





دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشکده مهندسی معدن، متالورژی

پایان نامه کارشناسی ارشد شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

ایجاد لایه دوتایی نیتریدی-TiN روی فولاد DIN 1.2344 به روش نیتروژن دهی
پلاسمایی و PACVD

نگارش

قاسم ساعت چیان

استاد راهنما

دکتر فرزاد محبوبی

استاد مشاور

دکتر شاهرخ آهنگرانی

بهمن ۱۳۸۷



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی - ارشد و دکترا

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: قاسم ساعت چیان دانشجوی آزاد بورسیه معادل
شماره دانشجویی: ۸۵۱۲۷۰۴۶ دانشکده: مهندسی معدن و متالورژی رشته تحصیلی: شناسایی و انتخاب مواد مهندسی گروه: متالورژی

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: دکتر فرزاد محبوبی نام و نام خانوادگی:
درجه و رتبه: دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی درجه و رتبه:

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: دکتر شاهرخ آهنگرانی نام و نام خانوادگی:
درجه و رتبه: استادیار درجه و رتبه:

عنوان پایان نامه به فارسی :

ایجاد لایه دوتایی نیتریدی-TiN روی فولاد DIN 1.2344 به روش نیتروژندهی پلاسمایی و PACVD

عنوان پایان نامه به انگلیسی:

Duplex layer formation of nitrated and TiN layers on DIN 1.2344 steel using plasma nitriding and PACVD methods

نوع پروژه: کارشناسی ارشد بنیادی کاربردی
سال تحصیلی: ۱۳۸۷ دکترا توسعه‌ای نظری

تاریخ شروع: ۱۳۸۶/۹/۲۶ تاریخ خاتمه: ۱۳۸۷/۱۱/۵ تعداد واحد: ۶ سازمان تأمین کننده اعتبار:

واژه‌های کلیدی به فارسی: فولاد گرم کار H13، نیتروژندهی پلاسمایی، رسوب‌دهی شیمیایی از بخار به کمک پلاسمای چرخه‌کاری

واژه‌های کلیدی به انگلیسی: H13 hot working steel, plasma nitriding, plasma assisted chemical vapor deposition (PACVD), duty cycle

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات	تصویر <input checked="" type="radio"/> جدول <input checked="" type="radio"/> نمودار <input checked="" type="radio"/> نقشه <input type="radio"/> واژه‌نامه <input type="radio"/>	تعداد مراجع	تعداد صفحات ضمیمه
زبان متن	فارسی <input checked="" type="radio"/> انگلیسی <input type="radio"/>	چکیده	فارسی <input checked="" type="radio"/> انگلیسی <input type="radio"/>	۴۸
یادداشت	۱۱۱			

نظرها و پیشنهادهای به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: تاریخ:

تقدیر و تشکر

با حمد و سپاس به درگاه ایزد منان

بر خود لازم می دانم تا به این وسیله از تمامی عزیزانی که همواره در طول زندگی و در راه کسب علم و دانش مشوق و یاور من بوده‌اند و به نوعی بر اندوخته‌های علمی من افزوده‌اند تشکر نمایم. همچنین مراتب سپاس و قدردانی خود را از اساتید محترم و ارجمند جناب آقای دکتر محبوبی به پاس زحمات و راهنمایی‌های روشنگرشان و جناب آقای دکتر آهنگرانی به پاس یاری و مشاوره در راه تهیه این پایان نامه ابراز نمایم. در خاتمه با تجلیل از زحمات و تلاش‌های سایر دوستان و یارانی که من را در راه تهیه و تکمیل این پایان نامه تشویق و راهنمایی نموده‌اند، سعادت و سلامت این عزیزان را از درگاه احدیت مسئلت می‌نمایم.

