

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooch.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

عنوان:

متالوگرافی، سختی سنجی، میکروسختی سنجی، تمپر در
دماهای $C (300-700)$ ، چدن های سفید مقاوم به سایش
کروم دار حاوی ۸-۱۲ درصد کروم

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید



www.kandoo.cn.com

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
-------	------

چکیده

فصل اول: چدنهای کروم دار

مقدمه	۱
چدنهای کرم دار	۱
اثر ساختار میکروسکوپی	۳
انتخاب زمینه	۴
ذوب و ریخته گری چدن پرکرم	۷
ریختن فلز مذاب	۹
تنش های ناخواسته (پسماند) در قطعات	۱۰
ترک ناشی از سنگ زنی	۱۱
ملاحظات متالورژیکی	۱۱
سختی پذیری	۱۵
انتخاب ترکیبات	۱۵
مقادیر کربن و کرم	۱۶
عناصر آلیاژی	۲۱
خواص فیزیکی و مکانیکی آلیاژهای پرکرم	۲۱
کاربرد چدنهای پرکرم	۲۲
گلوله های آسیابها و بدنه ها	۲۴

- ۲۶ خوردگی و سایش با تنش پایین
- ۲۶ کاربرد در پمپهای ضد سایش
- ۲۸ دلایل ناموفق بودن
- ۲۸ کم بودن مقاومت سائیدگی
- ۲۹ شکست ترد
- ۳۰ عملیات حرارتی چدنهای پرکرم
- ۳۱ سرعت گرم کردن
- ۳۲ روش آستنیته کردن
- ۳۳ سرعت سرد کردن
- ۳۵ برگشت یا تمپر
- ۳۵ آستنیته باقیمانده
- ۳۶ دمای کوئینچ
- ۳۷ سخت کردن با کمک تصرمات حرارتی زیر دماهای بحرانی

فصل دوم: چدنهای نیکل دار (Ni-Hard)

- ۴۰ چدنهای نیکل سخت
- ۴۰ چدن سفید مارتنزیتی
- ۴۱ استحکام کششی
- ۴۱ مقاومت در برابر ضربه
- ۴۲ مسائل طراحی
- ۴۴ ترکیب شیمیایی
- ۴۴ - کربن

- ۴۵ سیلیسیم
- ۴۶ منگنز
- ۴۶ گوگرد
- ۴۶ فسفر
- ۴۷ نیکل
- ۴۷ کرم
- ۴۸ عناصر دیگر
- ۴۸ ساختمان میکروسکوپی
- ۵۲ - ساختمان میکروسکوپی سطح قطعه ریختگی
- ذوب در انواع کوره ها
- ۵۴ ذوب در کوره کوپل
- ۵۷ ذوب در کوره های برقی
- ۵۸ - ذوب در کوره بوته ای
- ۵۸ - ذوب در کوره های شعله ای
- ۵۹ ذوب به روش دوپلکس
- ۵۹ قراضه های نیکل - سخت
- ۵۹ ریخته گری چدنهای نیکل - سخت
- ۶۰ انقباض
- ۶۰ ماهیچه سازی
- ۶۰ کاربرد مبرد
- ۶۲ جلوگیری از پیچیدگی قطعات مبرد

۶۲ قرار دادن قسمتهای قابل تراش در قطعات قبل از ریختن

۶۴ ریختن مذاب و تغذیه قطعه ریختگی

۶۵ عملیات تمیز کاری

۶۶ کنترل

۶۷ تعیین سختی

۷۰ آنالیز شیمیایی

۷۱ مطالعات میکروسکوپی

۷۲ چدن های سفید مارتنزیتی (Ni-Hard) عملیات حرارتی

۷۶ Ni- Hard یوتکتیک

۷۶ جوشکاری

۷۸ عملیات تکمیلی و نهایی

۷۸ قسمتهای قابل تراش

۷۹ عملیات سنگ زنی

۸۰ ماشینکاری

۸۱ ماشینکاری بدنه پمپهای گریز از مرکز

۸۱ ماشینکاری میله

۸۱ صفحات مقاوم در مقابل سایش

۸۲ تعیین سختی

فصل سوم: شرح آزمایش

۸۴ عنوان آزمایش

۸۴ شرح آزمایش

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

نتایج به دست آمده از آزمایش ۹۱

منابع ۹۳

www.kandoo.cn.com
www.kandoo.cn.com
www.kandoo.cn.com

چکیده:

پدیده سایش (*Wear*) یکی از معضلاتی است که صنعت از دیرباز با آن مواجه بوده است. برخورد منطقی در جهت رفع این مشکل، مرهون بررسی دقیق پدیده و عوامل موثر بر آن می باشد. بدین منظور برخی از مواد مناسبی که با توجه به مبانی متالورژیکی در عمل قابل استفاده می باشد مانند (چدنهای سفید کرم دار، *Ni-hard*) مورد بررسی قرار می دهیم.

- تعریف سایش و عوامل موثر بر آن

سایش عبارت است از تلفات مکانیکی ماده از سطح یک جسم بواسطه تماس آن با سطح یا جسم دیگر علیرغم مکانیکی بودن این پدیده، گاه با واکنشهای شیمیایی نیز همراه می شود.

- فاکتورهای کلیدی موثر برسایش عبارتند از:

(۱) متغیرهای متالورژیکی نظیر سختی، چقرمگی (*tough ness*) ساختار

میکروسکوپی و ترکیب شیمیایی

(۲) متغیرهایی نظیر مواد در حال تماس (نظیر ساینده ها و مشخصات آنها) نوع و

روش بارگذاری (*Loading*)، سرعت، دما، زمان، خشونت سطحی، روانکاری)

(*Lubrication*) و خوردگی.

در اینجا ما دو نوع از مواد مقاوم به سایش را مورد بررسی قرار می دهیم که عبارتند از

چدنهای سفید پرکرم و چدنهای سفید *Ni-hard* که ابتدا چکیده ای از این دو نوع

چدن سفید را در پایین می آوریم .

در اینجا دو نوع چدن سفید پرکرم و *Ni-hard* را مورد بررسی قرار میدهیم .

۱- چدنهای سفید *Ni-hard*

Ni-hard چدن سفید آلیاژی نیکل - کرم داری است که مقاومت قابل ملاحظه ای

در مقابل سایش دارد . بیش از ۵۰ سال است که این آلیاژ وارد صنعت شده و موارد

مصرف ، منحصر به فردی در صنایعی چون شکل دادن فلزات ، استخراج معدن ،

نیروگاهها ، سیمان ، سرامیک ، رنگ ، حفاری ، زغال سنگ و کک ، ریخته گری و

دیگر صنایع پیدا کرده است این آلیاژ (که قیمت نسبی آن پایین است) را می توان

به جای چدن سفید معمولی در مواردی که به مقاومت در مقابل سایش مورد نیاز

است و نیز به جای فولاد ۱۲ درصد منگنز در مواردی که به مقاومت در مقابل آلیاژ،

غلطک های نورد ، زره آسیاب ها ، رینگ های بولدوزر ، کلاهدک غلطک (*Noll-*

heads) اجزاء پمپهایی که در گل و لای کار می کنند لوله و زانوها و خرد کننده ها

می باشد .

در حالیکه *Ni-hard* نام مناسبی برای قطعات ریختگی این کلاس آلیاژی است ، و

در حقیقت در پاره ای از کشورهای صنعتی جهان این نام بعنوان یک نام تجاری به

ثبت رسیده است ، اما قطعاتی با ترکیب شیمیایی *Ni-hard* بوسیله تولید کننده

هایی که در این زمینه تجربیاتی دارند تحت عناوین تجارתי خودشان از قبیل *NI*

CROMAX , DIAMAX , BF954 , ELVERITE , DIAMITE نیز تولید می شوند .

۲- چدنهای سفید پرکرم

چدنهای سفید پرکرم از جمله پرمصرفترین آلیاژها در ساخت قطعات مقاوم به سایش

هستند این آلیاژها اغلب با روش ریخته گری تولید می شوند و عملیات حرراتی عمدتاً

باعث بهبود مقاومت سایشی آنها می گردد ، لیکن گزارشاتی در ارتباط با قابلیت

«کارسختی پذیری» استنیت در حین سایش وجود دارد .

چدنهای سفید پرکرم یکی از مهمترین آلیاژهای مقاوم به سایش در صنعت می باشند و

کاربرد وسیعی در ساخت گلوله وزره آسیاها و قطعات مقاوم به سایش دارند بکار

گیری این آلیاژها رد صنعت اغلب بدلیل نتایج مطلوب خصوصاً در مورد گلوله های

آسیا به علت نرخ سایش پایین تر آنها نسبت به سایر آلیاژهای مقاوم به سایش بوده

است .

ما در اینجا این دو نوع از چدن سفید (پرکرم و *Ni-hard*) را از جهات مختلفی مانند

(ساختار میکروسکوپی ، پروسه تولید ، عملیات حرراتی ، ملاحظات متالورژیکی وغیره

و...) مورد بررسی قرار دادیم .

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

فصل اول:

چدنهای کرم دار

مقدمه:

چدنهای کرم دار

در تجهیزاتی که عملیات سایش انجام می گیرد آلیاژهای آهنی با بیشترین کربن بهترین مقاومت سایشی را دارند. ولی بخاطر تنشهای متعددی که هنگام کار به وجود می آید باید ماده به کار رفته چقرمگی کافی برای جلوگیری از بروز عیوب گوناگون را داشته باشد. فولادهای غیر آلیاژی یا کم آلیاژ با کربنی حدود ۰/۴٪ در حالتی که ساختارشان مارتنزیتی است چقرمگی پائینی دارند. چدنهای سفید غیر آلیاژی که اغلب کاربرد موجود در آنها سمیتت است سالها به علت مقاومتی که در مقابل سایش دارند مورد استفاده قرار گرفته اند. با این حال در موارد متعددی استفاده از آنها رضایت بخش نبوده است. ضعف این چدنها در ساختارشان است. فاز کاربید یک شبکه پیوسته ای را در اطراف دانه های آستنیت تشکیل داده و موجب تردی و ترک خوردن می گردد. افزایش یک عنصر آلیاژی که کربن را به صورت کاربیدی غیر از سمیتت با سختی بیشتر و خواص مطلوب تر در آورده و نیز مقدار کربن زمینه را کاهش دهد، موجب بهبود همزمان چقرمگی و مقاومت سایشی می شود. عنصری که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد کرم است، و کاربرد آن بیشتر به صورت M_7C_3 می باشد. در خردکننده ها قطعاتی که تحت سایش هستند باید نه تنها در مقابل سایش بلکه در مقابل تنشهای دینامیکی هم که می تواند منجر به شکستهای ناگهانی شود مقاومت کنند. قطعاتی که در معرض تنشهای

سنگین هستند مشکل بزرگی را به وجود می آورند و آن اینکه قطعه باید دو خاصیت متناقض را در کنار هم داشته باشد که عبارت است از مقاومت سایشی و چقرمگی.

مقاومت در مقابل شکست ناگهانی در این قطعات خاصیت پیچیده ای است که نه تنها به چقرمگی بلکه به شکل هندسی قطعه و نحوه توزیع تنشهای داخلی بستگی دارد. چقرمگی وابسته به پارامترهای متعدد مکانیکی، فیزیکی و متالورژیکی است. کربن مهمترین عاملی است که روی مقاومت سایشی و چقرمگی آلیاژهای آهنی به طور همزمان ولی در خلاف جهت هم اثر می گذارد. با افزایش مقدار کربن تأثیر آن روی مقاومت سایشی بیشتر می شود. انتخاب ترکیب شیمیائی و عملیات حرارتی برای کسی که درصدد یافتن راهی برای بهینه کردن مقاومت سایشی و چقرمگی باشد از بیشترین اهمیت برخوردار است. جهت بدست آوردن سختی پذیری کافی است برای ضخامت مشخص مقدار عنصر آلیاژی مناسب انتخاب شود. ساختار میکروسکوپی این گروه از چدنهای سفید شامل کاربیدهای آهن - کرم یوتکتیک ناپیوسته Cr_3C_2 (Cr, Fe) و کاربیدهای ثانویه غنی از کرم در زمینه ای از آستنیت یا محصولات استحاله آن می باشد. به کمک عملیات حرارتی می توان زمینه آستنیتی، مارتنزیتی، بینیتی و یا پرلیتی بدست آورد. مقاومت سایشی بهینه و بهترین ترکیب مقاومت سایشی - استحکام - چقرمگی در چدنهایی که زمینه مارتنزیتی دارند می آید. نامهای معروف چدنهای سفید آلیاژی تجارتي عبارتند از: چدنهای نیکل هارد (I, II, IV) CR ۱۲، CR ۱۵، CR ۲۰، CR ۲۵.

اثر ساختار میکروسکوپی

بیشترین مقاومت سایشی این چدن‌ها نتیجه مستقیم ساختار میکروسکوپی آنهاست. اغلب فرایندهای سایشی را می‌توان یک عمل برشی یا فراشی تعریف نمود. نظیر عملیات ماشینکاری که یک ذره ساینده به سطح فلز فرورفته و خطوط سایش و تغییر شکل ایجاد کرده و ذراتی را از سطح جدا می‌کند. براده‌هایی که از محل سایش بدست آمده اند حاوی ذرات بسیار ریزی هستند که از قلم تراش در حین عملیات ماشینکاری جدا شده‌اند. برای عملی شدن مکانیزم سایش کاملاً ضروری است که وسیله ساینده از فلز سخت‌تر باشد. اگر این وسیله نرم‌تر باشد فرآیند بیشتر به خوردگی و اکسیداسیون شبیه خواهد باشد. اگر این وسیله نرم‌تر باشد فرآیند بیشتر به خوردگی و اکسیداسیون شبیه خواهد بود و فقط سایش ناچیزی انجام می‌گیرد. جدول ۱ سختی میانگین تعدادی از مینرالها، کاربیدها و آلیاژهای پر آهن با ترکیبات مختلف زمینه را نشان می‌دهد. این مقایسه مشخص می‌کند که کوارتز که مهمترین ترکیب در اغلب مینرالهای ساینده می‌باشد از آلیاژهای آهن با هر نوع ساختاری که زمینه آنها داشته باشد سخت‌تر است به همین جهت می‌تواند به راحتی آنها را بساید. کاربید آهن (سمنیت) که بیشترین کاربید در چدنهای سفید کم آلیاژ می‌باشد از کوارتز نرم‌تر است و کاربید کرم که بیشترین کاربید در چدنهای پر کرم است از کوارتز سخت‌تر است و به همین جهت در مقابل سایش مقاومت می‌کند. کاربیدهای زیادی هستند که از کاربید کرم هم سخت‌تر می‌باشند ولی متأسفانه بسیار گران هستند و این مسئله موجب محدود شدن کاربرد آنها

شده است. در چدن سفید کاربردها چیزی کمتر از ۵۰-۴۰ درصد از کل حجم قطعه را نشان می دهند بقیه زمینه است و چون این زمینه از کوارتز نرمتر است سائیده می شود بنابراین ممکن است کاربردها کنده شده و از زمینه خارج شوند و فقط از قسمتی از مقاومت سایشی آنها به طور کامل استفاده گردد.

Mineral	Hardness	
	Knoop*	HV
Talc	20	
Carbon	35	
Gypsum	40	36
Calcite	130	140
Fluorite	175	190
Apatite	335	540
Glass	455	500
Felspar	550	600 to 750
Magnetite	575	
Orthoclase	620	
Flint	820	950
Quartz	840	900 to 1,280
Topas	1,330	1,430
Garnet	1,360	
Emery	1,400	
Corundum	2,020	1,800
Silicon carbide	2,585	2,600
Diamond	7,575	10,000

جدول ۱

انتخاب زمینه

بهترین زمینه ای که می توان انتخاب کرد مارتنزیت پر کربن و سختی است که سختی آن ناشی از کاربردهای ثانویه پراکنده می باشد. دومین انتخاب خوب می تواند آستنیت ناپایدار کار سختی پذیر باشد. بهترین اتحاد بین استحکام و چقرمگی را می توان بر اساس ساختار میکروسکوپی توضیح داد. در چدنهای سفید پر کرم کاربردها در زمینه پراکنده شده اند که این برخلاف حالتی است که در چدنهای سفید پر کرم کاربردها در زمینه پراکنده شده اند که این برخلاف حالتی است که در چدنهای سفید کم آلیاژ لدبوریتی وجود دارد. در این حالت ساختار

را می تواند به صورت زمینه ای از سمیتیت با محصولات گوناگون استحاله آستنیت که فاز ترد کاربید بر استحکام و چقرمگی غلبه کرده است، توصیف نمود.

افزایش مقدار کربن حجم کاربیدها را در ساختار افزایش می دهد از آنجائیکه این کاربیدها سختی و مقاومت سایشی بالائی دارند افزایش کربن موجب افزایش مقاومت سایشی نیز می شود. به هر حال اگر مقدار کربن از مقدار یوتکتیک زیادتر شود کاربیدهای اولیه زیادی تشکیل خواهند شد که اینها ترد بوده و تحت ضربه ذرات ساینده منجر به شکست می شوند و در نتیجه باعث افزایش کاهش وزن در اثر سایش می گردند و این با یک کاهش در چقرمگی و خواص مکانیکی همراه است. به عنوان نتیجه حداکثر مقدار کربن مجاز برای اغلب کاربردها تا حد یوتکتیک است. تنها در حالتی که سطح چه در مقیاس میکروسکوپی و چه در مقیاس ماکروسکوپی تحت ضربه و تنشهای مکانیکی پائینی باشد مقدار کربن هیپریوتکتیک مفید خواهد بود.

درصد کربن یوتکتیک در مذابی با $1.0\% Cr$ تقریباً 0.3% و در مذابی با $CR 2.0\%$ ، 0.3% و در $CR 2.5\%$ ، 0.3% می باشد. عناصر دیگری می توانند این مقادیر را تغییر دهند مخصوصاً سیلیم که آن را کاهش می دهد.

اهمیت زمینه از شکل ۱ معلوم است. هر چه زمینه نرمتر باشد مقاومت سایشی آن کمتر شده و تمایل کاربیدها برای خارج شدن از زمینه افزایش خواهد یافت. اثر نامطلوب دیگری که به وجود آمدن زمینه نرم در پی دارد پائین بودن استحکام تسلیم

می باشد. ممکن است چنین زمینه هائی نتوانند ساپورت و پشتوانه کافی برای کاربدها را جهت مقاومت در برابر تنشهای مکانیکی وارده ایجاد کنند و نتیجتاً کاربدها در اثر اعمال تنش برشی توأم با سایش بشکنند. در این رابطه خصوصاً پرلیت مهم است و اگر مقدار پرلیت ۱۰٪ و یا کمتر باشد ممکن است اثرات زیان آوری روی مقاومت سایشی داشته باشد.

Material or phase	Hardness	
	Knoop*	HV
Ferrite	235	70 to 200
Pearlite, unalloyed		250 to 320
Pearlite, alloyed		300 to 460
Austenite, 12% Mn	305	170 to 230
Austenite, low alloy		250 to 350
Austenite, high Cr iron		300 to 600
Martensite	500 to 800	500 to 1,010
Cementite	1,025	840 to 1,100
Chromium carbide (Fe, Cr) ₇ C ₃	1,735	1,200 to 1,600
Molybdenum carbide Mo ₂ C	1,800	1,500
Tungsten carbide WC	1,800	2,400
Vanadium carbide VC	2,660	2,800
Titanium carbide TiC	2,470	3,200
Boron carbide B ₄ C	2,800	3,700

شکل ۱

در بسیاری از فرآیندهای سایش آستنیت چدنهای پر کرم مشابه با فولادهای هادفیلد با ۱۲٪ منگنز می تواند کار سخت شود ولی به هر حال این کار سختی زمینه مقاومت سایشی چدن را به اندازه چدن پر کرم با زمینه مارتنزیتی افزایش نمی دهد. این موضوع را جدول ۲ نشان می دهد. طبقه بندی هائی که در این جدول روی آلیاژها انجام گرفته عملاً در بسیاری از عملیات خرد کردن و آسیاب کردن تجربه شده است. و این چیزی است که منطقاً از تست های سایشی آزمایشگاهی انتظار میرود. عیب دیگر یک زمینه آستنیتی و یا نیمه آستنیتی، نا پایدار بودن آن است که ممکن است تحت تنش های مکانیکی و یا افزایش دما تبدیل به مارتنزیت شود. تغییرات حجمی که این تبدیل بدنبال خواهد داشت، تنشهایی را به وجود می آورد که ممکن

است قطعه را شکسته و یا موجب ترک خوردن سطح آن شود. مقاومت سایشی مارتنزیت با افزایش مقدار کربن بالا می‌رود. کاربیدهای ثانویه پخش شده در زمینه عملیات حرارتی تشکیل شده اند، به علت تشکیل نقاط سخت و پراکنده در زمینه در بسیاری از کاربردها مقاومت سایشی را افزایش می‌دهند. آلیاژی که در حالت مارتنزیت بهترین مقاومت سایشی را دارند حاوی ۱۲ تا ۲۲٪ کرم می‌باشند اگر مقدار کرم کمتر از ۱۲٪ بوده و مقدار کربن در حد یوتکتیک و یا حتی کمی به سمت هیپویوتکتیک باشد ممکن است مقداری کاربید یوتکتیکی که بیشتر به صورت سمیتیت است تا کاربید کرم، تشکیل شده و منجر به کاهش محسوسی در مقاومت سایشی و چقرمگی شود. در حالتی هم که مقدار کرم بالای ۲۲-۲۰ درصد و مقدار کربن در حد ترکیب یوتکتیک باشد قسمت اعظم کربن به صورت کاربید کرم در آمده و در نتیجه یک زمینه مارتنزیتی کم کربن بدست می‌آید که مقاومت سایشی این زمینه کم خواهد بود.

ذوب و ریخته گری چدنهای پر کرم

چدنهای پر کرم را می‌توان در انواع کوره های الکتریکی و کوره های سوختی تولید کرد. اصولاً نسوز کاری این کوره ها می‌تواند خنثی و یا اسیدی باشد در حالتی که از نسوز اسیدی استفاده شود امکان دارد که بین کرم موجود در مذاب و سیلیس نسوز واکنشی انجام گیرد ولی این حقیقت که مقادیر زیادی از چدنهای پرکرم که در کوره های القائی با جداره اسیدی تولید میشود، معلوم می‌کند که از دیدگاه عملی این موضوع مسئله ای را پیش نمی‌آورد. کوره‌های

کوپل به علت اکسیده شدن و از بین رفتن زیاد کرم و نیز وارد شدن کربن زیاد و تبدیل ترکیب شیمیایی به هایپریوتکتیک برای ذوب چدنهای پر کرم مناسب نمی باشد. معمولاً مواد شارژ عبارتند از: قراضه های فولادی آلیاژی و غیر آلیاژی، برگشتی قطعات ضد سایش و فروکرم پر کربن.

