری برای جبران انقباض ثانویه لازم است و نه عملاً امکان پذیر است. البته یک مورد استثنایی زمانی است که مرکز مرارتی قطعه به واسطه تعبیه یک تغذیه رویی بزرگ به خارج از قطعه و به تغذیه منتقل شود.

مجموعه موثر تغذیه باید برابر مقدار انقباض مذاب ریخته شده در قالب باشد. انقباض مذاب ۱۱/۱ درصد برای هر ۵۶ درجه سانتیگراد تفاوت مابین دمای ریختن و درجه مرارت شروع انجماد است. مقدار فلز مورد نیاز برای این عمل در شکل شماره ۶۵ نشان داده شده است.

ابعاد حقیقی تغذیه معمولاً بیش از مقدار مجموع موثر تغذیه می باشد زیرا اولاً قسمتی از تغذیه که پایین تر از بخش فوقانی قطعه قرار دارد موثر نیست و خود نیاز به تغذیه کننده دارد و ثالماً مذاب منجمد شده در مجاورت سطح خارجی تغذیه غیر مفید می باشد. پس بنابراین ابعاد تغذیه باید نسبت به مقادیر مناسبه شده تئوری با یک ضریب اضافه ۵/۶ میلیمتر برای هر بعد، افزایش یابد.



شکل ۶۵ - مقدار تغذیه مورد نیاز برای قطعات چدن داکتیل

تعداد و ممل تغذیه ها

تغذیه ها باید به دیواره ضمیم ترین بخش قطعه متصل شوند. در مواردی که قسمت های مختلف قطعه کاملاً توسط دیواره و پره های نازکی از هم جدا می شوند لازم است هر قسمت به طور جداگانه تغذیه شود. در اغلب موارد استفاده از یک تغذیه با فاصله خوب (سانی طویل به اندازه کافی کفایت می کند).

استفاده از تغذیه های سرد مثلاً تغذیه ای که مستقیماً به قطعه متصل است، ترجیح دارد زیرا یک فیلم اکسیدی می تواند به راحتی در سطح بالای یک تغذیه پُر تشکیل شود و در صورتی که تغذیه با راهگاه ورودی مرتبط باشد این فیلم اکسیدی ممکن است به سادگی وارد ممفزه قالب شود. در مورد قطعات بزرگ، تغذیه های گرم توصیه نمی شود زیرا در این حالت سطح کردن تغذیه می تواند در فلال ریفتن مذاب تا حد زیادی گرم شود و در نتیجه انجماد کردن تغذیه تا آنجا به تاخیر بیفتد که باعث ایجاد عیب انقباض ثانویه گردد.

جابجایی دیواره قالب

جابجایی دیواره قالب به واسطه انجماد کلی و همه جانبه و انبساط ناشی از آن در یک قالب پدید می آید. وقتی انبساط ایجاد می شود لازم است که تغذیه از قطعه بر اثر منجمد شدن کامل کردن تغذیه جدا شده باشد و به همین دلیل نمی توان جابجایی دیواره قالب را با تغذیه گذاری اضافی نمی توان جابجایی دیواره قالب را با تغذیه گذاری اضافی جبران نمود. جابجایی بیش از حد دیواره قالب در این روش تغذیه گذاری، نتایج قطعی در ایجاد عیوب ناشی از انقباض ثانویه به شکل تفلفل دارد.

فطاها در تغذیه گذاری و اقدامات تصمیع کننده

طراحی تغذیه و کردن تغذیه بر طبق روش ذکر شده قطعاتی سالم با بازدهی خوب حاصل می نماید ولی احتمال بروز فطاهایی نیز وجود دارد که ممکن است باعث ایجاد عیوب شود منابع فطاها می تواند عوامل زیر باشد:

عدم انتباب صمیم مقدار $(\frac{v}{s})_s$

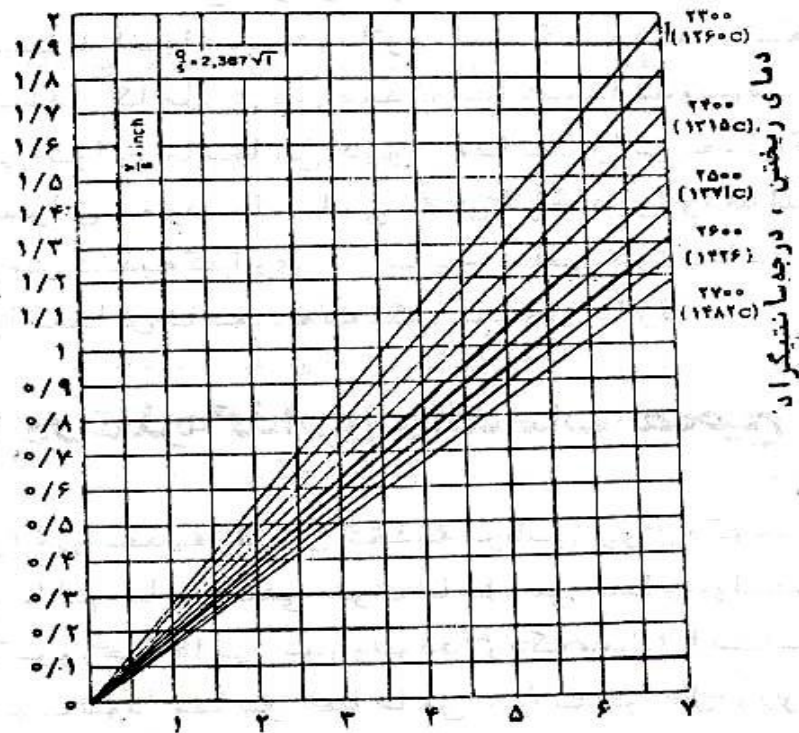
دمای ریفتن فارچ از محدوده ۲۵- درجه سانتیگراد

تغییراتی درخواص مرارتی قالب

تغییراتی درخواص مکانیکی قالب

فطاهای فردی مختلف

هنگامی که عیب پدید آمده در قطعه به واسطه انقباض مذاب یا انقباض اولیه باشد، ابتدا لازم است بالای تغذیه مورد بررسی قرار گیرد. امکان دارد تغذیه زودتر از کردن تغذیه منجمد شده باشد. برای نیل به این مقصود شکل ۶۶ زمان انجماد را بر مسب مقدار $(\frac{v}{s})_s$ و دمای ریفتن نشان می دهد.



شکل ۶۶ - ریشه دوم زمان کل ریختن و انجماد کما میل بر حسب دمای ریختن و نسبت حجم به سطح خاک کفکننده

همواره تغذیه های کور باید از طریق سطح بالایی با خارجی از قالب (اتمسفر) تماس داشته باشد و به این منظور معمولاً از تعبیه هواکش در سطح فوقانی تغذیه کور استفاده می شود و یا تغذیه توسط ماهیچه میله ای با هوای خارج مرتبط می گردد. چنین عملی برای تغذیه باز توسط شکاف دادن سطح بالایی صورت می گیرد.

استفاده از عایق حرارتی و یا به کار بردن مواد گرمازا در اطراف تغذیه ها به طور قطع سودمند است اما منحنیت استفاده از مواد گرمازا در سطح فوقانی تغذیه ها در مورد سوال است زیرا چنین عملی می تواند باعث ایجاد یک لایه نفوذناپذیر شود و ارتباط جویا تغذیه را قطع نماید.

دومین عاملی که می تواند باعث بروز عیوب ناشی از انقباض مذاب باشد آن است که حجم موثر تغذیه غیر کافی باشد. بخصوص اگر کلیه فاکتورهای فوق الذکر کنترل شده باشند و بازهم انقباض مذاب باقی باشد، لازم است مقدار افزایش یابد.

اگر عیب پدید آمده در قطعه فقط به واسطه انقباض ثانویه است، ابتدا باید ابعاد قطعه تولیدی مورد بررسی قرار گیرد. اگر ابعاد قطعه نشان داد که جابجایی دیواره قالب به مقدار زیادی صورت گرفته است، عیب ناشی از همین است و قالب باید با استمکام و صلیبیت بیشتری تهیه شود. اگر جابجایی دیواره قالب مشاهده نشد، تنها عامل محتمل که باعث ایجاد عیب ناشی از انقباض ثانویه شده است، زیاد بودن مقدار $(\frac{v}{s})_n$ می باشد. عیوبی که ضمن تولید گاه و بیگاه پدیدار می شوند و یا در بخشی از کل تولید وجود دارند به واسطه عدم کنترل کافی فوق و دمای ریختن و یا کیفیت قالب است.

طراحی قطعه بدون تغذیه گذاری

همانگونه که قبلاً ذکر شد، قطعات پدن داکتیل همواره به تغذیه گذاری نیاز ندارند. البته باید توجه کافی مبذول شود تا بین قطعاتی که به تغذیه گذاری احتیاج دارند و قطعاتی که به تغذیه مجزا نیاز ندارند ولی به همراه سیستم راهگای تغذیه می شوند، تشخیص صحیح حاصل شود.

شرایط لازم برای عدم تغذیه گذاری

قطعاتی از پدن داکتیل نیازی به تغذیه گذاری ندارند که شرایط زیر را کاملاً دارا باشند :

دمای ریفتن پایین باشد، دمای ریفتن کمتر از ۱۳۴۰ درجه سانتیگراد و ترجیحاً کمتر از ۱۳۱۵ درجه سانتیگراد باشد.

ریفتن مذاب سریع باشد و از میان راهگاه های فرعی نازک که سریعاً منجمد می شوند، صورت گیرد در این مال هواکش های کافی باید تعبیه شود تا فشار گاز داخل قالب سرعت ریفتن را کاهش ندهد.

شرط پایین بودن دمای ریفتن حداقل ضخامت مداره قطعه $(\frac{V}{S})$ را تا حد ۲۵ میلیمتر محدود می کند. علاوه بر آن حداقل ۳۰ تا ۵۰ درصد از حجم قطعه باید ضمیم تر شود. حداقل ضخامت تجربی مداره قطعه وقتی نسبت برابر ۲۰ میلیمتر بوده است، حاصل شده

است. در مورد قطعات تولیدی تجارتي برای حداقل مقدار $(\frac{V}{S})$ هیچگونه محدودیتی وجود ندارد. تاکنون قطعاتی که مقدار $(\frac{V}{S})$ آنها بیش از ۱۰۰ میلیمتر

باشد (ضخامت مداره قطعه برابر ۲۰۰ میلیمتر) بقبوبی بدون هیچگونه تغذیه گذاری تولید شده است.

انبساط خود قالب باید حداقل باشد.

کیفیت متالورژیکی پدن باید به حد کافی بالا باشد.

و آخرین نیاز آن است که صلیبیت قالب کافی باشد زیرا در غیر این صورت برای ضخامت های فوق الذکر قطعه با تغذیه گذاری یا بدون تغذیه گذاری دارای تفلفل فواید بود.

شرایط لازم برای تغذیه گذاری به همراه سیستم راهگای

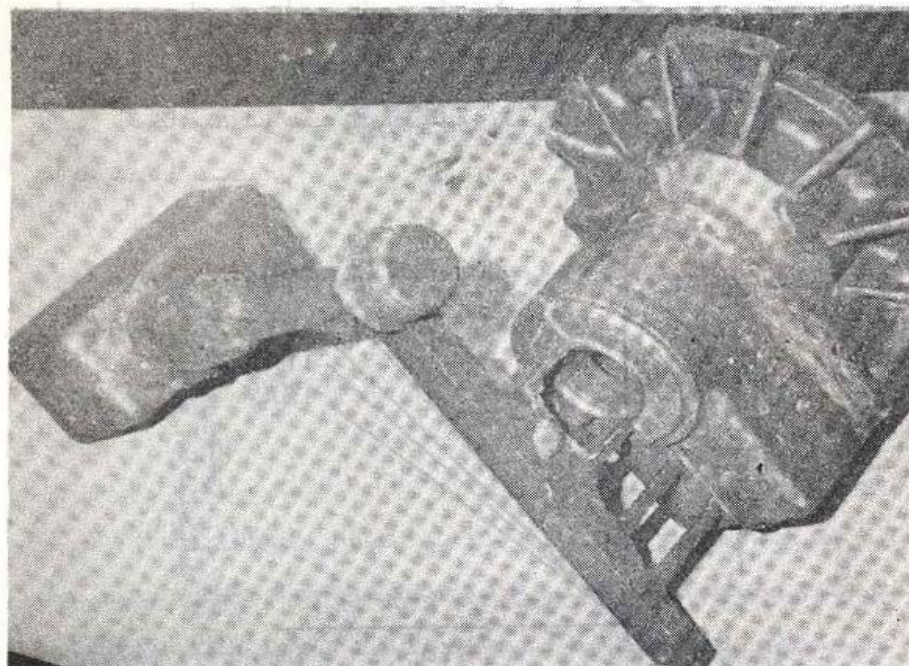
هر قطعه ای از پدن داکتیل که شرایط لازم را برای طراحی بدون تغذیه نداشته باشد می تواند به همراه سیستم راهگای و به صورت تلفیقی با آن تغذیه گذاری شود. امکان طراحی تغذیه به همراه سیستم راهگای فقط به مقدار یعنی به مقدار نسبت حجم به سطح فنک کننده بستگی دارد.

هنگامی که موضعه ذوب ریزی نقش تغذیه را داشته باشد یعنی به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند این عمل را انجام دهد، راهگاه های فرعی درمکم کردن تغذیه هستند. در این حالت ابعاد راهگاه یا راهگاه های فرعی در ابتدا با استفاده از شکل های ۶۳ و ۶۲ تعیین می گردد.

برای قطعاتی که در دمای بالا ریخته می شوند راهگاه های فرعی نسبتاً کوچک لازم است. اندازه راهگاه فرعی با افزایش ضخامت مداره قطعه بزرگتر می شود البته بزرگ شدن راهگاه فرعی تا مدی است که سیستم راهگای صحیح و متناسب باشد و هنگامی که بازدهی ریخته گری به واسطه این افزایش غیر قابل قبول باشد، تغذیه از سیستم راهگای مجزا می شود. مد تقریبی وقتی است که مقدار برابر ۵/۴ میلیمتر باشد. این مد در موقع استفاده از سیستم راهگای غیر فشاری می تواند تا ۵/۱۲ میلیمتر یا بیش از آن افزایش یابد. شکل ۶۲ نشان می دهد در مورد قطعاتی که مقدار بیش از ۸ میلیمتر است وقتی دمای ریفتن افزایش می یابد، کردن تغذیه کوچکتری مورد نیاز است. شکل ۶۷ یک نمونه از تغذیه گذاری به همراه سیستم راهگای را نشان می دهد.

مبرد گذاری

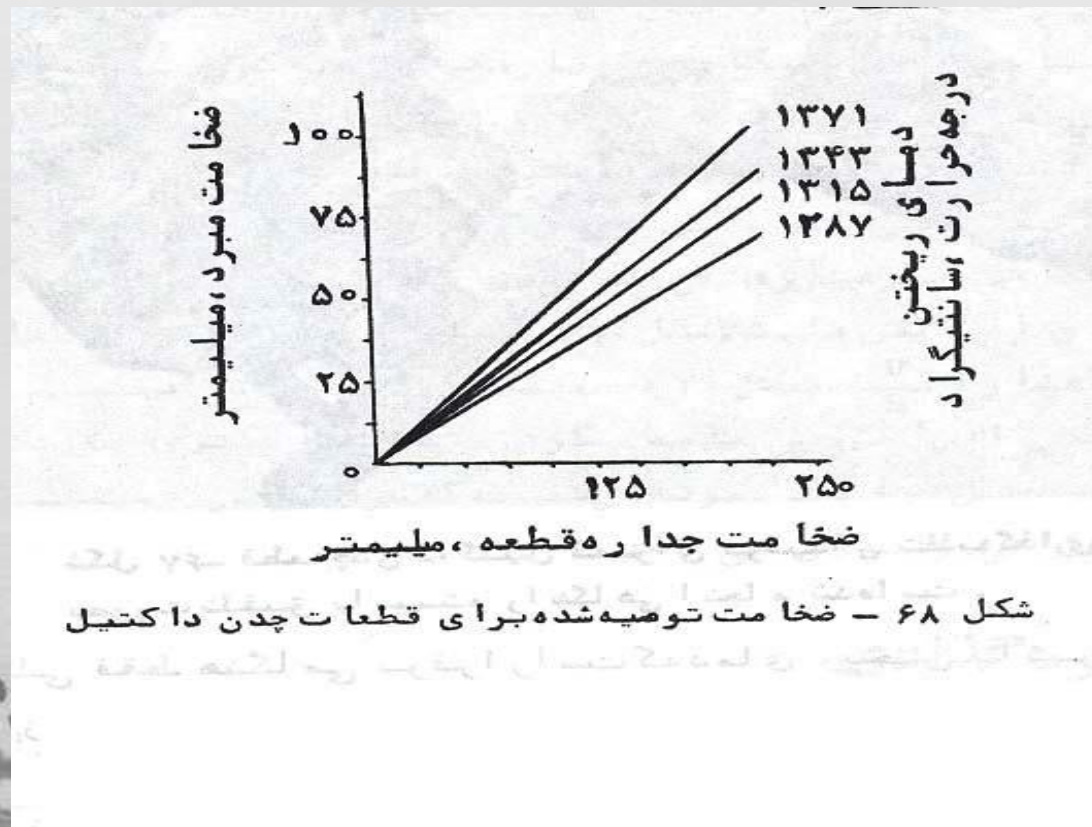
قطعات بزرگ چدن داکتیل که نیازی به تغذیه گذاری نداشته باشند به مبردهم امتیاج ندارند. البته احتمال دارد مبرد به منظور به دست آوردن ریز سافتار ظریف و خواص مکانیکی اصلاح شده، مورد استفاده قرار گیرد. کاربرد بخصوص مبردها زمانی است که ضخامت مقطع قطعه از ۲۴ تا ۵۰ میلیمتر باشد. در اینجا می توان مبردها را به های تغذیه به کار برد در صورتی که دمای ریختن از ۱۳۴۵ درجه سانتیگراد کمتر باشد. این شرط در حقیقت از آنجا کاشی می شود که تعادل و برابری بین انبساط و انقباض کلی فقط هنگامی برقرار است که دمای ریختن پایین تر از ۱۳۷۰ درجه سانتیگراد باشد (شکل ۵۴).



