

انواع عملیات حرارتی چدن‌ها

چدن (cast iron) ، آلیاژی از آهن- کربن و سیلیسیم است که همواره محتوی عناصری در حد جزئی (کمتر از ۰,۱ درصد) و غالباً عناصر آلیاژی (بیشتر از ۰,۱ درصد) بوده و به حالت ریختگی یا پس از عملیات حرارتی به کار برده می‌شود. عناصر آلیاژی برای بهبود کیفیت چدن برای مصارف ویژه به آن افزوده می‌شود. آلیاژهای چدن در کارهای مهندسی که در آنها چدن معمولی ناپایدار است به کار می‌روند. اساساً خواص مکانیکی چدن به زمینه ساختاری آن بستگی دارد و مهمترین زمینه ساختار چدن‌ها عبارتند از: فریتی ، پرلیتی ، بینیتی و آستینیتی. انتخاب نوع چدن و ترکیب آن براساس خواص و کاربردهای ویژه مربوطه تعیین می‌شود.

چدن ها به دو گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند، آلیاژهایی برای مقاصد عمومی که موارد استعمال آنها در کاربردهای عمده مهندسی است و آلیاژهای با منظور و مقاصد ویژه از جمله چدنهای سفید و آلیاژی که برای مقاومت در برابر سایش ، خوردگی و مقاوم در برابر حرارت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

چدن های معمولی

این چدن ها جزو بزرگترین گروه آلیاژهای ریختگی بوده و براساس شکل گرافیت به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

چدن های خاکستری ورقه ای یا لایه ای

چدن های خاکستری جزو مهمترین چدن های مهندسی هستند که کاربردی زیاد دارند نام این چدن ها از خصوصیات رنگ خاکستری سطح مقطع شکست آن و شکل گرافیت مشتق می‌شود. خواص چدن های خاکستری به اندازه ،

مقدار و نحوه توزیع گرافیت‌ها و ساختار زمینه بستگی دارد. خود این‌ها نیز به کربن و سیلیسیم ($C.E.V = \%C + \% \frac{1}{3}Si + \% \frac{1}{3}P$) و همچنین روی مقادیر جزئی عناصر ، افزودنی‌های آلیاژی ، متغیرهای فرایندی مانند، روش ذوب ، عمل جوانه زنی و سرعت خنک شدن بستگی پیدا می‌کنند. اما به طور کلی این چدن‌ها ضریب هدایت گرمایی بالایی داشته، مدول الاستیستیه و قابلیت تحمل شوکهای حرارتی کمی دارند و قطعات تولیدی از این چدن‌ها به سهولت ماشینکاری و سطح تمام شده ماشینکاری آنها نیز مقاوم در برابر سایش از نوع لغزشی است. این خواص آنها را برای ریختگی‌هایی که در معرض تنش‌های حرارتی محلی با تکرار تنش‌ها هستند، مناسب می‌سازد. افزایش میزان فريت در ساختار باعث استحکام مکانیکی خواهد شد. این نوع حساس بودن به مقاطع نازک و کلفت در قطعات چدنی بدنه موتورها مشاهده می شود دیواره نازک و لاغر سیلندر دارای زمینه‌ای فریتی و قسمت ضخیم نشیمنگاه یا تاقان‌ها زمینه‌ای با پرلیت زیاد را پیدا می‌کند. همچنین در ساخت ماشین آلات عمومی ، کمپرسورهای سبک و سنگین ، قالب‌ها ، میل لنگ‌ها ، شیر فلکه‌ها و اتصالات لوله‌ها و غیره از چدنهای خاکستری استفاده می‌شود.

چدن داکتیل

انواع چدن داکتیل :

سه نوع آلیاژ چدن داکتیل - آستنیتی (نیکل بالا - Ni) ، باینیتی و فریتی (سیلیکون - مولیدنی بالا) - ساخته شده است تا بتوان حالات خاصی فراهم کرد یا بتوان نیاز شرایط کاری خاص و بسیار شدید را برای چدن داکتیل‌های مرسوم و آستمپر شده ، مرتفع ساخت . در حالیکه چدن داکتیل کنوانسیون و آستمپر شده دارای درصدهای پائین آلومنت و عناصر آلیاژی جهت ایجاد

میکروساختار مربوطه می باشد ، آلیاژچدن داکتیل دارای مقادیر بیشتری آلیاژ است تا بتواند خواص خاص یا ارتقاء یافته ای فراهم کند . مقدار سیلیکون بالا به همراه مولیبدن به چدن داکتیل فریتی خواص مکانیکی عالی در دماهای بالا و رزистانس و مقاومت بهتری به اکسیداسیون دما بالا می دهد . محتوای بالای نیکل چدن داکتیل آستنیتی به همراه کروم در گرادهای خاص ، رزистانس و مقاومت خوردگی بالا ، خواص مکانیکی عالی در دمای پایین و بالا و گسترش کنترل شده و خواص الکتریکی و مغناطیسی را به همراه دارد. از نوع بیانیتهی در جایی استفاده می شود که استحکام بالا و رزистانس خوب سایش در حالات شبیه ریخته گری یا حرارت دهی و با کمک یک آلیاژ ۱ - ۳ درصد (Ni -Mo) قابل دسترسی می باشد .

چدن داکتیل سیلیکون و مولیبدن

چدن داکتیل آلیاژی حاوی ۶-۴ درصد سیلیکون با ۲ درصد مولیبدن یا بدون آن برای رفع نیاز رو به افزودن چدن داکتیل توان بالا و قابل اجرا و کاربرد در مواردی مثل آگروز (دودکش ها) یا بدنه توربو شارژرها ساخته شدند . خواص اولی و اصلی برای چنین کاربردهایی ، عبارتند از : رزистانس اکسیداسیون ، پایداری و دوام ساختاری ، استحکام و مقاومت به سیکل ترمال و حرارتی. این گرادهای غیر آلیاژی ، توان خود را برای ساده سازی دما باز می یابند و در سیکل حرارتی متوسط تا شدید عملکرد خوبی از خود نشان می دهند (و به رشد و اکسیداسیونی که از چدن خاکستری آلیاژ نشده وجود دارد ، برتر و عالی می باشد) چدن داکتیل فریتی در دماهای بالا بدلیل پایداری میکروساختارها ، رشد کمتری از خود نشان می دهد . آلیاژ بندی با سیلیکون و مولیبدن باعث افزایش چشمگیر عملکرد در دمای بالا برای چدن داکتیل فریتی می شود در حالیکه بسیاری از مزیت های تولیدی و هزینه ای چدن داکتیل کنوانسیونی را هم دارا می باشد .

اثر سیلیکون

سیلیکون باعث تسهیل و سریع عملکرد چدن داکتیل در دمای های بالا می شود، البته با پایداری ماتریکس فریتی و شکل دهی یک لایه سطح سرشار از سیلیکون که از اکسیداسیون ممانعت به عمل می آورد. پایداری فاز فریتی، رشد دما بالا را به دو شیوه کاهش می دهد؛ البته اینکه سیلیکون دمای اصلی که در آن، فریت به آستنیت تبدیل می شود، را بالا می برد. دمای اصلی را حد بالایی دامنه دمای مفید برای چدن داکتیل فریتی فرض می کنند.

بالا تر از این دما، انقباض و انبساط همراه با تبدیل فریت به آستنیت می تواند باعث تحریف ریخته گری و قالب ریزی و ترک خوردگی لایه اکسید سطح و کاهش مقاومت اکسیداسیون گردد. دوم اینکه، تمایل فریتی شدن بالای سیلیکون، ماتریکس را در مقابل تشکیل کاربید و پرلیت، پایداری می سازد که به کاهش رشد همراه با دکامپوزیت این فازها در دمای بالا منجر می شود.

سیلیکون برخواص مکانیکی دمای اطاقی چدن داکتیل، طی سخت سازی محلول جامد ماتریکس فریتی اثر می گذارد. شکل ۳-۵ نشان می دهد که افزایش میزان محتوای سیلیکون توان کششی و محصول را بالا می برد و افزایش طول را با کاهش مواجه می سازد و بنابراین، بهترین ترکیب رزیستانس حرارت و خواص مکانیکی با میزان و محتوای سیلیکون در دامنه ۶-۴ درصد فراهم می شود. اثر سخت کاری جامد سیلیکون در دمای بالا مثل 540°C (F) باقی می ماند و لی بالاتر از آن، توان کششی آلیاژ سیلیکون بالا کاهش می یابد.

اثر مولیبدن

مولیبدن که اثر مفید آن بر روی خواص خزش و استرس - گسستگی فولادها کاملاً مشخص است، دارای اثر مشابهی بر روی چدن داکتیل می باشد. شکل ۶-۵ و ۷-۵ نشان می دهد که اضافه شدن ۵ درصد مولیبدن به چدن داکتیل فریتی افزایش چشمگیری در توان های خزش و استرس گسستگی ایجاد می کند و خواص دمایی بالایی ایجاد می کند که با مورد فولاد حاوی ۲ درصد کربن و ۶ درصد منیزیم قابل مقایسه می باشد.

سیلیکون بالا با مولیبدن

افزودن ۲ درصد مولیبدن به ۴ درصد چدن داکتیل سیلیکون افزایش قابل ملاحظه ای در توان کششی دما بالا، توان فشار، گسستگی و توان خزشی را به دنبال دارد. افزودن مولیبدن بین ۱-۰ درصد به چدن داکتیل سیلیکون بالا در افزایش رزистانس به خستگی گرمای مؤثر نشان داده است.

مصارف و کاربردها

چدن داکتیل سیلیکون، مولیبدن بالا برای کاربردهای نهایی و مهندسی، مزیت هایی شامل هزینه اندک توان دمای بالای مناسب رزистانس عالی به اکسیداسیون و رشد و عملکرد مطلوب تحت شرایط سیکلی ترمال و حرارتی را فراهم ساخته است. در نتیجه این مواد در کاربردهای حرارت سرویس در دمای °F (650 - 820) (1200 - 1500) و در جایی که احتمال سیکل حرارتی متوسط تا شدید می رود، مناسب نشان داده است. چدن داکتیل دارای ۴ درصد سیلیکون و ۶-۸ درصد مولیبدن برای انواع مصارف خودروسازی و بدنه توربوشارژرها، بکار می رود. آهن سیلیکون بالا و حاوی مولیبدن ۱ درصد را برای ساخت دودکش های دما بالا و شیارهای حرارت دهی بکار می برند.

شرایط و ضروریات محصول

چدن داکتیل دارای سیلیکون ، مولیبدن بالا را می توان در هر کارخانه چدن داکتیل دارای کنترل فرآیند عالی انجام داد و قبل از آن نکات زیر را باید لحاظ کرد :

کربن : میزان کربن باید در دامنه بین ۲.۴ - ۲.۵ درصد نگه داشته شود . با افزایش اندازه قطعه و مقدار سیلیکون باید مقدار کربن را کم کرد.

سیلیکون : براساس نوع کاربرد مصرف ، مقدار سیلیکون بین ۳.۷ تا ۶ درصد تغییر می یابد . افزایش مقدار سیلیکون رزیستانس اکسیداسیون را ارتقاء می دهد و توان را دمای کم تا متوسط بالا می برد ولی سختی و ماشین پذیری آنرا کم می کند .

مولیبدن : مقدار مولیبدن بیش از ۲ درصد را می توان مورد استفاده قرار داد . افزایش میزان مولیبدن ، توان دما بالا را سرعت می بخشد و ماشین پذیری آنرا بهتر می کند ولی سختی را کم می کند و ممکن است برای تشکیل کاربرد مرز دانه ای تفکیک شود . دیگر عناصر ثابت سازی کاربیدی و پرلیتی باید تا حد امکان پائین باشد تا ضمانت کند که یک ماتریکس فریتی عاری از کاربید بدست آید .

