

به نام خدا

اتحادیه صنف الکتریک و  
الکترونیک

سازمان نظام مهندسی ساختمان  
استان اصفهان

آموزش مجریان برق

## اجرایی تاسیسات برق ساختمان

## اتصال زمین و اجرایی چاه ارت

۱۳۸۸

تهیه و گرد آوری : مهندس علیرضا پور همایون

# اجrai چاه ارت

برای دستیابی به یک سامانه اتصال زمین کارآمد ، با دوام و قابل اعتماد بایستی از جهات مختلف، اعم از طراحی ، اجرا و انتخاب مصالح مناسب توجه لازم را مبذول نمود . اما در بین تمامی بخش‌های مختلف این سامانه ، چاه ارت دارای حساسیت و ویژگی‌های خاصی می‌باشد زیرا پس از اجرا قابل دسترسی مجدد نیست و در صورت بروز اشکال کار چندانی برای آن نمی‌توان کرد . و با عنایت به اینکه این بخش ، نقشی تعیین کننده در کارآمدی سامانه اتصال زمین دارد ، می‌توان گفت مهمترین و حساس‌ترین بخش سامانه اتصال زمین بوده و طراحی و اجرای صحیح آن از اهمیت اساسی برخوردار است . متأسفانه در حال حاضر کمبود منابع کاربردی در مورد سامانه اتصال زمین احساس می‌شود . که این خود موجب شیوع اشتباكات و اختلاف نظرهایی ، بویژه در زمینه اجرای چاه ارت شده است و اغلب شاهد اجراءای نادرست و در نتیجه عدم دستیابی به مقاومت مناسب و یا بی دوام بودن چاههای اجرا شده هستیم . گاهی یک بی‌دقیقی ساده در اجرای چاه باعث از دست رفتن کل هزینه‌ها و ناکارآمدی سیستم اتصال زمین و در نتیجه نایین شدن شبکه برق و بروز پیامدهای ناگوار ناشی از آن می‌شود . لذا شایسته است برای " اجرای چاه ارت " اهمیتی ویژه و جایگاهی خاص قائل شویم .

ذر متن حاضر کوشیده ایم شناختی علمی و در عین حال ساده از مسائل اجرایی و عوامل موثر در کیفیت چاه ارت به دست داده و راهکارهایی مناسب و کاربرد بنتونیت بعنوان یک الکترولیت خوب در چاه نشان داده شده است . انتخاب بنتونیت از این جهت بوده که این ماده تاثیر فوق العاده مطلوبی در کاهش مقاومت چاه ، کاهش هزینه‌ها و پایداری و دوام طولانی مدت چاه زمین دارد .

## عوامل موثر بر مقاومت چاه

### ۱ - یخ زدگی و خشکی خاک

می دانیم که هدایت الکتریسیته در فلزات ناشی از جابجایی الکترونهاست و در این کار هسته های آتمها در جای خود باقی مانده و جابجا نمی شوند . ولی در غیر فلزاتی مانند خاک قضیه به شکل دیگری است در این مواد هدایت الکتریسیته ماهیت شیمیایی داشته و از املاح یونیزه شده موجود در آنها سرچشم می گیرد . همچنین میدانیم که عبور جریان توسط یونها مستلزم حرکت و جابجایی آنهاست . حال با توجه به اینکه یک یون ، کل اتم را شامل می شود و آتمهای مواد جامد قادر به جابجایی نیستند لذا خاک نیز در حالت جامد قادر به هدایت جریان برق نیست ولی هنگامی که مقداری آب جذب خاک شود ، املاح خاک ، در این رطوبت حل و سپس یونیزه شده و آنگاه می توانند عمل هدایت الکتریکی را انجام دهند . به همین دلیل خاکهای خشک یا یخ زده قادر به هدایت نبوده و مقاومت بسیار زیادی از خود نشان می دهند . لذا هنگام تعیین عمق چاه بایستی به امکان یخ زدن سطح خاک در زمستان و خشک شدن آن در تابستان توجه نمود و با در نظر گرفتن آب و هوای منطقه ، عمق موثر چاه را از سطحی که امکان یخ زدن و خشک شدن ندارد ، به پایین در نظر گرفت . این موضوع بویژه در اتصال زمینهای افقی ( شبکه ها یا مشهای ارت که در عمق کمی اجرا می شوند ) قابل توجه است .

### ۲ - فشردگی خاک

می دانیم که خاک از دانه هایی با اندازه های مختلف تشکیل شده است که این دانه ها در خاکهای دست خورده ، معمولاً به همیگر فشرده شده و توده متراکم را بوجود می آورند . در این توده های متراکم ، دانه های خاک در همیگر فرو رفته و فضای خالی قابل توجهی

بین خودشان باقی نمی گذارند . بنابراین سطح تماس بین دانه ها زیاد بوده و در نتیجه مقاومت الکتریکی کمی ایجاد می شود در حالیکه در خاکهای دستی و نامقرابکم ، فضا های خالی زیاد بین دانه های خاک ، سطح تماس کمی ایجاد می کند و لذا مقاومت الکتریکی زیادی پدید می آید . نکته دیگر اینکه هر چه دانه های خاک درشت تر باشند ، فاصله های خالی بیشتری بین آنها بوجود آمده و مقاومت الکتریکی را افزایش می دهد .

اکنون نکته بسیار مهم دیگری را مورد توجه قرار می دهیم و آن اینکه اثر مقاومت ویژه خاکهای نزدیک و اطراف الکترود ارت در مقاومت چاه ، خیلی بیشتر از اثر خاکهای دور از آن است . این دو مطلب مهم نشان می دهد که اجرایی چاه ارت در زمین دست نخورده اهمیت فوق العاده ای دارد و در صورت دستی بودن خاکهای سطحی ، چاره آن است که غست آنقدر پایین بروم تا به زمین دست نخورده بررسیم و آنگاه کندن چاه را در زمین دست نخورده ، به اندازه کافی ادامه دهیم . بدیهی است که تنها آن قسمت از چاه که در خاک دست نخورده قرار دارد ارزشمند و موثر بوده و عمق موثر چاه نیز برابر ارتفاع همان قسمت است .

دقیقا به همین دلیل است که در هنگام اجرایی چاه ارت با یستی الکتروولیت اطراف الکترود را جنوبی کوبیده و متراکم نمود . زیرا این کار در کاهش مقاومت چاه اثر زیادی دارد . با توجه به اینکه سیم متصل به الکترود ارت ( که تا سطح خاک بالا می آید ) نیز مانند یک الکترود میله ای عمل نموده و در کاهش مقاومت کلی چاه موثر است ، لذا کوبیدن خاکهای لایه های بالاتر از الکترود ( اطراف سیم ارت ) نیز می تواند در کاهش مقاومت چاه موثر باشد و هر چه آنها را بیشتر کوبیده و متراکم کنیم نتیجه بهتری حاصل می شود .

در اینجا بعضی از خواص ارزشمند خاک بنتونیت بعنوان الکترولیت مشخص می شود . دانه بندی این خاک فوق العاده ریز بوده ، دارای خاصیت تورمی شدیدی است و در اثر تورم ناشی از آبگیری ، تمامی خلل و فرج موجود بین دانه های خود را پر کرده و به تمام سطوح پیرامونی نیز فشرده می شود . و همین موضوع یکی از دلایل پایین بودن مقاومت الکتریکی چاههای بنتونیتی است . از طرف دیگر این توده متراکم نیاز به کوبیدن نداشته و در نتیجه اجرای آن آسان است و مقاومت حاصل از آن ، بر خلاف الکترولیت هایی از قبیل ذغال و نمک ، وابسته به نحوه اجرا و دقت در کوبیدن الکترولیت نیست.

### ۳- رطوبت و آب

همانگونه که در تشریح اثر یخ زدگی گفته شد هدایت الکتریسیته در خاک ماهیت شیمیایی داشته و از املاح حل شده در رطوبت خاک سرچشم می گیرد . بنابراین هرچه رطوبت بیشتری در خاک موجود باشد املاح بیشتری در آن حل شده و جاگایی یونها نیز بهبود می یابد لذا مقدار هدایت آن نیز افزایش می یابد . ولی بر خلاف انتظار ، آن دسته از خاکهای سطحی یا زیرزمینی که دائما در معرض رطوبت خیلی زیاد قرار دارند (مانند بستر جویها و رودخانه ها) دارای هدایت کمی هستند . زیرا آب و رطوبت بسیار زیاد موجود در این خاکها بتدريج و به مرور زمان ، املاح و حتی دانه های ریز این خاکها را شسته و با خود به جاهای دیگری برده است در نتیجه هدایت آنها بدليل فقر املاح اندک است.

پس با افزایش رطوبت خاک ، هدایت آن افزایش می یابد ولی هنگامیکه مقدار این رطوبت بسیار زیاد شود ، هدایت کاهش خواهد یافت.

پیش از این گفته شد که اثر مقاومت ویژه خاکهای نزدیک و اطراف الکترود ارت در مقاومت چاه ، خیلی بیشتر از اثر خاکهای

دور از آن است . بنابراین بهتر است چاه ارت را آنقدر بکنیم تا به خاک مرتبط که دارای مقاومت کمی است ، بررسیم و سپس درون خاک مرتبط نیز تا اندازه ای حفاری را ادامه بدیم . به این ترتیب الکترود ارت در حاصله خاکی کم مقاومت قرار خواهد گرفت . بویژه قابل توجه است که از یک سو افزایش عمق چاه ، موجب کاهش مقاومت آن شده و از سوی دیگر در اعماق بیشتر معمولاً درصد رطوبت نیز افزایش یافته و به شکلی مضاعف موجب کاهش مقاومت الکتریکی آن می شود . ولی هرگز نباید کار را تا رسیدن به سفره های آب زیر زمینی ادامه داد زیرا همانگونه که گفته شد این کار اثر معکوس دارد .

#### ۴- فاصله چاهها از یکدیگر

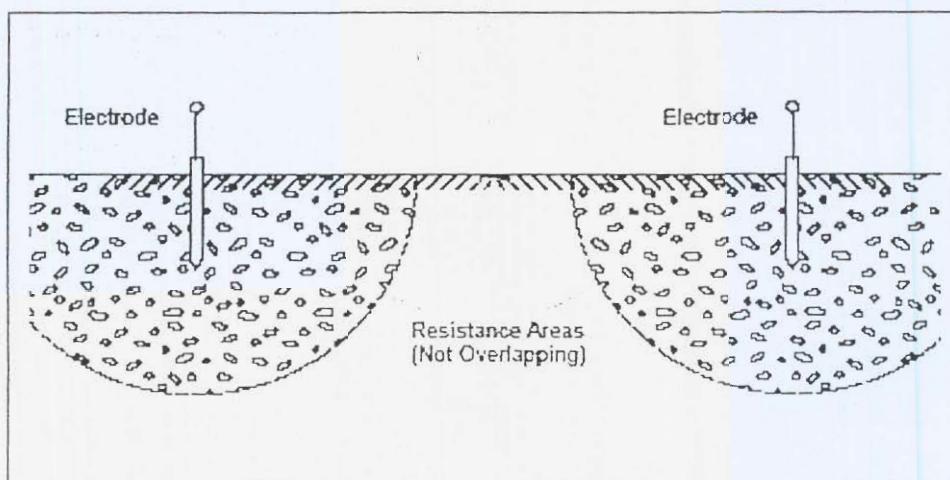
معمولان عدد و فاصله چاههای ارت و محل احداث آن ، با توجه به مقاومت مورد نظر ، توسط طراح محاسبه و تعیین می شود ولی به دلیل اینکه فرمولهای محاسبه مقاومت چاه ارت اصولاً با فرض همگن بودن خاک نوشته شده اند و در عمل با خاکها و زمینهای غیر همگن مواجهیم و همچنین به علت وجود برخی مسائل اجرایی ، ممکن است مقاومت عملی چاهها با مقدار محاسبه شده تفاوت داشته و پس از اجرا (به منظور کاهش مقاومت) ، نیاز به اضافه کردن چاه جدید داشته باشیم و گاهی نیز حين اجرای طرح بدلیل وجود موادی از قبیل وجود صخره یا لشه های بزرگ بتونی در محل طراحی شده ، ناچار از تغییر محل آن شویم . لذا لازم است محلهای جدیدی برای احداث چاه در نظر گرفته شود . به همین دلیل مهندس ناظر بایستی به نکات حائز اهمیت در جانمایی چاه ارت مسلط باشد . یکی از نکات مهم در این کار رعایت فاصله لازم بین چاههای است . میدانیم که هر چاه ارت دارای محدوده ای در اطراف خود می باشد که در هنگام بروز خطأ و جاری شدن جریان در الکترود ارت ، دارای ولتاژ خواهد شد این محدوده

حوزه مقاومت (Resistance Area) نامیده می شود . نکته مهم این است

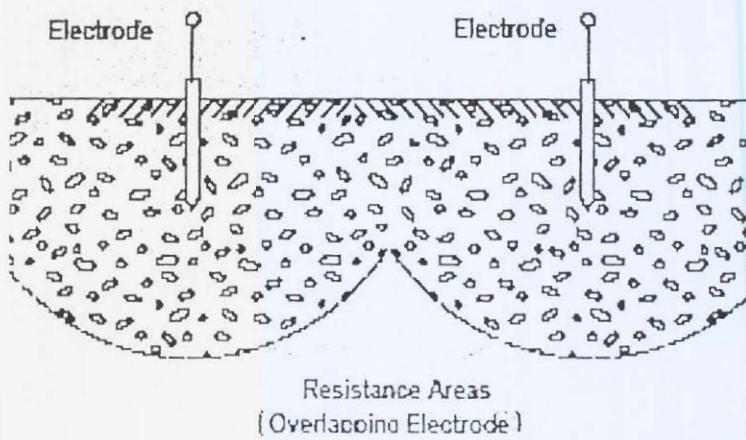
که دو چاه ارت تا حد ممکن از هم دور باشند و یا فاصله آنها حداقل به اندازه ای باشد که حوزه های مقاومت آنها همپوشانی نداشته باشد . (به شکلهای ۴ و ۵ توجه کنید ) عدم رعایت این نکته مشکلات زیر را بوجود می آورد :

الف ) در صورتی که دو چاه برای دو شبکه مستقل از هم بکار روند ( مثلا یکی برای ارت فشار ضعیف ترانسفورماتور و دیگری برای ارت فشار قوی آن ) هنگام بروز خطا در یکی از شبکه ها ، ارت شبکه دیگر نیز برق دار خواهد شد و این موضوع می تواند بسیار خطرناک باشد .

ب ) در صورتی که هردو چاه به همیگر متصل شده و هردو برای یک سیستم بکار روند ، عدم رعایت حداقل فاصله باعث می شود که پس از متصل نمودن دو چاه به یکدیگر کاهش مورد نظر در مقاومت کل ، بدست نیامده و مقاومت حاصل شده ، بیشتر از حد انتظار شود .



فاصله بین الکترودها رعایت شده و حدوده های آنها همپوشانی ندارد



بعلت نزدیکی الکترودها ، ناحیه های مقاومت همپوشانی دارد

ابعاد حوزه مقاومت بستگی به مقاومت ویژه خاک و عمق چاه دارد .  
هرچه مقاومت ویژه خاک بیشتر باشد و یا عمق چاه افزایش یابد حوزه مقاومت بزرگتر می شود بطور کلی برای چاههایی که به هم متصل شده و ارت واحدی را تشکیل می دهند این فاصله نباید کمتر از ۲ متر باشد و برای دو چاه که متعلق به دو سیستم مختلف می باشند این فاصله نباید کمتر از ۲۰ متر یا دو برابر عمق چاه ، هر کدام که بیشتر بود ، بشود .