شکل ۶۷- قطعه چدن داکتیل که برای تولید آن تغذیه گذاری بصورت تلفیق با سیستم راهگای انجام شده است.

مبردگذاری باعث می شود که چدن داکتیل توسط مذف تقریبی مرحله انقباض مذاب، خود را تغذیه نماید. این عمل چنین صورت می گیرد که رشد پوسته جامد ادامه می یابد و انبساط حاصل از انجماد، انقباض مذاب را جبران می کند.

بنابراین عمل مبردها شبیه کار تغذیه ها یعنی جبران کردن انقباض مذاب است. برای یک قطعه می توان تغذیه گذاری یا مبرد گذاری کرد اما هر دو عمل را نمی توان توان با هم انجام داد مگر وقتی که مبردها به دلایل متالورژیکی مورد استفاده قرار می گیرند. ضخامت توصیه شده برای مبردها در شکل ۶۸ نشان داده شده است.



چدن باگرافیت کروی

مقدمه :

چدن های نشکن یا چدن های با گرافیت کروی ، خانواده ای از چدن ها هستند و همانطور که از اسمشان پیداست شکل گرافیت در آنها کروی است . همین کروی بودن گرافیت ها ، باعث افزایش استحکام و بقرمگی درمقایسه با چدن های باگرافیت ورقه ای می گردد .

اصولاً چدن نشکن با افزودن منیزیم Mg در مذاب ، تولید میشود . (چون منیزیم دردمای بالا تبخیر میشود معمولاً از آلیاژهای منیزیم استفاده میشود) . برای کروی شدن گرافیت های قطعاتی که در قالبهای ماسه ای تولید میشوند مقدار % ۰.۰۷-۰.۰۴ منیزیم باقیمانده در قطعات ریخته شده کافی میباشد . برای قطعاتی که در قالبهای فلزی تولید میشوند (مانند لوله ریزی) مقدار % ۰.۰۲ منیزیم باقیمانده کافی میباشد . افزودن سرب (Pb) ، به مقدار جزئی در آلیاژ منیزیم شکل گرافیت را بهبود می بخشد . همانطور که گفته شد برای کروی نمودن گرافیت ها ، به منیزیم احتیاج داریم که اگر میزان منیزیم از حد مورد نظر کمی کمتر باشد ، گرافیت های فشرده با استحکام و بقرمگی پائین تری بدست می آید . اگر مقدار منیزیم باقیمانده باز هم کمتر شود ، فقط گرافیت ورقه ای تولید میشود . اصولاً چدن نشکن درمقایسه با چدن گرافیت ورقه ای ، تمایل به تبرید بیشتری دارد و برای بدست آوردن سافتار عاری از کاربرد مخصوصاً در مقاطع نازک ، لازم است جوانه زایی با آلیاژ سیلیسیم Si انجام شود . وقتی که چدن نشکن ریخته میشود اگر کاربرد در سافتار ظاهر شود ، با عملیات حرارتی مناسب میتوان کروی را برای قطعاتی که در قالبهای ماسه ای ریخته میشوند نشان میدهد . اندازه گرافیت های کروی میتواند روی خواص مکانیکی تاثیر بگذارد . اندازه گرافیت ها به دو پارامتر بستگی دارد :

۱- آهنگ سرد شدن یا اندازه سطح مقطع . چون مقاطع نازک سریع سرد میشوند ، تعداد بیشتری گرافیت کروی خواهند داشت .

۲- جوانه زنی با آلیاژ سیلیسیم ، افزایش تعداد گرافیت های کروی و کاهش تمایل به تبریدی بودن مخصوصاً در مقاطع نازک را باعث میشود . افزایش مقدار جوانه زا باعث افزایش تعداد گرافیت های کروی میشود .

درمیان ریخته گری میتوان چدنهایی با سافتار زمینه فریت ، پرلیت ، مخلوط فریت پرلیت ، آستنیت ، بینایت و مارتنزیت تولید نمود ، چدن های نشکن پرلیتی استحکام بالایی دارند ولی بقرمگی آنها کمتر است . چدن های نشکن فریتی استحکام کمتری دارند ولی ازدیاد طول نسبی آنها بیشتر و مقاومت به ضربه شان خوب است .

انتخاب ترکیب شیمایی

تمام عناصر موجود در جدول تناوبی روی ساختار و خواص چدن نشکن اثر می گذارند . بعضی از این عناصر بصورت عمده حضور دارند و بعضی از این عناصر به مقدار جزئی هستند که روی تولید چدن نشکن اهمیت زیادی دارند . هر عنصر میتواند روی موارد ذیل : تاثیر داشته باشد .

- ایجاد یا از بین بردن کاربید .
- شکل و پخش گرافیت یا کاربید .
- ساختار زمینه .

سیلیسیم Si

سیلیسیم عنصری است که تاثیر بسیار زیادی در ساختار و خواص مکانیکی چدنهای نشکن داشته و کنترل آن بمنظور دستیابی به ساختارهای مطلوب ، چه در حالت ریخته گری و چه به صورت عملیات حرارتی شده الزامی است . بطور معمول میزان سیلیسیم در چدنهای نشکن $0.8\% - 1.0\%$ بوده و با افزایش آن اولاً احتمال تشکیل کاربیدهای یوتکتیک کاهش یافته و ثانیاً در تعیین ساختار زمینه چه در حالت ریخته گری و چه در حالت عملیات حرارتی شده موثر می باشد بطوری که ساختار پرلایت به سمت فریت متمایل می گردد . البته مقدار نسبی فریت و پرلایت به حضور یا عدم حضور عناصر دیگر و مقدار آنها بستگی دارد . با افزایش میزان سیلیسیم ، گرافیت زایی از پرلایت و کاربید یوتکتیک در همین عملیات حرارتی ، سریع تر صورت میگیرد . افزایش سیلیسیم موجب افزایش تعداد گرافیت های کروی و کاهش اندازة (SIZE) هسته های یوتکتیک در چدنهای نشکن خواهد شد .

تأثیر سیلیسیم روی خواص مکانیکی چدنهای نشکن فریتی

درمالیکه افزایش میزان سیلیسیم درچدن نشکن موجب افزایش مقدارفریت و کاهش مقدار پرلیت میگردد ، استمکام کششی کاهش و ازدیاد طول نسبی افزایش

مقاومت به ضربه

با افزایش میزان سیلیسیم ، دمای تبدیل شکست نرم به تردد (TT) افزایش می یابد . فسفر P و منگنز Mn نیز اثر مشابهی دارند . شروع تبدیل شکست نرم به ترد درچدنهای نشکن با افزایش سیلیسیم از دمای معمولی اطاق بالاتر است . شکست ترد سطح براق دارد و دلیل آن انعکاس نور ازمرز دانه ها میباشد . درشکست های نرم ، شکست از مرز دانه های فریتی شروع شده و درمسیر گودال های گرافیت ادامه پیدا می کند و به همین دلیل شکست نرم سطح فاکستری دارد .

استمکام کششی

سیلیسیم فریت را محکم و سفت می نماید ولی درچدنهای نشکن فریتی تحت تنش های کششی ، میزان سیلیسیم بالاتر از حد ذکرشده (۰.۸٪) احتمال تبدیل شکست نرم به ترد را افزایش میدهد . با افزایش میزان سیلیسیم سفتی افزایش و درصد ازدیاد طول نسبی کاهش مییابد .

انتخاب میزان سیلیسیم

برای تعیین میزان سیلیسیم مواد زیر را باید درنظر گرفت :

- ۱- مشخصات فنی قطعات ، مخصوصاً مقاومت به ضربه . درازای درصد بالای سیلیسیم ، دمای شکست نرم به ترد افزایش می یابد . بنابراین درقطعاتی که مقاومت به ضربه خوبی لازم دارند مقدرا سیلیسیم باید مداخل باشد .
- ۲- اگر کیفیت مواد شارژی پائین باشد ، میزان سیلیسیم بالا توصیه میشود .
- ۳- اگر قرار باشد قطعات پس از آتیلینگ تمویل داده شوند ، میتوان از میزان سیلیسیم پائین استفاده نمود .
- ۴- اگر عمل جوانه زایی درست وباموفقیت انجام بگیرد، میزان سیلیسیم میتواند کم باشد .

در حال حاضر، در تمام کارخانه ها ، برای کروی نمودن گرافیت‌های چدن نشکن از منیزیم ، استفاده می‌گردد. در ضمن عناصر جزئی مانند سریم و عناصر فاسی نادر موجود در آلیاژ فروسیلیس منیزیم $Fe-Si-Mg$ برای فنتی کردن عناصر جزئی مضر و راندمان بهتر در عمل جوانه زایی ، اهمیت زیادی دارند .

روش افزودن منیزیم بطرق مختلف اعم از ساده و پیچیده میباشد . در انتخاب یکی از این روشها برای یک کارگاه محین باید فاکتورهای زیادی مورد نظر قرار گیرد و در بین آنها مهمترین فاکتور ها با تعیین اولویتهای مشخص گردد. فاکتورهای اصلی به قرار زیر میباشند .

۱- روش انتخاب شده نباید با ایجاد نور و دود همراه باشد .

۲- قیمت تمام شده چدن تولیدی باید مداخل باشد .

۳- روش نباید احتیاج به سرمایه گذاری زیاد در تجهیزات داشته باشد .

۴- کیفیت چدن تولیدی باید مطلوب باشد .

۵- روش باید توانایی ریختن قطعات با وزن های مختلف را دارا باشد .

برای تولید چدن نشکن مرغوب باید کنترل دقیق به عمل آید تا مقدار منیزیم باقیمانده کم یا زیاد نباشد . از آنجائیکه دما و ترکیب شیمیائی برای بازیابی منیزیم ۱ موثر میباشند ، فرایند و مواد مناسب کروی سازی مطلوب ، بزرگترین عوامل بالقوه برای تخیرات منیزیم باقیمانده میباشد . باید متذکر شد که مناسبترین فرآیند موجب می‌گردد که منیزیم باقیمانده در محدوده ای بسیار نزدیک به هم قرار داشته باشد . هنگامیکه محدوده مقدار منیزیم باقیمانده وسیع باشد ، مشخص می‌گردد که بازیابی منیزیم بسیار ضعیف و عمل افزودن

منیزیم نامناسب بوده است .

مشکلات افزودن منیزیم

افزودن منیزیم و آلایژ آن در مذاب چدن مشکلاتی در پی دارد که تاکنون در تمام روشهای کروی نمودن کاملاً حل نشده است .

میزان پائین ملالیت LOW Solubility

منیزیم بمقدرا خیلی کم در مذاب چدن حل میشود. بنابراین آلایژ منیزیم با آهن بصورت فرومنیزیم Fe-Mg به هیچ وجه مورد استفاده قرار نمیگیرد .

نقطه جوش پائین Low Boiling Point

وارد کردن منیزیم خالص به چدن مذاب مشکل میباشد زیرا منیزیم در درجه حرارت ۱۱۰۲ درجه سانتی گراد می جوشد که خیلی پائین تر از حرارت مذاب میباشد . بعلاوه فشار بخار زیاد منیزیم در دمای کروی نمودن ، ملالیت منیزیم را بسیار دشوار می سازد.

وزن مخصوص Density

وزن مخصوص منیزیم 1.47 g/cm^3 که خیلی پائین تر از وزن مخصوص چدن است. چون منیزیم سبکتر است روی سطح مذاب می آید که باعث جوشیدن واکسید شدن منیزیم و نتیجتاً کاهش راندمان بازیابی منیزیم میگردد.

دود واکنش منیزیم در هوا باعث ایجاد دود و آلودگی محیط میشود. درچنین شرایطی تجهیزات تصفیه و غبارگیری لازم می باشد.

روشهای مختلف کروی سازی

روش ساندویچی

کروی نمودن با روش ساندویچی استفاده وسیعی دارد. در مال ماضر تقریباً ۷۰٪ از تولید چدن نشکن به روش ساندویچی میباشد. اگر عملیات با دقت انجام گیرد، راندمان منیزیم باقیمانده زیاد میشود. اکثر ریخته گران هنوز به مزایای این روش کاملاً پی نبرده اند. اگر به موارد زیر توجه بیشتری بشود، صرفه جویی در استفاده از آلیاژ فروسیلیس منیزیم و نیز افزایش راندمان آن امکانپذیر خواهد بود.

۱- طراحی پاتیل، مخصوصاً ارتفاع پاتیل برای جلوگیری از پاشیدن مذاب. (مقدار زیادی از منیزیم از طریق پاشیدن مذاب به بیرون تلف میشود.)

۲- ساختن مفره مناسب برای نگه داشتن آلیاژ فروسیلیس منیزیم و تمیزنگه داشتن این مفره، با اضافه پوشش نسبتاً سنگین روی آلیاژ فروسیلیس منیزیم.

برای روش ساندویچی از پاتیل بلند و نسبتاً باریک استفاده میشود. در کف پاتیل مفره ایی برای ریختن آلیاژ فروسیلیس منیزیم و ماده پوشش تعبیه شده است. ماده پوشش میتواند ورق آهن نازک یا براده آهن، پودر کربید کلسیم CaC_2 یا ماسه رزینی باشد. مواد پوشش، واکنش منیزیم را به تأخیر می اندازند. به طوری که ابتدا مقداری ذوب وارد پاتیل شده و آنگاه واکنش شروع میشود. بلافاصله در قسمت بالای پوشش قسمتی از مذاب منجمد شده و ساختمان آن بصورت دانه های سریع شده (Chilled Metal) میگردد و در اثر جوشیدن این لایه سردتر چدن، راندمان بازیابی منیزیم افزایش می یابد. برای بازیابی بهتر مواد کروی کننده، باید به ارتفاع پاتیل دقت نموده و سرعت ریختن را بیشتر نمود. اکثر ریخته گری ها گزارش میدهند که بازیابی منیزیم با روش ساندویچی ۴۰٪-۵۰٪ میباشد. یکی از مضرات این روش کم شدن دما به علت ذوب شدن آلیاژ فروسیلیس منیزیم و مواد پوشش میباشد.

افزودن منیزیم در راهگاه

یکی از روشهای نسبتاً جدید افزودن منیزیم در راهگاه میباشد. طراحان فرایند مذکور امتیازاتی نظیر افزایش کیفیت، بهبود مسائل اقتصادی و محیطی را مدعی شده اند. از میان آنها مهمترین پارامترهایی که قابل توجه هستند از بین رفتن مسائل میرایی، امکان ذوب ریزی اتوماتیک و از بین بردن دود و نور فیره کننده در عملیات کروی سازی میباشد. برعکس، بعضی از مسائل مانند طراحی محافظ آلیاژ، لزوم محدود کردن ورود ناخالصی ها در قطعات، انتخاب آلیاژ کروی کننده مناسب و بالاخره تطابق کنترل کیفیت با روشهای تولید بایستی دقیقاً بررسی گردد. کنترل دقیق میزان گوگرد در مذاب روی عمل کروی سازی اهمیت زیادی دارد. حداکثر میزان گوگرد در مذاب نباید بالاتر از ۰.۰۱٪ باشد.

