بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده مهندسی متالورژی و مواد

عنوان:

بررسی اثر متغیر های جوشکاری لیزر Nd:YAG پالسی فولاد های زنگ نزن ۶۳۰ و ۳۲۱

نگارش:
علی رضا صوفی زاده

استاد راهنما: دکتر سید علی اصغر اکبری موسوی

استاد مشاور: دکتر سید فرشید کاشانی بزرگ

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی متالورژی و مواد
گرایش جوشکاری

شهریور ۱۳۸۷

چکیده :

در این پژوهش جوشکاری لیزر غیر هم جنس فولادهای ۳۲۱ و ۶۳۰ مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق از دستگاه لیزر Nd:YAG پالسی با توان متوسط ۸۰ وات استفاده شده است. تاثیر پارامترهای جوشکاری بر عمق، عرض و حجم جوش مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد که افزایش ولتاژ و فرکانس منجر به افزایش عمق، عرض و حجم جوش می شود. افزایش قطر اشعه منجر به کاهش حجم و عمق جوش و افزایش عرض جوش شده است. در مورد زمان پالس بیشترین حجم و عمق جوش در مقدار اپتیمم ۴ میلی ثانیه بدست آمد و با دور شدن از این مقدار کاهش حجم و عمق دیده شد. با افزایش سرعت جوشکاری مقدار رویهم افتادگی پالس ها کاهش یافته و عمق، عرض و حجم جوش کاهش می یابد.

در انجام جوش های هم جنس فولاد۳۲۱ میکروساختار آستنیتی با ساختار انجمادی سلولی و دندریتی مشاهده شد و در مورد جوش هم جنس فولاد۶۳۰ ساختاری مارتنزیتی به همراه مقداری فریت دیده شد. ریزساختار جوش غیر همجنس در سمت فولاد ۶۳۰ مارتنزیت ظریف و در وسط جوش از مقدار مارتنزیت کاسته شده و فریت افزایش یافته و در سمت فولاد ۳۲۱ ساختار آستنیت و فریت شکل گرفته است. عیوب متالورژیکی شامل حفره های گازی، ترک های انجمادی، پرشدن ناقص حوضچه جوش واکسید شدن سطح هستند. نتایج تست ریزسختی، بیشترین میزان سختی را در مرز ذوب فولاد ۶۳۰ نشان می دهد. نمونه های جوشکاری شده تحت آزمایشات نشتی سنجی و پارگی قرار گرفت و میزان استحکام مکانیکی آن ها تایید شد.

تقدیم به

پدر و مادر و همسرم

تقدیر و تشکر :

پروردگار قادر و توانا را شکر می گویم که خوانی دیگر از هفت خوان زندگی را به سلامت پشت سر نهادم در پیمودن این راه پر پیچ و خم، باید از پدر بزرگوار و زحمتکش، مادر مهربان و دلسوز و همسر فداکار و صبورم و تمامی اساتید ارزنده ای که در دوران تحصیل من در رشد و پرورش استعدادهایم و بر طرف کردن ضعف هایم همت گماشته بودند تشکر کنم. به طور خاص باید از استاد دانشمند جناب آقای دکتر سید علی اصغر اکبری موسوی که در طول انجام این تحقیق پدرانه و دلسوزانه راهنمای اینجانب بودند، تشکر کنم. همچنین از استاد مشاور عزیز جناب آقای دکتر سید فرشید کاشانی بزرگ و اساتید ممتحن استاد بزرگوار دکتر آماده و جناب آقای دکتر مرعشی(عضو هیئت علمی دانشگاه صنتی امیرکبیر) ، همچنین مسئولین محترم آزمایشگاه های متالوگرافی (آقای مهندس حسن آبادی) ، SEM (خانم مهندس معظمی و آقای مهندس اسدی) ، خوردگی (آقای مهندس شریفی) و XRD (دوست نازنینم جناب آقای مهندس علی طالبی) و تمامی کسانی که فراموش کردن ذکر نامشان باعث شرمندگی بنده است، خالصانه تشکر و قدردانی می کنم .

