

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

عملیات حرارتی

(نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ)

تالیف:

اسرافیل بشارت



سرشناسه	: بشارت، اسرافیل، ۱۳۴۵-
عنوان و نام پدیدآور	: عملیات حرارتی نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ/ تالیف اسرافیل بشارت
مشخصات نشر	: تهران: فدک ایستاتیس، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۲۴۴ ص: مصور، جدول، نمودار
شابک	: ۷۵۰۰۰ ریال : ۳- ۸۱- ۵۲۰۳- ۶۰۰- ۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه‌نامه
موضوع	: فولاد-- عملیات حرارتی
موضوع	: سوپراآلیاژها
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۸۸ ج۸ ۵ ب / TN ۷۵۱
رده‌بندی دیویی	: ۶۷۱/۳۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۸۴۰۰۸۶

عملیات حرارتی

(نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ)



تالیف	: اسرافیل بشارت
مدیر تولید	: رضا کریمی‌شاهنده
صفحه‌آرایی	: واحد تولید انتشارات فدک ایستاتیس (بیتا تبریزی‌پور)
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۱
تیراژ	: ۱۰۰۰
چاپ و صحافی	: گنج‌شایگان
قیمت	: ۷۵۰۰۰ ریال
شابک	: ۳- ۸۱- ۵۲۰۳- ۶۰۰- ۹۷۸

دفتر انتشارات :	تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لبافی‌نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن:	۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
نمایندگی تهران :	خیابان انقلاب - نبش ۱۲ فروردین - پلاک ۱۳۱۲ - انتشارات صانعی
تلفن:	۶۶۴۰۹۹۲۴ - ۶۶۴۰۵۳۸۵
فروشگاه یزد:	میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره
تلفن:	۶۲۲۷۴۷۵ - ۶۲۲۶۷۷۱ - ۶۲۲۶۷۷۲

ایمیل و وب‌سایت: info@fadakbook.ir - www.fadakbook.ir

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فدک ایستاتیس می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فدک ایستاتیس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات فدک ایستاتیس

پیشگفتار

بهبود خواص خوردگی، سایشی، استحکامی و خستگی قطعات صنعتی در اثر انجام عملیات نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ، کاربرد این فرایندها را در تمام حوزه‌های صنعتی نظیر ابزارسازی، ماشین‌سازی، صنایع خودرو، صنایع هوایی و دریایی، تجهیزات و ماشین آلات راه‌سازی، صنایع نفت و پتروشیمی توسعه داده است. در کشور ما نیز بدنبال رشد این صنایع فرایندهای فوق گسترش پیدا کرده است. لذا امیدوارم ترجمه کتاب حاضر بتواند برای گروه صنعتگر و قشر دانشگاهی که در صنایع مختلف فعالیت می‌کنند مفید واقع شود.

این کتاب توسط تیم متخصصین آلمانی:

1. Dr. R.Chatterjee-Fischer
2. Dr. F.W.Eysell
3. Dr. R.Hoffmann
4. Dr. D.Liedtke
5. Dr. W.Rembages
6. Dr. A.Schreiner
7. Eng. G.Weker

تألیف شده است و اطلاعات کاربردی و علمی دقیقی را ارائه داده است. این کتاب مشتمل بر چهار بخش است. در بخش اول اصول عملیات نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ، عوامل مؤثر بر فرایند، مکانیزم و تئوری عملیات، خواص لایه سطحی نیترووره شده، تأثیر عملیات نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ روی رفتار خستگی، استحکامی، سایشی و خوردگی قطعات مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش دوم روشهای مختلف عملیات نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ، محیط و اتمسفر عملیات، عوامل فرایند، تجهیزات و کنترل فرایند، عملیات انواع فولادها و مقایسه روشها مورد توجه قرار خواهد گرفت. در بخش سوم عملیات حرارتی قبل از عملیات نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ، استفاده از مواد ضدنیترایدینگ (پوشش محافظ)، فرایندهای بعد از عملیات نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ بررسی می‌گردد. در بخش پایانی نیز روش‌های مختلف آزمون و بازرسی قطعات بعد از عملیات نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ بررسی شده است. در پایان از زحمات همکاران نشر فدک که در چاپ کتاب فوق تلاش و همکاری نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

