

پاشش حرارتی

ویژگی ها و کاربردها

محمود حیدرزاده سهی

استاد دانشکده متالورژی و مواد - دانشگاه تهران

مهدی طاهری

استاد دانشکده متالورژی و مواد - دانشگاه تهران

فرزین قدمی

کارشناس ارشد مهندسی مواد - دانشکده متالورژی و مواد - دانشگاه تهران

سرشناسنامه	طاهری . مهدی . ۱۳۱۹-
عنوان و نام پدیدآور	: پاشش حرارتی: ویژگی ها و کاربردها / مهدی طاهری ، محمود حیدر زاده سهی ، فرزین قدمی
مشخصات نشر	: تهران : رهیویان خرد . ۱۳۸۷.
مشخصات ظاهری	: ۱۹۰ص : مصور . جدول ، نمودار .
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۰۵۰۶-۰۰-۴
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: فلز پاشی .
شناسه افزوده	: حیدر زاده سهی ، محمود
شناسه افزوده	: قدمی ، فرزین . ۱۳۵۷
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۷ ۲۲ ط / TS
رده بندی دیویی	: ۶۶۷/۹
شماره کتاب شناسی ملی	: ۱۲۴۵۵۲۲



تهران ، نارمک ، مدائن شمالی ، میدان ۲۱ ، کوی جاوید ، پلاک ۲ ، کد پستی : ۱۶۴۹۶۱۹۷۸۳
تلفن : ۷۷۸۰۳۶۱۸ - ۷۷۸۰۳۶۱۸ - ۹۱۲۱۹۵۸۷۱۸ - تلفکس : ۷۷۸۰۳۶۱۸

عنوان	: پاشش حرارتی
ناشر	: رهیویان خرد
تالیف و گردآوری	: مهدی طاهری ، محمود حیدر زاده سهی ، فرزین قدمی
شمارگان	: ۱۵۰۰ جلد
نوبت چاپ	: اول
قطع	: وزیری
چاپ	: هنر
صحافی	: مومن
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۰۵۰۶-۰۰-۴
قیمت	: ۴۲/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای طرح مطالعات کاربردی صنعتی و معدنی وزارت صنایع و معادن و دانشگاه صنایع و معادن ایران محفوظ است	

پیشگفتار

بسیاری از تخریب‌های قطعات صنعتی از سطح شروع می‌شوند. از این رو، با توجه به نیازهای پیچیده صنایع امروز، بهره‌گیری از قابلیت‌های تکنولوژی‌های نو برای آمایش بهتر و موثرتر سطح قطعات صنعتی امری ضروری است. تکنولوژی‌های جدید باید بتوانند با محافظت موثر سطح و افزایش طول عمر قطعات، از توقف‌های هزینه‌بر تولید جلوگیری کرده و یا آنکه با فراهم آوردن امکان کار در دماهای بالاتر، به طریق موثری کارایی و بهره‌وری مجموعه را افزایش دهند. فرآیندهای پاشش‌حرارتی، که در طول سه دهه اخیر توسعه چشمگیری یافته‌اند، توانایی ایجاد پوشش‌هایی با قابلیت‌های منحصر به فرد برای محافظت سطح قطعات صنعتی و دست‌یابی به شرایط کاری بهتر را فراهم نموده‌اند. با بکارگیری این روش‌ها، امکان استفاده از موادی ارزان و قابل دسترس برای پوشش سطح قطعات میسر شده‌است و در عین حال، همزمان با پایین آوردن بهای تمام شده محصول و افزایش سرعت عمل، بهبود قابل توجهی در روش‌های ساخت و کیفیت قطعات صنعتی ایجاد شده‌است.

در طی دو دهه اخیر، روش‌های مختلفی که در ارتباط با تکنولوژی پاشش‌حرارتی ابداع شده‌اند، مرتباً بهبود یافته و در رفع مشکلات و تنگنای صنایع امروزی، به طریق موثری کارساز بوده‌اند. سرعت عمل، اقتصادی بودن عملیات، قابلیت ترمیم و بازسازی قطعات، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، امکان کار در دماهای بالاتر و دستیابی به کارایی بیشتر، امکان جایگزینی به‌عوض پوشش‌هایی نظیر کرم

سخت و قابلیت پوشش‌دهی طیف وسیعی از مواد بر روی سطح قطعات صنعتی، از جمله ویژگی‌هایی هستند که با استفاده از تکنولوژی پاشش حرارتی قابل حصول می‌باشند.