فهرست

فصل اول مقدمه

فصل دوم مروری بر منابع

۲-۱- لیزرهای مورد استفاده در فرآوری مواد ۵
۲-۱-۱- مقدمه ۵
۲-۱-۲- عملکرد کلی لیزرها ۵
۲-۱-۳- لیزرهای دی اکسید کربن ٦
۲-۱-۳-۱- لیزرهای با جریان گازی محوری آهسته ۷
۲-۱-۳-۲- لیزرهای پالسی ۷
۲-۱-٤- لیزرهای Nd:YAG ۸
۲-۱-٥- لیزرهای Excimer ۹
۲-۲- فرآیند جوشکاری لیزر ۹
۲-۲-۱- مقایسه با روش های دیگر ۱۲
۲-۲-۲- جوشکاری با لیزر پالسی ۱۳
۲-۲-۳- متغیرهای جوشکاری لیزر ۱٥
۲-۲-۳-۱- توان لیزر ۱٥
۲-۲-۳-۲- نقطه کانونی ۱٦
۲-۲-۳-٤- گاز محافظ ۱۷
۲-۲-٤- مسائل متالورژیکی جوشکاری لیزری ۱۸
۲-۳- فولادهای زنگ‌نزن ۲۲
۲-۳-۱- فولاد ضد زنگ رسوب سخت شونده ٦۳۰..... ۲۲

۲-۳-۱-۱- بررسی ترکیب شیمیایی،خواص فیزیکی و مکانیکی آلیاژ ۶۳۰ ..... ۲۲
۲-۳-۱-۲- بررسی ریز ساختار فولاد ۶۳۰..... ۲٤
۲-۳-۱-۳- جوشکاری فولاد ۶۳۰ ..... ۲۵
۲-۳-۱- ۳-۱- جوش پذیری ۲۵
۲-۳-۱- ۳-۲- جوشکاری قوسی فولاد زنگ نزن ۶۳۰..... ۲۵
۲-۳-۱- ۳-۳- جوشکاری پرتو الکترونی فولاد ۶۳۰..... ۲۵
۲-۳-۲- بررسی خواص متالورژیکی و جوشکاری فولاد آستنیتی ۳۲۱ ..... ۲۷
۲-۳-۲-۱- فولادهای زنگ نزن آستنیتی ۲۷
۲-۳-۲-۲- فولاد زنگ نزن آستنیتی۳۲۱ ..... ۲۸
۲-۳-۲-۳- جوشکاری فولاد ۳۲۱ ..... ۳۱
۲-٤- آخرین پژوهش ها در زمینه جوشکاری لیزر غیر همجنس فولادها ۳۷
۲-٤-۱- اتصال فولاد زنگ‌نزن به فولاد خوش‌تراش ۳۷
۲-٤-۲- اتصال فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی به مارتنزیتی ۳۸

فصل سوم - مراحل و روش تحقیق

۳-۱- تهیه مواد ٤۲
۳-۲- آنالیز شیمیایی ٤۲
۳-۳- تهیه نمونه های اصلی ٤۳
۳-٤- جوشکاری ٤۳
۳-٤-۱- جوشکاری هم جنس ٤۳
۳-٤ - ۲- جوشکاری غیر هم جنس فولاد ۳۲۱ به ۶۳۰ ..... ٤٤
۳- ۵ - دستگاه لیزر ٤۵
۳- ٦ - فیکسچر ٤۷
۳- ۷ - آماده سازی نمونه ها ٤۷
۳- ۸ – متالوگرافی ٤۹
۳- ۹- بررسی های میکروسکوپی ٤۹
۳-۱۰- ریز سختی سنجی ٤۹