## أنواع الکترودها

پس از شرح تاثیر عوامل مختلف بر مقاومت چاه ارت ، به تشریح رایج ترین انواع الکترودها پرداخته می شود

### ۱ - الکترود میله ای

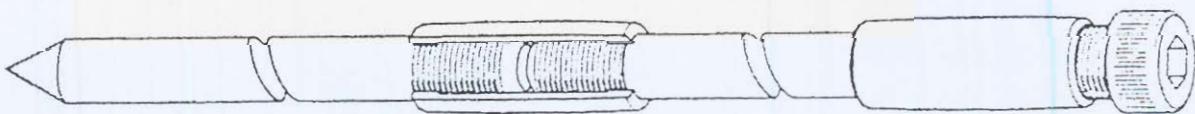
این نوع الکترود را به دو دسته تقسیم می کنیم :

#### الف ) الکترود میله ای نوع اول

این الکترود معمولاً یک میله فولادی نوک تیز است که بدنه آن گالوانیزه شده و یا آن را با لایه ای از مس پوشانده اند تا دوام آن در زیر خاک افزایش یافته و از پوسیدن سریع آن جلوگیری شود . برای نصب این الکترود نیازی به حفر چاه نیست و آن را در زمین دست

خورده بطور عمودی می کوبند . ساختمان آن نیز برای کوبیدن طرح شده است . مغز فولادی آن سخت و محکم بوده و با وارد شدن ضربه در خاک فرو می رود . انتهای سخت میله نیز قادر به تحمل ضربه های چکش است . گاهی نیز یک قطعه فولادی بسیار سخت به انتهای میله متصل می کنند تا از تغییر فرم آن در اثر ضربه های چکش جلوگیری شود . نوک میله را هم برای فرو رفتن بهتر ، تیز کرده اند و یا یک قطعه فولادی نوک تیز و سخت به سر آن متصل نموده اند .

طول این میله ها حدود  $\frac{1}{5}$  تا  $\frac{3}{5}$  متر است . میله های بلندتر ممکن است حین کوبیده شدن در زمینهای سخت کج شوند . گاهی این میله ها را طوری می سازند که بتوان پس از کوبیدن یک میله ، به کمک یک قطعه واسطه ، میله دوم را به ته آن متصل نموده و کوبیدن را ادامه داد سپس میله سوم را به همان روش به ته میله دوم متصل نموده و این عمل را تکرار می کنند به این ترتیب با اتصال میله های متعدد می توان الکترود بلندتری بدست آورد و آن را بدون کج شدن تا عمق بیشتری در زمین فرو کرد . منتها این اشکال وجود دارد که همین قطعات واسطه که ساختمان آنها شبیه پیچ و مهره است اغلب تحمل ضربه های لازم برای فرو کردن میله در زمینهای بسیار سخت را ندارند و در اثر ضربه ممکن است لق شده و اتصال بین میله ها دچار اشکال شود . از این رو الکترود میله ای نوع اول بیشتر مناسب کوبیدن در خاکهای نرم و یا در زمین هایی است که رطوبت در نزدیکی سطح آن قرار دارد . کوبیدن این الکترود در زمینهای سخت ، حتی در همان عمق کم نیز خالی از دردسر نیست .



دو عدد الکترود میله ای که با استفاده از قطعه اتصال دهنده به یکدیگر متصل شده اند .  
میله دوم به قطعه انتهای فولادی جهش شده است ..

مهمترین حسن این نوع الکترود ، آسانی اجرا و ارزان بودن آن است زیرا هزینه حفر چاه و خرید الکترولیت را ندارد و قیمت آن هم ارزان است . ولی ذاتا مقاومت بیشتری نسبت به الکترود صفحه ای دارد . لذا برای حصول مقاومت کم باید چند عدد از آنها را نصب و به همیگر متصل کرد ، که با توجه به لزوم رعایت فاصله جماز بین الکترودها ، به زمین بزرگی نیاز است . بنابراین بدست آوردن مقاومت کم ، در یک زمین کوچک به کمک این نوع الکترود مشکل است . ضمن آنکه افزایش بیش از حد تعداد الکترودها می تواند هزینه تهیه سیم و ترانشه کنی مورد نیاز برای ارتباط دادن آنها و نیز هزینه اتصال سیم های ارتباطی به الکترودها را افزایش داده و مزیت اقتصادی استفاده از این نوع الکترود را از بین برد .

این میله ها در طولهای از  $1/5$  تا  $3$  متر و قطرهای  $16$  ،  $19$  و  $25$  میلیمتر ساخته می شوند . قطر میله تاثیر چندانی در مقاومت ارت حاصل از آن ندارد و با افزایش قطر ، صرفا استحکام مکانیکی میله افزایش یافته و می توان آن را برای زمینهای سخت تری بکار برد . این میله ها بایستی مشخصه های زیر را دارا باشند :

۱ - ضخامت لایه گالوانیزه نباید کمتر از  $70\text{ }\mu\text{m}$  (هفتاد میکرون) باشد . چون ایجاد لایه ای با قطر  $70\text{ }\mu\text{m}$  با روش گالوانیزاسیون سرد (الکترولیس) امکان پذیر نیست حتما بایستی از روش گالوانیزاسیون گرم استفاده شود .

۲ - ضخامت میله فولادی نباید کمتر از  $16\text{ mm}$  باشد .  
۳ - سطح مقطع روکش مسی نباید کمتر از  $\frac{20}{\%}$  سطح مقطع مفرز فولادی باشد .

۴ - حداقل خلوص مس مورد استفاده برابر  $\frac{99}{99}/9$  باشد (مس کاتد)  
۵ - لایه مسی باید به روش جوش مولکولی (آبکاری الکتریکی) روی بدنی میله قرار گیرد .

در بازار اغلب میله های ارزان قیمتی به فروش می رسد که با فرو کردن یک میله فولادی ، درون یک لوله مسی هم اندازه با آن ساخته شده اند . این الکترود ها دارای عیوب زیرمی باشند و استفاده از آنها توصیه نمی شود .

عیب اول- در اثر وجود فوامنل ذره بین روکش مسی و مغز فولادی ، رطوبت و املاح خاک به این فوامنل نفوذ کرده و تشکیل پیل الکتریکی میدهد که موجب خوردگی سریع میله میگردد .

عیب دوم- بعلت عدم یکپارچگی بین روکش مسی و مغز فولادی آن ، در موقع کوبیدن میله ممکن است روکش مسی جدا شده و همراه میله در خاک فرو نرود .

عیب سوم- هنگام ساخت این الکترود ها ، میله فولادی تا دمای زیادی داغ می شود و این موضوع می تواند بر روی خواص متالورژیک میله تاثیر گذاشته و از استحکام آن بکاهد و در نتیجه گاهی وقایت شاهد کج شدن الکترود ، در هنگام کوبیدن آن خواهیم بود .

قابل ذکر است که عدم رعایت نکات فوق موجب پوسیدگی سریع و زودتر از موعد الکترود خواهد شد .

### ب) الکترود میله ای نوع دوم

نوع دوم الکترود میله ای برای نصب در چاههای کنده شده با دستگاه حفاری بکار می رود . آنها را در چاه قرار داده و اطرافشان را با الکترولیت مناسبی ( مثل دوغاب بنتونیت ) پر می کنند که در این حالت نیازی به میله محکمی با مشخصات نوع اول نیست و به جای آن می توان از سیم یا تسمه مسی یا گالوانیزه و حتی از لوله گالوانیزه آب نیز استفاده کرد . ( استفاده از این نوع الکترود در چاههای کنده شده با دست ، بعلت زیاد بودن عرض چاه و نیاز به مقدار زیاد الکترولیت توصیه نمی شود ) مهمترین حسن این روش این است که بر خلاف روش اول می توان با عمیق تر کردن

چاه ، الکترود را تا عمق دخواه در زمین وارد نمود و مقاومت آن هم بدلیل عمق بیشتر و استفاده از الکتروولیت ، کمتر از روش اول میباشد در عوض هزینه های حفر چاه و خرید الکتروولیت به سایر هزینه ها اضافه می شود .

## ۲ - الکترود صفحه مسی

این الکترود یک صفحه مسی مربع شکل است که در موقع نصب آن را به طور افقی یا عمودی در چاه قرار داده و در میان الکتروولیت مناسبی دفن می کنند . در بین الکترودهای مختلف گرانترین نوع محسوب میشود زیرا وزن مس مورد نیاز برای ساخت آن بیش از سایر الکترودهاست و همچنین نیاز به حفر چاه و مقدار بیشتری الکتروولیت دارد در عوض مقاومت کمتری ایجاد می کند و از این راه تعداد چاه مورد نیاز برای رسیدن به یک مقاومت معین را کاهش میدهد که این خود موجب صرفه جویی در هزینه های حفر چاه و تامین سیمهای ارتباطی بین چاهها و اتصال آنها به الکترود ها و ترانشه کنی های مورد نیاز می شود . از این رو بسته به مشخصات زمین ، در بعضی موارد ، اقتصادی تر از الکترودهای میله ای خواهد بود از طرف دیگر در زمینهای کوچک که امکان حفر چاههای متعدد وجود ندارد و با توجه به اینکه مقاومت سامانه احداث شده نباید از حد معینی بیشتر باشد ، ممکن است تنها راه احداث سامانه اتصال زمین ، استفاده از این نوع الکترود باشد .

مشخصاتی که لازم است این الکترود داشته باشد به شرح زیر است :

۱ - طول و عرض آن ، حداقل  $50 \times 50 \text{ cm}$  باشد .

۲ - قطر آن از  $2 \text{ mm}$  کمتر نباشد .

۳ - خلوص مس مورد استفاده حداقل برابر  $99\% / 9$  باشد (مس کاتد)

توجه شود عدم رعایت نکته ردیف ۱ موجب افزایش مقاومت چاه شده و بی توجهی به ردیفهای ۲ و ۳ موجب پوسیدگی سریع و زودتر از موعد الکترود خواهد شد . متأسف در حال حاضر ، صفحات مسی آلیاژی که مناسب استفاده در زیر کنی باشند ، بطور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند . صفحات فولادی پوشیده شده با مس را فقط به شرطی می توان بجا فجه مسی بکار برد که ضخامت لایه مس روی آن از حداقل های ، کمتر نباشد

### هادی یا سیم رت

پس از شرح انواع الکترودها به بیان نیات مهم در انتخاب و استفاده از هادی ارت می پردازیم . نخست هادیهای ارت را از نظر محل استفاده به دو دسته تقسیم می کنیم .  
دسته اول : هادیهایی که در زیر زمین و در تماس با خاک قرار می گیرند .

دسته دوم : هادیهایی که روی زمین قرار گرفته و با خاک تماس ندارند .

این طریقه دسته بندی از آن روست که انتخاب جنس هادی ارت و همچنین منظور کردن روکش و عایق برای آن به محل استفاده بستگی دارد . چون در این نوشته توجه خود را بر آن قسمت از شبکه ارت ، که در زیر خاک قرار گرفته ، معطوف نموده ایم لذا صرفاً به بررسی مسائل دسته اول می پردازیم . نخست اینکه هادی ارت در زیر خاک نیاز به روکش نداشته و لخت بودن آن موجب تماس بیشتر با خاک و کاهش مقاومت کلی شبکه ارت می شود . و دیگر اینکه در زیر خاک به علت دخالت عوامل خورنده از قبیل رطوبت و املاح خاک ، عمر هادی ارت کوتاه شده و زودتر از بین خواهد رفت . مسئله خوردگی بویژه در هنگام تشکیل پیلهای گالوانیک بسیار جدی و خطربناک می شود در

این وضعیت در اندک زمانی هادی ارت نابود خواهد شد . ( بررسی دقیق چگونگی تشکیل پیل و عوامل موثر در سرعت تخریبها ناشی از آن نیاز به مبحثی جداگانه داشته و در این مقاله نمی گنجد ) هادی ارت می تواند بصورت سیم یا تسمه بوده و از جنس مس یا فولاد گالوانیزه ساخته شود . مشخصات ذکر شده در ردیفهای ۱ تا ۵ الکترود میله ای نوع دوم در مورد این هادیها نیز صدق می کند . بدیهی است هادی و الکترود ارت بایستی همگنس باشند تا از تشکیل پیل گالوانیک و خوردگیهای ناشی از آن جلوگیری شود . قابل ذکر است که متاسفانه در حال حاضر سیمهای مس آلیاژی که در اصل برای استفاده در خطوط هوایی برق ساخته شده اند را به جای سیم مسی خالص ، در چاههای ارت بکار می بردند که این عمل اشتباه ، دوام هادی ارت را تحت تاثیر قرار داده و از عمر آن می کاخد .

## 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 می کند از طرف دیگر دیدیم که خاکهای دستی و نامتراکم می تواند موجب افزایش شدید مقاومت چاه شود . پس به این نتیجه می رسیم که باید زیر ، بالا و دور تا دور الکترود را با ماده ای مانند بنتونیت که هر دو خاصیت مقاومت ذاتی کم و فشردگی را داراست ، پر کنیم به خوبی که این ماده تمام فضای موجود بین الکترود با دیواره و کف چاه را پر کند و در مورد الکترود صفحه ای ، روی الکترود را نیز بپوشاند . متاسفانه دیده می شود که برخی مجریان به این نکات مهم بی توجهی نموده و وجود یک لایه بنتونیت در اطراف الکترود را کافی می دانند و پس از آنکه این لایه را با روش های مختلفی دور الکترود ایجاد نمودند ، فاصله باقیمانده تا دیواره چاه را با خاک معمولی یا خاک کشاورزی

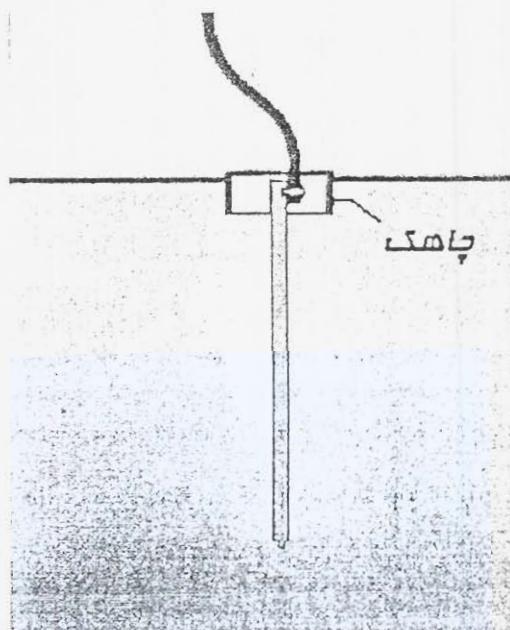
یا از این قبیل ، پر می کنند و به این ترتیب با ایجاد یک لایه واسطه نه چندان مرغوب ، بین لایه بنتونیت و دیواره چاه ، بخش قابل توجهی از نتیجه را از دست می دهند .

شایسته است هنگام اجرای چاه ، سطح الکترود ارت را از نظر عاری بودن از آلودگی هایی از قبیل لکه های رنگ یا چربی و یا لایه های اکسید شده ، سولفاته شده و غیره بررسی نماییم . این مواد سطح الکترود را عایق کرده و از تماس موثر آن با خاک جلوگیری می نمایند و می توانند تأثیر نامطلوبی بر مقدار مقاومت چاه ارت بگذارند . لازم به ذکر است که به ازاء هر لیتر از فضایی که باید پر شود به حدود یک کیلوگرم بنتونیت نیازمندیم و مقدار آب لازم نیز تقریباً ۳ لیتر در ازاء هر کیلوگرم بنتونیت است . در اینجا به شرح جزئیات اجرای صحیح چاه با استفاده از انواع الکترودها ، پرداخته می شود .

### الف) کوبیدن الکترود میله ای نوع اول در سطح خاک

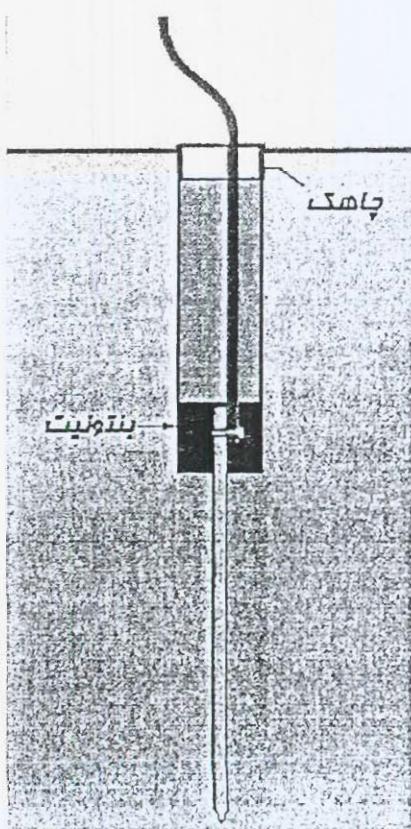
معمولآ خاک سطح زمین در فصول گرم سال ، خشک و در زمستان بخزده است لذا تأثیر مثبتی در کاهش مقاومت چاه ندارد . همچنین به منظور حفظ خود الکترود و نقطه اتصال سیم به آن ، بایستی انتهای میله در عمق مناسبی پایین تر از سطح خاک قرار گیرد . لذا پیش از کوبیدن الکترود بایستی گودالی که عمق آن بستگی به شرایط اقلیمی محل دارد (معمولآ حدود یک متر) ایجاد نمود و سپس الکترود را در کف گودال مزبور کوبید . با این کار عمق نفوذ الکترود هم بیشتر می شود . در صورت نیاز ، در همین گودال می توان چاهک بازرگی را نیز احداث نمود . همچنین در زمینهای سخت می توان پس از کندن گودال ، آن را پر از آب کرده و روز بعد اقدام به کوبیدن الکترود کرد . این کار موجب

نفوذ رطوبت به درون خاک و نرم تر شدن آن و در نتیجه کوبیدن راحت‌تر انکترود می‌شود.



