دکل های مخابراتی

مصطفی جلیلیان فر

نسخه ۰ بهار ۱۳۹۹

Copyleft : GPL 3.0

فهرست

پیشگفتار ۴

فصل ۱ : دکل ۵

فصل ۲ : انواع دکلهای مخابراتی ۶

دکلهای خود ایستا (Self-Support) یا خرپایی ۶

دکلهای خود ایستا چهارپایه ۶

دکلهای خود ایستا سه پایه ۷

دکل ICB ۷

دکل NB ۹

دکل RDS ۹

دکلهای مهاری (Guyed Mast) ۱۰

دکل‌های تک‌پایه (Mono pole) ۱۳

دکل منوپل اسپیرال ۱۴

دکل میکروپل ۱۵

دکل پل ۱۵

دکل منوپل چند وجهی ۱۵

دکلهای بازتابی ۱۶

فصل ۳ : طراحی دکل ۱۷

انواع بارهای وارده بر یک سازه ۱۷

باد ۱۸

فصل ٤ : فونداسیون، پی یا شالوده: ۲۳

کلاف (شناژ) چیست؟ ۲۴

فونداسیون دکلهای مونوپل ۲۵

فونداسیون دکل مهاری: ۲۷

فونداسیون دکل زمینی: ۲۷

فونداسیون دکل پشت بامی..... ۲۷
فونداسیون دکل با کاشت بولت..... ۲۸
فصل ۵ : سازه های قابل نصب بر روی دکل..... ۳۱
استراکچر..... ۳۱
مانت..... ۳۲
سیستم روشنائی..... ۳۳
فصل ٦ : سیستم ارت..... ۳۵
سیستم صاعقه گیر: (Lightning Protection)..... ۳۷
چاه ارت..... ۳۸
روشهای اجرای ارت یا زمین حفاظتی :..... ۳۹
نکات مهم درانتخاب محل و تجهیزات ارتینگ..... ۴۵
الکترود :..... ۴۸
هادی یا سیم ارت..... ۵۱
روش‌های اجرا با انواع الکترودها..... ۵۲
اتصال هادی به الکترود ارت..... ۵۵
جوش انفجاری یاCad Weld..... ۵۶
فصل ۷ : حفاظت..... ۵۸
خوردگی:..... ۵۸
انواع خوردگی:..... ۵۸
روش های حفاظت از خوردگی:..... ۵۹
گالوانیزه گرم..... ۵۹
فصل ۸ : تجهیزات ایمنی برای بالا رفتن از دکلهای مخابراتی..... ۶۴
منابع..... ۶۸

پیشگفتار

بیشتر مطالب کتاب گردآوری شده از سایت‌های پارسی بر روی اینترنت می‌باشد، بدین روی نوشتار تا حدودی فاقد یکپارچگی کلامی بوده که با ویرایش مطالب سعی بر رفع نمودن این نقیصه شده است. امید آن است که در نسخه بعدی این مشکل برطرف شده و کتابی با کمترین ایراد نگارشی و با مطالبی جامع تر تهیه گردد.

لازم به ذکر است، این کتاب باز متن بوده و هرگونه تغییر، کپی و یا برداشت (تحت مجوز GPL 3.0) آزاد می‌باشد.

در صورتی که به نسخه word این کتاب جهت همکاری در بهبود کتاب یا ایجاد FORK نیاز داشید با ایمیل mostafajf@protonmail.com مکاتبه فرمایید.

فصل 1 : دکل

دکل، به سازه های بلندی گفته می شود که معمولا به شکل خرپا (lattice tower) هستند و از آن برای نگهداشتن اجسام در ارتفاع استفاده می شود. که این اجسام می توانند چراغ های روشنایی، خطوط پر فشار برق، ... ، و یا سیستم های دریافت و ارسال مخابراتی باشد. در حالت معمول به صورت قطعات پیش ساخته هستند که قابلیت مونتاژ دارند. دکل ها معمولا از آهن و از نوع ST37 و ST52 ST44 مورد استفاده قرار می گیرد. جهت جلوگیری از خوردگی و زنگ زدگی در قطعات دکل معمولا از گالوانیزه استفاده می‌شود. نوع پیچ و مهره‌های استفاده شده در دکل‌ها اغلب از نوع پیچهای مقاوم A325 یا معادل آن گرید 8/8 و معمولا بصورت گالوانیزه و یا در مواردی بصورت استیل هستند. در دکل باید میزان باد در آن منطقه و حوادثی مانند میزان فشار زلزله و ... را بررسی کرد. برای طراحی دکل ها آیین نامه و استانداردهای خاصی وجود دارد که برای انواع دکل متناسب با نامشان کاملا متفاوت است.

دکل ها در قسمت های مختلف و برای کاربردهای کاملا متفاوت کاربرد دارند. از انواع دکل ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- دکل های مخابراتی
- دکل های روشنایی
- دکل های انتقال برق
- دکل دوربین مداربسته

این دکل ها خود به دکلهای خود ایستا ، دکلهای مهاری , دکل های تک پایه و بازتابی تقسیم می شود. که هر کدام نوع و کاربرد خاص خود را دارند.

فصل 2 : انواع دکلهای مخابراتی

دکلهای خود ایستا (Self-Support) یا خرپایی

این دکل ها دارای ۳ یا ۴ پایه ی فلزی هستند که اجزای آنها بصورت مشبک (Lattice) بوده و به وسیله اعضای خرپایی به هم متصل می شوند. این نوع دکل ها با شیب شهری بالا می روند و بدون نیاز به سیم های مهاری و با تکیه بر پایه های اصلی (Leg) حفظ تعادل می کنند. در اغلب مواقع قطعات دکل های خودایستا از نبشی، لوله و ناودانی ساخته می‌شوند که به وسیله پیچ و مهره و در برخی موارد با جوش به یکدیگر متصل می شوند. مزیت دکل های خود ایستا، ظرفیت بالا و استقامت بیشتر آن نسب به سایر دکل ها می باشد. فوندانسیون این نوع دکل به دو صورت شمعی و حجمی اجرا می شود.

دکل خود ایستا

دکلهای خود ایستا چهارپایه

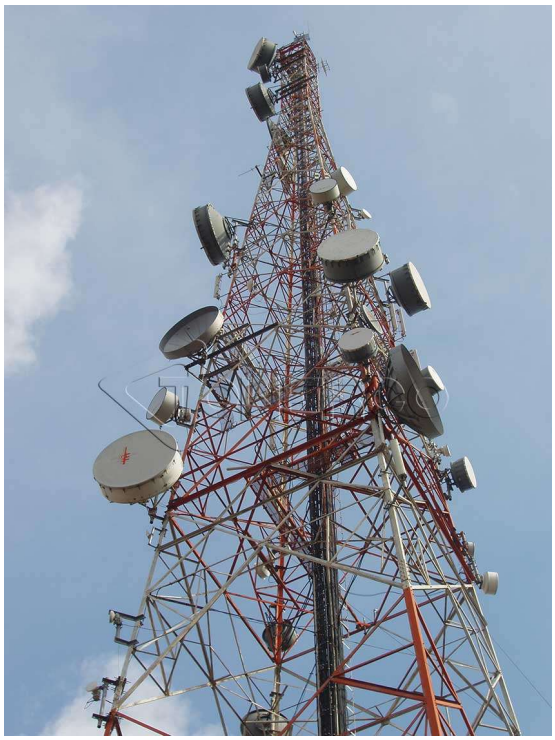
این نوع دکل‌ها به صورت چهارپایه بوده که معمولاً تمام قطعات دکل از نبشی ساخته می‌شود که به وسیله پیچ و مهره به یکدیگر متصل می‌شوند. این دکل‌ها برای بارهای زیاد و معمولاً برای ارتفاع‌های بلندتر از ۲۴ متر استفاده می‌شود.

دکلهای خود ایستا سه پایه

دکل‌های خودایستا سه‌پایه دکل‌هایی هستند که به صورت مشبک بوده و دارای سه‌پایه می‌باشد. پایه‌ها اکثراً از لوله و اعضای داخلی به صورت خرپائی از نبشی ساخته می‌شود. در ساخت پایه‌ها از نبشی، نبشی ۶۰ درجه، میل گردهای توپر، پرفیل‌های خمکاری شده و... نیز استفاده می‌شود. اعضای داخلی (بریس‌ها) از نبشی، لوله، میلگرد ساخته می‌شود.

این نوع دکل در دو نوع سه پایه لوله نبشی و سه پایه تمام نبشی ساخته می شود.

دکل ۳ پایه



دکل ۴ پایه

دکل ICB

دکل های دارای فوندانسیون پیش ساخته (ICB) به انواع دکل خود ایستا سه یا چهار پایه اطلاق می گردد که بر روی فوندانسیون پیش ساخته نصب می شوند. برای فوندانسیون این دکل ها از قطعات بتنی مسطح فشرده پیش ساخته استفاده شده است که در محل سایت تخلیه و بر روی هم مونتاژ و متصل می شوند .نوع اتصال سکشن های این دکل به صورت فلنجی می باشد. سکشن های این دکل ها معمولا با میلگرد های تو پر و تا ارتفاع ۴۲ متری برای اپراتور ها ساخته می شود .

این روش اجرایی دکل، دارای مزایای ارزشمندی همچون اشغال فضای بسیار کم، حذف زمان اجرای فوندانسیون، حذف فوندانسیون تجهیزات و فنس و نصب بسیار سریع (طی چند ساعت) می باشد که موجب شده به طور گسترده ای در شبکه های مخابراتی مورد استفاده قرار گیرند.

سازه فلزی این نوع از دکل ها در دو تیپ طراحی شده اند:

- سازه های فلزی پیش ساخته که در قطعات شش متری با پروفیل استوانه ای توپر فولادی تهیه شده و در محل با استفاده از جرثقیل بر روی فوندانسیون نصب می گردند. حداکثر ابعاد قاعده تحتانی دکل (برای دکل ۳۶ متر) دو متر و حداقل ابعاد قاعده فوقانی ۷۵ سانتی متر می باشد.
- سازه های فلزی بهم بافته (Lattice) که برای نصب بر روی فوندانسیون پیش ساخته طراحی و سبک سازی شده اند و مانند سایر دکل های Lattice در محل بهم بافته و افراشته می شوند. تاکنون برای این روش دو نوع دکل لوله ای RDS (سه وجهی) و نبشی NB (چهار وجهی) طراحی شده اند.

مشخصات کلی سازه:

- این نوع دکل ها در سطوح بادگیر و سرعت های باد مختلف طراحی و تولید می گردند.
- شیب هرمی این نوع دکل ها، حداکثر یک درجه بوده و شیب مذکور می تواند تا سکشن انتهایی دکل امتداد یابد.
- حداکثر عرض قاعده این نوع دکل ها (در تیپ ۳۶ متری) ۲ متر و حداقل عرض قاعده فوقانی در تمام انواع دکل های ICB ، هفتاد و پنج سانتیمتر می باشد.
- حداقل تعداد لایه های فوندانسیون پیش ساخته برای سبک ترین نوع این دکل ها، ۴ لایه با ضخامت سی سانتیمتر می باشد.
- حذف زمان آرماتوربندی و گیرایی فوندانسیون، کاهش چشمگیر قطعات ریز دکل، کاهش انحراف المان ها، سرعت افراشته سازی زیاد، از ویژگی های ممتاز این نوع دکل ها می باشد.

دکل RDS

دکل NB

دکل ICB

دکل NB

دکل NB یک نوع دکل خود ایستا ۴ پایه می باشد. این دکل دارای ۴ پایه اصلی است که این پایه ها نسبت به دکل های ۴ پایه دیگر بهم نزدیکتر می باشد و همین ویژگی سبب شده تا این دکل مناسب فضای های محدود، مانند فضای شهری شود. قطعات و اجزای داخلی این دکل شامل بریس ها ، هوریزنتال ها ، ریداندنت ها و ... می باشد و عموما مناسب برای نصب آنتن های مایکروویو ، موبایل و وایرلس هستند.

مزیت دکل خود ایستاNB

- اشغال فضای کم

معایب دکل خود ایستاNB

- سنگین بودن دکل
- ظرفیت پایین دکل

دکل RDS

دکل RDS همانند دکل ICB پایه های اصلی آن از لوله بدون درز که به آن مانیسمان می گویند تشکیل شده است. قطعات داخلی این نوع دکل شامل بریس ها ، هوریزنتال ها ، ریداندنت ها و ... می باشد. این اجزا از نبشی ساخته می شوند. پایه های اصلی دکل RDS نسبت به دکل های خود-ایستای دیگر بهم نزدیک می باشد. که این ویژگی برای فضا های کوچک مانند فضای شهری بسیار مناسب می باشد که عموما برای نصب آنتن های مایکروویو ، موبایل و وایرلس استفاده می شود.

دکلهای مهاری (Guyed Mast)

دکل مهاری به دکلی گفته می‌شود که به وسیله سیم مهار به زمین یا تکیه گاه دیگری مهار گردد. این نوع دکل‌ها به دلیل وزن پایین و سبکی وزن مزیت دارد و در مکان‌هایی که فضا به قدر کافی موجود باشد استفاده می‌گردد. اغلب در شبکه تلفن همراه، رادیو و بیسیم و شبکه‌های رایانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این دکل‌ها قابلیت نصب بر پشت بام منازل و ادارات را داشته، علاوه بر اینکه ارتفاع ساختمان به بلندی محل نصب آنتن‌ها کمک کرده. در مناطق شهری مزیت فراوانی دارد.

این نوع دکل‌ها در صورتی که روی زمین نصب گردند نیاز به فضای زیادی جهت نصب سیم‌های مهارها دارند. به خاطر سبکی وزن، بهای این دکل‌ها کمتر از دکل‌های دیگر بوده و نصب آن‌ها ساده و کم هزینه است. در جایی که وزن سازه برای ما مهم باشد (مانند پشت بام ساختمان) یا هزینه اجرای دکل نسبت به مباحث دیگر (فضای اشغال شده یا میزان ارتعاش دکل) در اولویت باشد از این نوع دکل استفاده می شود همچنین این نوع دکل قابلیت نصب و جمع آوری در کمترین زمان و حداقل هزینه را دارد که این دلیل نیز یکی دیگر از دلایل استقبال مشتریان از دکل های مهاری می باشد معمولا در مواردی که نیاز به نصب آنتن در ارتفاع کم مانند ۱۵ متر یا ۲۷ متر وجود دارد فقط این نوع دکل پیشنهاد می شود و از انواع دیگر دکل در این ارتفاع استفاده نمی شود. از این نوع دکل تا ارتفاع ۹۰ متر و یا در مواردی مانند دکل داکوتای آمریکا شمالی با ارتفاع ۶۴۰ متر استفاده شده است، دکل های مهاری در هر ۷ متر توسط یک ردیف سیم مهار و یک کمربند به زمین محکم می شود البته فاصله مهارها از ۶ متر تا ۹ متر توسط نصابان انتخاب می شود . محل مهار نمودن دکل بر روی زمین تا محل نصب دکل، فاصله استاندارد به اندازه ۲/۳ ارتفاع دکل باید داشته باشد که برخی نصابان فاصله ۱/۳ را انتخاب می کنند .

دکل های مهاری در ۲ نوع تولید می شوند:

- سریGT
- سری لوله نبشی

دکل های مهاری سری GT :

دکل مهاری سری GT توسط لوله و میلگرد و در ۲ نوع ۳وجهی و ۴وجهی ساخته می شوند. لوله ها به عنوان پایه های اصلی و میلگرد به صورت زیگزاگ اتصال دهنده پایه های اصلی دکل می باشد.

دکل های سری GT در قاعده های مختلفی ساخته می شود فاصله دو لوله از هم قاعده دکل را مشخص می کند این فاصله می تواند ۲۵ تا ۸۰ سانتیمتر باشد که دکل هایی با قاعده‌های G25، G35، G45، G50، G55، G65، G80 معروف هستند که در انواع سه وجهی و چهار وجهی ساخته می شوند

دکل های مهاری سری لوله نبشی:

این نوع دکل که معمولا در قاعده های ۶۰-۸۰-۹۰ سانتیمتر و با نبشی و لوله ساخته می شوند در این نوع دکل ها که با ارتفاع زیاد نصب می شوند برای داشتن استحکام بهتر، پایه های اصلی از لوله های فولادی ساخته شده و زیگزاگها از جنس نبشی فولاد و اتصالات دکل همه از نوع پیچ و مهره می باشد .

از فواید دکل های مهاری می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مقاومت بالا
- سبک بودن
- جابه جایی آسان تر نسبت به دیگر دکل های
- عدم پیچیدگی در نصب که باعث کاهش هزینه های نصب آن شده است.
- قابلیت نصب بر روی ارتفاعات همانند ساختمانها و بلندی های مشابه بدون نقشه فونداسیون
- و....

از اجزای تشکیل دهنده دکل مهاری می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **گوشواره**: افزایش خم سیم های مهاری، سبب بیشتر شدن طول عمر سیم مهار، جلوگیری از ورود خسارت به سیم مهار در موقعیت وصل شدن سیم مهار و عدم اتصال آن به انکر راد به صورت مستقیم.
- **کرپی**: سیم مهار به وسیله ی دو یا سه کرپی وصل شده و محکم می شود. در نصب این وسیله سیم مهار باید خم شود. برای این وسیله اورلپ به اندازه ۵۰ سانتی متر بکار می رود. در بکار بردن این وسیله باید دقت شود که کرپی ها در یک جهت باشند.
- **سیم مهار**: یکی از مهم ترین اجزا دکل های مهاری سیم مهار است. این وسیله برای حفظ ایستادگی دکل های مهاری در برابر وزش باد بکار می رود. جنس بکار رفته در تولید این وسیله فولاد پرمقاومت ۵۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است. در دکل های مهاری معمولی از سیم های مهار در اندازه ی ۶ تا ۸ استفاده می شود. نمونه های بافته شده آن در سایز های ۶ تا ۱۶ موجود می باشد. در هنگام نصب، باید توجه داشت که کشش این سیم های مهار در حدود ده درصد مقاومت آن می باشد.
- **سکشن**: سکشن های دکل های مهاری از سه وسیله پیچ، لوله و میلگرد ساخته می شود. ارتفاع این تکه ها در دکل های مهاری در حدود ۳ متر می باشد. به طور کل لوله با سایز ۳۲ و میل گرد با اندازه ۱۰ می تواند برای نیازهای سازه ای مناسب باشد. در اتصال لوله و میلگرد از جوش های Co2 استفاده می شود. از میلگرد های بدون آج در دکل های مهاری استفاده می شود.

