

نگرشی نوین بر آبکاری الکترولس نیکل

گردآوری و تدوین:

سید محمود منیرواقی

دانشیار دانشکده مهندسی مواد

دانشگاه صنعتی اصفهان

پدرام وردی

دانشجوی دکتری مهندسی مواد

دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه صنعتی اصفهان
مرکز نشر

شماره کتاب ۱۴۳

گروه فنی مهندسی ۵۶

نگرش نوین بر آبکاری الکترولس نیکل

گردآوری، تدوین:	سید محمود منیرواقفی، پدram وردی
ویراستار ادبی:	محبوبه شمس
صفحه آرایی:	منا مرتضایی
طراح جلد:	مرضیه خردمند
لیتوگرافی، چاپ، صحافی:	چاپخانه دانشگاه صنعتی اصفهان
ناشر:	مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان
چاپ اول:	زمستان ۱۳۹۴
شمارگان:	۵۰۰ جلد
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۸۲۵۷-۰۰۰-۴
قیمت:	۱۰۰۰۰ ریال

بر شناسه	منیر واقفی، محمود
عنوان و نام پدیدآور	نگرش نوین بر آبکاری الکترولس نیکل / گردآوری و تدوین سید محمود منیرواقفی، پدram وردی
مشخصات نشر	اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	سیزده، ۲۹۶ص: مصور(بخشی رنگی)، جلد(بخشی رنگی)، نمودار(بخشی رنگی).
فروست	دانشگاه صنعتی اصفهان مرکز نشر؛ ۱۴۳ دوره فنی مهندسی؛ ۵۶.
شابک	978-600-8257-00-4
وضعیت فهرست نویسی	فپا
یادداشت	ص:ع به انگلیسی: A New Approach To Electroless Nickel Plating.
یادداشت	:واژه نامه.
موضوع	:آبکاری با نیکل
موضوع	:آبکاری بدون برق
شناسه افزوده	:وردی، پدram، ۱۳۵۹ -
شناسه افزوده	:دانشگاه صنعتی اصفهان. مرکز نشر
رده بندی کنگره	TS۶۹۰/م۸۸ ۱۳۹۴:
رده بندی دیویی	۶۷۱/۷۳۲:
شماره کتابشناسی ملی	۴۱۳۰۰۸۷:

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان محفوظ است.

اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان - مرکز نشر - کدپستی ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶، تلفن: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۵۰۹-۱۰، دورنگار: ۳۳۹۱۲۵۵۲ (۰۳۱)

برای خرید اینترنتی کلیه کتاب های منتشره مرکز نشر می توانید به وبگاه <http://publication.iut.ac.ir> مراجعه و یا

مستقیماً از کتابفروشی مرکز نشر واقع در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان (تلفن ۳۳۹۱۳۹۵۲) خریداری فرمائید.

پیشگفتار

استفاده عملی از روش پوشش دهی الکترولس نیکل که به اتوکاتالیتیک هم معروف است، به سال ۱۹۱۰ میلادی برمی گردد. نام الکترولس در واقع بر عدم وجود الکتروود در محلول دلالت دارد، نه عدم وجود جریان انتقال بار. امروزه پوشش های الکترولس به سبب ویژگی های منحصر به فردی که دارند، در زمینه خوردگی و سایش بسیار مورد توجه هستند. این پوشش ها که در اصطلاحات پایینی نیز دارند، ترکیبی از یک فلز (نیکل) و یک شبه فلز (فسفر، بور) می باشند. میزان عنصر شبه فلز است که ویژگی های پوشش الکترولس را تعیین می کند. محصور فرد رین مزیت این روش پوشش دهی، امکان انجام آن بر مواد غیرهادی همانند شبه رسانا، پلاستیک و توانایی ایجاد رسوبی یکنواخت در سطوح پیچیده است. بسیاری از صنایع، همچون صنایع هوایی، نفت، گاز و هسته ای از این پوشش ها به طور وسیع استفاده می کنند و در واقع، پوشش الکترولس رقیبی سرسخت برای سایر روش های پوشش دهی محسوب می شود. هدف از تألیف این کتاب، معرفی این روش و پیشرفت های صورت گرفته در آن به زبانی ساده و کاربردی است که در قالب ۱۴ فصل ارائه شده است. برای نگارش آن از منابع مختلفی مانند پایان نامه های کارشناسی ارشد، رساله دکترا، مقاله های معتبر، استانداردها، کتاب های مرتبط موجود و البته تجربه عملی در صنعت استفاده شده است تا کتاب متفاوت و کاربردی در راستای نیاز محققان، دانشجویان و شرکت های فعال در این حوزه نوشته شود. شایان ذکر است که هدف این کتاب، ورود به جزئیات پیچیده و ریز این روش نمی باشد بلکه، در فصل های مختلف سعی شده است که با دید کلی و کاربردی، روش ها، تجهیزات و روش های آنالیز مرتبط با آن مورد بررسی قرار گیرد و بنابراین علاقه مندان می توانند برای مطالعه های تکمیلی به سایر منابع معتبر مراجعه کنند. بدیهی است که این مجموعه، عاری از نقص و کاستی نیست و بنابراین از شما خوانندگان عزیز تقاضا داریم تا ایرادهای احتمالی و یا نقطه نظرهای خود را از طریق پست الکترونیک به اطلاع ما برسانید تا در چاپ های بعدی بتوانیم کیفیت مطالب ارائه شده را بهبود ببخشیم.

