جوشکاری ماشینی نیاز انکارناپذیر توسعه

نویسنده : تحریریه سفیرامید
زیر نظر:مهندس سعیدباقری
مهندس امیرمهدی همایون فکری

اویل اینداستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

سال‌های بسیار زیادی است که انسان از جوشکاری برای اتصال مواد مختلف به یکدیگر به ویژه فلزات استفاده می کند. به صورت سنتی جوشکاری بیش از ۳۰۰۰ سال قدمت دارد. اولین مقاله در زمینه جوشکاری در سال ۱۵۴۰ میلادی منتشر شد. این تاریخ را می توانیم آغاز ارتباط فن جوشکاری با علم یا به عبارت دیگر تولد جوشکاری علمی بدانیم. از نیمه دوم قرن ۲۱ با توجه به نیاز صنایع به جوشکاری با کیفیت مطلوب در حجم انبوه به تدریج جوشکاری ماشینی به عنوان پاسخی مناسب به این نیاز مطرح شد. در همین دوره به تدریج در مواردی که عملیات جوشکاری یکنواخت وجود داشت، به تدریج جوشکاری ماشینی جایگزین جوشکاری دستی شد. پیشگام این نوع جوشکاری، صنایع خودروسازی بودند. تجهیزات جوشکاری به اضافه یک بازوی مکانیکی که گاهی به آن روبات گفته می‌شود، اساس یک سیستم جوشکاری ماشینی را تشکیل می‌دهند. اضافه شدن سیستم‌های کنترل و کنترل هوشمند، این سیستم‌ها را به اوج توانایی رسانده است. درحال حاضر کمتر کارخانه‌ای را می‌توان یافت که در فرایندهای جوشکاری خود از این تجهیزات و شیوه جوشکاری استفاده ننماید.

استفاده از سیستم جوشکاری ماشینی در صنعت نفت و گاز، نسبت به سایر رشته‌ها دارای قدمت کمتری می‌باشد. اگرچه ماشینی شدن جوشکاری در این بخش جوان می‌باشد، اما در دو دهه اخیر در این زمینه انقلابی رخ داده و اکنون همه در این صنعت به دنبال راهی هستند تا عقب ماندگی خود از صنایع دیگر را جبران کنند. عقب‌ماندگی در این حوزه دلایل متعددی دارد که برخی از آنها به شرایط غیریکنواخت جوشکاری در این صنعت و برخی دیگر به فرهنگ معمول در صنایع نفت و گاز بر می گردد. در صنعت نفت و گاز، ساخت یک پالایشگاه، پتروشیمی، تلمبه‌خانه نفت یا یک ایستگاه تقویت فشارگاز؛ مشابه یک کارخانه اتومبیل سازی نیست. یک کارخانه اتومبیل سازی هم در زمان ساخت کارخانه و هم در زمان تولید به صورت مستمر درگیر عملیات جوشکاری به خصوص جوشکاری پیوسته می‌باشد و جوشکاری بخشی از محصول کارخانه محسوب می‌شود. اما یک پالایشگاه فقط در مرحله ساخت یا تعمیرات درگیر عملیات جوشکاری است و محصول آن ارتباط مستقیم با فرایندجوشکاری ندارد. ازسوی دیگر در این حوزه حساسیت ویژه‌ای در مورد کیفیت جوشکاری وجود دارد و ایمنی در تاسیسات و خطوط انتقال نفت و گاز به جوشکاری وابستگی زیادی دارد. به دلایل اشاره شده مدیران حوزه نفت و گاز نه تنها علاقه‌ای به ماشینی کردن جوشکاری ندارند، بلکه غالباً در مقابل این فرایند و ماشینی شدن جوشکاری مقاومت نیز می کنند.

سازندگان تجهیزات جوشکاری اتومات و مدیران استراتژیک این حوزه برای توجیه مدیران و کارشناسان یادشده مجبورند از یکسو کیفیت جوشکاری ماشینی را اثبات کنند و ازسوی دیگر ازنظر اقتصادی و برنامه‌ریزی ثابت کنند که این روش دارای توجیه مالی و زمانی می‌باشد. به نظر می‌رسد در این حوزه سه سوال اساسی وجود داشته باشد که پاسخ به آنها راه را برای ورود این جوان مدعی به صنعت نفت و گاز هموار کند. این سوالات عبارتند از:

» سوال اول: چرا به جوش اتومات نیاز داریم؟

» سوال دوم: آیا جوشکاری اتومات از لحاظ فنی، اقتصادی و کیفیت توجیه دارد؟

» سوال سوم: برای اتومات کردن فرایند جوشکاری چه راهی را باید طی کنیم؟

پاسخ به این سوالات از یکسو کارفرمایان و بهره‌برداران حوزه نفت و گاز را توجیه می کند و از طرف دیگر نقشه‌راه گذر از سیستم دستی به یک سیستم تکاملی برپایه جوشکاری ماشینی خواهد بود. در این مقاله سعی می کنیم پاسخ‌های مناسبی برای این سوالات پیدا نماییم.

چرا به جوش اتومات نیاز داریم؟

علم و فناوری همواره به صورت ذاتی به دنبال یافتن راه حلی برای مشکلات، توسعه فنون موجود و تشریح علمی این فنون می‌باشند. فرضیه، گام اول فرایندی است که درآن علم و فناوری در یک همکاری منسجم، فرضیه را به قانون، اصل یا فن جدیدی تبدیل می کنند. بعد از انقلاب علمی به ویژه از قرن نوزدهم به بعد این چرخه باعث شده است سطح علم و فناوری با سرعتی وصف نشدنی به وضعیت حال حاضر برسد. قبل از انقلاب علمی، علم و فن کاملاً در تقابل با یکدیگر بودند. گالیله درآغازاین انقلاب مجبور شد بخاطر حفظ جانش نظرات علمی خود را پس بگیرد. امروزه اگرچه مخالفت آشکاری با علم و فناوری نمی‌شود، اما به دلایل مختلف با تحول و ورود فناوری‌های جدید، سرد برخورد می‌شود یا در مقابل آنها مقاومت می‌شود. به نظر می‌رسد برای اینکه بتوان کارفرمایان و بهره‌برداران را برای استفاده از جوشکاری ماشینی ترغیب نمود باید آنها را نسبت به محاسن فنی، اقتصادی و کیفیت توجیه نمود. در این قسمت ازیک‌طرف مشکلاتی را که می‌توان به وسیله جوشکاری ماشینی بر آن‌ها فائق آمد یا کاهش داد را بررسی می کنیم و ازطرف دیگر محاسن ذاتی جوشکاری ماشینی را نیز بررسی می کنیم، ضمن آنکه به مشکلات این نوع جوشکاری نیز توجه داریم.

درابتدای این بحث باید جوشکاری دستی، ماشینی و اتومات را تعریف کنیم. ASME Section IX ، تعریف مشخصی از انواع جوشکاری را ارائه کرده است. از این تعریف در تهیه WPS به عنوان یک سندعملیاتی در جوشکاری استفاده می‌شود. این استانداردانواع (Types) جوشکاری را به صورت زیر تعریف می کند:

۱- جوشکاری دستی (Manual Welding)

۲- جوشکاری ماشینی(Mechanized Welding)

۳- جوشکاری نیمه اتومات(Semi-Automat Welding)

۴- جوشکاری اتومات(Automat Welding)

جوشکاری دستی[SMAW, GTAW] به معنای استفاده از دست برای نگه‌داشتن مشعل(Torch)یا الکترود جوشکاری می‌باشد. در صورت استفاده از روش غیردستی در تغذیه فلزپرکننده(Wire) جوشکاری و به صورت خاص جوشکاری (GMAW, FCAW, SAW) نیمه اتومات تلقی می‌شود.

