



هفتمین همایش ملی مهندسی مکانیک
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر
اسفند ۱۳۹۳



بهینه سازی پارامتری برای استحکام جوش در جوشکاری مقاومتی با استفاده از روش تاگوچی

جواد سماوی^{۱*}، علیرضا اکبرزاده توتونچی^۲، علی اکبر اکبری^۳

* نویسنده مسئول: samavi.javad@yahoo.com

واژه‌های کلیدی

مقاومت نقطه جوش، بهینه سازی، استحکام، تاگوچی، پاسخ سطح

چکیده

جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای کاربرد وسیعی در صنعت دارد. به همین دلیل استحکام آن همیشه مورد بررسی قرار گرفته است. در این مقاله بررسی تجربی روی مقاومت نقطه جوشکاری با روش تاگوچی انجام شده است. فولاد ضد زنگ ۳۰۴ برای این آزمایش در نظر گرفته شده است. پارامترهای ورودی جوشکاری نقطه‌ای جریان جوشکاری، زمان جوشکاری و ضخامت در نظر گرفته شده و خروجی مورد نظر استحکام کششی دکمه جوش می‌باشد. در نهایت پارامترهای بهینه و موثرترین پارامتر را توسط سیگنال به نویز و تحلیل واریانس و همچنین پاسخ سطح بدست می‌آوریم. طبق نتایج بدست آمده ضخامت بیشترین تاثیر را بر روی استحکام کششی دکمه جوش دارد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، دانشکده مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار، دانشکده مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد

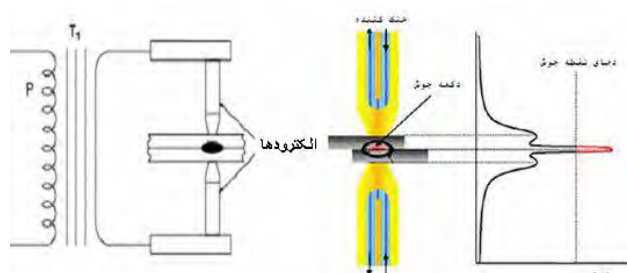
۱- مقدمه

دارد. ورق‌های مورد استفاده در بدنه خودرو قابلیت خوبی برای اتصال به یکدیگر با استفاده از جوش نقطه‌ای دارند. جوش نقطه‌ای از سال ۱۹۵۰ در صنعت خودرو به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت، بطوری که امروزه در بدنه یک خودروی مدرن، بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ جوش نقطه‌ای وجود دارد [۲]. کاربرد ورق‌های فولاد زنگ نزن بخاطر بالا بودن مقاومت خوردگی، ظاهر زیبا و قابلیت جوشکاری بالای آن‌ها بطور روز افزون در حال افزایش است. لذا بررسی کیفیت جوش نقطه‌ای به عنوان یکی از مهمترین روش‌های اتصال در این فولادها اهمیت ویژه‌ای دارد [۳].

بیوسفی^۵ و همکارانش به بررسی اثر پارامترهای مختلف بر خصوصیات اتصالات جوش نقطه‌ای پرداختند و نتیجه گرفتند که نیرو الکتروود نسبت به دو پارامتر دیگر تأثیر بیشتری بر سختی و استحکام جوش داشته و کاهش نیروی اعمالی الکتروود، منجر به کاهش سختی جوش می‌شود [۴]. کوتاه شدن زمان انجام جوشکاری می‌تواند انتقال گرما از فلز اصلی و اعوجاج اجزای جوش را کاهش داده و طول منطقه متأثر از حرارت^۶ را نیز کمتر سازد [۵]. همچنین برای بالا بردن کیفیت جوش نقطه‌ای از جوشکاری پالسی استفاده شده است [۶]. وانگ^۷ و لویی^۸ نیز با کنترل شکل موج جریان الکتریکی متناسب با چرخه جوشکاری، استفاده بهینه از انرژی الکتریکی را گزارش دادند [۷]. اسلانلار^۹ اثر اندازه هسته جوش بر خواص مکانیکی جوش نقطه‌ای در ورق‌های مورد استفاده در صنعت اتومبیل را بررسی نموده و به تأثیر پارامترهای مختلف جوش بر مقاومت برشی جوش پرداخته اند. وی عقیده دارد که اندازه قطر هسته جوش و یا اندازه ارتفاع هسته به تنهایی نشان دهنده تأثیر هسته جوش بر استحکام کششی - برشی نبوده و بنابراین از نسبت ارتفاع به قطر هسته جوش برای این منظور استفاده کرده