چدنهای پر کرم معمولاً به صورت آرام ذوب می شوند و بجز حالتی که نیاز به کاهش کربن باشد نیازی به دمش اکسیژن نیست. برای ذوب در کوره های القائی که تلاطم خوبی دارند دماهای بالا لازم نیست و معمولاً اگر دمای نهائی به 1480°C برسد کافی خواهد بود. در کوره های قوس الکتریکی برای اطمینان هموزن شدن ترکیب مذاب و برای افزایش سرعت حل شدن کربن و عناصر آلیاژی که بعد از ذوب به کوره اضافه می شود عموماً از دماهای نهائی تا 1565°C استفاده می شود. کربوریزاسیون به روش عادی و با استفاده از مواد معمولی انجام می گیرد. استفاده از چدن خام نیز امکان پذیر است اما باید سیلیس آن پائین باشد. برای جلوگیری از تلفات در اثر اکسید شدن، فرو کرم را در پایان عملیات ذوب اضافه می کنند در کوره های القائی تلفات فرو کرم حدود ۰/۵ می باشد در حالیکه در مورد مولیبدن، نیکل و مس این تلفات ناچیز است.

دمای لیکیدوس چدنهای پر کرم حاوی ۱۶-۱۲ درصد کرم اساساً تابعی از مقدار کربن می باشد شکل. دمای سالیدوس عمدتاً به مقدار کرم بستگی دارد. محدوده این دما برای $cr1.12\%$ ، 1180°C - 1170°C برای $cr1.15\%$ ، 1220°C - 1200°C و برای $cr2.0\%$ ، 1260°C - 1240°C می

باشد. چند سال قبل اکسیژن زدائی مذاب توسط آلومینیوم مشابه با آنچه که در ذوب فولاد انجام می گیرد معمول بود در حال حاضر بسیاری از تولید کننده های بزرگ این روش را بدون اینکه هیچ گونه اثر مضر روی خواص دیگر داشته باشد کنار گذاشته اند. افزایش تیتانیوم در کوره که گاهی به منظور کنترل اندازه دندریت ها انجام می گیرد، تأثیر کمی روی خواص دارد. گزارشاتی مبنی بر اینکه افزایش آلومینیوم و تیتانیوم در کوره مشکلاتی را در رابطه با تغذیه بوجود می آورد، موجود است. کنترل دقیق مقدار سیلسیم در قطعات ضخیم از جنس چدن پر کرم بسیار مهم است. در بسیاری موارد علت پائین بودن مقاومت سایشی قطعات این است که مقدار سیلسیم از مقدار تعیین شده بیشتر بوده و در نتیجه موجب بوجود آمدن زمینه پرلیتی شده است. یکی از دلایل افزایش مقدار سیلسیم استفاده غلط از فروکرم پر سیلسیم است. از طرف دیگر اگر مقدار سیلسیم در کوره کمتر از ۰/۴٪ باشد سرباره ویسکوز شده و مشکلاتی را ایجاد خواهد کرد. اگر مقدار سیلسیم حدود ۰/۶٪ باشد در عملیات ذوب مسئله ای پیش نخواهد آمد.

ریختن فلز مذاب

برای تولید قطعات چدنی پر کرم کنترل دقیق دماهای بارریزی بسیار مهم است. جهت جلوگیری از کشیدگی و عیوبی نظیر نفوذ ذوب و ماسه سوزی لازم است که از دماهای بارریزی پائین استفاده شود. دماهای پائین در کنترل اندازه دندریت ها و بدست آوردن ساختار ریزدانه با کاربیدهای یوتکتیکی نیز مؤثر است. معمولاً دماهای بارریزی 55°C بالای خط

لیکیدوس هستند. دمای بارریزی قطعاتی که ضخامت آنها کمتر از 100 mm باشد، 1400°C -
۱۳۵۰ انتخاب می شود. در این دما لایه اکسید تشکیل شده بر روی فلز مذاب باعث می شود
که مذاب غلیظ به نظر آید ولی در واقع مذاب سیالیت بسیار عالی دارد هنگام انتخاب دمای
بارریزی بهینه باید شکل قطعه نیز در نظر گرفته شود. دماهای بارریزی بالا کشیدگی در زیر
تغذیه ها را تشدید کرده و با به وجود آمدن حفره های انقباضی نسبتاً درشت در بین دندریتها
با ساختاری بسیار درشت دانه همراه خواهد بود.

تنشهای نا خواسته (باقیمانده) در قطعات

قطعات چدنی پرکرم بیش از قطعات چدنی سفید کم آلیاژ مستعد ترک خوردن هستند مگر
اینکه پیش بینی های مناسب انجام گیرد. چندین عامل در این امر سهیم
می باشند. بعضی اوقات دیده می شود که قطعه خارج شده از داخل قالب ترک خورده است.
تنشهایی که به اندازه کافی بزرگ بوده و موجب شکست قطعه می شوند وقتی به وجود می
آیند که استحکام قالب و ماهیچه بیش از حد بوده و در نتیجه هنگام سرد شدن قطعه از
انقباض طبیعی آن جلوگیری شود. یکی از دلایلی که اغلب اوقات موجب ایجاد تنش های
ناخواسته و در نتیجه ترک خوردن قطعه می شود خارج کردن قطعه از داخل قالب در دمای
بالا می باشد که در این حالت در قسمتی از زمینه استحاله آستنیت به مارتنزیت انجام می گیرد.
اگر قطعات خیلی زود از داخل قالب خارج شده و تا دمای اتاق در هوا سرد شوند، علاوه بر
تنشهای ایجاد شده در اثر اختلاف دما بین مرکز و سطح قطعه تنشهای دیگری در اثر استحاله

فوق به وجود خواهند آمد. معمولاً ترک‌هایی که در اثر استحاله‌ها به وجود آمده‌اند به طرف مرکز قطعه پهن تر می‌شوند و اغلب آنها قبل از رسیدن به گوشه‌ها متوقف می‌گردند. تقریباً در مرکز ناحیه‌ای که آهسته سرد شده است به صورت طولی پیشروی می‌نمایند.

ترک‌های ناشی از سنگ زنی

چندین نوع ترک‌های پرمیختگی در حالتی که زمینه عمدتاً آستنیتی است بسیار مستعد تشکیل ترک‌های سایشی هستند. ترک‌های حرارتی در طول مدت سایش را می‌توان با استفاده از یک چرخ نرم با سرعت زیاد به حداقل رسانید. ترک‌های سایشی همواره کم عمق هستند. قطعاتی با ساختار پرلیتی و یا مارتنزیتی در مقابل چرخ‌های ساینده و فشارهای ساینده بسیار مقاوم هستند بنابراین عملیات سایش باید بعد از عملیات حرارتی انجام گیرد.

ملاحظات متالورژیکی

ارتباطات فازی

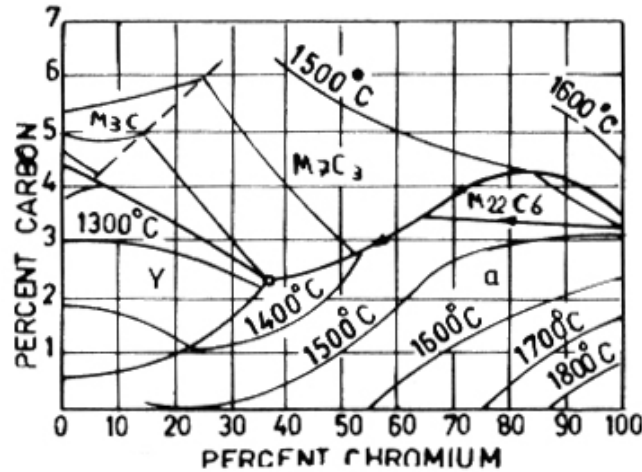
مطالعات زیادی که در نیم قرن گذشته انجام شده در مورد ارتباطات فازی سیستم سه تایی *FE-CR-C* یک سری اطلاعات عمومی بدست داده است. این حقیقت که شرایط تعادل واقعی هرگز در تولید قطعات پیش نمی‌آید و علاوه بر آن افزایش مولیبدن و عناصر آلیاژی دیگر ارتباطات فازی مشاهده شده در آلیاژهای *FE-CR-C* نسبتاً خالص را تغییر می‌دهد.

کاربرد عملی دیاگرام های تعادل $FE-CR-C$ را محدود کرده است اما از طرف دیگر دیاگرام تعادل اطلاعاتی در مورد اینکه در یک ترکیب و دمای مشخص چه نوع کاربید و یا فاز فلزی پایدار است بدست می دهد. در مورد حد حلالیت کاربید و کرم در آستنیت و اثر حرارت روی آنها نیز اطلاعاتی به ما می دهد. اینکه عناصر آلیاژی دیگر تا چه حدی ارتباطات فازی مشاهده شده در سیستم $FE-CR-C$ را تغییر می دهند کاملاً مشخص نشده است بخصوص در مورد آلیاژهای پر کرم و پر کربن. منگنز و مولیبدن در کاربیدهای M_7C_3 محلول هستند و مقادیر زیادی از مولیبدن و کاربیدهای M_3C در چدنهای پر کرم - مولیبدن نیز دیده شده اند. مولیبدن و منگنز در کالید M_3C محلول هستند، عناصر آلیاژی سیلیسیم، نیکل و مس اکثراً حلالیت محدودی در فاز کاربیدی دارند و در زمینه فلزی متمرکز می شوند.

چدنهای پر کرم به عنوان یک کلاس از چدنهای آلیاژی با حضور کاربیدهای سخت و نسبتاً ناپیوسته از کلاسهای دیگر تشخیص داده می شوند و برعکس، چدنهای آلیاژی کم کرم حاوی کاربید M_3C نسبتاً پیوسته و نرم و چدن سفید حاوی یوتکتیک M_3C پیوسته می باشد.

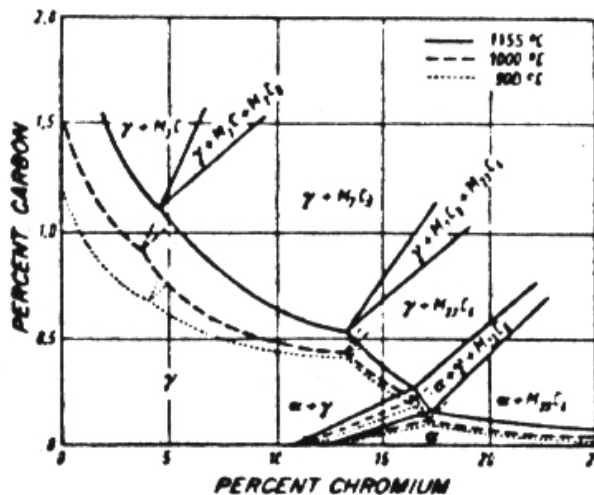
در جدول مقادیر سختی برای کاربیدهای M_7C_3 ، M_3C و کاربیدهای آلیاژهای دیگر و همچنین برای ساختارهای مختلف میکروسکوپی آورده شده است.

چدنهای پر کرم معمولاً از آلیاژهای هیپویوتکتیک با ۳-۲/۴٪ کربن و ۱۸-۲۲٪ کرم تولید می شوند با توجه به سطح لیکیدوس سیستم پایدار $FE-CR-C$ در شکل ۲ در آلیاژهای هیپویوتکتیک انجماد با تشکیل دندریتهای آستنیت شروع شده



شکل ۲- سیستم سه تایی لیکیدوس ($FE-CR-C$).

و سپس دامنه محدودی از درجه حرارت استنیت و کاربیدهای M_7C_3 منجمد می شوند همانگونه که به کمک مقاطع ایزوترم در شکل ۳ نشان داده شده استنیت در دماهای بالا پایدار است. اما هنگام سرد شدن در شرایط تعادل در بالای $700^\circ C$ تبدیل به فریت + کاربید می شوند. با این حال وقتی که در شرایط غیر تعادلی سرد می شود، که اغلب هم در تولیدات ریخته گری چنین است،



شکل ۳- منطقه ۹۰۰-۱۰۰۰-۱۱۵۰ درجه سانتی گراد نقشه سیستم سه تایی لیکیدوس ($FE-CR-C$).

آستنیت به یک محلول فوق اشباع از کربن و کرم تبدیل می شود. این مسئله همراه با حضور عناصر آلیاژی دیگر نظیر مولیبدن، منگنز، نیکل و مس که روی کینتیک استتاله آستنیت تأثیر می گذارند و می تواند منجر به پایدار شدن آستنیت در دمای اتاق شود. اینکه آیا آستنیتی که هنگام انجماد تشکیل شده تا دمای اتاق پایدار می ماند و یا به صورت جزئی و یا کلی به محصولات استتاله فریت - کاربید تجزیه می شود و یا اینکه در بعضی حالات به مارتنزیت لازم است که دو شرط به طور همزمان وجود داشته باشند اولاً تمرکز عناصر آلیاژی بخصوص مقدار کربن زمینه باید بعد از انجماد کاهش داده شود. ثانیاً باید سختی پذیری در حدی باشد که از استتاله آستنیت به ترکیب های فریت - کاربید نظیر پرلیت یا بینیت جلوگیری شود. شرط اول معمولاً شامل رسوب کاربیدهای ثانویه ضمن سرد شدن آهسته در قطعات ضخیم فرصتی می دهد تا در دماهای بالا کربن از زمینه دیفوزیون کرده و کاربیدهای ثانویه رسوب کنند. بنابراین پیدا شدن مقداری مارتنزیت در قطعات ضخیم در حالت ریختگی غیر عادی نیست. مقادیر کمی مارتنزیت هم در ناحیه یوتکتیک چدنهای پر کرم در حالت ریختگی با مقاطع نازکتر پیدا می شود که احتمالاً علت آن ناهمگن بودن آستنیت مجاور کاربیدهای M_7C_3 می باشد که موجب می شود تمرکز کربن و کرم کم باشد. بیشتر اوقات ساختار مارتنریتی در چدنهای پر کرم به کمک عملیات حرارتی بدست آید.

سختی پذیری

به بیان ساده سختی پذیری عبارت از خاصیتی است که مقدار و نحوه توزیع محصولات فریت- کاربید تشکیل شده در اثر استحاله آستنیت هنگام سرد شدن از دماهای بالا را تعیین می کند. مفهوم سختی پذیری در مورد چدنهای ریختگی که در قالب سرد شده اند و چدنهایی که عملیات حرارتی شده و بعد از آستینه شدن سرد گردیده اند هر دو به کار می رود. اهمیت سختی پذیری از این حقیقت نشأت می گیرد که حتی در حالتی که مقادیر کمی از ترکیبات فریت- کاربید در زمینه وجود داشته باشد مقاومت سایشی کاهش خواهد یافت. برای کنترل سرعت سرد شدن قطعات ضخیم فرصت محدودی وجود دارد. بنابراین سختی پذیری در چدنهای پر کرم معمولاً تا حدی به وسیله تنظیم مقادیر کربن کرم و بیشتر مواقع به وسیله افزودن عناصر آلیاژی نظیر مولیبدن، منگنز، نیکل و یا مس کنترل می شود.

انتخاب ترکیبات

در انتخاب ترکیب مناسب برای قطعات ابتدا باید به دو مسئله توجه نمود. اول مقادیر کربن و کرم که روی مقادیر ضربه و مقاومت سایشی بهینه برای شرایطی که در کاربرد پیش بینی می شود بدست آید. دوم مقادیر منگنز، سیلیسم، مولیبدن، نیکل و مس باید طوری باشد که سختی پذیری کافی جهت رسیدن به ساختار بدون پرلیت بدست آید.

مقادیر کربن و کرم

همانطوری که قبلاً گفته شد چدنهای کرم دارای کاربیدهای M_7C_3 اولیه و یا یوتکتیک و یا هر دو می باشند بنابراین مقادیر کربن و کرم باید در داخل محدوده ای وسیع و مطمئن باشد. با مراجعه به تصویر لیکیدوس سیستم شبکه پایدار $FE-CR-C$ که در شکل نشان داده شده است مقدار کربن کرم باید طوری انتخاب شود که در داخل مرزهای منطقه لیکیدوس، آستنیت یا M_7C_3 باشد. اکثر استانداردهای دنیا برای چدنهای پر کرم نظیر $ASTM-A532$ در شکل ۴ نشان داده شده است. چدنهای پر کرمی که در حاضر تولید می شوند عموماً دارای ۳-۴٪ کربن و ۱۸-۲۲٪ کرم می باشند.

ترکیب اصلی چدنهای پرکرم طبق استاندارد: ASTM-A-532

DESIGNATION	C	Ni (MAX)	CR	MO
12CR	2.4-2.8	0.5	11-14	0.5-1.0
15CR-MO-LC	2.4-2.8	0.5	14-18	1.0-3.0
15CR-MO-HC	2.8-3.6	0.5	14-18	2.3-3.5
20CR-MO-LC	2.0-2.6	1.5	18-23	1.5 MAX
20CR-MO-HC	2.6-3.2	1.5	18-23	1.0-2.0
25CR	2.3-3.0	1.5	3-28	1.5 MAX
SI 1.0% MAX-MN 0.5-1.5%-P 0.10% MAX-S 0.06% MAX				

شکل ۴- ترکیب اصلی چدنهای پرکرم طبق استاندارد ASTM-A-532

در این حد مقدار کاربید یوتکتیکی به اندازه کافی زیاد است تا مقاومت سایشی خوب و چقرمگی کافی را تضمین کند و مقدار کرم در زمینه به سختی پذیری مناسب کمک می کند. همچنین مقدار کربن برای چدنهایی با ۲۰٪ کرم از ترکیب یوتکتیک زیاد دور نیست بنابراین

دماهای ذوب و بارریزی بالائی لازم نیست و با مشکلات کمی در تغذیه گذاری مواجه خواهیم شد و افزایش حجم کاربیدها در ساختار میکروسکوپی معمولاً مقاومت سایشی را افزایش داده و چقرمگی را کاهش می دهد. همچنین سختی پذیری را کاهش می دهد. مقادیر کربن خیلی زیاد نیاز به کنترل دقیق دماهای شکستن راهگاه و زواید از قطعه و سرعتهای گرم و سرد کردن در طول عملیات حرارتی جهت جلوگیری از ترک دارند. با توجه به اینکه مقادیر کربن در رنج ۳-۲/۴٪ در چدنی با ۲۰٪ کرم مقاومت سایشی بسیار خوبی را بدست می دهد، فقط کاربردهای بسیار محدودی هستند که در آنها انتخاب مقدار کربن بالاتر با وجود افزایش فاجعه آمیزتری معقول است. از طرف دیگر کاهش بیش از حد کربن از ۲/۶٪ در چدنی با ۲۰٪ کرم منجر به سختی پذیری و چقرمگی بهتر ولی مقاومت سایشی پایین تر می شود. مقادیر کربن کم زیر ۱/۸٪ استحکام فشاری را تا حدی کاهش می دهند که تغییر شکل به راحتی می تواند اتفاق افتد. در کاربردهائی که ضربات متعدد و یا فشارهای بالا اعمال می شود تغییر شکل پلاستیک ایجاد شده می تواند منجر به ترک و یا شکست گردد.

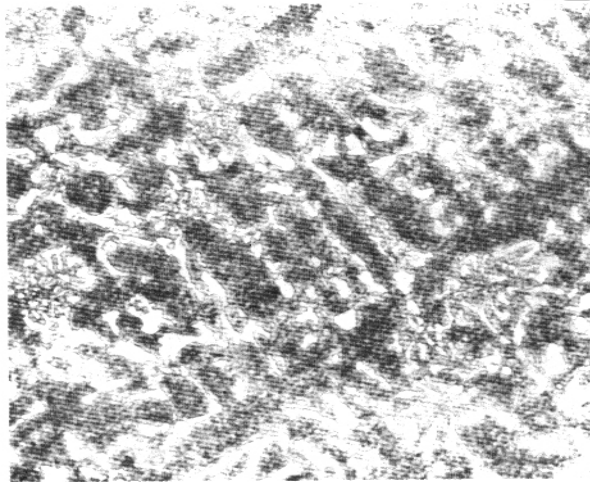
مزایای عمده مقادیر کرم بالا و در نتیجه بالا بودن مقدار کرم در زمینه عبارتند از:

مقاومت خوردگی بیشتر، مقاومت زیاد در مقابل پوسته شدن در دماهای بالا و سختی پذیری زیاد مقاومت سایشی و مقاومت خوردگی خوب و خواص ریخته گری خوب ۲/۸٪ کربن و ۲۸٪ کرم برجسته ترین کار در تولید پره های پمپ و مقاطع تا ۵۰mm بوده است. در مقاطع نازکتر چدنهای حاوی ۲/۸٪ کربن و ۲۸٪ کرم اغلب در حالت ریختگی آستنتی بوده و

معمولاً بدون عملیات حرارتی بعدی مورد استفاده قرار می گیرند. قطعات نازکتر که باید در

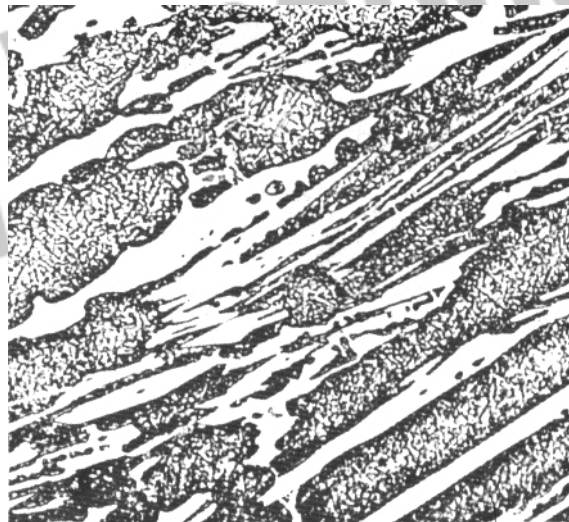
مقابل سایش و خوردگی مقاومت کنند نیز با ترکیب ۲۸٪ کرم با افزایش مقادیر مناسبی از

مولیبدن و نیکل برای افزایش سختی پذیری ساخته می شوند.

