

Application of Polyphosphate and Sodium Silicate on Corrosion of Potable Water Distribution System

Mehrdadi, N., Assist. Prof., Dept. of Environmental Engineering, University of Tehran
Moradi - Fallah, Sh., Msc., Dept. of Environmental of Engineering University of Tehran
Soltan - Bayazdi, M., Faculty member, Yamahdi Defence Systems Research Institute

Abstract

Internal corrosion of pipes not only decreases the life of the installations, but also causes water quality deterioration by producing the red water problem. In this paper, the effect of polyphosphate and silicate inhibitors on corrosion of potable water distribution system was studied, considering sanitary and health problems. In order to evaluate the effect of the mentioned inhibitors on the corrosion rate of St-37 steel samples which is mostly applied in potable water distribution systems, dynamic polarization curve (Tofel curve) was used. Quality tests on water were carried out to measure the amount of EC, pH, SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , alkalinity and acidity.

Addition of 3ppm sodium polyphosphate decreased the corrosion rate. 7.2 ppm of this inhibitor could decrease the corrosion rate to a minimum of 0.32 mpy (1/4 of initial rate). But increasing it to 9ppm increased the corrosion rate. Inhibiting mechanism of polyphosphate was cathodic.

Maximum effect of liquid sodium silicate was in the range of 3 to 5 ppm; more than 5 ppm decreased the inhibiting effect and in 12ppm corrosion rate could be decreased to 2/5 of the initial rate. Inhibition effect of sodium silicate was anodic. A mixture of polyphosphate and silicate decreased the corrosion rate to 1/3 of the initial rate in fresh water.

بررسی اثر کاربرد ممانعت کننده‌های پلی فسفات و

سیلیکات سدیم بر خوردگی سیستم توزیع آب آشامیدنی

ناصر مهردادی* شادی مرادی فلاح** مصطفی سلطان بایزیدی***

چکیده

خوردگی داخل لوله‌ها از یک سو باعث کاهش عمر مفید تأسیسات و از سوی دیگر با ایجاد پدیده آب قرمز^۱ منجر به تنزل کیفیت آب آشامیدنی می‌گردد. در این مقاله کاربرد دو ممانعت کننده پلی فسفات و سیلیکات سدیم که با توجه به ملاحظات بهداشتی و سلامتی مجاز به استفاده در سیستم توزیع آب آشامیدنی می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته است. برای ارزیابی عملکرد ممانعت کننده‌ها بر میزان خوردگی نمونه‌های فولادی St-37 که بیشترین کاربرد را در لوله‌های سیستم توزیع دارند از منحنی پلاریزاسیون دینامیک (منحنی تافل) استفاده گردید. آزمایش‌های کیفی آب برای تعیین مقادیر pH، EC، سولفات، نیترات، فسفات، کلسیم، منیزیم، کلرور، قلیائیت و اسیدیته انجام شد. استفاده از پلی فسفات سدیم $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ به میزان ۳ppm سرعت خوردگی فولاد را در آب آشامیدنی کاهش داد. با افزایش مقدار ممانعت کننده به ۷/۲ppm سرعت خوردگی به حداقل ۰/۳۲mpy/ یعنی کمتر از ۱/۳ مقدار اولیه رسید. این در حالی است که بالا بردن غلظت پلی فسفات در آب به بیش از ۹ppm سرعت خوردگی را مجدداً افزایش می‌داد. عملکرد ممانعت کننده‌های پلی فسفات به صورت کاتدی بود. سیلیکات سدیم مایع Na_2SiO_3 در غلظت ۳ تا ۵ppm به حداکثر قدرت ممانعت کننده‌گی خود می‌رسید. افزایش مقدار آن به بیش از ۵ppm باعث افت قدرت بازدارندگی شده ولی در ۱۲ppm مجدداً به حداکثر تأثیر خود یعنی کاهش خوردگی به میزان ۲/۵ مقدار اولیه باز می‌گشت. سیلیکات سدیم به صورت آندی عمل می‌نمود. مخلوط ممانعت کننده‌های پلی فسفات و سیلیکات سدیم، سرعت خوردگی فولاد را به ۱/۳ مقدار اولیه آن در آب بدون ممانعت کننده رساند.