اگر چه فکر مقدماتی در زمینه پاشش فلز ذوب شده بر روی سطح یک قطعه صنعتی، سابقه‌ای طولانی دارد، ولی تا سالهای ۱۹۶۰ میلادی، توجه چندانی به قابلیت‌های این تکنولوژی به عمل نیامده بود. از همین سالها بود که کارایی تکنولوژی پاشش حرارتی مجدداً مورد توجه پژوهشگران صنعتی قرار گرفت، ولی توسعه و بهبود روش‌ها در این زمینه از دهه ۱۹۸۰ میلادی روند جدیدی به خود گرفت و سرعت یافت و در سال ۱۹۸۷، برای اولین بار کنفرانس مستقلی در زمینه تکنولوژی پاشش حرارتی برگزار شد و فرصت مناسبی را برای گرد هم آوردن پژوهشگران صنعت و دانشگاه از کشورهای مختلف، در زمینه تکنولوژی پاشش حرارتی فراهم آورد. پس از این دوره، رشد فزاینده‌ای در ارتباط با بهبود روش‌ها و نوآوری‌های این تکنولوژی حاصل شد، بطوریکه امروزه بسیاری از صنایع، از یکی از روشهای پاشش حرارتی برای پوشش سطح قطعات استفاده می‌کنند. صنایع نفت، پتروشیمی، صنایع چوب و کاغذ، توربین‌های گازی تولید نیرو، توربین‌های هواپیماهای پیشرفته، صنایع هلیکوپترسازی، صنایع خودروسازی، نساجی، راه، صنایع دفاع و نظامی، صنایع فضایی، صنایع هسته‌ای و صنایع بشمار دیگر، از کاربران دایمی تکنولوژی پاشش حرارتی برای پوشش سطح و افزایش عمر و کارایی قطعات حساس و پردوام خود هستند. ایجاد پوشش سخت بر روی سطح قطعات صنعتی و محافظت آنها از انواع پدیده‌های سایشی مخرب، ترمیم و اصلاح ابعادی، افزایش مقاومت به خوردگی در محیط‌های گوناگون و یا پوشش‌های سد حرارتی در قطعات داغ توربین‌ها برای جلوگیری از انتقال حرارت، نمونه‌هایی از کاربرد پاشش حرارتی در صنایع به شمار می‌روند.

در حال حاضر، روشهای پاشش حرارتی در صنعت بسیار متنوع هستند. پاشش شعله‌ای، پاشش قوسی، پلاسما اسپری اتمسفری یا تحت خلا، روش تفنگ انفجاری، HVOF و پاشش سرد از انواع روش‌هایی هستند که به دلیل ویژگیها و توانایی‌های قابل توجهی که دارند، کاربرد آنها در طی سالهای اخیر، توسعه چشمگیری یافته است.

مولفین با سپاس از ابراز علاقه‌مندی و همکاری موسسات صنعتی کشور در این زمینه و کمک به انتشار این مجموعه، گوشش نموده‌اند تا در این کتاب، مطالب را به نحوی که بتواند در شناساندن ویژگیها و اشاعه این تکنولوژی در صنایع کشور گام موثری باشد، تدوین نمایند. به همین لحاظ، موضوعات به صورتی تنظیم شده است که پس از اشاره‌ای کلی درباره روشهای مختلف پوشش‌دهی

سطح، اساس تکنولوژی های جاری پاشش حرارتی، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. مطالعه کاربردهای اصلی تکنولوژی پاشش حرارتی و موضوعات پژوهشی در این زمینه، قسمت دیگری از این مجموعه را در بر می‌گیرد. هدف آن است تا ضمن آشنایی و مطالعه روش‌ها و شرح ویژگی‌ها و کاربردهای این تکنولوژی، دیدگاههای لازم در زمینه برنامه‌ریزی‌های آینده برای بکارگیری و توسعه تکنولوژی پاشش حرارتی در صنایع کشور، فراهم آید.

پیشگفتار

۱	فصل اول - فرآیند پاشش حرارتی: معرفی، تنوری و قابلیت‌ها
۱	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- تاریخچه و سیر تکاملی تکنولوژی پاشش حرارتی
۸	۳-۱- تنوری فرآیند پاشش حرارتی
۱۱	۴-۱- مواد مورد استفاده در پوششهای پاشش حرارتی
۱۲	۴-۱-۱- روش‌های تولید پودرهای پوشش دهی
۱۹	۵-۱- خصوصیات پوشش‌های پاشش حرارتی
۱۹	۵-۱-۱- ساختار
۲۱	۵-۱-۲- استحکام چسبندگی
۲۱	۵-۱-۳- مکانیزم چسبندگی پوشش
۲۵	الف) واکنش فیزیکی
۲۵	ب) واکنش متالورژیکی
۲۷	۶-۱- شکل‌گیری پوشش، در فرآیند پاشش حرارتی
۲۸	۶-۱-۱- تغییر شکل ذره هنگام برخورد
۳۲	۶-۱-۲- جوانه‌زنی، انجماد و رشد کریستالی پوشش
۳۵	۷-۱- عملیات آماده‌سازی سطحی در فرآیند پاشش حرارتی
۳۵	۷-۱-۱- عملیات چربی زدایی
۳۵	۷-۱-۲- عملیات ماسک گذاری
۳۵	الف) ماسک گذاری قبل از زبر کردن سطحی
۳۶	ب) ماسک گذاری قبل از عملیات پوشش دهی

