

فهرست

بررسی اثر سرعت سرد کن بر ساختار داخلی و خواص مکانیکی قطعات ریختگی

- ✓ تئوری آزمایش
- ✓ هدف آزمایش
- ✓ نحوه انجام آزمایش
- ✓ خواسته های آزمایش
- ✓ نتیجه گیری

بررسی اثر درجه حرارت فوق گداز بر ساختار سطح مقطع قطعات ریختگی

- ✓ تئوری آزمایش
- ✓ پارامترهای تاثیر گذار بر انتخاب درجه حرارت فوق گداز
- ✓ حداقل ضخامت قطعه ریختگی
- ✓ تاثیر عناصر متشکله آلیاژ بر میزان سیالیت مذاب
- ✓ امکانات اجرائی ذوب
- ✓ نحوه انجام آزمایش
- ✓ خواسته های آزمایش
- ✓ نتیجه گیری

بررسی اثر عناصر جوانه زا بر ساختار قطعات ریختگی

- ✓ تئوری آزمایش
- ✓ جوانه زنی غیر همگن
- ✓ عوامل جوانه زا
- ✓ عوامل جوانه زا
- ✓ خواسته های آزمایش
- ✓ نتیجه گیری

منابع

آزمایش اول

بررسی اثر سرعت سرد کن بر ساختار داخلی

و

خواص مکانیکی قطعات ریختگی

h-Daneshmand.ir

تئوری آزمایش:

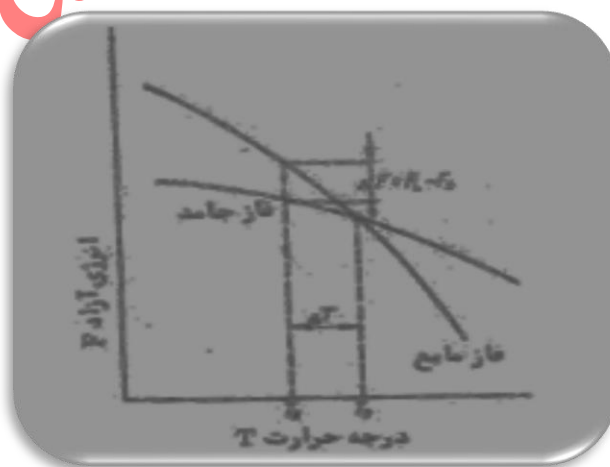
استحاله فلز از حالت مذاب به حالت جامد ناشی از انتقال ماده به موقعیت ترمودینامیکی پایدارتری با انرژی آزاد f کمتر می باشد. اگر تبدیل فازی همراه با تغییر حجم کوچکی باشد، آنگاه طبق قانون دوم ترمودینامیک خواهیم داشت:

$$F = H - TS$$

که در آن H انرژی کلی یا آنتالپی سیستم، T درجه حرارت مطلق و S آنتروپی سیستم می باشد. در یک درجه حرارت مشخص می توان انرژی کل سیستم را مرکب از دو قسمت در نظر گرفت. انرژی آزاد F و انرژی پیوند TS انرژی های آزاد و پیوند هر دو می توانند بطور همزمان به اشکال متعددی در سیستم وجود داشته باشند، اما سرانجام کلیه این اشکال متعدد مجدداً به گرما تبدیل می شوند. باین دلیل هر دو نوع انرژی را معمولاً با واحدهای حرارتی ارزیابی می کنند و مجموع آنها به همان گرمای موجود در سیستم نسبت داده می شود. انرژی آزاد (F) را نیز می توان انرژی مفید فرآیندهای ایزوترم (همدمای) توصیف نمود، به عبارت دیگر تحت شرایط معین این انرژی می تواند رها شده و از سیستم خارج گردد. بدون اینکه تغییر در دمای سیستم بوجود آورد. انرژی پیوند در فرآیندهای ایزوترم قابل استفاده نبوده و نمی تواند بدون آنکه تغییر در دمای سیستم بوجود آورد، از آن آزاد گردد.

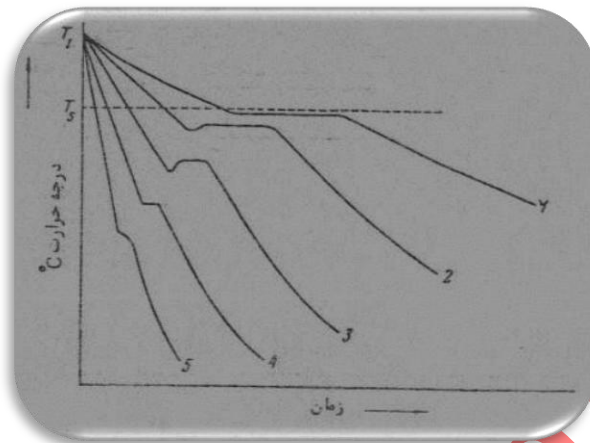
شکل ۱-۱ تغییرات انرژی آزاد را در رابطه با دما به طور شما تیک نشان می دهد. در دمای T_s مقدار انرژی آزاد هر دو حالت جامد و مذاب یکسان است. این دما را در دمای تعادل انجماد یا ذوب فلز نامیده و در آن هر دو فاز (مذاب و جامد) می توانند به طور همزمان وجود داشته باشند. اختلاف بین درجه حرارت تعادل انجماد T_s و درجه حرارت T_k (که این فرایند در آن صورت می پذیرد)، تحت شرایط معین، درجه فوق انجماد یا فوق تبرید نامیده می شود.

