

مهندسی سطح

مبانی، فرایندها، کاربردها

پنجمین ویرایش:

دکتر مجتبی ناصریان ریایی شرکت متالورژی پودر لوت

دکتر علی حائریان اردکانی دانشگاه صنعتی سجاد

مشهد، مهر ماه ۱۳۹۳

سرشناسه

: ناصریان ریایی، مجتبی، ۱۳۲۲ -

عنوان و نام پدید آور

: مهندسی سطح (مبانی، فرآیندها، کاربردها) / تألیف و گردآوری مجتبی ناصریان ریایی، علی حائریان اردکانی.

مشخصات نشر

: مشهد: دانشگاه غیر دولتی - غیر انتفاعی صنعتی سجاد، انتشارات، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری

: ۸۰۵ ص: مصور، جدول، نمودار.

شاب

: ۹۷۸۶۰۰۹۴۷۵۳۰۸

وضعیت فهرست نویسی : فیا

: رویه‌ها (مهندسی)

شناسه افزوده

: حائریان اردکانی، علی، ۱۳۲۵ -

رده بندی کنگ

: TA۱۳۹۳/۴۱۸م۹/۲

رده بندی دیویی

: ۶۲۰

شماره کتابشناسی ملی

: ۳۶۰۸۴۰۱



انکست اسناد و کتابخانه ملی

نام کتاب :

مهندسی سطح

نویسندگان :

دکتر مجتبی ناصریان ریایی، علی حائریان اردکانی

ناشر :

دانشگاه صنعتی سجاد، صندوق پستی ۴۸۸۴۸ - ۹۱۸۸۱

تیراژ :

۱۰۰۰

قطع :

وزیری

تاریخ انتشار :

پاییز ۱۳۹۳

صفحات :

۸۰۵

امور فنی و چاپ :

موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی

شابک :

۹۷۸۶۰۰۹۴۷۵۳۰۸

حق چاپ محفوظ است

دفاتر نمایندگی توزیع و فروش:

انتشارات دانشگاه صنعتی سجاد: مشهد، (۰۵۱)۳۶۰۲۹۰۰۰ - (۰۵۱)۳۶۰۲۹۳۰۰۰

انتشارات آستان قدس رضوی شرکت به نشر: دفتر مرکزی: مشهد، (۰۵۱)۳۸۵۱۴۸۴۰ - (۰۵۱)۳۸۵۱۱۱۳۶ - تهران، (۰۲۱)۸۸۹۵۱۷۳۹

(۰۲۱)۸۸۹۶۰۶۲۰

گرگان: ۲۲۶۶۰۶۱ - تربت حیدریه: ۳۲۲۴۰۵۷۰

نشر بهروز اصفهان: (۰۳۱)۲۲۱۶۰۴۰

«فهرست مطالب»

پیشگفتار تقدیر و تشکر

۱	بخش یکم: مبانی و مفاهیم
۳	فصل اول: آشنایی - مبانی نظری
۳	۱- پیشگفتار
۳	۲- تعریف و پیشینه‌ی مهندسی سطح
۵	۳- دوره‌ی نوین مهندسی سطح
۶	۴- اهمیت مهندسی سطح
۷	۵- فرایندهای مهندسی سطح

۱۳	فصل دوم: سطوح و لایه‌های سطحی
۱۳	۱- پیشگفتار
۱۷	۲- ویژگی‌های بالقوه‌ی لایه‌ی محیطی
۱۷	۱-۲- ویژگی‌های هندسی
۲۰	۲-۲- پارامترهای هندسی - مادی
۲۱	۳-۲- ویژگی‌های شیمی - فیزیکی لایه‌ی محیطی
۳۲	۳- ویژگی‌های کاربردی لایه‌ی محیطی
۳۳	۱-۳- ویژگی‌های استحکامی
۳۶	۲-۳- ویژگی‌های تریبولوژیکی
۵۲	۳-۳- ویژگی‌های مقاوم به خوردگی
۵۳	۴-۳- ویژگی‌های تزئینی
۵۳	۴- اهمیت لایه‌ی محیطی
۵۴	۵- ویژگی‌های بالقوه پوشش‌ها
۵۴	۱-۵- پیشگفتار
۵۴	۲-۵- ویژگی‌های هندسی

