

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مواد و متالورژی

**بررسی اندرکنش فیلمهای اکسیدی دوگانه محبوس و
ترکیبات بین فلزی غنی از آهن و تأثیر آن
بر رفتار تریبولوژیکی آلیاژهای هیپوئوتکتیک Al-Si**

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مواد و متالورژی گرایش شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

نوشین اکبری

استاد راهنما:

دکتر رضا تقی آبادی

استاد مشاور:

دکتر احمد رزاقیان آرانی

بهمن ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به پدر، مادر و

خواهر عزیزم

تقدیر و تشکر

در ابتدا لازم می دانم که از زحمات استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر رضا تقی آبادی و همچنین استاد مشاور جناب آقای دکتر احمد رزاقیان که با راهنمایی هایشان مرا در انجام هرچه بهتر پروژه یاری رساندند تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از سرکار خانم مهندس نظری، سرکار خانم مهندس چادرباف و سرکار خانم مهندس عسگری مسئولین محترم آزمایشگاه تشکر می نمایم.



تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب نوشین اکابری دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد گرایش شناسایی و انتخاب مواد که در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۱ از پایان نامه ی خود تحت عنوان بررسی اندرکنش فیلمهای اکسیدی دوگانه محبوس و ترکیبات بین فلزی غنی از آهن و تأثیر آن بر رفتار تریبولژیکی آلیاژهای هیپووتکتیک Al-Si با کسب درجه ی عالی دفاع کرده ام، شرعا و قانونا متعهد می شوم:

۱. مطالب مندرج در این پایان نامه، حاصل تحقیق و مطالعه اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و غیره استفاده کرده ام، با رعایت کامل امانت، مطابق مقررات، اقدام به ارجاع در متن و ذکر آن در فهرست منابع و مآخذ نموده ام.
۲. تمامی یا بخشی از این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی به سایر دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.
۳. مقالات مستخرج از این پایان نامه کاملا حاصل کار اینجانب بوده و از هرگونه جعل داده و یا تغییر اطلاعات پرهیز کرده ام.
۴. از ارسال همزمان و یا تکراری مقالات مستخرج از این پایان نامه (با بیش از ۳ درصد همپوشانی) به مجلات و یا همایش های گوناگون خودداری نموده و می نمایم.
۵. کلیه حقوق مادی و معنوی حاصل از این پایان نامه متعلق به دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) بوده و متعهد می شوم هرگونه بهره مندی و یا نشر دستاوردهای حاصل از این تحقیق اعم از چاپ کتاب، مقاله، ثبت اختراع و غیره (چه در زمان دانشجویی و یا بعد از فراغت از تحصیل) با کسب اجازه از استاد (استادان) راهنما باشد.
۶. در صورت اثبات تخلف و نقض موارد پندگانه فوق (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) از درجه اعتبار ساقط و اینجانب هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی دانشجو

نوشین اکابری

امضاء



سوگندنامه دانش آموختگان کارشناسی ارشد دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

به نام خدا

سپاس ایزد منان را که مرا مشمول الطاف خویش نمود که با طی مراحل تحصیل موفق به اخذ درجه کارشناسی ارشد شوم. به شکرانه این نعمت بزرگ الهی که با امکانات این مرز و بوم، فراهم و نزد اینجانب به امانت گذاشته شده است، در پیشگاه ملت ایران به کتاب آسمانی خود، قرآن کریم، سوگند یاد می کنم که :

- در سراسر زندگی حرفه ای، در راه اعتلای کشور ایران و جامعه بشری به نحو احسن قدم برداشته و در این راه از هیچ تلاشی دریغ ننمایم.
- در تمام فعالیت های تخصصی، رضای خدا را همراه با صداقت علمی و اجتماعی در نظر داشته و از موقعیت های به دست آمده در جهت رفع مشکلات جامعه استفاده کنم و در همه ی امور، منافع کشور را بر منافع فردی مقدم بدارم.
- همواره علم و دانش خود را به روز نگاه داشته و در ایفای مسئولیت و تعهدات حرفه ای در حد توان سعی و تلاش خود را به کار گیرم.
- و اینک از خداوند علیم توفیق بندگی و پای بندی به مفاد این سوگندنامه را خواستارم و از او می خواهم که مرا در ایفای رسالت علمی و انسانی خویش موفق بدارد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

