دانشگاه سمنان
دانشکده مهندسی مواد و صنایع

بررسی تأثیر عملیات حرارتی بر رفتار مکانیکی و خوردگی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی AISI 420

دانشجو:
میلاد دالوندی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

اساتید راهنما:
دکتر بهروز قاسمی
دکتر عباس هنربخش رئوف

استاد مشاور:
دکتر حسن عبداله‌پور

تابستان ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی مواد و متالورژی

صورت جلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه آقای میلاد دالوندی **برای اخذ کارشناسی ارشد مهندسی مواد- گرایش انتخاب و شناسایی مواد فلزی** تحت عنوان: **بررسی تأثیر عملیات حرارتی بر رفتار مکانیکی و خوردگی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی AISI 420**
در جلسه مورخ بررسی و با نمره مورد تایید قرار گرفت.

هیئت داوران :

استاد راهنما : **دکتر بهروز قاسمی** امضاء .....

استاد راهنما : **دکتر عباس هنربخش رئوف** امضاء .....

استاد مشاور : **دکتر حسن عبداله پور** امضاء .....

استاد داور : **دکتر علی حبیب اله زاده** امضاء .....

استاد داور : **دکتر مردعلی یوسف پور** امضاء .....

مسئول تحصیلات تکمیلی : **دکتر امید میرزایی** امضاء .....

تشکر و قدردانی

سپاس بیکران پروردگار یکتا را، که هستی‌ام بخشید و مرا به طریق علم و دانش رهنمون و به همنشینی رهروان دانش مفتخرم نمود.

گذر از این راه و فائق آمدن بر دشواری‌های آن ممکن نبود مگر به عنایت ایزد منان و به یاری عزیزانی که از الطافشان بهره برده‌ام، از همه این بزرگواران صمیمانه سپاسگزارم .....

پدر و مادر مهربانم، اسوه‌های زیبایی، مهر، تلاش و از خودگذشتگی، که در دوران تحصیل مایه دلگرمی من بودند و مرا یاری نموده‌اند.

جناب آقای دکتر بهروز قاسمی و جناب آقای دکتر عباس هنربخش رئوف، اساتید گرانقدرم، به پاس راهنمایی‌ها، حمایت‌های

جناب آقای دکتر حبیب اله زاده و جناب آقای دکتر یوسف پور، داوران بزرگوار، که زحمت داوری پایان نامه را بر عهده داشتند.

جناب آقای دکتر عمادالدین، مدیر گروه محترم مواد و **جناب آقای دکتر تجلی**، رئیس محترم دانشکده مواد و صنایع.

جناب آقای مهندس شاهی، تکنسین محترم دانشکده مواد، بابت همکاری‌هایی که در طی انجام این پروژه با اینجانب داشته‌اند.

در پایان از همه عزیزانی که به نحوی در انجام و پیشرفت این تحقیق، نقش بسزایی داشته و ذکر اسامی ایشان در اینجا مقدور نیست، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

اینجانب .....متعهد می شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان

.....

که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ..... گرایش .....

به گروه مهندسی ..... دانشکده مهندسی دانشگاه سمنان ارائه شده ، دارای اصالت پژوهشی و حاصل فعالیت های علمی اینجانب می باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود ، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به نیز از طرف مراجع زیربط قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی :

شماره دانشجویی : امضا

چکیـده

فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی به طور همزمان با دارا بودن خواص مکانیکی بهینه، مقاومت به خوردگی و مقاومت به سایش بالایی از خود نشان داده اند و به طور گسترده ای در صنایع پتروشیمی، دریایی، هوا فضا و صنایع غذایی مورد استفاده قرار می گیرند.در این تحقیق خواص مکانیکی، خوردگی و ریزساختار فولاد زنگ نزن مارتنزیتی AISI ۴۲۰ پس از عملیات حرارتی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. پارامترهای دمای آستنیته کردن و نرخ سرمایش به منظور بهینه کردن خواص مکانیکی و خوردگی این فولاد مورد بررسی قرار گرفتند. پس از انجام عملیات حرارتی تست های مکانیکی سختی سنجی و کشش و تست خوردگی پولاریزاسیون بر روی نمونه ها انجام شد. همچنین نمونه ها پس از آزمون کشش و تست خوردگی، برای تعیین مکانیزم شکست و خوردگی با میکروسکوپ الکترونی عبوری (SEM) و آزمون تفرق اشعه ایکس(XRD) مورد بررسی قرار گرفتند. با بررسی نتایج بدست آمده از آزمون های مکانیکی و خوردگی، شرایط عملیات حرارتی بهینه برای رسیدن به خواص مکانیکی و خوردگی مطلوب را تعیین کردیم.