ب) کوبیدن الکترود میله ای نوع اول در کف چاه

در این روش چاهی با عمق مناسب حفر نموده و الکترود را در کف آن می‌کوبیم بطوریکه مجشی از طول الکترود بالاتر از کف چاه باقی بماند. اکنون سیم را با استفاده از جوش کدولد به الکترود متصل نموده و سپس مطابق شکل مقداری آب در چاه ریخته و بنتونیت را بتدیرج اضافه می‌کنیم دانه‌های بنتونیت باید درون آب غرق شود. ریختن آب و اضافه کردن بنتونیت آنقدر ادامه می‌یابد که الکترود کاملاً توسط دوغاب بنتونیت پوشیده شود. مایقی چاه با خاک سرند شده پر می‌شود.

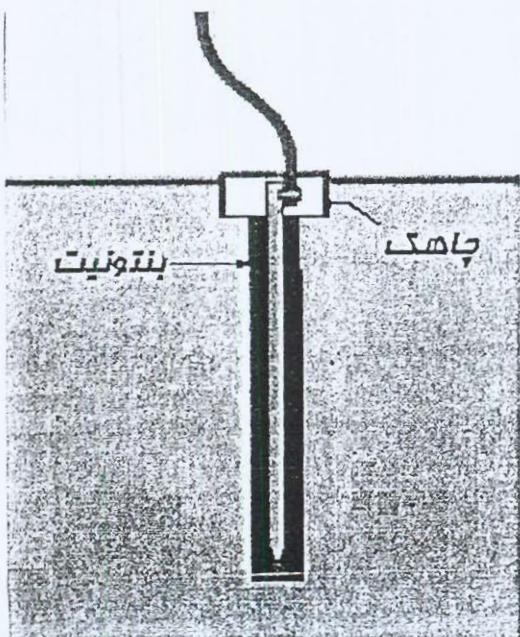


شود . در این روش با عمیق تر کردن چاه می توان الکترود را تا عمق دخواه در زمین فرو کرد .

### ج) اجرای الکترود میله ای نوع دوم در چاه

همانگونه که گفته شد این نوع الکترود را نمی توان کوبید بلکه آن را در یک چاه کنده شده با دستگاه حفاری قرار میدهد و اطراف آن را با الکرولیت مناسب مانند بنتونیت پر می کنند این چاهها دارای قطر بسیار کمی مثلا حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر هستند و برای پرکردن آنها باید از بنتونیت دانه ریز استفاده شود زیرا دانه های درشت بویژه بعلت قطر کم چاه ، مشکلاتی ایجاد می کنند . الکترود را در چاه طوری آویزان می کنیم که نوک آن چند سانتیمتر بالاتر از کف قرار گیرد . اکنون مقداری آب در چاه ریخته و بنتونیت دانه ریز را به تدریج اضافه می کنیم . ریختن آب و بنتونیت بطور همزمان ، یا به تناوب ، آنقدر ادامه می یابد تا به ارتفاع آن به حد کافی برسد .

در حقیقت بایستی از کف تا جایی که که خاک آن نهان است و یا بهتر از آن ، تا نزدیکی سطح زمین با بنتونیت پر شود .



در صورتی که بنتونیت موجود پودری و نرم باشد نباید آن را روی سطح آب داخل چاه ریخت و لازم است یک بشکه یا سطل مناسب تهیه کرده و آب و پودر موجود را در آن مخلوط نماییم تا بصورت دو غاب یکنواختی در آید . سپس الکترود را مانند قبل آویزان نموده و

چاه را تا ارتفاع لازم با دوغاب آماده شده پر می کنیم .

توجه شود که مقدار آب موجود در دوغاب باید طوری تنظیم شود که دوغاب ساخته شده به اندازه کافی نرم و روان باشد و زوایا و گوشه های چاه را بخوبی پر کند ولی شل بودن زیاده از حد آن باعث می شود که حجم دوغاب افزایش یافته و چون رطوبت بیش از حد چنین دوغابی ماندگار نیست لذا پس از زمانی کوتاه و از دست رفتن رطوبت اضافه ، شاهد کاهش یافتن حجم الکترولیت و در نتیجه ترک خوردن توده بنتونیت و سرایحام افزایش مقاومت چاه خواهیم بود . این موضوع کلی است و بایستی در تمامی روش های مختلف اجرای چاه ارت مورد توجه قرار گیرد .

#### د) اجرای الکترود صفحه ای بطور عمودی

برای این کار نخست مقدار ۱۵۰ لیتر آب در کف چاه ریخته و بعد حدود ۵۰ کیلوگرم بنتونیت ، بتدریج روی سطح آب می ریزیم . این کار طوری انجام می شود که در پایان ، آب تنها ویا بنتونیت خشک و بی آب روی سطح باقی نماند . سپس حدود ۱۰ دقیقه صبر می کنیم تا بنتونیت خود را بگیرد . در این فرصت می توانیم صفحه مسی را به سیم ارت متصل کنیم . اکنون صفحه مسی را به کمک سیم متصل به آن به درون چاه می فرستیم تا در وسط چاه بطور عمودی روی لایه بنتونیت بایستد . مهم است که لایه بنتونیت در فرصت داده شده آنقدر سفت شده باشد که صفحه مسی در آن فرو نرود . به هر حال اگر بعلت شل بودن خلط ریخته شده و علیرغم صبر کافی ، هنوز هم صفحه در لایه اجرا شده فرو می رود بایستی مقدار کمی بنتونیت خشک روی سطح لایه قبلی پاشیده و چند دقیقه صبر کنیم تا بنتونیت خشک جدید با جذب مقداری از رطوبت ، سطح کار را سفت کند . پس از قرار گرفتن

صفه ، آب و بنتونيت بطور همزمان ، يا به تناوب درون چاه رخته می شود طوري که دانه هاي بنتونيت درون آب غرق شود . اين کار آنقدر ادامه مي يابد تا سطح بنتونيت حداقل به  $5$  سانتيمتر بالاي صفحه برسد . حال بايستي حداقل يك ساعت و بهتر از آن چند ساعت صبر کنيم تا دوغاب بنتونيت کاملا خود را بگيرد . سپس مي توانيم بقيه چاه را با خاک سرند شده و نرم پر کنيم . مهم است که پيش از شروع به رختن خاک ، سطح لایه بنتونيت آنقدر سفت شده باشد که خاک رخته شده از بالاي چاه درون بنتونيت فرو نرود برای اين کار توصيه مي شود پس از آنکه آب موجود در چاه کاملا جذب شد ، مقداري بنتونيت خشك در حد يك لایه نازک (حدود  $2$  تا  $3$  سانتيمتر) روی لایه قبلی بريزيم تا پس از گذشت زمان کافي ، سطح کار کاملا قوام يابد . همچنين توصيه مي شود همراه خاک پر کننده مقداري آب نيز به منظور نشست دادن و متراكم کردن آن اضافه کنيم .

در صورتي که بنتونيت موجود پودري و نرم باشد ، به همان شکلي که قبله توضيح داده شد ، در بيرون چاه آن را بصورت دوغاب يکنواختي در آورده و تا ارتفاع لازم در چاه مي ريزم . معمولا برای چاهي به قطر حدود  $80$  سانتيمتر و صفحه اي به ارتفاع  $50$  سانتيمتر ، حدود  $300$  تا  $350$  کيلوگرم بنتونيت و  $3$  برابر آن ، آب لازم است .

#### د ) اجرای الکترود صفحه اي بطور افقي

برای اين کار نخست مقدار  $450$  لیتر آب در کف چاه رخته و بعد حدود  $150$  کيلوگرم بنتونيت ، بتدریج روی سطح آب مي ريزم . اين کار طوري انجام مي شود که در پایان ، آب تنها ويا بنتونيت خشك و بي آب روی سطح باقی نماند . سعي شود سطح توده بنتونيت مسطح باشد . در غير اين صورت باید کسی داخل چاه شده و آن را تسطیح کند . سپس حدود  $10$  دقیقه صبر مي کنيم تا بنتونيت خود را بگيرد .

در این فرصت می توانیم صفحه مسی را به سیم ارت متصل کنیم . مهم است که لایه بنتونیت در فرصت داده شده آنقدر سفت شده باشد که صفحه مسی در آن فرو نرود . اکنون حدود ۱۰ لیتر آب و مقدار کمی بنتونیت ( حدود ۲ کیلوگرم ) را در ظرفی خلوط نموده و بصورت دوغاب یکنواخت و روانی در می آوریم و درون چاه می ریزیم و بعد صفحه مسی را به کمک سیم ارت به درون چاه فرستاده و بطور افقی روی سطح دوغاب بنتونیت می نشانیم . ریختن دوغاب شل و روان به این دلیل است که الکترولیت بطور کامل با تمام سطح زیرین صفحه تماس پیدا کند و فضای خالی باقی نماند . اشکالی ندارد که صفحه در این دوغاب سطحی فرو رود . مجددا ۴۵۰ لیتر آب درون چاه ریخته و بتدریج حدود ۱۵۰ کیلوگرم بنتونیت اضافه می شود ( بطور کلی ریختن آب و بنتونیت بطور همزمان ، یا به تناوب تفاوت ندارد ) . حال بایستی حداقل یک ساعت و بهتر از آن چند ساعت صبر کنیم تا بنتونیت کاملا خود را بگیرد .

در صورتی که بنتونیت موجود پودری و نرم باشد ، به همان شکلی که قبل توضیح داده شد ، بیرون چاه آن را بصورت دوغاب یکنواختی در آورده و تا ارتفاع لازم در چاه می ریزیم .

در پایان کار بقیه چاه را به همان نحو و با در نظر گرفتن همان ملاحظاتی که در مورد الکترود عمودی توضیح داده شد ، پر می کنیم . بنتونیت لازم به قطر چاه بستگی دارد و مانند اجرای صفحه عمودی برای چاهی به قطر ۸۰ سانتیمتر و صفحه ای به ارتفاع ۵۰ سانتیمتر ، حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم بنتونیت و ۳ برابر آن ، آب لازم است .

## اتصال هادی به الکترود ارت

عمل اتصال سیم یا تسمه به الکترود ارت یکی از آسیب پذیرترین قسمتهای چاه و نخستین قربانی خوردگی است و در عین حال یکی از

اجزاء مهم چاه ارت است بطوریکه بسیاری از چاهها کارآئی خود را فقط بدلیل پوسیدن و جدا شدن تدریجی این اتصال از دست داده اند. گرچه با استفاده از الکترولیت های غیر خورنده مانند بنتونیت عمر اتصال افزایش می یابد ولی برای تضمین عمر طولانی چاه لازم است این اتصال نیز مورد توجه قرار گیرد. روش های بکار رفته برای اجرای آن عبارتند از :

- جوش انفجاری
- کابلشو
- انواع کلامپ (بست)

عمر اتصالاتی که با کابلشو اجرا می شود نسبتاً کوتاه است زیرا رطوبت موجود در خاک که دارای املاح زیادی می باشد به فواصل ذره بینی موجود بین الکترود و کلامپ یا کابلشو نفوذ کرده و باعث ایجاد خوردگی و نیز ایجاد ترکیبات عایق در سطح تماس بین الکترود و کلامپ می شود لذا این نوع اتصالات برای استفاده در زیر خاک توصیه نمی شود. ولی در صورت استفاده از جوش انفجاری با چنین مشکلی مواجه نخواهیم شد. در این نوع اتصال، طنی یک فرآیند خاص، ذرات مس درینک قالب خصوصی، بصورت مذاب درآمده و بر روی محل تماس قطعات مورد جوشکاری ریخته می شود. با این کار لایه سطحی قطعات مذکور ذوب شده و با مس مذاب ریخته شده تشکیل یک توده یکپارچه را می دهد.

### Cad Weld ویژگیهای جوش انفجاری یا

جوش انفجاری یا کدولد نوع خاصی از جوشکاری است که برای ایجاد اتصال الکتریکی بین چند قطعه مسی یا بین قطعات مس و یک فلزدیگر مانند فولاد گالوانیزه یا فولاد معمولی طراحی شده و بکار می رود.

این نوع جوشکاری دارای ویژگیهای زیر است :

- یکپارچه شدن قطعات مورد اتصال ( که باعث می شود در محل اتصال فاصله ایی برای نفوذ رطوبت باقی نماند )
- ضخامت زیاد جوش
- سطح تماس زیاد
- عدم تغییر قابل توجه بر خواص متالورژیک قطعات مورد اتصال
- سرعت و سهولت در انجام عملیات جوشکاری
- عدم نیاز به برق و ابزارهایی مانند پرس هیدرولیک و دریل

یکپارچه شدن قطعات مورد اتصال و ضخامت زیاد جوش موجب استحکام مکانیکی قابل توجه ، عدم ایجاد مقاومت الکتریکی در محل تماس و نفوذ ناپذیری نسبت به رطوبت می شود که این خود یابدایی طولانی مدت در مقابل خوردگی را تضمین میکند . همچنین در این جوش بدلیل ایجاد سطح تماس زیاد و کیفیت خوب آن ، انتقال مطالوی جریانهای اتصال کوتاه به آسانی امکانپذیر می گردد ضمن اینکه این جوش اثر منفی قابل توجه روی خواص متالورژیک قطعات مورد اتصال ندارد . نکته دیگر اینکه اجرای ارت اغلب در مراحل ابتدایی احداث ساختمانها یا سایتهاي صنعتی انجام می شود و معمولا در این مراحل دسترسی به برق مشکل است لذا از این نظر نیز جوش انفجاری دارای مزیت است.

به کمک این نوع جوش می توان اتصالات متنوعی را پیدید 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 همیگر متصل نمود . به عنوان مثال برای اجرای همندی شبکه آرماتور و سامانه ارت می توان آرماتور را با استفاده از جوش انفجاری به سیم مسی متصل نمود . البته قابل توجه است که انجام هر نوع عملیات بر روی شبکه آرماتور ساختمان بایستی با اطلاع و اجازه مهندسین ناظر و طراح سازه انجام شود .

در جمیع ویژگیهای این نوع جوش برای سیستم های ارتینگ بسیار عالی است. این روش یکی از بهترین راههای اتصال سیم به الکترود ارت است.

اضافه می گردد که این نوع جوش دارای نام های دیگری از قبیل جوش احتراقی، exothermic و thermit نیز می باشد.

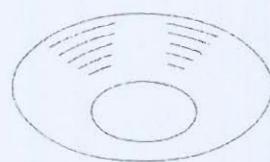
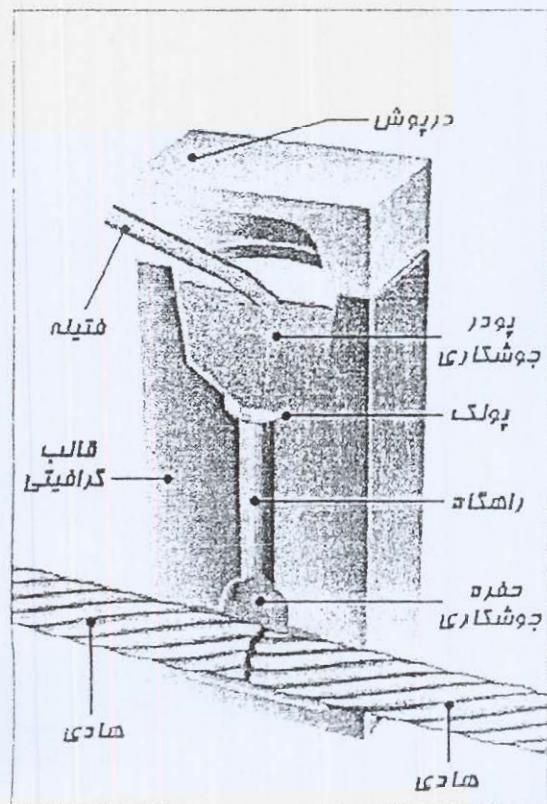
### روش اجرای جوش انفجاری

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 کدولد دارای شکل های مختلف و متنوعی بوده و شکل آنها به نوع قطعاتی که باید جوشکاری شوند، بستگی دارد. همچنین مقدار پودر جوش نیز وابسته به نوع اتصال و ابعاد قطعات مورد جوشکاری است. برای انتخاب شکل قالب و مقدار پودر جوش و اندازه پولک، بایستی به کاتالوگ های سازندگان مراجعه نمود.

