

جوشکاری در زیر آب

گردآوری و تنظیم :

مهندس احسان راستگو

Civilbooks.blogfa.com

چکیده:

جوشکاری زیر آب از زمان جنگ جهانی دوم هنگامی که کشتی‌های خسارت دیده باید سریعاً در آب تعمیر می‌شدند به وجود آمد. بیرون آوردن کشتی برای تعمیر کردن آن، هم اکنون هم بسیار هزینه بر است و صرفه اقتصادی ندارد.

جوشکاری زیر آب به دو صورت انجام می‌شود: جوشکاری خشک و مرطوب. اثرات منفی جوشکاری مرطوب عبارتند از ترک خوردگی هیدروژنی، افت شدید دما که باعث تغییرات ساختاری و متالورژیکی می‌شود و همچنین اکسیژن با عناصر آلیاژی ترکیب می‌شود و اکسید این آلیاژها در آب حل می‌شوند. جوشکاری خشک در یک اتاقک در داخل آب انجام می‌گیرد و داخل اتاقک هوای فشرده وجود دارد که فشار داخل و خارج اتاقک را بالانس می‌کند. اتاقک‌ها را دو تکه می‌سازند و داخل آب، و روی قطعه مورد نظر دو تکه را به هم وصل می‌کنند. یک لوله رابط بین کشتی و اتاقک است و وسایل مورد نیاز را به وسیله این لوله به اتاقک می‌فرستند. این روش برای اولین بار در آمریکا انجام گرفت اما چون بسیار پرهزینه و وقت گیر است دانشمندان سعی می‌کنند مشکلات جوشکاری مرطوب را حل کنند چون سریعتر و ارزانتر است. وسایل ایمنی همان وسایل ایمنی جوشکاری روی خشکی است بعلاوه وسایل غواصی.

جوشکاری زیر آب با صنعت نفت و گاز گره خورده است.

x مقدمه:

بیش از يك صد سال است که قوس الکتریکی در جهان شناخته شده و بکار گرفته می شود. اما اولین جوشکاری زیر آب توسط نیروی دریایی بریتانیا انجام شد- در آن زمان يك کارخانه کشتی سازی برای آب بند کردن نشت های موجود در پرچ های زیر کشتی که در آب واقع شده بود از جوشکاری زیر آبی بهره گرفت. در کارهای تولیدی که در زیر آب انجام می پذیرد، جوشکاری زیر آبی يك ابزار مهم و کلیدی به شمار می آید. در سال 1946 الکتروده های ضد آب ویژه ای توسط وان در ویلیجن¹ در هلند توسعه یافت. سازه های فرا ساحلی از قبیل دکل های حفاری چاه های نفت، خطوط لوله و سکوهایی ویژه ای که در آب ها احداث می شوند، در سالهای اخیر به طرز چشمگیری در حال افزایش اند. بعضی از این سازه ها نواقصی را در عناصر تشکیل دهنده اش و یا حوادث غیر مترقبه از قبیل طوفان تجربه خواهند کرد. در این میان هرگونه روش بازسازی و مرمت در این گونه سازه ها مستلزم استفاده از جوشکاری زیر آبی است.

شاید بسیاری از مردم جوشکاری زیر آب را بسیار عجیب می پندارند چون ماهیت آن را از آتش می دانند. ولی جوشکاری ماهیت قوس الکتریکی دارد و روشن شدن آن زیر آب کار عجیبی نیست. برای جوشکاری در خشکی، هوا یونیده می شود و در آب، بخار آب یونیزه می شود.



x طبقه بندی:

جوشکاری زیر آبی را می توان در دو دسته طبقه بندی کرد:

1. جوشکاری مرطوب
2. جوشکاری خشک

در روش جوشکاری مرطوب، عملیات جوشکاری در زیر آب اجرا شده و مستقیماً با محیط مرطوب سرو کار دارد. در روش جوشکاری خشک، يك اتاقك خشك در نزدیکی محلی که می بایستی جوشکاری شود ایجاد شده و جوشکار کار خود را با قرار گرفتن در داخل اتاقك انجام می دهد.

x جوشکاری مرطوب:

نام جوشکاری مرطوب حاکی از آن است که جوشکاری که در زیر آب صورت می پذیرد، مستقیماً در معرض محیط مرطوب قرار دارد. در این روش از جوشکاری از نوعی الکتروده ویژه استفاده می شود و جوشکاری به صورت دستی درست مانند همان جوشکاری که در فضای بیرون آب انجام می شود، صورت می گیرد. آزادی عملی که جوشکار در حین