کلینکر کردن نرمال و ذرات تلقیحی را باید بکاربرد ولی دمای ریختن باید برای چدن داکتیل عادی ، بیشتر باشد . میزان افزودن کف باره به شیوه های ریختن و gating خوب نیاز دارد و قالب ریزی و ریخته گری را باید به دقت اجراء کرد تا از گسستگی و شکستگی جلوگیری شود و تمام قالب ریزها و ریخته گریها را باید با حرارت انجم داد تا سختی و استحکام ، ارتقاء یابد . ریخته گری را با یک آنیل نیمه اصلی انجام می دهند - ۴ ساعت در دمای ۱۴۵۰ °F - ۷۹۰ °C و کوره تا (۴۰۰ °F) (۲۰۰ °C) خنک می شود - ولی اگر ماتریکس ، حاوی مقادیر قابل توجهی کاربید و پرلیت باشد آنگاه به یک آنیل کامل احتیاج می شود . ماشین پذیری نیز مشابه با چدن داکتیل پرلیت / فریت و با مقدار سختی BHN 200-230 می باشد .

عملیات حرارتی چدن نشکن

خلاصه:

مهمترین عملیات حرارتی که روی چدن نشکن انجام می شود و هدف از انجام آنها :

عملیات حرارتی که در دمای پایین برای کاهش یا آزاد کردن تنش های داخلی باقی مانده پس از ریخته گری انجام می شود.

آنیل کردن

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

نرماله کردن

عملیات حرارتی که به منظور بهبود استحکام به همراه کمی انعطاف پذیری انجام می شود .

سخت کردن و تمپر کردن

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

آستمپر کردن

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

سخت کردن سطحی به وسیله ی القاء ، شعله یا لیزر

عملیات حرارتی که به منظور مقاوم به سایش ساختن و سخت کردن موضعی سطح انتخاب شده انجام می شود .

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

آستنیته کردن چدن نشکن[B]

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

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

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

آنیلینگ چدن نشکن

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

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

آنیل کامل برای چدن نشکن با ۲%-۳% سیلیسیم و بدون کاربرد یوتکتیک:

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

آنیل کامل در صورت وجود کاربرد یوتکتیک :

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

دمای ۷۰۰C و نگهداری در این دما برای ۲ ساعت ، سپس سرد کردن در کوره تا دمای ۳۴۵C با سرعت ۵۵C/h ، سپس سرد کردن در هوا .

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

گرم کردن قطعات تا دمای ۷۰۵C-720 و نگهداری در این دما به مدت ۱ ساعت در ازای هر اینچ ضخامت ، سپس سرد کردن در کوره با سرعت ۵۵C/h تا دمای ۳۴۵C و سپس سرد کردن در هوا .

وقتی که در چدن نشکن عناصر آلیاژی وجود داشته باشد از سرد کردن سرتاسری قطعه جلوگیری می شود و کاهش درجه حرارت از نقطه ی بحرانی تا ۴۰۰C ادامه می یابد و سرعت سرد کردن از ۵۵C/h کمتر می باشد .

به هر حال برخی عناصر در شکل کاربید خود اگر تجزیه ناپذیر باشند به شکل کاربید اولیه که بسیار سخت است می باشند که این حالت بیشتر در کرم می باشد ، به عنوان مثال ۰.۲۵% کرم باعث تشکیل کاربید اولیه ی بین نشینی می شود که در اثر عملیات حرارتی تا دمای ۹۲۵C و نگهداری در مدت ۲h-20h حتی نیز از بین نمی رود . زمینه ی حاصل از رسوب پرلیت ، زمینه ی فریتی با کاربید می باشد که فقط ۵% از یاد طول دارد .

نمونه های دیگری از عناصر که به شکل کاربید در چدن نشکن وجود دارند عبارتند از مولیبدن بیشتر از ۰.۳% و وانادیم و تنگستن در مقادیر بیش از ۰.۰۵%.

سختی پذیری چدن نشکن

سختی پذیری چدن نشکن یک پارامتر مهم تعیین کننده ی واکنش ثابت آهن برای نرماله کردن ، کونچ کردن و تمپرکردن یا آستنیته کردن می باشد.

سختی پذیری معمولاً به وسیله ی آزمایش جамینی تعیین می شود ، که در آن از یک میله با اندازه ی استاندارد (قطر ۱ اینچ و ارتفاع ۴ اینچ) استفاده می شود که آن را آستنیته می کنند سپس یک سر آن را به وسیله ی آب سرد می کنند ، نوسان در سرعت سرد کردن باعث بی ثباتی (متفاوت بودن) در میکروساختار می شود که سختی آنها تغییر می کند سپس آنها را تعیین و ثبت می کنند.

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

هدف از اضافه کردن عناصر آلیاژی به چدن نشکن افزایش سختی پذیری است ، منگنز و مولیبدن برحسب وزن اضافه شده به چدن نشکن نسبت به مس و نیکل عناصر بسیار موثری در افزایش سختی هستند.

در هر حال همانند فولاد افزودن ترکیب نیکل - مولیبدن یا مس - مولیبدن یا مس - نیکل - منگنز نسبت به اینکه این عناصر را به صورت جداگانه به چدن اضافه کنیم ، تاثیر بیشتری خواهند داشت.

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

نرماله کردن چدن نشکن

نرماله کردن (سرد کردن در هوا در جریان آستنیتته کردن) به طور قابل توجهی می تواند باعث بهبود استحکام کششی شود. و امکان استفاده در ساخت چدن نشکن ASTM نوع ۳۰-۷۰-۱۰۰ وجود دارد .

میکروساختار حاصل از نرماله کردن به ترکیب شیمیایی چدن و سرعت سرد کردن بستگی دارد سختی تحمیل شده به وسیله ی ترکیب شیمیایی قطعه به موقعیت منطقه ی زمان - دمای دیاگرام CCT بستگی دارد .

سرعت سرد کردن به حجم قطعه ی ریختگی بستگی دارد ولی شاید بیشتر تحت تاثیر دما و جریان هوای اطراف قطعه ی در حال سرد شدن باشد .

اگر چدن حاوی مقدار زیادی سیلیسیم نباشد و دست کم حاوی مقدار مناسبی منگنز (یا بالاتر ۰.۵-۰.۳٪) باشد به طور کلی نرماله کردن ، ساختار پرلیت ظریف تولید خواهد کرد . قطعات سنگین در صورتی که نیاز به نرماله شدن داشته باشند برای بدست آوردن ساختاری کاملاً پرلیتی و سختی پذیری بیشتر بعد از نرماله کردن حاوی عناصر آلیاژی از قبیل مولیبدن و نیکل و منگنز اضافی هستند . قطعات سبک چدن های آلیاژی ممکن است بعد از نرماله کردن حاوی ساختار مارتنزیتی یا بینیتی باشند

دمای نرماله کردن معمولاً بین C-940C۸۷۰ می باشد و زمان استاندارد نگهداری h۱ برای هر اینچ ضخامت و نگهداری به مدت h۱ به عنوان حداقل در این دما کافی است. برای چدن های حاوی عناصر آلیاژی به دلیل کاهش نفوذ کربن در آستنیت زمان بیشتری نیاز است به عنوان مثال قلع و آنتیموان برای گرافیت های کروی ، به طور موثری از حل شدن کربن در زمینه ی حاوی گرافیت کروی جلوگیری می کنند .

گاهی اوقات بعد از نرماله کردن ، قطعات را به منظور دست یافتن به سختی مورد نظر و حذف تنش های باقی مانده در اثر تفاوت سرعت سرد کردن در قسمت های مختلف قطعه به دلیل اختلاف اندازه ی مقطع، قطعه ی ریختگی را تمپرمی کنند.

تمپر کردن قطعات بعد از نرماله کردن برای دستیابی به چقرمگی بالا و مقاومت به ضربه می باشد. تاثیر تمپر کردن در سختی و استحکام کششی به ترکیب شیمیایی چدن و میزان سختی بدست آمده از نرماله کردن بستگی دارد.

تمپر کردن شامل حرارت دادن مجدد تا دمای C-650C۴۲۵ و نگهداری در این دما به مدت h۱ برای هر اینچ ضخامت از مقطع می باشد . این دما برای دستیابی به مشخصات گوناگون در مدت بالای رنج معمول، متفاوت می باشد.

کونچ و تمپر کردن چدن داکتیل

قطعات تجاری قبل از کونچ و تمپر کردن معمولاً در دمایی بین C-925C۸۴۵ آستنیت می شوند. برای به حداقل رساندن تنش و جلوگیری از ترک خوردن قطعه برای کونچ متوسط روغن ترجیحاً از روغن استفاده میشود ولی برای قطعات با اشکال ساده از آب یا آب نمک استفاده می شود و قطعات پیچیده را به منظور جلوگیری از ترک خوردن در حین کونچ، در روغن پیش گرم شده تا دمای C-100C۸۰ کونچ می کنند .

تاثیر کونچ کردن در آب مکعبی از جنس چدن نشکن که تا دمای آستنیت گرم شده بود بدست آمدن سختی بالایی (HRC ۵۵-۵۰) بوده است. دمای آستنیت کردن در این مکعب بین C-870C ۸۴۵ بوده است. در دمایی بالاتر از C ۸۷۰ مقدار زمینه ی حاوی کربن (آستنیت) بیشتری بدست خواهد آمد به همین دلیل مقدار آستنیت بیشتری (پس از کونچ کردن) حفظ خواهد شد که در نتیجه ی این امر سختی کاهش پیدا می کند.

قطعاً بعد از کونچ شدن باید تمپر شوند تا تنش حاصل از کونچ شدن آزاد گردد. سختی حاصله بعد از تمپر کردن به عناصر آلیاژی موجود، دمای تمپر کردن و به همان اندازه زمان تمپر کردن بستگی دارد.

تمپر کردن در دمای C 600C ۴۵۰ باعث کاهش سختی می شود که میزان آن به عناصر آلیاژی موجود، سختی اولیه و زمان تمپر بستگی دارد. سختی ویکرز چدن نشکن کونچ شده به وسیله ی دما و زمان تمپر کردن تغییر می کند.

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

آستمپر کردن چدن نشکن

هنگامی که استحکام مناسب به همراه انعطاف پذیری مورد نظر باشد، عملیات حرارتی کننده اجازه می دهد ساختار آستمپر شده از آستنیت و فریت تولید گردد. زمینه ی آستمپر شده باعث بهبود قابل توجه استحکام کششی و انعطاف پذیری

می شود که در هر نوع چدن داکتیل ممکن می باشد. برای بدست آوردن آن خواص مطلوب نیاز است که به اندازه ی سطح مقطع ، زمان و درجه حرارت داده شده به قطعه در خلال آستنیته و آستمپرکردن دقت و توجه کافی شود

اندازه سطح مقطع و عناصر آلیاژی

با افزایش سطح مقطع سرعت کاهش درجه حرارت بین دمای آستنیته و دمای آستمپر کردن تغییر می کند . آستمپر کردن یا شامل کونچ کردن در روغن داغ C۲۴۰ ، کونچ کردن به وسیله ی جریان نیتريت / نیترات، کونچ کردن توسط جریان هوا (فقط برای قطعات نازک یا قسمت های کوچک) و برای نوع ابزار کونچ کردن در حمام سرب.

به منظور جلوگیری از واکنش محصولات در درجه حرارت بالا (مثل پرلیت در مقاطع ضخیم) باید آنها را در حمام نمک کونچ کرد . سختی به وسیله ی کونچ کردن در آب یا افزودن عناصر آلیاژی (مثل مس ، نیکل ، منگنز ، یا مولیبدن) که باعث تسهیل سختی پذیری پرلیت می شوند . این نکته مهم است مه بدانیم عناصر فوق باعث به وجود آمدن جدایش در هنگام انجماد می شوند که این امر برای قابلیت آستمپر شدن و در نتیجه ی آن برای خواص مکانیکی مضر خواهد بود. انعطاف پذیری و مقاومت به ضربه پارامترهایی هستند که شدیداً تحت تاثیر قرار می گیرند .