آموختن و کسب مهارت های لازم برای اجرای این نوع جوشکاری مستلزم کمی ترین، در حضور و تحت نظر فرد خبره و با رعایت نکات ایمنی مربوطه می باشد. با این حال به منظور آشنایی کلی خواننده با روش انجام کار به شرح مختصر مراحل آن پرداخته می شود.

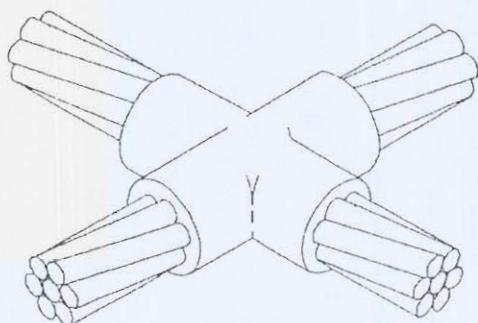
پس از انتخاب قالب و پودر جوش مناسب قطعات مورد جوشکاری را در قالب قرار داده و سپس یک پولک مناسب داخل قالب، در ته محفظه پودر می گذاریم. اکنون به اندازه کافی پودر جوشکاری در محفظه ریخته و فتیله را روی پودر قرار می دهیم. حال باید فتیله را به کمک فندک روشن کرد. پس از چند لحظه، شعله فتیله به توده پودر جوش می رسد و آن را بطور ناگهانی شعله ور می کند و عمل جوشکاری انجام می شود.

تماواير زير يك قالب کدولد آماده جوشکاري و چند اتمال نمونه را نشان مى دهد :

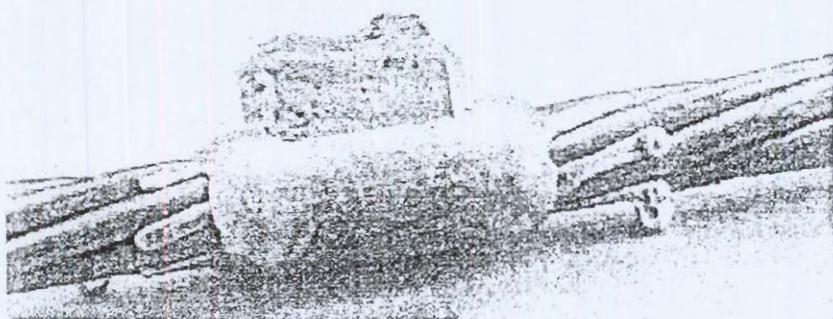


پولک

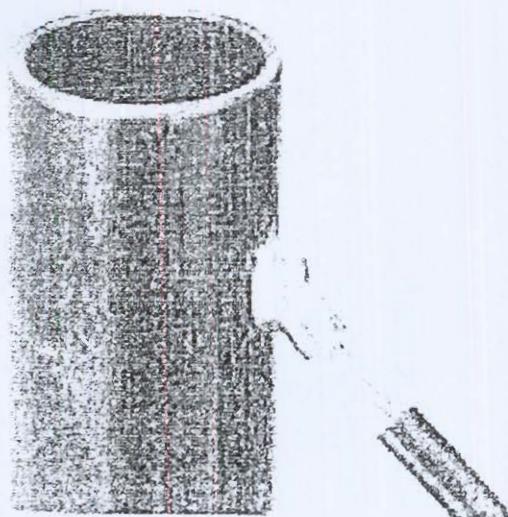
قالب خصوص اتصال سیم ، آماده جوشکاري



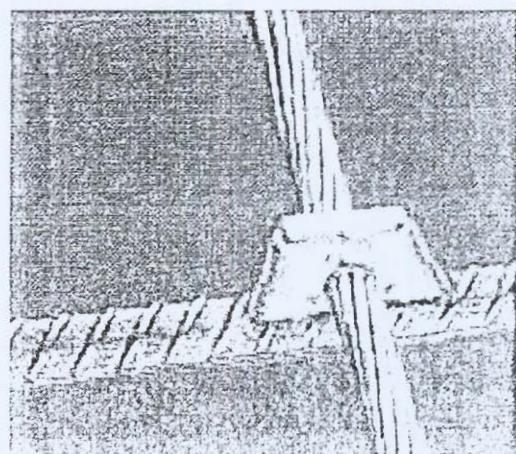
اتصال چهار راهه



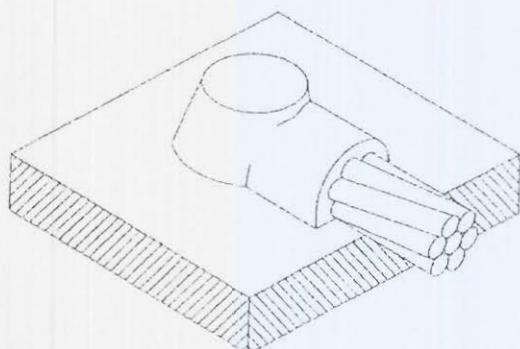
اتصال دو رشته سیم با  
کدولد



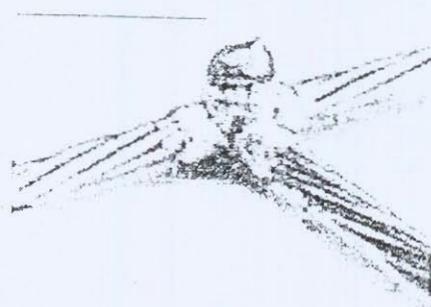
اتصال سیم همپندی به لوله فولادی



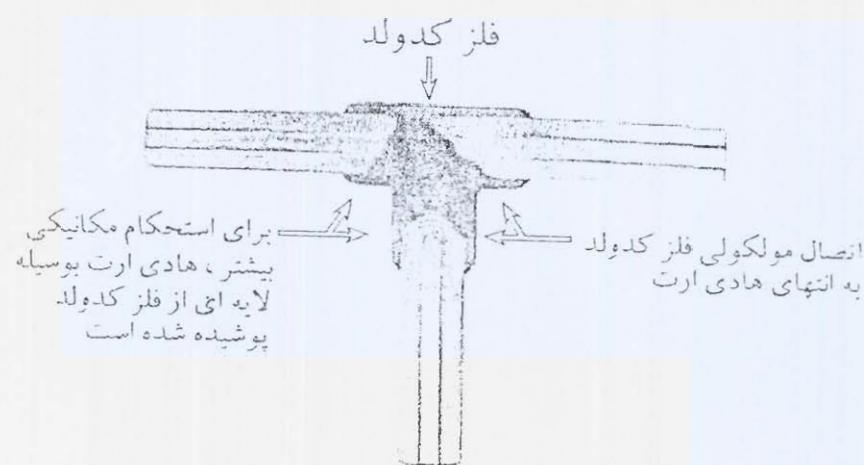
اتصال سیم همپندی به آرماتور



اتصال سیم ارت به صفحه مسی



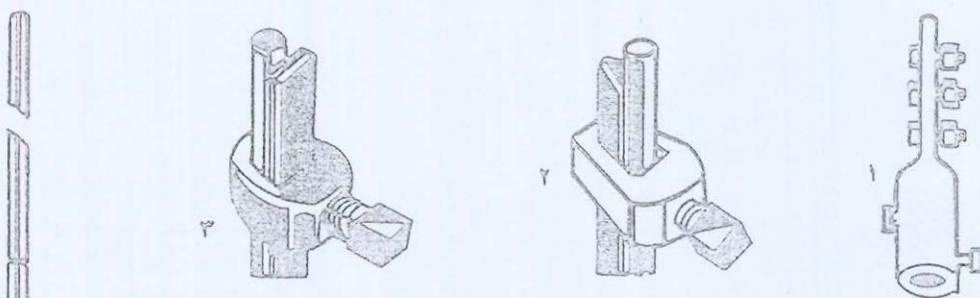
اتصال سه راهه



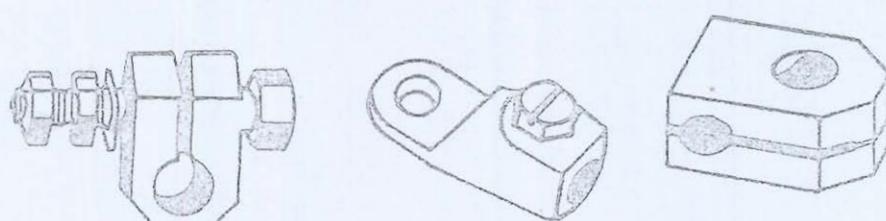
برش یک اتمال سه راهه

## پارسیان تکثیر

کامپانی مخصوصه آبرایر در آلمان  
پلات نقشه، تکثیر و چاپ دیجیتال رنگی  
بزرگ‌ترین هندستی آرائه ایندیکوپه (DCI)



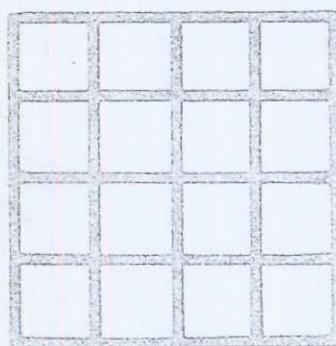
1 و 2 و 3 - بستهای مختلف تسمه به الکترود



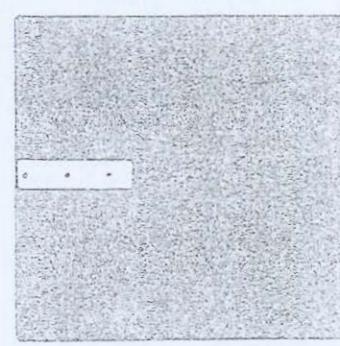
۸ - الکترود اتصال زمین  
میله مسی سفر فولادی



۴ - بست فشاری



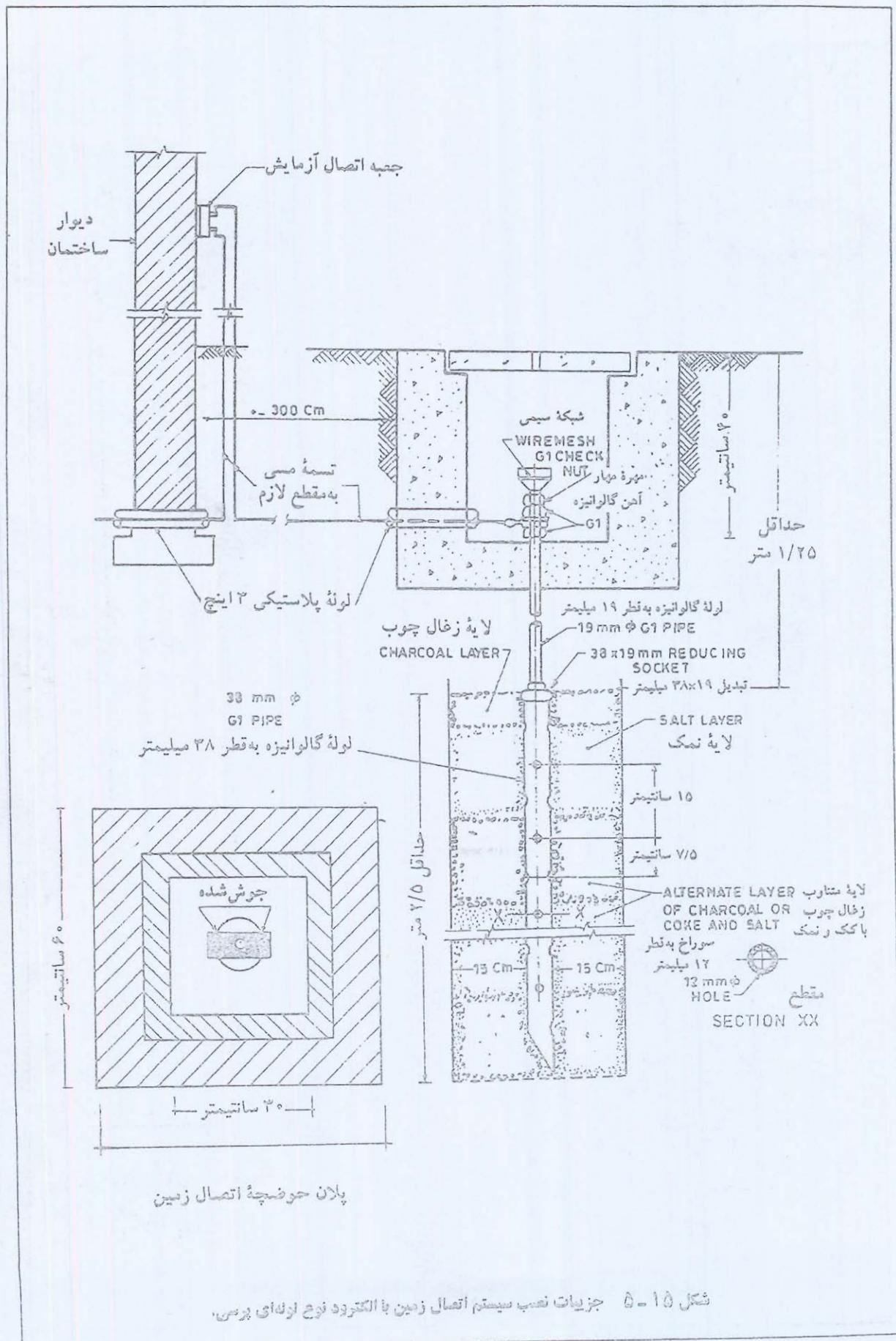
۱۱ - اتصال صفحه الکترود  
بدسیم لخت مسی

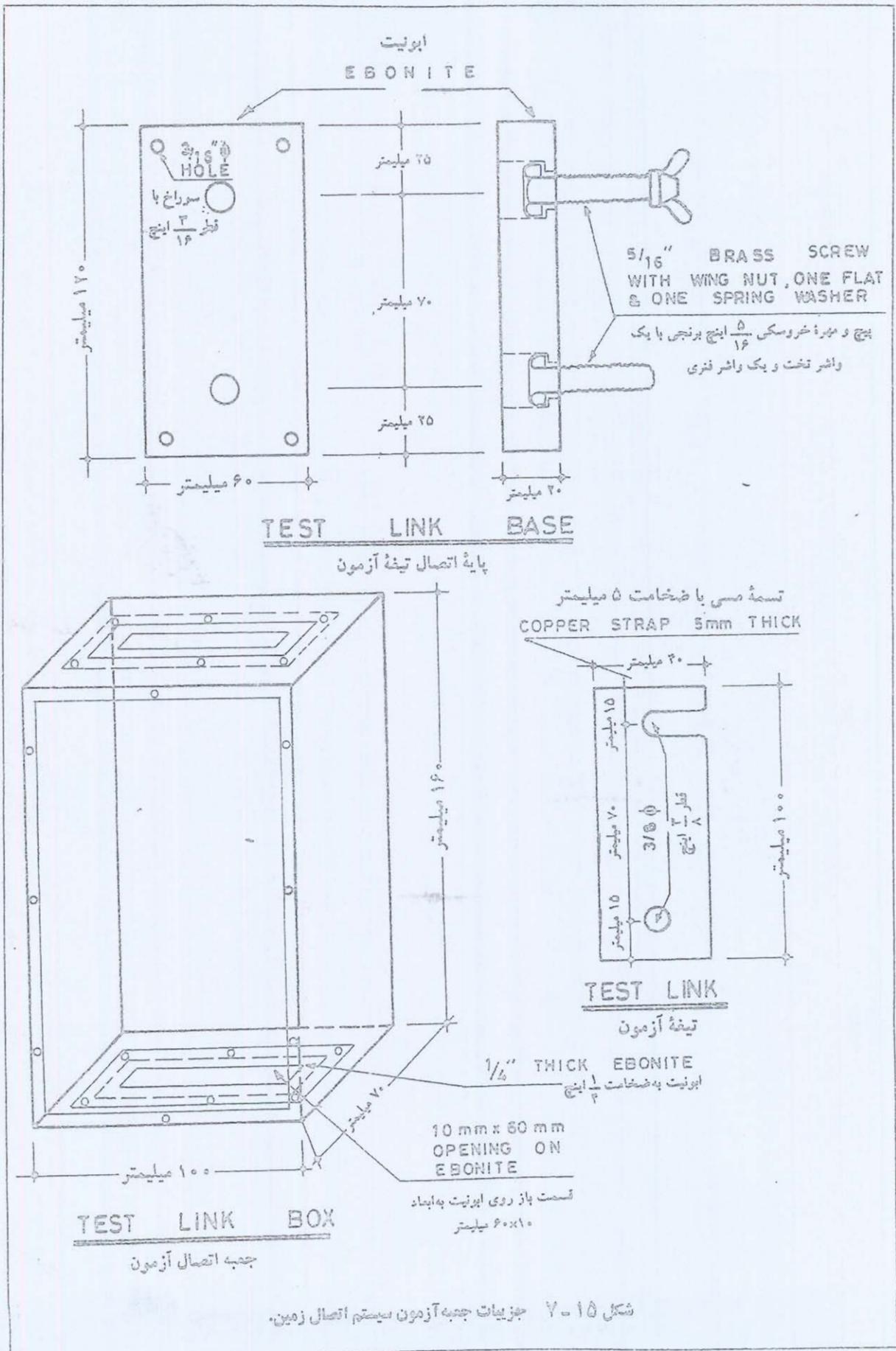


۱۲ - اتصال صفحه الکترود  
به تسمه مسی

۱۳ - الکترود اتصال زمین از یورق مسی  
۷۰۰×۷۰۰ میلیمتر

شکل ۱۵ - ۱ ازایع الکترود های اتصال زمین و بستهای مربوطه.