واژه های کلیدی : فولاد زنگ نزن مارتنزیتی AISI ۴۲۰ ، عملیات حرارتی، ریزساختار

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل۱ مقدمه ۱

فصل۲ مروری بر منابع مطالعاتی ۶

۲-۱. مقدمه ۷

۲-۲. بررسی دیاگرام های فولاد زنگ نزن ۸

۲-۲-۱. بررسی سیستم آهن-کربن ۹

۲-۲-۲. بررسی سیستم آهن- کروم- کربن ۱۳

۲-۲-۳. بررسی سیستم آهن- کروم- نیکل ۱۶

۲-۳. عناصر آلیاژی در فولادهای زنگ نزن ۱۹

۲-۳-۱. کروم ۲۰

۲-۳-۲. نیکل ۲۱

۲-۳-۳. منگنز ۲۲

۲-۳-۴. سیلیسیم ۲۳

۲-۳-۵. مولیبدن ۲۳

۲-۳-۶. عناصر کاربیدزا ۲۴

۲-۳-۷. عناصر رسوب سختی شونده ۲۵

۲-۳-۸. کربن ۲۵

۲-۳-۹. نیتروژن ۲۵

۲-۴. دسته بندی فولادهای زنگ نزن ۲۸

۲-۴-۱. فولادهای زنگ نزن فریتی ۲۸

۲-۴-۱-۱. تأثیر عناصر آلیاژی بر روی ریزساختار فولاد زنگ نزن فریتی ۳۰

۲-۴-۱-۲. تأثیر مارتنزیت بر فولاد زنگ نزن فریتی ۳۰

۲-۴-۱-۳. متالورژی مکانیکی فولاد زنگ نزن فریتی ۳۱

۲-۴-۱-۴. خواص مکانیکی فولاد زنگ نزن فریتی ۳۶

۲-۴-۱-۵. خوردگی در فولاد زنگ نزن فریتی ۳۷

۲-۴-۲. فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی ۳۸

۲-۴-۲-۱. خواص مکانیکی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۴۰

۲-۴-۲-۲. خوردگی در فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۴۲

۲-۴-۳. فولادهای زنگ نزن آستنیتی ۴۲
۲-۴-۳-۱. متالورژی فیزیکی فولاد زنگ نزن آستنیتی ۴۴
۲-۴-۳-۲. آلیاژهای فولاد زنگ نزن آستنیتی ۵۰
۲-۴-۳-۳. خواص مکانیکی فولاد زنگ نزن آستنیتی ۵۱
۲-۴-۳-۴. خوردگی در فولاد زنگ نزن آستنیتی ۵۱
۲-۴-۴. فولادهای زنگ نزن رسوب سختی ۵۲
۲-۴-۴-۱. فولاد زنگ نزن رسوب سختی مارتنزیتی ۵۳
۲-۴-۴-۲. فولاد زنگ نزن رسوب سختی نیمه آستنیتی ۵۴
۲-۴-۴-۳. فولاد زنگ نزن رسوب سختی آستنیتی ۵۵
۲-۴-۵. فولادهای زنگ نزن دو فازی ۵۶
۲-۴-۵-۱. متالورژی فیزیکی فولاد زنگ نزن دو فازی ۵۷
۲-۴-۵-۲. خواص مکانیکی فولاد زنگ نزن دو فازی ۵۸
۲-۵. تولید فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۵۹
۲-۵-۱. متالورژی ثانویه ۵۹
۲-۵-۱-۱. گاز زدایی در خلاء ۵۹
۲-۵-۱-۲. پالایش پاتیلی ۶۰
۲-۵-۱-۳.پالایش فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۶۱
۲-۵-۲. دیگر روش های تولید ۶۲
۲-۵-۲-۱. استفاده از کوره قوس الکتریکی و ذوب و پالایش در خلاء ۶۴
۲-۵-۲-۲. ذوب و پالایش بدون خلاء ۶۵
۲-۵-۲-۳. ریخته گری مداوم فولادهای زنگ نزن ۶۶
۲-۵-۲-۳-۱. عیوب در ریخته گری مداوم فولادهای زنگ نزن ۶۷
۲-۶. خوردگی فولاد زنگ نزن ۶۸
۲-۷. عملیات حرارتی فولاد های زنگ نزن ۶۸
۲-۷-۱. فرآیندهای عملیات حرارتی ۷۳
۲-۷-۲. عملیات حرارتی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۷۸

فصل۳ روش انجام آزمایش **۸۵**

۳-۱. تجهیزات و مواد آزمایش ۸۶
۳-۲. روند آزمایش ۹۱

فصل۴ نتیجه گیری و بحث **۹۵**

۴-۱. مقدمه ۹۶
۴-۲. بررسی سختی نمونه های عملیات حرارتی شده ۹۶

۴-۳. بررسی ساختار نمونه ها به وسیله میکروسکوپ نوری ۹۸
۴-۴. بررسی مقاومت کششی نمونه ها ۱۰۵
۴-۵. بررسی مقاومت خوردگی نمونه ها ۱۱۲
۴-۶. بررسی سطح خوردگی و آنالیز نمونه ها ۱۱۵
۴-۷. نتیجه گیری ۱۲۶
۴-۸. پیشنهادات ۱۲۷

مراجع **۱۲۸**

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱. نمودار تعادلی آهن-کرم ۱۰
شکل ۲-۲. حلقه گامای تشکیل شده برای عناصر آلیاژی مختلف در سیستم های مختلف دوتایی آهن ۱۰
شکل ۲-۳. فاز سیگما مرزدانه ای ۱۱
شکل ۲-۴. ناحیه میانی نمودار Fe-Cr بر اساس اصلاحات ویلیامز ۱۲
شکل ۲-۵. نمودار تعادلی Fe-Cr-C ۱۳
شکل ۲-۶. دیاگرام دوتایی کاذب Fe-Cr-C با ۱۳٪wt کروم ۱۴
شکل ۲-۷. دیاگرام دوتایی کاذب Fe-Cr-C با ۱۷٪wt کروم ۱۴
شکل ۲-۸. نمودارهای فازی آهن-کروم با مقادیر کربن مختلف ۱۵
شکل ۲-۹. طرح هایی از خط انجماد و خط ذوب سیستم سه تایی Fe-Cr-Ni ۱۶
شکل ۲-۱۰. مقاطع دوتایی کاذب از سیستم سه تایی Fe-Cr-Ni ۱۷
شکل ۲-۱۱. دیاگرام فولادهای 18%Cr با 4%Ni و 8%Ni ۱۸
شکل ۲-۱۲. میزان نیکل لازم برای تشکیل ساختار کاملا آستنیتی و آستنیتی – فریتی ۱۹
شکل ۲-۱۳. منحنی copson ۲۲
شکل ۲-۱۴. فاز سیگما به صورت سوزنی شکل در مرز دانه ها ۳۳
شکل ۲-۱۵. میکروساختار نوری از فولاد زنگ نزن فریتی و فازهای کای و سیگما ۳۳
شکل ۲-۱۶. منحنی C یا همان منحنی دما- زمان-استحاله برای فولاد زنگ نزن فریتی ۳۴
شکل ۲-۱۷. دمای تبدیل شکست نرم به ترد برحسب تابعی از ضخامت قطعه ۳۷
شکل ۲-۱۸. فولاد زنگ نزن نوع ۴۱۰، تابکاری شده در دمای ۸۱۵ درجه سانتی گراد ۳۹
شکل ۲-۱۹. فولاد زنگ نزن مارتنزیتی نوع ۴۱۰ که با سریع سرد کردن در هوا از ۹۸۰ درجه سانتیگراد به دمای اتاق سخت شده و به مدت ۴ ساعت در ۲۰۵ درجه سانتیگراد بازپخت شده است ۳۹
شکل ۲-۲۰. فولاد زنگ نزن مارتنزیتی نوع 440c که با آستنیتی کردن در ۱۰۱۰ درجه سانتیگراد ۴۰
شکل ۲-۲۱. ریزساختار ورقه فولادی زنگ نزن از نوع ۳۰۴ ..... ۴۴
شکل ۲-۲۲. مقطع دوتایی کاذب از سیستم Fe-Cr-Ni در ۷۰ درصد وزنی آهن ۴۵
شکل ۲-۲۳. تغییرات میزان کروم بر حسب فاصله از مرز دانه در فولاد زنگ نزن ۳۰۴ ..... ۴۶
شکل ۲-۲۴. رسوب کاربید کرم در مرز دانه فولاد زنگ نزن ۳۰۴ ..... ۴۶

