



"حافظت کاتدیک"



سیستم های حفاظت کاتدیک



www.petuniaco.com

فهرست

۱۱.....	• مقدمه
۱۱.....	• حافظت کاتدیک
۱۲.....	• تجهیزات حفاظت کاتدیک
۱۲.....	۱.....(Transformer Rectifiers) A
۱۲.....	۲.....(Impressed Current Anodes) B
۱۲.....	۳.....(High Silicon Cast Iron Anodes)
۱۲.....	۴.....(MMO) آندهای اکسیدهای چندگانه فلزی تیتانیومی
۱۳.....	۴.....(MMO Tubular Anodes) آندهای MMO لوله ای
۱۳.....	۵.....(MMO Ribbon Anodes) آندهای MMO نواری و نواری تویی
۱۳.....	۶.....(MMO Wire Anodes) آندهای MMO سیمی
۱۳.....	۷.....(Piggy Back) آندهای پیجی بک
۱۴.....	۸.....(سایر اشکال آندهای MMO) سایر اشکال آندهای MMO
۱۴.....	۹.....(آندهای پلاتینایز شده) آندهای پلاتینایز شده
۱۵.....	۱۰.....(آندهای سرب نقره) آندهای سرب نقره
۱۵.....	۱۱.....(آندهای فداشونده) آندهای فداشونده
۱۶.....	۱۲.....(آندهای فداشونده منیزیم) آندهای فداشونده منیزیم
۱۶.....	۱۳.....(آندهای فداشونده آلومینیوم) آندهای فداشونده آلومینیوم
۱۷.....	۱۴.....(باکس های حفاظت کاتدی) باکس های حفاظت کاتدی
۱۷.....	۱۵.....(تابلوهای توزیع برق AC) تابلوهای توزیع برق AC
۱۷.....	۱۶.....(باند باکس ها) باند باکس ها
۱۷.....	۱۷.....(تست باکس ها) تست باکس ها
۱۸.....	۱۸.....(تست پوینت مارکرها) تست پوینت مارکرها
۱۸.....	۱۹.....(مارکرها) مارکرها
۱۸.....	۲۰.....(تجهیزات تست و اندازه گیری) تجهیزات تست و اندازه گیری
۱۸.....	۲۱.....(الکترودهای مرجع مس / سولفات مس) الکترودهای مرجع مس / سولفات مس
۱۹.....	• حافظت کاتدیک بتون
۲۰.....	۱.....(اسازه های ساخته شده) اسازه های ساخته شده
۲۰.....	۲.....(اسازه های در حال ساخت) اسازه های در حال ساخت

◀ مقدمه

شرکت دانش بنیان پتونیا، با سه دهه سابقه در ارائه محصولاتی با کیفیت مطلوب در کنار دیدگاه فنی و مهندسی برتر توانسته است تجارب ارزشمندی را در سایه همکاری با کارفرمایان معترض در پروژه های متعدد ملی از صنایع مختلف نظیر نفت، گاز، پتروشیمی، معادن و فلزات، نیرو و... کسب نماید.

این شرکت با بهره مندی از دانش روز و نیروهای متخصص موفق به اخذ گواهینامه های مدیریت کیفیت ISO9001، ISO14001، OHSAS1800 ، رتبه ۲ صلاحیت پیمانکاری تاسیسات و تجهیزات از سازمان برنامه و بودجه کشور، ثبت اختراعات متعدد و حضور در فهرست تامین کنندگان معترض (AVL) وزارت نفت گردیده است.

شرکت پتونیا به عنوان اولین و بزرگترین شرکت تخصصی در ایران در زمینه طراحی، تولید، تأمین و اجرای سیستم های ارتینگ، حفاظت از صاعقه، حفاظت کاتدیک و جوش احتراقی، هدف خود را کسب و کار موفق و موثر با بهره وری بالا و جلب رضایت مشتریان قرار داده است.

◀ حفاظت کاتدیک

حفاظت کاتدیک (Cathodic Protection) روشی الکتروشیمیایی است که برای جلوگیری با کنترل خوردگی سازه های فلزی مدفون در خاک، مغروق در آب و همچنین میلگرد های داخل بتن مورد استفاده قرار می گیرد. این روش یکی از موثرترین روش های کنترل خوردگی است، که با اعمال آن می توان طول عمر یک سازه را به طور قابل توجهی افزایش داد. شرکت پتونیا با بهره گیری از نیروهای متخصص و آموزش دیده ی دوره های بین المللی (انجمن مهندسین خوردگی آمویکا NACE) انواع سرویس های ذیل را به صورت خدمات فنی و مهندسی (E)، مهندسی و تامین کالا (EP)، مهندسی، تامین و اجرا (EPC) و مهندسی، تامین، اجرا و راه اندازی (EPCC) در سامانه حفاظت کاتدی جهت ایجاد سازه های فلزی در الکتروولیتهای مختلف ارائه میدهد:

- خطوط لوله دفنی یا مغروق در آب
 - مخازن رو زمینی:
 - حفاظت سطح داخلی مخزن
 - حفاظت سطح خارجی ورق کف مخزن
 - مخازن و دارم های دفنی
 - مبدل های حرارتی، بویلر ها، کندانسورها
 - سازه های فلزی دریابی
 - اسکله های بتن مسلح
 - کشتی ها و شناور ها
- خدمات دیگر در این حوزه:
- طراحی سامانه حفاظت کاتدیک فتوولتاییک و انرژی های تجدید پذیر
 - کنترل و پایش خوردگی از راه دور
 - عیب یابی سیستم های حفاظت کاتدیک و ارائه راهکارهای اصلاحی
 - تعمیر و نگهداری سیستم های حفاظت کاتدیک
 - آموزش

A. ترانسفورمر رکتیفایرها (Transformer Rectifiers)

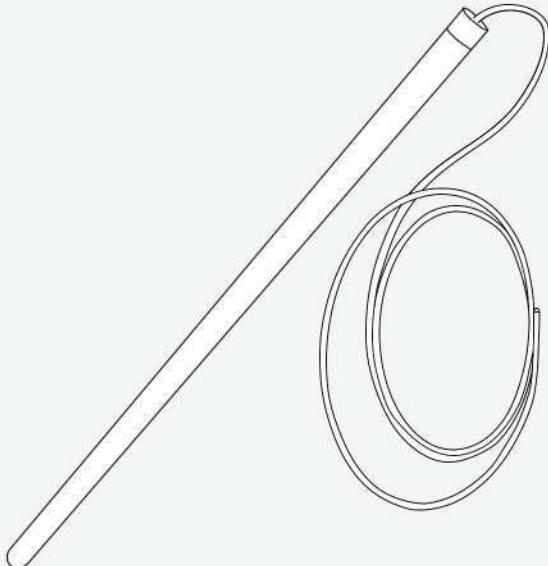
در سیستم های حفاظت کاتدیک به روش اعمال جریان از یک منبع خارجی برای تامین جریان مستقیم حفاظت استفاده می شود. متداول ترین نوع صنعتی منبع تامین جریان، ترانسفورمر رکتی فایرها هستند که در شرکت پتوانيا با سابقه طولانی تولید و عرضه می گردند. طیف گسترده ای از ترانس رکتیفایرها با کیفیت بالا به منظور استفاده در سامانه های حفاظت کاتدی جهت سازه های مدفون در خاک و محیط های دریابی مطابق با استانداردهای ملی و بین المللی در محل کارخانه پتوانيا طراحی و تولید می گردند. دسته بندی انواع ترانسفورمر رکتیفایرها ساخت شرکت پتوانيا از لحاظ کنترلی به شرح ذیل است:

- کنترل الکترونیکی توسط برد کنترل دو حالت، جریان ثابت و ولتاژ ثابت.
- کنترل هوشمند توسط برد کنترل سه حالت، جریان ثابت، ولتاژ ثابت و پتانسیل ثابت.
- کنترل رگاولتی که توسط یک واریاک قبل از ترانس اصلی نصب شده که در حالت ولتاژ ثابت کار می کند.
- کنترل هوشمند - رگاولتی که ترکیب نوع هوشمند و رگاولتی است و در سه حالت جریان ثابت و ولتاژ ثابت و پتانسیل ثابت کار میکند.
- کنترل الکترونیکی - رگاولتی که ترکیب نوع الکترونیکی و رگاولتی است و در دو حالت جریان ثابت و ولتاژ ثابت کار میکند.
- کنترل ۶۳ پله ای که در صنایع نفت در گذشته کاربرد فراوانی داشته و در حالت ولتاژ ثابت کار میکند.



B. آندهای تزریق جریان (Impressed Current Anodes)

I. آندهای چدن پرسیلیسیوم (High Silicon Cast Iron Anodes)



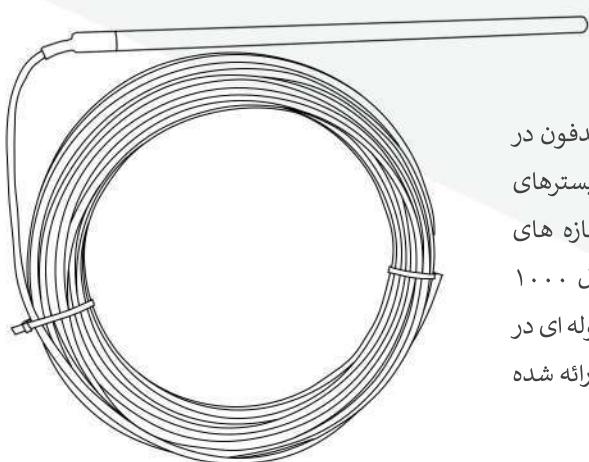
آندهای چدن پرسیلیسیوم از متداول ترین آندهای مورد استفاده در سامانه های حفاظت کاتدی به روش تزریق جریان است. در تولید این آندها مطابق استاندارد ASTM-A518 از عناصر سیلیسیوم و کروم استفاده می شود که تشکیل اکسید این عناصر روی سطح آند، سبب افزایش مقاومت به خوردگی و در نتیجه افزایش طول عمر آن ها می شود. براساس استاندارد ASTM-A518 آندهای چدن پرسیلیسیوم در سه نوع تولید می شوند. مطابق این استاندارد نوع ۲ این آند برای استفاده در محیط های حاوی یون کلراید بالا توصیه می شود. پر کاربردترین نوع این آند در سامانه های تزریق جریان، نوع ۳ است. این آندها می بایست به همراه مواد بکفیل کربنی استفاده شوند. استفاده از بکفیل کربنی سبب بهبود جریان دهی آند و افزایش قابلیت عملکردی آن می شود. این آندها عموماً در ابعاد با قطر ۲ در طول ۶۰ اینچ و قطر ۳ در طول ۶۰ اینچ تولید می شوند.

