

## نرماله کردن فولاد چیست و چگونه انجام می شود؟

با صنعتی شدن جوامع و افزایش میزان ساخت و ساز، استفاده از فولاد و صنایع مربوط به آن به طور روزافزون در حال گسترش است و امروزه در اکثر سازه های ساختمانی از فولاد استفاده های زیادی می شود. نرماله کردن فولاد در واقع یکی از انواع مختلف عملیات حرارتی است که بر روی فولاد انجام می شود. عملیات حرارتی برای ایجاد تغییراتی در خواص شیمیایی، مکانیکی و متالورژیکی فولاد در جهت بهینه سازی آن برای مصرف هستند. در این مقاله سعی بر آن است که [عملیات حرارتی نرماله کردی فولاد](#) را شرح دهیم و کاربردهای آن را بیان کنیم. در کنار این موارد به مزایا و اهمیت نرماله کردن فولاد، محدودیت های اعمال آن و تفاوت نرماله کردن و آنیله کردن فولاد نیز اشاره خواهد شد.



## نرماله کردن فولاد چیست؟

هدف از فرآیند نرماله کردن فولاد در واقع ریزدانه کردن فولاد و همچنین یکنواخت کردن ساختار آن است. در عملیات نرماله کردن فولاد، ابتدا قطعه فولادی را حرارت می دهند و بعد به آن اجازه داده تا در هوای آزاد به آرامی سرد شود. درجه حرارتی که برای نرماله کردن فولاد در نظر گرفته می شود، درجه حرارتی به اندازه ۵۰ درجه سانتی گراد و بالاتر از A3 است. اگر دما بالاتر از این میزان باشد، فولاد دانه درشت تر خواهد شد و از خواص آن کاسته می شود. در واقع هدف از نرماله کردن فولاد، دانه ریز کردن آن است نه دانه درشت کردن آن. فولاد را تحت این درجه حرارت تا زمانی گرما می دهند که ساختار فولاد به آستنیت تبدیل شود. در عملیات حرارتی نرماله کردن هم مانند آنیل کردن، با توجه به ترکیب شیمیایی فولاد مورد

نظر، ترکیبی از پرلیت و سمنتیت یا پرلیت و فرلیت وجود دارد. در طی روند عملیات حرارتی نرماله کردن، ناهموازی ها و تنش های داخلی در قطعه مورد نظر، تعدیل می شود.

در فرآیند نرماله کردن فولاد، برای سرد کردن قطعه مورد نظر باید به جای کوره، قطعه را در هوای آزاد در دمای اتاق یا هوای ساکن سرد کرد و همچنین باید به این نکته توجه داشت که هر اندازه قطعه از نظر حجم حجیم تر باشد و ضخامت بیشتری داشته باشد، به همان اندازه باید سرعت سرد کردن را بالا برد. درجه حرارت و سرعت سرد کردن در عملیات حرارتی نرماله کردن فولاد، رابطه معکوسی با هم دارند؛ یعنی اینکه هر چقدر سرعت سرد کردن بالاتر باشد، درجه حرارت تبدیل آستنیت پایین تر و پرلیت ریزتر می شود.

عملیات حرارتی نرماله کردن فولاد را می توان به عنوان عملیات نهایی استفاده کردن و یا برای مقدمه ای برای یک سری عملیات دیگر در نظر گرفت. مثلاً می توان از آن به عنوان عملیاتی برای رفع عیوب حاصله از عملیات قبلی روی قطعه استفاده کرد یا اول با این عملیات قطعه را یکنواخت و دانه ریز کرد و بعد به مرحله ماشین کاری یا سخت کاری یا آنیله کردن سپرد.

### **نکاتی که در نرماله کردن فولاد توجه به آن ها لازم است:**

در عملیات نرماله کردن فولادهای هیپووتکتوئید، اول آستنیتی دانه ریز و دارای ساختار همگن به وجود می آید و سپس طی عملیات سرد شدن به پرلیت و فریت تبدیل می شود. در فرایند نرماله کردن فولادهای هایپریوتکتوئید، دمای کمی بالاتر از Ac<sub>m</sub> استفاده می شود که تقریباً ۵۰ درجه بالاتر است. در این دما دانه های آستنیت ریزتر می شود و کاربیدهای راسب شده انحلال می یابند و شبکه پیوسته کاربیدی شکسته می شوند.

یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار روی خواص مکانیکی فولادهای نرماله شده یا آنیله شده، درصد کربن موجود در آن ها است. هرچه درصد کربن موجود در فولاد بیشتر باشد، به همان نسبت پرلیت بیشتری

تولید شده و این پریلیت بیشتر باعث افزایش بیشتر سختی و استحکام فولاد می شود ولی انعطاف پذیری این فولاد کمتر خواهد بود.

گاهی در اثر شرایط محیطی عملیات حرارتی نرماله کردن فولاد، ممکن است تنش هایی هم ایجاد شود که می تواند منجر به ایجاد ترک های ریز در قطعه شده و باعث کاهش خواص مکانیکی در قطعه حاصل می شود. در چنین مواقعی می توان از تست آلتراسونیک برای ارزیابی وجود یا عدم وجود این عیب ها استفاده کرد. تست آلتراسونیک یا فراصوتی با فرستادن امواج صوتی با فرکانس خیلی بالا و آزمودن موج برگشتی از طرف قطعه مورد نظر می تواند عیوب احتمالی را تشخیص داد. این عیوب می تواند شامل عیوب انقباضی، ترک ها، حفره ها، خلل و فرج ها، پیوستگی های ناقص و سایر عیوب باشد. فرکانس فرستاده شده توسط دستگاه آلتراسونیک بالاتر از حد شنوایی انسان است.



## اهمیت نرماله کردن فولاد چیست؟

اهمیت فرآیند نرماله کردن فولاد از این جهت است که این نوع عملیات از انواع عملیات حرارتی فولاد، به عنوان پایه برای انجام عملیات حرارتی بعدی به کار می رود. همین طور این نوع از عملیات حرارتی از این جهت اهمیت دارد که می تواند عیوبی را که طی عملیات قبلی در سطح یا درون قطعه فولادی ایجاد شده است را تعدیل کرده یا از بین ببرد.

## نرماله کردن چه مزایایی دارد؟

نرماله کردن فولاد هم مانند سایر عملیات حرارتی که روی قطعات فولادی انجام می شود دارای یک سری مزایا است که در زیر به برخی از آن ها به اختصار اشاره می کنیم:

- نرماله کردن فولاد باعث ریز دانه شدن قطعه می شود.
- نرماله کردن فولاد بافتی یکنواخت به قطعه فولادی می بخشد.
- باعث افزایش انعطاف پذیری می شود.
- و قابلیت ماشین کاری را افزایش می دهد.

## تفاوت های نرماله کردن فولاد و آنیله کردن چیست؟

عملیات نرماله کردن فولاد و آنیله کردن (باز پخت) شباهت زیادی دارند ولی در موارد زیر با هم تفاوت دارند:

- دمای گرمادهی در فرآیند نرماله کردن بالاتر از آنیله کردن است و حاصل آن حلالیت بیشتر و یکنواخت تر می باشد.
- در فرآیند آنیله کردن قطعه فولادی در درون کوره سرد می شود ولی در فرآیند نرماله کردن، قطعه فولادی در هوای آزاد و خارج از کوره سرد می شود.
- فولاد حاصل از عملیات حرارتی نرماله کردن دانه ریزتر از فولاد حاصل از عملیات آنیله کردن است.
- دانه ریزتر بودن فولاد نرماله شده باعث افزایش استحکام این فولاد نسبت به فولاد آنیله شده می شود.
- انعطاف پذیری فولاد نرماله شده در مقایسه با فولاد آنیله شده پایین تر است.
- عملیات نرماله کردن برای بهبود ساختاری قطعاتی به کار می رود که تحت نورد گرم و کشش بوده اند ولی از آنیله کردن برای از بین بردن تنش های حاصل از نورد سرد استفاده می شود.



