بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

گروه مهندسی مواد

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی مواد- شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

بررسی اثر نیتروژن‌دهی بر رفتار خستگی فولاد DIN 1.2210

استادان راهنما:

دکتر علیرضا مشرقی

دکتر سید صادق قاسمی

استاد مشاور:

مهندس مسعود مشرفی‌فر

پژوهش و نگارش:

سید محمد یاسر سلیمانی

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم به:

پدر سخت‌کوش و فداکار و مادر مهربان و عزیزم که تمامی موفقیت‌هایم مرهون زحمات و دعای خیر آنهاست.

تقدیر و تشکر

اینک که به یاری پروردگار این پایان‌نامه به فرجام رسیده است بر خود لازم می‌دانم از راهنمایی‌های دلسوزانه جناب آقای دکتر علیرضا مشرقی که نظارت و سرپرستی این پایان‌نامه را بر عهده داشته و بدون کمک و همیاری‌های ایشان این مهم امکان‌پذیر نبود، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین نهایت سپاس و تشکر خود را به جناب آقایان دکتر سید صادق قاسمی و مهندس مسعود مشرفی‌فر که با راهنمایی‌ها و مشاوره‌های سودمندشان اینجانب را در انجام پروژه یاری نموده‌اند، تقدیم می‌دارم.

در نهایت از مدیریت محترم شرکت یزد پیچ به واسطه فراهم کردن امکانات آزمایشگاهی و نیز از تمامی دوستانی که به نحوی در انجام این پروژه مرا یاری نموده‌اند، کمال تشکر را دارم.

چکیده

اساس طراحی قطعات در تولیدات مدرن مهندسی بر مبنای دو بخش سطح و مغز قطعه صورت می‌گیرد. سطوح قطعات فلزی در معرض پدیده‌های مخرب سطحی مانند خوردگی، خستگی و سایش قرار دارند. نیتروژن‌دهی پلاسما یکی از مهمترین روشهای عملیات حرارتی سطحی نفوذی ترموشیمیایی است که باعث افزایش سختی سطح، استحکام خستگی، مقاومت سایشی و خوردگی فولادها می‌شود. در این پژوهش تأثیر پارامترهای دما و زمان در فرایند نیتروژن‌دهی پلاسما بر ریزساختار و رفتار خستگی فولاد ابزار سردکار DIN 1.2210 کوئنچ و تمپر شده بررسی شد. بدین منظور نمونه‌ها با استفاده از دستگاه نیتروژن‌دهی پلاسما در دماهای 450ºC و 550ºC به مدت 6h و 500ºC به مدت 3، 6 و 9h در ترکیب گاز $30\%N_2+70\%H_2$ نیتروژن‌دهی شدند. کلیه نمونه‌ها با کمک میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی روبشی (SEM)، دستگاه تست میکروسختی و آنالیز تفرق اشعه ایکس (XRD) بررسی شدند. همچنین استحکام خستگی نمونه‌های کوئنچ- تمپر و نیتروژن‌دهی شده با دستگاه تست خستگی چرخشی- خمشی اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز تفرق اشعه ایکس نشان داد که در سطح کلیه نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده فازهای $\gamma':Fe_4N$ و $\varepsilon:Fe_3N$ تشکیل می‌شود که با افزایش دمای نیتروژن‌دهی نسبت فاز γ' به ε افزایش می‌یابد. همچنین دیده شد که با افزایش عمق لایه نفوذی، استحکام خستگی فولاد افزایش می‌یابد. بررسی سطوح شکست نمونه‌های خستگی با SEM نشان داد که مکانیزم غالب شروع ترک خستگی در نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده، تشکیل ترک چشم ماهی است که منشأ آن ناخالصی‌های غیرفلزی موجود در داخل نمونه است.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن‌دهی پلاسما، خستگی، فولاد DIN 1.2210، لایه نفوذی، ترک چشم ماهی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲

فصل دوم: مروری بر منابع

۲-۱ خستگی ۶

۲-۱-۱ مشاهده سطوح شکست ۷

۲-۱-۲ اشاعه ترک خستگی ۱۲

۲-۱-۳ منحنی‌های S-N ۱۵

۲-۱-۴ سطوح خارجی قطعات ۱۶

۲-۱-۵ متغیرهای متالورژیکی ۲۱

۲-۱-۶ اثرات دما و سرعت بارگذاری بر استحکام خستگی ۲۲

۲-۱-۷ اثر پوششهای نفوذی بر استحکام خستگی ۲۳

۲-۲ مهندسی سطح ۲۴

۲-۲-۱ عملیات حرارتی نیتروژن دهی ۲۵

۲-۲-۱-۱ ترکیب و ریزساختار لایه فولادهای نیتروژن‌دهی شده ۲۸

۲-۲-۱-۲ اهداف نیتروژن‌دهی ۳۲

۲-۲-۱-۳ فولادهای نیتروژن‌پذیر ۳۲

۲-۲-۱-۴ عملیات حرارتی اولیه و آماده‌سازی سطح ۳۷

۲-۲-۱-۴-۱ عملیات حرارتی اولیه ۳۷

۲-۲-۱-۴-۲ آماده‌سازی سطح قطعات به منظور نیتروژن‌دهی ۳۷

۲-۲-۱-۵ فرایند نیتروژن‌دهی پلاسمایی ۳۸

۲-۲-۱-۵-۱ پلاسما ۳۸
۲-۲-۱-۵-۲ نیتروژن‌دهی پلاسمایی ۴۰
۲-۲-۱-۵-۳ نسبت گازها در نیتروژن‌دهی پلاسمایی ۴۳
۲-۲-۱-۵-۴ واکنش‌های سطح فولاد در طی نیتروژن‌دهی پلاسمایی ۴۳
۲-۲-۱-۵-۵ ساختار لایه فولاد نیتروژن‌دهی پلاسمایی شده ۴۴
۲-۲-۱-۵-۶ کاربردهای نیتروژن‌دهی پلاسمایی ۴۵
۲-۲-۱-۵-۷ مزایا و معایب نیتروژن‌دهی پلاسمایی ۴۶
۲-۲-۱-۵-۸ اثر دما و زمان نیتروژن‌دهی پلاسمایی بر لایه نیتروره شده ۴۶
۲-۲-۱-۶ خواص قطعات فولادی نیتروژن‌دهی پلاسمایی شده ۵۱
۲-۲-۱-۶-۱ فصل مشترک لایه ترکیبی- ناحیه نفوذی ۵۱
۲-۲-۱-۶-۲ اثر نیتروژن‌دهی بر سختی فولادها ۵۳
۲-۲-۱-۶-۳ اثر نیتروژن‌دهی بر زبری سطح فولادها ۵۵
۲-۲-۱-۶-۴ اثر نیتروژن‌دهی بر تنش‌های باقی‌مانده ۵۷
۲-۲-۱-۶-۵ اثر نیتروژن‌دهی بر رفتار خستگی فولادها ۵۹
فصل سوم: مواد و روش تحقیق
۳-۱ مقدمه ۶۸
۳-۲ مشخصات فلز پایه ۶۸
۳-۳ عملیات حرارتی نمونه‌ها ۷۰
۳-۴ فرایند نیتروژن‌دهی پلاسمایی ۷۱
۳-۵ بررسی‌های ساختاری ۷۲
۳-۶ تفرق سنجی اشعه ایکس ۷۳
۳-۷ آزمون میکروسختی ۷۳
۳-۸ آزمون خستگی ۷۴

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱ مقدمه ۷۶

۴-۲ بررسی‌های ساختاری ۷۶

۴-۳ آنالیز تفرق اشعه ایکس ۷۹

۴-۴ توزیع سختی ۸۲

۴-۵ استحکام خستگی ۸۸

فصل پنجم: نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۰۲

۵-۲ پیشنهادات ۱۰۳

منابع و مراجع ۱۰۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱) نمونه‌ای از فولادهای نیتروژن‌پذیر ۳۳

جدول۲-۲) ترکیب و سیکل‌های عملیات حرارتی فولادهای کم آلیاژ آلومینیوم‌دار ۳۵

جدول۲-۳) ترکیب شیمیایی برخی از فولادهای نیتروژن‌پذیر ۳۶

جدول۳-۱) ترکیب شیمیایی فولاد ابزار سردکار DIN 1.2210 مورد استفاده در این تحقیق بر حسب درصد وزنی ۶۹

جدول۴-۱) جزئیات عملیات حرارتی و مقادیر ضخامت لایه سفید ۷۸

جدول۴-۲) اثر دما و زمان نیتروژن‌دهی بر سختی سطح و عمق لایه نیتروژن‌دهی شده ۸۴

جدول۴-۳) ثابت‌های رابطه آرنیوسی نفوذ نیتروژن در فولاد DIN 1.2210 در ناحیه فریتی به دست آمده در طی فرایند نیتروژن‌دهی پلاسمایی ۸۸