۳-۱۱- آزمایش نشست سنجی و پارگی ٤٩

فصل چهارم- نتایج و بحث

٤-١- اثر متغیر ها بر هندسه جوش ٥٢
٤-١-١- چگونگی محاسبه عمق وعرض و حجم جوش ٥٢
٤-١-٢- بررسی اثر ولتاژ ٥٤
٤-١-٣- بررسی اثر قطر نقطه کانونی اشعه لیزر ٥٥
٤-١-٤- اثر سرعت جوشکاری ٥٧
٤-١-٥- تاثیر زمان پالس ٥٨
٤-١-٦- اثر فرکانس ٥٩
٤-٢- بررسی ریزساختارها ٦٢
٤-٢-١- میکروساختار جوش فولاد ٦٣٠ ..... ٦٢
٤-٢-١-١-اثر سرعت پارامترهای جوشکاری لیزر بر مقدار فریت دلتا ٦٤
٤-٢-١-٢- مرز ذوب و منطقه تحت تاثیر حرارت ٦٥
٤-٢-٢- میکرو ساختار جوش هم جنس فولاد ۳۲۱ ..... ٦٦
٤-٢-٢-١- آنالیزپراش اشعه ایکس ٦٩
٤-٢-٢-٢- اندازه دانه ٧٠
۴-۲-۲-۳- منطقه تحت تاثیر حرارت..... ٧٢
٤-٢-٣-میکرو ساختار جوش غیر همجنس فولاد ۳۲۱و ٦٣٠ ..... ٧٢
٤-٢-٣-١- آنالیز پراش اشعه ایکس ٧٧
٤-٢-٣-٢- رشد رونشستی ٧٨
٤-٢-٣-٣- منطقه تحت تاثیر حرارت ٧٩
٤-٢-٣-٤-اندازه دانه ٨٠
٤-٢-٤- اثر جابجایی نقطه اثر اشعه لیزر بر میکروساختار فلز جوش ٨٢
٤-٢-٤-١- اثر جابجایی نقطه اثر اشعه بر پروفیل توزیع عناصر ٨٦
٤-٣- تست های ریزسختی سنجی ٨٩

٤-٣-١- ریز سختی جوش فولاد ٦٣٠ ..... ٨٩
٤-٣-٢- ریز سختی جوش فولاد ٣٢١ ..... ٩٠
٤-٣-٣- ریز سختی جوش فولاد ٣٢١ و ٦٣٠ ..... ٩٢
٤-٣-٤- اثر جابجایی نقطه اثر اشعه بر ریز سختی ٩٥
٤-٤- عیوب جوشکاری ٩٦
٤-٤-١-عیوب متالورژیکی ٩٦
٤-٤-١-١- تخلخل ٩٦
٤-٤-١-٢- ترک انجمادی ٩٨
٤-٤-١-٣- پر شدن ناقص جوش ٩٩
٤-٤-١-٤- اکسیدهای سطحی ١٠١
٤-٤-١-٥ - پاشش مذاب ١٠١
٤-٤-٢- عیوب اپراتوری ١٠١
٤-٤-٢-١- اندازه درز زیاد ١٠٢
٤-٤-٢-٢- اثر انحراف اشعه لیزر ١٠٢
٤-٤-٢-٣- عدم انطباق مناسب دو قطعه کار (هم سطح نبودن دو قطعه) ١٠٣
٤-٥- آزمایش نشت سنجی و پارگی ١٠٤
٤-٥-١- آزمایش نشت سنجی ١٠٤
٤- ٥- ٢- آزمایش پارگی ١٠٥

فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری ١٠٧
پیشنهادات ١٠٩

مراجع ١١٠

فهرست جدول ها :

جدول۲-۱: مقایسه جوشکاری لیزری با روشهای دیگر ۱۲
جدول ۲-۲: مقایسه چگالی توان جوشکاری لیزری با روشهای دیگر ۱۲
جدول۲-۳- خواص فیزیکی آلیاژ ۶۳۰ به همراه فولادهای هم خانواده ۲۳
جدول۲-٤- مقاومت به خوردگی فولاد ۶۳۰ در محیطهای مختلف ۲۳
جدول ۲- ٥- خواص مکانیکی فولاد ۶۳۰ در شرایط ریخته گری ۲۳
جدول ۲-٦- خواص مکانیکی جوشهای قوسی فولاد ۶۳۰ ..... ۲٦
جدول ۲-۷ - خواص مکانیکی جوشهای پرتو الکترونی فولاد ۶۳۰ ..... ۲۷
جدول ۲-۸- ترکیب شیمیایی استاندارد فولاد۳۲۱ ..... ۲۹
جدول۲-۹- نتایج تست خوردگی مرز دانه ای در مورد فولادهای ۳۲۱ و۳۰٤ ..... ۲۹
جدول۲-۱۰ - خواص فیزیکی فولاد ۳۲۱ ..... ۳۰
جدول۲-۱۱- خواص مکانیکی فولاد۳۲۱ در دما اتاق ۳۱
جدول۲-۱۲ -خواص مکانیکی فولاد۳۲۱ در دماهای بالا ۳۱
جدول ۳-۱ خواص مکانیکی حداقل فولاد زنگ‌نزن ۳۰٤و۶۳۰ در دمای اتاق ٤۲
جدول۳-۲- ترکیب شیمیایی فلزات پایه ۳۲۱ و۶۳۰ ..... ٤۲
جدول ۳-۳ متغیرهای جوشکاری جوشکاری هم جنس و غیرهم جنس ٤٦
جدول ۳-٥- متغیرهای جوشکاری برای نمونه های تست فشار ٥۰
جدول ٤-۱- ترکیب شیمیایی فازهای مختلف نشان داده شده در شکل٤- ۱٥ ..... ٦٤
جدول٤-۲ - آنالیزEDS از فلز پایه۳۲۱ و فلز جوش در مجاورت آن ۷٦
جدول٤-۳- آنالیزEDS از مناطق سلولی و بین سلولی ۷۷
جدول ٤-٤- نتایج تست نشت سنجی ۱۰٤
جدول ٤-٥- نتایج تست پارگی ۱۰٥

