

" اتصال فلزات با جوشکاری مافوق صوت "

ترجمه از نشریه : Marchine Design

نویسنده مقاله : Jerrey Devine

ترجمه : علی هائریان اردکانی - دانشگاه مشهد

جوشکاری مافوق صوتی که عمدتاً " برای اتصال پلاستیکها به کار می رود ، می تواند روشی کم هزینه و مطمئن برای فلزات نیز باشد .

با وسایل جوشکاری موجود ، بر حسب نوع آلیاژ ، امکان جوشکاری ورقهای آلومینیومی به ضخامت از ۲ تا ۳ میلیمتر و ورقهای مسی به ضخامت از ۱/۵ تا ۲ میلیمتر وجود دارد . امتیازهای جوشکاری مافوق صوتی در جوش سازه‌ها از این قرارند :

- ابزاربندی ساده است ،
- جوشکاری را می توان از روی پوششهای مختلف از جمله تهرنگهای ضد زنگ انجام داد . به این ترتیب آماده سازی سطح به حداقل می رسد .
- کارآیی انرژی در این فرایند بالا تر است ، زیرا گرمای کمی تولید می شود . جوشکاری مقاومتی گرمای زیادی تولید می کند که باید دفع شود .

- با توجه به اینکه این روش معمولاً " جایگزین اتصالات مکانیکی می شود ، وزن و هزینه سازه کاهش می یابد .

جوشکاری مافوق صوتی فلزات به لحاظ مؤثرتر و ارزانتر بودن به تدریج جای جوشکاری مقاومتی ، لحیم کاری و اتصالهای مکانیکی را در صنایع اتوموبیل سازی ، برقی و هواپیما سازی می گیرد . نکته اساسی در کاربرد این روش ، استفاده از ابزارهای دقیق خاص برای هر کار معین است . با توجه به نیاز به این گونه وسایل مخصوص ، می باید کاربرد این روش پیش از طرح قطعه به دقت ارزیابی شود .

بیشتر فلزات را می توان با جوشکاری مافوق صوتی به یکدیگر متصل کرد ، لیکن جوشکاری فلزات شکل پذیر ، فلزات قیمتی و آلیاژهای مس و آلومینیوم از همه آسانتر است . جدول " ترکیب فلزات جوش پذیر " ، برخی فلزات را که می توان به هم اتصال داد ، مشخص می کند .

جوشکاری سازه‌ها

به جای استفاده از اتصالهای چسبی ، مکانیکی ، پرچ و جوش مقاومتی ، می توان ورقهای فلزی را با جوشکاری مافوق صوتی به قابهای فلزی نقطه جوش کرد .

به کار می‌رفته است. شرکت فرچایلد آزمایشهای مفصلی جهت مقایسه این روش با روشی که قبلاً برای جوشکاری درهای هلیکوپتر به کار می‌رفت، انجام داده است. از این آزمایشها برمی‌آید که چسب جوش کیفیت اتصال جوشهای مافوق صوتی را به میزان زیادی بالا می‌برد، و در مواردی که به جوشهای با کیفیت بالا یا جوشهای بی‌درز نیاز باشد، این روش بهای خاصی می‌یابد.

برای این کاربرد خاص، شرکت فرچایلد در ماشینهای استاندارد جوشکاری مافوق صوتی اصلاحاتی چند صورت داده داده است. تغییرات عمده شامل بهبود کیفیت نوک جوشکاری برای جلوگیری از چسبیدن آن به کار، افزایش قابلیت تحمل تغییرات فشار و قدرت در سخت افزار هنگام جوشکاری، استفاده از گیره یا نوک حلقوی برای جلوگیری از انحراف انرژی مافوق صوتی در اطراف محل جوشکاری، به کار بردن نوک جوشکاری و سندانهای قابل تعویض سریع و استفاده از کلیدهای تک مرحله‌ای است. این شرکت قرار است در آینده نزدیکی جوشکاری مافوق صوتی را برای ورقهای کناری بدنه، قطعات بدنه در قسمت اطاق و ورقهای سطح خارجی بال به کار برد.

