

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی



تعد نامه اصالت اثر

اینجانب **مجید اویسی** 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.

مجید اویسی



دانشکده مهندسی مکانیک

تأثیر پارامترهای جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای بر اندازه دکمه جوش

نگارش

مجید اویسی

استاد راهنما: دکتر نصر اله بنی مصطفی عرب

استاد مشاور: دکتر غلامحسین پایگانه

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید

دیماه ۱۳۸۹

فرم داوران

تقدیم به:

مادر فداکار و

پدر صبورم

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 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. همچنان از آقای دکتر پایگانه به خاطر مشاوره های دلگرم کننده شان سپاسگذارم. از اساتید دوران تحصیلم آقایان دکتر امیر عبدالله، دکتر عبدالرضارحیمی، دکتر پورکمالی که از کلاسهای آنها درس علم و اخلاق آموختم تشکر و قدردانی می کنم.

چکیده

در این مقاله با استفاده از نرم افزار Design Expert آزمایشاتی در قالب ماتریس رویه سطح طراحی گردید. بر اساس این آزمایشات، یک مدل ریاضی ارائه شد تا تأثیرات اصلی، متقابل و درجه دوم پارامترهای فشار الکترودها، جریان جوشکاری، زمان جوشکاری بر قطر دکمه جوش در فولادهای St12 با ضخامت ۰/۸ میلیمتر را پیش‌بینی نماید. اعتبار مدل و پارامترهای اثرگذار به‌وسیله دی‌گرام های پراکندگی و آنالیز واریانس (ANOVA) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به سطوح پاسخ بدست آمده از آزمایشات مشخص گردید افزایش زمان و جریان جوشکاری در جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای در مقادیر پایین و متوسط باعث افزایش قطر دکمه جوش می‌گردد اما در مقادیر بالا به دلیل وجود اثر متقابل بین پارامترها تأثیر آنها بر قطر دکمه جوش اثرعکس دارد. همچنین افزایش جریان در فشارهای ثابت نیز از الگویی مشابه پیروی می‌کند. در پایان به منظور کسب بزرگترین اندازه قطر دکمه جوش، بهینه‌سازی مدل بدست آمده صورت گرفت. نتایج بهینه سازی نشان داد که تقریباً در جریان ۱۰/۶۴ کیلوآمپر و زمان ۹ سیکل و فشار ۲ بار نقطه جوش‌هایی با قطر ۵/۸۰ میلیمتر شکل می‌گیرد.

کلمات کلیدی: جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای، طراحی آزمایشات، رویه سطح، نرم‌افزار Design Expert، دکمه جوش

فهرست

صفحه	عنوان
۱.....	فصل ۱.....
۱.....	مقدمه.....
۲.....	۱-۱. مقدمه.....
۳.....	۲-۱. انگیزه پژوهش.....
۳.....	۳-۱. ابزارهای مورد استفاده در این پایان نامه.....
۴.....	۴-۱. ساختار پایان نامه.....
۵.....	فصل ۲.....
۵.....	جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....
۶.....	۱-۲. مقدمه:.....
۶.....	۲-۲. موارد تاثیر گذار بر روی کیفیت جوش نقطه ای.....
۱۰.....	۳-۲. مراحل جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....
۱۰.....	۱-۳-۲. مراحل لازم برای تشکیل نقطه جوش.....
۱۲.....	۴-۲. تاثیر عناصر شیمیایی بر جوش پذیری:.....
۱۲.....	۱-۴-۲. کربن (c) :.....
۱۳.....	۲-۴-۲. فسفر و گوگرد (P.S).....
۱۳.....	۳-۴-۲. تیتانیوم (Ti).....
۱۳.....	۴-۴-۲. نیتروژن (N).....
۱۳.....	۵-۴-۲. سیلیسیوم (Si).....
۱۴.....	۶-۴-۲. منگنز (Mn).....
۱۴.....	۵-۲. معایب و مزایای جوش مقاومتی نقطه ای.....
۱۴.....	۶-۲. عوامل مؤثر در جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....
۱۵.....	۱-۶-۲. جریان جوشکاری.....
۱۶.....	۲-۶-۲. زمان جوشکاری.....
۱۷.....	۱-۲-۶-۲. توالی فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....
۲۰.....	۳-۶-۲. نیروی الکتروود (نیروی جوشکاری).....
۲۲.....	۱-۳-۶-۲. وظایف نیرو یا فشار جوشکاری.....
۲۳.....	۲-۳-۶-۲. انواع نیروها در جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....
۲۴.....	۳-۳-۶-۲. وظیفه الکتروودها، هندسه الکتروود، مواد و شرایط.....
۲۵.....	۱-۳-۳-۶-۲. انواع دسته بندی الکتروودها.....
۲۸.....	۲-۳-۳-۶-۲. عوامل تأثیرگذار بر روی عمر الکتروود.....
۲۹.....	۷-۲. تاثیر گرمای جوش بر کیفیت جوش.....
۳۰.....	۸-۲. تاثیر شرایط سطحی بر روی گرمای ایجاد شده.....
۳۰.....	۹-۲. مروری بر ادبیات گذشته.....
۳۰.....	۱-۹-۲. کارهای تجربی.....