II. آندهای اکسیدهای چندگانه فلزی تیتانیومی (MMO)

استفاده از آندهای MMO به علت نخ خوردگی بسیار پایین (کمتر از ۱ mg/A-Year) و جریان دهی بالاتر در مقایسه با آندهای چدنی پرسیلیس، در سامانه های حفاظت کاتدی تزریق جریان افزایش داشته است. این آند شامل پوششی بسیار نازک از جنس اکسیدهای فلزی مانند تیتانیوم، ایریدیوم، روتینیوم و تانتالوم است که بر روی زیر لایه ای از جنس تیتانیوم اعمال می گردد. شکل پذیری آسان و وزن پایین تیتانیوم امکان تولید آندهای MMO در اشکال مختلف را ممکن می سازد. یکی از مهمترین نکات در بازرسی این آندها انجام آزمون عملکرد مطابق با استاندارد NACE TM 0108 است.

آندهای MMO در انواع زیر قابل تولید است:

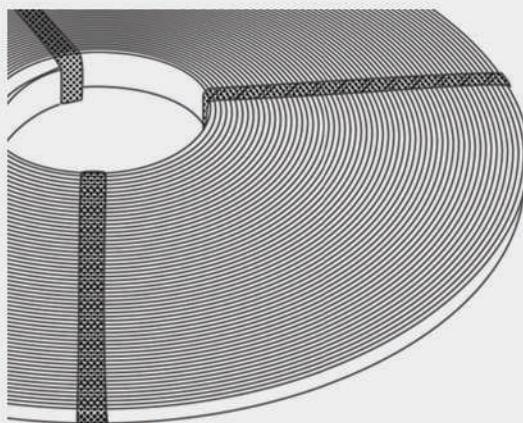
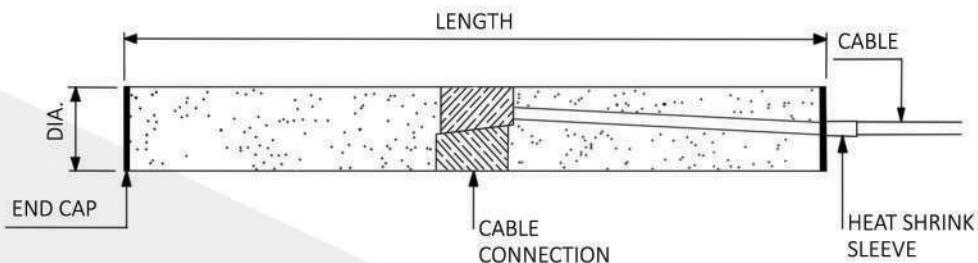
• آندهای MMO لوله ای (MMO Tubular Anode)



از آندهای MMO لوله ای به منظور حفاظت کاتدی سازه های فلزی مدفون در خاک یا غوطه ور در آب استفاده می شود. امکان استفاده از این آندها در بسترهای چاهی، توزیعی، سطحی افقی، سطحی عمودی و... برای حفاظت سازه های مختلف وجود دارد. ابعاد متداول در تولید این آندها قطر ۲۵ در طول ۱۰۰۰ میلی متر و قطر ۲۵ در طول ۵۰۰ میلی متر است، جریان خروجی آندهای لوله ای در محیط های مختلف مطابق با استاندارد IGC-M-TP-022 در جدول زیر ارائه شده است.

Item	Environment	Length Cm (inch)	Diameter Cm (inch)	Maximum Current Output (Amp)
1	Calcined petroleum coke breeze Fresh water Sea water Mud / Brackish water	50 (19/7)	2/5 (1)	4 25 4
2	Calcined petroleum coke breeze Fresh water Sea water Mud / Brackish water	100 (39/4)	2/5 (1)	8 50 8

جدول شماره ۱: حداکثر جریان خروجی از آندهای لوله ای MMO (مطابق با استاندارد IGS-M-TP-22)



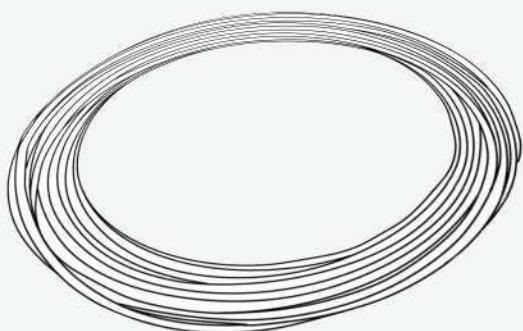
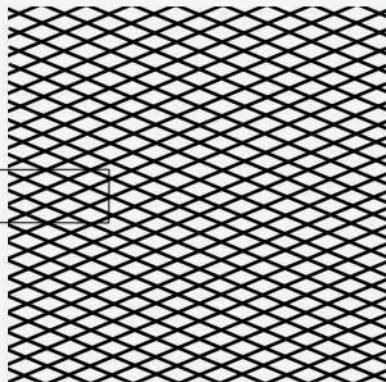
• آندهای MMO نواری و نواری توری (MMO Ribbon Anode)

از آندهای MMO نواری معمولاً به منظور حفاظت سطح خارجی کف مخازن استفاده می شود. امکان استفاده از این آندها برای حفاظت میگردهای سازه های بتون مسلح نیز وجود دارد. زیر لایه ای تیتانیوم این آندها مطابق با استاندارد ASTM B265 Grade 1 انتخاب می شود. ابعاد آندهای MMO نواری و دانسیته جریان خروجی آن ها در محیط های مختلف مطابق جدول زیر است.

Configuration	Status
Width	6.35mm (0.25")
Thickness	0.635mm (0.025")
Maximum Current Density in Fine Sand	42mA/m (12.8mA/Ft.)
Maximum Current Density in Concrete	1.5mA/m (0.45mA/Ft.)

جدول شماره ۲: مشخصات ابعادی و جریانی آندهای نواری MMO

نوع توری آندهای نواری به صورت ویژه به منظور حفاظت کاتدی میلگردهای سازه های بتنی مسلح به کار برده می شود. ضخامت این آندها ۱,۳ میلی متر بوده و پهنای آن ها از ۱۰ الی ۲۵ میلی متر متغیر است. طول عمر این آندها در بتن حداقل ۵۰ و حداکثر ۱۰۰ سال در نظر گرفته می شود.

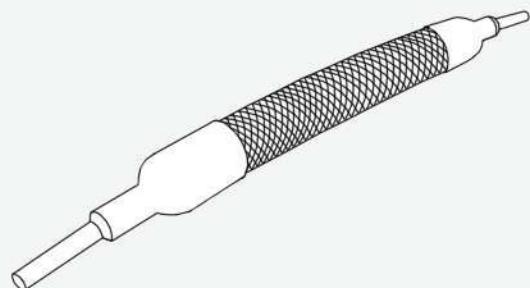


• آندهای MMO سیمی (MMO Wire Anode)

به منظور حفاظت کاتدی خطوط لوله مدفون در خاک و با هدف توزیع یکنواخت جریان می توان از آندهای MMO سیمی شکل در طول خط لوله و در موازات با آن استفاده نمود. هچنین این آندها در حفاظت کاتدی مخازن دفنی، میلگردهای سازه های بتنی مسلح و سطح خارجی کف مخازن نیز قابلیت استفاده دارند.

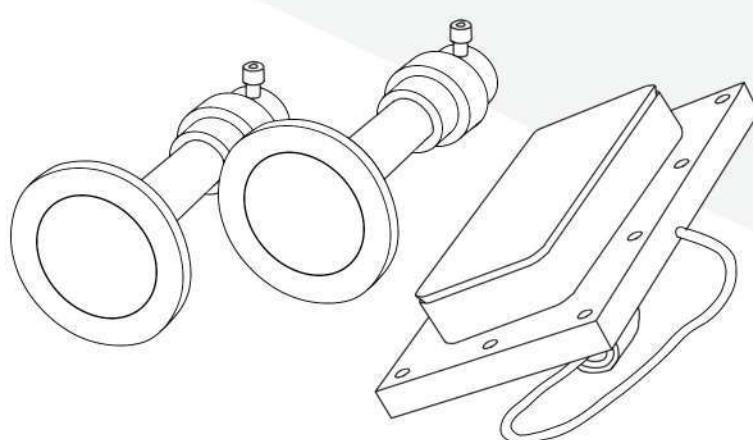
• آندهای Piggy Back

مجموعه آندهای سیمی (MMO) به همراه کابل تغذیه، بکفیل کربنی و پوشش محافظت به عنوان آندهای Piggy Back به واسطه ای سرعت بالا در اجرا، امروزه در سیستم های حفاظت کاتدی بسیار مورد توجه قرار گرفته است.



