جوشكاري در زير آب

نويسنده: Amit Mukund Joshi (Mechanical Engineer)
مترجم: محمد رفيعي دانشجوي رشته كارشناسي مكانيك دانشگاه آزاد اسلامی اراک
Email: MRafiee85@yahoo.com

➢ مقدمه

بيش از يك صد سال است كه قوس الكتريكي در جهان شناخته شده و بكار گرفته مي شود. اما اولين جوشكاري زير آب توسط نيروي دريايي بريتانيا انجام شد- در آن زمان يك كارخانه كشتي سازي براي آب بند كردن نشت هاي موجود در پرچ هاي زير كشتي كه در آب واقع شده بود از جوشكاري زير آبي بهره گرفت. در كارهاي توليدي كه در زير آب انجام مي پذيرد، جوشكاري زير آبي يك ابزار مهم و كليدي به شمار مي آيد. در سال 1946 الكترود هاي ضد آب ويژه اي توسط *وان در ويليجن(1)* در هلند توسعه يافت. سازه هاي فرا ساحلي از قبيل دكل هاي حفاري چاه هاي نفت، خطوط لوله و سكوهاي ويژه اي كه در آب ها احداث مي شوند، در سالهاي اخير به طرز چشمگيري در حال افزايش اند. بعضي از اين سازه ها نواقصي را در عناصر تشكيل دهنده اش و يا حوادث غير مترقبه از قبيل طوفان تجربه خواهند كرد. در اين ميان هرگونه روش بازسازي و مرمت در اين گونه سازه ها مستلزم استفاده از جوشكاري زير آبي است.

➢ طبقه بندي

جوشكاري زير آبي را مي توان در دو دسته طبقه بندي كرد:

1. جوشكاري مرطوب
2. جوشكاري خشك

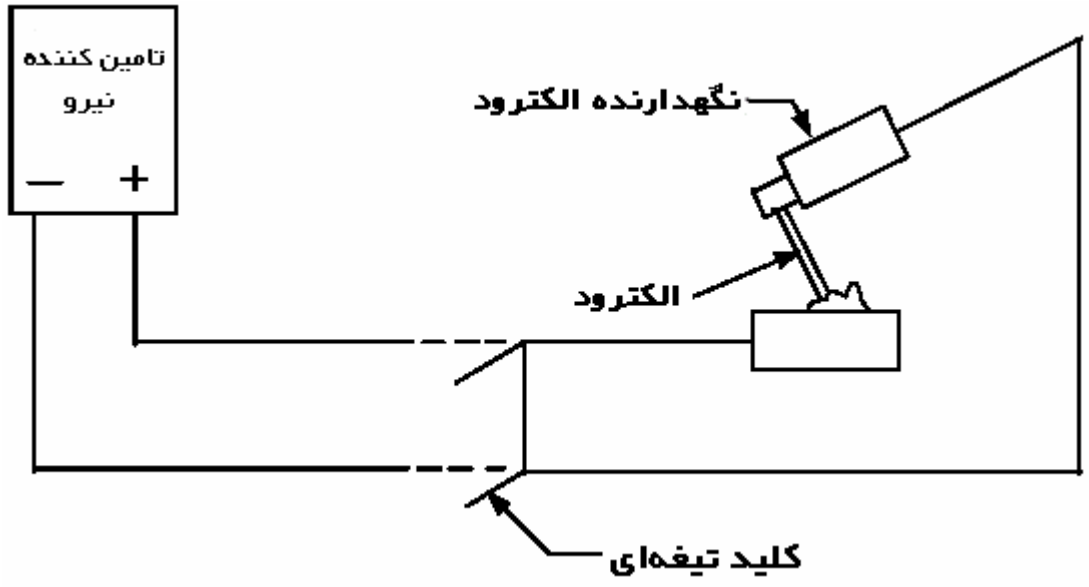
در روش جوشكاري مرطوب، عمليات جوشكاري در زير آب اجرا شده و مستقيماً با محيط مرطوب سرو كار دارد. در روش جوشكاري خشك، يك اتاقك خشك در نزديكي محلي كه مي بايستي جوشكاري شود ايجاد شده و جوشكار كار خود را با قرار گرفتن در داخل اتاقك انجام مي دهد.

