



مهندسی سطح و مواد

در تربولوژی

تألیف:

پروفسور جمال تکرده

ترجمه:

دکتر مهدی صالحی

استاد تمام دانشکده مهندسی مواد

دانشگاه صنعتی اصفهان

مهندس وهاب راستار

مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان



واحد صنعتی اصفهان

سرشناسه	تکدوم، جمال
عنوان و نام پدیدآور	مهندسی سطح و مواد در تریبولوژی / تألیف: جمال تکدوم؛ ترجمه مهدی صالحی، وهاب راستار.
مشخصات نشر	اصفهان: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، مرکز انتشارات، ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری	۲۵۸ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۸۱۵۷-۵۶-۴
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Materials and Surface engineering in Tribology
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	کتابنامه: ص [۳۲۵] - ۲۵۸.
عنوان دیگر	مواد و مهندسی سطح در تریبولوژی.
موضوع	تریبولوژی: Tribology
موضوع	فرسایش مکانیکی: Mechanical wear
موضوع	رویه ها (مهندسی): Surfaces (Technology)
شناسه افزوده	صالحی، مهدی، ۱۳۳۴ - مترجم
شناسه افزوده	راستار، وهاب، ۱۳۶۴ - مترجم
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، مرکز انتشارات.
رده بندی کنگره	۶۲۰/۸۹
رده بندی دیویی	۶۷۴۸۹
شماره کتابشناسی ملی	

نام کتاب	مهندسی سطح و مواد در تریبولوژی
تألیف	جمال تکدوم
ترجمه	دکتر مهدی صالحی، وهاب راستار
ناشر	جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان - مرکز انتشارات
نوبت چاپ	اول
تاریخ نشر	۱۳۹۶
شمارگان	۵۰۰ جلد
تعداد صفحات	۲۹۰
لیتوگرافی	کوثر
چاپ	سوره
صحافی	سلام
قیمت	۱۷۰۰۰۰ ریال
«تغییر قیمت کتاب پس از چاپ، کتبی ناشر، مجاز نمی باشد.»	

☆ صحت مطالب کتاب به عهده مؤلف بوده و ناشر مسئولیتی در این موضوع ندارد.	
☆ حق چاپ برای ناشر محفوظ است. تکثیر این کتاب یا بخشی از آن به هر شکل، شرعاً و قانوناً، بدون مجوز ناشر، ممنوع و دارای پیگرد قانونی است.	
☆ نشانی ناشر: اصفهان - دانشگاه صنعتی اصفهان - جهاد دانشگاهی - مرکز انتشارات: ۲۷۱۱ - ۳۹۱ - ۰۳۱	
دورنگار: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۵۴۱	
فروشگاه: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۵۹۴	
نشانی الکترونیکی: sec.iut@acecr.ac.ir	درگاه: www.jdiut.ac.ir
	درگاه: www.isba.ir

مراکز پخش:

- کتابفروشی جهاد دانشگاهی (اصفهان) - دانشگاه صنعتی اصفهان - تلفن: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۵۹۴
 - نمایشگاه کتاب جهاد دانشگاهی (تهران) - خیابان انقلاب اسلامی - بین خیابان فلسطین و چهارراه ولی عصر (عج) - جنب مؤسسه نمایشگاههای فرهنگی ایران - تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۷۶۲۶
 - علم گستر سپاهان (اصفهان) - خیابان سیدعلیخان - حدفاصل کوچه محمدآباد و خیابان پاسداران (باغ گلستانه) - پلاک ۱۰۸ - تلفن: ۰۳۱-۳۳۲۰۰۳۸۳
 - کتابپران (تهران) - خیابان لیافی نژاد - بین خیابان فروردین و اردیبهشت - پلاک ۲۲۸ - تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۹۴۰۹۰ - ۰۲۱-۶۶۴۱۴۴۷۴
 - انتشارات سروش دانش (تهران) - میدان انقلاب - خیابان کارگر جنوبی - خیابان روانمهر - کوچه درخشان - پلاک ۴ - تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۹۷۳۰۳
- شماره تماس برای خرید تلفنی کتاب از سراسر کشور: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۵۹۴

