بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته متالورژی گرایش شناسایی و انتخاب مواد

اثر پارامترهای فرایند جوشکاری لیزر روی کیفیت جوش لیزر آلیاژ آلومینیوم 2024

نگارنده
محسن شیخی

استاد راهنما
دکتر فرشید مالک

استاد مشاور
دکتر جمشید صباغ زاده

اسفند 1387

تقدیم به

پدر و مادرم

تقدیر و تشکر:

بعد از شکر و سپاس خدا که الطافش در تمام زندگی همیشه شامل حال من بوده است، بر خـود لازم می‌دانم از آقای دکتر فرشید مالک و آقای دکتر جمشید صباغ‌زاده که با راهنمائی‌هـای دلسـوزانه خـود من را در انجام این تحقیق یاری کردند تشکر کنم. همچنین از زحمات و راهنمائی‌هـای آقـای مهنـدس محمد جواد ترکمنی و سایر دوستان در آزمایشگاه ملی علوم و فنون لیزر ایران کـه در انجـام آزمایشـات کمک فرارانی کردند سپاس‌گزاری می‌کنم.

از درگاه خداوند منان برای تمامی عزیزان توفیقات روزافزون را مسئلت دارم.

تأییدیه اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه نهایی پایان‌نامه آقای محسن شیخی تحت عنوان:

اثر پارامترهای فرایند جوشکاری لیزر روی کیفیت جوش لیزر آلیاژ آلومینیوم 2024

را از نظر شکل(فرم) و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد پیشنهاد می‌کنند.

ردیف	اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
1	استاد راهنما	دکتر فرشید مالک	استادیار	
2	استاد مشاور	دکتر جمشید صباغ‌زاده	دانشیار	
3	نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر حمیدرضا شاهوردی	استادیار	
4	استاد ناظر	دکتر فرشید کاشانی‌بزرگ	دانشیار	
5	استاد ناظر	دکتر حمیدرضا شاهوردی	استادیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی

دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی 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 هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده 1- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده 2- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند.

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

ماده 3- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده 4- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده 5- این دستورالعمل در 5 ماده و یک تبصره در تاریخ 1384/4/25 در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

محسن شیخی

1387/12/10

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

ماده 2: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته متالورژی – شناسایی و انتخاب مواد است که در سال 1387 در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر فرشید مالک و مشاوره جناب آقای دکتر جمشید صباغ‌زاده از آن دفاع شده است.»

ماده 3: 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 4: در صورت عدم رعایت ماده 3، 50% بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده 5: 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 4 را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده 6: اینجانب محسن شیخی دانشجوی رشته متالورژی – شناسایی و انتخاب مواد مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

