دریافت: ۲۴ دی ۹۵ پذیرش: ۲۷ اسفند ۹۵

بررسی تجربی تاثیرپارامترهای فرایندجوشکاری مقاومتی برجسته براستحکام پیچشی اتصال مهره به ورق

نصر الله بنی مصطفی عرب[۱]،امیر علی نقی زاده[۲]،علی دهقانی[۳*]

۱- عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک، **دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی**، تهران، ایران
۲- عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران
۳- مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی، مرکز صنعتی ایران خودرو، تهران، ایران
* پست الکترونیکیA.dehghan34@yahoo.com

چکیده

جوشکاری امروزه ازمهمترین و رایجترین فرآیندهای اتصال فلزات (وبعضاً غیر فلزات) میباشد. ازمیان فرآیندهای موجود جوشکاری، فرآیند جوشکاری مقاومتی از حرارت و فشار بطور همزمان، برای اتصال قطعات فلزی استفاده می نماید. در این تحقیق، تاثیر پارامترهای جوش مقاومتی برجسته روی ورق فلزی و مهره جوش غیر همجنس و با ضخامت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. از بین پارامترهای قابل تنظیم در جوش مقاومتی، سه پارامتر زمان جوشکاری، نیروی الکترود و جریان جوشکاری که بیشترین تاثیر را بر روی خواص جوش و کیفیت جوش دارند انتخاب و سایر پارامترها ثابت فرض شده است. به منظور ارزیابی استحکام مهره جوش از آزمون پیچش استفاده شده، و بوسیله گشتاور سنج (ترکمتر) دیجیتال، استحکام پیچشی اندازه گیری شده است. جهت انجام آزمایش ها از نرم افزارMinitab۱۶ با روش پاسخ سطح که جز روشهای طراحی آزمایش می باشد استفاده شده و در ادامه نتایج تجربی بدست آمده به کمک نرم افزار فوق، مورد تحلیل قرار گرفته تا تاثیر پارامترهای متغیر ذکر شده بر استحکام پیچشی جوش تعیین گردد.

کلید واژگان

جوش مقاومتی برجسته (زائده ای)، زمان جوشکاری، جریان جوشکاری، نیروی الکترود، روش پاسخ سطح، فولادهای کم کربن، مهره جوش، استحکام پیچشی.

Experimental investigation on the effect of resistance projection welding parameters on weld joint torque strength of nut to sheet

Nasrollah Bani mostafa Arab[1], Amir Alinaghizadeh[2], Ali Dehghani[3]*

1-Faculty Member-Lecturer at Shahid Rajaee Teacher Training University- Mechanical Engineering Department, Tehran,Iran
2- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, **Islamic Azad University**, Semnan, Iran
3-Lecturer at University of Applied Sciences & Technology, Iran Khodro Industrial Center, Tehran, Iran

❊Email@address: A.dehghan34@yahoo.com

Abstract:

Nowadays welding is the most important and the most common joining process for Metals (and sometimes other metals). Among the existing methods for welding, resistance welding uses heat and pressure simultaneously, in this thesis, effect of the process parameters on torsional strength of resistance projection welds in sheet metal and nut with different thickness has been investigated. Welding time, welding current and electrode force are the most important factors affecting the quality of a weld. The Minitab16 software and response surface method have been used to conduct experiments to find the effect of the above parameters on torsional strength.

Keywords:

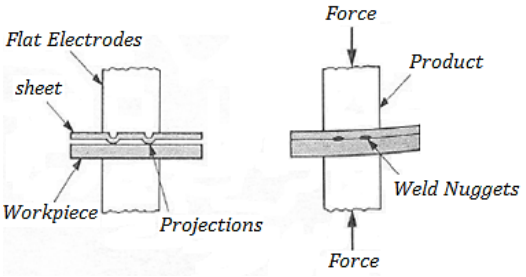
Resistance projection welding, welding time, welding current, electrode force, low carbon steel, nut weld, torsional strength, response surface.

