صفحه ۳۲ و ۴۰ محفوظ است

۱۵۶۷۱۲_۲۰۳۶۱۶۴

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

عنوان پایان‌نامه

طراحی و ساخت ریزپاش با استفاده از ماده دگررسان مغناطیسی ترفنل-دی

دانشجو:

محمدرضا شیخ‌الاسلامی بورقانی

استاد راهنما:

دکتر یوسف حجت

استاد مشاور:

دکتر مجتبی قدسی

شهریور ۸۹

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۳۹۰/۲/۱۸

۱۵۶۷۱۲

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای محمدرضا شیخ الاسلامی پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان طراحی و ساخت ریزپاش با استفاده از ماده دگررسان مغناطیسی ترفنل- دی** در تاریخ ۱۳۸۹/٦/۳۰ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - ساخت وتولید پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر یوسف حجت	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر مجتبی قدسی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مصطفی محمدیان	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محسن بهرامی	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمد گلزار	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد محمدرضا شیخ الاسلامی بورقانی در رشته مهندسی مکانیک – ساخت و تولید است که در سال ۱۳۸۹ در دانشکده فنی- مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر یوسف حجت از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب محمدرضا شیخ الاسلامی بورقانی دانشجوی رشته مهندسی مکانیک – ساخت و تولید مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

۸۹/۱/۲۳

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه : با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب محمدرضا شیخ الاسلامی بورقانی دانشجوی رشته مهندسی مکانیک – ساخت و تولید، ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۷ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی- مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:.....

تاریخ: .....

۸۹/۱/۲۳

تقدیم به:

روح بلند استاد بزرگوارم

مرحوم دکتر علی رضا صفی خانی

تقدیر و تشکر

در ابتدا برخود لازم می‌دانم از کمک‌ها و راهنمایی‌های اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر یوسف حجت و جناب آقای دکتر مجتبی قدسی که همواره راهگشا و انگیزه بخش بود، کمال تشکر را داشته باشم.

همچنین از همکاری و هم‌فکری بی‌دریغ آقایان دکتر فرهنگ هنرور (دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی تهران)، دکتر عباس پاک (دانشگاه علم وصنعت ایران-واحد اراک)، جناب آقای محمدی، شرکت‌های محترم آزما هنر یکتا اصفهان و هاب ماشین اراک و نیز دوستان گرامی، آقایان مهندس محمد رضا کرفی، سیامک مزدک، محمد رحمانی‌فرد، حسام صادقیان، سهیل طالبیان و هادی پروز (دانشگاه تربیت مدرس)، رضا عبدلی، محمدرضا نظام‌آبادی که در انجام پایان‌نامه به من یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

بی‌شک بدون همیاری و همکاری خانواده محترمم انجام این پژوهش برای من مقدور نبود. در انتها سپاس بی‌پایان خودم را نثار محبت و همدلی آن‌ها می‌کنم.

چکیده

ریزپاشی ذرات مایع کاربردهای مختلفی از قبیل استفاده در سوخت‌پاش خودروها، خنک‌کاری، پوشش‌دهی، استفاده پزشکی و غیره دارد. یکی از روشهای معمول ریزپاشی، استفاده از ارتعاشات است. برای این کار به طور معمول از پیزوالکتریک‌ها استفاده می‌شود.