کلیات روش افزودن منیزیم در راهگاه

چندین سال است که مهندسین و پژوهشگران زیادی، روشهای مختلفی را برای تاثیر بیشتر جوانه زایی چدن بررسی میکنند. مشخص شده بود که حداکثر تاثیر عناصر کروی کننده در زمان کوتاهی بین شروع انجماد و افزودن جوانه زا میباشد. لذا وارد کردن جوانه زا بطور مستقیم در داخل قالب و یا در اویل راهگاه اصلی یا در مقابل جریان راهگاه فرعی قطعه مفید بنظر میرسید. پس از آزمایش، قابلیت انجام عملیات کروی سازی طبق همین تئوری اثبات گردید ولی برای انجام این هدف دو پارامتر اصلی بایستی مورد توجه قرار گیرد.

- ۱- آلیاژ افزودنی بایستی سریعاً مل شود و از شروع تا پایان ذوب ریزی از اثبات عیار قابل توجهی برخوردار باشد .
- ۲- باقیمانده آلیاژ که مل نشده بدافل قطعه راه نیابد .

برای برطرف کردن این نیازها (که سازگاری زیادی هم ندارند) راه ملهای متعددی در رابطه با محل افزودن و شکل فیزیکی مناسب مناسب آلیاژ پیشنهاد شده است . اگر آلیاژ بصورت یکپارچه باشد ودانه های آن فشرده و به اندازه ای بزرگ باشند که درپایان ذوب ریزی مل نشوند ، نمیتوانند به وسیله سیستم راهگاهی به داخل قالب کشیده شوند . این حالت متناسب با نیاز آخر میباشد اما اطمینان از مل شدن یکنواخت و ثابت درقسمتهای مختلف وجود ندارد .

برای مل شده یکنواخت مواد مورد نیاز جهت کروی سازی راه مل مناسبی ارائه گردیده و آن عبارتست از قرار دادن دانه های آلیاژ دریک محفظه مناسب بطوریکه در شرایط یکنواخت جریان مذاب ، عملاً سرعت مل شدن مواد هنگام ذوب ریزی ثابت نگه داشته میشود با ایجاد یک تنگه () Chock درجهت سیستم ، امکان دسترسی به این شرایط وجود دارد .

محفظه آلیاژ باید طوری طراحی شود که درمقاطع مختلف ثابت نگه داشته شود . بنابراین مسامت سطح مقابل جریان مذاب همیشه درهنگام ذوب ریزی ثابت میماند . برای یک آلیاژ مخصوص سرعت مل شدن به اندازه محفظه و سایر پارامترهای قطعه بستگی خواهد داشت . درواقع عیار آلیاژ مل شده درمذاب درواحد زمان ، نسبت مستقیم با سطح آلیاژ درحال تماس با جریان مذاب و نسبت معکوس با سرعت جریان مذاب دارد . باتوجه به این مسئله فاکتور ملالیت که نسبت سرعت جریان مذاب به مسامت سطح مقطع محفظه محافظ آلیاژ میباشد ، مشخص میشود .

$$(\text{فاکتور ملالیت} = \frac{\text{سرعت جریان مذاب}}{\text{مساحت سطح مقطع محفظه}})$$

فاکتور ملالیت نشان دهنده قابلیت کم یا زیاد یک سیستم برای مل کردن آلیاژ مورد استفاده میباشد .

انتخاب آلیاژ

برای عملیات کروی سازی در داخل قالب ، آلیاژ مورد نظر بایستی دارای خواص ویژه ای باشد . درحقیقت سرعت حل شدن آلیاژ در اثر تماس با مذاب ، در قالب خیلی پائین باشد ، کروی سازی در قسمت اول قطعه کم و اگر ملالیت زیاد باشد کروی سازی در قسمت آخر قطعه کم خواهد بود . به این ترتیب چنین آلیاژی برای استفاده در قالب مناسب نمیباشد .

طراحی محفظه محافظ آلیاژ

قسمت اساسی یک محفظه خوب برای کروی سازی در داخل قالب ، قسمت افقی آن ، و مخصوصاً ثابت ماندن آن در ارتفاع های مختلف میباشد . مطلب مهم این است که اجزای محفظه محافظ آلیاژ ، برای برطرف کردن نیازهای زیر بطور مناسبی انتخاب شود .

۱- محفظه باید اجازه جریان منظم مذاب روی آلیاژ را داده ، و حل تدریجی آن را آسانتر کند .

۲- طرح محفظه باید طوری باشد که انتقال آلیاژ توسط جریان مذاب بدرون قالب در پائین ترین حد نگهداشته شود .

در صورت تساوی سایر شرایط ، هر قدر عمق محفظه بیشتر باشد حل شدن یکنواخت آلیاژ کمتر خواهد بود . با ملاحظه کار انجام شده کاملاً مشهود است که بین سرعت جریان مذاب اندازه آلیاژ و سطح مقطع محفظه رابطه ای وجود دارد . این رابطه فاکتور ملالیت تعریف میشود .

کنترل فاکتور ملالیت

فاکتورهایی که سرعت حل شدن آلیاژ را کنترل میکنند عبارتند از:

۱- دمای مذاب

۲- سرعت ریختن $\text{kg}/8\text{cc}$

۳- سطح مقطع محفظه واکنش cm^2

۴- اندازه مواد کروی کننده

تجربه کاری نشان میدهد که بین سرعت حل شدن ، سرعت ریختن و سطح محفظه واکنش رابطه ای وجود دارد . براساس این رابطه سرعت حل شدن مواد کروی کننده را میتوان به سهولت با تغییر سطح محفظه واکنش تغییر داد . این رابطه برای یک آلیاژ معین مطابق رابطه زیر میباشد

kg/s سرعت ریختن

= فاکتور حل شدن

cm^2 (سطح مقطع محفظه واکنش)

برای کروی سازی ، فاکتور حل شدن به میزان 0.05 kg/s.cm^2 بعنوان راهنمایی عمومی انتخاب گردیده است . در صورتی که این فاکتور بیش از این رقم باشد میزان حل شدن کم خواهد بود و بعلت تقلیل عملیات کروی سازی ، وضعیت قطعه از نظر کروی بودن ضعیف خواهد بود . (مقدار منیزیم باقیمانده کم میشود) برعکس ، چنانچه فاکتور حل شدن کم باشد ، سرعت حل شدن زیاد بوده و در نتیجه قبل از به اتمام رسیدن ریختن مذاب ، تمام مواد آلیاژی حل میشوند .


ملاحظات فنی آلیاژهای کرومی کننده

یکی از آلیاژهای کرومی کننده که بیشترین استفاده را در تولید چدن نشکن دارد ، فروسیلیس منیزیم میباشد . از انواع مختلف آلیاژهای فروسیلیس منیزیم موجود ، فروسیلیس منیزیم با ۰.۵٪ منیزیم بیشترین استفاده را دارد . معمولاً فروسیلیس منیزیم با ۵٪ و ۱۰٪ و ۲۹٪ منیزیم آلیاژهای استاندارد میباشد ولی اخیراً آلیاژهای فروسیلیس منیزیم با میزان ۳.۵-۲.۵٪ منیزیم بمنظور کاهش دود و نور خیره کننده تولید شده اند . اکثر آلیاژهای فروسیلیس منیزیم ، عناصری مثل سرب ، کلسیم ، آلومینیم و عناصر فاسی نادر را دارند . اصولاً عناصر فوق درفنتی کردن اثرات مضر که بعضی از عناصر جزئی دارند و نیز بهبود بفشیدن به شکل گرافیت موثر هستند . به اضافه خواص فوق ، این عناصر قدرت جوانه زایی را افزایش میدهند و از تشکیل گرافیت پوک ، مخصوصاً ضمیم و سنگین جلوگیری مینمایند.

اصولاً استفاده از فروسیلیس منیزیم آسانترین روش برای افزودن میزان سیلیسم درمذاب میباشد . اگر محدودیت درمیزان سیلیسیم باشد مقدار فروسیلیس منیزیم و مقدار برگشتی ها باید بدقت محاسبه شود .

در انجماد پدن با گرافیت ورقه ای ، یوتکتیک گرافیت و آستنیت تشکیل میشود . در انجماد ، این یوتکتیک گرافیت و آستنیت با مذاب در تماس است . رشد دندریت های آستنیت و هسته های گرافیت ورقه ای تا زمانی که ذوب کاملاً منجمد شود ، ادامه خواهد داشت . و هسته های گرافیت ورقه ای تا زمانی که ذوب کاملاً منجمد شود ، ادامه خواهد داشت . انجماد یوتکتیک گرافیت در پدن نشکن نسبت به پدن با گرافیت ورقه ای در دمای بالاتری شروع میشود . در مین انجماد پدن نشکن ، پوسته ای از آستنیت پیرامون گرافیت کروی تشکیل میشود . و بهمین علت ، فقط فاز آستنیت با مذاب در تماس خواهد بود و چنین انجمادی رانیویو تکتیک مینامد هر واحد گرافیت کروی و پوسته آستنیت دور آن را میتواند یک هسته در نظر گرفت که کربن باید به داخل این هسته نفوذ کند تا رشد گرافیت کروی کامل شود . نتیجتاً این فرایند نسبت به انجماد پدن فاکستری ، با سرعت کمتری انجام میشود و با شروع انجماد نیویوتکتیک هسته سازی گرافیت کروی به اتمام میرسد .

با براین تعداد گرافیت های کروی در مرحله اول انجماد تعیین میشود . با ادامه انجماد تا دمای یوتکتیک گرافیت های داخل پوسته های آستنیتی به رشد خود ادامه خواهند داد . تعداد و میزان کروی شدن گرافیتها بر روی خواص پدن نشکن تأثیر بسزایی دارد . وقتی تعداد هسته ها یا پوسته های آستنیت کم باشد . مناطق برای نفوذ کردن به داخل پوسته آستنیت کمتر شده ، و نتیجتاً تعداد گرافیت های کروی کاهش می یابد . بسته به فرایند تولید ، احتمال ایجاد گرافیت ورقه ای یا کروی ناقص و یاسمنتیت وجود دارد .



آنالیز اطلاعات و اقدامات عملی برای تهیه
چدن داکتیل به روش ساندویچی

میزان بازیابی موجود در انواع روش های کروی سازی گرافیت

$$\text{بازیابی} \% = \left[\frac{\text{درصد نهایی حجمی منیزیم}}{(\text{حجم گوگرد ابتدایی} \% - 3/4 (\text{منیزیم اضافه شده} \%))} \right] \times 100$$

- مقدار بازیابی یکی از فاکتورهای مهم در نوع و روش مورد استفاده برای کروی کردن گرافیت ها می باشد که بایستی از نظر اقتصادی و راندمان کار مقرون بصرفه باشد.
- در این حالت بایستی از روش هایی استفاده نمود که دارای بازیابی و راندمان کاری بالایی داشته باشد.
- میزان بازیابی هر کدامیک بصورت زیر است:
- ✓ ۵۰٪ برای اضافه نمودن آلیاژ نیکل - منیزیم ۱۵٪ در بوته
- ✓ ۴۰٪ برای استفاده از روش ساندویچی با ۹٪ فروسیلیکو منیزیم
- ✓ ۶۰٪ برای استفاده از روش ساندویچی با ۵٪ فروسیلیکو منیزیم
- ✓ ۵۰٪ برای اضافه نمودن منیزیم خالص در کنورتور
- ✓ ۴۵٪ برای روش سیستم راهگاهی و قالب

کلیه ی این عملیات هسته گذاری و تلقیح در دمای 1450°C مقدار گوگرد موجود در این چدن ها نیز بایستی کمتر از ۰/۰۱ درصد باشد.

مراحل انجام فرآیندهای کار برای طراحی سیستم راهگاهی

■ مرحله ی نخست در ریختگری روش ساندویچی، طراحی نوع سیستم راهگاهی آن از چوب می باشد، که کلیه ی فرآیند آماده سازی آن در مباحث قبل به تفصیل بیان گردیده است.

■ برای این امر با برداشت اطلاعات مورد نیاز از قبیل ارتفاع درجه و دیگر موارد، شروع به ساخت قطعات سیستم راهگاهی نمودیم که کلیه ی این فرآیند در بخش مدلسازی صورت پذیرفت، که می توان شکل قطعات سیستم راهگاهی را در اسلاید بعد ملاحظه نماییم.

■ طراحی سیستم راهگاهی یکی از مهمترین قسمت ها می باشد که منجر به تهیه ی یک قطعه ی سالم، و مطمئن از هرگونه عیبی برای ما می شود.

محاسبه ی سیستم راهگاهی

محاسبه ی چدن مورد نیاز

جرم مدل آلومینیومی: ۱۱۱۲ gr

چگالی آلومینیوم: ۲/۷ gr/cm³

چگالی چدن: ۷/۸ gr/cm³

مقدار مورد نیاز چدن برای این قطعه: ۳۲۱۲/۴۴ gr

ابتدا از جدول زیر فرمولی برای بدست آوردن سرعت بار ریزی استخراج میکنیم

نوع آلیاژ	رابطه تجربی برای محاسبه زمان بار ریزی	توضیحات
چدن های نشکن	$t = K\sqrt{G}$ ✓	<p>برای قطعات ریخته گری شده در قالب های پوسته ای به طور عمودی</p> <p>G = وزن قطعه ریخته گری (کیلوگرم)</p> <p>K = ضریبی که به ضخامت پوسته قالب بستگی دارد و مقدار آن به صورت زیر است:</p> <p>برای ضخامت های کمتر از ۱۰ میلی متر</p> <p>$K = 1/4$</p> <p>برای ضخامت های بین ۱۰ تا ۲۵ میلی متر</p> <p>$K = 1/8$</p> <p>برای ضخامت های بیشتر از ۲۵ میلی متر</p> <p>$K = 2$</p>
	$t = S^2\sqrt{\delta G}$	<p>برای قطعاتی به وزن (۴۵۰-۱۰۰۰) کیلوگرم</p> <p>S مطابق جدول (۵-۷) به دست می آید.</p>

سرعت بار ریزی : t

وزن قطعه بر حسب کیلو گرم : G

$k=1.8$

$$t = k\sqrt{G} \implies t = 1.8\sqrt{3.212} = 3.2 \blacksquare$$

محاسبه ی سرعت واقعی مذاب از سطح مقطع تنگه

حدود تقریبی ضریب ریختگی برای آلیاژهای مختلف

ضریب ریختگی μ	آلیاژ
۰/۲۷ - ۰/۵۵	چدن ها
۰/۳ - ۰/۴۵	فولادها
۰/۶ - ۰/۷	فلزات و آلیاژهای غیر آهنی

$$U = \mu \sqrt{2ghe} \longrightarrow U = 0.4\sqrt{2} \times 981 \times 15 = 68.62$$

U (cm/s) سرعت واقعی مذاب خروجی از سطح مقطع تنگه:

μ : ضریب ریختگری

g : شتاب ثقل (cm/s²)

he : ارتفاع موثر (cm) $He=h$

تعیین نسبت سیستم های راهگاهی

در این قسمت برای تعیین سیستم راه گاهی بایست از جدول زیر کمک گرفت

نسبت راهگاهی متداول $A_s:A_r:A_G$	نوع سیستم	فلز یا آلیاژ
۱ : ۲ : ۱/۵ ۱ : ۳ : ۳ ۱ : ۱ : ۰/۷ ۱ : ۲ : ۲ ۱ : ۱ : ۱	غیر فشاری غیر فشاری فشاری غیر فشاری —	فولاد
۱ : ۴ : ۴ ۱ : ۱/۳ : ۱/۱	غیر فشاری فشاری	چدن خاکستری
۱۰ : ۹ : ۸ ۱ : ۲ : ۲ ۴ : ۸ : ۳ ۱/۲ : ۱ : ۲	فشاری غیر فشاری فشاری غیر فشاری	(ریخته گری در قالب ماسه ای خشک) چدن نشکن (ریخته گری در قالب پوسته ای بطور عمودی) ✓
۱ : ۲ : ۴ ۱ : ۲ : ۱ ۱ : ۳ : ۳	غیر فشاری فشاری غیر فشاری	آلومینیم
۱ : ۱ : ۱ ۱ : ۱ : ۳	—	برنج (آلیاژ مس — روی)

$$A_c(\text{cm}^2) = M / p \cdot t \cdot v$$



$$A_s = 3212.44 / 7.8 \times 3.2 \times 68.62 = 1.87$$

M : جرم مذاب

P : جرم مخصوص

t : زمان

V : سرعت واقعی مذاب

A_s	A_G	A_r
سطح مقطع (اهبار)	سطح مقطع (اهبار)	سطح مقطع (اهبار)
۴	۸	۳
۱۶.۴۹	۴.۹۸	۱.۸۷