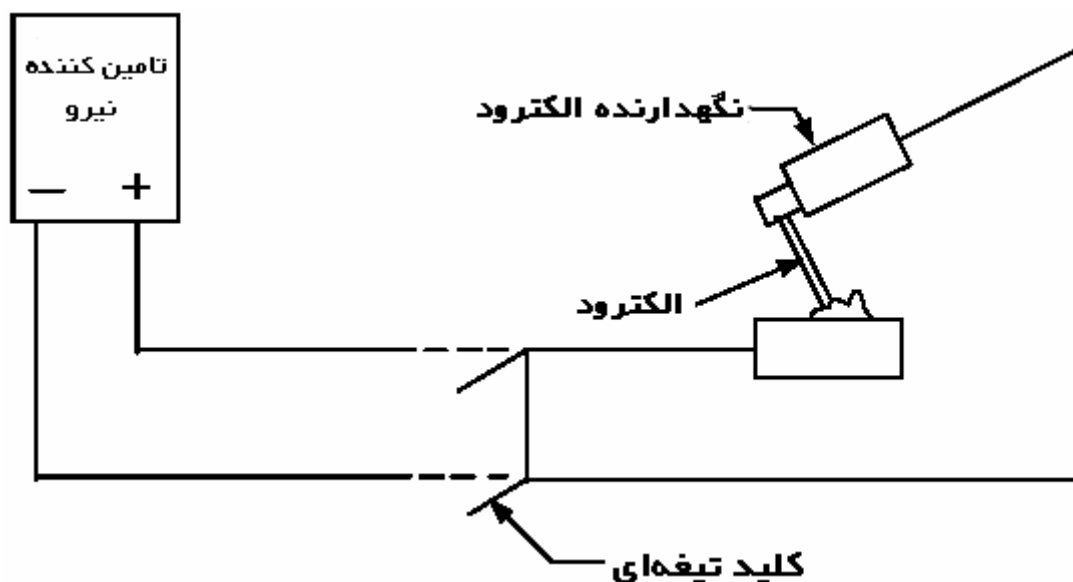
جوش کاری از این روش دارد، جوشکاری مرطوب را موثر تر و به روشی کارا و از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه کرده است. تامین کننده نیروی جوشکاری روی سطح مستقر شده است و توسط کابل ها و شیلنگ ها به غواص یا جوشکار متصل می شود.

در جوشکاری مرطوب MMA (جوشکاری قوس فلزی دستی)² دو مشخصه زیر بکار گرفته می شود:

تامین کننده نیرو: dc

قطبیت: قطبیت منفی

اگر از جریان DC و قطب + استفاده شود، برقکافت روی داده و سبب خرابشدگی و از بین رفتن سریع اجزاء فلزی نگهدارنده الکتروود می شود. برای جوشکاری مرطوب از جریان AC نیز به دلیل عدم امنیت کافی و وجود مشکلاتی که در حفاظت از قوس در زیر آب وجود دارد، استفاده نمی شود.