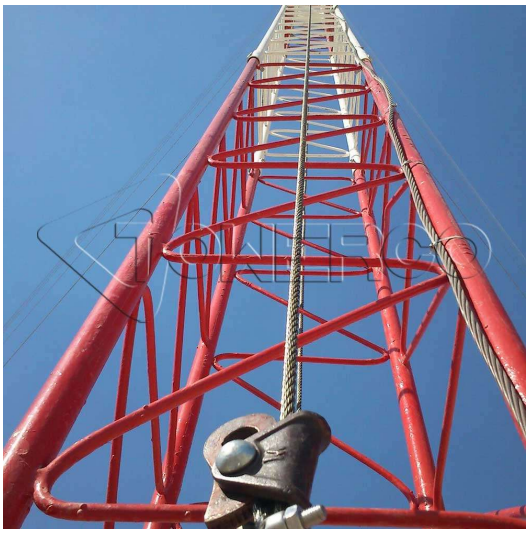
- **میله مهار** (انکر راد): کاربرد انکر راد ها در وصل شدن سیم های مهار به فونداسیون دکل های مهاری می باشد. تعیین اندازه ی انکر راد ها با توجه به تعداد سیم های مهاری مشخص می شود. انکر راد ها نیز همانند سایر اجزا برای جلوگیری از خوردگی، به گالوانیزه گرم آغشته می شوند.
- **انکربولت**: این قطعه در اتصال دکل مهاری به فونداسیون ها کاربرد دارد. با توجه به ارتفاع و وزن دکل های مهاری تعداد انکربولت ها بین ۱ تا ۳ عدد می باشد. این قطعه حتما باید گالوانیزه شود.
- **مهارکش**: مهارکش یا بست قورباغه ای در ایجاد کشش اولیه با چرخیدن این وسیله نقش دارد. همانطور که در آیین نامه های استاندار ذکر شده، باید توجه کرد که کشش اولیه سیم مهار ۱۰ درصد مقاومت آنها باشد. مهارکش ها به صورت دو سر گرد و یک سر گرد تولید می شوند.
- **صفحه تعادل**: از دیگر تجهیزات دکل مهاری، ورق هایی هستند که برای اتصال سیم های مهار به عصایی به کار برده می شوند. این ورقه‌ها، با توجه به اینکه از یک جهت باید به انکر راد ها و از طرف دیگر به سیم های مهار وصل باشد، سوراخ کاری و برش داده می شود. در ضخامت و فواصل سوراخ های روی آن باید به نیروی سیم مهارها توجه کرد. قطر سوراخ ها باید به اندازه ای باشد تا از لهیده شدن ورق ها جلوگیری کند. اگر نیروی سیم مهار بیش از حد باشد می توان از دو یا چند صفحه تعادل در کنار هم استفاده نمود.
- **تسمه کمربندی**: وظیفه ی این وسیله پخش نیرویی است که در محل اتصال سیم مهار به دکل های با ارتفاع شش تا نه متر از سیم به دکل های مهار وارد می شود. بطوریکه بین تمام اجزای دکل های مهار تقسیم گردد.
- **تاج دکل مهاری** : آخرین قطعه نصب شده روی بلندترین نقطه دکل مهاری می باشد که معمولاً سیستم روشنایی و صاعقه گیر بر روی آن نصب می شود

جنس قطعات بکار رفته در دکلهای مهاری معمولا به قرار زیر است :

- پایه های اصلی، لوله نمره یک اینچ.
- مهارکش نمره ۱۶ با جنس فولاد گالوانیزه آلمانی.
- تودلی هر قسمت، میلگرد با نمره ۸ میلی متر.
- سیم نگهدارنده، فولاد گالوانیزه گرم.
- پیچ و مهره، آهن با درصدی از کربن.
- میلگرد آهنی یا آرماتور فولادی.

مواد بکار رفته در تولید دکل مهاری همانطور که اشاره شد از جنس آهن نوع ST37 و برای مقاومت بیشتر از آهن نوع ST44 یا ST52 می باشد.

دکل مهاری سری GT ۳ وجهی



دکل مهاری سری GT ۴ وجهی

دکل‌های تک‌پایه (Mono pole)

دکل‌های تک‌پایه یا مونوپل به دکل‌هایی گفته می‌شود که به صورت تک‌پایه باشد (دو سر فلنچ یا تلسکوپی). که به دو شکل اسپیرال یا چند وجهی ساخته می‌شوند.

این نوع دکل‌ها بر روی یک پایه استوار بوده و لنگر زیادی در پای دکل وجود دارد. لرزش این دکل‌ها به تناسب بقیه دکل‌ها بیشتر می‌باشد. این نوع دکل‌ها با توجه به فضای کمی که اشغال می‌کنند مد نظر قرار گرفته و در محیط‌های شهری که زمین از ارزش بالائی برخوردار است استفاده می‌شوند. ظرفیت باربری آن‌ها محدود بوده و در اکثر مواقع تنها برای شبکه موبایل استفاده می‌شود. این دکل‌ها تنها با جرثقیل نصب می‌شوند بنابراین در محلی باید نصب شوند که امکان حرکت و نصب با جرثقیل وجود داشته باشد. این دکل ها در انواع مقاطع لوله‌ای با مقطع دایره وبیضوی ، ۸ وجهی، ۱۲ وجهی، ۲۴ وجهی و یا دیگر مقاطع ساخته می شوند .

نحوه ساخت دکل های منو پل

اتصال فلنجی: در ابتدا پلیت ها جهت عبور پیچ های پر مقاومت سوراخ می شوند، سپس سکشن ها به پلیت ها جوش داده شده تا در هنگام نصب قطعاتی که از طریق فلنج بر روی هم سوار شده اند با پیچ های پرمقاومت با گرید ۸/۸ ، ۱۰/۹ به یکدیگر متصل شوند.

اتصال تلسکوپی: (Overlap) با توجه به نیاز مشتری و شرایط موجود برای تامین پایداری با ضریب اطمینان، اورلپی دکل طراحی می گردد . در نتیجه دستور برش و خم دقیق برای ساخت تعیین شده تا ریزه کاری های نصب دکل های تلسکوپی رعایت شود . درصورت عدم رعایت توصیه های فنی ، طراح با اشکالات عمده ای در نصب از قبیل عدم دسترسی به مقدار اورلپ مورد نیاز جهت پایداری و تمرکز تنش در محل اتصال مواجه می شود.

مزیت های دکل منوپل:

- اشغال فضای کم
- سهولت در نصب
- سهولت در ساخت

معایب دکل منوپل:

- نصب توسط جرثقیل
- ظرفیت باری محدود

دکل منوپل اسپیرال

دکل منوپل اسپیرال یکی از انواع دکل های منوپل بوده که بدنه این دکل به صورت لوله ای ساخته شده است . اتصالات مربوط به دکل منوپل اسپیرال یه صورت فلنچی می باشد. برای برپایی سازی دکل های منوپل از قطعاتی به نام سکشن استفاده میکنیم که با اتصال به هم دکل را شکل میدهند. ارتفاع سکشن ها در دکل های اسپیرال ۶ متر که در هر دو انتها فلنجی می باشند و هر سکشن بر روی سکشن پایینی خود قرار میگیرد . قطر سکشن های بالایی در این دکل های کمتر از سکشن های پایینی می باشد. عموما برای برپاسازی شبکه های آنتن موبایل از دکل منوپل اسپیرال استفاده میشود . به دلیل اینکه دکل اسپیرال فضای کمی اشغال میکند و در زمین های شهری هزینه زمین بالاست، استفاده از این نوع دکل در این نوع موقعیت ها به صرفه می باشد

.

دکل میکروپل

یکی از انواع دکل های منوپل می باشد. ظاهر و شکل آن به صورت استوانه و لوله ای است و دارای چندین سکشن است. این سکشن ها با اتصالات فلنجی بهم وصل شده اند. این نوع دکل ها برای تجهیزات و آنتن های مخابراتی مناسب است و در ارتفاعات کوتاه نصب میشود.

دکل میکروپل از دو دستک تشکیل شده که فاصله طولی بین دکل و دستک ها باید بیشتر از ۲ متر باشد. اما اگر این فاصله کمتر از ۲ متر بود، دکل باید حتما از لحاظ فنی و ایستایی و مقاومت در برابر باد مورد بررسی قرار بگیرد. دستک های دکل میکروپل سر ستون ساختمان یا بر روی تیر نصب میشود و به دلیل ارتفاع کم دکل میکروپل تا جایی که ممکن است در ارتفاع بالاتری نصب شود تا با دکل های دیگر ارتباط داشته باشد. یکی از ویژگی های دکل میکروپل سبک بودن آن میباشد و بتن کمتری هنگام نصب استفاده میشود و که موجب آسیب دیدگی کمتر ساختمان می گردد.

دکل پل

یکی از انواع دکل های تک پایه دکل پل میباشد. از مزیت های دکل پل میتوان به سبک بودن آن اشاره کرد که مناسب ارتفاعات کم میباشد. در نتیجه از این دکل برای نصب روی پشت بام استفاده میکنند. شکل و ظاهر این دکل به صورت لوله ای میباشد و دارای سکشن هایی است که این سکشن ها به صورت فلنج به فلنج به هم وصل می‌شوند. معمولا بر روی این دکل دستگاه ریپیتر قرار میگیرد به همین دلیل به آن دکل میکرو ریپیتر می‌گویند.

دکل منوپل چند وجهی

این دکل دارای سکشن هایی به شکل چند وجهی می باشد که این امر نصب پله عمودی و استراکچر جهت نصب تجهیزات را بسیار راحت نموده، که این شکل چند وجهی سطح اصطحکاک استراکچر با دکل را بسیار بالا برده و آنرا نسبت به دکلهای اسپیرال به گذینه مناسب تری جهت استفاده به عنوان دکل های مخابراتی که نیاز به نصب تجهیزات زیادی دارند می کند.

دکلهای بازتابی

دکل‌های بازتابی یا پسیو رفلکتور دکل‌هایی هستند که به صورت آینه امواج رادیوئی را منعکس می‌کنند. در مناطقی که به دلیل عوارض طبیعی مانند کوه، دکل‌ها برای انتقال امواج دچار مشکل شوند برای دور زدن کوه از این نوع دکل‌ها استفاده می‌شود. این نوع دکل‌ها دارای پنل بزرگی بوده که زاویه آن قابل تنظیم می‌باشد.

دکل بازتابی

فصل 3 : طراحی دکل

مبنای طراحی دکل‌ها بر اساس بارِ ناشی از باد خواهد بود. (خاک منطقه ، جنس متریال اولیه، وزن تجهیزاتی که باید بر روی دکل نصب گردد و ... در انتخاب نوع دکل مورد توجه می باشد) البته باید مقاومت و تغییرشکل آن برای بارهای ناشی از زلزله نیز کنترل گردد. در طراحی دکل‌ها از آئین‌نامه‌ها و استانداردهای متعددی به شرح ذیل استفاده می‌شود :

- AISC طراحی سازه فولادی
- DIN ASTM مشخصات فولاد گالوانیزه
- AWS جوشکاری
- EIM ACI طراحی فنداسیون
- ICAO مشخصات چراغ
- EIA-RS-O سیستم زمین
- EIA/TIA-222 بارگذاری و طراحی دکل

انواع بارهای وارده بر یک سازه

بارهای وارده بر سازه بیشتر به صورت بار عمودی (قائم) و بارجانبی (افقی) هستند:

بار عمودی (قائم)

بارهای قائم شامل بار مرده بوده و رفتار سازه تحت اثر بارهای قائم متغیر، یکسان است.

بار جانبی (افقی)

بار جانبی شامل بارهای زیر است که نحوه‌ی اثر این نیروها و رفتار سازه تحت این نیروها متغیر است.

- بار لرزه‌ای (زلزله)
- بار باد
- بار مهار
- سونامی
- و...

باد

باد به جریان هوا گفته می‌شود، به‌طور کلی‌تر، به حرکت گاز در اتمسفر باد گفته می‌شود؛ به‌طور ساده‌تر، باد از طریق گرم شدنِ نابرابرِ سطح زمین در اثر تابش خورشید پدید می‌آید. بادها عموماً براساس درجهٔ قدرتشان، سرعت، نوع نیرویی که موجب به وجود آوردنشان است و محل جغرافیایی که رخ می‌دهند یا اثر می‌گذارند دسته‌بندی می‌شوند. باد یک کمیت بُرداری است، دارای دو مشخصه سَمت و سرعت .

با توجه به تغییرات سرعت باد در ارتفاع، روش مرسوم برای محاسبه بار باد بر روی دکل ها تقسیم بندی آن به قسمت های ارتفاعی مختلف و محاسبه بار باد برای هر قسمت از آن بطور مجزا می باشد. پس از بدست آوردن بار باد برای هر قسمت از دکل، این نیرو می تواند یا به صورت بار گسترده و یا به منظور ساده سازی در مدل کردن به صورتنیروهای متمرکز در چندین نقطه مناسب در قسمت مورد نظر اعمال گردد. حداکثر ارتفاعی که برای هر قسمت از سازه می تواند در نظر گرفته شود در مورد دکل های مشبک خودایستا ۱۸ متر، در مورد دکل های منوپل ۹ متر و در مورد دکل های مهاری طول دهانه بین مهارها می باشد.

در محاسبه بار باد اعمالی بر دکل ها بایستی هم اعضای دکل و هم ملحقات آن از قبیل آنتن ها، نردبان، رک فیدر، فیدرها، تجهیزات روشنایی، پلاتفرم و ... در نظر گرفته شود. ملحقات از نظر بار باد به دو نوع ملحقات خطی (linear) و ملحقات منفرد (discrete) تقسیم بندی می شوند. ملحقات خطی، ملحقانی از قبیل نردبان و فیدرها هستند که بار باد روی آنها می تواند به صورت گسترده خطی لحاظ گردد و ملحقات منفرد، ملحقاتی ازقبیل آنتن و پلاتفرم هستند که بار باد روی آن به صورت متمرکز می باشد.

سرعت مبنای باد، بنا به تعریف، سرعت متوسط ساعتی باد در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین درمنطقه ای مسطح و بدون مانع است که براساس آمار موجود درمنطقه، احتمال تجاوز از آن در سال کمتر از ۲٪ (دوره بازگشت ۵۰ ساله) باشد. این سرعت در طراحی دکل خودایستا و همچنین طراحی دکل مهاری و دکل منوپل دارای اهمیت ویژه ای است .

فشار مبنای باد، بنا به تعریف، فشاری است که باد با سرعتی برابر با سرعت مبنای باد به سطحی عمود بر جهت وزش باد وارد می کند و با فرمول $q=0.005V^2$ محاسبه می گردد.

FPA، در مبحث طراحی دکل خودایستا و یا دکل مهاری و منوپل این عدد بیانگر سطح بادگیر دکل میباشد . به این معنی که اگر FPA یک دکل خودایستا بر فرض مثال برابر با عدد ۴ باشد . یعنی این دکل خودایستا با رعایت تمامی موارد قبلی همچون مبانی سرعت باد و مبنای فشار باد و همچنین فونداسیون و یا در دکل های مهاری فواصل مهار ها و تعداد مهارها . میتواند ۴ متر مربع سطح بادگیر فلت داشته باشد.

این نیرو از رابطه ی $F=P*A$ بدست می آید

- A = مساحت سطحی ازساختمان که فشار یا مکش P برآن وارد میگردد.

- P = فشار یا مکش ناشی از باد است که از رابطه ی زیر بدست می آید. (P=Ce*Cq*q)
- Q = همان مبنای فشار باد که در بالا گفته شد.
- Cq = ضریب اثر تغییر سرعت باد که بسته به ارتفاع ساختمان ومنطقه ی جغرافیایی ساختمان تعیین می گردد. (جدول ۶-۶-۲ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان)
- Ce = ضریب شکل که با توجه به شکل هندسی ساختمان تعیین می گردد.

مطابق مبحث ششم مقررات ملی ایران عوامل زیر در محاسبه بار باد تاثیر دارند:

- میانگین سرعت باد در منطقه
- ارتفاع سازه
- شکل هندسی ساختمان
- موانع مجاور ساختمان

تفاوتهای بار باد و زلزله:

ردیف	بار زلزله	بار باد
۱	بار زلزله به جرم سازه و نحوه‌ی توزیع جرم بستگی دارد. بار به مرکز جرم سازه وارد می‌شود.	بار باد به سطح اکسپوز (مساحت در معرض باد) سازه بستگی دارد.
۲	بار زلزله بین قاب‌های داخلی و بیرونی و ستون‌های موجود در سازه تقسیم خواهد شد. به طور مثال با اثر کردن در محل جرم آنها	بار باد عمدتاً به قاب‌های بیرونی مثلاً قاب‌های اکسپوز اثر خواهد کرد و این نیرو برای قاب‌های داخلی کاهش می‌یابد.
۳	سازه‌ای با جرم کمتر، عملکردی بهتر در طول زمین لرزه از خود نشان می‌دهد. زیرا بار کمتری را جذب می‌کند و مساحت اکسپوز تاثیری در عملکرد هنگام زلزله ندارد.	سازه‌ای با جرم بیشتر در مقابل بار باد به طور موثرتر مقاومت می‌کند. سازه‌ای که سطح بیرونی کمتری داشته باشد عملکرد بهتری دارد. زیرا نیروی باد کمتری جذب می‌کند.