چکیده

در این تحقیق، فولاد گرم کار AISI H13 به روش نیتروژن دهی پلاسمایی، با ترکیب گاز ۲۵% نیتروژن و ۷۵% هیدروژن و به روش رسوب دهی شیمیایی از بخار به کمک پلازما (PACVD)، با ترکیب گاز ۱۰% نیتروژن، ۸۵% هیدروژن، ۲/۵% آرگون و ۲/۵% تترا کلرید تیتانیم با لایه ای از TiN پوشش دهی شد. پوشش های دوتایی نیتریدی-TiN در شرایط مختلف مانند دمای عملیات (۴۷۰ و ۵۲۰ درجه سانتیگراد) و چرخه کاری (۳۳%، ۴۰%، ۵۰% و ۶۰%) رسوب گذاری شدند. ساختار، مقاومت به خوردگی و سایش پوشش ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM) و نیروی اتمی (AFM)، پراش اشعه ایکس (XRD)، آزمون ریز سختی سنجی، آزمون زبری سنجی، آزمون خوردگی و آزمون سایش مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، با افزایش دمای رسوب گذاری از ۴۷۰°C به ۵۲۰°C، اندازه دانه های پوشش از ۳۰۰ نانومتر به ۱/۵ میکرون افزایش یافته و در نتیجه آن زبری سطح نمونه ها نیز افزایش پیدا کرد. به دلیل کاهش ناخالصی های درون پوشش (کلر) با افزایش دمای رسوب گذاری، مقاومت خوردگی بهبود پیدا کرد. هم چنین با افزایش دما از ۴۷۰°C به ۵۲۰°C، سختی پوشش افزایش یافته و در نتیجه آن مقدار کاهش وزن در اثر سایش از ۸ به ۴ میلی گرم کاهش یافت. با افزایش چرخه کاری سیستم از ۳۳% به ۶۰%، دانه های TiN به دلیل کاهش زمان لایه نشانی بزرگ شدند و در نتیجه زبری سطح و مقاومت به خوردگی افزایش یافت. با افزایش چرخه کاری از ۴۰% به ۶۰%، سختی پوشش به دلیل بزرگ شدن اندازه دانه های پوشش کاهش یافت و در نتیجه مقدار کاهش وزن در اثر سایش از ۸ به ۱۱ میلی گرم افزایش پیدا کرد.

کلمات کلیدی: فولاد گرم کار H13، نیتروژن دهی پلاسمایی، رسوب دهی شیمیایی از بخار به کمک پلازما (PACVD)، چرخه کاری.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: مروری بر منابع	۴
۱-۲- معرفی فولاد H13	۵
۱-۱-۲- مقدمه	۵
۲-۱-۲- مزایا و برتریهای فولاد H13	۶
۳-۱-۲- عملیات حرارتی فولاد H13	۶
۲-۲- نیتروژندهی	۸
۱-۲-۲- مقدمه	۸
۲-۲-۲- معرفی فرآیند نیتروژندهی	۹
۳-۲-۲- روشهای مختلف نیتروژندهی	۱۰
۱-۳-۲-۲- نیتروژندهی گازی	۱۰
۲-۳-۲-۲- نیتروژندهی مایع	۱۲
۳-۲- نیتروژندهی پلاسمایی	۱۲
۱-۳-۲- مقدمه	۱۲
۲-۳-۲- پلاسما	۱۳
۳-۳-۲- تشکیل پلاسما	۱۴
۴-۳-۲- اندرکنشهای موجود در فرآیند تولید پلاسما	۱۶
۵-۳-۲- مناطق کاری مختلف در پلاسما	۱۶
۶-۳-۲- تجهیزات نیتروژندهی پلاسمایی	۱۷
۷-۳-۲- عملیات نیتروژندهی یونی	۱۸
۱-۷-۳-۲- ایجاد خلاء در محفظه	۱۸
۲-۷-۳-۲- فرآیند تخلیه نورانی	۱۹
۳-۷-۳-۲- سرد کردن	۲۰
۸-۳-۲- عوامل موثر در عملیات نیتروژندهی پلاسمایی	۲۰
۹-۳-۲- مزایای نیتروژندهی پلاسمایی	۲۱
۱۰-۳-۲- خواص مورد نظر در نیتروژندهی پلاسمایی	۲۱
۱-۱۰-۳-۲- تاثیر نیتروژندهی بر روی سختی و مقاومت به سایش	۲۱
۲-۱۰-۳-۲- تاثیر نیتروژندهی بر روی افزایش استحکام خستگی	۲۲

