

شماره: تاریخ: ۱۴۰۴/۰۵/۲۰	بسمه تعالی مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه پیشنهادیه پایان نامه دوره کارشناسی ارشد	 معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی اداره تحصیلات تکمیلی دانشگاه				
این فرم باید توسط دانشجوی کارشناسی ارشد در یک نسخه با هماهنگی استاد راهنما به صورت تایپ شده تکمیل گردد						
۱- مشخصات دانشجو: نام و نام خانوادگی دانشجو: شماره دانشجویی: رشته تحصیلی/گرایش: رشته مهندسی مواد - شناسائی و انتخاب مواد دانشکده: مهندسی مواد و متالورژی سال ورود: ۱۴۰۳ بورسیه ☐ آزاد ☐ مامور به تحصیل ☐ تلفن: E-mail:						
۲- مشخصات اساتید راهنما و مشاور: الف- مشخصات اساتید راهنما:						
ردیف	نام و نام خانوادگی	آخرین مدرک تحصیلی	سال اخذ آخرین مدرک تحصیلی	مرتبه علمی	تخصص	درصد مشارکت
-۱						
-۲						
ب- مشخصات اساتید مشاور:						
ردیف	نام و نام خانوادگی	گروه آموزشی	دانشکده	مرتبه	تخصص	ملاحظات
-۱						
-۲						
آدرس و تلفن: محل خدمت:						
۳- مشخصات پایان نامه: الف- عنوان پایان نامه: ۱- فارسی: بهینه‌سازی و مشخصه‌یابی جوشکاری لیزری آلیاژهای آلومینیوم-منیزیم: بررسی تأثیر میزان منیزیم (۶، ۷، ۹ درصد وزنی) بر کیفیت جوش، تکامل ریزساختاری و یکپارچگی مکانیکی. ۲- انگلیسی: Optimization and Characterization of Laser Welding for Al-Mg Alloys: Investigating the Influence of Magnesium Content (6, 7, 9 wt.%) on Weld Quality, Microstructural Evolution, and Mechanical Integrity						

- ۱- تجربی ☒ ۲- نظری ☐ ۳- تقاضا محور با ارائه مستندات و تاییدیه شورای پژوهش ☐

ج- شرح مختصری از طرح پایان نامه (شامل روش تحقیق و کاربرد و منابع)

بیان مسأله تحقیق

آلیاژهای Al-Mg (سری 5xxx) به دلیل نسبت استحکام به وزن عالی، مقاومت به خوردگی و شکل پذیری، مواد سازه‌ای سبک وزن حیاتی در صنایع خودروسازی، هوافضا و دریایی هستند. جوشکاری لیزری مزایای قابل توجهی (سرعت بالا، دقت، اعوجاج کم) ارائه می‌دهد اما چالش‌هایی را برای آلیاژهای Al-Mg ایجاد می‌کند، از جمله حساسیت به ترک خوردگی انجمادی (به خصوص در سطوح بالاتر Mg)، تخلخل و تبخیر منیزیم که منجر به تغییرات ترکیب فلز جوش و افت استحکام احتمالی می‌شود. **این تحقیق به طور سیستماتیک قابلیت جوشکاری لیزری سه آلیاژ Eco-AMg به فرم ورق شامل ECO-AlMag6، AlMag7 و ECO-AlMag9 را در ضخامت یکسان بررسی می‌کند. اهداف پروژه عبارتند از: تعیین پارامترهای بهینه جوشکاری لیزری برای هر آلیاژ، کمی‌سازی تأثیر محتوای Mg (۶٪، ۷٪، ۹٪) بر هندسه جوش، تشکیل عیوب (ترک‌ها، تخلخل) و تلفات تبخیر، مشخصه‌یابی تکامل ریزساختار در نواحی مختلف جوش (BM, HAZ, FZ) برای هر آلیاژ، و در نهایت برقراری همبستگی بین ریزساختار و خواص مکانیکی حاصل (سختی، استحکام کششی). نتایج حاصل از این تحقیق، روابط حیاتی فرآیند-ریزساختار-خواص را برای جوشکاری لیزری آلیاژهای Al با Mg بالا فراهم خواهد کرد که منجر به بهبود طراحی اتصال و کنترل فرآیند می‌شود.**

[M1] Commented: توضیحی برای آلیاژهای Eco-AMg و تفاوت آنها با آلیاژهای معمولی بدهید.

