جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

سخت کردن شعله ای

۸-۱ : مقدمه

سخت کردن شعله ای یک فرایند عملیات حرارتی سطحی یا موضعی است که در آن یک لایه نازکی از سطح قطعه فولادی را توسط شعله حاصل از سوخت یک گاز قابل احتراق نظیرگاز طبیعی تا دمایی بالاتر از دمای بحرانی A_3 حرارت داده و پس از آستنیته شدن ، آن را سریع سرد می کنند . بدین ترتیب سطح قطعه یا محل مورد نظرمارتنزیت شده و از سختی و مقاومت به سایش خوبی برخوردار خواهد شد . از سوی دیگر مغز قطعه ساختار اولیه خود را حفظ کرده و لذا می تواند مقاومت به ضربه خوبی راداشته باشد . به علاوه ، چنین فرایندی استحکام خمشی و پیچشی و عمر خستگی قطعه را افزایش می دهد . سخت کردن شعله ای در ارتباط با دامنه وسیعی از قطعات و آلیاژهای آهنی و برای یک یا چند مورد از موارد زیر استفاده می شود .

- به دلیل اینکه قطعه آنقدر بزرگ است که عملیات حرارتی حجمی متداول غیر ممکن بوده و یا اقتصادی نیست . به عنوان مثال چرخ دنده های بزرگ ، قالبهای بزرگ و غلطکها .
- زیرا فقط یک قسمت یا ناحیه کوچکی از قطعه نیاز به عملیات حرارتی دارد و یا اینکه عملیات حرارتی حجمی کارکرد قطعه را کاهش می دهد . به عنوان مثال شافتها و اهرمها که باید سطوحی مقاوم دربرابر سایش داشته باشند .
- زیرا حصول و یا کنترل دقت ابعاد مورد نیاز برای قطعه توسط عملیات حرارتی حجمی متداول غیر ممکن و یا مشکل است . به عنوان مثال ، یک چرخ دنده بزرگ با طراحی پیچیده که در این حالت سخت کردن شعله ای دنده ها اثری روی ابعاد چرخ دنده نمی گذارد .

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

زیرا استفاده از سخت کردن شعله ای این امکان را فراهم می سازد که قطعه از مواد ارزانتری ساخته شده و لذا هزینه کلی ساخت قطعه کاهش یابد . این فرآیند موجب می شود که همان مجموعه خواص سایشی _ ضربه ای فولاد آلیاژی به فولادهای ارزانتر داده شود . در چنین شرایطی بدون اینکه در سطح قطعه اکسایش و یا کربن زدایی رخ دهد ، می توان قطعه مورد نظر را عملیات حرارتی کرد و لذا هزینه های سنگین تمیز کاری حذف شود .

۸-۲ : ویژگیها

- در سخت کردن شعله ای ناحیه ای که قرار است سخت شود را توسط یک شعله با ظرفیت حرارتی نسبتاً زیاد که از سوخت یک گاز قابل احتراق مانند استیلن و اکسیژن حاصل شده باشد ، حرارت می دهند . بدین ترتیب سطح قطعه در زمان کوتاهی گرم شده و به دمای سخت کردن می رسد . در حقیقت ، در این روش یک تمرکز حرارتی در سطح قطعه به وجود می آید . به بیان دیگر ، حرارت داده شده به سطح قطعه بیشتر از حرارتی است که می تواند به داخل قطعه نفوذ کند . سپس با سرد کردن سریع قطعه در یک محیط مناسب مانند آب ، بلا فاصله پس از گرم شدن ، از نفوذ بیشتر حرارت به داخل قطعه جلوگیری کرده و تنها یک لایه سطحی مارتنزیت و سخت می شود . در این فرآیند بر خلاف عملیات حرارتی حجمی که تمام قطعه گرم می شود ، مغز قطعه تحت تاثیر قرار نگرفته و همان ساختار اولیه خود را حفظ می کند . به علاوه ، ترکیب شیمیایی قطعه در این حالت تغییرنخواهد کرد . بنابراین در فرآیند سخت کردن شعله ای :

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

- ترکیب شیمیایی باید طوری باشد که فولاد قابلیت سخت شدن داشته باشد .
- سطحی که قرار است سخت شود باید طوری باشد که امکان گرم کردن آن توسط مشعل وجود داشته باشد .
- از نقطه نظر کاربردی ، این روش دارای مزایایی است که عبارت اند از : مشعلها همواره آماده برای کار بوده و نیازی به گرم کردن اولیه ندارند . سرعت سخت کردن بسیار زیاد و هزینه های کارگر و سوخت کم است . همچنین چون عملیات حرارتی فقط در نواحی خاص مورد نظر اعمال می شود ، امکان اعوجاج وتاب برداشتن قطعه بسیارکم است .

۸-۳ : روشهای سخت کردن شعله ای

به طور کلی دو روش مختلف سخت کردن شعله ای وجود دارد : در روش اول که به سخت کردن کلی سطح موسوم است ، تمام سطح قطعه را تا دمای سخت کردن حرارت داده و سپس آن را سریع سرد می کنند . در روش دوم که به سخت کردن پیشرونده موسوم است ، سطح قطعه به طور موضعی و پیشرونده گرم وبلا فاصله سریع سرد می شود . در ادامه ، روشهای مختلف سخت کردن شعلهای توضیح داده خواهد شد .

الف) سخت کردن کلی سطح توسط روش نوسانی

در این روش که عمدتاً برای سطوح کوچک (مسطح و یا نا مسطح) به کار می رود ، سطح موردنظر توسط حرکت نوسانی رفت و برگشتی یک مشعل حوشکاری و یا مشعل مناسب دیگر گرم شده تا

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

اینکه به دمای یکنواخت ومناسب سخت کردن برسد . سپس سطح قطعه به طور سریع سرد می شود (به شکل ۸-۱ مراجعه شود .) برای افزایش سرعت کار ، حرکت نوسانی مشعل و عملیات گرم وسرد کردن را توسط سیستمهای مکانیکی و الکتریکی کنترل می کنند . این روش برای سخت کردن سطحی قطعاتی نظیر پینیون ، هزار خار ، چهار شاخ گاردن ، سوپاپهای کوچک ، پیچهای ضامن ، دو شاخ کلاچ و قطعات مشابه استفاده می شود .

ب) سخت کردن کلی سطح توسط روش نقطه ای یا ساکن

ای روش برای سطوح کوچک در قطعاتی که شکل منظم ندارند ویا لازم به سخت کردن در تمام سطوح نیست استفاده می شود . در این روش مشعل ثابت وبدون نوسان است (شکل ۸-۲) . در این حالت ، باید حرارت به طوریکنواخت روی تمام سطح مورد نظر وارد گردد و عمل سردکردن توسط غوطه وری و یا پاشیدن آب روی سطح آستنیته شده انجام شود . این روش برای سخت کردن لبه تیغه های برش و تراش که درصنایع درود گری استفاده می شوند به کارمی رود .