۳۶	۱-۷-۳- زیر کردن سطحی
۳۷	۱-۷-۴- زیر کردن ماکروسکوپی
۳۷	۱-۷-۵- اچ کردن شیمیایی
۳۸	۱-۷-۶- عملیات گریت بلاست
۴۱	۱-۷-۷- پارامترهای موثر بر زیر سازی و ناهمواری سطح
۴۱	الف) اثر جتنس ذرات ساینده
۴۱	ب) اثر زمان دمش ذرات ساینده
۴۲	ج) اثر فشار دمش ذرات ساینده
۴۳	د) اثر فاصله نازل تا سطح قطعه
۴۳	ه) اثر زاویه نازل نسبت به سطح قطعه
۴۵	منابع برای مطالعه بیشتر
۵۱	فصل دوم- مروری بر انواع روش‌های پاشش حرارتی
۵۱	۲-۱- مقدمه
۵۱	۲-۲- دسته بندی فرایندهای پاشش حرارتی
۵۲	۲-۳- فرایندهای پاشش شعله‌ای
۵۲	۲-۳-۱- فرایند پاشش شعله‌ای پودری
۵۴	الف) کاربردهای اصلی پاشش شعله‌ای پودری
۵۴	ب) مزایا
۵۵	ج) محدودیت‌ها و معایب
۵۵	د) پارامترهای اصلی فرایند
۵۶	۲-۳-۲- فرایند پاشش شعله‌ای سیمی
۵۷	الف) کاربردهای اصلی
۵۸	ب) مزایا

۵۸	(ج) معایب و محدودیت‌ها
۵۹	(ج) پارامترهای اصلی فرآیند
۶۰	۲-۳-۳- خصوصیات پوشش‌های پاشش شعله‌ای
۶۱	۲-۴- روش پاشش سرد
۶۳	۲-۵- فرآیند پاشش قوسی
۶۶	الف) موارد کاربرد
۶۶	ب) مزایا
۶۷	(ج) معایب و محدودیت‌ها
۶۷	(د) پارامترهای اصلی فرآیند
۶۸	۲-۶- روش پاشش پلاسمایی اتمسفری (APS)
۷۱	الف) تجهیزات فرآیند APS
۷۳	ب) مزایا
۷۴	(ج) معایب و محدودیت‌ها
۷۴	(د) پارامترهای فرآیند APS
۷۵	۲-۷- روش پاشش پلاسمایی تحت خلاء
۷۶	الف) تجهیزات فرآیند VPS
۷۹	ب) مزایا
۷۹	(ج) معایب و محدودیت‌ها
۸۰	(د) پارامترهای فرآیند VPS
۸۱	۲-۸- فرآیند HVOF
۸۴	الف) پارامترهای فرآیند HVOF
۸۴	ب) مزایا
۸۶	(ج) معایب و محدودیت‌ها
۸۶	۲-۹- روش تفنگ انفجاری

۸۷	الف) کاربردهای روش تفنگ انفجاری
۸۸	ب) مزایا
۸۸	ج) معایب و محدودیت‌ها
۸۸	د) پارامترهای اصلی فرآیند
۸۸	۱۰۰۲ - مقایسه روشهای مختلف پاشش حرارتی
۹۳	منابع برای مطالعه بیشتر
۹۷	فصل سوم- مروری بر کاربردهای تکنولوژی پاشش حرارتی در صنایع مختلف
۹۷	۱-۳- مقدمه
۱۰۰	۲-۳- صنایع هوافضا
۱۰۲	۱-۲-۳- کاربرد در قطعات توربین
۱۰۶	۳-۳- صنایع خودروسازی
۱۰۷	۱-۳-۳- کاربرد در موتورهای دیزل
۱۰۹	۲-۳-۳- کاربرد در توربوشارژرها
۱۰۹	۳-۳-۳- کاربرد در دیسک‌های ترمز
۱۱۰	۴-۳-۳- کاربرد در سوپاپ‌ها و پیستون‌ها
۱۱۲	۵-۳-۳- بازسازی میل لنگ خودرو
۱۱۳	۶-۳-۳- کاربرد در محفظه داخلی و خارجی موتور
۱۱۷	۴-۳- صنایع سنگین
۱۲۱	۵-۳- کاربرد در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی
۱۲۳	۶-۳- صنایع تولید انرژی
۱۲۳	۱-۶-۳- بویلرها در تولید نیرو
۱۲۴	۲-۶-۳- کاربرد در پیل‌های سوختی اکسید جامد (SOFC)
۱۲۵	۷-۳- صنایع راه سازی و سازه