• سایر اشکال آندهای MMO

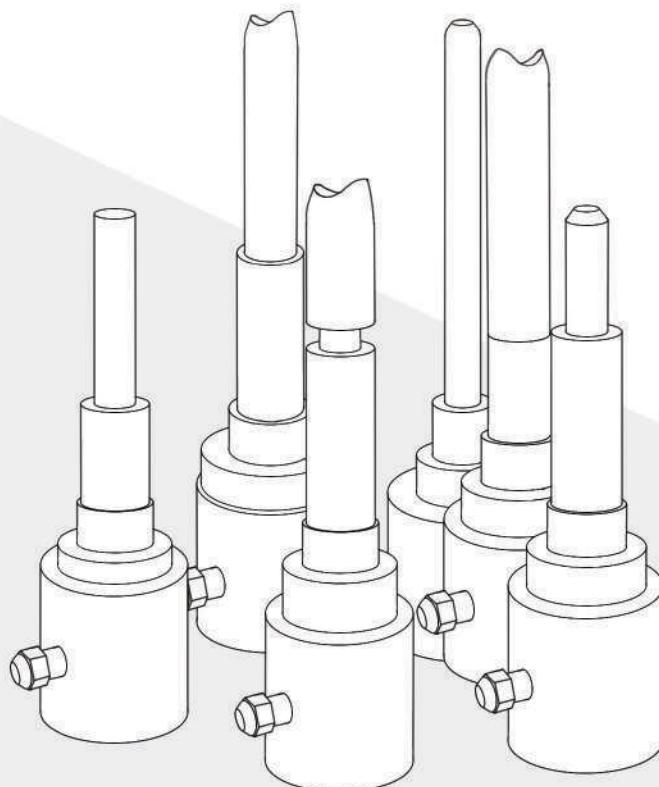
به منظور کاربردهای خاص و آزمایشگاهی و با توجه به قابلیت شکل پذیری بالای تیتانیوم امکان تولید آندهای MMO در سایر اشکال نیز وجود دارد که متدوال ترین آن ها عبارتند از:



- آندهای میله ای
- آندهای دیسکی
- آندهای توری
- آندهای لوله ای توری
- آندهای پربابی
- آندهای تسمه ای

پلاتینیوم می تواند به عنوان پوشش آند برای استفاده در سامانه حفاظت کاتدی به روش تزریق جریان مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نرخ مصرف بسیار پایین پلاتینیوم (Kg/Amp-year) تنها مقدار کمی از این عنصر برای طول عمر ۲۰ ساله آند لازم است. استفاده از پلاتینیوم خالص به عنوان آند بسیار پرهزینه خواهد بود. بنابراین از آن به عنوان پوشش برای فلزاتی نظیر تیتانیوم و نیوبیوم استفاده می شود. ضخامت متداول پوشش پلاتینیوم حدود ۲,۵ میکرون بوده ولی در صورت استفاده از این آندها در محیط‌های سخت، این ضخامت باید تا حدود ۵ میکرون افزایش یابد. مطابق استاندارد UFC-3-570-06 زمانی که آندها به شکل سیم یا میله باشند به دلیل اینکه هدایت الکتریکی تیتانیوم و نیوبیوم در مقایسه با مس بسیار کم است، ممکن است به منظور افزایش هدایت جریان، از مس به عنوان زیر لایه استفاده شود.

پلاتینیوم به روش‌های مختلف نظیر پاشش (Sputtering)، رسوب دهی الکتریکی (Electro-Deposition)، اتصال نوردي (Cladding)، اتصال متالورژیکی (Metallurgical Bonding) امکان اعمال خواهد داشت.

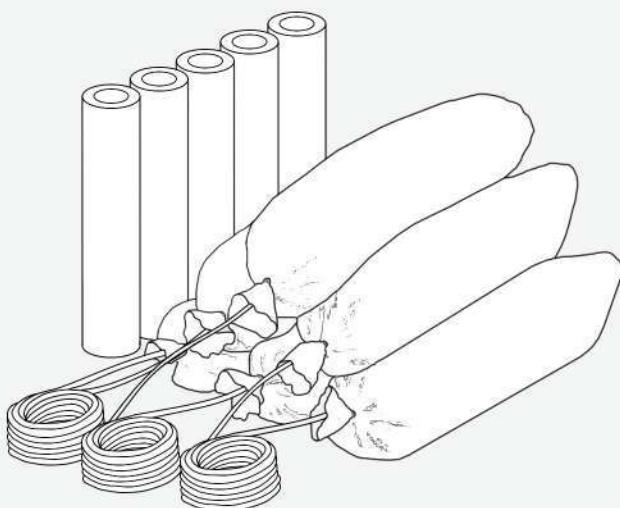


IV. آندهای سرب نقره

به منظور حفاظت کاتدی سازه‌های دریابی با هدف توزیع یکنواخت جریان مطابق استاندارد UFC-3-570-06 از آندهای آلیاژ سرب استفاده می شود. در ساخت این آندها ممکن است از عناصری مانند آنتیموان، قلع و ۱ یا ۲ درصد نقره استفاده شود. این آندها عموماً به شکل دیسکی، نواری یا میله ای تولید می شوند. سطح این آندها به وسیله لایه ای از اکسید سرب از خوردگی محافظت می شود. استاندارد UFC-3-570-06 نرخ مصرف این آندها را در حدود $1,3 \text{ Kg/amp-year}$ در ابتدای راه اندازی ذکر کرده است. پس از تشکیل فیلم محافظ این نرخ تا حدود $0,9 \text{ Kg/amp-year}$ کاهش می یابد.

C. آندهای فداشونده

۱. آندهای فداشونده منیزیم



به منظور حفاظت کاتدی تجهیزات فولادی مدفون در خاک یا غوطه ور در آب می‌توان از فلزی فعال تر استفاده نمود که به آن آند فداشونده گفته می‌شود. یکی از رایج‌ترین این فلزات برای تولید آند فداشونده، منیزیم است. آندهای منیزیم در دو دسته کلی، آندهای استاندارد (AZ63) و آندهای پتانسیل بالا (M1C) تولید می‌گردند. ترکیب شیمیایی آن‌ها براساس استاندارد ASTM B843 تولید و ارائه می‌شود. آندهای منیزیم به منظور حفاظت کاتدی سازه‌های مدفون در خاک، لزوماً به همراه مواد پشت بند قابل استفاده خواهند بود.

عمده ترین کاربرد آندهای منیزیم به منظور حفاظت کاتدی سازه‌های مدفون در خاک است، از این آند همچنان در حفاظت کاتدی داخلی آبگرمکن‌ها، مخازن آبی، مبدل‌های حرارتی، کندانسورها و دیگر سازه‌هایی که در تماس با آب بوده و در دماهای بالا عمل می‌کنند نیز استفاده می‌گردد. تفاوت پتانسیل بین آلیاژ منیزیوم و فولاد بزرگ‌تر از سایر آندهای فداشونده بوده و از لحاظ اقتصادی، این اختلاف پتانسیل باعث می‌شود که در خاک‌هایی با مقاومت نسبتاً بالا تا حدود ۱۰۰ اهم متر نیز مورد استفاده قرار گیرند.

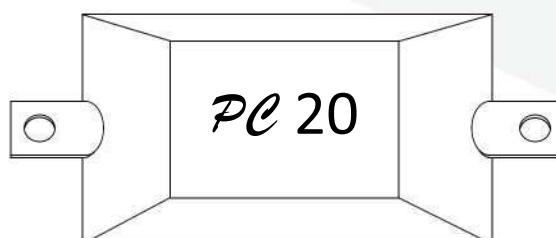
۲. آندهای فداشونده روی

از دیگر آلیاژهایی که در ساخت آندهای فداشونده کاربرد دارند می‌توان به فلز روی اشاره نمود. آندهای فداشونده‌ای که از آلیاژهای روی ساخته می‌شوند کاربرد وسیعی در حفاظت کاتدی سازه‌های مدفون در خاک و در تماس با آب دارند که از آن جمله می‌توان به مخازن ذخیره، خطوط لوله مدفون در خاک، خطوط لوله کف دریا، بدنه شناورها، کشتی‌ها و... اشاره نمود. بر اساس استاندارد ASTM B418 آندهای روی بر حسب ترکیب شیمیایی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند.

Anode Alloy Type	Open Circuit Potential Negative Volts (Cu/CuSO ₄)	Current Efficiency % (min)	Energy Capability Amp-hr/kg (min)	Consumption Rate Kg-Amp-year (max)
Zinc	1/1	90	780	11/2

جدول شماره ۳: مشخصات عملکردی آند فداشونده روی (طبق استاندارد IPS-M-TP-750)

امکان استفاده از آندهای روی در مقاومت‌های بالاتر از ۱۰ اهم متر وجود ندارد. در دماهای بالاتر از ۵۴ درجه فارنهایت) و به وزیه در محیط‌هایی با حضور کربنات‌ها، به علت تشکیل لایه پسیو روی سطح آند، پلازمو-تغییرات بین آهن و روی تغییر یافته که این امر سبب افزایش نرخ خوردگی آهن خواهد شد. بنابراین از این آند در دماهای بالاتر از ۵۰ درجه استفاده نمی‌شود.



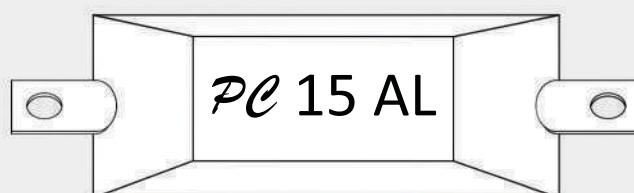
آندهای آلومینیوم به دلیل نرخ مصرف پایین تر نسبت به روی و منیزیوم، متداول ترین آند فدا شونده برای حفاظت کاتدی سازه های در تماس با آب دریا و یا گل بستر دریا هستند. فلز آلومینیوم هنگامی که در تماس با محیط خورنده قرار می گیرد با تشکل لایه ای اکسیدی محافظ، نرخ خوردگی آن به شدت کاهش می یابد. از این رو لازم است با اضافه نمودن عناصر آلیاژی پایداری (مانند عنصر ایندیوم) لایه محافظ آلومینیوم را کاهش داد و بهبود عملکرد آن را تضمین نمود.