استفاده از جوشکاری مافوق صوتی در صنایع الکترونیک:

جوشکاری مافوق صوتی به مقیاس وسیعی در تولید قطعات برقی مانند ترانسفورماتور، خازن، سرسیم، سیم پیچ میدان، آرمیچر، اتصالهای برقی، لوله بندهای SCR و دیود به کار می‌رود. فلزات موجود در این قطعات به آسانی با جوشکاری مافوق صوتی به مواد نیمه رسانا مانند ژرمانیم و سیلیسیم اتصال می‌یابند. استفاده از جوشکاری مافوق صوتی در صنایع برقی دارای این امتیازات است:

• حرارت کم در جوشکاری مافوق صوتی مانع از ذوب شدن مقدار بیش از اندازه عایق روی سیم هنگام جوش دادن سرسیم به آن می‌شود.

• تمایل به نرم شدن سیم و سرسیم یا شکنندگی بیش از اندازه آنها در اثر حرارت کم است.

• هدایت برق در اتصالهای جوش مافوق صوتی از اتصالهای لحیم کاری شده یا فشاری بیشتر است.

قابلیت تحمل بار کششی در اتصالهای جوش مافوق صوتی بیشتر از اتصالهای مکانیکی است. غالباً "پیش از گسست جوش مافوق صوتی، ورق فلزی پاره می‌شود.

• فازهای بین فلزی شکننده به وجود نمی‌آید. زیرا فلز پایه ذوب نمی‌شود. حداکثر دما در محل فصل مشترک جوش بین ۳۵ تا ۵۰ درصد دمای ذوب فلز در مقیاس مطلق است.

• برخلاف جوشکاری مقاومتی، فلز مذاب از محل اتصال بیرون نمی‌زند، در نتیجه نیازی به تمیزکاری بعد از جوشکاری نیست.

• به مواد گداز آورد پرکننده نیاز نیست.

البته این روش معایبی نیز دارد:

• انواع جوش محدود است، به عنوان مثال امکان جوشکاری لب به لب وجود ندارد، زیرا هنگام اعمال نیروی استاتیکی نمی‌توان تکیه‌گاه مناسب برای قطعه ایجاد کرد.

• هزینه وسایل کار تقریباً "دو برابر هزینه ماشینهای جوش مقاومتی است. (معمولاً این هزینه اضافی از طریق مجموع هزینه‌های نا چیز مواد مصرفی جبران می‌شود).

• این روش به فلزات نرمتر محدود می‌شود. برای جوشکاری فلزات سخت تر مانند آهن و فولاد انرژی بیشتری لازم است. سطح بالاتر انرژی به نوبه خود می‌تواند موجب چسبیدن نوک جوش و فرسایش بیش از اندازه آن شود.

• بعضی از ماشینهای موجود، فقط جوشکاری روی سطوح تخت با سطوح کم انحنا میسر است، زیرا شکلهای پیچیده را نمی‌توان به آسانی در دستگاه چرخاند و در وضعیت مناسب جوشکاری قرار داد.

جوشکاری و اتصال با چسب:

شرکت فرچایلد و بیابلیک* روشی به نام چسب جوش را برای اتصال قطعات سازه هواپیمای ۱۰ - A نیروی هوایی ایالات متحده آمریکا تجربه کرده است. در این روش یک لایه چسب مخصوص در محل اتصال قرار داده، آنگاه قطعات را نقطه جوش می‌کنند. قطعات جوشکاری شده را سپس در کوره می‌گذارند تا چسب سخت شود.

روش چسب جوش در ایالات متحده چندین شناخته شده نیست، در حالی که از سالهای ۱۹۵۰ در کشور شوروی



شکل ۱ - یک قطعه آیسی به مساحت ۳۱ میلیمتر مربع با سرسیمهایی به قطر کمتر از ۲۵ میکرون که با جوشکاری مافوق صوتی به صفحه مدار وصل شده اند. جوشکاری مافوق صوتی باعث حذف اتصالات زمخت لخمی می شود. شرکت موشن کنترل* این آیسی را در مدار کنترل اندامهای مصنوعی به کار برده است.

* Motion Control Co.

