



استانداردسازی مصرف انرژی جوش نقطه‌ای
در صنعت خودورسازی

مؤلف:

سجاد ترکاشوند



نگارخانه
National Library and Archives of Iran

سرشناسه : ترکاشوند، سجاد، ۱۳۵۷ -
 عنوان و نام : استانداردسازی مصرف انرژی جوش نقطه‌ای در صنعت
 پدیدآور : خودورسازی/ مولف سجاد ترکاشوند.
 مشخصات نشر : تهران : راشدین، ۱۳۹۴.
 مشخصات : ۱۳۲ص.: جدول.
 ظاهری :
 شابک : ۸۰۰۰۰ ریال 4-220-361-600-978:
 وضعیت فهرست : فیبا
 نویسی :
 یادداشت : کتابنامه:ص. ۱۲۵.
 موضوع : جوشکاری با قوس برقی
 رده بندی کنگره : TK ۱۳۹۴۴۶۶۰ الف ۴/۵
 رده بندی دیوید : ۵۲۱/۶۰۱
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۹۱۸۴۶۵



ناشر راشدین

■ انتشارات راشدین

استانداردسازی مصرف انرژی جوش نقطه‌ای در صنعت خودورسازی

■ عنوان کتاب:

سجاد ترکاشوند

■ مولف:

راهب عارفی

■ نظارت کیفی:

محمد معین عارفی

■ نظارت فنی:

افسانه حسن‌بیگی

■ صفحه‌آرا و طراح جلد:

دی تاپ

■ چاپ و صحافی:

اول-۱۳۹۴

■ نوبت چاپ:

۱۰۰۰

■ شمارگان:

۹۷۸-۶۰۰-۳۶۱-۲۲۰-۴

■ شابک:

۸۰۰۰۰ ریال

■ قیمت:

میدان انقلاب - کارگر جنوبی - کوچه گشتاسب - پلاک ۴ واحد ۶

■ نشانی:

۶۶۴۰۸۲۲۴ - ۶۶۱۲۳۴۴۹

■ تلفن/ نمابر:

www.rashedin.info

■ پایگاه اینترنتی:

Email: rashed1829@yahoo.Com

■ پست الکترونیک:

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است

فهرست مطالب

۷	فهرست علائم
۸	پیشگفتار
۱۱	پیش درآمد
۲۳	فصل اول: جوش نقطه‌ای
۲۳	۱-۱- جوش نقطه‌ای
۲۵	۱-۱-۱- جوشکاری نقطه ای
۲۶	۱-۱-۱-۱- چهار مرحله توالی (ترتیبی) اصلی فرآیند جوشکاری مقاومتی یا سیکل
۳۳	۱-۱-۲- پارامترهای جوشکاری
۳۳	۱-۱-۳-۱- زمان جوشکاری
۳۷	۱-۱-۳-۲- نیروی - شدیدی
۴۰	۱-۱-۳-۳- جریان حوض کاری
۴۲	۱-۱-۴- دیاگرام لویه
۴۳	۱-۱-۵- تشکیل ناگت (هسته جوش)
۴۶	۱-۲- نتایج
۴۷	فصل دوم: تحلیل و آنالیز
۴۷	۱-۲-۱- درآمد
۴۷	۱-۲-۲- هدف از مطالعه ی استانداردها
۴۸	۱-۲-۳- معیار پذیرش مجموعه های جوش داده شده با جرس مقاومت
۴۸	۱-۲-۴- استحکام نقاط جوش
۴۸	۱-۲-۵- موقعیت نقاط جوش
۴۹	۱-۲-۶- قطر نقطه جوش
۴۹	۱-۲-۶-۱- کمترین قطر نقطه جوش
۴۹	۱-۲-۶-۲- کلاس نقطه جوش
۵۰	۱-۲-۶-۳- نسبت ضخامت بین ورقهای مجموعه :
۵۰	۱-۲-۷- ورق
۵۱	۱-۲-۸- مشخص کردن وتلرانس تغییرات متغیرهای جوش نقطه‌ای
۵۲	۱-۲-۸-۱- بررسی منحنی‌های جریان - زمان جوش نقطه‌ای (منحنی لویه)
۵۲	۱-۲-۹- استاندارد پژو