مقاومت نقطه جوشکاری^۴ (RSW) جایگاه مهمی در ساخت دارد و از ساده‌ترین و پرکاربردترین نوع فرآیند جوشکاری مقاومت الکتریکی است. 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.

همان طور که در شکل (۱) مشاهده می‌فرمایید، در روش جوشکاری نقطه‌ای دو ورق فلزی مورد نظر، تحت نیروی فشار وارده بر آن‌ها از طرف الکتروودها 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. مقدار حرارت تولید شده یک تابعی از جریان، زمان و مقاومت بین قطعه کار و الکتروود می‌باشد.



شکل (۱) نمای کلی از جوش نقطه‌ای و توزیع دما در نقاط مختلف

بنابراین، مقاومت قطعه کار و سطح مقاومت بین الکتروودها و کار باید تا حد ممکن با توجه به مقاومت بین سطوح پایین نگه داشته شود. این را می‌توان توسط کنترل منطقه تماس، جنس و اندازه الکتروود، فشار وارده و کیفیت سطح قطعه کار بدست آورد. جوش نقطه‌ای در اواخر قرن نوزده میلادی شناخته شد و استفاده از آن برای اتصال ورق‌ها از سال ۱۹۲۰ مرسوم گشت [۱]. جوش نقطه‌ای در صنعت خودرو کاربرد زیادی

⁵ - B. Bouyouf

⁶ - Haz

⁷ - X.C. Wang

⁸ - M.Y. Lui

⁹ - S. Aslanlar

4 - Resistance Spot Welding

خواص مکانیکی جوش نیز افت خواهد کرد و له شدن قطعه کار در زیر الکترودها پدید می‌آید. با افزایش زمان، جریان مربوط به افزایش اندازه دکمه بیشینه به سمت مقادیر کمتر خود میل می‌کند. اگر بخواهیم اثر زمان را در جریان‌های مختلف بررسی کنیم دیده می‌شود در جریان‌های کم افزایش زمان باعث افزایش اندازه دکمه می‌گردد و مقادیر زمان به ازای رسیدن به اندازه دکمه بیشینه در زمان‌های بین ۸ تا ۱۰ سیکل رخ می‌دهد [۱۳].

محققان برای شناخت پدیده‌ها، آزمایش‌هایی را انجام می‌دهند تا حقیقتی را در مورد سیستم یا فرایندی کشف کنند. انجام آزمایش همواره متضمن هزینه و زمان است. از این رو انجام آزمایش‌های مؤثر که با صرف حداقل هزینه و زمان بیشترین اطلاعات را بدست بدهد آرمان هر مهندس یا محقق است و این هزینه و زمان هنگامی که تعداد عوامل افزایش پیدا کند به صورت صعودی افزایش پیدا می‌کند. بنابراین به روشی نیاز است که در آن بتوان با صرف حداقل هزینه و زمان، به بیشترین اطلاعات در مورد فرآیند دست پیدا کرد، نتیجه‌گیری‌های منطقی ارائه کرد و مدارک مستند در خصوص فرآیند بدست آورد. روشی که به بهترین شکل اهداف ذکر شده را برآورده می‌سازد، طراحی آزمایش‌های صنعتی^{۱۴} DOE نام دارد [۱۴]. طراحی آزمایشها یکی از قوی‌ترین فنون بهبود کیفیت و افزایش بهره‌وری است. در این شیوه از طریق انجام برخی آزمایش‌ها، آگاهانه تغییراتی در فرایند یا سیستم اعمال می‌شود تا تاثیر آن‌ها در ویژگی‌های عملکردی یا پاسخ فرایند یا سیستم به آن‌ها، مورد بررسی قرار گیرد. در این روش تغییرات با عاملی به نام نسبت سیگنال به نویز^{۱۵} معرفی می‌شود و شرایط آزمایشی که دارای بیشترین مقدار نسبت سیگنال به نویز باشد، به عنوان شرایط بهینه مطرح می‌شود [۱۵].