اگر علاوه بر تغذیه اتومات فلزپرکننده، از تجهیزات دیگری برای نگه‌داشتن مشعل یا الکترود استفاده شود، به این نوع جوشکاری، جوشکاری ماشینی گفته می‌شود. باید توجه کرد در جوشکاری ماشینی از اپراتور برای کنترل ماشین و فرایند جوش استفاده می‌شود. درصورت واگذاری وظیفه کنترل ماشین به سیستم کنترل و عدم استفاده از اپراتور، به آن جوشکاری اتومات گفته می‌شود. گاهی اوقات در محاوره به جوشکاری ماشینی، جوشکاری اتومات گفته می‌شود. در این حالت بخش اصلی کنترل دستگاه جوش با تجهیزات الکترونیکی و مکانیکی است، اما ممکن است از اپراتور برای کنترل بهتر نیز کمک گرفته شود. علاوه بر تعریف‌های اشاره شده «درصورتی که برای جوشکاری در خطوط لوله یا پایپینگ از روباتی که بدور لوله بچرخد، استفاده شود به آن جوشکاری اوربیتال(Orbital) می گویند.» در ادامه ممکن است از واژه‌های اتومات و ماشینی به جای یکدیگر و به یک مفهوم استفاده کنیم زیرا که در محاوره نیز چنین حالتی غالباً روی می دهد و دست‌اندرکاران جوشکاری تفاوت چندانی میان این دو واژه قائل نمی‌شوند. در این مبحث به صورت دقیق منظور ما ازجوشکاری اتومات، استفاده از تغذیه اتوماتیک، استفاده از ماشین برای کنترل دستگاه جوش و بکارگیری حداکثری از امکانات ماشین برای کنترل فرایند جوش می‌باشد. برای درک مناسب‌تر میزان کنترل هوشمند در فرایند جوش باید توجه کرد که در سال‌های اخیر به کمک تجهیزات بسیار پیشرفته الکترونیک و دیجیتال و بهره گیری از فناوری پردازش تصویر می توان بدون هیچ گونه نگرانی بخش زیادی از فرایند جوشکاری را به سیستم‌های الکترونیکی واگذار نمود. نمونه‌های کاملاً عملی از این فناوری‌ها توسط برخی شرکت‌ها نظیر Tecnar کانادا ساخته شده و در صنایع مختلف به ویژه صنعت نفت و گاز بکارگرفته شده‌اند.

هرکدام از جوشکاری‌های اشاره شده برای برخی از کاربردها مناسب‌تر می‌باشند. انتخاب نوع جوشکاری از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. بازده کلی عملیات جوشکاری بستگی زیادی به این انتخاب دارد. انتخاب نوع جوشکاری از یک‌سو به فناوری و امکانات تجهیزات جوشکاری بستگی دارد و از سوی دیگر به حجم کار، شکل فیزیکی قطعه جوش و سرعت موردنیاز بستگی دارد. در ادامه به صورت دقیق‌تر به نحوه انتخاب نوع جوشکاری می‌پردازیم. قبل از آن لازم است وضعیت جوشکاری دستی و جوشکاری اتومات را از دیدگاه مقایسه آماری مشاهده نماییم. در اینجا باید یادآوری کنیم که پرداختن به این موضوع در یک مقاله چندصفحه‌ای قطعاً ما را به هدف نخواهد رساند و برای رسیدن به نتیجه مناسب لازم است موضوعات زیر مجموعه به صورت کامل بررسی شوند و در انتها به نتیجه گیری بپردازیم. در این گفتار مختصر سعی خواهیم کرد به یک تصویر کلی(Big Picture) از مجموعه فعالیت‌های زیرمجموعه جوشکاری اتومات و فرایند تولید برسیم.

	پارامتر	نوع تاثیر	جوشکاری دستی	جوشکاری اتومات
۱	سرعت جوشکاری	کاهش هزینه	عادی	افزایش ۳ تا ۵ برابر
۲	تعمیرات	کاهش هزینه/ کاهش زمان	قابل توجه	کاهش قابل توجه
۳	نوع فیلر	کیفیت جوش	معمولاً غیرپیوسته	پیوسته
۴	یخ‌زنی	کاهش هزینه/ کاهش زمان	معمول نیست	الزامی/ موثر در کاهش مصرف فیلر+ افزایش سرعت
۵	نیاز به جوشکارماهر	کاهش هزینه/ برنامه‌ریزی	الزامی	نیاز دارد
۶	برنامه‌ریزی و استفاده از نرم‌افزار	کاهش هزینه/ کاهش زمان	معمول نیست	الزامی است/ بر سایر فعالیت نیز تاثیر مثبت دارد
۷	منظم شدن	کاهش هزینه/ کاهش زمان	تاثیری ندارد	کاملاً در منظم شدن فعالیت‌ها تاثیر دارد
۸	رقابت	کاهش هزینه/ کاهش زمان	عادی	رقابت با جوش دستی و رقابت بین سازندگان کاملاً جدی است
۹	سرعت پیشرفت فناوری	افزایش کیفیت و سرعت/ کاهش هزینه	عادی	رقابتی است و رشد سریعی پیدا کرده است
۱۰	عیوب جوش	سرعت/ هزینه	عادی	نیاز به کنترل دارد

جدول ۱ : تفاوت و شباهت‌های جوشکاری دستی و ماشینی

یک نکته مهم دیگر که در جوشکاری اتومات باید به آن دقت کنیم این است که جوشکاری اتومات بخشی از کل فرایند جوشکاری است، اگرچه گاهی می تواند مقدار کل جوشکاری با مقدار جوشکاری اتومات برابر باشد اما غالباً این اتفاق نمی‌افتد و مقداری از فرایند جوشکاری را که می توان اتومات کرد از کل فرایند ما کمتر می‌باشد. برای اینکه بتوان تقسیم کارمناسبی داشته باشیم و انتخاب صحیحی میان انواع جوشکاری صورت پذیرد، می توان از برنامه‌ریزی خطی استفاده نمود. برای این منظور باید یک تابع هدف به همراه محدودیت‌های این تابع را پیدا نموده و از روش‌های دستی معمول نظیر روش سیمپلکس یا روش‌های کامپیوتری نظیر استفاده از زبان برنامه‌نویسی Lingo به جواب مناسب دست پیدا کنیم.

» شباهت‌ها و تفاوت‌ها

گفتیم که جوشکاری دستی و اتومات دارای شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با یکدیگر می‌باشند. به عنوان مثال سرعت در این دو نوع جوشکاری با هم متفاوت است، اما غالباً روش‌های جوشکاری کاملاً شبیه هم می‌باشند، اگرچه فناوری این روش‌ها با هم تفاوت‌های جزئی دارند. بررسی این شباهت‌ها و تفاوت‌ها به ما برای انتخاب نوع جوشکاری کمک می‌کند. سرعت جوشکاری پارامتری است که با بررسی آن به پارامترهای مهم دیگر می‌رسیم. سرعت جوشکاری به عوامل متعددی نظیر نوع و کیفیت تجهیزات، شرایط جوی، توانایی و سرعت عمل جوشکار و برنامه‌ریزی بستگی دارد. این عوامل در جوشکاری دستی نیز اهمیت دارند. اما نحوه و میزان تاثیر آنها متفاوت می‌باشد.

برای نتیجه‌گیری نهایی لازم است بین سرعت جوشکاری دستی و جوشکاری اتومات مقایسه عددی صورت گیرد. خوشبختانه در این زمینه آمار کافی از سرعت جوشکاری دستی در شرایط مختلف وجود دارد. درمورد جوشکاری اتومات نیز آمار قابل اعتنایی ازسوی سازندگان ارائه شده است. این سازندگان سرعت جوشکاری را به صورت روابط ریاضی و یکسری جداول فنی ارائه می‌کنند. اما مسئله بسیار مهم این است که پارامترهای تاثیرگذار بر سرعت جوشکاری زیاد و متنوع می‌باشند و به سختی امکان دارد که شرایط برای جوشکاری دستی و اتومات به صورت کاملاً یکسان ایجاد شود. به همین دلیل در کنار ارائه یک مثال مقایسه‌ای، اطلاعات آماری شرکت Magnatech (شکل ۱) را در رابطه با نرخ رسوب، بازده رسوب و ضریب کار به صورت نمونه ارائه می‌کنیم. در این شکل شما به صورت واقعی میزان تاثیر ماشینی کردن جوشکاری را در پارامترهای مهم اشاره‌شده ملاحظه می‌نمایید. دقت کنید که تاثیر ماشینی کردن در ضریب کار به خوبی بهبود یافته است.

در ادامه با ذکر یک مثال به محاسبه سرعت جوشکاری اتومات می‌پردازیم. باید توجه کنیم که جوشکاری اتومات توسط تجهیزات سازندگان مختلف، سرعت‌های مختلفی را درپی دارد. مثال ما براساس اطلاعات یکی از این سازندگان خواهد بود. واضح است نتیجه کلی برای سازندگان مختلف تفاوت چندانی ندارد، ضمن آنکه قطعاً افزایش سرعت در جوشکاری دستی مستلزم هزینه بیشتر است. غالباً به دلیل آنکه سرعت موردنیاز کمتر از میانگین این سرعت‌ها می‌باشد به نظر می‌رسد انتخاب فناوری به سلیقه و کیفیت بستگی بیشتری داشته باشد.