فهرست شکل ها :

شکل۲-۱- لیزر جریان گازی محوری آهسته ۷
شکل۲-۲- شماتیک لیزر Nd:YAG ۸
شکل۲-۳-شماتیک لیزر Excimer ۹
شکل۲-٤- شکل شماتیک از جوشهای هدایتی(a) و جوش نفوذی(b) ۱۰
شکل۲-٥- تفاوت جوش هدایتی(a) و نفوذی(b) ۱۱
شکل۲-٦- اثر گرمای ورودی بر نفوذ ۱۳
شکل۲-۷- اثر عرض پالس و انرژی پالس بر عمق نفوذ و قطر جوش در جوش لیزر Nd:YAG ۱٤
شکل ۲-۸- اثر عرض پالس و فرکانس بر شکل جوش ۱٤
شکل۲-۹- اثر پارامترهای سرعت جوشکاری و توان لیزر بر ابعاد و شکل جوش ۱٦
شکل۲-۱۰- فاصله نقطه کانونی تا سطح ۱٦
شکل۲-۱۱- تشکیل ابر پلاسما در جوشکاری نفوذی ۱۷
شکل۲-۱۲- اثرتشکیل ابر پلاسما بر شکل جوش ۱۸
شکل۲-۱۳- طرحواره از سطح جوش در مسیر جوش لیزر ۲۰
شکل۲-۱٤- تغییرات مورفولوژی ساختار با تغییرات G و R و سرعت سرد شدن ۲۰
شکل۲-۱٥- اثر افزایش منطقه mushy zone بر تغییر مورفولوژی جوش ۲۱
شکل۲-۱٦- اثر زمان سرد شدن $\Delta t_{800-500}$ بر روی میکروساختار ۲۱
شکل۲-۱۷- تغییرات میکروساختاری در فولاد کربنی ساده در سرد شدن پیوسته ۲۱
شکل۲- ۱۸- میکروساختار ریختگی فولاد ٦۳۰ ..... ۲٤
شکل۲-۱۹- میکروساختار فولاد زنگ نزن آستنیتی نوع 316L در شرایط آنیل شده ۲۸
شکل ۲-۲۰- نمودار شافلر برای پیش بینی ریز ساختار فولاد ها ۳۲
شکل۲-۲۱ - دیاگرام سوتالا ۳۳
شکل ۲-۲۲- انجماد با مد اولیه فریتی در جوش لیزر فولاد ۳۰٤ ..... ۳٤
شکل ۲-۲۳- انجماد با مد اولیه مخلوط در جوش لیزر فولاد ۳۲۱ ..... ۳٤
شکل۲-۲٤- دیاگرام سوتالا اصلاح شده ۳٥
شکل ۲-۲٥- ریز ساختار انجمادی دندریتی در جوش فولاد ۳۲۱ در جوشکاری بااشعه الکترونی ۳٥