است [۱]. عیسی‌زاده^{۱۰} و همکارانش با استفاده از روش المان محدود به بررسی و پیشبینی توزیع گرمایی و اندازه قطر دکمه جوش پرداختند و نشان دادند که اگر ضخامت ورق افزایش یابد، باید مقدار جریان عبوری نیز افزایش یابد [۸]. ایی^{۱۱} و همکارانش پس از بررسی پارامترهای مؤثر جوش نقطه‌ای بر استحکام کششی و اندازه قطر دکمه جوش به این نتیجه رسیدند که این تأثیر غیر خطی است و تأثیر عوامل دوتایی و اثرات متقابل پارامترها را نیز نباید ناچیز انگاشت [۹]. اسلانار و همکارانش نشان دادند که حرارت تولید شده بین دو ورق از نیروی فشاری دو الکتروود، جریان و زمان جوشکاری تأثیر می‌پذیرد. افزایش حرارت ایجاد شده، مدت زمان جوش و شدت جریان به دلیل شکل‌گیری و رشد دکمه جوش باعث افزایش ظرفیت تحمل بار کشش-برش می‌شود اما بعد از رسیدن حرارت تولیدی به مقداری خاص، ظرفیت تحمل بار کشش-برش شروع به کاهش می‌کند [۱۰]. خان^{۱۲} و همکارانش جوش نقطه‌ای را برای پیشبینی نحوه رشد دکمه جوش مدل نموده و رابطه زمان و نیروی الکتروود بر چگونگی رشد دکمه جوش را بررسی کرده است [۱۱]. یانگ^{۱۳} و همکارانش اثرات اندازه دکمه جوش بر استحکام جوش نقطه‌ای را بررسی کرده و نتیجه گرفت که ضخامت و طول جوش دو پارامتر تأثیرگذار بر استحکام کشش-برش جوش نقطه‌ای هستند [۱۲]. اویسی و همکارانشان پیشبینی و بهینه‌سازی اندازه قطر دکمه جوش در جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای بر ورق مورد استفاده در صنعت کشتی‌سازی انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش جریان و زمان جوشکاری به علت افزایش انرژی ورودی به منطقه جوش، قطر دکمه جوش افزایش می‌یابد. همچنین قطر دکمه با افزایش زمان به یک حد بیشینه می‌رسد و پس از آن مقدار قطر دکمه در جریان بالا کاهش می‌یابد. در زمان‌ها و جریان‌های بالا به دلیل بالا رفتن مقدار گرما در محدوده دکمه جوش، پس از مدتی جوش ریزش خواهد کرد و در این زمان می‌باشد که

10 - Eisazadeh

11 - Luo Yi

12 - Khan

13 - Yang

14 - Design Of Experiments

15 - S/N Ratio

۲- کار تجربی

کار تجربی بر روی ورق فولاد ضد زنگ ۳۰۴ انجام شده است. کیفیت اتصال جوش نقطه‌ای توسط خواص مکانیکی و اندازه منطقه متاثر از حرارت تعریف شده است. استحکام جوش توسط یک تعدادی از تست‌های مخرب استاندارد که جوش را مورد انواع بارهای مختلف قرار داده‌اند، اندازه‌گیری شده است. کنترل پارامترهای جوشکاری نقش مهمی را بر کیفیت جوش بازی می‌کند. سختی و عامل قدرت ورق فلز به شدت تحت تاثیر پارامترهای جوشکاری و محل نقطه جوش است. بنابراین، انتخاب پارامترهای فرایند جوشکاری برای به دست آوردن جوش مطلوب مستحکم بسیار مهم است.

