

عملیات حرارتی فولادها

۱- تنش زدایی :

تنش زدایی عملیات حرارتی است که برای کاهش تنش های پس ماند در سطح مطلوبی در فولاد ها اجرا می شود ، طوری که قطعه یا مجموعه مونتاژی وظایف خود را بدون تغییر شکل غیر مجاز ، ترک خوردن در طی عملیات حرارتی یا فرآوری، و یا از کار افتادگی در حین کار در پایین تر از تنش های طراحی انجام دهد. این عملیات برای اصلاح اساسی ریز ساختار یا نیل به خواص مکانیکی مطلوب به کار نمی رود.

تنش زدایی عبارت است از حرارت دادن فولاد تا دمای مناسب و کمتر از محدوده تغییرات ، ماندن در این دما در دوره زمانی مشخص، و سپس سرد کردن آهسته (معمولا در هوای آرام) تا دمای محیط برای به حداقل رساندن تنش های پس ماند مجدد. معمولا مقاطع سنگین قبل از سرد کردن در هوای آرام تا دمای محیط، تا دمای یا کمتر در کوره سرد می شوند.

۲- تابکاری :

۱-۲- همگن سازی :

همگن سازی عملیات حرارتی است که در آن جسم در دمای بالا به مدت طولانی نگه داشته می شود و به کمک فرآیند نفوذ ، ناخالصی شیمیایی در شمش ها و ریختگی ها کاهش داده می شود. این عملیات نه تنها قابلیت کار گرم را بهبود می بخشد، بلکه پاسخ یکنواخت تری را در طی عملیات حرارتی بعدی فراهم می سازد. همگن سازی عبارت است از حرارت دادن سریع شمش ها یا ریختگی ها تا دمای ، نگه داشتن در این دما برای حدود ۶-۸ ساعت و سپس سرد کردن آهسته تا دمای محیط. در فولاد پس از همگن سازی، ریز ساختار درشت دانه ایجاد می شود که با کار گرم بعدی شمش ها یا تابکاری کامل یا یکنواخت سازی ریختگی ها حذف می گردد

۲-۲- تابکاری کامل :

تابکاری کامل عملیات حرارتی است که اساسا در فولادهای هیپراوتکتوئید برای ایجاد ریز ساختار فریت-پرلیتی با استحکام و سختی کم و انعطاف پذیری زیاد و به منظور بهبود خواص شکل پذیری سرد یا قابلیت ماشین کاری به کار می رود. گاهی تابکاری کاملی در فولاد های هیپراوتکتوئید برای شکست شبکه های پیوسته کاربرد از طریق هم جوشی ذرات مجزای کاربرد به کار می رود.

تابکاری کامل عبارت است از حرارت دادن فولاد تا بیش از دمای AC_3 در فولادهای هیپراوتکتوئید و یا بیش از دمای AC_3 برای فولاد های هیپراوتکتوئید ، نگه داشتن در این دما تا یکنواخت شدن دمای تمام مقطع ، سپس سرد کردن در کوره با نرخ کنترل شده در محدوده تغییرات بحرانی و در ادامه سرد کردن تا دمای محیط در هوای آرام.

۲-۳- تابکاری هم دما :

تابکاری هم دما عملیات حرارتی است که معمولاً به منظور کاهش مدت عملیات تابکاری و ایجاد ریز ساختار همگن تر جایگزین تابکاری کامل می گردد. اصولاً این عملیات بر روی فولادهای غیر آلیاژی و کم کربن و با کربن متوسط به کار می رود و نتیجه آن ایجاد ریز ساختار درشت فریت - پرلیتی بدون باینیت برای بهبود قابلیت ماشین کاری است.

تابکاری هم دما عبارت است از آستنیت سازی ، سرد کردن سریع تا دمای کمتر از Ar_1 (معمولاً کمتر از Ar_1) و نگه داشتن در این دما تا اینکه تغییرات آستنیت به پرلیت و فریت کامل شود. سرد کردن نهایی تا دمای محیط ، معمولاً در هوای آرام است.

۲-۴- کرووی سازی :

کرووی سازی عملیات حرارتی است که برای ایجاد ریز ساختار ذرات کرووی کاربرد که به طور یکنواخت در زمینه فریت پراکنده هستند، به کار می رود و نتیجه آن بهبود شکل پذیری سرد فولادهای کم کربن و با کربن متوسط، و قابلیت ماشین کاری فولادهای پر کربن مانند فولادهای ابزار می باشد. کرووی سازی را با یکی از روشهای زیر می توان انجام داد:

الف- نگهداشتن طولانی مدت در دمای کمتر از Ae_1 .

ب- حرارت دادن و سرد کردن متناوب بین دماهای بیش از Ac_1 و کمتر از Ar_1 تعداد سیکل های مورد نیاز برای کرووی سازی موثر میتواند ۴ مرتبه باشد.

ج- حرارت دادن تا دمای بیش از AC_1 و سپس سرد کردن خیلی آهسته در کوره تا کمتر از Ar_1 و نگه داشتن در زمان طولانی در آن دما .

۲-۵- فرآیند تابکاری :

فرآیند تابکاری عملیات حرارتی است که در فولادهای کار سرد برای برگرداندن انعطاف پذیری و آسان شدن تغییر شکل سرد بعدی و در فولادهای آلیاژی و پر کربن کار گرم برای جلوگیری از ترک برداشتن و نرم کردن آنها برای برش ، رو تراشی و صافکاری به کار می رود.

فرآیند تابکاری عبارت است از حرارت دادن فولاد تا دمای کمتر از Ae_1 (معمولاً کمتر از Ae_1) ، نگه داشتن در این دما در مدت مناسب بر حسب میزان نرم کردن مورد نیاز ، و سپس سرد کردن در هوای آرام تا دمای محیط.

۲-۶- تابکاری نرم :

تابکاری نرم عملیات حرارتی است که برای کاهش سختی فولاد به مقدار مورد نظر و بهبود قابلیت ماشین کاری به کار می رود. تابکاری نرم عبارت است از حرارت دادن فولاد تا دمای کمتر از Ae_1 (معمولاً بین و

(Ae1) ، نگه داشتن در این دما در مدت مناسب بر حسب میزان نرم کردن مورد نیاز ، و سپس سرد کردن در هوای آرام تا دمای محیط .

۲-۷ - تابکاری انحلالی :

تابکاری انحلالی عملیات حرارتی است که در فولادهای زنگ نزن آستنیتی برای حل شدن کاربیدهای مرزخانه ای و برگرداندن مقاومت خوردگی عادی به کار می رود. تابکاری انحلالی عبارت است از حرارت دان فولاد زنگ نزن آستنیتی تا دمای نگهداشتن در این دما برای مدت زمان کافی تا حل شدن کاربیدها و همگن شدن آستنیت ، و سپس سرد کردن سریع (معمولاً در آب یا هوا) تا دمای محیط ، برای اجتناب از رسوب شدن مجدد کاربیدهای مرزخانه.

۳- یکنواخت سازی :

یکنواخت سازی عملیات حرارتی است که برای ایجاد شرایط زیر به کار می رود : ریز ساختار ریز و یکنواخت ، خواص مکانیکی مناسب (برای مثال فولاد یکنواخت شده دارای استحکام و سختی بیشتر و انعطاف پذیری نسبتاً کمتر از فولاد کاملاً تابکاری شده می باشد) بهبود قابلیت ماشین کاری فولادهای غیر آلیاژی دارای ۵/۰ - ۴/۰ درصد کربن ، حذف شبکه های کاربید در فولادهای هیپراوتکتوئید و تامین شرایط عملیات حرارتی بعدی.

۴- سخت کاری با آب دهی :

سخت کاری با آب دهی ، عملیات حرارتی است که شامل آستنیت سازی و سپس سرد کردن است، طوری که تغییرات کامل یا نسبی آستنیت با مارتنزیت و احتمالاً باینیت صورت پذیرد. فولاد پس از آب دهی سخت، با استحکام بالا و ترد است. سخت کاری با آب دهی فوراً با برگشت دهی ادامه می یابد و منظور ایجاد ترکیب مناسبی از استحکام ، سختی و چقرمگی می باشد. معمولاً محیط آب دهی ، آب ، روغن یا محلول پلیمری است. بعضی از فولادها با سختی پذیری بالا در هوای تحت فشار یا حتی در هوای آرام آب دهی می شوند. سخت کاری با آب دهی فوراً با برگشت دهی در دمای خاص برای حداقل h_1 ادامه می یابد.

۵- برگشت دهی (بازپخت) :

برگشت دهی عملیات حرارتی است که پس از آب دهی یا یکنواخت سازی به کار می رود و هدف از آن کاهش تنشهای پس ماند ناشی از سرد کردن و تغییرات و نیز افزایش انعطاف پذیری و چقرمگی و تنظیم استحکام در سطح مطلوب می باشد. عموماً برگشت دهی منجر به کاهش سختی می شود اما در بعضی از موارد می تواند باعث افزایش سختی ثانویه نیز شود.

۶- مارتمپرینگ :

مارتمپرینگ عملیات حرارتی است که به منظور کاهش احتمال ترک برداشتن و تغییر شکل به جای سخت کاری با آب دهی به کار می رود. مارتمپرینگ عبارت است از آستنیت سازی ، و سپس آب دهی (معمولاً در

روغن داغ یا نمک مذاب) در سرعت مناسب برای جلوگیری از تشکیل فریت ، پرلیت یا باینیت تا دمای کمی بیشتر از Ms و ننگ داشتن در این دما تا یکنواخت شدن دمای تمام مقطع ، اما نه آنقدر زیاد که باینیت کل گیرد . سرد کردن نهایی در هوای آرام انجام می شود که در ی آن عملا به طور همزمان مارتنزیت در سرتاسر مقطع شکل می گیرد . اگر فولاد با آب دهی سخت شده باشد . بعد از مارتمپرینگ به همان طریق باید برگشت دهی شود .

۷- آستمپرینگ :

آستمپرینگ عملیات سختکاری است که به منظور بهبود خواص مکانیکی (به ویژه انعطاف پذیری و چقرمگی بیشتر در سختی بالای مورد نظر) و نیز کاهش احتمال ترک برداشتن و تغییر شکل برشی به جای سخت کاری با آب دهی و برگشت دهی به کار می رود . بعد از آستمپرینگ نیاز به برگشت دهی نمی باشد .

۸- سخت کاری سطحی :

۸-۱- کربن دهی :

کربن دهی عبارت است از حرارت دادن قطعه فولادی تا دمای ۸۸۰ تا ۱۰۵۰ درجه سلسیوس (ترجیحا بین ۹۰۰ تا ۹۵۰ درجه سلسیوس) در اتمسفر کربوریزه کننده شامل مخلوط جامدی از ذغال چوب یا کک و محلول کاتالیزور (برای کربن دهی لفافی) ، گازهای هیدروکربن های مایع تبخیر شده (برای کربن دهی گازی) یا حمام نمک مذاب شامل کلریدهای قلیایی خاکی فعال کننده با اضافات کلرید قلیایی و سیانید قلیایی (برای کربن دهی مایع) و ننگ داشتن در این دما در مدت زمان کافی تا نیل به عمق سطح مطلوب . معمولا عمق های سطح ایجاد شده کمتر از ۱/۵ میلی متر هستند . فولاد پس از کربن دهی فورا یا بعدا در محیط مناسب معمولا در آب یا روغن ، با اضافات یا بدون آن آب دهی می شود .

۸-۲- کربونیتريد کردن :

این عملیات به منظور ایجاد لایه سطحی مارتنزیت سخت با مقاومت سایشی و مقاومت خستگی خوب ، فورا با سختکاری با آب دهی و برگشت دهی ادامه می یابد . این عملیات با آب دهی در روغن یا آب ، با اضافات یا بدون آن ، مستقیما از دمای کربونیتريد کردن یا بعد از سرد کردن آهسته تا دمای محیط و حرارت دادن مجدد تادمای سختکاری با آب دهی و سپس برگشت دهی برای حداقل h_1 در دمای ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سلسیوس ادامه می یابد .

۸-۳- سیانوردهی (کربونیتريد کردن مایع) :

سیانوردهی عبارت است از حرارت دادن قطعه فولادی تا دمای ۷۰۰ تا ۸۷۰ درجه سلسیوس در حمام نمک مذاب شامل سیانیدها و سیاناتهای قلیایی و ننگ داشتن در این دما در مدت زمان کافی برای ایجاد عمق

سطح مطلوب. این عملیات با آب دهی در روغن یا آب ، با اضافات یا بدون آن مستقیماً از دمای سیانوردهی و سپس برگشت دهی برای حداقل $h1$ در دمای 150 تا 200 درجه سلسیوس ادامه می یابد.