در این پایان‌نامه روند طراحی و ساخت یک عملگر دینامیک با استفاده از آلیاژ دگررسان مغناطیسی ترفنل-دی ارائه گردیده و از این عملگر در کاربرد ریزپاشی مایعات استفاده شده است. ویژگی مهم این آلیاژ آن است که وقتی در معرض میدان مغناطیسی متغیر قرار می‌گیرد، با فرکانسی برابر میدان تغییر طول می‌دهد. در طراحی عملگر موجود سعی شده تا حد امکان بهینه‌سازی‌های ممکن صورت پذیرد. بدین منظور یک مجموعه آزمایشگاهی طراحی و ساخته شده و با استفاده از آن رفتار مگنتومکانیکی ترفنل-دی مطالعه گردیده است. تعیین تجربی شرایط کاری مناسب جهت استفاده از آلیاژ ترفنل-دی، نتیجه مطالعه مذکور است. سپس برای قطعات دیگر عملگر، با هدف کم کردن افت‌های مکانیکی، مواد مناسب انتخاب شده است. در ادامه طراحی مکانیکی، مغناطیسی و الکترونیکی عملگر انجام شده و سپس رفتار مکانیکی و مغناطیسی عملگر با استفاده از نرم افزار المان محدود Ansys 12 شبیه‌سازی گردیده است. در نهایت ساخت و مونتاژ عملگر انجام شد و تست‌های عملکردی آن با موفقیت انجام پذیرفت.

به علت تغییر دامنه ارتعاشات در یک گستره نسبتا زیاد، دبی خروجی این ریزپاش قابلیت تغییر در محدوده‌ای وسیع را دارد. به سبب کرنش قابل حصول نسبتا بالای این عملگر، توان تولید ذرات با ابعاد کوچک و دبی خروجی بالا از خصوصیات استفاده از آن در کاربرد ریزپاشی مایعات است. این ریزپاش بالقوه قابلیت استفاده در سیستم‌های سوخت‌پاش خودرو را دارا می‌باشد.

واژگان کلیدی: دگررسانی مغناطیسی، ریزپاش، ترفنل-دی، پیش‌بار، میدان مغناطیسی بایاس

فهرست مطالب

عنوان..... صفحه
فصل ۱: مقدمه..... ۱
۱-۱- دگررسانی مغناطیسی..... ۲
۱-۱-۱- دگررسانی مغناطیسی واثرات مختلف آن..... ۲
۱-۱-۲- سیرتاریخی دگررسانی مغناطیسی..... ۵
۱-۱-۳- ترفنل‌دی وخصوصیات آن..... ۶
۱-۱-۴- عملگر ها با استفاده از ترفنل-دی..... ۹
۱-۱-۵- عملگر ترفنل-دی درمقایسه با سایر عملگرها..... ۱۱
۱-۱-۶-بهینه سازی عملگرهای ترفنل-دی..... ۱۳
۱-۲- ریزپاشی ارتعاشاتی..... ۱۶
۱-۲-۱-مفهوم ریزپاشی ارتعاشاتی..... ۱۶
۱-۲-۲- سیرتاریخی ریزپاشی ارتعاشاتی..... ۲۰
۱-۲-۳- به دست آوردن ابعاد ذرات حاصل از ریزپاشی ارتعاشاتی..... ۲۰
۱-۳- اهداف تحقیق وترتیب ارائه مطالب..... ۲۱
فصل ۲: انتخاب مواد به‌کار گرفته شده..... ۲۲
۲-۱- ماده هوشمند ترفنل-دی..... ۲۳
۲-۱-۱-طراحی وساخت مجموعه آزمایشگاهی..... ۲۳
۲-۱-۲- بررسی خواص مغناطیسی ومگنتومکانیکی ترفنل-دی..... ۲۷
۲-۱-۳- انتخاب جنس قطعات دیگردستگاه..... ۳۵
۲-۱-۴- به دست آوردن سرعت صوت وچگالی درقطعات اصلی..... ۳۷
فصل ۳: طراحی و شبیه‌سازی..... ۴۰
۳-۱- طراحی وشبیه‌سازی مکانیکی..... ۴۱
۳-۱-۱- فرضیات طراحی..... ۴۱
۳-۱-۲- انتخاب نوع قطعه تطبیقی:..... ۴۱
۳-۱-۳- طراحی طول قطعات..... ۴۳
۳-۱-۴- شبیه‌سازی مکانیکی..... ۴۷
۳-۲-طراحی وشبیه‌سازی مغناطیسی..... ۵۰
۳-۲-۱- انتخاب آهنربای دائم..... ۵۱
۳-۲-۲- طراحی کویل..... ۵۲
۳-۲-۳- شبیه‌سازی مغناطیسی..... ۵۹

