

نانوپر داخت کاری

مهندس عارف اعظمی گیلان

دکتر عبدالحمید عزیزی

عضو هیئت علمی دانشگاه ایلام



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



مؤسسه انتشارات علمی
دانشگاه شریف

نانوپر داخت کاری

گردآوری: عارف اعظمی گیلان، عبدالحمید عزیزی

طراحی جلد: الهه احمدی میقاتی

مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف

چاپ اول: ۱۳۹۶

شمارگان: ۱۰۰۰

بها: ۱۵۰۰۰ تومان

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 978-964-208-187-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۱۸۷-۵

تلفن: ۶۶۰۱۳۱۲۹-۶۶۱۶۴۰۷۱

دفتر مرکزی: خیابان آزادی - دانشگاه صنعتی شریف

دفتر فروش: میدان انقلاب - خیابان شهید منیری جاوید (اردیبهشت) - ساختمان بهمن - پلاک ۸۷ - طبقه چهارم - واحد ۴۰۲

تلفن: ۶۶۴۰۵۱۳۲-۶۶۹۶۷۸۹۶

publishing@sharif.edu

پست الکترونیکی:

وبگاه: <http://sina.sharif.ir/~publishing>

فروش اینترنتی: www.saneibook.com, www.ketabiran.ir

موضوع: سنگ زنی

Grinding and polishing

موضوع: هونینگ

Honing

شناسه افزوده: عزیزی، عبدالحمید، ۱۳۶۰، گردآورنده

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی

رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۶۲۱/۱۲۸/۰۲

رده بندی دیویی: ۶۲۱/۹۲

شماره کتابشناسی ملی: ۴۵۹۲۳۲۷

سرشناسه: اعظمی گیلان، عارف، ۱۳۶۶، گردآورنده

عنوان و نام پدیدآور: نانوپر داخت کاری / عارف اعظمی گیلان، عبدالحمید عزیزی

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۹۵

مشخصات ظاهری: ۱۹۰ ص:، مصور، جدول، نمودار

شابک: 978-964-208-187-5

وضعیت فهرست نویسی: فیا

یادداشت: کتابنامه

موضوع: پرداخت کاری

موضوع: Finishes and finishing

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

۷	پیشگفتار
۱	۱ مقدمه‌ی بر فرایندهای پرداخت کاری سنتی
۱	۱.۱ مقدمه
۴	۲.۱ سنگ زنی
۵	۱.۲.۱ چرخ سنگ / سنگ ریز
۱۹	۲.۲.۱ خوردگی چرخ سنگ
۲۱	۳.۲.۱ زبری سطح
۲۲	۳.۱ هونینگ
۲۴	۱.۳.۱ اجزای فرایند
۲۶	۲.۳.۱ شرح فرایند
۲۷	۳.۳.۱ مشخصات فرایند
۳۱	۴.۱ لپینگ
۳۲	۱.۴.۱ اجزای فرایند
۳۵	۲.۴.۱ مشخصات فرایند
۳۹	۳.۴.۱ عملیات‌های لپینگ
۴۰	۵.۱ فوق پرداخت کاری
۴۴	۱.۵.۱ مشخصات فرایند
۴۶	۶.۱ پولیشینگ
۴۶	۷.۱ بافینگ
۴۷	منابع

۲ روش‌های نانوپرداخت کاری

۱.۲ مقدمه

۲.۲ فرایندهای پرداخت کاری پیشرفته (AFPs)

۱.۲.۲ ماشین کاری جریان ساینده (AFM)

۲.۲.۲ پرداخت کاری ساینده مغناطیسی (MAF)

۳.۲.۲ پرداخت کاری مگنتروژیکال (MRF)

۴.۲.۲ پرداخت کاری جریان ساینده مگنتروژیکال (MRAFF)

۵.۲.۲ پولیشینگ شناور مغناطیسی (MFP)

۶.۲.۲ ماشین کاری انتشار الاستیکی (EEM)

۷.۲.۲ ماشین کاری پرتو یونی (IBM)

۸.۲.۱ پولیشینگ شیمیایی-مکانیکی (CMP)

منابع

۳ مگنتروژیکال و فرایند پرداخت کاری ترکیبی

۱.۳ مقدمه

۲.۳ سیال مگنتروژیکال (MR)

۱.۲.۳ ترکیب سیال MR

۲.۲.۳ ذرات مغناطیسی

۳.۲.۳ ذرات ساینده

۴.۲.۳ سیال حامل

۵.۲.۳ افزودنی‌ها و تثبیت‌کننده‌ها

۳.۳ پرداخت کاری مگنتروژیکال (MRF)

