بخش اول
اصول جوشکاری و تعریف جوشکاری

تاریخچهٔ جوشکاری

جوشکاری یا فن فلزات از دیر باز مورد توجه بشر بوده است و در ابتدا ظروف آشپزخانه و جواهرات و امروزه در صنایع کشتی سازی و هوا فضا کاربرد بسیاری دارد.

طبق مدارکی که در کتاب ها و استانداردها آمده است جوشکاری ۸۲۰۰ سال قدمت دارد.

در حدود ۲۲۰۰ سال قبل از میلاد ، از لحیم کاری برای ساخت قطعات جواهر استفاده می شد.

در حدود ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد ، قطعات را به روش جوشکاری پتکی به هم متصل می کردند.

سال ۱۷۸۳ میلادی لیچتنبرگ قوس الکتریکی را کشف کرد.

سال ۱۸۰۹ میلادی دیوی فیزیکدان انگلیسی از قوس الکتریکی به عنوان یک منبع نور استفاده کرد.

سال ۱۸۶۷ میلادی الیکاتاسن جوشکاری مقاومتی را اختراع کرد.

سال ۱۸۸۵ برنادوس اولین فرآیند جوشکاری قوسی را تجربه کرد.

سال ۱۸۹۰ میلادی فرآیند جوشکاری قوسی بوسیلهٔ ذوب الکترود فلزی انجام گرفت.

سال ۱۸۹۱ میلادی جوشکاری اکسی استیلن کشف شد.

سال ۱۸۹۵ میلادی ، سال توسعهٔ فرآیند تقطیر هوا به وسیلهٔ ون لینده بود.

سال ۱۸۹۶ " دارگر " نازل های تورچ جوشکاری را توسعه داد.

سال ۱۹۰۱ برای اولین بار استیلن حل شده در استن مورد استفاده قرار گرفت.

سال ۱۹۰۸ " گیلبرگ " الکترودها را تکامل داد.

سال ۱۹۲۰ استفاده از الکترود تنگستن ، تحت پوشش گازهای محافظ مورد استفاده قرار گرفت.

سال ۱۹۶۵ جوشکاری لیزر مورد استفاده قرار گرفت.

دانشمندان امروزه بر این باور هستند که سیر اختراعات فرآیندهای جوشکاری امروزه متوقف شده و از این به بعد در جهت تکامل فرآیندهای اختراع شده پیش خواهیم رفت.

اصطلاحات جوشکاری

جوشکاری (Welding) : فرآیند اتصال دادن ، با حرارت دادن مواد یا بدون حرارت دادن ، با اعمال فشار یا بدون اعمال فشار ، با استفاده از فلز پر کننده یا بدون فلز پر کننده ، به نحوی ذوب و انجماد مداوم در امتداد درز اتصال صورت می گیرد و یا اتصال لبه ها ، از طریق له شدن در هم انجام می شود را جوشکاری گویند.

جوش (Weld) : اتصال موضعی فلز ، که در آن اتصال با حرارت دادن به میزان مناسب ، با کاربرد فشار یا بدون کاربرد فشار ، با استفاده از مواد پر کننده یا بدون مواد پر کننده ، صورت می گیرد را جوش گویند. (فلز پر کننده دارای نقطه ذوبی معادل همان فلزات پایه است.)

جوش ایده آل : جوش ایده آل را می توان به محل اتصالی اطلاق نمود که نتوان آن موضع را از قسمتهای دیگر قطعات جوش داده شده تشخیص داد. با وجود دست نیافتن به این چنین مشخصات ، می توان خواص محل اتصال را چنان بالا برد که در عمل ، کاملاً رضایتبخش باشد.

رویهٔ جوش (Weld Face) : سطح جوش ذوبی از طرفی که جوشکاری انجام شده را رویهٔ جوش می نامند.

حوضچهٔ جوش (Weld Pool) : حجم موضعی فلز مذاب در یک جوش ، قبل از انجماد فلز تازهٔ جوش داده شده را حوضچهٔ جوش گویند

فلز پایه (Base Metal) : فلزی است که باید جوشکاری ، لحیم کاری ، لحیم کاری سخت یا بریده شود را فلز پایه گویند.

فلز جوش (Weld Metal) : در جوش ذوبی شامل آن قسمت از فلز پایه و فلز پر کننده است که در جریان جوشکاری ذوب شده است.

فصل مشترک جوش (Weld Interface) : فصل مشترک بین فلز جوش و فلز پایه در جوش حالت جامد بدون فلز پر کننده و یا بین فلز پر کننده و فلز پایه در جوش حالت جامد با فلز پر کننده را ، فصل مشترک جوش گویند.