۱۲۷	۳-۸- صنایع الکتریکی و الکترونیکی
۱۲۸	۳-۹- کاربرد در صنایع ماشینکاری و برش قطعات
۱۲۸	۳-۱۰- کاربرد در علوم پزشکی و بیوسرامیک‌ها
۱۳۰	۳-۱۱- صنایع هسته‌ای
۱۳۰	۳-۱۱-۱- پوشش دهی اجزای تجهیزات توکاما
۱۳۱	۳-۱۱-۲- تجهیزات انرژی احتراقی مغناطیسی
۱۳۲	۳-۱۲- کاربرد در تولید قطعات خاص
۱۳۳	۳-۱۳- کاربردهای تزئینی
۱۳۶	منابع برای مطالعه بیشتر
۱۳۹	فصل چهارم- عملیات بعد از پوششکاری
۱۳۹	۴-۱- مقدمه
۱۴۰	۴-۲- عملیات حرارتی
۱۴۱	۴-۲-۱- عملیات حرارتی پوشش‌های سرامیکی
۱۴۲	۴-۲-۲- عملیات حرارتی پوشش‌های فلزی و آلیاژی
۱۴۲	۴-۲-۳- عملیات حرارتی پوشش‌های کاربردی
۱۴۶	۴-۳- اصلاح پوشش پاشش حرارتی با پرتو لیزر
۱۴۸	۴-۴- فشار ایزواستاتیک دردمای بالا برای اصلاح لایه پوششی
۱۵۱	۴-۵- پر کردن تخلخل‌های سطحی
۱۵۱	الف) مواد پرکننده آلی
۱۵۲	ب) مواد پرکننده غیرآلی (معدنی)
۱۵۲	۴-۶- عملیات تمام کاری پوشش
۱۵۲	۴-۶-۱- سنگ زنی سطحی
۱۵۳	۴-۶-۲- عملیات صیقل کاری (عملیات پایان کاری)

۱۵۴	منابع برای مطالعه بیشتر
۱۵۷	فصل پنجم- پاشش حرارتی: نوآوری‌ها، پیشرفت‌ها و روند توسعه
۱۵۷	۱-۵- مقدمه
۱۵۸	۲-۵- ۲- تحولات در پودرهای مصرفی
۱۵۸	۲-۵- ۱- پاشش حرارتی و نانو تکنولوژی
۱۶۱	الف) پوشش‌های نانو ساختار
۱۶۳	ب) پاشش حرارتی برای شکل‌گیری پوشش‌های نانو ساختار
۱۶۶	ج) خصوصیات پوشش‌های پاشش حرارتی نانو ساختار
۱۶۶	۳-۵- ۳- تحولات در سیستم‌های پاشش حرارتی
۱۶۷	۳-۵- ۱- چشم اندازی نو به طراحی اجزا سیستم پاشش
۱۷۱	۳-۵- ۲- پاشش حرارتی با سیستم روباتیک
۱۷۲	۳-۵- ۳- پوشش‌های پاشش بلاسمایی تقویت شده با لیزر
۱۷۳	۴-۵- ۴- تحولات در دامنه کاربرد پوشش‌های پاشش حرارتی
۱۷۳	۴-۵- ۱- کاربرد پاشش حرارتی در ساخت قطعات حساس
۱۷۴	۴-۵- ۲- پاشش حرارتی بر روی پلیمرها و کامپوزیت‌ها
۱۷۷	۴-۵- ۳- ایجاد پوشش‌های مقاوم به سایش با انعطاف بالا
۱۷۷	۴-۵- ۴- توسعه استفاده از پوشش‌های سد حرارتی در صنایع
۱۸۱	۵-۵- ۵- پاشش حرارتی و محیط زیست
۱۸۱	۵-۵- ۱- جایگزینی پوشش‌های کاربرد تنگستن به جای کرم‌سخت
۱۸۲	۵-۵- ۲- بهره‌گیری از پاشش حرارتی برای حذف رنگهای سطحی بر پایه سرب
۱۸۴	۵-۶- توسعه بازار و اقتصاد فرآیند پاشش حرارتی
۱۸۶	۵-۷- تخمین عمر پوشش‌های پاشش حرارتی
۱۸۸	منابع برای مطالعات بیشتر