

صلاة الاضلاع

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده علوم پایه

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه ارشد)

پایان نامه خانم الهه مرادیان دانشجوی رشته: فیزیک گرایش: حالت جامد تجربی

دانشکده علوم به شماره دانشجویی ۸۹۱۴۷۰۹

با عنوان:

ساخت و بررسی خواص مغناطیسی آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$

جهت اخذ مدرک: در تاریخ: توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با
درجه: تصویب گردید.

امضاء	رتبه علمی	اعضای هیأت داوران:
.....	استاد	استاد راهنما: دکتر مرتضی زرگروشتری
.....	دانشیار	استاد مشاور: دکتر ایرج کاظمی نژاد
.....	.....	استاد داور:
.....	.....	استاد داور:
.....	.....	نماینده تحصیلات تکمیلی:
.....	.....	مدیر گروه:
.....	.....	معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:
.....	.....	مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

چکیده

نام خانوادگی: مرادیان	نام: الهه	شماره دانشجویی: ۸۹۱۴۷۰۹
عنوان پایان نامه: ساخت و بررسی خواص مغناطیسی آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$		
استاد راهنما: دکتر مرتضی زرگروشتری		
استاد مشاور: دکتر ایرج کاظمی نژاد		
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: فیزیک	گرایش: حالت جامد تجربی
دانشگاه: شهید چمران اهواز	دانشکده: علوم پایه	گروه: فیزیک
تاریخ فارغ التحصیلی: شهریورماه ۱۳۹۲		تعداد صفحه: ۱۰۴
کلید واژه ها: مواد مغناطیسی، آلیاژ آهن- نیکل، آلیاژسازی مکانیکی، کبالت، الگوی پراش اشعه‌ی ایکس، ریخت‌شناسی، وادارندگی مغناطیسی، مغناطش اشباع، نفوذپذیری مغناطیسی.		
<p>چکیده</p> <p>در این پژوهش، آلیاژ مغناطیسی نرم $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ به روش آلیاژسازی مکانیکی تولید شده است. تأثیر پارامترهای اندازه‌ی گلوله، سرعت آسیا و زمان آسیا برای ساخت این آلیاژ مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی خواص مغناطیسی و دی‌الکتریکی ناشی از آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ با عنصر کبالت، ترکیب $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ ($x=0-0.8$) ساخته شد. سرانجام، نتایج حاصل از آنالیزهای الگوی پراش اشعه‌ی ایکس (XRD)، تصویرهای SEM، حلقه‌های پسماند، منحنی‌های ثابت دی‌الکتریک، اتلاف دی‌الکتریک، رسانندگی الکتریکی ac و نفوذپذیری مغناطیسی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان دادند که بهترین پارامترهای آسیاکاری جهت ساخت آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$، گلوله‌ای به اندازه‌ی قطر ۱۰ میلی‌متر با نسبت وزنی ۱ به ۱۰، سرعت ۴۵۰ دور بر دقیقه و زمان ۶ ساعت می‌باشد. همچنین، آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ با کبالت منجر به افزایش وادارندگی مغناطیسی می‌شود و نتایج حاصل از بررسی خواص دی‌الکتریک گویای این می‌باشد که: نمونه‌ی خالص $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ با کم‌ترین ضخامت (۳mm) دارای کم‌ترین ثابت دی‌الکتریک و اتلاف دی‌الکتریک بین نمونه‌های ساخته شده، می‌باشد و بیش‌ترین نفوذپذیری مغناطیسی به نمونه خالص با بیش‌ترین ضخامت (۹mm) اختصاص دارد. این موضوع بیانگر این است که نمونه‌های مذکور برای استفاده در ترانسفورماتور صوتی، ترانسفورماتورهای فرکانس بالا و حفاظ مغناطیسی مناسب هستند.</p>		