اسرافیل بشارت

زمستان ۱۳۹۰

فهرست مطالب

فصل اول : اساس نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ ۱

تعریف ۳	۱.۱
هدف از نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ ۶	۲.۱
اندرکنش آهن-ازت ۶	۳.۱
فرآیند نیترایدینگ ۱۱	۴.۱
پارامترهای فرآیند نیترایدینگ ۱۱	۱.۴.۱
رشد لایه نیتريدی ۱۳	۲.۴.۱
ساختار لایه نیتريدی و نیتروکربورایز شده ۱۵	۵.۱
لایه ترکیبی ۱۵	۱.۵.۱
لایه دیفیوژنی ۲۲	۲.۵.۱
سختی قشر نیترووره و نیتروکربوره ۲۷	۶.۱
سختی لایه سطحی نیترووره شده ۲۷	۱.۶.۱
سختی سطوح ۳۱	۲.۶.۱
تأثیر ترکیب فولاد روی نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ ۳۵	۷.۱
رفتار استحکامی ۳۵	۱.۷.۱
رفتار استحکامی در حالتی که تنش استاتیکی باشد ۳۵	۱.۱.۷.۱
رفتار خستگی ۳۶	۲.۱.۷.۱
رفتار سایشی ۴۰	۲.۷.۱
رفتار خوردگی ۴۳	۳.۷.۱
رفتار تغییر شکل ۴۴	۴.۷.۱
توصیه‌های کاربردی ۴۷	۸.۱
تغییر شکل و ابعاد ۴۷	۱.۸.۱
تغییرات زبری سطح ۴۹	۲.۸.۱
نیتروکربورایزینگ در دمایی بالاتر از 590°C ۵۱	۹.۱

فصل دوم : روش‌های نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ ۵۳

نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ گازی ۵۵	۱.۲
---------------------------------------	-----

گسترش نیترایدینگ گازی ۵۵	۱.۱.۲
روند انجام واکنش‌ها ۵۷	۲.۱.۲
تأثیر پارامترهای نیترایدینگ ۶۹	۳.۱.۲
نیترایدینگ ۷۰	۱.۳.۱.۲
آمونیاک بدون گاز اضافی ۷۰	۱.۱.۳.۱.۲
آمونیاک همراه با ازت اضافی ۷۴	۲.۱.۳.۱.۲
اکسی نیترایدینگ ۷۸	۲.۳.۱.۲
نیتروکربورایزینگ ۸۱	۳.۳.۱.۲
آمونیاک همراه با مکمل CO_2 ۸۱	۱.۳.۳.۱.۲
آمونیاک همراه با مکمل CO ۸۳	۲.۳.۳.۱.۲
آمونیاک همراه با مکمل گاز غنی از کربن ۸۵	۳.۳.۳.۱.۲
سولفونیترایدینگ و سولفونیتروکربورایزینگ ۸۷	۴.۳.۱.۲
گازدهی چند مرحله‌ای ۸۷	۵.۳.۱.۲
مقایسه‌ی روش‌ها ۸۹	۶.۳.۱.۲
تجهیزات تکنولوژیکی ۹۴	۴.۱.۲
ملاحظات تکنولوژیکی فرآیند ۹۸	۵.۱.۲
تأثیر عوامل نیترایدینگ ۹۹	۱.۵.۱.۲
تأثیر پارامترهای فرآیند ۱۰۰	۲.۵.۱.۲
تغییرات ابعادی و شکل ۱۰۱	۳.۵.۱.۲
زبری سطح ۱۰۲	۴.۵.۱.۲
عملیات بعد از نیترایدینگ ۱۰۲	۵.۵.۱.۲
کار سختی سطح ۱۰۲	۶.۵.۱.۲
نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ در پلاسما ۱۰۳	۲.۲
تاریخچه نیترایدینگ پلاسمایی ۱۰۳	۱.۲.۲
روند انجام واکنش‌ها در نیترایدینگ پلاسمایی ۱۰۴	۲.۲.۲
مبانی تخلیه شار الکتریکی ۱۰۴	۱.۲.۲.۲
واکنشهای جذب ازت در سطوح قطعات ۱۰۷	۲.۲.۲.۲
تأثیر عوامل نیترایدینگ ۱۰۹	۳.۲.۲
تأثیر دمای نیترایدینگ ۱۱۰	۱.۳.۲.۲
تأثیر مدت زمان نیترایدینگ ۱۱۷	۲.۳.۲.۲
تأثیر ترکیب گاز روی تشکیل لایه نیتريدی ۱۱۸	۳.۳.۲.۲
تأثیر نوع پلاسما و نیترایدینگ پلاسمایی موضعی ۱۲۶	۴.۳.۲.۲