شکل ۲-۲۶- میکروترک های مشاهده شده در مرز ذوب ۳۶
شکل ۲-۲۷- پروفیل ریزسختی در فلز جوش فولاد ۳۲۱ به روش جوشکاری بااشعه الکترونی ۳۶
شکل۲-۲۸- فرایند جوشکاری لیزر برای اتصال دو آلیاژ AISI304L و AISI12L13 ..... ۳۸
شکل ۲-۲۹- تصویر میکروسکوپ نوری جوش و پروفیل عناصر اصلی در نمونه M02 ..... ۳۹
شکل ۲-۳۰- تصاویرSEM مرز ذوب و فلز جوش ۳۹
شکل۲-۳۱- پروفیل میکروسختی نمونه های جوش ٤۰
شکل۲-۳۲- نحوه گسیختگی نمونه جوشکاری‌شده تحت تست کشش ٤۰
شکل۳-۱- تصاویر نمونه مورد استفاده ٤۳
شکل۳-۲- نمونه ای از تست های انجام شده به روی ورق فولاد ٦۳۰ ..... ٤٤
شکل۳-۳- تصویر دستگاه جوشکاری لیزر و اجزای آن ٤۷
شکل۳-٤- تصویر فیکسچر چرخان جوشکاری ٤۸
شکل۳-۵- تصویر نمونه مانت شده از قطعه جوشکاری شده ٤۸
شکل٤-۱- تصویر چگونگی محاسبه عمق و عرض وسطح مقطع جوش ۵۲
شکل٤-۲- تصویر تعدادی از جوش های غیر همجنس فولاد های ۳۲۱ و ۶۳۰ ..... ۵۳
شکل ٤-۳- نمودار تاثیر ولتاژ بر عمق و عرض گرده جوش ۵٤
شکل ٤-٤- نمودار تاثیر ولتاژ بر حجم گرده جوش ۵۵
شکل٤-۵- نمودار تاثیرقطر اثر اشعه لیزر بر عمق و عرض گرده جوش ۵۵
شکل٤-٦- نمودار تاثیرقطر اثر اشعه لیزر بر حجم گرده جوش ۵٦
شکل٤-۷- اثر سرعت جوشکاری بر عمق و عرض گرده جوش ۵۷
شکل٤-۸- اثر سرعت جوشکاری بر حجم گرده جوش ۵۸
شکل٤-۹- اثر زمان پالس بر عمق و عرض گرده جوش ۵۸
شکل٤-۱۰- اثر زمان پالس بر حجم گرده جوش ۵۹
شکل ۴-۱۱- اثر فرکانس بر عمق و عرض گرده جوش ۶۰
شکل ۴-۱۲- اثر فرکانس بر حجم گرده جوش..... ۶۰
شکل٤-۱۳- الف) جوش شماره۲٤ با درصد رویهم افتادگی۹۲٪ ٦۱
شکل٤-۱٤- تصویر میکروسکوپ نوری از حوضچه جوش ٦۳

شکل٤-١٥- تصویر SEM فازهای مارتنزیت و آستنیت و فریت درفلز جوش شماره ١٢ ..... ٦٣
شکل٤-١٦- اثر ولتاژ لیزر بر مقدار فریت دلتا ٦٥
شکل٤-١٧- اثر زمان پالس بر مقدار فریت دلتا ٦٦
شکل٤-١٨-تصویرSEM مرز ذوب فولاد ٦٣٠ و فلز جوش نمونه شماره٨ ..... ٦٦
شکل٤-١٩-ریزساختار فلز پایه فولاد ٣٢١ در بزرگ نمایی های مختلف ٦٧
شکل٤-٢٠-تصاویر ماکروگرافی تعدادی از جوش های هم جنس فولاد ٣٢١ ..... ٦٧
شکل٤-٢١-نمودار WRC-1992و پیش بینی فاز های فلز جوش بر اساس ترکیب شیمیایی ٦٨
شکل٤-٢٢- تصاویرSEM از ساختار جوش فولاد٣٢١ الف)نمونه ١ ب)نمونه ١٣ ..... ٦٩
شکل٤-٢٣-تصویر میکروسکوپ نوری از ساختار جوش نمونه شماره ٩ ..... ٦٩
شکل٤-٢٤-آنالیز پراش اشعه ایکس از نمونه ١٧ ..... ٧٠
شکل٤-٢٥- تصویرSEM و اندازه دانه ٣٠ میکرومتری با ساختار انجمادی دندریتی ٧١
شکل٤-٢٦- تصویرSEM و اندازه دانه ٤٥ میکرومتری با ساختار انجمادی سلولی ٧١
شکل٤-٢٧- تصویرSEM از مرز ذوب و عدم وجود منطقه تحت تاثیر حرارت ٧٢
شکل٤-٢٨- نمای کلی جوش شماره ٤ ..... ٧٣
شکل٤-٢٩- ریزساختار مارتنزیتی ٧٣
شکل٤-٣٠- ریز ساختار فلز جوش(نقطه ٢در شکل٤-٢٨) ٧٤
شکل٤-٣١- ریزساختار فلز جوش در مجاورت فولاد ٣٢١(نقطه ٣ در شکل٤-٢٨) ٧٥
شکل٤-٣٢- تصویر SEM از ریزساختار انجمادی در قسمت آستنیتی جوش ٧٥
شکل٤-٣٣- ریزساختار سلولی در فلز جوش شماره ٥ در بزرگ نمایی های مختلف ٧٦
شکل٤-٣٤- تصویر SEM ازریزساختار انجمادی دندریتی ٧٨
شکل٤-٣٥- آنالیز پراش اشعه ایکس از فلز جوش نمونه ٤ ..... ٧٩
شکل٤-٣٦- ناحیه رشد رونشستی در مرز ذوب فلز جوش با فولاد ٣٢١ ..... ٧٩
شکل٤-٣٧- تصویر مرز ذوب فلز جوش الف)مرز ذوب با فولاد ٦٣٠ ..... ٨٠
شکل٤-٣٨- اندازه دانه ها در تصویرSEM الف)سلول ب)دندریت ٨١
شکل٤-٣٩- الف)اندازه ریزدانه سلولی ب)اندازه ریز دانه دندریتی ٨١
شکل ٤-٤٠- تصویر ماکروگرافی نمونه A ٨٢