پیش‌گفتار

برخی از مواد فلزی دارای گشتاور مغناطیسی دائمی در غیاب میدان خارجی می‌باشند که مقدار مغناطش بسیار بالایی از خود نشان می‌دهند. این‌ها از خصوصیات مواد فرومغناطیس می‌باشد که در موادی از جمله آهن، کبالت، نیکل و نیز برخی از فلزات نادر از جمله گادولینیوم خود را نشان می‌دهند. مواد فرومغناطیس را می‌توان به مغناطیس‌های نرم و سخت دسته‌بندی کرد. مواد مغناطیسی سخت به‌عنوان آهن‌ربای دائم استفاده می‌شوند. بنابراین می‌بایست مقاومت بالایی در برابر از دست‌دادن مغناطش خود داشته باشند. از نظر حلقه‌ی پسماند، این مواد میزان انرژی پسماندزدا و چگالی شار اشباع بالا و هم‌چنین نفوذپذیری اولیه‌ی پایین و اتلاف انرژی پسماند بالایی دارند. مواد فرومغناطیس نرم در وسایلی که تحت میدان مغناطیسی متغیر کار می‌کنند، استفاده می‌شوند. فرومغناطیس‌ها به‌ویژه آلیاژهای آهن-نیکل به‌دلیل خواص منحصر به فردشان از قبیل نفوذپذیری مغناطیسی اولیه‌ی بالا، میدان پسماندزدایی پایین، اتلاف انرژی کم و هم‌چنین کاربرد در زمینه‌ی ترانسفورماتور قدرت، سیم پیچ اندوکتانس، حفاظ‌های مغناطیسی و ترانسفورماتورهای فرکانس بالا حائز اهمیت می‌باشند. به‌دلیل ویژگی‌های این دسته از آلیاژها به‌ویژه آلیاژ پرم‌الوی ($\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}$) و کاربرد آن در صنعت، سبب شد که در این پایان‌نامه به ساخت و بررسی خواص ساختاری، مغناطیسی و دی‌الکتریکی این ترکیب و آلیاژ آن با کبالت پرداخته شود. در راستای این اهداف، فصل اول شامل دیدگاهی بر مواد و آلیاژها می‌باشد. فصل دوم، به کلیاتی از مغناطیس و بررسی مواد فرومغناطیس به‌ویژه آلیاژهای آهن-نیکل اختصاص داده شده است. فصل سوم، اهداف تحقیق، روش به‌کارگرفته برای ساخت آلیاژ $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}$ و آلیاژ آن با کبالت و فعالیت‌های آزمایشگاهی صورت گرفته مورد بررسی قرار می‌گیرد. هم‌چنین به معرفی روش‌ها و دستگاه‌هایی که برای بررسی و نتایج پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند، پرداخته شده است. سرانجام فصل چهارم، به بررسی و تحلیل مفصل نتایج فعالیت‌های تجربی صورت گرفته، اختصاص داده می‌شود.

فهرست مطالب

۱	فصل اول: دیدگاهی بر آلیاژها.....
۲	۱-۱ تاریخچه‌ی مواد و علم مواد.....
۵	۲-۱ تعریف آلیاژ.....
۵	۳-۱ محلول جامد.....
۶	۱-۳-۱ محلول جامد جانشین.....
۸	۲-۳-۱ محلول جامد بین‌نشین.....
۸	۳-۳-۱ ترکیب‌های بین‌فلزی.....
۹	۴-۱ اهمیت آلیاژها.....
۹	۱-۴-۱ افزایش سختی فلز.....
۹	۲-۴-۱ دارا بودن نقطه‌ی ذوب پایین.....
۹	۳-۴-۱ افزایش مقاومت در برابر خوردگی.....
۱۰	۴-۴-۱ تغییر رنگ.....
۱۰	۵-۴-۱ بهبود ریخته‌گری.....
۱۰	۶-۴-۱ تغییر فعالیت شیمیایی فلز.....
۱۰	۵-۱ تولید آلیاژها.....
۱۰	۱-۵-۱ روش ذوب.....
۱۱	۲-۵-۱ روش کاهش.....
۱۱	۳-۵-۱ روش الکترولیتی.....
۱۱	۴-۵-۱ متالورژی پودر.....

۱۳	..... فصل دوم: کلیاتی از مغناطیس
۱۴	..... ۱-۲ مقدمه
۱۵	..... ۲-۲ تعاریف مقدماتی
۱۷	..... ۳-۲ حوزه‌ی مغناطیسی
۱۸	..... ۴-۲ منحنی پسماند
۲۰	..... ۵-۲ دسته‌بندی مواد از لحاظ مغناطیسی
۲۰	..... ۱-۵-۲ دیامغناطیس
۲۰	..... ۲-۵-۲ پارامغناطیس
۲۱	..... ۳-۵-۲ آنتی فرومغناطیس
۲۱	..... ۴-۵-۲ فری مغناطیس
۲۲	..... ۵-۵-۲ فرومغناطیس
۲۲	..... ۱-۵-۵-۲ مواد مغناطیسی سخت
۲۳	..... ۲-۵-۵-۲ مواد مغناطیسی نرم
۲۴	..... ۱-۲-۵-۵-۲ آلیاژهای آهن- نیکل

۲۷	..... فصل سوم: ساخت $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ آلیاژ داده‌شده با کبالت
۲۸	..... ۱-۳ اهداف تحقیق
۲۸	..... ۲-۳ مقدمه
۲۹	..... ۳-۳ تاریخچه
۲۹	..... ۴-۳ آلیاژسازی مکانیکی
۳۲	..... ۱-۴-۳ انواع آسیاها
۳۳	..... ۱-۱-۴-۳ آسیای گلوله‌ای سیاره‌ای
۳۳	..... ۲-۴-۳ سازوکار آلیاژسازی مکانیکی
۳۵	..... ۳-۴-۳ عوامل مؤثر بر آسیاکاری