۲۲	۳-۱۰-۳-۲- تاثیر نیتروژن‌دهی بر روی افزایش مقاومت به خوردگی.....
۲۳	۴-۲- رسوب‌دهی شیمیایی از بخار (CVD).....
۲۳	۱-۴-۲- مقدمه.....
۲۴	۲-۴-۲- تاریخچه CVD.....
۲۵	۳-۴-۲- اصول کلی فرآیند CVD و مکانیزم رسوب گذاری.....
۲۷	۴-۴-۲- فواید و مضرات CVD.....
۲۹	۵-۲- رسوب‌دهی شیمیایی از بخار به کمک پلاسما.....
۲۹	۱-۵-۲- مقدمه.....
۲۹	۲-۵-۲- اصول رسوب گذاری به کمک پلاسما.....
۳۰	۳-۵-۲- شیمی فیزیک تخلیه پلاسما.....
۳۱	۴-۵-۲- مراحل تشکیل پوشش.....
۳۱	۵-۵-۲- فرآیندهای اولیه در تخلیه پلاسما.....
۳۲	۶-۵-۲- اندرکنش‌های پلاسما - سطح.....
۳۳	۱-۶-۵-۲- بمباران سطح نمونه توسط ذرات پر انرژی.....
۳۳	۲-۶-۵-۲- بمباران توسط ذرات کم انرژی.....
۳۳	۷-۵-۲- علت جایگزینی فرآیندهای PVD و CVD با PACVD.....
۳۴	۸-۵-۲- اجزای سیستم PACVD.....
۳۵	۹-۵-۲- مواد رسوب گذاری شده به روش PACVD.....
۳۵	۱۰-۵-۲- انواع پلاسما.....
۳۶	۱-۱۰-۵-۲- پلاسمای تخلیه تابشی.....
۳۷	۲-۱۰-۵-۲- ECR پلاسمای.....
۳۹	۳-۱۰-۵-۲- RF پلاسمای.....
۳۹	۴-۱۰-۵-۲- پلاسمای قوسی.....
۴۰	۱۱-۵-۲- فواید رسوب‌دهی شیمیایی از بخار به کمک پلاسما.....
۴۱	۱۲-۵-۲- محدودیت‌های رسوب‌دهی شیمیایی از بخار به کمک پلاسما.....
۴۲	۶-۲- خواص و کاربردهای نیتريد تیتانیوم (TiN).....
۴۲	۱-۶-۲- مقدمه.....
۴۲	۲-۶-۲- ویژگیهای TiN.....
۴۲	۳-۶-۲- روش‌های تولید پوشش TiN.....
۴۳	۴-۶-۲- ایجاد پوشش TiN به روش PACVD.....
۴۳	۵-۶-۲- خواص سایشی پوشش‌های TiN.....

۴۵	۶-۶-۲- مطالعه برخی خواص پوشش های TiN رسوب گذاری به روش PACVD
۴۶	۶-۶-۲-۱- اثر ولتاژ بر روی خواص پوشش های TiN
۴۷	۶-۶-۲-۲- اثر فشار بر روی پوشش های TiN
۴۸	۶-۶-۲-۳- اثر گاز هیدروژن
۴۹	۶-۶-۲-۴- اثر گاز نیتروژن
۴۹	۶-۶-۲-۵- اثر گاز کلرید تیتانیم
۵۰	۶-۶-۷- تاثیر پیش عملیات نیتروژن دهی پلاسمایی بر روی چسبندگی و بهبود کیفیت پوشش TiN
۵۱	۶-۶-۷-۱- تاثیر ترکیب گاز بر روی پوشش ایجاد شده
۵۶	۶-۶-۷-۲- تاثیر زمان نیتروژن دهی
۵۹	فصل سوم: مواد و روش ها
۶۰	۳-۱- آماده سازی نمونه ها
۶۰	۳-۲- عملیات حرارتی
۶۱	۳-۳- فرآیندهای پوشش دهی
۶۱	۳-۴- مراحل انجام فرآیندهای پلاسمایی
۶۲	۳-۴-۱- تمیز کردن دستگاه و نمونه ها
۶۲	۳-۴-۲- ایجاد خلاء در محفظه
۶۲	۳-۴-۳- تنظیم فشار و ترکیب مخلوط گازی
۶۲	۳-۴-۴- فرآیند تخلیه نورانی و گرم کردن قطعه کار
۶۳	۳-۴-۵- سرد کردن
۶۴	۳-۵- شرایط انجام آزمایش
۶۶	۳-۵-۱- آزمون پراش سنجی اشعه ایکس (XRD)
۶۶	۳-۵-۲- آزمون SEM
۶۶	۳-۵-۳- آزمون ریز سختی سنجی
۶۷	۳-۵-۴- آزمون زبری سنجی
۶۷	۳-۵-۵- آزمون AFM
۶۷	۳-۵-۶- آزمون خوردگی
۶۸	۳-۵-۷- آزمون سایش
۷۰	فصل چهارم: نتایج و بحث
۷۱	۴-۱- شکل ظاهری
۷۲	۴-۲- آنالیز شیمیایی پوشش های TiN