انتخاب سطح مقطع راهگاه . راهبار و راهباره

- سطح مقطع راهگاه : دایره
- سطح مقطع راهباره : مثلث
- سطح مقطع راهبار: دوزنقه

■ محاسبه ی اندازه ی سیستم راهباره

$$1.87 = b \times h/2 \Rightarrow b=1.87$$

• محاسبه ی اندازه ی سیستم راهگاه

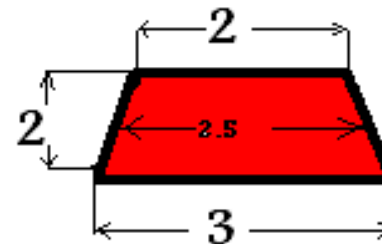
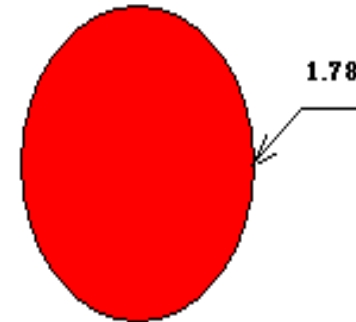
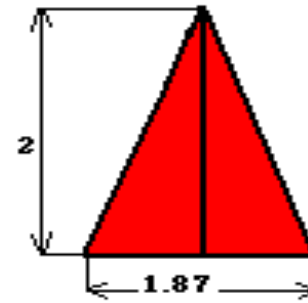
$$2.49 = \pi D^2/4 \Rightarrow D=1.78$$

• محاسبه ی اندازه ی سیستم راهبار

$$4.98 = L \times h \Rightarrow L=2.5$$

$L1=2$

$L2=3$

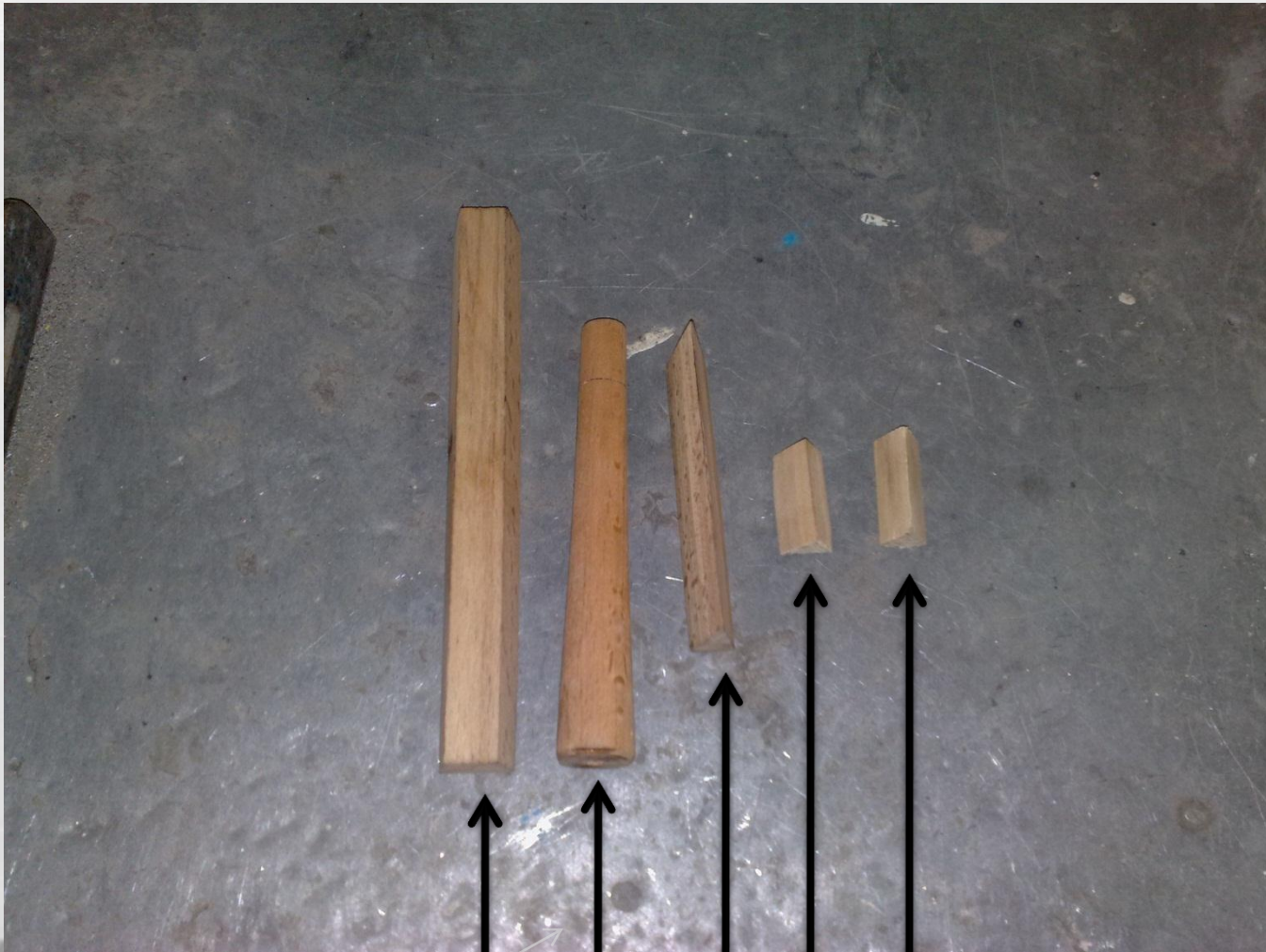


$$4.98 = L \times h \rightarrow L=2.5$$

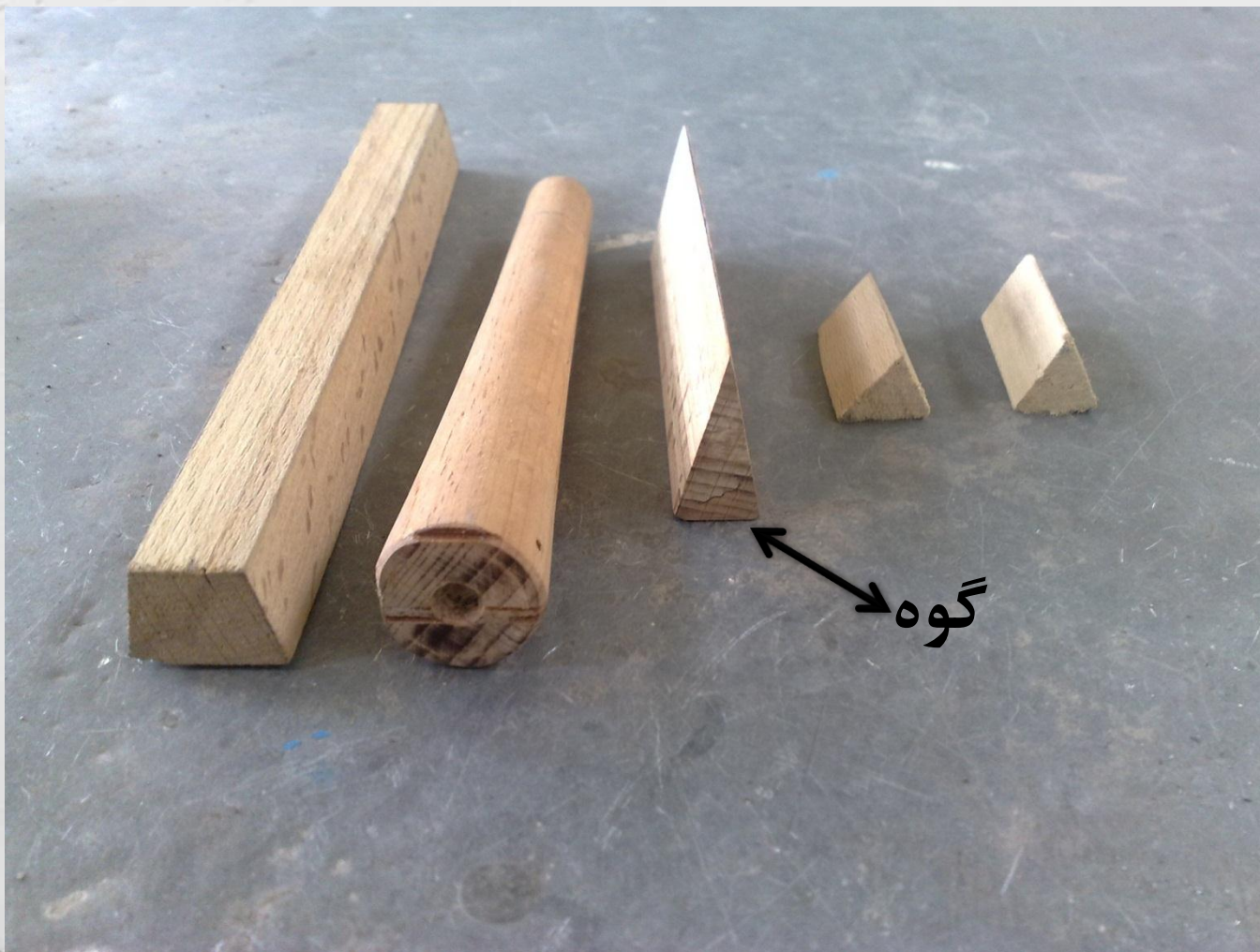
$$L1=2$$

$$L2=3$$

$$4.98 = L \times h \rightarrow L=2.5$$



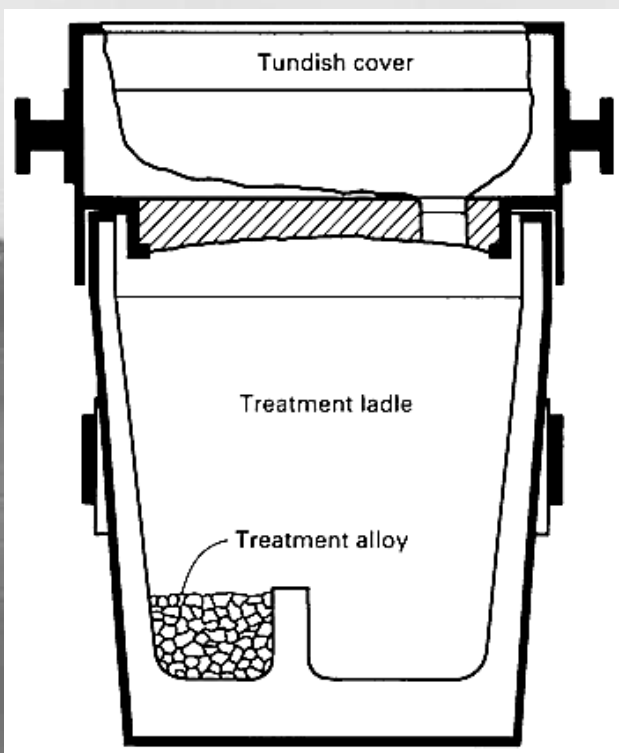
ی گاه زای سیستم راه اج



مراحل انجام فرآیندهای کار در ریختن و تهیه مذاب

■ در ابتدای امر، نیاز به طراحی و تعبیه ی بوتۀ ی مورد نظر است که برای ریختن مذاب از بوتۀ ی اولیه به بوتۀ ی ثانویه می باشد.

■ این بوتۀ مخصوص تهیه ی مذاب به روش ساندویچی می باشد که دارای چندی متعلقات و طراحی بخصوصی می باشد. از جمله ی این طراحی های بخصوص و مجزا در این روش می توان نیاز به درپوش بوتۀ یا همان تاندیش، و قسمت بندی با دیرگداز در کف بوتۀ می باشد، که شکل هر دوی آن را بطور شماتیک می توان در تصویر زیر، و تصویر بوتۀ ی طراحی شده ی خودمان را در اسلاید بعد مشاهده نمود.

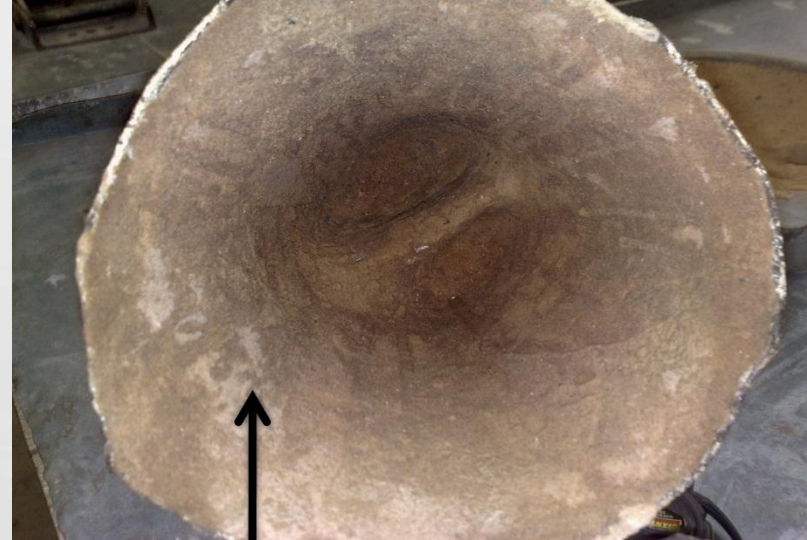


■ همانطور که در تصویر ملاحظه می نمایید، درپوشی در بالای بوتۀ قرار داده شده که از پریدن مذاب به بیرون و خطراتی که ممکن است در این مرحله بوجود آید، جلوگیری نماید؛ چراکه این روش از تولید چدن داکتیل به نسبت دیگر روش ها خطرناک تر می باشد. چونکه در تهیه ی چدن های داکتیل در انواع روش ها از فروسیلیکم منیزیم به عنوان کروی کننده ی گرافیت ها مورد استفاده قرار می گیرد، و یک واکنش بسیار گرمازا و قوی یی دارد، سبب می گردد که مذاب به بیرون ریخته شود و خطرات ناشی از سوختگی با مذابی نزدیک به ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد را ایجاد نماید.

به همین دلایل بایستی در نوع مواد مصرفی و محافظتی در این روش دقت بسیار زیادی به عمل آید، که درپوش یکی از آن کارایی ها را بازی می نماید.



تاندیش یا در پوش



درون محفظه بوته و تقسم بندی کف آن





بوته قبل از قرار دادن تاندیش بر روی بوته بوته بعد از قرار دادن تاندیش بر روی آن

مراحل انجام فرآیندهای کار برای قالبگیری مدل رنده

■ مرحله ی بعدی در فرآیند ریختگری، ساخت قالب از مدل مودد نظر که همان رنده می باشد است. در این مرحله یک درجه ی مورد نظر مد نظر قرار می گیرد تا بتوان این مدل طیل را در آن قالبگیری نمود.

■ قبل از آن نیاز به طراحی سیستم راهگاهی می باشد، که قبلاً صورت پذیرفته است.

■ در مرحله ی قالبگیری این مقاطع راهگاهی نیز در قالب نیز بایستی تعبیه گردد.