- ۵۶..... ۳-۵ ویژگی های فیزیکی - شیمیایی
- ۶۲..... ۶- ویژگی های کاربردی پوشش ها
- ۶۳..... ۶-۱ ویژگی های مقاوم به خوردگی
- ۶۴..... ۶-۳ ویژگی های تزئینی

۶۷

بخش دوم: فرایندهای مکانیکی

فصل ۱: م: ساجمه پاشی (ساجمه زنی)..... ۶۹

- ۶۹..... ۱- روش گفتار
- ۷۰..... ۲- پوشش های سطح و شدت ساجمه زنی
- ۷۲..... ۳- متغیرهای فرایند
- ۷۳..... ۴- انواع ساجمه
- ۷۴..... ۵- ماشین های ساجمه زنی
- ۷۷..... ۶- کاربردها
- ۸۲..... ۷- مثال های موردی
- ۸۳..... ۷-۱ قلاب های ساخته شده از فولاد NC۱۱۰۰ پس آب دهی و بازگشت
- ۸۴..... ۷-۲ سطوح برش شعله ای در یک سازه ی جوشی (شکل ۳-۱)
- ۸۵..... ۷-۳ تیغه ی کمپرسور
- ۸۵..... ۷-۴ فنر سوپاپ خودرو (شکل ۳-۱۴)
- ۸۶..... ۸- محدودیت های فرایند

فصل چهارم: لایه گذاری مکانیکی..... ۸۹

- ۸۹..... ۱- پیش گفتار
- ۹۰..... ۲- تردی هیدروژنی
- ۹۱..... ۳- تجهیزات فراوری
- ۹۲..... ۴- مراحل فرایند
- ۹۳..... ۵- قابلیت های فرایند
- ۹۴..... ۶- کنترل کیفیت
- ۹۵..... ۷- عملیات تکمیلی
- ۹۵..... ۸- تصفیه و دفع پساب

فصل پنجم: پاشش سرد..... ۹۷

- ۹۷..... ۱- پیش گفتار

۹۸	۲- سیستم‌های پاشش سرد
۹۹	۳- پارامترهای فرایند
۹۹	۱-۳- سرعت دانه‌های پودر
۱۰۰	۲-۳- دما
۱۰۲	۳-۳- ویژگی‌های پودر
۱۰۲	۴-۳- هندسه‌ی شناکت
۱۰۳	۴- سازوکار تشکیل پیوند
۱۰۵	۵- کاربردها
۱۰۵	۱-۵- کاربردهای پزشکی
۱۰۵	۲-۵- کاربردهای مقاوم به خوردگی
۱۰۷	۳-۵- کاربردهای ترمیمی
۱۰۸	۶- مقایسه‌ی فنی فرایندهای پاششی سرد
۱۰۹	۱-۶- مزیت‌های پاشش سرد
۱۱۳	۲-۶- محدودیت‌های پاشش سرد
۱۱۴	۷- مقایسه‌ی هزینه‌ها
۱۱۴	۱-۷- هزینه‌های سرمایه‌ای
۱۱۶	۲-۷- هزینه‌های راهبری
۱۱۷	۳-۷- هزینه‌ی مواد اولیه
۱۱۷	۴-۷- هزینه‌های گاز و انرژی

بخش سوم: فرایندهای ترمومکانیکی

۱۳۱	فصل ششم: پاشش گرمایی
۱۳۱	۱- پیش‌گفتار
۱۳۲	۲- فرایندهای پاشش در گرما
۱۳۲	۱-۲- فرایندهای کم انرژی
۱۳۶	۲-۲- فرایندهای پاششی پرانرژی
۱۳۱	۳- آماده‌سازی سطح
۱۳۲	۴- ویژگی‌های پوشش‌های گرم
۱۳۶	۵- کاربردها
۱۳۸	۶- مزایا و محدودیت‌ها
۱۳۸	۱-۶- مزایا
۱۳۹	۲-۶- محدودیت‌ها