مثال :

جدول ۲ سرعت جوشکاری را برای ضخامت‌های مختلف و قطرهای از ۶ تا ۲۴ اینچ توسط یکی از دستگاه‌های جوش شرکت Tecnar نشان می‌دهد. جوش انجام شده در پاس ریشه، GMAW و در پاس‌های بعدی SAW می‌باشد. مشخصات تجهیزات به کار رفته جهت تهیه جدول اشاره شده در ادامه آمده است.

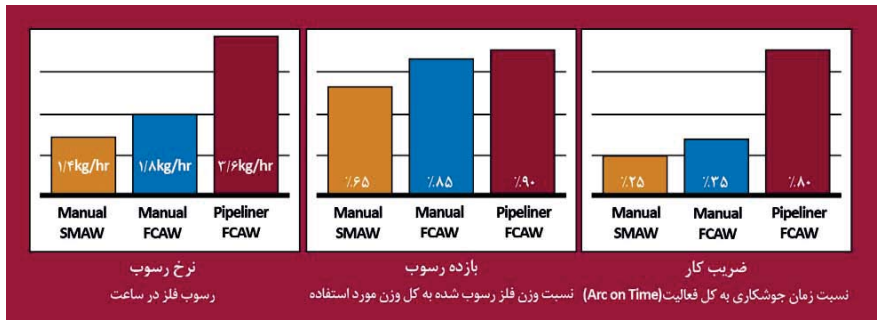
قطر لوله	Standard Wall (STD)		Heavy Wall (XXS)		Extra Heavy Wall (XXS)	
	ضخامت (اینچ)	زمان جوشکاری (دقیقه)	ضخامت (اینچ)	زمان جوشکاری (دقیقه)	ضخامت (اینچ)	زمان جوشکاری (دقیقه)
۶	۰/۲۸	۳/۸	۰/۴۳۲	۶/۴	۰/۸۶۴	۱۹/۸
۸	۰/۳۲۲	۵/۸	۰/۵	۱۰/۵	۰/۸۷۵	۲۷
۱۰	۰/۳۶۵	۸/۵	۰/۵	۱۳/۱	۱	۴۳/۱
۱۲	۰/۳۷۵	۱۰/۵	۰/۵	۱۵/۸	۱	۵۱/۸
۱۴	۰/۳۷۵	۱۲/۳	۰/۵	۱۸/۴	۱/۰۹۴	۷۱/۴
۱۸	۰/۳۸۳	۱۶/۲	۰/۵۱	۲۴/۴	۱/۰۹۴	۹۱/۸
۲۰	۰/۳۸۳	۱۸	۰/۵۱	۲۷/۱	۱/۰۹۴	۱۰۲
۲۴	۰/۳۸۳	۲۱/۶	۰/۵۱	۳۲/۵	۱/۰۹۴	۱۲۲/۴

جدول۲

زمان انجام پاس ریشه را به صورت تقریبی از رابطه $D\times۰/۳۱۴۱۶$ می‌توان بدست آورد. زمان کل عملیات جوشکاری با مشخصات اشاره شده نیز از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$W=(D\times۰/۳۱۴۱۶)+\left(\frac{۴۰\times T^{۲}\times D}{R}\right)$$

در این رابطه D قطرلوله، T ضخامت و R زمان رسوب فلزمذاب می‌باشد. به دلیل اینکه این مقایسه یک رقابت بین بهترین شرایط و میانگین تولید می‌باشد، لازم نیست که مشخصات تجهیزات جوشکاری درحالت جوش دستی و جوش اتومات دقیقاً مثل هم باشند. تنها چیزی که باید به آن دقت شود جنس و مشخصات فلز پایه و کیفیت



شکل ۱ : مقایسه نرخ رسوب، بازده رسوب و ضریب کار در جوشکاری دستی و ماشینی(ارائه شده توسط شرکت Magnatech)

جوش می‌باشد. با این حال جهت اطلاع بیشتر مشخصات تجهیزات و فرایندجوشکاری اتومات عبارتند از:

Root pass:

Process: GMAW "Surface Tention Transfer, STT", Power source: Lincoln STT, Weld torch: Bemard, Wire feeder: Miller type 64, Water circulator: Lincoln type 10-1

Fill & Cap passes:

Process: SAW, Power source: Lincoln DC-655, Torch: Miller OBT-600, Wire feeder: Miller type 64 servo driven

Performance:

Root pass: up to 10 lbs/h

Fill and Cap Passes: up to 15 lbs/s

پخ (Bevel)، ۳۷/۵ درجه درنظر گرفته شده است.

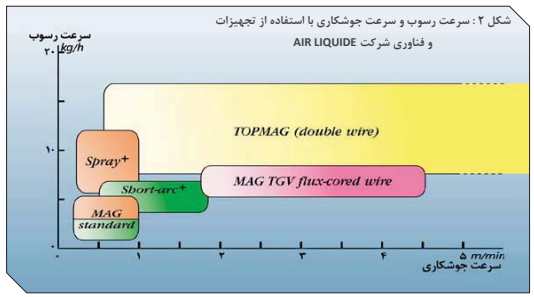
شکل ۲ تصویر خوبی از سرعت جوشکاری و سرعت رسوب فلزمذاب ایجاد می‌کند. شرکت‌های سازنده تجهیزات جوشکاری و به ویژه شرکت‌های تولیدکننده موادمصرفی همواره به دنبال راهی هستند تا سرعت جوشکاری را افزایش دهند. سرعت عملیات جوشکاری علاوه بر عوامل مکانیکی به صورت جدی به ویژگی‌های متالورژیکی نیز بستگی دارد. سرعت رسوب‌گذاری و سردشدن فلز علاوه بر سرعت جوشکاری بر کیفیت جوش نیز تاثیر می‌گذارد. عوامل متعددی باعث شده‌اند تا سرعت جوشکاری در جوش اتومات بیشتر از جوش دستی باشد، برخی از این عوامل عبارتند از:

[دقت نمایید در این لیست به مشکلات احتمالی جوش اتومات نیز اشاره شده است. باید یادآوری کرد که در جوش اتومات در صورتی‌که به صورت برنامه‌ریزی شده عمل نشود ممکن است بازده کافی علیرغم سرمایه‌گذاری زیاد بدست نیاید.]

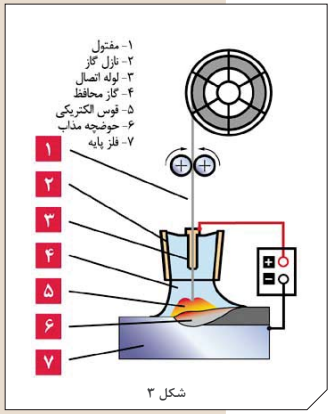
» خستگی یا عدم تمرکز جوشکار در سیستم دستی یکی از مشکلات همیشگی این سیستم می‌باشد. درحالیکه در سیستم اتومات به صورت کامل می‌توان در طول یک شیفت از روبات جوشکار بدون خستگی استفاده نمود. معمولاً در سیستم دستی زمان تعویض قطعه یا الکترود برای خنک شدن یا Recovery تجهیزات کفایت می‌کند، اما در جوشکاری اتومات باید برای حل این مشکل چاره‌ای اندیشیده شود.

» در جوش اتومات از دستگاه جوش ثابت به همراه چرخش و حرکت قطعه استفاده می‌شود به همین دلیل موقعیت جوشکاری در این سیستم همواره ثابت است، درحالیکه در جوش دستی موقعیت در یک دورجوش چندین دفعه عوض می‌شود. به همین دلیل در جوشکاری ماشینی علاوه برآنکه کیفیت جوش افزایش می‌یابد، سرعت جوشکاری نیز به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد.

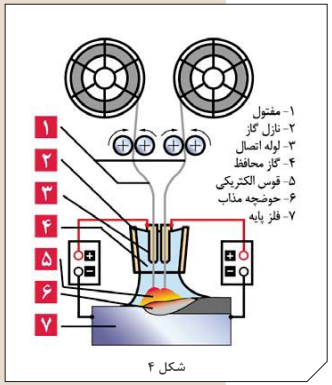
» پیوسته بودن ورود فلزپرکننده (Filler) و عدم نیاز به تعویض الکترود، از دیگر محاسن جوشکاری ماشینی محسوب می‌شود. در شکل‌های ۳ تا ۵ این پیوستگی را مشاهده می‌نمایید. درواقع این پیوستگی جایگزین تعویض الکترود در سیستم دستی SMAW می‌باشد. اگرچه در سیستم دستی TIG, MIG/MAG نیز از مفتول پیوسته استفاده می‌شود، اما ثابت بودن تجهیزات جوشکاری در سیستم اتومات تغذیه مستمر و پیوسته مفتول را ممکن می‌سازد، درحالیکه در سیستم دستی همواره این موضوع بامشکل مواجه می‌باشد.



