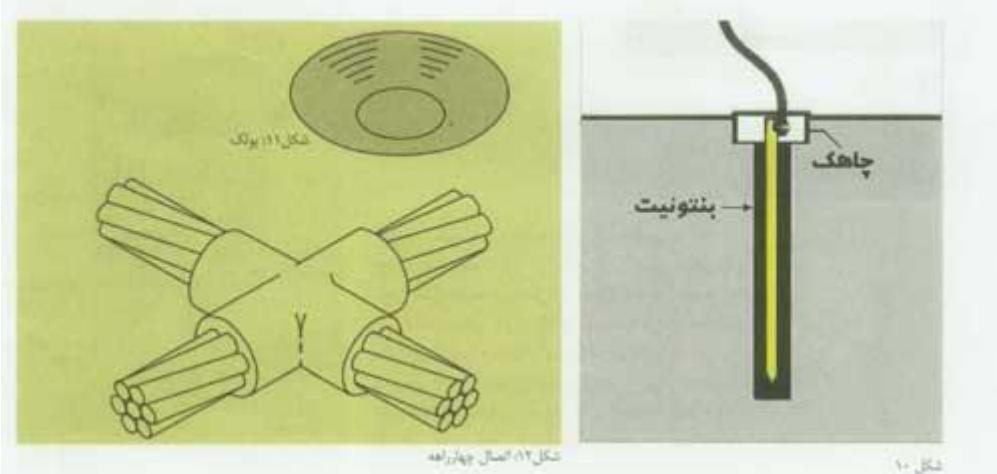


اجرای چاه ارت

روش‌های اجرا با انواع الکترودها پیش از این گفته شد که مقاومت ویژه خاک‌های اطراف و نزدیک الکترود نقش مهمی در تعیین مقاومت چاه بازی می‌کند از طرف دیگر دیدیم که خاک‌های دستی و نامترکم می‌تواند موجب افزایش شدید مقاومت چاه شود. پس به این نتیجه می‌رسیم که باید زیر، بالا و دور تا دور الکترود را با ماده‌ای مانند بنتونیت که هر دو خاصیت مقاومت ذاتی کم و فشردگی را داراست، پُر کنیم؛ به نحوی که این ماده تمام فضای موجود میان الکترود با دیواره و کف چاه را پُر کند و در مورد الکترود صفحه‌ای، روی الکترود را نیز پوشاند. متأسفانه دیده می‌شود که برخی مجریان به این نکات مهم بی‌توجهی نموده و وجود یک لایه‌ی بنتونیت در اطراف الکترود را کافی می‌دانند و پس از آن که این لایه را با روش‌های مختلفی دور الکترود ایجاد نمودند، فاصله‌ی باقی مانده تا دیواره‌ی چاه را با خاک معمولی یا خاک کشاورزی یا از این قبیل، پُر می‌کنند و به این ترتیب با ایجاد یک لایه‌ی واسطه‌ی نه چندان مرغوب بین لایه‌ی بنتونیت و دیواره‌ی چاه بخش قابل توجهی از نتیجه را از دست می‌دهند. شایسته است هنگام اجرای چاه، سطح الکترود ارت را از نظر عاری بودن از آلودگی‌هایی از قبیل لکه‌های رنگ یا چربی و یا لایه‌های اکسیدشده، سولفاته شده و غیره بررسی نماییم. این مواد سطح الکترود را عایق کرده و از تماس مؤثر آن با خاک جلوگیری می‌نمایند و می‌توانند تأثیر نامطلوبی بر میزان مقاومت چاه ارت بگذارند. لازم به ذکر است که به ازای هر لیتر از فضایی که باید پُر شود، به حدود یک کیلوگرم بنتونیت نیازمندیم و مقدار آب لازم نیز تقریباً ۳ لیتر در ازای هر کیلوگرم بنتونیت است.