بخش چهارم: فرایندهای شیمیایی و الکتروشیمیایی

۱۴۳	فصل هفتم: لایه گذاری و فرم دهی الکتریکی
۱۴۵	(الف) لایه گذاری الکتریکی
۱۴۵	۱- پیش گفتار
۱۴۵	۲- تمیز کاری قطعات
۱۴۶	۳- فنون آب کاری الکتریکی
۱۴۶	۳-۱- آب کاری آمیزی
۱۴۷	۳-۲- آب کاری انتخابی (برسی)
۱۴۸	۳-۳- آب کاری پیوسته
۱۴۹	۴- عوامل ظرافت
۱۴۹	۴-۱- نقش عوامل فرسایش
۱۵۲	۵- مزایا و محدودیت ها
۱۵۸	۵-۱- مزایا
۱۵۸	۵-۲- محدودیت ها
۱۶۰	۶- کاربردها
۱۶۰	۶-۱- پوشش کرم سخت
۱۶۰	۶-۲- پوشش کرم تزئینی
۱۶۲	۶-۳- پوشش های الکتریکی نیکل
۱۶۳	۶-۴- پوشش های الکتریکی روی
۱۶۴	۶-۵- پوشش های الکتریکی کادمیم
۱۶۷	۶-۶- پوشش های الکتریکی قلع
۱۶۹	۶-۷- پوشش های الکتریکی مس
۱۷۰	۶-۸- آب کاری الکتریکی طلا
۱۷۱	(ب) فرم دهی الکتریکی
۱۷۳	۱- پیش گفتار
۱۷۳	۲- کاربردهای نوین
۱۷۴	۳- مزایا و محدودیت ها
۱۷۴	۳-۱- مزایا
۱۷۴	۳-۲- محدودیت ها
۱۷۵	۴- اصول فرایند
۱۷۶	۵- انواع ماندلر
۱۷۷	

۱۷۷	۱-۵- ماندل های دائمی (چندپار مصرف)
۱۷۸	۲-۵- ماندل های مصرفی
۱۷۸	۶- طراحی ماندل
۱۸۱	۷- مواد شکل دهی الکتریکی
۱۸۲	۸- محلول شکل دهی الکتریکی
۱۸۵	۹- تنش در سوب ها
۱۸۶	۱۰- جدا کردن ماندل
۱۸۶	۱۰-۱- ماندل های دائمی
۱۸۶	۱۰-۲- ماندل های بار مصرف
۱۸۹	فصل هشتم: پوشش دهی غیر الکتریکی (غیر برقی)
۱۸۹	۱- پیش گفتار
۱۹۰	۲- پوشش دهی برقی نیکل
۱۹۲	۲-۱- ترکیب حمام ها
۱۹۳	۲-۲- تأثیر متغیر ها و افزودنی ها
۱۹۵	۲-۳- ترکیب شیمیایی پوشش
۱۹۶	۲-۴- ویژگی های پوشش های غیر برقی نیکل
۲۰۰	۲-۵- تجهیزات
۲۰۰	۳- پوشش های نیکل - بُر
۲۰۱	۳-۱- حمام های بورو هیدور
۲۰۲	۳-۲- حمام های آمینو بوران
۲۰۲	۳-۳- حمام های هیدرازین
۲۰۲	۳-۴- ویژگی های پوشش های نیکل - بُر
۲۰۴	۳-۵- کاربردها
۲۱۰	۴- آب کاری غیر برقی مس
۲۱۱	۴-۱- کاربردها
۲۱۴	۵- آب کاری غیر برقی کبالت
۲۱۵	۶- پوشش های غیر برقی طلا
۲۱۶	۷- پوشش های غیر برقی پالادیم
۲۱۷	۸- پوشش های غیر برقی نقره
۲۱۹	فصل نهم: پوشش دهی تبدیلی کروماته