ماتریس آزمایشات، تاثیر چندین پارامتر را می‌تواند بطور کارآمدی تعیین کند، از تجزیه و تحلیل واریانس برای پیدا کردن تاثیر مهمترین فاکتور استفاده می‌شود. سطوح و فاکتورها در جدول (۱) نشان داده شده است. سه سطوح فاکتور کنترلی به عنوان کم، متوسط و بالا ارجاع داده شده است. ۹ آزمایش L_9 شامل 3^3 (۳ فاکتور ۳ سطحی) با روش تاگوچی طراحی شده است. در مقالات بالا فاکتور ضخامت ثابت در نظر گرفته شده است. در این مقاله سعی شده است سه فاکتور اصلی جوشکاری مقاومتی مورد بررسی قرار داده شود. استحکام جوش به عنوان متغیر خروجی گرفته شده؛ جریان جوشکاری، زمان جوشکاری و ضخامت به عنوان پارامترهای ورودی موثر بر استحکام جوش گرفته شده‌اند.

جدول (۱) پارامترهای بکار گرفته برای آزمایش

سطح ۳	سطح ۲	سطح ۱	فاکتور کنترلی
۷	۶	۵	جریان جوشکاری (amp)
۷	۶	۵	زمان جوشکاری (sec)
۳	۲/۵	۲	ضخامت (mm)

۳- طراحی آزمایشات

با استفاده از نرم‌افزار Minitab طراحی آزمایشات صورت گرفته و به روش ذیل می‌باشد.

Create Taguchi Design: Stat → DOE → Taguchi → Create Taguchi Design

Analyze Taguchi Design: Stat → DOE → Taguchi → Analyze Taguchi Design

پارامترهای ورودی در جدول شماره (۱) و استحکام جوش اندازه‌گیری شده برای همه پارامترها بصورت مستند در جدول شماره (۲) داده شده است. جدول (۳) و (۴) در پیوست به ترتیب نسبت سیگنال به نویز و تحلیل واریانس را نشان می‌دهند.

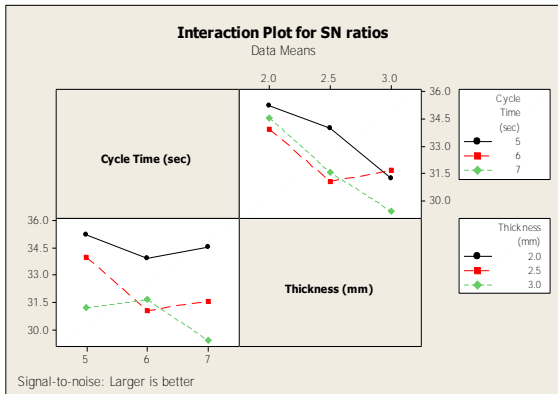
جدول (۲) استحکام کششی اندازه‌گیری شده

استحکام کششی (N/mm^2)	ضخامت (mm)	زمان جوشکاری (sec)	جریان جوشکاری (amp)	ردیف
۵۷/۸	۲	۵	۵	۱
۳۵/۶۶	۲.۵	۶	۵	۲
۳۵/۱۹	۳	۷	۵	۳
۵۰/۰۱	۲.۵	۵	۶	۴
۳۸/۱۵	۳	۶	۶	۵
۵۳/۲۵	۲	۷	۶	۶
۳۶/۲۷	۳	۵	۷	۷
۴۹/۵۶	۲	۶	۷	۸
۳۷/۷۷	۲.۵	۷	۷	۹

اشکال شماره‌ی (۳) تحلیل‌های تاگوچی را نشان می‌دهند.

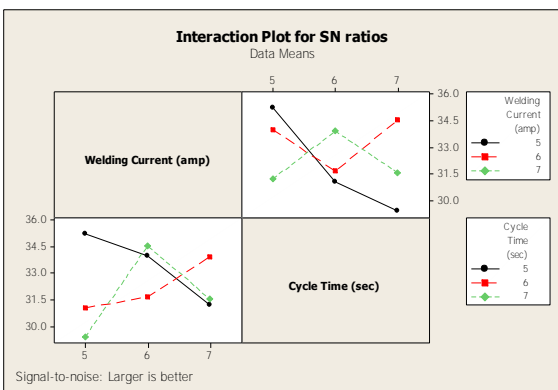
در شکل (الف-۳) گراف جریان جوشکاری در مقایسه با استحکام جوش نشان می‌دهد که وقتی جریان افزایش می‌یابد به تبعیت از آن استحکام هم افزایش خواهد یافت. اما وقتی که

در شکل (پ-۳) اثر متقابل بین زمان جوشکاری و ضخامت قابل مشاهده است و مشابه تحلیل بالا است.



