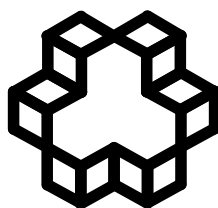


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید

موضوع پایان نامه

**پرداخت کاری توسط سیال ساینده‌ی هوشمند مغناطیسی
(MRAFF)**

استاد راهنما:

دکتر مهرداد وحدتی

نگارش:

یوسف افتخاری

مهرماه ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادرم

درد بر او که آفرید

آفرید چو نان شمایی را.

سگر از شما، شمایی که زشتی ما و دشتی مایم را کوی بیچگاه ندیدید و ندانستید و مهر و زبید

و باز هم مهر،

همواره تکیه گاهم بودید و پیکانم برای صعود و اگر نبودید...

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم که همواره راهبانی ما نشان روشنگر و نمایانان بدرقه راهم بوده است تقدیم می کنم

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه : پرداخت کاری توسط سیال ساینده‌ی هوشمند

استاد راهنما : آقای دکتر مهرداد وحدتی

نام دانشجو : یوسف افتخاری

شماره دانشجویی : ۸۹۰۷۳۷۴

اینجانب یوسف افتخاری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می‌باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ‌جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو :

تاریخ :

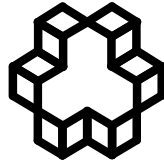
فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن، تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمناً" متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه، به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی مکانیک
گروه ساخت و تولید

تأییدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان:
بررسی تجربی اثر نسبت تنش بر نرخ رشد ترک خستگی
توسط آقای یوسف افتخاری صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید با رتبه مورد تأیید قرار میدهند.

- | | | |
|-------|------------------------|-----------------------------------|
| امضاء | آقای دکتر مهرداد وحدتی | ۱- استاد راهنما |
| | | |
| امضاء | آقای دکتر مجید قریشی | ۲- ممتحن داخلی |
| | | |
| امضاء | آقای دکتر سعید خدایگان | ۳- ممتحن داخلی |
| | | |
| امضاء | آقای دکتر مجید قریشی | ۴- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده |
| | | |

تشکر و قدردانی

نگارنده بر خود می‌داند که از زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزشمند جناب آقای دکتر مهرداد وحدتی و جناب مهندس نعیم در راستای انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نماید.

چکیده

نیاز روزمره به پیشرفت در ماشین‌کاری و رسیدن به فناوری غنی‌تری در زمینه‌ی صافی سطح در دهه‌های گذشته محققین را بر آن داشت تا به ابداع فرایندهای تازه‌تر و روش‌های جدیدی بپردازند. پس از سال‌ها بررسی و کنکاش امروزه محققین به روش‌هایی دست پیدا کرده‌اند که می‌توان توسط آن‌ها به پرداخت سطحی در مقیاس نانو دست یافت. روش ماشین‌کاری دورانی توسط سیال ساینده‌ی هوشمند^۱ که موضوع بحث این نوشتار می‌باشد، روشی است بسیار تازه و کارآمد که کاربرد اصلی آن در پرداخت‌کاری سطوح داخلی است. فرایند و روش کار آن به این ترتیب است که با اعمال میدان مغناطیسی دورانی بر روی سیال ساینده و در پی آن جامد شدن سیال و اعمال همزمان نیروی فشاری به آن، پرداخت‌کاری روی سطح مورد نظر انجام خواهد پذیرفت. به سبب کارایی بسیار بالا و همچنین انعطاف مناسب این روش می‌توان آن را در کاربردهای صنعتی خاص که نیاز به دقت فراوان در صافی سطح و در مقیاس نانومتر دارند به کار برد و بهینه کرد. هدف از انجام تحقیقی که پیش رو دارید بررسی سه پارامتر سرعت دوران میدان مغناطیسی، زمان بالا رفتن جک هیدرولیک و نیز اندازه‌ی میدان مغناطیسی بر صافی سطح نهایی بود. پس از کسب نتایج حاصل مشخص شد که زمان بالا رفتن جک در مقدار یک ثانیه و اندازه‌ی میدان مغناطیسی در ۲۰۰ میلی‌تسلا و سرعت دوران میدان مغناطیسی در ۶۰ دور بر دقیقه بهترین جواب را داراست و بهترین صافی سطح Ra به دست آمده مقدری برابر با ۶۰ نانومتر را دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی: پرداخت‌کاری، سیال ساینده هوشمند، میدان مغناطیسی دوار، نانوماشین‌کاری، ماشین‌کاری سطوح داخلی