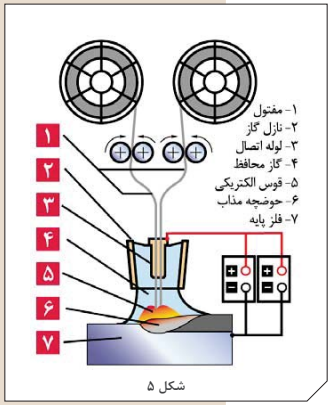
شکل ۲ : سرعت رسوب و سرعت جوشکاری با استفاده از تجهیزات و فناوری شرکت AIR LIQUIDE



شکل ۳

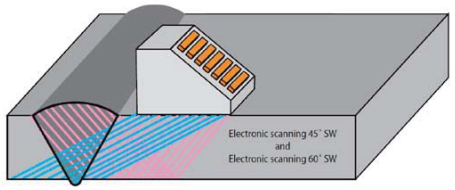


شکل ۴



شکل ۵

» درجوشکاری اتومات به دلایل فنی مجبوریم[یا بهتر است] که از پخ(Bevel)های خاص استفاده نماییم. اگرچه درابتدا به نظر می‌رسد پخ‌زنی خاص باعث کندشدن سرعت عملیات جوشکاری شود، اما این کار از یکسو میزان مصرف فلزپرکننده راکاهش می‌دهد درنتیجه باعث کاهش هزینه تهیه فیلر شده و ازسوی دیگر با کاهش میزان فلزی که باید ذوب شود و همچنین منظم شدن شیار جوشکاری سرعت جوشکاری افزایش می‌یابد. لازم است توجه شود با توجه به آماده‌سازی سطح کار طی عمل پخ‌زنی در آخرین لحظات قبل از جوشکاری، کیفیت جوشکاری نیز ارتقاء می‌یابد.



شکل ۶ : سیستم اولتراسونیک

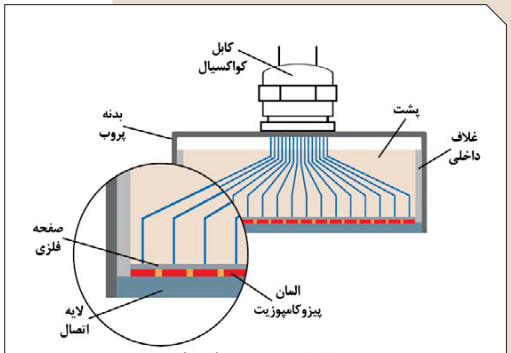
» مکانیزه شدن سیستم جوشکاری از یکسو نیازمند برنامه‌ریزی دقیقی می‌باشد که این برنامه‌ریزی در ادامه باعث نظم بخشیدن به همه فعالیت‌های مرتبط با جوشکاری می‌شود و ازسوی دیگر تجربه ثابت کرده هرجا فعالیت‌ها نظم داشته باشند افراد بی‌نظم نیز مجبور به تبعیت از نظم کلی می‌شوند. درمجموع برنامه‌ریزی باعث می‌شود به میزان زیادی از اتلاف وقت جلوگیری شود.

» در نتیجه‌ی استفاده از تجهیزات و سیستم اتومات کیفیت جوش افزایش می‌یابد و درنتیجه تعمیرات (Repair) کاهش می‌یابد. کاهش تعمیرات علاوه بر تاثیر در هزینه تمام شده جوشکاری، در کاهش اتلاف وقت و درنتیجه افزایش کلی سرعت تاثیر دارد.

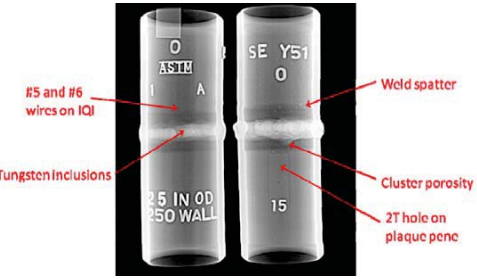
» اگرچه سازندگان تجهیزات جوشکاری همواره به دنبال ابداع تجهیزات و روش‌هایی برای افزایش کیفیت و سرعت جوشکاری و کاهش قیمت تمام شده می‌باشند. اما به دو دلیل در سیستم اتومات این تلاش تاثیر بیشتری دارد. اول آنکه در سیستم دستی برخی از فناوری‌ها به صورت کامل قابل استفاده نمی‌باشد و ثابت نبودن تجهیزات جوشکاری امکان توسعه فناوری‌های بیشتری را نمی‌دهد. دوم، غالباً استفاده کنندگان ازسیستم‌های دستی به سرعت حاضر به پذیرش یک فناوری جدید و کنارگذاشتن تجهیزاتی که سال‌ها با آنها کار کرده‌اند نمی‌باشند. ازطرف دیگر روزآمدکردن تجهیزات دستی نیاز به زمان زیادی دارد. به عنوان مثال شرکت Air Liquid سیستم TOPMAG را با تجهیزاتی شبیه شکل ۵ ارائه نموده است و بنا به ادعای آن شرکت سرعت جوش در این فرایند ۲/۵ برابر سیستم دستی است. نمودار شکل ۲ نیز درتایید این ادعا مقایسه بین روش‌های مختلف جوشکاری را نشان می‌دهد. البته این اندازه‌گیری برای جوشکاری طولی و یکنواخت است، اما برای سایر موقعیت‌های جوشکاری نیز باعث افزایش سرعت جوشکاری به میزان قابل توجهی می‌شود.

» در سیستم اتومات امکان استفاده از دستگاه جوش با دو یا چند مشعل (Torch) یا به صورت تک مشعل دو سیمه (Tandem) وجود دارد، اما در سیستم دستی و توسط یک جوشکار این کار ممکن نمی‌باشد. در شکل‌های ۵ و ۶ این سیستم‌ها را که به صورت خاص برای سیستم اتومات توسعه داده شده‌اند مشاهده می‌نمایید.

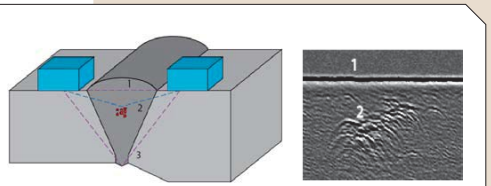
» یکی از مشکلات جانبی جوشکاری دستی کمبود همیشگی جوشکاران ماهر می‌باشد. در بسیاری از موارد در یک منطقه نیازگسترده‌ای به جوشکاران ماهر پدید می‌آید. تامین کسری جوشکاران مورد نیاز به هزینه اضافی نیاز داشته یا اساساً ممکن نیست.



شکل ۷ : سیستم Phased array



شکل ۸ : نمونه‌ای از تصاویر رادیوگرافی دیجیتال


شکل ۹ : تصویر سیستم اولتراسونیک

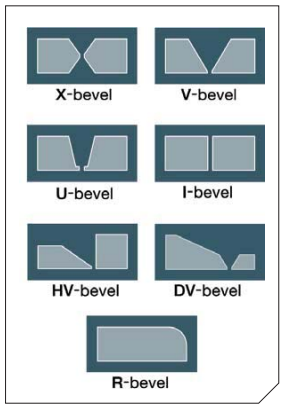
» به نظر می‌رسد توسعه تجهیزات، روش‌ها و سیستم‌های مبتنی بر جوش اتومات وارد یک رقابت سازنده و هیجان‌انگیز شده است. خود این موضوع به توسعه‌ای منتهی می‌شود که در نتیجه شاهد افزایش سرعت جوشکاری اتومات خواهیم بود.

» بازرسی غیرمخرب؛ در جوشکاری اتومات به دلیل افزایش سرعت جوشکاری و نیاز به بازرسی سریع جوش‌های انجام شده، امکان استفاده از تجهیزات سنتی و قدیمی را تقریباً منتفی می کند. اگرچه شاید تصور شود که این موضوع یکی از نقص‌های جوشکاری اتومات باشد، اما درواقع اینگونه نیست. سال‌هاست که روش‌های سنتی NDT کارایی مناسبی نداشته و لازم بود که در این حوزه تغییرات و پیشرفت جدی صورت بگیرد. نمی‌توان پیشرفت تجهیزات NDT را به حضور جوش اتومات پیوند بزنیم زیرا که از چندین سال پیش این تجهیزات در کارخانه‌های ساخت تجهیزات حساس و مدرن نظیر ساخت تجهیزات هواپیما، فضاپیماها و تجهیزات نظامی یا در خطوط تولید بزرگ استفاده می‌شدند. اما تسریع حضور این تجهیزات در حوزه پایپینگ نفت وگاز، متاثر از نیاز به جوشکاری اتومات می‌باشد.