ج) سخت کردن کلی سطح به روش چرخشی

این روش برای قطعات گرد یا نیمه گرد مانند چرخ دنده ها ، چرخها ، میل لنگها ، شافتها ، پیچها و انواع محورها استفاده می شود . ساده ترین حالت در این روش ، حرکت چرخشی – افقی یا چرخشی – عمودی قطعه کار است . در ضمن چرخش ، قطعه کار توسط یک یا چند مشعل گرم شده و سپس توسط وسایل سرد کننده مناسب ، سریع سرد می شود (شکل ۸-۳) . در این روش ، سرعت چرخش

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

بستگی به قطر قطعه دارد و بین ۸۰ تا ۱۲۰ دور در دقیقه است ، ولی معمولاً سرعت خطی نباید کمتر از ۱۰m/min (در چرخش) باشد . شعله باید تحت زاویه ۹۰ درجه به قطعه برخورد کند و ناحیه داخلی شعله نزدیک سطح بوده ولی با سطح تماس نداشته باشد . برای قطعات بزرگ ، تعداد مشعلها را زیادتر می کنند . از سوی دیگر ، زمان حرارت دادن بستگی به ظرفیت حرارتی مشعل ، قطر قطعه و دمای سخت کردن دارد .

د) سخت کردن کلی سطح به روش پیشرونده

این روش بیشتر برای سخت کردن قطعات بزرگ که توسط روش نقطه ای قابل سخت کردن نیستند به کار می رود . در این حالت ، عامل گرم کننده (مشعل) و سرد کننده (افشانک) در کنار یکدیگر بر روی سطح قطعه حرکت می کنند . بنابراین ، در هر لحظه یک لایه نازک سطحی از قطعه تا دمای آستنیته شدن گرم شده و بلافاصله سریع سرد می شود (شکل ۸-٤) . مشابه با روش قبل ، ناحیه میانی شعله باید نزدیک سطح بوده ولی با آن در تماس نباشد ، در حدود ۵ الی ٦ میلیمتر از سطح فاصله داشته باشد . اگر قرار باشد که تمام سطح سخت شود ، طول شعله باید کوتاهتر بوده و عملیات حرارتی از حدود ۲ الی ۳ میلیمتری لبه ها شروع شده و خاتمه یابد . اگر قرار باشد که فقط یک نوار باریکی روی سطح سخت شود ، باید شعله در حدود ۳ الی ٤ میلیمتر ازدو طرف این نوار را بپوشاند . به منظور ررسیدن به دمای سخت کردن ، پس از شروع عملیات (در ابتدا) باید مشعل را برای مدت زمان کوتاهی روی سطح قطعه نگه داشت . این زمان حرارت دادن اولیه اغلب کمتر از ۱۰ ثانیه است . از سوی دیگر، در انتهای مسیر باید مشعل شتاب بیشتری داشته باشد . این امر به خاطر جلوگیری از

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

گرم شدن بیش از حد و سوختن سطح قطعه است . در عمل ، روش سخت کردن پیشرونده را به هر دو صورت افقی وعمودی استفاده می کنند . مع هذا ، روش عمودی ترجیح داده می شود .

ه) سخت کردن به روش پیشرونده لغزشی

این روش برای قطعات استوانه ای یا گرد با قطر زیاد به کار می رود . دراین روش مشعل همراه با سیستم سرد کننده (افشانک) درکنار یکدیگر و در فاصله معینی از سطح قطعه نصب شده و با حرکت لغزشی در امتداد محورطولی قطعه حرکت می کنند . از سوی دیگر ، قطعه حول محور خود یک حرکت دورانی دارد (شکل ۸-۵) . در این روش سرعت عمل زیاد است ، به نحوی که دریک دور چرخش قطعه کار یک نوار به اندازه طول مشعل سخت می شود . مزیت دیگر این روش این است که ، در ضمن آستنیته شدن هر لایه ، لایه سخت شده قبلی باز پخت می شود . این امر به خاطر مسئله انتقال حرارت از مشعل به نواحی مجاور است . در چنین شرایطی ، آلیاژهایی که در ضمن باز پخت تمایل بهترترد شدن دارند ، مستلزم دقت وتوجه خاص هستند .

تحت شرایطی که ضخامت لایه سخت شده بیشتری نیازباشد ، از مشعلهای پیشگرم کننده نیز استفاده می کنند . مشعلهای پیشگرم و آستنیته کننده به نحوی تنظیم می شوند که ، ابتدا فقط مشعل پیشگرم کننده روشن می شود . به مجرد اینکه ناحیه پیشگرم شده به موقفیت مشعل آستنیته کننده رسید ، این مشعل نیز روشن می شود و عملیات گرم کردن به منظور سخت کردن شروع می شود . به منظور حفاظت از لایه سخت شده قبلی ، یک افشانک در جلوی مشعل پیشگرم کننده تعبیه می کنند . چند میلیمتر قبل از اینکه لایه سخت شده به مشعل پیشگرم کننده برسد ، این مشعل خاموش می شود . به

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

همین ترتیب قبل از رسیدن لایه سخت شده به مشعل آستنیته کننده ، این مشعل نیز خاموش می شود . استفاده از مشعلهای پیشگرم کننده هم ضخامت لایه سخت شده و هم سرعت عملیات را افزایش می دهد . این فرآیند عمدتاً برای قطعات گرد و با قطر زیاد به کار می رود .

ی) سخت کردن به روش پیشرونده چرخشی دوار

در این روش که برای سخت کردن شافتهای بلند استفاده می شود ، مشعلهای حلقه ای یا سگمنتی همراه با سیستم سرد کننده از یک انتها به انتهای دیگر شافت که درحال دوران است حرکت می کند (شکل ۸-٦) بدین ترتیب پس از یک بار عبور کردن ، قطعه تماماً سخت می شود . هر یک از انواع مشعلها یعنی حلقه ای و یا سگمنتی دارای مزایای خاص خود هستند . با استفاده از مجموعه ای از هر دو نوع مشعل ، شافتها با قطرهای مختلف را می توان به نحو موفقیت آمیزی سخت کرد . همچنین با استفاده از روش پیشرونده چرخشی دوار ، سطوح خارجی ویا داخلی سورزاخها را می توان به راحتی سخت کرد . در هرحالت برای جلو گیری از سخت شدن سرتاسری ، ضخامت دیواره باید حداقل برابر با ۵ میلیمتر باشد . از سوی دیگر ، برای سخت کردن همزمان سطوح خارجی وداخلی و در عین حال جلوگیری از سخت شدن سرتاسری ضخامت دیواره باید حداقل برابر با ۷ میلیمتر باشد . این امر موجب می شود که در هر سطح ، لایه سخت شده ای به ضخامت ۱/۵ میلیمتر و مغزی نرم با حجم کافی داشته باشیم . با استفاده از روش پیشرونده چرخشی ، قطرهایی در محدوده ۲۰ الی ۱۵۰۰ میلیمتر را می توان به راحتی سخت کرد. حداقل قطر سوراخ قابل سخت شدن در این روش ۲۵ میلیمتر است . برای سوراخها با قطر کمتر ، مخصوصاً سوراخهای عمیق ، عمر مشعل محدود می شود .