ردیف	بار زلزله	بار باد
۴	سختی سازه در مقدار تاثیر نیروی زلزله موثر است.	سختی سازه در مقدار تاثیر نیروی باد موثر نیست.
۵	مقدار برش پایه در تراز پایین بیشتر و با افزایش ارتفاع از سطح زمین به دلیل کاهش وزن تجمعی کاهش می‌یابد.	نیروی باد با بیشتر شدن ارتفاع از سطح زمین و در صورت ثابت ماندن سطح اکسپوز افزایش می‌یابد.
۶	میرایی سازه در محاسبات لرزه‌ای لحاظ خواهد شد.	میرایی سازه در شرایط عادی مثل آنالیز استاتیکی در محاسبات نیروهای باد لحاظ نخواهد شد.
۷	اینرسی (لختی) سازه اصلی‌ترین فاکتور ایجاد کننده نیروی زلزله است.	اینرسی کمترین تاثیر در ایجاد نیروی باد را دارد.
۸	نیروی زلزله عمدتاً در تراز پایه‌ی سازه اعمال می‌شود.	نیروی باد در هر گره از سطح اکسپوز اعمال می‌شود.
۹	اگر سازه‌ای که تحت اثر بار زلزله قرار دارد، مرکز جرم و مرکز سختی بر هم منطبق نباشد پیچش ایجاد خواهد شد.	بار باد نمی‌تواند باعث ایجاد پیچش در سازه شود.
۱۰	نوع خاکی که سازه بر روی آن قرار دارد در عملکرد آن در حین زلزله دخیل است.	نوع خاک زیر سازه بر عملکرد آن هنگام بار باد اثر چندانی ندارد.
۱۱	عملکرد سازه در هنگام زمین لرزه می‌تواند با نصب ایزولاتور (جداساز) لرزه‌ای که سبب تقلیل انتقال نیرو زلزله از زمین به سازه می‌شود، بهبود پیدا کند.	عملکرد سازه در هنگام بار باد می‌تواند با بهتر کردن شکل سازه از طریق ایجاد لبه‌های انحنا دارد (قوس دار) بهبود پیدا کند.
۱۲	اثر ساکشن (مکش) در طول اثر بار زلزه رخ نمیدهد.	هنگام اعمال بار باد بر سازه، به دلیل ایجاد ساکشن فشار منفی رخ میدهد.

ردیف	بار زلزله	بار باد
۱۳	جابجایی سازه به سمت عقب و جلو نسبت به مرکز جرم خواهد بود و این خود سبب ایجاد تنش معکوس در اعضا می‌شود.	جابجایی سازه نسبت به موقعیت اولیه‌ی تغییر شکل استاتیکی خواهد بود و جابجایی عقب و جلو در مقایسه با بار زلزله کمتر و در نتیجه تنش معکوس کمتری ایجاد خواهد شد.
۱۴	جابجایی طبقات در حین زلزله در طبقات بالاتر بیشتر خواهد بود و جابجایی به صورت سهمی رخ خواهد داد.	جابجایی در طبقات بالاتر در مقایسه با بار زلزله کمتر خواهد بود و جابجایی به صورت خطی است.
۱۵	بیشترین مقدار تغییر شکل سازه در حدود ۴/۰ ٪ خواهد بود.	بیشترین مقدار تغییر شکل سازه در حدود ۵٪/۰ خواهد بود.
۱۶	المان‌های غیر سازه داخل ساختمان نظیر اثاثیه، قفسه‌ی انباری و غیره به دلیل داشتن جرم و سختی ناچیز می‌تواند در حین زلزله باعث آسیب شوند.	المان‌های غیر سازه‌ای مثل شیشه‌های بزرگ، روکش‌های فلزی و غیره می‌توانند تحت اثر بار باد دچار آسیب شوند.
۱۷	نیروی زلزله می‌تواند به طور تصنعی با استفاده از میز لرزه‌ای تولید شود.	نیروی باد به طور تصنعی می‌تواند در تونل باد مدل سازی شود.
۱۸	نیروی زلزله می‌تواند به کانون زلزله و شرایط زمینی که موج از آن عبور می‌کند وابسته باشد.	نیروی باد می‌تواند به ساختار زمین شناسی و عوارض سطح زمین (توپوگرافی) بستگی داشته باشد.
۱۹	مدت زمان اثر زلزله می‌تواند از چند ثانیه تا چند دقیقه متغییر باشد و هیچ گونه پیش آگهی ندارد.	مدت زمان اثر باد می‌تواند از چند دقیقه حتی تا چند ساعت متغییر باشد (طوفان) و قبل از ایجاد خسارت پیش آگهی می‌دهد.
۲۰	منطقه‌ی اثر نیروی زلزله وسعت بیشتری دارد.	منطقه‌ی اثر باد در مقایسه با زلزله وسعت کمتری دارد به جز طوفان‌ها.

ردیف	بار زلزله	بار باد
۲۱	پیش بینی شکل گیری وقوع زلزله فقط بر پایه‌ی احتمالات استوار است.	پیش بینی شکل گیری طوفان‌ها به طور دقیق امکان پذیر است.

فصل 4 : فونداسیون، پی یا شالوده:

مبنای طراحی فونداسیون دکل‌های مخابراتی جهت لهیدگی و واژگونی استوار است. در استاندارد EIA-RS-222-Fبرای فونداسیون‌ها حداقل عمق طی فرمول‌هائی تعریف شده با توجه به اینکه دکل‌ها در برابر وزش باد مستعد واژگونی هستند مقرون به صرفه‌ترین نوع فونداسیون‌ها فونداسیون‌های عمقی می‌باشد؛ که در دکل‌های خودایستا به دلیل بروز کشش در یکی از پایه‌ها به صورت پاشنه‌ای و در دکل‌های مونوپل به دلیل بروز گشتاور زیاد در پای دکل به صورت شمعی طرح می‌شود.

در زمین‌های سنگی به دلیل مشکلات حفاری فونداسیون‌ها به صورت سطحی و گسترده طرح می‌شود که به دلیل وزن بالای خود بتواند گشتاور ناشی از واژگونی را تحمل کند.

به طور کلی پی ها را به می چهار گروه عمده توان تقسیم نمود[1]:

- **پی های کم عمق یا سطحی**(shallow foundation): پی‌هایی که نسبت عمق به عرض آن‌ها مساوی یا کمتر از یک باشد را پی سطحی می‌نامند
  - **پی منفرد** : به شالوده‌ای که تنها بار یک ستون را منتقل می‌کند، شالوده منفرد می‌گویند. این پی‌ها معمولاً از یک دال مربعی یا دایره‌ای تشکیل می‌شوند. در بیشتر موارد، پی‌های منفرد توسط تیرهایی به نام کلاف به یکدیگر متصل می‌شوند. کلاف‌ها نقشی در جلوگیری از نشست شالوده‌های منفرد ندارند. (قادر به تحمل برش و خمش نمی‌باشند) و تنها صلبیت جانبی سازه را افزایش می‌دهند. شالوده منفرد می‌تواند شامل انواع بتنی غیر مسلح یا بتن مسلح معمولی، با سطوح شیبدار و پله‌ای باشد.
  - **پی مرکب** : پی‌هایی که بار دو تا چهار ستون را حمل می‌نمایند:این پی‌ها می‌توانند برحسب نظر مهندس محاسب مستطیلی-یا حتی ذوذنقه‌ای انتخاب شوند. در مواردی که ستون‌ها طوری به هم نزدیک هستند که پی‌های منفرد عمالاً در یک دیگر تداخل می‌کنند یا در مواردی که یکی از ستون‌ها در لبه حریم زمین قرار گرفته باشد از پی دو ستونه استفاده می‌گردد.
  - **پی گسترده** : گر زمین زیر شالوده آنقدر سست باشد یا بار وارد از طرف سازه آنقدر زیاد باشد که سطح پوشیده شده توسط پی‌های منفرد بیش از نصف سطح زیر بنا شود، در این صورت اقتصادی است که از پی گسترده استفاده شود. شالوده گسترده شامل یک دال یکپارچه است که کلیه بارهای سازه را از ستون‌های و دیوارها به خاک منتقل می‌کند. این نوع شالوده

[1] تقسیم بندی فوق بر اساس عمق شالوده به عرض شالوده (D/B)صورت گرفته است.

موجب توزیع نسبتاً یکنواخت تنش و جلوگیری از تمرکز آن در زیر بارهای سنگین و موضعی می‌شود، لذا در کاهش نشست نامساوی بسیار مؤثر است.

- **پی های نیمه عمیق (deep foundation) :** مانند شمع ها : در این پی‌ها نسبت عمق به عرض در محدوده (۴–۵)تا(۱۰)قرار دارد. این پی‌ها حد فاصل پی‌های سطحی و عمیق هستندو به آن‌ها پی‌های چاهی نیز گفته می‌شوند. عملکرد آن‌ها تا حدودی شبیه پی‌های عمیق است زیرا بار را به یک لایه مقاوم که در عمق متوسطی از زمین قرار دارد منتقل می‌کنند. برای اجرای این پی‌ها، چاهی در زمین حفر کرده و سپس درون آن را با مصالح مناسب پر می‌کنند. پی‌های نیمه عمیق حدفاصل شالوده‌ها و پی‌های شمعی هستند. برای اجرای پی‌های نیمه عمیق یک چاه در زمین حفر می‌گردد و سپس درون آن را با مصالح پر می‌کنند. معمولاً از اصطکاک جدار چاه و پی نیمه عمیق صرف نظر می‌شود لذا نحوه محاسبه این پی‌ها شبیه محاسبه شالوده‌های سطحی است. البته اگر اصطکاک جانبی جدار چاه و پی نیمه عمیق را در نظر بگیریم محاسبه آن مشابه شمع‌ها خواهد شد.
- **پی های عمیق(pier foundation)** : این پی‌ها عمدتاً شامل شمع بوده و در آن‌ها نسبت عمق به عرض پی بیشتر از ۱۰بوده‌است.
- **پی های ویژه (special foundation)مانند مهارها** : هرگونه پی که جزء دسته‌های فوق نباشد مانند پی‌های صندوقچه‌ای، مهارها، ستون‌های شنی و سنگی و... در این دسته قرار می‌گیرند

انواع پی از لحاظ نوع مصالح مصرفی عبارت اند از:

- پی شفته ای
- پی سنگی
- پی چوبی
- پی آجری
- پی فلزی
- پی بتنی

کلاف (شناژ) چیست؟

وقتی که در یک ساختمان از شالوده های منفرد استفاده می شود، آنها را باید توسط کلاف هایی به یکدیگر متصل کرد. کلاف ها به هیچ وجه برای جلوگیری از نشست های نامساوی نیستند و وظیفه ی آنها بستن شالوده های منفرد به یکدیگر و جلوگیری از بازی کردن آنها مخصوصا در مقابل تکان های ناشی از زلزله می باشد.

شناژ عنصری است غیر سازه ای یا سازه ای درجه ۲ که هیچ نقشی در تحمل بارهای وارده و انتقال آنها به زمین را ندارد و نمی تواند نشست های نامتجانس (نشست نسبی) را کنترل کند. تنها وظیفه ی شناژ به هم کلاف کردن فونداسیون شالوده ها و جلوگیری از حرکت افقی آنها نسبت به یکدیگر می باشد.

فونداسیون دکلهای مونوپل

فونداسیون شمعی : شمع‌ها اعضایی از جنس فولاد، بتن، بتن مسلح و چوب هستند که در صورت مناسب نبودن ظرفیت باربری زمین برای استفاده از فونداسیون‌های سطحی، از آن‌ها برای ساخت فونداسیون‌های عمیق (فونداسیون‌های شمعی) استفاده می‌شود. مخارج احداث فونداسیون‌های شمعی خیلی بیشتر از فونداسیون‌های سطحی است. علیرغم مخارج بیشتر، در عمل موارد متعددی وجود دارد که برای ایمنی دکل در مقابل نشست و عوامل دیگر، از فونداسیون‌های شمعی استفاده می‌شود.

بعضی از شرایطی که استفاده از فونداسیون‌های شمعی را ایجاب می‌نماید :

- **ضعیف بودن خاک بالایی** : وقتی لایه های فوقانی خاک قابلیت فشردگی بالایی داشته باشند و برای تحمل کل بار سازه خیلی ضعیف باشند، از شمعها استفاده میشود تا بار را به سنگ بستر زیرین یا به لایه قوی تری از خاک منتقل کند. وقتی سنگ در عمق معقول زیر سطح زمین وجود داشته باشد، از شمع ها برای انتقال کل بار به خاک استفاده میگردد. تحمل بار اساسا ناشی از مقاومت اصطکاکی ایجاد شده در سطح مشترک خاک و شمع است.
- **تاثیر نیروهای افقی** : وقتی سازه در معرض نیروهای افقی قرار میگیرد، فونداسیون های شمعی بواسطه خم شدن مقاومت از خود نشان میدهند، در عین حال بار عمودی انتقالی توسط سازه را تحمل میکنند. در طراحی سازه هایی که آب را در زمین حفظ میکنند و سازه ای که در معرض نیروهای زلزله یا باد است، با چنین وضعیتی مواجه هستیم.
- **وجود خاک منبسط شونده** : خاکی که با تغییر رطوبت دچار انبساط و انقباض قابل توجهی میشود، خاک منبسط شونده نام دارد. خاک های منبسط شونده ممکن است در محلی که قرار است سازه ساخته شود، وجود داشته باشد. خاک های منبسط شونده بسته به میزان کاهش و افزایش رطوبتشان، منبسط و منقبض میشوند. اگر از فونداسیون های سطحی در چنین شرایطی استفاده شود، سازه ممکن است در اثر نشست فونداسیون متحمل آسیب قابل توجهی شود. از این رو، موقعی که شمعها به منطقه خاک پایدار که انقباض و انبساطی رخ نمیدهد، میرسند، فونداسیون های شمعی به عنوان گزینه جایگزین در نظر گرفته میشوند

- **قرارگیری در معرض نیروهای بالا برنده** : فونداسیون های سازه هایی مثل سکوهای نفت، زیرزمین ساختمانها، دکل های برق زیر سطح ایستابی و غیره در معرض نیروهای بالابرنده ناشی از فشار آبِ خاکِ زیرسطحی (subsoil water) هستند. در چنین مواردی، از فونداسیون های شمعی برای تحمل نیروی بالابرنده استفاده میگردد.
- **فرسایش خاک** : به خاطر وجود مسئله آب شستگی و فرسایش در محل پایه برجها، این پایه‌ها اغلب روی فونداسیون‌های شمعی احداث می‌شوند.[۱]

شمع‌ها را می‌توان به سه گروه عمده شمع اتکایی، شمع اصطکاکی و شمع تراکمی تقسیم بندی نمود.

۱) شمع اتکایی

اگر بستر سنگی و یا لایه شبیه سنگ (خیلی متراکم) در عمق منطقی قرار داشته باشد، شمع را می‌توان تا آن لایه ادامه داد. در این حالت ظرفیت باربری شمع کاملا بستگی به ظرفیت باربری بستر سنگی در مقابل نوک شمع خواهدداشت. به همین علت، این شمع‌ها را اتکایی می‌نامند. در چنین حالتی با توجه به معلوم بودن عمق بستر سنگی از روی گمانه‌های حفر شده، تعیین طول شمع کار چندان مشکلی نخواهد بود.

۲) شمع اصطکاکی

در صورتی که عمق بستر سنگی یا لایه شبیه به سنگ زیاد باشد، طول لازم برای شمع اتکایی غیراقتصادی خواهد شد. در چنین شرایطی شمع به عمق مناسبی در لایه نرم فوقانی بدون اینکه به لایه سخت برسد، کوبیده می‌شود. از آنجایی که مقاومت اتکایی نسبتاً کوچک است، ظرفیت باربری نهایی شمع به ظرفیت باربری اصطکاکی محدود می‌گردد. انتخاب نام اصطکاکی برای این شمع ها، از آنجا ناشی می‌شود که اکثر مقاومت آن‌ها به وسیله اصطکاک جدار تأمین می‌گردد. البته این نام بعضی مواقع می‌تواند گمراه کننده باشد، زیرا مقاومت شمع‌هایی که در لایه رسی کوبیده می‌شوند، بستگی به چسبندگی بین جدار شمع و رس دارد.

۳) شمع تراکمی

در بعضی موارد شمع‌ها به منظور بوجودآوردن تراکم مناسب در لایه‌های سطحی د ر خاک‌های دان‌های کوبیده میشوند. این شمع‌ها به شمع‌های تراکمی موسومند.

طول شمع‌های تراکمی به عوامل زیر بستگی دارد:

- تراکم نسبی خاک قبل از تراکم

---

[۱] دکل، پایه دوربین، روشنایی معابر، برش با دستگاه CNC

- تراکم نسبی مورد نیاز بعد از تراکم
- عمق لازم برای تراکم

شمع‌های تراکمی معمولا کوتاه هستند، لیکن برای تعیین طول مناسب برای آن‌ها، بعضی آزمایشات صحرایی لازم است.

فونداسیون دکل مهاری:

در دکل های مهاری علاوه بر اینکه پایه دکل باید در محل نصب محکم شود برای اتصال سیم های مهار به زمین نیز محل اتصال سیم های مهار با زمین نیز باید محکم بوده و توانایی تحمل بار کششی مهارها را داشته باشد بنابراین با توجه به محل نصب دکل می توان ۳ نوع فندانسیون در نظر گرفت :

- فندانسیون دکل زمینی
- فندانسیون دکل پشت بامی
- فندانسیون دکل به روش کاشت بولت

فونداسیون دکل زمینی:

اگر دکل مربوط روی زمین معمولی نصب می شود باید در محل های مذکور چاله هایی حفاری شده و سپس در آن آرماتور بندی گردیده و بتن ریزی شود تا وزن قطعه بتنی حاصل بتواند کشش مهارها و وزن دکل را تحمل کند بسته به ارتفاع دکل و میزان باد، ابعاد قطعه بتنی متفاوت می باشد ولی در حالت معمولی برای یک دکل ۳۰ متری ابعاد قطعه باید ۱۰۰ سانت*۱۰۰ سانت*۱۰۰سانت باشد و از آرماتور به صورت سبدی با میلگرد ۸ و ۱۰ استفاده کرد . بتن مورد نیاز با عیار ۳۵۰ کیلو سیمان در متر مکعب کافی می باشد خود دکل در محل نصب توسط ۳ یا ۴ عدد انکر بولت در قطعه بتنی محکم می گردد و مهارهای دکل توسط ۱ یا ۲ میلگرد که در قطعه بتنی محکم شده که به آن اصطلاحاً عصایی گفته می شود به فندانسیون متصل می گردد .

اگر در محل نصب دکل تردد وجود دارد یا در آینده محوطه سازی و خاکریزی انجام می گیرد باید بتن هم سطح، سطح تمام شده باشد یا توسط یک تیرآهن با ارتفاع مناسب محل اتصال مهارها کمی بالاتر از سطح بتن قرار گیرد.