۳-۳- طراحی الکترونیکی ۷۰
۳-۴- طرح نهایی ۷۵
فصل ۴: مونتاژ و تست نهایی ۷۷
۴-۱- مراحل مونتاژدستگاه ۷۸
۴-۲-نتایج آزمایشات ۸۱
فصل ۵: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۸۹
۵-۱- نتیجه‌گیری ۹۰
۵-۲- پیشنهادها ۹۳
مراجع ۹۵

فهرست شکل‌ها

عنوان..... صفحه
شکل ۱-۱ : اثر تغییر مدول یانگ در ترفنل-دی [۳]..... ۳
شکل ۱-۲ : اثر ژول و ویلاری[۱]..... ۵
شکل ۱-۳ : ضریب دگررسانی مغناطیسی[۳]..... ۸
شکل ۱-۴ : اثر پیش تنش بر فاکتور کوپلینگ و ضریب دگررسانی مغناطیسی [۳]..... ۹
شکل ۱-۵: نیروی محصور ترفنل-دی در کرنش های مختلف[۸]..... ۱۱
شکل ۱-۶: :مقایسه عملگرهای گوناگون[۱۰]..... ۱۳
شکل ۱-۷: عملگر ترفنل-دی در حالت نیمه ایستا[۱]..... ۱۴
شکل ۱-۸: میدان مغناطیسی بایاس دائم[۲]..... ۱۴
شکل ۱-۹: اثر پیش تنش بر کرنش مکانیکی[۹]..... ۱۵
شکل ۱-۱۰: تشکیل موج‌های مویین روی سطح مایع[۱۴]..... ۱۷
شکل ۱-۱۱: :فرم دهی قطرات ریزپاشی شده به صورت تئوری[۱۴]..... ۱۸
شکل ۱-۱۲: فرآیند ریزپاشی مایع در فرکانس ۱۲۰ هرتز[۱۴]..... ۱۹
شکل ۲-۱: مجموعه آزمایشگاهی ساخته شده..... ۲۴
شکل ۲-۲ : جایگاه ترفنل-دی در مجموعه آزمایشگاهی..... ۲۵
شکل ۲-۳ : استفاده از سرچ کویل..... ۲۶
شکل ۲-۴ : استفاده از سرچ کویل و کرنش سنج..... ۲۶
شکل ۲-۵: نمودار کرنش حاصله برحسب میدان در پیش‌بارهای مختلف ترفنل-دی یکپارچه..... ۲۸
شکل ۲-۶ : نمودار کرنش حاصله برحسب میدان در پیش‌بارهای مختلف ترفنل-دی لایه‌ای..... ۲۹
شکل ۲-۷ : نمودار چگالی شار مغناطیسی برحسب میدان در پیش‌بارهای مختلف آلیاژ یکپارچه..... ۳۰
شکل ۲-۸ : نمودار چگالی شار مغناطیسی برحسب میدان در پیش‌بارهای مختلف آلیاژ لایه‌ای..... ۳۲
شکل ۲-۹ : منحنی تراوایی مغناطیسی نمونه لایه‌ای شکل..... ۳۳
شکل ۲-۱۰ : منحنی تراوایی نسبی نمونه لایه‌ای شکل..... ۳۴
شکل ۲-۱۱ : استفاده از پروب تماسی..... ۳۷
شکل ۲-۱۲: اکوی دریافتی از آلومینیم..... ۳۸
شکل ۲-۱۳ : اکوی دریافتی از فولاد..... ۳۹
شکل ۳-۱ : طرح شماتیک اولیه..... ۴۳
شکل ۳-۲ : قطعه پله‌ای شکل..... ۴۵
شکل ۳-۳: قطعه انتهایی..... ۴۶
شکل ۳-۴ : هندسه المان SOLID95[۳۲]..... ۴۷