درسال‌های اخیر روش‌های متعددی برای بازرسی غیرمخرب سریع و دقیق ابداع شده یا روش‌های قدیمی توسعه یافته‌اند. در این میان آزمون‌های اولتراسونیک UT[Ultrasonic Test] و رادیوگرافی RT[Radiography Test] بیش از سایر روش‌ها موفق بوده‌اند. رادیوگرافی دارای قدمت زیادی در بازرسی جوش می‌باشد. اما اولتراسونیک نیز به خوبی توانسته با توسعه روش‌ها به عنوان جایگزینی مناسب برای رادیوگرافی مطرح باشد. بازرسی توسط اولتراسونیک سریع و آسان بوده و تجهیزات آن نیز غالباً قابل حمل‌تر می‌باشند. همچنین اگرچه استفاده از اولتراسونیک خالی از خطر نیست اما به اندازه رادیوگرافی برای سلامتی خطرناک نمی‌باشد. سازندگان تجهیزات بازرسی در یک رقابت فشرده انواع جدیدی از این تجهیزات را ارائه نموده‌اند که قابل جایگزینی به جای هم می‌باشند. درحالیکه اولتراسونیک با Phase array به آینده‌ای بهتر نظر دارد، رادیوگرافی با روش‌های CR[Computed Radiography] و DR[Digital Radiography] به فکر تثبیت جایگاه خود می‌باشد. شرکت‌های GE, TWI, FUJIFILM, Phillips, OLYMPUS, Agfa, SENTINEL و ده‌ها شرکت دیگر در رقابتی فشرده به ارائه تجهیزات پیشرفته و فوق‌پیشرفته در این زمینه مشغول می‌باشند.

الف- رادیوگرافی

از گذشته استفاده از رادیوگرافی به عنوان یک ابزار در بازرسی غیرمخرب NDT[Non Destrctive Test] مرسوم بوده است. کشف اشعه X در سال ۱۸۹۵ میلادی توسط رونتگن و کشف خاصیت رادیوکتیو توسط بکرل در سال ۱۸۹۶میلادی، پایه‌های علمی و فنی آزمون رادیوگرافی محسوب می‌گردند. فرق این اشعه‌ها با نور معمولی در این است که این اشعه‌ها، برخلاف نور معمولی قادرند به مواد کدر نفوذکنند، ضمن آنکه همانند نورمرئی قابلیت ثبت تصویر را نیز دارا می‌باشند. آزمون رادیوگرافی پرکاربردترین روش NDT می‌باشد. در این آزمون انواع عیوب نظیر حفره‌های گازی و عیوب صفحه‌ای دیده می‌شوند. همچنین از رادیوگرافی می‌توان برای پیداکردن تغییرات در ترکیب مواد و ضخامت‌سنجی نیز استفاده نمود. یکی از محاسن اصلی این روش قابل اجرا بودن آن از اندازه‌های میکرونی تا ساختارهای بسیار بزرگ می‌باشد. مزیت مهم دیگر این روش قابل استفاده بودن آن برای



شکل ۱۰ : انواع پخ در جوشکاری

شکل ۱۱ : نمونه‌ای از دستگاه
رادیوگرافی دیجیتال

محدوده گسترده‌ای از مواد نظیر انواع فولادها، آلومینیوم، برلیم، منیزیم، نیکل، کامپوزیت‌ها و... می‌باشد. روش رادیوگرافی، یک روش حجمی در NDT می‌باشد که براساس اختلاف در جذب اشعه به وسیله قطعه مورد بازرسی و با استفاده از تشعشعات الکترومغناطیس با طول موج خیلی کوتاه[اشعه X و اشعه گاما] یا تشعشعات ذره‌ای[ذرات α، β یا نوترون] انجام می‌شود. به خاطر اختلاف در دانسیته و تغیر در ضخامت قطعه یا اختلاف در خواص جذب که به خاطر اختلاف در ترکیب و وجود عیوب می‌باشد، قسمت‌های مختلف قطعه مورد آزمایش مقادیر مختلفی از اشعه نافذ را جذب می کنند. در رادیوگرافی، یک جسم توسط اشعه X یا گاما پرتودهی می‌شود و قسمتی از تشعشع که بوسیله جسم جذب نشده است، به یک برگه فیلم برخورد می‌نماید. اشعه جذب نشده که به فیلم برخورد می کند اثری به صورت نقاط تیره و روشن بر روی فیلم بر جای می گذارد. این اثر از وضعیت داخلی جسم پرتودهی شده تاثیر پذیرفته و با آن می‌توان به وضعیت داخل جسم پی برد.

استانداردهای ASME, API, AWS بر این روش بازرسی مواد و جوش صحه گذاشته و روند استفاده از آن‌را توصیف کرده‌اند. سیستم رادیوگرافی سنتی (Conventional) برهمین اساس توسعه یافته است. در پروژه‌های خط انتقال و پایپینگ به ویژه در حوزه نفت و گاز رادیوپرگرافی یا به اختصار RT جزء لاینفک پروژه به حساب می آید. اگرچه عملیات رادیوگرافی سخت و توأم با خطر دریافت اشعه می‌باشد و موقع اجرای آن باید بخشی از سایت برای ایمنی تخلیه شود، اما به دلیل اهمیت اطمینان از کیفیت جوش، این مشکلات قابل تحمل می‌باشد. نیاز به افزایش سرعت در اجرای پروژه‌ها به ویژه با مطرح شدن جوشکاری اتومات باعث شد سازندگان تجهیزات NDT به دنبال راهی برای افزایش سرعت و ایمنی بیشتر در استفاده از رادیوگرافی باشند.

سیستم‌های نوین رادیوگرافی پاسخی به این نیاز می‌باشد. رادیوگرافی کامپیوتری CR[Computed Radiography] و رادیوگرافی دیجیتال DR[Digital Radiography] روش‌های جدید با سرعت و ایمنی بالا می‌باشند. اگرچه این دو عنوان بیشتر مصطلح می‌باشند، اما برخی سازندگان از عناوین رادیوگرافی مستقیم DR[Direct Radiography] و رادیوگرافی غیرمستقیم استفاده می کنند. به رادیوگرافی سنتی، wet نیز گفته می‌شود. درمقابل به رادیوگرافی‌های جدید با توجه به اینکه در آنها از موادشیمیایی[مایع] استفاده نمی‌شود، dry گفته می‌شود. در ادامه به صورت مختصر این فناوری‌ها را توضیح می‌دهیم:

۱- رادیوگرافی دیجیتال؛ به نوعی رادیوگرافی که در آن سنسورهای X-Ray جایگزین فیلم‌های رادیوگرافی و فرایند شیمیایی ظهور فیلم به ثبت الکترونیک یا دیجیتال اطلاعات تبدیل شده است، رادیوگرافی دیجیتال گفته می‌شود. در این سیستم با میزان تابش کمتر می‌توان تصویری به وضوح تصاویر رادیوگرافی سنتی بدست آورد، در نتیجه میزان تشعشع کاهش می‌یابد و ایمنی سیستم بالا می‌رود. این روش همچنین باعث کاهش هزینه موادمصرفی نظیر فیلم و هزینه ظهور فیلم می‌شود. سرعت مشاهده نتایج در این روش قابل مقایسه با روش سنتی نمی‌باشد. در این روش یک المان تصویربرداری دیجیتال (Digital image capture device) جایگزین فیلم رادیوگرافی شده است. این المان می‌تواند یک FPDs[Flat Plate Detectors] یا یک High-density line-scan حالت جامد باشد.

۲- رادیوگرافی کامپیوتری؛ این نوع رادیوگرافی دارای تجهیزاتی شبیه رادیوگرافی سنتی می‌باشد و فقط به جای فیلم از صفحه تصویر IP[Image Plate] استفاده می‌شود. در این روش به جای ظهورشیمیایی فیلم، IP توسط یک اسکنرلیزری مخصوص یا CR-Reader خوانده شده و اطلاعات همانند اسکنر به داده‌های دیجیتال تبدیل می‌شوند. از این مرحله به بعد اطلاعات به صورت یک فایل تصویری قابل استفاده می‌باشند.