ترکیب شیمیایی آند فدا شونده آلومینیوم بر اساس استاندارد IPS-M-TP-750 به شرح جدول زیر است.

Element	Composition, % by Weight	
Silicon	max	0.1
Iron	max	0.1
Copper	max	0.006
Zinc		5-3
Indium		0.05-0.02
Other elements, each,	max	0.02
Other elements, total,	max	0.05
Aluminum		Reminder

جدول شماره ۴: ترکیب شیمیایی آند فدا شونده آلومینیوم (طبق استاندارد IPS-M-TP-750)

از آندهای آلومینیوم در برخی موارد برای حفاظت میلگرد سازه های بتون مسلح نیز استفاده می شود. همچنین استفاده از نوع دستبندي آن ها برای حفاظت خطوط لوله زیر دریا بسیار متداول است.

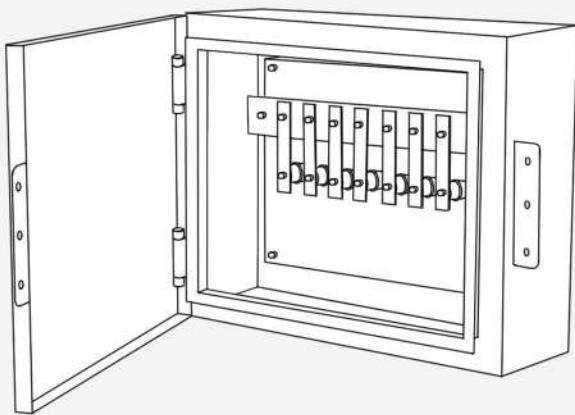


D. باکس های حفاظت کاتدی

۱. تابلوهای توزیع برق AC

با هدف حفاظت از ترانسفورمر رکتیفایر حفاظت کاتدی، لازم است برق ورودی به ترانسفورمر رکتیفایر ابتدا در تابلو برق AC که دارای فیوژهای حفاظتی است، وارد و از آنجا به ترانسفورمر رکتیفایر اتصال یابد. همچنین این تابلوها در مواردی که از چند ترانسفورمر رکتیفایر در کنار یکدیگر استفاده می شوند کاربرد فراوان دارند. مشخصات بدنه، رنگ، درجه حفاظتی و سایر ویژگی این تابلوها معمولاً با توجه به درخواست مشتریان تعیین می گردد. این تابلوها از ورق فولاد ساده کربنی در ضخامت های ۲ یا ۳ میلیمتر و با درجه حفاظتی IP42 تولید می گردند.

II. باند باکس ها



در سامانه های حفاظت کاتدی کابل های متصل به سازه ها و آندها پیش از اتصال به ترانسفورمر رکتیفایر ها لازم است در باند باکس ها تجمیع و از آن جا به ترانسفورمر رکتیفایر منتقل گردد. مطابق نقشه های استاندارد تولیدی IPS اورق این باکس ها از فولاد ساده کربنی با ضخامت ۳ میلی متر است و لوله ای به قطر ۴ اینچ نیز به عنوان پایه در نظر گرفته می شود.

با این وجود با توجه به درخواست مشتریان محترم امکان تولید باند باکس از جنس های متنوع مانند فولاد ساده کربنی با ضخامت های ۲ و ۳ میلی متر، فولاد زنگ نزن ۳۰۴، ۳۱۶ و... با ابعاد و نقشه های مختلف وجود دارد. همچنین می توان به جای پایه لوله ای از پایه های ناودانی از جنس فولاد گالوانیزه گرم نیز استفاده نمود. در این صورت لازم است برای ورود کابل ها به باکس از گلند مناسب استفاده شود. درجه حفاظت برای باند باکس ها متناسب با نقشه ساخت می تواند IP54 و IP55 باشد.

به منظور اندازه گیری جریان در باند باکس ها ممکن است علاوه بر شینه و لینک مسی، شانت نیز در نظر گرفته شود. در صورتی که جریان خروجی از ترانسفورمر رکتیفایر به سمت بسترها آندي يا توزيع جريان به سمت سازه ها نياز به كنترل داشته باشد، می توان در اين جعبه ها از مقاومت های متغير نیز استفاده نمود.

III. تست باکس ها

به منظور بهره برداری و پایش مستمر سامانه حفاظت کاتدی لازم است پتانسیل سازه نسبت به محیط به صورت دائم قرائت و نتایج آن ثبت گردد. با این هدف در کنار سازه های فلزی که تحت حفاظت کاتدی هستند، تست باکس ها به منظور تجمیع کابل های متصل به سازه به عنوان کابل های تست و کابل رفرنس های مرجع ثابت نصب می گردند. چنانچه در طراحی ها رفرنس مرجع ثابت در نظر گرفته نشده باشد، می توان از رفرنس مرجع پرتاپل استفاده نمود.

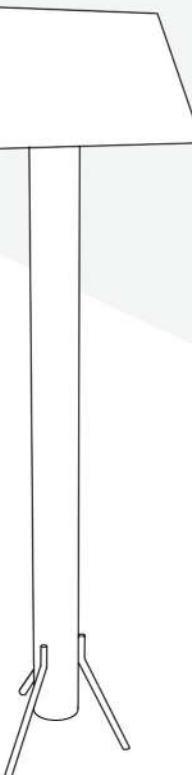
بیشترین کاربرد جعبه های تست در داخل پلنت های صنعتی بوده و به منظور اندازه گیری پتانسیل سازه های خارج از محدوده‌ی مجتمع های صنعتی از تست پوینت مارکرها استفاده می شود.



IV. تست پوینت مارکرها

عموماً به منظور اندازه گیری پتانسیل سازه نسبت به خاک در طول خطوط لوله خارج از پلنت های صنعتی از تجهیزی به نام تست پوینت مارکر استفاده می گردد. این تجهیز علاوه بر ایجاد امکان قرائت پتانسیل، بعنوان نشانگر مسیر خط لوله نیز مورد استفاده قرار می گیرد. تولید تست پوینت مارکرها عموماً مطابق نقشه های تولیدی استاندارد IPS-D-TP-712 و IPS-D-TP-710 صورت می گیرد.

با این وجود امکان ساخت و تولید تست پوینت مارکرها با ابعاد مختلف و مشخصات رنگ متناسب با شرایط محیطی پژوهه ها وجود دارد.



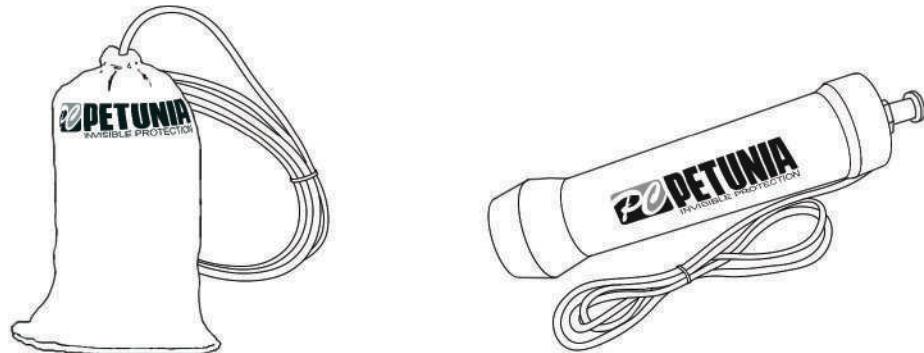
V. مارکرها

مارکرها به منظور مشخص نمودن مسیر خطوط لوله، مسیر کابل و محل قرارگیری بسترها آندي سطحی استفاده می شوند.

E. تجهیزات تست و اندازه گیری

۱. الکترودهای مرجع مس / سولفات مس

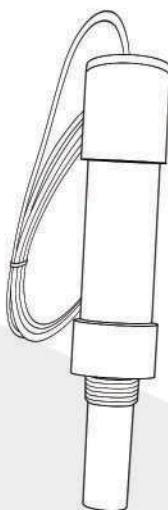
اندازه گیری پتانسیل سازه به عنوان اصلی ترین معیار صحت عملکرد سامانه حفاظت کاتدی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از آنجایی که برای پتانسیل مقدار مطلق وجود ندارد برای ارزیابی آن باید از یک مرجع مشخص استفاده نمود. الکترود مرجع مس / سولفات مس (Cu/CuSO_4) پرکاربردترین الکترود مرجع در ارزیابی سامانه های حفاظت کاتدی در سازه های مدفون در خاک است.



این رفرنس ها شامل الکترودی از جنس مس با خلوص بسیار بالا است که در محلول سولفات مس اشباع غوطه ور شده است. به منظور جلوگیری از پلاریزاسیون در طول آزمون ها، ناحیه سطحی الکترود مس در تماس با محلول سولفات مس باید به اندازه کافی بزرگ باشد. الکترود مرجع ثابت در بکفیلی با ترکیب اب حاوی ۷۵٪ گچ، ۲۰٪ بنتونیت و ۵٪ سولفات سدیم تولید می گردد. این الکترودهای مرجع دائمی در کنار خطوط لوله و زیر مخازن در الکترولیت ماسه و خاک مدفون می شوند.