شکل۲-۲۵. سینتیک تشکیل رسوب کاربیدی در فولاد زنگ نزن نوع ۳۰۴ ..... ۴۷
شکل۲-۲۶. منحنی تنش کرنش فولادهای زنگ نزن آستنیتی ۳۰۱ و ۳۰۴ ..... ۴۹
شکل۲-۲۷. ۲۷ آلیاژ 17-4PH نورد گرم شده ۵۳
شکل۲-۲۸. ریز ساختار فولاد زنگ نزن دوفازی فاز فریت خاکستری و فاز آستنیت سفید رنگ است ۵۹
شکل۲-۲۹. مهمترین روشهای پالایش با استفاده از خلاء ۶۳
شکل۲-۳۰. تأثیر عملیات های حرارتی بر سختی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی کار شده ۷۸
شکل۲-۳۱. تأثیر دمای آستنیته کردن بر روی نمونه های فولاد زنگ نزن مارتنزیتی کار شده ۸۰
شکل۲-۳۲. اثر دمای تمپرینگ بر مشخصات خوردگی تحت تنش دو فولاد زنگ نزن مارتنزیتی تحت تنش ۸۲
شکل۳-۱. الگوی ساخت نمونه کشش ۸۷
شکل۳-۲. دستگاه سختی سنج (دستگاه سختی سنج یونیورسال ساخت شرکت کوپا مدل (UV1)) ۸۷
شکل۳-۳. دستگاه تست کشش(دستگاه تست کشش ۲۵تنی مدل (STM-250) ساخت شرکت سنتام) ۸۸
شکل۳-۴. کوره عملیات حرارتی ۸۹
شکل۳-۵. دستگاه آلتراسونیک ۸۹
شکل۳-۶. دستگاه Autolab ۹۰
شکل۳-۷. میکروسکوپ الکترونی عبوری ۹۰
شکل۳-۸. فلوچارت و مراحل کلی انجام تحقیق ۹۱
شکل۵-۱. ساختار نمونه ۳ در میکروسکوپ نوری، اچ شده در پیکرال ٪۵ (100X) ۹۹
شکل۵-۲. ساختار نمونه ۶ در میکروسکوپ نوری ، اچ شده در پیکرال ٪۵ (100X) ۱۰۰
شکل۵-۳. ساختار نمونه ۸ در میکروسکوپ نوری ، اچ شده در پیکرال ٪۵ (100X) ۱۰۰
شکل۵-۴. ساختار نمونه ۱۴ در میکروسکوپ نوری ، اچ شده در پیکرال ٪۵ (100X) ۱۰۱
شکل۵-۵. ساختار نمونه ۱۶ در میکروسکوپ نوری ، اچ شده در پیکرال ٪۵ (100X) ۱۰۲
شکل۵-۶. ساختار نمونه ۱۷ در میکروسکوپ نوری ، اچ شده در پیکرال ٪۵ (100X) ۱۰۳
شکل۵-۷. ساختار نمونه ۱۸ در میکروسکوپ نوری ، اچ شده در پیکرال ٪۵ (100X) ۱۰۳
شکل۵-۸. ساختار نمونه ۱۹ در میکروسکوپ نوری ، اچ شده در پیکرال ٪۵ (100X) ۱۰۴
شکل۵-۹. مقایسه نمودار تنش کرنش نمونه های انتخاب شده ۱۰۶
شکل۵-۱۰. تصویر SEM سطح شکست نمونه کشش ۳ ..... ۱۰۷
شکل۵-۱۱. تصویر SEM سطح شکست نمونه کشش ۶ ..... ۱۰۸
شکل۵-۱۲. تصویر SEM سطح شکست نمونه کشش ۸ ..... ۱۰۸
شکل۵-۱۳. تصویر SEM سطح شکست نمونه کشش ۱۴ ..... ۱۰۹
شکل۵-۱۴. تصویر SEM سطح شکست نمونه کشش ۱۶ ..... ۱۱۰
شکل۵-۱۵. تصویر SEM سطح شکست نمونه کشش ۱۷ ..... ۱۱۰
شکل۵-۱۶. تصویر SEM سطح شکست نمونه کشش ۱۸ ..... ۱۱۱
شکل۵-۱۷. تصویر SEM سطح شکست نمونه کشش ۱۹ ..... ۱۱۱
شکل۵-۱۸. نمودار پلاریزاسیون نمونه های ۳ و ۶ ..... ۱۱۳
شکل۵-۱۹. نمودار پلاریزاسیون نمونه های۸ و ۱۴ ..... ۱۱۳
شکل۵-۲۰. نمودار پلاریزاسیون نمونه های ۱۶و ۱۷ ..... ۱۱۳
شکل۵-۲۱. نمودار پلاریزاسیون نمونه های ۱۸ و ۱۹ ..... ۱۱۴