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۸-٤ گازهای مصرفی و شعله

در سخت کردن شعله ای انواع مختلف گازهای قابل احتراق نظیر استیلن ، گاز شهر ، متان یا گاز طبیعی و پروپان را می توان استفاده کرد و مع هذا ، برای انتخاب یک گاز برای کاربرد مشخص موارد زیر باید در نظر گرفته شوند :

- نرخ گرم کردن مورد نیاز
- هزینه گاز
- هزینه های اولیه تجهیزات
- هزینه های نگهداری تجهیزات

اگر سخت کردن شعله ای به نحو صحیح انجام گیرد ، ترکیب شیمیایی فلز پایه تغییر نخواهد کرد . به طور کلی شعله حاصل از سوختن یک گاز قابل احتراق می تواند احیا کننده (کربن دهنده) اکسید کننده و یا خنثی باشد . اینکه شعله کدام یک از حالات یاد شده راداشته باشد ، بستگی به نسبت اکسیژن به گاز قابل احتراق دارد . از طرفی با توجه به شکل ظاهری شعله امکان تشخیص نوع شعله وجود دارد (۸-۷) شعله احیا کننده آرام بوده و در انتهای آن دوده مشاهده می شود . شعله اکسید کننده متلاطم بوده و انتهای شعله پخش می شود ، شعله خنثی حالتی بین شعله اکسید کننده و احیا کننده دارد .

شعله اکسید کننده از اکسیژن غنی بوده ومی تواند مخرب باشد ، زیرا در این حالت دمای شعله بسیار بالاست و امکان اکسایش و / یا کربن زدایی سطح و یا گرم شدن بیش از حد سطح وجود دارد . یک

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

شعله احیا کننده از اکسیژن فقیر بوده و می تواند از کربن زدایی سطح جلوگیری کند ولی در این حالت دمای شعله پایینتر بوده و امکان نفوذ کربن ناخواسته در سطح قطعه وجود دارد . بهترین نتیجه موقعی حاصل می شود که از شعله خنثی و یا کمی متمایل به احیا کننده استفاده شود .

با داشتن خواص مشخصی از مخلوط گازهای قابل احتراق و اکسیژن ، نرخهای حرارت دهی گازهای یاد شده را می توان با یکدیگر مقایسه کرد . از جمله پارامترهایی که با نرخ واقعی حرارت دهی ارتباط خوبی دارند ، شدت احتراق است . این پارامتر برابر با حاصل ضرب سرعت طبیعی سوختن در ارزش خالص حرارتی مخلوط اکسیژن و گاز قابل احتراق است . بنابراین ، با داشتن این دو پارامتر ، مناسبترین گاز را برای سرعت سخت کردن و ضخامت لایه سخت شده مشخص می توان انتخاب کرد . سوختهای مختلف را با توجه به شدت احتراق از نظر اهمیت به صورت زیر طبقه بندی می کنند : استیلن ، پروپان و متان . مشخصه های مختلف این سوختها در جدول ۸-۱ ارائه شده است .

در صورتی که متغیرهای دیگر ثابت باشند ، زمان لازم برای نفوذ حرارت به داخل قطعه معیار خوب دیگری برای قضاوت درباره کیفیت حرارتی سوخت مورد استفاده است . شکل ۸-۸ زمان حرارت دادن واثر آن بر روی ضخامت لایه سخت شده برای سوختهای متیلن استیلن پروپادین (MAPP) ، استیلن و پروپان را نشان می دهد . همان گونه که ملاحظه می شود با استفاده از سوخت MAPP ، در زمان کوتاهتر ضخامت لایه سخت شده بیشتری را می توان بدست آورد .

برای داشتن حداکثر بازدهی حرارتی سوخت ، نسبت اکسیژن به سوخت بسیار مهم است . مع هذا ، نسبت اکسیژن به سوخت نباید با نرخهای مصرف اکسیژن سوخت اشتباه شود . نرخهای مصرف

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

اکسیژن وسوخت بستگی به سرعت شعله ، انـدازه سـری مشـعل و زمـان حـرارت دادن دارد . از نظـر استوکیومتری ، برای احتراق کامل یک مول استیلن نیاز به ۲/۵ مول اکسیژن است . در حـالی کـه یـک مول MAPP و یا پروپان به ترتیب نیاز به ٤ و ٥ مول اکسیژن برای احتراق کامل دارند . مع هذا ، بـه هنگام استفاده از استیلن ، فقط ۱ الی ۱/۵ حجم اکسیژن مستقیماً تامین می شـود و بقیـه آن از محـیط اطراف جذب می گردد .

هیچ کدام از سوختهای MAPP و یا پروپان حرارت لازم برای سخت کردن شعله ای را ندارند ، مگـر آنکه اکسیژن بیشتر (معمولاً ٤ قسمت اکسیژن و یک قسمت سوخت) تـامین گـردد . شـایان توجـه است که ، MAPP در یک دامنه وسیعی از نسبتهای اکسیژن به سوخت می سوزد . بنابراین ، در حالی که این سوخت قادر است حرارت زیاد مورد نیاز راتامین کند ، گستره وسـیعتر حرارتـی را مـی توانـد داشته باشد . استفاده از MAPP مصرف اکسیژن را افزایش داده ولی مصرف سـوخت را کـاهش مـی دهد .

۸-۵ : عمق ضخامت لایه سخت شده

عمق یا ضخامت لایه سخت شده کم (کمتر از ۳/۲ میلیمتر) را فقـط بـا اسـتفاده از شـعله حاصـل از احتراق مخلوط اکسیژن – گاز می توان به دست آورد . شعله های حاصل از احتراق مخلـوط اکسـیژن – گاز دارای دمای بالایی بوده و انتقال سریع حرارت مورد نیاز برای تمرکز حرارتی موثر بـرای عمـق سخت شده کم را به راحتی تامین می کنند . عمق گرم شده بیشتر را با استفاده از شعله های حاصـل از احتراق مخلوط اکسیژن – گاز یا هوا – گاز می توان به دست آورد . مع هـذا ، شـعله هـای حاصـل از احتراق مخلوط اکسیژن – گاز موجب تمرکز حرارتی نسبتاً زیادی شده ولذا در اسـتفاده از آنهـا بـرای

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

حصول عمق زیاد باید دقت کرد . در غیر این صورت ممکن است با پدیده گرم شدن اضافی سطح مواجه شویم . شعله های حاصل از احتراق مخلوط هوا – گاز از نرخ کمتر انتقال حرارت برخوردار بوده (دمای شعله کمتر است) ولذا امکان گرم شدن اضافی سطح کاهش یافته ویا حذف می شود . مع هذا ، در چنین حالتی منطقه گرم شده گسترده تر از ناحیه مورد نظر برای سخت کردن خواهد بود . به همین دلیل ،شعله های حاصل از احتراق هوا – گاز صرفاً برای سخت کردن سطحی فولادها با سختی پذیری کم استفاده می شود . بدین ترتیب ، طیف سختی توسط محیط سرد کننده کنترل می شود ، نه توسط حرارت دادن . به دلیل احتمال تاب برداشتن بیش از حد که می تواند ناشی از عمق گرم شده زیاد باشد ، استفاده از شعله های حاصل از احتراق مخلوط هوا – گاز محدود شده است . به علاوه ، استفاده از این نوع شعله ها بستگی به شکل قطعه نیز دارد .

۸-٦ : مصرف گاز ، زمان و سرعت حرکت مشعل

در سخت کردن شعله ای ، مصرف گاز بستگی به ضخامت لایه ای دارد که قراراست سخت شود . افزایش ویا کاهش ضخامت لایه سخت شده ، به ترتیب موجب افزایش وکاهش مقدارگاز مصرفی می شود . قطعات حجیم مصرف گاز را افزایش می دهند .

