

معرفی گرایش مهندسی جوشکاری



امیررضا اردلانی، دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش جوشکاری دانشگاه تربیت مدرس
و مبین زربو، دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



مقدمه

اگر به دنیای اطراف دقت کنیم، می بینیم که به ندرت جسمی پیدا می شود که یک تکه باشد؛ بلکه ترکیبی از قطعات با جنس های مختلف است. به حذف فاصله ی بین دو قطعه به منظور ایجاد اتصال دائم بین اتم های آن ها **جوشکاری**^۱ می گویند. خواص مکانیکی

و فیزیکی جوش مورد اهمیت است. مزیت جوشکاری نسبت به اتصالات موقت، سرعت بیشتر، پایداری طولانی مدت، استحکام بیشتر و قابلیت آب بندی است. جوشکاری در صنایع مختلف ممکن است تحت شرایط متفاوتی مانند خشکی یا حتی زیر آب انجام شود. هر کدام از انواع جوشکاری زیر آب یا در خشکی، اصول و قوانین خاص خود را دارد.



شکل ۱ - یک فرد جوشکار در حال جوشکاری به روش الکترو دستی

تاریخچه جوشکاری

اولین نشانه های جوشکاری را می توان در عصر آهن و برنز جستجو کرد؛ بدین صورت که دو قطعه ی آهنی سرد یا گداخته را چکش کاری می کردند، مادامی که به هم متصل شوند و ابزار آلات جدیدی را به وجود آورند. در اوایل قرن نوزدهم دانشمندی روسی -**واسیلی ولادیمیر پتروف**- با استفاده از ذغال و باتری توانست قوس الکتریکی را به وجود آورد. در ادامه دانشمندان بسیاری با اسامی و ملیت های مختلف، به ترتیب: ذوب آهن توسط قوس الکتریکی، ابداع الکترو د فلزی برای ذوب موضعی، اختراع الکترو د پوشش دار^۲ و روش های گوناگون جوشکاری را بنیان نهادند. طی سال های ۱۸۰۰ تا ۱۹۹۱ میلادی روش های مختلفی برای جوشکاری در عرصه های مختلف پدید آمد و می توان گفت کلیات جوشکاری تا انتهای این دوره شکل گرفت. از ۱۹۹۱ تا امروز، عمده پیشرفت صنعت جوشکاری در به کارگیری کامپیوتر و علم رباتیک است که باعث دقت و سرعت بیشتر در عین کاهش خطر جانی برای انسان ها شده است.

روش های جوشکاری



شکل ۲ - جوشکاری با الکترو دستی، از روش های مرسوم جوشکاری ذوبی

به طور کلی، عمل اتصال جوشکاری با **دو** مکانیزم اصلی انجام می شود:
روش های جوشکاری ذوبی (FW)^۳:

در این نوع جوشکاری عامل اصلی اتصال دو قطعه، تولید مذاب است. به علت آزادی بیشتر اتم های مذاب، نفوذ و درهم تنیدگی ساختاری به اوج خود رسیده و یک ماده ی یک دست ایجاد می شود. این گروه از فرایندها مختص فلزات نبوده و برای اتصال پلاستیک و سرامیک ها نیز کاربرد دارد. روش های جوشکاری الکترونی، جوشکاری لیزری، اکسی گاز و جوشکاری قوسی در این گروه قرار دارند.

^۱Welding

^۳Fusion Welding

^۲ که باعث رفع مشکل اکسید شدن فلز مذاب و افزایش کیفیت جوش می شود.



شکل ۳- روش جوشکاری اصطکاکی، از روش های جوشکاری غیرذوبی

روش های جوشکاری غیرذوبی یا حالت جامد (SSW):^۴

در فرایندهای جوشکاری حالت جامد یا غیرذوبی از طریق اعمال فشار و تغییر شکل، عمل اتصال انجام می شود. این روش، مخصوص فلزات نرم از جمله نقره، مس و آلومینیوم است و در دمای محیط هم این اتصال می تواند برقرار شود؛ اما در مورد بعضی فلزات مثل فولاد شاید در دمای محیط خیلی راحت نتوان به این هدف رسید و باید قطعه را تا ۴۰۰ یا ۵۰۰ درجه سانتی گراد گرم کرد و بعد این عمل را روی آن انجام داد. روش های جوشکاری مقاومتی، اصطکاکی، انفجاری، فراصوتی و نورد در این گروه قرار می گیرند.