نوشین اکابری


امضاء

مجوز بهره برداری از پایان نامه/ رساله

رضای تقی آبادی
کلیه حقوق اعم از چاپ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ... از نتایج این پایان نامه برای دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین محفوظ است. بهره برداری از این پایان نامه/ رساله در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می شود، بلامانع است:

- بهره برداری از این پایان نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- بهره برداری از این پایان نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- بهره برداری از این پایان نامه/ رساله تا تاریخ ممنوع است.

استاد راهنما می تواند یکی از گزینه های بالا را انتخاب کند و مسئولین کتابخانه موظف به رعایت موارد تعیین شده می باشد.

نام استاد و یا اساتید راهنما:
تاریخ: 
امضاء: رضا تقی آبادی

چکیده

در این تحقیق تأثیر فیلمهای اکسیدی دوگانه محبوس بر ریزساختار، خواص مکانیکی و خواص سایشی آلیاژ هیپووتکتیک Al-Si حاوی مقادیر مختلف ناخالصی آهن (۰/۲، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی) در دو شرایط ریختگی و عملیات حرارتی شده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله نشان می دهد که با افزایش غلظت آهن تا حدود ۱/۵ درصد وزنی، خواص مکانیکی بهبود می یابد به طوری که میزان استحکام کششی نهایی و درصد ازدیاد طول این آلیاژ نسبت به آلیاژ پایه به ترتیب ۷ و ۵۷ درصد افزایش یافته است اما با تجاوز از غلظت بحرانی به واسطه افزایش طول متوسط و کسر حجمی ترکیبات غنی از آهن، استحکام و به ویژه انعطاف پذیری آلیاژ افت می نماید. خواص سایشی آلیاژهای ریختگی با افزودن آهن به آلیاژ پایه به سبب شکل گیری رسوبات صفحه ای شکل بتا افت می نماید بگونه ای که نرخ سایش آلیاژ حاوی ۱/۵ درصد وزنی آهن تحت سه بار اعمالی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ نیوتن به ترتیب حدود ۹، ۱۳ و ۱۰ درصد افزایش یافته است. در حضور فیلمهای اکسیدی دولایه محبوس در شرایط ریختگی، استحکام کششی نهایی، درصد ازدیاد طول آلیاژ پایه به ترتیب حدود ۲ و ۷ درصد افزایش و مقاومت سایشی آلیاژ در بار ۷۵ نیوتن حدود ۱۵ درصد کاهش می یابد. پس از عملیات حرارتی استحکام کششی نهایی آلیاژ حاوی ۱/۵ درصد وزنی آهن حدود ۲۴ درصد و مقاومت سایشی آن در بار ۷۵ نیوتن حدود ۳۶ درصد افزایش یافته است اما بهبود خواص مکانیکی و سایشی آلیاژ در نتیجه عملیات حرارتی در شرایطی که آلیاژ حاوی مقادیر قابل توجه از فیلمهای اکسیدی محبوس است به مراتب کمتر از شرایطی است که ریخته گری آلیاژ در شرایط مناسب و استاندارد صورت پذیرفته است. بر اساس مشاهدات علت این پدیده احتمالاً باز شدن فیلمهای اکسیدی دوگانه هنگام عملیات حرارتی است. افزودن آهن به آلیاژ عملیات حرارتی شده تا حدودی اثرات مخرب ناشی از حضور فیلمهای اکسیدی محبوس بر سایش آلیاژ را کاهش می دهد. افزودن ۱/۵ درصد وزنی آهن به آلیاژ پایه متلاطم عملیات حرارتی شده نرخ سایش آن را در بار ۷۵ نیوتن حدود ۶ درصد کاهش می دهد.

