

جوشکاری زیر آب

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.

بسیاری از مردم جوشکاری زیر آب را بسیار عجیب می‌دانند، چون ماهیت جوشکاری را از آتش می‌دانند.

ولی جوشکاری ماهیت قوس الکتریکی دارد و روشن شدن آن زیر آب کار عجیبی نیست. برای جوشکاری در خشکی، هوا یونیده می‌شود و در آب، بخار آب یونیزه می‌شود.

انواع جوشکاری زیر آب

جوشکاری زیر آب به دو صورت انجام می‌شود:

۱. جوشکاری خشک

۲. جوشکاری مرطوب.

آثار منفی جوشکاری مرطوب عبارت‌اند 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 تجهیزات غواصی.

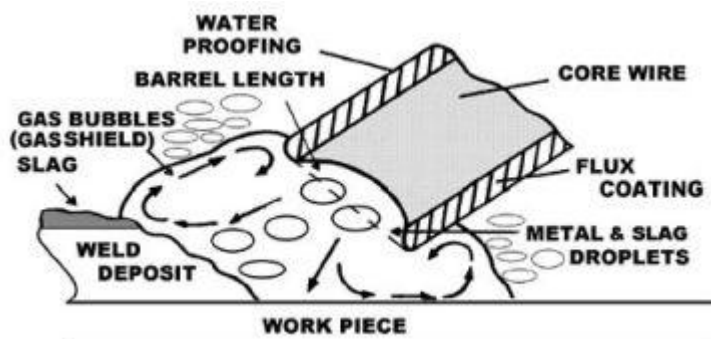
جوشکاری زیر آب با صنعت نفت و گاز گره خورده است.

الکترودهای جوشکاری زیر آب

الکترودهای مورد مصرف در جوشکاری قوسی زیر آبی از انواع اصلاح شده الکترودهای دستی معمولی هستند. سیستم کدگذاری خاصی برای این الکترودها وجود ندارد و اغلب آنها بر اساس نام تجاری شناخته شده و بر اساس قابلیت و سهولت استفاده برای جوشکاران کاربرد یافته اند. پرمصرف‌ترین این الکترودها، الکترودهای مورد مصرف برای فولادهای کربنی/منگنزی هستند. خواص مکانیکی جوش زیرآبی به شدت به عمق جوشکاری وابسته بوده و با افزایش عمق محل جوشکاری، این خواص کاهش می‌یابند. با افزایش عمق، فشار افزایش می‌یابد. این امر باعث ورود اکسیژن ناشی از تجزیه آب و افزایش مقدار آن و در نتیجه کاهش منگنز و سیلیکون و افزایش کربن در حوضچه جوش و ایجاد تخلخل در جوش هنگام سرد شدن آن میگردد.

همچنین ممکن است مقدار هیدروژن افزایش یابد که نتیجه آن ازدیاد تخلخل و کاهش پایداری قوس است چرا که در عمق‌های زیاد بدلیل پتانسیل یونیزاسیون بالای هیدروژن، پایداری قوس کاهش میابد. یکی دیگر از مشکلات قابل توجه در جوشکاری زیرآبی احتمال ایجاد ترکهای هیدروژنی در اثر حضور آب و رطوبت می‌باشد که ریسک این پدیده نیز با افزایش عمق، افزایش می‌یابد. این موضوع در حالتی که از الکترودهای با روکش اسیدی استفاده می‌شود از حساسیت بیشتری برخوردار است چراکه قابلیت جذب رطوبت در این نوع پوشش بیشتر بوده و هیدروژن تجزیه شده از این رطوبت براحتی جذب فلز جوش مذاب میگردد. به همین دلیل در جوشکاری زیرآبی استفاده از الکترودهای نوع روتیلی ترجیح داده میشود. روکش این الکترودها حاوی مواد مختلفی برای بهبود شرایط جوشکاری و خواص جوش میباشد. بعنوان مثال فرومنگنز به منظور جذب اکسیژن و کاهش تخلخل و تیتانیوم و بور بدلیل تشکیل ساختار فریت سوزنی و بهبود خواص مکانیکی، به مواد پوشش الکترودها افزوده میگردد. همچنین گاهی نیکل به منظور بهبود چقرمگی به مواد پوشش افزوده میشود. جوشکاری زیرآبی فولادهایی با استحکام بالاتر معمولاً با استفاده از الکترودهای زنگ زن آستنیتی انجام میگردد تا احتمال ایجاد ترک هیدروژنی کاهش یابد. اما در این حالت باید احتیاطهای لازم صورت گیرد تا از ایجاد ترک در ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) پیشگیری شود. در الکترودهای دستی معمولاً بدلیل کمتر بودن سرعت سوخت پوشش الکترودها نسبت به ذوب مغزی آن، یک چاله در سر الکترودها تشکیل میگردد که قوس، درون آن گودی که از اطراف توسط فلاکس پوشش احاطه شده، ایجاد میشود. این پدیده به حفاظت از ذرات مذاب جدا شده از الکترودها و همچنین کنترل انتقال آنها کمک میکند. چاله سر الکترودها در بحث جوشکاری زیرآبی بسیار حائز اهمیت است. از آنجایی که این پدیده باعث پایداری قوس و کنترل طول آن میگردد، بدون حضور آن دستیابی به یک جوش زیرآبی قابل قبول و مناسب بسیار مشکل خواهد بود. بنابراین با استفاده از این تکنیک جوشکاران میتوانند حتی در صورت عدم وجود دید کافی با وارد آوردن کمی فشار به الکترودها، بدون نیاز به کنترل طول قوس، با یک نرخ تغذیه ثابت جوشکاری را انجام دهند. یکی از وظایف پوشش الکترودها تولید اتمسفر محافظ در اطراف حوضچه جوش است. در جوشکاری زیرآبی نیز این پدیده وجود دارد و بدلیل وجود آب، از اهمیت بسیار بالاتری برخوردار است. یکی از تفاوت‌های قوس زیر آب با قوس در هوا ایجاد حبابهای گاز در ناحیه قوس است. رفتار این حبابها در جوشکاری زیرآبی از اهمیت بالایی برخوردار است. این حبابها علاوه بر ناپایدار کردن قوس میتوانند باعث تلاطم حوضچه جوش نیز شوند.