ضرورت و اهمیت تحقیق

تقاضای رو به رشد برای سبک‌سازی، استفاده از آلیاژهای Al-Mg را فراهم می‌کند. برای اتصال کارآمد و با کیفیت بالای این آلیاژها، جوشکاری لیزری یک گزینه امیدوارکننده است. جوشکاری لیزری آلیاژهای Al-Mg چالش برانگیز است. و مسائل کلیدی جوشکاری لیزری این آلیاژها شامل موارد زیر می باشد:

- **ترک خوردگی گرم:** حساسیت با افزایش محتوای Mg (بیشتر از ۳.۵٪) به دلیل دامنه دمایی انجماد وسیع‌تر و فازهای یوتکتیک با نقطه ذوب پایین (مانند β -AlMg₂Si, Al-Mg₂Si).
- **تبخیر منیزیم:** Mg نقطه جوش پایینی (۱۰۹۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به Al (۲۴۷۰ درجه سانتی‌گراد) دارد. پرتوهای لیزر با شدت بالا می‌توانند باعث از دست رفتن قابل توجه Mg از حوضچه جوش شوند که ترکیب را تغییر داده و به طور بالقوه استحکام و مقاومت به خوردگی را کاهش می‌دهد.
- **تخلخل:** جذب هیدروژن (از رطوبت، هیدروکربنها) و ناپایداری حفره کلید (keyhole) منابع رایجی برای ایجاد تخلخل هستند.
- **کاهش استحکام:** انحلال رسوبات در HAZ و تغییرات ترکیبی در FZ می‌تواند منجر به افت استحکام شود.

شکاف تحقیقاتی که وجود دارد این است که با وجود مطالعات گسترده در رابطه با جوشکاری لیزری آلیاژهای Al، هنوز تحقیقات سیستماتیکی بتواند که قابلیت جوشکاری لیزری آلیاژهای خاص ECO-AlMag، نسبت به جوشکاری لیزری

آلیاژهای رایج AlMg بررسی کند، وجود ندارد. همچنین لازم است در این آلیاژها، اثر افزایش محتوای منیزیم (در این تحقیق ۶، ۷ و ۹ درصد منیزیم) بر خواص جوش حاصل از جوشکاری لیزری این آلیاژها بررسی شود. درک آستانه‌ها و رفتارهای متمایز در این سطوح از Mg برای کاربرد صنعتی حیاتی است.

سوالات یا فرضیه‌های تخصصی

پارامترهای فرآیند جوشکاری لیزر آلیاژهای AL-MG(6,7,9wt.%) بر روی خواص مکانیکی و متالورژیکی و کیفیت جوش دارد.

Commented [M2]: راجع به سوالات تحقیق بیشتر بحث کنید. لازم است چندین سوال برای این قسمت مطرح کنید.

اهداف تحقیق

هدف از این پروژه بررسی اثر محتوای منیزیم (۶٪، ۷٪، ۹٪ وزنی) بر قابلیت جوشکاری لیزری، ویژگی‌های ریزساختاری و خواص مکانیکی اتصالات لب‌به‌لب جوش داده شده لیزری می باشد. برای این منظور، موارد زیر جز اهداف اصلی تحقیق می باشد:

- تعیین پارامترهای بهینه جوشکاری لیزری (توان، سرعت، موقعیت فوکوس، گاز محافظ) برای دستیابی به جوش‌های لب‌به‌لب سالم و با حداقل عیب در ورق‌های با ضخامت ۱.۵ میلی‌متر از آلیاژهای Al-6%Mg، Al-7%Mg و Al-9%Mg
- مشخصه‌یابی کمی و مقایسه هندسه جوش (عمق نفوذ، عرض جوش، ارتفاع زائده) برای سه آلیاژ تحت شرایط بهینه و نزدیک به بهینه.
- ارزیابی و مقایسه حساسیت به عیوب جوشکاری (ترک‌خوردگی انجمادی، تخلخل، زیرپرده شدن) برای سه آلیاژ.
- اندازه‌گیری و تحلیل تلفات تبخیر منیزیم از حوضچه جوش برای هر آلیاژ تحت پارامترهای لیزر متغیر.
- انجام مشخصه‌یابی جامع ریزساختاری (ساختار دانه، توزیع فاز، ناخالصی) در فلز پایه (BM)، ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) و ناحیه ذوب (FZ) برای هر آلیاژ.
- ارزیابی خواص مکانیکی (پروفیل سختی‌سنجی، استحکام کششی عرضی، راندها اتصال) اتصالات جوش داده شده برای هر آلیاژ.
- برقراری همبستگی بین محتوای Mg، پارامترهای جوشکاری بهینه، ریزساختار و خواص مکانیکی حاصل.

پیشینه تحقیق

آلیاژهای آلومینیوم مورد استفاده در بدنه خودروها به استحکام و شکل‌پذیری عالی برای ایمنی سرنشینان نیاز دارند. سری‌های ۵XXX و ۶XXX آلیاژهای آلومینیوم عموماً در بدنه خودروها استفاده می‌شوند [۱]. آلومینیوم صنعتی را می‌توان بر اساس عناصر آلیاژی که مکانیزم تقویت‌کننده و خواص مکانیکی را تعیین می‌کنند، طبقه‌بندی کرد. به ویژه، سری ۵XXX آلیاژهای (Al-Mg) دارای خواص عالی مانند استحکام بالا، مقاومت در برابر خوردگی، شکل‌پذیری و رسانایی الکتریکی هستند [۲]. به همین دلیل، آلیاژهای Al-Mg پرکاربردترین آلیاژهای سخت‌شونده با محلول جامد هستند. منیزیم یک جزء مهم است که معمولاً در آلیاژهای مختلف آلومینیوم صنعتی یافت می‌شود [۲]. هنگامی که منیزیم به آلومینیوم اضافه می‌شود، یک محلول جامد جایگزین تشکیل می‌شود و استحکام مکانیکی به دلیل اثر سخت‌کاری محلول جامد ناشی از اختلاف شعاع اتمی بین آلومینیوم و منیزیم افزایش می‌یابد [۳]. مطالعات نشان داده‌اند که افزایش محتوای منیزیم در آلیاژهای Al-Mg می‌تواند تکثیر نابجایی‌ها را افزایش داده و بازیابی دینامیکی و تبلور مجدد را در طول تغییر شکل پلاستیک

شدید سرکوب کند [۳-۵]. علاوه بر این، منیزیم باعث پالایش دانه و تشکیل ریزساختار ناهمگن می‌شود. با این حال، افزایش عناصر آلیاژی منیزیم، فرآیند نورد را دشوارتر کرده و باعث ترک خوردن آسان مواد می‌شود [۶-۹]. علاوه بر این، به دلیل تمایل قوی آن به اکسید شدن در طول ذوب، جوشکاری و ریخته‌گری، باعث دفع می‌شود [۱۰]. بنابراین، آلیاژهای Al-Mg با کمتر از ۵ درصد وزنی منیزیم در صنعت غالب هستند. اخیراً، یک آلیاژ آلومینیوم جدید حاوی بیش از ۵ درصد وزنی منیزیم

(AlMg) عرضه شده است. آلیاژهای معمولی Al5052 (حاوی ۲.۵ درصد وزنی منیزیم) و Al5083 (حاوی ۴.۵ درصد وزنی