این امر به خاطر اثرات سرد کنندگی داخلی بیشتر این نوع قطعات است . به منظور استفاده از حداکثردمای شعله ،فاصله انتهای ناحیه درونی شعله تا سطح قطعه باید در حدود ۱/٦ میلیمتر باشد . سرعت حرکت مشعل بر روی قطعه در روش پیشرونده وهمچنین زمان حرارت دادن در روشهای نقطه ای و چرخشی بستگی به ضخامت لایه سخت شده مورد نظر و ظرفیت سری مشعل دارد . در روشهای

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

پیشرونده و پیشرونده چرخشی ، سرعتها برای اکثر کاربردها معمولاً بین ۰/۸ الی ۵/۱ میلیمتر در ثانیه تغییر می کند . مع هذا ، برای جلوگری از گرم شدن اضافی ویا سوختن قطعه ، سرعت مورد نیاز برای قطعات بسیار نازک در حدود ٤٢ میلیمتر درثانیه و یا حتی بیشتر توصیه می شود . به طور کلی به علت شدت حرارت زیاد ، تاکید زیادی بر روی کنترل دقیق سرعت در روشهای پیشرونده و پیشرونده چرخشی می شود .

رابطه بین زمان حرارت دادن ، دمای شعله و عمق یا ضخامت لایه گرم شده برای روشهای نقطه ای (یا ساکن) ، چرخشی و پیشرونده بهترتیب در شکلهای ۸-۹، ۸-۱۰ ، ۸-۱۱ ، نشان داده شده است . مجموعه نمودارهای ارائه شده در روش نقطه ای (شکل ۸-۹) از روش محاسباتی وبا فرض انتقال حرارت در سه بعد از محل برخورد شعله با سطح قطعه به دست آمده است . محاسبات بر اساس منابع حرارتی با قدرتهای مختلف انجام گرفته است . شایان توجه است که ،

ظرفیت حرارتی شعله بستگی به شدت احتراق گاز مصرفی (استیلن ، پروپان ، و یا گاز طبیعی) دارد . همچنین مشخص شدهاست که ، قدرت منبع حرارتی بستگی به پارامترهایی نظیر اندازه سری مشعل ، سری مشعل از سطح قطعه ، حجم کلی گاز و نسبت اکسیژن به گازدارد . بنابراین ، می توان گفت که نمودارهای یاد شده صرفاً چگونگی رابطه بین زمان – دمای شعله و ضخامت لایه گرم شده را نشان می دهد و بیان کننده مقادیر عملی در کاربرد ویژه ای نیست .

نمودارهای ارائه شده در شکل ۸-۱۰ از روش محاسباتی و با فرض انتقال حرارت به داخل یک قطعه استوانه ای از یک منبع حرارتی که به طور یکنواخت سطح قطعه را گرم کند به دست آمده است . در اینجا فرض بر این است که تمام سطح قطعه به طور همرمان گرم شده و هیچ افزایش دمای موضعی

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

روی سطح ایجاد نمی شود . از آنجایی که در این روش ، پس از آنکه دمای سطح به دمای مشخص از پیش تعیین شده رسید قطعه سریعاً سرد می شود ، در زمانهای حرارت دادن طولانی افت دمای سطح ملاحظه نمی شود .

نمودارهای ارائه شده در شکل ۸-۱۱ نیز از روش محاسباتی به دست آمده است . در اینجا ، فرض شده که از یک منبع حرارتی خطی که در طول سطح مسطح یک قطعه حرکت می کند ، حرارت به طور یکنواخت به داخل قطعه انتقال می یابد . در این حالت ، اگر پهنای منطقه شعله مشخص باشد ، زمان حرارت دادن وسرعت حرکت شعله را می توان نسبت به یکدیگر تنظیم کرد . به عنوان مثال ، یک شعله با پهنای ۲۵ میلیمتر و سرعت ۱/۵ میلیمتر در ثانیه پس از۱۵ ثانیه از یک نقطه روی سطح نمونه عبور خواهد کرد . در واقع ، پهنای شعله معیاری از احتمال وجود چندین ردیف شعله در کنار یکدیگر است . بدین ترتیب اگر منبع حرارتی از همان قدرت حرارت فرض شده در محاسبات منحنیها برخوردار باشد ، سطح قطعه خسارت خواهد دید . لذا یک سرعت حرکت بیشتر مشعل استفاده می شود . به عنوان مثال سرعت ۲/۵ میلیمتر در ثانیه می تواند یک نقطه بر روی سطح قطعه را در مدت ۱۰ ثانیه گرم کند و در نتیجه تا عمق ۲/۵ میلیمتری را سخت نماید . افت سریع دما در زمانهای زیاد ناشی از اثر سرد شدن سریع توسط افشانک ویا روشهای دیگر در این فرآیند است .

۸-۷ : کنترل فرآیند

موفقیت در بسیاری ازکاربردهای سخت کردن شعله ای عمدتاً بستگی به مهارت اپراتور دارد . این امر مخصوصاً در مواردی که به علت کم بودن حجم کار و یا متنوع بودن آن استفاده از سیستم خودکار

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

اقتصادی نبوده و از سیستم دستی استفاده می شود صادق است . در این رابطه متغیرهای اساسی عبارتنداز :

- فاصله سطح قطعه کار از ناحیه درونی شعله حاصل از احتراق اکسیژن – گاز یا فاصله سطح قطعه کار از مشعل هوا – گاز
- سرعتهای شعله و نسبتهای اکسیژن به سوخت
- نرخ حرکت شعله (مشعل) و یا قطعه کار
- نوع ، حجم و زاویه عامل سرد کننده

به منظور تکرار پذیر بودن سختی سطح و عمق سخت شده ، پارامترهای یاد شده باید دقیقاً کنترل شوند . توصیه می شود که برای هر قطعه ای که قرار است تحت عملیات سخت کردن شعله ای قرار گیرد یک برنامه مشخص تهیه می گردد . پس از اینکه با تنظیم پارامترهای مختلف سختی سطح و ضخامت لایه سخت شده مورد نظر در قطعه آزمایشی به دست آمده ، عملیات سخت کردن سطحی بر روی قطعه اصلی انجام می شود .

۸-۸ : پیشگرم کردن

در سخت کردن شعله ای قطعات حجیم و یا مقاطع بزرگ ، مشکلات مربوط به حصول سختی مناسب سطح و یا ضخامت سخت شده کافی را می توان با پیشگرم کردن از بین برد . همچنین تحت شرایطی که از نظر قدرت منبع حرارتی محدودیت داشته باشیم ، با استفاده از پیشگرم کردن می توان ضخامت

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

لایه سخت شده را افزایش داد . شکل ۸-۱۲ اثر پیشگرم کردن را بر روی عمق یا ضخامت لایه سخت شده نشان می دهد .

سخت کردن شعله ای فولادهای سخت و باز پخت شده ، مخصوصاً بعضی از فولادهای آلیاژی ، نیاز به دقت زیاد به هنگام گرم کردن دارد . این امر برای جلوگیری از احتمال ترک برداشتن این نوع قطعات است . در چنین مواردی و برای جلوگیری از ترک خوردن ، اغلب پیشگرم کردن توصیه می شود . همچنین چدنهای مستعد به سخت شدن سطحی ، نسبت به ترک خوردن حساس اند و لذا توصیه می شود که ابتدا پیشگرم شوند .