شکل ٤-٤١- تصویر ماکروگرافی نمونه P ٨٣
شکل ٤-٤٢- ریزساختار مارتنزیتی از فلز جوش P..... ٨٣
شکل ٤-٤٣- تصویر SEM ریزساختار مارتنزیتی از فلز جوش P ٨٤
شکل٤-٤٤- مرز ذوب فولاد ٣٢١ با فلز جوش نمونه P ٨٤
شکل٤-٤٥- ریزساختار فلز جوش نمونه A ٨٥
شکل٤-٤٦- ریز ساختار فلز جوش نمونهA در مرز ذوب با فولاد ٦٣٠ ..... ٨٥
شکل۴-۴۷- نمودار توزیع نیکل در سطح مقطع جوش..... ٨٦
شکل٤-٤٨- نمودار توزیع مس در سطح مقطع جوش..... ٨٧
شکل٤-٤٩- نمودار توزیع تیتانیوم در سطح مقطع جوش..... ٨٨
شکل٤-٥٠- نمودار توزیع نایوبیوم در سطح مقطع جوش..... ٨٨
شکل٤-٥١- شماتیک محل انجام تست ریزسختی در سطح مقطع جوش فولاد ٦٣٠ ..... ٨٩
شکل٤-٥٢- پروفیل ریزسختی ویکرز نمونه های ١، ٢ و ٣ جوش فولاد هم جنس ٦٣٠ ..... ٩٠
شکل٤-٥٣- شماتیک محل انجام تست ریزسختی در سطح مقطع جوش فولاد ٣٢١ ..... ٩٠
شکل٤-٥٤- پروفیل ریزسختی ویکرز نمونه های ١، ٢ و ٣ جوش فولاد هم جنس ٦٣٠ ..... ٩١
شکل٤-٥٥- پروفیل آنالیز عنصری EDS از عنصر تیتانیوم از نمونه شماره ٣ ..... ٩٢
شکل٤-٥٦- شماتیک محل انجام تست ریزسختی در سطح مقطع جوش غیر هم جنس ٩٢
شکل٤-٥٧- پروفیل ریزسختی ویکرز جوش فولاد غیرهم جنس ٩٣
شکل٤-٥٨- پروفیل ریزسختی ویکرز جوش فولاد غیرهم جنس ٩٣
شکل٤-٥٩- پروفیل آنالیز عنصری EDS از عنصر تیتانیوم از نمونه شماره ١ ..... ٩٤
شکل٤-٦٠- پروفیل آنالیز عنصری EDS از عناصر مس و نیوبیوم از نمونه شماره ١ ..... ٩٥
شکل٤-٦١- پروفیل ریزسختی ویکرز نمونه های A-o2وPh-02 جوش فولاد غیرهم جنس ٩٦
شکل٤-٦٢- تخلخل ماکروسکوپی ناشی از آلودگی سطحی در جوش هم جنس فولاد ٦٣٠ ..... ٩٧
شکل٤-٦٣- تخلخل ماکروسکوپی در جوش هم جنس فولاد٣٢١ ..... ٩٨
شکل٤-٦٤- ترک انجمادی در مرز ذوب جوش و فولاد ٣٢١ در جوش غیر هم جنس ٩٨
شکل٤-٦٥- ترک انجمادی در فلز جوش هم جنس فولاد ٣٢١ ..... ٩٩
شکل٤-٦٦- پرشدن ناقص حوضچه جوش در جوش غیر هم جنس ١٠٠