فونداسیون دکل پشت بامی

برخی مواقع نیاز می شود دکل روی پشت بام ساختمان نصب گردد در اینصورت باید در پشت بام ساختمان محل های نصب دکل و مهارها به سقف پشت بام محکم شود برای این منظور می توان در محل های مربوط

سقف پشت بام را کمی تخریب کرده تا به اسکلت ساختمان که از نوع (اسکلت فلزی یا اسکلت بتنی یا تیرآهنی) است رسید در آن موقع صفحه پلیت دکل و عصایی مهارها را به اسکلت ساختمان متصل نمود و در محل اتصال بتن ریزی شود و توسط ایزوگام عایق بندی شود البته این روش به دلیل تخریب سقف برای مالکان ساختمان قابل مقبول نیست بنابراین استراکچرهای خاصی طراحی شده که به سقف ساختمان آسیبی نرساند. بدین صورت که برای محل نصب خود دکل از یک سازه تیر آهنی با شاخک های ۲ متری استفاده می شود که دکل روی آن سوار شده و بدون اتصال به سقف،روی سقف ساختمان قرار می گیرد برای اتصال مهارها هم میلگرد های بلندی که یک سر آن رزوه شده اند را با سوراخکاری در سقف یا دیوارهای جانپناه پشت بام تعبیه می شود و از پشت با یک صفحه پلیت و پیچ و مهره آن میلگرد محکم می شود که البته این روش ها زیاد قابل اعتماد نیست ولی توسط برخی نصاب ها انجام میگیرد.

فونداسیون دکل با کاشت بولت

در صورتی که دکل روی سنگ کوه یا روی سطح بتنی با قطر زیاد نصب می شود می تواند از روش کاشت بولت استفاده کرد بدینصورت که در سنگ کوه سوراخ هایی ایجاد می شود و بولت ها به وسیله چسب مخصوص در آن محکم می شود البته سوراخ ها باید در زاویه ای مخالف جهت اعمال نیرو تعبیه شود که نیروی کششی باعث محکم تر شدن بولت ها در سنگ بشود این روش برای نصب دکل در ارتفاعات قله های بلند که امکان حمل و بتن و... نیست بسیار موثرتر می باشد.

فونداسیون دکل ۴ پایه

فونداسیون دکل ۳ پایهٍ

فونداسیون پشت بامی دکل مهاری

فونداسیون شمعی جهت دکل مونوپل

فونداسیون دکل NB

فونداسیون پایه مهار جهت دکل مهاری

فونداسیون دکل مهاری

فونداسیون دکل مهاری

فصل 5 : سازه های قابل نصب بر روی دکل

دکل های مخابراتی با توجه به شکل و ارتفاع آنها می توانند میزبان تجهیزات متفاوتی باشند. این ظرفیت را می توان با تجهیزاتی مانند استراکچر و مانتینگ افزایش داد البته در این خصوص نباید میزان وزن قابل تحمل دکل و ارتفاع نصب تجهیزات را از یاد برد که بی توجهی به این امر می تواند باعث واژگونی یا پیچش دکل گردد.

استراکچر

استراکچر که گاها با مانتینگ در یک معنی بکار می رود را می توان سازه ای فلزی که از تعدادی نبشی و دستک که با پیچ و یا جوش به هم متصل گردیده اند، جهت نصب تعدادی تجهیز (بویژه آنتن های GSM) در سکشن های بالایی دکل برای افزایش ظرفیت نصب، فاصله گذاری تجهیزات و یا بنا به دلایلی دور کردن تجهیز از دکل، استفاده می شود. استراکچر بیشتر در مکانهایی بکار می رود که نیاز به نصب تعداد زیادی آنتن در یک ارتفاع (مانند تلفن های روستایی و یا بیسیم) و یا نصب آنتن هایی در یک راستا و ارتفاع ولی با فاصله ای مشخص از هم[1] استفاده می گردد.

استراکچر در انواع و اشکال مختلفی (مثلثی، دوار، مربعی و بیضوی) ساخته می شود که این تفاوت در ظرفت نصب، نوع تجهیزات قابل نصب و از همه مهمتر نوع دکل (مونوپل، نبشی و لوله ای) می باشد.

استراکچر دکل مونوپل

استراچر دکل چهار پایه

[1] در دکل های جاده ای از ۲ آنتن Main و Diversity در یک سکتور با فاصله ۳ متر و ۳۰ سانتی متر جهت بهبود کیفیت مکالمه استفاده می گردد.

مانت

مانت یا مانتینگ (Mount) معمولا از دو دستک (Bracket) [۱] که از یک سمت به یک پایپ و از سمت دیگر به دکل وصل می گردد جهت نصب تجهیزات بر روی دکل، تشکیل می شود. دستکها به دو صورت پیچ و مهره، و یا بصورت جوش به پایپ وصل می گردند. دیگر انتهای دستک که به دکل بسته می شود با توجه به شکل پایه دکل در انواع گوناگونی ساخته می شود تا حداکثر اصطحکاک با پایه دکل داشته باشد و در اثر باد زاویه نصب آن تغییر نکند. استفاده از مانت جهت نصب آنتن مایکروویو و آنتن های GSM بر روی دکل الزامی می باشد و تجهیزات نباید بصورت مستقیم بر روی دکل نصب گردند.

مانتینگ لوله ای

مانتینگ نبشی

مانتینگ لوله ای

مانتینگ نبشی

مانتینگ لوله ای

مانتینگ مونوپل

[۱] مانت هایی با یک دستک و یا چند دستک نیز ساخته و استفاده می گردند ولی بسیار غیر معمول می باشند

سیستم روشنائی

با توجه به گسترش ارتفاع سازه‌های مسکونی و غیر مسکونی موجود در شهرها و بویژه در اطراف فرودگاه‌ها، سازمان هواپیمایی کشوری (ایکائو) مجموعه قوانینی در این خصوص وضع نموده و استفاده از چراغ‌های هشدار دهنده در این اماکن رااجباری کرده‌است. چراغ‌های دکل کار اطلاع‌رسانی به انواع هواپیما و هلی کوپتر و آگاه‌سازی خطر را در مناطق شهری و غیر شهری انجام می‌دهند. سیستم روشنائی برای دکل های بلندتر از ۳۰ متر الزامی می باشد.

در حال حاضرروشنایی‌های نصب شده بر روی انواع دکل‌های مخابراتی و انتقال نیرو که بر حسب دستورالعمل سازمان هواپیمایی کشوری (ایکائو) مورد استفاده قرار می‌گیرند، عموماً به دو دسته برقی یا خورشیدی تقسیم می‌گردند.

چراغ دکلِ برقی: در این نوع چراغ انواع لامپ‌های موجود در بازار استفاده می‌گردد. لامپ‌های رشته‌ای، لامپ‌های LED، لامپ‌های Power LED و سایر نمونه‌های مشابه. منبع تغذیه همه آن‌ها جریان برق شهر و با ولتاژ ۲۲۰ ولت می‌باشد. در این میان برخی سایت‌های مخابراتی از چراغ‌هایی با ولتاژ ۴۸ ولت نیز استفاده می‌نمایند. در اکثر چراغ‌های برقی به اجبار باید از فتوسل‌های چدنی بزرگ استفاده گردد و همچنین سرقت و خرابی کابل و هزینه‌های تحمیلی بابت اصلاح و تعمیر آن‌ها، استفاده از این نوع چراغ را بسیار کاهش داده‌است.

چراغ دکل با منبع تغذیه خورشیدی: با گسترش استفاده از انرژی خورشیدی در کشورهای مختلف، استفاده از چراغ دکل خورشیدی بعلت قیمت بسیار اقتصادی، عدم نیاز به کابل و هزینه‌های مترتب بر آن و سهولت کارکرد آن مورد استقبال بسیار قرار گرفته‌است. در این نوع چراغ دکل از پانل‌های سولار به عنوان جاذب انرژی خورشیدی استفاده شده و با استفاده از باتری جهت ذخیره‌سازی انرژی و همچنین سنسورهای مادون قرمز به جای فتو سل و لامپهای LED به عنوان منبع روشنایی استفاده می‌گردد. اکثر چراغ‌های دکل خورشیدی به صورت چشمک زن بوده که این امر باعث کاهش قابل توجه انرژی ذخیره شده در باتری می‌گردد.

مشخصات فنی اجزاء کلی سیستم چراغ دکل:

- چراغ‌های دکل مورد استفاده می‌باید دارای گواهی حفاظت محیطی (IP) با متوسط حفاظت ۵۵ باشند.
- استفاده از بلور یا شیشه به عنوان طلق چراغ به علت عیوب فراوان مانند سنگینی بیش از حد، شکستگی آسان و خطرات ناشی از سقوط احتمالی آنها جای خود را به استفاده از طلق‌های پلی کربنات خود رنگ و نشکن داده که دارای عمر دستکم هفت ساله بوده و در مقابل تغییرات آب و هوایی بسیار مقاوم می‌باشند.

- بدنه چراغ دکل باید از جنس فلز بوده که استفاده از چدن بعلت وزن زیاد و خاصیت شکنندگی خیلی بالا و استفاده از آلومینیوم نیز بعلت خاصیت انتقال حرارتی بسیار بالای این فلز و ترد بودن آن عملاً جای خود را به فولاد داده‌است. استفاده از رنگ مناسب با قدرت پوشش بالا از موارد مورد لزوم چراغ‌های دکل می‌باشد.
- چراغ دکل LED ضمن کاهش توان مصرفی تا ۸ وات امکان ایجاد حداقل شدت نور ۴۰۰ candle را فراهم می نماید. لامپ دکل LED به شکلی طراحی شده است که به راحتی قابل نصب در سرپیچ های موجود می باشد. لامپ دکل LED در مدلهای ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ عدد LED قابل ارائه می باشد. LED های استفاده شده در چراغ دکل LED از نوع Hight Bright با زاویه تابش ۱۸۰ درجه می باشد و ...

فصل 6 : سیستم ارت

به منظور حفاظت افراد و دستگاهها ، اضافه ولتاژهای تولید شده در بدنه که باعث صدمه دیدن دستگاهها و افراد می‌شود ، همچنین ولتاژهای بسیار زیاد و خطرناک ناشی از برخورد صاعقه با دکلهای کامپیوتری را باید در جایی خنثی نمائیم. به همین منظور استفاده از سیستم ارت و حفاظت از تجهیزات بسیار لازم و ضروری است بعلاوه با افزایش استفاده از سیستمهای دیجیتالی و حساس، لزوم بازنگری در طراحی، نصب و نگهداری سیستمهای حفاظتی گراندینگ وجود دارد.

در سایتهای مخابراتی زمین مناسب جهت اجرای ارت از دو بابت حائز اهمیت می‌باشد:

- حفاظت در مقابل صاعقه و اضافه ولتاژها
- هم پتانسیل بودن تجهیزات نصب‌شده در سایت و کارکرد صحیح آنها بخصوص

به طور خلاصه اهداف بکارگیری سیستم ارتینگ یا گراندینگ عبارتند از:

- حفاظت و ایمنی جان انسان
- حفاظت و ایمنی وسایل و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی
- فراهم آوردن شرایط ایده‌ال جهت کار
- جلوگیری از ولتاژ تماسی
- حذف ولتاژ اضافی
- جلوگیری از ولتاژهای ناخواسته و صاعقه
- اطمینان از قابلیت کار الکتریکی

نکاتی که در مورد سیستم ارت دکل باید رعایت گردد :

- کلیه اتصالات با مفتول برنج یا نقره جوشکاری گردد. سطح جوش باید CM ۶ باشد و جهت اتصالات و جوشکاری رعایت گردد
- از هر پایه دکل خود ایستا، هم فونداسیون دکل توسط سیم مسی و بست مخصوص به سیستم ارت و هم پای دکل به سیستم ارت جوشکاری گردد.
- میله برقگیر روی دکل در بالاترین نقطه دکل (با رعایت مخروط حفاظتی با زاویه ۴۵ درجه) بطوریکه تجهیزات راکاملا پوشش دهد، قرارگیرد و جنس آن تمام مس با آلیاژ استاندارد به قطر mm ۱۶ و طول آن بستگی به ارتفاع نصب انتن‌های روی دکل دارد.

- سیم میله برقگیر از پایه‌ای که آنتن‌های کمتری نصب می‌شود و با کابل‌های روی لدر حداکثرفاصله را داشته باشد، بدون خمش درمسیر و مستقیما به رینگ داخل کانال و از کوتاهترین مسیر توسط جوش متصل گردد.
- شعاع خم سیم مسی حداقلCM ۲۰ وزاویه قوس حداقل ۶۰ درجه رعایت گردد.
- به هیچ عنوان در روی دکل، جوشکاری صورت نگیرد.
- کلیه کابل‌های ورودی به سالن دستگاه توسط بست گراند به بدنه دکل و ابتدای لدر افقی (بعد از محل خم شدن کابل) گراند شوند.
- پایه‌ها و نقاط ابتدا و انتهای لدر افقی به سیستم زمین متصل گردد.
- اتصال از شبکه گراند سیستم اجرا شده به تانکر سوخت دیزل ژنراتور، تانکر آب هوایی، اسکلت فلزی ساختمان و در و پنجره‌های اتاق دستگاه صورت گیرد.
- اگر سیستمی از قبل اجرا شده باشد، سیستم قدیم به جدید در عمق خاک متصل گردند.
- سیم ارت درروی زمین باید با روکش و سیم داخل کانال ها باید بدون روکش و مستقیم کشیده شود.
- پرکردن کانال باید با خاک سرند شده کشاورزی یا خاک نرم انجام گردد.
- ارتفاع نصب شینه مسی CM ۵۰ ازکف تمام شده باشد.
- شینه داخل اتاق در صورت امکان به چیدمان دستگاه‌ها نزدیک باشد.
- از هر دستگاهی جداگانه سیم ارتی به شینه متصل گردد (قطر و طول شینه گراند بستگی به تعداد انشعابات آن دارد).
- در دکل‌های مهاری پر ظرفیت، مهارهای دکل بایستی توسط بست مخصوص به سیستم زمین اتصال یابد.
- جهت استفاده ترانس برق شهر در ایستگاه‌های مخابرات بایستی گراند جداگانه اجرا گردد.
- در سایت‌های کامپیوتری جهت اجرای سیستم زمین در صورت امکان بایستی از یک زمین با سطح یکنواخت (بدون شیب) استفاده نمود.
- در ایستگاه‌ها بین نول و گراند نبایستی اختلاف ولتاژ وجود داشته باشد.
- در دکل‌های پر ظرفیت که ابعاد قسمت بالای دکل بیشتر از ۲ متر می‌باشد نیاز به نصب یک عدد برقگیر اضافی در سمت مقابل برقگیر اول می‌باشد.
- در سیم کشی داخل محوطه سایت‌های کامپیوتری برای چراغ‌های روشنایی و سایر موارد باید از کابل زمینی استفاده گردد و در ایستگاه‌های بالای کوه و نقاط دور از شهر نباید از چراغ‌های روشنایی خیابانی استفاده شود.
- استاندارد قابل قبول آزمایش و تحویل اتصال زمین برای سایت‌های کوچک زیر ۱۰ اهم و برای سایت‌های بزرگ و مهم زیر ۳ اهم می‌باشد.

سیستم صاعقه گیر: (Lightning Protection)

هدف از نصب صاعقه گیر حفاظت از سیستمها و افراد در برابر صاعقه و ایجاد مسیری مطمئن جهت انتقال جریان عظیم صاعقه به زمین می باشد ، در این سیستمها رادهای هوائی وظیفه جذب صاعقه و هادیهای نزولی وظیفه انتقال جریان را به شبکه ارتینگ به عهده دارند. سیستم صاعقه گیری که به درستی طراحی و نصب شده باشد امنیت جانی افراد و ایمنی تجهیزات را بدنبال خواهد داشت.

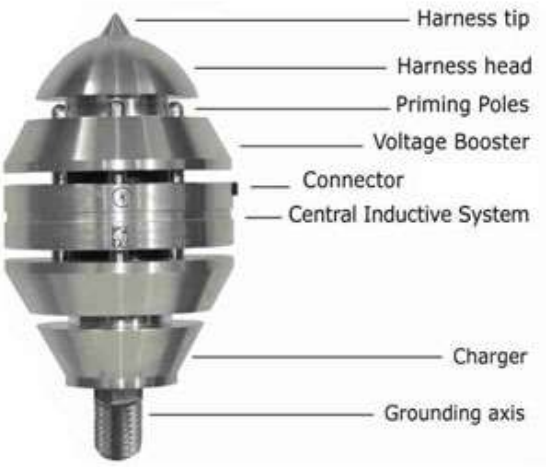
بر اساس تحقیقات بطور متوسط در هر ثانیه بیش از پنجاه صاعقه به زمین اصابت می نماید و خسارات جانی و مالی فراوانی بر جای می گذارد بطور کلی حوادثی که توسط صاعقه پدید می آید به دو گروه تقسیم می شوند. یک-حوادثی که به سبب برخورد مستقیم صاعقه بوجود می آید. دو-حوادثی که به سبب اثرات غیر مستقیم صاعقه بوجود می آید. وقتی به یک سازه یا یک ناحیه مشخص صاعقه اصابت می کند می تواند سبب خسارات قابل توجهی که معمولا با آتش همراه است شود . صاعقه گیر دارای دو نوع فعال و غیر فعال است که نوع غیر فعال آن که همان میلهٔ برق گیر یا میله مسی با نوک تیز است که معمولا بر روی دکل ها نصب می گردد و فقط توانایی محافظت از دکل و تجهیزات روی آن را دارد و شعاع پوششی آن بسیار کم در حد چند متر است. قیمت آن ارزان و نصب آن به راحتی صورت می پذیرد. اما صاعقه گیر فعال با ایجاد یون و پراکنده کردن آن در اطراف خود یک محافظ مغناطیسی بر روی مکان مورد نظر ایجاد کرده و هنگامی که رعد و برق با آن منطقه برخورد کرده ولتاژ را دریافت کرده و به زمین انتقال می دهد. قیمت آن چندین برابر میله برق گیر است و با توجه به ارتفاع و شعاع تحت پوشش(چند ده متر) و همچنین زمان آغاز به کار(میکرو ثانیه) قیمت آن تغییر می کند و با توجه به مکان مورد نظر و پارامتر های درخواستی، محاسبات آن صورت پذیرفته و مطلوب ترین نوع آن انتخاب می گردد. بین مسیر(بر روی سیم ارت) یک شمارنده صاعقه Impulse Counterمی توان قرار داد تا تعداد دفعاتی که صاعقه گیر فعال شده و از مکان مورد نظر محافظت کرده است را بدست آورد.