در اینجا به شرح جزئیات اجرای صحیح چاه با استفاده از انواع الکترودها پرداخته می‌شود :

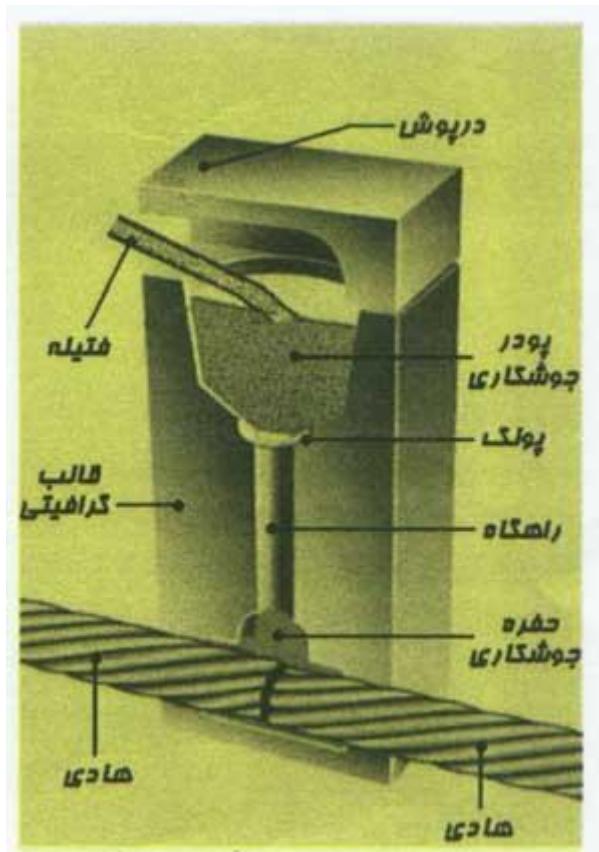
الف) کوبیدن الکترود میله‌ای نوع اول در سطح خاک: معمولاً خاک سطح زمین در فصول گرم سال، خشک و در زمستان بخوبی خشک است. از این رو، تأثیر مثبتی در کاهش مقاومت چاه ندارد. همچنین، به منظور حفظ خود الکترود و نقطه‌ی اتصال سیم به آن باید انتهای میله در عمق مناسبی پایین‌تر از سطح خاک قرار گیرد. بنابراین، پیش از کوبیدن الکترود می‌باید گودالی که عمق آن بستگی به شرایط اقلیمی محل دارد (معمولًاً حدود یک متر) ایجاد کرد و سپس الکترود را در کف گودال مزبور کوبید. با این کار، عمق نفوذ الکترود هم بیشتر می‌شود. در صورت نیاز، در همین گودال می‌توان چاهک بازرسی را نیز احداث نمود. همچنین، در زمین‌های سخت می‌توان پس از کندن گودال، آن را پُر از آب کرد و روز بعد اقدام به کوبیدن الکترود کرد. این کار موجب نفوذ رطوبت به درون خاک و نرمتر شدن آن و در نتیجه کوبیدن راحت‌تر الکترود می‌شود .



ب) کوبیدن الکترود میله‌ای نوع اول در کف چاه : در این روش، چاهی با عمق مناسب حفر نموده و الکترود را در کف آن می‌کوییم. به طوری که بخشی از طول الکترود بالاتر از کف چاه بماند. اکنون سیم را با استفاده از جوش کدوله به الکترود متصل نموده و سپس مطابق شکل مقداری آب در چاه ریخته و بنتونیت را به تدریج اضافه می‌کنیم. دانه‌های

بنتونیت باید درون آب غرق شوند. ریختن آب و افزودن بنتونیت آن قدر ادامه می‌باید که الکترود کاملاً با دوغاب بنتونیت پوشیده شود. مابقی چاه با خاک سرنده شده پُر می‌شود. در این روش با عمیق‌تر کردن چاه می‌توان الکترود را تا عمق دلخواه در زمین فرو کرد.