## ارائه الکترود و روش اجرای جدیدی برای سیستم

### اتصال زمین در شبکه های توزیع

محمد آیت‌اله‌زاده

شهرخ شجاعیان

Ayat@Walla.com

Shojaeian@Walla.com

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان اصفهان

کلمات کلیدی: اتصال زمین / مقاومت مؤثر خاک / بتونیت / ارت مت

در این مقاله این تجربیات قبلی، با پیشنهاد نوع جدیدی از الکترود ترکیب شده و روشی که می‌تواند یک حالت بهینه باشد ارائه خواهد شد. الکترود پیشنهادی را همراه با الکتروولیت بتونیت می‌توان به جای الکترود صفحه مسی استفاده نمود و مقاومت را در حد استاندارد پایین نگه داشت. در این میان قیمت تمام شده نهایی نسبت به روشاهای موجود بسیار کمتر بوده و نتیجه هم به همان کیفیت باقی مانده است.

#### مقدمه:

گستردگی و حجم استفاده از انرژی الکتریکی در صنعت و تأسیسات الکتریکی و منازل بر کسی پوشیده نیست و با توجه به مزایای استفاده از آن همچنان نیز در حال گسترش می‌باشد. مشاً بسیاری از خطراتی که انسان و تجهیزات الکتریکی را تهدید می‌کند، عدم وجود یک اتصال زمین

#### چکیده

در گذشته یکی از رایج‌ترین روشها جهت نصب الکترود و کاهش مقاومت زمین و زمینهای دارای مقاومت بالا استفاده از مخلوط خاک رس، نمک و زغال بود که سالها در کشور به صورت سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفت. از جمله مشکلات عمدۀ مربوط به استفاده از این الکتروولیت تجزیه تدریجی زغال و قطع اتصالات فلزی الکترود بر اثر خاصیت خوردگی نمک می‌باشد که باعث می‌گردد مقاومت بتونیت از اینگونه اتصال زمینه پس از چند سال به شدت افزایش یابد.

امروزه مقاومت در برخی مناطق کشور از خاک مصرفی بتونیت که دارای خواص بسیار خوبی از جمله آبگیری بسیار بالا، مقاومت مخصوص بسیار پائین و عدم خاصیت خوردگی به علت قلیابی بودن می‌باشد، به عنوان الکتروولیت بهینه استفاده گردیده است.

# سیستم اتصال زمین

الکتریکی دارند. کاهش اندازه دانه‌های خاک باعث کاهش نفوذپذیری آن گذشته و در صورتی که به طور مطلوب متراکم گردد که می‌تواند باعث افزایش هدایت الکتریکی [1] باشد.

نتایج حاصله از اندازه‌گیری‌های مستمر نشان می‌دهد اتصال زمینهای احداث شده با خاک بتنیت در مقایسه با مخلوط سنتی خاک رس، زغال و نمک در زمینهای رسی به میزان 65٪ در حاکهای سنتی به میزان 68٪ در زمینهای سنگلاخی به میزان 88٪ و در مناطق سنگی به میزان 95٪ کمتر بوده و مقاومت کلیه زمینهای نصب شده با بتنیت و الکترود صفحه‌ای کمتر از 4 اهم می‌باشد.

در هدایت الکتریکی و انتقال جریان به درون زمین دو عامل اساسی نقش دارند:

(1) اندازه و شکل الکترودهایی که در منطقه استفاده می‌شود (اعم از میله‌ای یا صفحه‌ای)

(2) مقاومت خاک منطقه که خود بستگی به عوامل زیر دارد [1]

(1) نوع خاک

(2) ترکیب شیمیایی نمکهای حل شده در آب‌های درون خاک

(3) درصد رطوبت خاک

(4) دمای خاک به طوری که خاکهای بین زده دارای مقاومت بالایی هستند

(5) اندازه دانه‌ها و توزیع دانه در خاک

(6) تراکم خاک و فشار وارد بر آن

لازم به ذکر است که به جز موارد فوق پارامترهای دیگری نیز در مسئله قابلیت هدایت الکتریکی زمین نقش دارند مانند عمق نصب الکترودها، خواص شیمیایی خاک مانند PH، تغییرات عمق لایه‌بندی و توزیع دانه‌ها.

با توجه به نتایج تحقیقات و تجربیات در سیستمهای توزیع برق در خصوص روش‌های بهینه‌سازی اتصال زمین، افزودن نمک به خاکها از ساده‌ترین و رایج‌ترین روشها بوده و اگر چه در کوتاه مدت مشکل مقاومت زمین را رفع می‌کند ولی به دلیل خاصیت خورنده‌گی بسیار بالای نمک، پس از مدت

مناسب می‌باشد. به همین خاطر یافتن یک سیستم اتصال زمین پایدار با قابلیت اطمینان بالا همواره یکی از مشغله‌های فکری متخصصان بوده است.

زمین کردن یک سیستم دستگاههای الکتریکی (به جز هادیهای اصلی مدارهای برقی) به زمین می‌باشد. هدف از انتقال هر نوع نشی ارزی

الکتریکی در بدن فلزی دستگاهها به زمین، به منظور حفاظت جان و تجهیزات الکتریکی است. در شرایطی که

سیستم اتصال زمین به عنوان بخشی از سیستم الکتریکی به حساب نمی‌آید (مثلاً زمین کردن بدن فلزی دستگاههای برقی) اصطلاح زمین کردن حفاظتی به کار می‌رود. در مقابل، زمین کردن الکتریکی به شرایطی اطلاق می‌شود که

سیستم اتصال زمین به عنوان بخشی از سیستم الکتریکی ایفای نقش کند (مانند زمین کردن مرکز ستاره ترانسفورماتورها). مواد جامد کاهش‌دهنده مقاومت زمین

کاربرد وسیعی در سیستمهای راه‌آهن، پتروشیمی و همچنین کارخانجات مربوط به صنایع الکتریکی دارند. دلایل استفاده از این مواد به شرح زیر است:

۱- چون مناطق سنگلاخی و خشک و ریگزارها، دارای مقاومت زیادی می‌باشند، لازم است برای ساختن اتصال زمین مناسب، مقاومت خاک را به روشنی کاهش دهیم.

۲- در بعضی از مناطق (پر رفت و آمد شهری) که دستگاههای الکتریکی برای حفاظت نیاز به سیستم اتصال زمین دارند و محل کافی و مناسب برای درست کردن سیستم اتصال زمین موجود نمی‌باشد.

۳- با توجه به آنالیز و تجزیه و تحلیل بعضی از این مواد مشخص شده است دارای خواص عدم خوردگی، حفظ رطوبت در دراز مدت تهیه و نحوه استفاده آسان می‌باشد.

## بررسی خواص مکانیکی خاک و الکترولیت بهینه

برای آگاهی از نحوه ایجاد سیستم کامل و مناسب اتصال زمین، لازم است عواملی که قابلیت هدایت زمین و مقاومت آن را تغییر می‌دهد از نزدیک بررسی گردد.

ساختمن و ترکیبات تشکیل‌دهنده خاک تأثیر بسزایی بر هدایت

داخلی اند جلوگیری می‌کند. این ماده رسی نیاز به مراد افزودنی ندارد (صرف بتنوئیت نوع سدیم اینگونه است) و قادر خاصیت خورندگی بوده و خواص آن برای سالیان متعادل ثابت می‌ماند [4].

مقاومت بتنوئیت سدیم در 300٪ رطوبت (وزن آب به وزن بتنوئیت) حدود 2 اهم متر بوده که به دلیل تشکیل کتروولیت ناشی از افزودن آب است. آبی که به صورت شیمیایی در بتنوئیت نگهداری می‌شود اجازه می‌دهد تا سود و پناس آهک (Ca O)، اکسید منیزیم (Mg O) و دیگر نمکهای معدنی موجود در آن یونیزه شده و با PH حدود 8/5 تا 10/5 تشکیل یک کتروولیت قوی را بدهد. روش شناسایی خاکهای بتنوئیت سدیم به دو صورت می‌باشد.

1- قابلیت جذب آب (یا آزمایش فیزیکی ساده قابل مشخص شدن است).

2- عناصر تشکیل دهنده (آزمایش شیمیایی و آنالیز آن).

جهت انتخاب معیار و ملاک قیاس در جدول شماره 1 نمونه‌ای از آنالیز عناصر این نوع خاک که در اصفهان مورد استفاده قرار داده‌ایم آمده است.

بتنوئیت با توجه به خواص فوق به عنوان یک کتروولیت بهینه انتخاب می‌شود گرچه مواد دیگری چون GEM، مارکونیت و ... قابلیتهایی دارند لیکن به علت رعایت مسائل ایمنی هنگام مصرف در کار و قیمت بالا در قیاس با بتنوئیت در جایگاه پایین ترین قرار دارند.

### اندازه و شکل الکترود بهینه

واقعیت این است که طراحی بهینه یک چاه زمین نمی‌باشد محدود به نوع الکترود باشد، بلکه نوع الکترود، الکتروولیت و ساختار چاه می‌باشد در حین روند طراحی و با توجه به موارد بهینه‌سازی کیفی و اقتصادی چاه زمین انتخاب گردد.

یک سری آزمایشات جهت بررسی کارایی الکترودهای مختلف همراه با استفاده از الکتروولیت بتنوئیت در چاههایی به عمق 3 متر و با ابعاد  $1/0 \times 0/8$  متر و ارتافشان در چاههایی به قطر 4 سانتیمتر مورد آزمایش و بررسی قرار

کوتاهی الکترود و اتصالات مربوطه به طور کامل از بین رفته و بایستی با صرف هزینه‌های اضافی مکرر اقدام به تعویض الکترودها نمود. از طرفی بر اثر بارندگی‌های سالیانه پس از مدتی این نمکها نیز شسته شده و به لایه‌های زیرین منتقل گشته و مقاومت زمین مجدد افزایش می‌یابد. در نتیجه حداقل کارایی با مخلوطهای نمکی بین 5 تا 7 سال است [2].

با توجه به مقاومت بالا در زمینهای که خاک و بستر آن (سنگی، سنگلاخی و سخت) از لحاظ هدایت الکتریکی از نظر موارد اشاره شده در مقاومت خاک، دارای مشکلات بسیاری جهت احداث اتصال زمین می‌باشند باعث شده تا استفاده از مواد کاهش‌دهنده مقاومت زمین، متداول شده و این مواد دارای تنوع زیادی باشند. از جمله این مواد، بتنوئیت سدیم، پلیمرهای جاذب رطوبت و Ultra Fill را می‌توان نام برد [3].

به لحاظ فراوانی و قیمت مناسب خاک طبیعی بتنوئیت سدیم (Sodium Bentoite). استفاده از این ماده جهت ایجاد اتصال زمین به عنوان یک روش مؤثر و نوین متداول‌تر شده است. بتنوئیت سدیم دارای اندازه ذرات بسیار ریز (کمتر از 0.02 میکرون) که دارای سطح تماس بسیار بالا (800 مترمربع به گرم) هستند بوده و قابلیت جذب آب تا 5 برابر وزن اولیه خود و افزایش حجم تا 13 برابر حجم اولیه را دارد، همچنین این ماده وقتی به 6 برابر حجم اولیه خود می‌رسد بصورت لزج و غلیظ درآمده و نه تنها شکل خود را نگه می‌دارد بلکه در صورت تماس با هر سطحی به آن می‌چسبد و در نتیجه می‌تواند هم مشکل تراکم خاک و هم چسبندگی و اتصال لازم را حل کند.

خاک بتنوئیت زمانی که هیدراته می‌شود بصورت شیمیایی می‌تواند آب را داخل خود نگه داشته و به عنوان یک عامل خشک‌کننده، آب و رطوبت اطراف را با خاصیت مکشی خود جذب کند. در اثر تماس بتنوئیت با نور خورشید سطح بیرونی آن خشک شده و از خروج رطوبت از قسمتهای

میشود. در جدول شماره ۳ مقایسه کامل اقتصادی این روش آمده است. نوع دیگری از اجرای ارت که در ستون آخر این جدول تحت عنوان اجرا با سیم مسی آمده برای زمینهای خیلی سخت مناسب است. در این روش با استفاده از متنه و کمپرسور سوراخی به عمق ۳ متر زده شده و یک سیم مسی ساده درون سوراخ هدایت می شود سپس سوراخ با دوغاب بتونیت پر شده و سیم در طرف دیگر روی شبکه بسته می شود.

### نتیجه گیری

استفاده از صفحه ارت شبک (Earth Mat) (به عنوان یک الکترود ابتکاری در این مقاله معروفی شد. اجرای این الکترود به همراه بتونیت، بهترین نوع اجرای ارت از لحاظ فنی و اقتصادی تشخیص داده شده و با اندازه گیری های عملی در نقاطی با جنس خاک و رطوبت متفاوت، صحت این ادعا تأیید گردید. قابل ذکر است که در مقایسه با اتصال زمین صفحه ای که در حال حاضر مورد تأیید اکثر شرکت های توزیع است، هزینه مصالح حدود یک دهم و در کل اجرای ارت (با اختساب حفاری و ترمیم) هزینه حدوداً نصف میشود. با توجه به این مسئله و عدم پاسخگویی ارت میله ای در زمینهای سنتگلاخی و دچ بنظر میرسد ارت شبک بهترین جایگزین برای هر دو نوع الکترود فوق باشد.