دو روش CR و DR دارای شباهت‌ها زیاد و برخی تفاوت‌ها نسبت به هم می‌باشند، در CR تصویر بر روی IP ذخیره شده و باید آن را اسکن کرد تا به فایل تصویری تبدیل شود. اما در DR اطلاعات به صورت مستقیم به اطلاعات دیجیتال و فایل تصویری تبدیل شده و بلافاصله بر روی صفحه نمایش دستگاه قابل دیدن است و می‌توانیم آنرا ذخیره کرده یا ارسال نماییم. اگرچه این دو روش دارای محاسن زیادی می‌باشند، اما قیمت بالا و عدم دقت در بازرسی‌های خیلی حساس نظیر بازرسی تجهیزات فضایی از محدودیت‌های آنها بشمار می‌آید. یکی از مزایای ویژه روش‌های جدید، امکان

شکل ۱۲ :
تست التراسونیک

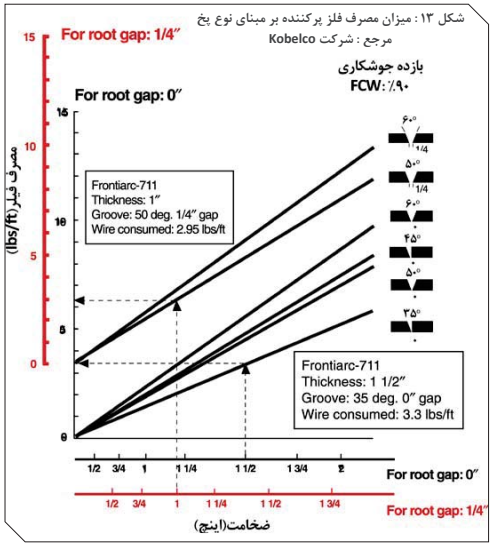
استفاده از آنها برای بررسی و یافتن خوردگی یا فرسایش در تجهیزات و لوله‌ها و همچنین بررسی وضعیت پوشش یا شرایط خوردگی در زیر پوشش می‌باشد.

ب- اولتراسونیک

آزمون اولتراسونیک یک روش NDT محسوب می‌شود که در آن امواج صوتی با فرکانس بالا[در محدوده مگاهرتز] به درون ماده تحت آزمایش جهت ردیابی عیوب داخلی یا بررسی خواص ماده، ارسال می‌شود و با دریافت امواج عبورکرده و مشاهده آن می‌توان وضعیت داخل قطعه را بررسی نمود. در آزمون اولتراسونیک عیوبی از قبیل ترک‌ها، حفره‌های انقباضی، حفره‌های عمیق به خوبی قابل ردیابی و آشکارسازی می‌باشد. مجموعه المان‌های یک سیستم اولتراسونیک شامل: فرستنده‌ای از جنس کریستال پیزوالکتریک که وظیفه تولید امواج با فرکانس مناسب را برعهده دارد، ردیاب که وظیفه دریافت و نمایش امواج را برعهده دارد و یک مایع مخصوص جهت انتقال انرژی امواج به داخل ماده تحت آزمایش به نام کوپلانت می‌باشد. از محاسن اولتراسونیک می‌توان به قابل حمل بودن تجهیزات، بی‌خطر بودن آنها نسبت به رادیوگرافی سنتی و مشاهده و ثبت فوری عیوب مواد و جوش اشاره کنیم. شکل ۱۲ نمونه‌ای از مشاهده عیب جوش توسط اولتراسونیک را نشان می‌دهد.

تست و بازرسی با استفاده از پروب‌های امواج طولی با زاویه‌های ۰ و ۷۰ درجه، امواج عرضی با زاویه ۴۵، ۶۰ و ۷۰ درجه و با استفاده از پروب‌های تکی و دوتایی (T/R) به روش پشت سر هم یا Tandem روش‌های مناسبی برای اغلب کاربردها می‌باشند که بسته به کاربرد توسط کارشناس بازرسی انتخاب می‌شوند. یک روش توسعه یافته استفاده از تعدادی پروب در یک‌سری و به صورت پشت سر هم در یک محفظه یا جداگانه مشابه شکل ۶ می‌باشد. این روش که باعث کاهش زمان آماده‌سازی و افزایش کارایی سیستم برای ردیابی و آنالیز می‌شود به نام Phased array شناخته می‌شود. با استفاده از سری پروب‌ها، میدان صوتی در یک صفحه منتشر می‌شود و متغیرهای میدان با تعیین هندسی ناحیه فعال پروب در صفحه موردنظر مشخص می‌شوند. درمواردی مثل قطعات با اشکال پیچیده لازم است که نه تنها امواج اولتراسونیک به صورت صفحه‌ای بلکه به صورت سه بعدی پخش و متمرکز شوند. در اینگونه موارد استفاده از اولتراسونیک به صورت Phased array می‌تواند انتخاب مناسبی باشد.

شکل ۱۳ : میزان مصرف فلز پرکننده بر مبنای نوع پخ
مرجع : شرکت Kobelco



برای اتومات‌کردن فرایند جوشکاری چه راهی را باید طی کنیم؟

عنوان این بخش دربرگیرنده محدوده وسیعی از فعالیت‌های جوشکاری در حوزه نفت وگاز می‌باشد. در این گفتار قصد نداریم دامنه بحث را بیش از اندازه گسترش دهیم. حوزه جوشکاری بسیار گسترده می‌باشد. سعی ما در این گفتار تمرکز بر اتومات کردن جوشکاری در Shop می‌باشد و در مورد سایر بخش‌ها فقط به مواردی که مرتبط با بحث اصلی است اشاره خواهیم کرد.

همواره استفاده از فناوری‌هایی که دارای سابقه نمی‌باشند خیلی آسان‌تر از فناوری‌هایی است که دارای سابقه می‌باشند. به عنوان مثال اگر بخواهیم تعدادی را برای یک مأموریت در ایستگاه فضایی بفرستیم و تخصص این افراد زیست‌شناسی باشد، این افراد در طول دوره‌های آموزشی و مراحل اعزام هیچگاه اظهار نظر کارشناسی در حوزه مهندسی هوافضا نخواهند کرد. حال فرض کنید که این گروه را برای یک سفر تحقیقاتی بخواهیم به جنگلی در ۲۰۰ کیلومتری شهر بفرستیم. حالا همه افراد گروه بدون استثناء درهمه حوزه‌ها متخصص خواهند بود و در همه موارد اظهار نظر آنها را خواهیم شنید. در اتومات کردن فرایند جوشکاری با شرایط مشابه حالت دوم درگیر هستیم. سال‌هاست که در پروژه‌های نفت وگاز جوشکاری انجام می‌شود. در این حوزه هم جوشکاران تجربی ماهر و هم جوشکاران آموزش‌دیده ماهر در کنار کارشناسان متبحر در حوزه QC و بازرسی فنی دیده می‌شوند. توجیه سیستمی که سال‌ها بر اساس روش‌های دستی فعالیت کرده‌اند زیاد آسان نمی‌باشد. به همین دلیل در نقشه‌راه (Road map) اتومات کردن فعالیت‌های جوشکاری به این موضوع نیز باید دقت نمود و در برنامه‌ریزی آن را لحاظ نمود. قبل از آنکه به برنامه‌ریزی بپردازیم، باید به این نکته توجه کنیم که این فعالیت درعمل یک پروژه می‌باشد و باید با آن مشابه یک پروژه رفتار کنیم. این پروژه را می‌توان به صورت EPC یا درقالب‌هایی نظیر BOO[Build, Own, Operate] اجرا نمود. انتخاب نوع اجرای پروژه بستگی به سیاست‌های کلی کارفرما و توانایی‌های پیمانکار اجراء و توانایی مالی آنها دارد.