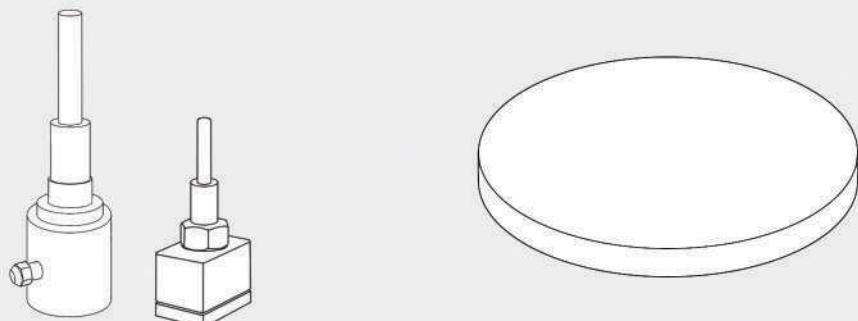
۲. الکترودهای مرجع نقره / کلرید نقره

در محیط های حاوی یون کلر که امکان استفاده از الکترود مرجع مس / سولفات مس وجود ندارد، می توان از الکترود مرجع نقره / کلرید نقره (Ag/AgCl) استفاده کرد. در این نوع الکترود فلز نقره با محلول کلریدی خود به تعادل می رسد. این الکترودها نیز در هر دو نوع ثابت و قابل حمل تولید و عرضه می گردند. این الکترودها پیش از استفاده باید به مدت چند ساعت در آب دریا غوطه ور شده تا پایدار گردند. از این الکترودها علاوه بر محیط های دریایی در حفاظت کاتدی داخلی مخازن نیز استفاده می گردد.

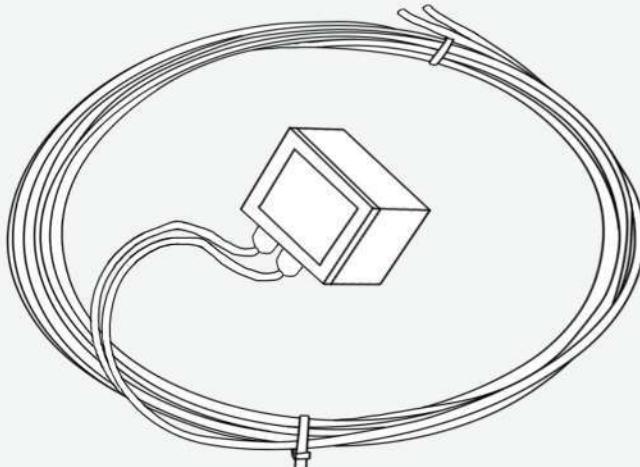


۳. الکترودهای مرجع روی

با توجه به هزینه‌ی بالای تامین الکترود مرجع نقره / کلرید نقره در بسیاری از موارد می توان از الکترود روی استفاده نمود. علاوه بر این در مقایسه با الکترودهای نقره / کلرید نقره این الکترودهای مرجع ضمن سادگی در تولید از استحکام مکانیکی بالاتری نیز برخوردار هستند.



متداول ترین اشکال تولیدی آن ها به صورت میله ای و دیسکی است. با این وجود امکان ساخت و تولید سایر اشکال با ابعاد مورد نظر مشتریان وجود دارد.



با هدف کاهش خطای اندازه گیری در زمان قرائت پتانسیل سازه، لازم است الکترود مرجع تا جایی که ممکن است به محل عیوب پوشش سازه نزدیک گردد. با توجه به اینکه امکان شناسایی محل عیوب و انتقال تست پوینت و تجهیزات اندازه گیری به آن مکان وجود ندارد از کوپن پلاریزاسیون به عنوان نمونه شاهد استفاده می گردد.

کوپن پلاریزاسیون شامل جعبه ای از جنس PVC است که قطعه ای از جنس سازه و بدون پوشش درون آن قرار می گیرد و اطراف آن با رزین پر می شود. از آنجایی که کوپن به سامانه کاتدی متصل است، در صورتی که پتانسیل آن به حد حفاظتی برسد، می توان نتیجه گرفت سازه تحت حفاظت است.

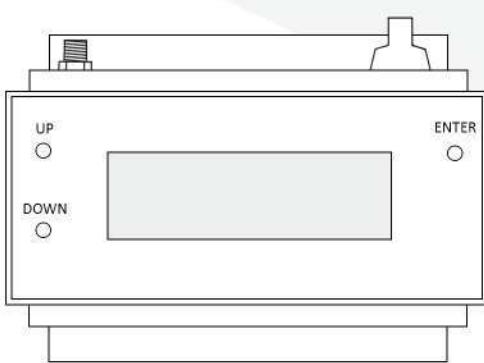
کاربرد دیگر کوپن های پلاریزاسیون در مواقعي است که با وجود چند ترانسفورمر رکتیفایر، امکان قطع همزمان آن ها با تجهیزاتی نظیر GPS Interrupter وجود ندارد. با توجه به اینکه در بسیاری موارد معیار پذیرش، قرائت پتانسیل در زمان قطع لحظه ای سامانه حفاظت کاتدی است، به جای قطع و وصل ترانسفورمر رکتیفایرهای مجمعه های صنعتی، کابل ارتباطی کوپن پلاریزاسیون از سازه تحت حفاظت قطع شده و پتانسیل قطعه نمونه شاهد فولادی اندازه گیری می شود.

V. دیتالاگرها



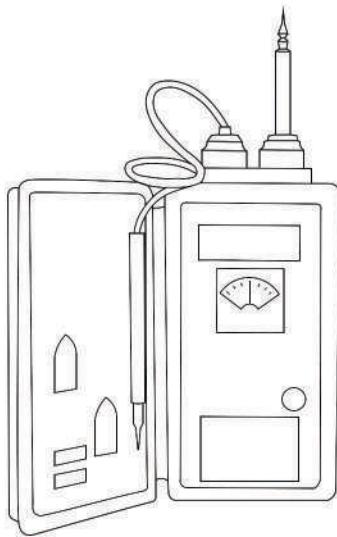
از آنجایی که سامانه های حفاظت کاتدی به دلیل دارا بودن تجهیزات مختلف و کار در شرایط محیطی متغیر همواره ممکن است دچار نقص در عملکرد شوند، لازم است عملکرد آن ها به صورت مستمر پایش گردد و نتیجه ای پایش های دوره ای به صورت منظم ثبت گردد. یکی از انواع تجهیزاتی که قابلیت ثبت و ذخیره پارامترهای الکتریکی از جمله پتانسیل حفاظت کاتدی را دارند، دیتالاگرها هستند. عملکرد دیتالاگرها مشابه مولتی متر است، با این تفاوت که علاوه بر امکان ذخیره اطلاعات، دقت و سرعت بالاتری داشته و حجم داده برداری در زمان های بسیار کوتاه را برای کاربران ایجاد می نماید.

VI. قطع کننده همزمان



این دستگاه جهت همزمان سازی زمان خاموش و روشن شدن رکتیفایرها برای قرائت پتانسیل Off مورد استفاده قرار می گیرد. سیستم فوق دارای ساعت داخلی سنکرون شده توسط GPS است که زمان عملکرد آن را بطور دقیق کنترل می نماید. تنظیمات این دستگاه میتواند توسط دکمه های تنظیم روی صفحه نمایش دستگاه و یا از طریق سیستم پیامک موبایل انجام گیرد.

نحوه عملکرد این سیستم بدین طریق است که هر دستگاه GPS INTERRUPTER بر روی یک ترانسفورمر رکتیفایر نصب می گردد. دستگاه بعد از برقراری ارتباط با ماهواره، زمان داخلی خود را تنظیم نموده و به محض رسیدن به زمان تعیین شده برای دستگاه، عمل خاموش و روشن کردن ترانسفورمر رکتیفایر را به طور خودکار اجرا می نماید.

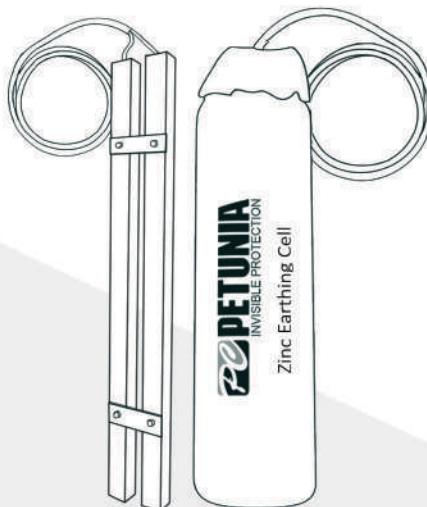


از آنجایی که سلامت کیت های عایقی نقش بسزایی در عملکرد صحیح و موثر سامانه حفاظت کاتدی دارد، لازم است صحت عملکرد آن ها مورد بررسی قرار گیرد. در صورت خرابی کیت های عایقی نصب شده در محل اتصال خطوط لوله های دفنی و رو زمینی و یا در محل اتصال بدن مخازن به خطوط لوله های فلزی امکان نشی جریان کاتدیک وجود دارد که باعث می شود سازه های مورد نظر سیستم حفاظت کاتدیک به حد حفاظتی مناسب نرسند.

یک از تجهیزات متداول برای بررسی کیت های عایقی، آزمونگر کیت عایقی یا دستگاه Radio Frequency Tester است. با اتصال دو پرباب دستگاه RF Tester به دوسر کیت عایقی می توان سلامت آن را بررسی نمود. اگر درصد نشان داده شده روی صفحه نمایش RF Tester کمتر از ۵۰ درصد باشد کیت عایقی و یا متعلقات نصب آن نیاز به تعویض خواهد داشت.

F. تجهیزات جانبی

۱. پیل های اتصال زمین روی (Zinc Earthing Cell)



طبقاً لازم است در محل فلنچ ها از کیت عایقی استفاده شود، به منظور حفاظت از کیت عایقی در موقع ایجاد اختلاف پتانسیل زیاد در دو سر فلنچ از تجهیزات حفاظتی استفاده می گردد. یکی از این تجهیزات حفاظتی، پیل های اتصال زمین روی است. این پیل ها شامل ۱، ۲ یا ۴ عدد الکترود از جنس روی بوده که در بکفیلی حاوی ۷۵٪ گج، ۲۰٪ بنتونیت و ۵٪ سولفات سدیم تولید می گردد. پیل های اتصال زمین روی با دمپ جریان های بالا از کیت های عایقی حفاظت می کند. علاوه بر این، به دلیل پتانسیل منفی تر فلز روی نسبت به فولاد، پیل های اتصال زمین روی می توانند باعث بهبود افت پتانسیل در نزدیکی محل نصب نیز گردد.