واژه های کلیدی: Al-Si، فیلم اکسیدی دولایه محبوس، ترکیب بین فلزی، آهن، سایش

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
۱-۱- مقدمه	۲
فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی	
۱-۲- تریبولوژی و سایش آلیاژهای Al-Si	۶
۲-۲- بررسی رژیم‌های سایش لغزشی در آلیاژهای Al-Si	۷
۳-۲- بررسی تأثیر پارامترهای موثر بر میزان سایش آلیاژهای Al-Si	۱۰
۱-۳-۲- تأثیر بار بر میزان سایش	۱۰
۲-۳-۲- تأثیر مسافت لغزش بر میزان سایش	۱۱
۳-۳-۲- تأثیر غلظت و مورفولوژی سیلیسیم بر میزان سایش	۱۳
۴-۳-۲- تأثیر عناصر آلیاژی بر میزان سایش آلیاژهای Al-Si	۱۴
۴-۲- شکل‌گیری ترکیبات بین فلزی در طول انجماد	۱۵
۱-۴-۲- بهسازی ترکیبات بین فلزی غنی از آهن	۱۹
۲-۴-۲- اثر فازهای غنی از آهن بر خواص مکانیکی	۲۱
۵-۲- فیلم‌های اکسیدی در آلیاژهای آلومینیوم	۲۳
۱-۵-۲- اکسیداسیون آلومینیوم	۲۳
۲-۵-۲- انواع فیلم‌های اکسیدی	۲۵
۳-۵-۲- چگونگی تشکیل فیلم‌های اکسیدی نو و حبس آن در مذاب	۲۷
۴-۵-۲- روشهای حذف فیلمهای اکسیدی دولایه	۲۸
۶-۲- اندرکنش بین ترکیبات غنی از آهن و فیلم‌های اکسیدی	۳۰
فصل سوم: مواد و روش پژوهش	
۱-۳- تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه	۳۶
۱-۱-۳- عملیات ذوب و ریخته‌گری	۳۶
۲-۳- بررسی تأثیر عملیات حرارتی T _۶ بر ریزساختار و خواص آلیاژ	۳۹
۳-۳- بررسی ساختار میکروسکوپی، آنالیز تصویری و آنالیز ترکیب شیمیایی فازها	۳۹

فهرست مطالب

۳۹.....	۳-۳-۱- بررسی ساختار میکروسکوپی و آنالیز ترکیب شیمیایی فازها
۴۰.....	۳-۳-۲- آنالیز تصویری
۴۱.....	۳-۴-۴- بررسی خواص مکانیکی
۴۱.....	۳-۴-۱- آزمون کشش
۴۲.....	۳-۴-۲- سختی سنجی
۴۳.....	۳-۵-۵- آزمایشهای سایش
۴۳.....	۳-۵-۱- تهیه پینه های سایش
۴۳.....	۳-۵-۲- تهیه دیسکهای سایش
۴۴.....	۳-۵-۳- طراحی آزمایش سایش
۴۵.....	۳-۶-۶- بررسی های میکروسکوپی
۴۵.....	۳-۶-۱- بررسی سطح سایش
۴۵.....	۳-۶-۲- بررسی نواحی زیر سطحی
۴۵.....	۳-۶-۳- بررسی ذرات ناشی از سایش (ذرات سایشی)