» برنامه‌ریزی

مانند همه پروژه‌ها در این جا نیز مهمترین فعالیت در رابطه با پروژه اتومات کردن فرایندجوشکاری، برنامه‌ریزی می‌باشد. در ابتدای این راه باید طرح (Plan) مورد نیاز ترسیم شده و براساس آن فعالیت‌های پروژه را تعریف و دنبال نماییم. تعریف فعالیت‌ها، تعیین میزان اینچ- قطر جوشکاری و تقسیم آن میان بخش‌های مختلف، ایجاد رابطه میان فعالیت‌ها و تنظیم ارتباط آنها، شناخت فناوری‌های آزمایش شده و تعریف روش انتخاب فناوری مناسب، آموزش و تربیت نیروی انسانی، تعریف سازوکار مربوط به استفاده از نرم‌افزار و ایجاد دفترفنی متناسب با شرایط برخی از عنوان‌های اصلی در برنامه‌ریزی این بخش می‌باشند. برخی ازعناوین اشاره‌شده رابیشتر شرح می‌دهیم:

» انتخاب تجهیزات جوشکاری

برای انتخاب تجهیزات جوشکاری ابتدا باید مشخصات تجهیزاتی راکه توسط سازندگان مختلف ارائه می‌شوند بررسی نماییم. در این بخش ابتدا پس از یک مقدمه، انتخاب‌ها و مشخصات تجهیزات را معرفی و به اختصار بررسی می کنیم و مزایا و معایب روش‌ها را مقایسه می کنیم:

اولین بار جوش اتوماتیک در سال ۱۹۵۲ میلادی در شرکت

E&E Seegmiller Ltd به کار گرفته شد[نمونه ساده‌تری از جوشکاری اتوماتیک در ۱۹۲۰سال میلادی توسط شرکت جنرال الکتریک ارائه شد]. در دهه ۱۹۶۰ میلادی در صنایع خودروسازی آمریکا جوش اتوماتیک بوسیله روبات‌های جوشکار معرفی شد، اما استفاده جدی از این فناوری به دهه ۱۹۸۰ میلادی بر می‌گردد. در حال حاضر تعداد بسیار زیادی روبات جوشکار در صنایع خودروسازی در سراسر جهان وظیفه جوشکاری به ویژه جوش نقطه‌ای را برعهده دارند. در سایر صنایع نیز به تدریج برای افزایش راندمان، بالابردن کیفیت و ایجاد یکنواختی در جوش و همچنین کاهش هزینه‌ها به منظور کاهش نیروی انسانی، استفاده از این فناوری مورد توجه قرار گرفت. جوشکاری مخازن و جوش انواع تجهیزات صنعت نفت و گاز، ساخت انواع لوله و برخی اتصالات و ... در کارخانه‌ها و کارگاه‌ها نمونه‌های دیگری از این فناوری می‌باشند.

اگرچه تجهیزات و روش‌های جوش‌اتومات لوله و اتصالات شباهت زیادی به تجهیزات و روش‌های جوشکاری درخطوط تولید اتومبیل سازی دارند، اما یک تفاوت اساسی بین این دو فرایند وجود دارد. در جوشکاری خط تولید اتومبیل همه جوش‌ها یکبار در سیستم پردازش دستگاه جوش تعریف می‌شوند و روبات جوشکاری با یک سری جوشکاری‌های مشابه سروکارخواهد داشت، اما در خط تولید اسپول، قطعاتی که باید جوشکاری شوند، دارای تنوع زیادی می‌باشند و نمی‌توان برنامه همه جوشکاری‌ها را از قبل به سیستم داد. بنابراین در اینجا به تجهیزاتی نیاز داریم که هوشمندتر از نمونه تجهیزات خط تولید اتومبیل باشند.برای ماشینی و درنهایت اتومات کردن فرایندجوشکاری دستی باید به بخش‌های زیر توجه نمود:

بخش‌اول: جوش اتوماتیک مورد استفاده در خط انتقال و پایپینگ حوزه نفت و گاز را به می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود: در دسته اول دستگاه جوش ثابت است و قطعه/تجهیز حرکت می‌کند یا چرخانده می‌شود. جوشکاری اتومات لوله و اتصالات در کارگاه اسپول‌سازی نمونه‌ای از این نوع جوشکاری می‌باشد. در این روش جوشکاری، ازیک بازوی روباتیک که به وسیله سیستم پردازش‌گر کنترل می‌شود، برای حرکت دادن و کنترل torch جوشکاری استفاده می‌شود. در بخش پردازشگر از انواع سیستم‌های کنترل خطی می‌توان استفاده نمود. در بخش مشعل جوشکاری با توجه به WPS امکان انتخاب روش‌های متفاوتی وجود دارد. این دوبخش را در ادامه بیشتر بررسی می‌کنیم. در دسته دوم قطعه/تجهیز ثابت بوده و دستگاه جوش حرکت می‌کند یا چرخانده می‌شود. جوشکاری خطوط لوله[خطوط انتقال] در حالتی که دستگاه جوش حول لوله می‌چرخد، نمونه‌ای از این نوع جوشکاری می‌باشد. این نوع جوشکاری که با نام Orbital نیز شناخته می‌شود به دلیل تغییر موقعیت جوشکاری حول لوله و مشکلات استانداردی، دارای مکانیزم پیچیده‌تری نسبت به دسته اول می‌باشد. در این بخش هدف ما صرفاً معرفی جوشکاری لوله به منظور ورود به مبحث جوشکاری اتومات می‌باشد و به صورت مشخص جوشکاری با دستگاه جوش ثابت را بررسی خواهیم کرد و به جوش اوربیتال نخواهیم پرداخت.

بخش دوم: یکی از با اهمیت‌ترین بخش‌های مرتبط با جوش اتوماتیک، انتخاب روش جوشکاری توسط ربات یا به عبارت دیگر شبیه‌سازی جوشکار توسط روبات می‌باشد. زیرا هدف از بکارگیری جوش اتوماتیک افزایش راندمان ضمن بهبود کیفیت جوش یا حداقل ثابت نگه داشتن کیفیت جوش می‌باشد. در جوشکاری اتوماتیک فناوری‌های متعددی معرفی شده‌اند، هرکدام از این فناوری‌ها دارای محاسن و معایبی می‌باشند. در ساده‌ترین روش از یک دستگاه جوش که به صورت ثابت قرار گرفته استفاده می‌شود. در این روش با توجه به شرایط خاص پاس ریشه، امکان جوشکاری مناسب این بخش وجود ندارد و غالباً پاس ریشه توسط دست[روش نیمه خودکار] انجام می‌شود و پاس میانی و پاس نهایی[Cap] توسط دستگاه اجراء می‌گردد. در این روال اگرچه به میزان قابل توجهی سرعت افزایش می‌یابد اما پاس ریشه گلوگاه محسوب شده و سرعت نهایی را کاهش می‌دهد. برای حل این مشکل فناوری‌های مختلفی معرفی شده‌اند.

بخش‌سوم: مکانیزم بازوی جوشکاری از بخش‌های با اهمیت جوشکاری محسوب می‌شود. خود بازو از یک مکانیزم با فناوری معمول ساخته می‌شود. آنچه در این بخش اهمیت دارد مکانیزم کنترل این بازو می‌باشد. این مکانیزم به صورت مشخص از سه بخش تشکیل می‌شود. بخش اول یک آشکارساز(Detector) برای تشخیص وضعیت جوشکاری می‌باشد. این بخش می‌تواند یک دوربین پیشرفته فیلم‌برداری یا تعدادی سنسور برای برداشت اطلاعات مختلف باشد. بخش دوم یک سیستم‌پردازش می‌باشد. امروزه سیستم‌های پیشرفته پردازش با سرعت بالا و قیمت مناسب، به وفور یافت می‌شود. بخش سوم مکانیزم جوش را تجهیزات مکانیکی تشکیل می‌دهندکه فرامین الکترونیکی مرکزپردازش را بعد از تبدیل به فرامین مکانیکی بر روی Torch جوشکاری اعمال می‌کنند. اگرچه سیستم‌های زیادی از سوی سازندگان مختلف در این زمینه ارائه شده‌اند. اما سیستم‌های مناسب از نظر عملکرد پایه غالبا از یکی از فناوری‌های زیر استفاده می‌کنند.