انواع صاعقه گیر:

- **صاعقه گیر میله ای، صاعقه گیر فرانکلین یا پسیو (غیرفعال)** : اولین بار توسط بنیامین فرانکلین ابداع شد. همانطور که از اسم آن پیداست یک میله فلزی معمولا از جنس مس است که در بلند ترین نقطه ساختمان یا دکل نصب می شود
- **صاعقه گیر الکترونیکی، خازنی و یا اکتیو (فعال)** : درست قبل از حدوث صاعقه بطور طبیعی محتوای الکتریکی اتمسفر بطور ناگهانی افزایش می یابد. این تغیر وضعیت توسط واحد جرقه زن حس و کنترل می شود. صاعقه گیرهای الکترونیکی انرژی موجود در هوای متلاطم پیش از طوفان را (حدود چندین هزار ولت بر متر) جذب و در واحدهای جرقه زن ذخیره می نماید و در نهایت واحد

جرقه زن با تخلیه بار الکتریکی خازنها بین الکترودهای فوقانی و الکترود مرکزی اش هوای اطراف را یونیزه می نماید. سیستم انتقال جریان معمولا از یک هادی فلزی قوی مثل سیم مسی خشک با درصد خلوص بالا استفاده می شود . نکته حائز اهمیت در انتقال جریان صاعقه ایزوله بودن مسیر هادی تا سیستم زمین است

برقگیر میله ای ساده



برقگیر الکترونیکی

چاه ارت

چاه ارت قسمتی از سیستم ارتینگ می باشد که به منظور تخلیه فوری جریان الکتریکی ناخواسته به زمین ایجاد می گردد. این چاه با حفر یک چاه ایجاد شده و با قرار دادن صفحه مسی داخل آن و پر کردن با مواد مخصوص پر می شود.

واحد اندازه گیری چاه ارت مقاومت چاه یا اهم می باشد. این عدد برای ساختمان مسکونی زیر ۵ اهم و برای اتاق سرور و اماکن حساس زیر ۲ اهم می باشد.

انواع خاک و میزان مقاومت آن به اهم

- خاک بکساورزی ۵ الی ۵۰
- خاک رسی ۲۴ الی ۴۰
- خاک مخلوط رسی و ماسه‌ای و شنی ۲۵ الی ۴۰
- شن و ماسه ۶۰ الی ۱۰۰
- سنگلاخ و سنگی ۲۰۰ الی ۱۰۰۰۰

روشهای اجرای ارت یا زمین حفاظتی :

بطور کلی جهت اجرای ارت و سیستم حفاظتی دو روش کلی وجود :

۱) **زمین عمقی** : در این روش که یک روش معمول می باشد از چاه برای اجرای ارت استفاده می شود.
۲) **زمین سطحی:** در این روش سیستم ارت در سطح زمین (برای مناطقی که امکان حفاری عمیق در آنها وجود ندارد) و یا در عمق حدود ۸۰ سانتیمتر اجرا می گردد. با توجه به مزایای روش سطحی اجرای ارت به این روش ارجحیت دارد .

در مکانهایی که مشخصات زیر را داشته باشند از روش سطحی استفاده می گردد

- فضای لازم و امکان حفاری در اطراف سایت وجود داشته باشد .
- ارتفاع از سطح دریا پائین باشد مانند شهرهای شمالی و جنوبی کشور .
- پستی و بلندی محوطه سایت کم باشد .
- فاصله بین دکل و سایت زیاد باشد .

اجرای ارت به روش عمقی :

الف ـ **انتخاب محل چاه ارت** : چاه ارت را باید در جاهایی که پایین‌ترین سطح را داشته و احتمال دسترسی به رطوبت حتی‌الامکان در عمق کمتری وجود داشته باشد و یا در نقاطی که بیشتر در معرض رطوبت و آب قرار دارند مانند زمینهای چمن ، باغچه‌ها و فضاهای سبز حفر نمود.

ب- عمق چاه : با توجه به مقاومت مخصوص زمین ، عمق چاه از حداقل ۴ متر تا ۸ متر و قطرآن حدودا ۸۰ سانتیمتر می تواند باشد. در زمین هایی که با توجه به نوع خاک دارای مقاومت مخصوص کمتری هستند مانند خاکهای کشاورزی و رسی عمق مورد نیاز برای حفاری کمتر بوده و در زمینهای شنی و سنگلاخی که دارای مقاومت مخصوص بالاتری هستند نیاز به حفر چاه با عمق بیشتر می باشد. برای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک از دستگاههای خاص استفاده می گردد. در صورتی که تا عمق ۴ متر به رطوبتنرسیدیم و احتمال بدهیم در عمق بیشتر از ۶ متر به رطوبت نخواهیم رسید نیازی نیست چاه را بیشتر از ۶ متر حفر کنیم . بطور کلی عمق ۶ مترو قطر حدود ۸۰ سانتیمتر برای حفر چاه پیشنهاد می گردد.

ج ــ مصالح مورد نیاز و مشخصات آن برای اجرای چاه ارت (روش عمقی) و Rod کوبی (روش سطحی).

۱) میله برقگیر: میله برقگیر به طول ۱/۵متر و قطر آن۱۶ میلیمتر وجنس آن مس خالص و نوک تیزباشد
۲) بست میله برقگیر به سیم ارت جهت اتصال میله برقگیر به سیم ارت در نقاطی که ارتفاع دکل حدودا ۲۰ متر باشد

۳) یوبولیت : جهت استغاده در میله برقگیر
۴) بست سیم به دکل : سیم نمره ۵۰ را به اندازه های لازم بریده و رشته رشته کرده جهت اتصال سیم ارت به دکل استفاده می نمائیم ۵ تسمه آلومینیومی یا مسی در اندازه ۳*۳۰*۱۰۰ میلیمتر عدد بکار گیری با یوبولیت جهت بستن میله برق گیر در دکل های مهاری
۵) سیم مسی نمره ۵۰ متر: ۷ رشته
۶) کابلشو نمره ۵۰ :جهت اتصال سیستم ارت به شینه داخل سایت و یا اتصال پای دکلهای مهاری و خود ایستا به سیستم ارت
۷) لوله پلی اتیلن ۱۰ اتمسفر برای ایجاد پوشش عایق روی سیم مسی در محوطه و محل تردد
۸) بست لوله پلی اتیلن همراه پیچ و رولپلاک جهت اتصال لوله پلی اتیلن به دیوار
۹) پودر انفجاری cadweld جهت جوش دادن سیم به صفحه یا سیم به میله ROD یا اتصال سیمها به یکدیگردر نقاطی که دسترسی به جوش نقره یا جوش برنج وجودندارد .
۱۰)شینه مسی به ابعاد ۳*۳۰*۲۵۰ میلیمتربرای نصب در داخل سایت و اتصال دستگاهها به آن
۱۱)صفحه مسی ۵.*۵۰*۵۰ مورد استفاده در روش عمقی[1]
۱۲)مقره همراه پیچ و رولپلاک جهت اتصال شینه مسی به دیوار
۱۳)پیچ و مهره نمره ۸ با واشر فنری و تخت جهت استفاده شینه مسی –پلیت-شینه پای دکل و ...
۱۴)بست سیم به صفحه مسی به منظورمحکم کردن اتصال سیم روی صفحه مسی
۱۵)بست دو سیم نمره ۵۰ جهت اتصال دو سیم نمره ۵۰ روی زمین
۱۶)پلیت مخصوص اتصال میله برقگیر به دکل برای دکل های خود ایستای ۶۰متری استفاده می گردد.
۱۷)شینه مسی مخصوص پای دکل ۳*۳۰*۱۰۰برای وصل نمودن پای دکل های خود ایستای ۶۰متری به سیستم ارت
۱۸)میله ROD در روش سطحی استفاده می گردد.
۱۹)بست مربوط به سیم مسی و میله ROD برای اتصال سیم به میله برقگیر یاROD
۲۰)کرپی ابروئی همراه پیچ و مهره برای بستن میله برقگیر به دکل های ۱۰۰ فوتی و دکل های خود ایستای لوله ای
۲۱)بنتونیت اکتیو کیلو برای روش عمقی و سطحی
۲۲)بست میله برقگیر به پلیت جهت اتصال میله برقگیر به پلیت در دکلهای خود ایستای۶۰متری

د – اتصال سیم به صفحه مسی : اتصال سیم به صفحه مسی بسیار مهم می باشد و هرگز و در هیچ شرایطی نباید این اتصال تنها با استفاده از بست ، دوختن سیم به صفحه و یا ... برقرار گردد.بلکه حتما باید

[1] صفحه مسی به ابعاد ۵/.*۴۰*۴۰ سانتیمتر برای مناطق شمالی کشور و ۰/۵*۵۰*۵۰ سانتیمتر برای مناطق نیمه خشک مانند تهران و ۰/۵*۷۰*۷۰ سانتیمتر برای مناطق کویری استفاده شده و محصول کارخانه مس شهید باهنر باشد . از صفحه مسی با ضخامت ۳ یا ۴ میلیمتر نیز می توان استفاده نمود.

سیم به صفحه جوش داده شود و برای استحکام بیشتر با استفاده از ۲ عدد بست سیم به صفحه (ردیف ۱۵ جدول مصالح مورد نیاز)بسته شده و محکم گردد.برای جوش دادن قطعات مسی به یکدیگر از جوش برنج یا نقره استفاده شود و در صورت عدم دسترسی به این نوع جوش از جوش (Cadweld) استفاده گردد .

ه – حفر چاه ارت : با توجه به شرایط جغرافیایی منطقه چاهی با عمق مناسب و در مکان مناسب (با توجه با راهنمای انتخاب محل چاه ارت) حفر گردد. شیاری به عمق ۶۰سانتیمتر از چاه تا پای دکل برای مسیر سیم چاه ارت تا برقگیر روی دکل همچنین برای سیم ارت داخل ساختمان حفر نمائید. در صورتی که مسیر ۲ سیم مشترک باشد بهتر است مسیر دو سیم ایزوله گردند. همینطور مسیر سیمها باید کوتاهترین مسیر بوده و سیم میله برقگیر و ارت حتی الامکان مستقیم و بدون پیچ و خم باشد و نبایستی خمهای تند داشته باشد و در صورت نیاز به خم زدن سیم در طول بیش از ۵۰ سانتیمتر انجام گردد.

و – پر نمودن چاه ارت :

۱) ابتدا حدود ۲۰ لیتر محلول آب و نمک تهیه و کف چاه میریزیم بطوریکه تمام کف چاه را در برگیرد بعد از ۲۴ ساعت مراحل زیر را انجام می دهیم .
۲) به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از ته چاه را با خاک رس و یا خاک نرم پر مینمائیم.
۳) به مقدار لازم (حدود ۴۵۰کیلو گرم معادل ۱۵ کیسه ۳۰ کیلو گرمی)بنتونیت را با آب مخلوط کرده و بصورت دوغاب در میاوریم و مخلوط حاصل را به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از کف چاه میریزیم هر چه مخلوط حاصل غلیظ تر باشد کیفیت کار بهتر خواهد بود.
۴) صفحه مسی را به ۲ سیم مسی نمره ۵۰ جوش میدهیم این سیمها یکی به میله برقگیر روی دکل و دیگری به شینه داخل ساختمان خواهد رفت بنابراین طول سیم ها را متناسب با طول مسیر انتخاب می نمائیم.
۵) صفحه مسی را بطور عمودی در مرکز چاه قرار می دهیم
۶) اطراف صفحه مسی را با دوغاب تهیه شده تا بالای صفحه پر می نمائیم
۷) لوله پلیکای سوراخ شده را بطور مورب در مرکز چاه و در بالای صفحه مسی قرار می دهیم و داخل لوله پلیکا را شن میریزیم تا ۵۰ سانتیمتر از انتهای لوله پر شود این لوله برای تامین رطوبت ته چاه می باشد و در فصول گرم سال تزریق آب از این لوله بیشتر انجام گردد. لازم بذکر است در مواردی که چاه ارت در باغچه حفر شده باشد و یا ته چاه به رطوبت رسیده باشد و یا کلا در جاهایی که رطوبت ته چاه از بالای چاه یا از پایین چاه تامین گردد نیازی به قراردادن لوله نمی باشد .
۸) بعد از قراردادن لوله پلیکا به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از بالای صفحه مسی را با دوغاب آماد شده پر مینمائیم.
۹) الباقی چاه را هم تا ۱۰ سانتیمتر بر سر چاه مانده ، با خاک معمولی همراه با ماسه یا خاک سرند شده کشاورزی پر می نمائیم و ۱۰ سانتیمتر از چاه رابرای نفوذ آب باران و آبهای سطحی به داخل چاه با

شن و سنگریزه پر می نمائیم . روئ چاه مخصوصا در مواقعی که از لوله پولیکا استفاده نمی گردد نباید آسفالت شده و یا با سیمان پر گردد.

۱۰)داخل شیار های حفاری شده را با خاک سرند شده کشاورزی یا خاک نرم معمولی و یا خاک معمولی مخلوط با بنتونیت پر نمائید

نصب شینه و میله برقگیرشینه داخل ساختمان باید توسط مقره هایی از دیوار ساختمان ایزوله گردد.قطر و طول شینه بستگی به تعداد انشعابات داخل ساختمان دارد .(تمامی تجهیزات داخل ساختمان بایستی بطور جداگانه و موازی به این شینه متصل گردد.)در حالتیکه دکل روی ساختمان قرار داشته باشد سیم میله برقگیر نبایستی از داخل ساختمان برده شود بلکه باید خارج از ساختمان سیم کشیده شود و همینطور مسیر عبوری سیم ارت به داخل ساختمان تا شینه ورودی ساختمان باید عایق دار باشد.در پای دکل توسط بست ، سیم میله برقگیر به یکی از پایه های دکل خیلی محکم متصل شود و تا بالای دکل به میله برقگیر متصل گردد. لازم بذکر است مسیر میله برقگیر از کابلهایی که به آنتنها می روند باید جدا باشد .

اجرای ارت به روش سطحی

هفت روش برای اجرای زمین سطحی وجود دارد که عبارتند از :

۱) RING
۲) ROD
۳) پنجه ای (شعاعی)
۴) مختلط
۵) حلزونی
۶) الکتروشیمیایی
۷) شبکه ای

اجرای ارت به روش ROD کوبی مصالح مورد نیاز همانند روش عمقی می باشد با این تفاوت که به جای صفحه مسی از میله های مغز فولادی ۱/۵ متری و با قطر ۱۴ میلیمتر و با روکش مس استفاده می نمائیم.

روش اجرا

کانالی به عمق ۸۰ سانتیمتر و عرض ۴۵ سانتیمتر و طول X حفر می نمائیم طول کانال را به دو روش میتوان تعیین نمود.

- اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک و انجام محاسبات لازم
- به روش تجربی

چنانچه سایت دارای دکل خود ایستا می باشد برای حفر کانال از فاصله بین اتاق تجهیزات و دکل و همچنین اطراف دکل استفاده شود .

چنانچه دکل روی ساختمان قرارداشته حفاری با در نظر گرفتن اتاق دستگاه و دکل در مسیری که زمین رطوبت بیشتری دارد انجام گیرد.

پس از آماده شدن کانال ۲ میله به فاصله ۳متر از یکدیگر در زمین میکوبیم به گونه ای که حدود ۱۵ سانتیمتر از میله ها بیرون بمانند سپس ۲میله را با کابل مسی یا کابل برق به هم وصل نموده و با دستگاه ارت سنج مقاومت زمین ایجاد شده را اندازه میگیریم ، چنانچه مقاومت نشان داده شده با دستگاه بالای ۴ اهم بود میله دیگری به فاصله ۳ متر از میله دوم میکوبیم و با اتصال ۳ میله به هم مقاومت زمین ایجاد شده را اندازه گیری می نمائیم . اینکار را تا زمانی که مقاومت اندازه گیری شده به زیر ۴ اهم برسد ادامه می دهیم بعد از آنکه به تعداد کافی میله کوبیده شد سیمی را که به شینه مسی نصب شده در اتاق دستگاه متصل است به تک تک میله ها جوش داده و به سمت دکل میبریم.

برای پر نمودن کانال ابتدا با بنتونیت روی سیم مسی را پوشانده (در زمینهایی که رطوبت کافی ندارند) و سپس با خاک سرند شده کشاورزی یا خاک نرم کانال را پر می نمائیم.

مقاومت زمین اجرا شده را اندازه گیری نموده و ثبت مینمائیم (بعد ازپر کردن کانال مقاومت زمین اندازه گیری شده کاهش خواهد داشت و باید کمتر از ۳ اهم باشد.)

در مناطق سردسیر عمق کانال حفاری شده و بطور کلی مسیر عبور کابل مسی خیلی مهم می باشد و نباید در معرض یخبندان قرار گیرد

سایر روش ها:

روش های دیگر در مناطق کوهستانی و سنگلاخی و مکانهای خاص کاربرد دارد که بنا به مورد با بازدید از محل و اندازه گیریهای لازم میتواند طرح مناسب تهیه گردد.

اجرای ارت در ارتفاعات ارتفاعات کشور را با توجه به نوع زمین و خاک میتوان به سه دسته تقسیم کرد.

۱) ارتفاعات خاکی که امکان حفاری و کوبیدن میله مغز فولادی در آنها وجود دارد.
۲) ارتفاعات سنگلاخی که امکان حفاری عمیق در آنها وجود ندارد ولی میتوان شیار ایجاد کرد.
۳) ارتفاعات صخره ای برای حالت اول : به یکی از روش های حفر چاه یا کوبیدن ROD میتوان سیستم ارت را اجرا نمود در حالت دوم شیارهایی بصورت ستاره و پنجه ای ایجاد نموده و تسمه مسی را در داخل شیار ها خوابانده و برای کاهش مقاومت روی تسمه را با مخلوط خاک و بنتونیت می پوشانیم .نکته : کلیه اتصالات در زیر خاک باید به یکدیگر جوش داده شود .

روش اول : در زمینهای صخره ای که امکان حفاری وجود ندارد با مصالح ساختمانی کانال ساخته، تسمه مسی را در کف کانال خوابانده و کانال را با بنتونیت پر می نمائیم . طول کانال یا کانالها باید به اندازه ای باشد که مقاومت اندازه گیری شده زیر ۳ اهم گردد. برای گرفتن نتیجه مطلوب میبایستی داخل کانال بصورت مصنوعی دائما مرطوب نگهداشته شود.