۳۴	..... مدل سازی کامپیوتری ۲-۹-۲
۳۷	..... فصل ۳
۳۷	..... مقدمه ای بر طراحی آزمایشات و آزمایشات انجام شده
۳۸	..... ۱-۳. مقدمه
۳۸	..... ۲-۳. معرفی طرح آزمایش
۳۹	..... ۳-۳. اهداف طراحی آزمایشات
۴۰	..... ۴-۳. مراحل طراحی آزمایشات
۴۱	..... ۵-۳. شناسایی و بیان مسئله
۴۱	..... ۱-۵-۳. انتخاب عوامل و سطوح
۴۲	..... ۲-۵-۳. انتخاب طرح آزمایش
۴۲	..... ۳-۵-۳. انجام آزمایشات و جمع آوری داده ها
۴۲	..... ۴-۵-۳. مدل سازی فرآیند
۴۲	..... ۵-۵-۳. تحلیل داده ها
۴۳	..... ۶-۵-۳. نتیجه گیری ها و توصیه ها
۴۳	..... ۶-۳. استفاده از تکنیکهای آماری در انجام آزمایش
۴۴	..... ۷-۳. انواع طراحی آزمایش
۴۴	..... ۱-۷-۳. طراحی آزمایشات عاملی
۴۵	..... ۲-۷-۳. طراحی آزمایش با سطوح متفاوت پارامترها
۴۵	..... ۳-۷-۳. طرحهای پلاکت - بورمن
۴۵	..... ۴-۷-۳. روش طراحی آزمایشات تاگوچی
۴۵	..... ۵-۷-۳. روش طراحی آزمایشات ترکیبی
۴۶	..... ۶-۷-۳. روش رویه پاسخ
۴۶	..... ۱-۶-۷-۳. رویه سطح در هم آمیخته
۴۶	..... ۸-۳. تحلیل آزمایشات
۴۷	..... ۹-۳. مفاهیم آماری پایه ای
۴۹	..... ۱- ۹- ۳. تحلیل باقیماندهها
۴۹	..... ۲-۹-۳. بررسی ضریب تعیین R^2
۵۰	..... ۱۰-۳. ماده اولیه:
۵۱	..... ۱۱-۳. آماده سازی قبل از جوش:
۵۱	..... ۱۲-۳. الکترودها :
۵۴	..... ۱۳-۳. تنظیم پارامتر های دستگاه جوش
۵۴	..... ۱-۱۳-۳. فشار اصلی (Squeeze time)
۵۴	..... ۲-۱۳-۳. زمان نگهداری (Hold time)
۵۶	..... ۱۴-۳. روش های تعیین اندازه دکمه جوش
۵۶	..... ۱-۱۴-۳. روش های غیر مخرب
۵۶	..... ۲-۱۴-۳. روش های مخرب
۵۶	..... ۱-۲-۱۴-۳. اندازه گیری قطر دکمه جوش به وسیله روشهای مخرب