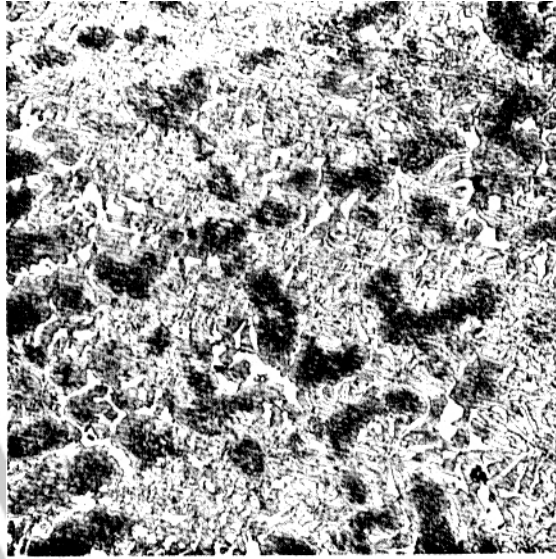


شکل ۵ - 12% Chromium- hardened

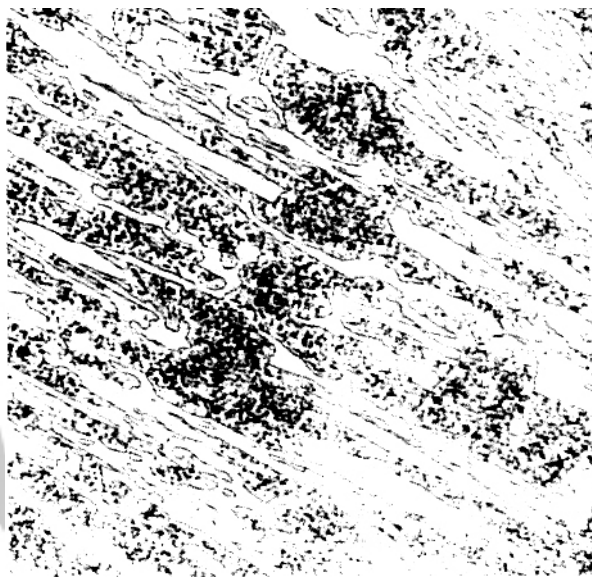
Etchant: picral



شکل ۶



شکل ۷



شکل ۸ - 25% Chromium- hardened

Etchant: picral

شکل ۵: چدن با ۱۲ درصد کرم و ۳/۲ درصد کربن، سخت در $950^{\circ}C$ و سپس در هوا خنک

شده.

ساختار: کاربید یوتکتیک کرم در زمینه مارتنزیت.

شکل ۶: چدن پر کرم با ۱۵ درصد کرم و ۳ درصد کربن، سخت در $960^{\circ}C$ و سپس در هوا خنک شده.

ساختار: کاربید یوتکتیک کرم از نوع $(CR\ FE)7C3$ در زمینه مارتنزیت.

شکل ۷: چدن پر کرم با ۲۰ درصد کرم و ۲/۷ درصد کربن، سخت شده در $1020^{\circ}C$ و سپس در هوا خنک شده.

شکل ۸: چدن پر کرم با ۲۵ درصد کرم و ۳ درصد کربن، سخت شده در $1025^{\circ}C$ و سپس در هوا خنک شده.

ساختار: کاربیدهای یوتکتیک کرم با اضافه کاربیدهای ثانوی در زمینه مارتنزیت.

ترکیب شیمیایی نمونه های فوق بشرح زیر است:

<i>MO</i>	<i>CR</i>	<i>NI</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Mn</i>	<i>SI</i>	<i>C</i>	
۰/۰۱	۱۲/۳	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۳۷	۰/۴	۳/۲۳	شکل ۵
۲/۵	۱۵	--	۰/۰۷	۰/۱	۰/۶	۰/۶	۳	شکل ۶
۲	۲۰	۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۸	۰/۷	۲/۷	شکل ۷
۰/۰۶	۲۴/۸	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۶۴	۰/۶۵	۲/۹۵	شکل ۸

شکل ۸	شکل ۷	شکل ۶	شکل ۵	سختی HV30
825	790	750	832	

عناصر آلیاژی دیگر:

کنترل دقیق سیلسیم در تولید چدنهای پر کرم امری اساسی است. اغلب مقاومت سایشی ضعیف می توند به علت سیلسیم اضافی باشد که منجر به چدنی با سختی پذیری پایین و غیر عادی می شود. اخیراً ۱/۲ تا ۰/۱ درصد سیلسیم همراه با منگنز بالا حدود ۱/۵٪ جهت جبران کاهش سختی پذیری مجاز شناخته شده است. علاوه بر منگنز مقادیر عناصر آلیاژی مولیبدن، نیکل و یا مس باید طوری انتخاب شود که سختی پذیری کافی بدست آید.

خواص فیزیکی و مکانیکی پرکرم

در قطعات چدنی مانند دیگر آلیاژها، خواص مکانیکی قطعاً ریخته شده تا حد زیادی بستگی به ضخامت آن دارد. بویژه در آلیاژهای پرکرم، مقاومت در مقابل ضربه یا مقاومت در برابر شکست از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است، چونکه در قطعات ماشین آلات مخصوصاً در سنگ شکن و آسیابها عامل محدود کننده کاربرد این آلیاژها احتمال فاجعه شکست ناگهانی است. با این دید، چقرمگی یا چکش خواری قطعه چندان صریح تعرف نشده و به جای آنها، حداکثر مقاومت در مقابل شکستگی مهم است.

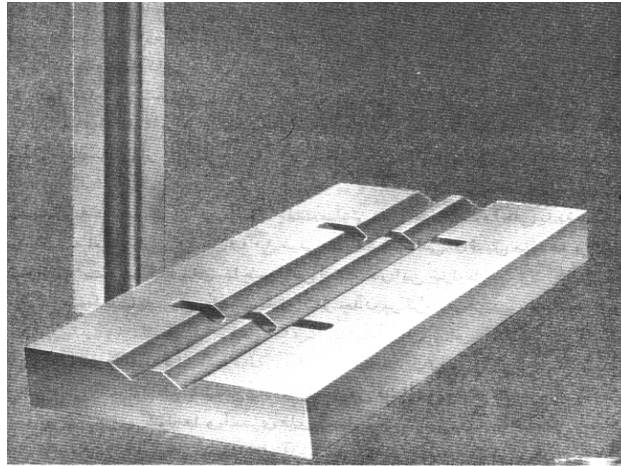
مطمئناً بین مواردی چون تحمل ضربه مکرر توسط یک گلوله آسیاب یا آستری آسیاب، ضربه های سریع در چکش ها و سنگ شکن ها، ضربه سنگین حاصل از ورود مواد بزرگتر از اندازه یا آن وارد شده به سنگ شکن، ضربه هسته قطعات روی سنگ شکن فکی و مخروطی، فرق بسیار است.

انجام آزمایش ضربه ای با نمونه های با شکاف یا بدون شکاف، برای درک کیفیت موارد فوق الذکر، نتایج چندان مشخصی را بدست خواهد داد. خوشبختانه امروزه برای چدنهای پرکرم مفهوم حد چقرمگی بسیار کارا بوده است. حد چقرمگی در واقع بیان کننده مقاومت آلیاژ در مقابل پیشرفت ترک است. با این تعریف، حد چقرمگی بستگی زیادی به اشکالات ریخته گری قطعه پیدا می کند، اشکالاتی از قبیل انقباض جزئی یا وجود سربازه در مذاب، با بالا رفتن مقدار کربن در چدنهای مارتنزیتی، چقرمگی نقطه شکست به آهستگی پایین می آید.

کاربرد چدنهای پر کرم با مقاومت در مقابل سایش

چدن پر کرم بعلاوه داشتن مقاومت عالی در مقابل سایش همراه با مقاومت کافی در مقابل شکست و حتی گاهی امکان ماشینکاری آلیاژ آنیل شده، با تقاضای روزافزونی روبرو شده است.

در اکثر حرکات سنگ شکن ها ساییدگی سطح اساسی ترین شکل فرسایش آلیاژ است. همچنین است در عملیات انتقال و جابجایی یا مخلوط کردن مواد دانه درشت، در چنین شرایطی، تکه های بزرگ از سطح فلز توسط ماده ساینده جدا شده و جای آن، خراشها یا فرورفتگیهایی باقی می ماند. مشابه این وضعیت در حالت ضربه نیز پیش می آید.



شکل ۹- چکش و سندان در شکن کوپیت از آلیاژ چدن پر کرم

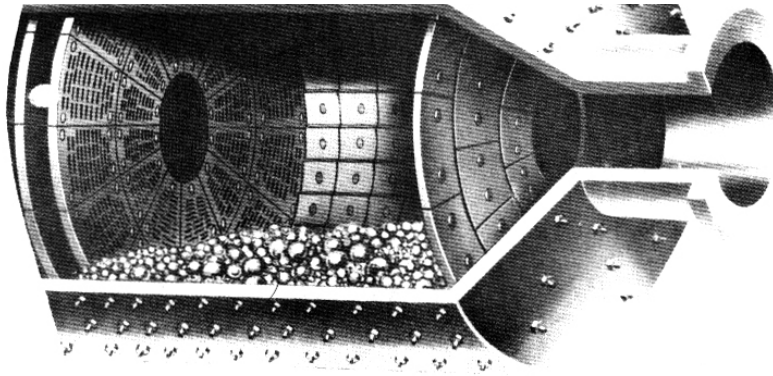
برای تعیین مقاومت به سایش، میزان کربن آلیاژ و ساختار متالورژیکی آن از سختی آلیاژ گویاتر است. درجه سختی معمولاً فقط به عنوان یک راهنما جهت تشخیص شکل ساختار نوعی خاص از یک ماده مفید است. مقاومت به سایش بالا و چقرمگی کافی چدنهای پر کرم سبب جانشینی آن به جای فولاد منگنزی آستنیتی در برخی موارد شده است. این امر یا از طریق جایگزینی مستقیم و یا طراحی دوباره پشت سری و تکیه گاه برای قطعه انجام می گردد. یکی از موفقترین موارد کاربرد این آلیاژ چدن در میله های ضربه زن و سندانهای ضربه خور در سنگ شکنهای ضربه ای بوده است. در اینگونه سنگ شکن ها، مواد خورده شونده بداخل دستگاه سرازیر شده و به میله های ضربه زن که با سرعت زیاد در حرکت است، برخورد می کند. مقداری از تکه های مواد نیز به پوششهای داخلی بدنه برخورد کرده و بیشتر خورد می کند. در چنین شرایطی، آلیاژهای چدن سفید اربوریتی تاب تحمل کافی ندارند. در صورتی که چدنهای پر کرم بشرط آنکه وضعیت اندازه دانه بندی مواد ورودی و گیر نکردن آنها در لابلاهی قطعات متحرک رعایت شود، مقاومت کافی برای این کار را دارد. بطور کلی برای این منظور،

آلیاژ چدن $15Cr-3Mo$ مناسب تشخیص داده شده است. در مقایسه با فولاد منگنزی، میزان سایش کمتر این چدن به میزان ۳ تا ۴ برابر و نیز بکارگیری صحیح چدنهای کرم با ساختار مارتنزیت، سبب استفاده اقتصادی از این نوع آلیاژ در سنگ شکن ها برای خرد کردن سخت ترین سنگها شده است.

استفاده مناسب دیگر از این آلیاژ جهت سایش، در صفحات داخلی بدنه سنگ شکن های فکی کوچک به ابعاد از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی متر در قطعاتی از قبیل میله ها و دیواره شوتها، صفحات و قطعات دستگاههای ساچشمه پاش است. در این شرایط معمولاً کار با سایش زیاد صورت می گیرد و اغلب بهترین نتایج توسط آلیاژ چدن کرم مارتنزیتی بدست می آید.

گلوله های آسیاب و بدنه ها

در شرایطی که تنش با شرایط بالا و یا سایش فشاری مطرح باشد، استفاده بسیاری از آلیاژ چدن پر کرم برای گلوله ها و آستری های آسیاب می شود. در آسیاب مواد خشک، استفاده از چدن پر کرم مارتنزیتی برای محفظه اول آن سبب کاهش میزان سائیدگی از ۱۰۰۰ گرم در تن به ۵۰ گرم شده است. دوام طولانی این گلوله ها در آسیابهای بزرگ مدرن، لزوم استفاده هر چه بیشتر از آنرا بویژه در شرایط ضربه های مکرر، مطرح کرده است. این منظور از طریق تنظیم صحیح میزان کربن و سپس عملیات حرارتی آلیاژ عملی است که آستنیت باقیمانده را تقریباً از بین می برد.

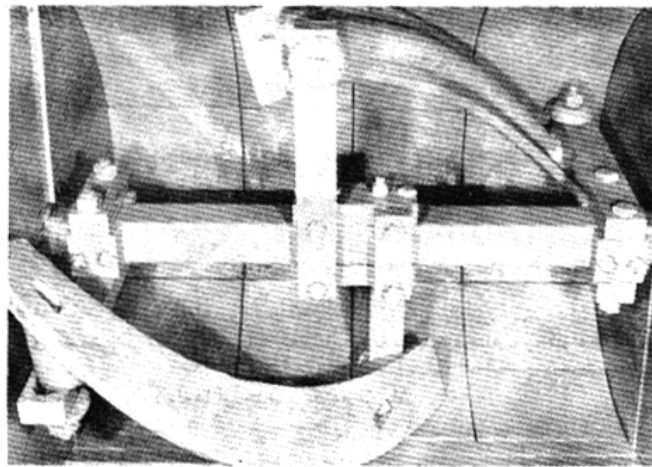


شکل ۱۰- نمای قسمتی از آسیاب سیمان که نشانگر بدنه های مختلف و گلوله ها است. آلیاژ این بدنه ها و همچنین گلوله ها از چدن پر کرم می باشد.

در صورت وجود کانه نسبتاً سخت و بویژه در آسیاب موادِ تر، این آلیاژ چندان برتری بر دیگر آلیاژها ندارد. برای آستری داخلی محفظهٔ اول آسیاب سیمان، چدن پر کرم بخوبی با آلیاژ فولاد کرم-مولیبدن رقابت می کند. کاربرد این آلیاژ همچنین در پوشش بدنه و انتهای آسیابهای گلوله ای و غیر آن برای خرد کردن مواد، روبه توسعه است. در اینجا نیز آلیاژ چدن پر کرم بخوبی جانشین فولادهای منگیزی آستنیتی یا فولادهای کم آلیاژ سخت شده، گردیده است. استفاده از آسیاب خمیره ای برای آسیاب کردن موادی چون زغال سنگ در نیروگاه ها از دیرباز و جدیداً بیشتر در آسیاب آهک، سیمان، کانه فسفات و دیگر مواد معدنی بکار می رود. برای تأمین فاصله طولانی تری در تعویض قطعات سائیده شدنی و در واقع، خرد کردن مواد بیشتر با استفاده از قطعات کمتر، استفاده از مواد با مقاومت بیشتر برای چرخها، قرقره ها و واگنها لازم می آید. برای این منظور، استفاده از چدنهای پر کرم شرایط مناسبی را برای طراحی قطعات گوناگون فراهم آورده است.

خوردگی و سایش با تنش پایین

در تجهیزات مخلوط کردن یا انتقال مواد معدنی ریزدانه، معمولاً با سایش با تنش پایین یا خوردگی کم در پدیده سایش روبرو هستیم. در اینجا نیز چدنهای پر کرم کاربرد زیادی یافته، از قبیل: پوسته داخلی مخازن مخلوط کن ها، تیغه ها و کفشک های مخلوط کن و تقسیم کننده های مواد معدنی، قالبهای آجر، تیغه ها و بازوهای دستگاه آجرسازی در صنعت مواد نسوز.

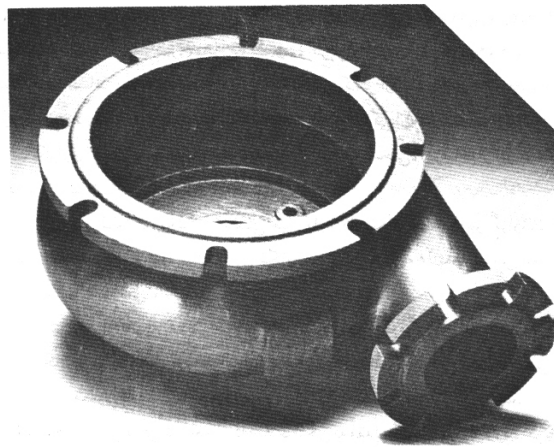


شکل ۱۱- نمای داخلی دستگاه مخلوط کن بتون. جنس تیغه ها و بدنه ها از چدن پر کرم می باشد.

کاربرد در پمپهای ضد سایش

یک زمینه کاربرد روزافزون چدنهای پر کرم در ساخت پمپهای ضد سایش است. مزیت این نوع چدن در مقایسه با چدن سفید کم آلیاژ در این مورد فقط در مقاومت به سایش و چقرمگی آن نبوده بلکه در ویژگی قابلیت داخلی این پمپها در هر اندازه و ابعاد، از موادی ساخته می شود که پس از بدست آمدن، عملیات حرارتی آنیلینگ روی آن انجام می شود. سپس قطعه ماشینکاری شده و بعد از آن عملیات حرارتی سخت کردن را طی می کند. (شکل ۱۲)

از چدنهای پر کرم در خارج از صنعت معدن نیز در طیف وسیعی برای ساخت غلطکهای نورد استفاده می شود. غلطکهای نورد برای مصارف نورد ورق، تسمه های طویل، مقاطع مختلف پروفیل ها و یا کشش سیم بکار می رود. استفاده از آلیاژ چدن پر کرم در این غلطکها روبه افزایش است و برای این منظور نوع خاص آن پاسخگوی شرایط فنی لازم باشد، بدست آمده است. این آلیاژ برای انواع غلطک ذکر شده عملکرد بسیار بهتری نسبت به دیگر آلیاژها داشته است.



شکل ۱۲- نمایی از پمپ ضد سایش با آلیاژ چدن پر کرم

دلایل ناموفق بودن عمل

با اینکه حدود ۶۰ سال است که چدنهای پر کرم تولید می شود ولی ریخته گریها عموماً در انتخاب ترکیبات لازم برای کاربردهای مختلف با اشکال مواجه بوده اند. تقریباً هر رویه جدیدی هم که به کار برده شده مشکلات مشابهی را در برداشته است. چون اغلب دریافت داده های عمل و انجام عملیات تصحیحی ممکن است سبب چندین ماه تأخیر شود، لذا بیان بعضی از اشکالات می تواند مفید باشد.

کم بودن مقاومت به سائیدگی

متداولترین اشکالات در اثر نامناسب بودن سختی پذیری و نادرست بودن عملیات حرارتی ایجاد می شوند. در این مورد، به دلیل وجود درصد زیادی پرلیت در ساختار زمینه، سایش سریعی بوضوح رخ می دهد. دو جداره دستگاہ آسیاب سیمان که هر دو در دامنه ترکیب ویژه ای قرار دارند، حین کار به هم مقایسه شده اند. در جداره ای که شدیداً دچار سائیدگی شده بود، ریز ساختار پرلیت به انضمام کلیه عناصر آلیاژ سبب افزایش سختی پذیری در انتهای پائین خصوصیات، و عناصری مثل سیلیسیم، کربن و آلومینیوم به طرف قسمت بالای خصوصیات، مشاهده شده بود. عمر مؤثر قطعه پرلیتی کمتر از نصف عمر مؤثر قطعه صحیح آلیاژی شده بود. مواردی از شکست نیز مشاهده شده که حاکی از مقاومت کم پرلیت به اعمال ضربات تکراری است. این مقایسه نشان می دهد که علاوه بر سختی، ریزساختار نیز بر مقاومت قطعه در برابر ضربات سخت تکراری اثر می گذارد.

گاهی، وقتی قطعات ریختگی آستنیتی حین کار، کار سخت نشده اند نیز گزارشاتی از بد کار کردن قطعه منعکس شده است. چنین شکایاتی ممکن است به علت مارتنزیتی شدن چدن باشد زیرا شرایط عمل نمی تواند منجر به کار سختی مناسب شود.

همچنین، گزارشاتی از سایش سریع گاهی نشاندهنده چقرمگی نامناسب است. در چنین مواردی امکان دارد فلز به سرعت در اثر ایجاد پوسته یا ورقه های ریز در روی آن از بین برود. این نوع سایش معمولاً با آستنیت موجود اضافی و تنشهای ضربه ای شدید همراه است.

چنانچه قبلاً نیز ذکر شد حجم کاربید بستگی به مقدار کربن موجود دارد. چون حجم کاربید عامل مهمی در مقاومت به سایش است، کم بودن کربن می تواند عاملی در ایجاد مشکلات ناشی از سایش باشد.

شکست ترد

هنوز راهنمای مناسبی که توسط آن ارزیابی شرایط ضربه به سهولت ممکن شود، وجود ندارد و در حال حاضر این ارزیابی به شدت به تجربیات تولید کننده یا مصرف کننده بستگی دارد. شکستهایی که بلافاصله پس از نصب قطعات ریختگی رخ می دهند ممکن است به دلیل کاربرد ناصحیح در شرایط کار سخت و یا وجود تنشهای باقیمانده بزرگ در قطعات باشد. معمولاً راهی برای تشخیص زیاد بودن تنشهای باقیمانده وجود ندارد، گرچه بعضی از ریخته گریها روشهایی برای تخمین مقدار تنشهای باقی مانده به دست آورده اند. گاهی، چنانچه تنشهای باقیمانده زیاد مسئول شکست باشند، بازنگری دقیق عملیات حرارتی مطلب را نشان می دهد.

متداولترین مشکل، شکست قطعات ریختگی تحت ضربات تکراری شدید است. در این موارد روی سطح قبل از شکست حالت پوسته شدن ایجاد می شود. این نوع شکست در گلوله های دستگاههای آسیاب سیمان بیشتر متداول است. تقریباً در همه مواردی که در رابطه با این نوع شکست تحقیق و بررسی شده، مقدار آستنیت موجود در قطعات ریختگی زیاد بوده است. کاهش دادن آستنیت در قطعات ریختگی به کمترین مقدار ممکن طوری که ضربات شدید

تکراری را تحمل کند، مهم است. این کار توسط عملیات حرارتی بازپخت (*TEMPER*) که

قبلاً بعنوان اولین مرحله عملیات بعد از سخت کردن ذکر شد، امکان پذیر است.

شکستهای تردی که به عدم استقرار صحیح بین صفحات جداره یا قطعات ریختگی مشابه و

قطعات فولادی نگهدار نسبت داده می شود، کمتر از آن است که انتظار

می رود. صفحات جداره در آسیابهای متداول توسط پیچهایی که بوسیله آچار پیچ سفت می

شوند. تناسب لازم را بدست می آورند.

در حالیکه توضیح فوق به هیچ وجه توضیح کاملی از شیوه های ممکن شکست در دامنه

وسعی از کاربردها نیست، ولی برای نشان دادن بعضی مشکلات موجود متداول بکار می رود.

این مشکلات بندرت در چدنهای پر کرم، که در ریخته گریها با تجزیه تهیه می شوند، ایجاد

می شود.

عملیات حرارتی چدنهای پر کرم

اصولاً (عملیات) حرارتی قطعات ضخیم چدنی با کرم بالا مشابه عملیاتی است که در مورد

قطعات نازک اعمال میگردد. برای پایدار کردن آستنیت لازم است که قطعه تا

$1060 - 950^{\circ}C$ گرم شود و سختی پذیری چدن به اندازه کافی زیاد باشد تا هنگام سرد کردن

از استحاله آستنیت به فریت- کاربید در نواحی مختلف قطعه جلوگیری شود. در عمل برای

جلوگیری از ایجاد مشکلاتی نظیر تنشهای بالای حاصله از شیبهای حرارتی زیاد و یا استحاله های فازی، باید روشهای مشخصی برای عملیات حرارتی قطعات ضخیم به کار گرفته شود.