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

۴۸.....	۴-۱- تجزیه و تحلیل تأثیر متقابل ساختار میکروسکوپی و خواص مکانیکی
۵۰.....	۴-۲- بررسی و تجزیه و تحلیل خواص مکانیکی
۵۰.....	۴-۲-۱- خواص کششی آلیاژهای ریختگی
۵۸.....	۴-۲-۲- خواص کششی آلیاژهای عملیات حرارتی شده
۶۴.....	۴-۲-۳- سختی سنجی نمونه های ریختگی
۶۶.....	۴-۲-۴- سختی سنجی نمونه های عملیات حرارتی شده
۶۸.....	۴-۳-۳- بررسی خواص سایشی در دمای محیط
۶۸.....	۴-۳-۱- خواص سایشی نمونه های ریختگی
۸۶.....	۴-۳-۲- خواص سایشی نمونه های عملیات حرارتی شده

فصل پنجم: نتایج

۱۰۲.....	۵-۱- نتایج
----------	------------

فهرست مطالب

فصل ششم: مراجع

۱۰۶	۱-۶- مراجع
۱۱۵	پیوست ۱
۱۱۸	چکیده انگلیسی

فهرست جداول

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
	فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی
۲۵.....	جدول (۱-۲) مشخصات فیلم های اکسیدی [۸۲].....
۲۷.....	جدول (۲-۲) خصوصیات فیلم های اکسیدی نو و کهنه [۸۴].....
	فصل سوم: مواد و روش پژوهش
۳۷.....	جدول (۱-۳) ترکیب شیمیایی آلیاژ مورد استفاده در تحقیق.....
۴۵.....	جدول (۲-۳) مشخصات آزمایش های سایش در این پژوهش.....
	فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری
۴۹.....	جدول (۱-۴) مقایسه پارامترهای ریزساختاری در شرایط ریختگی و عملیات حرارتی.....
۵۴.....	جدول (۲-۴) آنالیز EDS ترکیب بین فلزی نشان داده شده در شکل ۴-۴.....
	فصل پنجم: نتایج
	فصل ششم: مراجع

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی	
شکل (۱-۲) پیدایش ترک های زیر سطحی در فصل مشترک فاز ثانویه با زمینه (ورقه ای شدن) در آلیاژ Al-Si [۳۰].....	۹
شکل (۲-۲) تاثیر بار بر میزان سایش آلیاژهای Al-Si، سرعت لغزش ۱ m/s و قطر پین ۸mm [۲۱].....	۱۰
شکل (۳-۲) تاثیر مسافت بر حجم سایش آلیاژهای Al-Si، سرعت لغزش ۱m/s، بار اعمالی ۱۹/۶N و قطر پین ۸mm [۲۱].....	۱۱
شکل (۴-۲) تاثیر مسافت بر حجم سایش آلیاژهای ۶۰۶۱ با قطر پین ۸mm الف) تغییرات خطی حجم سایش با مسافت لغزش در بارهای کم (سایش خفیف)، ب) تغییر ناگهانی حجم سایش در بار ۹۸N (انتقال رژیم سایش از خفیف به شدید) [۲۱].....	۱۲
شکل (۵-۲) تاثیر میزان سیلیسیم بر میزان سایش آلیاژهای Al-Si، بار اعمالی ۱۹/۶N و قطر پین ۸mm [۲۱].....	۱۳
شکل (۶-۲) گوشه آلومینیوم در نمودار سه تایی Al-Fe-Si [۴۴].....	۱۵
شکل (۷-۲) تصویر ترکیبات بین فلزی مختلف موجود در آلیاژ Al-Si-Mg-Fe الف) صفحات β -Al ₅ FeSi، ب) α -Al ₈ Fe ₂ Si (حروف چینی، ج) فاز II و د) فاز II با مورفولوژی حروف چینی [۵۱].....	۱۷
شکل (۸-۲) تصویر SEM از سطح یک فیلم اکسیدی الف) کهنه، ب) نو [۸۳].....	۲۵
شکل (۹-۲) چگونگی تشکیل و حبس فیلمهای اکسیدی در مذاب [۸۶].....	۲۷
شکل (۱۰-۲) شماتیک دو قالب الف) قالب با فیلتر گذاشته شده در راهگاه آن و ب) قالب بدون فیلتر [۹۴].....	۲۹
شکل (۱۱-۲) چگونگی عبور فلز مذاب از فیلتر سرامیکی قرار داده شده در راهگاه [۹۴].....	۲۹
شکل (۱۲-۲) تصاویر الکترونیهای ثانویه گرفته شده از ذرات آهن درون فیلمهای اکسیدی [۹۷].....	۳۱
شکل (۱۳-۲) الف) رسوب فاز β -Fe در آلیاژ Al-۱۱/۶Si-۰/۳۷Mg، در حالتی که سعی بر ایجاد کمترین میزان فیلم اکسیدی دولایه شده و ب) رسوب فاز β -Fe به همراه عیب ترک ماندنی درمیان خود در همان آلیاژ و در حالت ریخته گری با تلاطم زیاد [۱۰۰].....	۳۱
شکل (۱۴-۲) تصاویر الکترون ثانویه گرفته شده در شکل الف) ترکها در زمینه به همراه فاز آهن آلفا و سیلیسیم دیده می شوند. شکلهای ب) تا ه) تصاویر گرفته شده با بزرگنمایی بیشتر از شکل الف) است.	
شکل و) تصویر با بزرگنمایی بیشتر از ترک پایینی را نشان می دهد [۹۷].....	۳۲