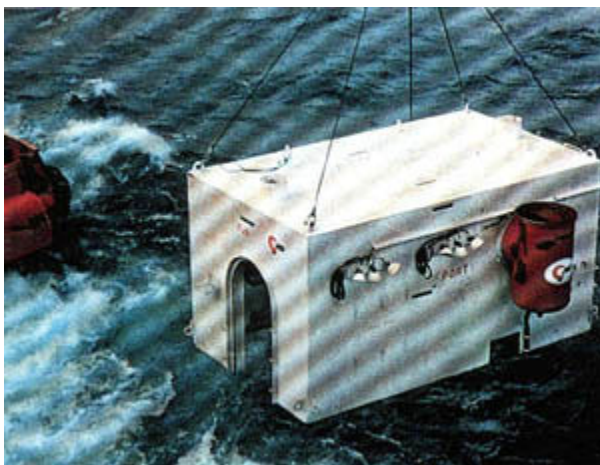


منبع تغذیه می بایستی یک دستگاه جریان مستقیم که دارای رده بندی آمپر بین 300 تا 400 است، باشد. دستگاههای جوشکاری ژنراتور موتور اغلب برای جوشکاری مرطوب مورد استفاده قرار می گیرد. پیکره دستگاه جوشکاری می بایستی در پایین، زیر کشتی قرار داده شده باشد. مدار جوشکاری می بایستی شامل نوعی سوئیچ مثبت باشد که معمولاً از یک کلید تیغه ای استفاده می شود و از جوشکار غواص فرمان می گیرد. کلید تیغه ای در مدار الکتروود می بایستی در تمام طول جوشکاری در برابر شکسته شدن مقاوم باشد و نیز از امنیت کافی برخوردار باشد. منبع تغذیه جوشکاری می بایستی در حین فرایند جوشکاری تنها به نگهدارنده الکتروود وصل باشد. در این روش از جریان مستقیم همراه با الکتروود منفی و نیز از نگهدارنده الکتروود ویژه ای که در برابر آب عایق هستند استفاده می شود. نگهدارنده های الکتروود جوشکاری که در زیر آب بکار گرفته می شوند از یک سر خمیده برای گرفتن الکتروود و نگه داشتن آن در خود بهره می برند و ظرفیت پذیرش دو نوع الکتروود را دارد.

نوع الکتروودی که به کار گرفته می شود بر طبق استاندارد AWS (انجمن جوشکاری آمریکا)³ در طبقه بندی E6013 قرار گرفته است. این الکتروود ها می بایستی ضد آب باشند و تمامی اتصالات نیز باید طوری عایق بندی شده باشد که آب نتواند با قسمت های فلزی کوچکترین تماسی داشته باشد. اگر عایق بندی شکستگی داشته باشد و یا قسمتی از آن ترک داشته باشد، آنگاه آب می تواند با فلز رسانا تماس پیدا کرده، موجب ایجاد نقص و در نهایت کار نکردن قوس شود. به علاوه اینکه ممکن است خوردگی سریع مس در قسمتی که عایق ترک خورده است، ایجاد شود.

× جوشکاری بیش فشار⁴(جوشکاری خشک):

جوشکاری بیش فشار در اتاقک های پلمپ شده در اطراف سازه یا قطعه ای که می خواهد جوشکاری شود، استفاده می شود. این اتاقک در یک فشار معمولی پر از گاز می شود (که معمولاً از هلیوم حاوی نیم بار⁵ اکسیژن است). این جایگاه روی خطوط لوله قرار گرفته و با هوایی مخلوط از هلیوم و اکسیژن که قابل تنفس باشد پر شده و در فشاری که جوشکاری آنجا صورت می پذیرد و یا فشاری بیشتر از آن اجرا می شود. در این روش در اتصالات جوش بسیار با کیفیتی ایجاد می شود به طوری که با اشعه ایکس و دیگر تجهیزات لازم ایجاد می شود. فرایند جوشکاری قوس گاز تنگستن در این قسمت بکار گرفته خواهد شد. محوطه زیر جایگاه در معرض آب قرار دارد. بنابراین جوشکاری در محل خشکی صورت گرفته ولی در فشار هیدرو استاتیکی آب دریا که در محیط مجاور آن قرار دارد.



x خطرات بغرنج :

برای غواص یا جوشکار خطر شك الكتریک وجود خواهد داشت. اقدامات احتیاطی که انجام شده اند عبارتند از عیق بندی مناسب و در حد کافی تجهیزات جوشکاری، بسته شدن منبع الکتریسیته درست زمانی که قوس به پایان می رسد و نیز محدود کردن ولتاژ جوشکاری قوس فلزی دستی در مدار باز دستگاه جوشکاری. خطر دیگر تولید شدن هیدروژن و اکسیژن در جوشکاری مرطوب توسط قوس است.

اقدام های احتیاطی می بایستی در مورد بلند کردن کپسول های گاز نیز رعایت شود. به این دلیل که آنها به صورتی بالقوه توانایی زیادی برای منفجر شدن دارا هستند. خطر بعدی ای که سلامت یا جان جوشکار را تهدید می کند نیتروژنی است که در فشار زیاد در معرض هوا قرار گرفته و می تواند به وی آسیب برساند. اقدامات احتیاطی شامل فراهم آوری يك منبع گاز یا هوای اضطراری می شود که در کنار غواص قرار گرفته است و نیز اتاقك فشار زدایی برای جلوگیری از خفگی توسط نیتروژن که بعد از اشباع شدن روی سطح پخش می شود.

