

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی



تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **ابراهیم علیکی** متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به دانشگاه شهید رجایی می باشد.

ابراهیم علیکی



دانشکده مهندسی مکانیک

تأثیر پارامتر های فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه ای بر خواص مکانیکی جوش

نگارش

ابراهیم علیکی

استاد راهنما: دکتر نصر اله بنی مصطفی عرب

استاد مشاور: دکتر علی پور کمالی انارکی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید

بهمن ۱۳۸۹

شماره: ۱۱۹۰۹۵۲۸
تاریخ: ۹۰/۳/۲
پوست: —



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

بشماره

صور تجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای ابراهیم علیگی رشته مهندسی مکانیک-ساخت و تولید تحت عنوان تاثیر پارامترهای فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای بر خواص مکانیکی جوش، که در تاریخ ۸۹/۱۰/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

قبول (بادرجه ۱۸/۱۸ امتیاز ۱۸/۲۰) دفاع مجدد مردود.

۱- عالی (۱۸-۲۰)

۲- بسیار خوب (۱۶-۱۷/۹۹)

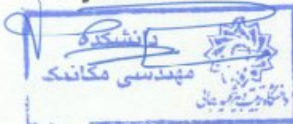
۳- خوب (۱۴-۱۵/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۲-۱۳/۹۹)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر نصراله بنی مصطفی عرب	استادیار	
استاد مشاور	دکتر علی پورکمالی	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر غلامحسن پایگانه	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر سیدمحمدرضا خلیلی	استاد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر جلال ولی‌اللهی	استادیار	

دکتر فاطمه من پانگانه

رئیس دانشکده مهندسی مکانیک



تهران، لویزان، کد پستی: ۱۶۷۸۸-۱۵۸۱۱
صندوق پستی: ۱۶۷۸۵-۱۶۲
تلفن: ۹-۰۶۰-۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۳۳
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به:

مادر فداکار

پدر زحمتکش

و همسر مهربانم

تشکر و قدردانی:

حمد و سپاس خدایی که توان آموختنم بخشید. امید آنکه بتوانم خالصانه در راه رضای او گام بردارم. بر دستان پر مهر و محبت پدر و مادرم بوسه می زنم که علیرغم تمام مشکلات امکان پیمودن این راه را برایم فراهم آوردند. از همسر مهربانم که امید بخش این راه برای اینجانب بوده اند، کمال تشکر و قدردانی رادارم.

از استاد عزیز و گرامیم آقای دکتر عرب که در نهایت صفا و دوستی در تمام مراحل انجام این تحقیق راهگشایم بودند صمیمانه تشکر می کنم. همچنین از آقای دکتر پورکمالی به خاطر مشاوره های دلگرم کننده شان سپاسگزارم. از اساتید دوران تحصیل آقایان دکتر امیر عبدالله، دکتر عبدالرضارحیمی، دکتر غلامحسن پایگانه که از کلاسهای آنها درس علم و اخلاق آموختم تشکر و قدردانی می کنم.

چکیده

با توجه به پیشرفت روزافزون صنایعی مانند صنایع خودروسازی و لوازم خانگی، استفاده از جوش‌های مقاوم‌تری نقطه‌ای بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در این پایان‌نامه تاثیر برخی از پارامترهای جوشکاری مقاوم‌تری نقطه‌ای مانند زمان، شدت جریان و فشار الکترودها بر استحکام کششی برشی (ماکزیمم نیرو) نقطه جوش‌ها در فولاد St12 به ضخامت ۰/۹mm مورد بررسی قرار گرفته است. ورق‌ها تحت شرایط مختلف جریان، زمان و فشار با استفاده از رویکرد طراحی آزمایشات و به روش رویه پاسخ با استفاده از نرم افزار Minitab جوشکاری شدند و سپس تحت آزمایش استاندارد کشش- برش قرار گرفتند تا تاثیر پارامترهای فوق بر استحکام کششی برشی جوش‌ها مشخص گردد. با استفاده از نتایج این آزمایشات مدل ریاضی درجه دومی ارائه شد که در آن استحکام کششی برشی نقطه جوش‌ها تابع پارامترهای زمان، شدت جریان و فشار الکترودها می‌باشد. این مدل توانایی پیش‌بینی استحکام کششی برشی نقطه جوش‌ها را داراست. پس از مدلسازی با استناد به تحلیل واریانس و سطح اطمینان ۸۷/۸۰ درصد انطباق این مدل با فرایند واقعی بررسی و بهترین مدل انتخاب شده است. اعتبار مدل پیشنهادی به کمک آزمون فرضیات آماری صحت‌گذاری و تایید گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که جریان جوشکاری بیشترین تاثیر را بر استحکام کششی برشی جوش داشت و افزایش آن تا حد خاصی موجب افزایش استحکام کششی برشی جوش گردید. افزایش زمان جوشکاری موجب افزایش استحکام کششی برشی گردید. افزایش مقدار فشار الکترودها باعث کاهش استحکام کششی برشی جوش شد.