فهرست اشکال

- شکل (۲-۱۵) تصویر SEM فاز غنی از آهن بتا به همراه ترک مرکزی [۹۷]..... ۳۴
- شکل (۲-۱۶) تصاویر SEM از ترک همراه با فازهای غنی از آهن [۹۷]..... ۳۴
- شکل (۲-۱۷) الف) ترک در سلیسیم و فاز آهن بتا و زمینه و تصاویر (ب و ج و د) تصاویر SEM از ترک [۹۷]..... ۳۴

فصل سوم: مواد و روش پژوهش

- شکل (۳-۱) شماتیکی از سیستم ایجاد کننده تلاطم در مذاب..... ۳۷
- شکل (۳-۲) قالب چدنی نمونه آزمایش کشش با ابعاد مربوطه..... ۳۸
- شکل (۳-۳) روش اندازه گیری قطر متوسط ذرات بین فلزی با اشکال نامنظم..... ۴۰
- شکل (۳-۴) ابعاد نهایی نمونه تست کشش [۱۰۷]..... ۴۱
- شکل (۳-۵) شماتیکی از چگونگی تماس پین با دیسک..... ۴۲

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

- شکل (۴-۱) نمودار تغییرات استحکام کششی نهایی آلیاژهای ریختگی حاوی مقادیر مختلف آهن در دو شرایط بدون تلاطم و متلاطم..... ۵۰
- شکل (۴-۲) نمودار تغییرات درصد ازدیاد طول آلیاژهای ریختگی حاوی مقادیر مختلف آهن در دو شرایط بدون تلاطم و متلاطم..... ۵۱
- شکل (۴-۳) تصویر SEM از سطح شکست آلیاژ پایه بدون تلاطم نشان دهنده شکست از تیغه های سلیسیم یوتکتیک..... ۵۲
- شکل (۴-۴) تصویر SEM سطح شکست آلیاژ ریختگی حاوی ۲ درصد وزنی آهن نشان دهنده اشاعه ترکها از درون ذرات فاز بتا..... ۵۴
- شکل (۴-۵) تصویر SEM از ریزساختار آلیاژ ریختگی حاوی ۲ درصد وزنی آهن ترکیبات بتا با فلش نشان داده شده اند..... ۵۵
- شکل (۴-۶) تصویر SEM از سطح شکست آلیاژ حاوی ۱/۵ درصد وزنی آهن، الف) بدون تلاطم و ب) متلاطم..... ۵۶
- شکل (۴-۷) ریزساختار مربوط به آلیاژ ریختگی ۱/۵ درصد وزنی آهن در شرایط ایجاد تلاطم سطحی نشان دهنده تشکیل فاز غنی از آهن در امتداد فیلم اکسیدی..... ۵۷
- شکل (۴-۸) نمودار تغییرات استحکام کششی نهایی آلیاژ عملیات حرارتی شده حاوی مقادیر مختلف آهن در دو شرایط بدون تلاطم و متلاطم..... ۵۸