– سرعت گرم کردن

نکته اصلی قابل ملاحظه در گرم کردن مجدد قطعات تا دمای آستنیته شدن این است که شیبهای حرارتی در قطعه طوری باشد که تنشهای بالا ناخواسته گسترش پیدا نکنند. اگر تنشهای باقیمانده زیادی پس از سرد شدن قطعه در آن وجود داشته باشد، تنشهای دیگری نیز که هنگام گرم کردن مجدد قطعه در اثر شیب حرارتی به وجود می آیند به آن اضافه شده و ممکن است مجموع تنشها به اندازه ای باشد که موجب ایجاد ترک گردد. قانون مشخصی برای سرعت گرم کردن وجود ندارد چون این سرعت به زیاد بستگی به اندازه، وزن، شکل هندسی قطعه، ساختار میکروسکوپی آن (آستنیته یا پرلیتی بودن) و تنشهای باقیمانده بعد از سرد شدن در قالب دارد. قطعات ساده نظیر گلوله های آسیاب و لاینر حتی اگر داخل کوره ای با دمای تقریبی $260^{\circ}C$ قرار داده شوند بندرت ترک بر میدارند. سرعت گرم کردن برای چنین قطعاتی می تواند حدود $100^{\circ}C/hr$ باشد. از طرف دیگر قطعاتی که با شکل های هندسی نامنظم و با مقاطع متغیر نظیر محفظه پمپها و پره ها را معمولاً نمی توان با سرعتهای بیش از $30^{\circ}C/hr$ گرم کرد. وقتی که قطعات سرخ شدند سرعت گرم کردن را می توان زیاد نمود.

– روش آستنیت کردن

برای بدست آوردن یک استحاله تحویل و تحول کاملاً مارتنزیتی بدون آستنیت باقیمانده زائد لازم است با نگاه داشتن قطعه در دمای $1060^{\circ}\text{C} - 950$ ساختار را پایدار نمود. که این باعث کاهش مقدار کرم و کربن زمینه و به علت رسوب کاربید ثانویه میگردد. پایدار کردن و آستنیت کردن جهت کوئنچ معمولاً در یک دما انجام می گیرد. بعد از سرد کردن آستنیت می تواند به مارتنزیت تبدیل شود، مشروط بر اینکه سرعت سرد کردن به اندازه کافی زیاد باشد تا از تبدیل شدن آن به پرلیت جلوگیری گردد. بعد از پایدار شدن سختی پذیری اصلی توسط مقادیر کرم و کربن تعیین می شود. کربن و کرم که با هم ترکیب شده و تشکیل کاربیدهای یوتکتیکی و یا ثانویه را می دهند فقط قسمتی از کرم موجود در آلیاژ در زمینه باقی میماند و قادر است که سختی پذیری را افزایش دهد. بنابراین اگر مقدار کربن ثابت باشد با افزایش مقدار کرم سختی پذیری نیز افزایش خواهد یافت. و اگر مقدار کرم ثابت باشد با افزایش مقدار کربن سختی پذیری نیز افزایش خواهد نمود. تأثیر متقابل کرم و کربن بر یکدیگر را با نسبت کرم به کربن به نحو بهتری می توان بیان نمود. نیمه زمان سرد شدن مدت زمانی است که دما به نصف اختلاف دما بین دمای کوئنچ (آبدادن) و دمای محیط برسد. به عنوان مثال اگر دمای کوئنچ 1000°C باشد نیمه زمان سرد شدن مدت زمانی است که دما به 490°C می رسد. نیمه زمان سرد شدن آلیاژهای هایپریوتکتیک کمتر از آن چیزی است که در این دیاگرام نشان داده شده است.

اغلب چدنهای پر کرم در محدوده $CR: 12-25\%$ و $C: 0.3-0.5\%$ قرار می گیرند که نسبت $CR:C$ حدود ۸-۴ خواهد بود. ماکزیمم نیمه زمان سرد شدن که میتواند در قطعات چدنی پر کرم بدون عناصر دیگر، ساختاری عاری از پرلیت بدست آورد، حدود ۱۰ دقیقه است که این مقدار معادل ضخامتی کمتر از $30-20\text{mm}$ در حالت سرد شدن در هوا است. این سختی پذیری برای اغلب قطعات تکافو نمی کند و لازم است که توسط عناصر آلیاژی افزایش داده شود. دیاگرام نشان می دهد که افزایش مولیبدن $0.3-0.5\%$ و نسبت کرم به کربن ۷-۵ باشد، با توجه به شدت هوای کوئنچ مقاطعی را که حدود 100mm ضخامت دارند میتوان کاملاً (از سطح تا مغز) سخت کرد. بخاطر پائین بودن هدایت حرارتی چدنهای پرکرم، سرعت سرد شدن در مرکز قطعات ضخیم به طور محسوسی کمتر از قطعات فولادی کم آلیاژی است که در شرایط مشابه کوئنچ می شوند. زمان لازم برای پایدار کردن آستنیت متغیر بوده و بستگی به ساختار اولیه دارد. قطعاتی که بطور عمده آستنیتی هستند معمولاً به مدت ۶-۴ ساعت در دمای بالا نگه داشته می شوند برای قطعاتی که در حالت ریختگی دارای ساختار پرلیتی باشند زمانهای کوتاهتر (مثلاً ۳ ساعت) را می توان به کار برد.

– سرعت سرد کردن

روشهای سرد کردن غلط بعد از آستنیت کردن بزرگترین دلیل ترک خوردن قطعات است. استفاده از شرایط سرد کردن نامناسب اغلب نتیجه آگاهی کم از حرکت و جنبش استحاله آستنیت در چدنهای پرکرم با سختی پذیری بالا و برآورد ناصحیح مقدار تنشهایی است که می

تواند در قطعات ضخیم در نتیجه ترکیب شیبهای حرارتی زیاد و استحاله تمام یا قسمتی از زمینه آستنیتی به مارتنزیت گسترش یابد. دلیل قطعی ترک خوردن، کوئنچ سریع تا دمای محیط است بنابراین روش عملی این است که سختی پذیری با توجه به مقدار مارتنزیتی که می خواهیم در حالت سرد شدن در هوا در زمینه به وجود آید انتخاب شود. برای سرعت سرد شدن مشخص، سختی پذیری باید به اندازه کافی زیاد باشد به طوری که سرد کردن تا دمای 550°C منجر به تشکیل پرلیت نشود. جهت جلوگیری از تنشهای زیاد، سرعت سرد کردن نباید آنقدر بالا باشد که دمای قسمتهای نازک یا برجسته قطعه سریعتر از دمای بدنه اصلی آن به زیر دمای التهاب (در حالت سرخی) برسد. روشهای متعددی برای جلوگیری از پیش آمدن چنین حالتی مورد استفاده قرار می گیرد. مثلاً می توان قطعات را به کوره ای با دمای حدود 550°C برگردانید تا دمای تمام نقاط آن برابر شود و یا در حالتی که از روش سرد کردن در کوره استفاده می شود می توان قبل از اینکه دمای سردترین قسمت های قطعه به زیر 600°C برسد کوره را خاموش کرد. سرد کردن آهسته از 550°C تا دمای محیط جهت به حداقل رسانیدن تنشهای ناشی از شیبهای حرارتی و همچنین انجام یافتن یکنواخت استحاله مارتنزیت در کل قطعه ضروری است. تنشهای بالایی که در نتیجه یک و یا دو علت فوق بوجود می آیند، از انعطاف پذیری قطعه خواهند کاست. در چدنهای پر کرم برای از بین بردن تنشهای ناخواسته به غیر از گرم کردن قطعه تا حدود دمای التهاب راهی وجود ندارد که در این حالت نیز تغییر شکل های پلاستیک در قطعه حاصل می شود. بنابراین چنین عملیاتی مناسب نمی

باشد چون علاوه بر ایجاد تغییر شکل پلاستیک موجب می شود که حداقل قسمتی از زمینه تبدیل به فریت همراه با سمائیت های کروی شده و در نتیجه قطعه سختی و مقاومت سایشی خود را به مقدار زیادی از دست بدهد.

برگشت یا تمپر

قطعاتی که در حالت سخت شده بودن بعد از برگشت بعدی می توان مصرف گردد. ولی به هر حال ساختار میکروسکوپی بعد از سخت کردن حاوی مقداری آستنیت باقیمانده می باشد که تجربه نشان داده است که این مسئله موجب ترک خوردن سطح قطعه بعد از عملیات می شود. احتمالاً برگشت در دمای پایین (حدود 200°C) از عملیات حرارتی فولادها به چدن آنها انتقال یافته است چون دیده شده است که این عملیات خاصیت چقرمگی را در فولادها بهبود می بخشد. دمای برگشت 200°C برای انجام استحاله آستنیت باقیمانده بسیار کم است بنابراین در مورد قطعات چدنی پرکرمی نظیر گلوله های آسیاب که در معرض ضربات متعدد قرار دارند محدوده دمائی که بکار می رود $525^{\circ}\text{C} - 450^{\circ}\text{C}$ می باشد. در برخی موارد این دما فرصت می دهد که آستنیت باقیمانده حذف شده و سختی به مقدار قابل توجهی افزایش یابد.

آستنیت باقیمانده

بر خلاف مولیبدن، اثر ممتاز نیکل و مس بر روی سختی پذیری چدنهای پرکرم توأم با یک تأثیر عمده جهت تثبیت آستنیت می باشد. چدنهای نیکل دار و یا مس دار یاتاقانها اغلب بعد از عملیات حرارتی دارای مقادیر قابل توجهی آستنیت باقیمانده می باشد که این موجب کاهش

سختی می شود. مقدار آستنیت باقیمانده می تواند با اصلاح عملیات پایدار کردن کاهش یابد. با توجه به اینکه نیکل و مس کاملاً در آستنیت حل می شوند مقدار آنها در حلال نمی توان با عملیات حرارتی کاهش داد بنابراین تنها راه برای کاهش پایداری آستنیت این است که تا حد امکان مقدار کربن و کرم آن را کاهش دهیم. اینکار را می توان با افزایش زمان و ماندن در دمای پایداری انجام داد. در نتیجه انجام این عمل آستنیت کم کربن به وجود خواهد آمد. این آستنیت تبدیل به مارتنزیت کم کربن می شود که سختی و مقاومت سایشی آن کمتر از مارتنزیت پر کربنی است که در آلیاژهای بدون مس و نیکل بدست می آید. افزایش مس و نیکل باید با احتیاط انجام گیرد. در اغلب موارد افزایش ۰/۵٪ نیکل و یا مس برای افزایش قابل ملاحظه سختی پذیری کافی است و مقدار این عناصر نباید بیش از ۱/۲ - ۱٪ باشد.

دمای کوئنچ (آبدادن)

دمای کوئنچ به علت اثری که روی محلول در آستنیت دارد روی نحوه انجام استحاله و سختی نهائی تأثیر می گذارد. با افزایش دما حلالیت کربن در آستنیت افزایش می یابد. قبل از هر چیز بالا بودن مقدار کربن موجب افزایش سختی پذیری شده و در نتیجه مارتنزیت بدست آمده بعد از کوئنچ نیز سخت تر خواهد بود. این اثر تا حد مشخصی ادامه دارد بعد از آن افزایش بیشتر کربن موجب مشکل آستنیت باقیمانده می گردد و سختی شروع به کاهش می نماید. منحنی سختی بعد از کوئنچ بر حسب دما دارای یک ماکزیمم است. دمائی که در آن ماکزیمم سختی

بدست می آید. با افزایش کرم بیشتر می شود چون کرم استحاله فریت به آستنیت را افزایش می دهد. در آلیاژی با ۱۵٪ کرم دمای کوئنچی که برای بدست آوردن ماکزیمم سختی لازم است بین $940 - 970^{\circ}C$ می باشد. در حالیکه برای چدنی با ۲۰٪ کرم این دما در ناحیه $960 - 1020^{\circ}C$ است.

سخت کردن با کمک تصرمات حرارتی زیر دماهای بحرانی

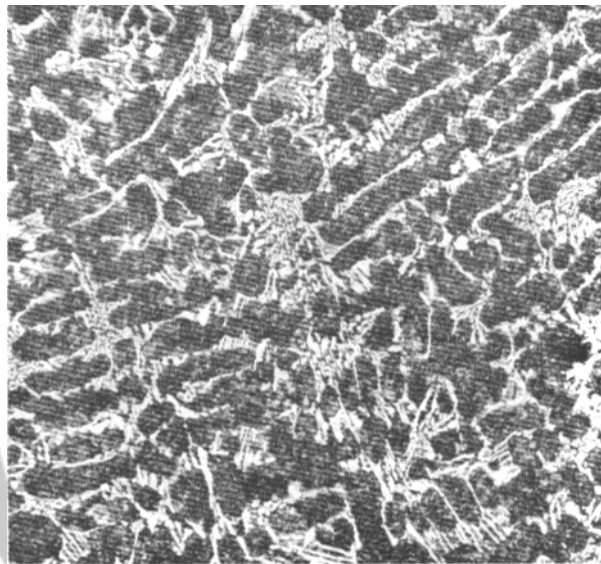
پایداری بالای فاز آستنیت حتی در حضور ذرات پراکنده کاربید، کاربرد عملیات حرارتی زیر دماهای بحرانی در چدنهای پرکرم را که اساساً در حالت ریختگی آستنیتی می باشند امکان پذیر می سازد. به این ترتیب می توان از عملیات حرارتی در دماهای بالا که معمولاً برای بدست آوردن ساختار مارتنزیتی به کار می رود و ریسک آمیز و پرهزینه می باشد اجتناب کرد. جدول زیر چهار چدن با ضخامت های $100 - 150\text{mm}$ را که به کمک عملیات حرارتی زیر دماهای بحرانی (در دمای $500^{\circ}C$) سخت شده اند مقایسه می کند. چدنها در حالت ریختگی آستنیتی بودند و با کمک عملیات حرارتی زیر دماهای بحرانی سختی و مقاومت سایشی معادل یک ساختار مارتنزیتی بدست آمد. عملیات حرارتی زیر دماهای بحرانی که احتمال ترک را کاهش داده و مصرف انرژی را کم کرده و دارای هزینه کمتری نیز می باشد، بارها در مورد قطعات تجارتي بزرگ و اخیراً در مورد غلطک های چدنی پرکرم بزرگ برای آسیاب های غلطکی به کار رفته و با موفقیت همراه بوده است.

د	ج	ب	الف	اثر عملیات حرارتی در درجه حرارت بحرانی روی سختی چهار نوع الیاژ چدنهای پرکرم با مولیبدن و مس
				ترکیب شیمیایی
				<i>C</i>
				<i>Si</i>
				<i>Mn</i>
				<i>Cr</i>
				<i>Mo</i>
				<i>Cu</i>
				سختی به ویکرز در حال ریختگی <i>HV30</i>
				سختی بعد از سختکاری در درجه حرارتهای زیر بحرانی
				<i>205°C</i>
				<i>500°C</i>
				<i>205°C</i>
				و تمپر شده در درجه حرارت <i>205°C</i>

باز پخت

معمولاً ماشینهای چدنهای پرکرم به خاطر سختی بالا و داشتن کاربید بسیار مشکل است. برای بهبود قابلیت ماشینکاری می توان چدنها را باز پخت نمود. هدف از انجام فرایند باز پخت و یا نرم کردن، بدست آوردن پرلیت کرمی بدون مارتنزیت و یا آسنیت است. ممکن است که اعمال یک عملیات حرارتی کوتاه در مورد چدنهای پرکرمی که نیکل و یا مس ندارند امکان پذیر باشد. عملیات بازپخت شامل گرم کردن قطعات تا $950-980^{\circ}\text{C}$ و نگه داشتن در این دما در حدود ۱۰ ساعت بسته به ضخامت و ترکیب آنها می باشد. از عملیات در دمای بالا برای کاهش کربن آسنیت و آماده کردن زمینه برای استحاله آسنیت به پرلیت استفاده می شود. سپس

قطعات تا دمای 760°C در کوره سرد شده و به مدت ۲ یا ۳ ساعت در این دما نگه داشته می شوند تا استحاله پرلایت کامل شود. سرد کردن در کوره با سرعت 1400°C ادامه می یابد و بعد از آن قطعات را می توان در هوا خنک کرد. برای چدنهای حاوی نیکل و یا مس سیکلهای طولانی تر لازم است. سختی نهائی بعد از عملیات دوباره پخت در حدود $350-400\text{HB}$ خواهد بود. که این سختی انجام اغلب عملیات ماشینکاری اثر می گذارد مقدار کربن است چون فرآیند آنیل اثری بر کاربیدهای کرم یوتکتیکی ندارد. وقتی که مقدار کربن به بالای ۳٪ میرسد عملیات ماشینکاری به شدت مشکل می شود.



شکل ۱۳- چدن با ۱۵٪ کرم که آنیل شده است. ساختار کاربیدهای یوتکتیکی کرم در زمینه پرلایت.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

فصل دوم:

چدنهای نیکل دار

Ni-Hard

چدنهای نیکل - سخت

چدنهای نیکل - سخت بوفور در عملیات خرد کردن، پودر کردن، نورد کردن و حمل مواد بکار برده می شوند. دو گروه عمده چدن نیکل - سخت وجود دارند، چدنهای با ۴٪ نیکل و چدنهای با ۶٪ نیکل و ۹٪ کرم که معمولاً به نیکل - سخت ۲ و ۴ موسوم اند. نوع ۲ چدن نیکل - سخت شامل کاربیدهای یوتکتیکی M_3C لدبوریتی است و بنابراین دارای چقرمگی کمی است، در صورتی که نوع ۴ چدن نیکل - سخت عمدتاً شامل کاربیدهای ناپیوسته M_7C_3 است و در نتیجه چقرمگی چدن نیکل - سخت ۴ بیشتر است. چون چدن نیکل - سخت ۲ چقرمگی کمتری دارد، عمدتاً در تولید غلطکهای فلز کاری مورد استفاده قرار می گیرد.

متالوژی در کاربرد چدنهای نیکل - سخت ۴ تقریباً مشابه چدنهای پر کرم است. اما مشاهده شده است که در کاربردهای خاصی مانند گلوله های آسیاب و جدار پوسته آسیاب های سیمان با قطر زیاد که قطعات ریختگی در آن هم تحت سایش و هم ضربات مکرر سنگین قرار دارند، نیکل - سخت ۴ است. مشخصه ای که سبب ارجحیت بارز چدنهای نوع نیکل - سخت ۴ در مقایسه با چدنهای پرکرم می شود، قابلیت سختی پذیری عالی آن است.

چدن سفید مارتنیتی

در جدول شماره ۱ بعضی از خواص $Ni-Hard$ آورده شده است. از آجائیکه این آلیاژ با سختی بالا و مقاوم در مقابل سایش طراحی شده، بنابراین مهمترین خاصیت آن سختی است. سختی قطعات $Ni-Hard$ به ترکیب شیمیایی، ابعاد قطعه، طریقه ریختن و عملیات حرارتی

قطعه ریختگی بستگی دارد و بدین جهت ارقام جدول ۱ فقط حدود معمولی سختی قابل بدست آوردن را نشان می دهد.

استحکام کششی (*Tensile Strangth*)

اصولاً *Ni- Hard* فاقد قابلیت انعطاف قابل توجهی است و به طور کلی از این آلیاژ مشابه چدن با استحکام بالا استفاده می کنند. یک بار دیگر تذکر داده می شود که استحکام کششی نهائی نیز عمدتاً به ترکیب شیمیایی، ساختمان داخلی و عملیات داخلی قطعه مورد نظر بستگی دارد.

مقاومت در مقابل ضربه (*Impact Strangth*)

اگر چه اعدادی برای مقایسه این آلیاژ با سایر انواع چدن در دست نیست ولی به طور کلی مقاومت در مقابل ضربه آن، مخصوصاً نوع محتوی کربن کم، بسته به عملیات حرارتی اعمال شده، از چدن سفید ساده خیلی بهتر است و برای اکثر کاربردهائی که شامل ضربات سبک باشند مناسب می باشد.

بایستی توجه شود که غالباً تغییراتی در ترکیب شیمیایی و نوع ریخته گری، بمنظور مقاوم تر شدن آلیاژ در شرایط کار بخصوص، انجام می شود. بطور مثال سختی و مقاومت در مقابل سایش یک قطعه غالباً با سریع سرد کردن (*Chill*) سطح کار افزایش می یابد. چنین عملیاتی باعث تغییر خواص در سطح مقطع قطعه ریخته گری می شود. در بعضی قطعات، مثلاً غلطک

های نورد چپل شده، که سطح مقطع بسیار بزرگی سختی در سطح کار تا سختی و خواص چدن خاکستری در مرکز قطعه را می توان تا حدود زیادی با عملیات حرارتی تغییر داد.

مسائل طراحی

مشخصات ریخته گری *Ni-Hard* مشابه چدن سفید و دیگر چدنهایست و نتیجتاً در کلیه شکل های معمولی چدنی قابل ساخت می باشد.

جدول ۲- بعضی از خواص مهم فیزیکی و مکانیکی چدنهای *Ni-Hard*

۵۵۰-۵۹۰	سختی برینل با سایه چمه تنگستن کاربرد
۵۸۸-۷۵۰	سختی <i>DPN</i>
۶۸-۸۰	سختی <i>Shore Scleroscope</i>
۱۸-۳۰	تنش هایی (تن به اینچ مربع)
۲۴-۲۶	مدول الاستیسیته (میلیون پاندراینچ مربع)
۷/۶ - ۷/۸	وزن مخصوص (گرم بر سانتیمتر مکعب)
مغناطیسی	خاصیت مغناطیسی
۱/۳ - ۲٪	انقباض مدل

در طراحی قطعات برای این آلیاژ نیز بایستی نکات معمول از قبیل یکنواخت نگهداشتن سطح مقطع تا حدود امکان و جزئی بودن تغییرات هنگام تغییر سطح در نظر گرفته شوند. طراح بایستی این نکته را در نظر داشته باشد که با سختی بالائی که *Ni-Hard* دارد به هیچ وجه برای آن قابلیت انعطاف در نظر نگیرد، نتیجتاً در کاربردهایی چون زره آسیاب ها در محل هایی که زره به بدنه آسیاب متصل هستند، نوعی پشت بند فنی *Some resilient from of*

backing استفاده می ود تا از ایجاد تنشهای نا خواسته که به شکست قطعه مثلاً در محل

سوراخهای پیچها منجر می شود جلوگیری شود.