۱- مقدمه

خوردگی داخلی لوله‌ها از یک سو باعث کاهش عمر مفید تأسیسات و از سوی دیگر با ایجاد پدیده آب قرمز منجر به تنزل کیفیت آب آشامیدنی می‌شود [۳]. رسوبات آهن ناشی از خوردگی، باعث رشد باکتری‌های آهن می‌شوند که این خود از طریق تولید لجن و یا بوی غیر قابل تحمل سبب کاهش کیفیت آب می‌گردد [۲]. محصولات خوردگی علاوه بر این که محل خوبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشند، با کاهش قطر داخلی لوله باعث افزایش هزینه‌های انتقال و پمپاژ می‌شوند [۹].

شده‌اند که برای کنترل خوردگی در آنها بهترین راه استفاده از مواد شیمیایی است [۶]. ممانعت کننده‌هایی که در سیستم‌های توزیع آب آشامیدنی به کار می‌روند باید از نظر مسمومیت و اثرات کوتاه مدت و درازمدت بر سلامتی تأیید شده باشند [۴]. مزیت مهم استفاده از پلی فسفات‌ها جلوگیری از پدیده آب قرمز ناشی از وجود یون‌های آهن می‌باشد [۵]. محققین زیادی استفاده از سیلیکات‌ها را در کنترل خوردگی سیستم‌های آب آشامیدنی مطلوب دانسته‌اند [۱].

۲- روش تحقیق

۲-۱- خواص آب مورد آزمایش

آب از سد امیر کبیر به آبگیر بیلقان منتقل می‌شود. در آبگیر بیلقان عملیات پیش ته‌نشینی، آشغالگیری و کلرزنی بر روی آن انجام می‌گیرد و سپس قسمتی از آن توسط دورشته لوله فولادی به صورت ثقلی به تصفیه‌خانه جلالیه منتقل می‌گردد. در تصفیه‌خانه ابتدا عملیات انعقاد با استفاده از کلرورفریک صورت می‌پذیرد و سپس مراحل ته‌نشینی و زلال‌سازی توسط اکسیلاتور طی می‌شود. پس از آن عملیات فیلتراسیون و هوادهی و در نهایت گندزدایی با استفاده از کلر انجام می‌گیرد. آزمایش‌های کیفی آب که در آزمایشگاه تصفیه‌خانه مذکور بر روی آب انجام می‌گرفت نشان داد که قلیائیت در حدود $170-120 \text{ mg/lit}$ ، کلسیم $60-40 \text{ mg/lit}$ ، کلرور $30-16 \text{ mg/lit}$ و EC آب حدود $0/5-0/3 \text{ ds/m}$ می‌باشد.

۲-۲- مشخصات نمونه‌های فولادی

نمونه‌های مورد آزمایش از جنس فولاد ساختمانی St-37 انتخاب شدند. ترکیب شیمیایی فولاد St-37 در جدول ۱ آمده است.

۲-۳- روش تهیه و آماده‌سازی نمونه

نمونه‌ها به ابعاد $6 \times 15 \times 15 \text{ mm}$ از ورق اولیه از جنس

فولاد St-37 نورد شده، توسط ماشین‌کاری تهیه شدند. دقت ماشین‌کاری نمونه‌ها زیاد بود به طوری که مساحت سطح آنها با یکدیگر برابر شد. سطح جانبی تمام نمونه‌ها، سوراخکاری و قلاویز گردید تا یک میله رابط بتواند به آنها متصل شود. این میله رابط، نقش ایجاد اتصال الکتریکی به نمونه را داشت.

به جز یک سطح از نمونه‌ها بقیه سطوح آن توسط چسب آرالدایت پوشیده شد تا فقط ناحیه مشخصی از نمونه با محلول در تماس باشد. علاوه بر آن، میله رابط درون شلنگ نازکی قرار گرفته و محل اتصال آن با نمونه نیز توسط چسب آرالدایت عایق گردید. شکل ۱ نمونه فولادی مورد آزمایش را نشان می‌دهد. سطح لخت فلزی نمونه‌ها به ترتیب با سمباده‌های سیلیکون کار باید ۲۴ تا ۱۰۰۰ صیقل شد.