۱-مقدمه

جوشکاری دردهه های اخیر بیشترین توسعه را در تولیدات صنعتی به خود اختصاص داده است. فرآیندهای زیادی در این راه کشف و به ثبت رسیده است. درحقیقت همین تنوع باعث شده که جوشکاری را یک روش ضروری در تولیدات بدانند. بعنوان مثال وسایلی که در زندگی مدرن به آنها نیاز است از جمله ساخت دکلهای نفتی و نیروگاهها تا تولید انبوه اتومبیل و مخازن تحت فشار و دیگهای بخار و همه و همه از

طریق جوشکاری امکان پذیر است.بهطورکلی، اتصال دو یا چند قطعه توسط اعمال فشار، گرما و یا هردو، با یا بدون مواد پرکننده را جوشکاری می گویند[۱].

فرآیند نقطه جوش برجسته (پرس جوش)یکی ازروشهای نقطه جوش کردن قطعات است که درآن، قبل از شروع فرآیند دریکی از دو قطعه موردجوشکاری، برجستگی یا برآمدگیهایی ایجاد می کنند. برای این کار از سنبه وماتریسهای خاصی استفاده کرده وبرجستگیها را در محل دقیقی که از قبل مشخص شده اند ایجاد می کنند. سپس قطعه برجسته شده را بر روی قطعه دوم تکیه داده وآنها را تحت فشار قرار می دهند و در همین زمان جریان الکتریکی شدیدی را در مدار جاری می سازند. طبیعی است که جریان الکتریکی به جای اینکه از تمام سطح دو فلز عبور کند از محل تماس برجستگیهای ورق اول که با ورق دوم در تماس است می گذرد و آن نقاط را آنقدر گرم می کند که عملا متزاج صورت پذیرد (شکل-۱) [۲].



شکل۱ – فرایند پرس جوش[۳]

۲- مواد و روش تحقیق

ورق فلزی مورد نظر جهت آزمایش با مشخصه Dc۰۴-Sd۱۴ از خانواده فولادهای کم کربن و دارای خواصی چون جوش پذیری و شکل پذیری مناسب جهت استفاده در صنایع خودروسازی می باشد. نمونه ها با توجه به استانداردهای ISO۱۴۲۷۰/B۱۳۱۲۳۰ به اندازه ۴۵ *۷۵ میلی متر و با ضخامت یک میلیمتر برش داده شده اند[۴]. در جدول۱ ترکیب شیمیایی ورق انتخابی ارائه شده است.

جدول ۱ در صد وزنی ترکیب شیمیایی ورق بکار رفته در آزمایش

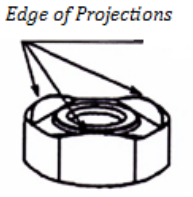
عنصر	C	Si	Mn	P	S	Al
مقدار٪	۰/۱۴	۰/۹	۱/۶	۰/۱	۰/۰۷	۵۴

۲-۱ مشخصات مهره جوش جهت آزمایش

با توجه به مطالعات و پیش آزمایش های انجام شده در مورد انطباق حرارتی مهره جوش و ورق فولادی، نتیجه گیری شد که با این ورق نمونه جهت آزمایش نمی توان هر نوع مهره جوشی را استفاده نمود. مهره جوش مورد نظر دارای سه نک و دارای سختی ۱۸۲ برینل و طبق استاندارد AISI C۱۰۱۰ می باشد (شکل و جدول ۲).

جدول۲ درصد وزنی ترکیب شیمیایی مهره

عنصر	C	Si	Mn	P	S
مقدار٪	۰/۱	۰/۰۵	۰/۴	۰/۳	۰/۰۵



شکل۲ مهره جوش دارای سه عدد نک[۵]

۲-۲- تجهیزات جوشکاری و آزمایشگاهی

۲-۲-۱ مشخصات دستگاه جوش مقاومتی برجسته

دستگاه جوش مقاومتی برجسته با مشخصات فنی ذکر شده، جهت انجام آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است.

دستگاه جوش مورد استفاده ساخت شرکت بنیاد ترانس بوده، توان دستگاهKVA ۲۵۰، دارای فرکانسHZ ۵۰، پتانسیل ۳۸۰V، نرخ گردش آب ۴Lit/min، و حداکثر نیروی پنوماتیکی الکترود ۱۱۵۰ daN می باشد.فشار هوای مورد استفاده در سالنbar ۶ می باشد. الکترود های استفاده شده از نوع تخت و اندازه قطر تماس آن ۱۸ میلی متر است.و جنس این الکترودها از مس و کروم و زیرکونیم می باشد.