تأثیر مواد و ساختار آن	۱۲۷	۴.۲.۲
نیتروکربورایزینگ پلاسمائی فولادهای غیرآلیاژی	۱۲۸	۱.۴.۲.۲
نیترایدینگ پلاسمائی فولادهای آلیاژی (۵-۱٪ عناصر آلیاژی)	۱۲۸	۲.۴.۲.۲
نیترایدینگ پلاسمائی فولادهای پرآلیاژ (عناصر نیتريدزا بیشتر از ۵٪)	۱۳۳	۳.۴.۲.۲
نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ مواد چدنی	۱۴۰	۴.۴.۲.۲
نیترایدینگ پلاسمائی مواد مخصوص	۱۴۱	۵.۴.۲.۲
تجهيزات نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ پلاسمائی	۱۴۲	۵.۲.۲
کوره‌های خلأ برای نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ پلاسمائی	۱۴۲	۱.۵.۲.۲
توان و کنترل در تجهيزات نیترایدینگ پلاسمائی	۱۴۳	۲.۵.۲.۲
سیستم خلأ و تأمین گاز در تجهيزات نیترایدینگ پلاسمائی	۱۴۴	۳.۵.۲.۲
روند انجام عملیات نیترایدینگ پلاسمائی	۱۴۴	۶.۲.۲
ملاحظات هزینه‌ای	۱۴۶	۷.۲.۲
نیتروکربورایزینگ در حمام نمک	۱۴۷	۳.۲
گسترش تکنولوژیکی فرآیند	۱۴۷	۱.۳.۲
تاریخچه عملیات در حمام نمک	۱۴۷	۱.۱.۳.۲
حمام نیترایدینگ بدون کنترل	۱۴۷	۲.۱.۳.۲
کنترل ترکیب حمامهای نیترایدینگ	۱۴۸	۳.۱.۳.۲
هوادهی به نمک مذاب	۱۴۸	۴.۱.۳.۲
تأثیر مواد دیگ	۱۴۹	۵.۱.۳.۲
سازگاری نیتروکربورایزینگ نمکی با محیط زیست	۱۵۰	۶.۱.۳.۲
کنترل ترکیب حمام و احیاسازی آن	۱۵۱	۷.۱.۳.۲
سرمایش در حمام مخصوص جهت اکسیداسیون سیانید و سیانات	۱۵۳	۸.۱.۳.۲
روند واکنش‌ها	۱۵۳	۲.۳.۲
پارامترهای نیترایدینگ نمکی	۱۵۴	۳.۳.۲
دمای عملیات	۱۵۴	۱.۳.۳.۲
مدت عملیات	۱۵۵	۲.۳.۳.۲
ترکیب حمام	۱۵۸	۳.۳.۳.۲
مواد، ساختار مواد و دامنه‌ی کاربردی	۱۵۹	۴.۳.۲
فولادهای غیرآلیاژی	۱۵۹	۱.۴.۳.۲
فولادهای آلیاژی، آبدهی- برگشت و کربورایزینگ	۱۶۰	۲.۴.۳.۲
فولادهای ابزاری آلیاژی	۱۶۲	۳.۴.۳.۲
فولادهای گرم‌کار	۱۶۴	۴.۴.۳.۲

