به نام دادار نیک اندیش

خلاصه مباحث عملیات حرارتی

تهیه و تدوین: گروه آموزشی متالورژها

WWW.METALLURGHA.IR

www.metallurgha.ir

ساختار های تعادلی، ساختار هایی هستند که مجموعه ای از P و α داریم.

Cem در فولاد یک فاز پایدار است چون شرایط برای تجزیه آن از نظر سینتیکی و هم ترمودینامیکی وجود ندارد .

انواع عملیات حرارتی :

۱. همگن کردن (Homogenising)

هدف : یکنواخت کردن ساختار های میکروسکوپی از نظر ترکیب شیمیایی، دانه بندی p و توزیع فازها است .

کاربرد : در قطعات ریخته گری شده (مشکل این قطعات : عیوب حاصل از ریخته گری دارند مثل : وجود فاز های ثانویه، کاربید ها، ساختار کورینگ (عدم یکنواختی ترکیب شیمیایی ساختار دندریتی، دانه بندی غیر یکنواخت)

فرآیند :

۱) قطعه را در محدوده ی دمایی همگن کردن حرارت می دهیم (۱۰۵۰-۱۲۰۰)
۲) سپس آهسته سرد می کنیم (البته بسته به ابعاد قطعه اینکه در چه محیطی سرد کنیم آهسته سرد کردن صورت می گیرد)

(قطعه کوچک = کوره، قطعه بزرگ = هوا)

نتیجه : پرلیت درشت است .

نکته : این فرآیند عیوب را از بین خواهد برد چون رنج دمایی بالا است پس تمام فاز های ثانویه، کاربید ها حل می شوند دیفوزیون صورت می گیرد کورینگ از بین می رود .

نکته : این فرآیند جزء فرآیند های اولیه است و مستقل از درصد کربن فولاد است

۲. آنیل کردن (Annealing)

هدف : به طور کلی هر فرآیندی که منحصر به ساختاری با استحکام و سختی کم و انعطاف پذیری زیاد شود را « آنیل کردن» می نامند .

فرآیند :

۱) حرارت دادن در رنج حرارتی آنیل :

۱- فولاد هیپو A_3-(A_3+50)

۲- فولاد هایپر A_1-(A_1+50)

۲) سرد کردن به نحوی که ساختار پرلیت درشت حاصل شود

نتیجه : پرلیت درشت، سختی کم، استحکام کم، انعطاف پذیری زیاد

تفاوت آنیل و همگن کردن : در همگن کردن چون دما بالا است تمام عیوب از بین می روند اما در اینجا (آنیل) عیوب از بین نخواهد رفت

بستگی به روش سرد کردن، ۲ نوع آنیل داریم :

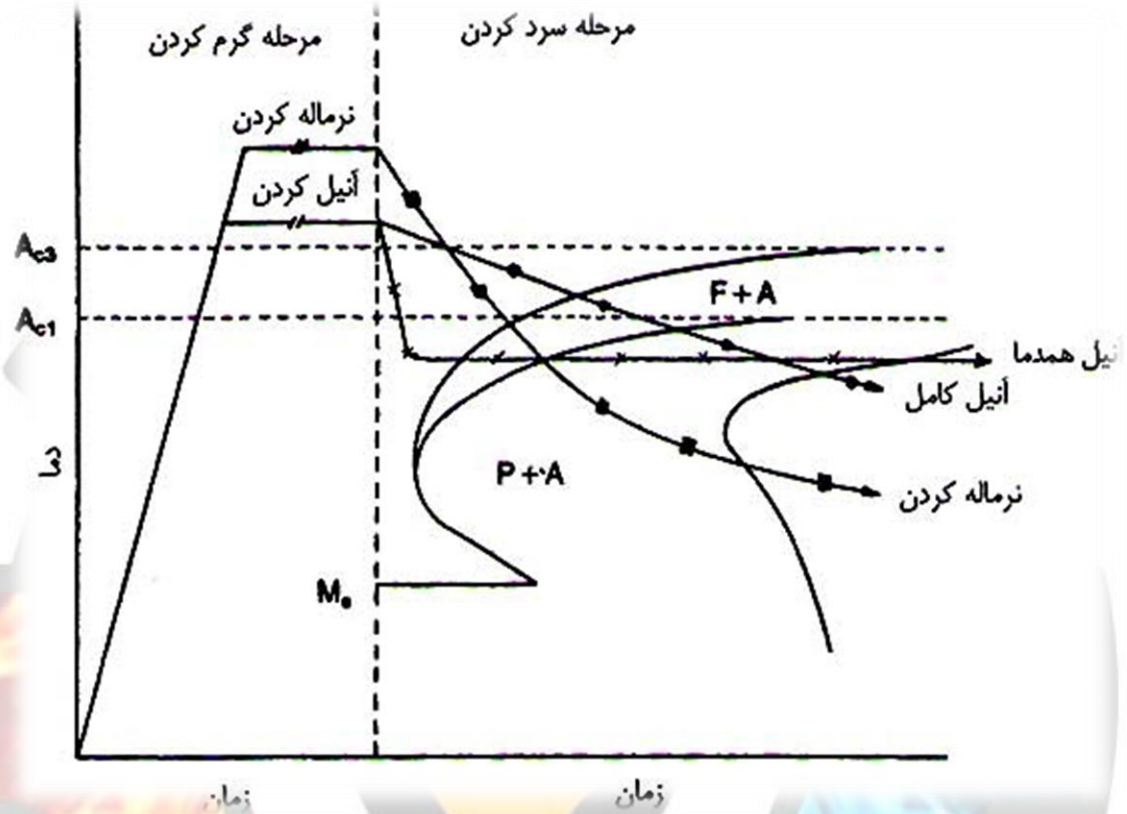
آنیل کامل :