^۱ R-MRAFF

فهرست

مقدمه ۱

فصل اول: مروری بر تحقیقات پیشین

۱-۱- مقدمه ۴

۱-۲- مروری بر تحقیقات ۴

فصل دوم: تئوری فرایند پرداخت کاری توسط سیال ساینده‌ی هوشمند مغناطیسی

۲-۱- مقدمه ۱۳

۲-۲- فرایند MRAFF ۱۳

۲-۳- نیروها ۱۷

۲-۴- سیالات ۲۰

فصل سوم: طراحی دستگاه دوران دهنده‌ی میدان مغناطیسی

۳-۱- تجهیزات ۲۹

۳-۱-۱- بدنه‌ی اصلی ۲۹

۳-۱-۲- پوسته ۳۱

۳-۱-۳- درپوش ۳۳

۳-۱-۴- مخزن ناقل سیال ساینده ۳۴

۳-۱-۵- جک هیدرولیک ۳۵

۳-۲- محدودیت‌های طراحی ۳۷

۳-۲-۱- مقدمه ۳۷

۳-۲-۲- محدودیت ابعادی ۳۸

۳-۲-۳- محدودیت اندازه و گستره‌ی میدان مغناطیسی ۳۸

۳-۳- طرح اولیه ۳۸

۳-۴- روابط و مفاهیم مغناطیسی و الکترومغناطیسی ۳۹

۳-۴-۱- سیم‌لوله ۳۹

۳-۴-۵- طراحی سیم‌لوله ۴۰

۳-۶- طراحی دستگاه دوران دهنده‌ی میدان مغناطیسی ۴۲

۳-۶-۱- قرارگیری سیم‌لوله‌ها نسبت به هم ۴۲

۳-۶-۲- نصب و فیکس کردن چهار سیم‌لوله ۴۲

۳-۶-۳- کنترل زمان دوران میدان مغناطیسی ۴۲

فصل چهارم: ساخت دستگاه دوران دهنده‌ی میدان مغناطیسی

۴-۱- سازه‌ی مغناطیسی ۴۶

۴-۱-۱- سیم‌لوله ۴۶

۴-۱-۲- محور اصلی ۴۷

۴-۱-۳- اتصال سیم‌لوله‌ها ۴۷

۴-۲- سازه‌ی الکترونیکی قدرت و کنترل ۴۹

۴۹	۴-۲-۱ بخش قدرت
۴۹	۴-۲-۱-۱ ترانس تبدیل ۲۲۰ به ۲۴ ولت
۴۹	۴-۲-۲ بخش کنترل
۴۹	۴-۲-۲-۱ فلاشر ۴ کاناله
۵۰	۴-۲-۲-۲ رله‌ها
۵۳	۴-۳ نصب دستگاه دوران دهنده‌ی میدان مغناطیسی

فصل پنجم: آزمایش‌ها

۵۹	۵-۱ مقدمه
۶۰	۵-۲ طراحی آزمون
۶۱	۵-۳ تهیه مقدمات لازم برای انجام آزمایش‌ها
۶۱	۵-۳-۱ آماده‌سازی قطعات مورد آزمایش
۶۲	۵-۳-۲ آماده‌سازی سیال ساینده
۶۲	۵-۴ انجام آزمون‌ها

فصل ششم: بررسی نتایج

۶۶	۶-۱ بررسی اثر تغییر سرعت دوران میدان مغناطیسی بر روی صافی سطح نهایی
۶۸	۶-۲ بررسی اثر تغییر مدت زمان بالا رفتن جک هیدرولیکی بر روی صافی سطح نهایی
۷۱	۶-۳ بررسی اثر تغییر اندازه‌ی میدان مغناطیسی بر روی صافی سطح نهایی

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۷۳	۷-۱ نتیجه‌گیری
۷۳	۷-۲ پیشنهادها
۷۳	۷-۲-۱ هندسه‌ی قطعه
۷۳	۷-۲-۲ سیال ساینده
۷۵	۷-۲-۳ ترکیب با فرایندهای دیگر
۷۵	۷-۲-۴ صنعتی نمودن