کلمات کلیدی: جوشکاری مقاوم‌تری نقطه‌ای، استحکام کششی برشی، فولاد St12، مدل‌سازی آماری، تحلیل واریانس، نرم افزار Minitab

فهرست

عنوان	صفحه
فصل ۱. تاریخچه.....	۱
۱-۱. مقدمه.....	۲
۲-۱. انگیزه پژوهش.....	۳
۳-۱. ابزارهای مورد استفاده در این پایان نامه.....	۴
۴-۱. ساختار پایان نامه.....	۴
فصل ۲.....	۶
فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....	۶
۱-۲. مقدمه.....	۷
۲-۲. انواع روش های جوشکاری مقاومتی.....	۷
۳-۲. تعاریف و توضیحات عمومی.....	۸
۱-۳-۲. سیکل جوشکاری.....	۹
۲-۳-۲. جریان.....	۱۰
۳-۳-۲. زمان.....	۱۲
۴-۳-۲. نیروی الکتروود.....	۱۳
۵-۳-۲. الکتروود ها.....	۱۴
۶-۳-۲. اصول فرآیند.....	۱۵
۷-۳-۲. ماهیت مکانیکی.....	۱۶
۸-۳-۲. ماهیت الکتریکی.....	۱۷
۹-۳-۲. توان مورد نیاز.....	۱۸
۱۰-۳-۲. تولید حرارت.....	۱۸
۴-۲. معایب و مزایای جوش مقاومتی نقطه ای.....	۲۰
۵-۲. موارد تاثیرگذار بر روی کیفیت جوش نقطه ای.....	۲۱
۶-۲. جوش پذیری فولاد های کم کربن.....	۲۱
۷-۲. رابطه کیفیت جوش مقاومتی نقطه ای و متغیرهای فرایند.....	۲۲
۸-۲. ارتباط بین کیفیت و مشخصه های هندسی جوش های نقطه ای.....	۲۴
۹-۲. تأثیر گرمای جوش بر کیفیت جوش.....	۲۵
۱۰-۲. تأثیر شرایط سطحی بر روی گرمای ایجاد شده.....	۲۵
۱۱-۲. پیشینه پژوهشهای انجام شده در زمینه جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....	۲۶
فصل ۳.....	۳۱
آزمایشات تجربی.....	۳۱

۳۲	۱-۳. مقدمه.....
۳۲	۲-۳. انتخاب ورق.....
۳۲	۳-۳. انتخاب پارامترهای جوشکاری.....
۳۳	۴-۳. فرایند انتخاب نمونه ها.....
۳۴	۵-۳. انتخاب دستگاه جوشکاری.....
۳۵	۶-۳. کوانتومتری فلز پایه.....
۳۶	۷-۳. نوع الکتروود.....
۳۶	۸-۳. طراحی آزمایشات.....
۳۷	۱-۱-۳. معرفی طرح آزمایش.....
۳۸	۲-۱-۳. اهداف طراحی آزمایش ها.....
۳۹	۳-۱-۳. مراحل طراحی آزمایش ها.....
۴۲	۴-۱-۳. استفاده از تکنیک های آماری در انجام آزمایش.....
۴۲	۵-۱-۳. مفاهیم آماری پایه ای.....
۵۵	۶-۱-۳. نمودار احتمال نرمال.....
۵۶	۷-۱-۳. طرح های آزمایش.....
۶۰	۸-۱-۳. رویکرد به حل مسئله طرح شده در این پروژه.....
۶۲	۹-۱-۳. انجام آزمایشات.....
۶۴	فصل ۴
۶۴	طراحی آزمایشات
۶۵	۱-۴. مقدمه.....
۶۵	۲-۴. تحلیل نتایج.....
۶۵	۱-۲-۴. تحلیل استحکام کششی - برشی اتصال جوشی.....
۶۸	۳-۴. نمودارهای به دست آمده از نرم افزار.....
۶۸	۱-۳-۴. نمودارهای تاثیر پارامترهای اصلی و تعاملات بین پارامتری.....
۷۴	۴-۴. اعتبارسنجی.....
۷۶	فصل ۵
۷۷	نتیجه گیری و پیشنهادات
۷۷	۱-۵. مقدمه.....
۷۷	۲-۵. نتیجه گیری.....
۷۸	۳-۵. پیشنهادات.....
۷۹	منابع و مراجع