۷۶	۳-۴- بررسی نتایج XRD نمونه‌های پوشش داده شده با TiN
۷۸	۴-۴- نتایج میکروسکوپی پوشش‌های TiN
۸۶	۵-۴- نتایج آزمایش زبری سنجی
۸۷	۶-۴- نتایج آزمایش سختی
۹۱	۷-۴- نتایج آزمایش سایش
۱۰۰	۸-۴- بررسی نتایج آزمایش خوردگی
۱۰۴	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۱۰۵	۱-۵- نتیجه‌گیری
۱۰۶	۲-۵- پیشنهادها
۱۰۷	منابع و مراجع

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

از دو دهه قبل درک این حقیقت که بسیاری از قطعات صنعتی در حین کار توسط یکی از مکانیزم‌های سایش، خوردگی و خستگی از بین می‌روند سبب گسترش شاخه علمی - کاربردی مهندسی سطح گردیده است. مهندسی سطح شامل گروه بزرگی از انواع فرایندها مانند آبرکاری، رسوب‌دهی از بخار، پاشش (حرارتی، پلاسمایی و انفجاری) و پوشش‌دهی حالت جامد هستند. در این فرایندها خواص جدید سطح قطعه، همان خواص ماده جدیدی است که روی سطح نشانده شده است [۱].

فرایندهای رسوب‌دهی از بخار از جمله روش‌هایی هستند که امروزه توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده‌اند. این فرایندها به دو دسته کلی فرایندهای رسوب‌دهی فیزیکی از بخار (PVD)^۱ و رسوب‌دهی شیمیایی از بخار (CVD)^۲ تقسیم می‌شوند. فرایندهای PVD و CVD به طور متداول برای ایجاد پوشش‌های مختلف روی قطعات فولادی در صنعت به کار می‌روند. فرآیند PVD ماهیتی جهت‌دار^۳ دارد

^۱ - Physical Vapor Deposition (PVD)

^۲ - Chemical Vapor Deposition (CVD)

^۳ - line-of-Sight

و امکان پوشش‌دهی قطعات با اشکال هندسی پیچیده را فراهم نمی‌کند [۲]. در CVD نیز دمای فرآیند در حدود 900°C است که بالای دمای برگشت فولادهاست و باعث کاهش استحکام زیرلایه بعد از فرآیند می‌شود [۳]. دو محدودیت ذکر شده در بالا توجه‌کننده استفاده از پلاسما در جریان رسوب‌دهی شیمیایی از بخار است. پلاسما در جریان رسوب‌دهی شیمیایی از بخار با تولید یون‌ها و رادیکال‌های فعال باعث کاهش دمای فرآیند می‌شود. به این منظور امروزه فرآیند رسوب‌دهی شیمیایی از بخار به کمک پلاسما (PACVD)^۱ ایجاد لایه‌های سخت مقاوم به خوردگی و سایش از جمله TiN روی قطعات فولادی با اشکال هندسی پیچیده و زیر دمای برگشت آن‌ها را فراهم می‌کند [۴]. پوشش‌های TiN، به خاطر داشتن ویژگی‌های منحصر به فردی مانند سختی بسیار بالای آن‌ها، مقاومت به خوردگی و سایش عالی و هم‌چنین ظاهر طلایی پوشش، به طور بسیار گسترده‌ای در کاربردهای صنعتی برای محافظت کردن ابزارهای برش و شکل دادن و کاربردهای زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۵].