همچنین طراح بایستی در نظر داشته باشد که با سختی بالا و مقاومت در مقابل سایش که این

آلیاژ دارد، معمولاً غیر قابل ماشینکاری است. در مورد غلطکهای نورد استثنا وجود دارد، زیرا

در این مورد تکنیک های خاصی ابداع شده اند، در ریخته گریهای معمولی هر نوع کارنهائی

روی قطعه شبیه پروانه پمپ ها که ماشینهای در مرکز آنها لازم است، روشهای خاصی مثلاً

قرار دادن یک بوش چدنی یا فولادی در آن منطقه این مشکل را حل می کند.

در این آلیاژ با چیل کردن سطح کار (سریع سرد کردن قطعه) می توان سختی و مقاومت در

مقابل سایش را افزایش داد. بایستی در نظر داشت که در قطعات نازک سریع سرد کردن قطعه

باعث بوجود آمدن تنشهای داخلی شدیدی می شود که در این موارد، عمل برگشت کردن

(تمپر) لازم خواهد بود.

در قطعات **Ni-Hard** با سطح مقطع ضخیم، مثلاً ۷/۵ سانتی متر و بالاتر، سطح کار را معمولاً

سریع سرد می کنند تا سرعت سرد شدن آهسته این قطعات باعث بوجود آمدن گرافیت (کربن

آزاد) و از بین رفتن سختی آن نشود.

ترکیب شیمیایی

حدود متوسط ترکیب شیمیایی *Ni- Hard* در جدول ۳ داده شده است. بهترین ترکیب شیمیایی برای یک قطعه بستگی به ابعاد آن و خواص مورد نیاز آلیاژ دارد. بدین جهت مطالب زیر بعنوان راهنمایی در انتخاب ترکیب شیمیایی در کاربردهای مختلف این آلیاژ ارائه می شود.

جدول ۳- حدود متوسط ترکیب شیمیایی *Ni- Hard*

عنصر	درصد وزنی
کل کربن	۲/۸ - ۳/۵
سیلیسیم	۰/۳ - ۰/۵
منگنز	۰/۳ - ۰/۷
گوگرد	ماکزیمم ۰/۱۵
فسفر	ماکزیمم ۰/۳
نیکل	۳/۵ - ۴/۵
کرم	۱/۵ - ۲/۵

کربن

همانطور که بعداً در قسمت ساختمان میکروسکوپی گفته خواهد شد، در یک قطعه ریختگی *Ni- Hard* معمولاً کل کربن محتوی چدن بصورت ترکیبی یعنی سمیتیت می باشد.

نسبت کاربید آهن (سمتیت) در ساختمان میکروسکوپی چدن نسبت مستقیمی از کل کربن موجود در آلیاژ است، مشروط بر آنکه از وجود گرافیت آزاد اجتناب شود. سمیتیت، سخت

ترین عضو ساختمان داخلی *Ni- Hard* بوده و از زمینه فلزی آلیاژ ضعیف تر و تردتر است. بنابراین برای کاربردهایی که بیشترین سختی را نیاز دارند و از دست دادن قسمتی از استحکام کششی نهائی و چقرمگی (*Toughness*) مهم نیست، کربن بالا حتی تا ۳/۸ درصد نیز، توصیه می شود. بر عکس در مورد قطعاتی که این مشخصات مکانیکی مهم هستند کربن در حد کمتری انتخاب می شود که این همراه با از دست دادن مقدار کمی از سختی فلز خواهد بود در موارد خاصی می توان ترکیباتی خارج از حدود ذکر شده انتخاب کرد ولی بایستی بخاطر داشت که کربن کمتر از ۲/۸ درصد باعث بوجود آمدن مشکلاتی در تهیه قطعات بی عیب (*Sound*) خواهد بود و کربن بالانیز خطر تشکیل گرافیت را بدنیا می آورد.

سیلیسیم

سیلیسیم در این نوع چدن معمولاً پایین در نظر گرفته می شود تا از تمایل تشکیل گرافیت آزاد در ساختمان داخلی آلیاژ جلوگیری شود. و در نتیجه کربن بصورت ترکیبی یعنی به شکل کاربید آهن یا قی بماند. همانطور که در ریخته گری انواع دیگر چدن‌ها متداول است در قطعاتی که ضخامت بیشتری دارند سیلیسیم کمتری لازم است و در موارد خاص، مثلاً در مورد قطعاتی که دارای قسمت های نازک هستند، می توان حتی سیلیسیم را تا حدود ۰/۷۵ درصد در نظر داشت، مشروط بر آنکه در قسمت های دیگر گرافیت آزاد تشکیل نشود.

منگنز

منگنز معمولاً در سطح نسبتاً پایینی نگاه داشته می شود زیرا در غیر این صورت فاز آستنیت بسیار پایداری تشکیل می گردد که بسختی می توان حتی با عملیات حرارتی طویل المدت آنرا به مارتنزیت یا بینیت تبدیل کرد. نتیجتاً سختی قطعه کمتر از سختی معمول خواهد شد. دلیل دیگر این است که این عنصر با گوگرد ترکیب شده و باعث حذف خاصیت پایدار کنندگی قوی گوگرد می شود. بلاخره خطر احتمالی گرافیته شدن باعث نا پایداری کاربید و نهایتاً سختی پائین قطعات تولیدی می گردد. این خطر در قطعات بزرگ از قبیل غلطکهای نورد جدی تر است.

گوگرد

گوگرد موجود در *Ni-Hard* بستگی به انتخاب نوع موادی دارد که در تهیه مذاب آن بکار می رود. برای بعضی کاربردها، مثلاً برخی غلطک های نورد، گوگرد بالائی مورد نیاز است تا کاربیدها پایدار گردند. بهر حال این نکته را بایستی بخاطر داشت که در تحت این شرایط قطعه نسبتاً ضعیف تر خواهد شد و در مواقعی که استحکام کششی و مقاومت در مقابل ضربه مهم هستند بایستی گوگرد آلیاژ پائین باشد.

فسفر

فسفر در بالا ردن استحکام زمینه فلزی موثر است. همانطور که در ریخته گری چدنهای دیگر متداول است، گاهی اوقات برای بهبود سیالیت و مذاب بی عیب شدن قطعه مقادیر کمی فسفر

به مذاب چدن اضافه می کنند. فسفر به میزان بالای ۰/۲۵ درصد باعث تردی قطعه، ریختگی

شده لذا بایستی تا حد امکان درصد فسفر در این آلیاژ را پایین نگاه داشت.

نیکل

نیکل در این آلیاژ باعث بالا بردن سختی و استحکام فلز می شود. این امر با اثر معمول آن در

قابلیت سختی پذیری آلیاژهای آهن- کربن ارتباط دارد، مقدار نیکل مورد نیاز برای رسیدن به

بیشترین سختی ممکن، به اندازه قطعه ریختگی بستگی دارد. در بررسی خواص یک قطعه *Ni-*

Hard بایستی به عملیات حرارتی که بعداً توضیح داده خواهد شد توجه خاصی معطوف

داشت.

کرم

کرم در این نوع چدن سه وظیفه را به عهده دارد.

اول: پایدار کردن کاربید و جلوگیری از تمایل به گرافیت شدن کربن. در این رابطه بایستی یاد

آوری کرد که نیکل عامل گرافیت زا بوده و در نتیجه در یک قطعه *Ni- Hard* به نیکل- کرم

در حد تعادل به نسبت ۳ به ۲ احتیاج است.

دوم: بالا بردن سختی کاربیدها، چون بیشترین مقدار کرم صرف تشکیل کاربید کرم می گردد

لذا این عنصر سختی این فاز را بالا می برد.

سوم: بعنوان یک ماده متوسط پایدار کننده آستنیت عمل می کند. بنابراین کرم در بوجود آوردن قطعات ریختگی با بالاترین سختی و مقاومت در مقابل سایش دارای اثر سه گانه فوق می باشد.

عناصر دیگر

عناصر دیگری چون مولیبدن و تنگستن نیز گاهی اوقات به ترکیب شیمیایی *Ni-Hard* اضافه می شود. تجارب عملی نشان داده اند که افزودن مولیبدن و تنگستن به *Ni-Hard* باعث بهبود چقرمگی و مقاومت در مقابل ضربه (تحت شرایطی چدن غلطکای نورد گرم) این خانواده از چدن ها می شود.

ساختمان میکروسکوپی (Microstructure)

بعلت وجود عناصر آلیاژی نیکل و کرم در *Ni-Hard* ساختمان میکروسکوپی آن با چدن سفید معمولی کاملاً متفاوت است. ساختمان چدن سفید معمولی از دندریت های آستنیتی که هنگام سرد شدن به پرلیت لایه ای نرمی تبدیل شده اند و در زمینه ای از کاربید یوتکتیک قرار دارند تشکیل می شود (شکل ۱۴). اضافه کردن نیکل که یک عامل گرافیت زا و کرم که یک پایدار کننده کاربید می باشد بطور متعادل باعث تغییر فازهای اولیه ویوتکتیک و نحوه تغییر فاز می شود. تقریباً تمام نیکل در فاز اولیه آستنیت قرار خواهد داشت و در صورتی که مقدار آن به اندازه کافی بالا باشد مانع از تبدیل آستنیت به پرلیت در موقع انجماد شده و مخلوطی از مارتنزیت و آستنیت باقیمانده بوجود خواهد آورد. از طرف دیگر کرم، که تقریباً تمام آن صرف

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

ایجاد فاز کاربید می شود. بجای آهن در شبکه کریستالی کاربید آهن قرار می گیرد و

بدینوسیله خواص کاربید را تغییر می دهد. نتیجه این خواهد شد که هم نیکل و کرم باعث بالا

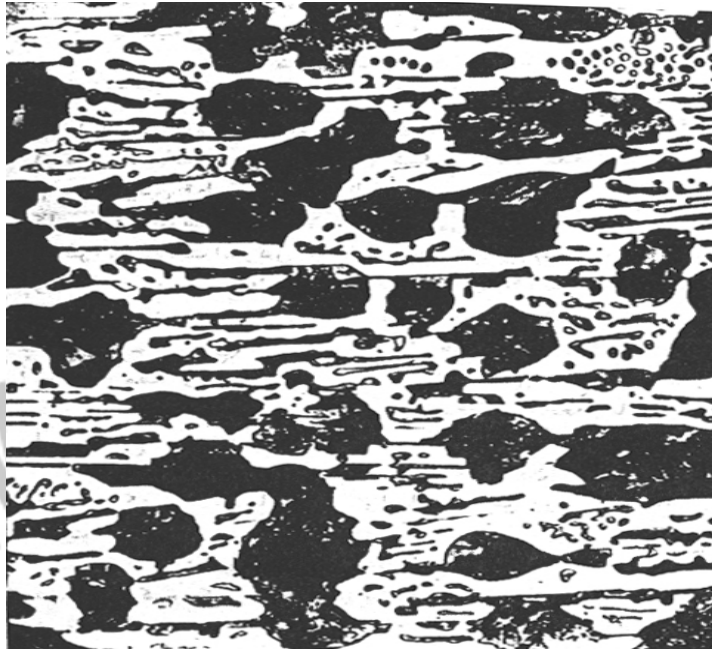
بردن قابل ملاحظه خواص فاز هایی که در آنها قرار می گیرند، می شوند. نیکل باعث بالا بردن

سختی دندریت های اولیه از DPN ۲۵۰ (پرلیت) به DPN ۶۰۰ (مارتنزیت- آستنیت) و کرم

باعث بالا بردن سختی کاربید از ۹۰۰-۱۰۰۰ به ۱۱۰۰-۱۲۰۰ DPN می شود.

شکل ۱۴- چدن سفید غیر آلیاژی، ساختمان شامل: دندریت های اولیه آستنیت که در جریان ادامه سرد

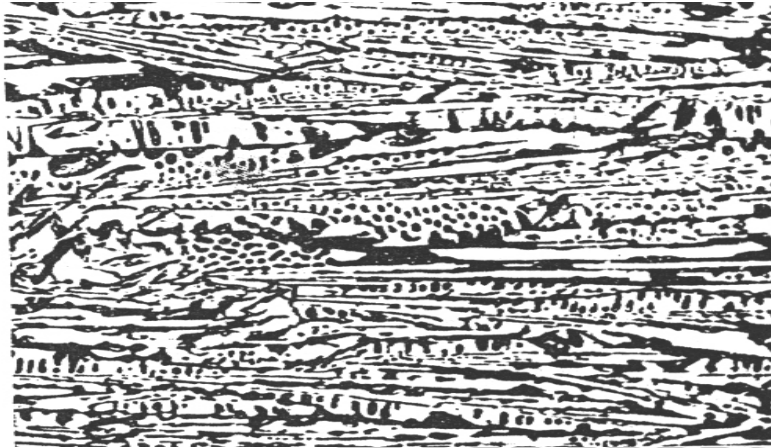
شدن قطعه به پرلیت تبدیل گردیده است، زمینه کاربید یوکتیکی. اچ محلول نیتال ۲٪ $\times 500$



شکل ۱۵- چدن سفید مارتنزیتی (*Ni-Hard*) ریختگی در ماسه، ساختمان شامل: مارتنزیت و آستنیت

باقیمانده در زمینهای از کاربید کرم

اچ محلول نیتال ۲٪ $\times 500$



شکل ۱۶- چدن سفید مارتنزیتی (*Ni-Hard*) ریختگی در قالب فلزی، تأثیرات افزایش سرعت انجماد در ریز شدن فازها مشخص می باشد.

اج محلول نیتال ۲٪ $\times 500$

ساختمان میکروسکوپس معمول یک قطعه از *Ni-Hard* که در ماسه ریخته شده در شکل ۱۵ نشان داده شده است. سریع سرد شدن قطعات موجب ظریف تر شدن ساختمان آلیاژ (شکل ۱۶) و در نتیجه بالا رفتن سختی ان خواهد شد.

برای بدست آوردن قطعات ریختگی با ساختمانی دلخواه، مهمترین عامل ایجاد تعادل ما بین عناصر آلیاژی می باشد. در صورتیکه مقدار نیکل خیلی زیاد باشد مقادیر زیادی آستنیت تشکیل خواهد شد (شکل ۱۷) و مواردیکه مقدار کرم خیلی بالا باشد سختی کاربید را بسیار بالا خواهد رفت و نتیجتاً قابلیت انعطاف قطعه کاهش می یابد.

کم کردن مقدار نیکل باعث بوجود آمدن پرلیت نرم خواهد شد که نه تنها سختی را پایین می آورد بلکه از قابلیت انعطاف و مقاومت در مقابل خستگی و ضربه (*Impact - Fatigue resistance*) نیز خواهد کاست. ساختمان میکروسکوپی قطعه ای با نیکل کم در شکل ۱۸ نشان

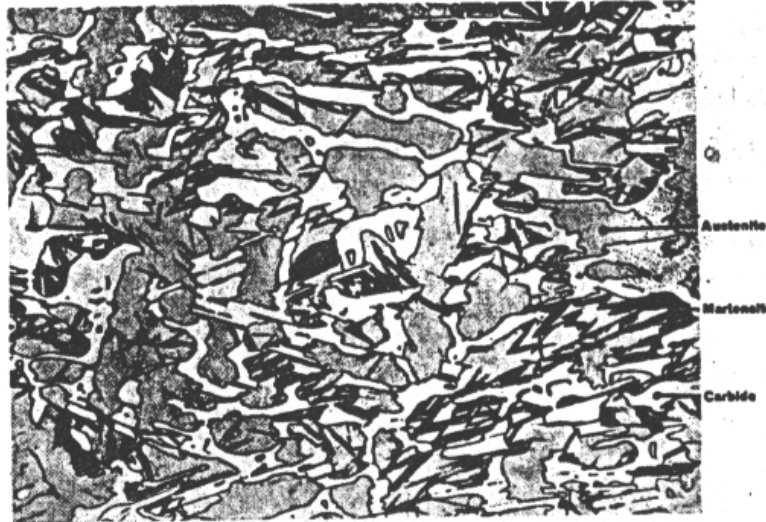
داده شده است. از طرف دیگر کمبود کرم باعث تقلیل سختی کاربید و پایین آمدن مقاومت در مقابل سایش و احتمالاً وجود گرافیت خواهد شد. سیلیسیم گرافیت کننده قوی است که ضمناً اثر زیادی روی کاربید و آستنیت دارد. اولاً بایستی با اضافه کردن کرم که پایدار کننده کاربید است اثر سیلیسیم را متعادل کرد تا از تشکیل گرافیت جلوگیری شود و ثانیاً سیلیسیم نبایستی کمتر از $0/3$ درصد باشد زیرا در غیر این صورت ساختمان بینیتی خشنی بوجود خواهد آمد.

ساختمان میکروسکوپی سطح قطعه ریختگی

موقعی که *Ni-Hard* در داخل قالبهایی با مبرد در تماس با سطح قطعه و یا قالب های فلزی ریخته می شود، ساختمان میکروسکوپس سطح شبیه قسمت های داخلی قطعه منتهای خیلی ظریف تر خواهد شد و نسبت اجزاء تشکیل دهنده سطح نیز به اندازه نسبت این اجزاء در قسمت های داخلی قطعه می باشد. در مورد قالبهای ماسه ای همیشه اینطور نیست. در بعضی قالبهای ماسه ای سطح قطعه به طور قابل ملاحظه ای دگرپوره خواهد شد. در صورت دگرپوره شدن سطح، فرسایش اولیه بالا خواهد بود و سیلان زیاد سطح باعث شکسته شدن شبکه کاربید و نتیجتاً از هم پاشیدن سطح می گردد. برای اجتناب یا حداقل نمودن چنین حالتی در سطوح باید پودر زغال محتوی ماسه را تا حدود ۵ درصد یا مقدار مشابهی قیر طبیعی (*Pitch*) بالا برد. قالبهای پوسته ای و انواعی که از چسب های سیلیکاتی استفاده می گردد باعث بوجود

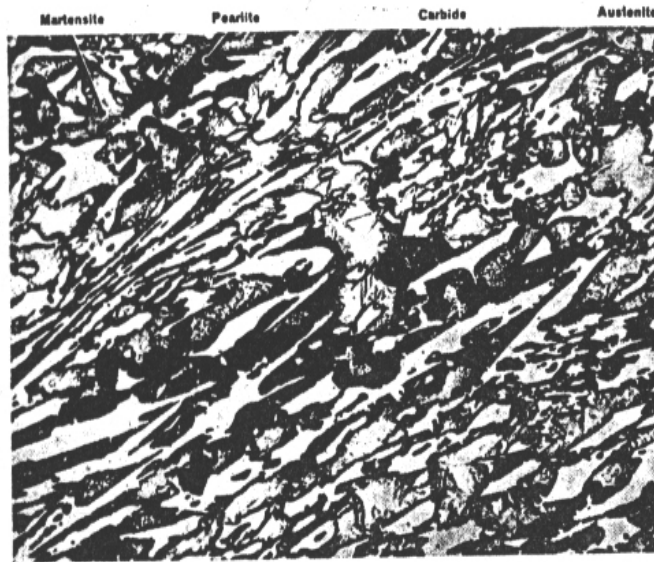
آمدن سطوح دکربوره می شوند ولی ضخامت لایه دکربوره شده در این روشها نازکتر است و

می توان در بیشتر موارد از آن صرفنظر کرد.



شکل ۱۷- چدن سفید مارتنزیتی با عنصر آلیاژی زیاد، بدلیل بیشاز حد بودن مقدار نیکل مقدار آستنیت باقیمانده بیشتر از حد معمول می باشد.

اج محلول نیتال ۰.۲٪ × ۵۰۰



شکل ۱۸- چدن سفید مارتنزیتی با عنصر آلیاژی نا کاف، بدلیل عدم کافی بودن مقدار نیکل قسمتی از آستنیت بجای مارتنزیت به پرلیت تی=بدیل گردیده است.

اج محلول نیتال ۰.۲٪ × ۵۰۰

مجدداً تأکید می شود که ساختمان میکروسکوپی سطح مهمترین عامل تعیین کننده عمر قطعه ریختگی است. نواقصی چون لایه های سطحی دکرپوره شده، مکهای (*Blow Holes*) زیر سطح، مقادیر جزئی گرافیت آزاد در ساختمان داخلی نقش مهمی در بوجود آمدن ترکهای سطحی که به شکست زودرس قطعه منجر خواهند شد، دارند.

نیکل - سخت (چدن سفید مارتنزیتی) را می توان در انواع کوره های کوپل، بوتله ای، برقی یا شعله ای ذوب کرد. برای ذوب آن می توان روش دو پلکس (*Duplexing*) را نیز بکار برد. در این روش ابتدا مذابی که محتوای مقادیر زیادی عناصر آلیاژی است تهیه شده، سپس آنرا با مذاب مناسب غیر آلیاژی مخلوط می کنند تا ترکیب مورد نظر بدست آید. بطور کلی، تولید این آلیاژ در کارگاهی که تجهیزات کافی داشته باشد و نظارت دقیق در آن بعمل آید کار مشکلی نخواهد بود.

ذوب در کوره کوپل :

قراضه و موادی که برای تهیه چدن نیکل - سخت در کوره کوپل بکار می روند باید کاملاً از قراضه ها و موادی که برای ساخت آلیاژهای دیگر در این کوره استفاده می شوند مجزا باشد. این کار را می توان به یکی از روش های زیر انجام داد :

۱- در یک کوره کوپل با ظرفیت مناسب بطور همیشگی فقط چدن نیکل - سخت را ذوب کرد.

۲- پس از آنکه چدن نیکل سخت در کوره کوپل ذوب و مقادیر لازم مذاب از کوره گرفته شد ، باید کوره را کاملاً از مذاب تخلیه کرده و پس از تنظیم مجدد کک بستر از کوره برای ذوب چدنهای دیگر استفاده کرد .

۳- بعد از ذوب چدنهای دیگر و تخلیه کامل آنها ، بستر کک را در کوره بوجود آورده و بعد شروع به شارژ نیکل - سخت کرد . (تجربه نشان داده است که موقعی که از روشهای ۲ یا ۳ استفاده می شود ، امکان رقیق شدن این چدن توسط چدنهایی که قبلاً در کوره ذوب شده اند وجود دارد که برای پرهیز کردن از این مشکل لازم است بارهای قبلی باقیمانده در کوره کاملاً تخلیه شده و از کک بستر جدیدی برای ذوب استفاده شود .)

بهر حال هر روشی که بکار برده می شود ، مذاب بدست آمده باید گرم و سیال باشد . برای اینکار ضروری است به موارد زیر توجه شود :

جداره کوره کوپل باید بطور سرتاسری تعمیر و دقت شود که کف کوره بطور ناودان خروجی مذاب شیب دار باشد . بعلاوه سوراخ خروجی مذاب بسته باشد . اولین لایه ای از کک که در کوره کوپل قرار داده می شود باید در مرحله اول مشتعل شده و پس از آن ستونی از کک به ارتفاع حداقل ۳۶ اینچ (۹۰ سانتی متر) از کک بستر در نظر گرفته شود . مشتعل کردن کک بستر بدون احتیاج به دمش هوات در کوره انجام شده و آنقدر باید صبر کرد تا سرتاسر ستون کک بستر کاملاً مشتعل شود . بعد چند دقیقه هوا را با فشار کم (۶-۴ اونس / اینچ مربع)

بداخل کوره دمیده تا کک و دیوار کوره در اثر حرارت حاصل از اشتعال کک قرمز متمایل به سفید شود .