جدول۴-۴) نتایج حاصل از انجام آزمون‌های خستگی بر روی نمونه‌های کوئنچ- تمپر شده ۸۹

جدول۴-۵) نتایج حاصل از انجام آزمون‌های خستگی بر روی نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسمایی شده در دمای 450ºC به مدت 6h ۹۰

جدول۴-۶) نتایج حاصل از انجام آزمون‌های خستگی بر روی نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسمایی شده در دمای 500ºC به مدت 3h ۹۱

جدول۴-۷) نتایج حاصل از انجام آزمون‌های خستگی بر روی نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسمایی شده در دمای 500ºC به مدت 6h ۹۲

جدول۴-۸) نتایج حاصل از انجام آزمون‌های خستگی بر روی نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسمایی شده در دمای 500ºC به مدت 9h ۹۳

جدول۴-۹) نتایج حاصل از انجام آزمون‌های خستگی بر روی نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسمایی شده در دمای 550ºC به مدت 6h ۹۴
جدول۴-۱۰) جزئیات عملیات حرارتی و اثر آن بر خواص ساختاری و خستگی نمونه‌های فولادی نیتروژن‌دهی شده ۹۷

فهرست تصاویر

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱) نشانه‌های پوست صدف در سطح شکست خستگی یک شافت ۸

شکل۲-۲) شماتیکی از سطح شکست نمونه خستگی ۸

شکل۲-۳) سطح شکست خستگی با (الف) نیروی اعمالی بالا و (ب) نیروی اعمالی پایین ۹

شکل۲-۴) نشانه‌های چرخ‌دنده‌ای موجود در سطح شکست خستگی شافت SAE 1045 ..... ۱۰

شکل۲-۵) تصویر SEM از خط‌بندی‌های خستگی در سطح مقطع شکست فولاد ۱۰

شکل۲-۶) فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌های ایجاد شده در سطح ناشی از تغییرشکل سیکلی ۱۲

شکل۲-۷) شماتیکی از تشکیل فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌ها ۱۲

شکل۲-۸) شماتیکی از مراحل اول و دوم اشاعه ترک خستگی ۱۴

شکل۲-۹) نمایش شماتیکی از تشکیل خط‌بندی‌ها در مرحله دوم اشاعه ترک خستگی ۱۴

شکل۲-۱۰) منحنی‌های S-N برای فلزات آهنی و غیرآهنی ۱۵

شکل۲-۱۱) اثر پرداخت‌کاری سطحی بر رفتار خستگی ۱۷

شکل۲-۱۲) استحکام خستگی فولادهای مختلف به عنوان تابعی از زبری سطح ۱۸

شکل۲-۱۳) اثر تنش‌های باقیمانده در بارگذاری سیکلی ۲۰

شکل۲-۱۴) نحوه توزیع تنش پسماند فشاری ایجاد شده در اثر عملیات ساچمه‌زنی در سطح یک نمونه فلزی ۲۰

شکل۲-۱۵) منحنی S-N نمونه‌های خستگی در حالت پایه و ساچمه‌زنی شده ۲۱

شکل۲-۱۶) رابطه بین حد خستگی و سختی برای فولادهای کوئنچ و تمپر شده..... ۲۲
شکل۲-۱۷) اثر فرکانس خستگی بر منحنی S-N ماده ۲۳
شکل۲-۱۸) دیاگرام تعادلی آهن- نیتروژن..... ۲۷
شکل۲-۱۹) شماتیکی از نفوذ بین نشینی نیتروژن در طی فرایند نیتروژن‌دهی ۲۷
شکل۲-۲۰) میکروساختار فولاد نیتروژن‌دهی شده شامل 0.4%C، 1.6%Cr،
0.35%Mo و 1.13%Al ۲۹
شکل۲-۲۱) شماتیکی از جوانه زنی نیتریدهای γ' و ε در آهن ۲۹
شکل۲-۲۲) لایه ترکیبی تشکیل شده در سطح فولاد 4140 نیتروژن‌دهی یونی شده..... ۳۰
شکل۲-۲۳) شماتیکی از تشکیل لایه نیتروره..... ۳۱
شکل۲-۲۴) توزیع سختی یک فولاد نیتروژن‌دهی شده ۳۱
شکل۲-۲۵) اثر عناصر آلیاژی بر سختی نیتروژن‌دهی در آلیاژ 0.35%C، 0.3%Si و
0.7%Mn..... ۳۴
شکل۲-۲۶) اثر عناصر آلیاژی بر ضخامت لایه نیتروژن‌دهی شده..... ۳۴
شکل۲-۲۷) تغییرات پتانسیل بر حسب شدت جریان تخلیه الکتریکی گاز آرگون ۳۹
شکل۲-۲۸) اثر فشار بر تخلیه تابشی گاز..... ۴۱
شکل۲-۲۹) ترکیب‌های گازی مورد استفاده در نیتروژن‌دهی پلاسما و ساختارهای
بدست آمده..... ۴۵
شکل۲-۳۰) ارتباط بین عمق لایه نفوذی و زمان نیتروژن‌دهی در دماهای 500°C و
540°C..... ۴۷
شکل ۲-۳۱) تغییرات عمق لایه با گذشت زمان برای فولاد AISI 4140 نیتروژن‌دهی
پلاسمایی شده در دمای 475°C ۴۸
شکل ۲-۳۲) عمق لایه نفوذی به عنوان تابعی از ریشه دوم زمان نیتروژن‌دهی در
دمای 500°C..... ۴۸