$$\Delta = T_s - T_k$$



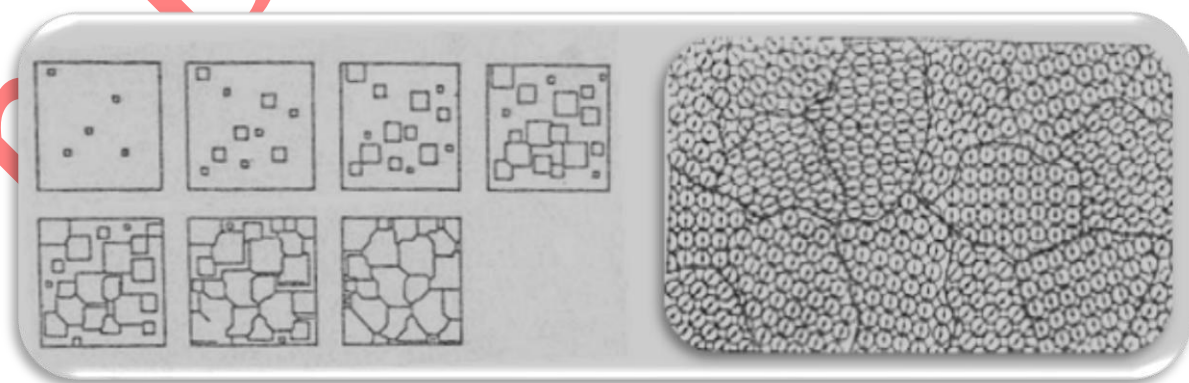
شکل ۱-۱: انرژی آزاد بر حسب درجه حرارت در حالت‌های جامد و مایع

هر چه سرعت سرد کردن بیشتر باشد، مقدار فوق انجماد بالاتر خواهد بود، چون متقابلاً T_k هم کمتر می باشد. با افزایش سرعت سرد کردن میزان فوق انجماد افزایش می یابد. و در نتیجه فرآیند در دماهایی پایین تر از درجه حرارت تعادل به وقوع می پیوندد شکل ۱-۲.



شکل ۱-۲: منحنی های سرد کردن یک فلز خالص با سرعت های متفاوت

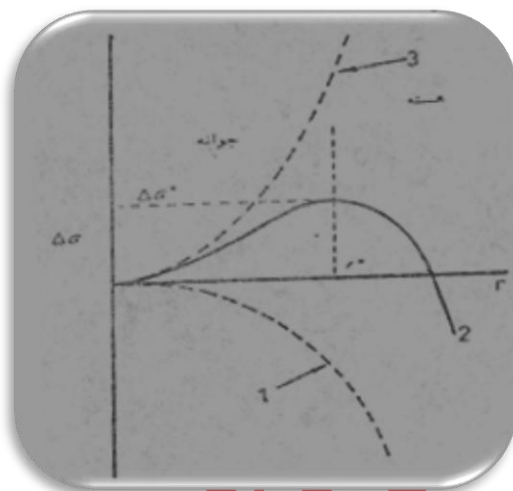
در مطالعه ساختمان شمش ای فولادی ثابت شده است که فرآیند انجماد با تشکیل جوانه (یا مراکز تبلور آغاز شده و با رشد آن تکامل ترسیم شما تیکی از چگونگی فرآیند انجماد در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. در انجماد فلز مذاب پایین تر از نقطه T_s ابتدا کریستال هایی از مذاب جدا شده و شروع به رشد می نمایند. تا زمانی که کریستال ها آزادانه رشد می کنند به نظر می سرد که از نظر هندسی تقریباً شکل منظمی دارند اما به زودی کریستال ها از رشد متقابل یکدیگر ممانعت کرده و شکل منظم دارند اما بزودی کریستال ها از رشد متقابل یکدیگر ممانعت کرده و شکل منظم آنها بر هم می خورد. در موضعی که کریستال ها به یکدیگر برخورد می کنند پیشرفت رشد سطوح متوقف شده و در جهاتی که مذاب آزاد هنوز در دسترس هست رشد سطوح ادامه می یابد در نتیجه چنین فرآیند رشدی، کریستال هایی که دارای ترتیب منظم داخلی اتم ها می باشند پیش از انجماد شکل نا منظمی پیدا می کنند. چنین دانه هایی را کریستالیت می نامند شکل ۱-۴.



شکل ۱-۳: ساختمان یک فلز تک کریستالی شکل ۱-۴: انجماد یک فلز (به طور ترسیمی یا شماتیکی)

توزیع نا برابر انرژی بین اتم های ماده تشکیل جوانه ها را تسهیل می کند. در هر دمای معین اکثریت اتم ها دارای انرژی معادل با انرژی متوسط سیستم می باشند. معذالک در حجم های کوچکی از ماده همیشه تعدادی از اتم ها با انرژی کمتر یا بیشتر از حد متوسط وجود دارند.

مشاهدات متعدد ثابت کرده است که جوانه ها ممکن است در اندازه های بسیارمتنوعی در طی انجماد ظاهر شوند. معذالک تمام جوانه ها قادر به رشد بعدی نیستند. تشکیل جوانه ها تاثیری در انرژی آزاد سیستم ایجاد می کند. تشکیل جوانه و رشد آن موجب کاهش انرژی آزاد سیستم در واحد حجم می گردد. شکل ۵-۱.



شکل ۵-۱: تغییرات انرژی آزاد فلز در تشکیل یک هسته جامد در داخل مذاب

همانطور که گفت شد، با تشکیل یک جوانه کروی از فلز مذاب (بشعاع R) سطح مشترکی مابین جامد و مایع ایجاد می شود، حال اگر انرژی لازم برای ایجاد یک سانتیمتر مربع از فصل مشترک برابر با Γ باشد، مجموع انرژی آزاد سیستم به واسطه این تغییر فاز به اندازه ΔG تغییر می کند که :

$$\Delta G = -(4/3)\pi R^3 \Delta G_v + 4\pi R^2 \gamma$$

که در آن ΔG_v اختلاف انرژی آزاد حجمی بین فازهای جامد و مایع ($\Delta G_v = \Delta H_v - T \Delta S_v$) می باشد. جمله دوم رابطه فوق بیانگر انرژی سطحی بوده و همیشه مثبت است لیکن قسمت اول برای انجماد منفی و برای ذوب مثبت می باشد. ناحیه فاز جامد تا هنگامی که رابطه زیر برقرار باشد ناپایدار است:

$$4\pi R^2 > (4/3)\pi R^3 \Delta G_v$$

تغییرات دو جمله موجود در فرمول فوق بر حسب R را در شکل ۵-۱ می توانید مشاهده کنید. در اینجا نواحی ناپایدار و پایدار فاز جامد بترتیب به عنوان نطفه (Emberyo) و جوانه (nuclen) نامیده شده اند.