۱۱. پیل های پلاریزاسیون

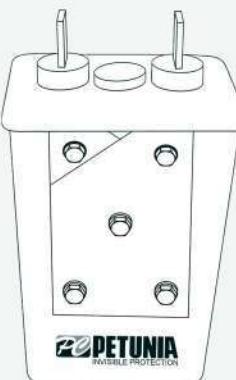
جریان های مختلفی درون سازه های فلزی ممکن است به وجود آید. این جریان ها می توانند ناشی از اتصال کوتاه، صاعقه و... باشند که باقیستی از طریق سیستم زمین از سازه خارج گرددند این در حالی است که جریان حفاظت کاتدی باید در سازه حفظ و از اتفاف آن جلوگیری گردد. پلاریزیشن سل تجهیزی است که جریان DC مربوط به حفاظت کاتدی را در سازه حفظ کرده و جریان های دیگر مربوط به سیستم حفاظت از جان (ارتینگ) را از خود عبور دهد. پلاریزاسیون سل ها در دو نوع تولید می شونند:

پلاریزاسیون سل الکتروولیتی (مایع)
پلاریزاسیون الکترونیکی (جامد)

پلاریزیشن سل مایع وسیله الکتروشیمیایی بوده که از صفحات فولاد زنگ نزن (Stainless Steel) در محلول هیدروکسید پتاسیم٪ ۳۰ تشكیل می شود. این تجهیز در ولتاژهای DC تا ۱,۵ ولت، جریانهای مستقیم کاتدی را از خود عبور نداده و در عین حال مابقی جریانهای موجود در سازه را به سیستم زمین انتقال می دهد. پلاریزیشن سل مایع جهت نصب در محیط های امن کاربرد دارد.

Parameter	Magnitude
Leakage current up to 1.5 volts	< 30mA
DC current tolerable	30A
Tolerable short circuit current	5KA
Tolerable lightning current	100KA

جدول شماره ۵: مشخصات پلاریزیشن سل مایع

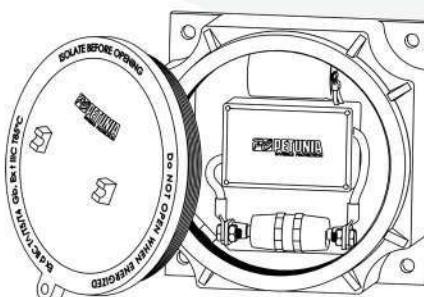


• پلاریزیشن سل جامد

پلاریزیشن سل های جامد، یک تجهیز الکترونیکی است که از نیمه هادی ها، خازن و اسپارک گپ تشکیل شده است که جهت اتصال غیر مستقیم سازه های تحت حفاظت کاتدی به سیستم زمین مورد استفاده قرار می گیرند. این تجهیز با مسدود کردن جریان های حفاظت کاتدی، جریان های دیگر را به سیستم زمین انتقال می دهد. اسپارک گپ وظیفه عبور جریان های ضربه صاعقه، خازن وظیفه عبور جریان های AC القا شده در خطوط انتقال و نیمه هادی ها وظیفه عبور جریان های اتصال کوتاه را دارند. پلاریزاسیون سل های جامد با مشخصات زیر قابل تولید هستند.

Parameter	Magnitude
Blocking voltage Range	-18V _ +18V
Leakage current in the blocking voltage range	< 30mA
DC current tolerable	25A _ 100A
Tolerable short circuit current	5KA _ 50KA
Tolerable lightning current	100KA

جدول شماره ۶: مشخصات پلاریزاسیون سل جامد

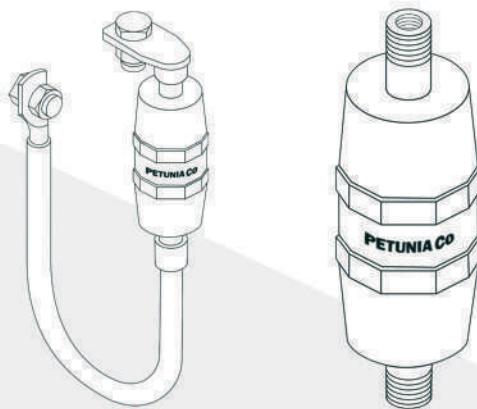


اسپارک گپ تجهیزی است شامل دو الکترود مسی در مقابل هم با فاصله‌ای بسیار کم که در محفظه‌ی خلا قرار گرفته و در حالت عادی نسبت به هم ایزوله بوده و جریانی از آن‌ها عبور نمی‌کند. با برخورد صاعقه به یک سمت، ولتاژ بین دو الکترود افزایش یافته و سبب یونیزه شدن گاز داخل محفظه می‌شود که این امر سبب اتصال الکتریکی بین دو الکترود مسی خواهد شد.

از اسپارک گپ جهت اتصال غیر مستقیم به سیستم زمین و همچنین حفاظت تجهیزات در مقابل جریان‌های صاعقه استفاده می‌شود.

Parameter	Magnitude
Dimensions	120mm×42mm (L×D)
Tolerable lightning current	100KA
Tolerable AC voltage	240V
DC voltage tolerable	500V
Overshoot voltage	< 1.2KV
Protection voltage	< 2.5KV

جدول شماره ۷ : مشخصات اسپارک گپ



IV. تجهیزات جوش احتراقی

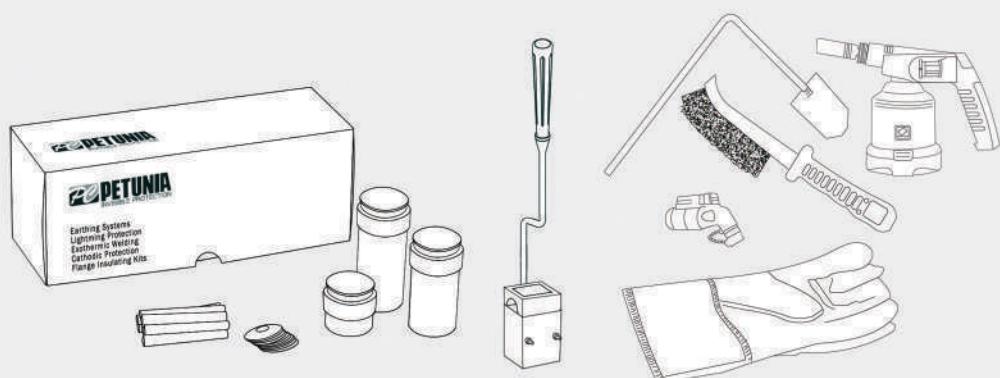
اتصال کابل به سازه (کاتد) می‌تواند به روش‌های مختلفی صورت پذیرد. بر اساس استاندارد BS 7361 یکی از این روش‌ها استفاده از جوش احتراقی است. سیستم‌های جوش احتراقی شامل تجهیزات زیر است:

۱. قالب جوش

۲. پودر جوش

۳. تجهیزات تمیزکاری (شامل کاردک فلزی، برس سیمی، فندک و ...)

قالب جوش از گرافیت با کیفیت بالا که دارای کمترین تخلخل باشد ساخته می‌شود. در صورت رعایت اصول فنی از قبیل پیش گرم کردن قالب، تمیز نمودن قالب پس از هر اتصال و... قالب جوش‌ها توانایی ایجاد حداقل صد اتصال را خواهند داشت.



یکی دیگر از روش های توصیه شده در استاندارد BS 7361 برای اتصال کابل به سازه، استفاده از اتصال پین بریزینگ است. پین بریزینگ یک روش آسان و ایمن بر پایه اصول اتصال متالورژیکی است. فرآیند اتصال پین بریزینگ با فشار دادن ماسه تفونگ دستگاه آغاز می گردد. با این عمل، مانند اکثر جوشکاری های الکتریکی، یک مدار برای عبور جریان DC ایجاد می گردد. در نوک پین که دارای بالاترین مقاومت است یک قوس الکتریکی بین نوک پین و سازه ایجاد می گردد. این قوس و حرارت ناشی از آن سبب ذوب شدن آلیاژ نقره سطح پین و در نتیجه ایجاد اتصال خواهد شد.



پین بریزینگ برای اتصالات بین مقاطع لوله عایق بندی شده، اتصال کابل های اندازه گیری تست و منفی به سازه، نصب آندهای فداشونده دستبندي به خطوط لوله دریایی به دلیل سهولت و سرعت نصب، استحکام مکانیکی بالا و مقاومت پایین، بسیار پر کاربرد است.

سیستم اتصال پین بریزینگ شامل تجهیزات زیر است:

- منبع تولید قوس الکتریکی به همراه باتری های مربوطه

• تفونگ پین بریزینگ

- تجهیزات اتصال شامل: کابل شو، پین و واشر سرامیکی

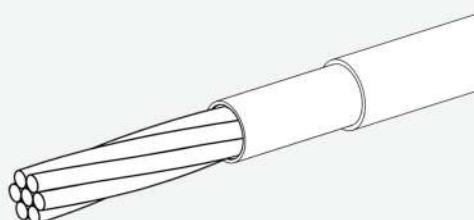
VI. کابل های حفاظت کاتدی

یکی از اجزا اصلی سیستم های حفاظت کاتدی کابل ها هستند. بر اساس استاندارد IPS-M-TP-750 لازم است هادی کابل های مورد استفاده در سیستم های حفاظت کاتدی، از جنس مس آنیل شده باشد. این کابل ها لازم است تک رشته و به صورت نیمه افسان باشند. بر اساس استاندارد مذکور، خلوص و کیفیت مس استفاده شده باید ملزومات استاندارد IEC یا استاندارد ASTM را رعایت نماید. بر اساس الزامات استاندارد IPS-M-TP-750 عایق کابل باید از موادی ساخته شود که از نظر شیمیایی و فیزیکی در برابر اثرات زیست محیطی مقاوم باشند و در سرویس های مدفون یا غوطه ور در آب امکان استفاده داشته باشند. پوشش باید پیوسته و دارای خواص دی الکتریک کافی و مقاومت بالایی در برابر سایش، ترک خودگی تنشی و انتشار شکاف باشد.