منطقهٔ متاثر از جوش (Heat Affected Zone – HAZ) : قسمتی از فلز پایه که ریز ساختار و خواص مکانیکی آن توسط حرارت جوشکاری ، لحیم کاری سخت ، لحیم کاری یا برشکاری حرارتی تغییر پیدا کرده است را منطقهٔ متاثر از جوش می نامند.

پیوندگاه جوشکاری (Weld Junction) : مرز بین منطقهٔ ذوب و منطقهٔ متاثر از جوش را پیوندگاه جوشکاری می نامند.

چالهٔ جوش (Crater) : فرو رفتگی در انتهای جوش ، در جوشکاری قوسی ناشی از عقب کشیدن سریع الکترود را چالهٔ جوش می نامند.

الکترود (Electrode) : جزئی از مدار الکتریکی که در ایجاد قوس نقش داشته و اگر مصرفی باشد به گل جوش و فلز جوش تبدیل می شود.

فلز پرکننده (Filler Metal) : فلز یا آلیاژی که برای ساختن درز جوشکاری شده یا لحیم کاری شده یا لحیم کاری سخت شده باید اضافه شود و پس از ذوب ، حوضچهٔ جوشکاری را پر کند. فلز پرکننده همیشه از جنس فلز پایه نیست و همچنین در ایجاد قوس نقشی ندارد.

American Welding Society (AWS) : AWS مخفف انجمن جوشکاران آمریکا است که در واقع یکی از معتبرترین جامعهٔ جوشکاری بوده و این انجمن بزرگترین و معتبرترین استانداردها ، طبقه بندی ها و مشخصات فنی را در زمینه های مختلف جوشکاری ارائه نموده است.

راهنمای مشخصات فنی رویهٔ جوشکاری(Welding Procedure Specification-WPS): سندی که متغیرهای مورد لزوم جوشکاری برای کاربردی خاص را تأمین می کند و برای هر جوشکار آموزش دیدهٔ ماهر و هر اپراتور جوشکار تکرار پذیر است. این سند حاوی کلیهٔ دستورات لازم جهت تولید جوش ، کیفیت جوشکاری ، صلاحیت جوشکاری ، کدها در مورد فولاد ، دیگ بخار و مخازن فشاری است.

مدرک کنترل کیفی دستورالعمل (Procedure Qualification Records-PQR) : سندی حاوی کلیهٔ مقادیر واقعی متغیرهای جوشکاری برای آزمایش جوش جهت کنترل کیفی دستورالعمل جوشکاری و مقادیر واقعی نتایج آزمایش های صورت گرفته روی نمونهٔ جوش است.

اهمیت جوشکاری

جوشکاری کار آمدترین راه اتصال فلزات است. جوشکاری تنها راه اتصال دو یا چند قطعه فلز برای یکپارچه ساختن آنهاست.

جوشکاری بطور وسیعی برای ساخت یا تعمیر تمام محصولات فلزی به کار برده می شود. بیشتر چیزهای فلزی پیرامون ما ، جوش داده می شوند. بلندترین ساختمان دنیا ، سفینه های فضایی ، راکتورهای هسته ای ، لوازم خانگی ، خودروها و غیره جوش داده می شوند. استفاده از فرآیند جوشکاری روز به روز در حال افزایش است. جوش یک اتصال دائمی است ، لذا چنانچه لازم است اتصال گاهی جدا شود ، نبایستی جوش داده شود. بنابراین می توان گفت : " جوشکاری اقتصادی ترین روش اتصال دائمی فلزات است. "

برای اتصال دو عضو با پیچ یا پرچ ، سوراخ کردن قطعات ضروری است. این سوراخ ها تا ۱۰ درصد مساحت مقطع عرضی قطعات متصل شونده را کم می کنند.

اتصال مزبور ممکن است به دو قطعه ورق کمکی نیاز داشته باشد ، بنابراین وزن مواد لازم و هزینهٔ تمام شده اتصال بالا می رود. در صورتیکه با استفاده از جوش ، این هزینه حذف می گردد. در جوشکاری از تمام مقطع عرضی قطعه برای تحمل نیرو بکار می رود و وزن به مقدار قابل ملاحضه ای کم می شود. امروزه اتصال ورق های کشتی و مخازن ذخیره به خاطر صرفه جوئی با جوش انجام می گیرد و دیگر پرچ در این موارد بکار نمی رود.