روش دوم: روش شبکه ای است بدین صورت که ابتدا شبکه شطرنجی با سیم مسی به طول x+۳ و عرض y+۳ بطوریکه نقاط اتصال به هم جوش داده شده درست کرده سپس با مصالح ساختمانی آنرا در زمین با بنتونیت به ارتفاع cm۴۰ بطوریکه ابتدا cm۲۰ بنتونیت ریخته سپس شبکه ساخته شده را قرار داده و روی آنرا هم تا cm۲۰ با بنتونیت می پوشانیم و انشعابهای لازم جهت دکل و سایت ونقاط دیگر از آن گرفته میشود متغییر های x و y به میزان مقاومت خوانده شده بستگی دارد .

- کلیه اتصالات با مفتول برنج یا نقره جوشکاری گردد.سطح جوش باید CM 6 باشدو جهت اتصالات وجوشکاری رعایت گردد(در مواردی کدولد توصیه میشود).
- ازهرپایه دکلهای خودایستا هم فونداسیون دکل توسط سیم مسی و بست مخصوص به سیستم ارت و هم پای دکل به سیستم ارت جوشکاری گردد.
- سیم میله برقگیر ازپایه ای که آنتنهای کمتری نصب می شود و با کابلهای روی لدر حداکثرفاصله را داشته باشد،بدون خمش درمسیر ومستقیما به رینگ داخل کانال و از کوتاهترین مسیر توسط جوش متصل گردد.
- میله برقگیر روی دکل در بالاترین نقطه دکل(با رعایت مخروط حفاظتی با زاویه ۴۵ درجه) بطوریکه تجهیزات راکاملا پوشش دهد،قرارگیرد و جنس آن تمام مس با آلیاژ استاندارد به قطر16 mm و طول آن بستگی به ارتفاع نصب انتنهای روی دکل دارد.
- شعاع خم سیم مسی حداقل CM20 وزاویه قوس حداقل ۶۰ درجه رعایت گردد(رعایت زاویه خمش سیم مسی)
- پایه‌ها و نقاط ابتداوانتهای لدر افقی به سیستم گراند متصل گردد.
- کلیه کابلهای ورودی به سالن دستگاه توسط بست گراند به بدنه دکل و ابتدای لدر افقی(بعد از محل خم شدن کابل)گراند شوند.
- به هیچ عنوان در روی دکل،جوشکاری صورت نگیرد.
- اتصال از شبکه گراند سیستم اجرا شده به تانکر سوخت دیزل ژنراتور، تانکر آب هوایی ، اسکلت فلزی ساختمان و در و پنجره های اتاق دستگاه صورت گیرد.
- اگر سیستمی‌ازقبل‌اجرا شده باشد،سیستم قدیم به‌جدید در عمق‌خاک متصل گردند.
- سیم‌ارت درروی زمین باید باروکش‌وسیم‌داخل‌کانالها باید بدون روکش و مستقیم کشیده شود.
- پرکردن کانال باید با خاک سرند شده کشاورزی یا خاک نرم انجام گردد.

- ارتفاع نصب شینه مسی 50 CM ازکف تمام شده باشد.
- شینه داخل اتاق حدالمقدور به چیدمان دستگاهها نزدیک باشد.
- ازهر دستگاهی جداگانه سیم ارتی به شینه متصل گردد (قطر و طول شینه گراند بستگی به تعداد انشعابات آن دارد).
- در دکلهای مهاری پر ظرفیت ، مهارهای دکل بایستی توسط بست مخصوص به گراند اتصال یابد.
- جهت استفاده ترانس برق شهر در ایستگاههای مخابرات بایستی گراند جداگانه اجرا گردد.
- در سایتهای کامپوتری جهت اجرای سیستم زمین حتی المقدور بایستی از یک زمین با سطح یکنواخت (بدون شیب) استفاده نمود.
- در ایستگاهها بین نول و گراند نبایستی اختلاف ولتاژ وجود داشته باشد.
- در دکلهای پر ظرفیت که ابعاد قسمت بالای دکل بیشتر از 2 m می‌باشد نیاز به نصب یک عدد برقگیر اضافی در سمت مقابل برقگیر اول می‌باشد.
- در سیم‌کشی داخل محوطه سایت های کامپوتری برای چراغهای روشنایی و سایر موارد باید از کابل زمینی استفاده گردد و در ایستگاههای بالای کوه و نقاط دور از شهر نباید از چراغهای روشنایی خیابانی استفاده شود.
- استاندارد قابل قبول آزمایش و تحویل اتصال زمین برای سایتهای کوچکزیر ۱۰ اهم و برای سایت های بزرگ و مهم زیر ۳ اهم می‌باشد

نکات مهم درانتخاب محل و تجهیزات ارتینگ

یخ‌زدگی و خشکی خاک

هدایت الکتریسیته در فلزات ناشی از جابه‌جایی الکترون‌هاست و در این کار هسته‌های اتم ها در جای خود می‌مانند و جابه‌جا نمی‌شوند. ولی در غیرفلزاتی مانند خاک، قضیه به شکل دیگری است؛ در این مواد هدایت الکتریسیته ماهیت شیمیایی داشته و از املاح یونیزه شده‌ی موجود در آن‌ها سرچشمه می‌گیرد. همچنین، عبور جریان توسط یون‌ها مستلزم حرکت و جابه‌جایی آن‌هاست. حال با توجه به این که یک یون، کل اتم را شامل می‌شود و اتم‌های مواد جامد قادر به جابه‌جایی نیستند، 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 می‌توانند عمل هدایت الکتریکی را انجام دهند. به همین دلیل، خاک‌های خشک یا یخ‌زده قادر به هدایت نبوده و مقاومت بسیار زیادی از خود نشان می‌دهند. بر همین اساس، هنگام تعیین عمق چاه، می‌باید به امکان یخ زدن سطح خاک در زمستان و خشک شدن آن در تابستان توجه کرد و با در نظر گرفتن آب و هوای منطقه، عمق مؤثر چاه را از سطحی که امکان یخ زدن و خشک شدن ندارد، به پایین در نظر گرفت. این

موضوع به ویژه در اتصال زمین‌های افقی (شبکه‌ها یا مش‌های ارت که در عمق کمی اجرا می‌شوند) درخور توجه است .

فشردگی خاک

خاک از دانه‌هایی با اندازه‌های مختلف تشکیل شده است که این دانه‌ها در خاک‌های دست نخورده، معمولاً به همدیگر فشرده شده و توده‌ای متراکم را به وجود می‌آورند. در این توده‌های متراکم، دانه‌های خاک در همدیگر فرو رفته و فضای تهی قابل توجهی میان خودشان باقی نمی‌گذارند. بنابراین، سطح تماس بین دانه‌ها زیاد بوده و در نتیجه مقاومت الکتریکی کمی ایجاد می‌شود، در حالی که در خاک‌های دستی و نامتراکم، فضاهای خالی زیاد بین دانه‌های خاک، سطح تماس کمی ایجاد می‌کند و به همین دلیل مقاومت الکتریکی زیادی پدید می‌آید. نکته‌ی دیگر این که هر چه دانه‌های خاک درشت‌تر باشند، فاصله‌های خالی بیش‌تری بین آن‌ها به وجود آمده و مقاومت الکتریکی را افزایش می‌دهد.

اکنون نکته‌ی بسیار مهم دیگری را مورد توجه قرار می‌دهیم و آن این که اثر مقاومت ویژه‌ی خاک‌های نزدیک و اطراف الکترود ارت در مقاومت چاه، بسیار بیش‌تر از اثر خاک‌های دور از آن است. توجه به این دو مطلب مهم نشان می‌دهد که اجرای چاه ارت در زمین دست نخورده اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد و در صورت دستی بودن خاک‌های سطحی، چاره آن است که نخست آن قدر پایین برویم تا به زمین دست نخورده برسیم و آنگاه کندن چاه را در زمین دست نخورده، به اندازه‌ی کافی ادامه دهیم. بدیهی است که تنها آن بخش از چاه که در خاک دست نخورده قرار دارد، ارزشمند و مؤثر بوده و عمق مؤثر چاه نیز برابر ارتفاع همان بخش است دقیقاً به همین دلیل است که در هنگام اجرای چاه ارت باید الکترولیت اطراف الکترود را به خوبی کوبیده و متراکم نمود. زیرا این کار در کاهش مقاومت چاه، اثر فراوان دارد. با توجه به این که سیم متصل به الکترود ارت (که تا سطح خاک بالا می‌آید) نیز مانند یک الکترود میله‌ای عمل نموده و در کاهش مقاومت کلی چاه مؤثر است، کوبیدن خاک‌های لایه‌های بالاتر از الکترود (اطراف سیم ارت) نیز می‌تواند در کاهش مقاومت چاه مؤثر باشد و هر چه آن‌ها را بیش‌تر کوبیده و متراکم کنیم، نتیجه‌ی بهتری حاصل می‌شود.

در این جا برخی خواص ارزشمند خاک بنتونیت به عنوان الکترولیت مشخص می‌شود. دانه‌بندی این خاک فوق‌العاده ریز بوده، دارای خاصیت تورمی شدیدی است و در اثر تورم ناشی از آب‌گیری، تمامی خلل و فرج موجود میان دانه‌های خود را پُرکرده و به تمام سطوح پیراونی نیز فشرده می‌شود؛ و همین موضوع یکی از دلایل پایین بودن مقاومت الکتریکی چاه‌های بنتونیت ی است. از سوی دیگر، این توده‌ی متراکم نیاز به کوبیدن ندارد و در نتیجه اجرای آن آسان است و مقاومت حاصل از آن، بر خلاف الکترولیت‌هایی از قبیل ذغال و نمک، وابسته به چگونگی اجرا و دقت در کوبیدن الکترولیت نیست .

رطوبت و آب

هدایت الکتریسیته در خاک ماهیت شیمیایی داشته و از املاح حل شده در رطوبت خاک سرچشمه می‌گیرد. بنابراین، هرچه رطوبت بیش‌تری در خاک موجود باشد، املاح بیش‌تری در آن حل شده و جابه‌جایی یون‌ها نیز بهبود می‌یابد. بنابراین، میزان هدایت آن نیز افزایش می‌یابد، ولی برخلاف انتظار، آندسته از خاک‌های سطحی یا زیرزمینی که به طور دائم در معرض رطوبت فراوان قرار دارند (مانند بستر جوی‌ها و رودخانه‌ها) دارای هدایت کمی هستند. زیرا آب و رطوبت بسیار زیاد موجود در این خاک‌ها، به تدریج و به مرور زمان، املاح و حتی دانه‌های ریز این خاک‌ها را شسته و با خود به جاهای دیگر برده است در نتیجه هدایت آن‌ها به دلیل فقر املاح، اندک است. پس با افزایش رطوبت خاک، هدایت آن افزایش می‌یابد؛ ولی هنگامی که مقدار این رطوبت بسیار زیاد شود، میزان هدایت کاهش خواهد یافت. پیش از این گفته شد که اثر مقاومت ویژه‌ی خاک‌های نزدیک و اطراف الکترود ارت در مقاومت چاه، بسیار بیش‌تر از اثر خاک‌های دور از آن است. بنابراین، بهتر است چاه ارت را آن قدر بکنیم تا به خاک مرطوب که دارای مقاومت کمی‌ست، برسیم و سپس درون خاک مرطوب نیز تا اندازه‌ای حفاری را ادامه بدهیم. به این ترتیب، الکترود ارت در محاصره‌ی خاکی کم مقاومت قرار خواهد گرفت. به ویژه قابل توجه است که افزایش عمق چاه از یک سو 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 می‌شود. ولی هرگز نباید کار را تا رسیدن به سفره‌های آب زیرزمینی ادامه داد؛ زیرا همان گونه که گفته شد، این کار اثر معکوس دارد.

فاصله‌ی چاه‌ها از یکدیگر

معمولاً تعداد و فاصله‌ی چاه‌های ارت و محل احداث آن‌ها، با توجه به مقاومت موردنظر، از سوی طراح محاسبه و تعیین می‌شود، ولی به دلیل آن که فرمول‌های محاسبه‌ی مقاومت چاه ارت اصولاً با فرض همگن بودن خاک نوشته شده‌اند و در عمل با خاک‌ها و زمین‌های غیرهمگن مواجه‌ایم، و همچنین به علت وجود برخی موانع و دشواری‌های 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 حین اجرای طرح، به دلیل وجود موانع عملی از قبیل وجود صخره یا لاشه‌های بزرگ بتنی در محل طراحی شده، ناگزیر از تغییر محل آن شویم. از این رو، لازم است محل‌های جدیدی برای احداث چاه در نظر گرفته شود. به همین دلیل مهندس ناظر می‌باید به نکات حائز اهمیت در جانمایی چاه ارت مسلط باشد. یکی از نکات مهم در این کار، رعایت فاصله‌ی لازم میان چاه‌هاست. می‌دانیم که هر چاه ارت دارای محدوده‌ای در اطراف خود می‌باشد که در هنگام بروز خطا و جاری شدن جریان در الکترود ارت، دارای ولتاژ خواهد شد. این محدوده، حوزه‌ی مقاومت (Resistance Area) نامیده می‌شود. نکته‌ی مهم این است که دو چاه ارت تا حد ممکن از هم دور باشند و یا فاصله‌ی آن‌ها دست کم به اندازه‌ای باشد که حوزه‌های مقاومت آن‌ها هم‌پوشانی نداشته باشند.

رعایت نشدن این نکته مشکلات زیر را به وجود می‌آورد:

- در صورتی که دو چاه برای دو شبکه‌ی مستقل از هم به کار روند (مثلاً یکی برای ارت فشار ضعیف ترانسفورماتور و دیگری برای ارت فشار قوی آن)، هنگام بروز خطا در یکی از شبکه‌ها، ارت شبکه‌ی دیگر نیز برق‌دار خواهد شد و این موضوع می‌تواند بسیار خطرناک باشد.
- در صورتی که دو چاه به یکدیگر متصل شده و هر دو برای یک سامانه به کار روند، رعایت نشدن حداقل فاصله باعث می‌شود که پس از متصل کردن دو چاه به یکدیگر، کاهش مورد نظر در مقاومت کل به دست نیامده و مقاومت حاصل شده، بیش‌تر از حد انتظار شود.

ابعاد حوزه‌ی مقاومت بستگی به مقاومت ویژه‌ی خاک و عمق چاه دارد. هر چه مقاومت ویژه‌ی خاک بیش‌تر باشد و یا عمق چاه افزایش یابد، حوزه‌ی مقاومت بزرگ‌تر می‌شود. به طور کلی برای چاه‌هایی که به هم متصل شده و ارت واحدی را تشکیل می‌دهند، این فاصله نباید کم‌تر از ۶ متر باشد؛ و برای دو چاه که متعلق به دو سامانه‌ی مختلف می‌باشند، این فاصله نباید کم‌تر از ۲۰ متر یا دو برابر عمق چاه (هر کدام که بیش‌تر بود) بشود.

الکترود :

الکترود میله ای به دو دسته تقسیم می‌شود:

الف) الکترود میله‌ای نوع اول : این الکترود معمولاً یک میله‌ی فولادی نوک‌تیز است که بدنه‌ی آن گالوانیزه شده و یا آن را با لایه‌ای از مس (کاپر باند) پوشانده‌اند تا دوام آن در زیر خاک افزایش یافته و از پوسیده شدن سریع آن جلوگیری شود. برای نصب این الکترود نیازی به حفر چاه نیست و آن را در زمین دست نخورده به طور عمودی می‌کوبند. ساختار آن نیز برای کوبیدن طرح شده است. مغز فولادی آن سخت و محکم بوده و با وارد شدن ضربه، در خاک فرو می‌رود. انتهای سخت میله نیز قادر به تحمل ضربه‌های چکش است. گاهی نیز یک قطعه‌ی فولادی بسیار سخت را به انتهای میله متصل می‌کنند تا از تغییر فرم آن در اثر ضربه‌های چکش جلوگیری شود. نوک میله را نیز برای فرورفتن بهتر، تیز کرده‌اند و یا یک قطعه فولادی نوک تیز و سخت به سر آن متصل نموده‌اند.

طول این میله‌ها حدود۱/۵ تا ۳ متر است. میله‌های بلندتر ممکن است به هنگام کوبیده شدن در زمین‌های سخت، کج شوند. گاهی این میله‌ها را طوری می‌سازند که بتوان پس از کوبیدن یک میله، به کمک یک قطعه‌ی واسطه، میله‌ی دوم را به ته آن متصل کرد و کوبیدن را ادامه داد. سپس میله‌ی سوم را به همان روش به ته میله‌ی دوم متصل و این عمل را تکرار می‌کنند. به این ترتیب، با اتصال میله‌های متعدد می‌توان الکترود بلندتری به دست آورد و آن را بدون کج شدن تا عمق بیش‌تری در زمین فرو کرد. منتها این اشکال وجود

دارد که همین قطعات واسطه که ساختار آن‌ها شبیه پیچ و مهره است، اغلب تحمل ضربه‌های لازم برای فروکردن میله در زمین‌های بسیار سخت را ندارند و در اثر ضربه ممکن است لق شده و اتصال میان میله‌ها دچار اشکال شود. از این رو الکترود میله‌ای نوع اول بیش‌تر مناسب کوبیدن در خاک‌های نرم یا در زمین‌هایی‌ست که رطوبت در نزدیکی سطح آن قرار دارد. کوبیدن این الکترود در زمین‌های سخت، حتی در همان عمق کم نیز خالی از دردسر نیست.

مهمترین برتری این نوع الکترود، آسانی اجرا و ارزان بودن آن است. زیرا هزینه‌ی حفر چاه و خرید الکترولیت را ندارد و قیمت آن هم ارزان است؛ اما اساساً مقاومت بیش‌تری نسبت به الکترود صفحه‌ای دارد. از همین رو، برای حصول مقاومت کم باید چند عدد از آن‌ها را نصب و به همدیگر متصل کرد، که با توجه به لزوم رعایت فاصله‌ی مجاز میان الکترودها، به زمینی بزرگ نیاز است. بنابراین، به دست آوردن مقاومت کم در یک زمین کوچک به کمک این نوع الکترود، مشکل است. ضمن آن که افزایش بیش از حد تعداد الکترودها می‌تواند هزینه‌ی تهیه‌ی سیم و ترانشه‌کنی مورد نیاز برای ارتباط دادن آن‌ها و نیز هزینه‌ی اتصال سیم‌های ارتباطی به الکترودها را افزایش داده و مزیت اقتصادی استفاده از این نوع الکترود را از بین ببرد.