شکل٤-٦٧- پرشدن ناقص حوضچه جوش نمونه های اسقاطی از جوش غیر هم جنس ۱۰۰
شکل٤-٦٨- اکسید های سطحی در روی گرده جوش ۱۰۱
شکل٤-٦٩- پاشش مذاب درجوشکاری با ولتاژ بالا ۱۰۲
شکل ٤-٧٠- اثر انحراف اشعه لیزر در نمونه ١٤ جوش غیر هم جنس ۱۰۳
شکل٤-٧١- نمونه جوشکاری شده با عدم انطباق لبه ها ۱۰۳
شکل ۴-۷۲- حفره های موجود در جوش۳ب به علت انحراف اشعه در جوشکاری ۱۰۵

فصل اول

مقدمه:

لیزر یک نام اختصاری به معنی تقویت نور با انتشار برانگیخته تابش است . فرآیند به برخورد یک اشعه نور تکرنگ همفاز جهت دار و شدید به قطعه کاری که ماده به وسیله تبخیر از آن خارج میشود بستگی دارد . جوشکاری با استفاده از اشعه لیزر از روشهای نوین جوشکاری بوده که در دهای اخیر مورد توجه صنعت قرار گرفته و امروزه به خاطر کیفیت، سرعت و قابلیت کنترل آن به طور وسیعی در صنعت از آن استفاده می شود. به وسیله متمرکز کردن اشعه لیزر روی فلز یک حوضچه مذاب تشکیل شده و عملیات جوشکاری انجام می شود با پیشرفت روزافزون صنعت، نیاز به اتصالات پیچیده و جوشکاری مواد در کاربرد های مختلف بیش ازپیش احساس می شود.

جوشکاری با اشعه لیزر به علت باریک و کوچک بودن نقطه اثر اشعه لیزر و در نتیجه کم بودن حرارت ورودی به قطعه جوشکاری، منطقه تحت تاثیر حرارت باریک و کوچک دارد. به همین ترتیب تنش پسماند آن ناچیز و احتمال اعوجاج در آن کاهش قابل ملاحظه ای دارد.

انتخاب فلز پایه مناسب، تجهیزات دستگاه و طراحی مناسب محل اتصال و آماده سازی نمونه و انجام صحیح فرایند جوشکاری لیزر از جمله عواملی است که می تواند بر روی رفتار جوش لیزر تاثیر مستقیم داشته باشد.

مشکل عمده تر هنگامی بوجود می آید که نیاز به اتصال دو فلز مختلف با خواص متالورژیکی و فیزیکی مختلف از قبیل قابلیت جذب اشعه لیزر، ضریب انتقال حرارت و نقطه ذوب متفاوت باشد. برای رسیدن به یک جوش مناسب کنترل دقیق پارامتر ها و انجام تست های جوشکاری تحت پارامتر های مختلف می تواند راهگشای حل این مشکل باشد. در این تحقیق دو فولاد زنگ نزن بهم جو شکاری می شوند. فولاد اول از نوع رسوب سخت مارتنزیتی AISI۶۳۰ (نام متداول آن 17-4PH) است. فولاد دوم از نوع زنگ نزن آستنتیتی با شماره AISI ۳۲۱ است.از اینجا تا انتهای این پژوهش منظور از فولاد ۶۳۰ همان AISI ۶۳۰ و فولاد ۳۲۱ همان AISI ۳۲۱ است.