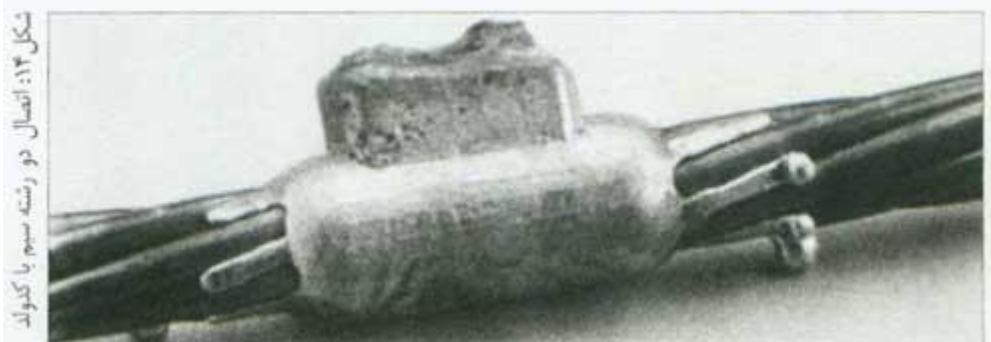
ج) اجرای الکترود میله‌ای نوع دوم در چاه: همان گونه که گفته شد، این نوع الکترود را نمی‌توان کویید، بلکه آن را در یک چاه کنده شده با دستگاه حفاری قرار می‌دهند و اطراف آن را با الکتروولیتی مناسب مانند بنتونیت پُر می‌کنند. این چاهها دارای قطر بسیار کمی مثلاً حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر هستند و برای پر کردن آن‌ها باید از بنتونیت ریزدانه استفاده شود. زیرا دانه‌های درشت به ویژه به علت قطر کم چاه، مشکلاتی ایجاد می‌کنند. الکترود را در چاه طوری آویزان می‌کنیم که نوک آن چند سانتی‌متر بالاتر از کف قرار گیرد. اکنون مقداری آب در چاه ریخته و بنتونیت ریزدانه را به تدریج می‌افزاییم. ریختن آب و بنتونیت به طور هم زمان یا به تناب، آن قدر ادامه می‌باید تا ارتفاع آن به حد کافی برسد. در حقیقت باید از کف تا جایی که خاک آن نمناک است و یا بهتر از آن، تا نزدیکی سطح زمین با بنتونیت پُر شود.



شکل ۱۳: قالب مخصوص اتصال سیم، آمادهٔ جوش‌گاری

در صورتی که بنتونیت موجود، پودری و نرم باشد، باید آن را روی سطح آب داخل چاه ریخت و لازم است یک بشکه یا سطل مناسب تهیه کرد و آب و پودر موجود را در آن مخلوط نمود تا به صورت دوغابی یکنواخت در آید. سپس الکترود را مانند قبل آویزان نموده و چاه را تا ارتفاع لازم با دوغاب آماده شده پُر می‌کنیم. توجه شود که مقدار آب موجود در دوغاب باید طوری تنظیم شود که دوغاب ساخته شده به اندازه‌ی کافی نرم و روان باشد و زوایا و گوشه‌های چاه را به خوبی پُر کند؛ ولی شُل بودن زیاده از حد آن نیز باعث می‌شود که حجم دوغاب افزایش یابد، و چون رطوبت بیش از حد چنین دوغابی ماندگار نیست، پس از زمانی کوتاه و با از دست رفتن رطوبت اضافه، شاهد کاهش یافتن حجم الکتروولیت و در نتیجه ترک خوردن توده‌ی بنتونیت و سرانجام افزایش مقاومت چاه خواهیم بود. این موضوع کلی است و باید در تمامی روش‌های مختلف اجرای چاه ارت مورد توجه قرار گیرد.