■ پس از قرار دادن راهبار و راهباره ها، شروع به ریختن ماسه و دیگر فرآیندهایی که می دانیم می کنیم، که می توان روش کار را در اسلاید بعد مشاهده نمود:









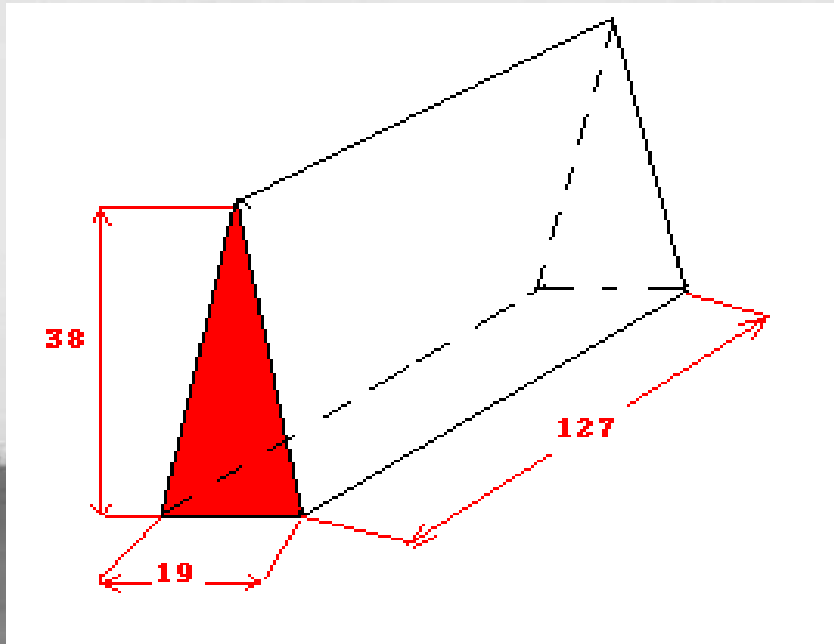


طراحی گوه

■ در حین عملیات قالبگیری و مدلسازی بایستی یک گوه ی استاندارد نیز تهیه نمود نماییم تا بتوانیم میزان تبرید بر قسمت های مختلف را مورد متالوگرافی قرار دهیم, و می توانیم نمونه ی آن را در اسلاید ۵۹ و نوع قالبگیری شده ی آن را در اسلاید بعد مشاهده کنیم:

تهیه ی گوه

جدول استاندارد گوه



طول L (mm)	ارتفاع h (mm)	قاعده b (mm)
57	11	6
100	22	13
127 *	38	19
127	57	25





■ در ادامه ی کار، با استفاده از تقسیماتی که در کف بوته صورت پذیرفته، مقدار فرو سیلیکو منیزی می که در این فرآیند برای کروی کردن گرافیت ها مورد نیاز است، در قسمتی از بوته ریخته می شود که مذاب در ابتدای کار بر روی آن نریزد، به گونه ای که باید دزپوش به گونه ای تعبیه گردد که زمانی که مذاب بر روی تاندیش از بوته ی اولیه بر روی آن ریخته می شود، شیب و منفذ ورودی مذاب در قسمتی تعبیه گردد که مذاب بر روی قسمت دیگر بوته بریزد و پس از پر شدن آن قسمت مذاب کم کم بر روی قسمت دیگر تعبیه شده در بوته برسد و با مذاب واکنش دهد تا گرافیت ها را بصورت کروی در آورد.

کلیه ی مراحل در این رابطه را صورت دادیم، اما متأسفانه به علت عدم استفاده ی دقیق از مواد مصرفی برای پوشش دیرگداز در این روش، موجب گردید که دیرگداز وارد مذاب گردد که خطای این روش را به اختصار بیان می کنیم:

- ✓ در آماده سازی بوته ی فلزی که جنس آن از فولاد می باشد، بایستی از یک نوع دیرگداز استفاده گردد که سبب ذوب شدن جداره ی بوته ی ثانویه می گردد.
- ✓ ما برای ایجاد یک لایه ی دیرگداز، از مخلوط ماسه ی سیلیسی و چسب سیلیکات سدیم استفاده نمودیم و کف آن، و جداره ی داخلی آن را با این ترکیب سیلیسی پوشش داده و سپس با گاز CO2 برای استحکام نهایی آن استفاده نمودیم.
- ✓ بعد از انجام عملیات استحکام دهی با گاز بر روی سطح دیرگداز ملاحظه شد که ترک هایی بر اثر انقباض ترکیب دیرگداز بوجود آمده است. برای رفع این عیب با پیشنهاد اساتید از مخلوط آب شیشه برای ترمیم ترک ها صورت پذیرفت، به اینگونه که با بروسی قطرات روان شده ی پاسب بر روی ترک ها کشیده شد، و سپس با گاز خشک گردید.
- ✓ عیب اصلی در تخریب مذاب و بیش از اندازه واکنش پذیرفتن پاسب سیلیکات سدیم با مذاب در داخل بوته بود که سبب کاهش استحکام دیرگداز گردید و مذاب توانست به داخل دیرگداز نفوذ کند و مذاب را تخریب، و ویسکوزیته ی آن را افزایش دهد.
- ✓ کلیه ی مراحل ای عیب را می توان در فیلم اسلاید بعد مشاهده نمود:

فیلم مرحله ی ناموفق چدن ریزی

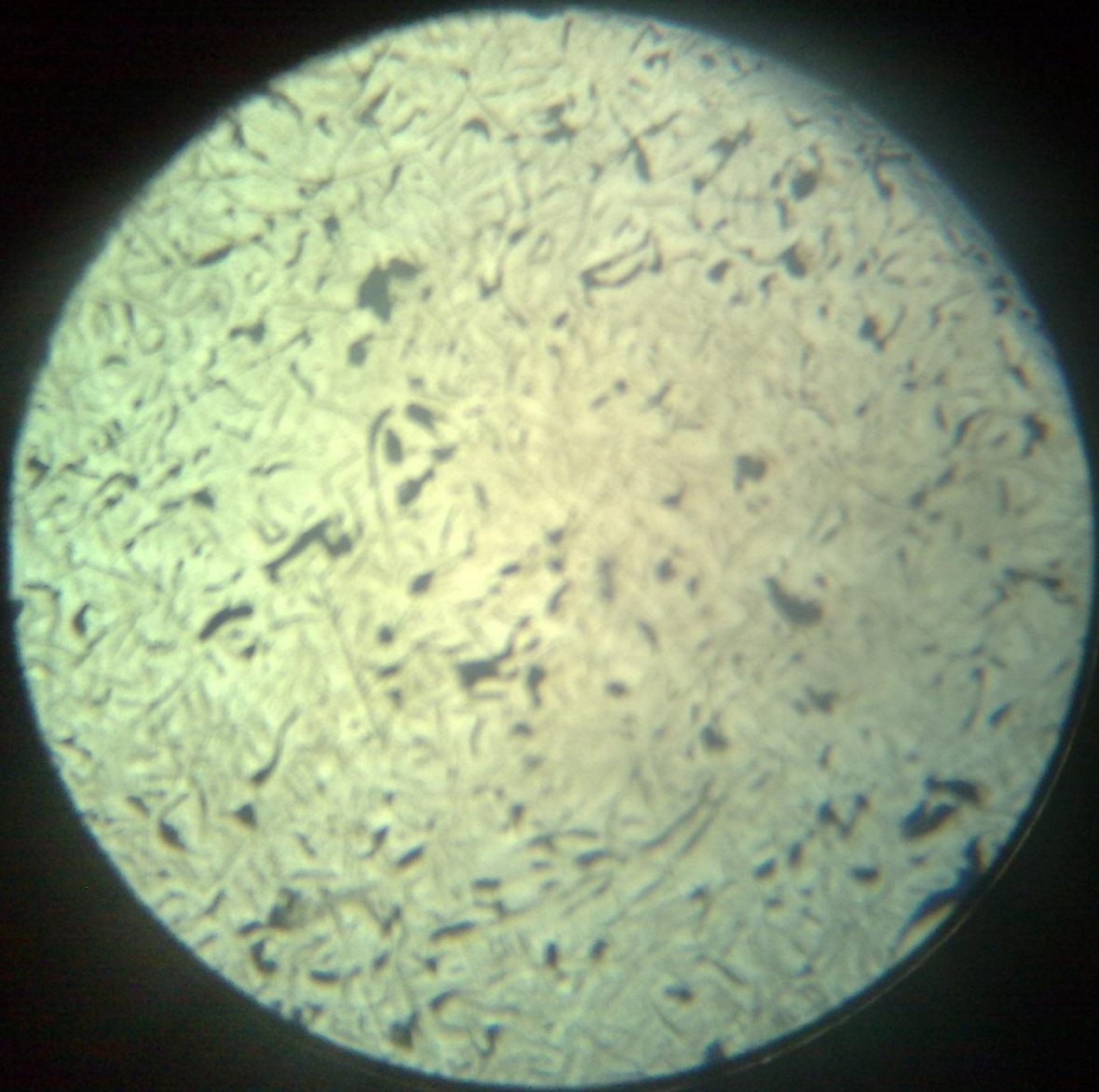


متالوگرافی تکه ای از مانده مذاب منجمد شده در بوته

■ همانطور که ملاحظه نمودید، عیبی در ریختن مذاب بوجود آمد و نتوانستیم مذاب را به داخل محفظه ی قالب بریزیم.

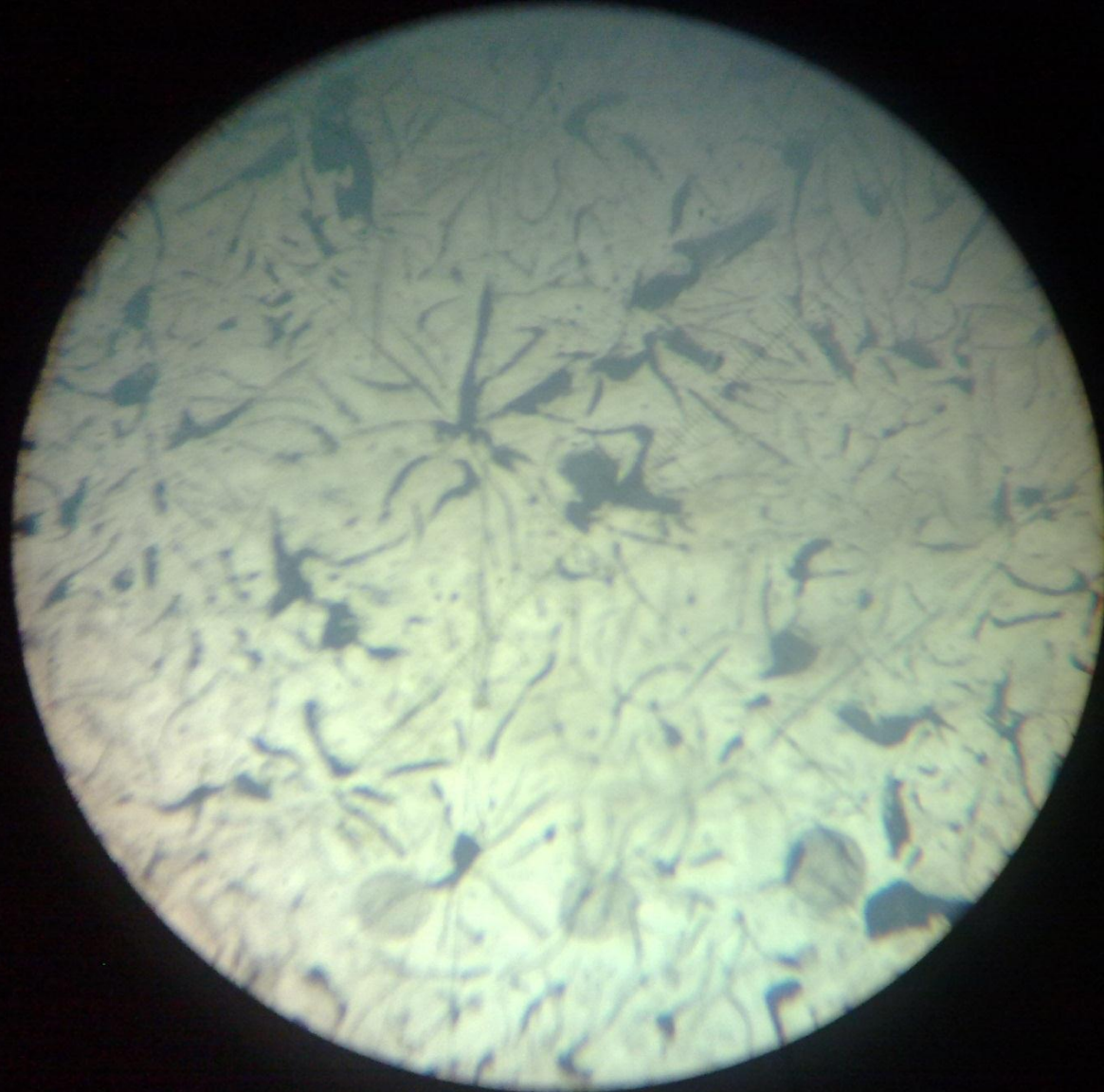
■ به همین علت مجبور گشتیم که تکه ای از مذاب منجمد شده را در اطراف بوته را برداریم و برای شاهده ی ریز ساختار آن اقدام نماییم و ببینیم آیا در این روش فروسیلیکو منیزیم توانسته است تولید گرافیت کروی نماید یا خیر.

■ پس از انجام کلیه ی عملیات متالوگرافی از قبیل سوهان کشیدن، سنباده زدن، پولیش و اچ کردن، ریز ساختارهای موجود در اسلاید های بعد ملاحظه گردید:



ساختار میکروسکوپی قبل از اچ - زیر گنمایی ۱۰۰

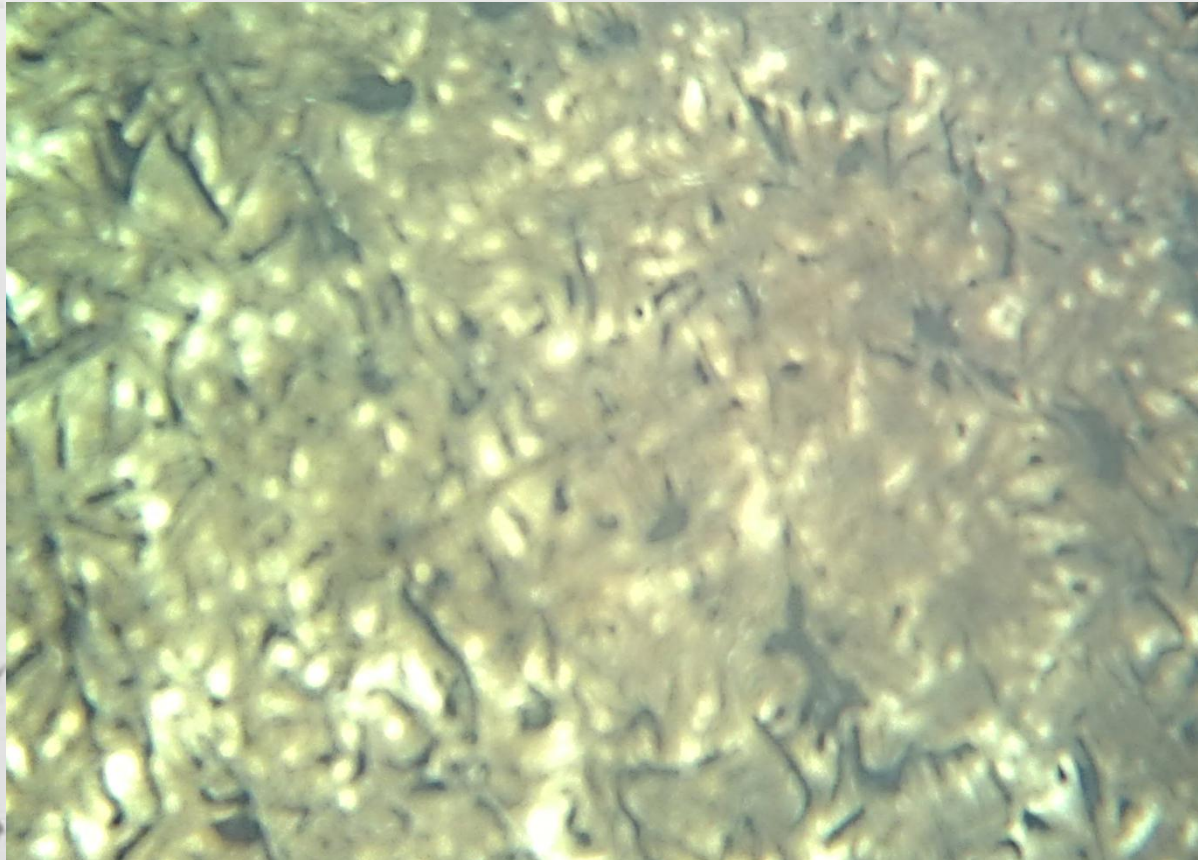
www.Prozheh.ir



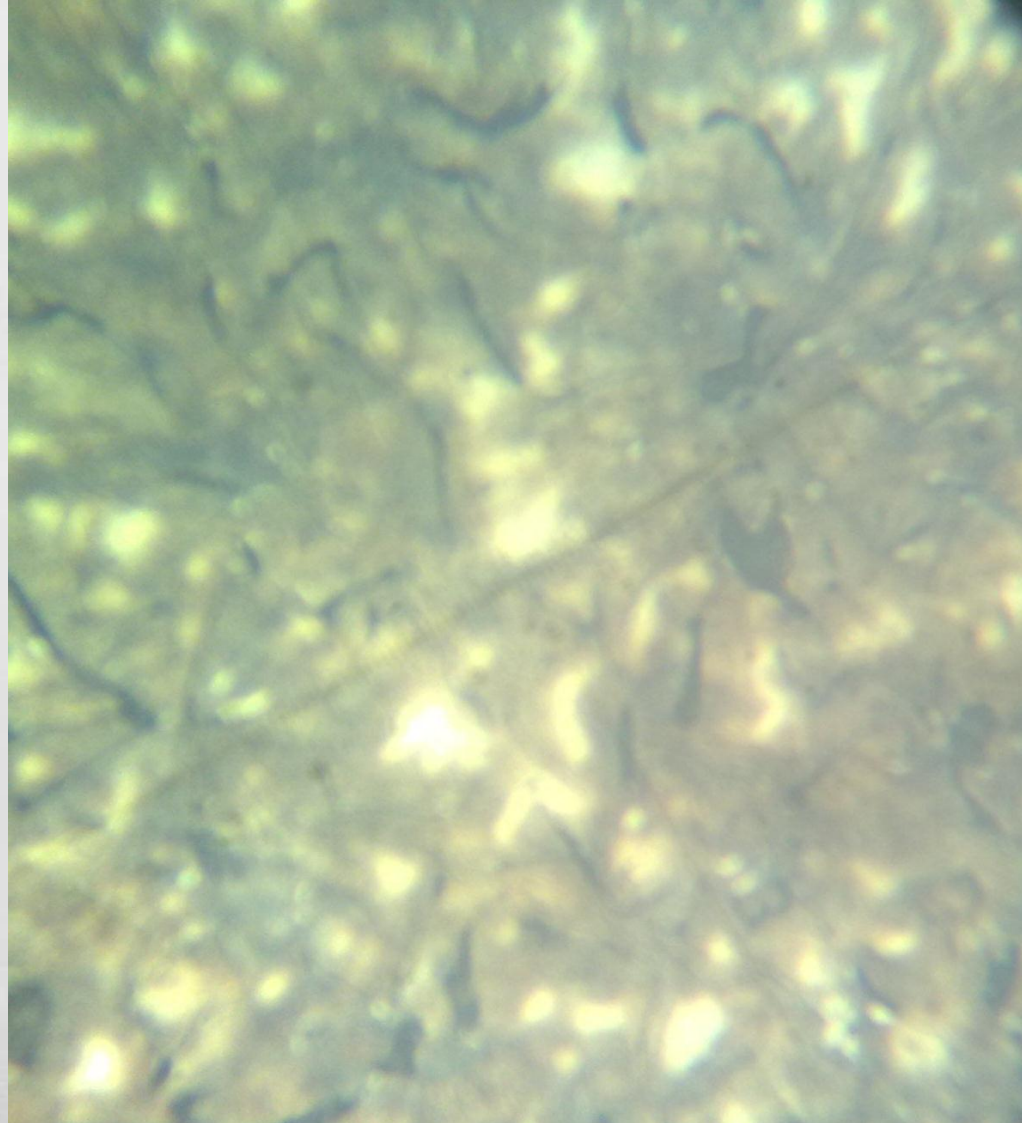
ساختار میکروسکوپی قبل از اچ - بزرگنمایی ۳۰۰
www.Prozheha.ir



ساختار میکروسکوپی قبل از اچ - بزرگنمایی ۴۰۰
www.Prozheha.ir

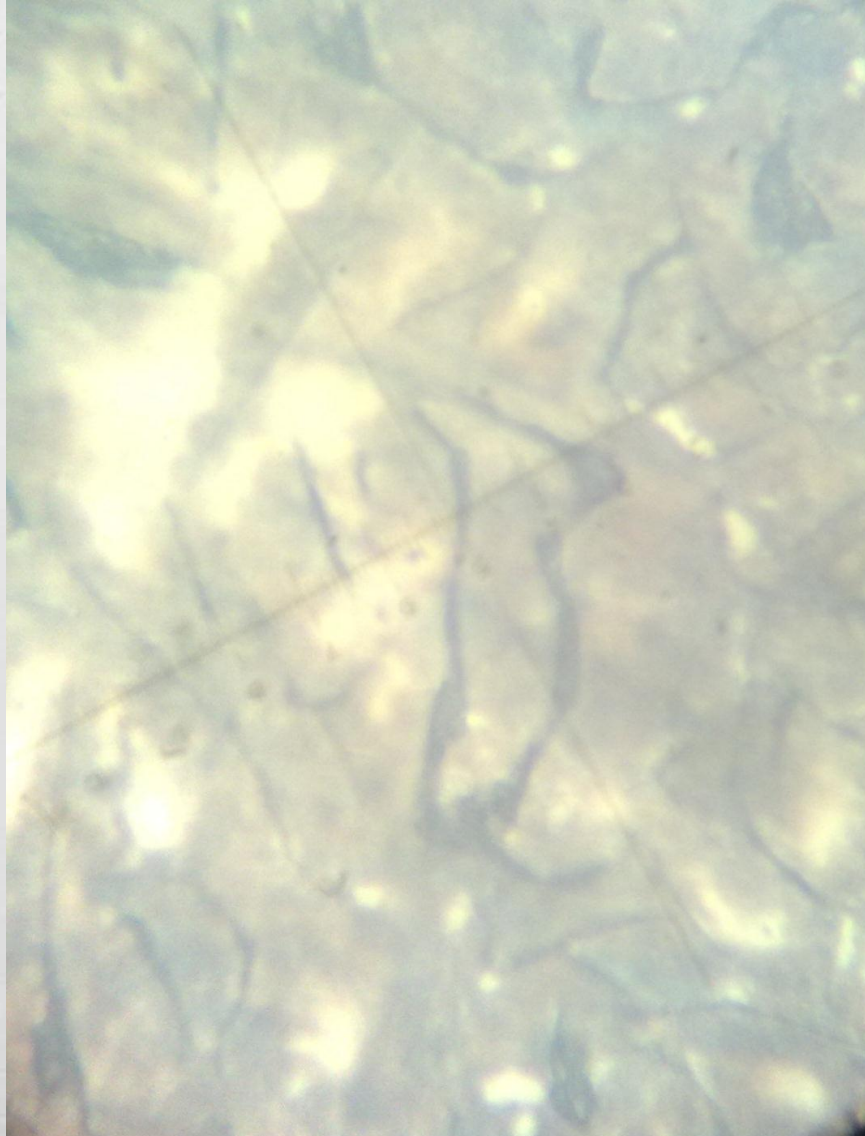


ساختار میکروسکوپی بعد از اچ - بزرگنمایی ۱۰۰



ساختار میکروسکوپی بعد از اچ - بزرگنمایی ۳۰۰

www.Prozheha.ir



ساختار میکروسکوپی بعد از اچ - بزرگنمایی ۴۰۰

ریز ساختارهای موجود در چدن ریختگی

- با توجه به مشاهدات به عمل آمده از ریزساختارهای موجود در چدن می توان به این قبیل ساختار ذکر نمود:
- در چدن ریخته شده قبل از اچ نمودن، می توان انواع گوناگونی از گرافیت ها را ملاحظه نمود؛ گرافیت هایی از قبیل: شبه کروی، گل رزتی، گرافیت نوع C و گرافیت نوع A اشاره نمود.
- بعد از اچ کردن، علاوه بر گرافیت های مذکور، فاز های فریت و پرلیت نیز در ساختار کاملاً قابل مشاهده بود.
- در کل می توان نتیجه گرفت که این روش از کروی کردن گرافیت به علت خطا در نوع تهیه ی مذاب سبب گردیده تا نتوان به ساختار مورد نظر، که همان گرافیت کروی می باشد، دست پیدا نمود.

ریختن مذاب مرحله ی دوم (اصلاح شده)

■ به علت ایجاد خطایی که در حین ساخت بوته ی ثانویه و از بین رفتن مذاب در مرحله ی اول شد، به تلاش برآمدیم تا باری دیگر این عملیات مذاب ریزی را مجدداً صورت دهیم.

■ در این مرحله، برای انجام کراکل ساخت بوته، از ماسه ی سیلیسی و چسب میکساد و مخلوط آب دیرگداز مورد نظر خود را ایجاد نمودیم تا دیگر مانند چسب سیلیکات سدیم دیگر با مذاب واکنش ندهد.

■ در ادامه ی فرآیند، کلیه ی امور همانند مرحله ی قبل که در قسمت های قبل توضیح داده شده است می باشد.