در سازه هایی که از جوشکاری مرطوب زیر آب استفاده می کنند، بازرسی بعد از جوشکاری ممکن است بسیار مشکل تر از جوشکاری هایی باشد که در محیط بیرون و در معرض هوا انجام می پذیرد. اطمینان از بی نقص بودن چنین جوشکاری هایی به مراتب اهمیت بیشتری پیدا کرده و در واقع احتمال اینکه عیب و کاستی ناشناخته ای پدیدار شود، وجود دارد.

x مزایای جوشکاری خشك:

1. ایمنی غواص - جوشکاری در يك اتاقك صورت گرفته که موجب مصون ماندن جوشکار از جریانات اقیانوسی و یا احتمالاً موجودات دریایی می شود. این جایگاه خشك و گرم از روشنایی مطلوبی برخوردار بوده و از سیستم کنترل محیط خاصی نیز بهره می گیرد(ESC)⁶.

2. کیفیت خوب جوش - این روش توانایی ایجاد جوش هایی را دارد که حتی می توان آن را با جوش های موجد در فضای باز و در مجاورت هوا مقایسه کرد. دلیل این امر اینست که دیگر آبی وجود ندارد که بخواهد جوش را خاموش و یا قطع کند. و نیز اینکه میزان هیدروژن (H_2) تولیدی آن خیلی کمتر از جوشکاری های مرطوب است.

3. کنترل سطح - آماده سازی اتصال، همترازی لوله، بررسی آزمایش ضد مخرب (NDT)⁽⁷⁾ و غیره به صورت عینی کنترل و تنظیم می شوند.

4. آزمون غیر مخرب (NDT) - آزمون غیر مخرب برای محیط خشک جایگاه تسهیل شده است.

× معایب جوشکاری خشک :

1. اتافک یا جایگاه جوشکاری تجهیزات پیچیده و خدمات پشتیبانی زیادی را مستلزم می داند و خود اتافک به طرز غیر متعارفی پیچیده است.

2. هزینه و ارزش مالی این اتافک به صورت قابل ملاحظه ای بالا بوده و بسته به عمق محل کار هزینه آن افزایش می یابد. عمق محل جوشکاری در کار تاثیر می گذارد، طوری که در اعماق بیشتر جمع کردن قوس و استفاده از ولتاژهای بالاتر و متناسب با آن لازم و ضروری می باشد. انجام یک کار جوشکاری بدین شکل هزینه ای بالغ بر 80000 دلار دارد. و نیز گاهی اوقات نمی توان از یک اتافک برای چند کار مختلف استفاده کرد، که البته این مشکل بستگی به نوع کارها و میزان تفاوت آنها دارد.

× مزایای جوشکاری مرطوب:

جوشکاری مرطوب که در زیر آب به صورت دستی صورت می گیرد، در مرمت و بازسازی سازه های فراساحلی در سالهای اخیر به سرعت در حال رشد و گسترش است.

از جمله فواید جوشکاری مرطوب می توان به موارد زیر اشاره کرد:

1. چند کاره بودن و داشتن هزینه کمتر در جوشکاری مرطوب باعث شده که میل و اشتیاق بیشتری به این روش وجود داشته باشد.

2. برخورداری از سرعت مناسب در هنگام اجرای طرح از دیگر مزایای این روش است.

3. در مقایسه با جوشکاری خشک هزینه کمتری دارد.

4. در این روش جوشکار می تواند به قسمت هایی از سازه های فرا ساحلی دسترسی داشته باشد که با استفاده از روش های دیگر قابل جوشکاری نیست.

5. احتیاج به هیچ نوع محصور سازی نبوده و بنابراین زمانی نیز برای آن تلف نخواهد شد. تجهیزات و دستگاههای استاندارد مرسوم به آسانی قابل استفاده است. به وسایل زیادی هم برای انجام يك کار جوشکاری مورد نیاز نیست.

x معایب جوشکاری مرطوب:

اگر چه جوشکاری مرطوب کاربرد گسترده ای پیدا کرده است ولي همچنان از وجود نواقصي رنج مي برد، از آن جمله مي توان به موارد زیر اشاره کرد:

1. آبدیدگی سریع فلز جوشکاری- دلیل این آبدیدگی آبی است که در اطراف آن وجود دارد. اگرچه آبدیدگی نیروی تنش پذیری را در جوشکاری افزایش می دهد ولي میزان کش پذیری و موثر بودن جوش را کاهش داده، سختی و وزن داری آن را بالا می برد.