- ۹-۲-۱- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $0.7 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$ در استاندارد پژو... ۵۲
- ۹-۲-۱-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $0.7 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$ در استاندارد پژو... ۵۴
- ۹-۲-۲- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ در استاندارد پژو... ۵۶
- ۹-۲-۳- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ در استاندارد پژو... ۵۷
- ۹-۲-۳- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1/2 \text{ mm} \times 1/2 \text{ mm}$ در استاندارد پژو... ۵۸
- ۹-۲-۳-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1/2 \text{ mm} \times 1/2 \text{ mm}$ در استاندارد پژو... ۶۰
- ۹-۲-۴- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1/5 \text{ mm} \times 1/5 \text{ mm}$ در استاندارد پژو... ۶۱
- ۹-۲-۴-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1/5 \text{ mm} \times 1/5 \text{ mm}$ در استاندارد پژو... ۶۲
- ۱۰-۲-۱۰- استاندارد رنو ۶۲
- ۱۰-۲-۱- بررسی و آزمون های تجربی ورق $0.7 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$ در استاندارد رنو ۶۲
- ۱۰-۲-۲- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ در استاندارد رنو ۶۵
- ۱۰-۲-۳- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ در استاندارد رنو ۶۶
- ۱۰-۲-۳- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1/2 \text{ mm} \times 1/2 \text{ mm}$ در استاندارد رنو ۶۷
- ۱۰-۳-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1/2 \text{ mm} \times 1/2 \text{ mm}$ در استاندارد رنو ۶۸
- ۱۰-۳-۴- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1/5 \text{ mm} \times 1/5 \text{ mm}$ در استاندارد رنو ... ۶۹
- ۱۰-۳-۴-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1/5 \text{ mm} \times 1/5 \text{ mm}$ در استاندارد رنو ۷۰
- ۱۱-۳-۱۱- استاندارد سوزوکی ۷۱
- ۱۱-۳-۱- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $0.7 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$ در استاندارد ۷۱
- ۱۱-۳-۱-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $0.7 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$ در استاندارد سوزوکی ۷۲
- ۱۱-۳-۲- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ در استاندارد سوزوکی .. ۷۳
- ۱۱-۳-۲-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ در استاندارد سوزوکی... ۷۵
- ۱۱-۳-۳- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1/2 \text{ mm} \times 1/2 \text{ mm}$ در استاندارد ۷۶
- ۱۱-۳-۳-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1/2 \text{ mm} \times 1/2 \text{ mm}$ در استاندارد سوزوکی ۷۷
- ۱۱-۳-۴- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1/5 \text{ mm} \times 1/5 \text{ mm}$ در استاندارد سوزوکی ۷۸
- ۱۱-۳-۴-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $1/5 \text{ mm} \times 1/5 \text{ mm}$ در استاندارد سوزوکی .. ۷۹
- ۱۲-۲- استاندارد دایملر کرایسلر ۸۰
- ۱۲-۲-۱- بررسی آزمون های تجربی ورق های $0.7 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$ در استاندارد ۸۰
- ۱۲-۲-۱-۱- رسم دیاگرام لویه برای ورق های $0.7 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$ در استاندارد ۸۲
- ۱۲-۲-۲- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ در استاندارد ۸۳

۸۴	۱۲-۲-۱- رسم دیاگرام لوبه برای ورق های $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ در استاندارد
۸۵	۱۲-۲-۳- بررسی و آزمون های تجربی ورق های $1/2\text{ mm} \times 1/2\text{ mm}$ در استاندارد
۸۷	۱۲-۲-۱- رسم دیاگرام لوبه برای ورق های $1/2\text{ mm} \times 1/2\text{ mm}$ در استاندارد
۸۸	۱۲-۲-۴- بررسی و آزمون تجربی ورق های $1/5\text{ mm} \times 1/5\text{ mm}$ در استاندارد
۸۹	۱۲-۲-۴- رسم دیاگرام لوبه برای ورق های $1/5\text{ mm} \times 1/5\text{ mm}$ در استاندارد
۹۰	۱۳-۲- بررسی کمترین و بیشترین قطر ناگت های بدست آمده برای ورق های
۹۲	۱۴-۲- مدیریت انرژی (هزینه)
۹۶	۱۴-۲- مطالعه مصرف انرژی کمترین قطر ناگت های بدست آمده برای هر ورق
۱۰۱	۱۱-۲- مقایسه انرژی های مصرفی
۱۰۳	۱۵-۲- ارائه استاندارد رسمی
۱۰۴	۱۶-۲- تحلیل هزینه بازار ناگت های بدست آمده
۱۰۵	۱۶-۲-۱- شبکه بندی مدل
۱۰۸	۱۶-۲-۲- بارگذاری و سازه های
۱۱۰	۱۷-۲- نتایج
۱۱۹	فرجام سخن
۱۲۳	منابع و مأخذ
۱۲۷	پیوست ها

