دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد *"M.Sc"*

مهندسی مواد – شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

عنوان :

بررسی ریز ساختار و خواص کششی کامپوزیت درجا $Al\text{-}Mg_2Si$

استاد راهنما :

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست مطالب ۱

فهرست شکلها ٦

فهرست جداول ۹

چکیده ۱۰

مقدمه ۱۱

فصل اول: کلیات ۱۳

۱-۱ معرفی $Al-Mg_2Si$ ۱٤

۱-۲ معرفی Al ۱٥

۱-۳ معرفی Mg_2Si ۱٦

۱-۴ دیاگرام فازی $Al-Mg_2Si$ ۱۷

۱-۵ بررسی ریز ساختار ۱۹

۱-۶ انجماد کامپوزیت $Al-Mg_2Si$ ۲۰

فصل دوم: اصلاح ریز ساختار ۲٤

۲-۱ اصلاح توسط افزودن Sr ۲٥

۲-۱-۱ مکانیزم اصلاح و یا بهسازی توسط Sr ۲۸

۲-۱-۲ تشکیل ذرات مکعبی در اصلاح توسط Sr ۲۸

۲-۲ بهسازی به وسیله عملیات فوق گداز مذاب ۳۰

۲-۳ اثر mischmetal بر بهسازی ریز ساختار ۳٤

۲-۳-۱ ریز ساختار کامپوزیت های $Al-15Mg_2Si$ با افزودن MM (mischmetal) ۳۵
۲-۳-۲ ریز شدن ریزساختار $Al-15Mg_2Si$ به وسیله افزودن ترکیب نمک پوششی ۴۱
۲-۳-۳ اثر افزودن MM بر روی ذرات اولیه Mg_2Si ۴۱
۲-۳-۴ اثرات افزودن MM بر روی زمینه شبه یوتکتیک ۴۲
۲-۴ اثر Si اضافی بر ریز ساختار ۴۴
۲-۴-۱ تشکیل ذرات اولیه Mg_2Si در اصلاح به وسیله Si اضافی ۴۶
۲-۴-۲ تشکیل دانه های α-Al با وجود Si اضافی ۴۹
۲-۵ بهسازی توسط سریم ۵۰
۲-۶ اصلاح به وسیله Li ۵۱
فصل سوم: خواص کششی ۵۴
۳-۱ خواص کششی ۵۵
۳-۲ رفتار پلاستیک غیر یکنواخت ۵۷
۳-۳ حالت شکست ۵۹
۳-۴ به هم پیوستن ریزحفرات(Void Coalescence) ۵۹
۳-۵ شکست از نوع کلیواژ(Cleavage) ۶۰
۳-۶ شکست بین دانه‌ای(Intergranular) ۶۰
۳-۷ شکست و جدایش ذره ای ، Particle Fracture و Particle Decohesion ۶۱
۳-۸ تاثیر عیوب بر رفتار کششی ۶۷
فصل چهارم: منابع ۶۹
۴-۱ منابع ۷۰

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

شکل۱ -۱ دیاگرام شبه دوتایی محاسبه شده $Al-Mg_2Si$ ۱۷

شکل۱ -۲ دیاگرام سه تایی Al-Mg-Si ۱۸

شکل۱ -۳ مقطع عمودی نمودار سه تایی Al-Mg-Si که بر روی خط چین قرار دارد[۱۱]..... ۱۹

شکل۱ -۴ ریز ساختار کامپوزیت $Al-Mg_2Si$ ۲۰

شکل۱ -۵ ذرات Mg_2Si توسط α-Al احاطه شده اند..... ۲۱

شکل۱ -۶ تاثیر سرعت سرد شدن بر ریز ساختار. ۲۲

شکل۲ -۱ ریز ساختار Al/ Mg_2Si با درصدهای مختلف Sr..... ۲۶

شکل۲ -۲ مورفولوژی ذرات Mg_2Si که از آلیاژ Al/ Mg_2Si به وجود آمده است. a) مورفولوژی دندریتی اصلاح نشده b,c) مورفولوژی مکعبی اصلاح شده با افزودن ۰/۱۵ درصد وزنی Sr ۲۷

شکل۲ -۳ کریستال ریز tetra-kaideca-hedron در کامپوزیت اصلاح شده با Sr همراه با outline اکتاهدرال ۲۷

شکل۲ -٤ فرایند رشد ذرات Mg_2Si مکعبی..... ۳۰

شکل۲ -۵ ریز ساختار کامپوزیت $Mg_2Si/Al-Si-Cu$ با فوق گدازهای مختلف..... ۳۱

شکل۲ -٦ مورفولوژی های زمینه یوتکتیکی کامپوزیت $Mg_2Si/Al-Si-Cu$ در فوق گدازهای مختلف..... ۳۳

شکل۲ -۷ مورفولوژی SEM ذرات Mg_2Si اچ عمیق شده در فوق گدازهای a) ۷۲۰°C b) ۱۰۲۰ °C ۳٤

