

عملیات حرارتی چدن نشکن :

مهمترین عملیات حرارتی که روی چدن نشکن انجام می شود و هدف از انجام آنها :
عملیات حرارتی که در دمای پایین برای کاهش یا آزاد کردن تنش های داخلی باقی مانده پس از ریخته گری انجام می شود.

➤ آنیل کردن : عملیات حرارتی که برای بهبود انعطاف پذیری و چقرمگی ، کاهش سختی و حذف کاربیدها انجام می شود.

➤ نرماله کردن : عملیات حرارتی که به منظور بهبود استحکام به همراه کمی انعطاف پذیری انجام می شود.

➤ سخت کردن و تمپر کردن : عملیات حرارتی که به منظور افزایش سختی یا بهبود استحکام و بالا بردن نسبت تنش (تنش تسلیم) انجام می شود.

➤ آستمپر کردن : عملیات حرارتی که به منظور بدست آمدن ساختاری با استحکام بالا به همراه کمی انعطاف پذیری و مقاومت به سایش عالی انجام می شود.

➤ سخت کردن سطحی به وسیله ی القاء ، شعله یا لیزر : عملیات حرارتی که به منظور مقاوم به سایش ساختن و سخت کردن موضعی سطح انتخاب شده انجام می شود.

در اینجا عملیات آنیلینگ ، نرماله کردن ، آستمپر کردن ، کونچ کردن و تمپر کردن چدن نشکن شرح داده می شود.

۱) آستنیته کردن چدن نشکن :

هدف معمول آستنیته کردن این است که تا حد امکان زمینه ی آستنیتی با مقدار کربن یکسان قبل از پروسه ی حرارتی تولید شود. به عنوان مثال در چدن نشکن هیپریوتکتیک برای آستنیته کردن باید از دمای بحرانی کمی بالاتر برویم به طوری که دمای آستنیته در منطقه ی دو فازی (آستنیت و گرافیت) باشد. دمای آستنیته کردن به وسیله ی عناصر آلیاژی موجود در چدن نشکن تغییر می کند.

با افزایش دمای آستنیته کردن می توان آستنیت تعادلی حاوی کربن که در حال تعادل با گرافیت است را افزایش داد. که این پارامتر قابل انتخاب است (در زمان محدود). کربن موجود در زمینه ی آستنیتی کنترل دمای آستنیته کردن را مهم ساخته که این دما به منظور جلوگیری و واکنش به مقدار زیادی به کربن موجود در زمینه ی آستنیتی بستگی دارد ، این ساختار مخصوصاً برای آستمپر کردن ساخته می شود ، سختی پذیری (قابلیت آستمپر کردن) به میزان زیادی به کربن موجود در زمینه و در واقع به عناصر آلیاژی موجود در چدن نشکن بستگی دارد ، میکرو ساختار اصلی و سطح مقطع قطعه تعیین کننده ی زمان مورد نیاز برای آستنیته کردن می باشند.

مراحل بعد از آستنیت کردن هنگامی که مورد اهمیت باشند عبارتند از : آنیل کردن ، نرماله کردن ، کونچ و تمپر کردن و آستمپر کردن.

۲) آنیلینگ چدن نشکن :

هنگامی که حداکثر انعطاف پذیری و قابلیت ماشینکاری عالی مورد نیاز باشد و استحکام بالا مورد نیاز نباشد ، عموماً چدن نشکن آنیل فریتی می شود . بدین گونه که میکروساختار به فریت متحول می شود و کربن اضافی به صورت می باشد، اگر ماشینکاری عالی مورد ۶۰-۴۰-۱۸ نوع ASTM کروی رسوب می کند. این عملیات حرارتی ساخته ی نیاز باشد باید مقدار منگنز ، فسفر و عناصر آلیاژی از قبیل کرم و مولیبدن در حد امکان پایین باشد زیرا باعث آهسته کردن پروسه ی آنیل می شوند.