فهرست علائم

I	= شدت جریان (KA)
I_p	= جریان اولیه (KA)
I_{p-SC}	= جریان اولیه اتصال کوتاه (برابر با ۲۷۴/۷۳۶۸۴۲۱) (KA)
I_{SC}	= جریان ثانویه (برابر با ۱۸ کیلو آمپر) (KA)
L	= ضخامت ورق (mm)
M_{SW}	= حداقل قطر ناگت (هسته جوش) (mm)
P	= واحد توان مصرفی (KW)
Q	= حرارت (K J)
Q_T	= حرارت کل (K J)
Q_V	= حرارت تابش شده (K J)
Q_{VE}	= حرارت الکترودها (K J)
Q_{VS}	= حرارت تشعشع (K J)
Q_{VL}	= حرارت ورقها (K J)
Q_W	= حرارت صرف شده برای ایجاد جوش (K J)
r_1	= مقاومت تماس الکترودها با سطح کار (Ω)
r_2	= مقاومت الکتریکی دو قطعه (ورق) (Ω)
r_3	= مقاومت فصل مشترک (Ω)
r_4	= مقاومت الکتریکی دو قطعه (ورق) (Ω)
r_5	= مقاومت تماس الکترودها با سطح کار (Ω)
R	= مقاومت (Ω)
R_T	= مقاومت کل (Ω)
t	= زمان (S)
T	= زمان جوشکاری (cyc)

پیشگفتار

جوشکاری نقطه‌ای یکی از پرکاربردترین نوع جوشکاری مقاومتی می باشد که به طور گسترده در صنایع خودروسازی مورد استفاده قرار می گیرد. پارامترهای نیروی گان، زمان جوشکاری و جریان "ترکی از عوامل موثر بر مصرف انرژی می باشند و با انتخاب و کنترل دقیق پارامترهای مذکور، مصرف انرژی را کاهش داد. در این تحقیق، مقدار استحکام و مقاومت هسته نقطه جوش که توسط بارگذاری پیچشی مورد مطالعه قرار گرفته به عنوان پاسخ مناسب برای رفتار سیستم خروجی در شکل گیری نقطه جوش در نظر گرفته می شود. عملکرد و نتیجه حاصله را به عنوان استاندارد بومی در خطوط تولید بدنه صنایع خودرو سازی استفاده کرد. پارامترهای نقطه جوش به عنوان عوامل متغیر و لحاظ کردن محدوده تغییرات برای آنها، در نظر گرفته می شود. برای مدل کردن رفتار استحکام پارامترها از نرم افزار Ansys work Bench استفاده می شود. در این پژوهش، بر روی دو ورق فولادی که توسط یک جوش نقطه ای به هم متصل شده اند، طبق چهار استاندارد پژو، رنو، سوزوکی و دایملر کرایسلر بر روی هشت نمونه بارگذاری پیچشی صورت گرفت. هدف بدست آوردن نیروی (گشتاور پیچشی) مورد نیاز برای رسیدن به نقطه تسلیم، و بررسی تاثیر قطر جوش نقطه ای و ضخامت ورق ها بر این نیرو بود. بدین منظور به ازای هر ضخامت و قطر ناحیه جوش یک تحلیل جداگانه انجام شد و ضخامت و قطر ناحیه جوشی که بیشترین گشتاور ممکن را تا پیش از رسیدن به تسلیم

تحمل می‌کند برای هشت نمونه مختلف به دست آمد. از نمودارهای حاصل شده مشاهده شد که با افزایش ضخامت ورق، گشتاور پیچشی لازم برای رسیدن به حد تسلیم در نقطه ی اتصال جوش نقطه ای افزایش می یابد. همچنین برای یک ضخامت ثابت، با افزایش قطر ناحیه جوش نقطه ای، مقاومت اتصال افزایش می یابد و گشتاور پیچشی بیشتری برای جداسازی اتصال و ورود به ناحیه خمیری نیاز است. نهایتاً یک استاندارد بومی ارائه می شود که می توان به نقطه جوش هایی دست یافت که از لحاظ کاهش انرژی و هزینه بسیار مفید می باشد.