تشکیل جوانه ها در فلزات مذاب یا هسته سازی همراه با مکانیزمی که در بالا ذکر شد، جوانه سازی خود به خود نامیده می شود. اگر در فلزات مذاب ذرات جامدی (دیواره های شمش، ذرات مختلف و غیره) که به عنوان ماده جوانه زا برای تشکیل مراکز تبلور به کار می روند وجود داشته باشد، جوانه سازی آسانتر می شود.

به طور کلی می توان نشان داد که عده جوانه هایی که اندازه آنها به حد بحرانی رسیده باشد در یک سانتیمتر مکعب مایع از معادله زیر به دست می آید :

$$n_c = n \cdot \exp(-\Delta G_c / KT)$$

که در آن:

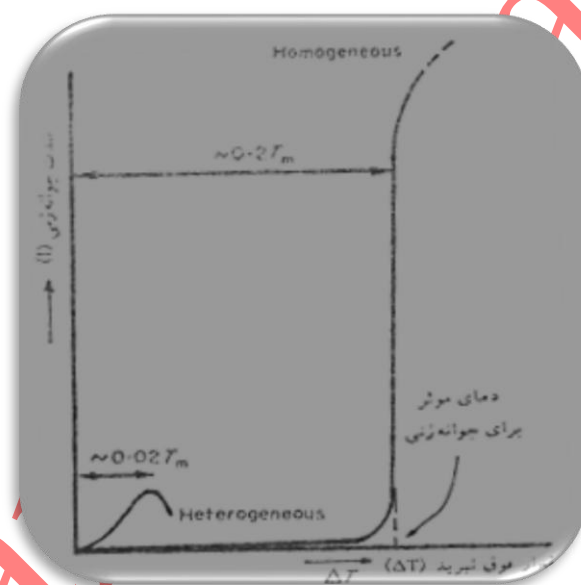
N = تعداد اتم ها در یک سانتیمتر مکعب مایع

K = ثابت بولتزمن

T = دمای مطلق

ΔG_c = تغییر انرژی آزاد مربوط به جوانه زنی است.

به طور کلی می توان گفت که در فوق تبریدی معادل با $0.2T_m$ شعاع بحرانی جوانه حدود 10^{-2} سانتی متر بوده و تعداد اتم های موجود در جوانه نیز در حدود 200 اتم می باشد شکل ۶-۱.



شکل ۶-۱: شدت جوانه زنی بر حسب دمای فوق تبرید برای فرآیند های جوانه زنی همگن و ناهمگن

هدف آزمایش:

هدف ما از انجام این آزمایش بررسی اثر سرعت سرد کردن بر ساختار داخلی و خواص مکانیکی قطعات ریختگی است لذا نمونه هایی را در شرایط مختلف سرد کردن ریخته گری نموده و پس از آماده سازی آنها را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهیم.

نحوه انجام آزمایش:

آزمایش روی فلزات نسبتاً خالص صورت می گیرد. در این قسمت ۴ نمونه از شمش آلومینیوم ۹۹.۹۵٪ را تحت شرایط زیر می ریزیم.

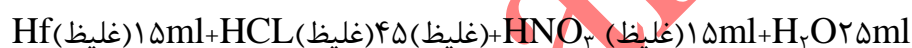
الف- نمونه اول: مذاب آلومینیوم را از درجه حرارت ۷۵۰ درجه سانتی گراد در قالب ماسه ای خشک ریخته و می گذاریم تا سرد شود.

ب- نمونه دوم: مذاب آلومینیوم را از درجه حرارت ۷۵۰ درجه سانتی گراد در قالب ماسه ای تر ریخته و می گذاریم تا سرد شود.

ج- نمونه سوم: مذاب آلومینیوم را از درجه حرارت ۷۵۰ درجه سانتیگراد در قالب فلزی ریخته و می گذاریم تا سرد بشود.

د- نمونه چهارم: مذاب آلومینیوم را از درجه حرارت ۷۵۰ درجه سانتی گراد در قالبی فلزی ابگرد می ریزیم و می گذاریم تا سرد شود.

سپس نمونه ها را مقطع عرضی زده و پس از پولیش آنها را اچ ماکروسکوپی کنند. محلول اچی که در اینجا مورد استفاده قرار می گیرد باید دارای ترکیبی به صورت زیر باشد:



محلول دیگری را نیز می توان در اینجا مورد استفاده قرار داد. این محلول دارای ترکیب زیر می باشد:

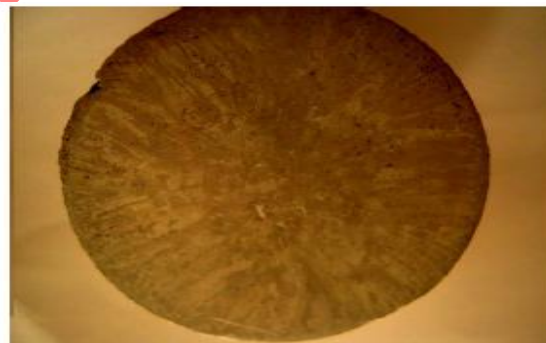


خواسته ی آزمایش:

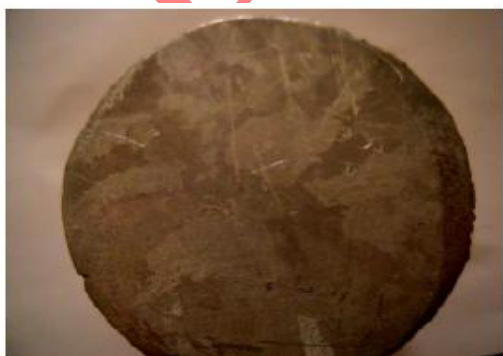
مقاطع به دست آمده از قسمت اول آزمایش را با توجه به تئوری های مربوطه و نتایج را مقایسه کنید.