شکل (پ-۳) اثر متقابل بین زمان جوشکاری و ضخامت

در شکل (ت-۳) اثر متقابل بین جریان جوشکاری و زمان جوشکاری نشان داده شده است. با افزایش یک آمپری جریان، افزایش دو ثانیه ای زمان و با افزایش دو آمپری جریان، افزایش یک ثانیه ای زمان جوشکاری را خواهیم داشت. عکس آن (زمان با جریان) هم صادق است.



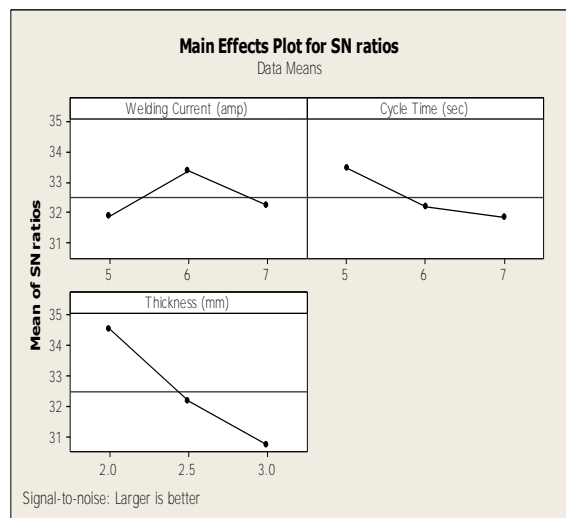
شکل (ت-۳) اثر متقابل بین جریان و زمان جوشکاری

۴- روش پاسخ سطح^{۱۶}

جدول (۵) و شکل (۴) داده های خروجی به روش پاسخ سطح از نرم افزار Minitab می باشند که جدول (۵) در پیوست قرار گرفته شده است. با توجه به خروجی به روش پاسخ سطح، ضخامت بیشترین تاثیر را بر روی استحکام جوش دارد.

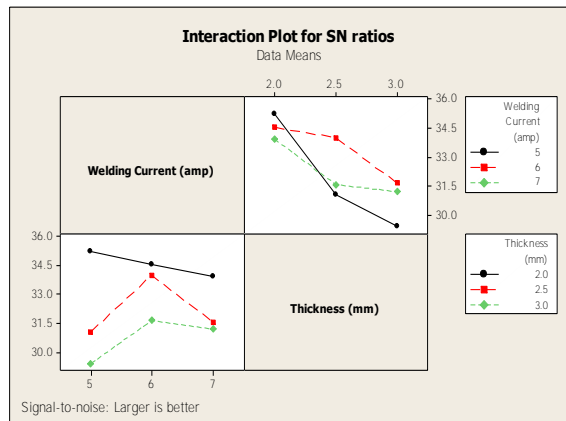
در شکل (الف-۴) مقدار سطوح بهینه جریان جوشکاری و ضخامت نشان داده شده است.

جریان در آن زمان بیشتر افزایش پیدا کند، درجه حرارت بین دو ورق افزایش پیدا کرده در نتیجه ذوب شده و اتصال به خوبی صورت نمی گیرد و استحکام جوش کاهش می یابد. گراف ضخامت در مقایسه با استحکام جوش نشان می دهد که ضخامت ورقها با استحکام جوش رابطه عکس دارد یعنی با افزایش ضخامت، استحکام کاهش می یابد. گراف زمان جوشکاری، مقایسه با استحکام نشان می دهد که با افزایش زمان جوشکاری، استحکام افزایش پیدا می کند. اما در زمان جوشکاری بالا درجه حرارت هم بالا رفته در نتیجه استحکام کاهش می یابد.