۷۶	منابع و مراجع
----	---------------

فهرست شکل‌ها

۱۴	شکل (۱-۲) فرایند MRAFF به صورت ترکیبی از دو روش MRF و MAF
۱۵	شکل (۲-۲) شماتیک کلی دستگاه MRAFF
۱۵	شکل (۳-۲) نمای شماتیک از فرایند MRAFF
۱۶	شکل (۴-۲) ریز ساختار کربونیل آهن که در زنجیره‌ی آن ذرات SiC جای گرفته است
۱۶	شکل (۵-۲) مراحل براده برداری در فرایند MRAFF
۱۷	شکل (۶-۲) شماتیک نمونه سطح تولید شده و صافی سطح به دست آمده پس از پرداخت توسط روش MRAFF
۱۸	شکل (۷-۲) مکانیزم فرایند پرداخت کاری توسط جریان ساینده‌ی هوشمند

- شکل (۸-۲) اثر جریان سیال بر روی زاویه‌گیری زنجیره‌ها نسبت به قطعه کار ۱۸
- شکل (۹-۲) تشکیل زنجیره‌ی بینگام ۱۹
- شکل (۱۰-۲) چگونگی تاثیرگذاری نیرو بر براده برداری در MRAFF ۲۰
- شکل (۱۱-۲) لغزش یک ذره‌ی مغناطیسی بر روی ذره‌ی دیگر به سبب وجود نیروی برشی ۲۱
- شکل (۱۲-۲) تشکیل زنجیره‌ی سیال هوشمند مغناطیسی ۲۲
- شکل (۱۳-۲) تصویر زنجیره‌ی ذرات ساینده و مغناطیسی ۲۳
- شکل (۱۴-۲) عکس‌برداری از ذرات CIP در دو مقیاس مختلف ۲۳
- شکل (۱۵-۲) شکل شماتیکی از ذرات سیال ساینده هوشمند مغناطیسی بدون حضور میدان و در حضور میدان ۲۴
- شکل (۱۶-۲) نمودار چگونگی تغییر تنش تسلیم سیال هوشمند مغناطیسی با بالا رفتن اندازه میدان مغناطیسی ۲۵
- شکل (۱۷-۲) تصویر شماتیک از نحوه‌ی قرارگیری ذرات مغناطیسی و ساینده تحت فشارهای مختلف ۲۵
- شکل (۱۸-۲) سیال ساینده‌ی مغناطیسی قبل و بعد از قرارگیری تحت میدان مغناطیسی ۲۶
- شکل (۱۹-۲) دمپر MR ۲۷
- شکل (۲۰-۲) ترمز دوار MR ۲۷
- شکل (۱-۳) بدنه اصلی دستگاه ۲۹
- شکل (۲-۳) ستون قرار گرفته در میان میله‌ی محافظ ۳۰
- شکل (۳-۳) نحوه‌ی قرارگیری فنر تعلیق ۳۰
- شکل (۴-۳) صفحه‌ی تکیه‌گاه بالایی ۳۱
- شکل (۵-۳) نمای کلی پوسته ۳۱
- شکل (۶-۳) مخروط پلی‌اورتان ۳۳
- شکل (۷-۳) مخلوط پلی‌اورتان جای گرفته در ورودی مخزن سیال ساینده ۳۳
- شکل (۸-۳) نیمه‌ی بالایی دستگاه ۳۴
- شکل (۹-۳) مخزن سیال ساینده ۳۵
- شکل (۱۰-۳) تایمر ۳۶
- شکل (۱۱-۳) جک هیدرولیک ۳۶
- شکل (۱۲-۳) دستگاه آماده‌ی آزمایش پس از بستن قطعه کار ۳۷
- شکل (۱۳-۳) سیم‌پیچ ۳۹
- شکل (۱۴-۳) خطوط میدان مغناطیسی درون و خارج از یک سیم‌لوله ۴۰
- شکل (۱۵-۳) ترانس تبدیل ۲۲۰ ولت به ۲۴ ولت برای تامین برق ۲۴ ولت مورد نیاز الکترومگنت‌ها ۴۳
- شکل (۱۶-۳) عبور جریان الکتروسیسته از ترانس ۲۴ ولت و رله‌ها ۴۴
- شکل (۱۷-۳) نحوه‌ی اتصال الکترومگنت‌ها از طریق ترمینال به منبع برق و رله‌ها ۴۴
- شکل (۱-۴) سیم‌لوله ۴۶
- شکل (۲-۴) اجزای سیم‌لوله (الکترومگنت): ۴۶
- شکل (۳-۴) تجهیز مغناطیسی دستگاه دوران‌دهنده‌ی میدان مغناطیسی ۴۸
- شکل (۴-۴) نحوه‌ی قرارگیری تجهیز مغناطیسی محاط بر وی قطعه کار استوانه‌ای شکل ۴۸
- شکل (۵-۴) فلاشر ۴ کاناله ۵۰
- شکل (۶-۴) رله ۸-پایه ۵۱
- شکل (۷-۴) طرز قرارگیری ۴ رله در کنار هم ۵۲