به طور کلی جوشکاری بدون فیلر از بهترین راه های جوشکاری فلزات نامتشابه به روش لیزر است. کنترل موقعیت اشعه روی درز اتصال و کنترل ترکیب شیمیایی فلز جوش از جمله محاسن این روش است علاوه بر این جوشکاری لیزر فولادهای نا متشابه با روش لیزر منجر به ایجاد اتصال با کیفیت بالا با منطقه تحت تاثیر حرارت کوچک می شود و گاه حتی منطقه تحت تاثیر حرارت بوجود نمی آید این فرآیند می تواند با سرعت بالا و بصورت اتوماتیک انجام شود. در این بررسی جوشکاری با لیزر Nd :YAG پالسی با توان متوسط ۸۰ وات انجام شد.

هدف از ایجاد اتصال صورت گرفته در این پژوهش در صنعت درز گیری و جلوگیری از نشت گاز است و هدف تحقیقاتی این پژوهش تعیین پارامترهای بهینه جهت رسیدن به جوش مطلوب با حداقل عیوب و حداکثر مقاومت در برابر نشتی است. پارامترهای قابل بررسی و تنظیم در این پژوهش عبارتند از: توان لیزر (ولتاژ دستگاه لیزر) ، سرعت جوشکاری، فرکانس پالس، طول پالس، دبی گاز محافظ، اندازه نقطه اثر اشعه لیزر.

در این پژوهش بعد از جوشکاری بریدن نمونه ها و مانت کردن آنها بررسی های زیر انجام شده است.

۱-تاثیر پارامترهای جوشکاری بر عمق عرض و حجم گرده جوش بررسی شد

۲-بررسی های میکروسکوپی و ریز ساختاری جوش های همجنس ۶۳۰ و ۳۲۱ و غیر همجنس ۳۲۱ به ۶۳۰

۳-بررسی اثر جابجایی نقطه اثر اشعه لیزر بر میکروساختار جوش غیر همجنس

۴-بررسی ریز سختی ویکرز فلز جوش در جوش های هم جنس و غیر همجنس

۵-آزمایش نشت سنجی و پارگی جهت بررسی میزان استحکام مکانیکی جوش

فصول مختلف پایان نامه به ترتیب زیر تقسیم بندی می شوند:

در فصل دوم مروری بر منابع آورده شده، در فصل سوم مواد و تجهیزات و مراحل تحقیق توضیح داده شده است. فصل چهارم به بررسی نتایج تحقیقات اختصاص دارد و در فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات مطرح شده اند.

فصل دوم

فصل دوم مروری بر منابع

در این فصل ابتدا به معرفی انواع لیزرها پرداخته، سپس با بررسی جوشکاری با اشعه لیزر و برشمردن مزایا و معایب آن به معرفی فلزات ۳۲۱ و ۶۳۰ خواهیم پرداخت. در نهایت ضمن بررسی شرایط و الزامات جوش های غیر همجنس به ارائه آخرین دستاوردهای علمی در مورد جوشکاری غیر هم جنس فولادها به روش لیزر می پردازیم.

۲-۱- لیزرهای مورد استفاده در فرآوری مواد

۲-۱-۱- مقدمه

لیزرهای صنعتی از اوایل دهه هفتاد ابزاری برای مهندسی ساخت بوده اند. در مقایسه با روش های متداول و سنتی، لیزر به خاطر سرعت، دقت و توانایی برای انجام فرآیندهایی چون جوشکاری، برشکاری، علامت گذاری، سوارخکاری، اصلاح سطح و ... مزایایی را ارائه می کند.

لیزر با منابع رایج نوری مثل خورشید متفاوت است. لیزرها تنها یک رنگ از نور را تولید می کنند (مونوکروماتیک) و نوری که تولید می کنند در یک سری روابط منظم حرکت می کند (پیوستگی). همچنین باریکه های تولید شده تقریبا موازی (یعنی نه خیلی واگرا و نه خیلی همگرا) و پایدار هستند بطوری که به ندرت مکان و قطر آنها تغییر می کند (حتی در فواصل بسیار زیاد). این خواص اجازه تولید باریکه لیزر را برای تمرکز تا اندازه نقطه کوچک و تولید چگالی توان بسیار بالا می دهد.

در چگالی های توان پایین تر، فرآیندهایی چون عملیات حرارتی بدون ذوب سطحی ممکن است. بهرحال فرآیندهایی چون جوشکاری، سوراخکاری، برشکاری و علامتگذاری به چگالی توان بالاتر نیاز دارند تا ماده را ذوب و یا حتی تبخیر کنند [۱و۲].

۲-۱-۲- عملکرد کلی لیزرها