

# جوشکاری سرد چیست؟

همان طور که می دانید در انواع سازه های بتنی و فلزی نیاز به اتصال اجزای فلزی داریم و نمی توان این سازه ها را به صورت پیش ساخته و یکپارچه به محل پروژه انتقال داد. در واقع اکثر اعضای فلزی در محل کارگاهی هر پروژه عمرانی با روش های مختلف به همدیگر متصل می شوند. یکی از مهم ترین روش ها نیز جوشکاری است که اتصالات ثابت را با آن انجام می دهند. خود جوشکاری دارای روش های مختلفی است که برحسب نیاز و نوع پروژه از آن ها استفاده می کنند. یکی از انواع جوشکاری، جوشکاری سرد است که در ادامه بیشتر با آن آشنا خواهید شد.



## جوشکاری سرد چه نوع جوشکاری است؟

معمولاً آنچه در ذهن عوام در مورد جوشکاری است جرقه ای گرم و فلزی مذاب است که رنگ نارنجی دارد و برای بیشتر ساختمان هایی که هر روزه شاهد تکامل آن ها هستیم، استفاده می شوند. اما روش هایی از جوشکاری مانند جوشکاری سرد وجود دارد که نحوه انجام آن کاملاً متفاوت است. از یک قرن پیش تاکنون از این شیوه نوین جوشکاری در بسیاری از کارهای صنعتی استفاده می شود.

به طور کلی جوشکاری سرد فرایندی است که در حالت جامد انجام می گردد. از این نوع جوشکاری برای اتصال دو یا چند فلز با گرمای بسیار کم و یا حتی کاملاً بدون گرما استفاده می کنند. خوبی این روش این است که در جوشکاری سرد مانند جوشکاری گرم، فلزات مورد جوش تغییر شکل قابل توجهی نخواهند داد. این اتصال بین دو سطح کاملاً صاف و

بدون هیچ گونه پوشش یا آلودگی از فلز انجام می شود که بر اساس ویژگی های خلأ، فلزات طوری به هم نزدیک می شوند که یک پیوند بسیار قوی بین آن ها ایجاد خواهد شد.

ممکن است در حین انجام کار نام هایی دیگری از جوشکاری سرد مانند جوشکاری فشار سرد یا جوشکاری تماسی نیز به گوشتان خورده باشد. زیرا در این روش از فشار زیاد برای اتصال دو ماده فلزی استفاده می کنند. در حالت عادی وقتی دو ماده به هم فشرده می شوند، پیوندی بینشان ایجاد نخواهد شد. زیرا یک لایه اکسید مانند یک مانع نازک روی سطح مواد ایجاد می شود که اجازه این اتصال را نمی دهد. به همین دلیل برای انجام جوش سرد نیز فلزات باید حتماً عاری از هر گونه آلودگی و پوشش باشند.

## تاریخچه جوشکاری سرد

استفاده از تکنیک جوشکاری برای اتصال اعضای فلزی به قرن ها پیش برمی گردد. با این حال نتایج تحقیقات نشان می دهد؛ حتی در زمانی که تنها از جوش گرم استفاده می شده است. برخی ظروف بدون اینکه افراد دانشی نسبت به جوش سرد داشته باشند، با روش جوش سرد درست شده اند. تا جایی که قدمت برخی از این ظروف به عصر مفرغ می رسد. اولین آزمایشات مربوط به کشف تکنیک جوش سرد مربوط به سال ۱۷۲۴ میلادی است که توسط فردی به نام Reverent Desaguliers انجام شد. وی این کار را با استفاده از دو توپ از جنس سرب انجام داد. این توپ ها دارای قطر مشابهی بوده و در حین انجام جوش، نحوه اتصال آن ها کاملاً بررسی شده است. وی برای این آزمایش هر دو توپ را در کنار هم قرار داد و همزمان با چرخاندن مماسی آن ها به گوی ها فشار وارد کرد. ناگهان متوجه شد توپ ها طوری به هم متصل شده اند که جدا کردنشان دیگر کار آسانی نیست.