۲۱۹	۱- پیش گفتار
۲۱۹	۲- فرایندهای پوشش دهی
۲۲۰	۱-۲ تمیز کردن سطح
۲۲۰	۲-۲ شستشو
۲۲۱	۳-۲ کرماته کردن
۲۲۲	۴-۲ آب کشی
۲۲۲	۵-۲ ملیات تکمیلی
۲۲۲	۶-۲ لایه گذاری
۲۲۳	۲- خشک کردن
۲۲۳	۳- روش های پوشش دهی و تجهیزات کار
۲۲۴	۴- ویژگی های پوشش های پلیمری
۲۲۴	۱-۴ ترکیب شیمیایی
۲۲۷	۲-۴ وزن پوشش
۲۲۷	۳-۴ ضخامت
۲۲۸	۴-۴ رنگ
۲۲۸	۵-۴ حفاظت از خوردگی
۲۲۹	۶-۴ مقاومت به گرما
۲۳۰	۵- پوشش های کرماته ای متداول
۲۳۰	۱-۵ آلومینیم
۲۳۱	۲-۵ روی و فولاد گالوانیزه
۲۳۲	۳-۵ فولاد
۲۳۲	۴-۵ منیزیم
۲۳۲	۵-۵ کادمیم
۲۳۲	۶- کنترل و آزمون حمام
۲۳۴	۷- روش های آزمون و استانداردهای پوشش
۲۳۶	۸- ایمنی و دفع پساب
۲۳۶	۹- سازوکار تشکیل پوشش
۲۳۷	۹-۱ عوامل مؤثر بر ساز و کار تشکیل پوشش

فصل دهم: پوشش های تبدیلی فسفات

۲۴۱	۱- پیش گفتار
۲۴۱	۲- شیمی فسفات کاری

پیش گفتار

از جنبه‌ی نگاه فلسفی، روش‌های تغییر شکل اشیاء فلزی را باید نخستین فناوری‌های مهندسی سطح به حساب آورد، زیرا با تغییر شکل معمولاً ویژگی‌های سطحی نیز بهبود پیدا می‌کند. در ارتباط با فلزات، در میان نخستین فناوری‌های مرتبط با مهندسی سطح باید از من‌گرس (پتک‌کاری) یاد کرد که پیشینه‌ی به کارگیری آن به ۵۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح و هنگامی برمی‌گردد بشر در ادر به ذوب کانه‌های فلزی نبود، ولی به چگونگی تغییر شکل فلزات خالص طبیعی با استفاده از سنگ به عنوان ابزار نگاه می‌داشت.

امروزه مهندسی سطح از زیرشاخه‌های مهم علم مواد است که به ویژگی‌های سطوح مواد و قطعات می‌پردازد. این شاخه از علم مواد کاربردهای گسترده‌ای در مهندسی مکانیک (در عقوله‌هایی مانند اصطکاک و سایش)، مهندسی برق (به ویژه در تولید نیمه‌رساناها) و مهندسی شیمی و پروسه‌های صنایع مانند خودرو سازی، هوا-فضا، فولاد، سیمان، ماشین‌ابزار، نساجی، نفت و... همه به نوعی با جنبه‌های مختلف مهندسی سطح سروکار دارند.

قابلیت‌های امروزی فناوری مهندسی سطح که حاصل یک روند تکاملی هزاران ساله است، این امکان را فراهم ساخته که بتوان از یک فلز یا آلیاژ پایه، تنها با انجام عملیات سطحی وسیع و قطعات با خواص بسیار متنوع دست پیدا کرد. امروزه با بهره‌گیری از فرایندهای مهندسی سطح امکان تغییر در رفتار مکانیکی، اصطکاکی، پایداری شیمیایی، انعکاس نور، جلوه‌ی ظاهری و بسیاری از دیگر خواص سطحی ماده به راحتی وجود دارد و این خواص را می‌توان با دقت بالا و با لحاظ کردن معیارهای کاهش انرژی، کمینه‌سازی آلودگی زیست محیطی، دیگر پارامترهای مورد توجه استانداردهای روز پیش‌اندیشی و طراحی کرد. فنون مهندسی سطح در ایجاد گستره‌ی وسیع از خواص کاربردی از جمله خواص فیزیکی، شیمیایی، برقی، الکترونیکی، مغناطیسی، مکانیکی، و مقاومت به سایش و خوردگی در سطح مورد نظر به کار می‌روند.

اهمیت مهندسی سطح در اندرکنش مواد با محیط اطراف انکارناپذیر است. سطح ماده فصل مشترک آن با محیط است و می‌تواند بر محیط زیست اثرگذار باشد. رفتگی، سایش، خوردگی، خستگی و خزش که همگی می‌توانند اثرات مخرب بر محیط زیست بگذارند از شاخه‌های عمده‌ی مهندسی سطح‌اند. کاهش هرگونه تاثیر مخرب از این دست بر محیط زیست از دل مشغولی‌های همیشگی دست‌اندرکاران علم و مهندسی بوده و هست.