شکل۲ -۸ مقایسه مورفولوژی کامپوزیت $Al-15\% Mg_2Si$ بدون اچ a) بدون افزودن نمک b) همراه با افزودن نمک ۳۵

شکل۲ -۹ تصویر back scatterd، SEM مورفولوژی کامپوزیت Al/ Mg_2Si با مقادیر مختلف a: MM) ۰/۱ درصد وزنی b) ۰/۵ درصد وزنی c) ۰/۸ درصد وزنی d) ۱/۲ درصد وزنی..... ۳۷

شکل۲ -۱۰ اندازه و کسر حجمی ذرات Mg_2Si اولیه بر حسب مقدار MM ۳۸

شکل۲ -۱۱ کسر حجمی α-Al در کامپوزیت بر حسب مقدار MM..... ۳۸

شکل۲ -۱۲ تصاویر SEM زمینه شبه یوتکتیک در کامپوزیت با مقادیر مختلف MM..... ۳۹

شکل۲ -۱۳ تصاویر SEM شبه یوتکتیک Mg_2Si بعد از از بین بردن زمینه α-Al در کامپوزیت حاوی a) ۰/۱ درصد وزنی و b) ۰/۸ درصد وزنی MM..... ٤٠

شکل۲ -۱۴ نتیجه آنالیز XRD کامپوزیت حاوی ۱/۲ درصد وزنی MM..... ٤٠

شکل۲ -۱۵ ریز ساختار کامپوزیت درجا $Al\text{-}15Mg_2Si$ با a) ۰ درصد وزنی b) ۲ درصد وزنی c) ۵ درصد وزنی d) ۸ درصد وزنی e) ۱۲ درصد وزنی سیلیسیم اضافی..... ٤٥

شکل۲ -۱٦ توضیح شماتیک محل مقطع عمودی محاسبه شده سیستم سه تایی Al-Mg-Si..... ٤٥

شکل۲ -۱۷ مقطع عمودی دیاگرام تعادلی سه تایی Al-Mg-Si از $Al\text{-}15\%Mg_2Si$ تا Si..... ٤٦

شکل۲ -۱۸ضریب واکنش محاسبه شده Mg و Si در مذاب Al بر حسب مقدار اضافی Si در مذاب..... ٤٨

شکل۲ -۱۹ توضیح شماتیک مسیر انجماد کامپوزیت $Al\text{-}Mg_2Si\text{-}Si$. دیاگرام کپی طرح لیکودوس است ٤٩

شکل۲ -۲۰ ریز ساختار آلیاژبا ۰ درصد Ce (a) با افزودن ۰/۴٪ Ce (b) ٥١

شکل۲ -۲۱ a) ساختار معمول $Al\text{-}15\%Mg_2Si$ b) ریز ساختار بعد از افزودن ۰/۳٪ Li..... ٥٢

شکل۲ -۲۲ a) تصویر SEM ذرات اولیه Mg_2Si که به وسیله یوتکتیک صفحه ای در آلیاژ اصلاح نشده احاطه شده اند b) ذرات اولیه Mg_2Si که به وسیله یوتکتیک رشته ای در آلیاژ اصلاح شده با Li احاطه شده اند..... ٥٣

شکل۳ -۱ منحنی تنش کرنش مهندسی..... ٥٦

شکل۳ -۲ تصویر سطح شکست $Al\text{-}15\%Mg_2Si$ در بزرگنمایی پایین(a) پدیده (b) particle fracture (c) particle decohesion..... ٦٣

شکل۳ -۳ مقایسه سطح شکست آلیاژ $Al\text{-}15\%Mg_2Si$ با افزودن مقادیر مختلف Si ،..... ٦٤

شکل۳ -۴ حضور ترک های ثانویه در ساختار یوتکتیک تیغه ای..... ٦٤

شکل۳ -۵ شکل کلی سطح شکست درآلیاژ هایپر یوتکتیک Al-20%Si..... ٦٦

شکل۳ -۶ حفره انقباضی همراه با فیلم اکسیدی..... ٦٨

فهرست جدولها

عنوان **صفحه**

جدول۱ -۱ مقایسه بین سیستم $Al-Mg_2Si$ و Al-Si ۱٤

جدول۱ -۲ خواص فیزیکی و مکانیکی Mg_2Si و Si ۱۷

جدول۲ -۱ فاصله میانگین بین لایه ای(λ) و فیبری و اندازه سلول در زمینه شبه یوتکتیک Al/Mg_2Si با مقادیر مختلف MM..... ۳۹

جدول۳ -۱ تغییرات در استحکام کششی سه آلیاژ هایپریوتکتیکAl-Mg2Si پس از بهسازی ۵۷

جدول۳ -۲ نتایج خواص کششی آلیاژ Al-15%Mg2Si با افزودن Si در مقایسه با آلیاژهای Thixoformed و آلیاژهای سریع منجمد شده و اکسترود شده Mg/Mg2Si ۵۸