بعد از این آزمایش، آزمایشات تکمیلی بیشتری برای به دست آوردن تکنیک جوش سرد انجام شد. جالب است که نتایج آزمایشات نشان دادند که پیوندهای تشکیل شده بعد از فشار، باز همان مقاومت فلزی اصلی را دارا می باشند و از این نظر تغییر نمی کنند. به همین دلیل دانشمندان فهمیدند می توانند از این روش به عنوان یک روش مورد اعتماد برای جوش فلزات استفاده کرد و مطمئن بود که بعد از جوش ویژگی های فلزات مورد نظر بدون تغییر مانده و اتصال از هم

نمی باشد. اگر در انجام جوش سرد به نکات مهم، مانند تمیز بودن فلزات و استفاده از روش های صحیح توجه داشته باشید، می توانید مطمئن باشید که فلزات برای مدت طولانی به هم متصل خواهند ماند.

## نحوه عملکرد جوشکاری سرد

از نظر فیزیکی علت اصلی ایجاد پیوند سرد بین دو فلز، حذف لایه های اکسید روی سطح می باشد که در حالت عادی که نیاز به جوش نداریم از اتصال فلزات جلوگیری خواهند کرد. می توان گفت تقریباً تمامی فلزات در شرایط طبیعی نوعی اکسید روی خود دارند که ممکن است شما نتوانید آن را با چشم غیر مسلح ببینید. این اکسید شرایطی را ایجاد می کند که از فشار و اتصال اتم های فلزی روی مواد و پیوند آن ها جلوگیری خواهد کرد. به همین دلیل است که وقتی لایه اکسیدی را حذف می کنیم با ایجاد فشار مولکول های رویی فلزات به هم پیوند خورده و جوش سرد را ایجاد می کنند.



برای حذف این مانع اکسیدی از روش های مختلفی مانند روش های شیمیایی و مکانیکی برای انجام جوش سرد استفاده می کنند. برخی از روش ها مانند سیم برس، چربی زدایی و سایر تکنیک ها نیز وجود دارد که بسته به بودجه و زمان انجام کار، نوع آن ها انتخاب خواهد شد. توجه داشته باشید که هر فلزی هم قابلیت پیوند و ایجاد جوش سرد را ندارد. معمولاً فلزاتی این قابلیت را دارند که تا حدی شکل پذیر هستند. بعد از اینکه تکنیک رفع لایه اکسید انجام شد، با استفاده از دستگاه های صنعتی مقدار قابل توجهی فشار ایجاد می کنند تا پیوندهای بین فلزات که به آن پیوند متالوژی نیز گفته می شود، به عنوان جوش سرد انجام شود.

## جوشکاری سرد برای چه مواردی کاربرد دارد؟

یکی از مهم ترین ویژگی های جوشکاری سرد، امکان اتصال فلزات غیر مشابه می باشد. چون این نوع فلزات را نمی توان با هر نوع اتصالی به راحتی پیوند داد. زمانی که در جوشکاری گرم از دو فلز غیر همسان استفاده می شود، به دلیل اینکه ویژگی های فیزیکی این فلزات با هم متفاوت هستند ممکن است در اثر گرما یکی از آن ها تغییر شکل داده و اتصال خوبی ایجاد نخواهد شد. در واقع ممکن است با استفاده از جوشکاری گرم برای این نوع فلزات جوشی ضعیف و قابل شکافتن ایجاد شود. اما در صورت استفاده از جوش سرد به دلیل ایجاد پیوند طبیعی بین دو فلز این مشکلات به وجود نخواهند آمد. معمولاً از جوش سرد برای ایجاد اتصالات لب به لب استفاده می کنند که اصطلاحاً به آن ها اتصال بیخ به بیخ نیز گفته می شود. به همین دلیل کاربردهای فراوانی در خودروسازی، هوافضا، کاربرد های پیشرفته ساخت، آزمایش های پژوهشی و ... دارد. البته اتصال جوش سرد برای وصل کردن برخی سیم ها نیز به کار برده می شود.

## چه نوع فلزاتی قابلیت انجام جوش سرد را دارند؟

همانطور که قبلاً گفتیم تنها برای فلزاتی میتوان از جوش سرد استفاده کرد که شکل پذیر باشند. به همین دلیل از جوش سرد برای فلزات زیر استفاده می شود:

- آلومینیوم (شامل گریدهای غیرقابل جوش مانند سری ۷XXX)
- فلز مس
- آلیاژهای برنجی

توجه داشته باشید که فلزاتی مانند کربن که قابلیت شکل پذیری ندارند را نمی توان با جوش سرد به هم متصل کرد. در واقع در این فلزات، مولکول های سطحی تمایلی به پیوند خوردن با همدیگر ندارند.