۸-۹ : سختی و عمق سخت شده

در برخی از موارد ممکن است عمق یا ضخامت لایه سخت شده بیشتر از عمق سختی مورد نیاز باشد . به عنوان مثال در شکل ۸-۹ نشان داده شده است که ، در سخت کردن سطحی به روش نقطه ای و استفاده از گاز اکسی استیلن ، اگر دما وزمان حرارت دادن به ترتیب ۸۷۰ درجه سانتیگراد و ٤ثانیه باشد ، عمق سخت شده برابر با ۵/۱ میلیمتر است . اگر عمق سخت شده بیشتر از حد مورد نیاز باشد ، درهمان دمای ۸۷۰ درجه سانتیگراد ، زمان حرارت دادن را می توان کاهش داد . به عنوان مثال ، در دمای یاد شده اگر زمان حرارت دادن برابر با ۳/۲ ثانیه باشد ، عمق سخت شده برابر با ۲/۵ میلیمتر خواهد بود (شکل ۸-۸) . از سوی دیگر با کاهش زمان حرارت دادن ، هزینه عملیات حرارتی نیز کاهش می یابد . به همین ترتیب ، در روشهای دیگر سخت کردن سطحی به روش شعله ای نظیر

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

چرخشی یا پیشرونده ، با کاهش زمان حرارت دادن ، عمق سخت شده را می توان کاهش داد . به شکلهای ۸-۱۰ و ۸-۱۱ مراجعه شود .

به طور کلی در فرآیند سخت کردن شعله ای ، سختی سطح تابع در صد کربن فولاد است و می تواند تا HRC افزایش یابد . فولادها با کربن متوسط (۰/٤ الی ۰/۵) برای سخت کردن شعله ای مناسب هستند ، ولی فولادها با حتی ۱/۵ درصد کربن را نیز می توان با این روش سخت کرد . مع هذا ، تحت چنین شرایط . دقت زیادی نیاز است . معمولاً عمق سخت شده از ۱/۵ تا ٦/٤ میلیمتر تغییر می کند . این درحالی است که مقاطع بزرگ نظیر غلطکها و چرخها می توانند عمق سخت شده ای تا ۱۳ میلیمترداشته باشدند . وجود منگنز در فولاد می تواند عمق سخت شده را افزایش دهد . این امر ناشی از کاهش سرعت سد شدن بحرانی در اثر حضور منگنز ولذا افزایش سختی پذیری فولاد است .بنابراین ، فولادهای منگنزدار در خوش تراش برای سخت کردن شعله ای ایده آل هستند .

وقتی که ضخامت لایه سخت مورد نیاز توسط فولادهای کربنی معمولی (۰/٦ – ۰/۸ در صد منگنز) حاصل نشود ، فولادها با درصدهای بیشتر منگنز نظیر ۰/۸ – ۱/۱ در صد ، ۱- ۱/۳ درصد ویا حتی ۱/۱ – ۱/٤ درصد توصیه می شوند . در بسیاری از موارد ، مقاومت به سایش تنها معیار بحرانی طراحی نیست . تحت نیروهای فشاری زیاد ، ضخامت لایه سخت شده باید در حدی باشد که نه تنها عمر سایشی مورد نیاز راتامین کند ، بلکه بتواند نیروهای زیاد تماسی رانیز تحمل نماید . در شرایط یاد شده ، پوسته باید کاملاً مارتنزیتی بوده و مغز قطعه که نگهدارنده پوسته است باید از استحکام کافی برخوردار باشد . مع هذا ، باید توجه داشت که افزایش سختی پذیری ممکن است منجر به مشکلاتی نظیر ترک برداشتن ، مخصوصاً به هنگام سرد کردن در آب شود .

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۸- ۱۰ : تجهیزات و روشهای سرد کردن

کاربرد صحیح محیط سرد کننده مناسب در سخت کردن شعله ای از همان اهمیت گرم کردن صحیح ومناسب برخوردار است . محیط سرد کننده باید قادر باشد که حرارت را آنقدر سریع از قطعه خارج کند که میکروساختار مورد نیاز تا عمق مورد نظر به وجود آید . روش سرد کردن ونوع محیط سرد کننده بستگی به روش گرم کردن در فرآیند دارد . به عنوان مثال ، در روش گرم کردن نقطه ای معمولاً از سرد کردن غوطه وری استفاده می شود ولی بستگی به نیاز از سرد کردن توسط افشانک نیز می توان استفاده کرد .

الف) سرد کردن در روش سخت کردن پیشرونده

در این روش معمولاً از افشانکی که متصل به مشعل گرم کننده است و همراه با آن حرکت می کند استفاده می شود . مع هذا ، دررابطه با فولادها با سختی پذیری بیشتر ویا در شرایط خاص می توان از فشنکی مجزا استفاده کرد . به منظور جلوگیری از تداخل عامل سرد کننده و شعله توصیه می شود که افشانک تحت زاویه ای مشخص نصب شده ومایع سرد کننده رادر جهت خلاف شعله به سطح قطعه بپاشد .

ب) سرد کردن در روش چرخشی

در این روش قطعه گرم شده می تواند به روشهای مختلف سرد شود ، از آن جمله :

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

- قطعه گرم شده از منبع وناحیه حرارتی جدا شده و به صورت غوطه وری در یک محیط سرد کننده مناسب و مجزا سرد شود .
- قطعه گرم شده توسط مخزن سرد کننده ای که بخشی از تجهیزات سیستم گرم کننده است سرد شود .
- قطعه گرم شده توسط حلقه ها یا بلوکهایی که نقش افشانک را بازی می کنند ومتصل به خود سیستم مشعل نصب شده اند سرد شود . دراین حالت ، مایع سرد کننده باید در حدی باشد که تمام سطح گرم شده را بپوشاند ولذا سختی یکنواخت و در حد کافی تولید کند .

وقتی که از شعله حاصل از احتراق مخلوط هوا – گاز استفاده می شود ، اغلب وسعت ناحیه حرارتی ایجاد شده گسترده تر از ناحیه مورد نظر برای سخت کردن است . درچنین حالتی سرد کردن به روش غوطه وری موجب می شود که ناحیه سخت شده به نواحی مجاور که مثلاً باید ماشینکاری شوند گسترش یافته و یا اینکه موجب تاب برداشتن قطعه گردد . برای جلوگیری از این امر ، توصیه می شود که در این حالت از سرد کردن موضعی استفاده شود . در این رابطه می توان سخت کردن دندانه های چرخ دنده های بزرگ را مثال زد . شایان توجه است که ، در سخت کردن چرخ دنده ها صرفاً باید دندانه ها که درتماس اصطکاکی با یکدیگر هستند سخت شوند .