فهرست جداول

صفحه

عنوان

- جدول ۳-۱- مقادیر حداکثر و حداقل پارامترهای مورد استفاده در جوشکاری نقطه ای..... ۳۳
- جدول ۳-۲- اندازه نمونه های آزمایش کشش - برش به میلیمتر..... ۳۴
- جدول ۳-۳- محدوده برنامه ریزی پارامترهای ترکیب جوش در واحد کنترل..... ۳۵
- جدول ۳-۴- ترکیب شیمیایی فولاد مورد استفاده..... ۳۵
- جدول ۳-۵- مشخصات الکتروود مورد استفاده..... ۳۶
- جدول ۳-۶- جدول تجزیه و تحلیل واریانس برای طرح عاملی با دو عامل A و B..... ۴۸
- جدول ۳-۷- ANOVA تحلیل رگرسیون..... ۴۹
- جدول ۳-۸- طراحی محوری ترکیبی برای دو عامل..... ۶۰
- جدول ۳-۹- طرح ارایه شده جهت انجام آزمایشات..... ۶۲
- جدول ۳-۱۰- نتایج حاصل از آزمایش کشش-برش..... ۶۳
- جدول ۴-۱- تحلیل تأثیر پارامترهای اتصال جوش..... ۶۶
- جدول ۴-۲- تحلیل واریانس استحکام کششی اتصال جوش..... ۶۶
- جدول ۴-۳- تحلیل واریانس اصلاح شده استحکام کششی اتصال جوش..... ۶۷
- جدول ۴-۴- مقایسه مقادیر مدل با نتایج واقعی در ماتریس موجود..... ۷۴

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱) نمودار علت و معلولی پارامترهای موثر در فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....	۴
شکل ۱-۲) فرآیندهای جوش مقاومتی.....	۸
شکل ۲-۲) فرآیند جوش مقاومتی نقطه ای.....	۹
شکل ۳-۲) سیکل جوشکاری مقاومتی.....	۱۰
شکل ۴-۲) شکل شماتیک مدار جوش مقاومتی با سیستم جریان متناوب.....	۱۱
شکل ۵-۲) متغیر تنظیمی در نمودار جریان-زمان.....	۱۲
شکل ۶-۲) مقاومت های موجود در فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....	۱۶
شکل ۷-۲) نمودار بار بر حسب سیکل کاری.....	۱۸
شکل ۸-۲) توزیع دما در جوش نقطه ای و مقاومت های موجود در مسیر جریان.....	۱۹
شکل ۱-۳) ابعاد نمونه تست کشش - برش ورق به ضخامت ۰/۹ mm.....	۳۴
شکل ۲-۳) مدل کلی فرآیند یا سیستم.....	۳۹
شکل ۳-۳) هیستوگرام باقیمانده ها.....	۵۱
شکل ۴-۳) نمودار احتمال نرمال باقیمانده ها.....	۵۱
شکل ۵-۳) کاهش مقادیر و تغییرات در پاسخ با گذشت زمان.....	۵۲
شکل ۶-۳) افزایش باقیمانده ها با افزایش مقادیر.....	۵۲
شکل ۷-۳) استقلال باقیمانده ها نسبت به مقادیر.....	۵۳
شکل ۸-۳) تغییرات مقادیر باقیمانده ها نسبت به سطوح فاکتور.....	۵۳
شکل ۹-۳) نمودار احتمال نرمال.....	۵۵
شکل ۱۰-۳) نمایش نقاط در طراحی محوری مرکزی.....	۵۹