محسن شیخی

تاریخ و امضا

چکیده

آلومینیوم آلیاژی 2024 یکی از آلیاژهای با استحکام بالاست که در صنایع هوا فضا، حمل و نقل و صنایع نظامی کاربرد فراوان دارد. این آلیاژ در گروه آلیاژهای جوش‌ناپذیر قرار دارد که کاربرد آنرا با محدودیت مواجه کرده است. در این تحقیق در ابتدا به بررسی شکل حوضچه جوش این آلیاژ در جوشکاری آن بوسیله لیزر Nd:YAG پالسی پرداخته شد و مشخص شد که قله توان عامل مهمی در تعیین شکل حوضچه است. سپس ترکهای انجمادی این آلیاژ مطالعه شدند. جوشکاری در دو نوع جوش تک پالس و جوش با هم‌پوشانی پالسها انجام گرفت. در جوشهای تک پالس اثر چگالی توان بر شدت ترکها بررسی شد و دیده شد که تشکیل ناحیه ستونی ، شدت ترکها را در فلز جوش افزایش می‌دهد. در جوشهای با هم‌پوشانی پالسها، با کاهش عامل هم‌پوشانی، تعداد ترکها کم شد در حالیکه طول میانگین این ترکها افزایش یافت که برای تبیین این پدیده ترک‌ها در این جوش به سه دسته تقسیم شدند و مکانیزم انتشار ترک در جوش لیزر پالسی بیان شد. مشاهدات نشان داد که در فصل مشترک هر نقطه جوش با فلز پایه، ترک‌ها از ناحیه ذوب جزئی شروع می‌شوند در حالیکه در فصل مشترک هر نقطه جوش با نقطه جوش قبل، در ناحیه ذوب جزئی ترکی بوجود نمی‌آید. علت این پدیده نیز دمای بالای نقطه جوش قبلی و همچنین تفاوت ریز ساختاری ناحیه ذوب جزئی در فلز پایه و فلز جوش شناخته شد. در مرحله بعد، جوشکاری با فلز پرکن و با سیم آلومینیوم 4043 انجام شد. در این فرآیند افزایش میزان سیم ورودی به هر پالس، افزایش میزان هم‌پوشانی پالس‌ها باعث کاهش شدت ترکها می‌شود. افزایش قله توان و همچنین افزایش انرژی ورودی به جوش اثر مشابهی بر روی ترکها ندارند. با افزایش قله‌توان ابعاد حوضچه افزایش می‌یابد که این امر سبب می‌شود که میزان رقت افزایش یافته و در نتیجه شدت ترک‌های انجمادی افزایش یابد در حالیکه با افزایش قله‌توان، میزان تنشهای حرارتی کمتر می‌شود و ترکیب حوضچه همگن‌تر می‌شود که این عوامل سبب کاهش ترکهای انجمادی جوش می‌شود. ترکهای انجمادی در این جوش‌ها عموما از پایین شروع می‌شوند که عدم یکنواختی ترکیب حوضچه جوش و بالا بودن تنش‌ها در پایین حوضچه می‌توانند از علل افزایش حساسیت به ترک در پایین حوضچه جوش باشند. در مرحله آخر جوشکاری لب به لب آلیاژ 2024 انجام شد که دیده شد افزایش فاصله بین دو صفحه در جهت کاهش حساسیت به ترک عمل می‌کند. این آزمایش‌ها بر اساس الگوریتم تاگوچی انجام شد و اثر میانگین پارامترها بر روی شدت ترکهای انجمادی و همچنین کیفیت جوش تعیین شد. با انجام آزمون کشش بر روی بهترین نمونه جوش لب به لب، نمونه کشش از فلز پایه شکست.

کلید واژه ها : آلومینیوم 2024، جوشکاری لیزر، ترک انجمادی، ناحیه ذوب جزئی، فلز پرکن.

فهرست

فصل اول

مقدمه 1

فصل دوم

مروری بر منابع 4

2-1 مقدمه 5

2-2 ترک انجمادی 6

2-2-1 عامل‌های متالورژیکی 7

2-2-2 عوامل مکانیکی 13

2-2-3 راههای جلوگیری از ترکهای انجمادی 14

2-3 ترکهای ذوبی 15

2-3-1 مکانیزمهای ذوب مرز دانه‌ایی 16

2-3-2 مکانیزم ترک‌های ذوبی 19

2-3-3 راههای کاهش ترک‌های ذوبی 20

2-4 استحکام و شکل‌پذیری پایین در PMZ 22

2-5 جوشکاری لیزر 22

2-5-1 مقایسه جوشکاری لیزر با روش‌های دیگر 24

2-5-2 لیزرهای مختلف و تفاوت‌های آن‌ها 25

2-5-3 پارامترهای فرآیند جوشکاری لیزر 26

فصل سوم

روش انجام تحقیق 30

3-1 تجهیزات و مواد اولیه 31

3-2 روند کلی آزمایشات 31

3-2-1 جوشکاری خودزا 32
3-2-2 جوشکاری با فلز پرکن 34
3-2-3 جوشکاری لب به لب 38
3-2-4 آزمون کشش 41
3-2-5 آزمون سختی سنجی 41
3-2-6 آزمون خمش 41

