

## آنیل کردن :

در اینجا روش های مختلف عملیات حرارتی که منجر به تشکیل میکروساختارهای تعادلی می شوند، بررسی خواهد شد. این ساختارها که تماما شامل فریت و سمانتیت، ولی با توزیع های متفاوت اند، اکثرا به کمک حرارت دادن فولاد در دماهای نسبتا بالا و یا برای مدت زمان نسبتا طولانی و سپس سرد کردن آهسته تا دمای اتاق به دست می آید. در فولادهای آلیاژی، علاوه بر فریت و سمانتیت، کاربیدهای آلیاژی نیز وجود دارند. بنابراین علاوه بر ترکیب شیمیایی و ساختار اولیه، دما و زمان حرارت دادن از جمله پارامترهای کنترل کننده میکروساختار و خواص مکانیکی نهایی اند. از جمله خواص مورد نظر در این عملیات عبارتند از: بهبود انعطاف پذیری، کاهش تنش های داخلی و باقیمانده از عملیات قبلی، بهبود قابلیت ماشین کاری و ایجاد یکنواختی در میکروساختار.

### (۱) همگن کردن (Homogenising):

از جمله مشخصه های فولاد های ریخته گری شده، ساختار شاخه ای (Dendritic Structure)، جدایش موضعی (Segregation) و نایکنواختی در ترکیب شیمیایی (Coring) است. پدیده های مزبور که ناشی از ناعادلی سرد شدن در ضمن انجماد و عدم نفوذ کامل عناصر آلیاژی است، باعث افت خواص مکانیکی فولاد، از جمله قابلیت کار گرم و یا سرد و همچنین کاهش کیفیت و کارایی عملیات حرارتی مختلف می شوند. از این رو، ساختار و ترکیب شیمیایی فولادهای ریخته گری شده باید به کمک عملیات حرارتی مناسب یکنواخت شود. برای این منظور، قطعات مورد نظر را در دمای نسبتا بالا (مطابق شکل) برای مدت زمان نسبتا طولانی حرارت داده و سپس به آهستگی تا دمای اتاق سرد می کنند. (زمان حرارت دادن بستگی به ابعاد و ترکیب شیمیایی قطعه دارد). این عملیات به همگن کردن و یا آنیل نفوذی (Diffusion Annealing) موسوم است. از آنجایی که دمای انتخاب شده نسبتا بالاست، نفوذ سریع بوده و بنابراین پس از پایان عملیات، نایکنواختی ریزساختار و ترکیب شیمیایی از بین می رود. به علاوه فازهای ثانویه نظیر کاربیدهای رسوب شده به هنگام انجماد، در آستنیت حل شده و به صورت محلول در می آیند. همچنان که از نمودار مشخص است، گستره دمایی همگن کردن و کار گرم بر یکدیگر منطبقند.

### (۲) آنیل کردن (Annealing):

واژه آنیل دارای معنی، مفهوم و کاربرد وسیعی است، بدین صورت که، به هر نوع عملیات حرارتی که منجر به تشکیل ساختاری به جز مارتنزیت و با سختی کم و انعطاف پذیری زیاد شود، اطلاق می گردد. از آنجایی که این مفهوم بسیار کلی است، عملیات حرارتی آنیل به یک سری فرآیندهای مشخص ترو دقیق تر تقسیم می شود. این تقسیم بندی بر اساس دمای عملیات، روش سرد کردن، ساختار و خواص نهایی است.