در پایان از دکتر شهرام علیرضایی (shahram79ir@yahoo.com) که زحمت ویراستاری علمی
این کتاب را بر عهده گرفتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

دکتر سید محمود منیر واقفی

مهندس پدram وردی

Vagh-mah@cc.iut.ac.ir

infopedram@gmail.com

زمستان ۱۳۹۴

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۱	پوشش‌دهی الکترولس نیکل و سازوکارهای آن
۱-۱	مقدمه
۲-۱	اجزاء تشکیل‌دهنده حمام
۲-۱-۱	میع یون نیکل
۲-۲-۱	عامل ۱- باکننده
۲-۲-۱-۱	حمام ۱- نسبت سدیم
۲-۲-۲-۱	حمام ۲- آمینو
۳-۲-۲-۱	حمام ۳- بورو هیدرید سدیم
۴-۲-۲-۱	حمام ۴- هیدرازین
۳-۲-۱	عامل کمپلکس‌کننده
۴-۲-۱	یافرها
۵-۲-۱	شتاب‌دهنده‌ها
۶-۲-۱	پایدارکننده‌ها
۷-۲-۱	افزودنی‌ها
۳-۱	انواع حمام‌های الکترولس نیکل
۴-۱	سازوکار رسوب‌گذاری الکترولس نیکل - فسفر
۱-۴-۱	سازوکار الکتروشیمیایی خالص
۲-۴-۱	سازوکار هیدروژن اتمی
۳-۴-۱	سازوکار یون هیدرید
۴-۴-۱	سازوکار هیدروکسید فلزی
۵-۱	سازوکار رسوب‌گذاری الکترولس نیکل - بور
۱۸	منابع مورد استفاده