شکل۲-۳۳) رابطه بین ضخامت لایه ترکیبی و زمان عملیات در دماهای 500°C و 540°C ۵۰
شکل۲-۳۴) الگوهای تفرق اشعه X از سطح نمونه‌های فولادی نیتروژن‌دهی یونی شده برای: (الف)500°C,2h (ب)500°C,16h (ج)540°C,2h (د)540°C,16h ۵۰
شکل۲-۳۵) تصاویر الکترونی روبشی از لایه‌های سطحی نمونه‌های فولادی نیتروژن‌دهی پلاسما شده در دماهای (الف)350°C (ب)450°C و (ج)550°C ۵۲
شکل۲-۳۶) الگوهای تفرق اشعه X نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسما شده در ترکیب گاز 75%N2-25%H2 برای 5h در دماهای (الف)350°C (ب)450°C و (ج)550°C ۵۲
شکل۲-۳۷) توزیع‌های میکروسختی به دست آمده برای فولاد AISI 4340 بعد از عملیات نیتروژن‌دهی مختلف ۵۴
شکل۲-۳۸) سختی سطح به عنوان تابعی از دمای نیتروژن‌دهی ۵۴
شکل۲-۳۹) اثر مقدار کربن بر توزیع سختی فولاد آلیاژی کروم‌دار نیتروژن‌دهی پلاسما شده ۵۵
شکل۲-۴۰) مقادیر زبری سطح (Ra) نمونه‌های عملیات شده در دماهای مختلف ۵۶
شکل۲-۴۱) تصاویر SEM از مورفولوژی سطح نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسما شده در دماهای (الف)450°C و (ب)550°C ۵۶
شکل۲-۴۲) ولتاژ اعمالی در دماهای نیتروژن‌دهی پلاسمایی مختلف ۵۷
شکل۲-۴۳) توزیع تنش باقی‌مانده در لایه نیتروره شده ۵۸
شکل۲-۴۴) توزیع‌های تنش باقی‌مانده در فولاد با مقادیر مختلف کربن ۵۸
شکل۲-۴۵) تغییرات تنش باقیمانده فشاری روی سطح نمونه‌ها با زمان نیتروژن‌دهی و عمق لایه در نمونه نیتروژن‌دهی پلاسما شده در دمای 475ºC ۵۹
شکل۲-۴۶) اثر نیتروژن‌دهی بر رفتار خستگی فولاد AISI 4140 ..... ۶۰
شکل۲-۴۷) مقایسه حدود خستگی نمونه های فولادی CK45 و En40B نیتروژن‌دهی گازی و یونی شده ۶۱