۸- ۱۱ : محیطهای سرد کننده

در سرد کردن توسط افشانک از آب ویا محلولهای رقیق شده پلیمری استفاده می شود . روغنهای سرد کننده نباید هرگز با اکسیژن تماس پیدا کنند ویا اینکه تجهیزات مربوط به اکسیژن با روغن

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

آلوده شوند . مشابه با عملیات حرارتی سخت کردن حجمی ، نوع و درصد عناصر آلیاژی فولاد نوع محیط سرد کننده ای که باید استفاده شود رامشخص می کند . عامل سرد کننده می تواند آب ، محلول نمک در آب ، پلیمر با پایه گلیکل و یا هوا باشد . همچنین با تغییر حجم ، دبی و فشار عامل سرد کننده ، می توان قابلیت و سرد کنندگی آن را تغییر داد . با افزایش فاصله بین آخرین ردیف شعله و محلی که محلول سرد کننده به قطعه پاشیده می شود ، موجب می شود که توده فلز زیر سطحی که باید سخت شود حرارت سطح را جذب کرده ولذا شدت سرد کنندگی کاهش یابد . فاصله سرد شدن(فاصله زمانی بین پایان مرحله گرم شدن و شروع مرحله سرد شدن) از جمله پارامترهای دیگر است که باید درنظر داشت . این نکته از این نظر اهمیت دارد که ، جهت حصول مارتنزیت ، عامل سرد کننده باید موقعی به سطح گرم شده برخورد کند که دمای آن هنوز بالاتر از دمای بحرانی باشد . اگر سری فشانک بسیار نزدیک شعله باشد ، سختی موضعی پراکنده روی سطح حاصل می شود . از سوی دیگر ، اگر سری افشانک بسیار دور و در جهت مخالف شعله باشد ، سختی سطح به اندازه کافی افزایش نخواهد یافت .

در عملیات سخت کردن به روش پیشرونده اغلب از هوای فشرده برای سرد کردن فولادهایی که قاعدتاً باید در روغن سرد شوند استفاده می شود . در این حالت ، به علت سرعت سرد کنندگی زیاد و خطر ترک خوردن ، از آب به عنوان محیط سرد کننده استفاده نمی کنند . مع هذا ، می توان ابتدا توسط هوای فشرده دمای سطح را به اندازه کافی کاهش داد و آنگاه ادامه سرد کردن توسط آب انجام داده شود . تحت چنین شرایطی ، خطر ترک برداشتن ناشی از سرد شدن در آب حذف می شود . سختی حاصل از فرآیند یاد شده نزدیک به همان سختی به دست آمده از سرد کردن

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

مستقیم در روغن است . به عنوان مثال با سرد کردن دو مرحله ای (ابتدا توسط هوای فشرده و سپس در آب) فولاد ۵۲۱۰۰ ، سختی ۶۰ – ۶۱ راکول سی را می توان به راحتی به دست آورد .

در سرد کردن غوطه وری بستگی به نوع فولاد ، سختی سطح ، عمق سختی مورد نظر ودقت ابعاد عامل سرد کننده می تواند یکی از محیطهای محلول آب و نمک ، محلول سود سوزآور ، آب ، محلول آب و روغن ویا هریک از محلولهای روغنی ویا پلیمری باشد .

در فرآیند سخت کردن شعله ای ، توده فلز سرد در زیر پوسته گرم به عنوان عامل جاذب گرما عمل کرده وبه سرد شدن سطح کمک می کند . بنابراین ، در مقایسه با عملیات حرارتی حجمی سرعت سرد شدن بیشتر است . به عنوان مثال ، در ضمن سخت کردن به روش پیشرونده ، دنده های چرخ دنده ها از جنس فولادهای ٤١٤٠ ، ٤١٥٠ ، ٤٣٤٠ و ٤٦٤٠ مجموعه ای از گرم کردن سریع و شیب حرارتی حاصل بین سطح وناحیه داخلی چرخ دنده موجب سرد شدن خود به خود قطعه در هوا ولی معادل با سرعت سرد شدن در روغن می شود . مع هذا ، برای اطمینان از یکنواخت سرد شدن می توان از پاشیدن یک محلول سرد کننده به قطعه و در فاصله ای مشخص ازدندانه ها کمک گرفت .

۸- ۱۲ : بازپخت دادن

مشابه با عملیات سخت کردن حجمی به روشهای مرسوم ، در سخت کردن سطحی به روش شعله ای نیز به باز پخت نمونه های سخت شده نیاز است . مع هذا ، از آنجایی که این گونه قطعات

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

معمولاً آنقدر بزرگ بوده که امکان حرارت دادن آنها در کوره ها نیست ، شاید استفاده از شعله تنها روش عملی برای باز پخت دادن آنها باشد .

قطعات حجیم معمولاً به روش شعله ای از نوع پیشرونده سخت می شوند . در این حالت با قرار دادن یک شعله در فاصله مشخصی از افشانک سرد کننده می توان سطح را مجدداً گرم کرده و باز پخت داد . مشعل گرم کننده مجدد یا باز پخت دهنده باید به نحو صحیحی طراحی ونصب گردد ، به نحوی که سطح سخت شده را با شیب حرارتی مشخص تا دمای مشخص از پیش تعیین شده گرم کند . از آنجایی که گرم کردن سریع ناحیه سخت شده موجب ترک خوردن آن می شود وبه علاوه دمای مورد نیاز برای باز پخت همواره کمتر از دمای سخت کردن بوده ونیاز به کنترل بیشتری دارد ، در مقایسه با مشعلهای سخت کننده ، مشعلهای بازپخت باید از قدرت حرارت دهی کمتری برخوردار باشند .

در قطعات بزرگ که تا عمق نسبتاً (٦/٤ میلیمتر یا بیشتر) سخت شده اند ، حرارت باقیمانده در قطعه پس از سرد کردن ممکن است برای عملیات تنشگیری و بازپخت کافی بوده ولذا نیازی به عملیات باز پخت مجزا نباشد . این فرآیند به بازپخت خود به خود موسوم است. تحت شرایطی که حرارت پس ماند در قطعه را نتوان برای باز پخت خود به خود استفاده کرد واز سوی دیگر بخواهیم عملیات باز پخت جداگانه را حذف کنیم ، در صورتی که سختی حاصل اجازه دهد می توان از یک فولاد با درصد کربن کمتر استفاده کرد. شایان توجه است که ، پیشگرم کردن قطعه موجب افزایش حرارت پس ماند در قطعه می شود . دمای دقیق پیشگرم بستگی به پارامترهای مختلفی نظیر اندازه و شکل قطعه ومیزان تنشگیری یا باز پخت دارد .

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۸- ۱۳ :

از شعله برای سخت کردن سطحی دامنه وسیعی از فولادهای ریخته گری و یا کار شده و همچنین چدنهایی که قابلیت سخت شدن داشته باشند می توان استفاده کرد . سختیهای متداول که از سخت کردن شعله ای انواع مختلف این آلیاژها به دست می آید در جدول ۸-۲ خلاصه شده است .