منیزیم) استحکام کششی در محدوده ۲۰۰-۳۰۰ مگاپاسکال را بسته به درجه سختی کاری نشان دادند. در مقایسه، AlMg-H18 سخت کاری شده، استحکام تسلیم ۳۹۰ مگاپاسکال و استحکام کششی ۴۵۰ مگاپاسکال دارد. علاوه بر این، مشخص شده است که هیچ مشکلی در ریخته‌گری، عملیات حرارتی و اکستروژن این ماده وجود ندارد [۶]. اما تحقیقات در مورد فرآیندهای ماشین‌کاری و جوشکاری همچنان ناکافی است. آلیاژهای آلومینیوم سخت کاری شده با کار معمولاً در برابر گرمای اعمال شده در طول فرآیند جوشکاری آسیب‌پذیر هستند [۱۴، ۱۵]. ناحیه ذوب (FZ) آسیب‌پذیرترین ناحیه است و ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) به دلیل پراکندگی مکانیزم سخت کاری نرم می‌شود [۱۵]. افزودن Ti، Zr و V می‌تواند تخریب خواص مکانیکی ناحیه ذوب را سرکوب کند [۲]. با این حال، تأمین این عناصر آلیاژی در فرآیندهای جوشکاری اتوژن مانند جوشکاری با لیزر و جوشکاری با قوس تنگستن گازی (GTAW) دشوار است. جوشکاری لیزری به دلیل تشکیل یک مهره باریک و عمیق ناشی از استفاده از یک منبع حرارتی انرژی یکپارچه، مزیت دارد. با این حال، احتمال تشکیل تخلخل در داخل ناحیه ذوب بالا است. در مقابل، مهره‌های عریض و کم‌عمق را می‌توان در GTAW به دست آورد، اما احتمال ترک‌های داغ به دلیل ورودی حرارت بالاتر نسبتاً بالا است. [15]. مطالعات زیادی روی جوشکاری لیزری آلیاژهای AlMg انجام شده است. ولی تعداد خیلی کمی از آنها جوشکاری لیزری این آلیاژها با درصد منیزیم بالا و آلیاژهای EcoAlMg را بررسی کرده اند.

آقای مینجونینگ کانگ و همکاران در سال ۲۰۲۲ [1] تاثیر پارامترهای فرآیندهای جوشکاری لیزر و قوس تنگستن بر نرم شدن حرارتی و خواص مکانیکی آلیاژ آلومینیوم AlMg6 را بررسی نمودند که این یافته‌ها پذیرش آلومینیوم در صنعت موبایل، خودرو و... توسعه آلیاژهای آلومینیوم را به همراه داشت. در میان عناصر افزودنی آلیاژ آلومینیوم، منیزیم یک جزء حیاتی است که معمولاً در آلیاژهای مختلف آلومینیوم تجاری وجود دارد. به دلیل توانایی آن در افزایش استحکام محلول جامد و سختی کار، بسیاری از محققان در حال بررسی روش‌هایی برای افزایش محتوای منیزیم در کاربردهای آلومینیوم هستند، AlMg6 حاوی بیش از ۶ درصد وزنی منیزیم است و خواص ساختاری عالی از خود نشان می‌دهد؛ این آلیاژ دارای استحکام تسلیم و کشش بالاتری نسبت به سری 5XXX تجاری مواد آلومینیوم است. با این حال، آلیاژهای کارسخت شده در برابر حرارت جوشکاری آسیب‌پذیر هستند. در این مطالعه ای که آقای مینجونینگ و همکاران انجام دادند، فرآیندهای جوشکاری لیزر و قوس تنگستن برای بررسی تأثیر حرارت جوشکاری بر خواص مکانیکی و ریزساختاری AlMg6 صورت گرفت و مشخص شد که استحکام مکانیکی و سختی جوش‌ها به طور قابل توجهی کاهش یافته است. مشابه سایر آلیاژهای آلومینیوم کارسخت شده، کمترین سختی در منطقه ذوب با استحکام بیش از ۲۰۰ مگاپاسکال اندازه‌گیری و استحکام شکست نسبتاً پایینی در نمونه‌های جوشکاری قوس تنگستن به دلیل درشت شدن دانه در جوش‌ها اندازه‌گیری شد."

روش تحقیق

مواد تحقیق

مواد مورد استفاده در این تحقیق، ورق‌های نورد سرد از جنس آلیاژهای ECO-AlMg6، ECO-AlMg7 و ECO-AlMg9 با ضخامت‌های بین ۳ تا ۵ میلی‌متر می‌باشد. ورق‌ها، به منظور به حداقل رساندن اثرات کارسختی اولیه بر

قابلیت جوشکاری، در شرایط کاملاً آنیل شده (O) هستند. اگر زمان اجازه دهد، شرایط کار شده حرارتی و پایدار شده (H111) می‌تواند یک شرط ثانویه باشد. پیکربندی جوش به صورت لب به لب می‌باشد. ابعاد نمونه به صورت ۵۰*۱۰۰ میلی‌متر انتخاب می‌شود. و برای هر ورق، حداقل سه نمونه تکرار می‌شود.