۸-۴- نیتروژن دهی :

این عملیات برای ایجاد سختی سطحی بالا و افزایش مقاومت سایش ، افزایش مقاومت خستگی و بهبود مقاومت خوردگی فولادهای غیر زنگ نزن به کار می رود . نیتروژن دهی در مقایسه با سایر روشهای سختی سطحی می تواند با حداقل تغییر شکل برشی و کنترل ابعادی عالی به انجام برسد . همچنین سطوح نیتريد شده می توانند سختتر از سطوح کربوریزه شده باشند و تا دمای نیتروژن دهی کاملاً پایدار هستند . همه سطوح قابل عملیات حرارتی قبل از نیتروژن دهی با آب دهی سخت می شوند ، برگشت دهی شده و سپس با ماشینکاری پرداخت می شوند

۸-۵ - نیتروکربوریزه کردن فریتی گازی :

این عملیات برای ایجاد لایه سطحی مقاوم به سایش و افزایش مقاومت خستگی به کار می رود و با حداقل تغییر شکل برشی و کنترل ابعادی عالی به انجام می رسد.

۹- سخت کاری سطحی :

۹-۱- سخت کاری با شعله

سخت کاری با شعله عملیات سخت کاری است که برای ایجاد لایه سطحی سخت مارتنزیت با مقاومت سایشی و مقاومت خستگی خوب و بدون تغییر خواص مغز در قطعات فولادی به کار می رود . در طی این فرآیند ، تغییری در ترکیب شیمیایی فولاد به وجود نمی آید سخت کاری با شعله عبارت است از حرارت دادن سریع لایه سطحی قطعه فولادی با شعله تا بیش از دمای تغییرات بالایی (حدود 50 درجه سلسیوس بیشتر از دمای آب دهی) و سپس آب دهی فوری در آب ، مخلوط قابل حل آب - روغن یا محلول پلیمری آبدار . فولاد فوراً پس از سخت کاری با شعله برای حداقل $h1$ در 150 تا 180 درجه سلسیوس برگشت دهی می شود.

۹-۲ - سخت کاری القایی

سخت کاری القایی عملیات سخت کاری سطحی است که برای ایجاد لایه سطحی سخت مارتنزیت با مقاومت سایشی و مقاومت خستگی خوب و بدون تغییر خواص مغز در قطعات فولادی به کار می رود . در طی این فرآیند تغییری در ترکیب شیمیایی فولاد به وجود نمی آید .

سخت کاری القایی عبارت است از حرارت دادن سریع لایه سطحی قطعه فولادی با القای الکترو مغناطیسی تا بیش از دمای تغییرات بالایی (حدود 50 درج سلسیوس بیشتر از دمای آب دهی) و سپس آب دهی فوری در آب ، مخلوط قابل حل آب - روغن یا محلول پلیمری آبدار .

تأثیر آلومینیوم در فولادها :

آلومینیوم فلز سبک به رنگ نقره ای بوده که با لایه نازکی از اکسید آلومینیوم پوشیده شده است که این اکسید به محض تماس آن با هوا با سرعت زیاد تشکیل می شود. اکسید آلومینیوم نقطه ذوب بسیار بالاتری از آلومینیوم خالص دارد. آلومینیوم در حالت فلزی سمی نیست و خاصیت مغناطیسی ندارد. استحکام کششی آن در حالت خالص تقریباً ۴۹ Mpa و در حالت آلیاژی تا ۴۰۰ Mpa نیز می رسد. چگالی آن تقریباً یک سوم چگالی آهن است و داکتیل و چکش خواری بالایی دارد و به راحتی ریخته گری یا ماشینکاری می شود. به دلیل وجود اکسید آلومینیوم بر روی سطح آن، مقاومت خوردگی و ماندگاری بسیار بالایی دارد. این فلز رسانایی بسیار خوبی برای حرارت و گرما است.

چینی ها تقریباً از سال ۳۰۰ ق م از آلومینیوم استفاده می کردند. یونانی ها و رومی های قدیمی از نمک های آن به عنوان رنگدانه و قابض برای بند آمدن زخم ها استفاده میکردند. در سال ۱۷۶۱ میلادی، گیتون موروی (Guyton de Morveau) پیشنهاد کرد که فلز پایه آلوم را آلومین نام گذاری نمایند. در سال ۱۸۰۸، همفری دیوی (Humphry Davy) این فلز را شناسایی نمود و آن را ابتدا آلومیوم (Alumium) و سپس آلومینیوم (Aluminum) نام نهاد.

فریدریش وهلر (Friedrich Wohler) از طریق مخلوط کردن کلرید آلومینیوم بی آب با پتاسیوم در سال ۱۸۲۷ توانست آلومینوم را جدا نماید. البته دو سال بعد توسط شیمیدان و فیزیکدان دانمارکی به نام هانس کریستین اورستد (Hans Christian Orsted)، آلومینوم به شکل ناخالص تولید شد. از اینرو از وی به عنوان اولین کسی که توانست آلومینیوم را کشف نماید، یاد می شود. روش وهلر در سال ۱۸۴۶ توسط دانشمند فرانسوی به نام هنری دوویل (Henri Saint Claire Deville) اصلاح یافت و در این روش بهبود، سدیم جایگزین پتاسیم گردید که بسیار گران بود.

در سال ۱۸۸۶، مقاله ای توسط چارلز مارتین هال (Charles Martin Hall) منتشر شد که در آن فرآیند الکترولیتی برای استخراج آلومینیوم توضیح داده شده بود که مشابه با روشی بود که همزمان توسط پاول هرولت (Paul Heroult) در اروپا ارایه شده بود. این روش که بنام روش هال-هرولت نامیده می شود، سبب شد که روش استخراج آلومینیوم از کانی ها بسیار ارزان شده که هنوز هم از روش های اصلی برای استخراج آلومینوم در سراسر دنیا محسوب می شود. البته یادآوری این نکته مهم است که با این روش استحصال آلومینیوم بسیار خالص ممکن نیست.

آلومینیوم یک عنصر سمی است که می تواند مسبب تغییر عملکرد دیواره های خونی مغز شود. شاید به جرات می توان گفت که این عنصر جزو معدود عناصری است که هیچ تأثیر مثبتی بر کارکرد سلول های زنده ندارد. برخی اشخاص به آن حساسیت نشان می دهند از جمله جوش هایی که با خارش همراهند، اختلالات گوارشی و عدم توانایی در جذب مواد مغذی در هنگام پخت با ظرف های آلومینیومی. در اشخاص دیگر

،آلومینیوم عنصر سمی نمی باشد ولی اگر به مقدار زیادی توسط اشخاص استفاده شوند،میتواند مسمومیت هایی را در پی داشته باشد.

اما این عنصر در فولاد سازی ،اکسیژن زدای بسیار قوی بوده ، پایدار کننده نیتروژن و اصلاح کننده اندازه دانه است.برای این منظور درصد آلومینیوم کمتری نیاز است. آلومینیوم باعث پایداری فاز فریت در ریزساختار می شود. در درصدهای حدود ۱ درصد فاز فریت بطور کامل پایدار می شود.

به دلیل ماهیت فیزیکی و شیمیایی این عنصر در ترکیب با اکسیژن ، فیلم سطحی بسیار محکم اکسید آلومینیوم در سطح تشکیل می دهد که مقاومت خوردگی سطحی را افزایش می دهد. اگر در نقطه ای این فیلم آسیب بیند، دوباره آن سطح اکسید شده و فیلم اکسیدی تازه ای بر روی آن تشکیل می شود.ضخامت اکسیدی در حدود 10nm و بالاتر است. این خاصیت را توانایی حفاظت از خود (Self-protective capability) می گویند.

البته برای بهبود مقاومت خوردگی بیشتر از کروم بمیزان ۱۰٪ و بالاتر استفاده می کنندولی این عنصر گران است و مقرون به صرفه نیست.افزودن آلومینیوم به ترکیب فولاد تاثیرات نامطلوب ناخواسته دیگری نیز در پی دارد.آنچه که باید در نظر گرفت اینست که قبل ازاینکه مقاومت خوردگی را بیفزاید،فریت زا است. قابلیت انحلال آلومینیوم در فریت تقریباً ۳۵٪ است که در درصدهای بالا ، تمایل به تشکیل محلول جامد با درجه نظم بالا (Fe_3Al) زیاد می شود.اگر استحالته برگشت پذیر آلفا به گاما وجود نداشته باشد، مشکل بزرگ شدن دانه ها وجود خواهد داشت فلذا محدودیت هایی در چقرمگی و داکتیلیتی بوجود می آید. آلومینیوم تاثیر عالی بر روی مقاومت در برابر پیرکرنشی داشته و به علت تشکیل ذرات سخت نیتريد آلومینیوم ، بیشتر به عنوان عنصر آلیاژی در فولادهای نیترووره شونده بکار می رود. در فولادهای رسوب سختی شونده ،با تشکیل ترکیبات بین فلزی ،استحکام در شرایط پیر شده را افزایش می دهد. قابلیت انحلال آلومینیوم در گاما و آلفا به ترتیب ۱،۱ و ۳۵ درصد است که با افزایش درصد کربن در فولاد ،درصد انحلال در گاما افزایش می یابد. آلومینیوم با تشکیل محلول جامد ،استحکام فریت را زیاد کرده و اگر در گاما حل شود ، سختی پذیری را تا حد متوسطی افزایش می دهد. از طرفی تمایل چندانی به تشکیل کاربید ندارد ولی به عنوان گرافیت زا عمل می کند.

در بین عناصر آلیاژی کنترل کننده اندازه دانه آستنیتی، آلومینیوم بیشترین تاثیر را دارد.آخرین تئوری که اینگونه عملکرد آلومینیوم را توضیح می دهد اینست که آلومینیوم با تشکیل نیتريد آلومینیوم مانعی در برابر حرکت مرزدانه های آستنیت تشکیل می دهد.فولادهای کربنی ساده حاوی آلومینیوم مقاومت پیرکرنشی بالایی داشته و استحکام ضربه شان بهبود می یابد. از طرفی بدلیل یکنواختی ساختار شان، قابلیت ماشینکاری آنها اصلاح می شود.

اکسیژن زدایی با آلومینوم تاثیر بسیار زیادی بر اندازه ، شکل و توزیع آخالهای سولفیدی دارد. در مطالعه تاثیرات آلومینوم ، این نکته حاصل شد که در صورت کافی نبودن درصد آلومینوم برای اکسیژن زدایی ، آخالهای سولفیدی بصورت اشکال کروی با اندازه های متفاوت و توزیع تصادفی در می آیند که تیپ یک را تشکیل می دهند. اگر فولادها بطور کامل با آلومینوم اکسیژن زدایی شده باشند ولی درصد اضافی از این عنصر در ترکیب فولاد موجود نباشد، در این حالت شکل آخالها کره های بسیار ریز با شکل یوتکتیکی بوده که در مرزدانه های اولیه قرار می گیرند. (تیپ دو) . تیپ سه در صورتی بدست می آید که اولاً فولاد بطور کامل اکسیژن زدایی شده و از طرف دیگر درصدی از این عنصر در ترکیب وجود داشته باشد. در این حالت، شکل آخالها کروی درشت و حجیم با توزیع تصادفی خواهد بود.

کمترین داکتیلیتی در تیپ دو بدست می آید که بدترین حالت می باشد. در حالیکه بهترین حالت و بالاترین داکتیلیتی در تیپ یک بدست می آید. مقدار آلومینوم در تیپ یک در محدوده ۰,۰۱۵-۰,۰۲۵٪ و درصد آن در تیپ سه برابر ۰,۰۱۰ درصد می باشد.

در نیتريداسیون فولادهای غیرآلیاژی، نیتريد های آهن (Fe_3N, Fe_2N) تشکیل می شود که بسیار نرم هستند و سختی آنها کمتر از HB ۲۰۰ خواهد بود. در فولادهای نیتروآلوی، نیتريد های آلومینوم و کروم بسیار پایدار بوده و لایه سطحی سختی بالایی خواهند داشت ولی ضخامت این لایه چندان بالا نیست (۰,۰۰۴ in) در فولادهایی که دارای ۱٪ Al می باشند، نیتريد های آهن بسیار ترد در سطح تشکیل می شوند . فلذا در این گونه موارد برای جلوگیری از پوسته شدن در حین کار، بهتر است سطح بمیزان in ۰,۰۰۱ سنگ زنی شود.

آلیاژهای مغناطیس نیکل- آلومینوم دارای ۶-۱۳٪ آلومینوم می باشند. این در حالی است که استحاله مارتنزیتی با ایجاد تنش های داخلی ، خواص مغناطیسی به فولادهای مغناطیس معمولی می دهد. در این آلیاژها سخت گردانی مغناطیسی با مکانیسم رسوب ایجاد می شود. آلیاژ مغناطیس دایم AlNi دارای ۳,۵٪ Al, ۱۳٪ Ni, ۲۴٪ Cu است. آلیاژ با نرخ بحرانی از دمای انحلال سرد می شود و در طی سرد کردن در محدوده ۸۰۰-۱۲۰۰ C غیرمغناطیس بوده و فازهای با توزیع ریز رسوب می کند. تنش های داخلی در طی سرد شدن اشاعه یافته و توزیع رسوب پراکنده شرایط خوبی را برای خواص مغناطیس دایمی فراهم می آورد.