فولادهای تندبر ۱۶۷	۵.۴.۳.۲
فولادهای زنگ نزن و گرما- مقاوم ۱۶۸	۶.۴.۳.۲
مواد ریختگی (چدن) ۱۶۸	۷.۴.۳.۲
مواد تف جوش شده یا قطعات پودری ۱۶۹	۸.۴.۳.۲
تجهیزات ۱۷۰	۵.۳.۲
پیشگرم ۱۷۰	۱.۵.۳.۲
حمام نیتروکربورایزینگ ۱۷۰	۲.۵.۳.۲
محفظه سرمایش ۱۷۱	۳.۵.۳.۲
پالایش یا شستشو ۱۷۲	۴.۵.۳.۲
سیستم حمل و نقل ۱۷۲	۵.۵.۳.۲
نکات اختصاصی فرآیند ۱۷۲	۶.۳.۲
ویژگی‌های حمامهای نمکی ۱۷۲	۱.۶.۳.۲
نحوه شارژ و عملیات ۱۷۳	۲.۶.۳.۲
کنترل حمام ۱۷۴	۳.۶.۳.۲
مراقبت از حمام ۱۷۴	۴.۶.۳.۲
زبری ۱۷۴	۵.۶.۳.۲
تشکیل حفرات در لایه نیتروکربورایز ۱۷۴	۶.۶.۳.۲
ملاحظات زیست محیطی ۱۷۵	۷.۶.۳.۲
محافظت خوردگی ناشی از سرمایش در حمام ABI ۱۷۶	۸.۶.۳.۲
سختکاری بعد از نیتروکربورایزینگ ۱۷۸	۹.۶.۳.۲
ملاحظات هزینه‌ای ۱۸۰	۱۰.۶.۳.۲
فرآیند ویژه ۱۸۰	۷.۳.۲
سولفونیتروکربورایزینگ ۱۸۰	۱.۷.۳.۲
فرآیند sulf-inuz ۱۸۰	۱.۱.۷.۳.۲
فرآیند sur-sulf ۱۸۱	۲.۱.۷.۳.۲
تأثیر دما و مقدار گوگرد ۱۸۱	۱.۲.۱.۷.۳.۲
ترکیب حمام ۱۸۲	۲.۲.۱.۷.۳.۲
مواد دیگ ۱۸۲	۳.۲.۱.۷.۳.۲