شکل ۳-۵: المان تتراهدرال SOLID95[۳۲] ۴۸
شکل ۳-۶ : شکل مد ارتعاشی ترانسدیوسر ۴۹
شکل ۳-۷: جابجایی نقاط مختلف نسبت به محور اصلی ۴۹
شکل ۳-۸ : نمودار جابجایی بر حسب فاصله از نوک ترانسدیوسر ۵۰
شکل ۳-۹ : منحنی چگالی شار بر حسب میدان آهنربای دائم[۳۳] ۵۱
شکل ۳-۱۰ : کویل مورد استفاده در عملگر ۵۸
شکل ۳-۱۱ : المان PLANE13[۳۲] ۵۹
شکل ۳-۱۲ : مدل هندسی ایجاد شده جهت تحلیل الکترومغناطیسی ۶۰
شکل ۳-۱۳ : منحنی چگالی شار بر حسب میدان مغناطیسی برای پیش‌بار ۶/۸۹ مگاپاسکال ۶۱
شکل ۳-۱۴ : نحوه اعمال منحنی B-H به ترفنل-دی ۶۲
شکل ۳-۱۵ : اعمال خاصیت آهنربایی ۶۲
شکل ۳-۱۶ : مدل در حلت المان بندی شده ۶۳
شکل ۳-۱۷ : تنظیم المان PLANE13 ۶۴
شکل ۳-۱۸ : اعمال مرز برای مدل ساخته شده ۶۴
شکل ۳-۱۹ : توزیع چگالی شار مغناطیسی به سبب وجود آهنربای دائم ۶۵
شکل ۳-۲۰ : توزیع چگالی شار مغناطیسی ۶۶
شکل ۳-۲۱ : توزیع میدان مغناطیسی ۶۷
شکل ۳-۲۲ : توزیع چگالی شار نسبت به خط تقارن ۶۸
شکل ۳-۲۳ : توزیع شار بر حسب فاصله از ابتدای ترفنل-دی ۶۸
شکل ۳-۲۴ : توزیع شار بر حسب فاصله از ابتدای ترفنل-دی به‌واسطه آهنربای دائم ۶۹
شکل ۳-۲۵ : توزیع خطوط شار مغناطیسی ۷۰
شکل ۳-۲۶: مدار تمام پل ۷۲
شکل ۳-۲۷ : موج خروجی مدار تمام پل ۷۳
شکل ۳-۲۸ : مدار فرمان مبدل قدرت ۷۳
شکل ۳-۲۹ : مدار راه انداز آی جی بی تی ۷۴
شکل ۳-۳۰ : مدار قدرت مبدل ۷۴
شکل ۳-۳۱: مدار مبدل ساخته شده ۷۵
شکل ۳-۳۲ : نمای برش خورده دستگاه ۷۶
شکل ۴-۱ : قطعات ساخته شده ۷۸
شکل ۴-۲ : مونتاژ قطعات مغناطیسی دستگاه ۷۹
شکل ۴-۳ : دستگاه پس از اتمام مونتاژ ۷۹
شکل ۴-۴ : روش اعمال پیش‌بار ۸۰

شکل ۴-۵ : گیج‌های مورد استفاده در مونتاژ عملگر ۸۱
شکل ۴-۶ : عملیات ریزپاشی ۸۲
شکل ۴-۷ : نمودار کرنش بر حسب چگالی شار مغناطیسی ۸۳
شکل ۴-۸ : نمودار قابلیت مغناطیسی بر حسب میدان مغناطیسی ۸۳
شکل ۴-۹ : نمودار ماکزیمم کرنش نوک ترانسدیوسر بر حسب فاکتور کیفیت ۸۴
شکل ۴-۱۰ : روند تغییرات مدول یانگ با میدان مغناطیسی ۸۵
شکل ۴-۱۱ : منحنی ماکزیمم نیرو برای فاکتورهای کیفیت مختلف ۸۶
شکل ۴-۱۲ : دبی خروجی بر حسب ولتاژ اعمالی ۸۷
شکل ۴-۱۳ : دبی خروجی بر حسب توان اعمالی ۸۸