د) اجرای الکترود صفحه‌ای به طور عمودی : برای این کار، نخست ۱۵۰ لیتر آب در کف چاه ریخته و بعد حدود ۵۰ کیلوگرم بنتونیت، به تدریج روی سطح آب می‌ریزیم. این کار طوری انجام می‌گیرد که در پایان، آب تنها و یا بنتونیت خشک و بی آب روی سطح باقی نماند. سپس حدود ۱۰ دقیقه صبر می‌کنیم تا بنتونیت خود را بگیرد. در این فرست می‌توانیم صفحه‌ای مسی را به سیم ارت متصل کنیم. اکنون صفحه‌ای مسی را به کمک سیم متصل به آن به درون چاه می‌فرستیم تا در وسط چاه به طور عمودی روی لایه‌ی بنتونیت بایستد. مهم است که لایه‌ی بنتونیت در فرست داده شده آن قدر سفت شده باشد که صفحه‌ای مسی در آن فرو نرود. به هر حال، اگر به علت شُل بودن مخلوط ریخته شده و علی‌رغم صبر کافی، هنوز هم صفحه در لایه اجرا شده فرو می‌رود، می‌باید مقدار کمی صبر کرد تا بنتونیت خشک جدید با جذب مقداری از رطوبت، سطح کار را سفت کند. پس از قرار گرفتن صفحه، آب و بنتونیت به طور همزمان یا به تناوب درون چاه ریخته می‌شوند، به طوری که دانه‌های بنتونیت درون آب غرق شوند. این کار آن قدر ادامه می‌باید تا سطح بنتونیت حداقل به ۵ سانتی‌متری بالای صفحه برسد. در این مرحله باید حداقل یک ساعت و بهتر از آن چند ساعت صبر کنیم تا دوغاب بنتونیت کاملاً خود را بگیرد. سپس می‌توانیم بقیه‌ی چاه را با خاک سرندشده و نرم پُر کنیم. مهم است که پیش از آغاز ریختن خاک، سطح لایه‌ی بنتونیت آن قدر سفت شده باشد که خاک ریخته شده از بالای چاه درون بنتونیت فرو نرود. برای این کار توصیه می‌شود پس از آن که آب موجود در چاه کاملاً جذب شد، مقداری بنتونیت خشک در حد یک لایه‌ی نازک (حدود ۲ تا ۳ سانتی‌متر) روی لایه‌ی قبلی بریزیم تا پس از گذشت زمان کافی، سطح کار کاملاً قوام یابد. همچنین توصیه می‌شود همراه خاک پُرکننده، مقداری آب نیز به منظور نشست دادن و متراکم کردن آن اضافه شود. در صورتی که بنتونیت موجود پودری و نرم باشد، به همان شکلی که قبلاً توضیح داده شد، در بیرون چاه آن را به صورت دوغاب یکنواختی در آورده و تا ارتفاع لازم در چاه می‌ریزیم . معمولاً برای چاهی به قطر حدود ۸۰ سانتی‌متر و صفحه‌ای به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر، حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم بنتونیت و ۳ برابر آن آب لازم است .



۵) اجرای الکترود صفحه‌ای به طور افقی: برای این کار، نخست ۴۵۰ لیتر آب در کف چاه ریخته و سپس حدود ۱۵۰ کیلوگرم بنتونیت، به تدریج روی سطح آب می‌ریزیم. این کار طوری انجام می‌گیرد که در پایان، آب تنها و یا بنتونیت خشک و بی آب روی سطح باقی نماند. سعی شود سطح توده‌ی بنتونیت مسطح باشد. در غیر این صورت، باید کسی داخل چاه شده و آن را تسطیح کند. سپس حدود ۱۰ دقیقه صبر می‌کنیم تا بنتونیت خود را بگیرد. در این فرست می‌توانیم صفحه‌ای مسی را به سیم ارت متصل کنیم. مهم است که لایه‌ی بنتونیت در فرست داده شده آن قدر سفت شده باشد که صفحه‌ای مسی در آن فرو نرود. اکنون حدود ۱۰ لیتر آب و مقدار کمی بنتونیت (حدود ۲ کیلوگرم) را در ظرفی مخلوط کرده و به صورت دوغابی یکنواخت و روان در می‌آوریم و درون چاه می‌ریزیم و بعد صفحه‌ای مسی را به کمک سیم ارت به درون چاه فرستاده و به طور افقی روی سطح دوغاب بنتونیت می‌نشانیم. ریختن دوغاب شُل و روان به این دلیل است که الکتروولیت به طور کامل با تمام سطح زیرین صفحه تماس پیدا کند و فضای خالی باقی نماند. اشکالی ندارد که صفحه در این دوغاب سطحی فرو رود. مجدداً ۴۵۰ لیتر آب درون چاه ریخته و به تدریج حدود ۱۵۰ کیلوگرم بنتونیت اضافه می‌شود (به طور کلی ریختن آب و بنتونیت به طور همزمان، یا به تناوب تفاوت ندارد). در این مرحله می‌باید حداقل یک ساعت و بهتر از آن چند ساعت صبر کنیم تا بنتونیت کاملاً خود را بگیرد. در صورتی که