هر چند علوم و فنون مرتبط با مهندسی سطح در چند دهه‌ی اخیر توسعه‌ی شتابانی داشته و در حال حاضر بخش در خور توجهی از اطلاعات دستینه‌های مالتورژی و مواد به مطالب مرتبط با مهندسی سطح ارتباط دارد، ولی در ادبیات فنی ما کار قابل توجهی در این زمینه انجام نشده است.

بسیاری از مباحث مختلف مهندسی سطح پیش از این به‌طور جداگانه و تحت عناوین مختلف در کتاب‌های دیگر همکاران دانشگاهی و صنعتی مورد توجه قرار گرفته است، لیکن نبود کتابی جامع در زمینه‌ی مهندسی سطح پدید آورندگان این اثر را به تهیه‌ی این کتاب واداشت. کتاب حاضر حاصل کوشش و تجربه‌ی چند ده ساله‌ی پدید آورندگان مجموعه‌ی جامعی از همه‌ی فرایندهای مهندسی سطح با جزئیات مورد نیاز برای دانشجویان مهندسی مواد و مالتورژی است. برای تدوین این کتاب از منابع متعدد روزآمد استفاده شده است و آن را برای دروس دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد، عنوان کتاب درسی، و برای دوره‌ی دکترای به منظور مراجعه و بهره‌گیری به عنوان کتاب کمک درسی مناسب ساخته است.

نویسندگان نهایت کوشش خود را در کوتاه کردن مطالب و فشرده سازی در حد سهل و ممتنع به کار گرفته‌اند. گنجانیدن موضوع‌های کلیدی و اساسی بحثی به گستردگی مهندسی سطح و فنون مرتبط با آن، به‌ناچار محدودیت‌هایی در انتخاب و فصل‌بندی کتاب به‌وجود آورده و کتابی در ابعاد حاضر را گزیرناپذیر می‌سازد. مطالب کتاب با توجه به مرزبندهای مبتنی بر سازوکارهای علمی - فنی اخیر در فرایندها و آن‌طور که در فصل یک خواهید دید، در هشت بخش و ۲۸ فصل تنظیم و ارائه شده است در بخش یک که در پردازنده‌ی فصل‌های ۱ و ۲ است به مبانی پرداخته شده است. فصل ۱ ما را با فناوری مهندسی سطح آشنا می‌کند، و در فصل ۲ به تعاریف و مبانی نظری مرتبط با سطح و ویژگی‌های سطحی پرداخته شده است. بخش‌های دوم و سوم به ترتیب به معرفی فرایندهای مکانیکی و ترمومکانیکی اختصاص دارند. فرایندهای شیمیایی و الکتروشیمیایی و مقوله‌ی ترش‌شده به ترتیب در بخش‌های چهارم و پنجم ارائه شده‌اند. فرایندهای گرمایی در بخش ششم و فرایندهای نوین و خاص ترشده در بخش‌های هفتم و هشتم کتاب آمده‌اند.

روشن است که کتابی با این گستردگی خالی از اشکال نیست و از خوانندگان عزیز درخواست داریم گزارش این کاستی‌ها را از ما دریغ نکنند تا ان‌شالله در چاپ‌های بعدی در اصلاح آن بکوشیم.

در تهیه‌ی کتاب از یاری خانم‌ها سمیرا قیدیان و شیمیا موسوی برای کار حروف‌چینی و ویرایش و بازبینی آن و سرکار خانم عفت گمرکی طهران در کار صفحه‌آرایی و همچنین از همکاری خانم سارا سجادی شکیب بهره گرفتیم و از این بابت از این عزیزان بسیار تشکر می‌کنیم. از دانشگاه صنعتی سجاد به خاطر چاپ کتاب در سلسله انتشارات آن دانشگاه سپاس گزاریم. از خانواده‌های مان نیز به خاطر بردباری‌شان در دوره‌ی تهیه و آماده‌سازی این اثر قدر دانیم.