نحوه ی آنیل کردن توصیه شده برای چدن نشکن آلیاژی و چدن نشکن با کاربرد یونکتیک و بدون کاربرد یونکتیک در پایین شرح داده شده است :

➤ آنیل کامل برای چدن نشکن با ۲٪-۳٪ سیلیسیم و بدون کاربرد یونکتیک :

گرم کردن تا دمای ۸۷۰-۹۰۰ درجه ی سانتی گراد و نگهداری در این دما به مدت ۱ ساعت در ازای هر اینچ ضخامت ، سپس سرد کردن در کوره با سرعت ۵۵ درجه سانتی گراد در ساعت تا دمای ۳۴۵ درجه ی سانتی گراد سپس سرد کردن در هوا.

➤ آنیل کامل در صورت وجود کاربرد یونکتیک :

گرم کردن تا دمای ۹۰۰ C-۸۷۰ و نگهداری در این دما برای ۲ ساعت و بیشتر از این زمان برای ضخامت های زیاد ، سپس سرد کردن در کوره با سرعت ۱۱۰ C/h تا دمای ۷۰۰ C و نگهداری در این دما برای ۲ ساعت ، سپس سرد کردن در کوره تا دمای ۳۴۵ C با سرعت ۵۵ C/h ، سپس سرد کردن در هوا .

➤ آنیل کردن زیر منطقه ی بحرانی برای تبدیل پرلیت به فریت :

گرم کردن قطعات تا دمای C ۷۲۰-۷۰۵ و نگهداری در این دما به مدت ۱ ساعت در ازای هر اینچ ضخامت ، سپس سرد کردن در کوره با سرعت ۵۵ C/h تا دمای ۳۴۵ C و سپس سرد کردن در هوا . وقتی که در چدن نشکن عناصر آلیاژی وجود داشته باشد از سرد کردن سرتاسری قطعه جلوگیری می شود و کاهش درجه حرارت از نقطه ی بحرانی تا ۴۰۰ C ادامه می یابد و سرعت سرد کردن از ۵۵ C/h کمتر می باشد.

به هر حال برخی عناصر در شکل کاربرد خود اگر تجزیه ناپذیر باشند به شکل کاربرد اولیه که بسیار سخت است می باشند که این حالت بیشتر در کرم می باشد ، به عنوان مثال ۰,۲۵٪ کرم باعث تشکیل کاربرد اولیه ی بین نشینی می شود که در اثر عملیات حرارتی تا دمای C ۹۲۵ و نگهداری در مدت ۲ الی ۲۰ ساعت حتی نیز از بین نمی رود . زمینه ی حاصل از رسوب پرلیت ، زمینه ی فریتی با کاربرد می باشد که فقط ۵٪

از یاد طول دارد. نمونه های دیگری از عناصر که به شکل کاربید در چدن نشکن وجود دارند عبارتند از مولیبدن بیشتر از ۰,۳٪ و وانادیم و تنگستن در مقادیر بیش از ۰,۰۵٪.

۳) سختی پذیری چدن نشکن :

سختی پذیری چدن نشکن یک پارامتر مهم تعیین کننده ی واکنش ثابت آهن برای نرماله کردن ، کونچ کردن و تمپر کردن یا آستنیته کردن می باشد. سختی پذیری معمولاً به وسیله ی آزمایش جامینی تعیین می شود، که در آن از یک میله با اندازه ی استاندارد (قطر ۱ اینچ و ارتفاع ۴ اینچ) استفاده می شود که آن را آستنیته می کنند سپس یک سر آن را به وسیله ی آب سرد می کنند ، نوسان در سرعت سرد کردن باعث بی ثباتی (متفاوت بودن) در میکروساختار می شود که سختی آنها تغییر می کند سپس آنها را تعیین و ثبت می کنند.

زمینه ی با کربن بالا باعث بالا رفتن دمای آستنیته کردن و در نتیجه ی آن باعث افزایش سختی پذیری می شود (منحنی جامینی فاصله ی زیادی تا پایان سرد کردن پیدا می کند) و همچنین قطعه حداکثر سختی بالاتری پیدا می کند.