فهرست جداول

عنوان..... صفحه
جدول ۱-۱ : اثرات فیزیکی موجود در دگررسانی مغناطیسی [۱] ۲
جدول ۱-۲ : مقایسه مواد دگررسان مغناطیسی[۴و۵] ۴
جدول ۱-۳ : تاریخچه دگررسانی مغناطیسی[۱] ۵
جدول ۱-۴ : خصوصیات مکانیکی ترفنل-دی[۱و۶] ۶
جدول ۱-۵: خصوصیات حرارتی و الکتریکی ترفنل-دی[۱و۶] ۶
جدول ۱-۶ : مقایسه عملکرد مواد هوشمند[۹] ۱۲
جدول ۲-۱ : خصوصیات فیزیکی و آکوستیکی ترفنل-دی[۶] ۳۵
جدول ۳-۱ : مقایسه خواص مغناطیسی آهنرباها[۳۳] ۵۲
جدول ۳-۲ : به دست آوردن پارامترهای طراحی کویل برای قطرهای مختلف سیم ۵۸

نمادها

ε		Mechanical Strain	کرنش مکانیکی
C^H		Complience In Constant Magnetic Field	ضریب سستی در شدت میدان ثابت
d	m/A	Magnetostrictive Coefficient	ضریب دگررسانی مغناطیسی
d_σ	m/A	Magnetostrictive Coefficient In Constant Stress	ضریب دگررسانی مغناطیسی در تنش ثابت
H	A/m	Magnetic Field Intensity	شدت میدان مغناطیسی
B	T	Magnetic Flux Density	چگالی شار مغناطیسی
μ^σ	(T.m)/A	Relative Pearmability In Constant Stress	تراوایی مغناطیسی در تنش ثابت
μ_r		Relative Pearmability	تراوایی مغناطیسی نسبی
σ	Pa	Stress	تنش
k_r		Magnetomechanical Coupling Factor	فاکتور کوپلینگ مگنتومکانیکی
E_w	J	Mechanical Energy	انرژی مکانیکی
E_m	J	Magnetic Energy	انرژی مغناطیسی
Q_m		Quality Factor	فاکتور کیفیت
E	MPa	Young Modulus	مدول یانگ
F_B	N	Blocked Force	نیروی محصور
A	mm^2	Cross Sectional Area	سطح مقطع
U_f	µm	Free Displacement	جابجای آزاد
E_e	J	Elastic Energy	انرژی الاستیک
a_c	µm	Critical Amplitude For Composing Capillary Wave	دامنه بحرانی تشکیل موج‌های مویین
μ_l	Kg/ms	Liquid Viscosity	ویسکوزیته مایع
ρ	Kg/m^3	Density	چگالی
T	N/m	Surface Tension Of Liquid	کشش سطحی مایع
f	Hz	Frequency	فرکانس
λ	m	Length Of Wave	طول موج
D	µm	Diameter Of Atomized Particle	قطر ذرات ریزپاشی شده
a	µm	Vibration Amplitude	دامنه ارتعاشات
Z	$Kg/(m^2.s^2)$	Acoustic Impedance	امپدانس آکوستیکی
C	m/s	Sound Velosity	سرعت صوت
x	mm	Traveled Path	مسیر پیموده شده
t	s	Time	زمان
ω	Hz	Circular Frequency	فرکانس دایروی
K		Wave Number	عدد موج