۲: عوامل تأثیرگذار بر حمام الکترولس نیکل ۱۹

۱-۲ مقدمه ۱۹

۲-۲ اثر pH روی حمام ۱۹

۳-۲ اثر بارگذاری و زمان روی حمام ۲۰

۴-۲ تأثیر دما روی حمام ۲۲

۵-۲ اثر غلظت نیکل و هیوفسفیت ۲۲

۶-۲ اثر عمر حمام ۲۳

۷-۲ تأثیر تلاطم ۲۵

۸-۲ سرعت رسوب گذاری ۲۵

۹-۲ ضخامت رسوب ۲۵

منابع مورد استناد ۲۶

۳: پیش عملیات و آماده سازی سطحی ۲۷

۱-۳ مقدمه ۲۷

۲-۳ مواد با فعالیت کاتالیتیکی ذاتی ۲۸

۳-۳ مواد با فعالیت کاتالیتیکی غیر ذاتی ۲۸

۱-۳-۳ زیرلایه فلزی با فعالیت کاتالیتیکی غیر ذاتی ۲۹

۱-۳-۳-۱ زیرلایه آهنی و آلیاژهای آن ۲۹

۱-۳-۳-۲ زیرلایه فولاد کم کربن ۲۹

۱-۳-۳-۳ زیرلایه فولاد پر کربن یا فولاد عملیات حرارتی ۲۹

۱-۳-۳-۴ زیرلایه فولاد زنگ نزن یا آلیاژهای پایه نیکل ۳۰

۱-۳-۳-۵ زیرلایه چدنی ۳۱

۱-۳-۳-۶ زیرلایه آلومینیومی ۳۱

۱-۳-۳-۷ زیرلایه مسی ۳۳

۱-۳-۳-۸ زیرلایه منیزیومی ۳۳

۱-۳-۳-۹ زیرلایه برلیمی ۳۴

۱-۳-۳-۱۰ زیرلایه تیتانیومی ۳۴

۱-۳-۳-۱۱ زیرلایه روی ۳۵

۱-۳-۳-۱۲ زیرلایه مولیبدنی و تنگستنی ۳۵

۲-۳-۳ زیرلایه غیر فلزی با فعالیت کاتالیتیکی غیر ذاتی ۳۶

۳۷	۴-۳ برداشتن پوشش الکترولس نیکل
۳۸	۴-۳-۱ جدا کردن پوشش از زیرلایه فولادی
۳۹	۴-۳-۲ جدا کردن پوشش از زیرلایه مسی
۴۰	۴-۳-۳ جدا کردن پوشش از زیرلایه آلومینیومی
۴۰	منابع مورد استفاده
۴۱	۴: مزایا، محدودیت‌ها و خواص متالورژیکی پوشش الکترولس نیکل
۴۱	۴-۱ مقدمه
۴۱	۴-۲ مزایا و محدودیت‌های پوشش‌دهی به روش الکترولس
۴۱	۴-۳ خواص متالورژیکی پوشش الکترولس نیکل - فسفر
۴۲	۴-۳-۱ دانسته
۴۴	۴-۳-۲ نقطه ذوب
۴۴	۴-۳-۳ یکنواختی
۴۵	۴-۳-۴ مقاومت الکتریکی
۴۶	۴-۳-۵ خواص مغناطیسی
۴۷	۴-۳-۶ ضریب انبساط حرارتی
۴۸	۴-۳-۷ تخلخل
۴۹	۴-۳-۸ چسبندگی
۵۰	۴-۳-۹ قابلیت لحیم‌کاری
۵۰	۴-۳-۱۰ ظاهر و درخشندگی
۵۱	۴-۳-۱۱ خاصیت خودروانکاری
۵۱	۴-۳-۱۲ سختی
۵۳	۴-۳-۱۳ داکتیلیته (انعطاف‌پذیری)
۵۳	۴-۳-۱۴ مقاومت سایشی
۵۵	۴-۳-۱۵ رفتار اصطکاکی
۵۵	۴-۳-۱۶ مدول الاستیسیته
۵۶	۴-۳-۱۷ استحکام کششی
۵۷	۴-۳-۱۸ ازدیاد طول
۵۷	۴-۳-۱۹ تنش داخلی
۶۰	۴-۳-۲۰ خستگی

۶۳	۲۱-۳-۴ چقرمگی شکست
۶۴	۲۲-۳-۴ خوردگی
۷۱	۱-۲۲-۳-۴ رفتار خوردگی پوشش در محیط‌های مختلف
۷۲	۴-۴ خواص متالورژیکی پوشش الکترولس نیکل-بور
۷۵	منابع مورد استفاده
۷۷	۵: تجهیزات مورد نیاز در آبکاری الکترولس نیکل
۷۷	۱-۵-۱ ماه
۷۷	۱-۵-۲ طراحی واحد آبکاری الکترولس
۷۷	۱-۵-۳ ایمنی تجهیزات
۷۷	۱-۵-۴ وان حمام آبکاری الکترولس
۷۸	۱-۴-۵ مواد مورد نیاز برای ساخت وان آبکاری الکترولس
۷۸	۱-۴-۵-۱ وان با روپیان
۷۹	۱-۴-۵-۲ وان VC، کلرید شده
۷۹	۱-۴-۵-۳ وان فولادی زنگ‌نازن
۸۱	۵-۵ سیستم‌های گرمایشی محلول‌های نیکل
۸۲	۵-۵-۱ گرمکن‌های غوطه‌وری الکتریک
۸۳	۵-۵-۲ گرمکن‌های مبتنی بر بخار
۸۳	۵-۵-۱-۲ پنل کویل
۸۳	۵-۵-۲-۲ کویل‌های تفلونی
۸۴	۵-۵-۲-۳ مبدل‌های حرارتی
۸۴	۵-۵-۲-۴ آب داغ
۸۴	۵-۵-۲-۵ بویلر دوتایی
۸۵	۶-۵ سیستم فیلتراسیون
۸۵	۶-۵-۱ فیلتر کیسه‌ای
۸۶	۶-۵-۲ فیلتر در محفظه بسته
۸۸	۷-۵ پمپ حمام
۸۸	۸-۵ سیستم ایجاد تلاطم محلول
۹۱	۹-۵ شیرها و سیستم لوله‌کشی
۹۲	۱۰-۵ ابزار قرارگیری و آویز قطعه‌ها در حمام