لوله ها نیز اگر با جوش متصل گردند ، صرفه جوئی مشابهی صورت می پذیرد. ضخامت لوله بایستی به قدر کافی باشد تا بار لازم را تحمل نماید. حال اگر لوله به وسیلهٔ رزوه متصل گردد ، ضخامت بیشتری لازم دارد ولی برای جوشکاری ضخامت کمتری کفایت می کند و به این ترتیب وزن فلز و هزینه برای اتصالات رزوه ای بیشتر از اتصالات جوش است. سطح داخلی اتصالات جوش داده شده نیز هموارتر است.

امروزه لوله های با قطر بزرگ به وسیلهٔ رزوه به یکدیگر یا با اتصالات رزوه ای متصل نمی گردند.

طراح اگر قطعات ریخته ای را به جوشی تبدیل کند ، با کم کردن ضخامت لازم ، در وزن فلز صرفه جوئی می کند ، استفاده از جوش بجای ریخته گری به طراح آزادی عمل بیشتری می دهد. هر جا که لازم است از ورق های ضخیم استفاده کند و در جاهای دیگر ورق های نازک در نظر می گیرد.

یکی دیگر از کاربردهای جوشکاری ، روکشی و ترمیم سطح فلزات با فلز مخصوص است که می تواند مقاوم به خوردگی و یا سایش باشد و از این طریق سالیانه میلیاردها دلار در دیر تعویض کردن قطعات صرفه جوئی شود.

روش های جوشکاری

فرآیند جوشکاری را می توان براساس چندین نقطه نظر به چندین روش تقسیم بندی کرد.

اساس تقسیم بندی روش های جوشکاری به قرار زیر است :

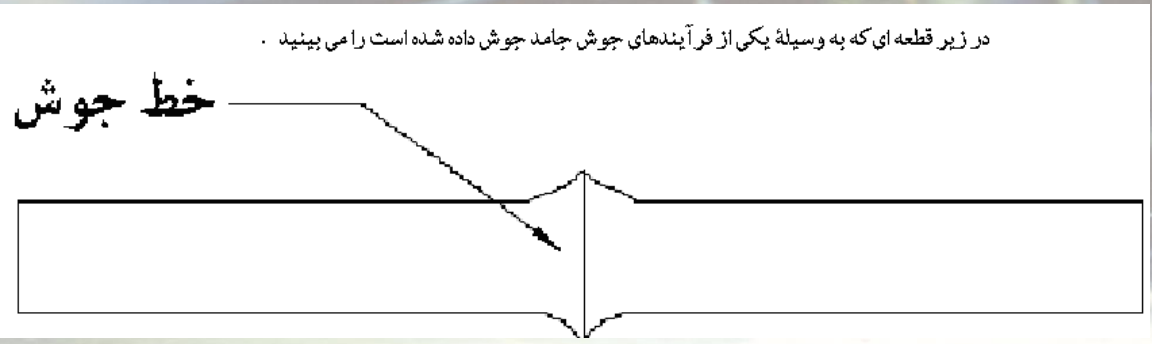
۱. حالت ماده در حین جوشکاری (حالت جامد – مایع)
۲. میزان استفاده از حرارت خارجی و فشار
۳. استفاده از مواد پر کننده (***Filler Metal***)

تقسیم بندی روش های جوشکاری بر اساس حالت ماده در حین جوشکاری به صورت زیر می باشد :

۱. جوشکاری حالت جامد یا غیر ذوبی (***Solid State***)
۲. جوشکاری حالت مایع یا ذوبی (***Fusion Welding***)
۳. جوشکاری حالت مایع – جامد (***Liquid Solid State***)

جوشکاری حالت جامد یا غیر ذوبی (Solid State) :

در این گروه از جوشکاری ها ، اتصال بدون ذوب شدن قطعه کار بوجود می آید و هیچگونه ذوبی در حین جوشکاری بوجود نمی آید و درجه حرارت در این گروه از جوشکاری ها کمتر از حد ذوب فلز پایه است.
مکانیزم جوشکاری در این روش جوشکاری حالت جامد بدین شرح است که اگر سطوح جوشکاری شونده تمیز و عاری از آلودگی باشد و در حد اندازه های اتمی به یکدیگر نزدیک شوند (توسط فشار کافی) و در غیاب لایه اکسیدی و دیگر آلودگیهای سطحی ، پیوند بین اتمها سبب بوجود آوردن اتصال قوی و مستحکم می شود. البته حرارت و حرکت نسبی سطوح ،تغییر فرم پلاستیک ناشی از فشار(مثلاً در روش جوشکاری فورجینگ ، جوشکاری سرد یا جوشکاری نوردی) سبب بهبود استحکام جوش می شود.
جوشکاری های اصطکاکی و انفجاری نمونه هایی از جوشکاری حالت جامد هستند.