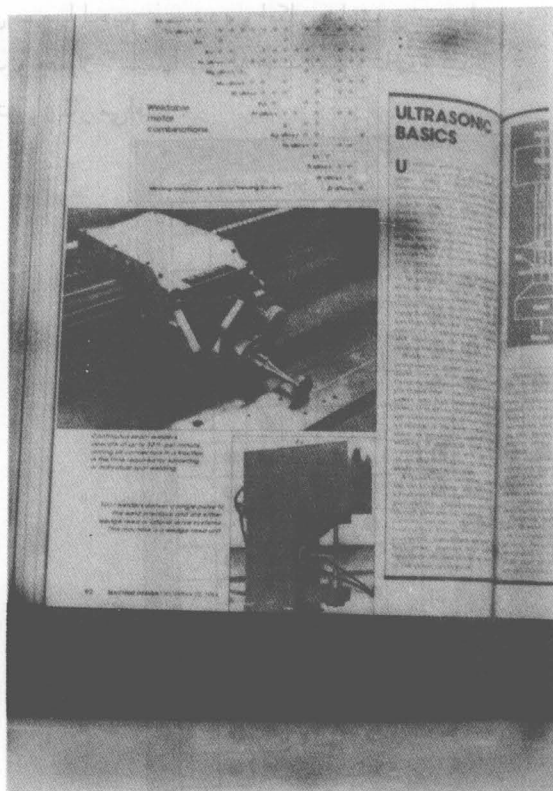


شکل ۲ - دستگاههای درز جوش پیوسته، با سرعتی تا حدود ۱۰ متر در دقیقه کار اتصال را در کسری از زمان لازم برای اتصال از نوع لخم کاری یا نقطه جوشهای مجزا انجام می دهند.

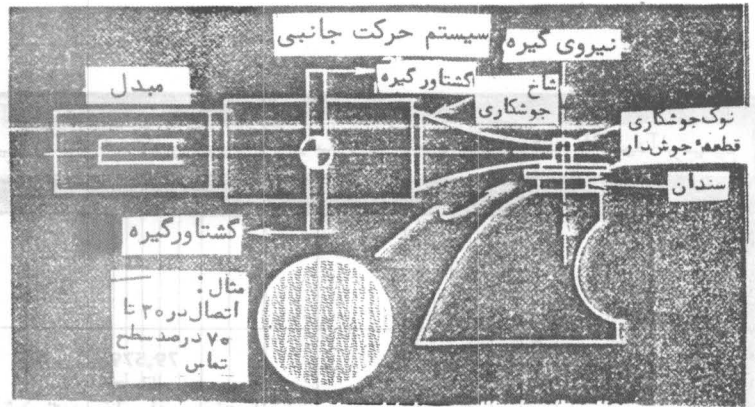
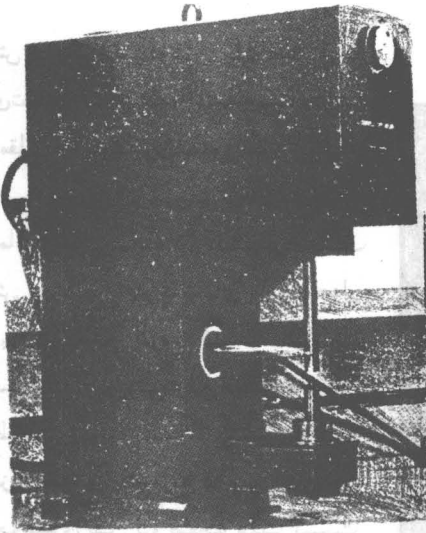


شکل ۱ - یک قطعه آئسی به مساحت ۳۱ میلیمتر مربع با سرسیمهایی به قطر کمتر از ۲۵ میکرون که با جوشکاری مافوق صوتی به صفحه مدار وصل شده اند. جوشکاری مافوق صوتی باعث حذف اتصالاتی زمخت لحیمی می شود. شرکت موشن کنترل* این آئسی را در مدار کنترل اندامهای مصنوعی به کار برده است.

* Motion Control Co.