۶۰	فصل ۴
۶۰	آزمایشات صورت گرفته و نتایج حاصل
۶۱	۱-۴. مقدمه
۶۱	۲-۴. طراحی آزمایشات
۶۳	۳-۴. انتخاب دامنه پارامترهای جوشکاری
۶۷	۴-۴. بدست آوردن مدل
۷۰	۵-۴. صحه گذاری مدل
۷۲	۶-۴. بهینه سازی
۷۴	فصل ۵
۷۴	بحث و بررسی نتایج
۷۵	۱-۵. مقدمه
۷۶	۲-۵. بررسی منحنی ها و رویه های جریان - زمان
۷۸	۳-۵. بررسی منحنی ها و رویه های جریان - فشار
۸۳	فصل ۶
۸۳	نتیجه گیری و پیشنهادات
۸۴	۱-۶. خلاصه
۸۵	۲-۶. نتیجه گیری
۸۵	۳-۶. ارائه پیشنهاد برای تحقیقات آینده
۸۸	منابع و مراجع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۵۰	جدول ۳-۱. ترکیب شیمیایی فولاد مورد استفاده
۵۱	جدول ۳-۲. مشخصات الکتروود مورد استفاده
۵۳	جدول ۳-۳. محدوده برنامه ریزی پارامترهای ترکیب جوش در واحد کنترل
۶۳	جدول ۴-۱. مقادیر پارامترهای مورد استفاده در جوشکاری نقطه ای
۶۴	جدول ۴-۲. ماتریس طرح رویه پاسخ
۶۵	جدول ۴-۳. ماتریس طرح رویه با مقادیر واقعی
۶۶	جدول ۴-۴. سطوح واقعی ۳ متغیر
۶۷	جدول ۴-۵. نتایج واقعی بدست آمده از اندازه دکمه جوش پس از انجام آزمایش‌ها
۶۸	جدول ۴-۶. آزمون مرحله ای مدل‌های مختلف برای رشد اندازه دکمه جوش
۶۹	جدول ۴-۷. جدول آنالیز واریانس مدل درجه دو برای رشد اندازه دکمه جوش
۷۱	جدول ۴-۸. مقایسه مقادیر مدل با نتایج واقعی در نقاط پیشینه و کمینه مدل
۷۳	جدول ۴-۹. شرایط بهینه سازی برای بدست آوردن حداکثر اندازه دکمه جوش

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲. نمای کلی از جوش نقطه ای و توزیع دما در نقاط مختلف.....	۷
شکل ۲-۲. شکل شماتیک از نحوه انجام عمل جوشکاری نقطه ای	۷
شکل ۳-۲. مقاومتهای مختلفی که در مسیر عبور جریان قرار دارند.....	۹
شکل ۴-۲. مراحل انجام جوش نقطه ای.....	۱۰
شکل ۵-۲. روشهای افزایش تعادل حرارتی در جوشکاری مقاومتی فلزاتی با هدایت الکتریکی متفاوت.....	۱۱
شکل ۶-۲. اثر جریان جوشکاری بر استحکام برشی جوش نقطه ای	۱۵
شکل ۷-۲. استحکام برشی - کششی بصورت تابعی از زمان جوشکاری.....	۱۶
شکل ۸-۲. سیکل جوشکاری تک پالس برای جوشکاری نقطه ای و زائده ای	۱۸
شکل ۹-۲. سیکل جوشکاری چند پالسی به همراه زمان پیش گرم کردن زمان UPSLOPE و زمان DOWNSLOPE و زمان کوئنچ و زمان تمپر و نیروی فورج	۱۹
شکل ۱۰-۲. توزیع دما در جوش و مقاومت های مسیر جریان	۲۱
شکل ۱۱-۲. تاثیر نیروی الکتروود بر مقاومت سطح ورق.....	۲۳
شکل ۱۲-۲. مقادیر اعمال نیرو در مراحل مختلف	۲۴
شکل ۱۳-۲. اشکال دماغه الکترودهای جوشکاری نقطه ای طبق استاندارد RWMA	۲۵
شکل ۱-۳. مدل کلی فرآیند یا سیستم	۴۰
شکل ۲-۳. شکل شماتیک از نمونه های جوشکاری	۵۲
شکل ۳-۳. مشخصات دستگاه جوش	۵۲
شکل ۴-۳. شکل شماتیک الکتروود کروم - مسی	۵۳
شکل ۵-۳. شکل شماتیک برنامه جوشکاری مورد استفاده در این تحقیق.....	۵۵
شکل ۶-۳. نمونه جوشکاری شده	۵۵
شکل ۶-۳. شکل شماتیک تست کندگی به منظور تعیین اندازه دکمه جوش	۵۷
شکل ۷-۳. شکل شماتیک نحوه آماده کردن نمونه های متالوگرافی	۵۸
شکل ۸-۳. نمونه جوش پس از برش	۵۸
شکل ۹-۳. نمونه های جوش پس از مانت	۵۹
شکل ۱۰-۳. نمونه بدست آمده پس از قرار گرفتن در زیر میکروسکوپ نوری	۵۹
شکل ۱-۴. نمودار علت و معلولی پارامترهای موثر در فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه ای.....	۶۱
شکل ۲-۴. نمودار احتمال نرمال باقی مانده ها.....	۷۰
شکل ۳-۴. دیاگرام پراکندگی مقادیر واقعی در برابر مقادیر بدست آمده به وسیله مدل	۷۱
شکل ۱-۵. رویه های جریان - زمان در فشار ثابت $2/5$ BAR.....	۷۶
شکل ۲-۵. شکل دو بعدی تأثیر همزمان جریان - زمان در فشار ثابت $2/5$ BAR.....	۷۷
شکل ۳-۵. رویه جریان - فشار در زمان ۱۱ سیکل.....	۷۸
شکل ۴-۵. شکل دو بعدی تأثیر همزمان جریان - فشار در زمان ۱۱ سیکل	۷۹
شکل ۵-۵. رویه جریان - فشار در زمان ثابت ۷ سیکل	۸۰
شکل ۶-۵. شکل دو بعدی تأثیر همزمان جریان - فشار در زمان ۷ سیکل.....	۸۰
شکل ۷-۵. رویه جریان - فشار در زمان ثابت ۹ سیکل	۸۱
شکل ۸-۵. شکل دو بعدی تأثیر همزمان جریان - فشار در زمان ۹ سیکل	۸۲