### (۳) آنیل کامل ( Full Annealing ):

آنیل کامل عبارت است از حرارت دادن فولاد در گستره دمایی نشان داده شده در نمودار قبل و سپس سرد کردن آهسته ، معمولا در کوره. تحت شرایط فوق آهنگ سرد شدن در حدود ۰،۰۲ درجه سانتی گراد بر ثانیه است . همچنان که از شکل مشخص است ، گستره دمایی آستنیت‌دهی برای آنیل کامل ، تابع درصد کربن فولاد است . بدین صورت که ، برای فولادهای هیپو یوتکتوئید ، حدود ۵۰ درجه سانتی گراد بالای خط  $Ac_3$  و برای فولادهای های هایپر یوتکتوئید حدود ۵۰ درجه سانتی گراد بالای خط  $Ac_1$  است. دماهای بحرانی  $Ac_1$  و  $Ac_3$  تا حدودی تحت تاثیر عناصر آلیاژی در فولادها تغییر می کند. بنابراین به طور کلی در عملیات آنیل کامل، فولادهای هیپو یوتکتوئید را در ناحیه تک فازی آستنیت و فولادهای هایپر یوتکتیک را در ناحیه دو فازی آستنیت - سمانتیت حرارت می دهند. علت آستنیتی کردن فولادهای هایپر یوتکتوئید در ناحیه دو فازی آستنیت - سمانتیت این است که سمانتیت پرویوتکتوئید در این فولادها به صورت کروی و مجتمع شده در می آیند. اگر چنین فولادی تا بالای خط  $A_{cm}$  حرارت داده شود ، در ضمن آهسته سرد شدن سمانتیت پرویوتکتوئید به صورت شبکه پیوسته ای در مرز دانه های آستنیت رسوب می کند و در نتیجه منجر به ترد و شکننده شدن فولاد می گردد. در عملیات آنیل کامل ، نه تنها دمای آستنیتی کردن ، بلکه آهنگ سرد کردن نیز دارای اهمیت ویژه ای است . سرد کردن آهسته که معادل سرد شدن در کوره است باعث می شود که در ضمن عبور از خطوط  $Ac_1$  و  $Ac_3$  ابتدا فریت و سپس پرلیت از آستنیت به وجود آیند. به علت سرد شدن آهسته، فریت تشکیل شده دارای دانه های درشت و هم محور بوده و پرلیت دارای فاصله بین لایه ای نسبتا زیاد ( پرلیت خشن یا درشت ) است . از جمله مشخصه های مکانیکی این میکروساختار عبارت است از : کاهش سختی و استحکام و افزایش انعطاف پذیری . اگر واژه آنیل بدون پسوند استفاده شود ، منظور همان آنیل کامل است .

### (۴) آنیل همدما :

این عملیات شامل حرارت دادن فولاد در دو دمای مختلف است . ابتدا عملیات آستنیتی کردن در همان گستره دمایی مربوط به آنیل کامل انجام می شود و سپس سرد کردن سریع تا دمای ( زیر خط  $Ac_1$  ) و نگهداشتن برای مدت زمان کافی جهت انجام دگرگونی . پس از پایان دگرگونی ، فولاد را با هر آهنگ سرد شدن دلخواهی می توان سرد کرد . در نمودار شمایی از مراحل گرم و سرد شدن را در عملیات آنیل همدما برای یک فولاد هیپو یوتکتوئید نشان داده شده است . زمان لازم برای آنیل همدما در مقایسه با آنیل کامل به مراتب کمتر است، در حالیکه سختی نهایی کمی بیشتر خواهد بود . همانند آنیل کامل ، ریزساختار حاصل از آنیل همدما در فولادهای هیپو یوتکتوئید ، یوتکتوئید و هایپر یوتکتوئید به ترتیب عبارت است از فریت - پرلیت ، پرلیت و پرلیت - سمانتیت . ولی پرلیت حاصل نسبتا ظریف تر و درصد فریت و سمانتیت پرویوتکتوئید تا حدودی کمتر است .

از جمله موارد عمده کاربرد آنیل همدمما در رابطه با فولادهای آلیاژی ای است که دارای سختی پذیری (Hardenability) بالایی هستند. در صورتی که بر روی این فولادها عملیات حرارتی آنیل کامل انجام شود، به علت سختی پذیری بالا ساختار نهایی حاصل، به جای پرلایت خشن، ممکن است پرلایت ظریف و یا حتی مخلوطی از پرلایت ظریف و باینیت بالایی باشد. آنیل همدمما در ضمن مراحل ساخت قطعات فولادی نیز استفاده می شود. اگر یک شمش ریخته گری یا نورد شده از جنس فولاد آلیاژی سخت شونده در هوا (Air Hardening Steel) را از ناحیه آستنیت تا دمای اتاق در هوا سرد کنند، احتمال تشکیل ترک های سطحی بر روی آن زیاد است. این پدیده به هنگام مارتنزیت شدن مغز قطعه و در نتیجه اعمال تنش کششی (ناشی از انبساط) بر روی سطح آن که قبلا مارتنزیت و سخت شده است، اتفاق می افتد. از این رو به منظور جلوگیری از ایجاد ترک های سطحی، شمش های گرم را در کوره های آنیل همدمما در دمای ۷۰۰ درجه سانتی گراد نگه داشته تا دگرگونی آستنیت به پرلایت به طور کامل انجام شود. از این پس، آهنگ سرد شدن اثر چندانی بر ساختار و خواص نهایی ندارد. با این حال پس از پایان دگرگونی، قطعات معمولا در هوا سرد می شوند.