دیباچه

تریبولوژی^۱ علمی است قدیمی که هنوز به صورت فعالی در حال توسعه می‌باشد. اصطکاک بین جامدات برای اولین بار در اوایل دوران رنسانس توسط لئوناردو داوینچی^۲ اندازه‌گیری شد که نتایج شگفت‌انگیزی در این باره کشف (و در دفترش ثبت) نمود. قوانین لئوناردو مجدداً در قرن هجدهم میلادی توسط آمونتون^۳ فرانسوی کشف شدند. با این وجود ۱۵۰ سال دیگر سپری شد تا این قوانین به لطف تلاشهای دیوید تabor^۴ در دانشگاه کمبریج^۵ به طور کامل درک شوند.

ما از اوایل قرن بیستم میلادی فرا گرفتیم، می‌توان سایش اصطکاکی موتورها را توسط ترکیب روغن‌ها با دسهای گسترده‌ای از افزودنی‌های برجسته نظیر سورفکتانت‌ها^۶ و پلی‌مرها، کاهش داد. ما در حال حاضر از چسبندگی و اصطکاک یک تأثیر خودرو روی جاده حتی در شرایط مرطوب نیز درک نسبتاً خوبی داریم. ما همچنین توانایی تولید ترمزهایی نسبتاً کارآمد را، ولو با روش‌های غیر معقول و ابتدایی (همانند ترمز که در یک قطار پرسرعت TGV به روی ریل با تخلیه شدن و ماسه جلوی چرخ‌های آن)، داریم.

با این حال پرسش‌های جدیدی در حال ظهور است، برای مثال ما از پدیده‌هایی مانند آغاز زلزله درک ضعیفی داریم. برای کاوش سطح در آزمایشگاه، ما به ابزار بسیار خلاقانه‌ای چون میکروسکوپ نیروی اتمی دسترسی داشته و در ضمن ابزارهای شبیه‌سازی بسیار نیرومندی در اختیار داریم. در نهایت، از دیدگاه عملی، در حال حاضر طیف وسیعی از مواد جدید در دسترس است که امکان کاهش اصطکاک را فراهم آورده که به طور همزمان سایش را نیز به حداقل می‌رسانند.

ضروری است که دانش و مهارت تخصصی تریبولوژی، به طور یکسان در دسترس دانشجویان و مهندسين قرار داشته باشد. در این راستا بنده به طور مشخص کتاب حاضر را در زمینه‌ی مهندسی سطح، برای دانشجویان و کارکنان حرفه‌ای بسیار مناسب دانسته و به همین دلیل برای این کتاب آرزوی توفیق دارم!

پی‌جی دو ژن^۷

1. Tribology
2. Leonardo da Vinci
3. Amontons
4. David Tabor

5. Cambridge
6. Surfactants
7. P.-G. De Gennes

فصل اول: سطح

۱-۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	وضعیت سطح	۲
۱-۲-۱	وضعیت اختاری یک سطح	۲
۱-۲-۱	وضعیت ریخت‌شناسی (توپوگرافیکی) یک سطح	۴
۱-۲-۲-۱	وضعیت ریخت‌شناسی در مقیاس اتمی	۴
۲-۲-۲-۱	وضعیت توپوگرافیکی در مقیاس میکرونی	۵
۱-۲-۲-۲-۱	پارامترهای توزیع رمال ارتفاع	۸
۲-۲-۲-۲-۱	پارامترهای بسامد	۹
۳-۲-۲-۱	روش‌های آزمایشگاهی	۱۰
۱-۳-۲-۲-۱	زبری سنج‌های سوزنی	۱۰
۲-۳-۲-۲-۱	سیستم‌های نوری	۱۱
	میکروسکوپ کانفوکال	۱۱
	میکروسکوپ تداخلی	۱۲
۳-۳-۲-۲-۱	میکروسکوپ‌های پراب موضعی	۱۳
	میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)	۱۴
	میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)	۱۵
	منحنی‌های نیرو	۱۹
۳-۲-۱	انرژی سطحی	۲۰
۱-۳-۲-۱	اندازه‌گیری انرژی سطحی	۲۳
۱-۱-۳-۲-۱	روش فوکز، اوتز و ونت	۲۳
۲-۱-۳-۲-۱	روش گود-وان-اوس-چادوری	۲۵