طراحی و روش تحقیق تجربی

آماده‌سازی نمونه

- برش: برش با قیچی یا برش با واترجت دقیق به اندازه.
- آماده‌سازی لبه: فرزکاری یا سنگ‌زنی برای دستیابی به لبه‌های تمیز، مربعی و موازی برای جوش لب‌به‌لب. پخ‌زنی (Deburring).
- تمیزکاری: چربی‌زدایی با استون/تانول، به دنبال آن تمیزکاری مکانیکی (مانند برس‌کشی با سیم فولاد ضد زنگ) بلافاصله قبل از جوشکاری برای حذف اکسیدها/هیدروکربن‌ها. نگهداری کنترل شده.

Commented [M3]: جمله بندی ها را به صورت متن کامل بنویسید.

تجهیزات مورد استفاده در پژوهش

در این قسمت مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده در این تحقیق آورده شده است. لیزر مورد استفاده لیزر فیبر مدل YFL-1000-MM می باشد که دارای توان ۱۰۰۰ وات با طول موج ۱۰۸۰ نانومتر می باشد. حالت لیزر موج پیوسته می باشد. لیزر مورد استفاده قابلیت این را دارد که لنز آن در داخل کلگی لیزر به اندازه ۴ میلی متر به سمت بالا و پایین جا به جا شود.

جدول ۱- مشخصات لیزر مورد استفاده در پژوهش

Commented [M4]: در متن به جدول ۱ اشاره کنید.

پارامتر لیزر	محدوده پارامتر
نوع لیزر	فیبر
عملکرد	موج پیوسته
ماکزیم توان	۱۰۰۰ وات
طول موج	۱۰۸۰ نانومتر
قطر فیبر	۵۰ میکرومتر
طول کابل	۱۵ متر
فرکانس مدولاسیون	۵۰ تا ۵۰۰۰۰ هرتز
ابعاد لیزر	۴۸۵*۲۳۷*۷۶۳ میلی متر

میز CNC مورد استفاده در این پژوهش قابلیت این را دارد که در سه راستای دستگاه مختلف، حرکت مستقل داشته باشد و اپراتور جهت حرکت میز در هر راستا به وسیله نرم افزار Mech3D با تعریف کردن جی کد مخصوص برای هر جهت میز را به حرکت در می آورد.

تنظیمات و پارامترهای جوشکاری لیزری

- گاز محافظ: اصلی: آرگون با خلوص بالا (>۹۹.۹۹٪). تحویل: نازل هم‌محور (پوشش‌دهنده حوضچه جوش) + محافظ ریشه (از طریق صفحه پشتیبان).

• پارامترهای کلیدی و محدوده‌ها (رویکرد DoE):

- پارامترهای ثابت: قطر فوکوس پرتو (۰.۳-۰.۳۳ میلی‌متر)، نرخ جریان گاز محافظ (هم‌محور: ۱۵-۲۰ لیتر در دقیقه، ریشه: ۵-۱۰ لیتر در دقیقه)، موقعیت فوکوس (به عنوان مثال، روی سطح یا کمی پایین‌تر).
- پارامترهای متغیر (عوامل):
- عامل A: محتوای منیزیم (۶٪، ۷٪، ۹٪) - دسته‌ای (Categorical)
- عامل B: توان لیزر (P)
- عامل C: سرعت جوشکاری (V)
- عامل D: موقعیت فوکوس (F) - نامشخص
- آزمایش‌های مقدماتی: آزمایش‌های گسترده برای هر آلیاژ برای شناسایی تقریبی "پنجره قابلیت جوشکاری" (اجتناب از پاشش بیش از حد، جوش برآمده (humping)، پرشدگی ناقص (underfill)، یا عدم نفوذ). شناسایی نقطه شروع ترک‌خوردگی.
- طراحی آزمایش‌ها (DoE): در دست بحث.
- بهینه‌سازی: بر اساس نتایج DoE و تحلیل عیوب، اجرای تأییدی در پارامترهای بهینه پیش‌بینی شده برای هر آلیاژ.