معرفی گرایش ارشد جوشکاری

دورهی کارشناسی ارشد رشتهی جوشکاری، توسط **دکتر امیرحسین کوبی^۵** - **پدر جوشکاری ایران** - در شرایطی که همگان جوشکاری را ذیل در و پنجره خلاصه می کردند، بنا شد. طبق گفتهی ایشان، آن زمان حتی در سطح اروپا هم دانشکده هایی که به صورت تخصصی در سطح ارشد و دکتری ارائه می دادند، اندک بود؛ اما امروزه اهمیت رشتهی جوشکاری بیشتر درک شده و تقاضا برای تحصیل در این رشته بسیار بالا رفته است، به طوری که جزو اولین اولویتهای دانشجویان قرار گرفته است. جدا از مهندسان مواد، مهندسان عمران، ساخت و تولید و مکانیک هم می توانند دروس جوشکاری را به صورت اختیاری بگذرانند. لازم به ذکر است که فارغ از تحصیلات دانشگاهی، در هنرستان ها، مراکز کاردانی و فنی و حرفه ای و مؤسسات خصوصی هم جوشکاری تدریس می شود.

دانشگاه های پذیرندهی گرایش جوشکاری

بر طبق اعلام سازمان سنجش، در سال ۱۴۰۰، دانشگاه های زیر در گرایش مهندسی جوشکاری در زیرشاخهی رشتهی مهندسی مواد و متالورژی، دانشجو می پذیرند:

دانشگاه تهران - دانشگاه صنعتی شریف - دانشگاه تربیت مدرس - دانشگاه صنعتی امیرکبیر - دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشگاه شیراز - دانشگاه اراک - دانشگاه صنعتی سهند - دانشگاه شهید چمران اهواز

از میان دانشگاه های ایران، دانشگاه صنعتی شریف به عنوان قطب علمی مهندسی جوشکاری در ایران شناخته می شود.

^۴ Solid State Welding

^۵ Amir Hossein Kokabi

درس‌های گرایش جوشکاری

به‌طور کلی دروس اجباری این گرایش شامل لیست زیر می‌باشد، لازم به ذکر است که دروس اختیاری ممکن است در هر دانشگاه متفاوت باشد:^۶

نام درس (اجباری)	تعداد واحد	نام درس (اختیاری)	تعداد واحد
روش‌های پیشرفته‌ی جوشکاری	۳	لحیم‌کاری سخت و نرم	۲
انجماد پیشرفته	۳	چسب و اتصال مواد غیرفلزی	۲
خطا در اندازه‌گیری	۱	مباحث ویژه	۲
مکانیک شکست	۳	روش اجزا محدود	۳
متالورژی پیشرفته‌ی جوش	۳	ترمودینامیک متالورژی پیشرفته	۳
روش‌های نوین مطالعه‌ی مواد و آزمایشگاه	۳	مهندسی سطح پیشرفته	۲
بازرسی جوش	۳	تجزیه و تنش‌ها در سازه‌های جوشکاری شده	۳
آزمایشگاه جوشکاری پیشرفته	۱	پایان‌نامه	۶

توانایی‌های لازم مهندس جوشکاری و بازار کار

نیازی نیست که یک مهندس جوش به‌صورت علمی جوشکاری نماید، اما دانستن این مهارت می‌تواند او را در درک فرایند و نیز ایجاد ارتباط با جوشکاران یاری کرده و یک مهارت مهم مهندسی به‌حساب می‌آید. علاوه بر این بسیاری از مهندسان جوش، در ابتدا کار خود را به‌عنوان جوشکار آغاز نمودند. ایشان اغلب مهندسانی هستند که در حوزه‌ی اجرا موفق‌تر از عرصه‌های نظری این علم کاربرد عمل می‌کنند. البته که داشتن پس‌زمینه‌های مهندسی در طراحی، مواد، ریاضیات و سایر علوم پایه به شما اجازه می‌دهد تا با مهندسان دیگر ر بهای تخصصی ارتباط مؤثرتری برقرار

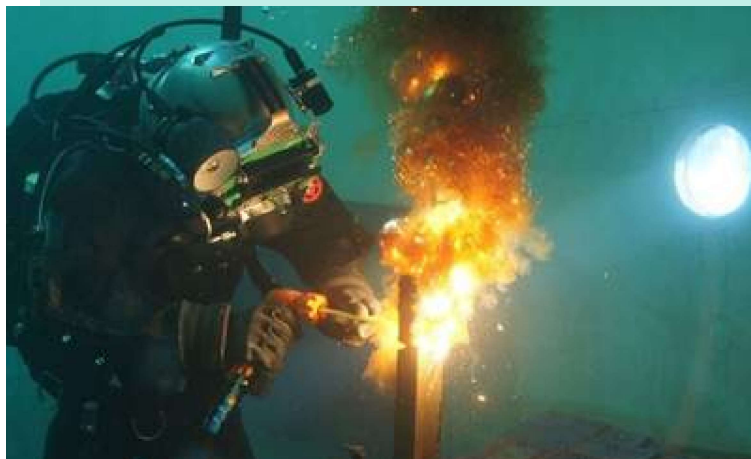


شکل ۴ - تصویری از یک مهندس جوشکاری در حال بررسی یک جوش ایجادشده به‌روش EBW

^۶ لیست دروس اجباری و اختیاری از چارت دانشگاه صنعتی شریف برداشته شده است.