#### ۵) نرماله کردن (Normalizing):

نرماله کردن یکی دیگر از انواع روش های عملیات حرارتی است که ریزساختار حاصل همانند آنیل کردن شامل پرلایت، مخلوطی از پرلایت و فریت و یا مخلوطی از پرلایت و سمانتیت (بستگی به ترکیب شیمیایی فولاد) است. لیکن تفاوت های مهمی بین نرماله کردن و آنیل کردن وجود دارد. در نرماله کردن، دمای آستنیتی کردن برای فولادهای هیپوپوتکتوئید کمی بالاتر از گستره دمایی مربوط به آنیل کردن است، در حالی که برای فولادهای هایپریوتکتوئید از گستره دمایی حدود ۵۰ درجه سانتی گراد بالای Acm استفاده می شود. بر خلاف آنیل کامل که فولاد در کوره سرد می شود، در عملیات نرماله کردن، قطعات پس از آستنیتی شدن در هوا سرد می شوند. تحت چنین شرایطی آهنگ سرد شدن در حدود ۱ تا ۰٫۱ درجه سانتی گراد بر ثانیه است. از آنجایی که در نرماله کردن فولادهای هیپوپوتکتوئید گستره دمایی آستنیته کردن بالاتر از گستره دمایی مربوط به آنیل است، ساختار آستنیت و همچنین توزیع عناصر آلیاژی از یکنواختی بیشتری برخوردار خواهد بود. یکی دیگر از اهداف مهم نرماله کردن عبارت است از ریز کردن دانه های درشتی که اغلب به هنگام کار گرم در دمای بالا و یا در ضمن ریخته گری و انجماد به وجود آمده اند. هنگامی که قطعه کار گرم یا ریخته گری شده با دانه های درشت در دمایی بین  $AC_1$  و  $AC_3$  قرار بگیرد، دانه های جدید آستنیت جوانه زده و رشد می کنند. بنابراین در عملیات نرماله کردن فولادهای هیپوپوتکتوئید، ابتدا آستنیتی با ساختار همگن و دانه های ریز به وجود می آید و سپس در اثر سرد شدن در هوا به فریت و پرلایت تبدیل می شود. از نظر خواص مکانیکی، ریزساختار حاصل از نرماله کردن می تواند در بعضی موارد به عنوان عملیات حرارتی نهایی منظور شود. در مواردی که هدف سخت کردن قطعاتی باشد

که دارای دانه های درشت هستند ، نرماله کردن به عنوان عملیات حرارتی اولیه جهت ریز کردن دانه ها استفاده می شود. برای نرماله کردن فولادهای هایپر یوتکتواید از گستره دمایی بین خط Acm و حدود ۵۰ درجه سانتی گراد بالای آن استفاده می شود . انتخاب این گستره دمایی به منظور ریز کردن دانه های آستنیت ، انحلال کاربیده های رسوب شده و همچنین شکسته شدن شبکه پیوسته کاربیدی است. نمودار قبل شمایی از گستره های دمایی مربوط به دگرگونی آستنیت به مخلوط فریت و پرلیت را برای فولاد هیپویوتکتواید در عملیات آنیل و نرماله کردن نشان می دهد. با توجه به اینکه در نرماله کردن فریت و پرلیت در دمایی کمتر و با آهنگی بیشتر از آنیل کردن تشکیل می شوند، اندازه دانه های فریت و سمانتیت و فاصله بین لایه ای پرلیت هر دو کاهش می یابد. بنابراین در مقایسه با خواص حاصل از فرآیند آنیل ، استحکام و سختی افزایش یافته و انعطاف پذیری تا حدودی کاهش می یابد .

h.Daneshman.ir