در این تحقیق پوشش TiN با استفاده از روش PACVD بر روی فولاد گرم‌کار H13 که پیش‌عملیات نیتروژن‌دهی پلاسمایی بر روی آن انجام شده بود رسوب گذاری شد. برای به دست آوردن پوشش‌هایی با خواص متفاوت، دما و چرخه‌کاری فرآیند تغییر داده شدند. پوشش‌های به دست آمده با آزمون‌های مختلف مورد آزمایش قرار داده شده و نتایج حاصل از آن‌ها با یک‌دیگر مقایسه شدند.

¹ - Plasma-Assisted Chemical Vapor Deposition (PACVD)

فصل دوم:

مروری بر منابع

۲-۱- معرفی فولاد H13

۲-۱-۱- مقدمه

فولاد H13 از نوع فولادهای ابزار گرم کار بوده که به علت مقاومت بالا در برابر حرارت، بیش تر برای ساخت قالب های ریخته گری و اکستروژن آلیاژهای غیر آهنی مانند آلومینیم، منیزیم و مس مورد استفاده قرار می گیرد. سطوح این گونه قالب ها پس از گذشت مدت زمان مشخصی در اثر خوردگی، سایش و خستگی حرارتی تخریب می شود.

در بین فولادهای ابزار گرم کار، فولاد H13، از پر مصرف ترین فولادهای دنیا محسوب می شود. ساختار این فولاد پس از عملیات حرارتی، شامل زمینه مارتنزیتی و کاربیدهای ریز است. عنصر آلیاژی اصلی آن کروم می باشد. در این فولاد عناصر آلیاژی دیگری مانند مولیبدن و وانادیم نیز وجود دارند که به عنوان عوامل استحکام دهنده در آن به کار برده می شود. مقدار کروم موجود در این فولاد به آن کمک می کند تا در درجه حرارت های بالا از نرم شدگی فولاد جلوگیری به عمل آید.

ترکیب شیمیایی فولاد H13 بر حسب درصد وزنی در جدول ۱-۲ ارائه شده است.

جدول ۱-۲ ترکیب شیمیایی فولاد H13 (درصد وزنی) [۶].

element	min	max.
carbon	0.37	0.42
manganese	0.20	0.50
phosphorus	0	0.025
sulfur	0	0.005
silicon	0.80	1.20
chromium	5.00	5.50
vanadium	0.80	1.20
molybdenum	1.20	1.75

۲-۱-۲- مزایا و برتری‌های فولاد H13

همان طور که گفته شد فولاد H13 دارای کاربردهای زیادی در صنعت می‌باشد. این فولاد از مزیت‌های زیادی برخوردار است که عبارتند از:

- ۱- مقاومت بالا به حرارت
- ۲- مقاومت عالی به شوک‌های حرارتی در حین کار
- ۳- پایداری و ثبات خوب در اندازه
- ۴- سختی بسیار خوب در دماهای بالا

۲-۱-۳- عملیات حرارتی فولاد H13

این فولاد در شرایط آنیل دارای سختی در حدود ۲۳۵ برینل می‌باشد. در حالت آنیل فولاد H13 دارای ریز ساختاری با زمینه فریتی می‌باشد که ذرات کاربید کروی شده در تمام آن به صورت همگن پراکنده شده است. برای بررسی ریز ساختار در شرایط آنیل ابتدا نمونه را پولیش کرده و سپس در محلول نایتال ۴٪ اچ می‌کنند [۷].

این فولاد اگر تحت عملیات حرارتی سخت کاری قرار داده شود سختی آن به شدت افزایش می‌یابد. برای سخت کاری این فولاد به طور معمول از کوره‌های با اتمسفر محافظت شده استفاده می‌شود ولی در برخی از شرایط از کوره‌های بدون اتمسفر کنترل شده و حمام‌های نمک نیز استفاده می‌گردد.