جدول ۸-۲ : سختیهای حاصل (HRC) از سخت کردن شعله ای انواع مختلف فولادها و چدنها

نوع آلیاژ	محیط سرد کننده		
	هوا	روغن	آب
فولادهای ساده کربنی			
۱۰۲۵ -۱۰۳۵	—	—	۳۵- ۵۰
۱۰۴۰ -۱۰۵۰	—	۵۲-۵۸	۵۵-۶۰
۱۰۵۵-۱۰۷۵	۵۰-۶۰	۵۸-۶۲	۶۰-۶۳
۱۰۸۰-۱۰۹۵	۵۵-۶۲	۵۸-۶۲	۶۲-۶۵
۱۱۲۵-۱۱۳۷	—	—	۴۵-۵۵
۱۱۳۸-۱۱۴۴	۴۵-۵۵	۵۲-۵۷	۵۵-۶۲
۱۱۴۶-۱۱۵۱	۵۰-۵۵	۵۵-۶۰	۵۸-۶۴

فولادهای ساده کربنی مناسب برای کربن دهی

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۱۰۱۰–۱۰۲۰	۵۰–۶۰	۵۸–۶۲	۶۲–۶۵
۱۱۰۸–۱۱۲۰	۵۰–۶۰	۶۰–۶۳	۶۲–۶۵

فولادهای آلیاژی

۱۳۴۰–۱۳۴۵	۴۵–۵۵	۵۲–۵۷	۵۵–۶۲
۳۱۴۰–۳۱۴۵	۵۰–۶۰	۵۵–۶۰	۶۰–۶۴
۳۳۵۰	۵۵–۶۰	۵۸–۶۲	۶۳–۶۵
۴۰۶۳	۵۵ –۶۰	۶۱–۶۳	۶۳–۶۵
۴۱۳۰–۴۱۳۵	ــــ	۵۰–۵۵	۵۵–۶۰
۴۱۴۰–۴۱۴۵	۵۲–۵۶	۵۲–۵۶	۵۵–۶۰

نوع آلیاژ	محیط سرد کننده		
	هوا	روغن	آب

۴۱۴۷–۴۱۵۰	۵۸–۶۲	۵۸–۶۲	۶۲–۶۵
۴۳۳۷–۴۳۴۰	۵۳–۵۷	۵۳–۵۷	۶۰–۶۳
۴۳۴۷	۵۶–۶۰	۵۶–۶۰	۶۲–۶۵
۴۶۴۰	۵۲–۵۶	۵۶–۵۲	۶۰–۶۳
۵۲۱۰۰	۵۵–۶۰	۵۵–۶۰	۶۲–۶۴
۶۱۵۰	ــــ	۵۲–۶۰	۵۵–۶۰

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۸۶۳۰–۸۶۴۰	۴۸–۵۳	۵۲–۵۷	۵۸–۶۲
۸۶۴۲–۸۶۶۰	۵۵–۶۳	۵۵–۶۳	۶۲–۶۴

فولادهای آلیاژی مناسب برای کربن دهی

۳۳۱۰	۵۵–۶۰	۵۸–۶۲	۶۳–۶۵
۴۶۱۵–۴۶۲۰	۵۸–۶۲	۶۲–۶۵	۶۴–۶۶
۸۶۱۵–۸۶۲۰	ــــ	۵۸–۶۲	۶۲–۶۵

فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی

۴۱۰–۴۱۶	۴۱–۴۴	۴۱–۴۴	ــــ
۴۱۴–۴۳۱	۴۲–۴۷	۴۲–۴۷	ــــ
۴۲۰	۴۹–۵۶	۴۹–۵۶	ــــ
۴۴۰	۵۵–۵۹	۵۵–۵۹	ــــ

نوع آلیاژ	محیط سرد کننده		
	هوا	روغن	آب

چدنها (انواع مختلف ASTM)

نوع ۳۰	ــــ	۴۳–۴۸	۴۳–۴۸
نوع ۴۰	ــــ	۴۸–۵۲	۴۸–۵۲
نوع ۴۵۰۱۰	ــــ	۳۵–۴۳	۳۵–۴۳

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

انواع ۵۰۰۰۷، ۵۳۰۰٤، ٦۰۰۰۳	ـــــ	٤۳-۳۵	٤۳-۳۵
نوع ۸۰۰۰۲	۵٦-۵۲	۵۹- ۵٦	٦۱-۵٦
نوع ۱۵- ٤۵- ٦۰	ـــــ	ـــــ	٤۵-۳۵
نوع ۰۳-٦۰-۸۰	ـــــ	۵٦-۵۲	٦۰-۵۰

شایان توجه است که ، در فرآیند سخت کردن شعله ای هدف از انتخاب مواد به دست آوردن حداکثر سختی نیست . در حقیقت از جمله اهداف انتخاب مواد به حداقل رساندن امکان تاب برداشتن و اعوجاج قطعه است . به عنوان مثال در صورت امکان به جای استفاده از فولاد آلیاژی با سختی پذیری زیاد که مستعد به تنشهای داخلی زیاد است ، می توان از فولاد ساده کربنی استفاده کرد . در ادامه مشخصات برخی از آلیاژهای مناسب برای سخت کردن شعله ای مورد بررسی قرار داده می شود .

الف) فولادهای ساده کربنی

فولادهای ساده کربنی با ۰/۳۷ الی ۰/۵۵ درصد کربن بیشترین کاربرد را برای سخت کردن شعله ای دارند . این نوع فولادها را تا مقاطع ۱۳ میلیمتر می توان به طور سرتاسری سخت کرد. این امر موجب شده که ، چرخ دنده ها ، شافتها و قطعات دیگر با مقاطع کوچک که از این نوع فولادها ساخته شده اند و نیاز به خواص یکسان در تمام ضخامت دارند را بتوان با روش شعله ای به طور موضعی و یا

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

تماماً سخت کرد . درمواردی که نیاز به عمق سخت شده کم (۰/٦ الی ۰/۸ میلیمتر) باشد ، می توان از این نوع فولادها برای ساخت قطعات بزرگتر استفاده کرد . فولادهای ساده کربنی ۱۰۳۵ و ۱۰۵۳مناسب برای سخت کردن شعله ای توصیه می شوند ، مگر در شرایطی که نتوان خواص مورد نظر را به دست آورد ، نظیر موارد زیر :

- در حالتی که با سرد کردن فولاد ۱۰٤۵ در محیط مشخص نتوان به سختی مورد نظر رسید و لذا به فولادی با درصد کربن بیشتر ، در صد منگنز بیشتر ویا درصد کرین و درصد منگنز بیشتر ویا حتی فولاد آلیاژی نیاز باشد .
- وقتی که عمق سخت شده بیشتری نیاز باشد ، ممکن است که فولادهای ۱۰٤۲ و ۱۰٤۵ مناسب برای مقاطع حجیم وسخت شدن به روش پیشرونده نباشند و لذا استفاده از فولادهای ۱۵٤۱ و یا ۱۵۵۲ و یا هر فولاد آلیاژی دیگر توصیه می شود .
- در کاربرد هایی که مقاومت به سایش از درجه اول اهمیت برخوردار باشد ، توصیه می شود که از فولادها با ۰/٦ درصد کربن ویا حتی بیشتر استفاده شود . برای جلوگیری از امکان ترک خوردن ، چنین فولادهایی را در روغن سرد می کنند .
- تحت شرایطی که محیط سرد کننده با شدت سرد کنندگی بیشتر نظیر محلول آب نمک ویا سود سوز آور برای سخت کردن فولادهای ۱۰٤۲ و ۱۰٤۵ نیاز باشد و این امر موجب ترک برداشتن قطعه شود ، توصیه می گردد که فولاد با سختی پذیری بیشتر استفاده شده و در محیطی با شدت سردکنندگی کمتر سد (سخت) شود .

ب) فولادهای آلیاژی

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

استفاده از فولادهای آلیاژی برای سخت کردن شعله ای در موارد و به دلایل زیرتوصیه می شود :

- استحکام زیاد مغز نیاز است و امکان رسیدن به این استحکام در فولادهای ساده کربنی با مقطع مورد نظر نیست .
- به علت خطر تاب برداشتن و یا ترک خوردن ناشی از وزن زیاد و / یا شکل خاص قطعه ، استفاده از فولاد ساده کربنی وسرد کردن آن در آب امکانپذیر نیست .
- تهیه برخی از انواع فولادهای آلیاژی مناسب برای سخت کردن شعله ای راحت تر از فولادهای ساده کربنی مناسب برای این کار است .