بنتونیت موجود پودری و نرم باشد، به همان شکلی که قبلاً توضیح داده شد، بیرون چاه آن را به صورت دوغابی یکنواخت در آورده و تا ارتفاع لازم در چاه می‌ریزیم. در پایان کار بقیه‌ی چاه را به همان نحو و با در نظر گرفتن همان ملاحظاتی که در مورد الکترود عمودی توضیح داده شد، پُر می‌کنیم. بنتونیت لازم به قطر چاه بستگی دارد و مانند اجرای صفحه‌ی عمودی برای چاهی به قطر ۸۰ سانتی‌متر و صفحه‌ای به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر، حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم بنتونیت و ۳ برابر آن آب لازم است.

اتصال هادی به الکترود ارت محل اتصال سیم یا تسممه به الکترود ارت یکی از آسیب‌پذیرترین قسمت‌های چاه و نخستین قربانی خوردگی است و در عین حال یکی از اجزای مهم چاه ارت است؛ به طوری که بسیاری از چاه‌ها کارآیی خود را فقط به دلیل پوسیده و جدا شدن تدریجی این اتصال از دست داده‌اند.

گرچه با استفاده از الکتروولیتهای ناخورنده مانند بنتونیت، عمر اتصال افزایش می‌یابد، برای تضمین عمر طولانی چاه لازم است این اتصال نیز مورد توجه قرار گیرد. روش‌هایی به کار رفته برای اجرای آن عبارت‌اند از :

- جوش انفجراری
- کابلشو

- انواع کلمپ Clamp یا بست

عمر اتصالاتی که با کلمپ و یا کابلشو اجرا می‌شوند، نسبتاً کوتاه است. زیرا رطوبت موجود در خاک که دارای املاح زیادی است، به فواصل ذره‌بینی موجود بین الکترود و کلمپ یا کابلشو نفوذ کرده و باعث ایجاد خوردگی و نیز ایجاد ترکیبات عایق در سطح تماس بین الکترود و کلمپ می‌شود. بنابراین، این نوع اتصالات برای استفاده در زیر خاک توصیه نمی‌شود. ولی در صورت استفاده از جوش انفجراری با چنین مشکلی مواجه نخواهیم شد. در این نوع اتصال، طی یک فرآیند خاص ذرات مس در یک قالب مخصوص به صورت مذاب درآمده و بر روی محل تماس قطعات مورد جوش کاری ریخته می‌شود. با این کار لایه‌ی سطحی قطعات مذکور ذوب شده و با مس مذاب ریخته شده، توده‌ای یکپارچه را تشکیل می‌دهد.



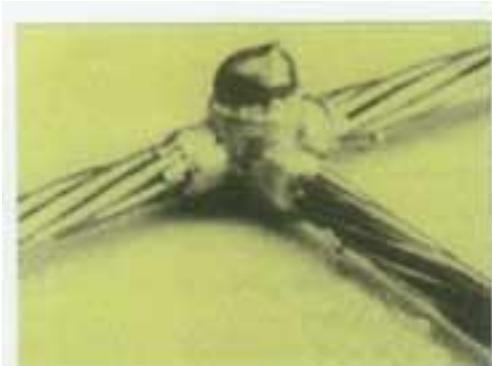
یک نمونه اتصال الکتریکی به زمین در کنار مجرای عبور آب

: Cad Weld ویژگی‌های جوش انفجراری یا

جوش انفجراری یا کدولد نوع خاصی از جوش کاری است که برای ایجاد اتصال الکتریکی بین چند قطعه‌ی مسی یا بین قطعات مس و یک فلز دیگر مانند فولاد گالوانیزه یا فولاد معمولی طراحی شده و به کار می‌رود. این نوع جوش کاری دارای ویژگی‌های زیر است :

- یکپارچه شدن قطعات مورد اتصال (که باعث می‌شود در محل اتصال فاصله‌ای برای نفوذ رطوبت باقی نماند)
- ضخامت زیاد جوش.
- سطح تماس زیاد.
- عدم تغییر قابل توجه بر خواص متالوژیک قطعات مورد اتصال.