L	Ω	Inductance	اندوکتانس
R	Ω	Resistance	مقاومت
$\overline{\rho}$	Ω.m	Specefic Resistance	مقاومت ویژه
P	W	Power	توان
V_{cc}	V	Voltage	ولتاژ تغذیه
V_{rod}	mm^3	Volume Of Rod	حجم میله
N		Number Of Turns	تعداد دور
I	A	Electrical Current	جریان الکتریکی
J	A/mm	Electrical Current Density	جگالی جریان الکتریکی
l	m	Length	طول

فصل ۱

مقدمه

۱-۱- دگررسانی مغناطیسی[1]

۱-۱-۱- دگررسانی مغناطیسی و اثرات مختلف آن

تغییرشکل ماده فرومغناطیس در اثر مغناطیس‌شدگی آن که عمدتا بر اثر اعمال میدان مغناطیسی خارجی صورت می‌گیرد را دگررسانی مغناطیسی گویند. این پدیده مرتبط با اثرات فیزیکی گوناگونی است. این اثرات و معکوس آن‌ها در جدول (۱-۱) مختصرا شرح داده شده است.

جدول ۱-۱: اثرات فیزیکی موجود در دگررسانی مغناطیسی [۱]

اثرات:	عکس اثرات:
اثر ژول: تغییر طول ماده در پاسخ به میدان خارجی اعمال شده.	اثر ویلاری: تغییر در مقدار مغناطیس شدگی ماده در برابر تنش اعمال شده به آن.
اثر ویدمن: القای گشتاور (یا به طور معادل کرنش پیچشی) به وسیله اعمال میدان مغناطیسی مارپیچ.	اثر ماتیوس: غیریکنواختی در نرخ تغییرات چگالی شار مغناطیسی به سبب اعمال گشتاور.
اثر بارت: تغییر حجم مواد در برابر میدان مغناطیسی خارجی.	اثر هونداناگااوکا: تغییر در سطح مغناطیسی ماده به سبب تغییر حجم.
اثر تغییرات مدول یانگ: تغییر مدول یانگ در برابر میدان مغناطیسی.	عکس این اثر وجود ندارد.

از بین اثرات یادشده دو اثر ژول و ویلاری از همه پرکاربردتر هستند. نتیجه اثر ژول یک کرنش الاستیک بوده که در ساخت انواع عملگرها[2] کاربرد دارد. علت این پدیده را چرخش حوزه‌های مغناطیسی درون ماده در جهت میدان مغناطیسی عنوان کرده‌اند که این چرخش باعث افزایش طول ماده فرومغناطیس با اعمال میدان مغناطیسی خارجی، می‌شود. لازم به توضیح است که تغییر دما نیز اثری مشابه آن ولی در مقیاسی کوچکتر برای ماده فرومغناطیس پدید می‌آورد[۲]. اثر ژول، پدیده‌ای برگشت‌پذیر است. عکس این اثر، ویلاری است و کاربرد اثر ویلاری در حسگر[3]هاست. در این اثر تغییر

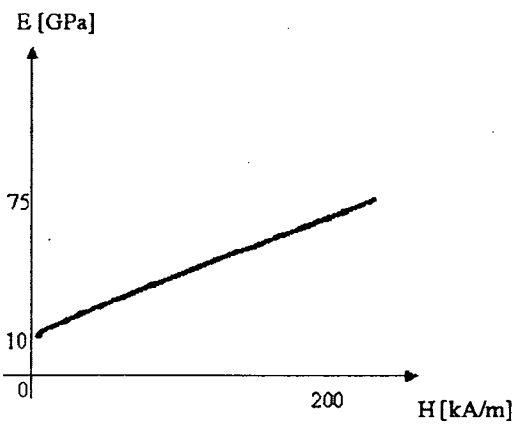
1 Magnetostriction
2 Actuators
3 Sensors

در چگالی شار به وسیله سرچ کویل[1] اندازه‌گیری شده می‌شود. تغییر چگالی شار، متناسب با سطح تنش اعمالی به ماده فرومغناطیس است.