برای اطمینان از فشرده بودن ستون کک آنرا سیخ زده و بدینوسیله نیز ارتفاع آن مجدداً اندازه گرفته می شود . معمولاً برای تأمین نقصان ارتفاع ستون کک یک لایه تازه کک با ارتفاع ۶ اینچ یا بیشتر به کوره اضافه می کنند . اینکار باید بسرعت و قبل از بار کردن کوره انجام شود . موقعیکه کوره کاملاً پرشد می توان دمش را آغاز کرد . البته می توان قبل از آغاز دمش بمدت یک ساعت صبر کرد تا بار کوره پیش گرم شود و بعد دمش را آغاز کرد .

برای یکنواخت بودن ترکیب شیمیائی مذاب حاصل باید موارد زیر رعایت شوند :

الف - محموله های شارژ باید نسبتاً کوچک انتخاب شوند .

ب - محموله های شارژ باید بدقت توزیع شوند .

پ - بمنظور اطمینان از توزیع یکنواخت مواد باید عمل شارژ کردن را با دقت بسیار انجام داد .

ت - اجزاء تشکیل دهنده شارژ باید به ترتیب زیر شارژ شوند . قراضه های فولاد ، قراضه

نیکل سخت (ترکیب شیمیائی معلوم) و نهایتاً چدن معمولی .

ج - عناصر آلیاژی را باید در مرکز کوره و بعد از هر محموله ریخت ، باستثنای مورد آخرین

شارژ که باید عناصر آلیاژی را قبل از ریختن محموله بداخل کوره ریخت . هر چند موقعی که

چندین شارژ برای بوجود آوردن یک پاتیل مذاب نیکل سخت لازم است آلیاژها را می توان در

داخل یا اطراف شارژ قرار داد .

چ - هر تخلیه کامل کوره یا مقدار مورد نیاز برای یک پاتیل باید از نظر وزنی حداقل مساوی
۵ محموله شارژ باشد .

ح - ایده آل ترین حالت ذوب ، سریع و لاینقطع است و کوره باید حداقل ۱۰ پوند (۴/۵۳ کیلوگرم) مذاب در ساعت بازای هر یک اینچ مربع (۶/۴۵ سانتی متر مربع) از منطقه ذوب تحویل دهد .

ذوب در کوره های برقی :

انواع کوره های برقی می توان برای ذوب نیکل - سخت بکار برد . جداره کوره می تواند اسیدی ، خنثی یا بازی باشد . در کوره های برقی مخصوصاً باید جداره های خنثی و بازی می توان از مقادیر مشابهی قراضه های فولادی بعنوان ماده اصلی همراه با نوع مناسبی ماده کربن برای بالا بردن کربن استفاده کرد . در این مورد بقایای الکتروودها یا قراضه گرافیتی با دانه بندی به اندازه یک نخود یا کوچکتر مناسبترین ماده کربن ده بوده و بازده کربن معمولاً بالاتر از ۸۰٪ است . در کوره های قوسی باید دقت شود که قراضه های شارژ شده عادی از ماسه باشند . در غیر این صورت یک لایه ضخیم سرباره سطح مذاب را می پوشاند و مانع از ارتباط قوسها و مذاب می شود و بدین ترتیب عمل ذوب به تعویق می افتد و حرارت زیادی به جداره کوره منعکس می شود . در چنین شرائطی مواد نسوز جداره خمیری شده و مقادیر زیادی سرباره تشکیل می شود که ممکن است باعث تخریب شدید جداره نسوز شود .

ذوب در کوره های بوتِه ای (Crucible Furnaces):

این کوره ها را باید با دقت ویژه ای شارژ کرد. در صورتی که قطعات در داخل بوتِه تراکم زیادی داشته باشند احتمال دارد که موقع گرم شدن باعث ترکیدن بوتِه بشوند. اکسیداسیون در کوره های بوتِه ای ناچیز بوده و مشابه کوره های برقی است. موقعی که ذوب در کوره های برقی یا کوره های بوتِه ای انجام می شود، نیکل را می توان براحتی در هر نوع خاص فروآلیاژی آن اضافه کرد.

ذوب در کوره های شعله ای (Air Furnaces):

این کوره ها در تولید غلطک های نورد و دیگر قطعات سنگین به جنس نیکل سخت بسیار متداول هستند. این کوره ها می توانند ثابت یا دوار باشند و بوسیله انواع سوخته های جامد، پودری شکل، مایع یا گازی گرم دارند. معمولاً می توان گفت اکسیداسیون سیلیسیم، منگنز، به همان مقداری که در کوره کوپل صورت می گیرد کوره های شعله ای نیز انجام می شود. همچنین نقصان این در اینجا قابل ملاحظه است. البته سوختن عناصر مقدار زیادی به نوع کوره و تکنیک مورد استفاده بستگی دارد. بر طبق تجارب عملی در هر واحد، باید کنترل برای سوختن عناصر آلیاژی صورت گیرد. روش تصویه شده ذوب به ترتیب زیر است:

ذوب چدن خاکستر، قراضه و اضافه کردن آلیاژها به حمام مذاب. باید همواره دقت شود که آلیاژها در سرباره قرار نگیرند.

ذوب به روش دوپلکس (Duplexing):

همانطور که قبلاً اشاره شد در صورت امکان می توان این روش هم برای تهیه مذاب چدن نیکل - سخت استفاده کرد .

مثلاً مذاب کوره کوپل را می توان در یک کوره الکتریکی یا کوره دیگری آلیاژ کرد و به درجه حرارت ریختن مناسب رسانید، یا اینکه یک بار غنی از کرم و نیکل را در یک کوره برقی یا کوره بوته ای با ظرفیت نسبتاً پائین ذوب کرد و با مقدار معلومی چدن کم سیلیسیم که از کوره کوپل یا کوره شعله ای بدست می آمده مخلوط نمود تا آلیاژ مناسب بدست آید .

قراضه های نیکل - سخت :

در هر روشی که برای ذوب کردن چدن نیکل - سخت بکار می رود، ارزش برگشتیها، راهگاهها تغذیه ها و غیره چدن نیکل - سخت را نباید نادیده گرفت . تمام مواد فوق باید از یکدیگر تفکیک شده و برای ذوب مجدد نگهداری شوند .

ریخته گری چدن نیکل - سخت

این آلیاژ را می توان در قالبهای ماسه ای تر ، ماسه ای خشک یا قالبهای تبریدی (*Chill* *Molds*) و مطابق روشهای متداول ریخته گری چدن سفید ریخت . هیچگونه خواص غیر معمولی برای ماسه قالبگیری الزامی نیست غیر از اینکه ماسه مصرفی باید تا حد امکان قابلیت نفوذ داشته دیرگداز باشد و حدود ۵ تا ۶ درصد گرد زغال یا مقادیر مشابهی مواد کربن دار

بهمراه داشته باشد برای بدست آوردن سطوح صاف و حداقل کردن مراحل تمیزکاری باید

بیشترین کوشش را بعمل آورد.

انقباض:

حد انقباض $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلی متر) در فوت (در هر ۳۰ سانتی متر) در قالبگیری ماسه ای و

مبرددار کافی است . برای بعضی کارهای ماهیچه دار $\frac{3}{16}$ اینچ (۵ میلی متر) در فوت نیز کافی

خواهد بود .

ماهیچه سازی:

در اینجا انواع معمول ماهیچه به کار برده می شوند . بخاطر انقباض زیاد چدن

نیکل - سخت در مقایسه با چدن خاکستری ، باید دقت کرد که ماهیچه های بزرگ و متوسط

به راحتی خرد شوند (*Ready Collapse*).

کاربرد مبرد:

استفاده از مبردهای تکی یا موضعی ، معمول است . ضخامت مبردها باید حداقل با ضخامت

قطعه ای که برای آن بکار می رود برابر باشد . مبردها را معمولا از چدن خاکستری ، فولاد یا

مس می سازند ، گاهی هم از تکه های گرافیت استفاده می شود . برای جلوگیری از جوشش

مذاب در تماس با مبرد و بمنظور بدست آوردن سطوح صاف و تمیز ، پوششهای مناسب روی

مبردها بکار برده می شود . این پوششها نباید عایق حرارتی بوده و قابلیت تبریدی آن را کاهش

دهند. مبردهای پوشش داده شده ترجیحاً باید قبل از استفاده تا ۱۲۰ درجه سانتی گراد گرم

شوند. در این زمینه پوشش های زیر توصیه می شوند:

الف- مخلوط خمیر مانند گرافیت در روغن بزرگ (*Linseed Oil*).

ب- مخلوط ترپانتین (*Turpentine*) و روغن بزرگ در مقادیر مساوی.

پ- رنگ سیلیکا، با یا بدون گرفت یا دوده.

ت- مخلوط غلیظ پودر اکسید آهن و سوخت نفتی.

ث- مخلوط غلیظ اکسید آهن پودر شده با الکل.

ج- بعضی پوششهای آماده جهت این منظور.

هر چند بعضی مبردهای موضعی و چند تکه از نظر تولید قابلیت انعطاف بیشتری دارند و از

خواص تقریباً با مبردیکه تکه فرقی ندارند، ولی استفاده از مبرد یک تکه ترجیح داده می شود.

این ترجیح بخاطر آن است که در مبردهای چند تکه، نواحی بین مبردها که در تماس با ماسه

است دیرتر از نواحی مبرددار سرد شده و لذا در موقع انجماد، تحت تنش کششی شدیدی قرار

می گیرند که ممکن است باعث ترک خوردن قطعه شود. برای حداقل کردن خطر ترک،

مبردهای موضعی گرد یا بیضی شکل ارجحیت بیشتری دارند و باید در فواصل $1\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ اینچ

(۱۹×۳۸ میلی متر) از یکدیگر قرار بگیرند تا از تمرکز تنش در نواحی بین مبردها جلوگیری

شود.

جلوگیری از پیچیدگی قطعات مبرددار :

قطعات مبرددار در موقع انجماد و سرد شدن مذاب در داخل قالب پیچیدگی پیدا خواهد کرد .
برای جلوگیری از این مسئله هنگام ساخت مدل باید تدابیر لازم در نظر گرفته شوند . در صفحات صاف که سطح زیرین آنها با مبرد در تماس است ، اگر درصد ضد پیچیدن در مدل آنها در نظر گرفته نشده باشد سطح فوقانی قطعه به اندازه $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلی متر) در سه فوت (۰/۹ متر) یعنی یک واحد عمودی در مقابل ۱۴۴ واحد افقی مقعر خواهد شد .
شدت پیچیدگی به شیبهای حرارتی موجود در قالب درجه حرارت و سرعت ریختن و ضخامت قطعه و مبرد بستگی دارد. بنابراین مقدار درصد ضد پیچیدن را باید به تجربه برای هر قطعه پیدا کرد . پیرامون این مسئله در قسمتی که به بحث درباره تولید زره های آسیابها اختصاص داده شده است بیشتر خواهیم پرداخت.

قرار دادن قسمتهای قابل تراش در قطعات ، قبل از ریختن :

تراش چدن نیکل - سخت بطور تجارتي مقرون به صرفه نیست . ولی در قطعات سنگین که طرح مناسبی داشته باشند می توان قسمتهائی از جنس چدن خاکستری و قابل تراش را در قطعه بوجود آورد . در مواردیکه نتوان چنین قسمتهای قابل تراوشی را در قطعه بوجود آورد ، می توان با قرار دادن قطعاتی از چدن خاکستری یا فولاد در داخل قالب آنها قبل از ریختن مذاب این مسئله را حل کرد . برای جلوگیری از ترک خوردن قطعه ریختگی در این حالت

باید دقت شود تا ضخامت مذابی که بدور قطعات قابل تراوش در قالب ریخته می شود

ترجیحاً دو برابر ضخامت قابل تراوش باشد .

سطوح خارجی قطعات قابل تراوش که بدین ترتیب در داخل قالب جا سازی می شوند باید

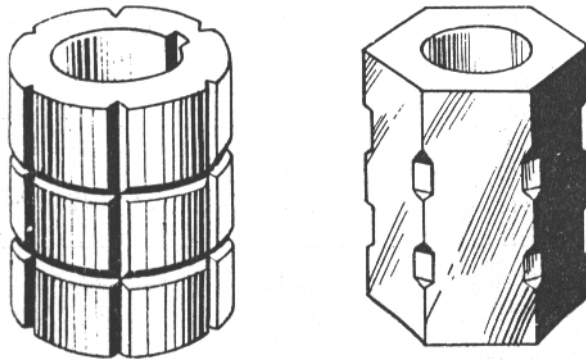
شیار دار یا پیچی شکل باشد (مطابق شکل ۱۹) تا بخوبی در داخل قطعه قرار بگیرد . قبل از

قرار دادن این قطعات در داخل قالب باید زنگ یا کثافات دیگر را از روی آنها تمیز کرد که

برای اینکار می توان آنها را با نفت آغشته کرد . برای جلوگیری از جذب رطوبت بعد از بستن

قالب این قطعات را تا ۱۲۰ درجه سانتی گراد پیشگرم کرده و درست قبل از ریختن مذاب

بداخل قالب آنها را در داخل قالب جا سازی می کنند .



شکل ۱۹- قطعات قابل تراوش برای جا دادن در داخل قالب

در مواردی که امکانپذیر باشد قطعات قابل تراوش را باید در مجاورت راهگاه و با زاویه کم

نسبت به حرکت مذاب قرار داد تا هم اتصال بین قطعه و مذاب بهتر صورت گیرد و هم

بخورد مذاب ،قطعه قابل تراوش را ذوب نکند .

تولید پروانه های پم ها بهترین مثال برای نشان دادن استفاده از قطعات قابل تراوش در تولید

قطعات از چدن نیکل - سخت است . در این حالت استفاده از قطعات قابل تراش مشابه شکل

۱ بسیار متداول است . در صورتی که قطعه در قسمتهای نزدیک به برش داخلی ترک بخورد

باید ترک را به طریق زیر از بین برد :

الف- راهگاه را نزدیک بوش قابل تراوش قرار دهد .

ب- اطمینان حاصل کنید که ضخامت بوش تا حد ممکن کم باشد ، مثلاً $\frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ (۱۰ تا

۱۳ میلی متر) برای ضخامتی از مذاب در حدود $1\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ تا ۳۸ میلی متر)

یک روش دیگر که غالباً برای آسان کردن تراشکاری قسمتهای داخلی قطعات استفاده می شود

از آلیاژهایی با نقطه ذوب پائین مثل بابیت است . در این موارد سوراخ داخل را اندکی بزرگتر

گرفته و روی آن شیارهایی در نظر گرفته می شود تا لایه نازک با بیت که بعداً بوسیله یک

قالب فلزی مناسب (شیبدار و صاف با قطر داخلی کمتر از سوراخ اصلی) بوجود خواهد آمد

به خوبی به قطعه متصل شود .

ریختن مذاب و تغذیه قطعه ریختگی

طراحی قطعه ریختگی و ترتیب قرار گرفتن راهگاهها مبردها و عایقها باید به ترتیبی باشند که

انجماد مذاب از قسمتهای دیگر بطرف تغذیه ها باشد . در مواقعی که امکانات اجازه میدهد

باید از راهگاه به عنوان تغذیه استفاده کرد تا از وجود داغترین فلز در موقع پرشدن قالب در

تغذیه اطمینان حاصل شود .

تغذیه های روباز باید به اندازه کافی بلند باشند تا فشار لازم را برروی قطعه در حال انجماد

اعمال کنند . در مواقعی که لازم باشد از مواد حرارت زا در تغذیه ها استفاده می شود تغذیه

های کناری (*Shrink bobs* یا *off-feeders*) خیلی موثرند و حتی می توان از تغذیه های

آتمسفری (*Atmospheric feeders*) نیز استفاده کرد. راهگاهها و تغذیه ها باید دارای کلوئی

نازک باشند تا جدا شدن آنها از قطعه ریختگی به سهولت انجام گرفته و در نتیجه راندمان یک

ماهیچه نازک بین قطعه و تغذیه مطابق شکل (۲) می باشد. توصیه می شود که از تغذیه های

میله ای (*Rod or Puddle*) استفاده نشود.

چون مذاب چدن نیکل - سخت نسبت به چدن خاکستری از سیالیت کمتری برخوردار است

و در درجه حرارت بالاتری شروع به انجماد میکند بنابراین باید نسبتاً داغ ریخته شود (بالاتر از

۱۳۵۰ درجه سانتیگراد) و لازم است قل از ریختن مذاب درجه حرارت آنرا با وسایل مناسب

حرارت سنجی اندازه گیری کرد. راهگاهها و تغذیه ها باید قطور و کافی باشند و کلیه پاتیلها

باید پیشگرم بشوند و حتی الامکان از نقل و انتقالات مذاب از یک پاتیل به پاتیل دیگر اجتناب

شود.

عملیات تمیز کاری (Fettling):

چون ماشینکاری چدن نیکل - سخت از نظر تجارتي مقرون به صرفه نیست لذا عملیات تمیز

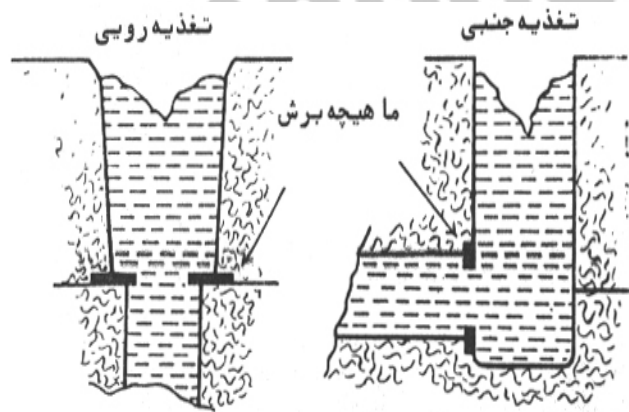
کاری نهائی باید با سنگ زدن انجام پذیرد بمنظور سنگ زنی بهتر و موثرتر نیکل - سخت ،

انواع مخصوصی سنگ ساخته شده اند که در قسمتی که به ماشینکاری اختصاص داده شده

است به آنها اشاره خواهد شد.

راهگاهها و تغذیه ها را می توان با چکش از قطعه جدا کرد . برای جدا کردن راهگاهها و تغذیه ها نباید از مشعل استفاده شود زیرا ممکن است در اثر حرارت مشعل قطعه ترک بخورد موقعیکه در تمیز کردن قطعات از سنگ کفگرد استفاده می شود باید از وارد آوردن فشار زیاد به سنگ خودداری شود و زیرا گرم شدن موضعی می تواند باعث ایجاد ترکهای موضعی در

سطح قطعه شود .



شکل ۲۰- استفاده از یک ماهیچه نازک برای سهولت جدایش راهگاهها و تغذیه

کنترل:

یک روش ساده و عملی تعیین کیفیت و یکنواختی ساختمانی چدن در نیکل سخت ریختن یک نمونه آزمایشی به ضخامت تقریباً «مساوی با ضخامت قطعه» ریختگی می باشد نمونه آزمایشی فوق را می توان با ضربه شکست و سطح مقطع شکست را بررسی کرد . سختی این نمونه آزمایشی را می توان تقریباً با سختی قطعه ریختگی معادل دانست . بایددقت شود که نمونه آزمایشی در همان شرائطی که قطعه ریختگی از نظر ماسه و مبرد قرار دارد ریخته شود تا نحوه سرشدن آنها تقریباً مشابه باشد نمونه آزمایشی فوق را میتوان روی قطعه با

قرار دادن یک اتصال باریک بمنظور سهولت جدا شدن آن از قطعه در مرحله قالبگیری بوجود آورد.

تعیین سختی:

سطح نمونه آزمایش یا قطعه ریخته شده را باید با سنگ صاف و تخت کرد چون ساچمه های استاندارد که برای اندازه گیری سختی بکار می روند از سختی کافی برخوردار نیستند. لذا هنگامی که برای اندازه گیری سختی چدن نیکل - سخت بکار برده می شوند در اثر فشار تغییر شکل می دهند. بنابراین برای اندازه گیری سختی برینل چدن نیکل - سخت از ساچمه های به جنس کاربید تنگستن استفاده می شود.

هرم یا مخروط الماسی ویکرز وراکول در اثر فشار زیاد تغییر شکل نمی دهند ولی چون عمق اثری که آنها بر جا میگذارند کوچک است لذا ممکن است ناحیه آزمایش شده به علت کوچک بودن سطح و عمق، سختی واقعی قطعه را نشان ندهد. بنابراین موقعی که برای تعیین سختی، چنین روشهایی بکار می رود باید متوسط سختی چند نقطه روی سطح نمونه را بعنوان سختی نمونه در نظر گرفت.

روش اسکروسکوپ (*Scleroscope*) در قطعات بزرگ مثل غلطکها روش با ارزشی است هر چند که در این جا هم باید متوسط سختی چند نقطه روی نمونه را بکار برد. در جدول ۴ تبدیل تقریبی واحدهای سختی به یکدیگر برای چدنهای سخت نشان داده شده است.

اندازه گیری دقیق و مداوم سختی قطعات ریختگی بعنوان یک وسیله کنترل مرغوبیت بسیار مفید است . لکن به تنهایی کافی نیست ظاهراً مقادیر سختی رضایت بخشی که در حدود ۵۵۰ تا ۶۰۰ برینل می باشد در مواردیکه حتی مقادیر ضرربخشی گرافیت (بعلت بالا بودن کربن یا سیلیسیم یا کم بودن کرم) یا یک زمینه پرلیتی (بعلت کافی نبودن نیکل) بوجود آمده بدست آمده است . بنابراین برای بدست آوردن مرغوب ترین نوع چدن نیکل - سخت کنترل‌های دیگری از قبیل آنالیز شیمیائی و مطالعه ساختمان میکروسکوپی از اهمیت خاصی برخوردارند . آزمایش تجربی مغناطیس برای تعیین مقدار نیکل موجود در چدن در کلیه چدن‌ها هنگام انجماد در قالب ابتدا آستنیت (وکاربید یا گرافیت) تشکیل می شود و در این حالت چدن‌ها غیر مغناطیسی هستند .