Commented [M5] توضیحات هر پارامتر را به صورت متن کامل بنویسید.

روش‌های بررسی و تحلیل نتایج

بررسی ماکروساختار

- بازرسی چشمی: عیوب سطحی (ترک، زیربریده شدن، پاشش).
- رادیوگرافی (اشعه ایکس): شناسایی عیوب داخلی (تخلخل، ترک).
- برش ماکرو: برش مقطعی عمود بر جهت جوش. قالب‌گیری، سنگ‌زنی، پولیش، اچ کردن (مانند معرف کِلر). تصویربرداری برای اندازه‌گیری: عمق نفوذ، عرض جوش (بالا/پایین)، عرض HAZ، ارتفاع زائده، عمق زیربریده شدن. کمی‌سازی عیوب (اندازه/توزیع حفره، طول ترک).

Commented [M6] توضیحات هر قسمت را به صورت متن کامل وارد کنید.

تحلیل ریزساختاری

- میکروسکوپ نوری (OM): نمونه‌های اچ شده (معرف کِلر، معرف ویکس). ساختار دانه (اندازه، مورفولوژی) در BM، HAZ، FZ. شناسایی نواحی درشت، نواحی ذوب جزئی. ارزیابی کیفی فازهای ثانویه.
- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM): تصویربرداری الکترون ثانویه (SE) و الکترون پراکنده پستی (BSE) برای ویژگی‌های ریزساختاری با وضوح بالاتر (فاصله بازوی دندریت، فازهای یوتکتیک، رسوبات). شکست‌نگاری (Fractography) نمونه‌های کششی.
- طیف‌سنجی پراکندگی انرژی اشعه ایکس (EDS): نقشه‌برداری عنصری نیمه‌کمی (Al, Mg, Si, Fe, Mn و غیره) در فصل مشترک BM، HAZ، FZ. اسکن خطی برای ارزیابی ناخالصی (کاهش/افزایش Mg). کمی‌سازی تلفات تبخیر منیزیم با مقایسه ترکیب FZ با BM (میانگین‌گیری شده بر روی مساحت FZ).
- پراش اشعه ایکس (XRD): شناسایی فاز در BM و FZ. تشخیص فازهای تعادلی/غیرتعادلی تشکیل شده در طی انجماد سریع (مانند β -Al₃Mg₂). تحلیل نیمه‌کمی فاز.

- پراش الکترون پشت پراکنده (EBSD) [اختیاری اما توصیه شده]: نقشه‌برداری جهت‌گیری دانه. کمی‌سازی اندازه دانه، توزیع خصوصیات مرز دانه (به ویژه زوایای کم در مقابل زوایای زیاد) در FZ و HAZ. تحلیل بافت (Texture).
- میکروسکوپ الکترونی انتقالی (TEM) [اختیاری در صورت دسترسی]: تصویربرداری و تحلیل با وضوح بالا از رسوبات ریز/نانوساختارها در HAZ/FZ.

Commented [M7]: توضیحات هر قسمت را به صورت متن کامل وارد کنید.

ارزیابی خواص مکانیکی

- میکروسختی ویکرز (HV): پروفیل در مقطع جوش (BM <- HAZ <- FZ <- BM) با فاصله مناسب (مانند ۰.۲ میلی‌متر). بار: ۱۰۰ گرم یا ۲۰۰ گرم. نقشه‌برداری توزیع سختی.
- آزمایش کشش عرضی: نمونه‌های کششی با ابعاد کوچک (مانند طبق ASTM E8/E8M) که عمود بر جوش استخراج شده‌اند، با جوش در مرکز طول کالیبره. حداقل ۳ تکرار برای هر آلیاژ/شرط.
- اندازه‌گیری: استحکام کششی نهایی (UTS)، استحکام تسلیم (YS)، ازدیاد طول (%).
- محاسبه: راندمان اتصال (UTS_جوش / UTS_BM * 100%).
- ثبت محل شکست (FZ, HAZ, BM).
- شکست‌نگاری: تحلیل SEM از سطوح شکست کششی برای شناسایی مکانیزم‌های شکست (فرورفتگی‌های چکش‌خوار (ductile dimples)، شکافتن (cleavage)، شکست بین‌دانه‌ای (intergranular fracture)).