آلیاژهای مغناطیس دایم که دارای آلومینوم هستند، بیشترین HB در مقایسه با مغناطیس های حاوی کبالت و تنگستن معمولی دارند از جمله Alnico, Alomax, Ticonal, Hycomax. آلومینوم به همراه تیتانیوم به ترکیب برخی از آلیاژهای پایه نیکلی که در دماهای بالا بکار می روند، اضافه می شود تا تشکیل رسوبات پراکنده در دماهای پایین را تسهیل دهد. این رسوبات ترکیبات نیکل- آلومینوم- تیتانیوم هستند. آلیاژ Nimonic با این مکانیسم سخت گردانی می شود و امکان دارد که در دمای ۷۰۰ C

رسوب سختی شود. در شرایط عملیات حرارتی شده، این آلیاژ نسبت استحکام به وزن خوب، تنش شکست خوب در دماهای بالا و مقاومت خزشی قابل قبول داشته و در موتورهای هواپیماهای مدرن که در معرض دماهای بسیار بالا هستند، کاربرد دارند.

در آلیاژ Nitalloy N آلومینوم بدو منظور گسترش رسوب سختی و نیز تاثیر آن در نیتريداسیون وجود دارد. بعد از نیتريداسیون، یک سطح سخت معمولی تشکیل می شود ولی در همان زمان مرکز قطعه به اندازه ۱۵-۲۰ ton/in^۲ بدلیل فرآیند رسوب سختی استحکام گردانی می شود.

آلومینوم می تواند در مواد ۸/۱۸ تاثیر بسزایی در رسوب سختی آنها داشته باشد. در چنین مواردی ۱ Al % اضافه می شود. با این درصد آلومینوم، مقدار مشخصی از فریت دلتا در ریزساختار تشکیل می شود که کارپذیری گرم را تا حد زیادی کاهش میدهد. آلیاژهای از این نوع می توان به PH ۷/۱۷ و PH ۵/۱۵ اشاره کرد. مواد (PH رسوب سختی شونده) این مزیت را در مقایسه با فولادهای سخت شونده عادی دارند که مکانیسم رسوب تحت تاثیر اثرات اندازه دانه نبوده و در کل مقطع میتوان به سخت گردانی یکنواختی دست یافت.

مقاومت اکسیداسیون آلیاژهای کروم-آهن در دماهای بالا با افزودن آلومینوم بهتر می شود. آلیاژ-Fe-Al-۵٪Cr-۲۰٪مقاومت (Resistivity) در حدود یک پنجم برابر بیشتر از مواد کروم-نیکل معمولی دارد. اگر مقدار آلومینوم این آلیاژ تا ۱۰٪ بیشتر شود، مقاومت آن دو برابر مواد کروم-نیکل می شود. گروه دیگری از مقاومت ها که از لحاظ ترکیب و خواص مشابهند، ولی کبالت در ترکیبشان وجود دارد، سری های Kanthal بوده که حاوی ۳ Cr %، ۲۵ Al %، ۵ Co % هست. البته آلیاژ های با ۳۷،۵ Cr %، ۷،۵ Al % نیز تولید می شوند ولی فولادهای Al-۵٪Cr-۱۳٪ نیز در مقاومت های صنایع سنگین کاربرد دارند. چدن ها با آلومینوم تا ۲ درصد می توانند بصورت افزودنی جامد، آلیاژی شوند. ولی اگر بخواهیم درصد آلومینوم بیشتر از این مقدار باشد دو ذوب با هم مخلوط شوند. فیلم اکسیدی محکمی بر روی ذوب تشکیل می شود که اگر در ریخته گری دقت لازم نشود، افت خواص مکانیکی و ریخته گری را در پی خواهد داشت.

در چدن ها، آلومینوم تا ۴ درصد گرافیت زایی را افزایش می دهد. از ۴-۱۰ Al % کاربرد پوتکتیک پایدار می شود و بین ۱۰-۱۸ Al % کاربرد ها دیگر غالب هستند. بین ۱۸-۲۴ Al % گرافیت زایی مجدداً اتفاق افتاده و با افزایش درصد آن، گرافیت زایی ارتقاء می یابد. و در ۲۴ Al % کل کربن بصورت گرافیت در می آید. با ازدیاد درصد آلومینوم پایداری کاربرد نیز بیشتر می شود و در ۲۹ Al % هیچ گونه گرافیتی در ریزساختار دیده نمی شود.

چدن های با آلومینوم بالا، مقاومت خوبی در برابر رشد دانه و پوسته برداری Scalling دارند. در درصدهای بالای ۳، پوسته برداری یک دفعه کاهش می یابد. در زیر این مقدار تاثیر چندانی بر رشد ندارد ولی در

درصدهای بالاتر از آن، با افزایش درصد آلومینوم مقدار آن شدیداً کاهش می یابد و در محدوده ۲۰-۸٪ به یک مقدار مینیمم می رسد که در آن گرافیتی وجود ندارد و یا اگر وجود داشته باشد خیلی کم است. آلیاژی بنام Crafler بهترین مقاومت در برابر رشد و پوسته برداری دردهماهای بالاتر از ۱۰۰۰ C را دارد و در ترکیب آن ۷-۷،۵% Al و ۰،۷۵% Cr می توان یافت.

آلومینوم در ترکیب فروسیلیس ها و یا سایر فروآلیاژهای حاوی سیلیس وجود دارد و اگر بخواهیم جوانه زنی بنحو احسن انجام شود ، بهتر است درصد آلومینوم در این آلیاژهای بیشتر از ۱ درصد باشد . افزودن ۰،۲% Al به ترکیب چدن مالیبیل ، جوانه زنی کروی را بیشتر کرده و بدلیل احتمال ترکیب آن با نیتروژن، مالیبلیزاسیون را تسهیل می سازد .

تاثیر وانادیم در فولادها :

وانادیم فلز نرم و داکتیل به رنگ خاکستری نقره ای رنگ است که مقاومت خوردگی خوبی در برابر بازها و اسیدسولفوریک و هیدروکلریک دارد. وانادیم به راحتی در دمای ۹۳۳ K اکسید می شود. این فلز از استحکام ساختاری خوبی برخوردار است و در صنایع هسته ای کاربرد فراوانی دارد.

وانادیم ابتدا در سال ۱۸۰۱ در مکزیکوسیتی توسط یک کانی شناس اسپانیایی به نام آندرس مانوئل دل ریو (Andres Manuel del Rio) کشف شد. وی آن را سرب قهوه ای نامید (آنچه که امروزه بنام وانادینیت مشهور است). سپس در طی آزمایش هایی که انجام می داد، رنگ آن ایشان را به یاد کروم می انداخت از اینرو آن را پان کروم نامید. او بعد آن را اریترونیوم نام نهاد زیرا نمک های آن هنگام حرارت دهی به رنگ قرمز در می آمد. البته شیمیدان فرانسوی به نام هیپولیت ویکتور کالت دستکوتلس (Hippolyte Victor Collet-Descotils) به اشتباه اعلان کرد که عنصر جدیدی که توسط دل ریو کشف شده است، تنها کروم ناخالص است. دل ریو نیز به این فکر افتاد که کشفش اشتباه بوده و نظر او را قبول کرد.

در سال ۱۸۳۱، دانشمند سوئدی هنگام انجام تحقیقاتی بر روی سنگ آهن ، وانادیم را در حالت اکسیدی دوباره کشف نمود و در همان سال، فریدریش وهلر تحقیقات دل ریو را تایید کرد. بعد از این بود که جورج ویلیام فیدرستونهایف (George William Featherstomhaugh) پیشنهاد کرد که اسم این فلز ریونیوم باشد که هیچ وقت عملی نشد.

وانادیم فلز در سال ۱۸۶۷ توسط هنری اینفیلد (Henry Einfield) از احیاء کلرید وانادیم (VCl₃) (III) بهمراه هیدروژن بدست آمد. واژه وانادیم از Vanadis گرفته شده است که یکی از الهه ها در خدانشناسی اسکاندیناوی بود زیرا این عنصر دارای ترکیبات رنگی زیبایی بود.

در زیست شناسی ، وانادیم یکی از اجزای اصلی برخی از آنزیم ها بالاخص نیتروژناز وانادیم است که بوسیله بعضی از میکروارگان های تثبیت کننده نیتروژن استفاده می شود. موش صحرائی و جوجه ها به مقدار کمی وانادیم نیاز دارند و فقدان آن باعث کاهش رشد و تولید مثل آنها می شود.

در ژاپن، از پنتا اکسید وانادیم V_2O_5 به عنوان مکمل سلامتی در آبهای معدنی استفاده می شود. منبع این آب نوشیدنی از دامنه های کوه فوجی است. میزان پنتا اکسید وانادیم در آب های معدنی از ۸۰ تا ۱۳۰ میکروگرم در هر لیتر متغیر است. این میزان پنتا اکسید وانادیم در کاهش ابتلا به بیماری هایی هم چون دیابت، آگزم و چاقی بسیار موثر است.

با افزودن وانادیم به فولادهای ابزار و آلیاژی سختی پذیری آنها افزایش یافته و کاربردهای کمپلکس در ریزساختار تشکیل می شود. اعتقاد بر این بود که وجود ذرات کاربیدی برای افزایش سختی است در حالیکه مقاومت به نرم شدن در حین برگشت را بالا می برد. درصد وانادیم در این فولادها ۰,۱۰-۰,۱۵ % بوده که در فولادهای تند بر در ابزار برش تا ۱ درصد نیز می رسد.

اخیرا وانادیم به عنوان عنصر آلیاژی در فولادهای HSLA و کربنی میکروآلیاژی استفاده می شود. و تنها به مقدار کمی در حدود ۰,۰۵ تا ۰,۱۰ درصد کافی است تا افزایش قابل توجهی در استحکام فولاد بدست آید. وزن اتمی وانادیم ۵۱ و نقطه ذوب ۱۹۰۰ C دارد. ساختار کریستالی وانادیم bcc بوده و در ریزساختار فریت زاست و دمای کوری را افزایش می دهد. و منطقه پایداری آستنیت را می کاهد. وانادیم تمایل متوسطی به ترکیب با اکسیژن داشته ولی تمایل ترکیب با نیتروژن آن قوی است و به ترکیب با کربن تمایل بسیار قوی دارد. در دماهای بالا Ac_3 ، وانادیم از درشت شدن دانه های آستنیت جلوگیری می کند. وانادیم ، مقاومت به سایش و حفظ دندانه های تیز و استحکام در دماهای بالا را افزایش میدهد. هم چنین بخاطر ریز کردن دانه های آستنیت ، قابلیت جوشکاری را بهبود بخشیده و نیز مقاومت در برابر هیدروژن با فشار بالا را افزایش می دهد.

ذرات نیتريد وانادیم باید تا دمای ۱۳۵۰ C حرارت داده شوند. برای استحکام گردانی فولادهای آلیاژی شده با وانادیم ، می توان از نورد کنترل شده یا عملیات حرارتی استفاده کرد. گاهی از ترکیب هر دو روش می توان استفاده کرد.

به خاطر تاثیر وانادیم بر مورفولوژی کاربیدها ، سختی فولادهای مارتنزیتی را افزایش می دهد. این عنصر بیشتر در فولادهای زنگ نزن سختی پذیر بکار می رود.

وانادیم از طریق تشکیل محلول جامد ، فریت را تا حد متوسط استحکام گردانی می کند و با حل شدن در آستنیت ، سختی پذیری را شدیداً می افزایش دهد. در ترکیب فولاد با کربن واکنش داده و کاربید وانادیم V_4C_3 تشکیل می دهد. این کاربید در فریت بطور جزئی حل می شود ولی در آستنیت تا حد قابل توجهی حل می شود. وانادیم موجود در فولاد سبب ریز شدن دانه ها می شود. کاربیدها هم می توانند در حین ذوب رسوب کنند و هم امکان دارد در طی عملیات حرارتی بعد از استحاله رسوب کنند. تمایل به ریز کردن ساختار از طرف این عنصر موجب شده که در ساختار های کاربیدی ریز در فولادهای هایپریوتکتوئید استفاده شود. وانادیم اکسیژن زدای نسبتاً قوی بوده ولی نیتريد آن بسیار پایدار است از اینرو، به ترکیب نیتروآلوی ها

اضافه می شود تا پایدار بودن نیتريد آن باعث شود تا خواص لایه سطحی افزایش یابد. از آنجاییکه وانادیم استحکام فریت را از طریق تشکیل محلول جامد افزایش می دهد، از اینرو به ترکیب فولادهای آلیاژی کم کربن اضافه می شود تا استحکام کششی آنها بدون هیچگونه کاهش در داکتیلیتی افزایش یافته و این موجب گشته تا در کاربردهای مهندسی استفاده شود. وانادیم درصد کربن یونکتوئید را می کاهد .به عنوان مثال، وجود ۱% وانادیم ، درصد کربن یونکتوئید را تا ۰,۶% می کاهد.

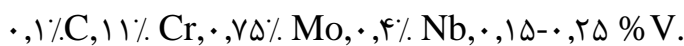
برای چقرمه کردن و اصلاح اندازه دانه فولادهای کربنی متوسط ، درصد وانادیم در محدوده ۰,۱-۰,۳% کافی است. سختی پذیری لازم نیز از حضور کاربیدهای منگنز و آهن در ریزساختار بدست می آید. فولاد کربنی ۰,۵% V ، ۰,۱۵% Mn ، ۰,۸% C برای قطعات بزرگ فورج، قطعات لکوموتیو، میل لنگ ها و قطعات مشابه که نیاز به استحکام کششی و چقرمگی دارند، مناسب است. فولاد کربنی ساده با سخت گردانی سطحی حاوی ۰,۱۲-۰,۱۵% V ، ۰,۱۰% Mn ، ۰,۳۵-۱,۰% C قابلیت جوشکاری خوبی داشته و در سیم جوش های گازی بکار می رود. فنرها از فولاد ۰,۷% V ، ۰,۱% Mn ، ۱% C که در شرایط کوئنچ و تمپر شده استحکام کششی بالایی دارند، نیز ساخته می شوند. فولاد ریختگی یاتاقانها معمولا شامل ۰,۳۵-۰,۸۵% C ، ۰,۱۵% Si ، ۰,۳۵% Mn می باشد.