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

دما و زمان آستنیت کردن

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

مهمترین عامل تعیین کننده در زمینه ی حاوی کربن در چدن داکتیل سیلیسیم موجود در آن است ، با افزایش سیلیسیم برای دمای آستنیت ی معین مقدار کربن موجود در زمینه کاهش می یابد. دمای آستنیت بین 925°C تا 845°C معمولاً مناسب است و زمان آستنیت کردن برای کربن گیری مجدد تمام زمینه تقریباً ۲ ساعت کافی می باشد.

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

زمان و دمای آستمپر کردن

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

دستیابی به حداکثر انعطاف پذیری در دمای معین آستمپر کردن ، تابع حساس زمان می باشد . افزایش اولیه ی زیاد طول نسبی در مرحله ی (۱) رخ می دهد و پیشرفت زیاد طول نسبی در مرحله ی نهایی اتفاق می افتد که در آن نقطه ی شکست آستنیت حداکثر می باشد . آستمپر کردن مجدد فقط به منظور کاهش

انعطاف پذیری در مرحله ی (۲) واکنش که در نتیجه ی تجزیه ی ساختار به تعادل بینیت می باشد . زمان آستمپر کردن از ۴-۱ ساعت متفاوت می باشد

چدن سفید

چدنی که در آن تمامی کربن موجود به حالت ترکیب و به صورت سمنتیت وجود دارد. ساختمان چدن سفید به صورت زیر است:

۱- چدن سفید یوتکتیکی لدبوریت ($P+Fe_3C$) ۲- چدن سفید هیپویوتکتیکی پرلیت + لدبوریت ($Ld+P$) ۳- چدن هیپویوتکتیکی سمنتیت + لدبوریت ($Ld+Fe_3C$) سطح مقطع چدن سفید به صورت سیاه و سفید است ، نواحی سیاه رنگ پرلیت و سفیدها لدبوریت یوتکتیکی می باشند. این چدن چندان مصارف صنعتی نداشته و اکثرا برای ساخت چدن مالیل از آن استفاده می شود. چدن سفید محتوی کربن و سیلسیم کمی بوده و لذا دارای سیالیت کم ، تمایل به انقباض و ترک های حرارتی گرم و سرد زیاد می باشد. علاوه بر آن قطعات ریختگی چدن سفید در جریان انجماد و سرد شدن دارای تنش های پسماند زیادی هستند. استفاده از تغذیه و مبرد در چدن های سفید به خصوص در قسمت های ضخیم قطعه به منظور پرهیز از ایجاد حفره های ریز و درشت انقباض ضروری است. اگر چدن سفید را آلیاژی کنیم مبدل به یکی از پرمصرفترین چدن های خانواده چدن های آلیاژی می شود. که عمدتا به عنوان قطعات مقاوم در برابر سایش و هم چنین به عنوان قطعات مقاوم در مقابل اکسیداسیون و حرارت کاربرد دارد. چدن های سفید غیر آلیاژی و کم آلیاژی که کاربرد آنها از نوع سمانتیت است طی گذشت زمان های طولانی به دلیل مقاومت آنها در مقابل سایش (که از سخت بودن فاز سمانتیت ناشی می شود) مورد استفاده قرار گرفته و هم اکنون نیز جهت پاره ای از مصارف محدود صنعتی کاربرد

دارد. در حالی که در شرایط کاری شدید سایش و ضربه عملکرد آنها محدود نیست. محدودیت آنها مربوط به شبکه پیوسته کاربید آهن می شود که دانه های آستنیت را در خود احاطه کرده است و باعث تردی زیاد آنها می شود. تولید چدن سفید در مقاطع ضخیم با مشکل روبرو است زیرا امکان به وجود آمدن گرافیت آزاد و کاهش مقاومت به سایش وجود دارد. به وسیله آلیاژی کردن می توان سمنتیت ، یا همان کاربید آهن را در چدن های سفید با کاربید های دیگر جایگزین کرد. زمانی که یک عنصر کاربیدزا در حد معینی وارد آلیاژ شود ، سمنتیت را ناپایدار نموده ، به گونه ای که با کاربید های دیگر جایگزین می شود. به این طریق این امکان وجود دارد که چدن های سفیدی را تولید نمود که فاز کاربید آنها از سمانتیت سخت تر بوده و از نظر ساختاری نیز خواص مکانیکی بهتری را حاصل نماید. شکل و نحوه توزیع کاربید ها را می توان با توجه به میزان کربن معادل تغییر کند. عواملی که روی خواص مکانیکی چدن های سفید از جمله سختی ، ضربه پذیری اثر می گذارند عبارت اند از: نوع کاربید - شکل و اندازه کاربیدها - اندازه دانه - ساختار زمینه نوع کاربید : به عنوان مثال کاربید هایی از نوع M7C3 نسبت به کاربید های M3C (هر دو ناشی از اضافه کردن عنصر کروم) از سختی بیشتری بر خوردار بوده ، ضمن آنکه ساختمان ظریف تری را ایجاد می کند که منجر به ضربه پذیری بهتری می شود . در چدن های سفید بدون آلیاژ که کاربید ها از نوع Fe3C هستند و در چدن های سفید کم آلیاژ با کروم حدود ۳% کاربید هایی از نوع M3C و از ۳% تا حدود ۱۰% مخلوط M3C ، M7C3 و در حوالی ۱۰ % کاملاً کاربید ها به نوع M7C3 تغییر می یابند. کاربید های M3C عموماً دارای شبکه پیوسته و خشن هستند که هم سختی پایین تری از M7C3 دارند و هم ضربه پذیری آنها کمتر است. شکل و اندازه کاربید ها : هر قدر اندازه دانه ها کوچکتر ، باشد مقاومت به ضربه را بهبود می بخشند . اصولاً ریز بودن کاربید ها و یک نواختی آنها نیز خواص ضربه پذیری را بهتر می کند . لذا استفاده از روش های انجماد سریع و اضافه کردن پاره ای مواد تلقیحی نظیر فرو

تیتانیم و یا فرو کروم کم کربن به ذوب می توان ساختاری ظریف تر و یک نواخت تر را ترغیب نماید.

ساختار زمینه : جهت حصول بهترین مقاومت در مقابل سایش ، بهتر ایت زمینه مارتنزیتی به دست بیاید . در هنگام سرد کردن تبدیل آستنیت به پرلیت صورت گرفته و حضور پرلیت در جوار کاربید به شدت از مقاومت فرسایشی قطعه می کاهد و کروم به تنهایی برای جلوگیری از این تحول کافی نمی باشد ، لذا از عناصر آلیاژی نظیر مولیبدن ، مس ، نیکل جهت کاهش سرعت بحرانی سرد شدن می توان استفاده نمود.هم چنین به دلیل حلالیت زیاد کربن در آستنیت امکان باقی ماندن مقداری آستنیت باقی مانده تا درجه حرارت محیط وجود دارد. در جایی که مقاومت سایشی مطرح است و ضربه وجود ندارد ، آستنیت باقی مانده نامطلوب تلقی می شود ، زیرا سختی را کاهش می دهد ؛ اما در مواردی که سایش توام با ضربه شدید وجود دارد مقادیری آستنیت باقی مانده مجاز است. شرح آزمایش : در آزمایش فوق ابتدا از مدل گوه ای شکل (دارای سطح مقطعی از نازک به ضخیم) از قالب ماسه ای تهیه گردید و پس از ذوب ریزی قطعه تهیه شده از قالب خارج گردید و تا دمای محیط سریعاً سرد گردید . قطعه مذکور از قسمت طولی برش خورد و از سه ناحیه با ضخامت های مختلف مورد عملیات متالوگرافی قرار گرفت که نتایج آن در ادامه مذکور است.

در قسمت ۱ ما دارای گرافیت بین دندریتی هستیم و در قسمت ۲ دارای گرافیت نوع A و در قسمت ۳ دارای گرافیت گل بوته ای هستیم.(ما از نایتال و بزرگنمایی ۱۰۰ استفاده کردیم) و این در حالی است که ما چدن سفید داریم و می دانیم که در چدن سفید هیچ گونه گرافیتی را نداریم ، پس این گرافیت های موجود در چدن ما ممکن است به خاطر این باشد که بعد از ریختگری ما قطعه را سریعاً در آب سرد نکردیم.که در این صورت کربن ها فرصت یافته اند تا به شکل گرافیت در آیند . در ضمن نتیجه سختی سنجی نمونه چدن سفید با راکول C به قرار زیر است: در

قسمت نوک سختی نمونه ۴۹.۹ می باشد . و قسمت وسط نمونه سختی ۴۷.۳ را به ما داد.هم چنین نتیجه سختی سنجی انتهای قطعه ۴۵.۵۳ می باشد

چدن های ضد سایش

عنصری که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد کروم است و کاربرد آن بیشتر به صورت M7 C3 می باشد . در خرد کننده 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 ان اینکه قطعه باید دو خاصیت متناقض را در کنار هم داشته باشد که عبارت است از مقاومت سایشی و چقرمگی . کربن مهمترین عاملی است که روی مقاوت 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 میشود انتخاب ترکیب شیمیایی و عملیات حرارتی برای کسی که در صدد 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 چدن های سفید شامل کاربیدهای آهن - کروم یوتکتیک ناپیوسته و کاربیدهای ثانویه غنی از کروم در زمینه ای از آستنیت یا محصولات استحاله آن می باشد . به کمک عملیات حرارتی می توان زمینه ی آستنیتی ، مارتنزیتی ، بینیتی و یا پرلیتی به دست آورد .

اثر ساختار میکروسکوپی

بیشترین مقاومت سایشی این چدن ها نتیجه ی مستقیم ساختار میکروسکوپی آنهاست . اغلب فرآیندهای سایشی را می توان یک عمل برشی یا فراشی تعریف نمود . نظیر عملیات ماشین کاری که یک ذره ساینده به سطح فلز فرو رفته و

خطوط سایش و تغییر شکل ایجاد کرده و ذراتی را از سطح جدا می کند . براده هایی که از محل سایش به دست آمده اند حاوی ذرات بسیار ریزی هستند که از قلم تراش در حین عملیات ماشین کاری جدا شده اند . برای عملی شدن مکانیزم سایش کاملاً ضروری است که وسیله ی ساینده از فلز سخت تر باشد . اگر این وسیله نرمتر باشد فرآیند بیشتر به خوردگی و اکسیداسیون شبیه خواهد بود و فقط سایش ناچیزی انجام می گیرد .

انتخاب زمینه

بهترین زمینه ای که می توان انتخاب کرد مارتنزیت پر کربن و سختی است که سختی آن ناشی از کاربیدهای ثانویه ی پراکنده می باشد . دومین انتخاب خوب می توان آستنیت ناپایدار کارسختی پذیر باشد . بهترین اتحاد بین استحکام و چقرمگی را می توان براساس ساختار میکروسکوپی توضیح داد . در چدن های سفید پر کروم کاربیدها در زمینه پراکنده شده اند که این برخلاف حالتی است که در چدن های سفید کم آلیاژ لدبوریتی وجود دارد . در این حالت ساختار را می توان به صورت زمینه ای از سمنتیت 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 آنجایی که این کاربیدها سختی و مقاومت سایشی بالایی دارند افزایش کربن موجب افزایش مقاومت سایشی نیز می شود . به هر حال اگر مقدار کربن از مقدار یوتکتیک زیادتیر شود کاربیدهای اولیه ی زیادی تشکیل خواهد 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 تنها در حالت هایی که سطح چه در مقیاس میکروسکوپی و چه در مقیاس ماکروسکوپی تحت ضربه و تنشهای مکانیکی پایینی باشد مقدار کربن هیپریوتکتیک مفید خواهد بود . هرچه 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 ی نرم در پی دارد پایین بودن استحکام تسلیم می باشد ممکن است چنین زمینه هایی نتوانند ساپورت و پشتوانه کافی برای کاربردها را در جهت مقاومت در برابر تنشهای مکانیکی وارده ایجاد کنند و نتیجتاً کاربردها 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 زبان آوری روی مقاومت سایشی داشته باشند .