۱.۳.۳ شرایط فرایند در MRF

۲.۳.۳ تحلیل نیرو در فرایند MRF

۳.۳.۳ کاربردهای فرایند MRF

۴.۳ پرداخت کاری جریان ساینده مگنتروژیکال (MRAFF)

۱.۴.۳ پرداخت کاری جریان ساینده مگنتروژیکال چرخشی (R-MRAFF)

۲.۴.۳ متغیرهای فرایند در MRAFF و R-MRAFF

۳.۴.۳ نیروها در فرایندهای MRAFF و R-MRAFF

۴.۴.۳ کاربردهای فرایند MRAFF و R-MRAFF

۵.۳ نتایج

منابع

۴ پرداخت کاری ساینده مغناطیسی

۱۰۷

۱۰۷

۱۱۰

۱۱۲

۱۱۳

۱۱۴

۱۱۸

۱۱۸

۱۱۸

۱۱۹

۱۲۰

۱۲۰

۱۲۲

۱۲۵

۱۲۷

۱۲۹

۱۳۳

۱۳۷

۱۴۰

۱.۴ مقدمه

۲.۴ اصول کاری پرداخت کاری ساینده مغناطیسی

۱.۳.۴ ذرات ساینده مغناطیسی (MAPs)

۲.۲.۴ پرداخت کاری سطوح استوانه‌ای

۳.۲.۴ پرداخت کاری سطوح تخت

۳.۴ فرایندهای MAF ترکیبی

۱.۳.۴ پلیسه‌زدایی ساینده مغناطیسی (MADe)

۲.۳.۴ پرداخت کاری ساینده مغناطیسی با کمک فراصوت (UAMAF)

۳.۳.۴ پرداخت کاری ساینده مغناطیسی الکترولیتی (EMAF)

۴.۳.۴ میکروآشپ کاری الکتروشیمیایی با کمک میدان مغناطیسی و فراصوتی

۴.۴ پرداخت کاری ساینده مغناطیسی با جریان متناوب (PC-MAF)

۱.۴.۴ اثر چرخه کاری بر درصد کاهش زبری سطح

۲.۴.۴ شکلهایی باریک و نیروها در PC-MAF

۵.۴ تحلیل المان محدود MAF

۱.۵.۴ کاربرد روش المان محدود

۲.۵.۴ مدل سازی بررسی براده دار و زبری سطح حین فرایند MAF

۳.۵.۴ تحلیل پارامتری

منابع

۱۴۳

۱۴۳

۱۴۴

۱۴۴

۱۴۶

۱۴۸

۱۵۲

۱۵۲

۱۵۳

۱۵۴

۱۵۵

۵ پرداخت کاری جریان ساینده

۱.۵ مقدمه

۲.۵ فرایند پرداخت جریان ساینده

۱.۲.۵ اصول کاری

۲.۲.۵ ترکیب و رئولوژی گل ساینده

۳.۲.۵ سازوکار براده برداری و نیروها در فرایند AFF

۳.۵ انواع فرایندهای AFF و قابلیت‌های آنها

۱.۳.۵ فرایند AFF یک طرفه

۲.۳.۵ فرایند AFF دو طرفه

۳.۳.۵ فرایند AFF مداری

۴.۳.۵ میکرو AFF (μ -AFF)

هفت

۱۵۶	۴.۵ محدودیت‌های فرایند AFF
۱۵۷	۱.۴.۵ AFM مغناطیسی
۱۵۷	۲.۴.۵ ماشین‌کاری جریان ساینده با استفاده از الکتروشیمیایی
۱۵۸	۳.۴.۵ پولیشینگ جریان فراصوتی
۱۵۸	۴.۴.۵ پولیشینگ ماریچی
۱۵۸	۵.۴.۵ فرایند ماشین‌کاری جریان ساینده با کمک نیروی گریز از مرکز
۱۵۹	۶.۴.۵ پرداخت‌کاری جریان ساینده هدایت‌شده توسط سُرِ مته
۱۵۹	۷.۴.۵ AFF چرخشی
۱۶۲	۵.۵ کاربردهای فرایند AFF
۱۶۲	۱.۵.۱ خودروسازی
۱۶۲	۲.۵.۱ قالب‌ها
۱۶۲	۳.۵.۱ واکف
۱۶۳	۴.۵.۵ پلاسما درایم پرداخت محصولات پیشرفته پزشکی
۱۶۴	منابع
۱۶۷	واژه‌نامه انگلیسی-فارسی
۱۷۳	واژه‌نامه فارسی-انگلیسی
۱۷۹	فهرست راهنما