نموده و درک عمیق‌تری از کدها، نقشه‌ها، اقتصاد و سایر موضوعات ضروری برای تکمیل پروژه‌ها داشته باشید. مهندس جوش ماهر به‌طور معمول کمیاب است، بنابراین اغلب از متخصصان سایر رشته‌ها که بیشتر در دسترس هستند مانند مکانیک، متالورژی، برق و سازه استفاده می‌شود. اغلب کارهای مرتبط و یا پروژه‌های بزرگ، نیازمند مهندس جوش هستند و بهتر است از میان افرادی انتخاب شوند که علاوه بر سوابق نظری در زمینه مهندسی جوش، از تجربیات عملی نیز در این حوزه برخوردار باشند و این به‌معنی وجود تقاضای فراوان برای مهندس جوش باتجربه است.

مهندسان جوش معمولاً در سطح علمی کارشناسی ارشد هستند. دانشجویان تحصیلات تکمیلی در گرایش جوشکاری، استانداردها و کدهای جوشکاری، متالورژی جوش و فرایندهای جوشکاری را مطالعه می‌کنند. همچنین روش‌های اتصال‌دهی مواد و مدل‌سازی آن‌ها را نیز مورد بررسی قرار می‌دهند. مدرک کارشناسی ارشد مهندسی جوش، فارغ‌التحصیلان را برای کارهای تحقیق، آموزش یا تولید آماده می‌کند. از آنجایی که مهندسی جوش یک رشته‌ی مهندسی نسبتاً جدید و در حال



شکل ۵- انجام جوشکاری زیر آب

توسعه است، هنوز نفاهیم ناشناخته‌ای در آن وجود دارد که باید توسط محققین این گرایش مورد بررسی قرار گیرد.

در قسمت ساخت، تعمیر و نگهداری کشتی، خطوط لوله، خودروهای مسابقه و صنایع نظامی همیشه تقاضای بالایی وجود دارد که برای غالب آن‌ها شما باید در سفر کار کنید. کشتی‌های مسافربری همیشه نیاز به نیروی ماهر برای تعویض و بررسی لوله‌ها و تیم‌های مسابقه‌ای نیاز به جوشکار برای ساخت قطعات خاص دارند. شرایط خاص جوشکاری باعث شده است تا جوشکاران توانایی کسب

درآمد مشابه یک دکتر یا وکیل داشته باشند.^۷ البته باید ریسک ناشی از کار در ارتفاعات، زیر آب، در معرض برق فشار قوی، حرکت دائم روی آب و غیره را در نظر داشته باشید تا به یک انتخاب معقول برسید. بین شغل‌های مطرح‌شده، جوشکاران ماهر زیر آب، پشتیبان نظامی و خطوط لوله برون‌شهری درآمد بیشتری در مقایسه با سایرین به خود اختصاص می‌دهند. در ایران بر خلاف آنچه در ذهن بسیاری شکل گرفته، در همه‌ی رشته‌های مذکور شغلی بسیاری موجود است؛ از جمله صنایع بزرگ خودرو، کشتی و ریل‌سازی و نیروگاهی که در کشور ما جایگاه ویژه‌ای دارند. حتی در برخی مشاغل افراد ماهری که مدرک دانشگاهی هم ندارند، درآمد بسیار خوبی کسب می‌کنند و این موضوع نشان از ظرفیت بالای این رشته است. نکته‌ی دیگر درباره‌ی جوشکاری یا دیگر گرایش‌های مهندسی مواد، وجود فرصت‌های شغلی برای بانوان است که در غیر این صورت نمی‌بایست ورودی خانم در این رشته داشته باشیم.

بر طبق گزارش [سایت Payscale](https://www.payscale.com)، میانگین درآمد مهندسان جوشکار در جهان در حدود ۷۷۵۱۰ دلار در سال است. طبق این لیست، ده درصد اول در دریافتی‌ها حدود ۱۱۲۰۰۰ دلار در سال درآمد دارند.