شکل۵-۲۲. نمودار پلاریزاسیون مقایسه ای بین تمامی نمونه ها..... ۱۱۴
شکل۵-۲۳. پراش اشعه ایکس XRD نمونه ۳..... ۱۱۶
شکل۵-۲۴. پراش اشعه ایکس XRD نمونه ۶..... ۱۱۶
شکل۵-۲۵. پراش اشعه ایکس XRD نمونه ۸..... ۱۱۷
شکل۵-۲۶. پراش اشعه ایکس XRD نمونه ۱۴..... ۱۱۸
شکل۵-۲۷. پراش اشعه ایکس XRD نمونه ۱۶..... ۱۱۸
شکل۵-۲۸. پراش اشعه ایکس XRD نمونه ۱۷..... ۱۱۹
شکل۵-۲۹. پراش اشعه ایکس XRD نمونه ۱۸..... ۱۱۹
شکل۵-۳۰. پراش اشعه ایکس XRD نمونه ۱۹..... ۱۲۰
شکل۵-۳۱. تصویر SEM از سطح خورده شده نمونه ۳..... ۱۲۱
شکل۵-۳۲. آنالیز EDS از سطح خورده شده نمونه ۳..... ۱۲۱
شکل۵-۳۳. تصویر SEM از سطح خورده شده نمونه های ۶ و ۸..... ۱۲۲
شکل۵-۳۴. آنالیز EDS از سطح خورده شده نمونه های ۶ و ۸..... ۱۲۲
شکل۵-۳۵. تصویر SEM از سطح خورده شده نمونه های ۱۴ و ۱۶..... ۱۲۳
شکل۵-۳۶. آنالیز EDS از سطح خورده شده نمونه های ۱۴ و ۱۶..... ۱۲۳
شکل۵-۳۷. تصویر SEM از سطح خورده شده نمونه های ۱۷ و ۱۸..... ۱۲۴
شکل۵-۳۸. آنالیز EDS از سطح خورده شده نمونه های ۱۷ و ۱۸..... ۱۲۴
شکل۵-۳۹. تصویر SEM از سطح خورده شده نمونه ۱۹..... ۱۲۵
شکل۵-۴۰. آنالیز EDS از سطح خورده شده نمونه ۱۹..... ۱۲۵