هدف از اضافه کردن عناصر آلیاژی به چدن نشکن افزایش سختی پذیری است ، منگنز و مولیبدن بر حسب وزن اضافه شده به چدن نشکن نسبت به مس و نیکل عناصر بسیار موثری در افزایش سختی هستند. در هر حال همانند فولاد افزودن ترکیب نیکل - مولیبدن یا مس - مولیبدن یا مس - نیکل - منگنز نسبت به اینکه این عناصر را به صورت جداگانه به چدن اضافه کنیم ، تاثیر بیشتری خواهند داشت.

بنابراین برای ریخته گری مقاطع زیاد که نیاز به سختی و آستمر زیاد دارند معمولاً از ترکیب ان عنصر استفاده می کنند . سیلیسیم صرف نظر از تاثیری که روی زمینه ی حاوی کربن دارد تاثیر زیادی روی سختی پذیری ندارد.

۴) نرماله کردن چدن نشکن :

نرماله کردن (سرد کردن در هوا در جریان آستنیته کردن) به طور قابل توجهی می تواند باعث بهبود استحکام کششی شود. و امکان استفاده در ساخت چدن نشکن ASTM نوع ۳۰-۷۰-۱۰۰ وجود دارد . میکروساختار حاصل از نرماله کردن به ترکیب شیمیایی چدن و سرعت سرد کردن بستگی دارد سختی تحمیل شده به وسیله ی ترکیب شیمیایی قطعه به موقعیت منطقه ی زمان - دمای دیاگرام CCT بستگی دارد . سرعت سرد کردن به حجم قطعه ی ریختگی بستگی دارد ولی شاید بیشتر تحت تاثیر دما و جریان هوای اطراف قطعه ی در حال سرد شدن باشد.

اگر چدن حاوی مقدار زیادی سیلیسیم نباشد و دست کم حاوی مقدار مناسبی منگنز (یا بالاتر ۰,۵٪-۰,۳٪) باشد به طور کلی نرماله کردن ، ساختار پرلیت ظریف تولید خواهد کرد . قطعات سنگین در صورتی که نیاز به نرماله شدن داشته باشند برای بدست آوردن ساختاری کاملاً پرلیتی و سختی پذیری بیشتر بعد از نرماله

کردن حاوی عناصر آلیاژی از قبیل مولیبدن و نیکل و منگنز اضافی هستند. قطعات سبک چدن های آلیاژی ممکن است بعد از نرماله کردن حاوی ساختار مارتنزیتی یا بینیتی باشند.

دمای نرماله کردن معمولاً بین 870°C - 940°C می باشد و زمان استاندارد نگهداری به مدت ۱ ساعت برای هر اینچ ضخامت و نگهداری به مدت ۱ ساعت به عنوان حداقل در این دما کافی است. برای چدن های حاوی عناصر آلیاژی به دلیل کاهش نفوذ کربن در آستنیت زمان بیشتری نیاز است به عنوان مثال قلع و آنتیموان برای گرافیت های کروی، به طور موثری از حل شدن کربن در زمینه ی حاوی گرافیت کروی جلوگیری می کنند.

گاهی اوقات بعد از نرماله کردن، قطعات را به منظور دست یافتن به سختی مورد نظر و حذف تنش های باقی مانده در اثر تفاوت سرعت سرد کردن در قسمتهای مختلف قطعه به دلیل اختلاف اندازه ی مقطع، قطعه ی ریختگی را تمپرمی کنند. تمپر کردن قطعات بعد از نرماله کردن برای دستیابی به چقرمگی بالا و مقاومت به ضربه می باشد. تاثیر تمپر کردن در سختی و استحکام کششی به ترکیب شیمیایی چدن و میزان سختی بدست آمده از نرماله کردن بستگی دارد. تمپر کردن شامل حرارت دادن مجدد تا دمای 425°C - 650°C و نگهداری در این دما به مدت ۱ ساعت برای هر اینچ ضخامت از مقطع می باشد. این دما برای دستیابی به مشخصات گوناگون در مدت بالای رنج معمول، متفاوت می باشد.