ذوب و ریخته گری چدن های پر کروم

چدن های پر کروم را می توان در انواع کوره های الکتریکی و کوره های سوختی تولید کرد . چدن های پر کروم معمولاً به صورت آرام ذوب می شوند و به جز حالتی که نیاز به کاهش کربن باشد نیازی به دمش اکسیژن نیست . برای ذوب در کوره های القایی که تلاطم خوبی دارند دماهای بالا لازم نیست و معمولاً اگر دمای نهایی به ۱۴۸۰ درجه سانتیگراد برسد کافی خواهد بود . در کوره های قوس الکتریکی برای اطمینان هموژن 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 نهایی تا ۱۵۶۵ درجه سانتیگراد استفاده می شود .

ریختن فلز مذاب

برای تولید قطعات چدنی پر کروم ، کنترل دقیق دماهای بارریزی بسیار مهم است . جهت جلوگیری از کشیدگی و عیوبی نظیر نفوذ مذاب و ماسه سوزی لازم است که از دماهای بارریزی پایین استفاده شود . دمای بارریزی قطعاتی که ضخامت آنها کمتر از 10 mm باشد ، دمای ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ درجه ی سانتیگراد انتخاب می شود . در این دما لایه ی اکسید تشکیل شده بر روی فلز مذاب باعث می شود که مذاب غلیظ به نظر آید ولی در واقع سیالیت بسیار عالی دارد .

کاربرد چدن های مقاوم در مقابل سایش :

مصرف این نوع چدن ها در تولید قطعاتی نظیر بوشها ، سیلندرها ، بوش سیلندرها ، کاسه چرخ و ... می باشد . به منظور افزایش مقاومت در مقابل سایش چدن ها معمولاً از عناصری نظیر کروم و مولیبدن استفاده میگردد . مصارف دیگر چدن های مقاوم در برابر سایش در ساخت قالب های حديدیه مربوط به کشش سیم ، گلوله ها و زره آسیاب ها ، غلطک نوارهای نقاله و پمپ های ضد سایش می باشد .

ب : چدن های ضد سایش نیکل دار

چدن های نیکل سخت به وفور در عملیات خرد کن ، پودر کردن ، نورد کردن و حمل مواد به کار برده می شود . دو گروه عمده ی چدن نیکل سخت وجود دارد :

چدن های با ۴% نیکل و چدن های با ۶% نیکل و ۹% کروم که معمولاً به نیکل سخت ۲ و ۴ موسوم اند . نوع ۲ چدن نیکل سخت شامل کاربردهای یوتکتیکی M3C لدبوریتی است و بنابراین دارای چقرمگی کمی است ، در صورتی که نوع ۴ نیکل سخت عمدتاً شامل کاربردهای ناپیوسته M7C3 است و در نتیجه چقرمگی نیکل سخت ۴ بیشتر است . چدن نیکل سخت ۲ چقرمگی کمتری دارد و عمدتاً در تولید غلطک های فلز کاری مورد استفاده قرار می گیرد . متالورژی و کاربرد چدن های نیکل سخت ۴ تقریباً مشابه چدن های پر کروم است اما مشاهده شده است که در کاربردهای خاصی مانند گلوله های آسیاب و جداره پوسته ی آسیاب های سیمان با قطر زیاد که قطعات ریختگی در آن هم تحت سایش و هم ضربات مکرر سنگین قرار دارند . نیکل سخت ۴ مقاومت لازم برای شکست را ایجاد نمی کند ، به طور کلی مقاومت شکست چدن های پر کروم بیش از چدن های نیکل سخت ۴ است . مشخصه ای که سبب ارجحیت بارز چدن های نوع نیکل سخت ۴ در مقایسه با چدن های پر کروم می شود ، قابلیت سختی پذیری عالی آن است .

فاز های کاربیدی در چدن های نیکل سخت

ترکیب شیمیایی تمام چدن های نیکل سخت طوری انتخاب می شود که بیشتر ساختار به صورت ترکیب یوتکتیک و آستنیت جامد شود . مقدار کاربید یوتکتیک که تشکیل می شود و نیز ساختار زمینه به ترکیب شیمیایی چدن بستگی دارند

چدن نیکل سخت :

نوع ۲ دارای ساختار لدبوریتی خاصی است که در آن کاربید M3C در برابر ریز ساختار پیوسته حضور دارد اما چدن نیکل سخت نوع ۴ دارای ساختار یوتکتیکی است که در آن کاربیدهای نوع M7C3 به طور ناپیوسته حضور دارد . مزیت این نوع ساختار کاربیدی این است که اگرچه کاربید M7C3 ترد است ولی ترک هایی که در آن ایجاد می شوند قبل از اینکه وارد زمینه به مراتب نرمتری شوند نمی توانند خیلی اشاعه پیدا کنند . به این دلیل چدن نیکل سخت ۴ نسبت به چدن های نیکل سخت ۲ مقاومت به وضوح بیشتری به شکست دارند . با در نظر گرفتن این مطلب که : $0.3\% \text{Cr} + \text{Si}\%$ از ۰.۱ بزرگتر است ، مطمئناً توسط این ترکیب به جای کاربیدهای لدبوریتی ، کاربیدهای ناپیوسته تشکیل می شوند .

چدن های مقاوم در برابر خوردگی

مقاومت خوردگی چدن خاکستری بوسیله ی افزودن مقادیر محسوس نیکل ، کروم و مس ، به تنهایی یا مجموعاً ، یا سیلیس بیش از ۳ % افزایش می یابد . به طور نرمال تا ۳ % سیلیسیم در همه ی چدن ها موجود است ، در درصدهای بالاتر ، سیلیسیم به عنوان یک عنصر آلیاژی به حساب می آید و باعث تشکیل لایه ی محافظ سطحی که در معرض محیط از اکسید شدن لایه های زیری محافظت می نماید . مقادیر کم مولیبدن را می توان در چدن های پر سیلیس اضافه نمود . افزایش نیکل به چدن خاکستری مقاومت در مقابل اسیدهای احیاء کننده را بهبود بخشیده

و همچنین مقاومت آن را در برابر بازها نیز بالا می برد . کروم با تشکیل یک لایه ی محافظ مقاومت در برابر اسیدهای اکسید کننده را افزایش می دهد . ولی در محیط های احیاء کننده کمتر مورد استفاده قرار می گیرد .

(۱) چدن های مقاوم به خوردگی سیلیسیم بالا

چدن های پر سیلیسیم و مولیبدن دار تا مقدار ۳/۵ % در بسیاری از جاها برای حمل اسید های خورنده استفاده می شود . با مقدار سیلیسیم ۱۴/۵ % یا بیشتر ، این نوع چدن ها مقاومت بالایی نسبت به اسید سولفوریک گرم ۳۰ % پیدا می کنند . افزایش سیلیسیم تا مقدار ۱۶/۵ % در چدن خاکستری باعث کاهش خوردگی آن در برابر اسیدهای گرم سولفوریک و نیتریک شده و در تمام غلظت های آن مؤثر می باشد . چدن خاکستری با ۱۴ % سیلیس در برابر خوردگی اسید کلریدریک مقاومت کمتری دارد ولی می توان با افزودن ۳/۵ % مولیبدن این مقاومت را بهبود داد همچنین می توان با افزودن تا مقدار ۱۷ % سیلیس این مقاومت را بالا برد . این چدن ها در تماس با محلولهای شامل نمک مس یا گاز مطوب کلرین مقاومت مفیدی دارند ، همچنین در برابر اسیدهای آلی و در هر غلظت و درجه حرارتی مقاوم می باشند . چدن های پر سیلیس از خواص مکانیکی ضعیفی برخوردار هستند و مخصوصاً مقاومت پایینی نسبت به شوک های مکانیکی و حرارتی دارند . ریخته گری آنها مشکل بوده و غیر قابل ماشین کاری و براده برداری هستند . استفاده ی قابل توجه این چدن به خاطر مقاومت برجسته ی آن نسبت به اسیدها می باشد . این چدن ها برای لوله کشی در کارخانه های شیمیایی و آزمایشگاه ها به کار برده می شوند .

(۲) چدن های مقاوم به خوردگی پر کروم

چدن های پر کروم با مقدار کروم ۲۰ تا ۳۵ % نظیر چدن های پر سیلیس در مقابل اسیدهای اکسید کننده مقاوم به خوردگی خوبی دارند اما در برابر اسیدهای احیاء

کننده مقاوم نیستند . این چدن ها به طور قابل اطمینانی برای استفاده در مقابل اسیدهای ضعیف تحت حالت های اکسیداسیون ، محلول های نمک ، محلول های اسید آلی و برای قرار گرفتن در معرض اتمسفر عمومی به کار میروند مقاومت در مقابل خوردگی چدن های پر کروم نسبت به اسید نیتریک استثنایی است . این چدن در برابر تمام غلظت های بالای ۹۵ % اسید فوق در درجه حرارت محیط مقاوم است . میزان خوردگی آن در سال کمتر از ۱۲ / ۰ میلی متر است و همین میزان برای تمام درجه حرارت های تا نقطه ی جوش و برای غلظت های تا ۷۰ % نیز صادق است . چدن های پر کروم با مقدار کربن کمتر از ۱ % برای دیگ های آنیلینگ سرب ، روی و آلومینیوم ، زنجیرهای انتقال دهنده و دیگر قسمت های تحت خوردگی در درجه حرارت های بالا رضایت بخش هستند . چدن های پر کروم با مقدار ۳۰ تا ۳۵ % کروم برای شرایط محیط های شدید خوردگی اسید ها مورد استفاده قرار می گیرند . این چدن ها یک مقاومت مفید به همه ی غلظت های اسید های سولفور در درجه حرارت های تا ۸۰ درجه سانتیگراد ، محلول سولفیت در کارخانه کاغذ سازی ، محلول های سفید کننده در درجه حرارت های محیط ، سولفت آلومینیوم سرد در غلظت های تا ۵ % و بعضی نمک ها که هیدرولیز می شوند تا محلول های اسیدی بدهند دارند ، این چدن ها در برابر تمام غلظت های اسید فسفریک ۶۰ % در درجه حرارت های تا نقطه ی جوش و غلظت های ۸۵ % تا ۸۰ درجه سانتیگراد مقاوم هستند . این چدن ها همچنین مقاومت خوبی در مقابل آب دریا و آب های معدنی که دارای محلول های اسیدی می باشند دارند . چدن های پر کروم خواص مکانیکی بهتری نسبت به چدن های پر سیلیس دارا هستند و وقتی که مقدار کروم و کربن به طور مناسبی بالانس باشند به آسانی عملیات حرارتی می شوند .

(۳) چدن های اوستینیتی

چدن های اوستینیتی خانواده ای از چدن ها هستند که به دلیل مقاومت در برابر

خوردگی وابستگی شدیدی به ترکیب شیمیایی دارند بنابراین رعایت حدود تغییرات عناصر در محدوده های تعیین شده بسیار مهم است . از آنجایی که سیلیسیم از تشکیل کاربیدها جلوگیری نموده و باعث رسوب گرافیت می شود لذا بایستی با در نظر گرفتن محدوده ی مجاز استاندارد مقدار آن را به بالاترین حد ممکن رساند . نوع کاربید تأثیر مهمی بر خواص ریخته گری دارد ، تشکیل کاربید بیانگر این نکته است که در هنگام انجماد گرافیت کمتری رسوب نموده است و در این صورت میزان انبساط چدن در قالب کمتر می باشد . بعلاوه کاربید های یوتکتیک کروم در مراحل انتهای انجماد نمی توانند به خوبی تغذیه شوند در نتیجه باعث ایجاد خلل و فرج و همچنین بروز انقباض های بین دندریتی در قطعه می شوند بنابراین از نظر انقباض ناشی از انجماد بهتر است که میزان کاربید ها حداقل باشد . در بیشتر چدن های آوستینیتی کروم وجود دارد که تشکیل کاربید های کروم را می دهد . به هر حال کروم مقاومت در برابر خوردگی و اکسید شدن را افزایش می دهد و در بعضی موارد برای ایجاد مقاوم سایشی زیاد بیش از ۳ % کروم به آلیاژ اضافه می شود . چدن آوستینیتی نظیر چدن های خاکستری غیر آلیاژی نسبت به ضخامت حساس هستند بدین معنی که مقاطع نازک تر نسبت به مقاطع ضخیم تر دارای کاربید های بیشتری هستند . همچنین مقدار کاربید با افزایش کربن معادل کاهش می یابد .