دمای سخت کاری فولاد H13 در حدود 1850°F تا 1900°F می‌باشد که معادل با 1010°C تا 1060°C است.

برای سخت کاری، این فولاد را از دمای محیط درون کوره قرار می‌دهند تا به دمای سخت کاری برسد و سپس برای هر ضخامت یک اینچ به مدت نیم ساعت در دمای مورد نظر حرارت داده می‌شود. برای به حداقل رساندن اعوجاج قطعات پیچیده در حین سخت کاری سه مرحله پیش گرم برای فولاد H13 در نظر گرفته می‌شود که عبارتند از:

مرحله اول: پیش گرم تا دمای 550°C

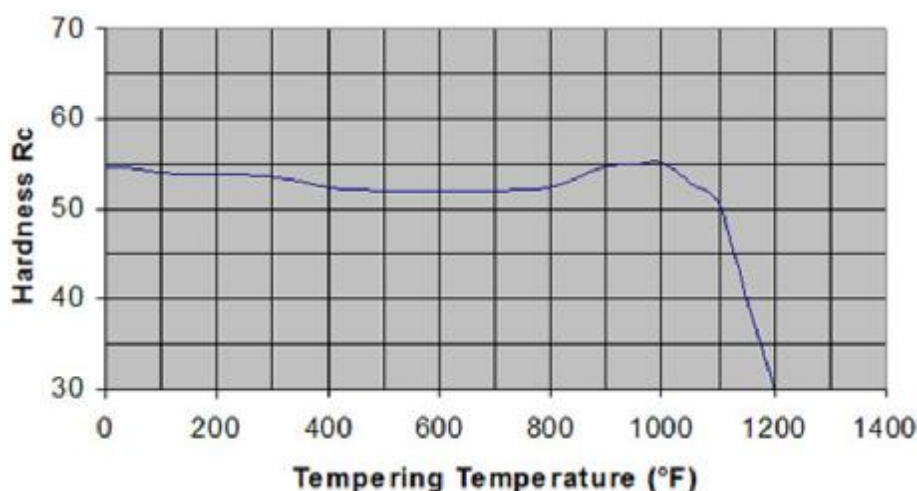
مرحله دوم: پیش گرم تا دمای 750°C

مرحله سوم: پیش گرم تا دمای 1020°C

بعد از حرارت دادن نمونه‌ها به مدت لازم برای به حداقل رساندن اعوجاج، آن‌ها را در هوا کوئنچ می‌کنند. ولی برای به دست آوردن بالاترین سختی برای نمونه‌های با قطر بیش‌تر از ۶ اینچ آن‌ها را در روغن سرد می‌کنند.

ریز ساختار فولاد H13 بعد از عملیات سخت کاری شامل تیغه‌های مارتنزیت است و به همین دلیل این ساختار دارای تنش‌های داخلی زیادی می‌باشد که برای قطعه مضر است. به همین منظور یک عملیات تمپر بر روی فولاد انجام می‌شود تا میزان تنش‌های درون قطعه کاهش یابد. بعد از عملیات تمپر ساختار فولاد به صورت مارتنزیت تمپر شده در می‌آید [۷].

شکل ۱-۲ نمودار سختی فولاد H13 بر حسب دمای تمپر را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲ نمودار سختی فولاد H13 بر حسب دمای تمپر [۷].

همان طور که در شکل ۱-۲ ملاحظه می‌شود بهترین دمای تمپر این فولاد در حدود 1000°F معادل با 550°C می‌باشد. همان طور که می‌توان دید مقدار سختی نیز کاهش نیافته و مقدار آن در حدود ۵۵RC می‌باشد.