شکل۲-۴۸) منحنی های خستگی فولاد AISI 4340 عملیات حرارتی و نیتروژن‌دهی پلاسما شده در شرایط مختلف..... ۶۲
شکل۲-۴۹) رابطه بین عمق لایه و استحکام خستگی فولاد AISI 4340 نیتروژن‌دهی پلاسما شده..... ۶۲
شکل۲-۵۰) اثر عمق نسبی لایه t/D و پارامتر D/(D-2t) بر استحکام خستگی فولاد AISI 4140 نیتروژن‌دهی پلاسما شده..... ۶۴
شکل۲-۵۱) مکان تشکیل ترک چشم ماهی همراه با توزیع سختی در سطح شکست نمونه نیتروژن‌دهی پلاسما شده..... ۶۴
شکل۲-۵۲) (الف)تصویر SEM از تشکیل ترک چشم ماهی در سطح شکست نمونه نیتروژن‌دهی پلاسما شده و (ب)تصویر SEM از ناخالصی غیرفلزی موجود در مرکز ترک چشم ماهی شکل..... ۶۵
شکل۲-۵۳) شکست نگاری SEM از (الف)تشکیل ترک چشم ماهی زیرسطحی در نمونه نیتروژن‌دهی پلاسما شده و (ب)شروع ترک خستگی در سطح نمونه کوئنچ و تمپر شده..... ۶۶
شکل۳-۱) تصویر میکروسکوپی نوری از ریزساختار فولاد مورد استفاده در این تحقیق در حالت خریداری شده..... ۶۹
شکل۳-۲) ابعاد نمونه تست خستگی بر حسب میلیمتر..... ۷۰
شکل۳-۳) تصویر ریزساختار نوری فولاد مورد پژوهش بعد از عملیات حرارتی کوئنچ-تمپر..... ۷۱
شکل۳-۴) تصویر دستگاه نیتروژن‌دهی پلاسمایی تخلیه تابناک موجود در دانشگاه صنعتی مالک اشتر اصفهان (دانشکده مهندسی مواد) که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است..... ۷۲
شکل۳-۵) نحوه قرارگرفتن نمونه‌ها در محفظه نیتروژن‌دهی پلاسما..... ۷۲

شکل۴-۱) ریزساختار نوری از نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسما شده در دماهای (الف)450°C و (ب)550°C به مدت 6h و 500°C به مدت (ج)3h و (د)9h ۷۷
شکل۴-۲) تصویر SEM از نمونه نیتروژن‌دهی پلاسما شده در دمای 500°C به مدت 6h ۷۸
شکل۴-۳) اثر پارامترهای (الف)دما و (ب)زمان نیتروژن‌دهی پلاسما بر ضخامت لایه سفید ۷۹
شکل۴-۴) الگوی تفرق اشعه X از نمونه نیترورژن‌دهی شده در دمای 450°C به مدت 6h ۸۰
شکل۴-۵) الگوی تفرق اشعه X از نمونه نیترورژن‌دهی شده در دمای 500°C به مدت 6h ۸۱
شکل۴-۶) الگوی تفرق اشعه X از نمونه نیترورژن‌دهی شده در دمای 550°C به مدت 6h ۸۱
شکل۴-۷) الگوهای تفرق اشعه ایکس نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده در دماهای (الف)450°C (ب)500°C و (ج)550°C به مدت 6h..... ۸۲
شکل۴-۸) توزیع سختی نمونه‌های نیتروژن‌دهی پلاسما شده در شرایط مختلف ۸۳
شکل۴-۹) اثر پارامترهای (الف)دما و (ب)زمان در فرایند نیتروژن‌دهی پلاسما بر سختی سطح..... ۸۴
شکل۴-۱۰) اثر پارامترهای (الف)دما و (ب)زمان نیتروژن‌دهی پلاسما بر عمق لایه نیتروژن‌دهی شده..... ۸۵
شکل۴-۱۱) نمودار عمق لایه نفوذی **($Ln\ X^2$)** بر حسب معکوس دما **(1000/T)** ۸۶
شکل۴-۱۲) منحنی تغییرات عمق لایه نفوذی نیتروژن در مقابل ریشه دوم زمان در فولاد مورد نظر..... ۸۷
شکل۴-۱۳) اثر پارامترهای (الف)دما و (ب)زمان فرایند نیتروژن‌دهی پلاسما بر رفتار خستگی فولاد..... ۹۵

شکل۴-۱۴) (الف)اثر شرایط نیتروژن‌دهی پلاسما بر عمق لایه نفوذی و استحکام خستگی و (ب)رابطه بین عمق لایه نفوذی و استحکام خستگی فولاد نیتروژن‌دهی شده ۹۷
شکل۴-۱۵) اثر پارامترهای بدون بعد بر استحکام خستگی فولاد نیتروژن‌دهی شده ۹۸
شکل۴-۱۶) تصویر SEM از شروع ترک خستگی از سطح نمونه نیتروژن‌دهی شده ۹۹
شکل۴-۱۷) تصویر SEM از سطح مقطع شکست نمونه تست خستگی در حالت نیتروژن‌دهی پلاسما شده: (الف)تشکیل ترک چشم ماهی و (ب)ناخالصی غیرفلزی موجود در مرکز ترک چشم ماهی..... ۱۰۰
شکل۴-۱۸) آنالیز EDS از ناخالصی موجود در مرکز ترک چشم ماهی..... ۱۰۰