اثر ویدمن کاربردی مشابه اثر ژول ایفا می‌کند. این دو اثر زمینه فیزیکی مشابه داشته با این تفاوت که در اثر ویدمن به جای یک کرنش کششی یا فشاری، نتیجه فرآیند مگنتومکانیکی کرنش برشی ناشی از تغییر شکل پیچشی ماده فرومغناطیس است. عکس این اثر، اثر ماتیوس بوده و در صورت اعمال میدان مغناطیسی بایاس می‌توان از آن در حسگرها استفاده کرد.

اثر بارت تحت شرایط عملکردی ویژه‌ای رخ می‌دهد. در شرایط عادی مقدار آن به حدی کوچک است که معمولا در نظر گرفته نمی‌شود. برای مثال در مورد نیکل، در میدان مغناطیسی ۸۰ کیلوآمپر بر متر، تغییر حجمی تقریبا در مقیاس $۱۰^{-۷}$ اتفاق می‌افتد. عکس این اثر یعنی اثر هوندااناگااوکا به سبب ایجاد تنش‌های هیدرواستاتیکی ایجاد می‌شود. تا به امروز اثر هوندااناگااوکا کاربرد قابل توجهی در صنعت پیدا نکرده است.

در اثر تغییر مدول یانگ، یک تغییر سرعت صوت در نمونه اتفاق می‌افتد که قابل اندازه‌گیری است. آلیاژ ترفنل-دی (آلیاژی از عناصر آهن، تربیوم و دیسپرسیوم) جزء کاراترین مواد فرومغناطیس از این نظر بوده و نسبت تغییرات مدول یانگ در آن بالاتر از پنج برابر است. این تغییرات را در شکل ۱-۱ می‌توان مشاهده کرد.



شکل ۱-۱: اثر تغییر مدول یانگ در ترفنل-دی [۳]

1 Search Coil

در ادامه دو اثر ژول و ویلاری به طور مفصل‌تر بررسی شده است. اثر ژول را می‌توان با رابطه (۱-۱) بیان نمود[۳].

$$\varepsilon = C^H + d_\sigma H \qquad (۱-۱)$$

در رابطه (۱-۱)، ε کرنش مکانیکی، C^H ضریب سستی[1] در شدت میدان ثابت، d_σ ضریب دگررسانی مغناطیسی در تنش ثابت و H شدت میدان مغناطیسی است. نتیجه این اثر کرنش الاستیک است. بالاترین کرنش قابل حصول از هر ماده را کرنش اشباع آن ماده می‌نامند. ضمنا برای این مواد دمایی به نام دمای کوری تعریف می‌شود که در دماهایی بالاتر از آن، مواد دیگر خاصیت تغییر طول در اثر اعمال میدان مغناطیسی را از دست می‌دهند. کرنش اشباع و دمای کوری بالا از معیارهای مهم انتخاب مواد فرومغناطیس برای استفاده در عملگرها هستند. مواد معمول فرومغناطیس از جهت کرنش اشباع و دمای کوری درجدول ۱-۲ با هم مقایسه شده‌اند. با این توضیح که در این جدول کرنش اشباع بر حسب ppm بیان شده که عبارت از کرنش به ازاء یک میلیون واحد می‌باشد. در جدول مذکور، پرمندور آلیاژ آهن، کبالت و وانادیم بوده و گالفنل آلیاژ آهن و گالیم است.

جدول ۱-۲: مقایسه مواد دگررسان مغناطیسی[۴و۵]

ماده	کرنش اشباع (ppm)	دمای کوری (کلوین)
نیکل	-۵۰	۶۳۰
آهن	-۱۴	۱۰۴۰
اکسید آهن	۶۰	۸۶۰
پرمندور	۱۵۰	۱۲۱۳
ترفنل-دی	۲۰۰۰	۶۵۰
گالفنل	۴۰۰	۷۷۳

اثر ویلاری را می‌توان با رابطه (۱-۲) بیان نمود[۳]

$$B = d\sigma + \mu^\sigma H \qquad (۱-۲)$$

1 Complience