قطعه در کوره سرد می شود (کوره خاموش است و قطعه همراه کوره سرد می شود)

آنیل ایزوترم :

قطعه در دمای ثابت سرد می شود، بنابراین از دمای آنیل قطعه را سریع سرد می کنیم تا دمای ۷۲۳، بعد با دادن زمان استحاله به طور کامل انجام می شود .

نکته : در آنیل کامل با یک کوره می توان فرآیند را انجام داد اما در آنیل ایزوترم مجبوریم گاهی از ۲ کوره استفاده کنیم . زمان می دهیم تا کامل آستنیته شود .



نکته : در آنیل ایزوترم وقتی استحاله پایان یافت می توان نمونه را از کوره در آورد و در هوا سرد کرد چون دیگر تغییر ساختار نخواهیم داشت

اما در آنیل کامل باید نمونه را کاملا در کوره سرد کنیم پس به زمان بیشتری نیار داریم

نکته : در آنیل کامل چون قطعه در کوره سرد می شود ممکن است سختی و استحکام کمتر باشد .

www.metallurgha.ir

۳. نرماله کردن (Normalizing)

هدف : افزایش نسبی سختی و استحکام (نسبت به آنیل کردن)

افزایش نسبی یکنواختی ساختار و ترکیب شیمیایی (نسبت به همگن کردن)

فرآیند :

۱) حرارت دادن در رنج نرماله کردن

اگر $C\% < 0.8\%$ (پرلیت ریز + α) = دامنه حرارتی (A_3+100) تا (A_3+50)

اگر $C\% > 0.8\%$ (پرلیت ریز + cem) = دامنه حرارتی (A_{cm}-A_{cm}+50)

۲) نمونه را در هوا سرد کنیم

نتیجه : پرلیت ریز

نکته : اگر غیر یکنواختی درشبکه قطعات زیاد نباشد می توان نرماله کردن را جایگزین همگن کردن کرد.

نکته : نرماله کردن برای فولاد های آلیاژی استفاده نمی شود چون اگر فولاد آلیاژی را در هوا سرد کنیم ساختار پرلیت ریز تشکیل نمی شود چون عناصر آلیاژی نمودار TTT را به سمت راست جا به جا می کنند و در جلوی نفوذ کربن را می گیرند .

در نتیجه استحاله پرلیت را به تعویق می اندازند .

اگر فولاد آلیاژی را در هوا سرد کنیم M و یا M+B می گیریم که در این صورت دیگر نرماله کردن نمی گوییم و سخت کردن داریم .

نکته : نرماله کردن نسبت به آنیل کردن در دمای بالاتری اتفاق می افتد و چون قطعه در هوا سردمی شود شیب سرد می شود شیب سرد شدن زیاد است از پرلیت ریز عبور می کنیم

نکته : نرماله کردن هم میتواند یک فرآیند واسطه یا میانی باشه و یا حتی نهایی

تفاوت پرلیت ریز (حاصل از نرماله کردن) و پرلیت درشت (حاصل از آنیل کردن)

۱- دانه ها در پرلیت ریز، ریزتر است و در نتیجه استحکام، سختی، مقاوت به ضربه نسبت به پرلیت درشت بیش تر است .

۲- بالا بودن مقاوت به ضربه در پرلیت ریز نسبت به پرلیت درشت به اثر ناخالصی ها در پرلیت بر میگردد .

۳-ناخالصی ها معمولا در مرز تجمع می کنند (چون نقطه ذوب بالایی دارندف دیرتر منجمد می شوند و به مرز دانه منتقل می شوند) تمرکز ناخالصی در پرلیت درشت بیش تر است چون بزرگتر است .

۴- ترک در پرلیت درشت راحت تر پیشروی خواهد کرد چون مرز کمتر است در پرلیت ریز چون مسیر ترک مدام عوض میشود پیشروی آن کمتر است .

۴. کروی کردن (spheroidizing)

هدف : ساختار سمنتیت کروی بیش ترین انعطاف پذیری (شکل پذیری) را دارد

کروی کردن در :

۱- فولاد های کم کربن : برای افزایش قابلیت شکل دهی و انعطاف پذیری

۲- فولاد پر کربن : برای افزایش قابلیت ماشین کاری

فرآیند کروی کردن :

۱) حرارت دادن در محدوده کروی کردن (A_1-50) تا (A_1+50)

۲) زمان کافی برای کروی شدن (میزان کروی شدن بسته به میزان بهبود خواص مکانیکی مورد نظر دارد)

۳) گرم و سرد کردن متناوب در حول ۷۲۳

(محلی که cem در آن حل می شود محلی که رسوب می کنند فرق می کند .)