الف: استفاده ازپردازش تصویر

در این روش به صورت پیوسته توسط دوربین، از منطقه جوشکاری فیلمبرداری شده و تصاویر برداشت شده به یک سیستم پردازش تصویر (Image processing) منتقل می‌شود. در این سیستم با پردازش تصویر، اطلاعات مورد نیاز از آن استخراج می‌شود. به کمک این اطلاعات به صورت مداوم موقعیت و فاصله Torch نسبت به قطعه تغییر می‌کند. این سیستم کنترل به صورت مداوم عملیات جوش را برای بدست آوردن بهترین کیفیت و در عین حال افزایش سرعت جوشکاری، تحت کنترل خود دارد. این سیستم به صورت مداربسته، تصاویر جوشکاری منطقه جوش و همچنین اطلاعات استخراج شده را نشان می‌دهد. غالباً برای اعمال کنترل دستی و تصحیح خطاهای احتمالی سیستم اتوماتیک، می‌توان با Joystick، موقعیت تورچ جوشکاری را تغییر داد یا به وسیله صفحه کلید پارامترهای سیستم پردازش را تغییر داد. شرکت Tecnat کانادا نوعی سیستم جوش اتوماتیک بر پایه پردازش تصویر ارائه نموده است. در سیستم یاد شده به علت حذف خطاهای انسانی کیفیت جوش افزایش یافته و نیاز به تعمیر (Repair) به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و سرعت جوشکاری نیز افزایش می‌یابد. در این روش به دلیل کنترل مناسب پارامترهای جوشکاری به ویژه کنترل موقعیت تورچ، می‌توان علاوه بر لایه‌های میانی و بالایی جوش، جوش ریشه را با کیفیت مناسب به صورت اتوماتیک اجراء نمود و از کیفیت مناسب جوش نهایی مطمئن بود. البته هزینه تجهیزات در این روش کمی بالاتر از روش‌های دیگر می‌باشد و همچنین سطح آموزش، دانش و مهارت اپراتورها نیز بالاتر می‌باشد.

علاوه بر مزایای اشاره شده در این روش به دلیل کنترل فیدبک‌دار موقعیت تورچ جوشکاری نیاز به ماشین‌کاری سطح کار به حداقل می‌رسد و در مجموع سرعت Fit-up نیز افزایش می‌یابد. در این سیستم استفاده از فرایند جوش MIG/MAG و جوش زیرپودری در پاس‌های Fill و Cap امکانپذیر می‌باشد.

ب: نوسان کردن هد جوشکاری

جوشکاران با تجربه و خبره از تکنیک زیگزاگ (Weave bead) و تکنیک مستقیم (Stringer bead) به صورت همزمان و متناسب برای بدست آوردن کیفیت مناسب جوش استفاده می‌کنند. در جوشکاری اتومات برای کاهش هزینه به جای استفاده از این دو روش که نیازمند استفاده از سیستم هوشمند می‌باشد، ازتکنیک جوش نوسانی (Oscillation) استفاده می‌کنند. در این روش Torchجوشکاری مطابق برنامه ازپیش تنظیم شده توسط یک نوسان‌ساز (Oscillator) در جهت عرضی ضمن حرکت رو به جلو نوسان می‌کند. این روش باعث نفوذ کامل در پاس ریشه و افزایش کیفیت در پاس‌های دیگر می‌شود. در واقع نوسان تورچ باعث می‌شود که ماده پرکننده به صورت یکنواخت به داخل منطقه جوشکاری نفوذ نماید، ضمن آنکه از گیرکردن احتمالی مفتول جوشکاری در داخل شکاف جلوگیری می‌شود. شرکت Gullco کانادا یکی از شرکت‌هایی است که این فناوری را ارائه می‌نماید، مطابق تاییدیه این شرکت پاس ریشه مطابق استاندارد و آزمون‌های بازرسی جوش انجام و جوش نهایی در محدوده قابل قبول و با کیفیت خوب می‌باشد. این شرکت برای افزایش کیفیت جوش پیشنهاد می‌کند که در زمان جوشکاری لوله، محل جوشکاری از داخل توسط پشت بند سرامیکی پوشیده شود، با استفاده از این روش کمکی، کیفیت جوشکاری به میزان قابل توجهی افزایش یافته و سرعت جوشکاری نیز افزایش می‌یابد. بنابراین جوش اتومات به خوبی با جوش دستی رقابت می‌کند.

» اهمیت برش و پخ‌زنی

اگرچه آماده‌سازی سطح کار برای هر نوع جوشکاری لازم می‌باشد، اما غالباً در جوش دستی امکان تنظیم جوش به نحوی وجود دارد که اگر آماده‌سازی کامل صورت نگرفته باشد، می‌توان هنگام جوشکاری به نحوی این مشکل را برطرف نمود. برخی از شرکت‌های سازنده تجهیزات جوشکاری اتوماتیک نظیر Tecnar ادعا می‌کنند که سیستم جوشکاری آنها کاملاً مشابه سیستم دستی بر این مشکل فائق می‌آید. اما با نگاه دقیق‌تر به مسئله آماده‌سازی سطح کار (Facing, Beveling) می‌بینیم که آماده‌سازی سطح کار در بالابردن سرعت عملیات جوشکاری تاثیر زیادی دارد. از طرف دیگر با آماده‌سازی سطح کار ضمن کم شدن میزان استفاده مواد مصرفی، کیفیت جوش افزایش یافته و کاملاً یکنواخت می‌شود.

برای آماده سازی سطح کار روش‌های بسیار متعددی وجود دارد. برخی از روش‌ها نظیر Oxyfuel یا پلاسما ضمن داشتن هزینه قابل توجه، ممکن است پرداخت مناسبی به سطح کار ندهند[البته باید توجه کرد برخی شرکت‌ها تجهیزاتی برای روش‌های اشاره شده نظیر پلاسما با عنوان High Definition ارائه می‌کنند که ضمن سرعت بالا، کیفیتی درحد کیفیت ماشین کاری ایجاد می‌کنند] . در این میان استفاده از روش Cold Cutting[Facing] می‌تواند کیفیت مناسب‌تری را ارائه نماید. ماشین‌آلات برش‌کاری و پرداخت به تنهائی دارای تنوع زیادی می‌باشند، اما به نظر می‌رسد فناوری‌های خاصی که ویژه پخ‌زنی و پرداخت لوله

شکل ۱۴ :
نمونه‌ای از دستگاه برش و پخ‌زنی

ابداع شده‌اند، کیفیت بهتری در بر داشته و کار با آنها ساده‌تر باشد. یکی از انواع مناسب این ماشین‌آلات ساخت شرکت Gerima می‌باشد که تصویر آن را در شکل ۱۴ مشاهده می‌کنید. با وجود کیفیت خوب و سرعت بالای این دستگاه برای ضخامت‌های کم، پخ‌زنی ضخامت‌های بالا، وقت‌گیر و غیر اقتصادی است و باید از روش‌های دیگر استفاده کرد.

» Fit up

مشابه قسمت قبل Fit-up نیز فعالیتی است که در هردو نوع جوشکاری دستی و اتومات کاربرد دارد. نکته‌ای که در جوشکاری اتوماتیک باید به آن دقت شود این است که در جوشکاری دستی غالباً سرعت Fit-up از سرعت جوشکاری بیشتر است اما در جوشکاری اتوماتیک سرعت جوشکاری بیش از سرعت Fit-up می‌باشد. به همین دلیل در این نوع جوشکاری باید تعداد گروه‌های/ایستگاه‌های Fit-Up به نحوی انتخاب گردد که این بخش برای کل فرایند گلوگاه تشکیل ندهد. ازطرف دیگر معمولاً سعی می‌شود Fit-Up نیز به صورت نیمه اتومات انجام شود.

» روش جوشکاری

فرایندها و تجهیزات متعددی در طول یک قرن گذشته برای جوشکاری ابداع شده است. انواع روش‌های جوشکاری متناسب با نوع کاربرد، جنس فلزپایه[یا در برخی موارد غیرفلز] ، محیط و موقعیت جوشکاری، کیفیت و سرعت مورد نیاز و شرایط اختصاصی، ابداع شده‌اند. در این مبحث فقط به فرایندهایی اشاره می‌کنیم که در صنعت نفت و گاز کاربرد دارند یا در واقع کاربرد بیشتری دارند. به صورت خلاصه فرایندهای اصلی مورد استفاده در این صنعت عبارتند از:

۱- جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود روکشدار [SMAW]
۲- جوشکاری با گازمحافظ و الکترود مصرف نشدنی [GTAW یا TIG]
۳- جوشکاری با گازمحافظ و الکترود مصرف شدنی نظیر [MIG/MAG]

روش‌های دیگر نظیر جوشکاری مقاومتی (ERW) در فرایند ساخت لوله‌های نفت و گاز کاربرد دارند، روش‌های جوشکاری با گازسوختی (OFGW) اگرچه استاندارد می‌باشد، اما به دلیل برخی نواقص، توصیه نمی‌شود. سایر روش‌های خاص جوشکاری نیز مرتبط با موضوع این مقاله نمی‌باشند. سفیرلیسه

ادامه‌دارد

منابع

1: www.aws.org, www.csa.ca, 2: www.esabna.com, 3: www.ge.com/inspectiontechnologies
4: www.kobelcowelding.com
5: Audel™ Pipefitter's and Welder's Pocket Manual, Charles N. McConnell, Wiley Publishing, 2003
5: www.lincolnelectric.com, 6: www.twi.co.uk