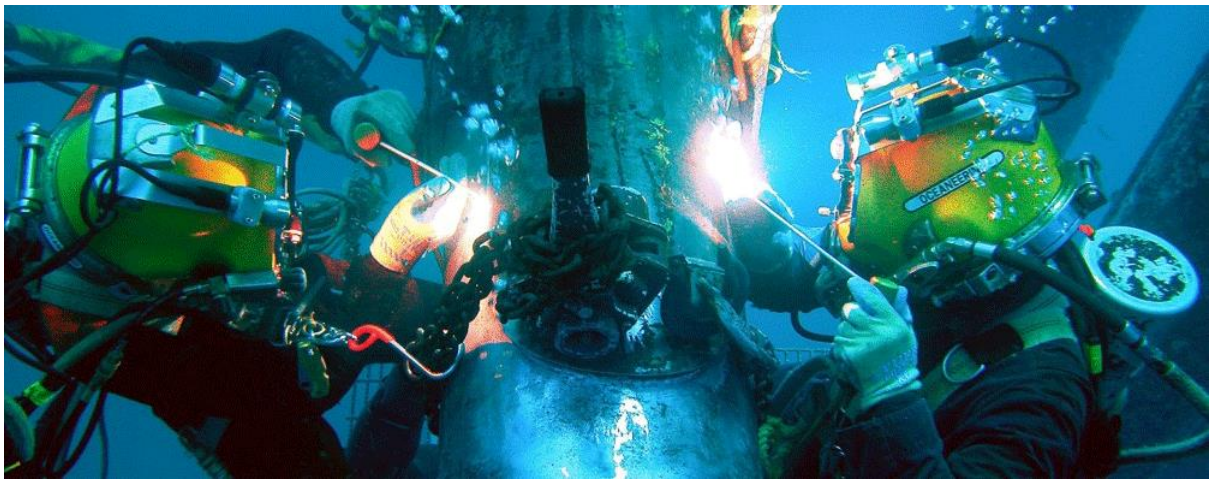
ITC
مرکز تربیت مربی
وپژوهش‌های فنی و حرفه‌ای

سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور

unesco
عضو شبکه بین المللی مراکز آموزش فنی و حرفه ای

جوشکاری قوس الکتریکی زیر آب و عیوب آن



تهیه کننده : دپارتمان جوشکاری

مرکز تربیت مربی و پژوهش‌های فنی و حرفه ای

مهر ۱۴۰۱

ITC
مرکز تربیت مربی
و پژوهش‌های فنی و حرفه‌ای

سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور

UNESCO
UNEVOC NETWORK
unesco
عضو شبکه بین المللی مراکز آموزش فنی و حرفه ای

جوشکاری قوس الکتریکی زیر آب و عیوب آن

تهیه کننده: دپارتمان جوشکاری

مرکز تربیت مربی و پژوهش های فنی و حرفه ای

سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور

رعایت اصول اخلاقی و مسئولیت صحت و دقت محتوا برعهده نویسنده / نویسندگان می باشد.

مهر ۱۴۰۱

۱- مقدمه

جوشکاری زیر آب یا Under water welding توسط دانشمند روسی به نام کنستانتین خرینوف در سال ۱۹۳۲ و در خلال جنگ جهانی دوم، هنگامی که کشتی‌های خسارت دیده به سرعت باید در آب تعمیر می‌شدند اختراع شد. بر خلاف آنچه به نظر می‌رسد جوشکاری زیر آب تفاوت چندانی با انواع روش‌های جوشکاری روی خشکی ندارد، گرچه این فرآیند از جوشکاری نیازمند مهارت بالاتری است و جوشکار باید علاوه بر مهارت جوشکاری تا حدودی با غواصی هم آشنا باشد. به‌طور کلی فناوری جوشکاری زیر آب برای ساخت و تعمیر سازه‌های دریایی که امکان انتقال آن‌ها به خشکی وجود ندارد استفاده می‌شود.