فهرست اشکال

- شکل (۴-۹) نمودار تغییرات درصد ازدیاد طول آلیاژ عملیات حرارتی شده حاوی مقادیر مختلف آهن در دو شرایط بدون تلاطم و متلاطم..... ۵۹
- شکل (۴-۱۰) کروی شدن ذرات سیلیسیم یوتکتیک در اثر انجام عملیات حرارتی در آلیاژ پایه ۶۰
- شکل (۴-۱۱) خرد شدن ذرات بتا در اثر عملیات حرارتی در آلیاژ حاوی ۲ درصد وزنی آهن ۶۱
- شکل (۴-۱۲) تصویر SEM سطح شکست آلیاژ پایه عملیات حرارتی شده حاوی فیلم اکسیدی ۶۲
- شکل (۴-۱۳) تصویر SEM سطح شکست آلیاژ حاوی ۱/۵ درصد وزنی آهن در شرایط عملیات حرارتی شده الف) بدون تلاطم، ب) متلاطم. وجود شکاف بزرگ روی سطح شکست ناشی از ایجاد تلاطم و اختلاط لایه های فیلمهای اکسیدی به درون مذاب ۶۳
- شکل (۴-۱۴) تاثیر مقادیر مختلف آهن بر سختی آلیاژهای ریختگی دوتایی Al-Si در دو شرایط بدون تلاطم و متلاطم ۶۴
- شکل (۴-۱۵) تاثیر مقادیر مختلف آهن بر سختی آلیاژهای دوتایی Al-Si عملیات حرارتی شده در دو شرایط بدون تلاطم و متلاطم ۶۶
- شکل (۴-۱۶) تغییرات نرخ سایش نمونه های ریختگی بر حسب بار اعمالی در شرایط بدون تلاطم و متلاطم ۶۹
- شکل (۴-۱۷) گوشه غنی از آلومینیم دیاگرام سه تایی Al-Fe-Si [۱۱۷] ۷۰
- شکل (۴-۱۸) تصویر SEM سطح بین آلیاژ الف) $Al-9/5Si-0/2Fe$ و ب) $Al-9/5Si-1/5Fe$ پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت $0/13 m/s$ و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن ۷۱
- شکل (۴-۱۹) تصویر SEM زیر سطح سایش آلیاژهای ریختگی بدون تلاطم الف) $Al-9/5Si-0/2Fe$ و ب) $Al-9/5Si-1/5Fe$ پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت لغزش $0/13 m/s$ و بار اعمالی ۵۰ نیوتن ۷۲
- شکل (۴-۲۰) نمودار تغییرات ضریب اصطکاک بر حسب مسافت آلیاژهای ریختگی بدون تلاطم الف) $Al-9/5Si-0/2Fe$ و ب) $Al-9/5Si-1/5Fe$ ۷۳
- شکل (۴-۲۱) تصویر SEM ذرات سایشی آلیاژهای ریختگی بدون تلاطم الف) $Al-9/5Si-0/2Fe$ و ب) $Al-9/5Si-1/5Fe$ پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت لغزش $0/13 m/s$ و بار اعمالی ۵۰ نیوتن ۷۵
- شکل (۴-۲۲) شماتیکی از چگونگی تاثیر فیلمهای اکسیدی دوگانه بر سایش ۷۷