Commented [M8]: توضیحات هر قسمت را به صورت متن کامل وارد کنید.

کاربرد نتایج تحقیق

- مجموعه‌ای مشخص از پارامترهای بهینه جوشکاری لیزری برای هر آلیاژ خاص (Al-Mg 6%, 7% and 9% Mg).
- داده‌های کمی در مورد رابطه بین محتوای Mg و شاخص‌های کلیدی قابلیت جوشکاری: حساسیت به ترک‌خوردگی، تشکیل تخلخل، میزان تبخیر Mg و هندسه جوش قابل دستیابی.
- مشخصه‌یابی جامع ریزساختاری که تأثیر محتوای Mg و انجماد سریع بر تشکیل فاز، ساختار دانه و رفتار ناخالصی در جوش‌های لیزری را آشکار می‌کند.
- همبستگی‌هایی که محتوای Mg، پارامترهای پردازش بهینه، ریزساختار و خواص مکانیکی حاصل (پروفیل‌های سختی، استحکام کششی، انعطاف‌پذیری، راندمان اتصال) را به هم مرتبط می‌کند.
- شناسایی آستانه‌های بحرانی محتوای Mg که در آن قابلیت جوشکاری به طور قابل توجهی بدتر می‌شود یا عیوب خاص تحت شرایط جوشکاری لیزری غالب می‌شوند.
- مشارکت در درک بنیادی برهم‌کنش لیزر-مواد در آلیاژهای Al با Mg بالا.
- دستورالعمل‌های عملی برای انتخاب آلیاژهای Al-Mg و پارامترهای جوشکاری لیزری مناسب برای کاربردهای صنعتی خاص که نیازمند سطوح مختلف Mg هستند.

Commented [M9]: توضیحات هر قسمت را به صورت متن کامل وارد کنید. از ترجمه روان‌تری استفاده کنید.

مراحل اجرای پروژه و زمان‌بندی (گانت چارت)

۱. تحقیق در منابع
۲. تهیه و آماده‌سازی تجهیزات فرآیند
۳. انجام آزمایشات تجربی بر اساس طراحی آزمایشات
۴. استخراج نتایج تست‌های مکانیکی و متالورژیکی
۵. بررسی و تحلیل نتایج تجربی

۶. بررسی اثر پارامترهای آزمایشگاهی به منظور کمک به تحلیل بهتر نتایج آزمایشگاهی

۷. نگارش و ارائه مقالات مبتنی بر نتایج

۸. جمع بندی و تدوین گزارش نهایی

ردیف	عنوان مرحله	درصد فعالیت	فازبندی (ماه)											
			۲۲	۲۰	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	۸	۶	۴	۲	
۱	تحقیق در منابع	۵٪												
۲	تهیه و آماده سازی تجهیزات فرآیند	۵٪												
۳	انجام آزمایشات تجربی بر اساس طراحی آزمایشات	۱۰٪												
۴	استخراج نتایج تست های مکانیکی و متالورژیکی	۱۵٪												
۵	بررسی و تحلیل نتایج تجربی	۲۵٪												
۶	بررسی اثر پارامترهای آزمایشگاهی	۱۰٪												
۷	نگارش و ارائه مقالات مبتنی بر نتایج	۲۰٪												
۸	جمع بندی و تدوین گزارش نهایی	۱۰٪												

منابع و ماخذ:

(1)Recent Developments in Laser Welding of Aluminum Alloys to Steel Daniel Wallerstein 1 , Antti Salminen 2 Antonio Riveiro Rodriguez 3,* , Fernando Lusquinos 1, Rafael Comesaña 3, Jesús del Val García 1 , Aida Badaoui 3 and Juan Pou