فصل چهارم

نتایج و بحث 42

4-1 مشخصات فلز پایه 43
4-2 جوش‌های خودزا 43
4-2-1 اثر پارامترهای فرآیند بر روی شکل حوضچه 43
4-2-2 بررسی رفتار ترک‌های انجمادی 49
4-2-3 بررسی اثر پیش‌گرم 61
4-3 جوشکاری با فلز پرکن 62
4-3-1 بهینه‌سازی فرآیند 62
فاصله نوک سیم تا سطح حوضچه 65
4-3-2 جوشکاری پاس روی ورق با فلز پرکن 66
4-3-3 جوشکاری لب به لب 77
4-4 آزمون کشش 81
4-5 سختی سنجی 83
4-6 آزمون خمش 85

فصل پنجم

نتیجه‌گیری 87
پیشنهادات 89

مراجع 90

فهرست جدولها

شماره صفحه

جدول(1-1) خواص مکانیکی برخی از آلیاژهای آلومینیوم 5

جدول (2-2) فلز پرکن مناسب برای جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم با استحکام بالا 15

جدول (2-3): مقایسه جوشکاری لیزری با روشهای دیگر 25

جدول (2-4) مقایسه چگالی توان جوشکاری لیزری با روشهای دیگر 25

جدول(3-1) ترکیب شیمیایی آلیاژ استفاده شده بر حسب درصد وزنی 31

جدول(3-2) پارامترهای فرآیند جوشکاری برای بررسی اثر پارامترهای فرآیند بر شکل حوضچه 32

جدول(3-3) پارامترهای فرآیند SSW و OSW 34

جدول (3-4) متغیرهای پارامترهای مربوط به نحوه قرار گرفتن سیم در فرآیند جوشکاری لیزر پالسی 37

جدول(3-5) ترکیب شیمیایی آلیاژ استفاده شده بر حسب درصد وزنی 37

جدول(3-6) پارامترهای فرآیند جوشکاری برای بررسی اثر پارامترهای فرآیند بر شکل حوضچه 38

جدول(3-7) پارامترهای فرآیند جوشکاری برای بررسی اثر پارامترهای فرآیند بر شکل حوضچه 38

جدول(3-8) الگوریتم تاگوچی مورد استفاده در طراحی آزمایش‌ها 39

جدول(3-9) پارامترهای استفاده شده در جوشکاری لب به لب 40

فهرست شکلها

شماره صفحه

شکل (2-1) دیاگرام اندرکنش بین عامل‌های مختلف تاثیرگذار بر ترک انجمادی در فرآیند جوشکاری 7

شکل (2-2) تاثیر ترکیب حوضچه بر حساسیت به ترک انجمادی 8

شکل (2-3) شماتیک مراحل پیشرفت انجماد دندریتها که نشان دهنده مراحل بازپرکنندگی مذاب a-b، فیلم نازک مذاب c، و ناحیه همدوسی دندریتها d-f است 9

شکل (2-4) نمایش 4 مرحله انجماد و تاثیر ترکیب شیمیایی بر بروی عرض این نواحی و حساسیت به ترک 10

شکل (2-5) مذاب مرز دانه‌ایی: a) زاویه دوسطحی، b) توزیع مذاب در مرز دانه، c) اثر زاویه مرز دانه‌ایی بر حساسیت به ترک 12

شکل (2-6) منحنی نشان دهنده محدوده دمای تردی (BTR) 13

شکل (2-7) تشکیل PMZ در آلیاژی با ترکیب a C0) سمت غنی از آلومینیوم دیاگرام آلومینیوم-مس، b) سیکل حرارتی، c) مقطع عرضی جوش 16

شکل (2-8) پنج مکانیزم مختلف برای ایجاد فاز مذاب در PMZ 17

شکل (2-9) ریزساختار ناحیه PMZ آلیاژ 2219 18

شکل (2-10) نحوه تشکیل ترک در PMZ 19

شکل (2-11) اثر ترکیب فلز جوش بر حساسیت به ترک ذوبی و انجمادی یک آلومینیوم آلیاژی دوتایی 20