فهرست اشکال

- شکل (۴-۲۳) تصویر SEM سطح بین آلیاژ پایه الف) بدون فیلم اکسیدی، ب) حاوی فیلم اکسیدی پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت 0.13 m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن..... ۷۸
- شکل (۴-۲۴) تصویر SEM سطح بین آلیاژ الف) Al-9/5Si-0/2Fe ، ب) Al-9/5Si-1/5Fe و ج) Al-9/5Si-2Fe پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت 0.13 m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن..... ۸۰
- شکل (۴-۲۵) تصویر SEM زیرسطح سایش آلیاژهای ریختگی متلاطم الف) Al-9/5Si-0/2Fe ، ب) Al-9/5Si-1/5Fe و ج) Al-9/5Si-2Fe پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت 0.13 m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن..... ۸۲
- شکل (۴-۲۶) نمودار تغییرات ضریب اصطکاک بر حسب مسافت آلیاژهای ریختگی متلاطم الف) Al-9/5Si-0/2Fe ، ب) Al-9/5Si-1/5Fe و ج) Al-9/5Si-2Fe ۸۴
- شکل (۴-۲۷) تصویر SEM سطح بین آلیاژ متلاطم ریختگی الف) Al-9/5Si-0/2Fe ، ب) Al-9/5Si-1/5Fe و ج) Al-9/5Si-2Fe پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت 0.13 m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن..... ۸۵
- شکل (۴-۲۸) تغییرات نرخ سایش نمونه های عملیات حرارتی شده بر حسب بار اعمالی در شرایط بدون تلاطم و متلاطم..... ۸۶
- شکل (۴-۲۹) تصویر SEM سطح بین آلیاژ Al-9/5Si-0/2Fe الف) قبل و ب) بعد از عملیات حرارتی پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت 0.13 m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن..... ۸۷
- شکل (۴-۳۰) انحلال و خرد شدن فاز بتا و کروی شدن ذرات سیلیسیم در نمونه حاوی ۱/۵ درصد وزنی آهن الف) قبل و ب) بعد از عملیات حرارتی..... ۸۸
- شکل (۴-۳۱) تصویر SEM سطح بین آلیاژ Al-9/5Si-1/5Fe عملیات حرارتی شده پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت 0.13 m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن..... ۸۹
- شکل (۴-۳۲) تصویر SEM زیرسطح سایش آلیاژ پایه الف) قبل و ب) بعد از عملیات حرارتی پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت 0.13 m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن..... ۸۹
- شکل (۴-۳۳) نمودار تغییرات ضریب اصطکاک بر حسب مسافت آلیاژهای عملیات حرارتی شده بدون تلاطم الف) Al-9/5Si-0/2Fe و ب) Al-9/5Si-1/5Fe ۹۰
- شکل (۴-۳۴) تصویر SEM ذرات سایشی آلیاژ بدون تلاطم عملیات حرارتی شده الف) Al-9/5Si-0/2Fe و ب) Al-9/5Si-1/5Fe پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت لغزش 0.13 m/s و بار اعمالی ۵۰ نیوتن..... ۹۱