۲-۲-۲ وسایل کالیبره نمودن دستگاه جوش مقاومتی

برای اطمینان از صحت و دقت پارامترهای تنظیم شده بر روی دستگاه جوشکاری مقاومتی، از آنالیزور (جریان سنج) دیجیتال، جهت کالیبره کردن جریان الکتریکی دستگاه جوش مقاومتی وبرای کالیبره و اندازه گیری نیروی الکترود نیز از نیرو سنج تکنو با ماکزیمم اندازه گیری نیرو تاdaN ۲۰۰۰، استفاده شده است.

جهت تعیین خواص مکانیکی نمونه ورق فولادی خام انتخابی مورد نظر طبق استانداردENJIS13B ,۱۰۱۳۰استفاده شده است.

۲-۳ انتخاب پارامترها و محدوده مجاز آنها

برمبنای تحقیقات و مطالعات صورت گرفته بر روی جوش مقاومتی، سه پارامتری که بیشترین تاثیر راروی کیفیت و خواص مکانیکی جوش می گذارند عبارتند از: زمان جوشکاری، جریان جوشکاری و نیروی الکترودها. از طرفی بیشترین سهم مصرف حامل های انرژی در پروسه جوشکاری مقاومتی برجسته، مربوط به این سه پارامتر می باشد. برای تعیین محدوده مجاز پارامترها، از پارامترهای جوشکاری جاری در خط تولید بدنه سازی که دارای شرایطی نزدیک به شرایط تحقیق بود و همچنین با انجام یکسری پیش آزمایش ونتایج آنها، بازه پارامترها مشخص شده است. جدول- ۳محدوده پارامترها را نشان می دهد.

جدول ۳ محدوده پارامترهای آزمایش

پارامتر		ماکزیمم		مینیمم	
زمان جوش (بر حسب سیکل)		٦		١٢	
عنصر	S	P	Mn	Si	C
مقدار٪	٠/٠٥	٠/٠٣	٠/٠٤	٠/٠٥	٠/١١
جریان بر حسب کیلوآمپر		١٦		١٢/٥	
نیروی الکترود(دکا نیوتن)		٦٦٠		٣٥٠	

۴- طراحی و انجام آزمایشات

همانطور که قبلا ذکر شد سه پارامتر جریان و زمان جوش و نیروی الکترودها، به عنوان پارامترهای موثر در استحکام پیچشی – برشی، اتصال نقطه ای انتخاب شده و در پنج سطح (۱٫۶- و ۱- و ۰ و ۱ و ۱٫۶) به عنوان متغیرهای ورودی انتخاب شده اند. با استفاده از نرم افزار۱۶ Minitab این آزمایش طراحی شده است. جهت انجام آزمایشات از روش رویه پاسخ (RSM) و روش طراحی مرکب مرکزی (CCD) که ترکیبی از تکنیک های ریاضی و آمار است استفاده شده است[۶].

۴-۱ انجام آزمایش

پس از انتخاب و تهیه ورق فلزی و مهره جوش و همچنین ماتریس طراحی آزمایش، جهت انجام آزمایش، جای سوراخ مهره جوش نیز با مته شش روی ورق فلزی سوراخکاری شد. این سوراخکاری هم جهت سوراخ مهره جوش و همچنین برای موقعیت دهی مناسب اتصال بر روی دستگاه جوش می باشد. ابتدا قبل از انجام آزمایش، دستگاه جوش مقاومتی انتخابی جهت انجام آزمایش را کالیبره کرده و سپس بعد از کالیبره کردن دستگاه جوش، طبق ترتیب ماتریس طراحی آزمایش، شروع به انجام آزمایش ها می شود. (نمونه ای از آزمایشات شکل- ۳)

شکل ۳ نمونه ها ی آزمایش

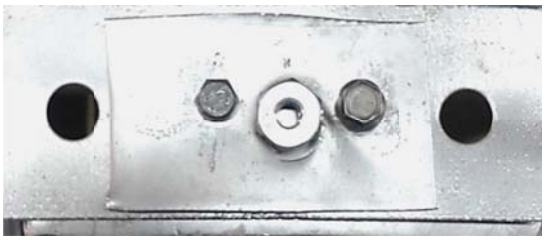
۴-۲- اندازه گیری استحکام پیچشی مهره جوش

به منظور انجام آزمون استحکام پیچشی مهره جوشها از ترکمتر دیجیتال با رنج اندازه گیری ۲۰N.M-۲۰۰N.M استفاده شده است. ابتدا ترکمتر نیز توسط وسیله اندازه گیری الکترونیکی بنام اکتا که با کمک ترانسدیوسری، که برای اندازه گیری گشتاور و زاویه دورانی پیچ ها می باشد، کالیبره می شود.