فهرست علائم اختصاری

..... حرارت تولید شده	Q
..... جریان الکتریکی	I
..... زمان برقراری جریان	t
..... مقاومت الکتریکی	R
..... ضریب هدایت	k
..... تنش نرمال	σ
..... تنش برشی	τ
..... ضریب پواسون	ν
..... چگالی ماده	ρ
..... نیروی وزنی در X	f_x
..... نیروی وزنی در Y	f_y
..... مدول یانگ	E
..... مدول برشی	G

فصل ۱

مقدمه

۱-۱. مقدمه

جوشکاری مقاومتی (RW^1) از جمله روش‌های اتصال قطعات فلزی به یکدیگر است. جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای (RSW^2) 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 که کیفیت نقطه جوش‌ها اهمیت بسزایی در استحکام نهایی سازه بدنه دارد. شکل و اندازه دکمه جوش تشکیل شده از مهم‌ترین عوامل موثر در استحکام قطعات جوش داده شده می‌باشد، از این رو لازم است که مقدار متغیرهای جوشکاری نقطه‌ای به طور مناسبی تنظیم شده باشند تا جوش با کیفیت مناسب ایجاد شود. این متغیرها عبارتند از: جنس قطعه، ضخامت قطعه، میزان نیروی وارد شده از الکترودهای دستگاه جوشکاری بر روی قطعه، شدت جریان الکتریکی، مدت زمان اعمال جریان، شکل هندسی و جنس الکتروده.

در روش جوشکاری نقطه‌ای دو ورق فلزی مورد نظر، تحت نیروی فشاری وارده بر آنها از طرف الکترودها به یکدیگر فشرده می‌شوند و 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، هندسه فرآیند در حال تغییر است. در ابتدا سطح تماس دو قطعه بسیار کم است و در ادامه فرآیند این سطح تماس افزایش پیدا می‌کند تا به مقدار خاصی برسد. با توجه به اینکه سطح تماس میان دو قطعه نقش اساسی در نحوه شکل‌گیری جوش دارد، پارامترهای موثر این فرآیند، 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.

¹- Resistance welding

²- Resistance spot welding

این تحقیق ضمن کمک به درک بهتر فرآیند، نقش پارامترهای تاثیرگذار را بر روی اندازه جوش تشکیل شده را مشخص می‌کند. همچنین تعیین مقدار بهینه پارامترها بدون انجام آزمایش‌های پرهزینه و وقت‌گیر جنبه دیگر این تحقیق می‌باشد.