فولادهای با درصد کربن بالا (C ۰,۴-۱,۴% Mn ، ۰,۲۵-۰,۵% V ، ۰,۲-۰,۵) قبل از استفاده در ابزارها و قالب های چکش و مته ها کوئنچ و تمپر می شوند. بنابر این می توان به استحکام کششی و خواص ضربه ای بالاتری دست یافت.

مقاومت سایشی فولادهای ابزار با افزودن وانادیم و تشکیل کاربیدهای وانادیم پایدار افزایش می یابد. در گروه فولادهای ابزار کم آلیاژ ، دو نوع فولاد های کروم-وانادیم وجود دارند: یکی دارای ترکیب ۰,۱-۰,۲% C ، ۰,۵-۱,۴% Mn ، ۰,۱-۰,۳۵% Cr ، ۰,۶-۱,۲% V بوده و دیگری دارای منگنز بالایی تا ۰,۶۰-۰,۴% می باشد. فولاد با منگنز کم در آب کوئنچ می شود ولی فولاد دیگر با درصد منگنز بالاتر در روغن کوئنچ می شود.

برخی از انواع معینی از فولادهای پرکربن کم تنگستن دارای وانادیم می باشند. این نوع فولادهای تنگستن دار حاوی ۰,۱۰-۰,۲۵% C ، ۱,۱۵-۱,۲۵% Mn ، ۰,۱۵-۰,۳۵% W ، ۱,۷۵-۲,۵% V بوده و در ابزار های برش و قالبهای شکل دهی سرد و ابزار تمام کاری برای آلیاژ های غیرآهنی کاربرد فراوانی دارند. در فولادهای منگنز دار (۰,۸۵-۰,۹۵% Mn) ، ۱,۵-۱,۷۵% C که در روغن کوئنچ می شود، درصد کمی از وانادیم (۰,۱۰-۰,۲۵%) وجود دارد که از رشد دانه جلوگیری می کند. نوع دیگری از این نوع فولادها، که در قالبها بکار می رود و قبل از کوئنچ ماشینکاری می شوند، درصد کمی کروم دارند. در هنگام تولید مقاطع بزرگ ، بجای کروم از مولیبدن استفاده می شود و این باعث می شود سختی پذیری افزایش یافته و اثر اصلاح دانه ای رخ دهد.

فولادهای ابزار کربن - وانادیم، کروم-نیکل-وانادیم و کروم- نیکل -مولیبدن-وانادیم همگی تا ۰,۱۵ درصد وانادیم دارند. مقدار انرژی ضربه خوبشان ، آنها را برای قالبهای چکش و اینسرتی ها مناسب کرده است. برخی از فولادهای پرکربن پر کروم (فولادهای (Wartle) مقداری وانادیم نیز دارند که مقاومت سایشی آنها را افزوده و دمای درشت شدن دانه ها را تا ۱۰۳۰ C بالا می برد. نوعی از این فولاد، ۰,۷۵-۰,۱۴۱-۱۲،۰ V، % Cr, ۲٪ C بوده و نوع دیگر ۰,۶-۱,۰ % کبالت دارد. فولاد گرم کار تنگستن دار عموماً ۰,۳-۰,۶ درصد وانادیم دارد که استحکام گرم و مقاومت سایشی را می افزاید. فولاد قالب دیگر ، فولاد ۱-۷-۷ ، فولاد تنگستن-کروم-سیلیس می باشد که دارای ۰,۳-۰,۶ V % می باشد و اندازه دانه را اصلاح می کند. فولاد تنگستن-کروم-وانادیم ۱۸-۴-۱ شامل ۰,۶-۱,۲ درصد وانادیم است. فولادهایی همچون ۶-۶-۲ (فولادهای تنگستن-مولیبدن-وانادیم) تولید می شوند و فولادهای تندبر Mo-W دارای ۴ % وانادیم هستند. درصد کربن این فولادها معمولاً با افزایش درصد وانادیم بیشتر می شود و در نهایت در یک مقدار مشخصی از کربن و وانادیم مقدار سختی کاهش می یابد. از اینرو اکثر فولادهای با وانادیم زیاد دارای کربن پایین می باشند و درصد قابل توجهی فریت دارند و در واقع با افزایش درصد وانادیم فورج آنها مثل فولادهای کربنی انجام خواهد شد. در کربن ۰,۷ % متداول است که درصد وانادیم ۰,۱ % باشد و البته برای رسیدن به ترکیبی از فورج پذیری و قابلیت برشکاری ، بهتر است به ازای افزایش ۱ % وانادیم ، ۰,۲ % کربن زیادتر شود. وانادیم هم چنین می تواند جایگزین تنگستن در فولادهای تندبر شود و مثل آن فریت زای قوی است. عموماً اخیراً درصد تنگستن از ۱۴ % کمتر بوده ولی درصد وانادیم برابر ۲ % و بالاتر می تواند باشد. نوعی از این فولاد ۴,۵ W، ۱۴٪ Cr، ۴٪ V، % خواص برشکاری بسیار خوبی داشته و در مته ها بکار می رود. وانادیم در فولادهای مارتنزیتی مقاوم به خزش نیز کاربرد دارد. کاربرد نقش اصلی در مکانیسم رسوب سازی ایفاء می کند . نظیر فولادهای با ترکیب زیر:



وانادیم در چدن کاربرد زای بسیار قوی بوده و از گرافیت زایی جلوگیری می کند و پرلیت را پایدار می سازد. وانادیم خصوصاً در مقاطع نازک نقش مبرد chiller را بازی می کند.

افزودن ۰,۱۰-۰,۵۰ V % به چدن سمنتیت را پایدار کرده ، توزیع ورق های گرافیت را یکنواخت و اصلاح می کند، اندازه دانه زمینه را بهبود می دهد و ساختار های سوربیتی را ارتقاء می دهد. لاینر های موتورهای دیزل که از چدن ساخته می شود دارای ۰,۱-۰,۲ V % هستند تا سختی و استحکام و مقاومت سایشی را افزایش دهد. برای بهبود قابلیت ماشینکاری چدن های پرآلیاژی ممکن است تا ۰,۱۲ % وانادیم نیز اضافه شود.

از آنجاییکه وانادیم کاربرد زای بوده و در حضور مولیبدن مناطق حاوی کاربیدهای کمپلکس را تشکیل می دهد و در نتیجه زمینه را از مولیبدن خالی می کند و بر ساختار سوزنی تاثیر منفی دارد، فلذا در ترکیب

چدن های سوزنی عنصر نامطلوبی محسوب می شود Vantit. چدن خام وانادیم-تیتانیوم بوده و حاوی ۴ %
V % ۰,۵-۰,۷ , Ti % ۰,۳-۰,۵ C می باشد .

تاثیر نیوبیوم در فولاد ها :

نیوبیوم فلز داکتیل و خاکستری روشن است که وقتی به مدت طولانی در دمای اتاق در تماس با هوا قرار گیرد، به رنگ متمایل به آبی در می آید. برای نگهداری این فلز حتی در دماهای متوسط باید از محیط محافظ استفاده شود. اکسیداسیون این فلز در هوا از دمای ۲۰۰ C آغاز می شود.

نیوبیوم مصارف متعددی دارد. در فولادهای زنگ نزن و بسیاری از آلیاژها غیر آهنی استفاده می شود. مقدار قابل ملاحظه ای از نیوبیوم به صورت فرونیوبیوم و یا نیوبیوم-نیکل در سوپرآلیاژهای پایه آهن، نیکل و کبالت در قطعات موتور جت و تجهیزات احتراق استفاده می شود. هم چنین نیوبیوم در دماهای زیر صفر در ابرساناها بکار می رود.

نیوبیوم به معنای دختر تانتالوس از Niobe گرفته شده است که در سال ۱۸۰۱ توسط چارلز هچت (Charles Hatchett) کشف شد. هچت ، نیوبیوم را از سنگ معدن کلومبیتی بدست آورد که در سال ۱۷۵۰ توسط جان وین تروپ (John Winthrop) برای وی ارسال شده بود. بین دو عنصر نیوبیوم و تانتالوم اختلافهای گمراه کننده ای وجود دارد، و از طرفی این اختلافها تا ۱۸۴۶ کشف نشده بود، در این سال بود که هنریخت روز (Heinrich Rose) و جین چارلز گالی سارد

مارگینت (Jean Charles Galisard de Marignac) دوباره این عنصر را کشف کردند ولی ایشان از کارهای هچت اطلاعی نداشتند. از اینرو نام متفاوت نیوبیوم بر روی آن گذاشتند. در سال ۱۸۴۶ بود که کریستن بلومسترن (Cristian Blomstrand) توانست با احیاء کلرید نیوبیوم بوسیله حرارت دادن در اتمسفر هیدروژن به نیوبیوم خالص دست یابد.

نیوبیوم یا همان کلمبیوم در سالهای اخیر به عنوان عنصر پایدار کننده کاربرد در فولادهای زنگ نزن و عنصر استحکام زا در آلیاژهای پایه کبالت و نیکل در دماهای بالا محسوب می شود. وزن اتمی آن ۹۳ با نقطه ذوب ۲۴۶۸ C است. ساختار کریستالی bcc است و در فولاد فریت زای قوی است. تمایل ترکیب نیوبیوم با کربن زیاد بوده ولی نسبت به اکسیژن و نیتروژن تمایل متوسطی دارد. با افزودن نیوبیوم در فولاد ، کاربرد نیوبیوم سریعاً تشکیل می شود. با رسوب کاربرد نیوبیوم و ذرات کربونیتريدی در زمینه فریتی ، استحکام افزایش خواهد یافت.

در فولادهای آستنیتی ، برای بهبود مقاومت خوردگی بین دانه ای و افزایش خواص مکانیکی در دماهای بالا استفاده می شود. در فولادهای مارتنزیتی ، نیوبیوم سختی را کم کرده و مقاومت به تمپر را افزایش میدهد. مقدار نیوبیوم مورد نیاز در فولادهای کربنی و کم آلیاژی کم بوده و در حدود ۰,۰۵ % نیوبیوم ، افزایش قابل توجهی در استحکام فولاد را در پی دارد. علاوه بر آن ، اگر میزان آن به همراه سایر عناصر کنترل شود ،

اندازه دانه فریت اصلاح شده و چقرمگی در دماهای پایین اصلاح خواهد شد. اغلب این عناصر همراه نیتروژن و وانادیم به فولاد اضافه می شود. این عنصر تشکیل رسوبات کمپلکس کربونیتريد وانادیم و نیوبیوم می دهند. در برخی فولادهای HSLA نیوبیوم تا ۰.۱۵٪ وجود دارد. اگر درصد نیوبیوم از ۰.۱٪ فراتر رود، مشکل ترک سرد و افت چقرمگی منطقه تحت تاثیر جوش در جوشکاری را خواهیم داشت.

رفتار انحلال و رسوب ترکیبات نیوبیوم با وانادیم متفاوت است. در سرد کردن آهسته آستنیت از دمای بالا، همزمان با انحلال نیوبیوم، کاربید نیوبیم در دماهای بالای ۱۲۰۰ C رسوب می کند. به دلیل رسوب این کاربید در دماهای بالا، امکان درشت شدن ذرات وجود دارد که تاثیر منفی بر استحکام دارد.

همانطوریکه در بالا ذکر شد، فولادهای نیوبیوم دار بخاطر تشکیل ترکیب بین فلزی قابل حل Fe_3Nb_2 دارای استحکام بالایی می باشند. این فولادها دانه ریز بوده و در نتیجه خواص انرژی ضربه در دماهای پایین بهتری دارند. مزیت دیگر استفاده از نیوبیوم در ترکیب فولادها، عدم حضور آخالهای اکسیدی نامطلوب در ریزساختار می باشد. فولادهای دانه ریز نیوبیوم دار، در مواردی استفاده می شوند که کربوریزه می شوند. این فولادها به دماهای بالا احتیاج دارند تا دانه هایشان رشد کنند فلذا در منطقه دمایی سخت گردانی، ریزبودن دانه ها حفظ خواهد شد.

با افزودن نیوبیوم به ترکیب فولادهای کربنی متوسط نیمه کشته، استحکام تسلیم 9 ton/in^2 و استحکام کششی 7 ton/in^2 افزایش می یابند. این ورقها در تولید ورقها کاربرد وسیعی پیدا کرده اند. این نوع ورق ها کار گرم شده و در خطوط نفت و سازه های سبک استفاده می شوند.