۹۴	۱۱-۵ تجهیزات مونیتورینگ و کنترل عوامل حمام
۹۶	۱-۱۱-۵ دستگاه اندازه گیری ضخامت و سرعت رسوب
۹۶	۲-۱۱-۵ دستگاه اندازه گیری دما و pH
۹۷	۳-۱۱-۵ دستگاه اندازه گیری مقدار نیکل و هیوفسفیت
۹۷	۴-۱۱-۵ تجهیزات الکترو دیالیز
۹۹	۵-۱۱-۵ سیستم تأمین مواد مورد نیاز محلول حمام
۱۰۱	منابع مورد استفاده
۱۰۳	۶: پوشش های الکترولس کامپوزیتی و هیبریدی
۱۰۳	۱-۶ مقدمه
۱۰۴	۲-۶ پوشش های الکترولس کامپوزیتی
۱۰۶	۳-۶ عوامل تأثیر گذار بر هم رسوبی ذرات
۱۱۰	۴-۶ سازوکار هم رسوبی در معلول های آبکاری کامپوزیتی
۱۱۲	۵-۶ خصوصیات پوشش های اختراش کامپوزیتی نیکل-فسفر
۱۱۲	۱-۵-۶ ریز ساختار و مورفولوژی
۱۱۳	۲-۵-۶ سختی
۱۱۴	۳-۵-۶ مدول الاستیک و چقرمگی شکست
۱۱۴	۴-۵-۶ توپوگرافی سطحی و عوامل مؤثر بر آن
۱۱۴	۵-۵-۶ ضریب اصطکاک و مقاومت سایشی
۱۱۵	۶-۵-۶ مقاومت به خوردگی
۱۱۶	۶-۶ پوشش های الکترولس کامپوزیتی هیبریدی
۱۱۸	۷-۶ پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-MoS_2
۱۱۸	۸-۶ پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-Diamond
۱۲۰	۹-۶ پوشش کامپوزیتی الکترولس $\text{Ni-P-Si}_3\text{N}_4$
۱۲۱	۱۰-۶ پوشش نانو کامپوزیتی الکترولس Ni-P-TiO_2
۱۲۲	۱۱-۶ پوشش نانو کامپوزیتی الکترولس Ni-P-CeO_2
۱۲۳	۱۲-۶ پوشش کامپوزیتی الکترولس Ni-P-PTFE
۱۲۵	۱۳-۶ پوشش کامپوزیتی الکترولس $\text{Ni-P-Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$
۱۲۵	۱۴-۶ پوشش کامپوزیتی الکترولس $\text{Ni-P-B}_4\text{C}$
۱۲۶	۱۵-۶ پوشش کامپوزیتی الکترولس Ni-P-Ag