➢ جوشكاري مرطوب:

نام جوشكاري مرطوب حاكي از آن است كه اين نوع جوشكاري در زير آب صورت پذيرفته و مستقيماً در تماس با محيط مرطوب قرار دارد. در اين روش از جوشكاري از نوعي الكترود ويژه استفاده شده و جوشكاري به صورت دستي درست مانند همان جوشكاري كه در فضاي بيرون آب انجام مي شود، صورت مي گيرد. آزادي عملي كه جوشكار در حين جوش كاري در اين روش دارد، جوشكاري مرطوب را موثر تر و به روشي كارا و از نقطه نظر اقتصادي ،مقرون به صرفه كرده است. تامين كننده نيروي جوشكاري روي سطح مستقر شده است و توسط كابل ها و شيلنگ ها به غواص يا جوشكار متصل مي شود.
در جوشكاري مرطوب MMA (جوشكاري قوس فلزي دستي)*(2)* دو مشخصه زير بكار گرفته مي شود:

تامين كننده نيرو: dc
قطبيت: منفي

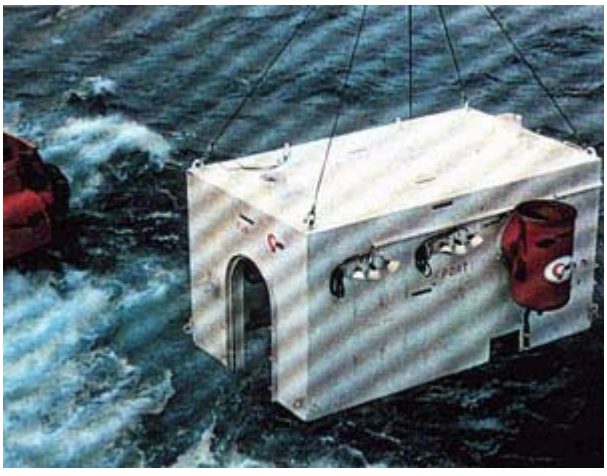
اگر از جريان DC و قطب + استفاده شود، برقكافت روي داده و سبب خرابشدگي و از بين رفتن سريع اجزاء فلزي نگهدارنده الكترود مي شود. براي جوشكاري مرطوب از جريان AC نيز به دليل عدم امنيت كافي و وجود مشكلاتي كه در حفاظت از قوس در زير آب وجود دارد، استفاده نمي شود.



منبع تغذيه مي بايستي يك دستگاه جريان مستقيم كه داراي رده بندي آمپر بين 300 تا 400 است، باشد. دستگاههاي جوشكاري ژنراتور موتور اغلب براي جوشكاري مرطوب مورد استفاده قرار مي گيرد. پيكره دستگاه جوشكاري مي بايستي در پايين، زير كشتي قرار داده شده باشد. مدار جوشكاري مي بايستي شامل نوعي سوئيچ مثبت باشد كه معمولاً از يك كليد تيغه اي استفاده مي شود و از جوشكار غواص فرمان مي گيرد. كليد تيغه اي در مدار الكترود مي بايستي در تمام طول جوشكاري در برابر شكسته شدن مقاوم باشد و نيز از امنيت كافي برخوردار باشد. منبع تغذيه جوشكاري مي بايستي در حين فرايند جوشكاري تنها به نگهدارنده الكترود وصل باشد. در اين روش از جريان مستقيم همراه با الكترود منفي و نيز از نگهدارنده الكترود ويژه اي كه در برابر آب عايق هستند استفاده مي شود. نگهدارنده هاي الكترود جوشكاري كه در زير آب بكار گرفته مي شوند از يك سر خميده براي گرفتن الكترود و نگه داشتن آن در خود بهره مي برند و ظرفيت پذيزش دو نوع الكترود را دارد.