با رسوب ترکیب بین فلزی Fe_3Nb_2 از دمای انحلال و به دنبال آن پیر سازی در دمای ۵۰۰-۶۵۰ C، نیوبیوم استحکام خزشی فولادهای بسیار کم کربن را می افزاید. میزان افزودن نیوبیوم برای بهبود استحکام خزشی متغیر بوده ولی مرسوم است که حداقل ۲۵ برابر درصد کربن اضافه شود. با کاهش نسبت نیوبیوم به کربن، استحکام خزشی شدیداً افت می کند و برای دستیابی به استحکام خزشی خوب، باید درصد کربن در حد پایین نگه داشته شده باشد. اما اگر در دمای اتاق، استحکام مقدم بر استحکام خزشی باشد، نسبت نیوبیوم به کربن می تواند برابر ۸:۱ باشد.

در سیستم آلیاژی آهن-کربن-نیوبیوم، با افزایش درصد Nb درصد فاز آستنیت در ریزساختار شدیداً کاهش می یابد. فلذا در این نوع فولادها، برای آستینه کردن بایستی درصد کربن فولاد کمتر باشد.

افزودن نیوبیوم سختی پذیری فولاد را می کاهش دهد چرا که با تشکیل کاربید نیوبیوم، غلظت کربن کاهش می یابد. از طرفی اگر نیوبیوم در محلول جامد باشد، از انجام استحاله جلوگیری می کند. بنابراین دمای آستینیت گردن و زمان نگهداری مستقیماً مربوط به سختی پذیری فولاد دارد. کاربید نیوبیوم سختی پذیری را می کاهش دهد و از اینرو بیشتر به ترکیب فولادهای به سختی پذیری نسبتاً بالا که بایستی جوشکاری شوند اضافه می شود تا از ترک برداری زیر جوش جلوگیری کند.

در دمای بالای ۴۰۰ C، نیوبیومی که در فولادهای نیتريدی وجود دارد، با نیتروژن واکنش می دهد. کاربرد نیوبیوم و نیوبیومی که بیش از حد انحلال است در تشکیل نیتريد شرکت نمی کند و فقط نیوبیوم موجود در محلول جامد در تشکیل نیتريد شرکت می کند. در فولادهای کربنی ساده، نیوبیوم سختی سطحی را می افزاید. فولادهای با ۴-۶ درصد کروم در هوا سخت می شوند و به زمان آنیل زیادی نیاز دارند و در هنگام جوشکاری ترک بر می دارند. این مشکل در این نوع فولادها را می توان با کاهش درصد کربن تا حد زیادی حل کرد. البته این مشکل را با اضافه کردن تیتانیوم، آلومینوم و نیوبیوم نیز می توان حل کرد. که در این میان Nb ترجیح داده می شود چرا که آخالهای مضر در ترکیب را تشکیل نمی شوند. میزان نیوبیومی که به ترکیب فولاد اضافه می شود، ۷-۱۰ برابر درصد کربن است. فولادهای نیوبیوم دار کار گرم شده با سرد کردن از دمای ۱۰۰۰ C هم چنان نرم می مانند. ولی به علت انحلال جزئی کاربیدهای نیوبیوم ممکن است بمقدار جزئی سخت گردانی شوند. برای آنیل مجدد کافی است تا دمای ۸۰۰ C حرارت داده و سپس در هوا سرد شوند.

برای کاهش تمایل به هوا سختی فولادهای با ۱۶-۱۸ Cr % درصدی از نیوبیوم به ترکیب آنها اضافه می شود. اینکار عملیات حرارتی را آسان کرده و داکتیلیتی و جوشکاری را بهبود می بخشد. برای این منظور ۱ % Nb اضافه می شود (۱۰ برابر درصد کربن) افزوده می شود که از لحاظ هزینه گران شدن فولاد را در پی دارد و از اینرو در مصارف خاص استفاده می شود.

بعد از حرارت دادن فولاد ۸/۱۸ از منطقه دمایی ۴۰۰-۹۰۰ C خوردگی بین دانه ای رخ میدهد. این کاهش موضعی در مقاومت خوردگی ناشی از این واقعیت است که اکثر این فولادها دارای درصد کربن بالایی بوده که سبب میشود با سرد کردن در هوا کاربرد رسوب کند. عموماً اعتقاد بر اینست که علت خوردگی بین دانه ای تخلیه محلول جامد از کروم در مجاورت مرز دانه است. ولی تحقیقات اخیر نشان داده است که کاربیدهای کروم غیرتعادلی با مقاومت خوردگی کمتر تشکیل می شود و نیازی به تخلیه کروم نیست. افزودن عناصر کاربیدزای قوی مثل Nb و Ti موجب رسوب و تشکیل کاربیدهای مرجح شده و از خوردگی بین دانه ای جلوگیری می کند. پایدارسازی معمولاً تحت تاثیر نیوبیوم و یا تیتانیوم می باشد. اگر مقاومت در برابر اسید نیتريك قوی نیاز باشد، نیوبیوم بهتر است. اگر فولاد تمیز لازم باشد، پایدار سازی با تیتانیوم چندان خوب نیست زیرا آخالهای اکسید تیتانیوم در فولادهای عملیات حرارتی شونده وجود داشته و از طرفی تیتانیوم در حین جوشکاری اکسید می شود.

اثر نیوبیوم بر استحکام خزشی بیشتر از تیتانیوم بوده و در تولید فولادهای آستنیتی دمای بالا کاربرد وسیعی یافته است. نسبت Nb/C باید ۱۰:۱ باشد تا از پایداری کامل اطمینان پیدا کرد. اما اگر شرایط چندان بحرانی نباشد، می توان از نسبتهای پایین نیز استفاده کرد.

در فولادهای زنگ نزن، نیوبیوم ۸ تا ۱۰ برابر درصد کربن بوده و تاثیر قابل توجهی بر استحکام کششی، داکتیلیتی و یا چقرمگی ندارد. در شمش های بزرگ جدایش کاربیدهای نیوبیوم دور از احتمال نیست و کاهش داکتیلیتی در مرکز قطعات فورج را در پی دارد. حتی اگر از نسبت زیاد Nb/C استفاده شود، نیز داکتیلیتی کاهش می یابد.

معمولا در فولادهای زنگ نزن ۸/۱۸ که با نیوبیوم پایدار شده است، برای کاهش نرخ کارسختی، درصد بالاتری از ۸٪ نیکل وجود دارد. این قاعده برای آسانی کار گرم بدلیل گسترش فریت حاصل از افزودن نیوبیوم لازم بنظر می رسد.

مقادیر کم تانتالوم اثری بر خواص مکانیکی فولادهای زنگ نزن ۸/۱۸ پایدار شده با نیوبیوم ندارد. درصدی از تانتالوم می تواند جایگزین مقدار کمی از نیوبیوم شود بدون آنکه بر استحکام و داکتیلیتی اثر منفی داشته باشد. این از جهاتی بهتر نیز است چرا که اکثر محصولات نیوبیوم دارای تانتالوم می باشند و بایستی بخاطر داشت که تانتالوم فقط یک دوم تاثیر نیوبیوم را دارد. اگر نسبت نیوبیوم به تانتالوم در فروآلیاژ از ۸:۱ کمتر باشد، باید نسبت مجموع تانتالوم و نیوبیوم به کربن ۱۰:۱ باشد. به آلیاژ مغناطیس دایم نوع AlNi نیوبیوم اضافه می شود و مغناطیس های دایم AlcomaxIII و AlcomaxIV به ترتیب ۰,۷ و ۲,۴ درصد نیوبیوم دارند. هر دو این آلیاژها از Alcomax که نیوبیوم ندارد، خواص مغناطیسی بهتری دارند. نیوبیوم معمولا به چدنهای اضافه نمی شود ولی معمولا میزان کمی بخاطر قراضه های حاوی نیوبیوم در ترکیب آنها وجود دارد.

تاثیر مولیبدن در فولادها :

مولیبدن خالص به رنگ سفید نقره ای بوده و نسبتا نرم بوده و جزو فلزات با بالاترین نقطه ذوب است. بیش از دو سوم مولیبدن در تولید آلیاژها استفاده می شوند.

مولیبدن از واژه یونانی Molybdos به معنای شبیه سرب گرفته شده است و در طبیعت به شکل آزاد پیدا نمی شود. ترکیبات این عنصر که در طبیعت دیده می شدند، با عناصر دیگر مثل کربن و یا سرب به اشتباه گرفته می شد. در سال ۱۷۷۸، کارل ویلهلم شیل (Carl Wilhelm Scheele) توانست روشی برای جداسازی مولیبدن از گرافیت و سرب و جدا کردن آن از اکسید فلز از مولیبدنیت را تعیین نماید. در سال ۱۷۸۲، هلم (Hjelm) با احیا توسط کربن توانست که ناخالصی ها را از سنگ معدن جدا سازد.

مولیبدن در حیات تمام انواع ارگان ها نقش دارد. این فلز در دو گروه آنزیمی به نامهای نیتروژنازها (nitrogenases) و مولیبدوپترین ها (Molybdopterin) دیده می شده اند.

نیتروژنازها در باکتریها وجود دارند و در مسیر های تثبیت نیتروژن باید حضور داشته باشند. باکتریها در داخل گیاه نیز می تواند دیده شوند. اتم مولیبدن در یک کلاستر هست که شامل اتم های آهن و گوگرد است. واژه مولیبدوپترین با گروهی از آنزیم ها که شامل آنزیمهای حاوی تنگستن هستند، به اشتباه گرفته می

شوند و عبارت مولیبدوپترین در واقع به اتم فلز برنمی گردد. گروهی را که به عنوان آنزیمهای تک اتمی مولیبدن به عنوان اتم فلز شناخته می شوند، در یک کلاستر دیده نمی شوند.

مولیبدن وزن اتمی ۹۶ و نقطه ذوب ۲۶۱۰ C دارد. ساختار کریستالی آن bcc بوده و در فولاد فریت زا و کاربید زاست. حداقل ۳٪ مولیبدن باعث می شود که فریت در تمام دماها پایدار باشد. سختی پذیری را افزایش می دهد. در حدود ۰٫۵-۱٫۵٪ مولیبدن به فولادهای آلیاژی اضافه می شود تا استحکام و مقاومت به خزشی آنها در دماهای بالا حفظ شود. فولادهای زنگ نزن از ۰٫۵ تا ۴٫۰٪ مولیبدن دارند. فولادهای زنگ نزن آستنیتی برای مقاومت خوردگی بیشتر در محیط های خورنده حاوی مولیبدن مناسب هستند. هم چنین، مقاومت در برابر پوسته شدن را می کاهد.

در عملیات حرارتی فولادها، Mo تردی تمپر را می کاهد و تشکیل دانه های ریز را تسریع کرده و بر قابلیت جوشکاری تاثیر مطلوبی دارد. افزایش استحکام را در پی داشته و بنا بر این قابلیت چکش کاری کم می شود.

مولیبدن مقاومت در برابر خوردگی موضعی و حفره دار شدن را بیشتر کرده و با تشکیل فازهای ثانویه در فولادهای فریتی، فریتی-آستنیتی و آستنیتی، استحکام آنها را افزایش می دهد. هم چنین در فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی، به علت اثر آن بر رسوب کاربیدها، سختی فولاد در دماهای برگشت بالا را افزایش می دهد. مولیبدن به عنوان عنصر آلیاژی در فولادهای میکروآلیاژی کربنی، کم کربن با استحکام بالا در محدوده ۰٫۰۵-۰٫۲۵ بکار رفته و چقرمگی و استحکام را بالا می برد. معمولا همراه با افزودن مولیبدن از منگنز بالا و کمی نیکل نیز استفاده می کنند. هدف از میکروآلیاژی کردن فولاد، جلوگیری از تشکیل پرلیت در ریزساختار، کاهش اندازه نواحی پرلیت و تشکیل کاربیدهای لایه ای ریز می باشد. اگر درصد مولیبدن و یا سایر عناصر آلیاژی بالا باشد، فریت خاصی بنام فریت سوزنی Acicular ferrite تشکیل خواهد شد.

عنصر مولیبدن باعث بهبود چقرمگی در فولادهای کربنی ساده با استحکام بالا می شود و بنابراین در محدوده دمایی قابل استفاده، استحکام و سختی را افزایش می دهد. در مقایسه با فولادهای کربنی ساده، فولادهای مولیبدن دار خواص الاستیک و استحکام ضربه ای بهتری دارند.

استحاله در فولادهای مولیبدن دار در سرد کردن های آرام رخ می دهد و در نتیجه باعث می شود عمق سخت گردانی افزایش یابد. این افزایش در عمق سخت گردانی سبب فایق آمدن بر مشکلات مربوط به اثر جرم بر سخت گردانی در مقاطع ضخیم شود. برای یکنواختی توزیع سختی در مقاطع ضخیم مقدار کمی مولیبدن اضافه می شود. ۰٫۱۵٪ مولیبدن اثر مشابه با ۰٫۲۰٪ کروم و یا ۱٫۲۵٪ نیکل دارد.