۲-۲- نیتروژن‌دهی

۲-۲-۱- مقدمه

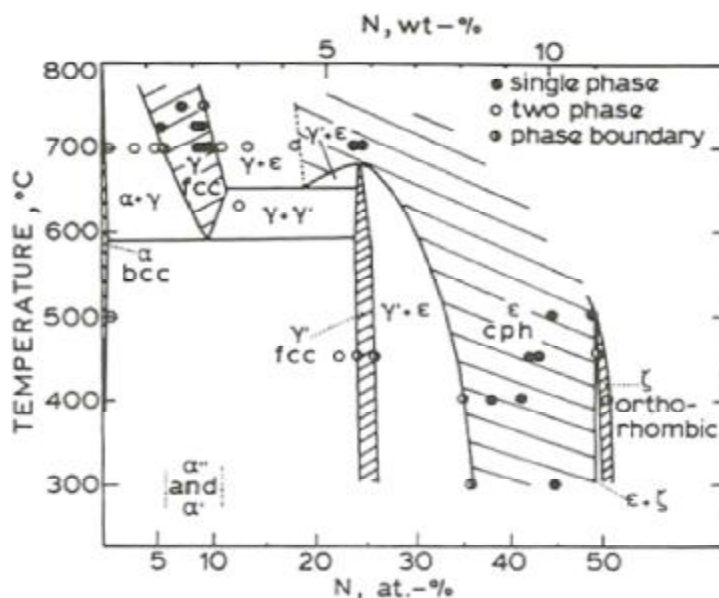
بر خلاف آن چه تصور می‌شود نیتروژن‌دهی یک روش بسیار قدیمی می‌باشد. از اسناد به جای مانده می‌توان فهمید که در زمان‌های قدیم جنگجویان یونانی از این فرآیند برای بالا بردن کیفیت سلاح‌های خود استفاده می‌کردند. آن‌ها بعد از پایان جنگ و جمع‌آوری اسیران، شمشیرهای خود را در آتش حرارت داده و سپس شمشیرهای گداخته را در بدن اسیرانی که قابلیت انجام کارهای سخت را نداشتند فرو می‌کردند. در اثر این کار سختی شمشیرهای آن‌ها افزایش می‌یافته و علت این افزایش سختی به خاطر نفوذ نیتروژن درون خون اسیران به داخل شمشیرها گزارش شده است. با نفوذ نیتروژن به درون فولاد، نیتrideهای سخت در سطح شمشیرها ایجاد می‌شود و باعث افزایش سختی و بالا رفتن کیفیت آن‌ها می‌گردد [۸].

اما امروزه از نیتروژن‌دهی به عنوان یک روش بسیار مهم در صنعت استفاده می‌شود. برای اولین بار نیتروژن‌دهی به طور صنعتی در سال ۱۹۲۰ مورد استفاده قرار گرفت. به این لحاظ یکی از روش‌های جدید مهندسی سطح برای افزایش خواص سطحی، عملیات سخت کاری سطحی به روش نیتروژن‌دهی می‌باشد. در این روش سخت کاری، نیتروژن که به صورت اتمی در آمده تحت شرایط خاص به درون سطح نمونه مورد نظر وارد می‌گردد. نیتروژن‌دهی نیز همانند کربن‌دهی باعث می‌گردد تا ترکیب شیمیایی سطح نمونه مورد نظر تغییر یابد، ولی بر خلاف کربن‌دهی که فولاد درحالت آستنیتی می‌باشد نیتروژن-دهی در حالت فریتی انجام می‌شود.