فصل اول:

مقدمه

۱-۱) مقدمه

سطح مواد نقش بسیار مهمی را در کنترل طول عمر قطعات، به ویژه در مواردی که قطعات در معرض پدیده‌هایی چون خستگی، خوردگی و سایش هستند، بازی می‌کند. در چند دهه گذشته نیاز به بهبود قابل توجه خواص سطحی آلیاژهای مهندسی، منجر به پیشرفت بسیاری از تکنیک‌های عملیات حرارتی سطحی شده است. از مناسب ترین روشهای مورد استفاده در عملیات حرارتی و مهندسی سطح، ایجاد پوشش‌های سخت بر روی مواد پایه نرم و چقرمه است.

عملیات حرارتی و مهندسی سطح فرآیندی شامل تکنیک‌های مختلف است که برای افزایش سختی سطح، مقاومت به سایش، استحکام خستگی و مقاومت به خوردگی قطعات، بدون این که خواص درونی قطعه نظیر نرمی مغز و چقرمگی تحت تأثیر قرار گیرد، استفاده می‌شود. این مجموعه خواص به خصوص ترکیبی از سختی سطح و مقاومت در برابر شکست‌های ناشی از ضربه، در قطعاتی مانند میل بادامک‌ها و یا چرخ دنده‌ها که از یک طرف باید در برابر سایش مقاوم بوده و از طرف دیگر باید در برابر ضربه در حین کارکرد قطعه مقاوم باشند، بسیار مفید است. به علاوه، مزیت عمده عملیات حرارتی سطحی در مقایسه با عملیات حرارتی حجمی این است که مقاطع ضخیم فولادهای ارزان قیمت کم کربن و کربن متوسط، که ممکن است در ضمن عملیات حرارتی حجمی تاب برداشته و یا ترک بخورند، را به راحتی و با اطمینان می توان عملیات حرارتی سطحی کرد.

بهبود خواص سطحی مواد فلزی بر عمر خستگی آنها تاثیر می‌گذارد. عموماً دیده شده است که استحکام خستگی فلزات با افزایش سختی سطح افزایش می‌یابد. عمدتاً خستگی از میکروترکهای سطحی شروع شده و به داخل نمونه حرکت می‌کند. جلوگیری از تشکیل ترک‌های سطحی عمر خستگی قطعات را افزایش می‌دهد. بر همین اساس انتظار می‌رود که عملیات حرارتی سخت‌گردانی سطحی مانند فرایند نیتروژن‌دهی پلاسمایی، عمر خستگی قطعات را افزایش دهد.

نیتروژن‌دهی پلاسمایی یا یونی روشی برای سخت گردانی سطح قطعات با استفاده از تکنولوژی تخلیه تابناک[1] با جریان مستقیم[2] است که به منظور عرضه کردن نیتروژن اتمی به سطح

1- Glow discharge
2- Direct current (D.C)

قطعه فلزی برای نفوذ بعدی به داخل قطعه انجام می‌شود. فرایند نیتروژن‌دهی پلاسما که عمدتاً بر روی فولادها انجام می‌شود به طور گسترده‌ای برای بهبود خواص سطحی قطعات مانند مقاومت سایشی، خستگی، خوردگی، خواص اصطکاکی و همچنین قابلیت تحمل نیرو در قطعاتی که تحت بارگذاری دینامیکی هستند، استفاده می‌شود. در طی فرایند نیتروژن‌دهی پلاسما، واکنش‌های نیتروژن‌دهی فقط در سطح قطعه اتفاق نمی‌افتد، بلکه در زیر سطح قطعه نیز به دلیل نفوذ عمیق اتم‌های نیتروژن از سطح خارجی به داخل هسته، واکنش‌هایی انجام می‌شود. نیتروژن نفوذ کرده به داخل نواحی مجاور سطح قطعه فولادی با آهن و عناصر آلیاژی ترکیب شده و توزیع مناسبی از نیتریدهای آلیاژی را تشکیل می‌دهد. در ادامه و در فصل‌های بعدی به طور مختصر در مورد خستگی فلزات، نیتروژن‌دهی پلاسما و اثرات فرایند نیتروژن‌دهی پلاسما بر خواص قطعات فولادی بحث خواهد شد.