نوع الكترودي كه به كار گرفته مي شود بر طبق استاندارد AWS (انجمن جوشكاري امريكا)*(3)* در طبقه بندي E6013 قرار گرفته است. اين الكترود ها مي بايستي ضد آب باشند و تمامي اتصالات نيز بايد طوري عايق بندي شده باشد كه آب نتواند با قسمت هاي فلزي كوچكترين تماسي داشته باشد.اگر عايق بندي شكستگي داشته باشد و يا قسمتي از آن ترك داشته باشد، آنگاه آب مي تواند با فلز رسانا تماس پيدا كرده ، موجب ايجاد نقص و در نهايت كار نكردن قوس شود. به علاوه اينكه ممكن است خوردگي سريع مس در قسمتي كه عايق ترك خورده است، ايجاد شود.

- **جوشكاري بيش فشار(4)** (جوشكاري خشك)



جوشكاري بيش فشار در اتاقك هاي پلمپ شده در اطراف سازه يا قطعه اي كه مي خواهد جوشكاري شود، استفاده مي شود. اين اتاقك در يك فشار معمولي پر از گاز مي شود (كه معمولاً از هليوم حاوي نيم بار(5) اكسيژن است). اين جايگاه روي خطوط لوله قرار گرفته و با هوايي مخلوط از هليو و اكسيژن كه قابل تنفس باشد پر شده و در فشاري كه جوشكاري آنجا صورت مي پذيرد و يا فشاري بيشتر از آن اجرا مي شود. در اين روش در اتصالات جوش بسيار با كيفيتي ايجاد مي شود به طوري كه با اشعه ايكس و ديگر تجهيزات لازم ايجاد مي شود. فرايند جوشكاري قوس گاز تنگستن در اين قسمت بكار گرفته خواهد شد. محوطه زير جايگاه در معرض آب قرار دارد. بنابراين جوشكاري در محل خشكي

صورت گرفته ولي در فشار هيدرو استاتيكي آب دريا كه در محيط مجاور آن قرار دارد، انجام مي گيرد.

- **خطرات بغرنج**

براي غواص يا جوشكار خطر شك الكتريكي وجود خواهد داشت. اقدامات احتياطي كه انجام شده اند عبارتند از عايق بندي مناسب و در حد كافي تجهيزات جوشكاري، بسته شدن منبع الكتريسيته درست زماني كه قوس به پايان مي رسد و نيز محدود كردن ولتاژ جوشكاري قوس فلزي دستي در مدار باز دستگاه جوشكاري. خطر ديگر توليد شدن هيدروژن و اكسيژن در جوشكاري مرطوب توسط قوس است.
اقدام هاي احتياطي مي بايستي در مورد بلند كردن كپسول هاي گاز نيز رعايت شود. به اين دليل كه آنها به صورتي بالقوه توانايي زيادي براي منفجر شدن دارا هستند. خطر بعدي اي كه سلامت يا جان جوشكار را تهديد مي كند نيتروژني است كه در فشار زياد در معرض هوا قرار گرفته و مي تواند به وي آسيب برساند. اقدامات احتياطي شامل فراهم آوري يك منبع گاز يا هواي اضطراري مي شود كه در كنار غواص قرار گرفته است و نيز اتاقك فشار زدايي براي جلوگيري از خفگي توسط نيتروژن كه بعد از اشباع شدن روي سطح پخش مي شود.
در سازه هايي كه از جوشكاري مرطوبِ زير آب استفاده مي كنند، بازرسي بعد از جوشكاري ممكن است بسيار مشكل تر از جوشكاري هايي باشد كه در محيط بيرون و در معرض هوا انجام مي پذيرد. اطمينان از بي نقص بودن چنين جوشكاري هايي به مراتب اهميت بيشتري پيداكرده و در واقع احتمال اينكه عيب و كاستيِ ناشناخته اي پديدار شود، وجود دارد.