شکل ۱- محافظت حوضچه جوش در جوشکاری زیرآبی



با توجه به موارد مطرح شده، باید تدابیر ویژه‌ای در انتخاب مواد فلاکس پوشش الکترودها توسط سازندگان اتخاذ گردد تا جوش حاصل از آنها کیفیت و خواص مورد نظر را تعبیه کند. بسته به خواص مورد نیاز و نیز عمق آب، ممکن است الکترودهای خاصی

بهترین نتیجه را ایجاد نماید. برای تایید کیفیت دستورالعمل و همچنین تایید الکترودهای مورد استفاده باید آزمونهای خاصی انجام شود. این آزمونها در کد AWS D3.6 تشریح شده اند. مهمترین تفاوت ظاهری الکترودهای دستی معمولی با الکترودهای جوشکاری زیرآبی، پوشش ضد آب الکترودهای زیرآبی است. الکترودهای مورد مصرف در جوشکاری قوسی زیرآبی توسط یک موم یا پلاستیک ضد آب پوشش داده میشوند تا فلاکس روکش الکترود را تا زمان مصرف از تماس با آب محافظت کرده و یا حداقل نفوذ رطوبت را محدود سازد. کیفیت این پوشش بسیار مهم است. در صورتیکه پوشش ضد آب بطور یکپارچه سطح الکترود را نپوشانده باشد، آب از طریق درزهای موجود در آن نفوذ کرده و باعث مرطوب شدن فلاکس الکترود و در نتیجه کاهش کیفیت جوش میگردد. همچنین در جوشکاری در اعماق زیاد بدلیل بالا بودن فشار هیدروستاتیک، آب میتواند از پوششهای نامناسب عبور کرده و فلاکس الکترود را مرطوب نماید. پوششهای ضدآب علاوه بر موارد مطرح شده باید بدون جا گذاشتن مواد مضر بسوزند و همچنین خللی در شرایط قوس و انتقال قطرات مذاب ایجاد ننمایند. نگهداری و محافظت از پوشش ضدآب این الکترودها باید به دقت صورت گیرد تا از آسیب رسیدن به آنها جلوگیری گردد. همچنین بدلیل اهمیت این موضوع باید روشهای جابجایی و نگهداری الکترودها در زیر آب در دستورالعمل جوش (WPS) قید شده باشد. این پوششها سرتاسر الکترود را فرا گرفته اند و امکان ایجاد اتصال الکتریکی نیز در این حالت وجود ندارد. لذا برای برقرار کردن جریان و شروع جوشکاری، جوشکار باید با فشردن دندانهای انبر جوشکاری بر روی انتهای الکترود، خراشی در پوشش ایجاد نماید. برای ایجاد قوس نیز باید نوک الکترود را با فشار بر روی سطح بکشد تا پوشش آن ناحیه نیز برداشته شده و قوس برقرار گردد. سازندگان الکترود پیشرفت قابل ملاحظه ای در توسعه سیستمهای ضد آب برای الکترودهای جوشکاری زیرآبی داشته اند. جزئیات و اطلاعات این سیستمها مختص سازندگان آنهاست، اما در هر حال نتیجه حاصل از مجموع تلاشهای این سازندگان، تولید نسل جدید از الکترودهای جوشکاری زیرآبی با قابلیت ایجاد جوش با کیفیت بالاتر بود. تعدادی از معروفترین این الکترودها در جدول شماره ۱ آورده شده که برای جوشکاری در تمام وضعیتهای کاربرد دارند. در صورت مناسب بودن دستورالعمل و تجهیزات، جوش حاصل از این الکترودها دارای ظاهری خوب و خواص مکانیکی مناسب خواهد بود.

جدول شماره ۱- لیست تعدادی از معروفترین الکترودهای جوشکاری زیرآبی

Size	Description	Specification
Commercially Prepared Waterproof Electrodes		
1/8" Andersen Easy Weld #1	Carbon Steel (E7014)	--
1/8" BROCO Sof-Touch	Carbon Steel (E7014)	--
1/8" BROCO SS	Stainless Steel (E3XX)	--

در جوشکاری زیرآبی معمولاً از جریان DCEN استفاده میگردد که باعث افزایش طول عمر انبر الکترود میشود. البته این انتخاب جنبه اقتصادی دارد و ممکن است در مواردی استفاده از جریان DCEP جوش با کیفیت بالاتری را ایجاد نماید. در هر صورت بهترین حالت تنظیم جریان و ولتاژ استفاده از مقادیر پیشنهادی سازنده میباشد. جدول ۲ جریان و ولتاژ پیشنهادی برای استفاده از الکترودهای معرفی شده در جدول یک را تا عمق ۵۰ پای زیر آب نشان میدهد.

جدول ۲- جریان و ولتاژ پیشنهادی برای جوشکاری تا عمق ۵۰ پایی

Electrode		Welding Position			
Type	Size inch	Horizontal Amps	Vertical Amps	Overhead Amps	Arc Voltage
E7014	1/8	140-150	140-150	130-145	25-35
	5/32	170-200	170-200	170-190	26-36
	3/16	190-240	190-240	190-230	28-38
E3XX	1/8	130-140	135-140	125-135	22-30