شکل(2-12) شکل شماتیک از جوشهای a)هدایتی وb) جوش نفوذی 23

شکل (2-13) تفاوت جوشهای a) هدایتی و b) نفوذی 24

شکل(2-14) متغیرهای فرآیند لیزر پالسی 27

شکل(3-1) نحوه قرار گیری تغذیه کننده سیم در فرآیند 35

شکل(3-2) نحوه چیدمان اجزای فرآیند جوشکاری لیزر با سیم پرکن 36

شکل(4-1) ریز ساختار و دانه‌بندی فلز پایه از a) سطح قطعه، b) سطح مقطع قطعه و تصویر SEM. 43

شکل(4-2) تاثیر تغییرات قله‌توان بر عمق و عرض حوضچه و حالت جوشکاری 44

شکل (4-3) سطح مقطع جوش در دوحالت a) هدایتی b) سوراخ‌کلیدی نزدیک به ناحیه انتقال 45

شکل(4-4) تاثیر تغییرات قله‌توان بر عمق و عرض حوضچه و حالت جوشکاری 46

شکل(4-5) تاثیر قله‌توان و انرژی پالس در انتقال جوش از حالت هدایتی به سوراخ‌کلیدی 47

شکل(4-6) تاثیر میزان همپوشانی پالس‌ها بر عمق و عرض حوضچه 48

شکل(4-7) تاثیر فاصله بر ابعاد حوضچه 48

شکل (4-8) ریز ساختار جوش‌های SSW از بالای جوش درچگالی توان‌های a) 9/5، b) 8/5، c) 6/1 و d) 1/5 (Kw/mm2) 50

شکل (4-9) تغییرات عامل شدت ترک و نسبت مساحت ناحیه هم‌محور به مساحت ناحیه جوش با تغییر چگالی توان 50

شکل(4-10) تصویر SEM از ناحیه هم‌محور و فاز بین دندریتی موجود در این ناحیه 51

شکل (4-11) ریز ساختار جوش‌های OSW از بالا و با میزان همپوشانی پالس a) 92%، b) 85%، c) 55% و d) 35% 52

شکل (4-12) تغییرات تعداد ترک‌ها و میانگین طول ترک‌ها با تغییر میزان هم‌پوشانی پالس‌ها 53

شکل (4-13) نمایش انواع ترکها در a) تصویر شماتیکی از جوش و b) تصویر جوش از بالا 54

شکل(4-14) قسمت‌های مختلف جوش در تقسیم بندی انجام شده(از نمای بالا جوش) 55

شکل(4-15) انواع خط ذوب و ذوب مرز دانه‌ایی در مقطع عرضی جوش 56

شکل(4-16) تاثیر حضور LGB بر ترکهای انجمادی داخل حوضچه جوش 57

شکل (4-17) ناحیه مستعد به ترک بر اساس قابلیت بازپرکنندگی فاز بین دندریتی 57

شکل(4-18) ریز ساختار PMZ II 60

شکل(4-19) ریز ساختار انجمادی a) Zon II و PMZ II b) Zon I وPMZ I 60

شکل(4-20) تصویر سطح جوش نمونهای جوش داده شده تحت شرایط پیش‌گرم 250 درجه و بزگنمایی a) 50 b) 100 61

شکل (4-21) تغییرات تعداد ترک‌ها و میانگین طول ترک‌ها با دمای پیش‌گرم 62

شکل(4-22) سطح مقطع جوش‌های لیزر a) بدون انحراف سیم b) با انحراف سیم و c) شماتیک فرآیند 64

شکل(4-23) متغیرهای موجود در نحوه قرار گیری سیم در فرآیند جوشکاری لیزر با سیم پرکن 65

شکل(4-24) تصویر سطح جوشهایی که سیم a) روی سطح نمونه و b) به فاصله 1mm از سطح نمونه قرار داشته اند 65