- شکل (۴-۸) دستگاه دوران دهنده میدان مغناطیسی ۵۲
- شکل (۴-۹) قرارگیری قطعه کار آلومینیومی لوله‌ای-شکل در جای خود بر روی آب‌بند پلی‌اورتان مخروطی شکل ۵۳
- شکل (۴-۱۰) نحوه‌ی قرارگیری تجهیز مغناطیسی و قطعه کار ۵۴
- شکل (۴-۱۱) تنظیم نیمه‌بالایی مخزن بر روی قطعه کار آلومینیومی به منظور فیکس کردن قطعه کار ۵۴
- شکل (۴-۱۲) فیکس کردن قطعه کار ۵۵
- شکل (۴-۱۳) سیال ساینده‌ی هوشمند مغناطیسی ۵۶
- شکل (۴-۱۴) تغییر حالت سیال هوشمند مغناطیسی تحت میدان مغناطیسی ۵۷
- شکل (۵-۱) دستگاه سنجش صافی سطح و قطعه کار آزمایش شده در حال سنجش صافی سطح ۵۹
- شکل (۵-۲) حس گر دستگاه سنجش صافی سطح ۵۹
- شکل (۵-۳) سیال ساینده‌ی هوشمند مغناطیسی پس از یکنواخت شدن توسط همزن دستی ۶۴

فهرست جدول‌ها

- جدول (۵-۱) آنالیز عنصری آلومینیوم ۷۰۷۵ ۶۰
- جدول (۵-۲) جدول سطح‌بندی آزمایش‌ها ۶۰
- جدول (۵-۳) اندازه‌ی ذرات ساینده‌ی مخلوط در سیال ساینده ۶۲
- جدول (۵-۴) نتایج آزمون صافی سطح بر نمونه‌های لوله‌ی آلومینیومی ۶۳

فهرست نمودارها

- نمودار (۶-۱) نتایج به دست آمده با تنظیم سرعت بالا رفتن جک هیدرولیک ۱ ثانیه ۶۶
- نمودار (۶-۲) نتایج به دست آمده با تنظیم سرعت بالا رفتن جک هیدرولیک ۲ ثانیه ۶۷
- نمودار (۶-۳) نتایج به دست آمده با تنظیم سرعت بالا رفتن جک هیدرولیک ۳ ثانیه ۶۷
- نمودار (۶-۴) نتایج به دست آمده با تنظیم سرعت دوران میدان مغناطیسی ۱۵ دور بر دقیقه ۶۸
- نمودار (۶-۵) نتایج به دست آمده با تنظیم سرعت دوران میدان مغناطیسی ۳۰ دور بر دقیقه ۶۸
- نمودار (۶-۶) نتایج به دست آمده با تنظیم سرعت دوران میدان مغناطیسی ۴۵ دور بر دقیقه ۶۹
- نمودار (۶-۷) نتایج به دست آمده با تنظیم سرعت دوران میدان مغناطیسی ۶۰ دور بر دقیقه ۶۹

مقدمه

پرداخت کاری توسط سیال ساینده‌ی هوشمند مغناطیسی یا MRAFF روشی نوین در پرداخت سطوح است که دقت پرداخت کاری آن در ابعاد نانومتر می‌باشد. این روش برای پرداخت سطوح داخلی و پیچیده‌ای طراحی شده است که روش‌های دیگر ماشین کاری قادر به پرداخت آن سطوح نیستند. در این روش ساینده یک سیال مغناطیسی است که با اعمال میدان مغناطیسی بر آن جامد می‌شود. نیروی لازم برای براده‌برداری مکانیکی در این روش از طریق اعمال نیروی میدان مغناطیسی بر روی ذرات مغناطیسی که ذرات ساینده در میان زنجیره‌های آن‌ها درگیر شده‌اند، تامین می‌گردد. یک جک هیدرولیک هم نیروی لازم برای حرکت مماسی ذرات ساینده را بر روی دیواره‌ی درونی قطعه‌ی مورد پرداخت کاری تامین می‌نماید.