شکل (الف-۳) نمودار سیگنال به نویز

در شکل (ب-۳) اثر متقابل بین جریان جوشکاری و ضخامت نشان داده شده است. با افزایش ضخامت، جریان افزایش پیدا می کند. اما با افزایش جریان، ضخامت می تواند ثابت و بر روی ۲ میلیمتر باشد.



شکل (ب-۳) اثر متقابل جریان جوشکاری و ضخامت

سطوح بهینه آن منطقه ای می باشد که بزرگترین T را دارد. به عبارت دیگر جریان جوشکاری تقریباً بین ۵/۵ تا ۶/۵ آمپر، زمان جوشکاری از ۵ تا ۶/۲۵ ثانیه و ضخامت از ۲ تا ۲/۱۵ میلیمتر می باشد. معادله رگرسیون بدست آمده از روش پاسخ سطح بصورت زیر می باشد.

$$T = -232/3 + 99/7 \text{ Current} + 61/4 \text{ Cycle} - 33/5 \text{ Thickness} - 8/222 \text{ Current} * \text{Current} - 6/125 \text{ Cycle} * \text{Cycle} + 3/29 \text{ Thickness} * \text{Thickness}$$

۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج آزمایشات می توان نتیجه گرفت که بهترین حالت پارامترهای ورودی: جریان متوسط، زمان جوشکاری پایین و ضخامت کم می باشد. به عبارت دیگر جریان روی ۶ آمپر، زمان جوشکاری ۵ ثانیه و ضخامت ورق ۲ میلیمتر باشد.

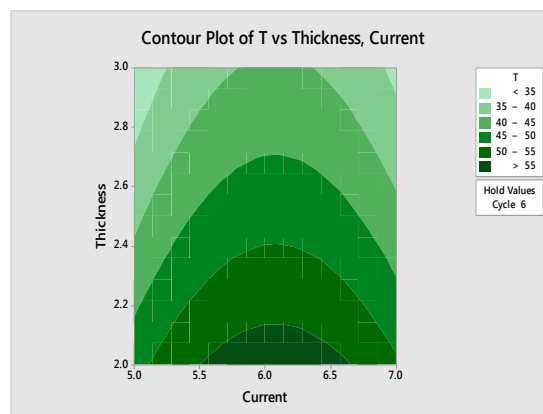
حالت بهینه سطوح که از روش پاسخ سطح بدست آمد بدین گونه می باشد که ضخامت بین ۲ تا ۲/۱۵ میلیمتر، جریان جوشکاری تقریباً بین ۵/۵ تا ۶/۵ آمپر و زمان جوشکاری بین ۵ تا ۶/۲۵ ثانیه است.

درصد توزیع ضخامت، جریان جوشکاری و زمان جوشکاری نسبت به استحکام کششی به ترتیب ۶۱/۵۴ درصد، ۱/۵ درصد و ۷/۰۲ درصد می باشد.

تحلیل واریانس و پاسخ سیگنال به نوبت با توجه به استحکام کششی نشان می دهد که ضخامت موثرترین پارامتری است که استحکام کششی را کنترل می کند جایی که زمان گرفتن و فشار قابل چشم پوشی هستند.

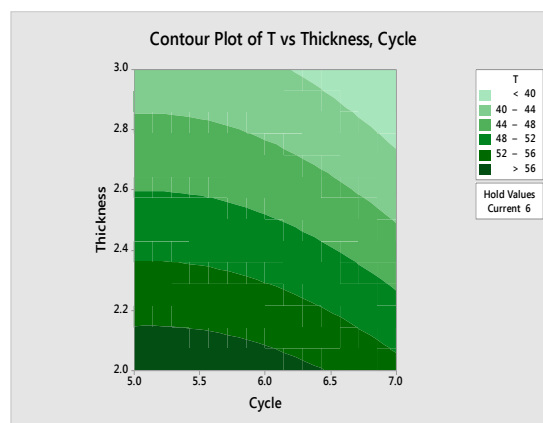
۶- تشکر و قدردانی

با تشکر از مهندس پدرام زمانی دانشجوی دکترای فردوسی مشهد که ما را در این راه همراهی فرمودند.