۴-۳- ساخت فیکسچر

حال روی اتصال مورد نظر باید تست پیچشی انجام داده شود. به علت ضخامت کم ورق فلزی، قبل از شکست اتصال، در ورق پیچیدگی ایجاد می شود لذا باید ورق تقویت شود که فیکسچری جهت این موضوع ساخته شد (شکل- ۴). شکل- ۵ انجام آزمایش را نشان می دهد.

شکل ۴ تثبیت نمونه ها با ورق تقویتی بوسیله پیچ و مهره



شکل۵ آزمون پیچشی مهره جوش

۵- تحلیل آزمایشات

دراین قسمت از تحقیق، پس از استخراج خروجی ها، به تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده توسط نرم افزارMinitab16 پرداخته شده است. جدول تعیین ضرایب رگرسیون (جدول -۴)،نمودار توزیع باقیمانده ها،رویه های پاسخ و منحنی های مربوط به پاسخ، جداگانه ارائه گردیده است. تاثیرهریک ازپارامترها و تعامل اثر آنها در پاسخ طرح، شناسایی و مورد بررسی قرارگرفته است. استدلال فیزیکی موارد مشاهده شده درهرمورد، باتوجه به نتایج حاصل از تحلیل، بیان گردیده است.

جدول ۴ ضرایب معادله رگرسیون برای استحکام پیچشی مهره جوش همراه با درصد احتمال خطای آنها

Estimated Regression Coefficients for tq

Term	Coef	SE Coef	P
Constant	150.160	1.979	0.000
t	6.720	1.313	0.000
f	-2.268	1.313	0.115
c	7.532	1.313	0.000
t*t	-4.291	1.278	0.007
f*f	-5.970	1.278	0.001
c*c	-5.351	1.278	0.002
t*f	1.312	1.716	0.462
t*c	-5.187	1.716	0.013
f*c	2.188	1.716	0.231

S = 4.85319
R-Sq = 92.05% R-Sq(adj) = 84.90%

این جدول ضرایب معادله رگرسیون مدل را در ستون دوم نشان می دهد. معادله رگرسیون نوشته شده برای فرایند شامل اثرات پارامترهای اصلی و اثر متقابل پارامترها و اثرات مرتبه دوم آنها می باشد.

بر اساس جدول فوق مدل رگرسیون برای استحکام پیچشی مهره جوش به صورت زیراست (رابطه ۴-۱):

$$S=۱۵۰,۱۶+۶,۷۲t - ۲,۲۶f + ۷,۵۳c - ۴,۲۹t*t - ۵,۹۷۰f*f - ۵,۳۵۱c*c + ۱,۳۱۲t*f - ۵,۱۸۷t*c + ۲,۱۸۸f*c$$

(رابطه۴-۱)

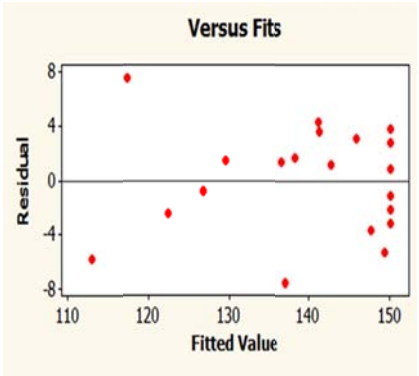
در این معادله S استحکام مهره جوش، t زمان جوشکاری، f نیروی الکترود و c شدت جریان الکتریکی میباشد.