این روش در پرداخت کاری انواع مواد با سختی‌های مختلف و جنس‌های متفاوت به کار می‌رود ولی نتایج پرداخت کاری آن برای فلزات دارای خاصیت مغناطیس شوندگی بالا مانند فولاد مناسب نیست. کاربرد این فرایند عمدتاً در صنایع هوا و فضا است.

در فصل اول پایان نامه، نمونه‌هایی از تحقیقات انجام شده پیشین در زمینه پرداخت کاری به روش سیال ساینده‌ی هوشمند مغناطیسی به صورت خلاصه ذکر شده است. تحقیقات روی این روش عمدتاً پس از سال ۲۰۰۰ میلادی انجام گرفته‌اند و به سبب جدید بودن این روش تاکنون کتابی که به صورت مجزا به این موضوع پرداخته باشد انتشار نیافته است.

در فصل دوم پایان نامه بعد از معرفی و شرح انجام فرایند، اصول تئوری حاکم بر آن که مربوط به تئوری‌های علم مغناطیس می‌باشد، شرح داده شده است و در ادامه نیروهای موثر و سیالات به کار رفته مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در فصل سوم نیز اختصاص به طراحی دستگاه دوران دهنده‌ی میدان مغناطیسی دارد در ابتدا به معرفی دستگاه پرداخت کاری به روش سیال ساینده‌ی هوشمند و تجهیزات جانبی آن می‌پردازد؛ سپس روابط حاکم بر مغناطیس مورد استفاده در طراحی دستگاه معرفی شده‌اند و در ادامه طراحی دستگاه و پیچیده‌ها بر اساس این روابط و با توجه به فیزیک دستگاه انجام گرفته است.

در فصل چهارم به ساخت دستگاه دوران‌دهنده‌ی میدان مغناطیسی پرداخته شده است چگونگی ساخت و نصب قطعات و نیز چگونگی عملکرد دستگاه به طور مفصل توضیح داده شده است. فصل پنجم نیز به انجام آزمایش‌ها اختصاص دارد. در این فصل تأثیر سه پارامتر سرعت دوران میدان مغناطیسی، زمان بالا رفتن جک هیدرولیک و یا به عبارت بهتر اثر سرعت جک و نیز اندازه‌ی میدان مغناطیسی بر صافی نهایی مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج حاصل از این آزمایش‌ها در پایان فصل گذارش شده است.

در فصل ششم بعد از معرفی پارامترها و ابزار اندازه‌گیری به کار رفته به شرح چگونگی اندازه‌گیری پرداخته شده است و نتایج نهایی به صورت نمودارهایی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و در پایان در فصل هفتم با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهادهایی برای تحقیقات بعدی در این زمینه آورده شده است.

فصل اول

مروری بر تحقیقات پیشین

۱-۱ مقدمه

با پیشرفت صنعت در دو سده‌ی گذشته، نیاز بیشتری به سطوح صیقلی در اجسام احساس شد و بشر مجبور به ساخت ابزارهایی گردید که خود آنها را در پرداخت ابزار دیگر به کار اندازد. در موارد بسیاری مانند تولید لوازم هنری و تجهیزات آشپزخانه و صنایع ساده‌ای از این دست ممکن است دقت اهمیت چندانی نداشته باشد ولی در صنایع مادر مانند خودروسازی، هوا و فضا و مواردی که محصول به دست آمده از مونتاژ چندین قطعه مختلف حاصل می‌شود از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین این مورد در صنایع میکرو یا نانو دارای بالاترین اهمیت می‌باشد. در این فصل به بررسی پیشرفت و چگونگی گسترش یکی از به‌روزترین روش‌های پرداخت کاری به نام پرداخت کاری با سیال ساینده‌ی هوشمند مغناطیسی^۱ پرداخته خواهد شد.