نمونه شماره ۱



نمونه شماره ۳



نمونه شماره ۲



نمونه شماره ۴

نتیجه گیری :

در این آزمایش تاثیر سرعت سرد کردن بر روی ساختار دانه هارا بررسی کردیم که در دمای ۷۶۰ درجه سانتیگراد در چهار قالب ماسه ای تر ، ماسه ای خشک ، قالب فلزی و قالب فلزی آبگرد.

زمانی که $T\Delta$ کم باشد ساختار درشت دانه می شود و کلاستر های بزرگمی تواند به هسته تبدیل شود. در نتیجه در قالب ماسه ای خشک به دلیل $T\Delta$ کم باید ساختار درشت دانه (ستونی) را داشته باشیم و در قالب ماسه ای تر باید دیواره های قطعه یک لایه نازک هم محور داشته باشیم و در مرکزساختار ستونی باشد. در قالب فلزی منطقه هم محور بیشتری داریم به دلیل $T\Delta$ زیاد و در قالب فلزی آبگرد ساختار کاملا هم محور می باشد.

ولی نتایج آزمایش خلاف این موضوع را نشان می دهد که در نمونه شماره یک مقداری منطقه ستونی و در مرکز هم محور می باشد نمونه شماره دو کاملا ستونی ،نمونه شماره سه هم محور ،ستونی و هم محور ود نمونه شماره چهار ستونی هم محور می باشد.

خطا های بوجود آمده در این آزمایش ممکن است به دو دلیل باشد :

۱- تلاطم مذاب در قالب که این امر باعث شکسته شدن دندریت ها می شود و این امر باعث بوجود آمدن مراکز جوانه زنی در مذاب می گردد.

۲- به دلیل استاندارد نبودن وسایل ذوب ریزی(منظور بوتله که فرسوده شده بودو پوسته پوسته شدن آن و ورود آنها به ذوب).

آزمایش دوم

بررسی اثر درجه حرارت فوق گداز

بر

ساختار سطح مقطع قطعات ریختگی

تئوری آزمایش:

همانطور که می دانید اندازه دانه ها بر روی اکثر خواص فلزات اثر می گذارد. از آن جمله می توان خواص شیمیایی، مکانیکی، مقاومت خوردگی و غیره را نام برد (مثلاً برای خواص شیمیایی و مقاومت خوردگی، دانه های درشت دارای مقاومت بیشتری بوده و برعکس برای کلیه خواص مکانیکی، دانه های ریز مناسب ترند). در آزمایشات قبل اشاره شد که انجماد توسط رشد دو نوع جوانه صورت می گیرد:

الف - جوانه هایی که در بالای نقطه ذوب در مذاب به صورت پایدار وجود دارند (جوانه زنی غیر همگن).

ب- جوانه هایی که در زیر نقطه ذوب از خود مذاب بوجود می آیند (جوانه زنی همگن).

به طور کلی قدر مسلم آن است که در ریخته گری کلیه فلزات همیشه احتیاج به مقداری حدود ۵۰ الی ۱۰۰ درجه سانتی گراد فوق گداز داریم و این به منظور بالا بردن سیالیت فلز می باشد. که در صورت عدم وجود فوق گداز کافی، فلز سیالیت لازم را نداشته و قبیل از آنکه بتواند تمامی محفظه قالب را پر کند منجمد می گردد. از سبوی دیگر اگر درجه حرارت فوق گداز زیاد باشد ممکن است موجب سوختن برخی عناصر آلیاژی با دمای ذوب پایین تر گشته و یا جوانه های موجود در فلز را که در دماهای بالاتر از نقطه ذوب به صورت پایدار در فلز وجود دارند از بین برده و بدین ترتیب با کاستن تعداد جوانه های اولیه مذاب موجب درشت تر شدن دانه های فلز پس از انجماد و در نتیجه پایین آمدن خواص مکانیکی فلز (بواسطه درشت تر شدن دانه ها) گردد. علاوه بر این در صورت زیاد از حد بودن درجه حرارت فوق گداز، میزان جذب گاز در مذاب بیشتر شده و نیز امکان بروز معایبی از قبیل ماسه سوز شدن قالب و غیره وجود دارد. در اینجا لازم به تذکر است که اثر درجه حرارت فوق گداز در مورد آلیاژهای مختلف به صورت های متفاوتی ظاهر می گردد.

به طور کلی مهم ترین مرحله یا مهمترین فاکتور در عملیات کنترل مذاب، تنظیم درجه حرارت فوق گداز آن می باشد. طبق یک قاعده کلی معمولاً میزان فوق گداز را ۰,۲ درصد دمای نقطه ذوب فلز در نظر می گیرند. همانطور که گفتیم انتخاب درجه حرارت فوق گداز بستگی به پارامترهای بسیاری دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

الف- حداقل ضخامت قطعه ریختگی.