۲۶	۴-۲-۱ وضعیت مکانیکی سطح
۲۶	۱-۴-۲-۱ سختی
۲۷	۱-۱-۴-۲-۱ سختی ویکرز
۲۸	۲-۱-۴-۲-۱ سختی برینل
۲۹	۳-۱-۴-۲-۱ سختی راکول
۳۰	۴-۱-۴-۲-۱ سختی شور
۳۰	۲-۲-۴-۲-۱ مدول یانگ
۳۴	۳-۴-۲-۱ اثر دندانده گذاری
۳۸	۱-۴-۲-۱ جفتگی شکست
۴۰	۵-۴-۲-۱ تنش بای سساز
۴۷	۵-۲-۱ ترکیب شیمایی سطح
۴۸	۱-۵-۲-۱ آنالیز تفکیک نوری پرتو ایکس
۴۸	۲-۵-۲-۱ طیف سنجی فتوالکترونی و ایکس
۴۹	۳-۵-۲-۱ طیف سنجی الکترون اوژه
۴۹	۴-۵-۲-۱ طیف سنجی نشر نوری تخلیه‌ی هاله‌ای
۵۰	۵-۵-۲-۱ طیف سنجی بازگشتی رادرفورد
۵۰	۶-۵-۲-۱ طیف سنجی جرمی یون ثانویه
۵۱	۷-۵-۲-۱ طیف سنجی فرو سرخ

فصل دوم: تریبولوژی

۵۳	۱-۲ مقدمه
۵۴	۲-۲ مؤلفه‌های مکانیک جامدات
۵۴	۱-۲-۲ بردار تنش
۵۵	۲-۲-۲ تانسور تنش

۳-۲-۲ معیار تسلیم	۵۶
۱-۳-۲-۲ معیار ترسکا	۵۷
۲-۳-۲-۲ معیار فون مایزر	۵۷
۳-۲ مؤلفه‌های مکانیک تماس	۵۸
۱-۳-۲ نظریه‌ی تماس هرتز	۵۸
۲-۳-۲ ناحیه‌ی تماس	۶۳
۲-۳-۲ تغییر شکل پلاستیکی ناهمگونی	۶۴
۴-۳-۲ تماس چ بان	۶۵
۴-۲ اصطکاک	۶۹
۱-۴-۲ ضریب اصطکاک	۶۹
۲-۴-۲ سایش سنج‌ها (تریومترها)	۷۴
۳-۴-۲ قوانین و نظریه‌های اصطکاک	۷۵
۵-۲ نانو تریبولوژی	۷۹
۱-۵-۲ نیروهای سطحی	۷۹
۱-۱-۵-۲ نیروهای الکترواستاتیک	۷۹
۲-۱-۵-۲ نیروهای موئینگی	۸۰
۳-۱-۵-۲ نیروهای واندروالسی	۸۱
۲-۵-۲ اندازه‌گیری نیروهای سطحی	۸۴
۱-۲-۵-۲ دستگاه نیروهای سطحی (SFA)	۸۴
۲-۲-۵-۲ میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)	۸۶
۳-۲-۵-۲ کاربرد: نیروهای سطحی و دست‌کاری میکروسکوپی	۹۰
۳-۵-۲ نانو اصطکاک	۹۳
۶-۲ سایش	۹۴
۱-۶-۲ انواع مختلف سایش	۹۵