همانطور که در جدول مشخص است تنها ضرایب تعیین شده برای عبارات نیرو، نیرو* زمان (تعامل بین نیرو و زمان) و نیرو*جریان دارای احتمال خطا غیر مجاز هستند. در ادامه برای بقیه پارامترها و همچنین صحت معادله رگرسیونی توسط شکل ۴-۱ از طریق نمودار باقی مانده ها و نمودار احتمال نرمال باقی مانده ها مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

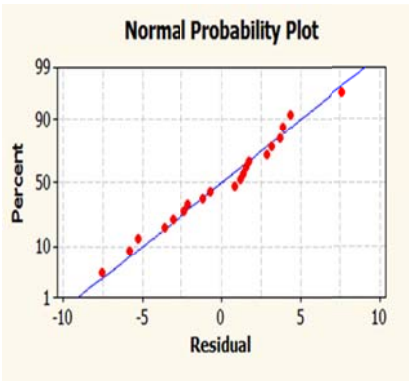
۵-۱-تحلیل باقی مانده ها

یکی از روشهای اصلی برای تشخیص صحت مدل رگرسیونی فوق، محاسبه اختلاف بین مقادیر واقعی با مقادیر بدست آمده حاصل از جایگذاری پارامترها در مدل فوق می باشد. نتایج حاصل از جایگذاری مقادیر عددی و باقی مانده های بدست آمده در شکل-۶ (Observation Order)، نشان داده شده است. همانطور که در نمودار مشخص است روند توزیع باقی مانده ها نرمال می باشد.

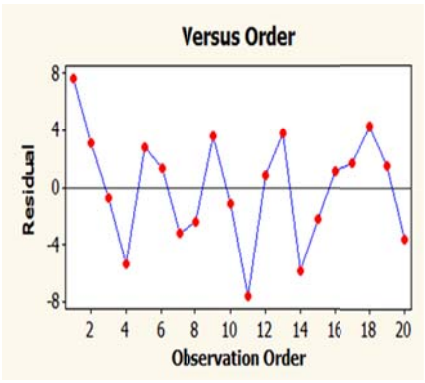
شکل-۷توزیع نرمال باقیمانده ها را برای استحکام پیچشی مهره جوش نشانمی‌دهد. مشاهده می‌گردد که باقیمانده‌هادر اطراف خط قطری پراکنده شده‌اند و توزیعی نرمال دارند. این شکل گویای این مطلب است که فرضیات اولیه استفاده شده در آنالیز واریانس صحیح می‌باشد. لذا معادله ریاضی حاصله، مدل مناسبی برای پیش بینی و بررسی اثر پارامترها می باشد. همچنین در نمودار فوق مشاهده می شود که احتمال ۹۰٪ تمام باقی مانده ها دارای اختلاف کمتر از ۵ نیوتن متر با مقادیر واقعی می باشند. [۷]



شکل ۶ توزیع باقیمانده



شکل۷ توزیع نرمال باقیمانده ها



شکل ۸ استقلال باقی مانده ها

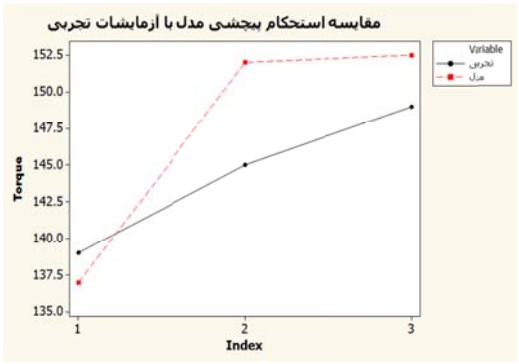
در شکل- ۸ نمودار مقدار باقی مانده ها در برابر مقادیر پیش بینی شده نباید روند خاصی را نشان دهد. به طور مثال در صورتی که با افزایش مقادیر مدل، مقدار باقی مانده ها افزایش یا کاهش بیابد، عدم استقلال مقادیر باقی مانده را نسبت به مقادیر پیش بینی شده نشان می دهد. همانطور که در شکل-۸ (Fitted Value) مشاهده می شود مقادیر باقی مانده ها از روند خاصی در برابر مقادیر پیش بینی شده پیروی نمی کنند. با توجه به مطالب فوق صحت مدل رگرسیونی بدست آمده تایید شده و آماره های آن قابل استناد و تحلیل می باشد.