بوته‌ی ساخته‌شده‌ی جدید و قاندریش







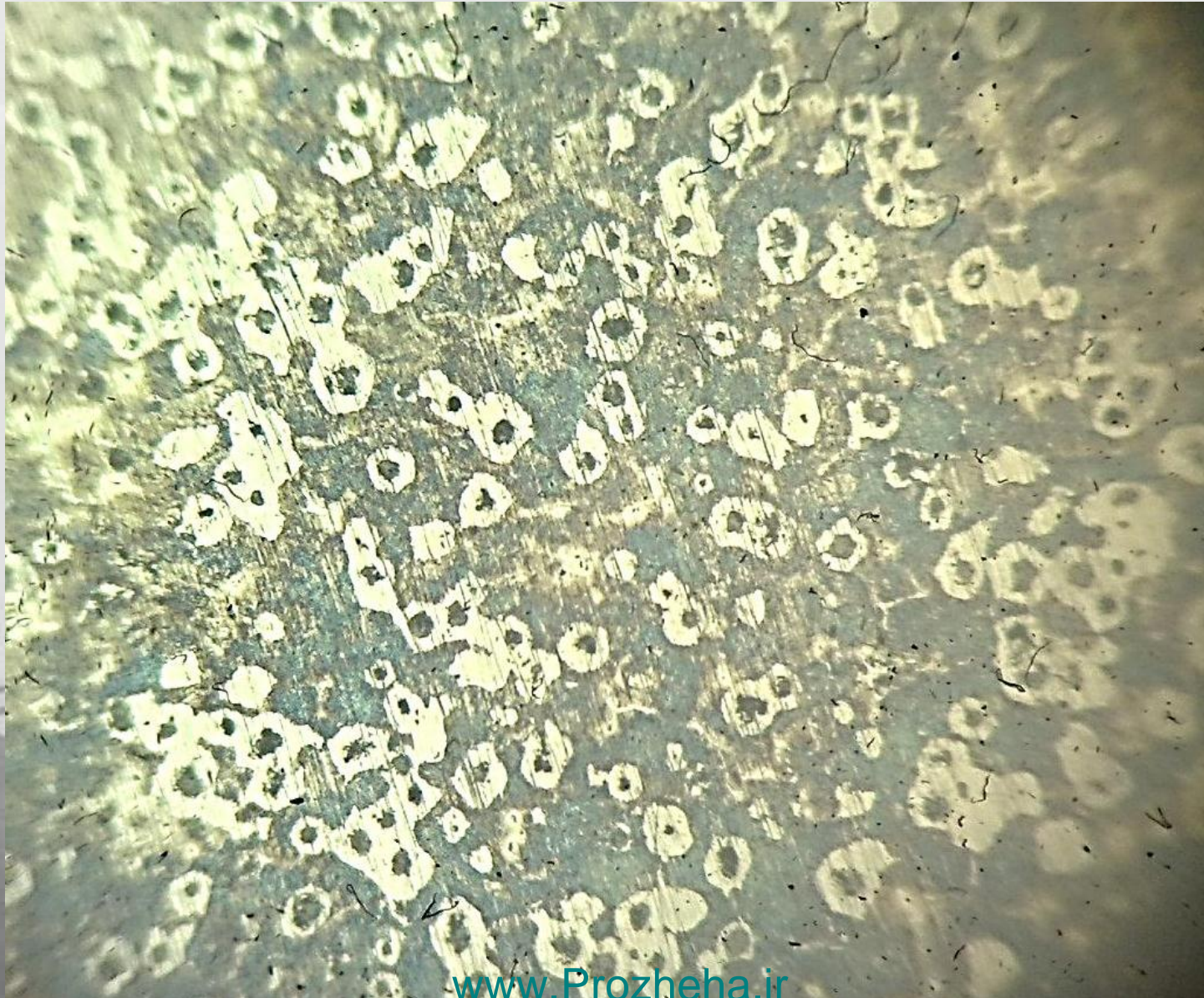
ترتیب شمش گذاری و قراضه

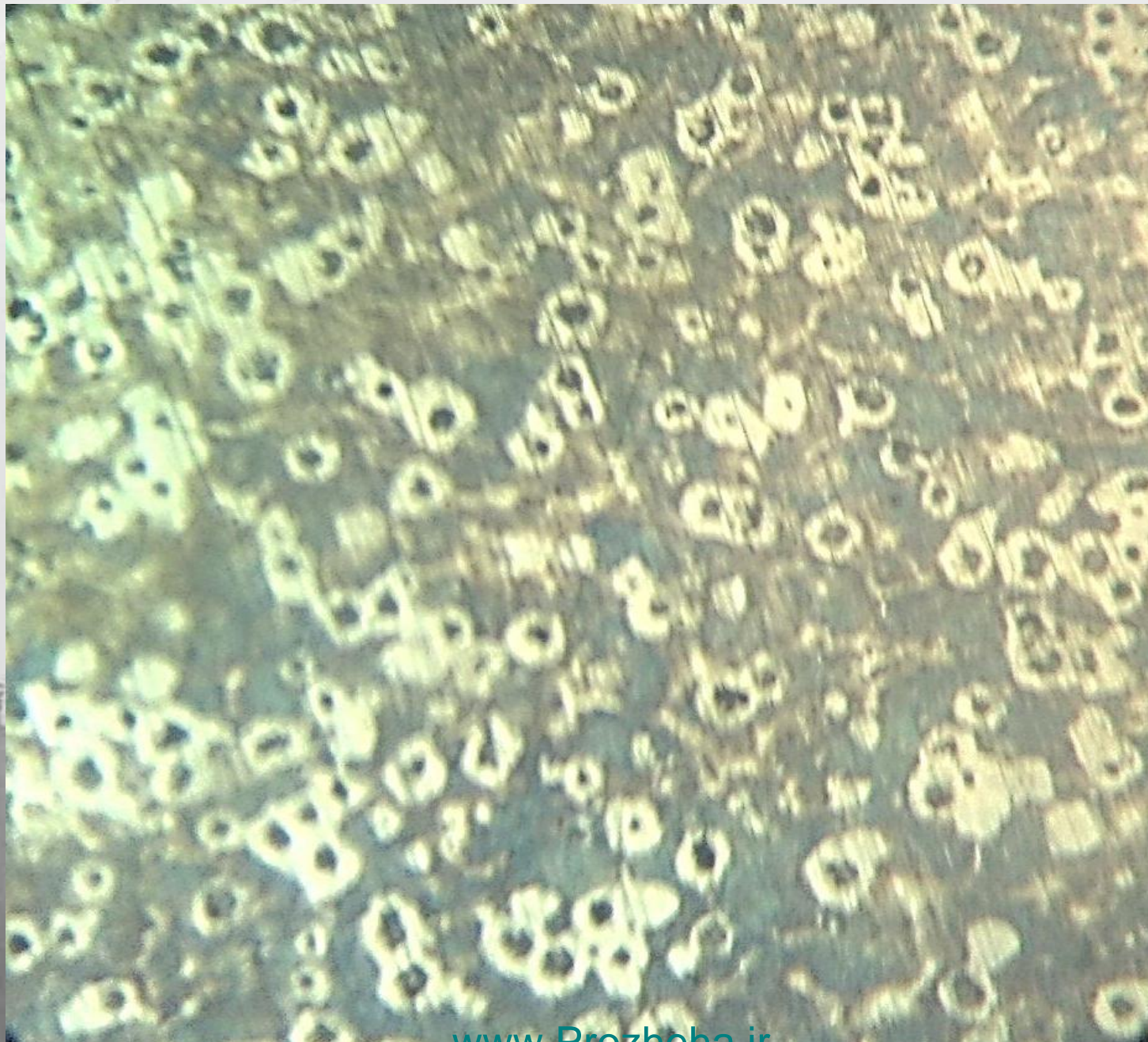


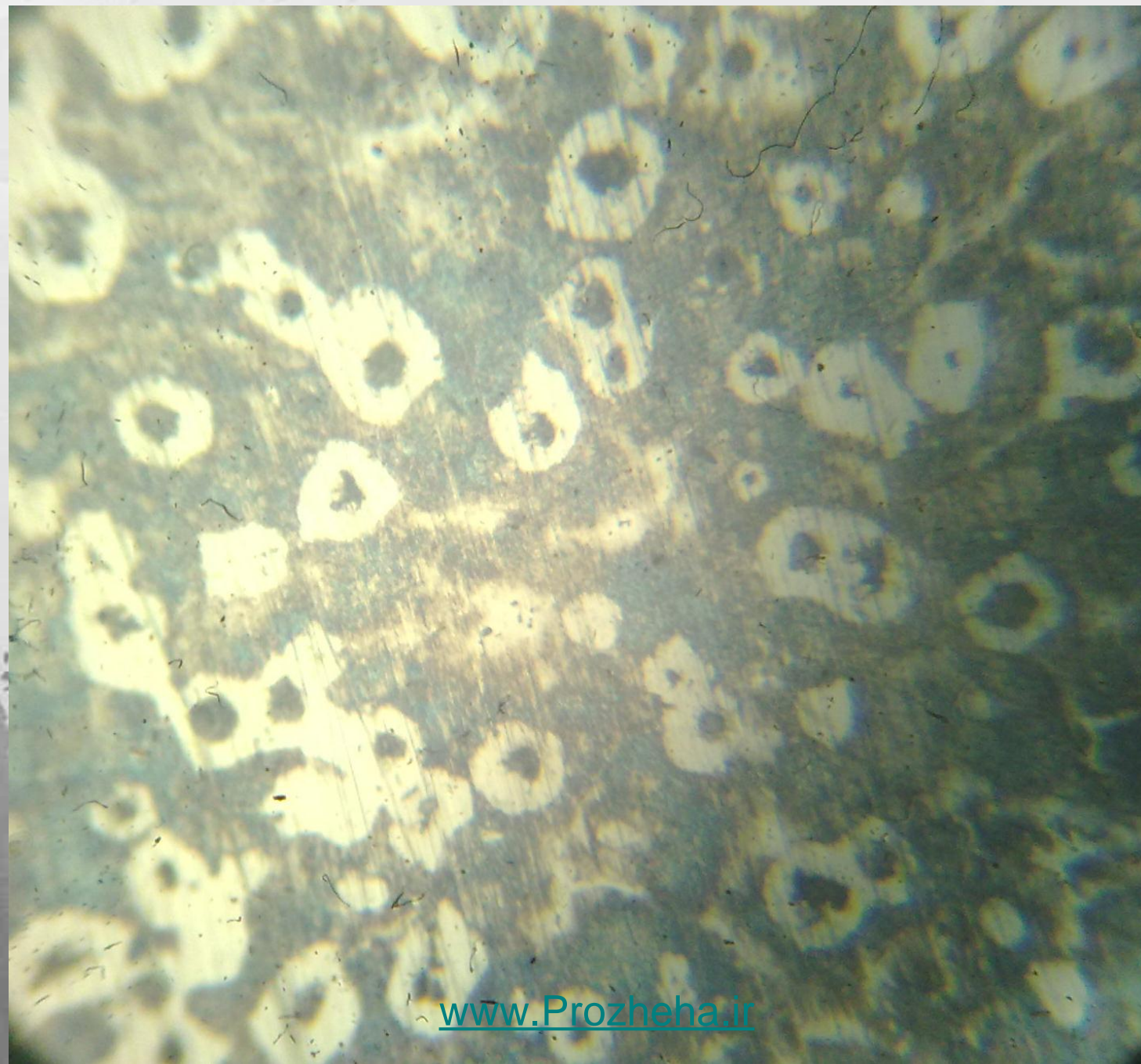
فیلم ریختن مذاب مرحله ی دوم (اصلاح شده)

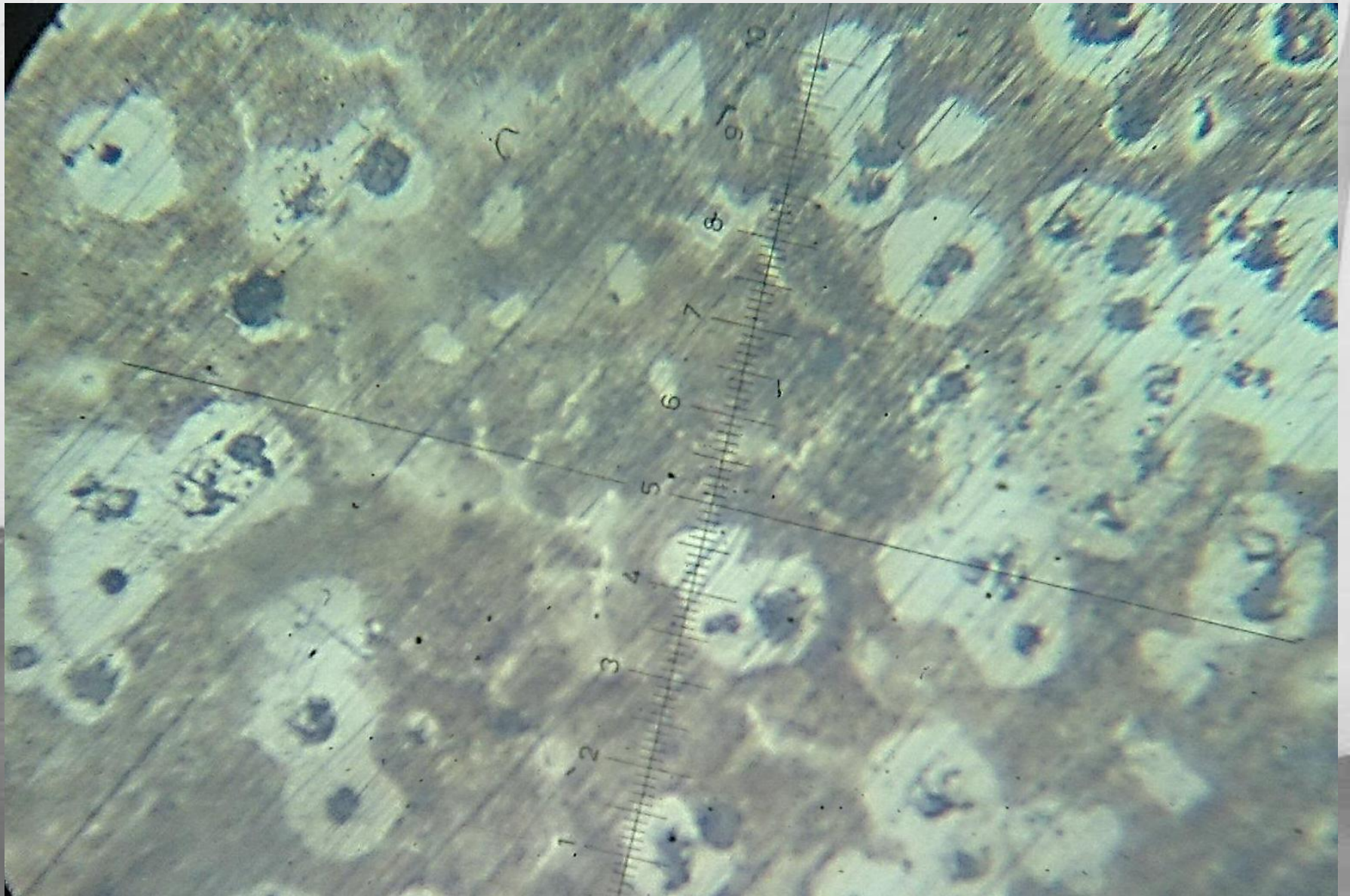


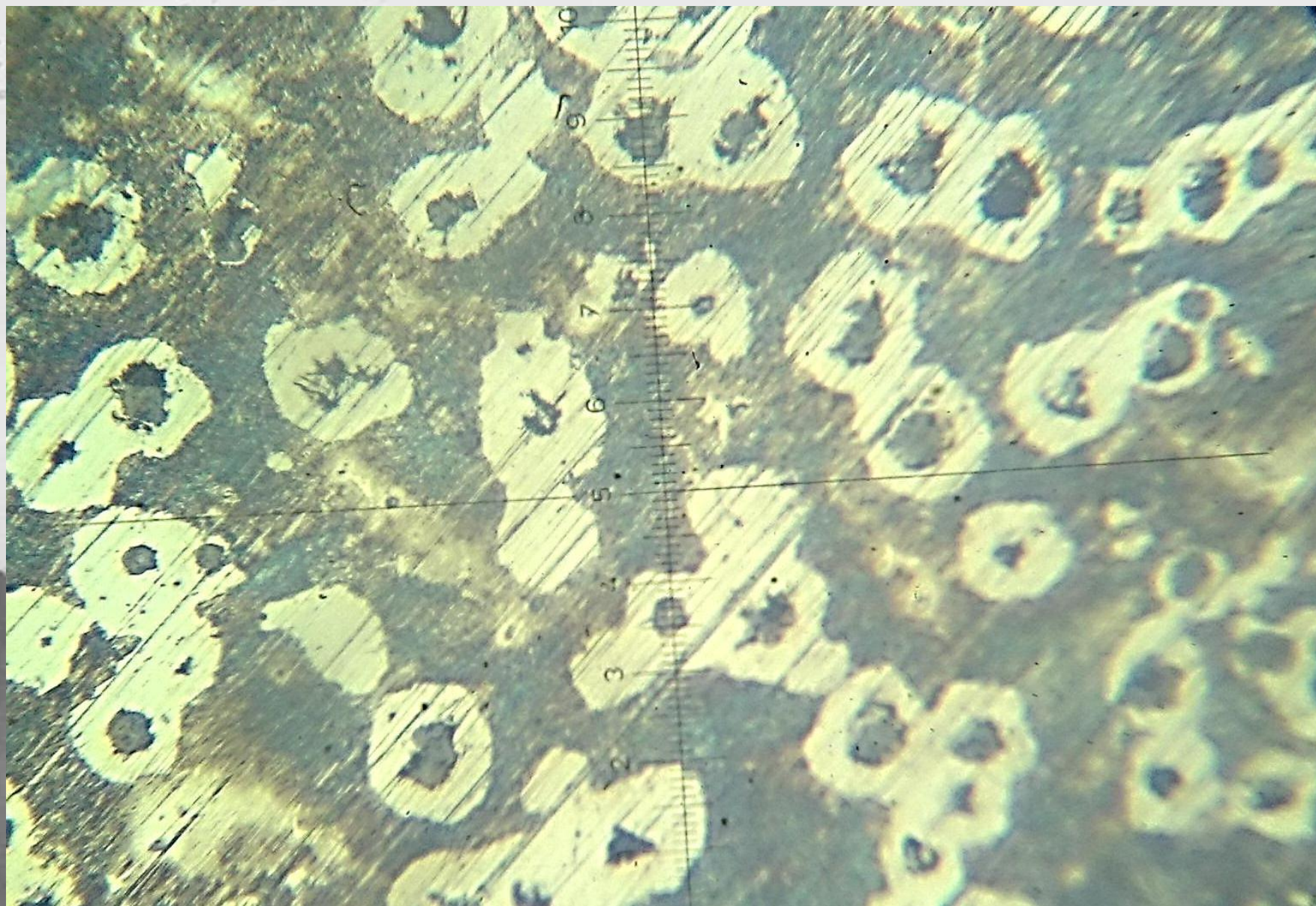
متالوگرافی سیستم راهگاہی مذاب دوم











مراحل متالوگرافی نمونه ی چدنی از نوع داکتیل در مرحله ی اصلاحی

■ در این مرحله برای مشاهده ی ریزساختارهای موجود در چدن ذیخته شده، از یک قسمت از راهگاه مدل ریخته شده را نمونه برداری کردیم و برای عملیات متالوگرافی آن را به قسمت متالوگرافی انتقال دادیم.

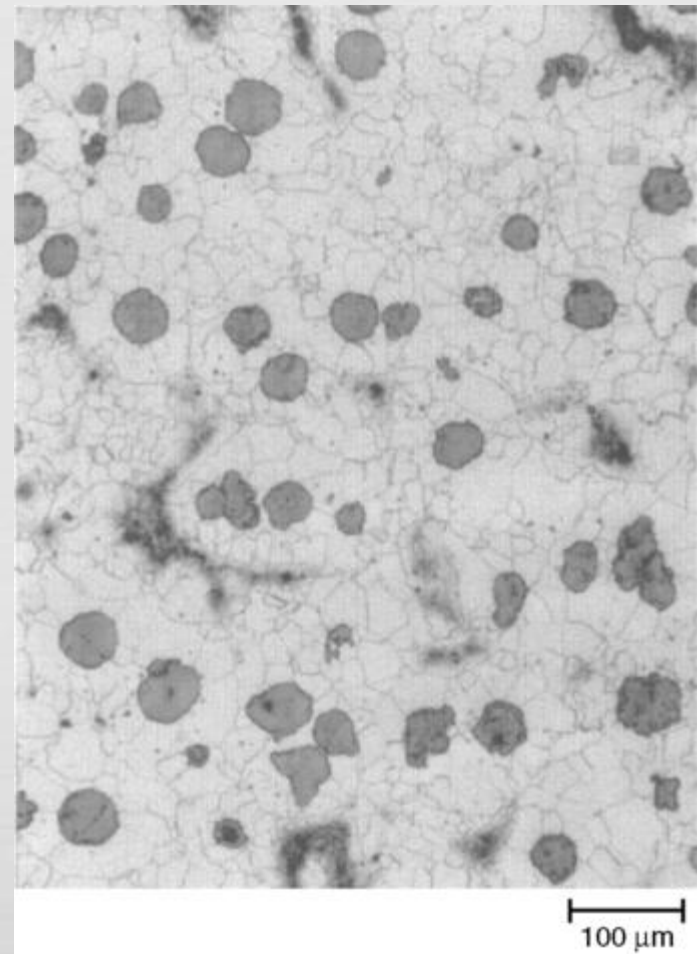
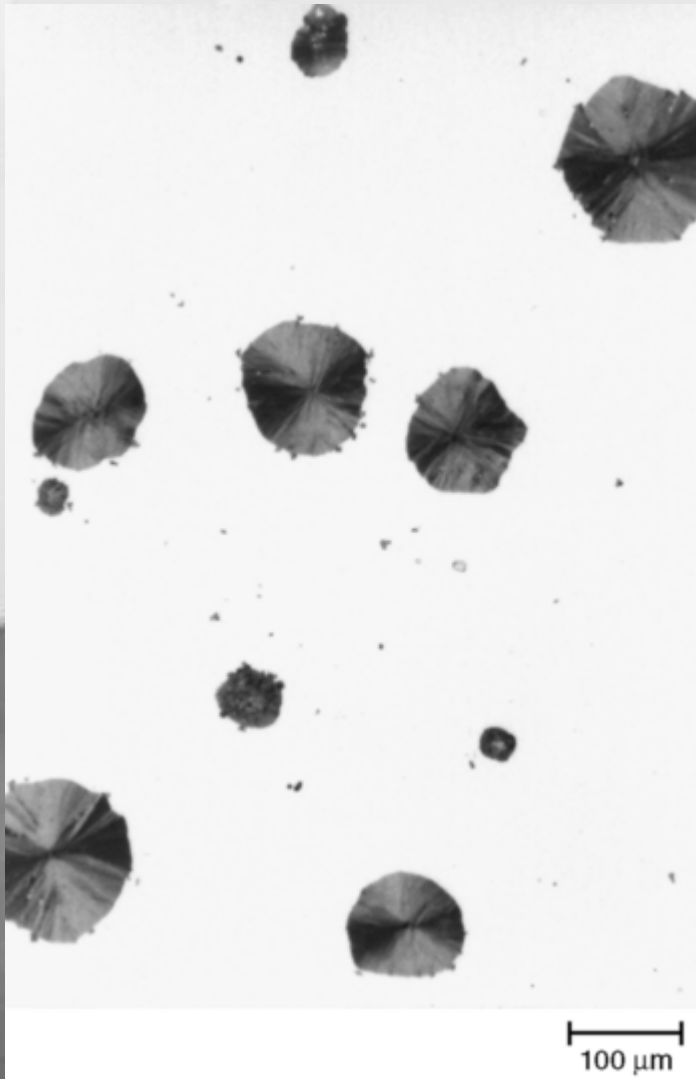
■ ابتدای کار نمونه را برش داده و سطح آن را با سوهان مسطح می نماییم. پس از آنکه سطح کاملاً یکدست و بدون خراش های برش گشت، نمونه را برای طی مراحل سنباده زنی با درجات خشن تا نرم انتقال دادیم، و پس از آن عملیات پولیش را بر روی نمونه صورت گرفت.

■ بعد از آنکه نمونه را پولیش نمودیم، آن را ابتدا با میکروسکوپ نگاه می نماییم تا شکل ظاهری گرافیت ها بون دیدن زمینه ی آن ملاحظه گردد.

■ پس از آنکه نوع گرافیت موجود در زیر میکروسکوپ، همانگونه که در اسلاید های قبل ملاحظه نمودیم، برای تشخیص نوع زمینه در نمونه، آن را با **نایتال ۴٪** اچ نمودیم تا زمینه قابل رؤیت شود.