عوامل مؤثر در ریخته گری قطعات چدن آوستینیتی

بی عیب بودن ریختگی از جنس چدن آوستینیتی ، علاوه بر اینکه به روش های راهگاهی و تغذیه - گذاری مربوط است معمولاً به عوامل دیگری نیز بستگی دارد که بعضی از آنها از نظر اندازه ی قطعه ی ریختگی ، استحکام قالب ، ترکیب شیمیایی ، درجه حرارت ریختن و روانه زایی ، خود با یکدیگر وابستگی دارند . همیشه در نظر داشته باشید که چدن های آوستینیتی با گرافیت ورقه ای از نظر خصوصیات انقباضی و سایر خصوصیات ریخته گری شباهتی با چدن خاکستری ندارد .

کاربرد قطعات چدن آوستینیتی

از چدن های آوستینیتی برای تولید محصولاتی استفاده می شود که بایستی در محیط های گوناگون در مقابل خوردگی ، پوسته شدن مقاوم باشند و در درجه حرارت های بالا تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد رشد و خزش آنها نسبتاً کم باشد البته این آلیاژها به خاطر خواص خوب انبساطی ، الکتریکی ، غیر مغناطیسی بودن و سایر خصوصیات خوب فیزیکی مصارف بسیار زیادی دارد . همچنین از آن در تولید قطعاتی که در درجه حرارت های زیر صفر به کار گرفته می شود نیز استفاده می گردد . کاربرد اصلی این چدن ها در تولید رینگ پیستون های موتورهای دیزلی ، پمپ ها و شیرهای مورد استفاده در صنایع نمک زدائی ، شیمیایی ، نفت و تمام صنایع که آب سایر مایعات خورنده حمل می نماید ، همچنین برای تولید توربو شارژهای لوله های اگزوز ، شیرهای مقاوم در درجه حرارت های بالا ، کمپرسورها ، کلید های الکتریکی و پروانه های کشتی ها می باشد . مقاومت خوب چدن های آوستینیتی در برابر خوردگی در مقابل آب دریا ، از مهمترین عواملی است که استفاده از این نوع چدن را روز افزون نموده است .

خلاصه ای از نقش عناصر در چدن ها

- ۱ - آلومینیوم ایجاد فریت را ترغیب می کند و مقدار ۰/۰۲۵ گرافیت زاست .
- ۲ - آنتیموان پایدار کننده پرلیت است .
- ۳ - بیسموت پایدار کننده ضعیف پرلیت می باشد .
- ۴ - بر بالای ۰/۱۵ درصد پایدار کننده قوی پرلیت است .
- ۵ - کروم ، قویترین کاربید زاست همچنین ایجاد کننده پرلیت است .
- ۶ - مس در مقدار کم گرافیت زاست و بعد از قلع ، پرلیت زای خوبی است .
- ۷ - منگنز کاربید زاست و همچنین باعث ایجاد پرلیت می شود .
- ۸ - تلریم نگهدارنده ی قوی پرلیت است .
- ۹- تیتانیم زیر ۰/۲۵ درصد پیدایش گرافیت را تسهیل میکند .

۱۰ - نیکل ایجاد کننده ضعیف پرلیت است ، پیدایش گرافیت و فریت را تسهیل می کند .

۱۱ - وانادیم کاربیدزای قوی است و همچنین پرلیت زای قوی نیز می باشد .

چدن نشکن

چدن های نشکن یا چدن های با گرافیت کروی ، خا نواده ای از چدن ها هستند و همانطور که از اسمشان پیداست شکل گرافیت در آن ها کروی است. همین کروی بودن گرافیت ها ، باعث افزایش استحکام و چقرمگی در مقایسه با چدن های با گرافیت ورقه ای می گردد .

ریخته گری چدن نشکن :

اصولاً چدن نشکن با افزودن منیزیم Mg در مذاب تولید می شود. اصولاً چدن نشکن در مقایسه با چدن با گرافیت ورقه ای ، تمایل به تبرید بیشتری دارد و برای بدست آوردن ساختار عاری از کاربید مخصوصاً در مقاطع نازک ، لازم است جوانه زایی با آلیاژ سیلیسیم انجام شود.

اندازه گرافیت می تواند روی خواص مکانیکی تاثیر بگذارد . اندازه گرافیت ها به دو پارامتر بستگی دارد :

۱- آهنگ سرد شدن یا اندازه سطح مقطع . چون مقاطع نازک سریع سرد می شوند ، تعداد بیشتری گرافیت کروی خواهند داشت .

۲- جوانه زنی با آلیاژ سیلیسیم، افزایش تعداد گرافیت های کروی و کاهش تمایل به تبریدی بودن مخصوصاً در مقاطع نازک را باعث می شود. افزایش مقدار جوانه زا باعث افزایش تعداد گرافیت های کروی می شود .

تأثیر عناصر آلیاژی در گرافیت کروی :

تولید چدن نشکن یا چدن با گرافیت کروی عموماً با اضافه کردن مقادیر جزئی منیزیم به عنوان عنصری کروی کننده به مذابی

که دارای ترکیب شیمیایی مشابه چدن خاکستری می باشد انجام می گیرد ، منیزیم تنها عنصری نیست که می تواند نقش کروی کننده داشته باشد . عناصری نظیر کلسیم ، پتاسیم ، لیتیم ، لانتانیم ، و برلیم نیز می توانند ترغیب کننده گرافیت کروی باشند و دلیل استفاده از منیزیم به خاطر جنبه اقتصادی آن است .

عناصر بازدارنده گرافیت کروی نیز وجود دارند . از قبیل گوگرد ، سرب ، تیتانیم ، اکسیژن ، هیدروژن ، ازت و ...

مقدار منیزیمی که می تواند وجود گرافیت های کروی را تضمین کند بسته به مقدار اکسیژن و گوگرد محتوای مذاب بین ۰.۰۲ تا ۰.۰۶ % می باشد درجه حرارت مناسب برای افزودن منیزیم به مذاب چدن معمولاً بین ۱۴۸۰ تا ۱۵۵۰ درجه می باشد .

نقش منیزیم در کروی کردن گرافیت ها : علت کروی شدن گرافیت ها مربوط به وجود مقدار کم ولی مشخص از عنصر منیزیم می باشد یا عناصر دیگر که باید در مرحله خاصی به مذاب چدن با ترکیب شیمیایی مشخص اضافه گردند . در چدن های نشکن تشکیل گرافیت های کروی را می توان در دو مرحله مجزا (مرحله رشد و جوانه زنی) قرار داد . جوانه زنی می تواند به دو صورت هموزن با خودی یا به شکل هیتروژن یا غیر خودی انجام گیرد .

نظریه کروی شدن گرافیت :

درمورد رشد نقش عناصر کروی کننده زیاد می باشد . طبق نظریاتی اغلب محققین ضمن اعتقاد به جوانه زنی هیدروژن معتقدند که رشد گرافیت ها بر روی جوانه های موجود از مرکز به سمت خارج انجام می گیرد . طبق نظریه رشد شاخه ای اعتقاد بر این است پس از تشکیل جوانه کریستال های گرافیت به صورت کاملاً دندربیتی و شاخه ای رشد می کنند . یعنی از هر یک از جوانه های گرافیت چندین شاخه جدا می شود و این عمل تکرار می یابد . رشد این گرافیت ها مشابه رشد گرافیت ورقه ای می باشد ، منتها در مورد گرافیت ورقه ای تشکیل شاخه ها کمتر ، ولی در مورد گرافیت کروی به دلیل وجود عناصر کروی کننده تشکیل شاخه ها بیشتر است . در مورد نظریه حباب باید گفت که با نزدیک شدن به درجه حرارت انجماد مذاب ، اکسید های مختلف در مذاب شروع به رسوب کردن می نمایند . عناصر کروی کننده از طریق کم نمودن میزان اکسیژن موجود در مذاب مقدار و اندازه حباب های گازی CO را کنترل نموده و در نتیجه از متلاشی شدن آن ها جلوگیری مینماید که این امر با تاثیری که عناصر کروی کننده دارند . نهایتاً موجب کروی شدن گرافیت ها می شود ، یعنی گرافیت ها بر روی سطوح حباب ها گاز CO می زند و رشد تا پر شدن کامل حباب از گرافیت ادامه می یابد .

جوانه زنی یا تلقیح در چدن با گرافیت کروی : این مرحله از مراحل ویژه و مهم در تولید چدن نشکن است که طی آن مواد ویژه ای در مقادیر کم و در آخرین مراحل ذوب به منظور کاهش تمایل به تشکیل کاربید و ترغیب تشکیل گرافیت به مذاب چدن افزوده می شود . این جوانه ها در چدن نشکن عموماً آلیاژ فرو سیلیسیم می باشد که می تواند با وجود مقادیر کمی از عناصر نظیر Al-Cr-Br -Ca- اثر بخشی بیشتری داشته باشند .

عوامل موثر در کروی شدن گرافیت :

عوامل موثر در کروی شدن گرافیت ها : اصولاً به منظور دستیابی به گرافیت های

کروی علاوه بر شارژ مناسب ذوب به روش صحیح و درجه حرارت فوق گداز مناسب اصلاح ترکیب ذوب از نظر میزان عناصر جوانه زنی مناسب ، مقدار عناصر کروی کننده یا منیزیم باقی مانده در مذاب عواملی محسوب می گردد که در کروی کردن گرافیت ها موثر می باشند . اشکال مختلف گرافیت کروی ، با وجود شرایط ذکر شده با اشکال مختلفی در چدن نشکن به وجود می آیند و به دلیل اینکه حداکثر قابلیت فرم پذیری و بیشترین میزان مقاومت در مقابل ضربه با وجود ساختارهایی که حاوی گرافیت های کاملاً کروی می باشد ، حاصل خواهد شد لذا بسته به شرایط تولید ممکن است شکل گرافیت ها از حالت کروی کاملاً خارج گشته و به صورت های نامنظم در ساختار میکروسکوپی چدن های نشکن ظاهر گردد . این اشکال از گرافیت های کروی به ترتیب زیر می باشد ؛ ۱- گرافیت های نامنظم که گرافیت هایی هستند غیر کروی و دارای ظاهری نامنظم که تاثیر نامطلوبی بر خواص چدن نشکن دارند . دلیل تشکیل این نوع گرافیت ؛ ۱- کم بودن جوانه ها و طولانی بودن زمان نکه داری مذاب پس از جوانه زنی ۲- کمبود میزان منیزیم باقی مانده ۳- به کارگیری مواد شارژ بسیار خالص ، زیرا وجود مقدار کمی عناصر نظیر مس ، آنتیموان ، آرسنیک و سرب باعث بهسازی شکل گرافیت ها می شود.

۲- گرافیت های فشرده ، گرافیت هایی هستند که به صورت ورقه ای کوتاه و ضخیم می باشند و عواملی چون پایین بودن میزان منیزیم باقی مانده ، جوانه زنی نامناسب ، انجماد سریع در قسمت های نازک به خاطر وجود عناصری مثل تیتانیوم که باید مقدار تیتانیوم درحد کمتر از ۰.۰۴ درصد باشد.