در این پژوهش و پژوهش استاندارد بومی ارائه شده است که برای ورق های mm در این پژوهش و پژوهش استاندارد بومی ارائه شده است که برای ورق های mm و $1/2 \text{ mm} \times 1/2 \text{ mm}$ ، $1/5 \text{ mm} \times 1/5 \text{ mm}$ و $0/7 \text{ mm} \times 0/7 \text{ mm}$ به ترتیب ۷/۷، ۹/۰۳، ۹/۴۶، ۱۱/۷۲ درصد کاهش مصرف انرژی در پی داشت.

سجاد ترکاشوند

پیش درآمد

جوش نقطه ای یکی از پرکاربردترین نوع جوش مقاومتی می باشد. این فرآیند برای اتصال ورق های ب روی هم، یا سیم به ورق و یا سیم بر روی سیم بکاربرده می شود. در این روش قطعه کار بین الکترودها تحت فشار قرار گرفته و جریان توسط ترانسفورماتور و بازوها از الکترودها و سیم قطع کار عبور می کند. این فرآیند کاربرد زیادی در صنایع لوازم خانگی و اتومبیل سازی دارد. در این نوع جوش، اتصال دوسطح بطور همزمان توسط حرارت و فشار انجام می گیرد و وقتی جریان الکتریکی از میان دو قطعه ی فلزی که بهم چسبیده اند عبور می کند، مقاومت زیاد موضعی موجب تولید گرمای فوق العاده زیادی می شود. در صورتی که جریان کافی بکاررود، فلزات مورد استفاده ابتدا در حالت خمیری قرار گرفته و سپس ذوب می شوند. اگر هنگامی که دو فلز به حالت خمیری و یا مذاب قرار دارند به یکدیگر فشار داده شوند و تا کمی بعد از قطع جریان خنک شدن، در همان وضعیت باقی بمانند، دو قطعه در هم آمیخته شده و به صورت یک قطعه واحدی در می آیند، که در این حالت جوش بصورت دکمه و یا دیسک هایی بین دو تپه ورق بوجود می آید که با توجه به سرعت انجام این عمل، بسیاری از خواص فیزیکی آنها (ورق ها) دست نخورده باقی خواهند ماند.

جوش نقطه ای رایج ترین فرایند جوشکاری در کلیه خطوط تولید بدنه خودرو در صنعت خودروسازی به شمار می رود. مهمترین شاخص این نوع جوشکاری که یکی از

روش های جوشکاری مقاومتی می باشد، حذف قوس الکتریکی، فراهم نمودن جریان با شدت بالا، ایجاد حلقه ای جهت عبور جریان، قرارگیری دو قطعه کار مورد نظر (که معمولاً ورق می باشند) در مسیر حلقه ی عبور جریان قوی و اعمال نیرو جهت کاهش مقاومت سطوح تماسی دو ورق بمنظور فراهم نمودن شرایط امتزاج می باشد (Anonymous, 1998). در واقع با عبور جریان الکتریکی قوی از دو ورق بهم فشرده شده، در ناحیه تماس دو قطعه بدلیل وجود مقاومت بالا حرارت فزاینده ای ایجاد شده که تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس افزایش می یابد (Anonymous, 2003). این میزان حرارت باعث ذوب سطح تماسی دو ورق و امتزاجشان گشته که البته نیروی اعمالی نیز در این امر موثر است. عملاً در این نوع جوشکاری، پارامترهای اعمالی در فرایند جوشکاری و تامین کیفیت مؤثرند و برخلاف سایر روشهای جوشکاری تقریباً مهارت جوشکار یا اپراتور بی تاثیر است (Anonymous, 2002). لذا تعیین دقیق و بهینه این پارامترها در تامین شرایط کیفی و همچنین هزینه های تولید تاثیر غیر قابل انکاری داشته و همچنین تحت کنترل بودن آنها تضمین کننده ثبات کیفیت می باشد. از این رو شرکت های خودرو ساز با در نظر گرفتن نحوه تعیین پارامترهای جوش نقطه ای در استانداردهای مرجع نظیر ISO، هر یک بسته به شرایط و خواص ورق های مورد استفاده خود و همچنین ملاحظات تولیدی و اقتصادی، تغییراتی بمنظور بهبود آن ایجاد نموده و استاندارد شرکتی ایجاد نموده اند (Anonymous, 2004).