۹۵	۲-۶-۱-۱ سایش چسبان
۹۵	۲-۶-۱-۲ سایش خراشان
۹۵	۲-۶-۱-۳ سایش خستگی
۹۵	۲-۶-۱-۴ سایش تریبوشیمیایی
۹۶	۲-۶-۲ نقشه‌های سایشی
۹۸	۲-۶-۳ تریبولوژی فصل مشترک: مفهوم جسم سوم
۹۹	۶-۱-۱-۱ حاصل ضرب PV
۱۰۱	۲-۷-۱ روانکاری
۱۰۱	۲-۷-۱-۱ روغن
۱۰۱	۲-۷-۱-۱-۱ مفهوم لزجت / سکوزیته
۱۰۲	۲-۷-۱-۲ شاخص ویسکوزیته / استاندارد SAE
۱۰۳	۲-۷-۱-۳ منحنی استریک
۱۰۵	۲-۷-۱-۴ انواع مختلف روغن
۱۰۵	۲-۷-۱-۴-۱ روغن‌های معدنی
۱۰۵	۲-۷-۱-۴-۲ روغن‌های مصنوعی
۱۰۶	۲-۷-۱-۴-۳ روغن‌های گیاهی
۱۰۷	۲-۷-۱-۴-۴ افزودنی‌ها
۱۰۷	۲-۷-۱-۵ گریس‌ها
۱۰۷	۲-۷-۱-۶ مواد ضد اصطکاک
۱۰۸	۲-۷-۱-۶-۱ جامدهای لایه‌ای
۱۱۰	۲-۷-۱-۶-۲ لعاب‌ها
۱۱۱	۲-۷-۱-۶-۳ پوشش‌های فلزات نرم
۱۱۲	۲-۷-۱-۶-۴ فلئوریدها، سولفیدها و اکسیدها
۱۱۳	۲-۸ خوردگی سایشی: خوردگی تریبولوژیکی و خوردگی فرسایشی

۱۱۳	۱-۸-۲ خوردگی تریبولوژیکی
۱۲۱	۲-۸-۲ خوردگی فرسایشی

فصل سوم: مواد در تریبولوژی

۱۲۵	۱-۳ مقدمه
۱۲۷	۲-۳ مواد حجیم
۱۲۷	۱-۲-۳ مواد فانی
۱۲۷	۱-۲-۳-۱ آلیاژهای پایه آهنی
۱۲۷	۱-۲-۳-۱-۱ فولاد
۱۲۹	۱-۲-۳-۲ چدن
۱۳۰	۱-۲-۳-۲ سوپرآلیاژها
۱۳۰	۱-۲-۳-۳ آلیاژهای پایه مس
۱۳۱	۳-۲-۳ پلیمرها
۱۳۳	۱-۲-۲-۳ پلی اتیلن چگالی بالا (HDPE)
۱۳۴	۲-۲-۲-۳ پلیمرهای فئوردار شده
۱۳۴	۳-۲-۲-۳ پلی استال (پلی اکسی متالین: POM) و پلی آمید
۱۳۵	۴-۲-۲-۳ پلی ایمیدها
۱۳۵	۵-۲-۲-۳ پلی اتر اترکتون (PEEK)
۱۳۵	۶-۲-۲-۳ اصطکاک و سایش پلیمرها
۱۳۷	۷-۲-۲-۳ عملیات سطحی پلیمرها
۱۳۹	۳-۲-۳ کامپوزیت‌ها
۱۴۱	۱-۳-۲-۳ مواد اصطکاکی
۱۴۱	۴-۲-۳ سرامیک‌ها
۱۴۶	۱-۴-۲-۳ اصطکاک و سایش سرامیک‌ها