۳- گرافیت های چانگ یا خپل ؛ این گرافیت ها شکل ظریفی از گرافیت بوده که در مقاطع قطعات ریختگی ظاهر می شود و شباهت به گرافیت های نوع E در چدن های خاکستری دارند.

عوامل به وجود آورنده :

اول : به کارگیری سریم و استفاده از میش متال (۵۰ درصد منیزیم ، ۴۵ درصد لانتانیم و باقی مانده فلزات باقی نادر)

دوم : مواد شارژ با خلوص بالا و کربن معادل بالا

۴- گرافیت های ستاره ای : این نوع گرافیت ظاهر غیر کروی ، دارای شاخ وبرگ تیز، می باشد که دلایلی مثل ناکافی بودن میزان منیزیم ، وجود مقادیری کمی از عناصری نظیر سرب ، بیسموت ، آنتیموان در ترکیب چدن نشکن است .

چدن های مالیل یا چکش خوار

چدن های چکش خوار با دیگر چدن ها به واسطه ریخته گری آنها نخست به صورت چدن سفید فرق می کنند. ساختار آنها مرکب از کاربیدهای شبه پایدار در یک زمینه ای پرلیتی است بازپخت در دمای بالا که توسط عملیات حرارتی مناسب دنبال می شود باعث تولید ساختاری نهایی از توده متراکم خوشه های گرافیت در زمینه فریتی یا پرلیتی بسته به ترکیب شیمیایی و عملیات حرارتی می شود. ترکیب به کار برده شده براساس نیازهای اقتصادی ، نحوه باز پخت خوب و امکان جذب و امکان تولید ریخته گری انتخاب می شود. مثلاً بالا رفتن Si بازپخت را جلو انداخته و موجب عملیات حرارتی خوب و سریعی با سیلکی کوتاه می شود و در ضمن مقاومت مکانیکی را نیز اصلاح می نماید. تاثیر عناصر به مقدار بسیار کم در این چدن ها دست آورد دیگری در این زمینه هستند. Te و Bi تشکیل چدن سفید در حالت انجماد را ترقی داده ، B و Al موجب اصلاح قابلیت بازپخت و توام با افزایش تعداد خوشه های گرافیت می شود میزان Mn موجود و نسبت Mn/S برای آسان کردن عمل بازپخت می بایستی کنترل گردد. عناصری از جمله Cu و Ni و Mo را ممکن

است برای بدست آوردن مقاومت بالاتر یا افزایش مقاومت به ساییش و خوردگی به چدن افزود. دلیل اساسی برای انتخاب چدن های چکش خوار قیمت تمام شده پایین و ماشینکاری راحت و ساده آنهاست. کاربردهای آنها در قطعات اتومبیل قطعات کشاورزی ، اتصالات لوله ها ، اتصالات الکتریکی و قطعات مورد استفاده در صنایع معدنی است.

چدن های گرافیت کروی یا نشکن

این چدن در سال ۱۹۴۸ در فیلادلفیای آمریکا در کنگره جامعه ریخته گران معرفی شد. توسعه سریع آن در طی دهه ۱۹۵۰ آغاز و مصرف آن در طی سال های ۱۹۶۰ روبه افزایش نهاده و تولید آن با وجود افت در تولید چدن ها پایین نیامده است. شاخصی از ترکیب شیمیایی این چدن به صورت کربن ۳,۷% ، سیلیسیم ۲,۵% ، منگنز ۰,۳% ، گوگرد ۰,۰۱% ، فسفر ۰,۰۱% و منیزیم ۰,۰۴% است. وجود منیزیم این چدن را از چدن خاکستری متمایز می سازد. برای تولید چدن گرافیت کروی از منیزیم و سریم استفاده می شود که از نظر اقتصادی منیزیم مناسب و قابل قبول است. جهت اصلاح و بازیابی بهتر منیزیم برخی از اضافه شونده هایی از عناصر دیگر با آن آلیاژ می شوند و این باعث کاهش مصرف منیزیم و تعدیل کننده آن است. منیزیم ، اکسیژن و گوگرد زدا است. نتیجتاً منیزیم وقتی خواهد توانست شکل گرافیتها را به سمت کروی شدن هدایت کند که میزان اکسیژن و گوگرد کم باشند. اکسیژن زداهایی مثل کربن و سیلیسیم موجود در چدن مایع این اطمینان را می دهند که باعث کاهش اکسیژن شوند ولی فرآیند گوگردزدایی اغلب برای پایین آوردن مقدار گوگرد لازم است. از کاربردهای این چدن ها در خودروسازی و صنایع وابسته به آن مثلا در تولید مفصل های فرمان و دیسک ترمزها ، در قطعات تحت فشار در درجه حرارت های بالا مثل شیر فلکه ها و اتصالات برای طرح های بخار و شیمیایی غلتک های خشک کن نورد کاغذ ، در تجهیزات الکتریکی کشتی ها ، بدنه موتور ، پمپ ها و غیره است.

چدن های گرافیت فشرده یا کرمی شکل این چدن شبیه خاکستری است با این تفاوت که شکل گرافیت ها به صورت کروی کاذب ، گرافیت تکه ای با درجه بالا و از نظر جنس در ردیف نیمه نشکن قرار دارد. می توان گفت یک نوع چدنی با گرافیت کروی است که کره های گرافیت کامل نشده اند یا یک نوع چدن گرافیت لایه ای است که نوک گرافیت گرد شده و به صورت کرمی شکل درآمده اند. ایت چدن ها اخیرا از نظر تجارتي جای خود را در محدوده خواص مکانیکی بین چدن های نشکن و خاکستری باز کرده است. ترکیب آلیاژ موجود تجارتي که برای تولید چدن گرافیت فشرده استفاده می شود عبارت است از: $Si\%48-$ ، $Ce\%0.2-0.5$ ، $Al\%1-1.5$ ، $Ca\%4-5.5$ ، $Ti\%8.5-10.5$ ، $Mg\%4-5$ و بقیه Fe. چدن گرافیت فشرده در مقایسه با چدن خاکستری از مقاومت به کشش ، صلبیت و انعطاف پذیری ، عمر خستگی ، مقاومت به ضربه و خواص مقاومت در دمای بالا و برتری بازمینه ای یکسان برخوردار است و از نظر قابلیت ماشینکاری ، هدایت حرارتی نسبت به چدن های کروی بهتر هستند. از نظر مقاومت به شکاف و ترک خوردگی برتر از سایر چدن ها است. در هر حال ترکیبی از خواص مکانیکی و فیزیکی مناسب ، این چدن ها را به عنوان انتخاب ایده آلی جهت موارد استعمال گوناگون مطرح می سازد. مقاومت بالا در مقابل ترک خوردگی آنها را برای قالبهای شمش ریزی مناسب می سازد. نشان دادن خصوصياتی مطلوب در دماهای بالا در این چدن ها باعث کاربرد آنها برای قطعاتی از جمله سر سیلندر ها ، منیفولدهای دود ، دیسکهای ترمز ، دیسکها و رینگهای پیستون شده است.

چدن نسوز

این نوع از چدن ها به گروهی از آلیاژهای آهنی گفته میشود که شرایط کاری آنها در محیط گرم و در درجات حرارتی تا حدود ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد می باشد در چنین درجات حرارتی چدن ها نایستی اکسیده شده و تحمل نیرو های مکانیکی را

نیز دارا باشند. در هنگامی که حد اکثر درجه حرارت ۶۰۰ درجه سانتی گراد باشد این نوع چدن ها حتی میتوانند تحت شرایط دینامیکی (همان نیروهای سیکلی یا متحرک بر قطعه) به خوبی کار کنند نیکل کرم و مولیبدن از مهمترین عناصری هستند که در این نوع چدن ها وجود دارد دارند. علاوه بر مسئله مقاوم بودن این نوع چدن ها در مقابل اکسیداسیون بایستی در اثر حرارت دیدن باد نکرده و ترک نخورند. میزان باد کردگی و رشد چدن ها در درجه حرارتی بالای ۴۰۰ درجه سانتی گراد زیاد بوده می تواند تا ۱۰ درصد نیز برسد علت رشد و باد کردگی چدن ها به دلیل تجزیه شدن سمیتیت به آهن و گرافیت در اثر حرارت است که توام با رشد و باد کردگی قطعات خواهد بود لذا برای جلوگیری از این مشکل از عناصری نظیر مولیبدن مس و کرم و فسفر استفاده می گردد به طور کلی منظور از افزودن عناصر آلیاژی حفظ استحکام چدن در درجه حرارت کار قطعه - اکسیده نشدن و عدم رشد و باد کردن چدن می باشند مهمترین عنصر آلیاژی و ارزانهترین آن کرم می باشد. چدن هایی که دارای ۲۰ درصد کرم هستند می توانند تا درجات حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد کار نموده و چدن هایی که دارای ۳۵ درصد کرم هستند تا درجه حرارت ۱۱۵۰ درجه سانتی گراد اکسیده نمی شوند.

ترکیبات مربوط به این نوع چدن ها

کربن ۲ تا ۶٪ - سیلیسیم حدود ۱ - تا ۵/۱ در صد نیکل - کرم ۱۸ تا ۲۳ مس حدود ۵/۱ - گوگرد کمتر از ۰۶/۰ - فسفر حدود ۱/۰ درصد مقدار کرم در این نوع چدن ها را می توان تا ۳۵ درصد نیز افزایش داد نمونه ای دیگر از ترکیب این نوع چدن ها : کربن ۱ تا ۲ - سیلیسیم ۵/۰ تا ۲/۲ - منگنز حد اکثر ۲۵/۰ گوگرد ۰۵/۰ - فسفر حد اکثر ۱/۰ و کرم ۳۰ تا ۳۴ درصد در تولید این نوع چدن ها از فروتیتا نیم یا فروکرم به عنوان جوانه زا استفاده می شود انواع دیگر چدن ها بژی مقاوم در مقابل حرارت چدن های پر سیلیسیم می باشد این نوع چدن ها در شرایطی مصرف می گردند که درجه حرارتی کار بالا تر از ۹۰۰ درجه سانتی گراد نباشد.

ترکیبات نمونه ای از این نوع چدن ها : کربن ۲/۲ تا ۲/۲- سیلیسیم ۵/۴ تا ۵/۵ -
منگنز ۱ تا ۵/۱ نیکل ۱۸ تا ۲۲ کرم ۸/۱ تا ۵/۴

چدن های سفید و آلیاژی مخصوص

کربن چدن سفید به صورت بلور سمانتیت (کربید آهن ، Fe_3C) می باشد که از سرد کردن سریع مذاب حاصل می شود و این چدن ها به آلیاژهای عاری از گرافیت و گرافیت دار تقسیم می شوند و به صورتهای مقاوم به خوردگی ، دمای بالا ، سایش و فرسایش می باشند.

چدن های بدون گرافیت

شامل سه نوع زیر می باشد:

چدن سفید پرلیتی

ساختار این چدن ها از کاربیدهای یکنواخت برجسته و توپر M_3C در یک زمینه پرلیتی تشکیل شده است. این چدن ها مقاوم در برابر سایش هستند و هنوز هم کاربرد داشته ولی بی نهایت شکننده هستند لذا توسط آلیاژهای پرطاقت دیگری از چدن های سفید آلیاژی جایگزین گشته اند.

چدن سفید مارتنزیتی (نیکل- سخت)

نخستین چدن های آلیاژی که توسعه یافتند آلیاژهای نیکل- سخت بودند. این آلیاژها به طور نسبی قیمت تمام شده کمتری داشته و ذوب آنها در کوره کوپل تهیه شده و چدن های سفید مارتنزیتی دارای نیکل هستند. Ni به عنوان افزایش قابلیت سختی پذیری برای اطمینان از استحاله آستنیتی به مارتنزیتی در طی مرحله

عملیات حرارتی به آن افزوده می‌شود. این جدن ها حاوی Cr نیز به دلیل افزایش سختی کاربرد یوتکتیک هستند. این چدن ها دارای یک ساختار یوتکتیکی تقریباً نیمه منظمی با کاربیدهای یکنواخت برجسته و یکپاره M3C هستند که بیشترین فاز را در یوتکتیک دارند و این چدن ها مقاوم در برابر سایش هستند.