ج) چدنها

چدنهای خاکستری ، چدنهای نشکن و چدنهای چکشخوار با زمینه پرلیتی که دارای کربن ترکیبی بین ۰/۳۵ الی ۰/۸ در صد باشند ، برای سخت کردن شعله ای مناسب بوده و مانند فولادها عمل می کنند . چدنهایی که کربن ترکیبی آنها کمتر از ۰/۳۵ در صد باشد ، برای سخت کردن شعله ای مناسب نیستند . علت این امر عدم انحلال گرافیت در ضمن گرم کردن سریع توسط شعله ولذا درصد کم کربن محلول در آستنیت است . سختی معمولی این نوع چدنها در حدود ٤٠ راکول سی است . چدنهایی که تمام کربن آنها به صورت گرافیت (زمینه فریتی) مستعد به سخت شدن شعله ای نیستند . از سوی دیگر ، سخت کردن شعله ای چدنهایی که کربن ترکیبی آنها بیشتر از ۰/۸ درصد باشد نیز مشکل است . این امر به خاطر ترد وشکننده بودن ولذا حساس بودن این نوع چدنها به شوکهای حرارتی و در نتیجه ترک برداشتن در ضمن گرم کردن و سرد کردن سریع است . نقطه ذوب پایین چدنها و حضور

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

گرافیت در ساختار آنها موجب شده که چدنها در ضمن حرارت دان شعله ای به سوختن ویا حتی ذوب موضعی حساس باشند . لذا ، توصیه می شود که در فرآیند سخت کردن شعله ای از حداقل سرعت گرم کردن استفاده شود . برای این کار می توان فاصله بین قطعه کار وانتهای ناحیه میانی شعله را افزایش داده ویا اینکه سرعت شعله را کاهش داد . استفاده ازمشعل با شیپورک کوچکتر نیز سرعت حرارت دادن را کاهش می دهد . گفته شده که ، مهمترین پارامتر در ارتباط با سخت کردن شعله ای چدنها شاید میکروساختار زمینه قبل از گرم کردن شعله ای باشد . شکل ۸-۱۳ اثر دمای سخت کردن و میکرو ساختار اولیه چدنهای نشکن را برروی سختی سطح و ضخامت لایه سخت شده نشان می دهد .

د)آلیاژهای دیگر

سخت کردن شعله ای برای آلیاژهای آهنی دیگر که قابلیت سخت شدن داشته باشند نیز به کار می رود . به عنوان مثال ، چدنهای آلیاژی ، فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی و فولادهای ابزار . مع هذا ، به علت طبیعت شعله ، مخصوصاً شیبهای حرارتی نسبتاً زیاد و دمای بیشتر سطح در مقایسه با حالت گرم کردن مرسوم ، امکان حضور آستنیت باقیمانده نسبتاً زیاد و لذا کاهش سختی در فولادها و چدنهای آلیاژی وجود دارد . از طرفی این آستنیت باقیمانده در ضمن کار به مارتنزیت تبدیل شده و موجب ترد شدن قطعه می شود .

قطعات کربن داده شده که از فولادهای ساده کربنی و آلیاژی ساخته شده باشند را نیز می توان به روش شعله ای سخت کرد وبدین ترتیب یک لایه سطحی سخت با درصد کربن زیاد به وجود آورد .

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

ضخامت لایه کربن داده شده می تواند از چند صدم میلیمتر تا حدود ۱/٦ میلیمتر ویا حتی بیشتر تغییر کند . در این رابطه ، فرآیند سخت کردن شعله ای طوری تنظیم می شود که تمام ضخامت لایه کربن داده شده گرم و لذا سخت شود . از آنجایی که مغز چنین قطعاتی استعداد سخت شدن ندارد ، با این روش به راحتی می توان ضخامت لایه سخت شده را کنترل کرد .

۸-۱٤ : معایب در سخت کردن شعله ای ودلایل آن

معایبی را که در فرآیند سخت کردن شعله ای ممکن است با آنها مواجه شویم و دلایل احتمالی آنها عبارت اند از:

- پیرومتر کنترل کننده دمای قطعه اشتباهاً تنظیم شده باشد ،
- سیستم میلی ولت پیرومتر تنظیم نباشد ،
- مدت حرارت دادن طولانی باشد ،
- سری مشعل به سطح قطعه زیاد نزدیک باشد ،
- سری مشعل مناسب نباشد ،
- اکسیژن مصرفی زیاد باشد،
- فشار سوخت – گاز مناسب نباشد .

ب) سختی کمتر از حد انتظار

- دمای تنظیم شده روی پیرومتر کم باشد ،

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

- سیستم میلی ولت پیرومتر تنظیم نباشد ،
- زمان حرارت دهی کافی نباشد ،
- شدت سرد کنندگی محیط کم باشد ،
- فاصله زمانی بین حرارت دادن وسرد کردن زیاد باشد ،
- قطعه تماماً وبه طور سرتاسری سرد نشده باشد ،
- سختی پذیری آلیاژپایه کم باشد ،
- کربن زدایی سطح داشته باشیم ،

ج) سخت شدن نایکنواخت یا پراکنده

- گرم شده یکنواخت ،
- فاصله زمانی بین حرارت دادن وسرد کردن خیلی کم باشد ،
- محیط سرد کننده به اندازه کافی بهم زده نشده باشد ،
- وجود آب روغن سرد کننده ،
- حضور پوسته اکسیدی روی سطح ،
- محیط سرد کننده نامناسب ،
- کربن زدایی موضعی سطحی داشته باشیم ،

د) تاب برداشتن قطعه

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

- شکل قطعه ویا نسبت ناحیه سخت شده به ناحیه سخت نشده ، مناسب برای سـخت کردن شعله ای نباشد ،
- میکروساختار اولیه نامناسب ،
- زمان حرارت دادن طولانی ،
- حرارت دادن نایکنواخت ،
- سرد کردن نایکنواخت ،
- شدت سرد کنندگی زیاد محیط ،
- سختی پذیری بیش از حد قطعه ،

و) ضخامت کم لایه سخت شده

- سختی پذیری کم قطعه ،
- نرخ زیاد جریان گاز ،
- اکسید کننده بودن شعله ،
- تنظیم نبودن دمای پیرومتر ،
- عدم تنظیم سیستم میلی ولت پیرومتر ،
- زمان حرارت دادن کم ،
- سرعت زیاد مشعل ،
- شدت سرد کنندگی کم ،
- فاصله زمانی زیاد بین مرحله گرم کردن و مرحله سرد کردن .

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

ه) ضخامت زیاد لایه سخت شده

- نرخ کم جریان گاز ،
- احیا کننده بودن شعله ،
- عدم تنظیم دمای پیرومتر ،
- عدم تنظیم سیستم میلی ولت پیرومتر،
- سرعت کم شعله .

ی) پوسته شدن بیش از حد

- طولانی بودن زمان حرارت دهی ،
- نرخ کم جریان گاز ،
- سرعت کم شعله ،
- فاصله زمانی زیاد بین مرحله گرم کردن ومرحله سرد کردن ،
- گرم شدن بیش ازحد قطعه .

www.kandoocn.com