۲-۱ مروری بر تحقیقات

در سال ۱۹۹۸ لی ژو^۲ و همکارانش تحقیقاتی بر روی ساختار پایه‌ی سیال‌های هوشمند^۳ مغناطیسی انجام دادند. به این ترتیب که آن‌ها با بررسی ذرات سیال^۴ MR از طریق پایا کردن و به کمینه رساندن انرژی درونی دریافتند که ساختار اصلی سیالات هوشمند MR از ذرات مغناطیسی‌ای تشکیل شده است که با ساختار چهار وجهی مرکز پر درون یک خوشه^۵ کروی قرار گرفته‌اند. اگر L طول و D عرض خوشه باشد، D با L^n متناسب است. عدد n برای ذراتی که به صورت مغناطیسی اشباع شده‌اند برابر $۰/۶۲$ است [۱].

^۱ Magnet or heol ogi cal Abr asi ve Fl owFi ni shi ng

^۲ Lei Zhou

^۳ Magnet or heol ogi cal Fl ui d

^۴ Magnet or heol ogi cal

^۵ Clust er

در ۲۰۰۱ تائو^۱ تحقیقی را به منظور قوی تر نمودن سیال‌های MR انجام داد. به این هدف که مقاومت این سیال‌ها را در برابر فشار و تنش برشی بالاتر ببرد. به زعم وی بالاتر بردن تنش تسلیم این سیالات می‌توانست نقش کلیدی را در تحول این سیالات ایفا نماید. وی با بررسی مکانیزم فیزیکی و ریزساختارهای سیال‌های MR و به کاربردن میکروسکوپ SEM^۲ بر روی زنجیره‌ی انتهایی ترکیب مغناطیسی و ساینده تحقیقاتی انجام داد. وی به این نتیجه رسید که با تقویت این ناحیه می‌توان به سیال‌های MR با تنش تسلیم برشی تا 800Kpa تحت یک میدان مغناطیسی متوسط دست یافت [۲].

در سال ۲۰۰۱ جین^۳ تحقیقاتی در مورد مقایسه MRF^۴، MFP^۵ و MAF^۶ و تشریح اصول آنها انجام داد. وی مشخص کرد که به طور کلی کاربرد این روش‌ها تنها در پرداخت سطوح ساده است و قادر به پرداخت سطوح و معابر درونی نیستند [۳].

در سال ۲۰۰۲، بوسیسی^۷ و لاسیس^۸ تحقیقات بیشتری بر روی این سیالات انجام دادند. خاصیت هوشمندی این سیالات از آن جهت است که در حضور هر دو میدان مغناطیسی و الکتریکی تغییر خواصشان قابل مشاهده است. مهم‌ترین تفاوت آن‌ها در برابر سیال‌های دیگر محدوده‌ی گسترده‌ی گرانیوی آن‌ها می‌باشد که در بخشی از هزارم ثانیه و با حضور میدان مغناطیسی قابل دسترسی است. سیالات هوشمند مغناطیسی به طور عمده از تعداد زیادی ذره‌ی نرم که در یک روغن حامل جای گرفته‌اند، حاصل گردیده‌اند. رایج‌ترین سیالات استفاده شده شامل ذرات کربونیل آهن^۹ در روغن

^۱ R Tao

^۲ Scanning Electron Micrographs

^۳ V. K Jain

^۴ Magnetorheological Finishing

^۵ Magnetic Flotation

^۶ Magnetic Abrasive Finishing

^۷ G Bossis

^۸ S Laci s

^۹ Carbonile Iron Particles

سیلیکون هستند. میزان بهره‌وری یک سیال MR در درجه اول بر اساس تنش تسلیم τ_y آن تعیین می‌گردد که میزان مقاومت ساختار به وجود آمده در حضور میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. تنش تسلیم حداکثر تنش در برابر کرنش را نشان می‌دهد که ساختار ژله‌ای-شکل پس از رسیدن به این میزان، گسیخته می‌گردد. زمان پاسخ سیال (T) فاصله‌ی زمانی میان لحظه‌ای است که میدان مغناطیسی برقرار می‌شود و لحظه‌ای که سیال MR تحت این میدان مغناطیسی، به صورت جامد در می‌آید. آن‌ها مشاهده کردند که زمان پاسخ سیال تحت میدان مغناطیسی‌ای که توسط یک مگنت تولید شده است، ($T = L / R$) با ضریب القای L و مقاومت R مقداری در حدود 10^{-2} تا 10^{-1} ثانیه می‌باشد [۴].