فهرست جداول

جدول۲-۱.تأثیر هماصر آلیاژی بر آلیاژهای مبنا..... ۲۶
جدول۲-۲.تأثیر افزودنی های آلیاژی بر تردی ۴۷۵ درجه سانتیگراد آلیاژهای آهن-کروم..... ۳۲
جدول۲-۳.تأثیر ترکیب شیمیایی و ریزساختار بر تردی درجه حرارت بالا..... ۳۶
جدول۲-۴.تأثیر دمای بازپخت بر خواص مکانیکیفولاد زنگ نزن نوع ۴۲۰..... ۴۱
جدول۲-۵.محدوده ترکیب شیمیایی فولاد زنگ نزن آستنیتی..... ۴۳
جدول۲-۶.رسوبات در فولاد زنگ نزن آستنیتی..... ۴۵
جدول۲-۷.خواص مکانیکی فولاد زنگ نزن آستنیتی..... ۵۱
جدول۲-۸.خواص مکانیکی فولادهای زنگ نزن رسوب سختی شونده مارتنزیتی..... ۵۴
جدول۲-۹.ترکیب شیمیایی فولادهای زنگ نزن دوفازی..... ۵۶
جدول۲-۱۰.خواص مکانیکی فولادهای زنگ نزن دوفازی..... ۵۸
جدول۲-۱۱.خلاصه ای از سه روش پاتیلی و اکسیژن باقیمانده..... ۶۱
جدول۲-۱۲.پودر برشکاری برای فولاد زنگ نزن ۸-۱۸..... ۶۷
جدول۲-۱۳.انرژی ضربه ای ایزود برای فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی کار شده عملیات حرارتی شده..... ۸۰
جدول۲-۱۴. دمای آنیلینگ برای فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی کار شده..... ۸۳
جدول۳-۱. ترکیب شیمیایی(درصد وزنی) و کاربرد برخی از فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی..... ۸۶
جدول۴-۱. نتایج سختی سنجی نمونه ها..... ۹۷
جدول۴-۲.نتایج تست کشش نمونه ها..... ۱۰۶

فصل۱

مقدمه

۱-۱. مقدمه

آهن خالص بسیار نرم تر از آن است که بتواند به قصد ساختارش از آن استفاده شود. اما اضافه کردن مقداری از عناصر دیگر (مانند کربن، منگنز، سیلیکون) به طور مشخص استحکام مکانیکی آن را افزایش می دهد. در مورد کروم اضافه شده به آهن مزیت دیگری وجود دارد که باعث افزایش قابل توجهی در مقاومت خوردگی نسبت به آهن خالص می شود.

فولاد زنگ نزن یک لغت عمومی برای یک خانواده بزرگ از آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی که حداقل٪ ۱۰/۵ کروم دارند، می باشد (مطابق با استاندارد اروپایی ***EN 10088***) . مهمترین ویژگی برای آلیاژهای حاوی کروم در گروه فولادهای زنگ نزن دارا بودن کروم به حدی است که آنها را نسبت به خوردگی، اکسیداسیون و گرما مقاوم می سازد.