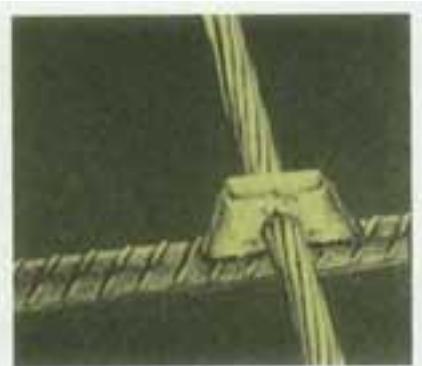
- سرعت و سهولت در انجام عملیات جوش کاری .
- بی نیازی از برق و ابزارهایی مانند پرس هیدرولیک و دریل .



شکل ۱۷: اتصال سیم هیدرولیک (مرحله اتصال سیم)



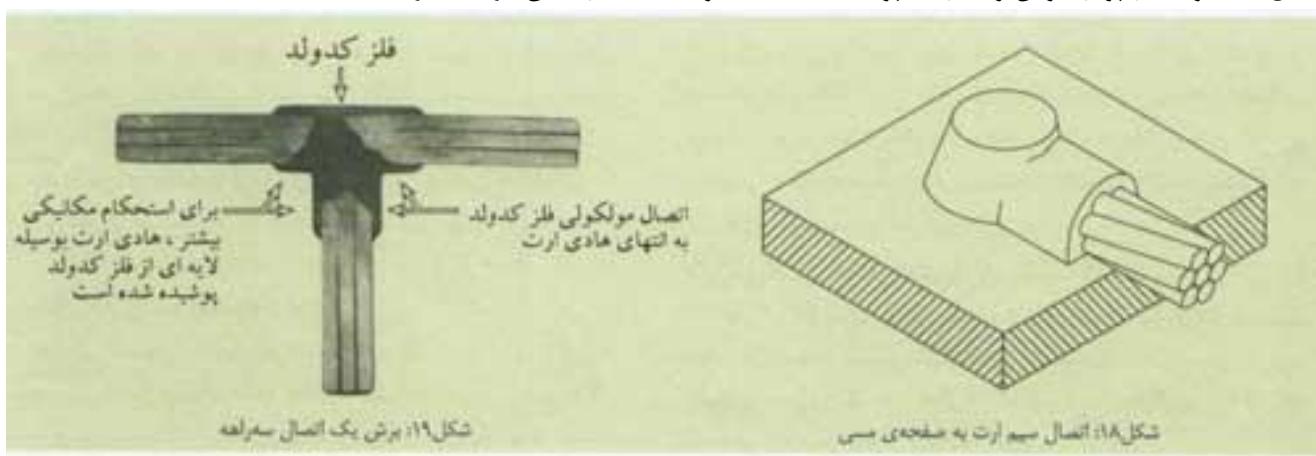
شکل ۱۸: اتصال سیم هیدرولیک به لوگوی فولادی



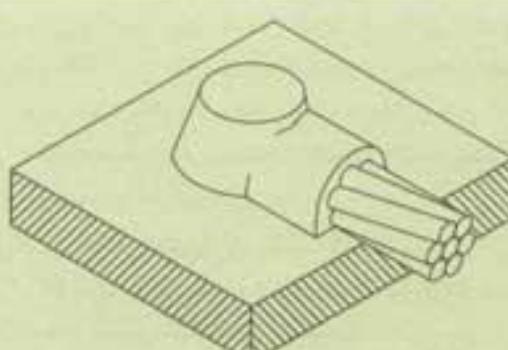
شکل ۱۹: اتصال سیم هیدرولیک (مرحله اتصال سیم)