- شکل ۳-۱۱) نمونه جوشکاری شده.....۶۳
- شکل ۴-۱) رویه پاسخ استحکام کششی برشی جوش بر اساس زمان جوشکاری و شدت جریان.....۶۹
- شکل ۴-۲) منحنی تراز استحکام کششی برشی اتصال جوشی بر اساس زمان و شدت جریان.....۷۰
- شکل ۴-۳) رویه پاسخ استحکام کششی برشی جوش بر اساس فشار الکتروود و زمان جوشکاری.....۷۱
- شکل ۴-۴) منحنی تراز استحکام کششی برشی اتصال جوشی بر اساس فشار الکتروود و زمان.....۷۲
- شکل ۴-۵) رویه پاسخ استحکام کششی برشی جوش بر اساس فشار الکتروود و شدت جریان.....۷۳
- شکل ۴-۶) منحنی تراز استحکام کششی برشی جوش بر اساس فشار الکتروود و شدت جریان.....۷۳
- شکل ۴-۷) نمودار احتمال نرمال.....۷۴
- شکل ۴-۸) مقایسه نتایج عملی و نتایج حاصل از نرم افزار.....۷۵

فهرست علائم اختصاری

حرارت تولید شده	Q
جریان الکتریکی	I
زمان برقراری جریان	t
مقاومت الکتریکی	R
ضریب هدایت حرارتی	k
تنش نرمال	σ
تنش برشی	τ
ضریب پواسون	ν
چگالی ماده	ρ
نیروی وزنی در راستای x	f_x
نیروی وزنی در راستای y	f_y
مدول یانگ	E
مدول برشی	G
ماکزیمم نیرو	P _{max}

فصل ۱

تاریخچه

۱-۱. مقدمه

جوشکاری مقاومتی (1RW) از جمله روش‌های اتصال قطعات فلزی به یکدیگر است و جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای (2RSW) ساده‌ترین و پرکاربردترین نوع جوشکاری مقاومتی است که بر روی ورق‌های نازک انجام می‌شود. این روش در صنایع نظامی و لوازم خانگی بیشترین کاربرد را داشته و در اتصال قطعات بدنه خودرو و هواپیما مهم‌ترین روش جوشکاری به شمار می‌رود. از این رو توجه به کیفیت نقطه جوش‌ها اهمیت به‌سزایی در استحکام نهایی سازه بدنه دارد. نظر به اینکه شکل، اندازه و استحکام دکمه جوش تشکیل شده از مهم‌ترین عوامل در استحکام قطعات جوش داده شده می‌باشد. از این رو لازم است پارامترهایی که بر شکل، اندازه و استحکام دکمه جوش تاثیرگذار هستند به طور مناسبی تنظیم شده باشند. این متغیرها یا پارامترها عبارتند از: جنس قطعه، ضخامت قطعه، میزان نیروی وارد شده از الکترودهای دستگاه جوش بر روی قطعه، شدت جریان الکتریکی، مدت زمان اعمال جریان و شکل هندسی و جنس الکتروده.

در روش جوشکاری نقطه‌ای، دو ورق فلزی مورد نظر، تحت نیروی فشاری وارده بر آنها، به یکدیگر فشرده می‌شوند. از طرف دیگر مقاومت الکتریکی ورق‌ها در مقابل جریان الکتریکی عبوری از آنها، موجب بالا رفتن دمای ورق‌ها، به خصوص در ناحیه تماس شده و حوضچه مذاب در ناحیه تماس ورق‌ها با همدیگر شکل می‌گیرد.

در این روش، در ابتدا سطح تماس دو قطعه بسیار کم است و در ادامه فرایند، این سطح تماس افزایش پیدا می‌کند تا به مقدار خاصی می‌رسد. با توجه به اینکه سطح تماس میان دو قطعه نقش اساسی در نحوه شکل‌گیری جوش دارد، پارامترهای موثر این فرایند در حین انجام آن متغیر است. علاوه بر هندسه سطح تماس، دمای نقاط گوناگون آن که از پارامترهای موثر در مقاومت الکتریکی سطح تماس می‌باشد نیز حائز اهمیت است.

این پایان نامه ضمن کمک به درک بهتر فرایند، نقش پارامترهای مورد بررسی را بر روی جوش تشکیل شده و استحکام مکانیکی جوش مشخص می‌کند. همچنین به تعیین مقدار بهینه پارامترها بدون انجام آزمایش‌های پرهزینه و وقت‌گیر کمک می‌نماید.