### مراجع

- Gustafson, R.J , Pursely.Albertson, VD. -1 1990, Seasond Grounding Resistance Variations on Distribvtion System, IEEE Transaction on Power Delibery, Vol. Mo. 2. -2 م، خانسفید، "اتصال زمین تأسیسات برق"، مجله صنعت برق ایران، شماره 12، سال چهارم 3- س. علیشاھی، عبدالستار. رحمانی، "بررسی روش های ارتینگ بتونی برای کاهش مقاومت خاک در سیستمهای اتصال زمین"، هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، 30 و 31 اردیبهشت 1382

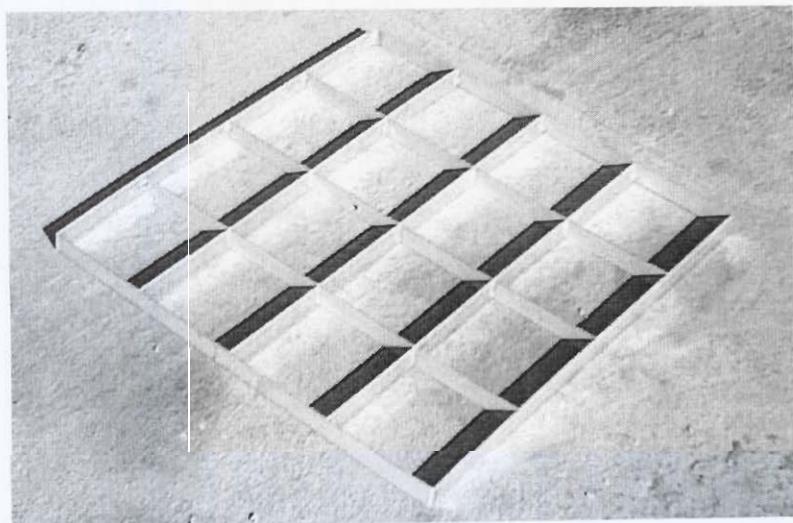
گرفت که نتایج حاصل از آن در جدول شماره 2 نشان داده شده است. همچنین در جدول شماره 3 لیست تقریبی قیمت مصالح و اجناس به کار رفته همچنین دستمزد اجرا جهت قیاس و تیجه گیری آمده است.

با توجه به گستردنگی و وسعت بالای محدوده شهرستان اصفهان و تنوع خاکهای موجود در این منطقه سنتگلاخی در جنوب شهر، ماسه ای در مجاورت رودخانه زاینده رود، خاک ماکادم (خاک سرخه) و عمدتاً خاک کشاورزی که بعضًا همراه با شوره و نمک می باشد، اتصال زمینهای احداث شده به روش سنتی دارای متوسط مقاومت ۹ اهم می باشد. پس از جایگزینی خاک بتونیت به منظور بهبود خواص خاک، مقدار مقاومت اتصال زمینهای احداث شده به ۶ اهم تقلیل پیدا کرده است. بعد از آن جهت کاهش هزینه تمام شده اتصال زمین به جای استفاده از صفحه مسی از نوعی صفحه شبک گالوانیزه (ارت مت) استفاده شد. این الکترود از حیث دارا بودن خواص پایداری بهتر، براساس توصیه های DIN-VDE 0140 که فولاد گالوانیزه را از حیث دوام بهترین نوع الکترود میداند برگزیده شد. شبک بودن این الکترود نیاز به صفحه یکپارچه را متنفسی کرده و سبب می شود با مقدار آهن کمتر همان میزان مقاومت ارت حاصل شود. نصب این الکترود بجای صفحه مسی و میله Copper-Weld انجام و به نتایج منجر شد. لازم به ذکر است که برتری استفاده از اتصال زمین های روکش گالوانیزه نص صریح استاندارد می باشد [۵] و در دنیا در کنار استفاده از فلز مس به علت اینکه در مقابل خوردگی مقاوم است متداول می باشد، استفاده از فلز گالوانیزه به همراه خاک بتونیت که قلیایی است و عامل خوردگی در ترکیبات این خاک طبیعی وجود ندارد، بهترین گزینه از لحاظ فنی و اقتصادی می باشد. استفاده از صفحه شبک گالوانیزه ۵۰×۵۰ سانتیمتر مربع) که مشکل از تسممهایی به عرض ۳ سانتیمتر و با روکش گالوانیزه گرم به ضخامت ۹۰ میکرون (شکل شماره ۱) به جای صفحه مسی، کاهش ۵۰ درصدی در کل هزینه احداث چاه اتصال زمین و ۶۰ درصدی نسبت به روش احداث چاه با سیم مسی به تنهایی

- 4- Janes,W.R. ,1980, Bentonite Rod Assure Ground Rod Installation in Solis, IEEE Transaction on Power Apparatus and System, Vol. 1.99, No. 4.  
 5- IN- VDE- 0140

جدول ۱- عناصر تشکیل دهنده بتونیت سدیم استحصال شده در اصفهان

ردیف	نوع اکسید	درصد عناصر	معیار استاندارد انتیتوی نفت آمریکا و اروپا	خاک موجود در معدن اصفهان
1	$\text{SiO}_2$	63/91	٪66/9	
2	$\text{Al}_2\text{O}_3$	13/65	16/3	
3	$\text{H}_2\text{O}$ (crystal)	6	6	
4	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2/46	3/3	
5	$\text{Na}_2\text{O}$	2/98	2/6	
6	$\text{CaO}$	1/32	1/8	
7	$\text{MgO}$	3/11	1/5	
8	$\text{K}_2\text{O}$	0/22	0/48	
9	$\text{TiO}_2$	0/34	0/12	



شکل ۱- ارت مت (صفحه گالوانیزه)

جدول 2- خصوصیات چاه حفر شده و نتایج اندازه‌گیری‌های عملی

ردیف	صفه اصفهان	صفه اصفهان	صفه اصفهان	صفه اصفهان	صفه اصفهان	صفه اصفهان	صفه اصفهان	صفه اصفهان	آدرس
3	3	3	3	4	4	4	4	4	عمق چاه (متر)
$1 \times 0/8$	$1 \times 0/8$	$1 \times 0/8$	$1 \times 0/8$	قطر 4 سانتی متر	قطر 4 سانتی متر	قطر 4 سانتی متر	قطر 4 سانتی متر	قطر 4 سانتی متر	ابعاد چاه (متر)
ارت مت	صفحه مسی	ارت مت	صفحه مسی	صفحه مسی	سیم مسی	سیم مسی	سیم مسی	سیم مسی	نوع الکترود
$50 \times 50$ سانتی متر	7 متر	7 متر	7 متر	7 متر	7 متر	اندازه الکترود			
بتنویت	بتنویت	بتنویت	بتنویت	نمک ، زغال و خاک	بتنویت	نمک ، زغال و خاک	بتنویت	بتنویت	نوع الکترولیت
300	300	300	300	10	8	10	8		مقدار الکترولیت (کیلو گرم)
ماکادم	ماکادم	سخت و سنگلاخی	سخت و سنگلاخی	ماکادم	ماکادم	سخت و سنگلاخی	سخت و سنگلاخی		نوع زمین
84/3/5	84/3/5	84/3/5	84/3/5	84/3/3	84/3/3	84/3/2	84/3/2		تاریخ احداث
84/3/13	84/3/13	84/3/13	84/3/13	84/3/13	84/3/13	84/3/13	84/3/13		تاریخ اولین فرانت
2/8	2/8	3/4	3/4	9	1	12	1		اولین مقدار (اهم)
84/4/13	84/4/13	84/4/13	84/4/13	84/4/13	84/4/13	84/4/13	84/4/13		دومین تاریخ
3/4	3/5	4/8	4/1	16	3/2	18	2		دومین مقدار
84/7/1	84/7/1	84/7/1	84/7/1	84/7/1	84/7/1	84/7/1	84/7/1		سومین تاریخ
4/3	4/2	5	5/3	20	3/8	23	3		سومین مقدار
25 مسی	25 مسی	25 مسی	25 مسی	25 مسی	25 مسی	25 مسی	25 مسی		نوع و اندازه سیم (میلی متر)
پیچ و مهره کابلشو	یکپارچه	یکپارچه	یکپارچه	یکپارچه		نوع اتصال			
دستی	دستی	دستی	دستی	پیکور- کمپرس	پیکور- کمپرس	پیکور- کمپرس	پیکور- کمپرس		نحوه حفاری

جدول 3 - هزینه احداث چاه اتصال زمین - ریال در محدوده شهرستان اصفهان

ردیف	مصالح	با صفحه مسی 50x50 میلیمتر ضخامت 4 میلیمتر	ارت مت	با سیم مسی
1	الکترود	500000	40000	105000 متر 7
2	حاش بتنیت	177000 کیلوگرم 300	177000 کیلوگرم 300	4720 کیلوگرم 8
3	کابل 1×25	120000 متر 8	120000 متر 8	120000 متر 8
4	کابلشو	2500	2500	—
5	پیچ و مهره	1500	1500	—
6	لوله گالوانیزه	16000 متر 2	16000 متر 2	16000 متر 2
7	کنکتور	3000	3000	3000
	دستمزد اجرا	150000	150000	150000
	جمع کل	970000	510000	398720

# بررسی تطبیقی استانداردهای جهانی و ملی برای اصلاح سیستم ارت پست‌های زمینی

شاهرخ شجاعیان

غلامرضا نوری

[Shojaeian@Walla.com](mailto:Shojaeian@Walla.com)

[RezaNoori@Gmail.com](mailto:RezaNoori@Gmail.com)

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان اصفهان

کلمات کلیدی: اتصال زمین / همپتانسیل سازی / همبندی / زمین کردن / پست زمینی

همان استانداردهای آب و برق آن زمان در حال اجراء است، در زمینه طراحی و اجرای سیستم ارت می‌باشد، که با توجه به امکانات جدید در صنعت، و ساخت و سازها نیاز به بازنگری اساسی دارد.

پس از گذشت سال‌ها از تولید، توزیع و مصرف برق به نظر می‌رسد دیگر نیازی به بحث در رابطه با اهمیت وجود ارت نمی‌باشد، چرا که اجرای اتصال زمین به عنوان امری بدیهی و حتی روزمره شده، بطوریکه در بعضی مواقع در اجراء و استفاده از آن دچار سهل انگاری می‌شود و صرفاً جهت رفع تکلیف با شرایطی بسیار نامطلوب انجام می‌پذیرد که متاسفانه منجر به وقوع حوادث مالی و جانی ناگوار خواهد شد. زمین الکتریکی و زمین حفاظتی را باید در کار هم در نظر گرفت و اجراء نمود، چرا که این دو مکمل یکدیگر می‌باشند؛ آنچه که باعث ایجاد جریان می‌شود اختلاف پتانسیل است و آنچه که می‌تواند جریان نامطلوب و ناخواسته را به سمت زمین هدایت کند ارت الکتریکی است. حال اگر مقاومت سیستم اتصال زمین "مناسب" باشد، به راحتی ظرف کوتاه‌ترین زمان

## چکیده

تجربیات مختلفی که از حدود ۴۰ سال پیش تا به حال بر روی قوانین و استانداردهای مصوب وزارت نیرو انجام شده لزوم تغییر در برخی از آنها را مسجل ساخته است، از جمله می‌توان به نحوه اجرای اتصال زمین در پست‌های توزیع اشاره نمود. ما در اینجا سعی خواهیم کرد با استفاده از استاندارهای IEEE، VDE و IEC مناسب جهت اصلاح و اجرای سیستم همپتانسیل ارت ارائه دهیم و در نهایت این سیستم را در یک پست توزیع زمینی بطور کامل پیاده‌سازی نماییم.

## مقدمه

خوبی‌خانه در بسیاری از سیستم‌های صنعت برق از تولید و انتقال تا توزیع، شاهد روندی رو به رشد هستیم، اما متاسفانه این روند در بعضی از نقاط بسیار نامحسوس و یا اصلاً وجود ندارد. یکی از این نقاط که شاید در ۳۰ سال گذشته تقریباً دست نخورده باقی مانده و

آرماتوریندی سازه ساختمان موجود در فونداسیون، ستون‌ها و دیوارها. در صورت عدم وجود سیستم آرماتوریندی سازه می‌توان چند حلقه چاه ارت نقطه‌ای ایجاد شده را به هم‌دیگر متصل و یک شبکه هم‌پتانسیل ارت ایجاد نمود.

براساس استانداردهای IEC 61312-2 و IEC 1024-1، VDE 0140 بطور کلی در یک فضای محدود مانند پست زمینی نیاز به احداث ارت‌های متعدد نبوده و کافی است از یک شبکه هم‌پتانسیل ارت گسترده استفاده نمود. در حال حاضر عرفی در احداث پست‌های زمینی رواج دارد که با توجیهات مختلف، ارت فشار قوی و فشار ضعیف، بدنه تجهیزات و... را جدا کرده و برای هر کدام یک چاه ارت احداث می‌کنند. با توجه به استانداردهای فوق الذکر اجرای چنین روشی کاملاً غلط بوده و می‌توان صرفاً از یک شبکه ارت هم‌پتانسیل استفاده نمود و بواسطه آن نیازمندی‌های اتصال زمین را برطرف کرد.

جهت یادآوری دو قسمت زیر که دقیقاً در متن استانداردها ذکر شده عیناً بیان می‌شود:

- طبق استاندارد 2 IEC 61312-2 بخش ۴، ۲: ایجاد شبکه هم‌پتانسیل می‌تواند مانع ایجاد اختلاف ولتاژ‌های خطرناک و مخرب شود که بین دستگاه‌های داخل و بر روی سطوح فلزی سازه ساختمان ایجاد می‌گردد. این شبکه می‌تواند حتی باعث کم شدن میدان مغناطیسی داخل ساختمان نیز بشود ( $\oint B.ds = 0$ )

- طبق استاندارد 1 IEC 61312-1 بخش ۱، ۳ و براساس مشخصات فنی موجود در استاندارد 1024-1 IEC: سیستم ارت عمومی عبارتست از شبکه‌ای از هادی‌های موجود در سازه ساختمان که به هم وصل شده‌اند و ایجاد یک سیستم ارت هم‌پتانسیل عمومی شده است، باید بدنه تمام دستگاه‌ها فرم فلزی و چهارچوب درب‌ها، و آنچه نیاز به ارت دارد به هم و به این شبکه (ترمینال ارت) متصل گردد.

سیستم‌های حفاظتی عمل کرده و جریان قطع خواهد شد؛ که در این صورت جلوی ایجاد خسارت‌های مالی و جانی ناشی از برقرار ماندن ولتاژ به بدنه، زمین و تاسیسات و عبور جریان از آنها گرفته خواهد شد..

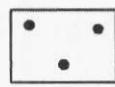
## ۱- هدف از ایجاد ارت

ایجاد سیستم اتصال زمین به دو منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱- زمین کردن حفاظتی: هدف ایجاد اینمی در مقابل برق با قطع سریع مدار معیوب با توجه به انتقال جریان بدنه‌های فلزی تجهیزات به هادی زمین (زمین خشی) است. برای افرادی که بنا به وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستم‌های الکتریکی از یک طرف و افراد جامعه به عنوان مصرف کننده برق از طرف دیگر می‌باشد.  
۲- زمین کردن الکتریکی: این نوع زمین کردن به منظور حفاظت از دستگاه‌ها و تجهیزات و با هدف کمک به عملکرد بهتر سیستم رولیاژ پیش بینی می‌شود تا در صورت بروز شرایط غیر نرمال جریان سریعاً قطع شود. با توجه به استاندارد 1 IEC 61312-1، در هر فضای محدود، فقط یک سیستم ارت عمومی اجراء می‌شود و کلیه تجهیزات، تاسیسات و المانهای فلزی موجود در آن محیط به هم و به این ارت عمومی متصل شده و یک شبکه هم‌پتانسیل همبند شده ایجاد می‌کنند، در عین حال این ارت به شبکه آرماتور بنده سازه نیز متصل می‌گردد.

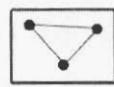
## ۲- ارت نقطه‌ای در مقابل شبکه هم‌پتانسیل

۲-۱- تعریف ارت نقطه‌ای: عبارتست از ایجاد اتصال زمین یا حفر یک حلقه چاه و نصب یک الکترود بصورت صفحه‌ای یا میله‌ای در آن.



(شکل ۲)

ارت‌های نقطه‌ای



(شکل ۱)

شبکه ارت هم‌پتانسیل

۲-۲- ارت گسترده و شبکه هم‌پتانسیل: عبارتست از ایجاد یک شبکه هم‌پتانسیل با استفاده از شبکه

معمولاً از مسیر کانال‌های ارتباطی پست بدون حفاظت به بیرون پست هدایت شده و به چاه ارت وارد و نهایتاً توسط یک یا چند بسط یا کابلشو به الکترود ارت متصل شده است.

۴-۴-ایمنی و حفاظت در مقابل ولتاژ گامی در داخل پست: همانطوریکه در (شکل ۶) مشاهده می‌شود در شرایط اتصال ولتاژ به زمین در صورتیکه شبکه فلزی (مانند آرماتوربندی) در زمین وجود داشته باشد اختلاف پتانسیل بین دو پا به مراتب کمتر از شرایطی است که هیچ فلزی در زمین وجود ندارد، بطیع عمل‌آرت هم پتانسیل می‌تواند به عنوان حفاظت کننده در برابر ولتاژهای گامی نیز عمل کند.