پیشگفتار

امروزه و در زمانی که از آن با عنوان قرن دانش یاد می‌شود، پیشرفت و توسعه پایدار هر ملت و دولتی نه با تکیه بر ذخایر و منابع زمینی و زیرزمینی از قبیل نفت، گاز، معادن و مانند آن‌ها، بلکه تنها با دستیابی به علم و فناوری‌های پیشرفته در تمام حوزه‌ها محقق و میسر می‌شود. از طرفی، با رشد و گسترش ابزار فناوری، تقاضا برای دستیابی به محصولاتی با کیفیت بهتر در تمام صنایع روبه‌روز در حال افزایش است. لذا به‌منظور نیل به این مهم، دستیابی به علوم و فناوری‌های برتر از قبیل روش‌های ساخت و تولید پیشرفته ضروری است.

یکی از روش‌های ساخت و تولید محصولات در صنایع مختلف، عملیات ماشین‌کاری است. این عملیات نقش بسیار مهمی در فرایندهای ساخت تولید قطعات و محصولات مختلف صنعتی ایفا می‌کند. عملیات پرداخت‌کاری از جمله عملیات‌های مهم ماشین‌کاری است که آخرین مرحله ساخت و تولید یک محصول را تشکیل می‌دهد و از سه جنبه اقتصادی، علمی، و زیباشناختی حائز اهمیت است و از طرفی، از آنجاکه امروزه کمتر صنعتی را می‌توان یافت که بحث زبری و کیفیت سطح در آن مطرح نباشد، لذا این مرحله از تولید، از اهمیت بسیار ویژه و حیاتی در صنایع مختلف برخوردار است. زیرا بروز کوچک‌ترین خطا در این مرحله از تولید ممکن است باعث ناپذیری در پی داشته باشد و یا حتی سبب دورریز محصول شود. اما در صورت اجرای درست این مرحله از تولید، قطعه یا محصول موردنظر به اوج زیبایی و کارایی خود می‌رسد.

مهم‌ترین هدف در عملیات پرداخت‌کاری، کاهش زبری سطح و دستیابی به سطحی با کیفیت مطلوب است. در این میان، روش‌های سنتی پرداخت‌کاری از قبیل سنگ‌زنی، هونینگ و غیره به‌دلیل استفاده از ابزارهای صلب و جامد که از آن‌ها با عنوان چرخ‌سنگ و هون یاد می‌شود، معایب و محدودیت‌هایی دارند که عبارت‌اند از نیاز به طراحی ابزار متناسب با هندسه قطعه کار، نیاز به انجام عملیات تروینگ و درسینگ به‌منظور آماده‌سازی ابزار، نیاز به عملیات

خنک‌کاری مداوم، عدم‌توانایی در پرداخت‌کاری قطعات با هندسه‌های پیچیده که این مهم، تعویض مداوم ابزار را در پی دارد و در نتیجه هزینه و زمان تولید را افزایش خواهد داد. از همه مهم‌تر دستیابی به صافی و کیفیت سطح در حد نانومتر از طریق این روش‌ها، بسیار زمان‌بر و پرهزینه خواهد بود. به‌منظور رفع این معایب و محدودیت‌ها و نیز به‌دلیل اینکه بحث زبری سطح و دستیابی به سطحی با کیفیت دقیق و بسیار دقیق، با مباحث دینامیک قطعه مرتبط است و در صنایع مختلف، به‌ویژه صنایع پیشرفته‌ای از قبیل هوافضا، نظامی و خودروسازی اهمیت بسیار ویژه‌ای دارد، روش‌های جدید و پیشرفته‌ای با عنوان روش‌های نانوپر پرداخت‌کاری معرفی شدند که در آن‌ها به‌جای استفاده از ابزارهای صلب و جامد رایج در روش‌های سنتی، از نوعی مخلوط مکانیکی که از آن با عنوان گِل ساینده یاد می‌شود، استفاده می‌کنند. مهم‌ترین ویژگی گِل ساینده، داشتن هیچ‌گونه هندسه و شکل تعریف‌شده آن است، طوری که به‌راحتی می‌تواند با سطح قطعه کارهای با هندسه پیچیده تطابق پیدا کند و به جزئیات هندسی آنها نفوذ کرده، عملیات پرداخت‌کاری را در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام دهد. استفاده از این گِل ساینده، نیاز به مراحل طراحی ابزار، انجام عملیات‌های تروینگ و درسینگ، عملیات خنک‌کاری مداوم، تعویض ابزار و غیره را برطرف نموده و از همه مهم‌تر به‌دلیل امکان استفاده از ساینده‌های با مش‌بندی (اندازه دانه) مختلف، می‌تواند به سطوحی با زبری سطح در حد نانومتر دست یافت.