¹ - Resistance welding

² - Resistance spot welding

۱-۲. انگیزه پژوهش

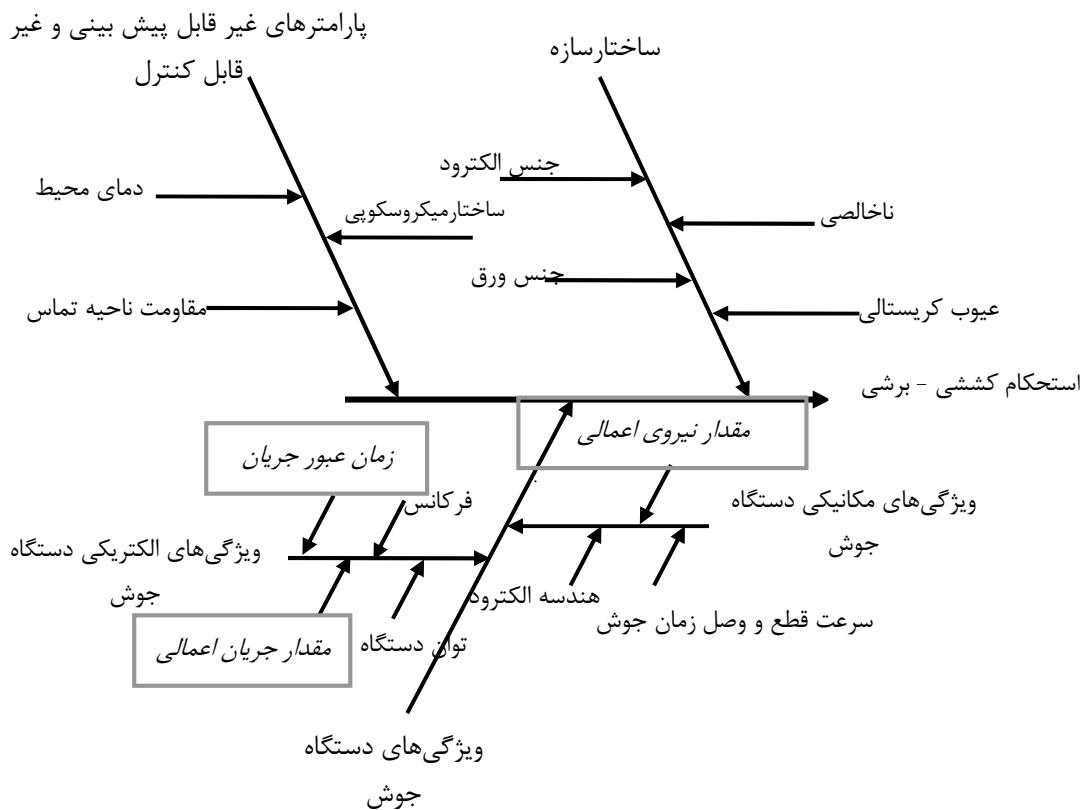
مهمترین پارامترهای موثر در فرایند جوشکاری نقطه ای عبارتند از:
زمان لازم جهت انجام عملیات جوشکاری (زمان برقراری جریان)
شدت جریان لازم برای جوشکاری
نیروی اعمالی برای فشردن دو قطعه کار
مقاومت الکتریکی سطوح تماس
خواص فیزیکی قطعات
هندسه قطعات
شکل هندسی الکترودها
ویژگیهای دستگاه جوشکاری

زمان لازم برای انجام عملیات جوشکاری معمولاً کمتر از یک ثانیه است و کوچکترین تغییر در مقدار آن می تواند ساختار جوش را تغییر دهد. همچنین مقدار انرژی حرارتی تولید شده با توان دوم مقدار جریان ارتباط دارد. بنابراین مقدار آن از عوامل مهم تاثیرگذار بر روی جوش می باشد. عامل مهم دیگر در فرایند نیروی وارده بر الکترودها است. این نیرو برای فشردن اولیه قطعات به همدیگر به کار می رود. بررسی تاثیر این سه عامل بر روی خواص مکانیکی جوش از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است.

با بررسی پیشینه پژوهش فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه ای، مشاهده شد که در کارهای انجام شده تاثیر پارامترهای مختلف فرایند بر خواص مکانیکی جوش فولاد st12 کمتر مورد تحلیل قرار گرفته است. در این پایان نامه تاثیر جریان، زمان و نیرو مورد آزمایش قرار گرفته است و سپس نتایج آزمایشگاهی با روش های آماری تحلیل شده است.