۳۵-می‌توان مقطع فوق را معادل با یک رشته سیم مسی دانست که کاملاً برای منظور ما کافیست می‌کند.

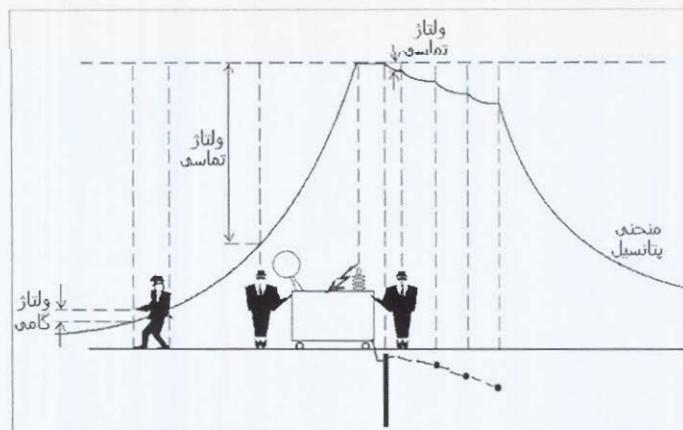
تذکر: در شرایطی که سازه فلزی وجود ندارد می‌توان چند چاه ارت را (طبق شکل ۱) با استفاده از چند رشته سیم به هم متصل نمود. طبق قانون اهم در صورتی که مقاومت همه نقاط برابر باشد خواهیم داشت:

$$R_1 = R_2 = \dots = R_n \Rightarrow R = \frac{R_1}{n} \Omega$$

۴-۲-ضریب اطمینان: با توجه به موارد زیر ضریب اطمینان شبکه ارت فونداسیون از چاه ارت نقطه‌ای بیشتر است:

۴-۲-۱-تعداد زیاد آرماتور موازی موجود در بتن در مقابل یک رشته سیم مسی در چاه ارت.

۴-۳-استحکام بسیار بالای شبکه آرماتوربندی که توسط بتن نیز احاطه شده، در مقابل تک رشته سیم مسی که



(شکل ۶)

گردد. (برای دست یابی به مقاومت پایین‌تر لازمست عمق چاه به چندین متر برسد). ارت نقطه‌ای نیاز به الکترود جداگانه بر حسب تعداد ارتهای دارد و اتصال هر ارت به محل مورد نیاز نیز توسط یک رشته سیم جداگانه انجام می‌گیرد. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که هزینه اجرای ارت نقطه‌ای به مراتب بسیار بالاتر از ارت گسترده می‌باشد.

۴-۶-مسئله اتصال آرماتورها: اگر قرار بود ارت گسترده فقط به عنوان یک ارت حفاظتی بکار رود اتصال

۴-۴-سهولت اجراء و بهره‌برداری و هزینه بسیار نازلت: اجرای سیستم ارت گسترده همزمان با ساخت پست میسر بوده و کافی است چند نقطه از آرماتورهای موجود به هم متصل شود و از چند قطعه صفحه فلزی (که هزینه چندانی ندارد) به عنوان صفحات انتظار برای ارت دستگاه‌ها و تجهیزات استفاده نمود. در صورتی که برای اجرای ارت نقطه‌ای باید در هنگام اجرای ساختمان پست غلاف‌های مورد نیاز جهت عبور سیم‌های ارت به بیرون تعییه و پس از اتمام ساخت باید فضای مناسبی بیرون پست انتخاب نمود و در آن نقطه چاه ارت حفر

آرماتورها به یکدیگر شاید ضرورتی نداشت، ولی چون بکار ببریم وجود اتصال الکتریکی خوب بین این هادی‌ها کاملاً ضروری است.

بطور کلی جدول مقایسه ارت گستره با ارت نقطه‌ای به شرح زیر می‌باشد

عنوان	نمره	ارت نقطه‌ای	ارت گستره همپتانسیل
مقاومت الکتریکی	۱	کاملاً متغیر و شدیداً وابسته به آب و هوا	تقریباً ثابت، وابستگی کم به شرایط آب و هوا
ضریب اطمینان	۲	کم، به علت ارتباط ارت با تک رشته سیم	زیاد، به علت تعداد هادی‌های موازی
خوردگی و فرسودگی	۳	زیاد، به علت حفاظت با بتن	کم، به علت تماس مستقیم با خاک
استحکام و اطمینان در برابر جریانهای شدید	۴	کم، دارای یک مسیر جریان	مقاوم و دارای مسیرهای موازی
مقاومت مکانیکی	۵	کم (به اندازه یک رشته سیم می)	سیار بالا (سازه ساختمان)
نظرات بر اجراء	۶	در زمان ساخت و تجهیز پست	همزمان با ساخت ساختمان
سرویس و نگهداری	۷	چند سال یکبار و بعض‌اً تجدید اجرا	نیاز ندارد
هزینه اقتصادی	۸	بالا (چندین کیلو متر اضافی و مواد پرکننده چاه ارت)	کم (چند کیلو آرماتور اضافی و مقداری جوشکاری)
اتصال به تجهیزات فلزی دیگر مثل دربها و ...	۹	با صرف هزینه جدآگاه و زیاد امکان دارد	کاملاً متصل و همپتانسیل
ایمنی در برابر اتصال بدنه و ولتاژ گامی	۱۰	کم و امکان بروز حادثه	سیار بالا
سطح تماس با خاک	۱۱	در حد یک حلقه چاه	به اندازه فونداسیون پست
عمر	۱۲	کم بستگی به جنس خاک محل	به اندازه عمر ساختمان

ارت گستره که در ادامه بحث خواهد شد چندان مشکل نیست.

روش متدالوبل مورد استفاده در شرکت‌های توزیع سیستم TT می‌باشد، در صورتیکه بر اساس استانداردهای IEC 61024 و VDE 0140، IEC 61312 در پست‌ها استفاده نمود. در این شرایط یک سیستم TN-C در پست‌ها استفاده نمود. در این شرایط یک سیستم ارت و شبکه همبند همپتانسیل وجود خواهد داشت، بدنه تابلوها و ترانس، نول، فنس جداکننده اطراف ترانس، نیشی دوطرف کانال‌ها، درب‌های ورودی، شیلد کابلهای فشارضعیف و فشارقوی و بطور کلی کلیه المانهای فلزی موجود در پست به هم متصل و به سیستم ارت عمومی گستره (شبکه آرماتوربندی) از نزدیکترین محل توسط بیس‌پلیت‌های انتظار متصل خواهد شد. در صورت بروز هرگونه اتصالی به دلیل عدم وجود اختلاف پتانسیل

## ۵- بررسی ارت نقطه‌ای و گستره از حیث

### مقاومت قابل قبول

مقاومت قابل قبول در یک سیستم همبند شده و دارای یک سیستم ارت واحد باید برای زمین حفاظتی فشارمتوسط کمتر از  $5$  اهم و برای فشار ضعیف طبق رابطه  $R_A \cdot I_A \leq U_L$  باشد؛ در این رابطه  $R_A$  مقاومت الکترود زمین،  $I_A$  جریانی که باعث عملکرد وسیله حفاظتی است،  $U_L$  حداکثر ولتاژ تماس مجاز می‌باشد.

در سیستم‌های TT و TN براساس استاندارد DIN VDE 0140 مقاومت زمین باید برای زمین الکتریکی کمتر از  $2$  اهم باشد (TT سیستم مورد استفاده در توزیع برق است). که اصولاً برای رسیدن به مقاومت فوق با احداث چاه و نصب الکترود به روش سنتی کار بسیار مشکلی است ولی در

باشد و در آنها به هر دلیل بار الکتریکی ایجاد شود آنگاه اگر یکی بصورت کاتد و دیگری بصورت آند عمل کند خوردگی بر روی شبکه آندی اتفاق می‌افتد. در مبحث ما با توجه به اینکه کل شبکه به هم متصل شده و تشکیل یک شبکه همپتانسیل می‌دهد خوردگی از این نوع نیز وجود نخواهد داشت.

## ۸- اتصال آرماتورهای فونداسیون از دید الکتریکی

به منظور ایجاد یک شبکه همپتانسیل با استفاده از شبکه آرماتوربندی نیاز به ایجاد اتصالات الکتریکی می‌باشد. از دید کارشناس سیویل کافی است آرماتور سازه ساختمان توسط سیم‌های نازک آرماتوربندی صرفاً جهت حفظ موقعیت فیزیکی تا زمان ریختن بتن ایجاد شود، اما این ارتباط برای شبکه ارت مناسب نیست.

بهترین اتصال الکتریکی مابین دو هادی وقتی حاصل می‌شود که: سطح مقطع اتصال به اندازه سطح مقطع همان هادی باشد تا مقاومت الکتریکی در مسیر جریان تغییر نکند، برای رسیدن به این هدف استاندارد IEC 61024-1 و IEC 61024-2 راهکارهای مختلفی برای ایجاد اتصال بین شبکه‌های فلزی ارائه داده است که به اختصار در ادامه بیان خواهد شد، اما جهت دستیابی به روشهای بهتر پیشنهاد می‌شود به استاندارد ASTM Mراجعته و مبحث Welding و Clamping در آن جستجو و مطالعه شود. روشهای مختلف ارتباط دو آرماتور جهت ایجاد اتصال الکتریکی عبارتند از:

جوشکاری: توصیه استاندارد AWS D1-4 به چند روش می‌توان آرماتورها را جوشکاری کرد، یکطرف، دوطرف، در امتداد هم ... در صورتیکه طبق (شکل ۸) کل فضای بین دو آرماتور پر شود و بخواهیم براساس تعریف فوق سطح مقطع اتصال جوشکاری برابر سطح مقطع هادی شود کافیست طبق (شکل ۷) طول L برابر  $7,32 \pm 7$  باشد.

## ۷۰۱۸ AWS D1-4 استفاده نمود، الکترود جوشکاری (توصیه شده است)

حال فرض کنید برای پست‌های ۶\*۸ تیپ توصیه شده در استاندارد وزارت نیرو بخواهیم چنین سیستمی را اجراء نماییم؛ حداقل طول آرماتور مورد استفاده در این فونداسیون برابر  $112 = 4*(6+8)$  متر (با فرض حداقل ۴ آرماتور در فونداسیون) می‌باشد که معمولاً با در نظر گرفتن خاموت‌ها، آرماتورهای ستون‌ها و شناورها بیش از این مقدار خواهد بود. با این فرض و با توجه به مقاومت ویژه بتن (۳۰-۹۰ اهم - متر) قطعاً مقاومت ارت کمتر از ۲ اهم خواهد شد.

۷- چه نوع الکترودهایی می‌توان بکار برد نوع و شرایط نصب الکترود ارت تابع نوع خاک است ولی در حالت کلی بهترین انواع ارت طبق استاندار DIN VDE 0141 به ترتیب اولویت عبارتند از:

اول: فولاد گالوانیزه

دوم: فولاد سرب اندود

سوم: مس خالص

چهارم: فولاد روکش شده یا آبکاری شده با مس

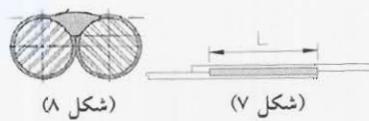
ذکر چند نکته:

۱-۷- با توجه به اینکه فولاد مورد استفاده در بتن معمولاً بصورت گالوانیزه نمی‌باشد، اما به دلیل اینکه با بتن بصورت کاملاً محکم در بر گرفته و پوشیده شده است، امکان نفوذ هوا به آن وجود ندارد، و برای استفاده سیستم ارت طبق استاندارد بسیار مناسب است.

۲-۷- جهت ایجاد خوردگی بر روی یک فلز، نیاز به دو شرط است؛ الکترولیت و اکسیژن؛ آب معمولاً به عنوان الکترولیت و اکسیژن نیز از هوای اطراف تامین می‌شود. در این شرایط چون آرماتور درون بتن بصورتی است که امکان نفوذ هوا و اکسیژن به آن امکان پذیر نمی‌باشد، حتی اگر در آب بصورت دائم قرار بگیرد امکان ایجاد خوردگی در آن بسیار کم می‌باشد.

۳-۷- در بتن مسلح ایجاد پیل الکتریکی و خوردگی در صورتی اتفاق می‌افتد که دو شبکه مجزا وجود داشته

- [1] IEC 61312-1 Protection against lightning electromagnetic impulse, General Principles, first edition 1995-02
- [3] P. Hasse, Over voltage protection of low voltage system, 2<sup>nd</sup> Edition, The institution of Electrical Engineers, London, 2000
- [4] IEC 61312-4 Protection against lightning electromagnetic impulse, Protection of equipment in existing structures, First edition 1998-09
- [5] IEEE 81, IEEE guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System, 1983
- [6] IEC TS 61312-2 Protection against lightning electromagnetic impulse, First edition 1999-08, Shielding of Structures, Bonding inside structures and Earthing
- [7] IEC TS 61312-3 Protection against lightning electromagnetic impulse, Requirements of surge protection devices, First Edition 2000-07
- [8] IEC 1024-1-1 Protection of structures against lightning, General Principles, First edition 1993-08
- [9] IEC 1024-1 Protection of structures against lightning, General Principles, First Edition 1990-03
- [10] ANSI/AWS D1-4 Structural Welding Code Reinforcing Steel, Fifth Edition 1997-11, American National Standard Institute
- [11] آ. موسسیان، راهنمای طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان‌ها، نشر توسعه ایران، ۱۳۸۴
- [12] توانیر، استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت، جلد سوم، خرداد ۷۴
- [13] توانیر، استاندارد سیستم اتصال زمین شبکه‌های توزیع، دیماه ۷۴
- [14] توانیر، معیارها و عوامل مرتبط با طرحهای ساختمانی، شماره ۱۰۳، تیرماه ۷۷



$$L = \frac{\pi R^2}{R^2(2 - \frac{\pi}{2})} = \frac{\pi}{2 - \frac{\pi}{2}}$$

همانطوریکه مشاهده می‌شود به شرطی که فضای بین دو آرماتور کاملاً پُر و هم سطح شود طول جوشکاری به قطر آرماتورها وابسته نیست.

تذکر: معمولاً در هنگام اجراء اولاً امکان ایجاد یک جسم صلب و همانند آرماتور اولیه با جوشکاری امکان پذیر نیست، ثانیاً پُر کردن فضای بین دو آرماتور دشوار است؛ به تجربی فرمول مقابله پیشنهاد می‌شود:  $L = \frac{S}{2}$  در آن  $S$  سطح مقطع آرماتور و  $L$  طول جوشکاری است. کلمپ: با توجه به اینکه مقدار همپوشانی دو آرماتور در سازه حداقل ۳۰° برابر قطر میگردد است کافی است این اتصال توسط کلمپ انجام گیرد.

**اتصال فشاری:** توسط دستگاههای خاص انجام میگیرد.

## ۹- نتیجه گیری

در این مقاله مقایسه بین روش ارت معمولی (مصوب فعلی وزارت نیرو) و آنچه که در استانداردهای IEC, IEEE و VDE تصویر شده انجام گردید و ارت‌های نقطه‌ای و گسترده مورد بحث قرار گرفت.

به نظر میرسد با روش اجرایی پیشنهادی بتوان ضمن کاهش قابل توجه هزینه سیستم ارت، وضعیت بهتری را از حیث ولتاژهای گامی و ایمنی، دوام اتصال زمین پست‌ها و حفاظتی بالاتر پیدا آورد.

## ۱۰- مراجع

- [1] IEC 61024-1-2 Protection of Structures against lightning, Design, Installation, maintenance and inspection of lightning protection system, First Edition 1998-05
- [2] DIN VDE 0140

به نام خدا

سازمان نظام مهندسی ساختمان  
استان اصفهان

گروه تخصصی برق

دستورالعمل طرح و اجرای  
همیندی اصلی در میلگرد های  
بن مسلح در ساختمان های بتونی

زمستان ۱۳۸۸

ویرایش ۱

# دستورالعمل طراحی واجرای همبندی اصلی در میلگردهای بتن مسلح در ساختمانهای بتنی

## ۱-۴۵ کلیات

۱-۱-۴۵ براساس ماده پ-۱-۷-۴-۱ مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان و با توجه به وجود

مقاومت الکتریکی در اتصالات عادی بین میلگردهای بتن مسلح، بایستی پیش از هر مرحله بتن ریزی به ترتیبی که شرح داده می‌شود. اتصالات الکتریکی مطمئنی را بوجود آورد و سپس شبکه میلگرد را به اتصال زمین ساختمان متصل نمود.