۵) کوئنچ و تمپر کردن چدن داکتیل:

قطعات تجاری قبل از کوئنچ و تمپر کردن معمولاً در دمایی بین 845°C - 925°C آستنیت می شوند. برای به حداقل رساندن تنش و جلوگیری از ترک خوردن قطعه برای کوئنچ متوسط روغن ترجیحاً از روغن استفاده میشود ولی برای قطعات با اشکال ساده از آب یا آب نمک استفاده می شود و قطعات پیچیده را به منظور جلوگیری از ترک خوردن در حین کوئنچ، در روغن پیش گرم شده تا دمای 80°C - 100°C کوئنچ می کنند. تاثیر کوئنچ کردن در آب مکعبی از جنس چدن نشکن که تا دمای آستنیت گرم شده بود بدست آمدن سختی بالایی (HRC ۵۵-۷۵) بوده است. دمای آستنیت کردن در این مکعب بین 845°C - 870°C بوده است. در دمایی بالاتر از 870°C مقدار زمینه ی حاوی کربن (آستنیت) بیشتری بدست خواهد آمد به همین دلیل مقدار آستنیت بیشتری (پس از کوئنچ کردن) حفظ خواهد شد که در نتیجه ی این امر سختی کاهش پیدا می کند قطعات بعد از کوئنچ شدن باید تمپر شوند تا تنش حاصل از کوئنچ شدن آزاد گردد. سختی حاصله بعد از تمپر کردن به وزمان تمپر بستگی دارد. سختی ویکرز چدن نشکن کوئنچ شده به وسیله ی دما و زمان تمپر کردن تغییر می کند.

عناصر آلیاژی موجود، دمای تمپر کردن و به همان اندازه زمان تمپر کردن بستگی دارد. تمپر کردن در دمای 450°C - 600°C باعث کاهش سختی می شود که میزان آن به عناصر آلیاژی موجود، سختی اولیه تمپر کردن چدن نشکن از یک فرآیند دو مرحله ای تشکیل می شود. مرحله ی اول همانند فرآیند فولادها

رسوب دادن کاربیدها است. مرحله ی دوم (معمولاً به وسیله ی کاهش سختی در زمان طولانی تر مشخص می شود) جوانه زنی و رشد گرافیت ثانویه که حاصل از مصرف شدن کاربیدها می باشد. کاهش سختی به همراه تشکیل گرافیت ثانویه همانند کاهش استحکام کششی و به همان اندازه کاهش استحکام خستگی می باشد. هر آلیاژی با در صد مشخص (عناصر) داری درجه حرارت تمپر مفید خواهد بود.

۶) آستمپر کردن چدن نشکن :

هنگامی که استحکام مناسب به همراه انعطاف پذیری مورد نظر باشد، عملیات حرارتی کننده اجازه می دهد ساختار آستمپر شده از آستنیت و فریت تولید گردد. زمینه ی آستمپر شده باعث بهبود قابل توجه استحکام کششی و انعطاف پذیری می شود که در هر نوع چدن داکتیل ممکن می باشد. برای بدست آوردن آن خواص مطلوب نیاز است که به اندازه ی سطح مقطع، زمان و درجه حرارت داده شده به قطعه در خلال آستنیت و آستمپر کردن دقت و توجه کافی شود.