^۷ طبق آمارهای AWS در سال ۲۰۲۰، درآمد جوشکاران بین ۵۰ تا ۹۵ هزار دلار در سال است.

سازمان‌های فعال در زمینه جوشکاری

سازمان AWS^{۱۱}: در سال ۱۹۱۹، در راستای پیشرفت علم، تکنولوژی و کاربرد جوشکاری در جهان به وجود آمد. از فعالیت ای این مؤسسه آمریکایی می‌توان به آموزش، برگزاری آزمون و اعطای مدرک معتبر، فروش محصولات و ارتباط بین کارفرما و کارجو اشاره کرد.

سازمان TWI^{۱۲}: در سال ۱۹۲۲، به عنوان مرکز تحقیقاتی و فناوری جوشکاری تأسیس شد که مرکز اصلی آن در کمبریج^{۱۳} انگلستان قرار دارد. خدمات این انستیتو عبارت است از: مشاوره، توصیه‌ی فنی، تحقیقات سفارشی برای شرکت‌ها، آموزش، تأیید صلاحیت و ارائه‌ی آزمون، جوشکاری و بازرسی در سطح جهانی.

سازمان PWI^{۱۴}: در شهر کی‌یف اکرین و در سال ۱۹۳۴ پایه‌گذاری شد و از بزرگ‌ترین و پرافتخارترین مراکز علمی زمینه‌ی جوشکاری در سطح جهان است. این مؤسسه در حال حاضر مجموعه‌ای از مراکز تحقیقاتی، آموزشی و واحدهای نیمه‌ی صنعتی را شامل می‌شود و از فعالیت‌های آن، ابداع و تولید مواد و توسعه‌ی فناوری‌های جدید جوشکاری است.

مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران^{۱۵}: در سال ۱۳۷۱ (۱۹۹۲ میلادی) با هدف انجام فعالیت‌های پژوهشی و ارائه‌ی خدمات علمی، فنی، مهندسی و بازرسی، مشاوره و آموزش در زمینه‌ی جوشکاری، بازرسی و کنترل کیفیت به عنوان نماینده‌ی انستیتو بین‌المللی جوشکاری^{۱۶} در ایران تأسیس شد و در سال ۱۳۹۰ بر اساس سیاست‌گذاری‌های کلی از طریق سازمان فرابورس به بخش خصوصی واگذار گردید که خدماتی را شامل آموزش و صدور مدارک بین‌المللی، تأیید کیفی و صدور گواهینامه، بازرسی فنی، آزمایشگاه، طراحی و اجرای سازه‌های خاص فلزی و فعالیت‌های علمی-پژوهشی ارائه می‌دهد.

نرم‌افزارهای لازم در مهندسی جوشکاری

ESI SYSweld

می‌توان گفت که مهم‌ترین نرم‌افزار این رشته، نرم‌افزار SYSweld است. به طور کلی این نرم‌افزار شامل انواع سخت‌کاری‌ها (کربوراسیون، تمپرینگ، آستمپرینگ، سخت‌کاری القایی و غیره) و همچنین توزیع مارتنزیت و بینیت، تنش‌های باقی‌مانده، ساختار متالورژیکی مواد و غیره است. همچنین این نرم‌افزار قابلیت پشتیبانی از روش‌های MIG^۸، TIG^۹، EBW^{۱۰} و سایر روش‌های مرسوم جوشکاری را دارد.



شکل ۶- شبیه‌سازی انواع روش‌های جوشکاری

توسط نرم‌افزار SYSweld

Abaqus

نرم‌افزاری نام‌آشنا در رشته‌ی مهندسی مواد که قابلیت شبیه‌سازی پدیده‌های فیزیکی و مکانیکی از قبیل تغییر شکل پلاستیک و انتقال حرارت را بر مبنای روش اجزا محدود دارد.



شکل ۷- لوگوی نرم‌افزار Abaqus

^۸ Metal Inert Gas

^{۱۲} Cambridgeshire

^۹ Tungsten Inert Gas

^{۱۴} Paton Paton Electric Welding Institute

^{۱۰} Electron Beam Welding

^{۱۵} IWREC

^{۱۱} American Welding Society

^{۱۶} IIW (که در سال ۱۹۴۸ توسط جوشکاران ۱۳ کشور با هدف ارتقای سطح علم جوشکاری و اتصال در سطح جهانی پدید آمد)

^{۱۲} The Welding Institute



[1] Link: [American Welding Society](#)

[2] Link: [Careers in Welding](#)

[3] Link: [Welding Headquarters](#)

[۴] لینک: [وبسایت ولدیکا، مرجع صنعت اتصال](#)