عایق کابل باید دارای ولتاژ ۱۰۰۰/۶۰۰ ولت طبق کد ملی برق باشد. کابل های حفاظت کاتدی به دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند:

۱. Cu/XLPE/PVC: جهت استفاده در محیط های غیر اسیدی و فاقد کلر مانند خاک و آب شیرین

۲. Cu/PVDF/HMWPE: جهت استفاده در محیط های حاوی کلر، محیط های اسید، آب دریا، بسترها آندی چاهی و...



اما به صورت کلی روکش کابل شامل دو بخش عایق و غلاف می شود که مشخصات مواد به کار رفته در ساخت هر بخش مطابق بخش ۶-۲ استاندارد IPS-M-TP-750 باید به شرح زیر باشد.

۱. پلی ونیل کلراید (PVC) مطابق الزامات استاندارد ASTM-D-2219 برای استفاده به عنوان عایق کابل و استاندارد ASTM-D-1047 برای استفاده به عنوان غلاف کابل

۲. پلی اتیلن با وزن ملکولی بالا (HMWPE): مطابق الزامات استاندارد ASTM-D-1351 برای استفاده به عنوان عایق کابل و استاندارد ASTM-D-2308 برای استفاده به عنوان غلاف کابل

۳. پلی اتیلن با پیوند متقطع(XLPE): مطابق الزامات استاندارد ASTM-D-2655 برای استفاده به عنوان عایق کابل

۴. پلی وینیلیدین فلوراید(PVDF): مطابق الزامات استاندارد ASTM-D-3144 برای استفاده به عنوان عایق کابل

بکفیل های حفاظت کاتدی با توجه به نوع آندها به دو دسته بکفیل آندهای تزریق جریان و بکفیل آندهای فدا شونده تقسیم می شوند:



• بکفیل آندهای تزریق جریان

مطابق استاندارد IPS-M-TP-750 بکفیل های مورد استفاده در سیستم های حفاظت کاتدی به روش تزریق جریان شامل سه نوع زیر هستند:

نوع ۱: کک ذغال سنگ (کک متالورژی)

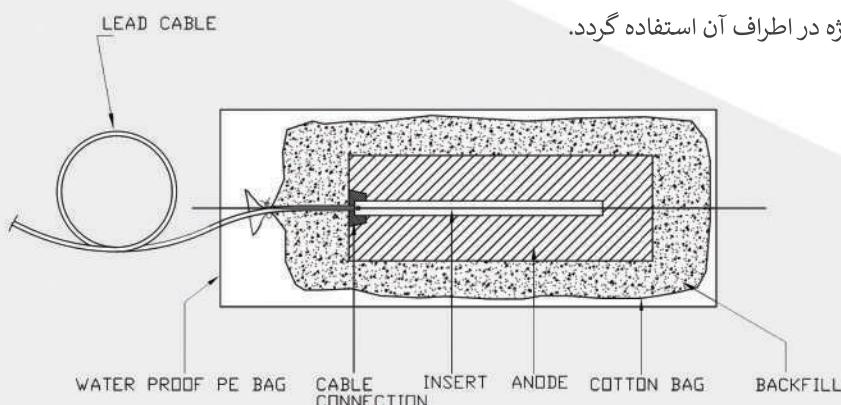
نوع ۲: کک نفتی کلسینه شده

نوع ۳: کک نفتی کلسینه شده ویژه

براساس دانه بندی و درصد ترکیب شیمیایی عناصر تشکیل دهنده کک تقسیم بندی انجام می گردد. استاندارد IPS-M-TP-750 نوع ۱ و ۲ را برای استفاده در بسترهاي سطحی (عمودی یا افقی) و نوع ۳ را برای استفاده در بسترهاي چاهی عمیق توصیه می کند. مقاومت ویژه الکتریکی کک انواع ۱ و ۲ باید کمتر از ۱۰۰ اهم-سانتی متر باشد و مقاومت ویژه الکتریکی نوع ۳ نباید از ۱،۰ اهم-سانتی متر تجاوز نماید.

• بکفیل آندهای فدا شونده

به جهت کاهش مقاومت بسترهاي آندي و افزایش جريان دهی در آندهای فدا شونده لازم است هنگامی که اين آندها در خاک استفاده می شوند از بکفیل ویژه در اطراف آن استفاده گردد.



Gypsum (CaSO4) %	Hydrated	Molding Plaster (Plaster of Paris)	Bentonite Clay %	Sodium Sulfate %	Approx. Resistivity in Ohm-Cm
A 25	---	---	75	---	250
B 50	---	50	50	---	250
C ---	50	50	50	---	250
D 75	---	---	20	5	50

جدول شماره ۸: مشخصات بکفیل آندهای فدا شونده (طبق استاندارد IPS-M-TP-750)

نوع A: با توجه به درصد بنتونیت بالا که سبب افزایش خاصیت حفظ رطوبت بکفیل می شود، برای محیط های با رطوبت پایین توصیه می شود.

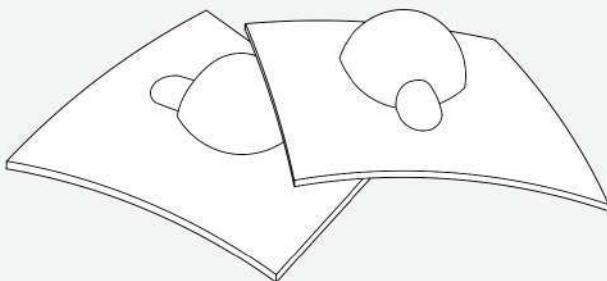
نوع B: برای استفاده به همراه آندهای روی توصیه می شود.

نوع C: برای استفاده در محیط با رطوبت بالا و باتلاقی توصیه می شود.

نوع D: به منظور کاهش مقاومت بین آند و خاک، استفاده از آن در محیط های با مقاومت ویژه خاک بالا توصیه می شود.
دانه بندی بکفیل آندهای فدا شونده باید به گونه ای باشد که صد درصد آن از سرند ۸۴، میلی متر و پنجاه درصد آند از سرند سایز ۱۵، میلی متر عبور کند. همچنین میزان رطوبت آن نباید بیشتر از ۵ درصد باشد.

VIII. تجهیزات سرچاهی و هم مرکز کننده

در بسترهای چاهی عمیق که آندهای حفاظت کاتدی درون چاه قرار می گیرند، لازم است به منظور قرارگیری صحیح و کنترل وزن آند ها تجهیزاتی پیش بینی گردد. این تجهیزات که تجهیزات سرچاهی نام دارند عموماً شامل موارد زیر می شود:



۱. دو میله فولادی به همراه نگهدارنده
۲. قرقه آلومینیومی جهت کنترل طناب نگهدارنده آندها
۳. قرقه چوبی جهت کنترل کابل آندها
۴. دستگیره
۵. هم مرکز کننده

IX. هندی کپ

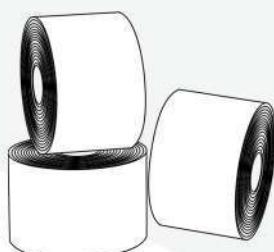
گاهآ قسمتی از پوشش لوله های مدفون در خاک، جهت اتصال کابل به آن برداشته می شود. هندی کپ یک ترکیب پیش ساخته برای ایجاد دوباره پوشش در محل اتصال است که به راحتی و با سرعت بالا قابل اجرا خواهد بود. این ترکیب از سه قسمت اصلی تشکیل شده است:

۱. ورق پلاستیکی فوقانی که قسمتی به شکل گنبد جهت دربر گرفتن جوش و مکانی جهت عبور سیم بر روی آن ایجاد شده است.
۲. یک ترکیب الاستومری جهت جداسازی سطح الکتروولیت با تحمل دماهای بالای که آنقدر انعطاف پذیر است که بتواند شکل بی نظم جوش را به خود بگیرد.
۳. ترکیب الاستومری دوم سیاه رنگ با چسبندگی بالا که برای پوشش محلهای اطراف جوش استفاده می شود.

X. پرایمر

برای ایجاد اتصال کابل به لوله لازم است پوشش لوله تخرب گردد. به منظور جلوگیری از خوردگی در این نقاط، پوشش نواحی تخرب شده پس از ایجاد اتصال باید به صورت مناسبی ترمیم گردد. به این منظور علاوه بر استفاده از هندی کپ در محل جوش و اتصال پیش از نصب آن از پرایمر استفاده می شود.

جنس پرایمر از مواد نفتی بوده و در دو نوع مایع و اسپری تامین می گردد. در مواردی که از هندی کپ IP دار استفاده می شود نیازی به استفاده از پرایمر نیست.



XI. نوار رینگ

در نقاطی که پس از اتصال کابل از پرایمر و هندی کپ برای ترمیم پوشش استفاده می شود، پس از اجرای تجهیزات مذکور و با هدف عایق کاری بهتر لوله، در هنگام تست هالیدی چک در محل انجام اتصالات از نوار عایقی (رینگ) ممکن است استفاده شود.

XII. کیت های عایقی



در محل های جدا سازی خطوط لوله زیر زمینی (UG) و رو زمینی (AG) با هدف جلوگیری از نشت جریان حفاظت کاتدی لازم است در محل فلنچ ها از تجهیزات عایق سازی الکتریکی استفاده گردد. یکی از پرکاربردترین این تجهیزات، کیت های عایقی هستند که شامل قطعات زیر است:

۱. گسکت مرکزی
۲. اسلیو
۳. واشر عایقی
۴. واشر فلزی

گاهی ممکن است اسلیو و واشر عایقی یک تجهیز واحد باشند. دو نوع اصلی کیت های عایقی نوع F (Raised Face) و نوع E (Full Face) هستند. گسکت نوع E تمام سطح فلنج را در بر می گیرد و از قبل سوراخ هایی برای عبور پیچ ها در آن در نظر گرفته می شود. گسکت نوع F تنها دو لبه داخلی فلنج را از یکدیگر جدا می سازد.