۲-۱-۴۵ مهندسین طراح تاسیسات الکتریکی ساختمانهای بتنی موظفند تمامی نقشه‌های لازم جهت

اجرای همبندی اصلی در میلگردهای ساختمان را تهیه و برای اجرا در اختیار کارفرما بگذارند.

۳-۱-۴۵ مهندسین ناظر تاسیسات الکتریکی ساختمانهای بتنی موظفند براساس طرح داده شده برحسب

اجرای همبندی اصلی در میلگردهای ساختمان نظارت نمایند.

## ۲-۴۵ روش طراحی

### ۱-۲-۴۵ ترسیم نقشه‌های همبندی در میلگردها

۱-۱-۲-۴۵ نقشه‌های همبندی اصلی در میلگردهای ساختمان بایستی بر روی پلان شالوده

(فونداسیون) و پلاتهای تیرریزی و مقاطع ستونها و در صورت لزوم سایر نقشه‌های سازه

ترسیم و جزئیات (دیتا‌لهای) لازم به آنها افزوده شود.

### ۲-۲-۴۵ تشکیل شبکه همبند و جزئیات آن

۱-۲-۲-۴۵ همبندی در میلگردهای ساختمان با ایجاد شبکه‌ایی از یک هادی در فونداسیون و

همه طبقات ساختمان انجام می‌شود. این شبکه تمام بخش‌های زیر را در برنمی‌گیرد.

الف) تمامی شناوهای ارتباطی فونداسیون

## دستور العمل طراحی و اجرای همبندی اصلی در میلگردهای بتن مسلح در ساختمانهای بتی

ب) تمامی شنازهای در همه سقفها

ج) کلیه راه پله ها

د) تعدادی از ستونهای همه طبقات (رجوع شود به بند ۲-۲-۴۵)

۲-۲-۴۵ هادی همبند کننده در این شبکه یک عدد میلگرد با سطح مقطع مناسب است که

براساس طرح همبندی به میلگردهای موجود در نقشه های سازه اضافه می شود.

۳-۲-۲-۴۵ میلگردهای همبندی بایستی با سیم آرماتور بندی معمولی به میلگردهای اصلی سازه

بسیه شوند. (تعداد بست و روش بستن آنها مانند میلگردهای اصلی سازه است)

۴-۲-۲-۴۵ اتصال الکتریکی مطمئن بین قطعات میلگرد همبندی بوسیله جوشکاری (با استفاده

از ترانس جوش معمولی) بوجود می آید. طول جوش در جدول ۱-۴ و سایر جزئیات

کار در شکل های ۱-۴-۵ نشان داده شده است.

نحوه جوشکاری میلگردهای میانگین در یک تقابل میان چهاره

شکل د ۲-۴

شکل د ۱-۴

نحوه جوشکاری میلگردهای طولی  
(جوشکاری Overlap ها)

شکل د ۳-۴

نحوه جوشکاری میلگردهای در یک تقابل چهارراه

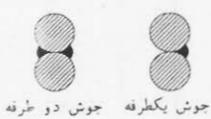
شکل د ۴-۴

نوع آرماتور	طول جوش	دو طرفه	یک طرفه
AI	6d	3d	
AII	8d	4d	
AIII	10d	5d	

$d$  = قطر آرماتور (میلگرد)

آرماتور AI از نوع ساده و آرماتورهای AII و AIII از نوع آج دار هستند.

شکل ۵-۴۲



جدول ۱-۴۲

۵-۲-۲-۴۵ هادی همبند کننده در فونداسیونهای غیر یکپارچه در همه شناورها و در فونداسیون

های یکپارچه بایستی علاوه بر پوشش دادن محیط فونداسیون، در طول و عرض

ساختمان نیز در هر ۱۵ متر حداقل یک انشعاب داشته باشد.

۵-۲-۲-۴۶ ستونهای شبکه همبندی در پوسته خارجی و درون ساختمان بایستی به نحوی

انتخاب شوند که موارد ذیل را در بر گیرند.

الف) در هر یک از چهار گوش ساختمان یک ستون (در همه طبقات)

ب) حداقل یک ستون، در هر ۱۵ متر از طول و از عرض ساختمان (در همه طبقات)

ج) یکی از ستونهای شفت هر راه پله در همه طبقات

د) حداقل دو ستون در هر خرپشه

۳-۲-۴۵ اتصال شبکه همبند شده به سیستم اتصال زمین ساختمان

۴-۲-۳-۱ شبکه همبند شده بایستی حداقل از سه نقطه به شینه اتصال زمین ساختمان وصل

شود. در ساختمانهای بزرگ که دارای درز انقطاع (ژوئن) می‌باشند این شبکه در

## دستورالعمل طراحی و اجرای همبندی اصلی در میلگردهای بتن مسلح در ساختمانهای بتُنی

محدوده هر درز انقطاع حداقل از سه نقطه به شینه اصلی اتصال زمین محدوده همان درز  
انقطاع متصل می‌گردد.

۲-۳-۲-۴۵ نقاط اتصال شبکه همبند به اتصال زمین ساختمان بایستی روی ستونها همبند شده و  
حتی الامکان دور از یکدیگر انتخاب شوند. یکی از این نقاط بایستی ستون همبند شده  
شфт راه پله باشد.

در عین حال این نقاط بایستی طوری جانمایی شوند که در مجموع، از تابلو کنتور (محل  
نصب شینه اصلی اتصال زمین ساختمان) تا حد ممکن فاصله کمتری داشته باشند به این  
ترتیب طول سیم‌های رابط بین نقاط اتصال و تابلو کنتور کمتر خواهد شد.

۳-۲-۴۵ برای اتصال شبکه میلگرد همبند شده به اتصال زمین ساختمان از یک قطعه فولادی  
به نام قطعه اتصال استفاده می‌شود این قطعه از دو صفحه عمود برهم ساخته شده است.  
یکی از صفحات به هادی همبندی موجود در ستون، جوشکاری می‌شود و صفحه دیگر  
برای جوش دادن یک عدد پیچ استینلس استیل با اندازه مناسب بکار می‌رود. هادی  
ارتباطی بین اتصال زمین ساختمان و شبکه همبند شده به کمک کابلشو مناسب بر روی  
پیچ مذکور بسته می‌شود.

۴-۳-۲-۴۵ ارتفاع نصب قطعه اتصال در حدود ۳۰ سانتیمتری کف تمام شده است.

۵-۳-۲-۴۵ پیچ و کابلشو نصب شده بر روی قطعه اتصال بایستی همیشه در دسترس و قابل بازرگانی و  
تعمیر باقی بماند و پوشاندن دائمی آن ممنوع است. لازم است یک عدد جعبه در محل این  
قطعه نصب گردد.

توضیح: به منظور حفظ زیبایی توصیه می‌شود محل نصب قطعه اتصال طوری انتخاب شود که  
از قرار گرفتن آن در جایگاههای مورد توجه و در معرض دید، جلوگیری بعمل آید.

۶-۳-۲-۴۵ قطعه اتصال مطابق با شکل ۶-۴ نصب می‌شود.

## دستورالعمل طراحی و اجرای همبندی اصلی در میلگردهای بتن مسلح در ساختمانهای بتی

۷-۳-۲-۴۵ ابعاد قطعه اتصال باید تامین کننده همه موارد ذیل باشد.

الف) طول و عرض صفحات بایستی حداقل ۵۰ میلیمتر باشد.

ب) ضخامت صفحات بایستی حداقل ۵ میلیمتر باشد.

۸-۳-۲-۴۵ فصل مشترک صفحات تشکیل دهنده قطعه اتصال بایستی یکپارچه باشد و یا بطور

کامل جوشکاری شود.

## ۴-۲-۴۵ سطح مقطع هادی همبندی

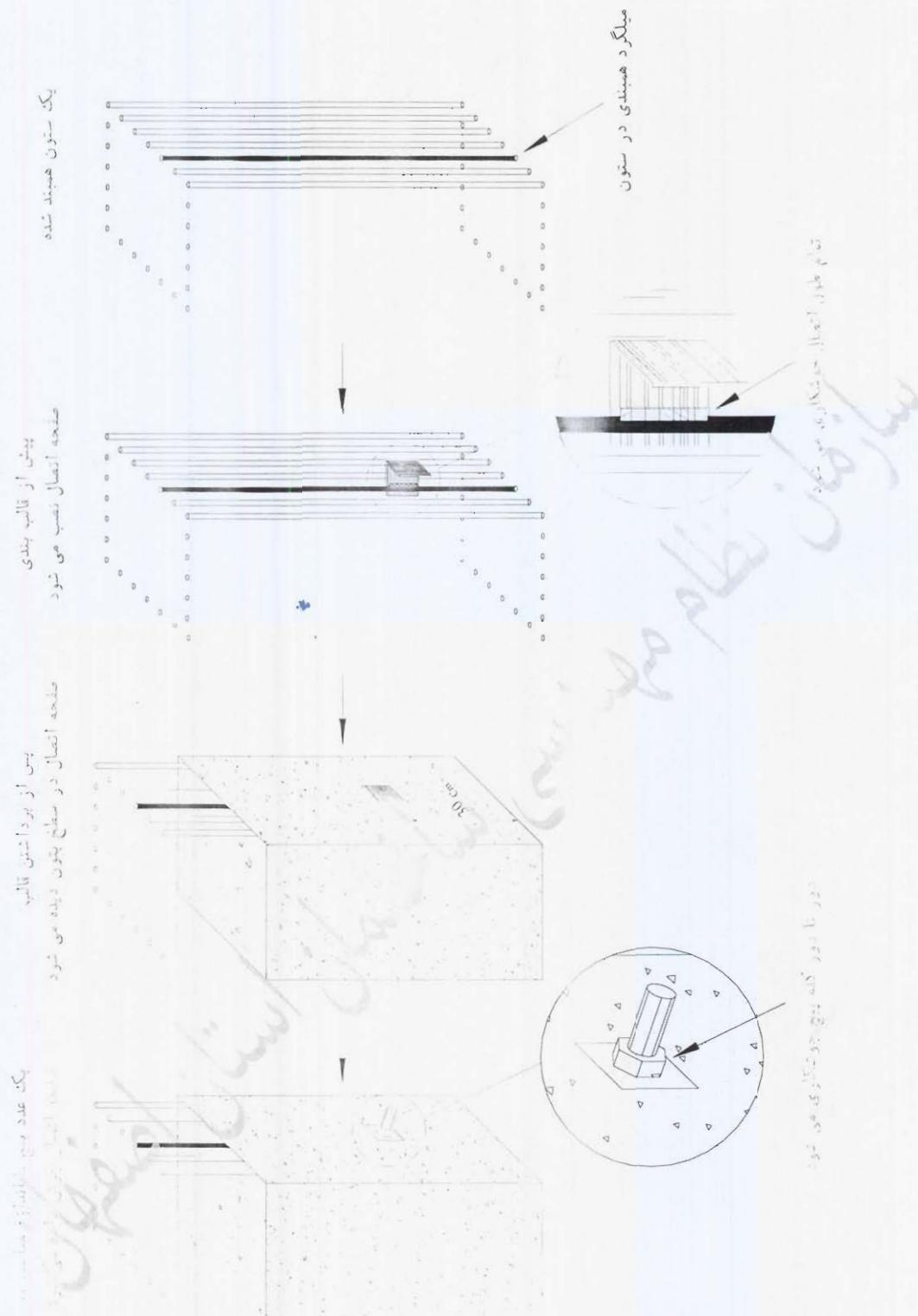
۱-۴-۲-۴۵ قطر میلگرد همبندی باید کمتر از ۸ میلیمتر باشد و اگر سطح مقطع هادی اصلی فاز

ساختمان  $95\text{ mm}^2$  یا بیشتر بود، قطر میلگرد به ۱۰ میلیمتر افزایش می‌باید

یادآوری: روش تعیین سطح مقطع هادی مسی ارتباط دهنده شبکه همبند به اتصال زمین

ساختمان در پ-۱-۵-۲ مبحث ۱۳ مقررات ملی تشریح شده است.

## دستورالعمل طراحی و اجرای همبندی اصلی در میلگردهای بتن مسلح در ساختمانهای بتُنی



شکل ۶-۴

## ایجاد چاه الکترونیک با مقاومت درونی (کمتر از ۲ اهم) و هدایت الکتریکی بزرگتر از ۱،۵ زیمنس

روش اجرا :

- حفاری چاه به ارتفاع ۳ متر و عرض ۳ متر و طول ۳ متر و با حجم ۲۷ متر مکعب (تسطیح کارخانه) محدودت عی نیز ردد.
- حفر ۴ گودال به عمق ۶۰ سانتیمتر با قطر ۸۰ سانتیمتر در کف چاه.
- آرموتوربندی با شمش مسی تولید کارخانه‌ی شهید باهنر با تار و پود ۳۰\*۵ میلیمتر با مرکزیت یک صفحه مسی به ابعاد ۷۰\*۷۰ استاندارد پرز دار از مس شهید باهنر و تبعیت از روش مویرگی (شابکی) که کلیه اتصالات توسط جوش نقره یا کتولد با سطح مقطع جوش به قطر حداقل ۶ میلیمتره هم متصل شوند و تشکیل یک فونداسیون دور چاه را می‌دهند و از فونداسیون تا بدنه چاه حداقل ۵ سانتیمتر فضا جهت تعویض خاک چاه با خاک نباتی با مقاومت کمتر از ۱۰۰ اهم.
- بتون کاور فونداسیون تشکیل شده از بتون با مقاومت درونی ۳ اهم به نام GIM (به وزن تقریبی ۱۰۰۰ کیلوگرم) با مخلوط ۵ درصد سیمان مارکونیت و ۱۵ درصد سمنتیت تیپ ۲ و ۳۰ درصد آب و ۲۰ درصد مخلوط کربنات سدیم یا استفاده از مخلوط هادی با نام تجاری (LOM low ohm material).
- نصب ۴ صفحه ۳۰\*۳۰ به همراه میل ارت sound که در کف چاهک کوییده می‌شود و توسط جوش کتولد به صفحه ثابت می‌گردد.
- مقدار خاک نباتی مورد نیاز حداقل ۱۰ تن جهت تعویض خاک پر کننده چاه با خاک با مقاومت پایین.
- شمش مسی مورد نیاز حداقل ۳۵ کیلو گرم.
- میل و صفحه چاهک‌ها در یک رینگ توسط سیم لخت ۳۵ به شمش ۱۰\*۴۰ شماره یک، باکس ارتینگ در سر چاه متصل می‌گردد.
- فونداسیون با محوریت صفحه ۷۰\*۷۰ توسط دو سیم ۱ به شمش شماره ۲ در سر چاه متصل می‌گردد.
- باکس سر چاه مجهز به راهگاه شنی ۶۳ و ۲ عدد شمش معرفی شده با بدنه بتی مجهز به آرموتور ۱ با یک دال بتی ۵۰\*۵۰ به قطر ۱۲ سانتیمتر.
- سر چاه با یک لایه بتون مگر به قطر ۱۰ سانتیمتر پوشیده می‌شود تا از هر گونه عامل مخرب محفوظ بماند و ارتباط با درون چاه فقط از باکس ایجاد شده ممکن باشد.
- تعداد جوش مورد نیاز حداقل ۴۰ نقطه.
- مواد پر کننده چاهک‌ها از بنتونیت فعال شده active LOM تشکیل می‌شود، با حجمی محدود ۴۰۰ الی ۵۲۰ کیلوگرم..
- استفاده از نوار منیزیم جهت فلز فدا شونده جهت جلوگیری از خوردگی در واکنش‌های اولیه.
- راهگاه ایجاد شده، هر ۴ چاهک را به صورت مجزا تغذیه می‌کند.
- فونداسیون چاه نیاز به هیچگونه احیا یا تغذیه نداشته و از اصول VDN 0143 تبعیت می‌کند.
- نور جاری دارست - مل اجرا (۲ عده)