فصل سوم : فرایندهای قبل و بعد از عملیات نیترایدینگ ۱۸۵

مقدمه ۱۸۷	۱.۳
فرایندهای قبل از عملیات ۱۸۷	۲.۳

پیش عملیات حرارتی	۱۸۷	۱.۲.۳
نرمالایزینگ	۱۸۸	۱.۱.۲.۳
بازپخت تبلور مجدد	۱۸۸	۲.۱.۲.۳
بازپخت تنش گیری	۱۸۸	۳.۱.۲.۳
سختکاری و برگشت	۱۸۹	۴.۱.۲.۳
پیش اکسایش	۱۹۲	۵.۱.۲.۳
فعال سازی	۱۹۲	۲.۲.۳
تأثیر دکربورایزینگ سطحی روی نتایج نیترایدینگ	۱۹۳	۳.۲.۳
تأثیر فرآیندهای ماشینکاری روی نتایج نیترایدینگ	۲۰۰	۴.۲.۳
زبری سطح	۲۰۰	۱.۴.۲.۳
مقاوم شدن سطح	۲۰۴	۲.۴.۲.۳
مواد باقیمانده روی سطح ناشی از شرایط تولید	۲۰۷	۵.۲.۳
نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ موضعی	۲۱۶	۶.۲.۳
خمیرهای محافظ نیترایدینگ	۲۱۶	۱.۶.۲.۳
پوشش های الکترولیتی	۲۱۷	۲.۶.۲.۳
محافظ جرمی	۲۱۷	۳.۶.۲.۳
انتخاب نوع پوشش ضد نیترایدینگ یا نیتروکربورایزینگ	۲۱۸	۴.۶.۲.۳
نیترایدینگ یا نیتروکربورایزینگ قطعات لحیم کاری سخت و جوشکاری شده	۲۱۸	۷.۲.۳
فرآیندهای بعد از نیترایدینگ	۲۱۹	۳.۳
شستشوی قطعات بعد از عملیات	۲۱۹	۱.۳.۳
فرآیندهای شیمیائی و حرارتی بعد از نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ	۲۲۰	۲.۳.۳
اکسیداسیون بعد از نیتروکربورایزینگ	۲۲۰	۱.۲.۳.۳
عملیات مکانیکی بعد از نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ	۲۲۱	۳.۳.۳
سنگ زنی	۲۲۱	۱.۳.۳.۳
هونینگ	۲۲۱	۲.۳.۳.۳
لپینگ و پرداخت	۲۲۲	۳.۳.۳.۳
پرداخت ظریف	۲۲۲	۴.۳.۳.۳
براق کردن سطح	۲۲۲	۵.۳.۳.۳
تغییر شکل	۲۲۲	۶.۳.۳.۳
تابگیری	۲۲۳	۱.۶.۳.۳.۳
تابگیری فشاری	۲۲۳	۱.۱.۶.۳.۳.۳
نورد چرخشی و نورد فشاری	۲۲۴	۲.۱.۶.۳.۳.۳

فصل چهارم : بازرسی و آزمون ۲۲۵

مقدمه ۲۲۷	۱.۴
عمق نفوذ و ساختار لایه نیترووره ۲۲۷	۲.۴
کنترل‌های وصفی ۲۲۷	۱.۲.۴
آزمایش قطره ۲۲۸	۲.۲.۴
آزمون جریان فوکو ۲۲۸	۳.۲.۴
ترکیب یابی ۲۲۸	۴.۲.۴
تست شکست ۲۲۹	۵.۲.۴
بررسی‌های متالوگرافی ۲۲۹	۶.۲.۴
سختی لایه نیترووره ۲۳۱	۳.۴
روشهای سختی سنجی ۲۳۱	۱.۳.۴
تعیین سختی سطح ۲۳۲	۲.۳.۴
اندازه‌گیری عمق نفوذ نیترووره ۲۳۳	۳.۳.۴
ترکیب شیمیائی لایه نیترووره ۲۳۴	۴.۴
روش ایزولاسیون ۲۳۴	۱.۴.۴
روش کی‌جلدال ۲۳۴	۲.۴.۴
روش استخراج داغ ۲۳۵	۳.۴.۴
روش طیف سنجی ۲۳۵	۴.۴.۴
روشهای ویژه ۲۳۵	۵.۴.۴
واژه‌نامه ۲۳۷	
فهرست الفبایی ۲۴۵	



فصل اول

اساس

نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ

- ۱.۱ تعریف ۳
- ۲.۱ هدف از نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ ۶
- ۳.۱ اندرکنش آهن-ازت ۶
- ۴.۱ فرآیند نیترایدینگ ۱۱
- ۵.۱ ساختار لایه نیتریدی و نیتروکربورایز شده ۱۵
- ۶.۱ سختی قشر نیترووره و نیتروکربوره ۲۷
- ۷.۱ تأثیر ترکیب فولاد روی نیترایدینگ و نیتروکربورایزینگ ۳۵
- ۸.۱ توصیه‌های کاربردی ۴۷
- ۹.۱ نیتروکربورایزینگ در دمایی بالاتر از 590°C ۵۱