سایز کیت های عایقی مطابق سایز فلنج بر اساس استانداردهای ANSI B 16.21 و ANSI B 16.20 مشخص می گردد. بنا بر توصیه های استاندارد IPS-M-TP-750 اجزا کیت عایقی باید از مواد زیر ساخته شود:

گسکت مرکزی برای فلنج های Raised Face یا Flat face باید از یک ماده هسته ای چند لایه فنولی تقویت شده که از دو طرف با ورقه های پلیمر کلروپن (مانند نتوپرن) پوشانده شده باشد، ساخته شود.

گسکت مرکزی برای فلنج های Ring Joint باید از یک ماده هسته ای چند لایه فنولی تقویت شده ساخته شود. اسلیوهای عایقی باید از مواد پلی اتیلن با جگالی بالا ساخته شوند.

واشرهای عایقی به استثنای مواردی که بصورت یکپارچه با اسلیو ساخته می شوند، باید از مواد فنولی تقویت شده ساخته شده و ضخامت آنها ۲/۳ میلی متر (نامی) باشد.

اسلیو / واشر های عایقی ترکیبی باید از کوپلیمر استال تزریقی یا معادل آن به صورت ریخته گری و یک تکه ساخته شوند. واشرهای فولادی که باید از فولاد آبکاری شده مطابق با استاندارد BS-3410 و با ضخامت ۳,۲ میلی متر ساخته شوند.

XIII. مفصل های رزینی

در سیستم های حفاظت کاتدی و در محل اتصال کابل ها به یکدیگر جهت عایق کاری محل اتصال از مفصل های رزینی استفاده می شود. بر اساس استاندارد IPS-M-TP-750 لازم است هر مفصل شامل مواد زیر باشد:

قالب پلاستیکی دو تکه

مایع دوجزی شامل رزین و هاردنر

نوار چسب عایق کاری

انواع مفصل های رزینی شامل مواد زیر است:

۱. مفصل رزینی دو راهی (Straight-through Type)

۲. مفصل رزینی سه راهی A شکل

۳. مفصل رزینی سه راهی Z شکل



مشخصات مواد مورد استفاده مطابق استاندارد IPS-M-TP-750 به شرح زیر است:

قالب پلاستیکی باید از مواد ترموبلاست مصنوعی (مانند پلی کربنات) ساخته شده و به شکل مناسب طراحی شده باشد تا شفاف، خود آب بند، ضد آب و محصول با استحکام بالا ارائه شود. اندازه قالب باید به گونه ای باشد که روی اتصال یک عایق مقاوم در برابر آب ایجاد کند که دارای ولتاژ ۱۰۰۰/۶۰۰ ولت است. باید وزن و گرمای بیش از حد ترکیب را بدون اعوجاج بیش از حد تحمل کند. قالب ها باید دارای دریچه های پر کننده باشند تا پرشدن آسان با ترکیب رزین امکان پذیر باشد و طوری طراحی شوند که حین عملیات پرکردن، هوا داخل مفصل باقی نماند. قالب ها باید طوری طراحی شوند که حداقل ۱۰ میلی متر ضخامت مواد رزینی روی محل اتصال و کابل ها باشد. طرح قالب باید اجازه دهد که عایق روی هر غلاف کابل حداقل ۴۰ میلی متر طول داشته باشد.

◀ حفاظت کاتدیک بتن

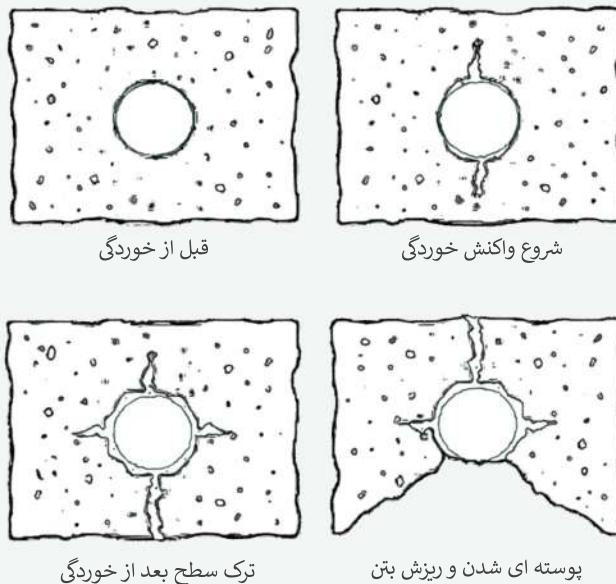
خوردگی میلگرد درون بتن موضوعی است که تا کنون کمتر بدان پرداخته شده است. علت این موضوع شاید اطمینان خاطر اکثر کارشناسان از pH بالای بتن باشد. با توجه به درجات بالای قلیایی بودن بتن، تصور می شود که میلگرد فولادی در آن تحت اثر خطرات ناشی از خوردگی نبوده و مسئله تخرب میلگرد و در نتیجه آن حفاظت کاتدیک بتن چندان جدی تلقی نمی شود.

به لحاظ تئوری در شرایط عادی، میلگرد داخل بتن به طور طبیعی در برابر خوردگی با توجه به این pH نسبتاً بالا حفاظت می شود چرا که با توجه به محیط بتن به دلیل وجود مقادیر بسیاری هیدروکسید کلسیم، هیدروکسید پتاسیم و هیدروکسید سدیم محیطی بسیار قلیایی با pH بالای ۱۲ را دارا است. به همین دلیل با وجود این محیط قلیایی که باعث ایجاد یک لایه نازک اکسید بر روی سطح فلز می گردد، میلگرد را در برابر خوردگی محافظت و تا زمانی که pH محیط بیشتر از ۱۰ باشد میلگرد به لحاظ شیمیایی همچنان غیرفعال مانده و در معرض خوردگی قرار نمی گیرد. اما اتفاقی که در عمل می افتد نشانده نده عدم حفاظت مطلوب فولاد در محیط بتن بوده و حفاظت طبیعی کافی به نظر نمیرسد.

بنابراین مشکلات ناشی از خوردگی فولاد را باید به عواملی نسبت داد که این مخصوصیت را به طور کلی و موضعی از بین برده و خوردگی فولاد را منجر می‌شوند. این عوامل به طور کلی عبارتند از:

- ۱- کربناتیون بتون
- ۲- وجود یون کلراید
- ۳- بتون متخلخل و وجود رطوبت
- ۴- پوشش کم فولاد

در خوردگی آرماتورهای فولادی نه تنها سازه از جهت مقاومت مکانیکی دچار مشکل می‌شود، بلکه بواسطه انبساط ناشی از اکسیداسیون فلز، بتون دچار از هم پاشیدگی شده و فرو می‌ریزد. از این رو طراحی و انجام حفاظت کاتدیک در بتون بسیار مهم تلقی شده و بایستی برای آن تمهیدات لازم را در نظر گرفت.



برای حفاظت از خوردگی میلگردها و پیشگیری از انهدام بتون، روش‌های متعددی که مانند استفاده از میلگردهای گالوانیزه یا زنگ نزن، میلگردهای پوشش دار (پوکسی—ECR)، استفاده از پوشش‌های آب بند کننده، استفاده از بتون کارایی بالا، استخراج الکتروشیمیائی کلر، استفاده از ممانعت کننده‌های خوردگی و حفاظت کاتدیک پیشنهاد می‌شود.

روش‌های قابل انجام سیستم حفاظت کاتدیک در بتون عبارتند از:

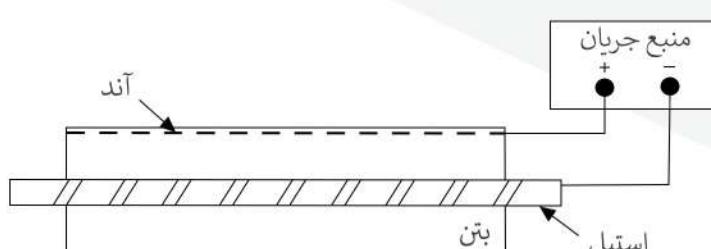
I. سازه‌های ساخته شده

در این سازه‌ها به تناسب شرایط و موقعیت، هریک از روش‌های زیر توسط کارشناسان این شرکت قابل ارائه هستند:

- شبکه آندهای تیتانیومی که عمدتاً برای حفاظت شمع‌های بتونی و ستون‌ها مناسب است.
- سیستم آندهای مجزا. این نوع سیستم جزء مقرنون به صرفه ترین روش‌ها بوده و برای تیرچه‌ها، شمع‌ها و ستون‌ها کاربرد دارد.
- سیستم اسپری حرارتی زنیک. در این روش با ذوب آلومینیوم یا روی و اسپری روی بتون عملیات پوشش دهنده و حفاظت انجام می‌شود.
- سیستم حفاظت کاتدیک یکپارچه پایل‌ها نیز یکی از متدهای حفاظتی است که با استفاده از فایبر گلاس‌های پیش ساخته، به همراه آندهای مش تیتانیومی در داخل Jacket نصب می‌گردند.

II. سازه‌های در حال ساخت

برای این منظور از آندهای تزریق جریان از جنس تیتانیومی MMO، جهت حفاظت کاتدی از سازه‌های فلزی داخل تیرچه‌ها، شمع‌ها و ستون‌های در حال ساخت استفاده می‌گردد.







INVISIBLE PROTECTION

No.11, 2nd St., SARAFRAZ St., BEHESHTI Ave., TEHRAN, IRAN.

P.O. Box: 15875-4834

Tel: +98 (21) 42019, +98 (21) 43057000, +98 (21) 88753898

Fax: +98 (21) 88745214

www.petuniaco.com

info@petuniaco.com