(2)Yb: YAG laser welding of aeronautical alloys Joel Alexis, Jean Denis Beguin, Pablo Cerra, Yannick Balcaen Tocite this version: Joel Alexis, Jean Denis Beguin, Pablo Cerra, Yannick Balcaen. welding of aeronautical alloys. Yb: YAG laser Materials Science Forum, 2018, 941, pp.1099-1104. 10.4028/www.scientific.net/MSF.941.1099 . hal-02359734

(3)Environment-COnscious magnesium (ECO-Mg): A review Shahabodin Rafiei a a , b , * , Ali Habibolahzadeh c , Björn Wiese d

(4)Effects of Laser and Tungsten Arc Welding Processes on the Thermal Softening and Mechanical Properties of Almag6 Aluminum Alloy Yeonho Kwak2,3 · Taehoon Kang2,4 · Seung Hwan Lee2 Received: 15 May 2022 / Revised: 1 November 2022 / Accepted: 15 January 2023 / Published online: 15 February 2023

(5) Bo Chen, Jyoti Mazumder, "Role of process parameters during additive manufacturing by direct metal deposition of Inconel718", Rapid Prototyping Journal, (2017)

(6) Stefan Szemkus, Bernd Kempf, Simon Jahn, GuntherWiehl, Frank Heringhaus, Markus Rettenmayr. Laser Additive Manufacturing of Contact Materials (2017)

(7) BENJAMIN M. MORROW, THOMAS J. LIENERT, CAMERON M. KNAPP, JACOB O. SUTTON, MICHAEL J. BRAND, ROBIN M. PACHECO, VERONICA LIVESCU, JOHN S. CARPENTER, and GEORGE T. GRAY III. Impact of Defects in Powder Feedstock Materials on Microstructure of 304L and 316L Stainless Steel Produced by Additive Manufacturing (2018)

(8) Bryan Heer, Amit Bandyopadhyay, compositionally graded magnetic-nonmagnetic bimetallic structure using laser engineered net shaping (2018)

(9) D.D. Lima, S.A. Mantri, C.V. Mikler, R. Contieri, C.J. Yannetta, K.N. Campo, E.S. Lopes, M.J. Styles, T. Borkar, R. Caram, R. Banerjee, Laser additive processing of a functionally graded internal fracture fixation plate (2017)

(10)J. C.V. Mikler a, V. Chaudhary b, T. Borkar a,c, V. Soni a, D. Choudhuri a, R.V. Ramanujan b, R. Banerjee , Laser additive processing of Ni-Fe-V and Ni-Fe-Mo Permalloys: Microstructure and magnetic properties (2017)

(11) M. Łazińska, T. Durejko, D. Zasada, Z. Bojar, Microstructure and mechanical properties of a Fe-28%Al-5%Cr-1%Nb-2%B alloy fabricated by laser engineered net shaping (2017)

(12) Thomas Gualtieri, Amit Bandyopadhyay, Additive manufacturing of compositionally gradient metal-ceramic structures: Stainless steel to vanadium carbide (2018)

Commented [M10]: شماره رفرنس ها رو با کروسه نشان دهید. ترتیب شماره رفرنس ها در متن چک کنید. چون بعضی متن ها رو جابجا کردم.

تاریخ:

امضاء دانشجو:

توجه: کلیه حقوق مادی و معنوی مرتبط بر نتایج تحقیق این پایان نامه (اعم از چاپ مقاله، ارائه به بخش صنعت و ...) متعلق به دانشگاه اراک است و انتشار نتایج حاصل از آن تابع مقررات دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما صورت می گیرد.

امضاء استاد(اساتید) راهنما:	تاریخ:
امضاء استاد مشاور:	تاریخ:
تصویب پیشنهادیه پایان نامه کارشناسی ارشد موضوع پایان نامه آقای / خانم دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته با شماره دانشجویی تحت عنوان: در شورای گروه آموزشی در تاریخ بررسی و به تصویب رسید. امضا مدیر گروه موضوع پایان نامه اخیر در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده در تاریخ بررسی و به تصویب رسید. امضا معاون آموزشی دانشکده	