نتیجه : زمینه فریت است و ذرات کروی سمنتیت را داریم

(پایین ترین سختی و استحکام و بالاترین انعطاف پذیری و مقاوت به ضربه)

نکته : هیچ موقع قطعه را ۱۰۰٪ کروی نمیکنیم بسته به میزان انعطاف پذیری وشکل پذیری cem کروی خواهد شد .

نکته : سمنتیت کروی پایدار ترین ساختار میکروسکوپی است که می تواند وجود داشته باشد، چون نسبت حجم به سطح پایین تر است و حداقل انرژی آزاد فصل مشترک (حداقل مرز) را داریم

نکته : علت کروی بودن سمنتیت این است که فرآیند در جهت کاهش انرژی آزاد پیش می رود . از میان اشکال هندسی هم کره که نسبت به حجم به سطح کمی دارد مناسب ترین گزینه است .

نکته : نرخ سرد کردن از ۷۲۳ تا دمای اتاق اثری روی کروی شدن ندارد و زمان نگه داشتن در رنج (A_1-50) تا (A_1+50) مهم است .

نکته : در کروی کردن انحلال نسبی cem را داریم و لایه های cem نباید تماما حل شوند چون اگرحل شوند و بعد سرد کنیم؛ پرلیت داریم .

www.metallurgha.ir

نکته : یکی از روش ها که برای کاهش زمان کروی شدن استفاده می شود کار مکانیکی است. کار مکانیکی سرد باعث شکسته شدن و خرد شن ذرات سمنتیت خواهد شد این سمنتیت ریز امکان کروی شدن بیشتری دارند .

کار مکانیکی باید در حدی باشد که تنش فشاری وارد کند و سمنتیت را خرد کند این تنش روی فریت اثر ندارد .

نکته : تنش ساختار میکروسکوپی : هر چه ساختار میکروسکوپی اولیه ریز تر باشد و یا ذرات سمنتیت ریزتر یاشند، سرعت کروی شدن بیشتر است .

پرلیت خشن، پرلیت متوسط، پرلیت ریز، پرلیت (بالایی . پایینی)

سرعت کروی شدن بیشتر

۵. بازیابی و تبلور مجدد (recrystali zation & recovoey)

فرآیند بازیابی (Recovery):

یعنی اعاده خواص (فیزیکی . مکانیکی) از دست داده شده در اثر کار مکانیکی

ساختار میکروسکوپی در همان شرایط کار مکانیکی شده است و تغییرات چندانی پیدا نمی کند .

تبلور مجدد (Recrystalization) :

جوانه زنی مجدد است در اثر کار مکانیکی دانه ها خرد می شوند و از بین میروند و دانه های جدیدی به وجود می آید .

۶. عملیات حرارتی سخت کردن

دو نوع سخت شدن فولاد داریم :

۱- سخت شدن سرتاسری : سرتاسر قطعه تا مغز به مارتنزیت تبدیل می شود

۲- سخت شدن پیوسته ای : یک پوسته رس قطعه مارنتزیتی است و بقیه ساختار p یا B است .

به طور کلی سخت کردن :

۱- سخت کردن یک مرحله ای : مستقیم منجر به شکست قطعه میشود

۲- سخت کردن دو مرحله ای : غیر مستقیم

سخت کردن غیر مستقیم :

۱- مارتمپرینگ : مارتنزیت به دست می آید

۲- مارتمپرینگ اصلاح شده : مارتنزیت با سختی بیشتر به دست می آید

۳- آستمپرینگ: سمنتیت به دست می آید

مارتمپرینگ یا مارتمپرینگ اصلاح شده = مارکوئنچینگ

سخت کردن سطحی :

۱- عملیات حرارتی شیمیایی از حرارت دادن و واکنش های شیمیایی استفاده می کنیم مثل کربن دهی، نیتروژن دهی کربن نیتروژن دهی نیتروژن کربن دهی

۲- عملیات حرارتی موضعی

عملیات حرارتی شیمیایی :

شامل مجموعه ای از واکنش های شیمیایی که در اطراف قطعه رخ می دهد به علاوه حرارت // و شامل عملیات های زیر می شود:

۱- کربن دهی ((کربوراسیون)) (جامد – مذاب – گاز)

۲- نیتروژن دهی – از ته کردن (جامد – مایع – گاز)

عامل سخت کننده نیتروژن است

۳-کربن نیتروژن دهی

کربن عامل اصلی و نیتروژن عامل کمیکی افزایش بیشتر سختی حاصل از کربن دهی

۴-نیتروژن کربن دهی :

نیتروژن عامل اصلی و کربن عامل کمکی برای افزایش بیشتر سختی حاصل از نیتروژن دهی

عملیات حرارتی موضعی :

۱) سخت کردن شعله ای : با استفاده از مشعل

۲) سخت کردن القائی : با استفاده از کویل