یکپارچه شدن قطعات مورد اتصال و ضخامت زیاد جوش موجب استحکام مکانیکی قابل توجه، عدم ایجاد مقاومت الکتریکی در محل تماس و نفوذناپذیری نسبت به رطوبت می شود که این خود پایداری بلندمدت در مقابل خوردگی را تضمین می کند. همچنین، در این جوش به دلیل ایجاد سطح تماس زیاد و کیفیت خوب آن، انتقال مطلوب جریان های اتصال کوتاه به آسانی امکان پذیر می گردد. ضمن این که این جوش اثر منفی قابل توجهی روی خواص متالوژیک قطعات مورد اتصال ندارد. نکته دیگر این که اجرای ارت اغلب در مراحل ابتدایی احداث ساختمان ها یا عرصه های صنعتی انجام می شود و معمولاً در این مراحل دسترسی به برق مشکل است. بنابراین، از این نظر نیز جوش انفجری برتری دارد. به کمک این نوع جوش می توان اتصالات متنوعی پدید آورد و قطعات مسی مانند سیم، تسمه، میله و صفحه مسی را به یکدیگر جوش داد. حتی می توان قطعات مس و فولاد ساده یا گالوانیزه را نیز به یکدیگر متصل کرد. برای مثال، برای اجرای همبندی شبکه ای آرماتور و سامانه ای ارت می توان آرماتور را با استفاده از جوش انفجری به سیم مسی متصل کرد. البته شایان توجه است که انجام هر نوع عملیات بر روی شبکه ای آرماتور ساختمان می باید با اطلاع و اجازه های مهندسان ناظر و طراح سازه انجام پذیرد. در مجموع، ویژگی های این نوع جوش برای سیستم های ارتینگ بسیار عالی است. این روش یکی از بهترین راه های اتصال سیم به الکترود است. اضافه می شود که به این نوع جوش نام های دیگری از قبیل جوش احتراقی، **thermit** و **exothermic** نیز اطلاق می شود .

روش اجرای جوش انفجری : اجرای این جوش بسیار آسان و سریع بوده و نیاز به برق و یا ابزار خاصی ندارد. ابزارهای مورد نیاز فقط شامل یک قالب سبک و کوچک گرافیتی و فندک مناسبی برای روشن کردن فتیله می شود . قالب های کدول دارای شکل های مختلف و متنوعی هستند و شکل آن ها به نوع قطعاتی که باید جوش کاری شوند، بستگی دارد. همچنین مقدار پودر جوش نیز بستگی به نوع اتصال و ابعاد قطعات مورد جوش کاری دارد. برای انتخاب شکل قالب و مقدار پودر جوش و اندازه های پولک، باید به کاتالوگ های سازنده ای مراجعه کرد .



شکل ۲۰: برش یک اتصال سیم



شکل ۲۱: اتصال سیم ارت به صفحه مس

آموختن و کسب مهارت‌های لازم برای اجرای این نوع جوش‌کاری مستلزم قدری تمرین در حضور و تحت نظر فرد خبره، با رعایت نکات ایمنی مربوطه می‌باشد. با این حال، به منظور آشنایی کلی خواننده با روش انجام کار، در این بخش به شرح مختصر مراحل آن می‌پردازیم :

پس از انتخاب قالب و پودر جوش مناسب، قطعات مورد جوش‌کاری را در قالب قرار داده و سپس یک پولک مناسب داخل قالب در ته محفظه‌ی پودر می‌گذاریم. اکنون به اندازه‌ی کافی پودر جوش‌کاری در محفظه ریخته و فتیله را روی پودر قرار می‌دهیم. حال باید فتیله را به کمک فندک روشن کرد. پس از چند لحظه شعله‌ی فتیله به توده‌ی پودر جوش می‌رسد و آن را به طور ناگهانی شعله‌ور می‌کند و عمل جوش‌کاری انجام می‌گیرد .

منابع

- 1- مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۲.
- 2- جدول‌های مهندسی برق و سترمان (نادر گلستانی داریانی، چاپ اول: ۱۳۷۲، نشر دانش امروز)
- 3- تجربیات و تحقیقات نگارنده .
- 4- استاندارد BS 7430:1998.
- 5- مقاله‌ی «انتخاب بهینه‌ی مصالح چاه ارت» ماهنامه‌ی «دانش‌نما» (شماره‌ی ۱۴۱-۱۳۹، سال ۱۳۸۵، علیرضا پورهمایون، ایرج امینی باغدادانی .) ماهنامه‌ی دانش نما، شماره ۱۷۰-۱۷۱، تیر - مرداد ۸۸