۱۲۷.....	۱۶-۶ پوشش کامپوزیتی هیبریدی الکترولس Ni-P-Gr-SiC
۱۲۸.....	۱۷-۶ پوشش الکترولس با ذرات نانومتری Ni-P-CNT
۱۲۸.....	۱۷-۶ ۱- آشنایی با CNT
۱۲۸.....	۱۷-۶ ۲- محدودیت‌های استفاده از CNT
۱۲۹.....	۱۷-۶ ۳- رفتار ذرات CNT در پوشش الکترولس نیکل- فسفر
۱۳۰.....	۱۸-۶ بودر کامپوزیتی الکترولس Ni-P-Mg-CNT
۱۳۲.....	۱۹-۶ بودر کامپوزیتی الکترولس Ni-P-Al-CNT
۱۳۴.....	۲۰-۶ پوشش نانوکامپوزیتی الکترولس Ni-P-ZrO ₂
۱۳۵.....	۲۰-۶ پوشش نانوکامپوزیتی الکترولس Ni-P-TiC
۱۳۵.....	۲۲-۶ پوشش نانوکامپوزیتی الکترولس Ni-P-ZnO
۱۳۶.....	۲۳-۶ پوشش الکترولس سه گانه Al-(Ni-P)-(Ni-B)
۱۳۸.....	۲۴-۶ پوشش الکترولس و نانوکامپوزیت Ni-P/Ni-W-P
۱۴۰.....	۲۵-۶ پوشش کامپوزیتی الکترولس Ni-YSZ
۱۴۱.....	۲۶-۶ پوشش هیبریدی نانوکامپوزیت Ni-P-Ag-Al ₂ C
۱۴۲.....	منابع مورد استفاده
۱۴۵.....	۷: روش‌های ارزیابی خواص پوشش‌های الکترولس
۱۴۵.....	۷-۱ مقدمه
۱۴۵.....	۷-۲ تعیین ترکیب شیمیایی زیرلایه
۱۴۵.....	۷-۲-۱ کوانتومتر
۱۴۶.....	۷-۲-۲ ICP-AES
۱۴۶.....	۷-۲-۳ آنالیز طیف‌نگاری تفکیک انرژی اشعه ایکس
۱۴۶.....	۷-۳ ارزیابی خصوصیات فیزیکی پوشش الکترولس
۱۴۶.....	۷-۳-۱ آزمون هدایت الکتریکی
۱۴۷.....	۷-۳-۲ تعیین اندازه دانه
۱۴۷.....	۷-۳-۲-۱ روش تعیین عرض پیک در نیمه ارتفاع
۱۵۰.....	۷-۳-۳ سنجش تخلخل پوشش
۱۵۰.....	۷-۳-۴ روش‌های ارزیابی ضخامت پوشش
۱۵۱.....	۷-۳-۵ ارزیابی خصوصیات مکانیکی پوشش الکترولس
۱۵۱.....	۷-۳-۵-۱ آزمون ریزسختی سنجی

۱۵۲.....	۲-۵-۳-۷ آزمون کشش
۱۵۳.....	۳-۵-۳-۷ آزمون چسبندگی پوشش
۱۵۴.....	۴-۵-۳-۷ ارزیابی چقرمگی شکست
۱۵۵.....	۵-۵-۳-۷ ارزیابی تنش داخلی پوشش
۱۶۱.....	۶-۵-۳-۷ آزمون خستگی
۱۶۲.....	۶-۳-۷ ارزیابی خواص تریبولوژیکی پوشش‌های الکترولس
۱۶۲.....	۱-۶-۳-۷ اندازه‌گیری زبری سطح
۱۶۲.....	۲-۶-۳-۷ اندازه‌گیری ضریب اصطکاک
۱۶۳.....	۳-۳-۷ آزمون مقاومت به سایش
۱۶۳.....	۱-۳-۶-۲-۷ روش پین روی دیسک و رینگ روی دیسک
۱۶۴.....	۱-۳-۶-۳-۷ بلوک روی رینگ و بلوک روی پین
۱۶۵.....	۳-۶-۳-۷ روش پین روی سطح صاف
۱۶۵.....	۴-۳-۶-۳-۷ روش دیسک روی دیسک
۱۶۵.....	۵-۳-۶-۳-۷ روش سایش گ
۱۶۶.....	۷-۳-۷ بررسی تحولات فازي
۱۶۶.....	۱-۷-۳-۷ روش گرماسنجی افتراقی
۱۶۷.....	۲-۷-۳-۷ پراش اشعه ایکس
۱۶۸.....	۳-۷-۳-۷ آنالیز حرارتی تفاضلی
۱۶۹.....	۸-۳-۷ ارزیابی میکروسکوپی
۱۷۱.....	۹-۳-۷ ارزیابی رفتار خوردگی
۱۷۱.....	۱-۹-۳-۷ آزمون پلاریزاسیون تافل
۱۷۲.....	۲-۹-۳-۷ روش طیف‌نگاری امپدانس الکتروشیمیایی
۱۷۳.....	۳-۹-۳-۷ آزمون پلاریزاسیون پتانسیودینامیک سیکلی
۱۷۴.....	۴-۹-۳-۷ آزمایش پاشش نمک
۱۷۶.....	۱۰-۳-۷ ارزیابی رفتار تریبوخوردگی
۱۷۷.....	منابع مورد استفاده
۱۸۱.....	۸: ساختار و عملیات حرارتی پوشش‌های الکترولس نیکل - فسفر
۱۸۱.....	۱-۸ مقدمه
۱۸۲.....	۲-۸ بررسی نمودار فازي نیکل - فسفر