چکیده:

کامپوزیتهای درجا نوعی از کامپوزیت ها هستند که فاز تقویت کننده به صورت همزمان با فاز زمینه در حین انجماد به وجود می آید. یکی از انواع این کامپوزیتها، کامپوزیت $Al\text{-}Mg_2Si$ می باشد. ریز ساختار As-Cast این کامپوزیت بسیار درشت می باشد که باعث افت خواص مکانیکی می شود. برای اصلاح این ریز ساختار روشهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفته که می توان به افزودن عناصر trace به مذاب، اعمال فوق گداز، سرعت سرمایش و غیره اشاره نمود. در این سمینار افزودن عناصر Trace مانند Sr، Ce و غیره و اعمال فوق گداز و اثرشان بر ریز ساختار مورد بحث قرار گرفته و همچنین خواص مکانیکی و مکانیزم شکست در این کامپوزیت مورد بررسی واقع شده است.

مقدمه:

فلزات مواد مهندسی بسیار گسترده ای هستند. مواد فلزی محدوده وسیعی از خواص مورد نظر از طریق آلیاژسازی و فرایند های ترمومکانیکال را می توانند در برگیرند. گسترش به کار گیری ترکیبات کامپوزیتی فلزی با توجه به خواصی است که فلزات به تنهایی نمی توانند داشته باشند. بنابراین کامپوزیتهای مناسب از افزودن تقویت کننده هایی به فلز برای دستیابی به سفتی (stiffness) ویژه به همراه مقاومت به خستگی و سایش بهتر و یا استحکام ویژه به همراه خواص حرارتی (کاهش ضریب انبساط حرارتی و هدایت) به دست می آیند. فلزات مختلفی در ساخت MMCها به عنوان فلز پایه مورد استفاده قرار می گیرند، یکی از این فلزات Al می باشند. محدوده وسیعی از آلیاژهای Al در شکلهای مختلف برای ساخت MMCها مورد استفاده قرار می گیرند. چگالی آلیاژهای Al نزدیک Al خالص است (تقریبا $2698\ kg/m^3$) و Al خالص در دمای $660\ ^{\circ}C$ ذوب می شود. این دمای ذوب نسبتا پایین، در مقایسه با زمینه های فلزی مورد استفاده دیگر، ساخت MMC های زمینه Al را در استفاده از روشهای ساخت حالت جامد مانند متالورژی پودر و روشهای ریخته گری تسهیل می کند. آلیاژهای Al-Si در بین آلیاژهای ریخته گری دیگر Al برجسته ترند. زیرا آنها سیالیت بالاتری داشته و برای شکلهای پیچیده و مقاطع نازک مناسب هستند. بنابراین سیالیت یک فاکتور مهم در انتخاب زمینه کامپوزیتی است که قابلیت ریخته گری دارد. تقویت کننده ها را می توان به دو گروه تقسیم بندی نمود، ذرات (particle) و الیاف (fibers)[۲]. اخیرا کامپوزیتهایی با تقویت کننده های ذره ای(PMMC) به شدت مورد توجه قرار گرفته اند که دارای قیمت نسبتا پایین و خواص ایزوتروپیک حجمی می باشند. از میان روشهای متعدد فرایندهای ساخت PMMC ها فرایند درجا(insitu) سیستمی از نظر ترومودینامیکی پایدار، به وسیله جوانه زنی و رشد درجا فاز تقویت کننده از زمینه مادر به وجود می آورد[۱].

نقش تقویت کننده ها با توجه به نوع آنها متفاوت است. در MMC های تقویت شده توسط ذرات و ویسکرز، زمینه جز مهم برای تحمل نیروی اعمال شده(load bearing) می باشد. نقش تقویت کننده، استحکام دادن و افزایش سفتی (stiffen) کامپوزیت به وسیله جلوگیری از تغییر فرم زمینه از طریق قیود مکانیکی است. این مهار کردن تابعی از نسبت فاصله به قطر ذرات می باشد[۲].

توجه بیش از حد به PMMC درجا به خاطر فصل مشترک پایدار، ترکیب فوق العاده خواص مکانیکی مختلف و قیمت پایین آن می باشد[۱]. یکی از مهمترین این نوع کامپوزیتها، کامپوزیت درجا $Al\text{-}Mg_2Si$ می باشد.

از نظر خواص و رفتار انجمادی تشابه های بسیاری بین Mg_2Si و Si و همچنین بین سیستمهای $Al\text{-}Mg_2Si$ و Al-Si وجود دارد.

قابل توجه است که کامپوزیت های تولید شده به روش ریخته گری دارای شکل پذیری پایین می باشندکه دلیل آن بزرگ بودن ذرات اولیه Mg_2Si و زمینه یوتکتیکی ترد است. برای اصلاح رفتار مکانیکی این نوع کامپوزیتها، روشهایی مورد استفاده قرار می گیرد که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد[۱].