- ۳-۵ فعالیت‌های آزمایشگاهی انجام گرفته شده..... ۳۷
- ۳-۶ روش‌های بررسی خواص ساختاری و مغناطیسی نمونه‌ها..... ۳۸
- ۳-۶-۱ آنالیز فازی و شاخصه‌های ساختاری پودرها..... ۳۸
- ۳-۶-۲ ریخت‌شناسی و ترکیب شیمیایی پودرها..... ۳۹
- ۳-۶-۳ بررسی خواص مغناطیسی نمونه‌ها..... ۴۰
- ۳-۶-۴ بررسی نفوذپذیری و اتلاف مغناطیسی پودرها..... ۴۱
- ۳-۶-۴-۱ معرفی دستگاه LCR متر..... ۴۱
- ۳-۶-۴-۲ آماده سازی نمونه‌ها جهت استفاده از دستگاه LCR متر..... ۴۳
- ۳-۶-۴-۲-۱ ثابت دی‌الکتریک (ε)..... ۴۳
- ۳-۶-۴-۲-۲ اتلاف مغناطیسی..... ۴۴
- ۳-۶-۴-۲-۳ اتلاف پسماند..... ۴۴
- ۳-۶-۴-۲-۴ جریان گردابی..... ۴۵
- ۳-۶-۴-۳ نفوذپذیری مغناطیسی نمونه‌ها (μ)..... ۴۶
- ۴۸ فصل چهارم: بررسی و تحلیل آزمایش‌های انجام شده.....
- ۴-۱ مقدمه..... ۴۹
- ۴-۲ تولید پودر مغناطیسی آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ ۴۹
- ۴-۲-۱ بررسی اثر اندازه‌ی گلوله‌های آسیا بر ساختار بلوری آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و نتایج حاصل از الگوی پراش اشعه‌ی ایکس (XRD)..... ۵۰
- ۴-۲-۲ بررسی اثر سرعت آسیا بر ساختار بلوری آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و نتایج حاصل از الگوی پراش اشعه‌ی ایکس (XRD)..... ۵۰
- ۴-۲-۳ نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)..... ۵۴
- ۴-۲-۴ بررسی اثر زمان آسیا بر ساختار بلوری آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و نتایج حاصل از الگوی پراش اشعه‌ی ایکس (XRD)..... ۵۶
- ۴-۳ بررسی اثر آرایش کبالت بر خواص ساختاری، مغناطیسی و دی‌الکتریکی آلیاژ

۵۸..... $\text{Ni}_{0.8-x}\text{Co}_x\text{Fe}_{0.2}$ (x=۰، ۰٫۲، ۰٫۴، ۰٫۶، ۰٫۸)

۵۸.....۱-۳-۴ نتایج حاصل از الگوی پراش پرتو ایکس (XRD)

۶۰.....۲-۳-۴ نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

۶۲.....۳-۳-۴ نتایج حاصل از مغناطوسنج نمونه‌ی ارتعاشی (VSM)

۶۹.....۴-۳-۴ نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص دی‌الکتریک توسط LCR متر

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ عمومی‌ترین دسته‌بندی مواد از نظر مهندسی..... ۴
- شکل ۲-۱ (محلول جامد. الف) محلول جامد جانشین ب) محلول جامد جانشین نامنظم ج) محلول جامد جانشین منظم..... ۶
- شکل ۳-۱ محلول جامد بین‌نشین..... ۸
- شکل ۴-۱ حمام الکترولیز تولید آلیاژ..... ۱۱
- شکل ۵-۱ تولید آلیاژ به روش متالورژی پودر..... ۱۲
- شکل ۱-۲ الف: شکل شماتیک از حوزه‌ها در یک ماده‌ی فرومغناطیس یا فری‌مغناطیس ب: نمایش تغییر جهت از دوقطبی‌های مغناطیسی در عبور از دیواره‌ی حوزه‌ها..... ۱۸
- شکل ۲-۲ منحنی پسماند مغناطیسی..... ۱۹
- شکل ۳-۲ دیامغناطیس..... ۲۰
- شکل ۴-۲ پارامغناطیس..... ۲۱
- شکل ۵-۲ آنتی‌فرومغناطیس..... ۲۱
- شکل ۶-۲ فری‌مغناطیس..... ۲۲
- شکل ۷-۲ فرومغناطیس..... ۲۲
- شکل ۱-۳ قابلیت‌های فرآیندهای آلیاژسازی مکانیکی..... ۳۱
- شکل ۲-۳ نمایی از آسیا گلوله‌ای سیاره‌ای و نحوه‌ی حرکت گلوله‌ها و پودر در آن..... ۳۳
- شکل ۳-۳ شماتیکی از دستگاه VSM..... ۴۱
- شکل ۱-۴ الگوی پراش Ni-Fe آسیا شده به مدت ۶ ساعت، سرعت ۲۵۰ دور در دقیقه و با گلوله‌هایی با اندازه‌ی قطر متفاوت..... ۵۰
- شکل ۲-۴ الگوی پراش ترکیب Ni-Fe آسیا شده به مدت ۶ ساعت با گلوله‌هایی به اندازه‌ی قطر ۱۰ میلی‌متر در سرعت‌های مختلف..... ۵۱
- شکل ۳-۴ الگوی پراش ترکیب Ni-Fe آسیا شده به مدت ۶ ساعت با گلوله‌هایی به اندازه‌ی قطر ۱۰ میلی‌متر در سرعت‌های ۴۰۰ و ۴۵۰ دور بر دقیقه..... ۵۲