ب- تاثیر عناصر متشکله آلیاژ بر میزان سیالیت

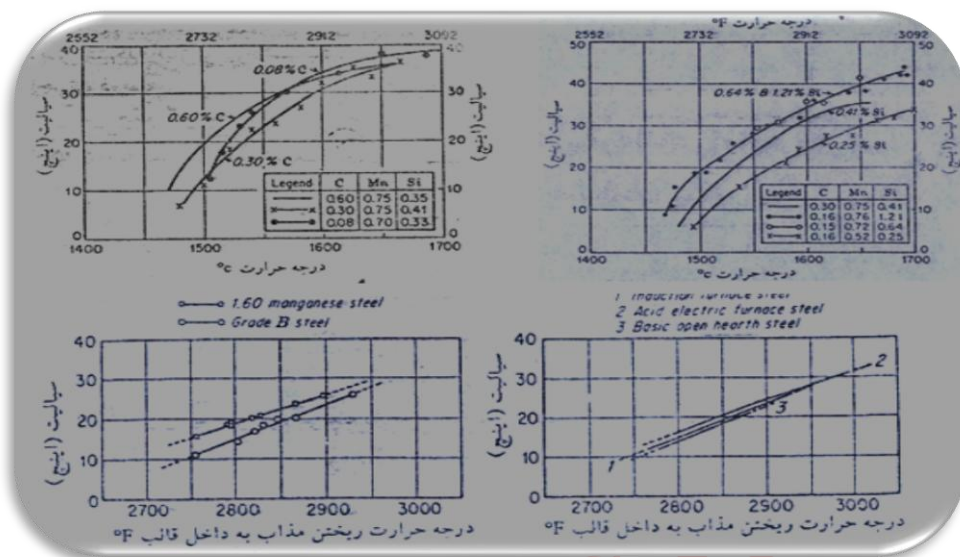
ج- امکانات اجرائی ذوب

اکنون به بررسی چگونگی تاثیر این پارامترها بر انتخاب درجه حرارت فوق گداز می پردازیم.

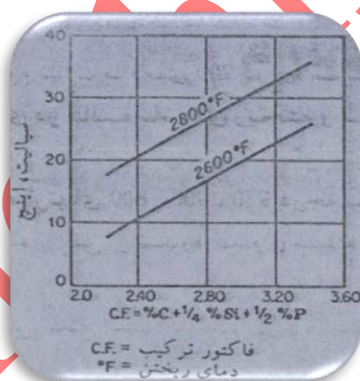
الف - حداقل ضخامت قطعه ریختگی:

همانطور که قبلاً نیز متذکر شدیم هر چه ضخامت قطعه ریختگی نازک تر باشد فوق گداز مذاب باید بالاتر انتخاب شود. این بدان علت است که در مقاطع نازک مذاب باید سیالیت بیشتری داشته باشد تا بتواند قبل

از انجماد تمامی فضای قالب را پر کند و واضح است که سیالیت با درجه حرارت فوق گداز نسبت مستقیم دارد. رابطه میزان سیالیت مذاب با درجه حرارت و ترکیب شیمیایی مذاب برای چند نوع چدن و فولاد در شکل های ۱-۲ و ۲-۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۲: تاثیر متغیرهای مختلف ذوب و ترکیب شیمیایی آن بر سیالیت فولاد



شکل ۲-۲: اثر ترکیب شیمیایی و درجه حرارت مذاب بر میزان سیالیت چدن

ب- تاثیر عناصر متشکله آلیاژ بر میزان سیالیت مذاب:

در اینجا نیز به ارتباط مستقیم درجه حرارت فوق گداز با سیالیت مذاب اشاره می کنیم. واضح است که در صورت وجود برخی عناصر آلیاژی در مذاب که موجب کاهش سیالیت مذاب می گردند، با بالا بردن درجه حرارت فوق گداز می توان کاهش سیالیت اولیه به واسطه وجود عناصر آلیاژی مذکور را جبران نمود. باید توجه داشت که عکس مطلب فوق نیز صادق است یعنی اگر عناصری در آلیاژ موجود باشند که سیالیت مذاب را بالا می برند می توان درجه حرارت فوق گداز را پایین تر گرفت تا موجب بروز اشکالاتی از قبیل ماسه سوز شدن، جذب گاز در مذاب و غیره نگردد و به این ترتیب سیالیت لازم با استفاده از عناصر آلیاژی تامین گردد.

مثالی که در این رابطه می توان آورد مربوط به فولادهای آلیاژی (۳۷Ni - ۱۸Cr) می باشد. این فولادها دارای نقطه ذوب ۱۳۲۰ درجه سانتی گراد می باشند. درجه حرارت ریختن این نوع فولاد با توجه به تعاریف قبلی باید در حدود ۱۴۰۰ الی ۱۵۰۰ درجه سانتی گراد باشد اما در واقع این نوع فولاد را در دمای ۱۶۰۰ درجه سانتی گراد می ریزند، چون Cr عنصری است که موجب پایین آمدن سیالیت مذاب می گردد، پس با بالا بردن درجه حرارت فوق گداز، کاهش سیالیت مذاب به واسطه وجود کرم جبران می گردد.

ج- امکانات اجرایی ذوب:

در این ورد احتیاج به توضیح نبوده و واضح است که برای موفقیت در هر کار، لازمه اولیه آن است که امکانات اجرایی را با دیگر ضوابط کاری مقایسه کرده و مطابقت نمود.

نحوه انجام آزمایش:

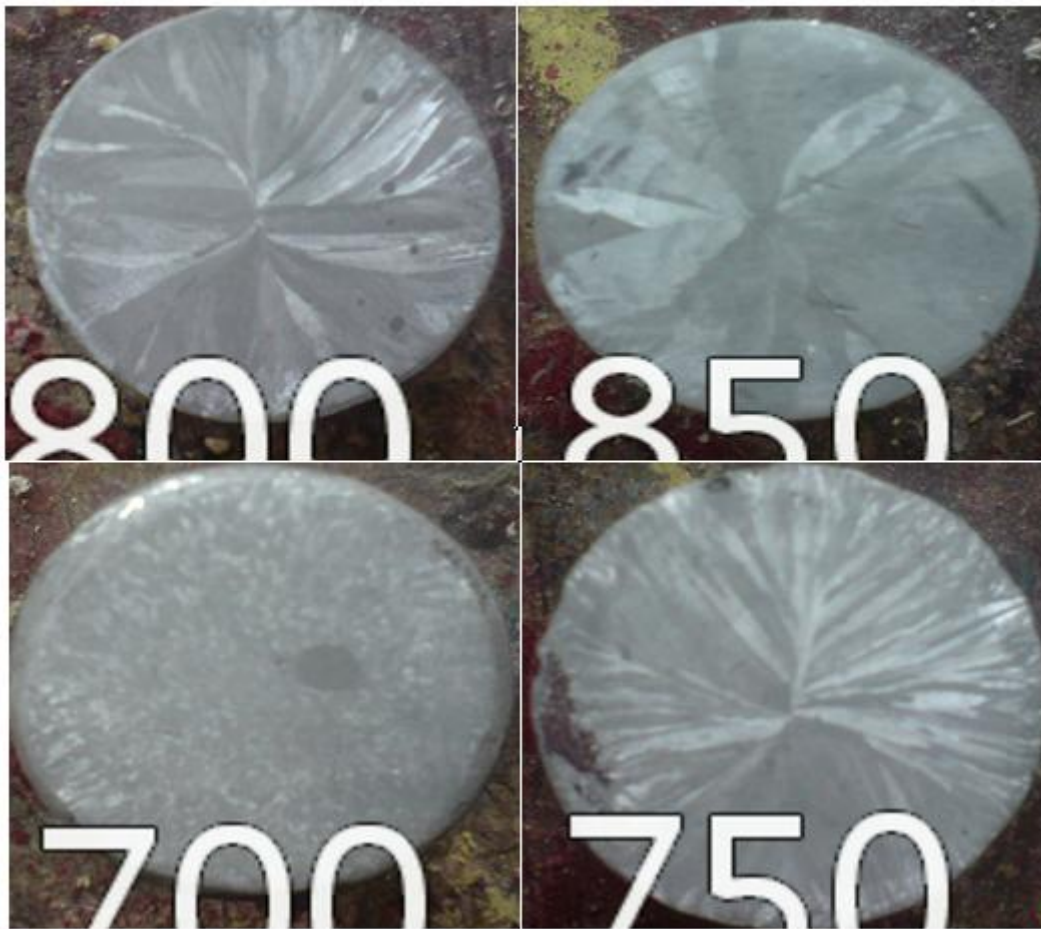
در اینجا برای بررسی اثر درجه حرارت فوق گداز روی ساختمان قطعات ریختگی از شمش آلومینیوم استفاده کرده و تعداد ۴ نمونه در قالب فلزی تحت شرایط زیر تهیه می گردد.

ابتدا از آلومینیوم مذاب با دمای ۸۵۰ درجه سانتی گراد در قالب فلزی ریخته و سپس درجه حرارت را به ۸۰۰ درجه سانتی گراد رسانده و نمونه دیگر تهیه نمایید. به همین نحو نمونه هایی در درجه حرارت های ۷۵۰ و ۷۰۰ درجه سانتیگراد ریخته می شود. نمونه های به دست آمده را پس از شماره گذاری مقطع عرضی زده، پولیش وچ ماکروسکوپی نمائید.

جزئیات کار به این شکل است که مقداری آلومینیوم وزن کرده و آن را در کوره زمینی ابتدا در درجه حرارت ۸۵۰ درجه ذوب نموده و پس از ریختن نمونه اول، دما را به ۸۰۰ درجه سانتی گراد رسانده و نمونه دیگر را می ریزیم. به همین نحو نمونه هایی در دماهای ۷۵۰ و ۷۰۰ درجه سانتی گراد ریخته گری می کنیم. نمونه های به دست آمده را با دستگاه کاتر مقطع عرضی زده پولیش وچ ماکروسکوپی می نمائیم.

خواسته ی آزمایش:

۱- مقایسه سطوح مقاطع نمونه های به دست آمده در قالب فلزی با هم و بحث در نتایج حاصله..



نتیجه گیری :

در این آزمایش تاثیر فوق ذوب بر روی رشد دانه ها را بررسی کردیم که در این آزمایش مذاب را در دماهای مختلف که عبارتند از 700°C , 750°C , 800°C , 850°C در قالب فلزی ریخته گری کردیم. بطور کلی هر چه دمای ذوب را پایین بیاوریم یعنی فوق ذوب نداشته باشیم ΔT افزایش می یابد در نتیجه قطعه دانه ریزتر (هم محور) می شود.

در نتیجه در دمای 700°C ساختار ریز دانه می شود و در دمای 750°C ساختار ما در کناره ها هم محور و در مرکز دانه ها ستونی می باشد. در دمای 800°C ساختار درشت دانه تر و ستونی تر می شود و در دیواره ها ساختار هم محور می باشد. در دمای 850°C در دیواره ها یک لایه نازک ساختار هم محور و بیشتر ساختار ستونی و قطعه دانه درشت می شود.

بطور کلی فوق ذوب زیاد ΔT را از بین می برد و باعث ستونی شدن ساختار قطعه می شود و تصاویر فوق نشان دهنده این امر است.

آزمایش سوم

بررسی اثر عناصر جوانه زا

بر

ساختار قطعات ریختگی

h-Daneshmand.ir

تئوری آزمایش:

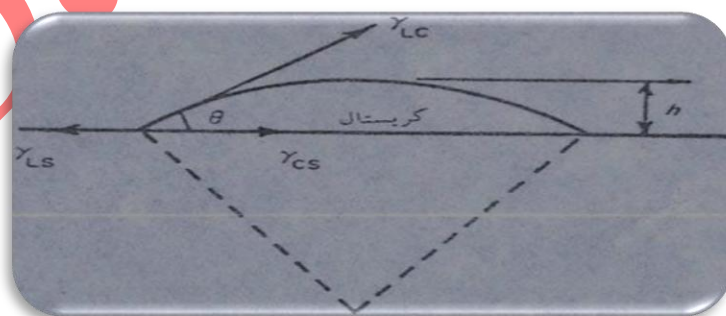
آنچه در تئوری آزمایش اول بدان اشاره شد تشکیل جوانه از خود مذاب بود که به جوانه زنی همگن مشهور است. ولی در عمل وجود دیواره های قالب و ذرات خارجی نقش موثری در تشکیل جوانه دارد. این حالت را جوانه زنی ناهمگن می نامند. به علت اهمیت مسئله جوانه زنی به طریق غیر همگن تئوری منحصری در این زمینه ارائه می گردد.