جدول ۴- تبدیلات تقریبی سختی

۶۷-۷۰	۷۰-۷۳	۷۵-۷۸	۷۹-۸۲	۸۴-۸۷	۹۰-۹۳	سختی توراسکلروسکوپ
۵۰-۵۲	۵۳-۵۵	۵۶-۵۸	۵۹-۶۱	۶۱-۶۳	۶۴-۶۶	راکول C
۵۱۰-۵۴۰	۵۷۰-۶۱۰	۶۳۰-۶۶۰	۶۹۰-۷۲۰	۷۴۰-۷۷۰	۸۳۰-۸۶۰	سختی هرم دیاموند
۵۰۰	۵۵۰	۶۰۰	۶۵۰	۷۰۰	۷۵۰	سختی برینل با استفاده از کلوله کاربید تنگستن

آستنیت در چدن‌های معمولی (بدون آلیاژ) در حدود ۷۰۰ درجه سانتیگراد به فازهای مغناطیسی (فریت یا پرلیت) تبدیل می شود .

در حالیکه چدن نیکل - سخت کاملاً آلیاژ شده تا حدود ۲۵۰-۲۰۰ درجه سانتی گراد آستینیتی و غیر مغناطیس باقی خواهد ماند و. فاز کاربید نیز در حدود ۲۱۰ درجه سانتیگراد مغناطیس می شود اگر نیکل سخت بطرز صحیحی آلیاژ شده باشد فقط در این حدود درجه حرارت قوه مغناطیسی شدیدی از خود نشان می دهد که ناشی از تبدیل بیشتر آستینیت به مارتنزیت همزمان با سرد شدن قطعه می باشد .

بنابراین بدیهی است که قطعاتی که بطرز صحیحی آلیاژ شده باشند در درجه حرارتهای بالای ۲۵۰ درجه سانتیگراد غیر مغناطیسی باشند واکنش مغناطیسی قابل ملاحظه در درجه حرارتهای بالاتر از ۲۵۰ درجه سانتیگراد نشان دهنده کم بودن مقدار نیکل برای بوجود آوردن ساختمان کاملاً مارتنزیتی می باشد و باید اقداماتی برای رفع این عیب صورت گیرد .

موقعیکه مقدار نیکل بیش از حد بالا باشد قطعه ریخته شده حتی بعد از خنک شدن تا درجه حرارت محیط تنها تا حدودی خاصیت مغناطیسی پیدا خواهد کرد . (بعلت وجود کاربید آهن مغناطیسی) در این حالت چون مقادیر زیادی آستینیت در قطعه باقی مانده سختی آن نیز از ۵۵۰ برینل کمتر خواهد بود.

بهترین راه اندازه گیری خاصیت مغناطیسی یک قطعه کرم عبارتست از آویزان کردن یک مغناطیس کوچک ولی قوی بوسیله یک نخ یا سیم ظریف در یک سانتی متری سطح قطعه درجه حرارت قطعه کرم را باید توسط پیرومترهای متصل شونده (مثلاً تمپل ستیک *Templistic*) اندازه گرفت .

آنالیز شیمیایی:

روش نمونه گیری مناسب برای آنالیز شیمیایی از راه های معمول می تواند ریختن آرام مقدار کمی فلز مذاب روی سطح ورقه فولادی یا چدنی یا بداخل آب باشد ذرات صاف و کوچک تولید شده عاری از ماسه بوده و برای پودر کردن در یک هاون فولادی سخت شده مناسب می باشند.

روش دیگر استفاده از یک ماشین نمونه گیر چرخان، بر طبق مقاله *B.C.I.R.A* جلد هفتم شماره ۱۱ آوریل ۱۹۵۹ صفحات ۶۴۴-۶۳۰ می باشد در این روش چدن مذاب روی یک صفحه مسی آب گرم داده شده که با سرعت بسیار زیادی می چرخد ریخته شده و به ذرات کوچکی تبدیل می شود. یک روش ساده نمونه گیری استفاده از لوله پیرکس به قطر داخلی ۳-۴ میلی متر است که به یک تلمبه لاستیکی متصل می باشد.



شکل ۲۱- دستگاه نمونه گیری از مذاب نیکل سخت

با مکیدن مذاب بوسیله تلمبه پلاستیکی بداخل لوله پیرکس میتوان نمونه‌مذادی شکلی از مذاب بدست آورد که بعد از خرد کردن شیشه پیرکس می توان نمونه مذادی شکل را در یک هاون فولاد ریخت و خرد کرد (شکل ۲۱) از متدهای نیزه ای شکل از جنس کاربید تنگستن نیز می توان با تحمل مقداری مشکل جهت نمونه گیری استفاده کرد . یک روش دیگر برای تعیین مقدار نیکل ، کرم ، منگنز ، سیلیسیم (و مولیبدن در مواقع ضروری) استفاده از روش اسپکتروگرافیک است که در آن از یک سطح صاف نمونه برای جرقه زدن روی آن استفاده می شود .

مطالعات میکروسکوپی:

نمونه آزمایشی شکسته شده براحتی می تواند جهت مطالعه میکروسکوپی بکار برده شود سطح نمونه را باید بهمان طریق معمول یعنی سنباده زدن روی کاغذهای سنباده متوالی و نرم شونده آماده کرد . استفاده از سطوح شکسته شده برای مطالعات میکروسکوپی در مقایسه با استفاده از سطوح خارجی ارجحیت بیشتری دارد . که در بخش بعدی این مقاله به مسائل زیر پرداخته می شود :

عملیات حرارتی ، جوشکاری ، مراحل نهائی (*Finishing*) ، تولید زره های آسیاب ، تولید

گلوله های آسیاب ، تولید *Roll-Heads* .

چدن سفید مارتنزیتی ۳ (Ni-Hard) عملیات حرارتی:

عملیات حرارتی Ni-Hard:

Ni-Hard را می توان به روشهای مختلفی عملیات حرارتی نمود و. این روشها را می توان به دو گروه تقسیم کرد:

(۱) نگهداری قطعه در ۲۷۵ درجه سانتیگراد زمان نگهداری در این درجه حرارت بایستی آنقدر باشد که قسمت اعظم آستنیت باقیمانده به بینیت تبدیل شود ضمناً نگهداری در این درجه حرارت باعث می شود که مارتنزیت بدست آمده در مرحله ریخته گری نیز تمپر شود.

(۲) نگهداری قطعه به مدت کوتاهی (بین ۲ تا ۶ ساعت) در ۴۵۰ درجه سانتیگراد در اثر این عملیات تغییراتی در آستنیت باقیمانده اتفاق می افتد بطوریکه هنگام سرد کردن قطعه به مارتنزیت تبدیل می شود این تغییرات عبارت است از جدا شدن کاربید از محلول فوق اشباع آستنیت باقیمانده و در نتیجه پایین آمدن کربن محلول در آستنیت باقیمانده برای تمپر کردن مارتنزیت و تبدیل آستنیت باقیمانده (در صورت وجود) به بینیت، بایستی قطعه را مجدداً طبق روش ۱ در ۲۷۵ درجه سانتیگراد عملیات حرارتی نمود.

۳) روشهای عملیات حرارتی فوق را از این به بعد به ترتیب عملیات حرارتی یک و دو

مرحله ای می نامیم زمان نگهداری در درجه حرارتهای فوق بستگی به ترکیب شیمیایی

چدن دارد در زیر حدود زمانهای عملیات حرارتی که بیشتر متداول هستند آمده است :

عملیات حرارتی یک مرحله ای : ۴ تا ۱۶ ساعت در ۲۷۵ درجه سانتیگراد و سرد کردن در

هوا

عملیات حرارتی دو مرحله ای : ۴ ساعت در ۴۵۰ درجه سانتیگراد ، سرد کردن هوا ، در هوا

با در کوره تا درجه حرارت محیط یا تا ۲۷۵ درجه سانتی گراد و سرد کردن در هوا

ساختمان میکروسکوپی *Ni-Hard* در شکلهای ۲۲ (عملیتهای حرارتی یک مرحله ای) و

۲۳ (عملیات حرارتی دو مرحله ای) نشان داده شده است

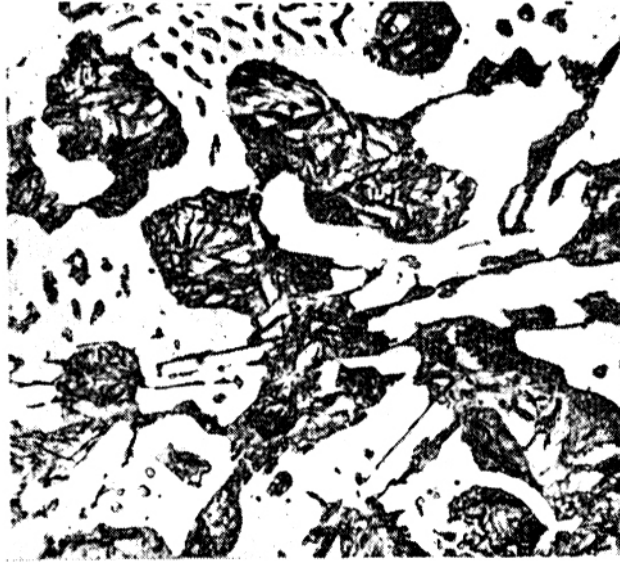
نتایج حاصل از عملیات حرارتی بشرح زیر است :

۱- مقاومت چدن درمقابل ضربات مکرر (خستگی در اثر ضربه) ، مثلاً در کاربردهایی

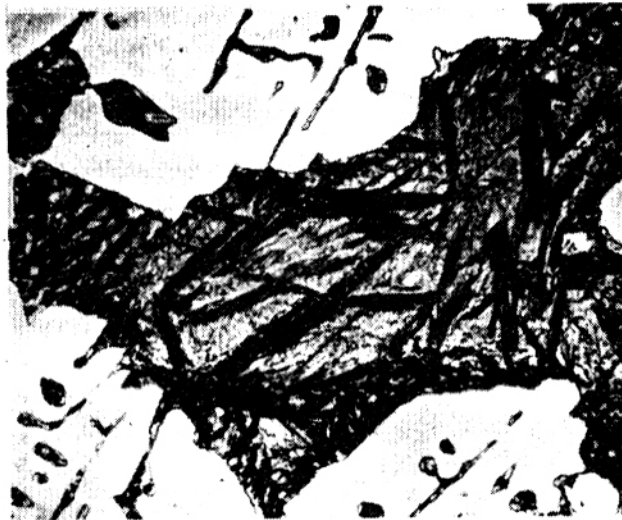
چون گلوله وزره آسیابها ، بنحو قابل ملاحظه ای افزایش می یابد در یک آزمایش گلوله

هایی که در آسیاب های صنعتی استفاده می شوند را از ارتفاع ۶ متری روی یک سندان

فولادی رها کردند .



شکل ۲۲- *Ni-Hard* عملیات حرارتی یک مرحله ای شده نشاندهنده ۱۰ درصد آستنیت باقیمانده و همچنین مارتنزیت تمپر شده می باشد.
۱۰۰۰× اچ در محلول ۲ درصد نایتال



شکل ۲۳- *Ni-Hard* عملیات حرارتی دو مرحله ای شده نشاندهنده مارتنزیت تمپر شده و عدم وجود آستنیت باقیمانده.
۱۰۰۰× اچ در محلول ۲ درصد نایتال

نتایج بدست آمده از این قرار بود که گلوله های ریختگی بدون عملیات حرارتی بعد از حدود ۵۰۰ بارشکسته می شدند در حالیکه چنانچه قبلاً عملیات حرارتی می شدند تا ۱۰/۰۰۰ بار هم شکسته نمی شدند .

۲- تبدیل آستنیت باقیمانده به مارتنزیت تمپر شده با بینیت باعث افزایش سختی چدن می شود و در نتیجه مقاومت سایشی چدن نیز افزایش می یابد .

۳- روشهای عملیات حرارتی فوق الذکر باعث تقلیل تنشهای ناشی از انبساط و انقباض غیر یکنواخت در قطعه ریختگی می گردد .

دلیل پایین بودن مقاومت ضربه ای گلوله های عملیات حرارتی نشده این است که آستنیت باقیمانده در اثر ضربات مکرر به مارتنزیت باعث ایجاد تنشهای داخلی می شود تنشهای داخلی شروع ترکهای درونی در اثر ضربه را تسریع می نماید در گلوله های عملیات حرارتی شده آستنیت باقیمانده تبدیل به بینیت یا مارتنزیت تمپر شده می گرد که فاقد اثر مخرب فوق خواهد بود . عملیات حرارتی یک مرحله ای برای اکثر کاربردها کفایت می کند لکن در کاربردهایی که بیشترین مقاومت در مقابل ضربات مکرر و حداکثر چقرمگی (*Toughness*) مورد نیاز باش بایستی از عملیات حرارتی دو مرحله ای استفاده نمود .

تحقیقات آزمایشگاهی همچنین نشان داده اند که برای حداکثر بهره گیری از عملیات حرارتی رعایت نکات زیر بسیار مفید خواهند بود .

الف - مقدار عناصر آلیاژی در قطعه ریختگی کمتر یا بیشتر از مقدار لازم (*Over- alloyed*)

یا (*Under- alloyed*) نباشد و نیز مقدار منگنز زیر ۰/۵ درصد باشد

ب - قطعه ریختگی کاملاً بی عیب و نقص باشد یعنی فاقد هر گونه مک و حفره‌های انقباضی باشد .

پ- قطعه ریختگی فاقد گرافیت آزاد و نواقص سطحی باشد

Ni-Hard یوتکتیک:

یک روش عملیات حرارتی مناسب برای بدست آوردن سختی بالا و بیشترین چقرمگی (

Toughness) برای کاربردهایی که نیاز به مقاومت در مقابل ضربه های مکرر می باشد .

بشرح زیر خواهد بود : ۸ساعت در ۷۵۰ درجه سانتیگراد ، سرد کردن در هوای ساکن ، در

صورتیکه خطر دگرپوره شدن وجود داشته باشد (دکوبوده شدن منجر به پوسته شدن سطح

هنگام کار ونتیجتاً شکست زودرس می گردد)

می توان از این روش استفاده نمود : ۴ ساعت در ۵۵۰ درجه سانتیگراد ، سرد کردن در هوا ،

۱۶ ساعت در ۴۵۰ درجه سانتیگراد و سرد کردن در هوا .

جوشکاری

چون ساختمان میکروسکوپی *Ni-Hard* اساساً از کاربرد آلیاژی که در یک زمینه مارتنزیتی

قرار دارد تشکیل شده است لذا نسبتاً فاقد انعطاف بوده و در سیکلهای گرم و سرد شدن در

فرآیندهای جوشکاری قوس الکتریکی (*Metal- arc*) با اکسیژن استیلین (*Oxy-acetylene*)

در اثر تنشهای حرارتی و تنشهای ناشی از تغییرات فازی در معرض خطر ترک خوردن قرار می گیرد تجربه نشان داده است که تحت این شرایط ، بدست آوردن یک ناحیه جوشکاری شده که فاقد ترک باشد تقریباً غیر ممکن است این مطلب حتی با پیش گرم کردن قبل از جوشکاری و آهسته سرد کردن بعد از جوشکاری که بمنظور پرهیز از ترک خوردن ناحیه جوشکاری شده در بعضی چدننها انجام می شود نیز امکان پذیر نخواهد بود . در واقع بخاطر پایین بودن مقاومت این آلیاژ در مقابل شوکهای حرارتی پیش گرم کردن خود نیز ممکن است باعث بروز مشکلاتی گردد در حالیکه بطور کلی از جوشکاری **Ni-Hard** بایستی اجتناب شود ممکن است حالاتی پیش آید که برای قابل استفاده نمودن یک قطعه معیوب نیاز به جوشکاری مختصری باشد و در این حالات بهتر است قطعه را قبل از جوشکاری تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد به آرامی پیش گرم نمود در جدول ۵ الکتروود مناسب روشهای جوشکاری مربوطه آمده است .

جدول ۵- الکتروودهای جوشکاری

الکتروود یا مفتول	روش جوشکاری
الکتروود پوشش دار (Inco-hard)	قوسی (Metal – arc)
مفتول Ni-Hard که از همان جنس قطعه ریخته شده است	قوس با گازی محافظ آرگن (Argon-arc)
	اکسی – استیلین Oxy-actylene

برای بدست آوردن درز جوش بی عیب ، ضروریست محلی را که بایستی جوشکاری شود قبلاً با سنگ زدن تمپر نمود مجدداً یادآوری می گردد که حتی موقعیکه اقدامات احتیاطی لازم انجام گردد همواره ریسک ترک خوردن درز جوش یا قسمتهای مجاور آن وجود خواهد داشت .

عملیات تکمیلی و نهایی (Finishing)

برای اکثر کاربردها *Ni-Hard* را بایستی از نظر تجارتي غیر قابل ماشینکاری دانست و عملیات تکمیلی و نهائی تولید قطعه را یا با سنگ زنی یا با ماشینکاری قسمتهای قابل تراش (که در مرحله ریخته گری داخل قالب تعبیه شده اند بطریقی که قبلاً شرح آن رفت) انجام داد لکن موقعیکه ماشین کاری *Ni-Hard* غیر قابل اجتناب باشد در انتخاب روش بایستی دقت خاصی معمول داشت.

قسمتهای قابل تراش (Machinale Inserts)

برای ایجاد سوراخ یا داخل تراشی و جای خار و راهنمایجاد کردن در قطعات ریختگی میتوان قسمتهای مورد نظر از قطعه را بوسیله قطعات قابل تراش چدنی یا فولادی که در مرحله ریخته گری در قالب قطعه تعبیه می شوند جایگزین نمود (به قسمت ریخته گری *Ni-Hard* مراجعه شود)

عملیات سنگ زنی: (Grinding Operations)

متداولترین روش عملیات تکمیلی ونهائی قطعات ریختگی *Ni-Hard* سنگ زنی است و می تواند برای بدست آوردن تفرانسهای بالا مورد استفاده قرار گیرد . برای اینکار سنگهای خاصی توصیه شده اند لکن حتی با کاربرد این سنگهای مناسب ، شرایط خاص دیگری نیز بایستی ایجاد گردد . مثلاً برای کم کردن ارتعاش ، مخصوصاً موقعیکه تفرانسهای بالا موردنیاز است توصیه می شود که قطعه کار را تا جائیکه ممکن باشد روی دستگاه محکم نمود .

در جدول ۶ سنگهایی که برای سنگ زنی *Ni-Hard* توصیه می گردند بهمراه تولید کنندگان آنها آمده است .

جدول ۲- سنگهای توصیه شده برای سنگ زنی *Ni-Hard*

شماره سنگ	نوع عملیات	تولید کننده
<i>AL45-R5-BM4</i>	Snagging	کمپانی <i>carboundum</i>
<i>Ba463-l5-vfblu</i>	سنگ زنی سیلندری یا استوانه ای	
<i>AA46-54-J5-VF8</i>	سنگ زنی سطحی (خارجی)	
<i>AA30-L5-V60L</i>	سنگ زنی سطحی (داخلی)	
<i>BA60-L5-VFBLU-C</i>	سنگ زنی خارج از مرکز	
<i>A30-S-BM4</i>	برش	
<i>38-60-GL27BEP</i>	سنگ زنی سطحی	<i>Norton Grinding Wheel</i> با مسئولیت محدود
<i>38a46to38A60-M5VBE</i>	سنگ زنی سیلندری یا استوانه ای	
<i>A36-R6B9FS</i>	برش	
<i>WA-80-IP-HV300</i>	سنگ زنی سطحی (خارجی)	<i>Norton Grinding Wheel</i> با مسئولیت محدود

	سنگ زنی سطحی (داخلی)	<i>A-36-HV</i>
	سنگ زنی سیلندری یا استوانه ای	<i>C-80-J-V</i>
	<i>Segmental Surface</i>	<i>MA-36-I-V</i>
	سنگ زنی داخلی	<i>MA-36146-J-V</i>

برای راهنمای بیشتر در مورد نیازها و کاربردهای خاص می توان با تولید کنندگان فوق تماس گرفت .

ماشینکاری

چون برای بدست آوردن نتایج ایده آل در عملیات تکمیلی و نهائی قطعات ریختگی *Ni-*

Hard لازم است قطعه روی ماشین بخوبی محکم گردد و همچنین ماشین مزبور از قدرت

کافی برخوردار باشد تا از ارتعاشات هنگام ماشینکاری جلوگیری به عمل آید لذا از

دستگاههای بورینک (*Boring mill*) و ماشینهای تراش با سر نظامهای بزرگ و سنگین

استفاده می شود این دستگاهها بایستی بزرگ و قوی بوده و از دقت کافی برخوردار باشند.

کیفیت نهایی سطح ماشینکاری شده تا حدود زیادی بستگی به وضعیت تیغه های مورد

استفاده داشته و بنابراین توصیه می گردد که بوسیله سنگهای لاماسه (*Diamond lapping*

Wheels) صیقل داده شوند .

ماشینکاری بدنه پمپ های گریز از مرکز

بدنه پمپ های گریز از مرکز رینگهای آب بندی و پروانه پمپ ها از جنس *Ni-Hard* با

سختی ۶۰۰ برینل بوسیله یک دستگاه بورینگ با استفاده از تیغه *CARBOLOY44* ماشینکاری می شود.

شعاع سر قلم $\frac{1}{32}$ زوایای برش مثبت ۵ درجه در بالا، جلو و اطراف برای برشهای مداوم،

برای برشهای منقطع این زوایا تقلیل داده می شوند در حالات حاد، زاویه شیب منفی به کار

برده می شود سرعت برش ۲۷ فوت در دقیقه عمق برش ۰/۰۷۵ اینچ و باربرداری ۰/۰۲

اینچ می باشد.

ماشینکاری میله (*Bar Srock*)

میله های *Ni-Hard* بقطر ۱/۲ اینچ (۳۰ میلی متر) و سختی بالاتر از ۷۰۰ برینل بوسیله

ماشین تراش با استفاده از قلم شماره *CABOLPY 883* تراشکاری می شود

زاویه در لبه برش جلوئی ۸ درجه زاویه راهنما در برش کناری ۱۵ درجه فاصله (*Realife*

and Clerance) از هر لبه برش ۹ درجه زاویه شیب برش منفی ۲۷ درجه زاویه شیب برش

کناری مثبت ۸ درجه، $\frac{1}{64}$ تا $\frac{1}{32}$ اینچ (۰/۴ تا ۰/۸ میلی متر) سهولت قابل باربرداری است.

صفحات مقاوم در مقابل سایش (*Wear Plates*)

کمپانی *BromMachine & Foundry* برای تراشکاری صفحات مقاوم در مقابل سایش از

جنس *Ni-Hard* از تیغه های کاربیدی *Carboluy 905* استفاده میکند. سر تیغه ها چهار

گوش بوده زاویه جدایش *Clearance* ۸۰ درجه و زاویه شیب منفی ۲۰ درجه و سرعت ۳۵

فوت (۱۰/۷ متر) در دقیقه می باشد این کمپانی توصیه می کند که ظرفیت ماشینهای تراش

و بورینگ معمولی برای تراشکاری و بورینگ *Ni-Hard* بایستی نصف ظرفیت این ماشینها

در مورد چدن خاکستری در نظر گرفته شود .