- شکل ۴-۴ نمودار اندازه‌ی بلورک و کرنش بر حسب سرعت آسیا..... ۵۲
- شکل ۴-۵ نمودار پارامتر شبکه به‌عنوان تابعی از سرعت آسیا..... ۵۳
- شکل ۴-۶ تصویرها SEM آلیاژ Ni-Fe در سرعت های مختلف در مقیاس دو میکرومتر
(الف) ۲۵۰ T/min (ب) ۳۵۰ T/min (ج) ۴۵۰ T/min (د) ۵۵۰ T/min..... ۵۵
- شکل ۴-۷ الگوی پراش ترکیب Ni-Fe آسیا شده با سرعت ۴۵۰ دور بر دقیقه و گلوله‌هایی
به اندازه‌ی قطر ۱۰ میلی‌متر در زمان‌های مختلف آسیا..... ۵۶
- شکل ۴-۸ نمودار اندازه‌ی بلورک و کرنش بر حسب زمان آسیا..... ۵۷
- شکل ۴-۹ نمودار پارامتر شبکه به‌عنوان تابعی از زمان آسیا..... ۵۷
- شکل ۴-۱۰ الگوی پراش ترکیب $Ni_{0.8-x}Fe_{0.2}Co_x$ در x های متفاوت..... ۵۹
- شکل ۴-۱۱ نمودار اندازه‌ی بلورک $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ با درصد های مختلف x ۶۰
- شکل ۴-۱۲ تصاویر SEM در مقیاس دو میکرومتر (الف) $x=0$ (ب) $x=0.2$ (ج) $x=0.4$
(د) $x=0.6$ (ه) $x=0.8$ ۶۲
- شکل ۴-۱۳ مقایسه بین داده‌های تجربی (---) و نظری (خط تیره‌ها) گشتاور مغناطیسی
اشباع در هر اتم (M_s) برای آلیاژهای Fe-Co، Co-Ni و Ni-Cu. خطوط عمودی کوتاه بیانگر
تغییر ساختار بلوری می‌باشد..... ۶۳
- شکل ۴-۱۴ منحنی پسماند مغناطیسی آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ بر حسب x (۰.۸، ۰.۶، ۰.۴،
 $x=0$ ، ۰.۲)..... ۶۶
- شکل ۴-۱۵ منحنی پسماند مغناطیسی آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ بر حسب x (۰.۸، ۰.۶، ۰.۴،
 $x=0$ ، ۰.۲)..... ۶۶
- شکل ۴-۱۶ نمودار مغناطش اشباع آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ بر حسب x (۰.۸، ۰.۶، ۰.۴،
 $x=0$ ، ۰.۲)..... ۶۷
- شکل ۴-۱۷ نمودار مغناطش پسماند آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ بر حسب x (۰.۸، ۰.۶، ۰.۴،
 $x=0$ ، ۰.۲)..... ۶۷
- شکل ۴-۱۸ نمودار وادارندگی مغناطیسی آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ بر حسب x (۰.۸، ۰.۶، ۰.۴،
 $x=0$ ، ۰.۲)..... ۶۸

- شکل ۴-۱۹ نمودار ناهمسانگردی مغناطوبلورین آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ بر حسب x (۰٫۸، ۰٫۶، ۰٫۴، ۰٫۲، ۰)..... ۶۸
- شکل ۴-۲۰ نمودار ناهمسانگردی بلوری آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ بر حسب x (۰٫۸، ۰٫۶، ۰٫۴، ۰)..... ۶۸
- شکل ۴-۲۱ نمودار میدان مغناطیس زدای آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ بر حسب x (۰٫۸، ۰٫۶، ۰٫۴، ۰)..... ۶۹
- شکل ۴-۲۲ نمودار ثابت دی‌الکتریک نسبی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۲
- شکل ۴-۲۳ نمودار ثابت دی‌الکتریک نسبی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۳
- شکل ۴-۲۴ نمودار ثابت دی‌الکتریک نسبی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژهای $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۳
- شکل ۴-۲۵ نمودار اتلاف دی‌الکتریک بر حسب فرکانس برای آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۴
- شکل ۴-۲۶ نمودار اتلاف دی‌الکتریک بر حسب فرکانس برای آلیاژ $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۴
- شکل ۴-۲۷ نمودار اتلاف دی‌الکتریک بر حسب فرکانس برای آلیاژهای $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۵
- شکل ۴-۲۸ نمودار رسانندگی الکتریکی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۵
- شکل ۴-۲۹ نمودار رسانندگی الکتریکی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۶
- شکل ۴-۳۰ نمودار رسانندگی الکتریکی بر حسب فرکانس برای آلیاژهای $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف..... ۷۶
- شکل ۴-۳۱ نمودار نفوذپذیری مغناطیسی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ

- ۷۷..... $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.
- شکل ۳۲-۴ نمودار نفوذپذیری مغناطیسی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ
- ۷۷..... $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.
- شکل ۳۳-۴ نمودار نفوذپذیری مغناطیسی بر حسب فرکانس برای $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و
- ۷۸..... $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.
- شکل ۳۴-۴ نمودار ضریب القای مغناطیسی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ
- ۷۸..... $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.
- شکل ۳۵-۴ نمودار ضریب القای مغناطیسی بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ
- ۷۹..... $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.
- شکل ۳۶-۴ نمودار ضریب القای مغناطیسی بر حسب فرکانس برای آلیاژهای $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و
- ۷۹..... $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.
- شکل ۳۷-۴ نمودار مقاومت سری سیم پیچ بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ
- ۸۰..... $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.
- شکل ۳۸-۴ نمودار مقاومت سری سیم پیچ بر حسب فرکانس در مدار سری برای آلیاژ
- ۸۰..... $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.
- شکل ۳۹-۴ نمودار مقاومت سری سیم پیچ بر حسب فرکانس برای آلیاژهای $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ و
- ۸۱..... $Co_{0.8}Fe_{0.2}$ در ضخامت‌های مختلف.

فهرست جداول

- جدول ۱-۲ برخی از مواد فرومغناطیس نرم و برخی از کاربردهای آنها..... ۲۴
- جدول ۲-۲ فازهای دوتایی براساس میزان نیکل موجود در آلیاژ در دمای اتاق..... ۲۵
- جدول ۳-۲ دسته‌بندی آلیاژهای آهن-نیکل..... ۲۶
- جدول ۱-۳ مشخصات دستگاه آسیای مورد استفاده جهت آلیاژسازی..... ۳۸
- جدول ۱-۴ برخی ویژگی‌های نیکل و آهن..... ۴۹
- جدول ۲-۴ ثابت شبکه، اندازه‌ی بلورک‌ها، متوسط اندازه‌ی ذرات و کرنش آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ در سرعت‌های مختلف آسیاکاری..... ۵۳
- جدول ۳-۴ شعاع یونی عناصر مختلف..... ۵۳
- جدول ۴-۴ اندازه‌ی ذرات آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ آسیا شده در سرعت‌های مختلف..... ۵۶
- جدول ۵-۴ ثابت شبکه، اندازه‌ی بلورک‌ها و کرنش آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ در زمان‌های مختلف آسیاکاری..... ۵۸
- جدول ۶-۴ ثابت شبکه، اندازه‌ی بلورک‌ها، اندازه ذرات و کرنش آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ ($x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)..... ۵۹
- جدول ۷-۴ ریخت‌شناسی و اندازه ذرات آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ ($x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)..... ۶۲
- جدول ۸-۴ خواص مغناطیسی آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ ($x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)..... ۶۷
- جدول ۹-۴ خواص دی‌الکتریکی آلیاژ $Ni_{0.8-x}Co_xFe_{0.2}$ ($x=0, 0.8$) در دمای اتاق..... ۸۱

فصل اول

دیدگاهی بر آلیاژها

۱-۱ تاریخچه‌ی مواد و علم مواد

مواد در پیشرفت جوامع بشری نقش بسیار مهمی داشته‌اند، به‌طوری‌که مورخین، هر دوره‌ی تاریخی را با نام یکی از موادی که در آن دوره نقش مهمی داشته است، نام‌گذاری کرده‌اند. عصر سنگ و عصر برنز از جمله این نام‌گذاری‌هاست. این نشان‌دهنده‌ی نقش مهم مواد و اهمیت آن‌ها در زندگی بشر و کنترل رفتارهای او طی هزاره‌های گذشته است. از نقطه‌نظر تاریخی می‌توان گفت تمدن بشری با عصر سنگ آغاز شده است. در این دوران بشر برای تولید ابزار، سرپناه و سلاح، بر موادی متکی بوده است که از محیط اطراف خود به‌دست می‌آورده، مانند استخوان حیوانات، سفال، چوب و از همه مهم‌تر سنگ. ابزارهای سنگی به دلیل استحکام و سختی مناسب‌شان بسیار مورد توجه بوده‌اند و لذا این دوران را با عنوان دوران سنگ یا عصر سنگی و نوسنگی می‌شناسند. نخستین اشیاء فلزی ساخته شده به‌دست انسان، اشیاء کوچک مسی چکش‌کاری شده‌ای هستند که به نیمه اول هزاره چهارم پیش از میلاد، یعنی پایان عصر سنگ باز می‌گردند. در این دوران انسان در طبیعت به ماده‌ای برخورد کرد که هنگام ضربه‌خوردن نمی‌شکست، بلکه به علت نرمی تغییر شکل می‌یافت. این نوسنگی مس بود، البته در آن زمان بشر هنوز به خاصیت ذوب شدن فلزها پی نبرده بود. این امر توسط سفال‌گری کشف شد که ضمن پختن اشیاء سفالین خود در کوره، متوجه شد که بعضی از سنگ‌ها در برابر حرارت ذوب می‌شوند و به شکلی دیگر در می‌آیند [۱].