- **مزاياي جوشكاري خشك**

1. **ايمني غواص –** جوشكاري در يك اتاقك صورت گرفته كه موجب مصون ماندن جوشكار از جريانات اقيانوسي و يا احتمالاً موجودات دريايي مي شود. اين جايگاه خشك و گرم از روشنايي مطلوبي برخوردار بوده و از سيستم كنترل محيط خاصي نيز بهره مي گيرد(ESC)(6).
2. **كيفيت خوب جوش –** اين روش توانايي ايجاد جوش هايي را دارد كه حتي مي توان آن را با جوش هاي موجد در فضاي باز و در مجاورت هوا مقايسه كرد. دليل اين امر اينست كه ديگر آبي وجود ندارد كه بخواهد جوش را خاموش و يا قطع كند. و نيز اينكه ميزان هيدروژن (H2) توليدي آن خيلي كمتر از جوشكاري هاي مرطوب است.
3. **كنترل سطح –** آماده سازي اتصال، همترازي لوله، بررسي تست غير مخرب (NDT)(7) و غيره به صورت عيني كنترل و تنظيم مي شوند.
4. **تست غير مخرب (NDT) –** تست غير مخرب براي محيط خشك جايگاه تسهيل شده است.

- **معايب جوشكاري خشك**

1. اتاقك يا جايگاه جوشكاري تجهيزات پيچيده و خدمات پشتيباني زيادي را مستلزم مي داند و خود اتاقك به طرز غير متعارفي پيچيده است.
2. هزينه و ارزش مالي اين اتاقك به صورت قابل ملاحظه اي بالا بوده و بسته به عمق محل كار هزينه آن افزايش مي يابد. عمق محل جوشكاري در كار تاثير مي گذارد، طوري كه در اعماق بيشتر جمع كردن قوس و استفاده از ولتاژ هاي بالتر و متناسب با آن لازم و ضروري مي باشد. انجام يك كار جوشكاري بدين شكل هزينه اي بالغ بر 80000 دلار دارد. و نيز گاهي اوقات نمي توان از يك اتاقك براي چند كار مختلف استفاده كرد، كه البته اين مشكل بستگي به نوع كارها و ميزان تفاوت آنها دارد.

- **مزاياي جوشكاري مرطوب**

جوشكاري مرطوب كه در زير آب به صورت دستي صورت مي گيرد، در مرمت و بازسازي سازه هاي فراساحلي در سالهاي اخير به سرعت در حال رشد و گسترش است.
از جمله فواید جوشكاري مرطوب مي توان به موارد زير اشاره كرد:

1. چند كاره بودن و داشتن هزينه كمتر در جوشكاري مرطوب باعث شده كه ميل و اشتياق بيشتري به اين روش وجود داشته باشد.
2. برخورداري از سرعت مناسب در هنگام اجراي طرح از ديگر مزاياي اين روش است.
3. در مقايسه با جوشكاري خشك هزينه كمتري دارد.
4. در اين روش جوشكار مي تواند به قسمت هايي از سازه هاي فرا ساحلي دسترسي داشته باشد كه با استفاده از روش هاي ديگر قابل جوشكاري نيست.
5. احتياج به هيچ نوع محصور سازي نبوده و بنابراين زماني نيز براي آن تلف نخواهد شد. تجهيزات و دستگاههاي استاندارد مرسوم به آساني قابل استفاده است . به وسايل زيادي هم براي انجام يك كار جوشكاري مورد نياز نيست.

- **معايب جوشكاري مرطوب**

اگر چه جوشكاري مرطوب كاربرد گسترده اي پيدا كرده است ولي همچنان از وجود نواقصي رنج مي برد، از آن جمله مي توان به موارد زير اشاره كرد:

1. **آبديدگي سريع فلز جوشكاري**- دليل اين آبديدگي آبي است كه در اطراف آن وجود دارد. اگرچه آبديدگي نيروي تنش پذيري را در جوشكاري افزايش مي دهد ولي ميزان كش پذيري و موثر بودن جوش را كاهش داده، سختي و روزن داري آن را بالا مي برد.
2. **توليد زياد هيدروژن-** حجم بسيار زيادي از هيدروژن در منطقه جوشكاري ايجاد مي شود كه بر اثر تفكيك بخار آب در منطقه قوس به وجود آمده است.H2 موجود در محيط تحت تاثير گرما (HAZ)(8) در فلز جوشكاري حل مي شود كه باعث ايجاد ترك خوردگي و شكاف هاي ميكروسكوپيك مي شود.
3. از ديگر معايب آن ديد پذيري كم است. گاهي اوقات جوشكار نمي تواند به درستي منطقه مورد نظر را جوش دهد