بعضی از فولادها بعد از سرد کردن آرام از دمای برگشت ۶۲۵ C انرژی ضربه کمتری در مقایسه با فولادهایی دارند که بعد از برگشت با سرعت سرد شده اند. این پدیده به تردی تمپر معروف است. فولادهای منگنز، کروم و کروم - نیکل با کروم بیش از ۰٫۷۵٪ کروم به این نوع تردی حساس هستند. برای کاهش

حساسیت به این نوع تردی به ترکیب این فولادها ، مولیبدن اضافه می شود. چنین فولادهایی در محورها، میل لنگ ها و چرخنده ها کاربرد دارند.

نرم شدن مارتنزیت در دماهای برگشت بالای $C 260$ بوسیله مولیبدن به تاخیر می افتد و در $0,25\%$ Mo سختی فولادهای مارتنزیتی پرکربن و کربن متوسط در هنگام برگشت در دمای $400-630 C$ را افزایش میدهد.

در دماهای برگشت بالا ، مولیبدن وارد فاز کاربید می شود. با بالا بردن دمای برگشت در دمای $C 700$ غلظت بالایی از مولیبدن در سمنتیت اورتورومبیک وارد می شود و در درصدهای بالاتر از $0,5\% Mo$ ، کاربید $fcc (Fe,Mo)_{23}C_6$ تشکیل خواهد شد.

مولیبدنی که به فولادهای کم آلیاژی و پرآلیاژی اضافه می شود، مقاومت خزشی و استحکام در دماهای بالا را افزایش میدهد. دو علت اصلی را می توان در این نوع رفتار فولادهای مولیبدن دار دخیل دانست: افزایش استحکام خزشی فریت و دیگری بالا بردن دمای تبلور مجدد بعد از سخت گردانی. عامل دیگری نیز می توان بدان مربوط دانست و آن اینست که ساختار میانی بین پرلیت و مارتنزیت تمپر شده تشکیل می شود که استحکام خزشی بهتری دارد.

با اینکه مولیبدن بخودی خود استحکام خزشی فولاد را می افزاید، ولی فولادهایی که در دماهای بالا کاربرد زیادی دارند، در ترکیبشان علاوه بر مولیبدن ، وانادیم و یا کروم نیز دیده می شوند. فولادهای از این سری دارای $Mo 0,5\% Cr, 0,5\%$ و یا $Mo, 0,2\% Cr 0,5\%$ می باشند. این فولادها در سوپر هیتراهای بویلر و لوله هایی که در دماهای بالای $C 460$ کار می کنند، استفاده می شوند. آنچه در این کاربردها نیاز است، مقاومت در برابر گازهای کوره و اکسیداسیون، مقاومت خوردگی توسط گازهای گرم، استحکام خزشی بالا و بدون تردی تمپر می باشند. در صنایع شیمیایی فولاد با $Mo 0,5\%$ بکار می رود که قابلیت جوشکاری بالایی نیز دارد.

در برخی از فولادهای تند بر ، مولیبدن می تواند جایگزین تنگستن شود. در این جایگزینی، یک قسمت مولیبدن بجای دو قسمت وزنی تنگستن اضافه می شود. البته شایان ذکر است که مولیبدن بطور کامل جایگزین تنگستن نمی شود بلکه عموماً این فولادها دارای $Mo 6\%$ و $W 6\%$ می باشند و در فولادهای مولیبدن بیشتر، $W 2\%$ و $Mo 9\%$ حضور دارند. در دماهای بالا ، این فولادها سختی مشابهی با فولادهای تند بر تنگستن دار داشته ولی فولادهای مولیبدن دار به دگربروزاسیون سطحی در شرایط حرارت دهی در کوره های اکسیدی بسیار حساسند . برای حل این مشکل ، از حمام های نمک ، اتمسفر کنترل شده کوره ها و یا پوشش های بوراکسی استفاده می کنند.

مولیبدن مقاومت خوردگی فولادهای کروم و کروم - نیکل را می افزاید. افزودن $Mo 3\%$ به فولاد $18/8$ استحکام در دماهای بالا را بهبود بخشیده و مقاومت در برابر محلول های سولفیدی ، سولفاتی و استات و

مقاومت خوردگی اسید استیک را اصلاح کرده و حفره دار شدن در طی خوردگی در آب دریا را می‌کاهد. مولیبدن موجود در فولاد ۱۸/۸ خوردگی تماسی یا هوازدگی را می‌کاهد. این نوع خوردگی از ذرات خارجی موجود در محلول خورنده که با فولاد در تماس هستند، نشأت می‌گیرد.

با افزودن Mo به فولادهای کم کربنی و مس دار نرخ خوردگی اتمسفری کاسته می‌شود. با حضور این عنصر، گرافیت زایی در دماهای بالا کند می‌شود. مولیبدن، نیتrideهای بسیار مقاوم در برابر سایش در فولاد تشکیل می‌دهد و بنابراین در فولادهای ابزار نیتride شونده استفاده می‌شود.

در چدن‌ها پایدار کننده متوسط کاربیدهاست. مولیبدن عنصر بسیار مفیدی در افزایش استحکام و چقرمگی چدن‌هاست. درصد افزوده شده به چدن‌ها از این عنصر % ۰,۲۵-۱,۲۵ می‌باشد. در مقاطع بزرگ و متوسط اثر پایدار کنندگی پرلیت داشته و از اینرو یکنواختی در ساختار را در پی دارد و در عوض استحکام و سختی را افزایش می‌دهد. در مقاطع نازک، مولیبدن باعث ارتقای ساختار بینیتی سوزنی می‌شود.

وقتی مولیبدن به همراه نیکل به چدن اضافه می‌شود، ساختار سوزنی شکل در کل ضخامت تشکیل می‌شود ولی اگر عنصر آلیاژی بیشتر باشد، مارتنزیت تشکیل خواهد شد. اثر مس همراه مولیبدن مشابه اثر نیکل است اما درصد مس تا حد امکان بایستی پایین باشد تا بطور کامل در محلول قرار بگیرد. چدن‌های سوزنی شکل استحکام و سختی بالایی دارند و در کاربردهایی که نیاز به مقاومت خستگی دارند مثل میل لنگ استفاده می‌شوند.

سختی پذیری چدن مولیبدن تا حد زیادی در حضور مولیبدن در ترکیب آن بهبود می‌یابد و می‌تواند اثر مبردی نیز داشته باشد. مولیبدن کاربیدزا بوده و در کنار کروم و وانادیم جدایش می‌یابد و در یوتکتیک فسفید قرار می‌گیرد Cr, V و P در چدن‌های سوزنی مفید و دلخواه نمی‌باشند.

چدن‌های با درصد کربن کل ۰,۳۵٪، ۲,۲۵٪ Si و ۰,۵۰٪ Mo در پیستون‌های موتور ماشین بکار می‌رود. چدن‌های مولیبدن دار در قالب‌های فورج استفاده می‌شوند که بایستی استحکام گرم و مقاومت سایشی خوب داشته باشند.

تاثیر نیتروژن در فولادها :

نیتروژن عنصر شیمیایی بی‌بو، بی‌رنگ و بی‌مزه است که بیشتر در شرایط استاندارد بکار می‌رود و ۷۸ درصد از اتمسفر زمین را به خود اختصاص داده است. نیتروژن در لاتین از ترکیب دو کلمه nitrum به معنای قلیای خنثی و genes به معنای سازنده بدست آمده است.

نیتروژن در سال ۱۷۷۲ توسط دانیل رادرفورد (Daniel Rutherford) کشف شد که وی آن را به نام هوای تثبیت شده ویا مضر نامید. همزمان با آن نیز توسط دانشمندانی چون کارل ویلهلم شیل، هنری کاوندیش و جوزف پیرستلی مورد بررسی قرار گرفت که این آخری آن را بنام ازت (azote) از واژه یونانی به

معنای مرده نام گذاری کرد. حیوانات در آن می میرند و جز اصلی هواست که حیوانات در آن خفه می شوند و شعله در آن خاموش می شود.

ترکیبات نیتروژن از دوران میانی شناخته شده بودند. کیمیاگران اسید نیتریک را به نام aqua fortis آب قوی می شناختند. مخلوط اسیدهای نیتریک و اسید هیدروکلریک در آن زمان aqua regia (سلطنتی) نامیده می شد چرا که می توانست طلا (سلطان فلزات) را در خودش حل نماید.

نیتروژن قسمت اصلی آمینواسیدها و اسیدهای نوکلئیک می باشد که اینها نیز به نوبه خود پایه و اساس حیات هستند. نیتروژن ملکولی را نمی توان در گیاهان و حیوانات یافت و برای اینکه نیتروژن بتواند وارد ساختمان این جانداران شود، لازم است که به ترکیبات دیگر تبدیل شود و فرآیند تثبیت (Fixation) بر روی آن صورت گیرد. رسوبات معمولاً دارای مقادیر قابل توجهی از نیترات و آمونیوم هستند که هر دو از تثبیت نیتروژن توسط برخورد نور و یا سایر پدیده های الکتریکی اتمسفری با آن تشکیل شده اند.

باکتری خاصی (به عنوان مثال تریفولیوم ریوزوبیوم) آنزیم های نیتروژنازی دارند که می توانند نیتروژن اتمسفری را به صورتی (یون آمونیوم) تثبیت کند که برای اندام های بالایی مفید باشد. لازمه این فرآیند این است که انرژی زیاد و بی اکسیژنی فراهم شود. این چنین باکتریهایی ممکن است که در خاک به شکل آزاد باشند (مثل آزوباکتر) ولی یک رابطه همزیستی با برآمدگی های ریشه گیاهان داشته باشند.

بخشی از رابطه همزیستی که در بالا بدان اشاره شد، این است که گیاه یون آمونیوم را به اسیدهای نیتروژن و اسیدهای آمونیم تبدیل می کند تا پروتئین ها و سایر ملکول های مفید بیولوژیکی مثل آلکالوئید تشکیل شوند. در عوض این فرآیند که باکتریها در اختیار گیاه قرار می دهند، گیاه نیز به این باکتریها شکر می دهد.

برخی از گیاهان می توانند که نیتروژن را مستقیماً به حالت نیتريد از خاک یا رسوبات طبیعی اطراف ریشه جذب نمایند. این نوع نیترات ها که جذب گیاه می شوند، با کمک آنزیم ردوکتاز نیترات به نیتريت تبدیل شده و سپس بوسیله آنزیم دیگری به نام ردوکتاز نیتريت به آمونیاک تبدیل می شود.

در حیوانات نیز نیتروژن را می توان جز اصلی حیات آنها به شمار آورد. حیوانات از آمینواسیدهای حاوی نیتروژن حاصل از منابع گیاهی برای تولید پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک استفاده می کنند. حشراتی که از گیاهان تغذیه می کنند، نیز در جیره غذای شان به نیتروژن وابسته هستند، که مقدار نیتروژن موجود در کودهای بکار رفته برای گیاهان بر نرخ زاد و میر حشرات بسیار موثر است.

نیتراتهای محلول عامل محدود کننده رشد برخی از باکتری ها در آبهای اقیانوس هستند. در نقاط مختلف دنیا برای افزایش بازده و بهره زمینهای کشاورزی از کودهای نیتروژن دار مصنوعی استفاده می کنند که در نتیجه این کودها از طریق رودخانه ها وارد سیستم اقیانوس می شوند. این فرآیند سب انباشتگی خوراک آب شده و در نتیجه تعداد باکتریهای بر پایه نیتروژن افزایش یافته و در نتیجه سب کاهش اکسیژن آب خواهد شد که این امر به منزله مرگ جانداران دیگر آبی است.

بسیاری از ماهی های آب های شور مقادیر زیادی اکسید تری متیل آمین تولید می کنند تا بتوانند در مقابل اثرات بالای اسمزی که از محیط بر آنها وارد می شود، مقاومت نمایند. در واقع تبدیل این ترکیب به دی متیل آمین است که باعث می شود که بوی ماهی کهنه با ماهی تازه متفاوت باشد.

در کوره های بسمر ، نیتروژن به همراه هوای فشرده از زیر به مذاب دمیده می شود. و یا در کوره های الکتریکی با قوس پلازما به نیتروژن اتمی تبدیل می شود. محققان هنوز بر سر میزان انحلال نیتروژن در ذوب به توافق نرسیدند. ولی آنچه که مشخص است در هنگام انجماد ، قابلیت انحلال نیتروژن کاسته می شود. نیتروژن در دمای 727°C بصورت بین نشین در فریت حل می شود. مقادیر اضافی تشکیل نیتريد آهن و سایر ذرات نیتريدی کمپلکس را می دهد. بعد از استحاله آستنیت به فریت، ذرات نیتريد آهن بصورت Fe_4N رسوب می کند و چون در دمای بالا رسوب می کنند، امکان آگلومراسیون و درشت شدن رسوبات وجود دارد. این ذرات تاثیر خاصی در افزایش استحکام ندارند. میزان انحلال نیتروژن بستگی به درصد عناصر آلیاژی دیگر دارد. عناصری چون کربن، سیلیس و اکسیژن انحلال نیتروژن را کاسته در صورتیکه کروم، منگنز، وانادیم، زیرکن و تیتانیوم این مقدار را افزایش می دهند.