خودروسازان داخلی تاکنون از استانداردهای شرکتهای خارجی استفاده نموده اند و متأسفانه نه تنها مسیر خودروسازان خارجی را جهت بهبود استاندارد مرجع با شرایط خود طی ننموده اند، بلکه هیچ گونه بررسی مقایسه ای نیز در خصوص نتایج تحقیقات خودروسازان معتبر بعمل نیاورده اند. این تحقیق در نظر دارد، بمنظور تسهیل، شرایطی جهت ایجاد و تدوین استاندارد داخلی توسط متولیان امور در وزارت صنایع و یا اداره

استاندارد، استانداردهای تعیین پارامتر مورد استفاده در خودروسازان معتبر را از منظر کیفی (محافظه کاری و ریسک پذیری) و اقتصادی مورد مقایسه و آنالیز قرار داده و با آزمون نمونه های تجربی و همچنین روش اجزاء محدود، حدود قابل قبول را برای فاکتورهای موثر بر کیفیت و هزینه تعیین نماید. در این تحقیق پس از انجام تست ها و کارهای آزمایشگاهی طبق چهار استاندارد یاد شده به جایی رسیده شد که برای اتصال ورق های ۰/۷، ۱، ۱/۲ و ۱/۵ میلی متر از پارامتر هایی استفاده شود که عملاً انرژی را کاهش می دهد.

تا کنون مطالعه ای در زمینه تعیین پارامترهای جوش های نقطه ای بمنظور کاهش مصرف انرژی در پیراز انجام نشده و کار جدیدی به نوبه خود می باشد. با انجام این تحقیق عملاً برای صنعت می تواند کاهش هزینه و مدیریت هزینه در پی داشته باشد و با توجه به اهمیت این موضوع (هزینه و مدیریت هزینه) انجام تحقیقات حاصله اهمیت خود را نشان خواهد داد.

بررسی استانداردهای تعیین پارامترهای جوش در بعضی از شرکتهای معتبر خودروساز و آنالیز تاثیرپذیری فاکتورهای مؤثر بر کاهش مصرف انرژی با استفاده از روش اجزاء محدود و آزمون های تجربی و کاهش مصرف انرژی بدون افت کیفی و با توجه به کارهای صورت گرفته ضرورت تحقیقات انجام شده، توان تهیه استانداردهایی در زمینه نقطه جوش برای صنایع خودرو سازی داخلی داشت که عملاً رمی سازی صنعت و مدیریت انرژی را در آن لحاظ کرد.

تعاریف واژه ها و اصطلاحات فنی و تخصصی:

جوش نقطه ای: رایج ترین نوع جوشکاری مقاومتی می باشد که در کلیه خطوط تولید بدنه خودرو در صنعت خودروسازی به کار می رود.

استاندارد سازی: تعیین بهینه ترین پارامترهای نقطه جوش، برای تولید بدنه خودرو بمنظور رعایت ملاحظات مورد نظر خود داشته باشد.

انرژی: انرژی لازم برای تشکیل یک نقطه جوش مثل فشار هوا در گان های نقطه جوش.

قطر هسته ی جوش: قطر جوش مقاومتی حاصله که معیار تایید یا عدم تایید جوش می باشد.

مقاومت جوش: استحکام و مقاومت جوش در برابر تست تخریب یا نیروهای مخرب. پارامتر های نقطه جوش: معیارهای (نیرو، زمان و شدت جریان) که تشکیل نقطه جوش به آنها بستگی دارد.

بار گذاری پیچشی: اعمال تست به صورت پیچش

زمان جوشکاری: زمان اعمال جریان الکتریکی برای تولید حرارت جوشکاری شدت جریان جوشکاری: جریان الکتریکی مورد استفاده برای تولید حرارت جوشکاری

روش تحقیق

یک نقطه جوش علاوه بر این که می بایست از نظر عاقری و با توجه به محل قرار گیری از دید زیبایی و یا عملیات تکمیلی مثل رنگ و لعاب و ... دارای یک سری ویژگیهایی باشد تا قابل قبول گردد، باید خواص مکانیکی مورد نیاز را نیز تامین کند. اینگونه خواص در شکلهای مختلف به عنوان تست نقطه جوش مطرح و اندازه گیری می گردد.