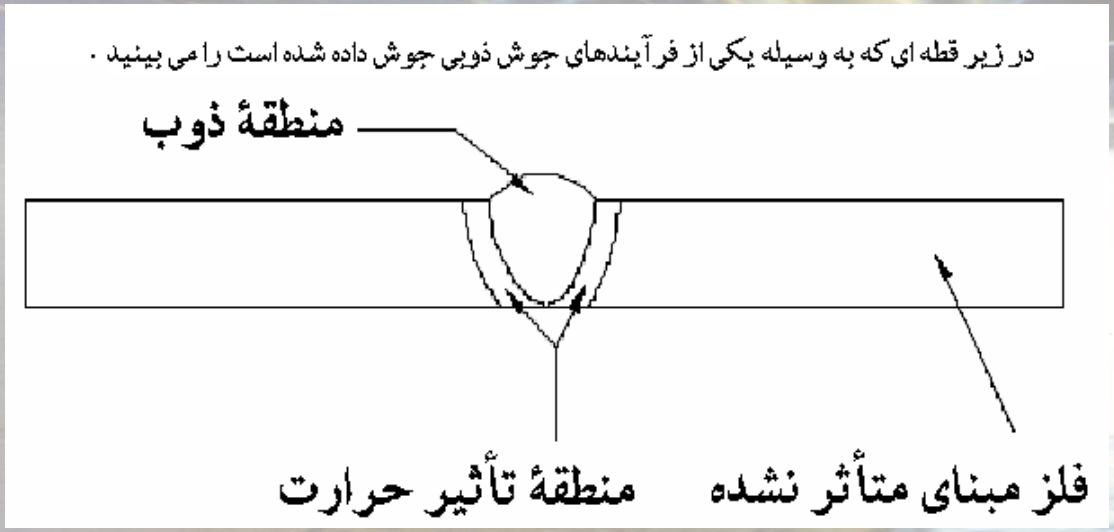
مزایای جوشکاری حالت جامد عبارتند از:

۱- ساختار ریختگی که در روشهای ذوبی بوجود می آید در این روشها حاصل نمی شود و لذا خواص در جهات مختلف ایزوتروپ خواهد بود.
۲- استفاده از فیلرمتال در این روشها مفهومی ندارد و خواص فیزیکی و مکانیکی با فلزات پایه یکی خواهد بود.
۳- اندازه جوش و اعوجاج حرارتی آن در مقایسه با سایر روشهای ذوبی بسیار کوچکتر است.
۴- رنج وسیعتری از مواد بدون صدمه زدن به خواص فیزیکی و مکانیکی آنها امکان جوشکاری کردن را دارند.
۵- امکان اتصال فلزات و مواد غیر همجنس نیز وجود دارد (فولاد به فلزات غیر آهنی ، پلاستیکها و...)

جوشکاری حالت مایع یا ذوبی (Fusion Welding) :

در این روش جوشکاری ، عمل اتصال در نتیجه ذوب موضعی دو قطعه ، تداخل آنها و بالاخره انجماد حاصل می شود. درصورت وجود فیلرمتال ، فیلرمتال نیز ذوب شده و به حوضچه جوش افزوده می شود. البته ترکیب شیمیایی فیلرمتال نقش اساسی در خواص متالورژیکی و فلز جوش دارد و با تغییر آن می توان خواص جوش را تحت کنترل درآورد که این امر جزء مزایای مهم روشهای جوشکاری ذوبی است.