نیتروژن آستنیت زای بسیار قوی است و خواص مکانیکی را افزایش می دهد. نیتروژن بالاخص همراه مولیبدن مقاومت به خوردگی موضعی را افزایش می دهد. در فولادهای زنگ نزن فریتی شدیداً چقرمگی و مقاومت خوردگی را می کاهش دهد و در فولادهای مارتنزیتی - آستنیتی ، نیتروژن هر دوی سختی و استحکام را زیاد کرده و متعاقب آن انرژی ضربه را می کاهش دهد.

نیتروژن به علت کاهش چقرمگی ، هنگام رسوب رسوبات نیتريدی مضر بوده و عامل پیرتردی و تردی آبی است. هم چنین احتمال خوردگی توام با تنش بین دانه ای در فولادهای ساده و کم آلیاژی را تقویت می کند.

نیتروژن در آهن قابلیت نفوذ داشته و نرخ دیفوزیون آن در آهن از کربن بیشتر ولی از هیدروژن کمتر است. در درصد 0.01 نیتروژن در آهن ، در دمای بالاتر از 300°C فاز ثانویه ای تشکیل نمی شود ولی در دمای کمتر از آن ، نیتريد آهن تشکیل خواهد شد و چون در دمای کم تشکیل شده است ، رسوبات ریز کوهترنت تشکیل می شود که علت اصلی پیری و تردی است.

فولادهایی که در قطعات نیتريدی استفاده می شوند، دارای عناصر پایدار کننده نیتريد هستند. کروم و آلومینوم از جمله عناصری هستند که نیتريد آنها با رسوب در لایه سطحی ، سختی لازم را فراهم می آورند. فولاد متداول ، سری های نیتروآلوی با $1\% \text{Cr}$ ، $1.5\% \text{Al}$ می باشد.

در صورتی که عملیات حرارتی در شرایط اکسید کننده انجام گیرد، نیتروژن فولاد دست نخورده باقی می ماند چرا که لایه اکسید سطحی از تبادل نیتروژن بین قطعه و محیط جلوگیری می کند. وقتی فولادهای پرکروم در دماهای بالا (1000°C) در محیط نیتروژن دار حرارت داده می شوند، سریعاً گاز جذب میکنند، و

در واقع گاز نیتروژن جذب میکنند در این مورد، اگر چه سطح اکسیدی در سطح فولاد وجود دارد، ولی نیتروژن حتی با نرخ کم نیز جذب فولاد می شود و باعث نازک شدن لایه اکسیدی خواهد شد. این اثر در حضور منگنز در درصدهای ۳-۴٪ تشدید می شود.

افزودن نیتروژن به فولادهای پرکروم با کروم ۱۷٪، اصلاح خواص فولاد را در پی دارد بطوریکه انرژی ضربه 80 Ib.ft را می توان از آن گرفت. در درصدهای کروم بالا تر از این مقدار بالاخص در ۲۰٪ Cr اثر بهبود کنندگی نیتروژن آنقدر کاهش می یابد که قابل چشم پوشی است. فولادهای کم کربن با ۱۷٪ Cr بعد از سرد کردن سریع در هوا از دمای بالا سختی پذیری کمی از خود نشان می دهند و هم چنین داکتیلیتی شان کم می شود. بنابراین این باید بعد از کار گرم، در محدوده ۷۰۰-۸۰۰ C برگشت داده شوند. افزودن نیتروژن سبب افزایش داکتیلیتی و سختی پذیری شده و در نتیجه لزوم برگشت بعد از کار گرم را حذف می کند.

افزودن نیتروژن به فولادهای ۲۰٪ Cr و ۲۷٪ Cr کاری متداول است و طبیعتاً ساختار کاملاً فریتی داشته و در برابر رشد دانه در هنگام حرارت دهی تا دماهای بالا مقاومت از خود نشان می دهند. اضافه کردن نیتروژن به ترکیب این فولادها، مقدار کمی آستنیت و فاز ثانویه در ریز ساختار بوجود می آورد که در برابر حرارت دادن، بدون هیچگونه خطر رشد دانه استفاده کرد و هم چنین کار گرم آنها آسان می شود. معمولاً درصد نیتروژن افزوده شده در حدود یک صدم درصد کروم است چرا که تقریباً بیشترین درصد نیتروژنی است که در محلول جامد می تواند حضور داشته باشد. بالتبع درصد قابل حل نیتروژن در مذاب فولاد بیشتر بوده و مقدار اضافی آن در هنگام انجماد یا از ذوب خارج می شود و یا مقداری محدود نیز در محلول جامد گیر می افتند.

نیتروژن می تواند به عنوان جایگزین مقدار کمی از نیکل در فولادهای زنگ نزن آستنیتی بکار رود. تاثیر نیتروژن بر پایداری آستنیت در حدود ۲۰ تا ۳۰ برابر اثر نیکل است. قابلیت انحلال نیتروژن در فولاد ۱۸/۸ بسیار کم می باشد لذا افزودن بیش از ۰,۰۶-۰,۰۸٪ N به ترکیب فولاد را محدود می کند. این مشکل با افزودن درصدی منگنز برطرف می شود. فولاد کم کربن با ۲۰٪ Cr, ۶٪ Ni, ۸٪ Mn, ۰,۲۰-۰,۱۵٪ N هم رده و شاید بهتر از فولاد آستینی ۱۸/۸ از لحاظ مقاومت خوردگی و قابلیت جوشکاری باشد ولی بسیار گران بوده و کار گرم آن مشکل است.

معمولاً نیتروژن در چدن‌ها به اندازه ۳۰-۱۰۰ ppm وجود دارد. اگر چه درصد نیتروژن می تواند از این هم فراتر رود ولی به اندازه ای نیست که آرام بودن قطعه را به خطر اندازد. نیتروژن بمقدار کمی در محلول جامد می تواند حضور داشته باشد و یا اینکه با عناصر دیگر بصورت ترکیب در آید.

نیتروژن در چدن مالیل تا حد کمی فرآیند آنیل را کند می سازد. نیتروژن موجود در ترکیب چدن با حضور تیتانیوم و آلومینوم و با تشکیل نیتريد خنثی می شود. چدنهای پرکروم به رشد دانه بسیار حساس هستند

ولذا نیتروژن اغلب به این چدن ها اضافه می شود تا اندازه دانه بعد از ریخته گری را بکاهد. افزودن نیتروژن به ذوب بوسیله فروکروم های حاوی نیتروژن انجام می گیرد.

چدنهایی که برای کاربردهای نیتریدی استفاده می شوند، اغلب حاوی آلومینوم و کروم بوده و یک لایه با سختی سطحی بسیار بالا و نیترید های پایدار تشکیل می شود

تاثیر تیتانیوم در فولادها :

تیتانیوم عنصر شیمیایی است که که سبک، محکم و درخشان بوده و مقاومت خودرگی بالایی دارد. از طرفی این عنصر نسبت استحکام به وزن بالایی نیز دارد.

تیتانیوم برای اولین بار در روستای کارنول (Cornwal) توسط یک زمین شناس غیر حرفه ای به نام ویلیام گرگور (William Gregor) در سال ۱۷۹۱ کشف شد. وی اظهار داشت که عنصری ناشناخته و جدید در ایلمنیت وجود دارد. ایشان در ماسه سیاه که از نزدیک منکان (Manaccan) جریان داشت، عنصری را دید که توسط مغناطیس جذب می شد. آنالیز این ماسه دو نوع اکسید فلز را نشان داد: اکسید آهن و دیگری ماده ای بود که نتوانست آن را شناسایی کرد. گرگور در گزارش خود آورد که ماده جدید خصوصیتی دارد که با مواد شناخته شده مطابقت ندارد و این گزارش را به انجمن سلطنتی زمین شناسی کارنول و نیز مجله علمی آلمانی به نام Crell's Annalen ارسال نمود. البته اگر وی می توانست که این فلز را جدا نماید، شاید اسم آن را مناکیت (Menachite) می نامید.

در همان زمان، فرانس جوزف مولر (Franz Joseph Muller) ماده مشابهی را تولید کرد ولی نتوانست آن را شناسایی نماید. در سال ۱۷۹۵ میلادی، شیمی دان آلمانی به نام مارتین هنریش کلاپروت (Martin Heinrich Klaproth) اکسید آن را در سنگ معدنی تورمالین قرمز بدست آورد. ایشان عنصر جدیدی در آن یافت که براساس مکتب خدانشناسی یونانی، آن را تیتان (Titans) نامید.

فرآیندهایی که برای استخراج تیتانیوم از سنگ معدن های مختلف استفاده می شوند، معمولاً روش های آزمایشگاهی و هزینه بر هستند و از طرفی نمی توان در حالت معمولی با حرارت دادن در حضور کربن، آنرا احیاء نمود، زیرا که کاربید تیتانیوم تشکیل شود. تیتانیوم فلزی خالص (۹۹٫۹۹٪) برای اولین بار توسط مانتو هانتز (Matthew A. Haunter) از طریق حرارت دادن $TiCl_4$ همراه با سدیم در یک مخزن فولادی در دمای $700-800^{\circ}C$ در فرآیند هانتز تولید شد. این نوع تیتانیوم فلزی که با فرآیند هانتز تولید شده است، بیرون از آزمایشگاه کاربردی نداشت، اما در سال ۱۹۴۶، ویلیام ژوستین کرول (William Justin Kroll) اثبات کرد که تیتانیوم فلزی را بوسیله احیاء تترا کلرید تیتانیوم به همراه منیزیم از طریق فرآیند کرول به صورت تجارتي می توان تولید کرد. علیرغم اینکه تحقیقات زیادی در مورد کاهش هزینه ها و افزایش راندمان در این سالها انجام شده اند، اما هنوز هم فرآیند کرول یکی از روش های تجارتي مهم در تولید تیتانیوم می باشد.

با توجه به اینکه تیتانیوم سازگاری زیادی با محیط زیست و بدن دارد، به عبارتی غیر سمی بوده و توسط بدن پس زده نمی شود، از اینرو در بسیاری از کاربردهای پزشکی هم چون ابزارهای جراحی و ایمپلانت ها استفاده پیدا کرده است.

تیتانیوم دارای ویژگی منحصر به فردی است که می تواند به راحتی در بدن قرار گیرد و لذا در ایمپلانت های دندان استفاده می شود و تا بیش از ۳۰ سال در بدن باقی می ماند. این ویژگی در ایمپلانت های اورتوپدی بکار گرفته می شود. مدول الاستیسیته پایین تیتانیوم سبب می شود که هم خوانی بسیار بالایی با MOE استخوان داشته باشد و از اینرو هنگامی که نیرویی بر استخوان وارد می شود، بطور یکنواخت و همگن بر هردوی آنها وارد می شود. بنابراین از تخریب و آسیب دیدن استخوان جلوگیری می کند.

وزن اتمی تیتانیوم ۴۸ و نقطه ذوب آن ۱۶۶۸ C است. علیرغم ساختار کریستالی hcp آن در ترکیب فولاد فریت زا و کاربرد زای قوی است و در حدود ۳٪ از تشکیل فاز آستنیت بطور کامل جلوگیری می کند. آهن و تیتانیوم در زمینه تشکیل فاز بین فلزی تردی میدهند. بررسی ها روی نمودار فازی آهن و تیتانیوم نشان می دهند که در ساختار سه ترکیب $FeTi_2$ ، Fe_3Ti و Fe_2Ti وجود دارند. اگر درصد تیتانیوم از ۳٪ فراتر رود Fe_2Ti تشکیل خواهد شد.

به خاطر تمایل زیاد تیتانیوم به ترکیب با اکسیژن، درصد زیادی از تیتانیوم در فولاد مذاب با اکسیژن ترکیب شده و اکسید تیتانیوم TiO_2 تشکیل می شود. مگر اینکه درصد اکسیژن بساير کم باشد. (۰,۰۱٪) اکسید تیتانیوم در زمینه بطور ریز توزیع می شود. توزیع یکنواخت و ریز این اکسیدها در ذوب، جوانه زنی در حین انجماد را تسریع کرده و اصلاح اندازه دانه ها را در پی خواهد داشت.

توزیع تیتانیومی که اکسید نشده است، بستگی به میزان نیتروژن و کربن فولاد و عناصر نیتريد ساز قوی در فولاد در سیکل حرارتی دارد. نیتريد تیتانیوم و کاربیدها متقابلا در هم حل می شوند. فلذا $TiC-TiN$ یا $Mx(C,N)_y$ نشان داده می شوند.

در فولادهای زنگ نزن آستنیتی، برای افزایش مقاومت خوردگی بین دانه ای اضافه می شود. ولی خواص مکانیکی در دماهای بالا را نیز افزایش می دهد. در فولادهای فریتی، تیتانیوم با کاهش درصد بین نشینی ها در محلول جامد، چقرمگی و مقاومت خوردگی را بهبود می بخشد. در فولادهای مارتنزیتی سختی مارتنزیت را می کاهد و مقاومت تمپر را می افزایش دهد. در فولادهای رسوب سختی شونده، برای تشکیل ترکیبات بین فلزی جهت افزودن مقدار استحکام از تیتانیوم استفاده می شود. فولادهای آلیاژی همراه با مقدار کمی تیتانیوم تولید می شود. با افزودن درصدی از تیتانیوم همراه با عناصر آلیاژی دیگر مثل مس، نیکل و مولیبدن، سری جدیدی بنام فولادهای میکرو آلیاژی تولید می شوند. اگر تیتانیوم در فولاد آستنیتیه شده بصورت محلول در آید، سختی پذیری را تا حد کمی افزایش می دهد ولی اگر مقداری از کربن فولاد بشکل ذرات کاربید تیتانیوم حل نشده باقی بماند، سختی پذیری کم می شود.