۵-۲ اعتبار سنجی مدل ریاضی بدست آمده

برای مشخص کردن صحت مدل بدست آمده، سه آزمایش جوشکاری با پارامترهای مشخص زمان جوش، جریان الکتریکی و نیروی الکترود (در محدوده پارامترهای تعیین شده)، انجام شد و سپس استحکام پیچشی مهره جوشها توسط ترکمتر اندازه گیری گردید. مقادیر واقعی استحکام پیچشی با مقادیری که از مدل ریاضی بدست آمده مقایسه شده و در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود مقدار درصد خطا بین مقدار واقعی و مقدار پیش بینی شده توسط نرم افزار ناچیز می باشد (شکل- ۹).

جدول ۴ صحت مدل ریاضی

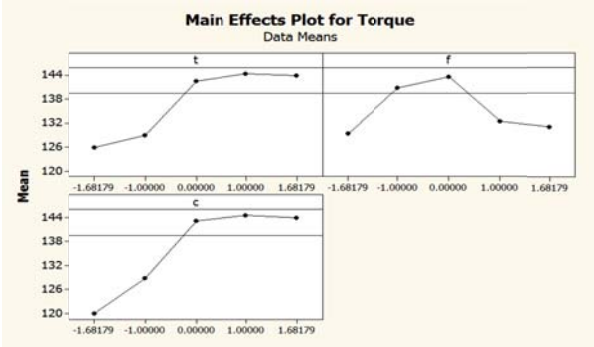
شماره آزمایش	پارامتر جریان	پارامتر زمان	پارامتر نیرو	گشتاور تجربی	گشتاور پیش بینی مدل	درصد خطا
۱	۱۳	۸	۵۰۰	۱۴۱،۵	۱۳۷/۳	٪۳/۱
۲	۱۴	۱۰	۵۰۰	۱۴۵	۱۵۲/۵	٪۴/۸
۳	۱۵	۸	۵۰۰	۱۴۹	۱۵۲/۳	٪۲



شکل ۹ نمودار مقایسه پاسخ مدل و پاسخ تجربی صحت ریاضی

۳-۵ تاثیر پارامترها بر استحکام پیچشی مهره جوش

شکل-۱۰ تاثیر پارامترهای اصلی بر استحکام پیچشی مهره جوش را نشان می دهد.



شکل۱۰ تاثیر پارامترها بر استحکام پیچشی

۶-۱ تاثیر پارامتر زمان جوش بر استحکام پیچشی مهره جوش

همانطور که در شکل - ۱۰ در قسمت پارامتر زمان مشاهده می شود با افزایش زمان تا مقدار میانگین محدوده (۸ سیکل)، استحکام جوش افزایش یافته و با ادامه افزایش پارامتر زمان، شیب استحکام مهره جوش کمتر شده و از ۱۰ سیکل به بعد، شروع به کاهش استحکام مهره جوش می شود. دلیل کاهش استحکام جوش بعد از ۱۰ سیکل، می تواند عبور جریان از مذاب دکمه جوش و حالت های تلاطمی در مذاب گردد و در نتیجه باعث بروز برخی اشکالات مانند سوختگی و بیرون زدگی مذاب شود (شکل-۱۰).

تاثیر پارامتر نیروی الکترود بر استحکام پیچشی مهره جوش نیز در این بخش نمایان است. در قسمت نیرو، همانطور که در شکل- ۱۰دیده می شود، افزایش نیرو تا میانگین بازده (۵۰۰ دکا نیوتن) باعث افزایش استحکام مهره جوش و در ادامه افزایش نیروی الکترود، باعث کاهش استحکام جوش می شود. بیشترین استحکام در نیروی۵۰۰daN برابر با۱۴۰ N.m بدست آمده است.

به طور کلی نیروی الکترود در جوش مقاومتی برجسته به علت ضخامت قطعات اتصال زیاد است. در شکل- ۱۰ مشاهده می شود با افزایش نیروی الکترود تا میانگین بازده نیرو، استحکام جوش به حداکثر رسیده اما بعد از عبور نیرو از میانگین بازه خود، به دلیل فرورفتگی بیش ازحد الکترود در قطعه کارباعث می شود مقاومت تماسی قطعات کاهش یافته و متقابلا حرارت نیز کاهش یابد. در نتیجه برجستگی کاملا ذوب نشده و منجر به کاهش استحکام جوش می شود. نکته دیگری که در خصوص نیروی الکترود حائز اهمیت می باشد این است که دو قطعه کار باید بدون نیاز به نیروی بیش از حد الکترود، تماس ایده الی در منطقه جوش داشته باشند. جدا از مطالب ذکر شده تمیزی سطوح تماس الکترود ها و قطعه کار نیز بسیار مهم بوده و همچنین تطابق قطر الکترود با مهره جوش نیز باید رعایت شود.