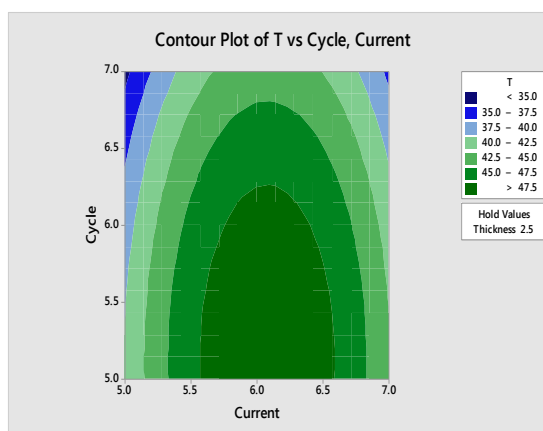
شکل (الف-۴) سطوح بهینه جریان و ضخامت

در شکل (ب-۴) مقدار سطوح بهینه زمان جوشکاری و ضخامت نشان داده شده است.



شکل (ب-۴) سطوح بهینه زمان و ضخامت

در شکل (پ-۴) مقدار سطوح بهینه جریان جوشکاری و زمان جوشکاری نشان داده شده است.



شکل (پ-۴) سطوح بهینه جریان و زمان جوشکاری

جدول (۴) تحلیل واریانس

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Welding Current (amp)	۲	۳/۶۶۹۲	۳/۶۶۹۲	۱/۸۳۴۶	۷/۷۳	۰/۱۱۴
Cycle Time (sec)	۲	۴/۴۸۳۶	۴/۴۸۳۶	۲/۲۴۱۸	۹/۴۵	۰/۰۹۶
Thickness (mm)	۲	۲۲/۲۶۱۲	۲۲/۲۶۱۲	۱۱/۱۳۰۶	۴۶/۹۳	۰/۰۲۱
Residual Error	۲	۰/۴۷۴۴	۰/۴۷۴۴	۰/۲۳۷۲		
Total	۸	۳۰/۸۸۸۴				

جدول (۵) تحلیل واریانس روش پاسخ سطح

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	۶	۹۲۱/۱۹۷	۹۷/۶۸٪	۹۲۱/۱۹۷	۱۵۳/۵۳۳	۵۶/۱۲	۰/۰۰۰
Linear	۳	۶۶۰/۷۴۳	۷۰/۰۶٪	۶۶۰/۷۴۳	۲۲۰/۲۴۸	۸۰/۵۰	۰/۰۰۰
Current	۱	۱۴/۱۷۸	۱/۵۰٪	۱۴/۱۷۸	۱۴/۱۷۸	۵/۱۸	۰/۰۵۲
Cycle	۱	۶۶/۱۸۳	۷/۰۲٪	۶۶/۱۸۳	۶۶/۱۸۳	۲۴/۱۹	۰/۰۰۱
Thickness	۱	۵۸۰/۳۸۲	۶۱/۵۴٪	۵۸۰/۳۸۲	۵۸۰/۳۸۲	۲۱۲/۱۳	۰/۰۰۰
Square	۳	۲۶۰/۴۵۴	۲۷/۶۲٪	۲۶۰/۴۵۴	۸۶/۱۵۱	۳۱/۷۳	۰/۰۰۰
Current*Current	۱	۲۴۷/۶۱۹	۲۶/۲۶٪	۲۴۸/۲۷۱	۲۴۸/۲۷۱	۹۰/۷۴	۰/۰۰۰
Cycle*Cycle	۱	۱۰/۳۳۷	۱/۱۰٪	۹/۵۱۱	۹/۵۱۱	۳/۴۸	۰/۰۹۹
Thickness*Thickness	۱	۲/۴۹۸	۰/۲۶٪	۲/۴۹۸	۲/۴۹۸	۰/۹۱	۰/۳۷۶
Error	۸	۲۱/۸۸۸	۲/۳۲٪	۲۱/۸۸۸	۲/۷۳۶		
Lack-of-Fit	۶	۲۱/۸۸۸	۲/۳۲٪	۲۱/۸۸۸	۳/۶۴۸		
Pure Error	۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰٪	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰		
Total	۱۴	۹۴۳/۰۸۵	۱۰۰/۰۰٪				