در درصدهای کم اکسیژن ، تیتانیوم بصورت نیتريد تیتانیوم دیسکی شکل با ضخامت $200 A$ تشکیل خواهد شد. در حین استحاله در Ar_1 و Ar_3 ، کاربید تیتانیوم تشکیل می شود. در هنگام حرارت دهی دوباره، ذرات کاربیدی راحت تر از ذرات نیتريدی حل می شوند. وجود ذرات نیتريدی در ریزساختار ، علاوه بر افزایش استحکام فولاد، مقاومت دانه ها در برابر افزایش اندازه دانه در دماهای بالا را زیاد تر می کند که این خاصیت در منطقه HAZ بسیار مفید است. هم چنین تیتانیوم تمایل به جدایش و تجمع دارد و باعث تشکیل ساختار لایه ای Banding می شود.

در فولاد های پر کربن با درصد بالای تیتانیوم ، با ترکیب تیتانیوم و کربن و نیتروژن موجود ، کربونیتريد/سیانونیتريد تشکیل می شود. این آخالهای ناپایدار نامطلوب بوده و بر ماشینکاری اثر منفی دارند و به عنوان محل های افزایش دهنده تنش عمل می کنند.

بهترین سطح شمش ریختگی ، وقتی بدست می آید که از فولادهای جوشان که تحت عملیات با تیتانیوم قرار گرفته باشند، استفاده شود که جدایش و حفرات زیر سطحی را حذف می کند.

اکسید زدایی فولادهای آرام با تیتانیوم باعث تمیز شدن فولاد می شود که در آن محصولات ناشی از اکسیژن زدایی قبلی نظیر سیلیکاتهای منگنز و آهن با فرآیند سرباره سازی حل می شوند. در این حال، آخالها آگلومره شده و براحتی از ذوب خارج می شوند. میزان تیتانیوم اضافه شده به ذوب بایستی بدقت کنترل شود و در تولید فولادهای بسیار تمیز که خواص مکانیکی عالی مورد نظر است، تیتانیوم به عنوان اکسیژن زدا در نظر گرفته نمی شود و اگر تیتانیوم بمقدار نادرست اضافه شود ، خطر تشکیل آخالهای کربونیتريد/سیانونیتريد وجود دارد.

اکسیژن زدایی با تیتانیوم فولادهای آرام، جدایش سرشمش را کاسته و از اینرو راندمان آن را افزایش می دهد. مثالی از این مورد می توان به تولید فولاد ریل با کوره بازی و افزودن تیتانیم به آن اشاره کرد. ترکیب استاندارد این فولاد $C \ 0.04\% \ Mn, \ 0.60-0.75\% \ Si, \ 0.10-0.30\% \ max \ P$ است. در حدود $Ti \ 0.1\%$ به بوته اضافه می شود (یا آنقدر اضافه شود که میزان نهایی تیتانیوم از 0.05% فراتر نرود). در اینصورت جدایش حذف شده و عمر کاری ریلهای نهایی را بیشتر می کند. هم چنین اکسیژن زدایی با تیتانیوم ، مقاومت در برابر تردی پیرکرنشی را افزایش می دهد.

اگر درصد تیتانیوم در فولاد مناسب باشد، با گوگرد ترکیب می شود (در غیاب اکسیژن و نیتروژن) و از تشکیل سولفید آهن و سرخ شکنندگی جلوگیری می کند. فولادی با $S \ 0.15\%$ و بدون منگنز و 0.26% Ti قابلیت فورج دارد.

افزودن $Ibs \ 2-3$ به ازای هر تن فولاد با گوگرد بالا ، و به دنبال آن توزیع یکنواخت سولفید ، خوش تراش بودن فولادهای فورج شده را به دنبال خواهد داشت. در اینگونه موارد ، تیتانیوم به آلومینوم ترجیح داده میشود زیرا آخالهای آلومینیایی ساینده که بر ماشینکاری اثر منفی دارند، را حذف می کند. هر چند که برای

جلوگیری از تشکیل کربونیتريد/سیانونیتريد ، باید مقادیر بسیار کمی از آن، به ترکیب فولادهای کربنی ساده اضافه می شوند.

تیتانیوم همراه با آلومینوم برای کنترل اندازه دانه آستنیت بکار می رود. در این میان، تاثیر آلومینوم بر کنترل اندازه دانه بیشتر بوده ولی اگر بمقدار لازم اضافه شود، ترک برداری سطوح داخلی افزایش می دهد. اعتقاد بر اینست که آلومینوم با نیتروژن ترکیب شده و فیلم یوتکتیک مانندی از نیتريد آلومینوم در مرز دانه های اولیه آستنیت می سازد که باعث افت استحکام و داکتیلیتی می شود. در صورتی که فروتیتانیوم همراه با آلومینوم افزوده شود ، تیتانیوم به عنوان عنصر ترجیحی برای تشکیل نیتريد عمل کرده و از تشکیل نیتريد آلومینوم ترد جلوگیری می کند. این روش در کاهش احتمال ترک در فولادهای کربنی متوسط با کنترل اندازه دانه بسیار موثر بوده و وجود تیتانیوم میزان آلومینوم مورد نیاز را برای کنترل اندازه دانه می کاهش دهد.

در فولادهایی که با آلومینوم آرام شده اند، شمش هایی که در مراحل آخر ریخته گری می شوند، بزرگ شدن اندازه دانه را خواهیم داشت. که به علت کاهش اثر کنترل کنندگی آلومینوم بر روی اندازه دانه است که احتمال دارد ناشی از نگهداشتن طولانی ذوب در بوتله و واکنش مذاب-سرباره باشد. در اینصورت تقریباً Ti % ۰,۳۵ به ذوبهای آخری که از شمش ریخته می شود، اضافه میشود تا اصلاح دانه حفظ شود. درصد پرلیت در فولادهای کربنی ساده در حضور تیتانیوم و به تبع آن تشکیل کاربیدهای آن کاهش می یابد. همین چنین گسترش کریستالهای درشت دندریتی را محدود کرده و اندازه دانه را به احتمال قوی با تشکیل جوانه های کاربید تیتانیوم اصلاح می سازد.

با افزودن Ti % ۰,۳-۰,۲ به فولادهای کربنی ساده و عملیات انحلالی در دماهای بالا که باعث ماندن مقداری تیتانیوم در محلول جامد می شود، سختی پذیری زیاد می شود. سخت گردانی در تمپر را نیز تسهیل می کند. در صورتیکه فولاد در دمای کمتر از C ۱۰۰۰ عملیات انحلالی داشته باشد یا اینکه نسبت تیتانیوم به کربن بزرگتر یا مساوی ۴ باشد، سختی پذیری کاهش خواهد یافت.

تیتانیومی که در فولادهای ابزار است، دانه را اصلاح کرده و عمق سختی را می کاهش دهد و از اینرو احتمال ترک برداری را کم خواهد کرد.

تمایل به سخت گردانی در هوا در فولادهای Cr ۴-۶% با افزودن تیتانیوم کم می شود و اگر نسبت Ti به C از ۵,۵ فراتر نرود، استحکام کششی در دماهای بالا بهبود خواهد یافت.

فولادهای کم کربن مولیبدنی که با تیتانیوم اکسیژن زدایی و اصلاح دانه شده است، در مقایسه با فولادهای آرام شده با آلومینوم ، براحتی در دماهای بالا گرافیته نمی شوند و در صورتیکه درصد تیتانیوم ۲,۸ برابر درصد کربن باشد، هیچ گرافیت زایی در ریزساختار دیده نمی شود. این فولادها خواص مکانیکی و استحکام خوبی در دماهای بالا دارند.

فولادهای ۸/۱۸ بعد از اینکه در محدوده ۴۵۰-۸۰۰ C عملیات حرارتی شدند و یا بعد از جوشکاری، وقتی در محیط خورنده قرار گیرند، با مکانیسم خوردگی بین دانه ای و یا Weld decay خورده می شوند. وقتی این فولادها در دمای ۴۵۰-۸۰۰ C عملیات حرارتی شوند، کاربید کروم از محلول جامد رسوب کرده و در نتیجه مناطق مجاور مرزدانه از کروم خالی می شود. این منطقه کم کروم به خوردگی بسیار حساس است. این حساسیت می تواند ناشی از کاهش درصد کروم باشد یا اینکه اثر گالوانیکی حاصل از تماس محلول جامد غنی از کروم با محلول جامد کم کروم عامل حساسیت باشد.

یکی از راه حل‌های برطرف کردن مشکل خوردگی بین دانه ای در این فولادها، افزودن تیتانیوم به ترکیب این فولاد است. درصد تیتانیوم باید بقدری باشد که کاربید تیتانیوم بجای کاربید کروم در حین رسوب سازی تشکیل شود. فلذا از تخلیه کروم در مرزدانه ها جلوگیری کرده و خوردگی بین دانه ای رخ نمی دهد.

جوشکاری فولاد ۸/۱۸ که با تیتانیوم پایدار شده است، بدون هیچ خطر و ترسی از خوردگی بین دانه ای می تواند انجام شود ولی برای جوشکاری بایستی از میلگردهای پایدار شده استفاده شود. خاطر نشان می شود این میلگردها بهتر است با نیوبیم پایدار شوند زیرا میلگردهای پایدار شده با تیتانیوم باید در اتمسفر محافظ جوشکاری شوند تا از افت اکسیداسیون جلوگیری شود.

حداقل تیتانیوم لازم برای اطمینان از پایدار شدن فولاد ۵ برابر درصد کربن فولاد است. جایگزین مناسب تیتانیوم، نیوبیم است ولی چون وزن اتمی نیوبیم دو برابر تیتانیوم است فلذا در مقایسه با تیتانیوم در حدود ۲ برابر درصد تیتانیوم اضافه می شود (۱۰ برابر درصد کربن)

حضور تیتانیوم در ترکیب فولادهای زنگ نزن آستنیتی اندازه دانه بعد از ریختگی را کاسته و باعث تشکیل فریت دلتا خواهد شد. تیتانیوم استحکام خزشی این فولادها را افزوده ولی تاثیر کمی بر استحکام آنها در دمای اتاق دارد. با این وجود برای رسیدن به استحکام در دمای بالا، میزان نیکل را باید افزود تا درصد فریت دلتا در ریزساختار کاهش یابد و در نهایت حذف گردد.

تیتانیوم همراه با آلومینوم در تولید فولادهای زنگ نزن فریتی، آستنیتی، پرنیکل، پرمنگنز رسوب سختی شونده و آلیاژهای مقاوم به حرارت پایه نیکلی رسوب سختی شونده بنام Nimonic بکار می رود. اگر آلیاژ تیتانیوم - آهن را از دمای انحلالی بالا کوئنچ کنیم، درصد کمی از تیتانیوم در محلول جامد باقی می ماند. بنابراین باید آلیاژ را تا دمای نسبتا بالا حرارت داده و در آن نگهداشته تا تیتانیوم وارد محلول جامد شود تا بتواند رسوبات ترکیب آهن - تیتانیوم با توزیع ریز تشکیل دهد. در فولادهای آلیاژی، توازن پیچیده ای بین درصد تیتانیوم و مقدار اجزای موجود برای حصول به شرایط مطلوب رسوب لازم است.

تیتانیوم تا حدی در چدن ها وجود دارد و اغلب بصورت آخالهای سوزنی شکل سفید - صورتی رنگ از کاربیدها یا نیتریدها ای یا هر دوی آنها می باشد.

افزودن تیتانیوم به چدن درصد گرافیت فوق تبریدی ریز رادر ساختار افزایش می دهد. که شاید علت اصلی آن ترکیب تیتانیوم با گوگرد باشد. بیشترین تاثیر اصلاح گرافیت از طریق ایجاد حباب دی اکسید کربن و یا آرگون در ذوب برای حذف هیدروژن می باشد. این عملیات آرام بودن و یکنواخت بودن چدن را بهبود می بخشد. وجود گرافیت فوق تبریدی حضور فریت را تقویت کرده که فریت تاثیر منفی بر خواص مکانیکی دارد. **علی** هذا ادعا شده است که افزودن تیتانیوم استحکام چدن را بهتر می کند.

چدنهای با گرافیت اصلاح شده ساختار چگالتری دارند که به محدود کردن رشد دانه کمک می کند. و مقاومت خوردگی در محلول های اسیدی را افزایش می دهد. بمنظور کمینه کردن رشد دانه ، گاه تیتانیوم به چدنهای پرسلیس مقاوم به حرارت افزوده می شود.

اندازه دانه کاربید یوتکتوئید چدنهای پر کروم را می توان با افزودن تیتانیوم اصلاح کرد که این عمل منجر به افزایش استحکام مکانیکی خواهد شد.

توزیع نیتريد ها و کاربیدهای تیتانیوم سخت در زمینه نرم ، مقاومت سایشی خوب بدون کاهش قابلیت ماشینکاری رادر چدنهای حاوی تیتانیوم فراهم می آورد .

h-Daneshmand