در شکل ۱-۱ پارامترهای موثر بر اندازه دکمه جوش به صورت عادی و پارامترهایی که در این پایان نامه مورد مطالعه قرار گرفته است، داخل کادر به صورت ایتالیک نشان داده شده است. همچنین با استفاده از تکنیک های طراحی آزمایش ها^۳، به صورت علمی تاثیر پارامترهای ذکر شده بر روی جوش تشکیل شده که مبنای آماری محکمی ندارد و بر اساس تجارب صنعتی و تحقیقات آزمایشگاهی است اثبات می گردد.

^۳ - Design of experiment



شکل ۱-۱. نمودار علت و معلولی پارامترهای موثر در فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه ای [۱]

۳-۱. ابزارهای مورد استفاده در این پایان نامه

برای انجام مراحل طراحی آزمایش ها از نرم افزار MINITAB.15 که یکی از قدرتمندترین نرم افزارهای آماری و کنترل کیفی می باشد استفاده شده است. به علت کارایی و قابلیت بالای این نرم افزار در انجام پروژه های آماری و کنترل کیفی، استفاده از آن بسیار رایج می باشد. در این نرم افزار کلیه مراحل طراحی آزمایش ها، تحلیل دقیق آماری و ترسیم نمودارهای گوناگون برای نتایج آزمون، با توجه به نوع مسئله گنجانده شده است.

۴-۱. ساختار پایان نامه

مراحل انجام تحقیق در پنج فصل این پایان نامه به صورت زیر تشریح شده است. ابتدا در فصل دوم توضیح مختصری در مورد فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه ای داده شده و سپس پارامترهای تاثیر گذار در این فرایند مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. همچنین در این فصل

پیشینه پژوهش در زمینه آزمایش‌های تجربی انجام شده در زمینه جوشکاری مقاومتی و کارهای نرم-افزاری انجام شده در این زمینه ارائه گردیده است. در فصل سه روند انتخاب و تهیه نمونه‌ها و انتخاب محدوده جوشکاری تشریح شده است. همچنین در این فصل، مقدمه‌ای از روش طراحی آزمایش‌ها به همراه طرح آزمایش به کار رفته در این تحقیق بیان شده است. در فصل چهارم به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از آزمایشات به کمک نرم‌افزار پرداخته شده و نمودارهای مربوطه ترسیم شده است. در فصل پنجم، خلاصه‌ای از مراحل انجام تحقیق، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد برای ادامه کار در آینده ارائه شده است.

!!

فصل ۲

فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه ای

۲-۱. مقدمه

جوشکاری نقطه‌ای از جمله فرایندهای اتصال ورق‌های نازک فولادی به هم است که کاربرد زیادی در صنایع مختلف بویژه در صنایع خودروسازی دارد. این روش به دلیل داشتن سرعت بالا و عدم نیاز به ماده پرکننده مقرون به صرفه و برای تولید انبوه نسبت به روش‌های دیگر مناسب‌تر می‌باشد. روش جوشکاری نقطه‌ای را بدون آشنایی و تسلط بر جوشکاری گازی می‌توان فهمید و بکار برد. تنها چیزی که برای جوشکاری نقطه‌ای یک قطعه لازم است، دو قطعه ورق فلزی پاکیزه است که در ناحیه‌ی درز جوش به نحو مناسب روی هم بنشینند. جوشکاری نقطه‌ای اتصالات لب به لب یا سپری امکان پذیر نیست زیرا در این اتصالات سطح تماس دو قطعه کوچک است. بنابراین اتصالات روی هم را جوشکاری نقطه‌ای می‌کنند. کلیه جوش‌های مقاومتی بر اساس مقاومت فلز در مقابل عبور جریان الکتریکی و گرم شدن آن استوارند [۱].

۲-۲. انواع روش‌های جوشکاری مقاومتی [۲]

۱- جوشکاری نقطه‌ای^۴

۲- جوشکاری درزی^۲

۳- جوشکاری برجسته^۳

۴- جوشکاری سر به سر فشاری^۴

۵- جوشکاری سر به سر لحظه‌ای^۵

سه نوع مهم از روش‌های جوشکاری مقاومتی به صورت شماتیک در شکل ۲-۱ نشان داده شده است:

4 -Spot welding
2-Seam welding
3-Projection welding
4-Upset welding
5-Flash welding