شکل(4-25) ریزساختار مقاطع جوش انجام شده در شرایط قله‌توان (2/5(kW، عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZ، با همپوشانی 70% و میزان سیم ورودی a) 0/06، b) 0/2، c) 0/26 و d) 0/33میلی‌متر 66

شکل(4-26) نمودار شدت ترک‌های انجمادی بر حسب میزان سیم ورودی برای جوشهای انجام شده در شرایط قله‌توان (2/5(kW، عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZ، با همپوشانی 70% 67

شکل(4-27) شماتیک سطح مقطع طولی جوش در فرآیند جوشکاری لیزر پالسی 68

شکل(4-28) مکان انجام آنالیز در جوش‌های با فلز پرکن 69

شکل(4-29) ریزساختار مقاطع جوش انجام شده در شرایط قله‌توان (2/5(kW، عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZ، میزان سیم ورودی (0/06(mm و با همپوشانی‌های a) 97، b) 94، c) 87 و d) 80 درصد 70

شکل(4-30) نمودار شدت ترک‌های انجمادی بر حسب میزان هم‌پوشانی پالس‌ها برای جوشهای انجام شده در شرایط قله‌توان (2/5(kW، عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZ، میزان سیم ورودی (0/06(mm 71

شکل(4-31) ریزساختار مقاطع جوش انجام شده در شرایط عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZ، میزان سیم ورودی (0/06(mm، همپوشانی (94(% و با قله‌توان a) 2/2، b) 2/5، c) 2/8 72

شکل(4-32) نمودار شدت ترک‌های انجمادی بر حسب قله‌توان برای جوشهای انجام شده در شرایط عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZ، میزان سیم ورودی (0/06(mm، همپوشانی (94(% 73

شکل(4-33) نمودار شدت ترک‌های انجمادی بر حسب عرض پالس برای جوشهای انجام شده در شرایط قله‌توان (2/3(kW، عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZ، میزان سیم ورودی (0/06(mm، هم‌پوشانی 90% 74

شکل(4-34)ریزساختار مقاطع طولی جوش انجام شده در شرایط قله‌توان (2/5(kW، عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZو با سرعت سیم میز a)1 و b)5 میلی‌متر بر ثانیه 74

شکل(4-35)نمودار شدت ترک‌های انجمادی بر حسب سرعت سیم و میز برای جوشهای انجام شده در شرایط قله‌توان (2/5(kW، عرض پالس (5(ms، فرکانس (15(HZ 75