فیلم اکسید کروم نازک ولی فشرده که روی سطح فولاد زنگ نزن تشکیل می شود باعث ایجاد مقاومت خوردگی می شود. از جمله ویژگی های دیگر این آلیاژها شکل پذیری عالی، چقرمگی زیاد در دمای پایین و مقاومت خوب در برابر پوسته شدن، اکسایش و خزش در دماهای بالاست.[1]

ممکن است عناصر دیگری نظیر نیکل، مولیبدن،کربن، منگنز، نیتروژن، گوگرد، فسفر، سیلیکون و... نیز در

این فولاد به کار رود. نیکل عمدتاً موجب بهبود انعطاف پذیری و فرم پذیری فولاد ضدزنگ می شود . مولیبدن نیز باعث افزایش مقاومت خوردگی در محیط های کلریدی و کاهش احتمال ترک برداشتن در آلیاژهای ***Fe-Cr*** و آلیاژهای ***Fe-Cr-Ni*** می شود. حضور منگنز در فولادهای زنگ نزن باعث افزایش سختی پذیری و نیتروژن نیز باعث افزایش مقاومت در برابر خوردگی حفره ای فولادهای زنگ نزن می شود. کربن نیز یک عنصرآستنیت زای قوی است و استحکام فولاد را افزایش می دهد. اثر کربن در مقاومت به خوردگی در تمام آلیاژهایی که کربن حضور دارد دیده می شود. اگر کربن با کروم یک ترکیب جداگانه مثل کاربید کروم بسازد، با مصرف کروم از محلول جامد اثر نامطلوبی بر روی مقاومت به خوردگی آلیاژ خواهد گذاشت. این اثر زمانی بوجود می آید که آلیاژ به آرامی پس از کار گرم یا آنیلینگ سرد شود که سبب تشکیل رسوب ناخواسته کاربید کروم می شود. این رسوب در مرزدانه ها تشکیل می شود و باعث کاهش مقاومت به خوردگی فولاد می شود.[2]

فولادهای زنگ نزن به پنج گروه تقسیم می شوند: ۱- مارتنزیتی، ۲- فریتی، ۳- آستنیتی، ۴- آستنیتی- فریتی یا دوفازی، ۵- رسوب سختی.

فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی(***Fe-Cr-C-(Ni-Mo)***) حاوی ۱۱/۵تا ٪۱۸ کروم و در حدود ۰/۱۵تا ٪۱/۲ کربن است و در مقایسه با دیگر فولادهای زنگ نزن مولیبدن هم در ترکیب آن می تواند استفاده شود. بیشترین کاربرد این فولادها در تیغه های چاقو، ابزار جراحی و شافت ها و ... است.

فولادهای زنگ نزن فریتی(***Fe-Cr-Mo***) دارای ۱۰/۵ تا ٪۳۰ کروم و ٪۰/۸ کربن است. این فولاد به دلیل افزایش مقاومت به خوردگی در مقابل تنش های کلریدی در سیستم های اگزوز خودرو و قسمت های داخلی خودرو استفاده می شود. این گروه زمانی انتخاب می شوند که چقرمگی ضرورت اولیه نباشد و مقاومت به خوردگی در مقابل تنش های کلریدی مورد نیاز باشد.

در فولادهای زنگ نزن آستنیتی(***Fe-Cr-Ni-Mo***) کربن در حد پایین و کمتر از٪۸/. نگه داشته می شود وکروم در محدوده ۱۶ تا ٪۲۸ متغیر و میزان نیکل ۳/۵ تا ٪ ۳۲ است. این آلیاژ با عملیات حرارتی سخت نمی شوند و خواص کلیدی مانند مقاومت به خوردگی، انعطاف پذیری و چقرمگی در این فولادها بسیار عالی است. کاربرد این فولادها در تجهیزات مواد غذایی، تجهیزات محصولات شیمیایی، کاربردهای خانگی و ساختمانی است. [1,2,3]

در فولاد زنگ نزن آستنیتی- فریتی(***Fe-Cr-Ni-Mo-N***) نیز میزان کربن در حد پایین و کمتر از ٪۰/۳ در نظر گرفته می شود. کرم نیز در رنج ۲۱ تا ٪۲۶ و میزان نیکل حدود ۳/۵ تا ٪۸ متغیر است. این آلیاژها ممکن است بیش از ٪۴ مولیبدن داشته باشد. این آلیاژ دارای خاصیت مغناطیسی است و استحکام کششی و استحکام تسلیم بالاتری نسبت به فولادهای زنگ نزن آستنیتی دارند. کاربردهای متداول این آلیاژ در کارخانه های پتروشیمی، کارخانه های تولید نمک، مبدل های حرارتی و صنعت کاغذسازی است.