## مزایا و معایب جوشکاری سرد

شاید بتوان گفت بهترین ویژگی جوشکاری سرد این است که هیچ نقطه ای از فلزات مورد نظر برای اتصال، تحت تأثیر حرارت و صدمات احتمالی ناشی از آن قرار نمی گیرند. در نتیجه خطرات شیمیایی و مکانیکی احتمالی که در جوش های گرم وجود دارد، دیگر در جوش سرد وجود نخواهد داشت. مزیت دیگر آن امکان اتصال دو فلز غیرهمسان است که در قسمت قبل به طور کامل توضیح داده شد. همچنین اگر افراد با مهارت کافی جوش سرد را انجام دهند، اتصالی سخت و با طول عمر زیاد ایجاد می شود.

با اینکه موارد کاربرد جوش سرد متنوع است، اما استفاده از آن برای جوشکاری سری های V xxx و ۲ xxx آلومینیوم و یا فلزات مسی بسیار مفید می باشد. در مورد سیم ها نیز حرارت می تواند برای سیم ها مضر باشد و باعث تغییر شکل و ویژگی های آن ها شوند. به همین دلیل [جوشکاری سرد](#) برای سیم ها مفیدتر است. جوشکاری سرد برای سیم هایی که دارای ۳۰ الی ۷۰ درصد از فلزات آلومینیوم، مس، آلیاژهای نقره، روی، برنج، نقره، نیکل و طلا ساخته شده اند، جوشی بی نقص و بادوام است. اما در کنار همه این مزیت ها استفاده از جوشکاری سرد می تواند معایبی هم داشته باشد. یکی از معایبش این است که اگر فلزات مورد اتصال تمیز یا بدون اکسید نباشند، جوش قابل قبولی ایجاد نشده و هر لحظه امکان فروپاشی آن وجود دارد. همچنین انجام جوش سرد در حجم های بالا گران و سخت است.

## روش جوشکاری سرد

برای انجام جوش سرد در ابتدا باید فلزات مورد نظر را به طور کامل آماده کرد. برای آماده سازی فلزات باید آن ها را به روش های مختلف تمیز کرده و تا حدی برس بخورند که اکسید سطحی فلز مورد نظر به طور کامل از بین برود. معمولاً در صنعت های مختلف این کار را با استفاده از مواد چربی زدای فلز و بعد از آن مسواک زدن با سیم یا برس کشیدن انجام می دهند. بعد از اینکه فلزات مورد نظر به اندازه کافی تمیز شدند، دو ماده مورد نظر به صورت مکانیکی با ایجاد فشار لازم به همدیگر فشرده خواهند شد.

مقدار این نیرو و فشار به خواص موادی که قرار است به هم متصل شوند، بستگی دارد. زیرا برخی از مواد تنها در فشارهای بسیار بالا به هم پیوند می‌خورند، اما برخی دیگر با فشارهای ضعیف تر هم به هم متصل خواهند شد. به هر حال یکی از شرایط الزامی برای انجام جوش سرد این است که حداقل یکی از فلزات مورد نظر دارای انعطاف باشد و تحت تأثیر سختی نباشد. به خاطر این شرط، تعداد فلزاتی که می‌توان با جوش سرد آن‌ها را به همدیگر متصل کرد کاهش پیدا می‌کنند و فلزات نرم بهترین گزینه‌ها برای جوشکاری سرد هستند.