۷) اندازه سطح مقطع و عناصر آلیاژی :

با افزایش سطح مقطع سرعت کاهش درجه حرارت بین دمای آستنیت و دمای آستمپر کردن تغییر می کند آستمپر کردن یا شامل کونچ کردن در روغن داغ 240°C ، کونچ کردن به وسیله ی جریان نیتريت / نیتريت، کونچ کردن توسط جریان هوا (فقط برای قطعات نازک یا قسمت های کوچک) و برای نوع ابزار کونچ کردن در حمام سرب. به منظور جلوگیری از واکنش محصولات در درجه حرارت بالا (مثل پرلیت در مقاطع ضخیم) باید آنها را در حمام نمک کونچ کرد. سختی به وسیله ی کونچ کردن در آب یا افزودن عناصر آلیاژی (مثل مس، نیکل، منگنز، یا مولیبدن) که باعث تسهیل سختی پذیری پرلیت می شوند. این نکته مهم است مه بدانیم عناصر فوق باعث به وجود آمدن جدایش در هنگام انجماد می شوند که این امر برای قابلیت آستمپر شدن و در نتیجه ی آن برای خواص مکانیکی مضر خواهد بود. انعطاف پذیری و مقاومت به ضربه پارامترهایی هستند که شدیداً تحت تاثیر قرار می گیرند.

منگنز و مولیبدن بیشترین تاثیر را در سختی پذیری پرلیت دارند اما به منظور افزایش آهن یا تعدیل کاربیدها همیشه موجب سگرگاسیون و سرد شدن ناحیه ی بین سلولی در قطعه می شوند. در صورتیکه مس و نیکل به همان اندازه تاثیری در سختی پذیری ندارند ولی باعث جدا شدن گرافیت کروی در زمینه میشوند و از به وجود آمدن کاربیدهای مضر جلوگیری می کنند. ترکیبی از این عناصر به اندازه ی مساوی به دلیل تاثیر آنها در سختی پذیری به قطعه افزوده می شود.

۸) دما و زمان آستنیت کردن :

معمولاً شکل شماتیک دیاگرام نشان می دهد که با افزایش دمای آستنیت کردن، زمینه ی حاوی کربن (آستنیت) نیز افزایش می یابد. زمینه ی فعلی حاوی کربن، به شکل مخلوط شدن عناصر موجود در زمینه، مقدار آنها و موقعیت آنها در زمینه بستگی دارد (سگرگاسیون).

مهمترین عامل تعیین کننده در زمینه ی حاوی کربن در چدن داکتیل سیلیسیم موجود در آن است ، با افزایش سیلیسیم برای دمای آستنیت ی معین مقدار کربن موجود در زمینه کاهش می یابد. دمای آستنیت بین C ۸۴۵-۹۲۵ معمولاً مناسب است و زمان آستنیت کردن برای کربن گیری مجدد تمام زمینه تقریباً ۲ ساعت کافی می باشد .

دمای آستنیت کردن کاملاً تحت تاثیر مقدار کربن موجود در زمینه می باشد که اثر مهم آن در سختی پذیری می باشد. دمای آستنیت ی بالا و مقدار کربن بالا باعث افزایش سختی پذیری می شود . که باعث کاهش سرعت دگرگونی آستنیت همدمای می شود.

۹) زمان و دمای آستیمپ کردن :

دمای آستیمپ کردن اولین پارامتر تعیین کننده ی میکروساختار نهایی در قطعه و در نتیجه ی آن سختی و استحکام محصول آستیمپ شده است . با افزایش دمای آستیمپ کردن ، سختی و مقاومت به ضربه ی متفاوتی خواهیم داشت.

دستیابی به حداکثر انعطاف پذیری در دمای معین آستیمپ کردن ، تابع حساس زمان می باشد . افزایش اولیه ی از یاد طول نسبی در مرحله ی (۱) رخ می دهد و پیشرفت از یاد طول نسبی در مرحله ی نهایی اتفاق می افتد که در آن نقطه ی شکست آستنیت حداکثر می باشد . آستیمپ کردن مجدد فقط به منظور کاهش انعطاف پذیری در مرحله ی (۲) واکنش که در نتیجه ی تجزیه ی ساختار به تعادل بینیت می باشد . زمان آستیمپ کردن از ۴-۱ ساعت متفاوت میباشد.