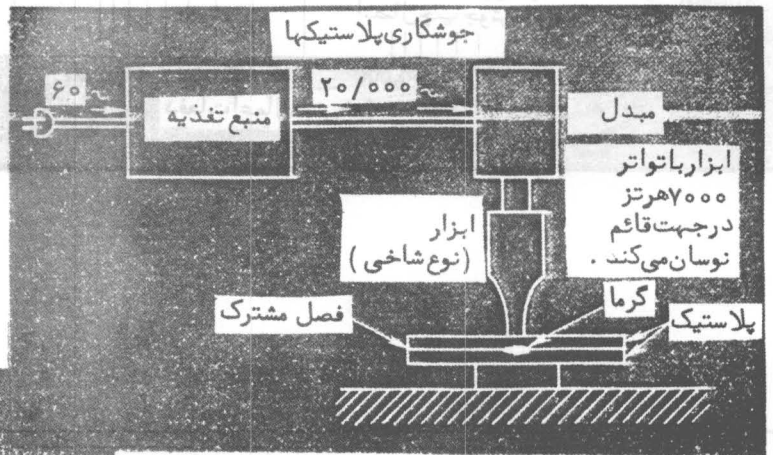


شکل ۲ - دستگاههای درز جوش پیوسته، با سرعتی تا حدود ۱۰ متر در دقیقه کار اتصال را در کسری از زمان لازم برای اتصال از نوع لحیم کاری یا نقطه جوشهای مجزا انجام می دهند.

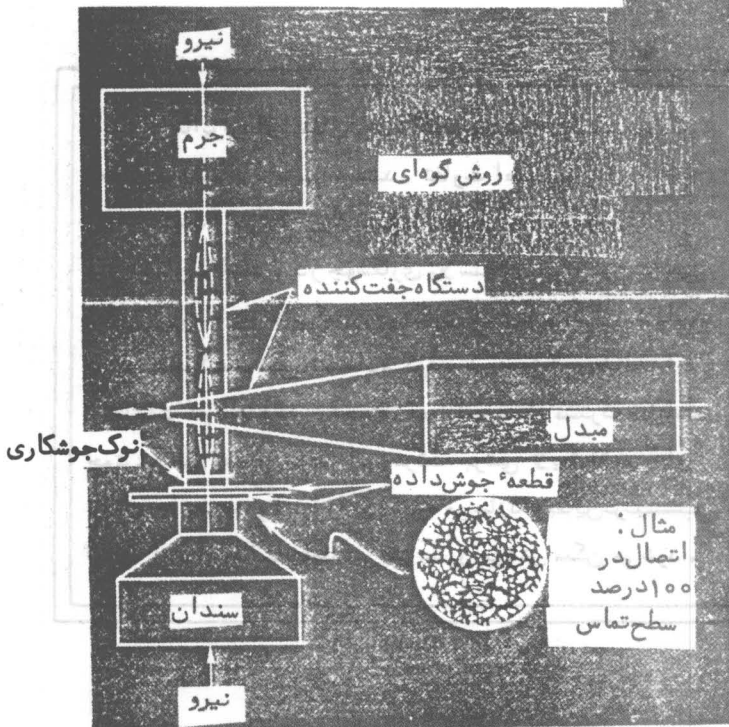


شکل ۳ - دستگاههای نقطه جوش که به فصل مشترک محل جوش یک تنوسان می دهند . این دستگاهها معمولاً از نوع گوه ای با حرکت جانبی هستند .