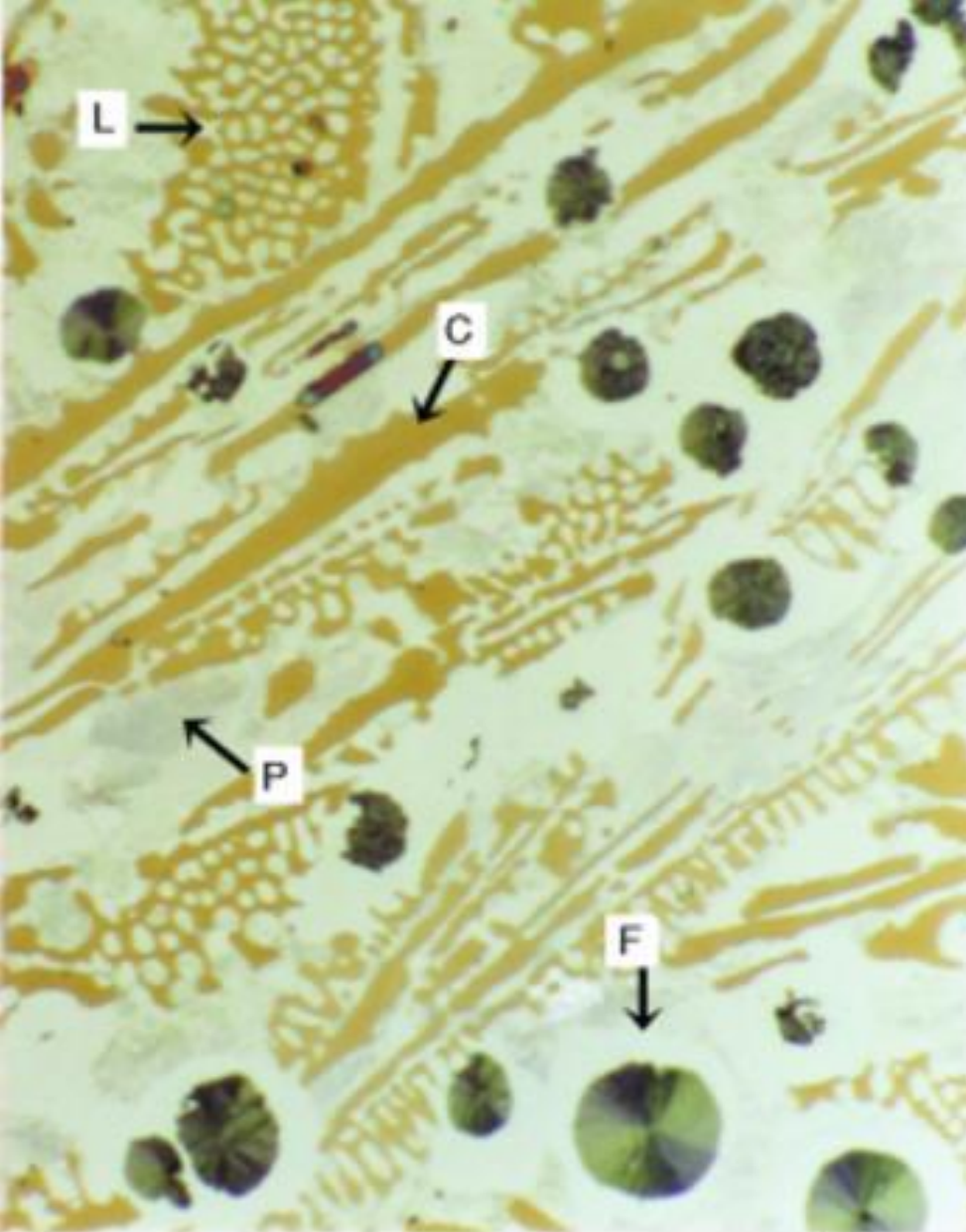
■ با مشاهده ی زمینه می بینیم که چدن دقیقاً از نوع داکتیل چشم گاوی بوده و زمینه ی آن در اطراف گرافیت فریت، و دور تر پرلیت قابل مشاهده است.

مقایسه ی استاندارد ASM و مذاب ریخته شده



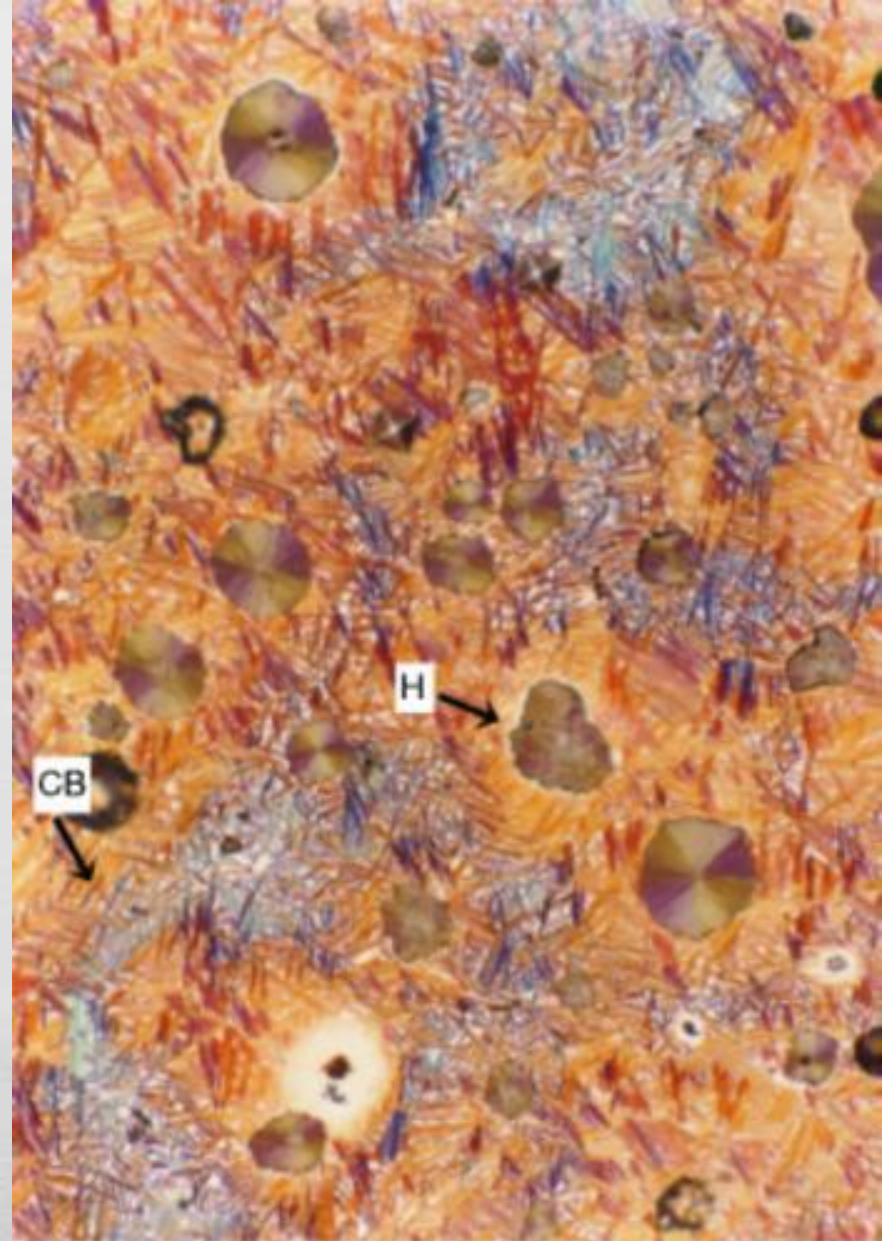
چدن داکتیل با زمینه ی فریتی پرلیتی - اچ
شده با نایتال ۲٪ - ۱۰۰ برابر

چدن داکتیل قبل از اچ www.Prozheha.ir



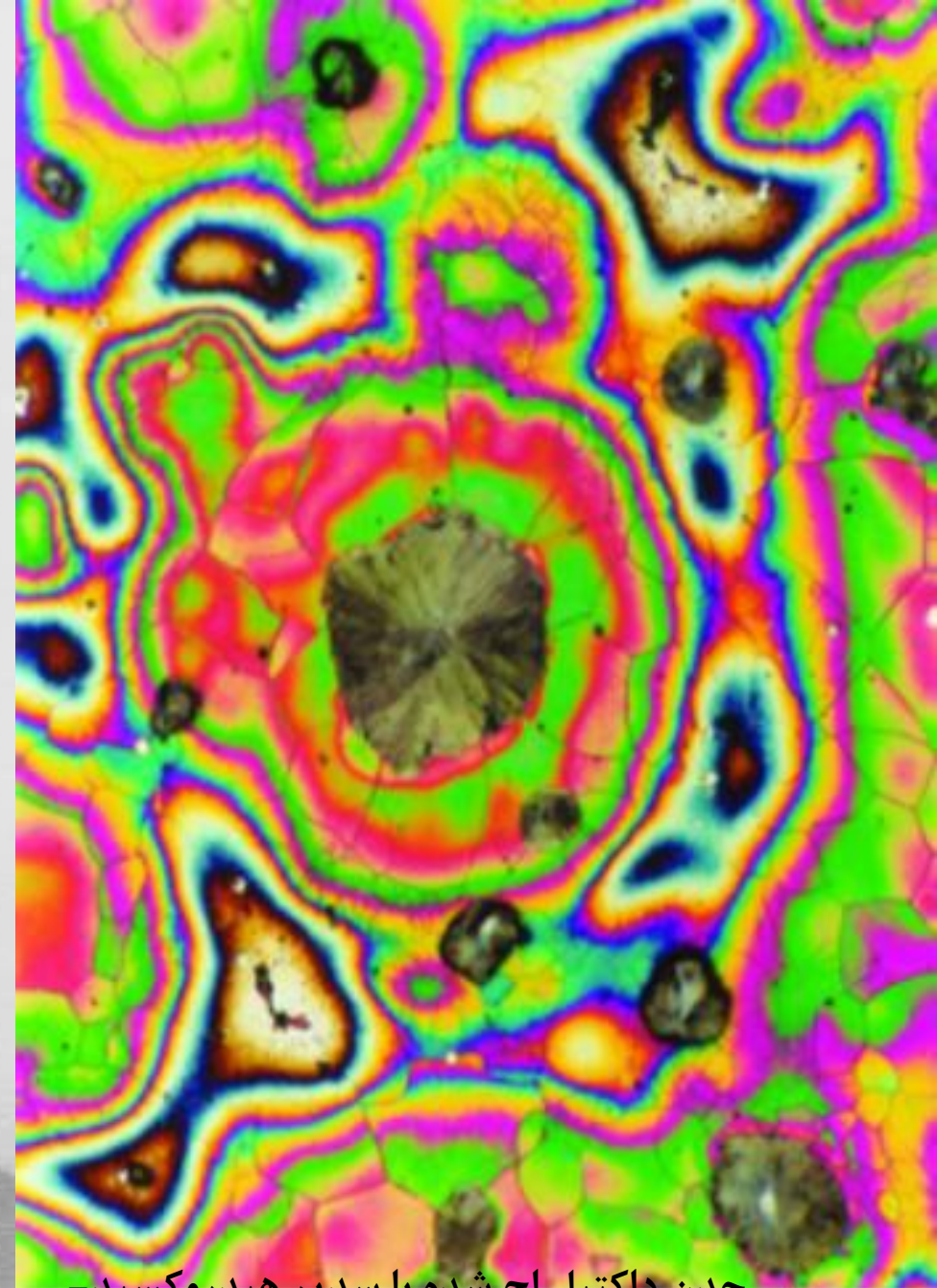
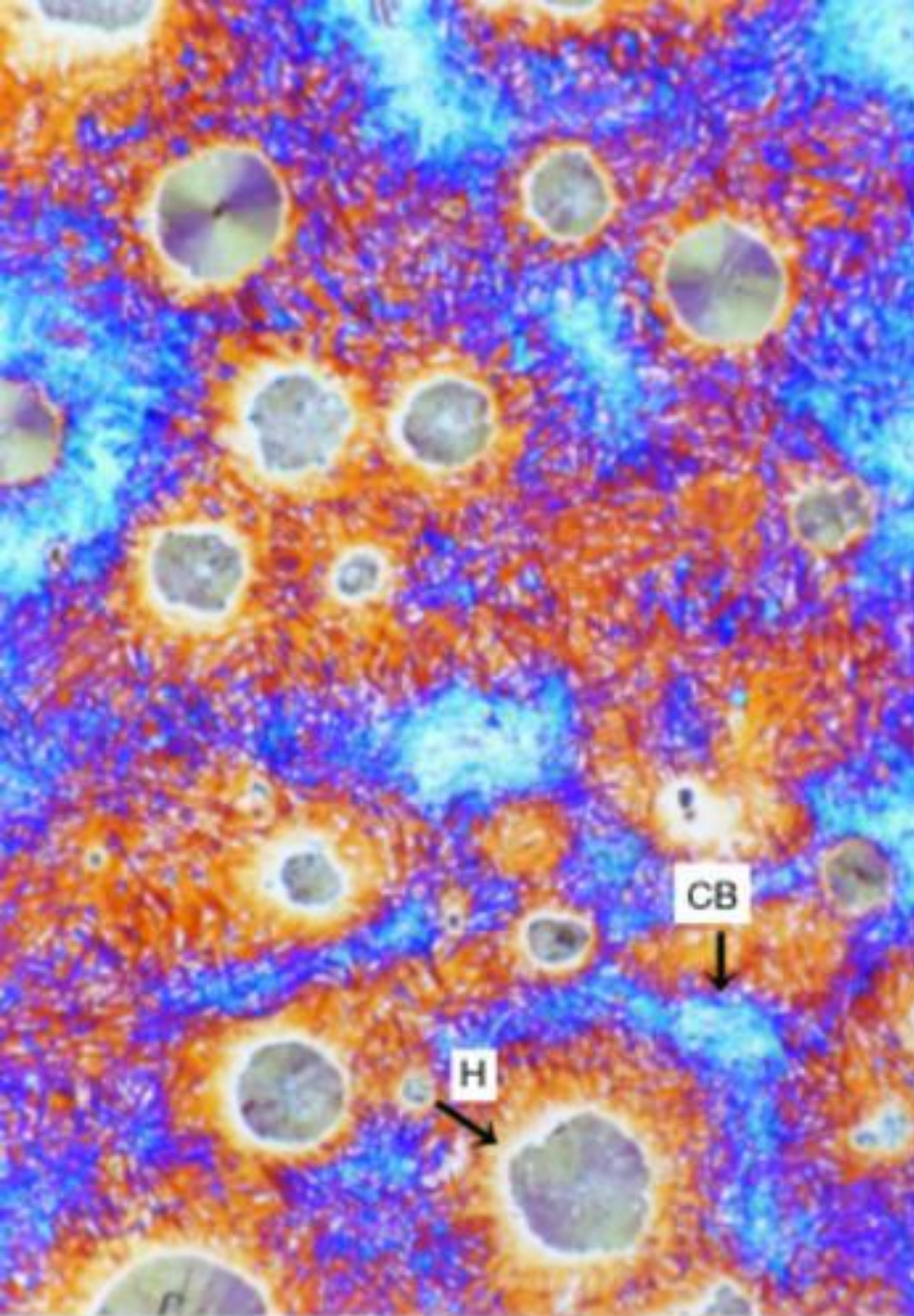
چدن داکتیل اچ شده با آلکالاین سدیم داغ

15 μm



چدن داکتیل آستمپر شده با هاله ی فریت

50 μm



چدن داکتیل اچ شده با سدیم هیدروکسید -
 نشان دهنده ی جدایش و غلظت بین ترکیبات

■ مشاهده می گردد که هر گونه از محلول ها اچ در متالوگرافی می تواند انواع خصوصیات ریز ساختاری را نمایان می سازد.

■ پس می توان نتیجه گرفت که چدن ریخته شده با تصویر نخست حداقل تشابه را دارد.

■ پس می تواند خصوصیات یک چدن داکتیل را از لحاظ ریز ساختاری را دارا باشد.

منابع و مراجع

■ ASM – HandBook

■ <http://www.metallurgyib.blogfa.com>

■ کتاب ریختگری آلیاژهای آهنی دکتر عابدی

■ جزوه ی ریختگری چدن داکتیل بروش ساندویچی

■ کتاب اصول ریختگری (طراحی سیستم راهگاهی)

باتشکر از توجه شما

ارائه کنندگان: عباس فاضل انواری