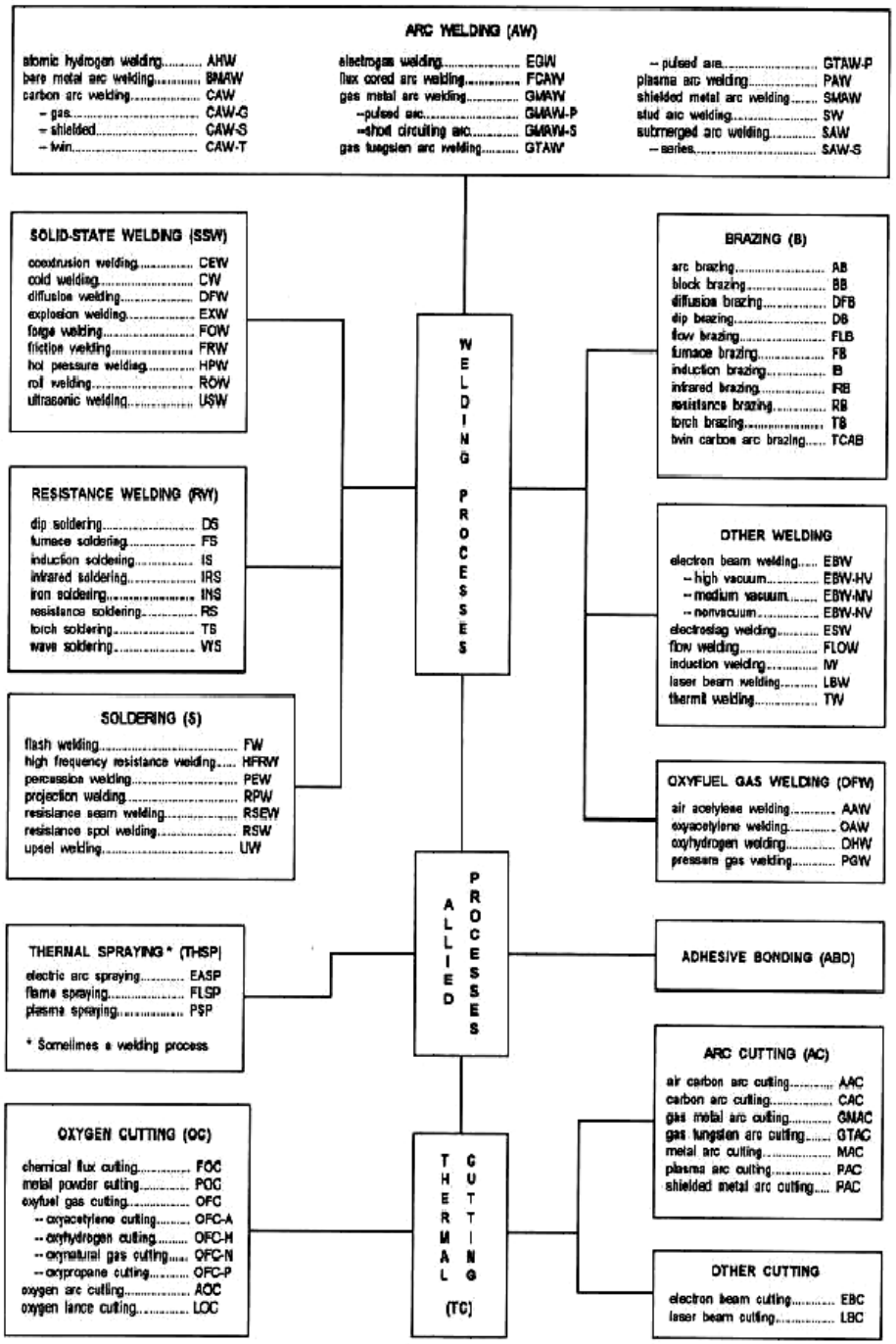
جوشکاری قوسی ، جوشکاری شعله ای ، جوشکاری ترمیت ، جوشکاری با پرتو لیزر و جوشکاری مقاومتی نمونه هایی از جوشکاری حالت مایع می باشند.



جوشکاری حالت مایع – جامد (***Liquid Solid State***) :

این نوع فرآیندها اخیراً در طیف جوشکاری قرار نگرفته و شامل انواع لحیم کاری می باشد. روش های لحیم کاری سخت ، لحیم کاری نرم و اتصالات چسبی نمونه هایی از این نوع فرآیند می باشد.

در زیر نمودار کلی از فرآیندهای جوشکاری نشان داده شده است.



حرارت لازم برای جوشکاری

همه فرآیندهای ذوبی و بیشتر فرآیندهای حالت جامد برای انجام جوشکاری به حرارت نیاز دارند.

حرارت لازم برای جوشکاری را می توان به طرق مختلف بدست آورد که چند نمونه از آن عبارتند از :

۱. قوس الکتریکی (مثل قوس الکتریکی با الکترود روپوش دار)
۲. مقاومت الکتریکی (مثل انواع جوشکاری های مقاومتی)
۳. احتراق (ترکیب اکسیژن با سوخت های گازی مثل جوشکاری با گاز)
۴. واکنش شیمیایی (مثل جوشکاری ترمیت)
۵. اصطکاک (مثل جوشکاری اصطکاکی)
۶. الکترون (جوشکاری پرتو الکترونی)
۷. نور (مثل جوشکاری نوری و جوشکاری لیزر)