این میله‌ها در طول‌های از۱/۵ تا ۳ متر و قطرهای ۱۶، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر ساخته می‌شوند. قطر میله تأثیر چندانی در مقاومت ارت حاصل از آن ندارد و با افزایش قطر، صرفاً استحکام مکانیکی میله افزایش می‌یابد و می‌توان آن را برای زمین‌های سخت‌تر به کار بُرد.

این میله‌ها باید مشخصه‌های زیر را دارا باشند:

- ضخامت لایه‌ی گالوانیزه نباید کم‌تر از ۷۰ میکرون باشد. چون ایجاد لایه‌ای با قطر ۷۰ میکرون با روش گالوانیزاسیون سرد امکان‌پذیر نیست، حتماً باید از روش گالوانیزاسیون گرم استفاده شود.
- ضخامت میله‌ی فولادی نباید کم‌تر از ۱۶ میلی‌متر باشد
- سطح مقطع روکش مسی نباید کم‌تر از ۲۰ درصد سطح مقطع مغز فولادی باشد
- حداقل خلوص مس مورد استفاده برابر ۹/۹۹ درصد باشد
- لایه‌ی مسی باید به روش جوش مولکولی (آب‌کاری الکتریکی) روی بدنه‌ی میله قرار گیرد. در بازار اغلب میله‌های ارزان قیمتی به فروش می‌رسد که با فروکردن یک میله‌ی فولادی درون یک لوله‌ی مسی هم اندازه با آن ساخته شده‌اند.

این الکترودها دارای عیوب زیر می‌باشند و به کارگیری آن‌ها توصیه نمی‌شود.

۱. در اثر وجود فواصل ذره‌بینی میان روکش مسی و مغز فولادی، رطوبت و املاح خاک به این فواصل نفوذ کرده و پیل الکتریکی تشکیل می‌دهند که موجب خوردگی سریع میله می‌گردد.

۲. به علت یکپارچه نبودن روکش مسی و مغز فولادی آن، در موقع کوبیدن میله ممکن است روکش مسی جدا شده و همراه میله در خاک فرو نرود.

۳. هنگام ساخت این الکترودها، میله‌ی فولادی تا دمای زیادی داغ می‌شود و این موضوع می‌تواند بر روی خواص متالورژیک میله تأثیر گذاشته و از استحکام آن بکاهد و در نتیجه گاه شاهد کج شدن الکترود در هنگام کوبیدن آن خواهیم بود.

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

ب) الکترود میله‌ای نوع دوم : نوع دوم الکترود میله‌ای برای نصب در چاه‌های کنده شده با دستگاه حفاری به کار می‌رود. این نوع الکترود را در چاه قرار داده و اطرافش را با الکترولیتی مناسب (مثلاً دوغاب بنتونیت) پُر می‌کنند که در این حالت نیازی به میله‌ای محکم با مشخصات نوع اول نیست و به جای آن می‌توان از سیم یا تسمه‌ی مسی یا گالوانیزه و یا حتی از لوله‌ی گالوانیزه آب نیز استفاده کرد. (استفاده از این نوع الکترود در چاه‌های کنده شده با دست، به علت زیاد بودن عرض چاه و نیاز به مقدار زیاد الکترولیت توصیه نمی‌شود.) مهم‌ترین حُسن این روش آن است که بر خلاف روش نخست می‌توان با عمیق‌تر کردن چاه، الکترود را تا عمق دلخواه در زمین وارد کرد و مقاومت آن هم به دلیل عمق بیش‌تر و استفاده از الکترولیت، کم‌تر از روش نخست می‌باشد. در عوض، هزینه‌های حفر چاه و خرید الکترولیت به سایر هزینه‌ها افزوده می‌شود.

مشخصات مهمی که این الکترودها باید داشته باشند، عبارت‌اند از:

- حداقل ضخامت تسمه‌ی مسی ۲ میلی‌متر و حداقل سطح مقطع آن ۵۰ میلی‌متر مربع باشد.
- حداقل سطح مقطع سیم مسی چند مفتولی ۳۵ میلی‌متر مربع و حداقل قطر هر مفتول آن ۱/۸ میلی‌متر باشد.
- حداقل خلوص مس مورد استفاده برابر ۹/۹۹ درصد باشد
- حداقل ضخامت تسمه‌ی فولادی (گالوانیزه) ۳ میلی‌متر و حداقل سطح مقطع آن ۱۰۰ میلی متر مربع باشد.
- ضخامت لایه‌ی گالوانیزه نباید کم‌تر از ۷۰ میلی‌متر باشد. استفاده از گالوانیزاسیون گرم برای این نوع الکترود نیز اجباری‌ست.
- قطر لوله‌ی گالوانیزه نباید کمتر از یک اینچ باشد. دوباره تأکید می‌شود که رعایت نشدن نکات فوق، موجب پوسیدگی سریع و زودتر از موعد الکترود خواهد شد.

ج) الکترود صفحه‌ی مسی

این الکترود یک صفحه‌ی مسی مربع شکل است که در موقع نصب، آن را به طور عمودی در چاه قرار داده و در میان الکترولیت مناسبی دفن می‌کنند. 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 الکترولیت دارد. در عوض مقاومت کم‌تری ایجاد می‌کند و از این راه تعداد چاه مورد نیاز برای رسیدن به یک مقاومت معین را کاهش می‌دهد؛ که این خود، موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های حفر چاه و تأمین سیم‌های ارتباطی میان چاه‌ها و اتصال آن‌ها به الکترودها و ترانشه‌کنی‌های مورد نیاز می‌شود، از این رو، بسته به مشخصات زمین، در بعضی موارد اقتصادی‌تر از الکترودهای میله‌ای خواهد بود. از سوی دیگر، در زمین‌های کوچک که امکان حفر چاه‌های متعدد وجود ندارد و با توجه به این که مقاومت سامانه‌ی احداث شده نباید از حد معینی بیش‌تر باشد، ممکن است تنها راه احداث سامانه‌ی اتصال زمین، استفاده از این نوع الکترود باشد.

مشخصاتی که لازم است این الکترود داشته باشد:

- طول و عرض آن، حداقل 50×50cm باشد.
- قطر آن از ۲ میلی‌متر کمتر نباشد.
- خلوص مس مورد استفاده حداقل برابر ۹/۹۹ درصد باشد.

رعایت نشدن نکته‌ی ردیف ۱ موجب افزایش مقاومت چاه شده و بی‌توجهی به ردیف‌های ۲ و ۳ موجب پوسیدگی سریع و زودتر از موعد الکترود خواهد شد. متأسفانه در حال حاضر، صفحات مسی آلیاژی که مناسب استفاده در زیر خاک نمی‌باشند، به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین صفحات فولادی پوشیده شده با مس را فقط به شرطی می‌توان به جای صفحه‌ی مسی به کار بُرد که ضخامت لایه‌ی مس روی آن از حداقل‌های لازم، کمتر نباشد.

هادی یا سیم ارت

هادی‌های ارت را از نظر محل استفاده به دو دسته تقسیم می شود:

- هادی‌هایی که در زیر زمین و در تماس با خاک قرار می‌گیرند.
- هادی‌هایی که روی زمین قرار گرفته و با خاک تماس ندارند.

این طریقه‌ی دسته‌بندی 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 شبکه‌ی ارت که در زیر خاک قرار گرفته، معطوف نموده‌ایم، صرفاً به بررسی مسائل دسته‌ی اول می‌پردازیم: نخست این که هادی ارت در زیر خاک نیاز به روکش نداشته و لخت بودن آن موجب تماس بیش‌تر با خاک و کاهش مقاومت کلی

شبکه‌ی ارت می‌شود، و دیگر این که 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. مسأله‌ی خوردگی به ویژه در هنگام تشکیل پیل‌های گالوانیک بسیار جدی و خطرناک می‌شود. در این وضعیت، در اندک زمانی هادی ارت نابود خواهد شد.

هادی ارت می‌تواند به صورت سیم یا تسمه بوده و از جنس مس یا فولاد گالوانیزه ساخته شود. مشخصات ذکر شده در ردیف‌های ۱ تا ۵ الکترود میله‌ای نوع دوم در مورد این هادی‌ها نیز صدق می‌کند. بدیهی‌ست هادی و الکترود ارت می‌باید هم جنس باشند تا از تشکیل پیل و گالوانیک و خوردگی‌های ناشی از آن جلوگیری شود. شایان ذکر است که متأسفانه در حال حاضر سیم‌های مس آلیاژی که در اصل برای استفاده در خطوط هوایی برق ساخته شده‌اند، به جای سیم مسی خالص در چاه‌های ارت به کار بُرده می‌شوند که این عمل اشتباه، دوام هادی ارت را تحت تأثیر قرار داده و از عمر آن می‌کاهد.

روش‌های اجرا با انواع الکترودها

مقاومت ویژه‌ی خاک‌های اطراف و نزدیک الکترود نقش مهمی در تعیین مقاومت چاه بازی می‌کند از طرف دیگر خاک‌های دستی و نامتراکم 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 بپوشاند. 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.

شرح جزئیات اجرای صحیح چاه با استفاده از انواع الکترودها :

الف) کوبیدن الکترود میله‌ای نوع اول در سطح خاک

معمولاً خاک سطح زمین در فصول گرم سال، خشک و در زمستان یخ زده 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 (معمولاً 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 می‌کوبیم. به طوری که بخشی از طول الکترود بالاتر از کف چاه 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 به تدریج اضافه می‌کنیم. دانه‌های بنتونیت باید درون آب غرق شوند. ریختن آب و افزودن بنتونیت آن قدر ادامه می‌یابد که الکترود کاملاً با دوغاب بنتونیت پوشیده شود. مابقی چاه با خاک سرندشده 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 کوبید، بلکه آن را در یک چاه کنده شده با دستگاه حفاری قرار می‌دهند و اطراف آن را با الکترولیتی 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 تناوب، آن قدر ادامه می‌یابد 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.

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 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 حدِ 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 الکترولیت و در نتیجه ترک خوردن توده‌ی بنتونیت و سرانجام افزایش مقاومت چاه خواهیم بود. این موضوع کلی‌ست 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 فرصت می‌توانیم صفحه‌ی مسی را به سیم ارت متصل کنیم. اکنون صفحه‌ی 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 فرصت داده شده آن قدر سفت شده باشد که صفحه‌ی مسی در آن فرو نرود. به هر حال، اگر به علت شُل بودن مخلوط ریخته شده و علی رغم 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 می‌یابد 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.

ه) 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 فرصت می‌توانیم صفحه‌ی مسی را به سیم ارت متصل کنیم. مهم است که لایه‌ی بنتونیت در فرصت داده شده آن قدر سفت شده باشد که صفحه‌ی 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 صفحه‌ی 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 الکترولیت 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 تسمه 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 الکترولیت‌های ناخورنده مانند بنتونیت، عمر اتصال افزایش می‌یابد، برای تضمین عمر طولانی چاه لازم است این اتصال نیز مورد توجه قرار گیرد.

روش‌های به کار رفته برای اجرای آن عبارت‌اند از:

- جوش انفجاری

- کابلشو
- انواع کلمپ Clamp (بست)

عمر اتصالاتی که با کلمپ و یا کابلشو اجرا می‌شوند، نسبتاً کوتاه است. زیرا رطوبت موجود در خاک که دارای املاح زیادی‌ست، 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 انفجاری 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 جوش‌کاری ریخته می‌شود. با این کار لایه‌ی سطحی قطعات مذکور ذوب شده و با مس مذاب ریخته شده، توده‌ای یکپارچه را تشکیل می‌دهد.

جوش انفجاری یاCad Weld

جوش انفجاری یا کدولد نوع خاصی از جوش‌کاریست 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 جوش‌کاری 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 جوش‌کاری. بی‌نیازی از 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 نفوذناپذیری نسبت به رطوبت می‌شود که این خود پایداری بلندمدت در مقابل خوردگی را تضمین می‌کند. همچنین، در این جوش به دلیل ایجاد سطح تماس زیاد و کیفیت خوب آن، انتقال مطلوب جریان‌های اتصال کوتاه به آسانی امکان‌پذیر می‌گردد. ضمن این که این جوش اثر منفی قابل توجهی روی خواص متالوژیک قطعات مورد اتصال ندارد. نکته‌ی دیگر این که اجرای ارت اغلب در مراحل ابتدایی احداث ساختمان‌ها یا عرصه‌های صنعتی انجام می‌شود و معمولاً در این مراحل دسترسی به برق مشکل است. بنابراین، از این نظر نیز جوش انفجاری برتری دارد.

به کمک این نوع جوش می‌توان اتصالات متنوعی پدید آورد و قطعات مسی مانند سیم، تسمه، میله و صفحه‌ی مسی را به یکدیگر جوش داد. حتی می‌توان قطعات مس و فولاد ساده یا گالوانیزه را نیز به یکدیگر متصل کرد.

برای مثال، برای اجرای هم‌بندی شبکه‌ی آرماتور و سامانه‌ی ارت می‌توان آرماتور را با استفاده از جوش انفجاری به سیم مسی متصل کرد. البته شایان توجه است که انجام هر نوع عملیات بر روی شبکه‌ی آرماتور ساختمان می‌باید با اطلاع و اجازه‌ی مهندسان ناظر و طراح سازه انجام پذیرد. در مجموع، ویژگی‌های این نوع جوش برای سیستم‌های ارتینگ بسیار عالی‌ست. این روش یکی از بهترین راه‌های اتصال سیم به الکترود ارت است. اضافه می‌شود که به این نوع جوش نام‌های دیگری از قبیل جوش احتراقی، exothermicو thermit نیز اطلاق می‌شود.

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 می‌شود. قالب‌های کدولد دارای شکل‌های مختلف و متنوعی هستند و شکل آن‌ها به نوع قطعاتی که باید جوش‌کاری شوند، بستگی دارد. همچنین مقدار پودر جوش نیز بستگی به نوع اتصال و ابعاد قطعات مورد جوش‌کاری دارد. برای انتخاب شکل قالب و مقدار پودر جوش و اندازه‌ی پولک، باید به کاتالوگ‌های سازندگان مراجعه کرد.

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.

فصل 7 : حفاظت

برای پوشش دهی دکل به جهت حفاظت در مقابل رطوبت و اکسیداسیون که منجر به ضعف و تخریب سازه می شود می توان از پوشش های مختلفی از جمله آبکاری گالوانیزه گرم ، رنگ اپوکسی و رنگ های پایه نفتی استفاده کرد ، که معمولا برای کیفیت بیشتر پوشش ابتدا اجزای سازه را جداگانه آبکاری گالوانیزه گرم نموده وپس از آن سازه مونتاژ شده و در محل مورد نظر نصب و پس از آن با رنگ اپوکسی رنگ آمیزی می شود.

خوردگی:

تغییراتی را که فلزات در نتیجه واکنشها ی شیمیایی یا الکتروشیمیایی سطحی با محیط اطراف ایجاد می کنند باعث تخریب تدریجی قطعات می شود که خوردگی نامیده می شود .که این تخریب بر اثر فعل و انفعالات خوردگی از جمله عواملی مانند: درجه حرارت، غلظت محیط، رطوبت، آب و هوا و دما بوجود می آید.

انواع خوردگی:

خوردگی را می توان به روشهای مختلف طبقه بندی نمود اساس طبقه بندی به ظاهر و شکل خورده شده می باشد که بدین طریق صرفاً با مشاهده فلز خورده شده می توان نوع خوردگی را مشخص کرد. برای تشخیص نوع خوردگی در اکثر موارد چشم غیر مسلح کافی است لکن گاهی اوقات بزرگنمایی مفید و یا ضروری است . دربین انواع خوردگی می توان ۸ نوع منحصر بفرد پیدا نمود که کم و بیش وجه تشابهی دارند که عبارتند از :

۱) خوردگی یکنواخت یا سر تاسری
۲) خوردگی گالوانیک یا دو فلزی
۳) خوردگی شیاری
۴) حفره دار شدن
۵) خوردگی بین دانه ای
۶) جدایش انتخابی
۷) خوردگی سایشی
۸) خوردگی توام با تنش

[۱] این طبقه بندی اختیاریست و ممکن است صد در صد کامل نباشد لیکن با انواع مشکلات و انهدامهای ناشی از خوردگی را شامل می شود

روش های حفاظت از خوردگی:

برای حفاظت از خوردگی نسبت به نوع آن می توان از روشهای مختلفی استفاده نمود . معمولاً ازنظر اقتصادی مهمترین عامل تعیین کننده انتخاب روش درست است .برای کنترل سرعت خوردگی و حفاظت از آن نکات اساسی زیر باید همواره مورد توجه قرارگیرد:

الف) انتخاب مواد

۱) فلزات و آلیاژ
۲) خالص کردن فلز
۳) غیر فلزات
۴) تغییر محیط خورنده
۵) کاربرد ممانعت کننده

ب) طراحی

۱) ضخامت دیواره
۲) قوانین طراحی

ج) حفاظت کاتدی و آندی

۱) حفاظت کاتدی
۲) حفاظت آندی

د) پوشش ها:

۱) پوششهای فلزی و پوششهای غیر آلی دیگر
۲) پوششهای آلی
۳) استانداردهای کنترل خوردگی
۴) آنالیز شکست

گالوانیزه گرم

حفاظت پوشش روی از فلز در مقابل زنگ زدگی.

گالوانیزاسیون به روش غوطه وری گرم به زبان ساده یک پوشش است که در آهن یا فولادی که از نظر ترکیب و طراحی مناسب برای گالوانیزه است توسط فروبردن در وان مذاب روی تشکیل می گردد.