۱-۲. انگیزه پژوهش

مهمترین پارامترهای موثر در فرآیند جوشکاری نقطه‌ای 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

زمان لازم برای انجام عملیات جوشکاری معمولاً کمتر از یک ثانیه است و کوچکترین تغییر در مقدار آن می‌تواند 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 می‌باشد. عامل مهم دیگر در فرآیند، نیروی وارده از الکترودها است. این نیرو برای فشردن اولیه قطعات به همدیگر به کار می‌رود. بررسی تاثیر این سه عامل بر روی اندازه دکمه جوش از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. با بررسی پیشینه پژوهش فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای، مشاهده شد که در کارهای انجام شده تاثیر همزمان و متقابل پارامترهای مختلف فرآیند بر روی اندازه دکمه جوش کمتر مورد بحث و بررسی تجربی قرار گرفته است. در این پایان نامه تاثیر جریان، زمان و نیرو بر اندازه دکمه جوش مورد آزمایش قرار گرفته است و سپس نتایج آزمایشگاهی با روش‌های آماری تحلیل شده است. پارامترهای زیادی بر اندازه دکمه جوش تاثیر گذارند اما از موثرترین پارامترهای قابل کنترل که در این پایان نامه هم مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، می‌توان به مقدار جریان اعمالی، زمان عبور جریان و مقدار نیروی اعمالی اشاره کرد. در این تحقیق همچنین با استفاده از تکنیک‌های طراحی آزمایش‌ها^۱ به صورت علمی تاثیر پارامترهای ذکر شده بر روی اندازه دکمه جوش تشکیل شده، که بر اساس تجارب صنعتی و تحقیقات آزمایشگاهی است، اثبات می‌گردد.

^۱- Design of experiment

۱-۳. ابزارهای مورد استفاده در این پایان نامه

برای انجام مراحل طراحی آزمایش‌ها از نرم افزار Design expert که یکی از قدرتمندترین نرم‌افزارهای آماری و کنترل کیفی می‌باشد، استفاده شده است. در این نرم افزار کلیه مراحل طراحی آزمایش‌ها، تحلیل دقیق آماری و ترسیم نمودارهای گوناگون برای نتایج آزمون، با توجه به نوع مسئله گنجانده 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.

۱-۴. ساختار پایان نامه

مراحل انجام تحقیق در پنج فصل این پایان نامه به صورت زیر تشریح شده است. ابتدا در فصل دوم در مورد فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای توضیح مختصری داده شده و سپس پارامترهای تاثیر گذار در این فرآیند مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. همچنین در این فصل پیشینه پژوهش در زمینه آزمایش‌های عملی انجام شده در زمینه جوشکاری مقاومتی ارائه گردیده است. در فصل سوم به بررسی کارهای تجربی و چگونگی طراحی آزمایشات پرداخته شده است. در فصل چهارم، مقدمه ای از روش طراحی آزمایشات به همراه طرح آزمایش به کار رفته در این تحقیق با کلیه نتایج و نمودارهای حاصل از آن آورده شده است. در فصل پنجم به بحث و بررسی در مورد نتایج بدست آمده خواهیم پرداخت. در فصل ششم، خلاصه ای از مراحل انجام تحقیق، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد برای ادامه کار در آینده ارائه شده است.

فصل ۲

جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای

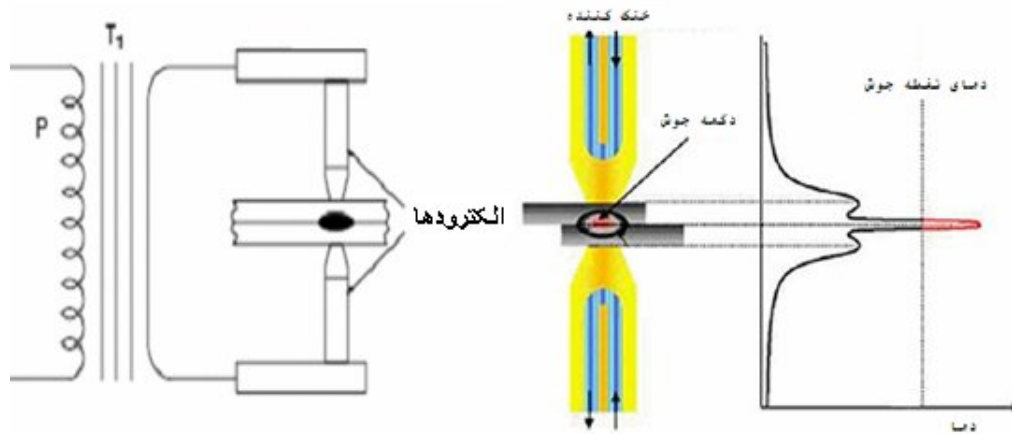
۲-۱. مقدمه

جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای یکی از قدیمی‌ترین فرآیندهای جوشکاری الکتریکی است که امروزه در صنایع برای اتصال اغلب فلزاتی که می‌شناسیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این نوع جوشکاری خصوصاً در صنایع اتومبیل سازی به علت سرعت بالا و خاصیت اتوماسیون آن استفاده می‌کنند [۱]. جوش مقاومتی ابتدا در سال ۱۹۳۰ برای اتصال قطعات خودرو استفاده شد [۲]. جوش نقطه‌ای از سال ۱۹۵۰ در صنعت خودرو رواج گسترده‌ای یافت بطوری‌که امروزه در یک خودرو مدرن ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ جوش نقطه‌ای وجود دارد [۳].