جوانه زنی غیر همگن:

اگر در فلز مذاب ذرات جامدی (دیواره های قالب شمش، ذرات و ناخالصی های متفرقه و غیره) که به عنوان مواد جوانه را برای تشکیل مراکز تبلور به کار می روند وجود داشته باشد جوانه سازی آسانتر می شود. این موضوع را می توان به کمک این حقیقت شرح داد که کار لازم برای تشکیل یک جوانه به طریق غیر همگن اساساً کمتر از کار لازم برای جوانه سازی خود به خود در فلز مذاب است. معذالک باید توجه داشت که ذرات خارجی فقط در صورتی جوانه سازی را آسان می سازند که کشش سطحی بین جوانه ها و ذرات کمتر از آنچه در سطح مشترک بین فاز مذاب و کریستال های جامد است باشد.

مطالعات و بررسی های به عمل آمده در این زمینه نشان داده است که ساختمان کریستالوگرافی جوانه های تشکیل شده ای که به ساختمان کریستالوگرافی ذرات جامد موجود در فلز مذاب نزدیک تر هستند دارای کشش سطحی کمتری در سطح مشترکشان می باشند.

اصولاً اگر بنا باشد مذاب فلزی روی سطح یک عامل خارجی (خواه دیواره های ظرف باشد و یا نالسی های نامحلول در مذاب) منجمد گردد، لازم است که سطح این عامل توسط مایع یا مذاب خیس شود. لازمه بعدی تشکیل جوانه این است که مایع بتواند بسهولت روی عامل خارجی منجمد گردد. به همین دلیل زاویه تماس بین سطح عامل خارجی و فلز جامد جدا شده (زاویه θ در شکل ۳-۱) دارای مفهوم تئوریکی مهمی در تشکیل جوانه می باشد، اگر چه این تئوری را نمی توان به وسعت زیاد در عمل به کار برد.



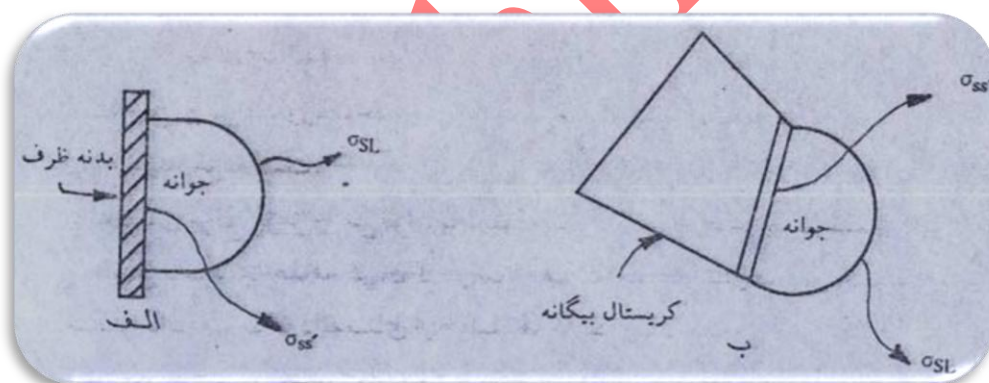
شکل ۳-۱: کلاهک کروی شکل فلز منجمد شده ای که بر روی یک عامل خارجی تخت تشکیل شده .

وقتی که زاویه θ کوچک باشد، فصل مشترک بین جامد و عامل خارجی دارای انرژی سطحی کمی بوده و تحت این شرایط اتم های فلز مایع به سهولت روی سطح عامل خارجی تشکیل نطفه می دهند، این بدان

علت است که با از بین رفتن فصل مشترک بین مایع و عامل خارجی سطح انرژی پایین می آید و در ضمن سیستم همیشه تمایل دارد به سمتی میل کند که در آن انرژی پایین تری را احراز نماید. در صورتی که زاویه θ برابر 180° درجه باشد فلز مایع به سهولت روی سطح عامل خارجی منجمد نمی شود چون در این حالت انرژی فصل مشترک فلز جامد و عامل خارجی زیاد است. در نتیجه، میزان تاثیر هر جسمی به عنوان کاتالیزور و جوانه زنی (عامل جوانه زا) تابعی از زاویه تماس می باشد که توسط عواملی از قبیل ساختمان شبکه عامل خارجی و فلز جامد و ماهیت شیمیائی سطح عامل خارجی تعیین می گردد. وقتی که زاویه θ کوچک باشد جوانه زنی نیز توأم با فوق تبرید کوچکی می باشد زیرا رشد نطفه در جهت از بین بردن فصل مشترک مایه و عامل خارجی (یا در جهت تقلیل انرژی) بوده و در صورتی که زاویه تماس بزرگ باشد مقدار فوق تبرید بیشتری برای شروع جوانه زنی لازم خواهد بود.

همانطور که در شکل ۲-۳ مشاهده می شود در صورتی که جوانه بر روی دیواره ظرف یا کریستال بیگانه تشکیل گردد مقدار انرژی سطحی لازم برای تشکیل آن کمتر خواهد بود. در این حالت رابطه انرژی حاصل از تشکیل جوانه به صورت زیر می باشد:

$$\Delta G = -a g_{sl} i + (b \sigma_{sl} - c \sigma_{ss}) i^{2/3}$$



شکل ۲-۳: چگونگی تشکیل جوانه : الف: بر روی دیواره ظرف ب: بر روی کریستال بیگانه

در این رابطه a ، b و c اعداد ثابتی بوده، σ_{sl} انرژی لازم برای تشکیل واحد سطح جوانه از مذاب، σ_{sl} انرژی لازم برای تشکیل واحد سطح جوانه بر روی عامل خارجی، g_{sl} انرژی تبدیل فاز و ΔG تغییر انرژی سیستم به هنگام تشکیل جوانه می باشد. بنابراین در شرایط وجود سرمای تحت انجماد، مقادیر ΔG_{max} و R_c مربوط به تشکیل جوانه از طریق ناهمگن کوچکتر خواهند بود.

اگر در برخی موارد تعداد هسته ها کافی نباشد می توان با استفاده از روش تلقیح مصنوعی مقداری ماده جوانه زا به مذاب اضافه نمود. لازم به تذکر است که در کاربرد مواد جوانه زا و با عواملی که باعث ریز شدن دانه ها می گردند باید دقت کافی مبذول داشت.