دیری نباید که در تاریخ بشری، آلیاژها^۱ شروع به بازی یک نقش محوری در میان سایر مواد مورد استفاده کردند، زیرا خیلی زود این امر به رسمیت شناخته شد که بسیاری از خواص مطلوب می‌تواند با مخلوط شدن یک فلز با عنصر دیگری به‌ویژه با فلزی دیگر ایجاد شوند. زمانی که ابزارهایی از برنز (مس ۷۰-۹۵٪ و قلع ۳۰-۵٪) نسبت به ابزارهایی که از سنگ یا مس خالص ساخته شده‌اند، غالب شدند، آلیاژهای فلزی در دوره‌ی جدید از زندگی انسانی کاربرد پیدا کردند. توسعه آلیاژ فلزی به ۵۰۰۰ هزار سال قبل از میلاد در شرق دور، چین، هندوچین، تایلند، ویتنام و در شرق هند برمی‌گردد.

تکامل سخت شدن یک فلز توسط آلیاژسازی با امکان ریخته‌گری شکل‌های پیچیده در قالب‌های خاص ساخته شده با موم جاسازی شده در خاک رس همراه بوده است.

علی‌رغم این‌که ریشه‌ی تولید آلیاژ به اوایل تاریخ بشر برمی‌گردد، اما چیزی که به‌عنوان "تحقیقات علمی آلیاژ" شناخته شده است، از قرن نوزدهم آغاز گردید. در قرن نوزدهم ارتباط محکمی بین پیشرفت در علم و صنعت به‌وجود آمد. این پیشرفت‌ها آغازی برای مطالعات پیچیده‌تر آلیاژها توسط توسعه‌ی بلورشناسی، قابلیت ارتجاعی، الکتروشیمی و فلزشناسی همراه با یک توسعه در زمینه‌ی تجربی (برای مثال: درجه‌ی حرارت، اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی و سختی) بوده است. اولین قدم مهم به سمت درک سنتتیک آلیاژها، انتشار بررسی حالت جامد توسط رابرتس -آستن^۲ (۱۸۹۶) بود که نشان داد، ضریب نفوذ طلا در سرب به‌طور شگفت‌آوری به مراتب بیش از انتظار بود. مطالعه‌ی سیستماتیک نمودار فاز دوتایی به تامن^۳ (۱۸۹۷) نسبت داده شده است. ایده‌ی بلورینگی فلز و آلیاژ در قرن هجدهم و نوزدهم در حال رشد بود، اما شواهد قطعی از ساختار بلوری آن‌ها بعد از کشف اشعه ایکس توسط لائو^۴ (۱۹۱۲) به‌عنوان نوعی از امواج الکترومغناطیس که می‌تواند توسط بلور پراکنده شود، انجام شد. بلافاصله بعد از آن، براگ^۵ و پسرش (۱۹۱۳-۱۹۱۴) با استفاده از اشعه‌ی ایکس سیستماتیک برای مطالعه‌ی بلور و تعیین

^۱ alloy

^۲Roberts-Austen

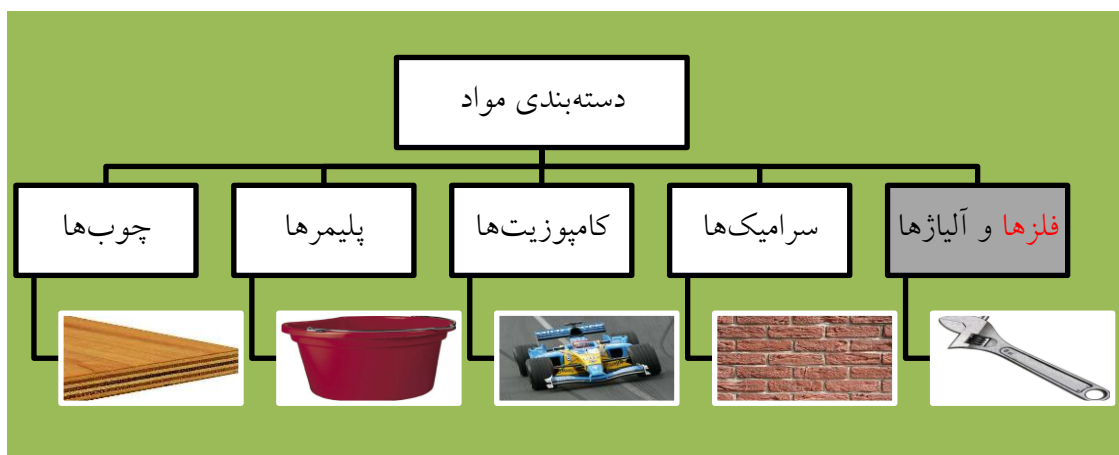
^۳Tammann

^۴M. von Laue

^۵W. H. Bragg

سلول واحد بسیاری از فازهای میانی و اولیه، انقلابی را در زمینه‌ی بلورشناسی به ارمغان آوردند [۲].