در این تحقیق پس از انجام کارهای آزمایشگاهی یعنی اتصال و اعمال جوش نقطه ای بر روی دو ورق فلزی با ضخامت های مشخص و جدا سازی آن دو ورق فلزی و اندازه گیری قطر ناگت های بدست آمده سپس به انجام آنالیز آنها در نرم افزار Ansys

Work Bench جهت بررسی استحکام و رفتار مکانیکی آنها پرداخته و از نتایج بدست آمده به بحث انرژی، هزینه مصرفی برای ناگت ها پرداخته می شود.

در این پژوهش بطور اخص رفتار مکانیکی جوش با تست پیچش در جوش با ترتیب قرار گیری مشابه طرح اتصال خط تولید تحلیل و بررسی شده است .

استانداردهای پزو، رنو، سوزوکی و دایملر کرایسلر مورد بررسی قرار گرفته و از نرم افزار **Ansys Work Bench** جهت تحلیل نمونه ها استفاده شده است.

برای این منظور چهار مرحله کلی لازم است که دراین تحقیق و پژوهش نیز بدین منوال عمل گردید

مرحله اول) تعیین وضعیت خط تولید و شرایط آزمایشگاهی

مرحله دوم) تعیین بارهای حاز تغییرات متغیرها

مرحله سوم) (استخراج مدل

مرحله چهارم) (تأیید و پذیرش مدل

نرم افزار **Ansys Work Bench** :

به منظور انجام آزمون پیچشی در جوش نقطه ای، در ورق فولادی را که توسط یک جوش نقطه ای به هم متصل شده اند در نظر می گیریم. انتهای یکی از ورق های فولادی ثابت نموده و به گوشه انتهایی ورق دیگر نیروی وارد می نمائیم، تا حول خط مرکزی خود دچار دوران شود. با افزایش این نیرو تنش های ایجاد شده در ورق ها و اتصال جوش افزایش می یابد تا آنجایی که به نقطه تسلیم رسیده و از هم جدا شوند. هدف ما در این تحقیق بدست آوردن نیروی مورد نیاز برای رسیدن به نقطه تسلیم است، قطر جوش نقطه ای و ضخامت ورق ها بر روی این نیرو موثر هستند و تاثیر آنها را مورد بررسی قرار می گیرد.

به منظور یافتن اندازه نیروی لازم برای رسیدن به نقطه تسلیم و بررسی تاثیر قطر نقطه جوش در ضخامت های متفاوت ورق، از تحلیل استاتیکی در نرم افزار Ansys Work Bench استفاده می شود. به این منظور باید به ازای هر ضخامت و قطر ناحیه جوش یک تحلیل جداگانه انجام شود و در نهایت مشخص خواهد شد که به ازای چه ضخامت و قطر ناحیه جوشی، بیشترین گشتاور ممکنه تحمل می شود تا به نقطه ی تسلیم برسد.

ورق : مواد اولیه :

ماده اولیه مورد استفاده جنس فولاد شبیه سازی شده براساس استاندارد ای آی اس آی^۱ و از نوع carbon steel 100^۶ می باشد.

ضخامت ورق های : ۰/۷، ۱، ۱/۲ و ۱/۵ میلی متر می باشد و مشخصات آن در جدول ۱-۲ ارائه شده است.

خواص و ق های به کار رفته

مقدار	شاخص
7872 kg m^{-3}	چگالی
$1.26 \text{ C}^{-1} \text{ e}^{-5}$	ضریب انبساط حرارتی
$475 \text{ J kg}^{-1} \text{ C}^{-1}$	گرمای ویژه
$60.5 \text{ W m}^{-1} \text{ C}^{-1}$	ضریب رسانش گرمایی
$1.7 \text{ e}^{-7} \Omega \text{m}$	مقاومت الکتریکی
$2/5 \text{ e}^{\wedge} \text{ pa}$	مقاومت تسلیم فشاری
$2/85 \text{ e}^{\wedge} \text{ pa}$	مقاومت تسلیم کششی
$3/30 \text{ e}^{\wedge} \text{ pa}$	مقاومت نهایی کششی