عوامل جوانه زا:

عامل جوانه زای ماده ای است که عمده‌اً به مذاب اضافه می‌شود تا نقش کاتالیزور جوانه زنی را ایفا نماید. ماده اضافه شده ممکن است ترکیبی غیر محلول در مذاب باشد که ایجاد زاویه تماس کوچکی نموده و یا ماده ای باشد که با مذاب وارد واکنش شده کاتالیزوری برای جوانه زنی تولید نماید.

ماهیت واقعی عوامل جوانه زای خوب برای فلزات مختلف هنوز کاملاً شناخته نشده است و در عمل شناسایی این مواد از طریق سعی و خطا صورت می‌گیرد (مثل Al در فولاد و برن و تیتانیوم در Al، همچنین با افزودن ۰,۰۵ درصد زیر کونیم به برنج قرمز می‌توان دانه بندی را زیر نمود).

در بسیاری از مواردی که احتیاج به استحکام بالائی داریم ساختمان هایی با دانه بندی ریزتر توصیه می‌گردد و این بدان معنی است که باید تعداد زیادی هسته در مذاب بوجود آورد و در عین حال سرعت سرد کردن را نیز کنترل نمود تا هسته فرصت عمل را پیدا کند. سرعت سرد کردن در جوانه زنی نقش مهمی ایفا می‌کند زیرا احتمال دارد که تمام هسته ها کاملاً در یک زمان عمل نکنند و این شاید بدان علت است که تمام حجم مایع دارای درجه حرارت یکسانی نبوده و در عین حال تمامی هسته ها نیز در یک مقدار فوق تبرید معین قادر به رشد نباشند. در اینجا اولین کریستال هایی که به صورت جوانه در آمده اند رشد نموده تا به سایر کریستال های در حال رشد، برخورد نمایند. اگر زمان بین مراحل جوانه زنی طولانی باشد کریستال ها بزرگ شده و بعضی از کاتالیزورهای جوانه زنی را که خود می‌توانستند تولید دانه های جدید تری کنند، جذب می‌نمایند. در صورت بالا بودن سرعت سرد کردن، تعداد زیادی از هسته ها این فرصت را پیدا خواهند کرد که به صورت مراکز جوانه قبل از آنکه به وسیله دانه هایی که در حال رشد هستند جذب گردند، عمل نمایند. افزایش عوامل جوانه زای شناخته شده با میزان معین به داخل مذاب، امکان کنترل انجماد و ساختمان نهایی قطه ریختگی را فراهم می‌آورد.

کنترل سرعت سرد کردن و افزایش عوامل جوانه زای، روش های متعارفی برای ایجاد قطعات ریختگی با دانه بندی مورد نظر می‌باشند.

نحوه انجام آزمایش:

در این قسمت تاثیر اضافه کردن ماده جوانه زای به مذاب فلز و نیز اثر مقدار آن را در درجه حرارت ثابت بر سطح مقطع فلز منجمد شده مورد مطالعه قرار می‌دهیم. در این مرحله ۳ نمونه آلومینوم که هر یک به ترتیب صفر ۲/۵ و ۸ گرم ماده جوانه زای به مذاب شان اضافه شده و همگی در قالب های فلزی ریخته می‌شوند را تهیه کرده و برای مقایسه آماده می‌کنیم. درجه حرارت ریختن در این حالت ۷۵۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. روش انجام این مرحله از آزمایش به صورت زیر است:

برای این مرحله سه مقدار Al را وزن کرده و متناسب با هر کدام مقدار جوانه زای لازم را محاسبه و وزن نمائید. سپس هر یک را در درجه حرارت (۷۵۰ درجه سانتی گراد برای تمام نمونه ها) ذوب کرده و بعد از

آن ماده جوانه زا را به مذاب اضافه کرده و مذاب را بداخل قالب های فلزی بریزید. پس از انجماد نمونه ها را شماره گذاری کرده مقطع عرضی بزنیید و پس از پولیش و آمادزه سازی آنها را اچ نمائید. محلول اچی که در اینجا به کار می برید مشابه محلولی است که ترکیب آن را در آزمایش اول آوردیم.

خواسته ی آزمایش:

سطح مقطع نمونه ها را رسم کرده آنها را با هم مقایسه نموده و بر روی نتایج حاصله بحث نمائید.



نمونه سمت چپ بالا بدون جوانه زا -- نمونه سمت راست بالا ۲/۵ گرم جوانه زا -- نمونه پایین ۸/۵ گرم جوانه زا

نتیجه گیری :

در این آزمایش تاثیر جوانه زا را بر روی ساختار بررسی کردیم. این آزمایش را در سه قالب فلزی با مشخصات زیر ریخته گری کردیم :

۱- قالب فلزی بدون جوانه زا

۲- قالب فلزی با ۲/۵ گرم جوانه زا

۳- قالب فلزی با ۸/۵ گرم جوانه زا

در نمونه اول باید ساختار هم محور درشت دانه باشد ولی این اتفاق رخ نداده و همانطور که آزمایش اول اشاره شد این اتفاق به دو دلیل رخ می دهد.

در نمونه ۲/۵ گرم جوانه زا ساختار باید ریز دانه و هم محور شده باشد و در نمونه ۸/۵ گرم بدلیل بیش از حد اضافه نمودن جوانه زا اث جوانه زا از بین می رود و ساختار درشت دانه می شود ولی در دو نمونه ای که جوانه زا به آنها اضافه شده نه تنها این اتفاق نیفتاد و باعث شد در قطعه ایجاد مک کند و این اتفاق به این دلیل است که طرز اضافه نمودن جوانه زا به مذاب اشتباه بود و جوانه زا با مذاب مخلوط نشد و ایجاد مک در قطعه کرد.

h-Daneshmand.ir

منابع

آزمایشگاه انجماد فلزات

مهندسی متالورژی فیزیکی

تالیف : مهندس افسانه ربیعی

ترجمه : مهندس افسانه ربیعی

h-daneshmand.ir