جوشکاری زیر آب به دو روش خشک و تر صورت می‌گیرد. در روش خشک، جوشکاری در زیر آب درون یک اتاقک و در معرض هوای فشرده شده صورت می‌گیرد. این روش جوشکاری هزینه بسیار بالایی دارد اما مشکلات و عیوب جوشکاری تر که مستیقما در معرض با محیط آبی و مرطوب است را ندارد.

از نقطه نظر ایمنی، جوشکاری زیر آب بسیار خطرناک‌تر از سایر موارد است. قرار گرفتن آب و الکتریسته، می‌تواند باعث ایجاد شوک الکتریکی به جوشکار شود. یکی دیگر از مشکلات این روش فشار زیاد در اعماق دریاست که در زمان‌های طولانی مدت می‌تواند برای جوشکار مشکلاتی را به‌وجود آورد.

از نقطه نظر متالوژیکی جوشکاری زیر آب با دو مشکل عمده روبرو است : ۱- سرعت سرد شدن زیاد و ۲- حساسیت به تردی هیدروژنی. تفاوت عمده جوشکاری در هوا و خشکی با جوشکاری زیر آب به انتقال حرارت متفاوت در این دو محیط بر می‌گردد. علاوه بر این، تشکیل قوس زیر آب و به واسطه آن، تجزیه هیدروژن و اکسیژن، موجب شده است تا خطر تردی هیدروژنی در این روش بسیار شایع باشد. وجود هیدروژن به تنهایی نمی‌تواند منجر به ایجاد ترک شود اما اگر تنش باقی مانده در قطعه وجود داشته باشد ترک هیدروژنی رخ خواهد داد.

۲- عیوب ناشی از سرعت سرد شدن زیاد

الف) تشکیل ساختار ترد

در جوشکاری زیر آب به علت انتقال حرارت بالا، ناحیه تحت تاثیر حرارت جوشکاری (HAZ) به سرعت سرد می‌شود. سرعت سرد شدن بالای این ناحیه منجر می‌شود تا اتم‌ها زمان کافی برای نفوذ نداشته باشند و در نتیجه ریزساختارهای ترد مانند بینیت و ماترنزیت تشکیل می‌شود در نتیجه استحکام قطعه جوش داده شده کاهش پیدا خواهد کرد.

ب) عیوب ابعادی

به علت سرعت زیاد سرد شدن و عدم فرصت کافی برای توزیع حرارت ورودی به موضع جوش و سرد شدن سریع محل جوش، انقباضی که باید در تمام قطعه پخش می‌شد، به ناچار محدود به موضع جوشکاری شده و می‌تواند منجر به بروز انواع انقباض و اعوجاج حاصل از آن در اتصال جوشی شود. اعوجاج‌های حاصل از جوشکاری زیر آب اگر از حد مشخصی فراتر برود منجر به بروز عیوب ابعادی در اتصال جوش می‌شود.

ج) تخلخل و حبس گل جوش

سرد شدن سریع باعث می‌شود تا حباب یا گازهایی که زیر سطح جوش ذوب شده اند ، حبس شوند وتا زمان سرد شدن فلز هم از آن خارج نشده و به صورت تخلخل در قطعه باقی بمانند. این عیب می‌تواند به صورت پراکنده در سطح جوش وجود داشته باشد، و یا اینکه به صورت یک حفره بسیار بزرگ در قسمت اصلی جوش، خود را نشان دهد.

در حین فرایند جوشکاری، زمانی که الکترودها در حال ذوب شدن هستند، گل جوش‌هایی به وجود می آید که در واقع یک مخلوط از اکسید فلزات و ترکیبات دیگر هستند. این گل جوش‌ها وزن کمتری نسبت به سیم فلز ذوب شده دارند و به همین دلیل روی سطح مذاب شناور مانده، و در نهایت به راحتی با ضربات چکش از روی قطعه جوش جدا می‌شوند. اگر سرعت سرد شدن بسیار زیاد باشد زمان کافی برای تشکیل گل جوش بر روی سطح مذاب وجود ندارد و حبس گل جوش در جوشکاری زیر آب اتفاق خواهد افتاد.