تعیین سختی

سطح نمونه آزمایش یا قطعه ریخته شده را باید با سنگ صاف و تخت کرد. چون ساچمه

های استاندارد که برای اندازه گیری سختی بکار می روند از سختی کافی برخوردار نیستند،

لذا هنگامی که برای اندازه گیری سختی چدن نیکل - سخت بکار برده می شوند در اثر فشار

تغییر شکل می دهند، بنابراین برای اندازه گیری سختی برنیل چدن نیکل - سخت از ساچمه

های به جنس کاربید تنگستن استفاده می شود.

هرم یا مخروط الماسی و ویکرز و راکول در اثر فشار زیاد تغییر شکل نمی دهند ولی چون

عمق اثری که آنها بر جا می گذارند کوچک است لذا ممکن است ناحیه آزمایش شده بعلت

کوچک بودن سطح و عمق، سختی واقعی قطعه را نشان ندهد. بنابراین موضعی که برای

تعیین سختی، چنین روشهایی بکار می رود باید متوسط سختی چند نقطه روی سطح نمونه

را بعنوان سختی نمونه در نظر گرفت.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

روش اسکروسکوپ (*SCLEROSCOPE*) در قطعات بزرگ مثل غلطک ها روش با

ارزشی است هر چند که در این جا هم باید متوسط سختی چند نقطه روی نمونه را بکار

برد.

اندازه گیری دقیق و مداوم سختی قطعات ریختگی بعنوان یک وسیله کنترل مرغوبیت بسیار

مفید است. لکن به تنهایی کافی نیست. بنابراین برای بدست آوردن مرغوب ترین نوع چدن

نیکل - سخت کنترل های دیگر از قبیل آنالیز شیمیایی و مطالعه ساختمان میکروسکوپی از

اهمیت خاصی برخوردارند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooen.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

فصل سوم:

شرح آزمایش و نتیجه آزمایش

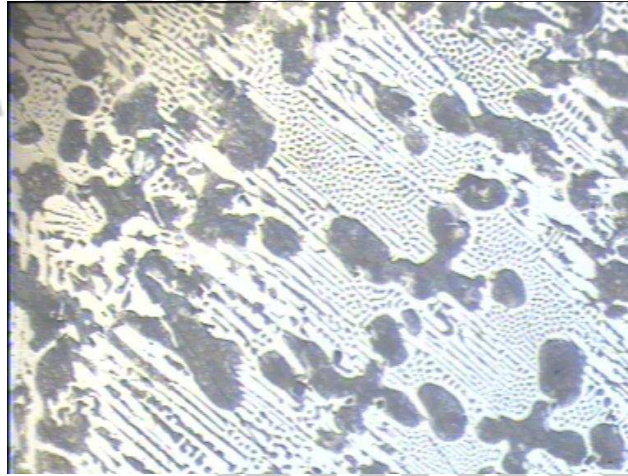
عنوان آزمایش:

متالوگرافی، سختی سنجی، میکروسختی سنجی و تمبرنیک در دماهای مختلف بر روی چند

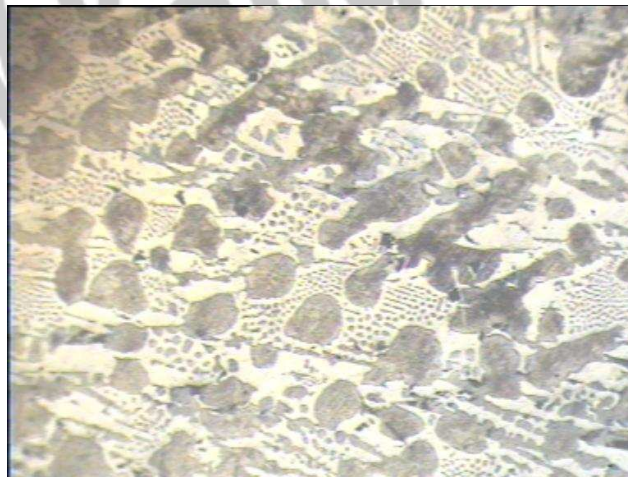
نمای سفید مارتنزیتی حاوی $Cr(19-8)$

شرح آزمایش:

ابتدا ۵ نمونه از چدنهای سفید حاوی $Cr(12-8)$ را متالوگرافی کرده و از آن عکس می گیریم در زیر مشاهده می کنید (بزرگنمایی $100X$) - (اچ محلول نیتال ۰.۲٪)



نمونه ۱- بزرگنمایی $100X$



نمونه ۲- بزرگنمایی $100X$

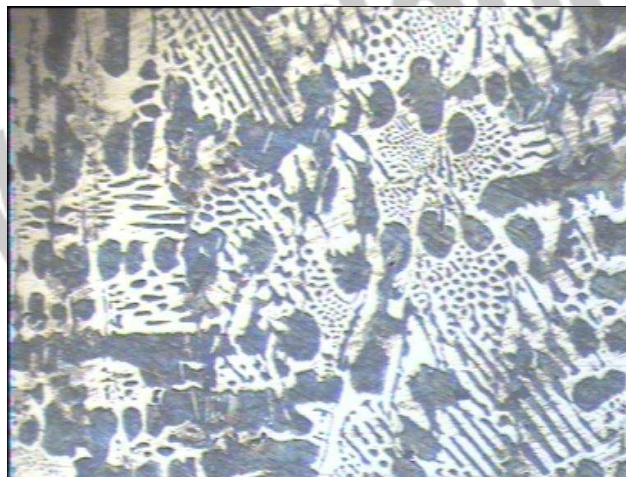
جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید



نمونه ۳- بزرگنمایی 100X



نمونه ۴- بزرگنمایی 100X



نمونه ۵- بزرگنمایی 100X

سپس از این نمونه ها آزمایش سختی سنجی به عمل می آوریم که نتایج آن را در جدول

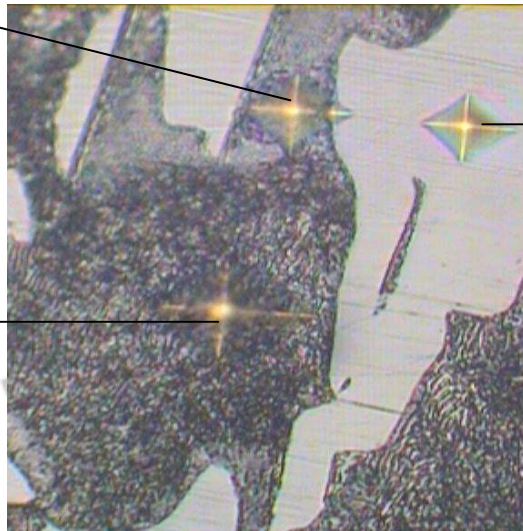
شماره ۱ مشاهده می کنید .

	نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳	نمونه ۴	نمونه ۵
HRC	51.8	52	52	52.4	52.2
HRC	52.2	52.7	52.4	53	52.9

بعد از این مراحل یکی از نمونه ها آزمایش میکروسختی سنجی به عمل می آوریم و عکس

می گیریم که در زیر مشاهده می شود :

$$\%M = 62.1HRC$$



$$\text{فاز سفید} = 66.9HRC$$

$$\%P = 39.1$$

مدت زمان ۵" - بار اعمالی 100g/f - بزرگنمایی 500X

بعد از آزمایش میکروسختی سنجی نمونه ها را در کوره در ۵ دمای مختلف در هر دما به مدت

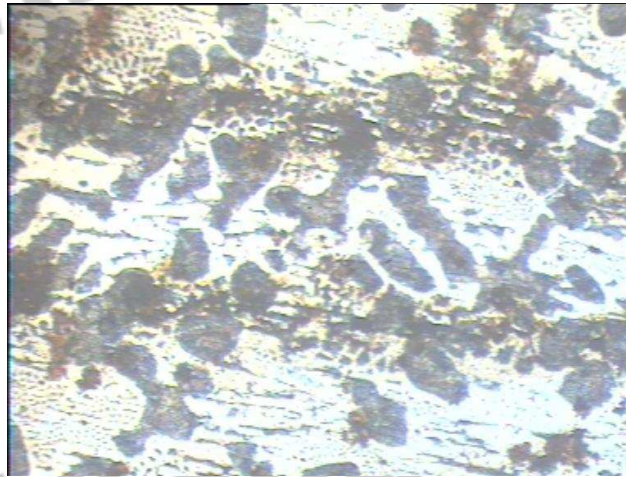
یک ساعت قرار می دهیم و عملیاتی که در مرحله اول انجام دادیم را دوباره بر روی این ۵

نمونه انجام می دهیم .

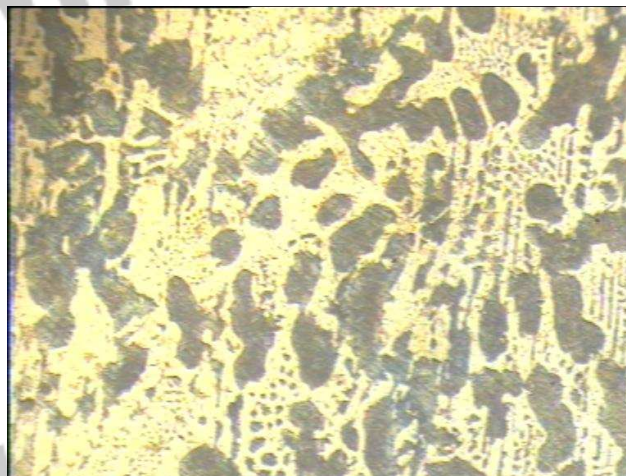
که نتایج حاصل در عکسها و جدول شماره ۲ مشاهده می شود (بزرگنمایی $\times 100$) - (اچ

محلول نیتال ۲٪)

	نمونه ۱	نمونه ۵	نمونه ۳	نمونه ۴	نمونه ۲
$T(^{\circ}C)$	$300^{\circ}C$	$400^{\circ}C$	$500^{\circ}C$	$600^{\circ}C$	$700^{\circ}C$
$HR(min)$	51.5	$51.4^{\circ}C$	$53.6^{\circ}C$	$51.8^{\circ}C$	49.1
$HR(min)$	52	52	54.2	52.5	50.3

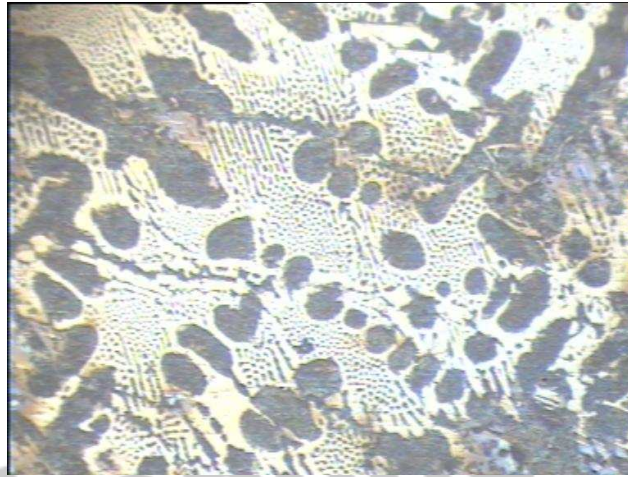


نمونه ۱ - $T=300^{\circ}C$



نمونه ۲ - $T=700^{\circ}C$

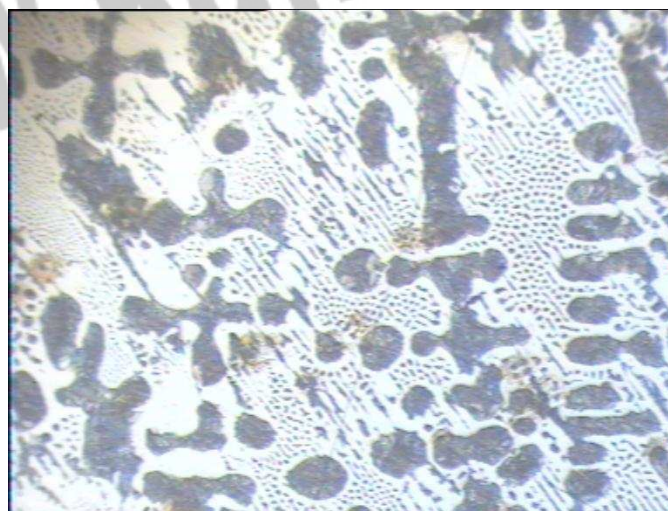
جهت خرید فایل word به سایت www.kandooon.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید



نمونه ۳- $T=500^{\circ}\text{C}$



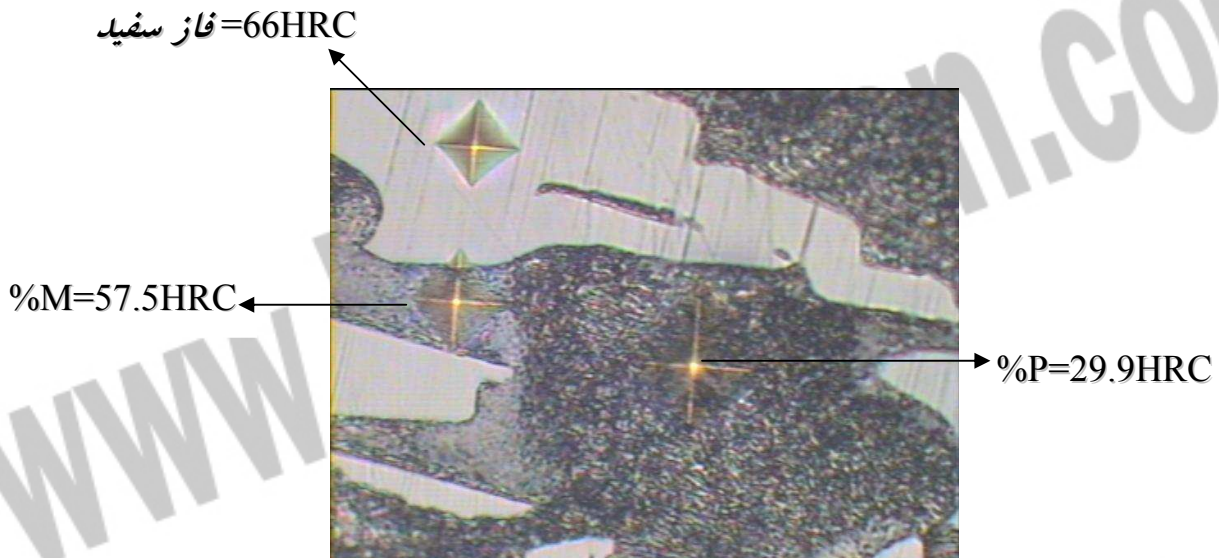
نمونه ۴- $T=400^{\circ}\text{C}$



نمونه ۵- $T=600^{\circ}\text{C}$

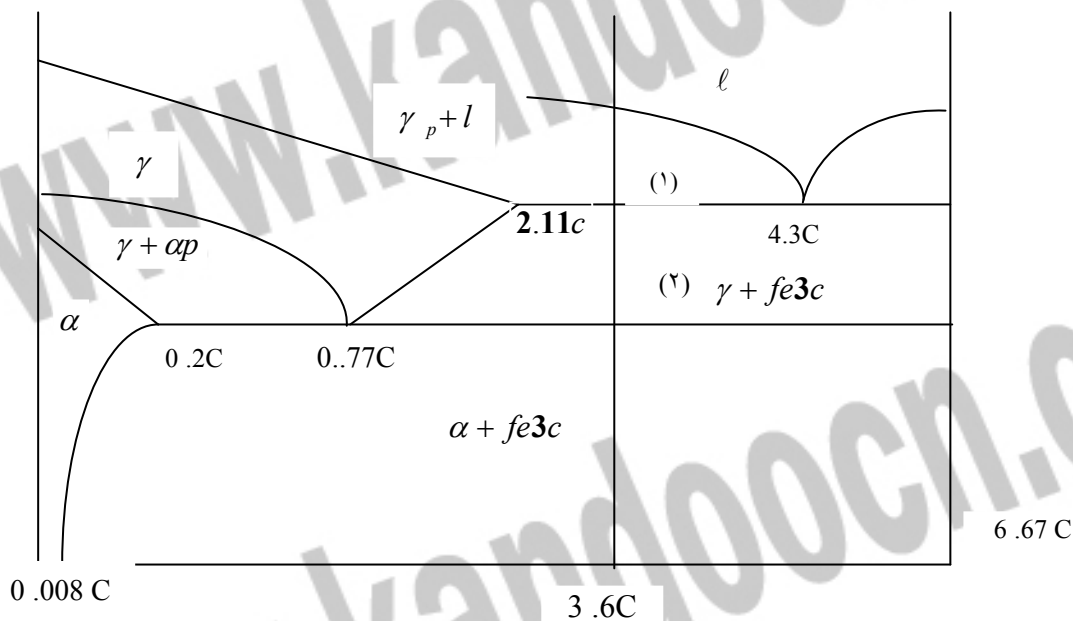
سپس از همان نمونه دوباره آزمایش میکروسختی سنجی به عمل می آوریم با این تفاوت که

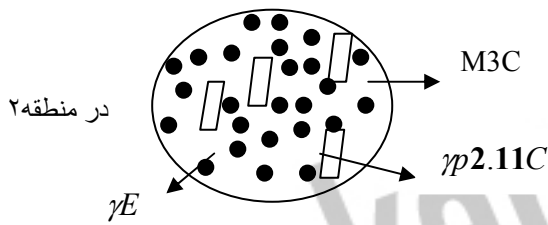
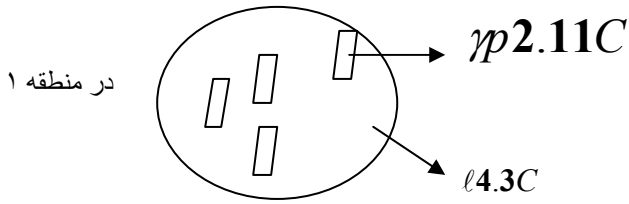
نمونه را در دمای 700°C به مدت یک ساعت تمبر کردیم .



مدت زمان 5" - بار اعمالی 100g/f - بزرگنمایی 500X

دیگرام چند نهایی سفید

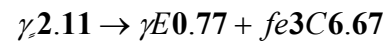




فاز زمینه

$$M = [Cr + Mn, Fe, Cu, Mn, Cr]$$

ناپایدار



در $\gamma E 0.77$ هم پرلیت، مارتنزیت و بینیت داریم که بستگی به عناصر آلیاژی و نحوه سرد کردن دارد چون عناصر آلیاژی Cu, Cr دارد که هر دو سختی پذیری را بالا می برند در نتیجه احتمال اینکه γ ما به مارتنزیت تبدیل شود بیشتر است ولی چون درصد Cu, Cr کم است امکان تشکیل مقدار کمی از فاز پرلیت و بینیت نیز وجود دارد.

نتایج به دست آمده از آزمایش:

طبق عملیات تمپرینگی که در دماهای مختلف بر روی چدنهای سفید حاوی

$Cr(8-12)\%$ انجام دادیم مشاهده شد:

که در دماهای $C^{\circ}(300-400)$ تغییر چندانی در سختی چدن‌ها مشاهده نشد. چون دماهای

تمپر $C^{\circ}(300-400)$ برای انجام استحاله آستنیت باقیمانده کم است.

اما در دمای اطراف $C^{\circ}500$ مشاهده شد که سختی این چدن‌ها به طور قابل توجهی افزایش

یافته که این به خاطر انجام استحاله آستنیت باقیمانده به مارتنزیت است که حتی در بعضی از

موارد زمان کافی باشد تقریباً تمامی آستنیت باقیمانده تبدیل می‌شود.

ولی در دمای $C^{\circ}(600-700)$ مشاهده می‌شود که سختی روبه کاهش است بخصوص در

دمای $C^{\circ}700$ سختی به طور قابل توجهی کاهش یافته که در این امر به خاطر نفوذ کربن داخل

مارتنزیت است که باعث کاهش سختی چدن و افزایش چقرمگی آن میشود که از آن نتایج به

دست آمده در آزمایش میکروسختی سنجی در دمای $C^{\circ}700$ این امر به وضوح قابل مشاهده

شده است که نفوذ کربن در این دما باعث کاهش سختی فازهای مختلف شده است که در این

میان فاز پرلایت بیشترین کاهش سختی و فاز سفید زمینه ($M3c$) کمترین کاهش سختی را

داشته است.

بنابراین در مورد قطعات چدنی حاوی Cr (۸-۱۲) نظیر گلوله های آسیاب که در معرض

ضربات متعدد قرار دارند محدوده دمایی که برای تمپر آنها به کار می رود C° (۵۴۰-۴۸۰)

می باشد .

زمینه آستینتی در چدنهای سفید پرکرم باعث بهبود مقاومت به ضربه این آلیاژها می شود و

تبدیل آن به مارتنزیت می تواند باعث افت مقاومت به ضربه آلیاژ گردد . مگر اینکه بعد از

تبدیل به مارتنزیت آن را در دمای بالاتری تمپر کنیم . تا چقرمگی و مقاومت به ضربه این

آلیاژها بالاتر رود .

منابع

1-D.A Rigner ,W.A.Glaeser :*"Wear Resistance"Metals Hand book, ASM,Ed.9,Vol.1.pp.597-938*

۲- بررسی پدیده سایش جهت انتخاب مواد فلزی در شرایط سایش مختلف (دانشگاه علم و

صنعت ایران - دانشگاه صنعتی شریف - واحد تحقیق و تکنولوژی شرکت پارس متال)

۳- چدنهای سفید مارتنزیتی مقاوم در برابر سایش و ضربه (میترا اسکوئی زاده)

4- *J.M.Bereza , Wear and impact resistant white cast irons , Journal of the British Foundryman , vol74.*

۵- مطالعه ساختار میکروسکوپی ، رفتار سایشی و خواص مکانیکی چدن سفید حاوی ۱۲ تا

۱۴٪ کرم (عبدالمهدی اجلالی ، وحید رسولی ، احمد ساعتچی ، مهدی گلکانی) دانشگاه

صنعتی اصفهان

6-*Ni-Hard , marten sitic white cast Iran , Production Inter national Nicle*

۷- متالورژی کاربردی چدنها (مرعش مرعشی)

۸- چدن سفید مارتنزیتی (*Ni.Hard*) روشهای تولید - عملیات حرارتی (احمد ساعتچی)

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

Filename: Document1
Directory:
Template: C:\Documents and Settings\hadi tahaghoghi\Application
Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title: چکیده :
Subject:
Author: 2
Keywords:
Comments:
Creation Date: 4/15/2012 11:31:00 AM
Change Number: 1
Last Saved On:
Last Saved By: H.H
Total Editing Time: 0 Minutes
Last Printed On: 4/15/2012 11:31:00 AM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 106
Number of Words: 13,674 (approx.)
Number of Characters: 77,945 (approx.)