۶-۲ تاثیر پارامتر جریان جوش بر استحکام پیچشی مهره جوش

به طور کلی افزایش استحکام جوش ناشی از بزرگ شدن دکمه جوش می باشد و گسترش ابعاد هسته جوش نیز صرفنظر از جریان به یک مقدار مشخصی زمان نیاز دارد[۱]. از طرفی طبق رابطه، $Q= I^2Rt$ حرارت ورودی با توان دوم جریان رابطه مستقیم ولی با زمان تنها رابطه مستقیم دارد. بنابراین باافزایش پارامتر زمان از میانگین به بعد تاثیر کمتری روی استحکام جوش دارد. اگر جریان الکتریکی بیش از اندازه گردد حرارت در ناحیه جوش بسیار بالا رفته و ذوب فلز تا سطح فلز گسترش می یابد فضای خارج از الکترود ذوب شده و در نتیجه باعث پاشیدن فلز مذاب می گردد.

۷- نتیجه گیری:

در این بخش نتایج بدست آمده از تحقیق بیان گردیده و در انتها نیز پیشنهاداتی ذکر شده است.

۱. در اتصال مهره جوش به ورق فلزی، به علت هم جنس نبودن این دو قطعه بحث تعادل حرارتی بسیار حائز اهمیت است. در صورت عدم تعادل حرارتی بین دو قطعه، اتصال جوشی استحکام مناسبی نخواهد داشت.

۲. معادله رگرسیون بدست آمده برای پیشبینی استحکام پیچشی مهره جوش، تطابق زیادی با نتایج بدست آمده از آزمایش های تجربی دارد. زیرا مقادیر ضریب همبستگی(R^2) و ضریب همبستگی تعدیل یافته (R^2_{Adj}) به ترتیب ۹۲ و ۸۴/۹ می باشند که نشان از تطابق بالا دارد.

۳. سه پارامتر جریان و زمان و نیروی الکترود فرآیند فوق، تاثیر بسزایی در استحکام اتصال دارد.

۴. بیشترین استحکام پیچشی در جریان الکتریکی ۱۵ کیلو آمپر، زمان ۸ سیکل و نیروی ۵۰۰ دکا نیوتن ۱۵۰N.mبدست آمده است.

۵. تاثیر شدت جریان و زمان جوشکاری بر استحکام پیچشی را باید با یکدیگر در نظر گرفت. اندازه برجستگی ذوب شده و یا اصولا ایجاد آن، ارتباط مستقیمی با این دو پارامتر دارد و در صورت افزایش بیش از حد این دو پارامتر، استحکام جوش کاهش خواهد یافت.

منابع و مراجع

[۱]- کوکبی، امیرحسین. ۱۳۹۰ . تکنولوژی جوشکاری(فرآیندها). انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف

[۲]- بودیچ، ویلیام و آلتوس، اندرییا.۱۹۸۲. اصول نوین جوشکاری. مترجمین محمد سلطان بیگی و اردشیر هنر بخش. ناشر: محمد جعفری.

[۳]- کوکبی، امیر حسین. ۱۳۹۰ . تکنولوژی جوشکاری (فرآیندها). انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف

[4]- PSA PEUGEOUT- CITROEN STANDARD, Number131226

[5]- PSA PEUGEOUT- CITROEN STANDARD, Number C214210

[۶]- مونت گمری، سی داگلاس ۲۰۰۱. طراحی و تحلیل آزمایشها. مترجم رسول نور النساء. مرکز نشر دانشگاهی.۱۳۸۰.

[۷] - مونت گمری، سی داگلاس. ۲۰۰۸. طراحی و تحلیل آزمایشها . مترجم دکتر غلامحسین شاهکار. مرکز نشر دانشگاهی،۱۳۸۰