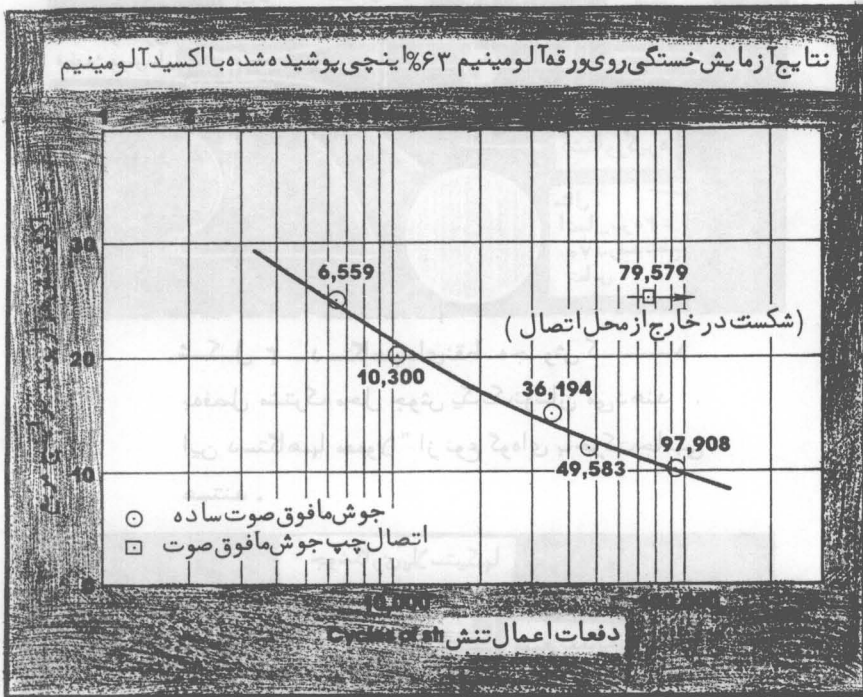
شکل ۴ - در روش حرکت جانبی از ترکیب ارتعاش پدانه و نیروی اندک گیره، اتصال محکم ایجاد می شود . در این روش جابه جایی فلز و شکستن لایه اکسیدهای سطحی بیشتر است و فقط می توان آن را برای جوشکاری قطعات نازک مانند ورقهای بسیار نازک فلزی حکاکی و آندیزه شده به کاربرد . قطعات ضخیم تر به نیروی گیره بیشتری نیاز دارند که غالباً دستگاه را متوقف می سازد .



شکل ۶ - در جوشکاری پلاستیکها گرما تولید شده در حین ارتعاش پلاستیک را ذوب می کند . پس از انجماد مجدد ماده ، عمل اتصال کامل می شود .



شکل ۵ - روش گوه ای : در جوشکاری با سیستم گوه ای از ترکیب نیروی زیاد گیره و ارتعاشات کم دامنه به منظور تنش جوش استفاده می شود . این روش برای جوشکاری سطوح بزرگ و سیمهای افشان به کار می رود .



آزمایش خستگی در نوسان بادامنه ثابت به ازای تنشهای مختلف، امتیاز چسب جوش را در مقایسه با جوشکاری مافوق صوتی ساده نشان می دهد. در این بررسی اتصالات نقطه جوش مافوق صوتی ساده در تنشهای مختلف آزمایش شده اند. در تنشهای تا ۱۵ هزار پوند بر اینچ مربع شروع گسست در اثر پیشرفت ترک از بیرونی ترین قسمت محیطی هر نقطه جوش بوده است. در تنشهای بالای ۱۵ هزار پوند بر اینچ مربع، برش تدریجی نقطه جوشهای بین دو صفحه علت گسست بوده است. آزمایش قطعه چسب جوشی شده نشان داده است که گسست در ورق فلزی بیش از گسست در محل اتصال بروز می کند. در جدول "امتیازات جوشکاری مافوق صوتی" پاره های از امتیازهای روشهای مختلف اتصال در ورقهای فلزی فهرست شده است.

نوع کارگیر به نوع کار بستگی دارد. البته اگر یکی از قسمتهای مستقر در کارگیر امکان نوسان پیدا کند، چه بسا اتصال به درستی انجام نشود. معمولاً چسباندن نوار حساس به فشار روی قطعه کار و یا استفاده از روشهای مخصوص بستن کار در گیره از بروز تشدید جلوگیری می کنند. اجزاء بنیادی دستگاه جوشکاری را در یک قاب که به آسانی خم نشود نصف می کنند. دستگاههای جوش مافوق صوتی معمولاً برای درز جوشی، جوش حلقه ای، نقطه جوش و جوش خطی به کار می روند.