چدن سفید پرکرم

چدن های سفید با Cr زیاد ترکیبی از خصوصیات مقاومت در برابر خوردگی ، حرارت و سایش را دارا هستند این چدن ها مقاومت عالی به رشد و اکسیداسیون در دمای بالا داشته و از نظر قیمت نیز از فولادهای ضد زنگ ارزان تر بوده و درجهایی که در معرض ضربه و یا بازهای اعمالی زیادی نیستند به کار برده می‌شوند این چدن ها در سه طبقه زیر قرار می‌گیرند:

چدن های مارتنزیتی با 12-28 % Cr

چدن های فریتی با ۳۰-۳۴ % Cr

چدن های آستنیتی با ۱۵-۳۰ % Cr و ۱۰-۱۵ % Ni برای پایداری زمینه آستنیتی در دمای پایین. طبقه بندی این چدن ها براساس دمای کار ، عمر کارکرد در تنش های اعمالی و عوامل اقتصادی است. کاربرد این چدن ها در لوله های رکوپراتو ، میله ، سینی ، جعبه در کوره های زینتر و قطعات مختلف کوره ها، قالب های ساخت بطری شیشه و کاسه نمدهای فلکها است.

چدن های گرافیت دار

چدن های آستنیتی

شامل دو نوع (نیکل- مقاوم) و نیکروسیلال Ni-Si ، که هر دو نوع ترکیبی از خصوصیات مقاومت در برابر حرارت و خوردگی را دارا هستند. اگرچه چدن های غیر آلیاژی به طور کلی مقاوم به خوردگی بویژه در محیط های قلیایی هستند، این

چدن‌ها به صورت برجسته‌ای مقاوم به خوردگی در محیط‌هایی مناسب و مختص خودشان هستند. چدن‌های نیکل مقاوم آستنیتی با گرافیت لایه‌ای که اخیراً عرضه شده‌اند از خواص مکانیکی برتری برخوردار بوده ولی خیلی گران هستند. غلظت نیکل و کرم در آنها بسته به طبیعت محیط خورنده شان تغییر می‌کند. مهمترین کاربردها شامل پمپ‌های دنده‌ای حمل اسید سولفوریک، پمپ خلا و شیرهایی که در آب دریا مصرف می‌شوند، قطعات مورد استفاده در سیستم‌های بخار و جابه‌جایی محلول‌های آمونیاکی، سود و نیز برای پمپاژ و جابجایی نفت خام اسیدی در صنایع نفت هستند.

چدن‌های فریتی

شامل دو نوع زیر می‌باشد: چدن سفید ۵٪ سیلیسیم در سیلال که مقاوم در برابر حرارت می‌باشد و نوع دیگر چدن پرسیلیسیم (۱۵٪) که از مقاومتی عالی به خوردگی در محیط‌های اسیدی مثل اسید نیتریک و سولفوریک در تمام دماها و همه غلظتها برخوردارند. اما برخلاف چدن‌های نیکل-مقاوم، عیب آن، ترد بودن است که تنها با سنگ‌زنی می‌توان ماشینکاری نمود. مقاومت به خوردگی آنها در برابر اسیدهای هیدروکلریک و هیدروفلوریک ضعیف است. جهت مقاوم سازی به خوردگی در اسید هیدروکلریک می‌توان با افزودن Si تا ۱۶-۱۸٪، افزودن ۳-۵٪ Cr یا ۳-۴٪ Mo به آلیاژ پایه، اقدام نمود.

چدن‌های سوزنی

در این چدن‌ها Al به طور متناسبی جانشین Si در غلظت‌های کم می‌گردد. چدن‌های آلیاژهای Al دار تجارتي در دو طبقه بندی یکی آلیاژهای تا ۶٪ Al و دیگری ۱۸-۲۵٪ Al قرار می‌گیرند. Al پتانسیل گرافیت‌شدگی را در هر دوی محدوده‌های ترکیبی ذکر شده حفظ کرده و لذا پس از انجماد چدن خاکستری بدست می‌آید. این آلیاژ به صورت چدن‌های گرافیت لایه‌ای، فشرده و کروی تولید می‌شوند. مزایای

ملاحظه شده شامل استحکام به کشش بالا ، شوک حرارتی و تمایل به گرافیت شدن و سفیدی کم می باشند که قادر می سازند قطعات ریختگی با مقاطع نازک تر را تولید کرد. چدن های با Al کم مقاومت خوبی به پوسته پوسته شدن نشان داده و قابلیت ماشینکاری مناسبی را نیز دارا هستند. محل های پیشنهادی جهت کاربرد آنها منیفلدهای دود ، بدنه توربوشارژرها ، روتورهای دیسک ترمز، کاسه ترمزها ، برش سیلندرها، میل بادامکها و رینگهای پیستون هستند. وجود Al در کنار Si در این نوع چدن ها باعث ارائه خواص مکانیکی خوب توام با مقاومت به پوسته شدگی در دماهای بالا می شود. این آلیاژها مستعد به تخلخل های گازی هستند. آلومینیوم حل شده در مذاب می توان با رطوبت یا هیدروکربن های موجود در قالب ترکیب شده و هیدروژن آزاد تولید کند. این هیدروژن آزاد قابل حل در فلز مذاب بوده و باعث به وجود آوردن مکه های سوزنی شکل در انجماد می شود.

چدن خاکستری

Cast iron ، آلیاژهای آهن ، کربن و سیلیکون هستند که در آن ، کربن بیشتری نسبت به مورد موجود در محلول جامد آستنیت د دمای یوتکتیک ، وجود دارد . در چدن خاکستری، کربنیکه آستنیت از حل پذیری فراتر می رود به عنوان گرافیت ورقه ای بارش می یابد. چدن خاکستری معمولاً حاوی ۲,۵ تا ۴ درصد C، ۱ تا ۳ درصد Si و مواد اضافی منگنز برحسب میکروساختار مربوطه (تا ۱,۰ درصد Mn در چدن خاکستری و تا ۱,۲ درصد در پرلیت) می باشد. فسفر و سولفور نیز در مقادیر اندکی به عنوان ناخالصی های مازاد، موجود هستند .

کامپوزیت چدن خاکستری را باید به گونه ای انتخاب نمود که سه شرط ساختاری پایه را برطرف کند :

- توزیع و شکل گرافیتی لازمه
 - ساختار عاری از کاربید (بدون مبرد)
 - ماتریکس لازمه
- برای چدن متدا ول ، ا لمنت و عناصر ا صلی کامپوزیت شیمیایی ، کربن و سیلیکون هستند . مقدار بالای کربن ، مقدار گرافیت یا Fe_3C را بالا می برد . کربن بالا و محتوای سیلیکونی ، پتانسیل گرافیتی کردن آهن را و قابلیت ریختگی آنرا ، بالا می برد . اثر ترکیبی کربن و سیلیکون روی ساختار را معمولاً با تساوی کربن (CE) در نظر می گیرند

اگرچه ا فزایش کربن و سیلیکون و مقدار آنها ، پتانسیل گرافیتی سازی را بالا می برد و در نتیجه تمایل تبرید را کاهش می دهد، ولی ا استحکام به شکل معکوس ، تحت تاثیر قرار می گیرد . ا این حالت ، بدلیل ارتقاء فریت و سختی پرلایت است . مقدار منگنز به عنوان تابعی از ماتریکس مطلوب ، تفاوت می یابد ، معمولاً می توان آنرا تا ۰.۱ درصد برای چدن فریتی و تا ۱.۲ درصد برای چدن پرلیتی ، مشاهده کرد چرا که منگنز یک ارتقاء دهنده پرلیتی قوی است . اثر سولفور باید با اثر منگنز ، بالانس و تعدیل شود. بدون وجود منگنز در چدن سولفید آهن ناخواسته (FeS) در مرز دانه ها تشکیل خواهد شد. اگر مقدار میزان سولفور با منگنز تعادل گردید ، آ نگاه سولفید منگنز (MnS) تشکیل می شود که اثر مخرب ندارد چرا که درون دانه ها توزیع می شود.

المنت و عناصر اندک دیگری مثل آلومینیم ، آنتیموان ، آرسنیک ، بیسموت ، روی ، منیزیم ، سربوم و کلسیم می توانند به شکل قابل ملاحظه ای مورفولوژی (رخت شناسی) گرافیتی و میکروساختارهای ماتریکس را تغییر دهند .

بطور کلی ، عناصر و ا لمنت های آ لیاژی را می توان به سه طبقه تقسیم بندی

کرد: سیلیکون و آلومینیوم ، پتانسیل گرافیتی شدن را برای تغییر و تبدیل یوتکتوئید و یوتکتیک افزایش می دهد و تعداد ذات گرافیت را بالا می برد . آنها در ماتریکس یک سری محلول حاوی کلوئید می سازند. از آنجا که آنها نسبت فریت / پرلیت را بالا می برند ، استحکام و سختی را کاهش می دهند .

نیکل ، مس ، قلع ، پتانسیل گرافیتی شدن را طی تغییر و تبدیل یوتکتیک ، افزایش می دهد ولی آنرا طی تبدیل یوتکتوئید کاهش می دهد ، بنابراین نسبت پرلیت / فریت را بالا می برد . این اثر ثانویه بدلیل بازنشستگی پراکنش کربن است . این المنت ها و عناصر در ماتریکس ، محلول های جامد می سازند از آنجا که آنها مقدار پرلیت را بالا می برند ، استحکام و سختی نیز بالا می رود . کرم ، مولیبدن ، تنگستن و وانادیوم پتانسیل گرافیتی سازی در هر مرحله را کاهش می دهند . بنابراین مقدار کاربید و پرلیت را افزایش می دهند . بطور اصولی آنها در کاربید متمرکز می شوند و یک سری کاربید های نوع FeX (nc) می سازند ولی محلول جامد aFe را هم آلیاژ می کنند . تا زمانیکه شکل کاربید روی نداده است ، این عناصر و المنت ها ، استحکام و سختی را افزایش می دهند . در بالاتر از یک سطح خاص ، هر کدام از اینها جامد شدن یک ساختار دارای Fe_3C (ساختار مخطط) را تعیین می کنند که دارای استحکام کمتر ولی سختی بالاتر می باشد . بطور کلی می توان اینگونه فرض کرد که خواص زیر چدن خاکستری با افزایش استحکام کششی از کلاس ۲۰ به کلاس ۶۰ افزایش می یابد :

- تمام استحکام ها ، شامل استحکام در دمای بالا رفته
- قابلیت ماشین سازی شدن تا پرداخت کاری ظریف
- مدول کشسانی
- رزیستانس سایش

از سوی دیگر ، خواص دیگر با افزایش استحکام کششی ، کاهش می یابد به شکلی که چدن دارای استحکام کم اغلب از چدن استحکام بالا بهتر عمل می کند . البته زمانیکه این خواص مهم باشند :

- قابلیت ماشین‌ساز شدن
- رزستانس شوک حرارتی
- ظرفیت damping
- قابلیت ریخته گری شدن در قطعات نازک

تولید موفقیت آمیز یک ریخته گری چدن خاکستری به سیال بودن فلز مذاب و نرخ و میزان خنک شوندگی بستگی دارد که تحت تاثیر حداقل ضخامت قطعه و تنوع آن ، قرار می گیرد .