- **نحوه عملكرد جوشكاري مرطوب**

پروسه ي جوشكاري مرطوب در زير آب طي مراحل زير صورت مي پذيرد:
قطعه كاري كه قرار است جوش داده شود به يك طرف مدار الكتريكي متصل بوده و الكترود فلزي در طرف ديگر مدار. اين دوقسمت از مدار (الكترود و قطعه كار) كمي به يكديگر نزديك شده ولي بعد از مدتي از يكديگر فاصله مي گيرند. در حين نزديك شدن الكترود به قطعه كار، جريان الكتريكي وارد شكاف شده و باعث ايجاد يك جرقه الكتريكي پايستار مي شود(قوس) و باعث ذوب شدن فلز در آن ناحيه و شكل گرفتن حوضچه جوش مي شود. در اين زمان، نوك الكترود ذوب شده و ذره هاي كوچك فلز در حوضچه مذاب جمع مي شود. در طول اين عمل جريان مذابي، نوك الكترود را پوشش داده و روكش الكترود گاز محافظ را ايجاد مي كند. كه موجب استحكام بخشيدن به قوس شده و همان طور كه گفته شد از جريان فلز مذاب محافظت مي كند. قوس در يك منطقه حفره مانند ذوب مي شود و جوش را پديدار مي سازد.

- **پيشرفت هاي حاصل در زمينه جوشكاري در زير آب**

مدت هاي مديدي جوشكاري مرطوب به عنوان يك تكنيك جوشكاري، در زير آب مورد استفاده قرار مي گرفته و هنوز هم اين روش مرسوم است. اخيراً با پيشرفت هايي كه در زمينه ساخت سازه هاي فرا ساحلي صورت گرفته، اهميت جوشكاري زير آبي را به طرز پيش بيني شده اي بالا برده است. اين امر منجر به توسعه يافتن روش هاي جوشكاري ديگر از قبيل جوشكاري سايشي(9) ، جوشكاري انفجاري(10) و

جوشكاري عمودي(11) شده است كه هم اكنون مطالب قابل قبول و كافي در اين زمينه براي ارائه وجود ندارد.

➢ گستره ي پيشرفت هاي آينده

جوشكاري قوس فلزي دستي مرطوب همچنان براي نوسازي و احياء سازه هاي زير آبي مورد استفاده قرار مي گيرد اما كيفيت آن كافي نبوده و مستعد شكست هيدروژني مي باشداز اين رو جوشكاري هاي بيش فشار خشك كيفيت بهتري نسبت به جوشكاري هاي مرطوب دارند.امروزه گرايش و رويه ميل به سوي اتوماسيون دارد.THOR-1 (12) يا ربات تحت كنترل مدار بيش فشار كه از گاز بي اثر تنگستن استفاده مي كند، توسعه بخشيده شد تا در جاهايي كه غواص عمليات لوله كشي و نصب خط لوله را انجام مي دهد، بقيه پروسه كار را بر عهده گيرد.□

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)**

منابع:

1) D. J Keats, Manual on Wet Welding.
2) Annon, Recent advances in dry underwater pipeline welding, Welding Engineer, 1974.
3) Lythall, Gibson, Dry Hyperbaric underwater welding, Welding Institute.
4) W.Lucas, International conference on computer technology in welding.
5) Stepath M. D, Underwater welding and cutting yields slowly to research, Welding Engineer, April 1973.
6) Silva, Hazlett, Underwater welding with iron – powder electrodes, Welding Journal, 1971.
7) Isfahan Institute of Technology (IUT) http://www.iut.ac.ir
8) American Welding Society (AWS) http://www.AWS.com