در سال ۲۰۰۴ سونیل جها^۱ و جین^۲ در مقاله‌ای تحت عنوان "طراحی و توسعه‌ی فرایند پرداخت کاری با جریان ساینده‌ی هوشمند" به آزمایش در زمینه‌ی این روش پرداختند. پرداخت دقیق سطوح داخلی و پیچیده مورد اصلی توجه آنان بود. چرا که روش‌های مرسوم پرداخت کاری پیشرفته در آن زمان در پرداخت سطوح پیچیده ناتوان بود. مثلاً در فرایند^۳ AFM که ذرات ساینده به کمک جریانی از ذرات پلیمری تحت فشار از سطح درونی یک شکل هندسی پیچیده عبور می‌کنند، تنها راه کنترل نیروها تنظیم گرانیوی ویسکوالاستیک است که کاری بسیار سخت است. فرآیند MRF برای کنترل سیال از میدان مغناطیسی استفاده می‌کند و کاربرد آن تنها در شکل‌های تخت، کروی و منحنی می‌باشد. در روش MRAFF که برای پرداخت لوله‌های بلند ابداع شده است، عملیات پرداخت از محدودیت در فرآیند و خصوصیات ظاهری قطعه‌کار رهایی یافته است [۵].

^۱ Suni I Jha

^۲ V. K Jai n

^۳ Abrasi ve Fl ow Machi ni ng

در سال ۲۰۰۵ با هدف تحقیقات روی سیالات هوشمند الکتریکی، لی ژانگ^۱ و همکارانش، به مقایسه پرداخت لنزهای انحنادار نسبت به لنزهای کروی پرداختند. آن‌ها سیالات هوشمند الکتریکی را در برابر مواد ساینده‌ی پیشین قرار داده و بر روی این ویژگی مهم آن‌ها که قابلیت پرداخت سطوح پیچیده و انحنادار است، در ساخت لنزها تأکید نمودند [۶].

در سال ۲۰۰۶ سونیل جها^۲ و همکارانش در مقاله‌ای تحت عنوان "اثرات فشار اکستروژن و تعداد سیکل‌های پرداخت، بر پرداخت‌کاری به وسیله‌ی جریان ساینده‌ی هوشمند" به بررسی چگونگی و فیزیک این فرایند و اثرهای دو پارامتر فشار و تعداد سیکل بر روش MRAFF پرداختند. آن‌ها به نتیجه رسیدند که فشار ۳/۷۵ مگاپاسکال، فشاری است که در آن بهترین صافی سطح به دست خواهد آمد. افزایش تعداد سیکل کاری تا ۲۰۰ دور، بهترین پرداخت سطح را در آن شرایط به دست داد. چرا که پرداخت نهایی زمانی انجام می‌پذیرد که تمامی براده‌های نیمه‌کننده‌شده از روی سطح جدا شوند. پس از این درجه‌ی زبری با افزایش تعداد سیکل ماشین‌کاری تا بهترین میزان ممکن که بسته به فشار و اندازه‌ی ذرات محدود است، افزایش خواهد یافت.

برای پرداخت سطوح داخلی قطعه کار باید سیال از داخل آن عبور کند. چون تنها در محل سیال نیمه-نیوتنی یا Bingham زنجیره^۳ CIP تشکیل می‌گردد، انتخاب نقطه پرداخت شونده به راحتی انجام می‌پذیرد. پس از تشکیل زنجیره و با توجه به قدرت میدان مغناطیسی و اتصال ذرات به همدیگر، براده-برداری آغاز می‌گردد و فرآیند به شکل مورد نظر پرداخت‌کاری می‌رسد [۷].

در سال ۲۰۰۸ روزکوفسکی^۴ و بوگدان^۱ در مقاله‌ای تحت عنوان "آزمون گرانروی سیال هوشمند مغناطیسی تحت اثر میدان مغناطیسی" به بررسی اثر تغییرات اندازه‌ی میدان مغناطیسی بر سیال

^۱ Lei Zhang

^۲ Sunil Jha

^۳ Carboni l e l r o n P a r t i c l e s

^۴ A R o s z k o w s k i