طراحی قالب ریزی و ریخته گری

اغلب برحسب حساسیت قطعه شرح می دهند . این امر ، تلاشی است برای ارتباط دهی خواص در بخشهای اصلی ریخته گری با ارات ترکیبی کامپوزیت و نرخ میزان خنک شوندگی . تمامی این فاکتورها به یکدیگر مرتبط هستند و می توان آنها را در یک عنوان کلی مطرح نمود یعنی قابلیت ریخته شدن که برای چدن خاکستری می تواند در یک mold ، حفره دارای نسبت مشخص حجم / مکان و خواص مکانیکی مطابق با نوع آهن ریخته شونده ، تولید شود . افت های حاصل از جریان غلط ، بسته شدن سرد و یا گوشه های گرد . اغلب به فقدان سیالیت فلزی نسبت می یابد و ارتباط پیدا می کند که قرار است ریخته شود . شرایط قالب ، سرعت و میزان ریختن و دیگر متغیرهای جریانی برا برو سیال بودن آهن خاکستری صنعتی ، عمدتاً به مقدار و میزان سوپر حرارت بالاتر از دمای یخ زدن (مایع) وابسته است . با کاهش میزان کل کربن ، دماهای مایع ، افزایش می یابد . و سیال

بودن در یک دمای ریختن ، با کاهش مواجه می شود . سیال بودن را معمولاً به شکل طول جریان در یک قالب تست سیال نوع کروی ، اندازه گیری می کنند .

اهمیت رابطه بین سیال بودن ، مقدار کربن و دمای ریختن زمانی واضح می شود که مشخص گردد درجه بندی در استحکام طبقه ASTM چدن خاکستری تا حد زیادی به تفاوت و اختلاف کربن ($3.60 \sim$ تا 3.80 در صد برای کلاس 20 ؛ $2.70 \sim$ تا 2.95 درصد برای کلاس 60) وابسته است . بنابراین سیال بودن این چدن ها به معیار حد ماکزیمم دمای ریختن ، ارتباط می یابد . میکروساختار معمولی چدن خاکستری ، ماتریکسی از پرلیت با گرافیت فلسی پراکنش یافته کلی می باشد. شیوه کارخانه می تواند به گونه ای تنوع داشته باشد که هسته ای شدن و رشد گرافیت فلسی در آلودگی انجام گردد که به تسریع و خواص مورد نظر، بیانجامد. مقدار، اندازه و توزیع گرافیت ها نیز حائز اهمیت هستند . خنک شوندگی که خیلی هم سریع است می تواند آهن به اصطلاح مبرد شده بسازد که در آن کربن مازادی به شکل کاربیدهای بزرگ ، مشاهده می شود . خنک شوندگی در سرعت و میزان پایین تر می تواند چدن خالدار ایجاد کند که در آن ، کربن به شکل سیمانی اولیه (کاربید آهن) و گرافیت ، ظاهر می شود .

گرافیت ورقه ای یکی از هفت نوع (شکل یا فرم) گرافیت شک گرفته در $A 247$ ASTM است . گرافیت ورقه ای به پنج گروه تقسیم بندی می شود (آلودها) که آنها را با حروف ، نشان می دهند : از A تا E . اندازه گرافیت با مقایسه یک چارت اندازه ASTM مشخص می شود که ظاهرهای عادی فلس های هشت اندازه مختلف را در بزرگنمایی $100\times$ نشان می دهد .

گرافیت ورقه ای نوع A (جهت گیری پراکنده) برای اکثر مصارف و کاربردها مناسب است . در اندازه های حدوسط فلس ، نوع گرافیت فلسی A ، به دیگر انواع در

کاربردهای دارای سایش خاص مثل سیلندرهای موتورهای احتراق درونی ، عالی تر و برتر هستند . گرافیت ورقه ای نوع A (آلگویی روزت) ، خاص خنک شوندگی سریع است . مثل حالت متداول قطعات نازک (حدود 10 mm) و در امتداد قطعات قطور تر و بعضی مواقع از تلقیح ضعیف ، حاصل می شوند .

فلس های بزرگ نوع C در چدن و آهن های هایپر یوتکتیک فرم می یابند . این فلس های بزرگ ، رزیستانس و مقاومت به شوک حرارتی را با افزایش هدایت گرناپی و کاهش مدول الاستیک تسهیل و تسریع می کنند . از سویدگر ، فلس های بزرگ به پرداخت های سطحی خوب در قطعات مکانیکی یا استحکام بالا ، یا رزیستانس تماسی خوب ، جوابگویی و هدایت (رسانایی) ندارند .

فلس های کوچک و با شکل درونی دندریتی دارای جهت گیری در نوع D ، یک پرداخت ماشینی شده ظریفی را با تقلیل حفره دار شدن سطح فراهم می سازد ولی به دست آوردن یک ماتریکس پرلیت با این نوع گرافیت ، مشکل می باشد . نوع D ممکن است نزدیک سطوح خنک شده یا در قطعات نازک شکل گرفته باشد . به شکل متناوب ، این گرافیت ها با یک ماتریکس فریت ، احاطه شده اند و در قالب ریزی و ریخته گری ، m نقطه نرم را ایجاد می کنند .

نوع E به شکل درون دندریتی است که به جای جهت گیری پراکنده دارای جهت گیری ترجیحی است . نوع E ، علیرغم نوع D می تواند با ماتریکس پرلیت همراه باشد و بنابراین ، یک ریختگری را اجاد می کند که خواص سایشی آن به خوبی مورد یک ریختگری حاوی نوع گرافیت A در یک ماتریکس پرلوتیت می باشد . در واقع کاربردها و مصارف متعددی وجود دارد که در آن نوع فلس تا زمانیکه به شرایط خواص مکانیکی رسیده باشیم از اهمیت بالایی برخوردار نیستند .

چدن خاکستری یکی از قدیمی ترین فرآورده های ریخته گری فروز است . علیرغم رقابت با مواد جدید تر و ارتقاء انرژی آنها ، چدن خاکستری را هنوز برای آن کاربردها مافری بکار می برند که خواص آن ، ثابت نموده است برای این کاربرد بسیار مناسب است . چدن خاکستری پس از فولاد نوری پر مصرف ترین ماده فلزی جهت امور مهندسی است . در سال ۱۹۶۷ تولید چدن خاکستری بیش از ۱۴ میلیون تن و یا دو و نیم برابر حجم و مقدار دیگر انواع قالب ریزی و ریخته گری ها ترکیبی بود . دلایل متعددی برای معروفیت و کاربرد وسیع آن وجود دارد .

چدن خاکستری دارای خواص متعدد و مطلوبی است که مواد دیگر ، آنها را ندارند و هنوز در مان ارزان ترین مواد موجود و در دسترس مهندسین می باشد . ریختگری چدن خاکستری در کاخانه هایی صورت می گیرد که سرمایه گذاریهای خوبی انجام داده اند . هدف از این متن ، برانگیختن توجه شما به سوی خواص و شاخصه های چدن خاکستری است که این ماده را بسیار مفید کرده است . چدن خاکستری یک از آسانترین قالب ریزیهای تمام فلزات را در کارخانه دارد و دارای پایین ترین دمای رختن فروس و فلزات است که ان امر در سیال بودن بالای آن و قابلیت ریختگری به شکل های متنوع مشهود است . بدلیل حالت خاصی طی مراحل آخر جامد شدن دارای پارگی جامد اندک و یا در بعضی موارد ، فاقد پارگی مایع به جامد است به گونه ای که بنظر می رسد قالب ریزی ، سریعاً به دست می آید . برای اکثر مصارف و کاربردها ، چدن خاکستری را در شرایط قطعه خام آن بکار می برند که این کار ، تولید را ساده می سازد . چدن خاکستری دارای کیفیت ماشینی شدن عالی است و این حالت سطحی با خواص سایشی عالی فراهم می کند . رزیستانس چدن خاکستری به خط انداختن و خراشیدگی با ماتریکس مناسب و ساختار گرافیتی خوب ، از مشهوریت و معروفیت بالایی برخوردار است .

ریخته گریهای چدن خاکستری را می توان در هر پروسه کارخانه ای معین انجام داد . جالب تر اینکه علیرغم این واقعیت که چدن خاکستری یک ماده قدیم و با مصرف بالا در ساخت و سازهای مهندسی است ولی متالورژی ماده را تا چند سال اخیر ، درستی و دقت ، مشخص نکرده بودند . خواص مکانیکی چدن خاکستری نه تنها با کامپوزیت آن مشخص است بلکه شدیداً تحت تاثیر شیوه اجراء و کار کارخانه ، خصوص سرعت و میزان خنک شوندگی در ریختگری ، می باشد . تمام کربن در چدن خاکستری ، غیر از مقدار ترکیب شده با آهن برای تشکیل پرلت در ماتریکس به عنوان گرافیت و به شکل فلس هایی با اندازه و شکل متنوع می اشد . وجود همین فلس هایی شکل گرفته در جامد شدن است که خواص و شاخصه های آهن خاکستری را ایجاد می کند . در ضمن وجود این فلس ها خواص مطلوب را به چدن خاکستری می دهد .

متالورژی چدن خاکستری

مک کنزی در مقاله سال ۱۹۴۴ خود از چدن به عنوان " فولاد به اضافه گرافیت " اشاره کرد . اگرچه تعریف ساده وی هنوز هم بکار می رود. ولی خواص چدن خاکستری تحت تاثیر مقدار گرافیت موجود ، شکل ، اندازه و توزیع گرافیت پوخته ای می باشد . اگرچه ماتریکس به فولاد شباهت دارد ولی مقدار سیلیکون بالا ، به همراه سرعت خنک شوندگی بر مقدار کربن در ماتریکس اثر می گذارد . چدن خاکستری به دسته ای آلیاژهای سیلیکونی کربن بالا متعلق است که آهن های حبه ای و چکش خوار را نیز در برمی گیرد . به استثناء منیزیم و دیگر المنت ها و عناصر دانه ای شونده در آهن حبه ای می توان با واریاسیون هایی در شیوه ذوب و تولید ، هر سه ماده از یک کامپوزیت و ترکیب تولید نمود . علیرغم مصرف بالای چدن خاکستری ، متالورژی آن از سوی کاربران و مصرف کنندگان زیادی دقیقاً شناخته نشده است و حتی بعضاً تولیدکنندگان نیز از آن اطلاع دقیقی ندارند . یکی

از اولین و کامل ترین مباحث متالوژی چدن خاکستری را می توان در کتب مربوطه مشاهده کرد . تازه ترین مرور و بررسی متالوژی چدن و تشکیل گرافیت از سوی ویزر و همکارانش ارائه شده است . در اینجا برای جلوگیری از دو گانه شدن اطلاعات فقط حالات ضروری ترمالوژی چدن خاکستری را به بحث می گذاریم .

ترکیبات و کامپوزیت

چدن خاکستری با دامنه وسیعی از ترکیبات ، ساخته و تولید می شود . کارخانجات دارای شرایط مشابه ، ممکن است جهت بهره مندی و سود بیشتر و یا صرفه جویی در هزینه مواد خام موجود و ماهیت کلی نوع ریخته گری حاصله در کارخانه خود ، از ترکیبات متنوعی استفاده کنند به همین دلیل ، آخال ترکیبات و مواد شیمیایی در مشخصات محصول خریداری شونده جهت قالب ریزی باید تا حد ممکن بر طرف شود چراکه این امر نکته مهمی در تولید به شمار می آید . دامنه کامپوزیت هایی که ممکن است در ریخته گری چدن خاکستری مشاهده شود می تواند اینگونه باشد : منیزیم ۲,۷۵ تا ۴,۰۰ درصد ؛ منگنز ۰,۲۵ تا ۱,۵۰ درصد ؛ سولفور ۰,۰۲ تا ۰,۲۰ درصد ؛ فسفر ۰,۰۲ تا ۰,۷۵ درصد . یک یا چند مورد از عناصر آلیاژی زیر نیز ممکن است در مقادیر مختلفی وجود داشته باشد . مولیبدن ، مس ، نیکل ، وانادیوم ، تیتانیوم ، قلع ، آنتیمون و کرم . نیتروژن نیز بین ۲۰ تا ۹۲ ppm وجود دارد