به‌دلیل نبود منبع و مرجع کاملی در زمینه فرایندهای پیشرفته نانوپر پرداخت‌کاری در داخل کشور، مؤلفان برآن شدند تا با بهره‌گیری از مقالات معتبر با نمایه ISI و کتب برتر و نیز استفاده از تجربیات شخصی خود، کتاب جامع و کاملی در این زمینه فراهم آورند. این کتاب که مشتمل بر ۵ فصل است، اولین کتاب نگاشته‌شده در زمینه فرایندهای نانوپر پرداخت‌کاری در کشور محسوب می‌شود. فصل اول کتاب مقدمه‌ای بر روش‌های سنتی پرداخت‌کاری است. فصل دوم به عنوان فصل، جدیدترین کتاب حوزه فرایندهای ماشین‌کاری با عنوان *Fundamentals of Machining Processes* است که ناشر آن انتشارات CRC متعلق به گروه تیلور و فرنسیس است که به عنوان یکی از معتبرترین ناشران علمی دنیا شناخته می‌شود و ویرایش آن مربوط به سال ۲۰۰۴ است. فصل دوم معرفی اجمالی کل روش‌های نانوپر پرداخت‌کاری را شامل می‌شود که مرجع آن، فصلی از کتاب *Micromanufacturing and Nanotechnology* است که در سال ۲۰۰۶ انتشارات اسپرینگر، که یکی از پیشگامان نشر علمی جهان است، آن را منتشر کرده است و در ادامه، فصل‌های سوم، چهارم، و پنجم، توضیح کاملی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های نانوپر پرداخت‌کاری را ارائه می‌دهند و مرجع اصلی این سه فصل از کتاب نیز، جدیدترین کتاب در حوزه فرایندهای پیشرفته ساخت و تولید با عنوان *Micromanufacturing processes* است که در سال ۲۰۱۳ توسط انتشارات CRC چاپ شده است.

فرایندهای پیشرفته نانوپروداخت کاری در دنیا، پروفیسور وی. کی. جین (V. K. Jain) است. ایشان استاد تمام مؤسسه فناوری کانپور هند و نیز استاد مدعو دانشگاه‌های برکلی و تیراسکا - لینکلن آمریکاست. پروفیسور جین، دارای ۲۷۰ مقاله علمی در حوزه‌های مختلف و نیز مؤلف ۵ کتاب و ۱۱ فصل از کتب مختلف متعلق به ناشران علمی معتبر دنیاست که اکثر این تألیفات در حوزه‌های مختلف به‌ویژه حوزه فرایندهای ماشین کاری و پرداخت کاری نگاشته شده است. از دیگر افتخارات ایشان می‌توان به کسب مدال و جوایز مختلف در مجامع و کنفرانس‌های علمی بین‌المللی و نیز ۸ اختراع داخلی و یک اختراع بین‌المللی که در اداره اختراعات آمریکا به ثبت رسیده است، اشاره نمود. ایشان در حال حاضر سردبیری اصلی ۲ مجله، سردبیری همکار ۳ مجله و عضو هیئت تحریریه ۱۲ مجله علمی معتبر بین‌المللی را برعهده دارد.

با تمام تلاشی که در تهیه و نگارش هرچه بهتر این کتاب شده است، بدیهی است خالی از نقص نیست. از تمام اساتید، دانشجویان و صاحب‌نظران محترم این حوزه تقاضا می‌شود نظرات و پیشنهادهای گران‌قدر خود را از طریق ایمیل (nanofinishing@yahoo.com) با ما در میان بگذارند. در این نامه‌ها می‌توانید، دانشجویان، و عزیزانی که ما را در این راه کمک نمودند، تشکر و قدردانی می‌کنیم و امیدواریم این کتاب مورد توجه و استفاده تمام فعالان و علاقه‌مندان این حوزه قرار گیرد.

مهندس عارف اعظمی گیلان

دکتر عبدالحمید عزیزی

بهار ۱۳۹۶