۱۸۴.....	۸-۳ اثر عملیات حرارتی و درصد فسفر بر استحاله فازی
۱۸۵.....	۸-۴ سازوکار کریستاله شدن پوشش بر اثر عملیات حرارتی
۱۸۶.....	۸-۵ فرایند عملیات حرارتی پوشش‌های الکترولس نیکل
۱۸۷.....	۸-۵-۱ تأثیر دما و زمان عملیات حرارتی روی سختی و مقاومت سایشی پوشش Ni-P
۱۸۹.....	۸-۵-۲ تأثیر عملیات حرارتی روی داکتیلینه پوشش Ni-P
۱۹۰.....	۸-۵-۳ حذف تردی هیدروژنی پوشش الکترولس
۱۹۱.....	۸-۵-۴ عملیات حرارتی و بهبود چسبندگی پوشش الکترولس
۱۹۱.....	۸-۵-۵ تأثیر عملیات حرارتی بر رفتار خوردگی پوشش الکترولس
۱۹۲.....	منابع مورد استفاده

۹: کاربرد پوشش‌های الکترولس نیکل..... ۱۹۳

۱۹۳.....	۹-۱ مقدمه
۱۹۳.....	۹-۲ کاربرد در صنایع شیمیایی
۱۹۶.....	۹-۲-۱ فرایند کلرآلکالی
۱۹۶.....	۹-۲-۲ شیر فلکه‌های کنترل
۱۹۷.....	۹-۲-۳ انتقال آب نمک
۱۹۷.....	۹-۲-۴ واتر پمپ برج خنک‌کننده در فرایند کلرآلکالی
۱۹۷.....	۹-۲-۵ اتصالات واگن انتقال مواد شیمیایی
۱۹۸.....	۹-۲-۶ ستون تقطیر مونوکلروتولون
۱۹۸.....	۹-۲-۷ صفحه‌های سنباده
۱۹۸.....	۹-۲-۸ تجهیزات گندله‌سازی پلی‌اتیلن
۱۹۹.....	۹-۲-۹ پیل‌های سوختی و صفحه‌های دوقطبی
۲۰۰.....	۹-۳ کاربرد در صنایع غذایی
۲۰۱.....	۹-۳-۱ فراوری محصولات غذایی
۲۰۲.....	۹-۳-۲ رول و قالب
۲۰۲.....	۹-۳-۳ تمیزکاری تجهیزات
۲۰۳.....	۹-۳-۴ تجهیزات در تماس با مواد گوشتی
۲۰۳.....	۹-۴ کاربرد در صنعت نفت و گاز
۲۰۴.....	۹-۴-۱ شیرها و تجهیزات کنترل جریان
۲۰۵.....	۹-۴-۲ تجهیزات مورد استفاده در چاه گاز