۳- ترک هیدروژنی

ترک سرد یا ترک هیدروژنی (Hydrogen Induced Crackin)) یکی دیگر از انواع رایج ترک جوشی است که نقش مهمی در شکست اتصالات به خصوص در جوشکاری زیر آب دارد. وجود هیدروژن در فلز جوش یا منطقه متأثر از حرارت (HAZ) باعث تشکیل نوعی از ترک شود که با عنوان ترک ناشی از هیدروژن شناخته می‌شود. این ترک در دمای محیط یا نزدیک به آن، پس از سرد شدن جوش اتفاق می‌افتد و باعث کاهش تافنس و تردی مواد می‌شود. برای به‌وجود آمدن ترک هیدروژنی، علاوه بر هیدوروژن، وجود تنش نیز الزامی است. در جوشکاری زیر آب، تشکیل حباب‌ها در اطراف ناحیه جوش و ترکیدن آن‌ها و تجزیه مولکول‌های آب توسط قوس الکتریکی، هیدروژن مورد نیاز جهت به وجود آمدن ترک هیدروژنی را فراهم می‌کند. به علت دمای بالا در اطراف ناحیه جوش اتم هیدروژن به راحتی در ناحیه HAZ نفوذ می‌کند اتم‌های هیدروژن، دوباره با هم ترکیب می‌شوند تا مولکول‌های هیدروژن را تشکیل دهند. این اتفاق منجر به ایجاد فشار داخل فلز می‌شود. افزایش این فشار می‌تواند شکل‌پذیری، سختی و مقاومت کششی فلز را کاهش دهد تا نقطه‌ای که ترک گسترش پیدا کند.

٤- روش‌های کاهش عیوب

به طور معمول از دو روش به منظور کاهش سرعت سرد شدن در حین فرآیند جوشکاری در زیر آب می‌توان استفاده کرد. ۱- تنظیم سرعت جوشکاری و ۲- جداسازی یا حذف آب در اطراف ناحیه جوش. باید توجه داشت که افزایش قدرت قوس در جوشکاری زیر آب باعث کاهش سرعت سرد شدن به طور موثر نمی‌شود. افزایش قدرت قوس فراتر از محدوده نرمال، منجر به تشکیل مذاب اضافی و پاشش می‌شود.

یکی از روش‌های کاهش سرعت سرد شدن این است که سرعت جوشکاری را کاهش دهیم. کاهش اندک در سرعت جوشکاری می تواند تا حدی سرعت سرد شدن را در ناحیه متاثر از گرما کاهش دهد. با این حال، سرعت بسیار پایین جوش، زمان تولید را به شدت افزایش می‌دهد. جداسازی یا حذف آب از فلز پایه احتمالاً تنها راه مؤثر و عملی برای کاهش اثر سرعت سرد شدن در جوشکاری زیر آب است. روش‌های مختلفی برای حذف آب در اطراف ناحیه جوش وجود دارد. استفاده از گاز بی اثر در روش جوشکاری قوسی با گاز محافظ در زیر آب به کنترل سرعت سرد شدن کمک شایانی می‌کند. با این حال، به طور تجربی مشخص شده است که بیشتر اتلاف گرما در طول جوشکاری زیر آب از روی صفحه در جوشکاری سرازیر است. در نتیجه با عایق بندی پایین صفحه جوش نتایج اندکی بهبود می‌یابد.

منابع:

۱. Tsai, C.L. and Masubuchi, K., ۱۹۷۹. Mechanisms of rapid cooling in underwater welding. *Applied ocean research*, *1*(۲), pp.۹۹-۱۱۰.

۲. Di, X., Ji, S., Cheng, F., Wang, D. and Cao, J., ۲۰۱۵. Effect of cooling rate on microstructure, inclusions and mechanical properties of weld metal in simulated local dry underwater welding. *Materials & Design*, *88*, pp.۵۰۵-۵۱۳.

۳. Smith, M., ۲۰۱۵. Underwater Welding Salary & Risk Factor. Water Welders.

ITC
مرکز تربیت مربی
وپژوهش های فنی وحرفه ای

سازمان آموزش فنی وحرفه ای کشور

unesco
عضو شبکه بین المللی مراکز آموزش فنی و حرفه ای

ITC

مرکز تربیت مربی
وپژوهش های فنی و حرفه ای

مهر ۱۴۰۱