مواد در مهندسی به پنج دسته تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۱-۱). عوامل اساسی در دسته‌بندی عبارت‌اند از: ۱. ترکیب شیمیایی ۲. طرز وقوع آن‌ها در طبیعت ۳. فرآیند تولید و تصفیه برای تعیین موادی که به‌منظور به‌دست آوردن ویژگی‌های دلخواه مورد نیاز است. ۴. ساختار بلوری و ذره‌ای ۵. استفاده‌ی صنعتی و فنی [۳].



شکل ۱-۱ عمومی‌ترین دسته‌بندی مواد از نظر مهندسی [۳].

در این پروژه به بررسی فلزات و به‌ویژه آلیاژها پرداخته شده است.

همه عناصر بر طبق خواص آن‌ها در دو دسته‌ی فلز و غیر فلز تقسیم‌بندی می‌شوند.

خواص مواد فلزی ناشی از: ۱. اتم‌هایی که این مواد فلزی را می‌سازند و ۲. روشی که این

اتم‌ها در شبکه‌ی فضایی منظم می‌شوند. خواص بنیادی و مهم فلزها عبارت‌اند از:

- ❖ معمولاً رسانا خوبی برای گرما و الکتریسته هستند.
- ❖ در دمای معمولی جامدند.
- ❖ چکش‌خوار و مفتول‌شدنی هستند.
- ❖ سطح بریده آن‌ها درخشان است.
- ❖ وقتی به آن‌ها ضربه‌ای وارد می‌شود، نوعی صدا تولید می‌کنند.

❖ بسیاری از فلزات آلیاژها را شکل می دهند [۳].

در این جا ما به بررسی خاصیت آلیاژی فلزها می پردازیم.

۲-۱ تعریف آلیاژ

خاستگاه واژه‌ی آلیاژ، از زبان فرانسوی است و در اصل به معنی آلوده شدن یک فلز پایه به وسیله‌ی فلز دیگر است. در اصطلاح، آلیاژ مخلوطی از دو یا چند عنصر شیمیایی است که حداقل یکی از آن‌ها فلز باشد. عنصر آلیاژی می تواند بر روی موقعیت‌های شبکه‌ی بلوری عنصر میزبان توزیع شده و یک محلول جامد^۱ تولید کند، یا می تواند فازهای متفاوتی تشکیل دهند که به عنوان ذراتی در مخلوط حضور پیدا می کنند. علی‌رغم این که خواص فیزیکی محلول جامد در اصل توسط ترکیب شیمیایی اجزای تشکیل دهنده‌ی آن تعیین می شود، اما ویژگی‌های آلیاژهای چند فازی معمولاً تا درجه زیادی توسط توزیع فضایی ذرات فاز دوم تعیین می شود. مقدار عملی درست یک آلیاژ را از روی دانش و مهارت در انتخاب اجزای تشکیل دهنده، نسبت آن‌ها و عملیات حرارتی می توان فهمید. آلیاژ (ترکیب نقره و طلا) معمولاً از مخلوط فلزات پایه به دست می آید [۴,۲].

۳-۱ محلول جامد

وقتی دو فلز به طور کامل در یک حالت جامد یا حالت مایع حل شوند، محلول جامد شکل می گیرد. به بیان دیگر، مخلوط همگنی از دو یا انواع زیادی از اتم‌ها (فلزات) در حالت جامد به عنوان محلول جامد شناخته می شوند. ذرات زیادتر به عنوان حلال و ذرات کم‌تر به عنوان حل شونده منسوب می شوند. برای مثال، نقره استرلینگ (۹۲٫۵ درصد نقره و بقیه مس) محلول جامدی از نقره و مس است که اتم‌های نقره حلال و اتم‌های مس حل شونده می باشند. در مثال دیگری می توان برنج را نام برد. برنج محلول جامدی با ۶۴ درصد مس و ۳۶ درصد روی می باشد. در این جا، مس حلال و روی حل شونده خواهد بود [۵].