- ۳-۴-۹ مهارکننده‌های انفجار ۲۰۵
- ۴-۴-۹ پمپ سیرکوله گل حفاری و پمپ زیر محلول الکتریکی ۲۰۵
- ۵-۹ کاربرد در صنایع اتومبیل‌سازی و قطار ۲۰۷
- ۱-۵-۹ سوخت‌های جایگزین بنزین ۲۰۷
- ۲-۵-۹ شافت چرخ‌دنده‌ای دیفرانسیلی ۲۰۸
- ۳-۵-۹ صفحه‌های جفت‌شونده ویسکوز ۲۰۸
- ۴-۵-۹ دو شاخه استقرار چدنی ۲۰۹
- ۶-۹ کاربرد در صنایع هوایی ۲۱۰
- ۱-۶-۹ پمپ در و فاصله‌انداز ۲۱۰
- ۲-۶-۹ نعل‌های جمع‌کننده کمپرسور ۲۱۲
- ۳-۶-۹ پره‌های تغییر و درمحور ۲۱۲
- ۴-۶-۹ بدنه یا تاق‌آر سما ۲۱۲
- ۵-۶-۹ مسیرهای روغن ۲۱۳
- ۶-۶-۹ تجهیزات اسکلت هوایی ۲۱۴
- ۷-۶-۹ سیستم‌های ناوبری ۲۱۴
- ۸-۶-۹ آبتیک‌های متالیک ۲۱۵
- ۹-۶-۹ اجزای دریچه بال و اکتواتور ۲۱۵
- ۱۰-۶-۹ سیستم قفل دستی ۲۱۵
- ۱۱-۶-۹ رابط اتصالی ۲۱۵
- ۱۲-۶-۹ کاور سکو و مسیر پرتاب‌کننده هواپیما ۲۱۶
- ۱۳-۶-۹ سیستم هدایت موشک ۲۱۷
- ۱۴-۶-۹ پره‌های محوری روتور هلی‌کوپتر ۲۱۷
- ۷-۹ کاربرد در صنایع فضایی ۲۱۸
- ۸-۹ کاربرد در صنایع الکترونیک ۲۱۸
- ۱-۸-۹ دیسک حافظه ۲۱۹
- ۲-۸-۹ هیت سینک ۲۲۰
- ۳-۸-۹ قطعه TO-3 ۲۲۰
- ۴-۸-۹ برد مدار چاپی ۲۲۱
- ۵-۸-۹ کانکتور ۲۲۲
- ۶-۸-۹ اجزای تشکیل‌دهنده ماکروویو ۲۲۳

۲۲۳	۷-۸-۹ چیپ‌های ترانزیستوری
۲۲۴	۸-۸-۹ محافظ پلاستیکی امواج الکترومغناطیس
۲۲۴	۹-۹ کاربرد در صنایع نساجی و چاپ
۲۲۶	۱۰-۹ کاربرد در قالب و ابزارهای ریخته‌گری
۲۲۹	۱۱-۹ کاربرد در صنایع نظامی
۲۳۰	۱۲-۹ کاربرد در صنایع پزشکی
۲۳۱	۱۳-۹ کاربرد در پراب فیبر نوری
۲۳۲	منابع • رد استفاده

۱۰: معرفی یک -دل و نرم‌افزار مونیتورینگ

۲۳۳	۱-۱۰ مقدمه
۲۳۳	۲-۱۰ معرفی نرم‌افزار مونیتورینگ نماحان
۲۳۳	۳-۱۰ مدل شبکه عصبی
۲۳۷	منابع مورد استفاده

۱۱: عیب‌یابی حمام الکترولس نیکا

۲۳۹	۱-۱۱ مقدمه
۲۳۹	۲-۱۱ عدم تعادل شیمیایی حمام
۲۴۰	۳-۱۱ فعال‌سازی نامناسب زیرلایه
۲۴۱	۴-۱۱ اشکال‌های مکانیکی و تجهیزاتی
۲۴۱	۵-۱۱ آلودگی محلول
۲۵۳	منابع مورد استفاده

۱۲: استانداردهای پوشش الکترولس نیکل

۲۵۵	۱-۱۲ مقدمه
۲۵۵	۲-۱۲ استاندارد MIL-C-26074 Rev. D
۲۵۵	۳-۱۲ ASTM B 733 -97
۲۵۶	۴-۱۲ ASTM B656-91
۲۵۹	۵-۱۲ ISO4527
۲۶۳	۶-۱۲ AMS2404F
۲۶۴	۷-۱۲ AMS2405E

۲۶۴.....	منابع مورد استفاده.....
۲۶۷.....	۱۳: برآورد هزینه پوشش الکترولس.....
۲۶۷.....	۱-۱۳ مقدمه.....
۲۶۷.....	۲-۱۳ هزینه وان آبکاری.....
۲۶۷.....	۳-۱۳ خط آبکاری الکترولس.....
۲۷۰.....	۴-۱۳ کیت، محلول و استریپر آبکاری الکترولس نیکل.....
۲۷۸.....	منابع مورد استفاده.....
۲۷۹.....	۱۴: لیست شرکت های فعال در آبکاری الکترولس.....
۲۷۹.....	۱-۱۴ مقدمه.....
۲۷۹.....	۲-۱۴ لیست شرکت های فعال در آبکاری الکترولس.....
۲۹۳.....	واژه نامه.....