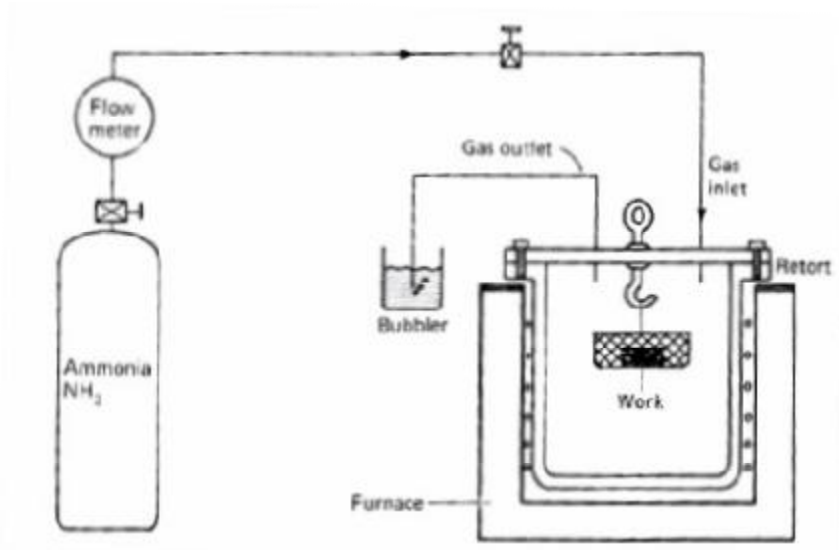
۲-۲-۲- معرفی فرآیند نیتروژن‌دهی

فرآیند نیتروژن‌دهی به عنوان یک عملیات سخت کننده سطح برای فولادها و چدن‌ها به کار می‌رود. مهمترین خصوصیت و مزیت آن ایجاد اعوجاج کم در قطعه می‌باشد. به همین دلیل به عنوان عملیات نهایی در قطعه به کار گرفته شده و پس از انجام آن احتیاج به عملیات پایانی گران قیمت نیست [۹]. نیتروژن‌دهی فرآیندی است که طی آن نیتروژن اتمی به داخل ساختار زمینه نفوذ می‌کند. در این فرآیند قطعاتی که باید فرآیند نیتروژن‌دهی بر روی آن‌ها صورت گیرد در داخل یک محفظه بسته قرار داده می‌شود، و توسط یک منبع انرژی قطعات مورد نظر تا دمای خاصی حرارت داده می‌شوند. سپس گاز آمونیاک وارد محفظه شده، به هیدروژن و نیتروژن اتمی تجزیه می‌گردد و سپس نیتروژن به وجود آمده به داخل ساختار ماده نفوذ می‌کند [۱۰].

نیتروژن‌دهی برای سخت کردن محدوده خاصی از فولادهای مهندسی کم‌آلیاژ و فولادهای ابزار در مدت زمان مشخصی انجام می‌شود. با وجود این که نیتروژن‌دهی یک روش مفید و مناسب برای سخت کردن سطح و بهبود خواص آن است، هیچ وقت از تمام پتانسیل و توانایی این روش استفاده نشده است. شکل ۲-۲-۲ نمایشی از دیاگرام آهن-نیتروژن را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲-۲ دیاگرام آهن - نیتروژن [۱۰].



شکل ۲-۳ نمایی از دستگاه نیتروژن‌دهی گازی [۱۲].

در نیتروژن‌دهی گازی، از آمونیاک استفاده می‌شود. همان طور که در شکل بالا ملاحظه می‌شود قطعه درون یک ظرف توری مانند گذاشته شده و به صورت معلق درون محفظه نیتروژن‌دهی قرار داده می‌شود. سپس دمای محفظه نیتروژن‌دهی تا 550°C بالا برده می‌شود. بعد شیر مربوط به کپسول گاز آمونیاک را باز کرده تا این گاز از روی سطح نمونه عبور نماید. در اثر حرارت گاز آمونیاک به نیتروژن و هیدروژن اتمی تفکیک می‌گردد. واکنش مربوط به تجزیه گاز آمونیاک در زیر آورده شده است [۱۳].



۱-۲

در این شرایط نیتروژن اتمی قابلیت نفوذ درون ساختار فولاد را دارد. نیتروژن اتمی حاصل شده تحت شرایط معینی از دما و غلظت نیتروژن توسط سطح فولاد جذب می‌شود. فولاد در این شرایط دارای ساختار فریتی می‌باشد. در اثر ورود نیتروژن به درون فولاد فازهای مختلفی ممکن است شکل بگیرد [۹].

اگر غلظت نیتروژن درون محفظه نیتروژن‌دهی کم باشد فاز Fe_{16}N_2 (α'') از فریت به صورت رسوب‌های ریز پیوسته رسوب می‌کند. در صورتی که غلظت نیتروژن درون محفظه نیتروژن‌دهی متوسط باشد فاز Fe_4N (γ') در ساختار فولاد به وجود می‌آید که فازی است متشکل از لایه سفید و فولادهای نیتریده و اگر غلظت نیتروژن در محفظه بالا باشد فاز نیتریدی ϵ تولید می‌شود که وقتی با کربن ترکیب می‌شود می‌تواند از لحاظ تریبولوژی فازی مطلوب محسوب شود [۱۰].