شکل (4-36) اثر سرعت تغذیه سیم بر کیفیت جوش 76

شکل(4-37) اثر اصلی متغیرهای فرآیند روی شدت ترکهای انجمادی موجود در جوش 78

شکل(4-38) اثر متقابل قله‌توان و عرض پالس بر شدت ترکهای انجمادی 78

شکل(4-39) اثر متقابل قله‌توان و عامل همپوشانی پالس‌ها بر شدت ترکهای انجمادی 79

شکل (4-40) اثر اصلی متغیرهای فرآیند بر کیفیت ظاهری جوش 80

شکل (4-41) تصاویر سطح مقطع جوشهایی با کیفیتهای تعریف شده a)صفر b)یک c) دو 80

شکل(4-42) سطح شکست نمونه شماره 6 81

شکل(4-43) سطح شکست نمونه شماره 5 82

شکل (4-44) a) سطح مقطع نمونه شماره 16 و b) تصویر نمونه کشش آنها 82

شکل(4-45) مسیر سختی سنجی 83

شکل (4-46) نمودار سختی روی مسیر عمودی 84

شکل (4-47) نمودار سختی روی مسیر افقی 84

فصل اول

مقدمه

آلیاژهای عملیات حرارتی پذیر آلومینیوم یکی از گروه‌های حساس به ترک در جوشکاری به حساب می‌آیند. این آلیاژها دارای نسبت استحکام به وزن بالایی هستند و به همین دلیل در صنایع هوا فضا، حمل و نقل، صنایع نظامی و صنایع هواپیمایی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند تا با کاهش وزن در انرژی صرفه جویی گردد. آلومینیوم آلیاژی 2024در این گروه قرار می‌گیرد[1-3]. آلیاژهای فوق با افزودن عناصری همچون مس، منیزیم، روی و سیلسیم به آلومینیوم تهیه می‌شوند. وجود ذرات رسوب در زمینه سبب افزایش استحکام این آلیاژها می‌شود. یکی از چالشهای مهم در استفاده از آلیاژهای آلومینیوم، نیاز به برقراری اتصال بین آنها است. ایجاد ترک‌های شدید در فلز جوش و در منطقه ذوب جزئی (که در قسمت بیرونی خط ذوب تشکیل می‌شود) و همچنین رشد رسوب و نرم شدگی در منطقه متاثر از گرما، از جمله مشکلات بسیار جدی در جوشکاری این فلزات است[2-5].

راههای مختلفی برای از بین بردن ترک‌های انجمادی ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به تغییر در ترکیب حوضچه جوش اشاره کرد تا از طریق کاهش دامنه انجماد، از ایجاد ترک جلوگیری کرد[6-8]. ولی مشکل ترک در ناحیه ذوب جزئی پیچیده‌تر از ترک‌های انجمادی است و یکی از بهترین راههای کاهش این مشکل کاهش حرارت ورودی به قطعه است[3، 8-9].

در جوشکاری‌های صورت گرفته با روش‌های دیگر روی آلیاژ 2024، اگرچه توانسته‌اند مشکل ترک انجمادی داخل فلز جوش را حل کنند ولی مشکل ترک ذوبی و همچنین پدیده نرم شدگی در ناحیه ذوب جزئی همچنان مطرح است [9-10].

در این تحقیق جهت بررسی جوش‌پذیری این آلیاژ از لیزر استفاده شد. در جوشکاری لیزر از یک پرتو همگرا جهت ذوب فلزات پایه استفاده می‌شود. این روش به دلیل میزان گرمای ورودی پایین و منطقه تحت تاثیر حرارت کوچک و اعوجاج کم، جهت جوشکاری قطعات حساس به حرارت ورودی مطلوب است. به علت حرارت ورودی پایین در جوشکاری لیزر، می‌توان مشکل ایجاد ترک در منطقه ذوب جزئی و همچنین نرم شدگی در منطقه متاثر از گرما را به میزان زیادی کاهش داد[9، 11].

در جوشکاری آلومینیوم بوسیله لیزر مشکلات جدیدی بوجود می‌آید که از مهمترین آنها می‌توان به ایجاد تخلخل و کاهش عناصر آلیاژی در جوش اشاره کرد[9، 12]. در این تحقیق ابتدا درباره نحوه تاثیر پارامترهای فرایند جوشکاری لیزر پالسی Nd:YAG بر شکل حوضچه، مطالعاتی صورت گرفت. سپس رفتار ترک گرم، نحوه جوانه‌زنی و انتشار آن در جوشکاری لیزر به صورت خودزا پرداخته شد.

از آنجائیکه انتظار هم می‌رفت، در این جوش‌ها مشکل ترک انجمادی برطرف نشد و به همین جهت برای جوشکاری این آلیاژ از فلزپرکن نیز در کنار لیزر استفاده شد تا در این شرایط به بررسی جوش‌پذیری این آلیاژ پرداخته شود. اغلب جوشکاری لیزر با فلز پرکن بهمراه روش‌های قوسی به کار رفته است [2، 13]. در اینجا از روش تغذیه مستقیم سیم به داخل حوضچه جوش استفاده شد.

جوشکاری‌ها ابتدا بصورت پاس روی ورق صورت گرفت و فیزیک فرایند و نحوه تاثیر پارامترهای آن بر ترکهای انجمادی بررسی شد. در گام آخر با توجه به نتایج بدست آمده در قسمت قبل، جوشکاری به صورت لب به لب انجام شد. بهترین نمونه جوش بدست آمده تحت آزمون کشش قرار گرفت و از قسمت فلز پایه شکست.

فصل دوم

مروری بر منابع