نوسان برها ابزارهای انتقال ارتعاشات تولید شده توسط نوسانگر به قطعات اتصال دادنی هستند. تفاوت اصلی بین ابزارهای به کار رفته در جوشکاری پلاستیکها و فلزات، در ابزاربندی و نوع نوسان بر است. در جوشکاری پلاستیکها ابزار نوع شاخی به کار می رود، در حالی که در جوشکاری فلزات باید از روشهای گوه ای با حرکت جانبی استفاده کرد. در جوشکاری فلزات باید ارتعاشات کم دامنه در صفحه ای به موازات فصل مشترک قطعات جوش دادنی اعمال شود. این حرکت برشی لایه اکسیدهای سطحی را شکسته و آنها را پراکنده می سازد. بدین ترتیب ایجاد اتصال حالت جامد در فلز بدون پوشش ممکن می شود.

اصول جوشکاری مافوق صوتی

منبع تغذیه، نوسانگر یک یا چند نوسان بر و مکانیزمهای کارگیر. منبع تغذیه برق ۵۰ یا ۶۰ هرتز معمولی را به جریان باتواتر زیاد تبدیل می‌کند که نوسانگر را بادامنه مورد نظر به نوسان درمی‌آورد. در بیشتر موارد، دامنه امواج در طول مدت اعمال نیروی فشارنده هنگام جوشکاری ثابت می‌ماند. در صورت افت دامنه، انرژی منتقل شده به محل جوش کم می‌شود. این امر می‌تواند جوش را نامرغوب یا زمان جوشکاری را طولانی‌تر کند.

نوسانگر، انرژی برقی را به نوسان مکانیکی تبدیل می‌کند. برای این منظور می‌توان از نوسانگر مغناطیسی یا پیزوالکتریکی استفاده کرد. البته کارآیی نوسانگر پیزوالکتریکی در برابر نوسانگر مغناطیسی است. نوسانگرهای پیزوالکتریکی معمولاً در دستگاههای پرتوان و نوسانگرهای مغناطیسی همواره در دستگاههای کم توان به کار می‌روند.

جوشکاری مافوق صوتی نوعی فرایند حالت جامد است که طی آن اتصال بین دو صفحه فلزی در اثر فشار استاتیکی نسبتاً کم و ارتعاشات مکانیکی باتواتر زیاد (۱۵ تا ۶۰ هزار هرتز) انجام می‌شود. این روش می‌تواند برای اتصال فلز به فلز، فلز به پلاستیک، و پلاستیک به پلاستیک به کار رود. نکته جالب اینکه سازندگان ماشینهای جوش مافوق صوتی می‌کوشند راهی برای اتصال مواد مرکب مانند مواد تقویت شده با الیاف به روش جوشکاری مافوق صوتی بیابند.

در جوشکاری مافوق صوتی قطعات جوش دادنی بین نوک جوشکاری یا شاخ جوشکاری و سندان بسته می‌شوند. سپس ارتعاشات مافوق صوتی به مدت کوتاهی (غالباً کمتر از یک ثانیه) از طریق نوک جوشکاری با شاخ جوشکاری به محل اتصال وارد می‌شود. با همین اعمال انرژی ارتعاشی سطوحی که با هم تماس دارند به حالت پلاستیک درمی‌آیند و نفوذ در دمای پایین صورت می‌گیرد. ماشینهای جوشکاری ۴ جزء اصلی دارند:

استحکام نقطه جوش در جوشکاری مافوق صوتی ورقهای آلومینیومی ۰/۰۶۳ اینچی

استحکام جوش مافوق صوتی (پوندد) ورق بی پوشش / ورق با پوشش اکسید		استحکام جوش مقاومتی (پوندد) ورق بی پوشش / ورق با پوشش اکسید		جنس لایه میانی
۴۰۰۰ تا ۵۵۰۰	۲۲۰۰ تا ۲۵۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	
۳۷۰۰	۱۷۰۰ تا ۲۵۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	ماده آب بندی
۳۶۶۰ تا ۲۵۰۰	۱۷۰۰ تا ۲۳۰۰	جوش ناپذیر	جوش ناپذیر	چسب لایه های ناپخته
۲۸۰۰ تا ۱۷۰۰	—	۱۱۰۰	۱۱۰۰	چسب خمیری ناپخته

آزمایشهای انجام شده روی جوش مافوق صوتی آلیاژهای آلومینیوم به وسیله شرکت فرچایلد می‌تواند برای صنعت اتومبیل سازی که بسیاری از این گونه آلیاژها را به کار می‌برد، سودمند باشد.