فهرست اشکال

- شکل (۴-۳۵) باز شدن فیلمهای دوگانه محبوس در نمونه حاوی ۲ درصد وزنی آهن ۹۲
- شکل (۴-۳۶) تصویر SEM سطح پین آلیاژ پایه عملیات حرارتی شده الف) بدون تلاطم و ب) متلاطم، مسافت لغزش ۱۰۰۰ متر، دمای محیط، سرعت ۰/۱۳ m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن ۹۳
- شکل (۴-۳۷) تصویر SEM سطح پین آلیاژ متلاطم عملیات حرارتی شده الف) Al-۹/۵Si-۰/۲Fe، ب) Al-۹/۵Si-۱/۵Fe و ج) Al-۹/۵Si-۲Fe پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت ۰/۱۳ m/s و نیروی اعمالی ۵۰ نیوتن ۹۴
- شکل (۴-۳۸) تصویر SEM زیر سطح سایش آلیاژ متلاطم عملیات حرارتی شده الف) Al-۹/۵Si-۰/۲Fe، ب) Al-۹/۵Si-۱/۵Fe و ج) Al-۹/۵Si-۲Fe پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت لغزش ۰/۱۳ m/s و بار اعمالی ۵۰ نیوتن ۹۶
- شکل (۴-۳۹) نمودار تغییرات ضریب اصطکاک بر حسب مسافت آلیاژهای عملیات حرارتی شده متلاطم الف) Al-۹/۵Si-۰/۲Fe و ب) Al-۹/۵Si-۱/۵Fe و ج) Al-۹/۵Si-۲Fe ۹۸
- شکل (۴-۴۰) تصویر SEM زیر سطح سایش آلیاژ متلاطم عملیات حرارتی شده الف) Al-۹/۵Si-۰/۲Fe، ب) Al-۹/۵Si-۱/۵Fe و ج) Al-۹/۵Si-۲Fe پس از سایش به مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای محیط، سرعت لغزش ۰/۱۳ m/s و بار اعمالی ۵۰ نیوتن ۱۰۰

فصل پنجم: نتایج

فصل ششم: مراجع

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

آلیاژهای تجاری Al-Si-Mg از خواص مناسبی همچون سیالیت و قابلیت ریخته گری عالی، مقاومت به سایش و خوردگی مناسب و استحکام ویژه بالا پس از عملیات حرارتی برخوردار می باشند. خواص مکانیکی و تریبولوژیکی این آلیاژها متأثر از عیوب ساختاری است. ترکیبات بین فلزی غنی از آهن، تخلخل های هیدروژنی و فیلم های اکسیدی محبوس از جمله مهمترین عیوب ساختاری این آلیاژها هستند که اثرات منفی قابل توجهی بر روی خواص آن ها دارند. آهن مضرترین و متداول ترین ناخالصی موجود در آلیاژهای آلومینیوم است که اغلب به صورت ترکیبات بین فلزی غنی از آهن در ریزساختار رسوب می کند. مورفولوژی فازهای غنی از آهن به خصوص فاز صفحه ای شکل β -Al₅FeSi، نقش مهمی در کاهش خواص مکانیکی قطعات ریختگی ایفا می کند. از سوی دیگر یکی از دلایل افت خواص قطعات ریختگی آلومینیومی، عیب فیلم اکسیدی دولایه است که باعث تضعیف خواص مکانیکی و کاهش قابلیت اطمینان به قطعات می شود. این عیب هنگامی ایجاد می گردد که لایه اکسیدی موجود بر سطح مذاب در اثر تلاطم ناشی از بارریزی یا جابجایی مذاب، بر روی خود برگشته و در حالی که لایه ای از هوا را در خود محبوس می نماید وارد مذاب گردد. در این شرایط فیلم محبوس همانند یک ترک در قطعه آلومینیومی عمل نموده و ضمن کاهش خواص قطعه، می تواند به عنوان مکانی برای تشکیل سایر عیوب همچون تخلخل هیدروژنی و فازهای غنی از آهن عمل نماید.

با توجه به اهمیت موضوع، تاکنون پژوهشهای متعددی در زمینه تاثیر حضور فیلمهای اکسیدی دولایه محبوس بر خواص مکانیکی آلیاژهای ریختگی Al-Si انجام گرفته است. با این حال تاکنون تحقیق سیستماتیکی در زمینه تاثیر فیلمهای محبوس بر خواص تریبولوژیکی این آلیاژها صورت پذیرفته است. در این پژوهش تاثیر فیلمهای اکسیدی دولایه ناشی از ایجاد تلاطم سطحی در مذاب بر ریزساختار و خواص تریبولوژیکی یک آلیاژ Al-9/5Si-Mg حاوی مقادیر مختلف آهن در شرایط ریختگی و عملیات حرارتی به طور جامع مورد مطالعه قرار گرفته است.