۲-۲. موارد تاثیر گذار بر روی کیفیت جوش نقطه‌ای [۴]

موارد مهمی که روی کیفیت جوش تأثیر گذارند عبارتند از:

۱. شکل ظاهری جوش
 ۲. اندازه دکمه جوش
 ۳. مقدار نفوذ جوش در صفحات
 ۴. وجود ترک و ناپیوستگی در جوش
- همچنین بزرگتر شدن قطر دکمه جوش به افزایش استحکام کششی - برشی می‌انجامد [۵] و با افزایش قطر دکمه جوش ظرفیت تحمل بار کششی - برشی افزایش می‌یابد [۶]. در این روش، جوش بوسیله ترکیبی از گرما، فشار و زمان بدست می‌آید [۷]. در جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای، پارامترهای موثر جوشکاری منطقه مذاب را بوجود می‌آورند. گرمایی که لازم است اتصال را بوجود آورد از قانون ژول پیروی می‌کند (شکل ۲-۱).
- در جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای نیاز به حضور جریان الکتریکی بالا و نیرویی می‌باشد که منطقه مذاب بوجود آمده (دکمه جوش) را نگه دارد تا دکمه جوش شکل گیرد. معمولاً زمان جاری شدن جریان بسیار اندک می‌باشد [۸ و ۹].

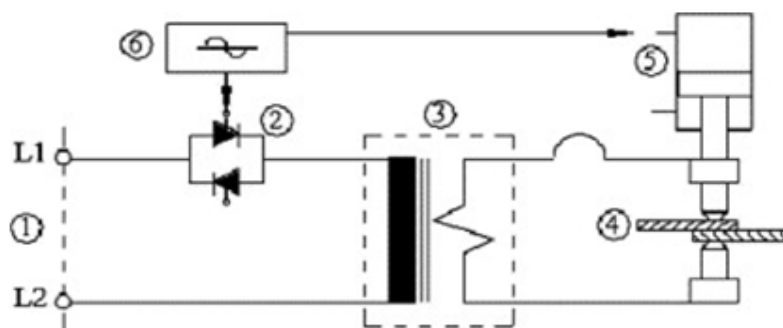


شکل ۲-۱. نمای کلی از جوش نقطه‌ای و توزیع دما در نقاط مختلف [۶]

در این فرآیند، اتصال دو سطح توسط ایجاد حرارت و اعمال فشار به طور همزمان انجام می‌گیرد. فلزات به دلیل اثر مقاومت الکتریکی در برابر عبور جریان الکتریکی، گرم شده و حتی به حالت ذوب نیز می‌رسند. اعمال جریان الکتریکی با چگالی زیاد در زمان‌های کوتاه باعث به حالت خمیری درآمدن محدوده اعمال جریان در قطعه مورد جوشکاری می‌گردد [۱۰].

جریان بوسیله دو عدد الکتروود تزریق می‌گردد البته قابل ذکر است که اعمال نیرو به ورق‌ها هم بوسیله همان دو الکتروود صورت می‌گیرد. جوش نقطه‌ای می‌تواند به صورت دستی یا بوسیله ربات انجام پذیرد [۱۱]. در زمانی که نیاز به جوش‌هایی مشابه داشته باشیم مقادیر جریان، زمان و نیروی الکتروود توسط کنترلر تنظیم می‌شوند و جوش‌ها در مقیاس بالا زده می‌شوند.

شکل (۲-۲) نحوه انجام جوش نقطه‌ای را بصورت شماتیک نشان می‌دهد.



- | | |
|----------------------|----------------------|
| ۱- مدار اولیه | ۲- تقویت کننده جریان |
| ۳- ترانسفرماتور | ۴- مدار ثانویه |
| ۵- سیستم انتقال نیرو | ۶- کنترلر |

شکل ۲-۲. شکل شماتیک از نحوه انجام عمل جوشکاری نقطه‌ای [۱۰]