امتیازهای جوشکاری مافوق صوتی

نکات دیگر	عمر نسبی خستگی	کار آرسی به درصد	استحکام استاتیکی به پوند	پهنای قسمت روی هم لیه ورتها به اینچ	آرایش اتصال	نوع اتصال
سریعترین روش (۵ دقیقه)، نیازمند مهارت کم قابل استفاده برای ضخامت‌های مختلف، محدود به سطح تخت یا سطح با انحنا کم، نیازمند لایه آب بندی در وسط	۱/۱ (حد اکثر تنش متناسب ۲۶ هزار پوند بر اینچ مربع)	۸۷	۵۲۵۰۰	۴	آردیف ۱۲ اتایی بافاصله ۲ اینچ	جوش مافوق صوتی
سریع، نیازمند حداقل ماده سازی سطح، با کنترل خوردگی آسان، با امکان استفاده از چسب‌های لایه ای ساده، نیازمند پخت در کوره، محدود به سطح تخت یا سطح کم انحنا.	۶/۹ (حد اکثر تنش متناسب ۳۰ هزار پوند بر اینچ مربع).	۱۰۰	۶۰۰۰۰	۵	آردیف ۵ تایی بافاصله ۲ اینچ	چسب جوش مافوق صوتی
با هزینه بیشتر از اتصال چسبی، با هزینه زیاد ماده سازی سطح، با هزینه زیاد محافظت از خوردگی، فقط قابل استفاده با چسب‌های خمیری، نیازمند پخت در کوره، با محدودیت ضخامت سطح تخت یا سطح کم انحنا.	آمار موجود نیست.	۱۰۰	۶۰۸۰۰	۴	۲ ردیف همراه با چسب خمیری	چسب جوش مقابلی
کم هزینه، بقیه موارد مثل ردیف بالا، نیازمند لایه آب بندی در وسط	آمار موجود نیست	۷۶	۴۵۴۰۰	۴	آردیف ۱۹ اتایی	جوش مقابلی
هزینه زیاد ابزار بندی، نیاز به وسایل گران قیمت و پرمصرف از نظر انرژی، مؤثر برای اتصال‌های طولانی قابل استفاده برای اتصال‌های ساده.	آمار موجود نیست (احتمالاً خوب است)	۹۳ ۱۰۰	۵۶۲۰۰ ۵۹۹۰۰	۲ ۶	چسب لایه ای، و فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع	اتصال چسبی
بیشترین وزن و هزینه، حداقل نیازمند به دو ساعت نفر کار، نیازمند مهارت زیاد، بسیار متنوع از نظر کاربرد	۱/۶ (حد اکثر تنش متناسب ۲۶ هزار پوند بر اینچ مربع)	۹۰	۵۴۱۰۰	۶	۲۸ گیره، ۵ ردیف، ۳ اندازه	اتصال مکانیکی
مثل بالا	آمار موجود نیست.	۸۲	۴۹۰۰۰	۶	آردیف ۱۰ اتایی بافاصله ۲ اینچ	اتصال مکانیکی

استحکام برشی جوشهای مافوق صوتی در آلیاژهای فلزی

باربرشی متعارف (پوند)	ضخامت (اینچ)	آلیاژ
۱۹۸۰	۰/۰۶۳	آلومینیوم T ۶ - ۶۰۶۱ بدون پوشش
۲۷۵۰	۰/۰۴۰	آلومینیوم T ۳ - ۲۰۲۴ بدون پوشش
۱۷۰۰	۰/۰۴۹	آلومینیوم T ۴ - ۶۰۰۹ بدون پوشش
۱۲۰۰	۰/۰۳۷	آلومینیوم T ۴ - ۶۰۰۹ بدون پوشش
۱۶۰۰	۰/۰۱۸	تیتانیوم ۱۵-۳-۳-۳
۳۱۰۰	۰/۰۴۰	تیتانیوم ۶ AL - ۴۷
۴۶۰۰	۰/۱۰ تا ۰/۲۵	آلیاژ ۹۰ مس - ۱۰ نیکل به فولاد نورد سرد شده .