۷- پیوست‌ها

جدول (۳) سیگنال به نویز

Response Table for Signal to Noise Ratios			
Larger is better			
Level	Welding Current (amp)	Cycle Time (sec)	Thickness (mm)
۱	۳۱/۸۹	۳۳/۴۷	۳۴/۵۶
۲	۳۳/۳۸	۳۲/۱۹	۳۲/۱۹
۳	۳۲/۲۱	۳۱/۸۲	۳۰/۷۴
Delta	۱/۴۹	۱/۶۵	۳/۸۲
Rank	۳	۲	۱

Automotive Sheets in Electrical Resistance Spot Welding, Material and Design, Vol. 29, No. 7, pp. 6427-6436, 2228.

[66] Khan J.A., Xu L., Chao Y., and Broach K., Numerical Simulation of Resistance Spot Welding Process, Numerical Heat Transfer, Vol. 37, No. 5, pp. 425- 441, 2222.

[62] Yang H.G., Zhang, Y.S., Lai X.M., and Chen G., An Experimental Investigation on Critical Specimen Sizes of High Strength Steels DP122 in Resistance Spot Welding, Materials and Design, Vol. 29, No. 9, pp. 6179-618, 2228.

[63] اویسی م، بنی مصطفی عرب ن، پایگانه غ، پیشینی و بهینه سازی اندازه قطر دکمه جوش در جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای بر ورق مورد استفاده در صنعت کشتی سازی با استفاده از طراحی آزمایشات، اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران، ۲۸ - لغایت ۳۰ بهمن ۱۳۹۱

[64] MiladZaman225.blogfa.com

[65] Yousef Azerakh, blogfa.com

مراجع:

[6] Aslanlar S., The Effect of Nucleus Size on Mechanical Properties in Electrical Resistance Spot Welding of Sheets Used in Automotive Industry, Materials and Design, Vol. 27, No. 2, pp. 625-636, 2221.

[2] Hou Z., Kimb S., Wang Y., Li C., and Chena, C., Finite Element Analysis for the Mechanical Features of Resistance Spot Welding Process, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 685, No's. 6-3, pp. 612-615, 2227.

[3] Ozyurek,D., An effect of weld current and weld atmosphere on the resistance spot weldability of 324L austenitic stainless steel, Materials and Design, Vol. 29, No. 3, pp. 597-123, 2228.

[4] Bouyousfi, B., Sahraoui, T., Guessasma S., and Chaoch K.T., Effect of Process Parameters on the Physical Characteristics of Spot Weld Joint, Materials and Design, Vol. 28, No. 2, pp. 464-469, 2227.

[5] Olson D.L., Siewert T.A., Liu S., and Edwards G.R., ASM Handbook, ASM International, 6993, Vol. 1: Welding, Brazing, and Soldering.

[1] Drozda T., Philip E., Mitchell P.E., and Charles W.C., Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Society of Manufacturing Engineers, 6998.

[7] Wang X.C. and Lui M.Y., An Arbitrary Waveform Control System for a Precise Spot-Welding Power Source, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 622, No's. 2-3, pp. 685-688, 2222.

[8] Eisazadeh H., Hamed M., and Halvae A., New Parametric Study of Nugget Size in Resistance Spot Welding Process, Using Finite Element Method, Materials and Design, Vol. 36, No. 6, pp. 649-657, 2262.

[9] Yi L., Jinhe L., Huibin X., Chengzhi X., and Lin L., Regression Modeling and Process Analysis of Resistance Spot Welding on Galvanized Steel Sheet, Materials and Design, Vol. 32, No. 7, pp. 2547-2555, 2229.

[62] Aslanlar S., Ogur A., Ozsarac U., and Ilan E., Welding Time Effect on Mechanical Properties of