## نرماله کردن چه کاربردهایی دارد؟

### نرماله کردن چه کاربردهایی دارد؟

فرآیند عملیات حرارتی نرماله کردن کاربردهای مفیدی در صنعت دارد که به چند مورد از آن اشاره می‌کنیم:

- گاهی اوقات در صنعت قطعاتی وجود دارند که مقاطع یکسانی نداشته و چون سرعت سرد شدن در هر قسمت آن‌ها با بقیه قسمت‌ها متفاوت است دچار ساختار غیر یکنواخت شده‌اند. در این موارد عملیات نرماله کردن می‌تواند به ایجاد یک ساختار منسجم‌تر و یکنواخت‌تر کمک کند.
- در هنگام عملیات نورد گرم، گاهی دانه‌ها در جهت نورد دچار کشیدگی شده و خواص قطعه در قسمت‌های مختلف متفاوت می‌شود. بنابراین در اینجا هم عملیات نرماله کردن برای یکنواخت سازی قطعه بسیار کمک‌کننده خواهد بود.
- در فولادهای ریخته‌گری شده، معمولاً دانه‌ها قطعه درشت بوده و دارای فریتی هستند که به صورت سوزنی شکل است. عملیات حرارتی نرماله کردن می‌تواند ساختار ریز دانه خوبی را ایجاد کند.

### در چه مواقعی بهتر است عملیات نرماله کردن فولاد انجام نشود؟

توجه به این نکته بسیار مهم است که، قطعات با شکل‌های پیچیده یا خیلی بزرگ برای عملیات نرماله کردن زیاد مناسب نیستند. برای توضیح این نکته باید ذکر شود که وقتی قطعه مورد نظر از نظر اندازه خیلی بزرگ باشد، در هنگام سرد کردن، سطح آن به سرعت سرد شده و شکل می‌گیرد؛ در حالی که هنوز

مغز آن سرد نشده است. وقتی مغز قطعه می خواهد از فاز  $\gamma$  به  $\alpha$  تبدیل و سرد شود تمایل به افزایش حجم دارد که این موضوع هم امکان پذیر نیست؛ زیرا سطح قطعه کاملاً شکل گرفته و فضایی برای افزایش حجم مغز قطعه وجود ندارد، در نتیجه باعث به وجود آمدن تنش در قطعه می شود.

در قطعات حجیم بهتر است از عملیات نرماله کردن استفاده نشود ولی اگر می خواهیم که از عملیات حرارتی نرماله کردن برای قطعات حجیم تر استفاده کنیم باید دقت کرد که زمان بیشتری برای سرد شدن مغز قطعه در نظر بگیریم و اجازه بدهیم گرما از مغز قطعه به بیرون هدایت شود تا میزان تنش های احتمالی کاهش یابد. در قطعات کوچک و نازک هم چون سرعت سرد شدن بالاتر است، امکان دارد به جای ساختارهای فریت و پرلیت که ساختارهایی تعادلی هستند، ساختارهای مارتنزیت و بینیت که ساختارهایی غیر تعادلی هستند ایجاد شود. این مساله در فولادهای آلیاژی بیشتر رخ می دهد و بنابراین تا حد امکان باید سعی کنیم فولادهای آلیاژی را تحت عملیات نرماله کردن قرار ندهیم.

### **جمع بندی**

امروزه فولاد مورد استفاده در صنعت و ساخت و ساز را با استفاده از روش های مختلفی بهبود کیفیت می بخشند. عملیات حرارتی انواع مختلفی دارد که یکی از آن ها نرماله کردن فولاد است. عملیات حرارتی نرماله کردن فولاد را می توان به طور خلاصه به این صورت معنی کرد: نرماله کردن فولاد یعنی فرآیندی که طی آن فولاد را در درجه حرارت کمی بالاتر از  $A_{cm}$  تا مدت زمان معینی نگه می دارند تا کاملاً آستنیت شده و سپس در خارج از کوره آن را سرد می کنند. این عملیات که منجر به بهبود خواص متالورژیکی فولاد می شود، هم می تواند به عنوان عملیات نهایی انجام شده روی فولاد باشد و هم مقدمه ای برای عملیات بعدی باشد. معمولاً از فرآیند نرماله کردن برای فولادهایی استفاده می شود که در معرض ماشین کاری قرار خواهند گرفت، زیرا نرماله کردن فولاد خاصیت ماشین کاری فولاد را افزایش می دهد.