^۱ Solid solution

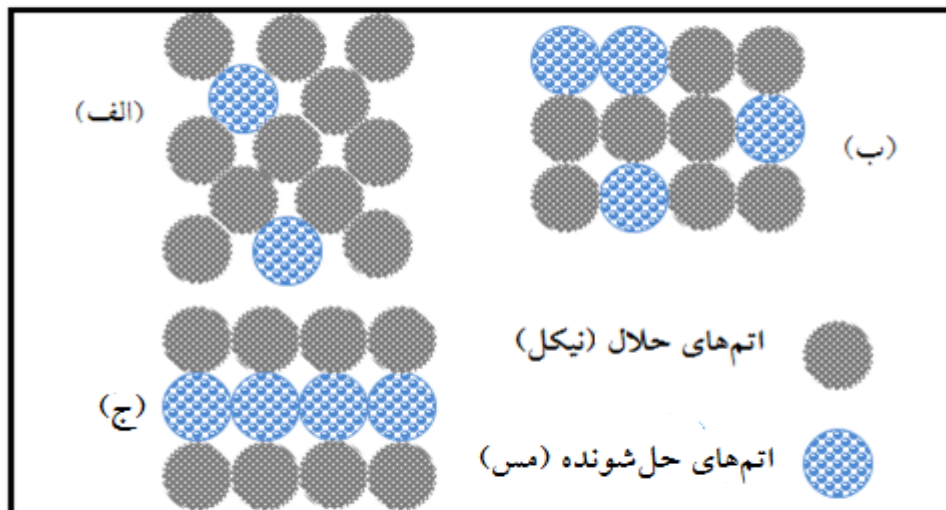
انواع محلول‌های جامد

الف) محلول جامد جانشین^۱

ب) محلول جامد بین‌نشین^۲

۱-۳-۱ محلول جامد جانشین

اگر اتم‌های حلال یا فلز اصلی در شبکه‌ی بلور، توسط اتم‌های فلز حل‌شونده جانشین شوند، این محلول به‌عنوان محلول جامد جانشین مشهور است. برای مثال، اتم‌های مس ممکن است جانشین اتم‌های نیکل شوند، بدون این‌که ساختار fcc نیکل را آشفته کنند (شکل ۲-۱ الف). در محلول جامد جانشین، این جانشینی ممکن است منظم یا نامنظم باشد. شکل ۲-۱ ب، یک محلول جانشین نامنظم را نشان می‌دهد. در این شکل اتم‌های حل‌شونده به‌صورت نامنظم بر روی جایگاه شبکه‌ای اتم‌های حلال جانشین می‌شود. شکل ۲-۱ ج، بیانگر یک محلول جامد جانشین منظم است. در این جا اتم‌های حل‌شونده در یک حالت منظم بر روی جایگاه شبکه‌ای اتم‌های حلال جانشین می‌شوند [۶، ۷].



شکل ۲-۱ محلول جامد. الف) محلول جامد جانشین ب) محلول جامد جانشین نامنظم ج) محلول جامد جانشین منظم [۶].

^۱Substitutional solid solution

^۲Interstitial solid solution

قوانین روزاری برای شکل دهی محلول جامد جانشین

با مطالعه‌ی تعدادی از سیستم‌های آلیاژی، هیوم روزاری^۱ قوانین معینی را فرمول‌بندی کرد که شکل دهی محلول جامد جانشین را تابع خود کرده است. این قوانین به صورت زیر می‌باشند:

۱. عامل ساختار بلور

برای انحلال‌پذیری کامل جامد، هر دو عنصر باید شکل یکسانی از ساختار بلوری را داشته باشند. برای مثال: هر دو عنصر باید ساختار fcc یا bcc یا hcp داشته باشند.

۲. ضریب اندازه نسبی

هنگامی که تفاوت اندازه‌ی (شعاع یونی) بین دو عنصر افزایش یابد، انحلال‌پذیری جامد بسیار محدود می‌شود. برای بیش‌ترین انحلال‌پذیری جامد، تفاوت در اندازه‌ی دو عنصر باید کم‌تر از ۱۵ درصد باشد. اگر ضریب اندازه‌ی نسبی بیش‌تر از ۱۵ درصد باشد، انحلال‌پذیری جامد محدود می‌باشد. برای مثال، نقره و سرب هر دو ساختار fcc دارند و ضریب اندازه‌ی نسبی آن‌ها ۲۰ درصد می‌باشد. از این‌رو انحلال‌پذیری سرب در نقره جامد ۱/۵ درصد و انحلال‌پذیری نقره در سرب جامد ۰/۱ درصد می‌باشد. مس و نیکل به هر نسبتی در هم حل می‌شوند. آن‌ها یک نوع ساختار بلوری fcc دارند و در شعاع اتمی به اندازه‌ی ۲ درصد متفاوتند.

۳. ضریب میل ترکیب شیمیایی

انحلال‌پذیری جامد وقتی که دو فلز میل ترکیبی شیمیایی کوچک‌تری دارند، بیش‌تر رخ می‌دهد. هر چه قدر میل ترکیبی شیمیایی دو فلز بزرگ‌تر باشد، تمایل به ساخت ترکیب بزرگ‌تر می‌شود. در حالت کلی، اگر دو فلز در جدول تناوبی با فاصله‌ی زیادی جدا از هم باشند، آن‌گاه دارای میل ترکیبی شیمیایی بیش‌تری هستند و احتمال بیش‌تری وجود دارد که نوعی ترکیب شکل دهند تا این‌که یک محلول جامد تشکیل گردد.

^۱Hume Rothery