گالوانیزه به روش غوطه وری گرم نزدیک به ۱۵۰ سال است که کاربرد دارد. بیشتر رویی که در جهان تولید می‌شود جهت پوشش دهی مصرف می‌گردد. مهمترین علت مقاومت روی به تجزیه طبیعی، ماهیت مقاومت آن می‌باشد. در این روش قطعه مورد نظر در وان مذاب روی با دمای حدود ۴۶۰ درجه سانتی گراد غوطه ور می‌شود. پس از خارج شدن قطعه روی ابتدا با اکسژن و سپس با کربن واکنش داده و لایه‌ای مقاوم نسبت به زنگ زدگی را تولید می‌نماید. این عملیات فلز را نسبت به زنگ زدگی مقاوم می‌نماید

تاریخچه گالوانیزاسیون

گالوانیزاسیون قطعات و سازه‌های فلزی به منظور جلوگیری از خوردگی و مقاوت بیشتر در مقابل تأثیرات آب و هوایی انجام می‌شود پیشینه این دانش به سال‌های ۱۷۳۷ تا ۱۷۹۸ بر می‌گردد که یک دانشمند الیتالیایی در سال ۱۷۷۵ از دانشگاه BOLOGENS در مقام پروفسوری این دانشگاه در رشته کالبدشناسی به صورت اتفاقی دریافت که پای قورباغه مرده زمانی که یک تکه فلز آن را لمس می‌کند حرکت می‌کند او از این طریق دریافت که فلزات بر روی موجودات زنده اثر الکتروشیمیایی ایجاد می‌نمایند گالوانی نتایج کارهایش را در سال ۱۷۹۱ منتشر کرد پژوهش‌های او راه را برای اتخاذ تصمیمیات بزرگ در بین دانشمندان این عرصه هموار تر نمود. تا آن جا که ولتا نیز یک ایده مخالف را پیشنهاد کرد او فکر می‌کرد دلیل این موضوع قوس فلزی می‌باشد بعد از این مجموعه آزمایشات، بحث و بررسی روی الکترو تراپی در موجودات زنده آغاز شد.

مراحل انجام و نکات مهم در عملیات گالوانیزه گرم

انجام یک روکش گالوانیزه دارای مبنای واکنش متالوژی بین فولاد و روی ذوب شده می‌باشد که منجر به شکل گیری چندین لایه مرکب آهن، روی (برای مثال گاما، دلتا، زتا) می‌گردد مضافاً از روی ذوب شده به سطح لایه‌های مرکب می‌چسبد.

معلوم شده است که ماهیت سازه‌های واقعی روکش گالوانیزه شده ممکن است بر طبق ماهیت واقعیت شمیایی فولادی که می‌بایست گالوانیزه شود اصلاح شده باشد، عناصر خاص یافت شده در فولادها معلوم شده است که دارای تأثیر بر روی ساختار روکش می‌باشد. عناصر کربن از ۰/۲۵٪، فسفر بیش از ۰۴/۰ درصد یا منگنز بیش از ۳/۱ درصد باعث تولید روکش‌هایی می‌گردد که متفاوت از روکش‌های مشخص شده توسط شکل ۱ می‌باشد. فولادهای حاوی سیلیکوندر ۰۴/۰ یا ۱۵/۰ یا بالاتر از ۲۲/۰ درصد می‌توان نرخ‌های رشد روکش گالوانیزه شده‌های تولید نمایند که بسیار بالاتر از نرخ آن فولادهایی است که سطح سیلیکون آنها زیر ۰۴/۰ درصد و بین ۱۵/۰ درصد یا بالاتر از ۲۲/۰ درصد می‌توانند نرخ‌های رشد روکش گالوانیزه شدهای نمایند که بسیار بالاتر از نرخ آن فولادهایی است که سطح سیلیکون آنها ۰۴/۰ درصد وبین ۱۵/۰ تا ۲۲/۰ درصد می‌باشد. مطالعات اخیر نشان داده است که حتی در مواردی که سیلیکون و فسفر به صورت مستقل در حدود مطلوب حفظ شده‌اند که نوعاً دارای نمای ظاهری خالداری یا خاکستری تیره می‌باشد.

به منظور تماس کامل اسید با سطح فلز لازم است که بین قطعات را به نحوی فاصله ایجاد کرد. ساده‌ترین و مناسب‌ترین روش موجود استفاده از زنجیر است. روش‌های دیگر را با توجه به ابعاد قطعه و شکل هندسی آن می‌توان به کار برد لازم است ذکر شود که در مجموع قطعات باید به نحوی قرار گیرند که هوا در هیچ قسمتی گیر نیفتد. همچنین در زمانی که از اسید خارج می‌شوند به راحتی اسید از سطح قطعات تخلیه شود. در صورتی که فاصله گذاری بطور صحیح انجام نشود و قطعات به هم بچسبند در مرحله گالوانیزه کردن محل‌های چسبیده به صورت سوختگی نمایان خواهند شد. سنگینی بیش از حد بخصوص در مورد قطعات مسطح باعث می‌گردد در قسمت تماس زنجیر با قطعه اسید شوئی صورت نگیرد وجای آن به صورت سوختگی‌های ریز و خطی نمایان شود. در صورتی که قطعات دارای رنگ باشند بهتر است تمام قطعات رنگ دار را جدا کرده ودر یک قسمت از بسکت ودر کنار هم قرار دهیم تا در حین شارژ (شانه گذاری) قطعات سنگ کاری شود.

واکنش‌های بین آهن و روی حتی پس از انجماد لایه روی، بعلت گرمای باقی‌مانده و دمای نسبتاً بالا ادامه می‌یابند. این واکنش‌ها پس از فرو بری، در مواردی که قطعات گالوانیزه شده را در نزدیکی هم قرار دهند و مانع خنک شدن آنها بشوند پیش می‌آید در چدن در این حالت ظرفیت گرمائی بالائی موجود است که دمای بالا را تا مدت زمان قابل توجهی حفظ می‌کند. در این صورت بخشی از لایه روی خالص یا تمام آن تبدیل به لایه آلیاژ آهن و روی شده و در نتیجه رنگ قطعه برگشته و خواص پوشش نیز تغییر خواهد کرد. برای اجتناب از دیر خنک شدن قطعات را پس از گالوانیزه شدن باید با فاصله کمی از هم قرار داد تا هوا بتواند آزادانه میان آنها گردش داشته باشد. در مورد قطعاتی که دارای سطح بزرگ هستند یا فولادهایی که ترکیبات آنها مناسب برای رشد لایه آلیاژ باشد لازم است که خنک کردن اجباری و سریع توسط هوا یا آب صورت گیرد.

فوائد گالوانیزه گرم

هزینه پایین

یک قانون عمومی در تجارت وجود دارد کسی که کیفیت خوب را با هزینه پایین تولید می‌کند برنده است. در بسیاری از موارد گالوانیزاسیون ارزان‌ترین روش نسبت به سایر روش‌های پوشش دهی می‌باشد. در حال حاضر هزینه مربوط به گالوانیزاسیون پایین‌تر از هزینه‌های مربوط به رنگ آمیزی می‌باشد و پوشش‌های جایگزین بخصوص رنگ آمیزی هزینه بیشتری را نسبت به گالوانیزاسیون دارد بدیهی است که گالوانیزاسیون گرم به روش غوطه وری روشی می‌باشد که می‌تواند تعداد بسیار زیادی از قطعات را با هزینه و نفر ساعت (نیروی انسانی) کم پوشش دهد. قطعاً نیکل، کروم، طلا جهت مقاومت در برابر خوردگی بسیار بهتر از روی هستند. اما شما نمی‌توانید کلیه فولاد بکار برده شده در ساختمان خود را با طلا پوشش دهید. البته این بستگی به نظر شما دارد. به عبارتی دیگر با پوششهای نیکلی و برنزی و برنجی، فولادی که پوشش آن آسیب دیده است مستقیماً در معرض خوردگی قرار می‌گیرد (فولاد می‌پوسد اما پوشش باقی می‌ماند) اما در گالوانیزاسیون روی

خود را فدا می‌کند. به عبارتی دیگر خوردگی تنها در مناطق آسیب دیده باقی می‌ماند. وجهت جلوگیری از گسترش آن می‌توان تنها نقطه آسیب دیده را تعمیر کرد.

قابلیت پاسخگویی سریع

زمانی که محافظت از خوردگی می‌تواند در چند دقیقه توسط گالوانیزاسیون گرم بوجود آید شما به چند هفته زمان جهت رنگ آمیزی نیاز دارید وشما باید منتظر شرایط هوای خوب بمانید. در گالوانیزاسیون گرم محافظت از خوردگی درهمان کارخانه گالوانیزه به وجود می‌آید و شما می‌توانید قطعات را جهت نصب و مونتاژ به جای دیگری منتقل کنید. شما دیگر نیازی به پرداخت هزینه جهت حمل و نقل دوباره ندارید.

آسانی در بررسی کیفیت

چک کردن عبارتست از کنترل ضخامت پوشش بر اساس استاندارد ISIRI – ASTM- A123 – ISO 1461 آزمایش‌ها توسط میکرو مترها یا روش‌های غیر تخریبی انجام می‌شود. به همین دلیل فولاد گالوانیزه شده مقاومت بیشتری دارد به آسیب‌های مکانیکی حاصل از حمل و نقل و انبارش و مونتاژ و این امر اجازه می‌دهد تا فولاد گالوانیزه شده به هر کشوری حمل شود و بدلیل مقاومت خوب فولاد گالوانیزه شده می‌تواند جهت طراحی در مناطقی که فرسایش وجود دارد مورد استفاده قرار گیرد گالوانیزه گرم شامل فروبردن فولاد در روی مذاب است و از این طریق تمام سطوح درونی و بیرونی، گوشه‌ها و حتی لبه سطوح و همه فضاهای غیرقابل حفاظت توسط روی پوشش داده می‌شود و تمامی گوشه‌ها و لبه‌های باریک که توسط رنگ یا اسپری یا سایر پوشش‌ها بصورت ضعیف پوش داده می‌شود در گالوانیزاسیون گرم به خوبی کلیه سطوح پوش داده می‌شود.

دکل آهنی وسازه فولادی گالوانیزه شده تولید شده به روش غوطه وری گرم (گالوانیزه گرم) ممکن است به دلایل زیر نیاز به رنگ زدن را به عنوان پوشش ثانویه پیدا کند.

- به منظور افزایش مقاومت در برابر خوردگی برای قطعات یا دکل هایی که در معرض خوردگی های شدید هستند و در محیط های خورنده ای که هستندو قرار می گیرند مثلا یک دکل دوربین یا یک پایه روشنایی و یا یک دکل برج نور نصب شده در یک پتروشیمی و یا کارخانه تولید مواد شیمیایی.
- پایه ها و یا قطعاتی که پوشش آنها نازک باشد مانند ورق های گالوانیزه سردبکار رفته در قطعات خودروو یا...
- حفاظت قطعات در مقابل خورندگی های گالوانیزه شده در مواردی که آهن گالوانیزه شده با فلز دیگری مثل مس و یا آلومینیومو یا عناصر خورنده دیگر در تماس باشد.
- در صورتی که از رنگ و یا پوشش دیگری غیر از رنگ طبیعی زینک یا فلز روی مورد نظر باشد.

- گالوانیزه گرم آهن همراه با پوشش دهی , مقاومت خوردگی فولاد و آهن را حتی در محیط‌های بسیار خورنده بالا می‌برد و میتوان پوشش روی بکاررفته را بلافاصله بعد از عملیات گالوانیزه یا بعد از گذشت زمانی اندک از آن رنگ کرد.

فصل 8 : تجهیزات ایمنی برای بالا رفتن از دکلهای مخابراتی

کارکردن برروی دکلهای مخابراتی یکی از پر مخاطره ترین فعالیتهای کار در ارتفاع محسوب می شود و ضروری است با استفاده ی مناسب از تجهیزات ایمنی دکلهای مخابراتی و رعایت اصول ایمنی کار در ارتفاع از بروز حوادث که می تواند غیر قابل جبران باشد پیشگیری نمود..

مهم ترین اصول ایمنی دکلهای مخابراتی:

- از زمان شروع تا پایان، نیاز به داشتن دونقطه اتصال ایمن است .
- نقطه ایمن اول، هنگام بالا رفتن از دکل، خود سازه دکل و نردبان آن محسوب می شود و هنگام انجام کار مورد نظر روی دکل، توسط سیستم استقرار حین کار تأمین می شود و نقطه دوم با استفاده از سیستم حمایت و پشتیبان که در ذیل به معرفی ابزارهای لازم جهت سیستمهای عنوان شده پرداخته می شود.
- ضروری است افرادی که در مشاغل مرتبط با ارتفاع کار می کنند از نظر سلامتی در شرایط مناسب بوده و از آمادگی جسمانی بالایی برخوردار باشند.
- برای انجام کار در ارتفاع ضروری است افراد آموزشهای تخصصی این حرفه را گذرانده باشند و ضمن کسب مهارت در مراحل صعود ، عملیات و فرود ، با اصول ایمنی و نحوه امدادو نجات ویژه کار در ارتفاع آشنایی داشته باشند.

آشنایی با ۵ ابزار مهم از تجهیزات ایمنی کار در ارتفاع در دکلهای مخابراتی:

هارنس(Harness)

هارنس وسیله ای است که لازمه ی کار(یا ورزش) در ارتفاع بوده و در دو نوع صنعتی و ورزشی موجود می باشد و از طریق اتصال به طناب اصلی و پشتیبان امکان فعالیت در ارتفاع را فراهم می کند .

- هارنس استقرار حین کار و متوقف کننده سقوط (تمام بدن) : این نوع هارنس دارای حلقه جناقی و پشتی بوده که امکان استفاده از ابزار متوقف کننده سقوط را فراهم می کند.
- تقسیم مناسب وزن در هنگام صعود و یا سقوط های ناگهانی
- طراحی x شکل پشت این هارنس باعث تقسیم یکنواخت نیروی ناشی از سقوط در تمام قسمتهای بدن می شود(در صورت اتصال سیستم پشتیبان به حلقه پشتی)

استاندارد های هارنس

- ANSI Z359.1
- CE EN 12841 type B
- CE EN 361
- CE EN 813
- CSA Z259.10
- CE EN 361
- CE EN 358

کلاه ایمنی کار در ارتفاع(Helmet)

- یک کلاه ایمنی خوب ، در عین راحتی و بدون ایجاد مزاحمت در حین کار، کاربر را در برابر ضربه و سقوط اجسام محافظت می نماید.
- از خصوصیات بارزی که کلاه های ایمنی کار در ارتفاع را متمایز می کند، بدون لبه بودن و بند چانه ای Y شکل آنهاست.
- کلاه های ایمنی استاندارد به راحتی قابل تنظیم و سازگار با سر می باشند.

استانداردهای کلاه ایمنی کار در ارتفاع

- EN397محافظت در برابر ضربه های مکانیکی
- EN12492
- EN12492تهویه
- EN397حفاظت در مقابل برق گرفتگی
- EN50365
- EN937خطر گیر افتادن کاربر در صورت گیر کردن کلاه ایمنی به موانع-حفاظت در برابر ریزش گدازه های مذاب-حفاظت در مقابل تغییر شکل جانبی-امکان استفاده در دماهای پایین

گریلون(GRILON)

گریلون ابزاری است جهت استقرار ایمن حین کار روی سازه یا دکل.

- امکان تنظیم آسان طول و فشار طناب میان دو نقطه تکیه گاه به‌وسیله بادامک ابزار
- امکان استفاده به دو روش یکطرفه و دو طرفه
  - وضعیت دو طرفه: در این روش دو سر لنیارد به نقاط اتصال جانبی قسمت کمربند هارنس متصل شده و قسمت میانی لنیارد دور سازه تکیه داده می شود.
  - وضعیت یکطرفه : به واقع در این روش از این ابزار به عنوان ابزار فرود استفاده می شود که جزو کاربرد تخصصی آن نیست و بهتر است که از هر ابزاری برای موارد طراحی شده خود استفاده نمود.

استانداردGRILON

- CE EN 358

آساپ ASAP(As Soon As Possible)-Absorbica

برای تأمین سیستم حمایت و پشتیبان می توان از دو نوع ابزار به‌صورت مجزا یا ترکیبی استفاده نمود که برای ایمنی کار در دکلهای مخابراتی از نوع ترکیبی بهتر است استفاده شود. یعنی برای صعود و فرود از دکل از ASAPو برای استقرار و حرکت روی قسمتهای مختلف دکل ازY MGO

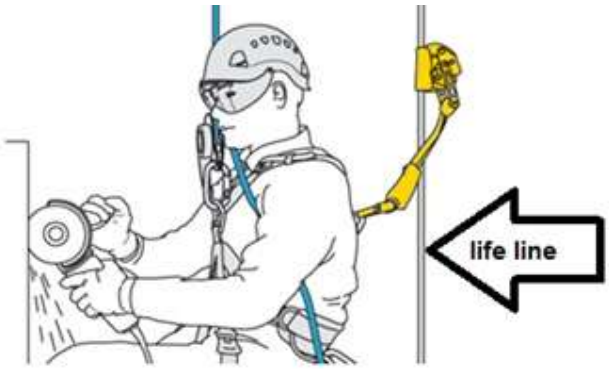
ابزار متوقف کننده سقوط متحرک به همراه جاذب انرژی. این ابزار عملکردی شبیه کمربند ایمنی خودرو دارد و با وارد شدن شوک به آن روی طناب پشتیبان (life line)قفل می شود.

برای استفاده از این ابزار نیاز به نصب life Line (یک رشته سیم بوکسل که در امتداد ارتفاع دکل نصب می¬شود) روی دکل است.

ویژگیهای زیر اهمیت استفاده پرکاربرد این ابزار را نشان می دهد:

- توقف سقوط، لغزش و فرود خارج از کنترل
- قابل استفاده روی طنابهای عمودی یا زاویه¬دار
- در صورت گرفته شدن با دست حین سقوط نیز روی طناب قفل می¬شود
- حرکت آزادانه ابزار به بالا و پایین روی طناب بدون دخالت کاربر

- امکان نصب و جدا کردن آسان ابزار به خصوص نوع ASAP LOCK



استانداردهای ASAP

- CE EN 353-2
- CE EN 12841 type A

ام جی او(Y-MGO-Absorbica)

ابزاری است برای جذب انرژی دو بازو متشکل از دو قلابMGO ، تسمه Y شکل و ابزار شوک گیر

ویژگیهای این ابزار:

- همانطور که عنوان شد، برای استفاده از ASAP نیاز به طناب پشتیبان یا life line است ولی این ابزار نیازی به این سیستم ندارد
- برای عبور و صعود از سازه ها بسیار مناسب و انعطاف پذیر است.
- در مواردی که استفاده از ASAP امکانپذیر نیست ، از Y-MGO استفاده می گردد.

استاندارد

- CE EN 355:150
- MGO: CE EN 362 150

منابع

http://wikipedia.com

http://aytaak.ir

https://www.irandakal.com

https://towerco.ir

http://dakalsazeh.ir

http://www.egyazd.ir

https://parstowerco.ir

https://atranet.org

http://dakalnet.com

https://www.egnpco.com

https://civilercity.com

https://omranweb.com

https://barghnews.com

https://www.greenmelk.com

https://barghnews.com

http://arsintech.ir

http://shayeganco.ir