## انواع اتصال جوش سرد

با اینکه غالباً از اتصال جوش سرد برای اتصالات لب به لب استفاده می‌شود، اما باز هم انواع دیگری دارد. به همین دلیل متداول‌ترین نوع اتصالات قابل انجام با جوشکاری سرد عبارتند از:

- مفصل لب به لب
- مفصل لب
- جوشکاری برنز ۲

## محدودیت‌های جوشکاری سرد



انجام جوشکاری کاملاً سرد و انتظار برای پیوند های مولکولی به طور کامل، سخت و زمان بر است. این امر به دلایل مختلف اتفاق می افتد. مثلاً ممکن است حتی بعد از آماده سازی فلزات باز هم مواد اکسیدی به خوبی از روی سطوح پاک نشده باشند یا شرایط جوی انجام جوشکاری سرد طوری باشد که بلافاصله بعد از آماده سازی فلزات و قبل از جوشکاری سرد دوباره موانع اکسیدی ایجاد شوند. عوامل دیگری مانند بی نظمی های سطح فلزات مورد نظر، آلودگی های محیطی و ... نیز می توانند در انجام سریع جوش سرد اختلال ایجاد کنند. در واقع میتوان گفت جوشکاری بهینه به روش سرد تنها زمانی اتفاق می افتد که محیطی تمیز و عاری از آلودگی داشته باشیم و فلزات مورد اتصال نیز کاملاً آماده سازی شده باشند. به علاوه سطوح این فلزات باید صاف و منظم باشند تا یک جوش باکیفیت و یکنواخت ایجاد شود. در برخی از فلزات نیز محدودیت هایی برای فرایند جوشکاری سرد وجود دارد که امکان این نوع پیوند را به ما نخواهد داد. به طور کلی فلزات نرم غیر آهنی تنها گزینه های خوب برای این نوع جوشکاری محسوب می شوند.

## **آیا جوشکاری سرد برای آلومینیوم پیشنهاد می شود؟**

همانطور که قبلاً هم اشاره کردیم یکی از فلزاتی که میتوان آن را به خوبی با جوشکاری سرد متصل نمود، آلومینیوم می باشد. جوشکاری این نوع فلزات با روش های دیگر مانند جوشکاری گرم بسیار سخت است. اما می توان به راحتی با جوش سرد و ایجاد پیوند مولکولی بین دو سطح اتصالی محکم و بادوام ایجاد نمود و نتایج کار نیز بسیار تمیز و یکدست خواهد شد.

## **ایجاد مشکلات ناشی از جوش سرد در فضا**

در فضا برخی از مشکلات مکانیکی وجود دارد که باعث جوش سرد ناخواسته می شود. در یک مقاله نیز که توسط آژانس فضایی اروپا در سال ۲۰۰۹ در این زمینه منتشر شد، به بیان اهمیت این نوع اتصالات در فضا پرداختند. مشکلی که معمولاً در فضا رخ می دهد این است که در فضا با خلأ روبرو هستیم و مواردی مانند لایه های اکسیدی و واکنش های اتمسفری رخ نخواهد داد. به همین دلیل امکان اینکه فضاییماها و یا ماهواره ها با عملکرد جوش سرد به هم بچسبند،

وجود دارد. به همین دلیل برای رفع این مشکل معمولاً تمامی تجهیزاتی که به فضا فرستاده می شوند، روی زمین ابتدا با لایه های پوششی، پوشش داده خواهند شد تا در خلأ به مشکل چسبندگی برنخورند.

## **جوشکاری سرد در مقیاس نانو**

در مقیاس نانو انجام جوشکاری سرد به سختی انجام آن در مقیاس ماکرو نخواهد بود و نیاز به فشارهای خیلی بالا ندارد. دانشمندان متوجه شدند که برای اتصال نانوسیم ها که قطری کمتری از ۱۰ نانومتر دارند، میتوان با جوشکاری سرد تنها در عرض چند ثانیه و با فشار بسیار پایین آن ها را به هم متصل کرد. میکروسکوپ های الکترونی در آزمایشگاه ها نشان می دهد که این جوش ها بسیار باکیفیت هستند و قدرت و رسانایی الکتریکی آن ها تغییر نخواهد کرد. از این جوش در سطح نانو برای اتصال طلا و نقره نیز استفاده می کنند که می تواند بسیار کاربردی باشد.

### **جمع بندی**

جوشکاری سرد یکی از انواع جوشکاری و شیوه های نوین اتصال محسوب می شود که در قرن اخیر استفاده های فراوانی از آن شده است. با این حال نمیتوان تمامی فلزات را با استفاده از جوش سرد به هم متصل کرد و حداقل یکی از آن ها باید خاصیت انعطاف پذیری داشته باشد. از نظر هزینه و سختی کار نیز نمی توان از جوش سرد در مقیاس های بزرگ و حجم زیاد استفاده نمود.