آخرین گروه از فولادهای زنگ نزن فولاد زنگ نزن رسوب سختی-***Fe-Cr-Ni-(Mo-Al-Cu-Nb)-N(PH***)) می باشد. استحکام بالا، مقاومت خوردگی متوسط، تولید آسان از مزیت های اولیه ارایه شده توسط این نوع آلیاژ است. بعد از عملیات حرارتی در دمای پایین حدود (۶۶۰-۵۰۰) درجه سانتیگراد استحکام بسیار افزایش می یابد.

اگر دماهای کمتر انتخاب شود اعوجاج در قطعه کمتر رخ می دهد که آنها را برای مصارف با دقت بالا می توان به کار برد. فولادهای زنگ نزن رسوب سختی شده دارای میکروساختاری از مارتنزیت یا آستنیت می باشد. فولادهای آستنیتی می توانند با عملیات حرارتی تبدیل به نوع مارتنزیتی شوند البته قبل از اینکه رسوب سختی رخ دهد. رسوب سختی زمانی رخ می دهد که عملیات حرارتی باعث تشکیل شدن ترکیبات بین فلزی شود.[3]

در این میان فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی به طور همزمان با دارا بودن خواص مکانیکی خوب و همچنین مقاومت به خوردگی و مقاومت به سایش بالایی که از خود نشان داده اند به طور گشترده ای در صنایع پتروشیمی، دریایی، هوافضا و صنایع غذایی مورد استفاده قرار می گیرند. در بین انواع مختلف فولاد زنگ نزن مارتنزیتی، فولاد زنگ نزن ۴۲۰ که حاوی ۱۳ درصد کروم و ۰.۲ درصد کربن می باشد، در تولید پره های توربین، موتورهای جت، قطعات کمپرسور و انواع پمپ و ... استفاده می شود. این فولاد به صورت ریختگی و کار شده مورد استفاده قرار می گیرد. ساختار ریختگی آن غالباً خواص ضعیف تری نسبت به فولادهای کار شده را از نظر رفتار مکانیکی و خوردگی از خود نشان می دهد. عملیات های مختلف حرارتی در بهبود خواص این نوع فولاد زنگ نزن بسیار موثر هستند. فولاد مارتنزیتی ۴۲۰ نیز قابلیت عملیات حرارتی را دارا می باشد. عملیات حرارتی فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی برای افزایش استحکام و سختی و مقاومت بیشتر به خوردگی شبیه به عملیات لازم در مورد فولادهای ساده کربنی و یا فولادهای کم آلیاژی است. یعنی، آلیاژ آستنیته شده، و با سرعتی سرد می‌شود که ساختار مارتنزیتی به‌دست آید و سپس برای افزایش چقرمگی و تنش‌گیری بازپخت می‌شود. [3]

در این پروژه با انجام عملیات حرارتی بر روی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۴۲۰ درحالت ریختگی، به مقایسه ای بین رفتار مکانیکی و خوردگی فولاد زنگ نزن در حالت ریختگی و عملیات حرارتی شده پرداخته شده است. همچنین تأثیر پارامترهایی مانند زمان نگهداری در دمای آستنیته، دمای آستنیه کردن، نوع سرد کردن، محیط و سرعت سرد کردن جهت بهینه کردن رفتار مکانیکی و خوردگی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۴۲۰ مورد بررسی قرار گرفت.

فصل ۲

مروری بر منابع مطالعاتی