2. تولید زیاد هیدروژن- حجم بسیار زیادی از هیدروژن در منطقه جوشکاری ایجاد می شود که بر اثر تفکیک بخار آب در منطقه قوس به وجود آمده است. H_2 موجود در محیط تحت تاثیر گرما (HAZ) ⁽⁸⁾ در فلز جوشکاری حل می شود که باعث ایجاد ترک خوردگی و شکاف های میکروسکوپی می شود.

3. از دیگر معایب آن دید پذیری کم است. گاهی اوقات جوشکار نمی تواند به درستی منطقه مورد نظر را جوش دهد.

x نحوه عملکرد جوشکاری مرطوب

پروسه ی جوشکاری مرطوب در زیر آب طی مراحل زیر صورت می پذیرد:

قطعه کاری که قرار است جوش داده شود به يك طرف مدار الکتریکی متصل بوده و الکترود فلزی در طرف دیگر مدار. این دو قسمت از مدار (الکترود و قطعه کار) کمی به یکدیگر نزدیک شده ولي بعد از مدتی از یکدیگر فاصله می گیرند. در حین نزدیک شدن الکترود به قطعه کار، جریان الکتریکی وارد شکاف شده و باعث ایجاد يك جرقه الکتریکی پایستار می شود (قوس) و باعث ذوب شدن فلز در آن ناحیه و شکل گرفتن حوضچه جوش می شود. در این زمان، نوک الکترود ذوب شده و ذره های کوچک فلز در حوضچه مذاب جمع می شود. در طول این عمل جریان مذابی، نوک الکترود را پوشش داده و روکش الکترود گاز محافظ را ایجاد می کند. که موجب استحکام بخشیدن به قوس شده و همان

طور که گفته شد از جریان فلز مذاب محافظت می کند. قوس در يك منطقه حفره مانند ذوب می شود و جوش را پدیدار می سازد.

x پیشرفت های حاصل در زمینه جوشکاری در زیر آب:

مدت های مدیدی جوشکاری مرطوب به عنوان يك تکنیک جوشکاری، در زیر آب مورد استفاده قرار می گرفته و هنوز هم این روش مرسوم است. اخیراً با پیشرفت هایی که در زمینه ساخت سازه های فرا ساحلی صورت گرفته، اهمیت جوشکاری زیر آبی را به طرز پیش بینی شده ای بالا برده است. این امر منجر به توسعه یافتن روش های جوشکاری دیگر از قبیل جوشکاری سایشی⁹، جوشکاری انفجاری¹⁰ و جوشکاری عمودی¹¹ شده است که هم اکنون مطالب قابل قبول و کافی در این زمینه برای ارائه وجود ندارد.

x گستره ی پیشرفت های آینده:

جوشکاری قوس فلزی دستی مرطوب همچنان برای نوسازی و احیاء سازه های زیر آبی مورد استفاده قرار می گیرد اما کیفیت آن کافی نبوده و مستعد شکست هیدروژنی می باشد از این رو جوشکاری های بیش فشار خشک کیفیت بهتری نسبت به جوشکاری های مرطوب دارند. امروزه گرایش و رویه میل به سوی اتوماسیون دارد. THOR-1¹² یا ربات تحت کنترل مدار بیش فشار که از گاز بی اثر تنگستن استفاده می کند، توسعه بخشیده شد تا در جاهایی که غواص عملیات لوله کشی و نصب خط لوله را انجام می دهد، بقیه پروسه کار را بر عهده گیرد. □

پي نوشت:

1. **Van der Willigen**
2. **Manual Metal Arc Welding (MMA)**
3. **American Welding Society (AWS)**
4. خشك نگه داشتن محفظه تحت فشار زياد
5. بار (Bar) واحد فشار بوده و هر يك بار برابر با يك ميليون dynes در سانتيمتر مربع است.
6. **Environmental Control System (ECS)**
7. **Non-Destructive Testing (NDT)**
8. **Heat Affected Zone (HAZ)**
9. **Friction Welding**
10. **Explosive Welding**
11. **Stud Welding**
12. **THOR – 1 (TIG Hyperbaric Orbital Robot)**

گردآوری و تنظيم :

مهندس احسان راستگو

Civilbooks.blogfa.com