۱۵۲	 ۵-۲-۳ سرمت ها
۱۵۳	 ۱-۵-۲-۳ سرمت های با پایه ی کاربرد تنگستن (WC)
۱۵۳	 ۲-۵-۲-۳ سرمت هایی با پایه ی دیگر کاربیدها
۱۵۴	 ۳-۳ پوشش ها و عملیات سطحی
۱۵۵	 ۱-۳-۳ روش های تبدیلی
۱۵۵	 ۱-۱-۳-۳ اکسیداسیون آندی
۱۶۰	 ۲-۱-۳-۳ کاشت یونی
۱۶۳	 ۲-۱-۳-۳ اریژبازی با پرتو یونی
۱۶۴	 ۴-۱-۳-۳ عملیات پوشش دهی موشیمیایی
۱۶۵	 ۵-۱-۳-۳ سخت کردن استحاله ای
۱۶۶	 ۶-۱-۳-۳ عملیات خنک سازی
۱۶۹	 ۲-۳-۳ روش های رسوب دهی
۱۶۹	 ۱-۲-۳-۳ روش های پاشش حرارتی
۱۷۱	 ۲-۲-۳-۳ روش های رسوب دهی فاز مایع
۱۷۷	 ۱-۲-۲-۳-۳ رسوب دهی شیمیایی
۱۷۸	 ۳-۲-۳-۳ روش های رسوب دهی فاز بخار
۱۷۹	 ۱-۳-۲-۳-۳ فرایندهای شیمیایی (CVD و PACVD)
۱۸۰	 ۲-۳-۲-۳-۳ فرایندهای فیزیکی
۱۹۲	 ۴-۳ پوشش های تزئینی و ضد سایش سخت
۱۹۲	 ۱-۴-۳ پوشش های سخت ضد سایش
۱۹۲	 ۱-۱-۴-۳ نیتربدهای فلزات واسطه
۱۹۵	 ۲-۱-۴-۳ فیلم های پایه کربنی
۱۹۹	 ۳-۱-۴-۳ نقش زیرلایه
۲۰۰	 ۲-۴-۳ پوشش های تزئینی

۳-۵ مشخصه یابی پوشش ها: سختی، چسبندگی و تنش های داخلی	۲۰۴
۳-۵-۱ سختی	۲۰۴
۳-۵-۱-۱ اثر اندازه ی دندان گذاری	۲۰۵
۳-۵-۱-۲ آزمون های سختی برای مواد پوشش داده شده	۲۰۷
۳-۵-۱-۲-۱ مدل باکل	۲۰۹
۳-۵-۱-۲-۲ مدل جانسون و هاگمارک	۲۱۲
۳-۵-۱-۲-۳ مدل بارنت و ریکربی	۲۱۴
۳-۵-۱-۲-۴ مدل چکات و لزیج	۲۱۶
۳-۵-۱-۲-۵ مدل کراسکی و همکاران	۲۱۷
۳-۵-۲ چسبندگی پوشش	۲۱۷
۳-۵-۲-۱ روش های آزمایش چسبندگی	۲۱۹
۳-۵-۲-۱-۱ آزمون لایه برداری	۲۲۰
۳-۵-۲-۱-۲ آزمون تاول زدن	۲۲۱
۳-۵-۲-۱-۳ آزمون خراش	۲۲۱
۳-۵-۲-۱-۴ دندان گذاری فصل مشترکی	۲۲۸
۳-۵-۳ تنش های پسماند در پوشش	۲۳۰
۳-۵-۳-۱ خواستگاه تنش های درونی	۲۳۰
۳-۵-۳-۲ تعیین تنش های پسماند با استفاده از پراش پرتو ایکس	۲۳۱
۳-۵-۳-۳ تعیین تنش های درونی توسط اندازه گیری شعاع انحناء (روش استونی) ..	۲۳۱
کتابنامه	۲۳۵
واژه نامه	۲۵۹