۲-۴- ارزیابی کلی مقاومت به خوردگی نمونه فولادی St-37 در آب ساکن

برای ارزیابی کلی مقاومت به خوردگی نمونه‌های مورد آزمایش، یکی از نمونه‌ها، بعد از چربی‌زدایی، به مدت ۱۰۰ ساعت در معرض آب آشامیدنی قرار داده شد. آزمایش در دمای محیط و شرایط آب ساکن انجام گردید. در اثر تماس نمونه با آب بلافاصله خوردگی اتفاق افتاد و علاوه بر آن رنگ آب به تدریج به قرمزی گرائید که نشانگر وقوع پدیده آب قرمز بود.

بعد از گذشت ۲۴ ساعت لایه‌ای از اکسید آهن قرمز رنگ بر روی نمونه تشکیل شد. ضخامت این لایه پس از گذشت ۱۰۰ ساعت افزایش چشمگیری یافت. در شکل ۲، نمونه قبل و بعد از تماس با آب نشان داده شده است.

۲-۵- ممانعت کننده‌های مورد استفاده

با توجه به جنس لوله‌های مورد آزمایش St-37 و نیز کیفیت آب، ممانعت کننده‌های زیر انتخاب و مورد استفاده قرار

جدول ۱- ترکیب شیمیایی نمونه‌های فولادی St-37

عنصر	C	Si	Mn	P	S	N
درصد	$\leq 0/17$	-	-	0/05	0/05	0/009

* - استادیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

** - کارشناس ارشد مهندسی عمران (مهندسی محیط زیست) - دانشگاه تهران

*** - عضو هیأت علمی پژوهشکده سیستم‌های دفاعی یا مهدی (عج)

I- Red Water

دانشیه جریان خوردگی را کاسته و سپس با از بین رفتن آنها مجدداً جریان خوردگی افزایش می‌یابد. با افزایش مقدار ممانعت کننده به ۴ppm پتانسیل مدار باز قدری مثبت تر شده و دانشیه جریان خوردگی به $1/8 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی به 0.82 mpy می‌رسد. بیشترین تغییر در منحنی کاتدی مربوط به ممانعت کننده با غلظت $7/2 \text{ ppm}$ مشاهده می‌شود. در اینجا دانشیه جریان خوردگی به $0.77 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی به 0.32 mpy تقلیل یافته است. عملکرد کاتدی ممانعت کننده پلی فسفات سدیم را می‌توان به وضوح ملاحظه نمود.

آزمایش‌ها نشان دادند که با افزایش ممانعت کننده به بیش از ۹ppm، پتانسیل مدار باز منفی تر شده و دانشیه جریان و سرعت خوردگی مجدداً افزایش می‌یابد. بنابراین باید توجه داشت که مقدار بحرانی افزودن ممانعت کننده از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. پلی فسفات سدیم در غلظت $7/2 \text{ ppm}$ ، سرعت خوردگی نمونه فولادی را به کمتر از $1/4$ مقدار اولیه آن در آب بدون ممانعت کننده رساند. از نظر ملاحظات بهداشتی افزودن این مقدار ممانعت کننده پلی فسفات به آب آشامیدنی مجاز بوده و اثر سویی بر سلامتی ندارد.

۲-۳ ممانعت کننده سیلیکات سدیم

نتایج آزمایش‌های کیفی آب در جدول ۲ آورده شده است. منحنی پلاریزاسیون پویا مربوط به نمونه‌های فولادی St-37 در آب آشامیدنی بدون افزودن ممانعت کننده و آب دارای ممانعت کننده سیلیکات سدیم با غلظت‌های ۰.۳، ۰.۵، ۰.۸، ۱.۰ و ۱.۲ppm در شکل ۴ نمایش داده شده است. با توجه به منحنی پلاریزاسیون نمونه در آب بدون ممانعت کننده دانشیه جریان خوردگی $5 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی 2.3 mpy می‌باشد. با افزودن مقدار ۳ppm از ممانعت کننده سیلیکات سدیم

کالومل اشباع (Ag/AgCl, Sat.) بود. در حین انجام آزمایش، الکترولیت دائماً توسط یک همزن با سرعت یکنواخت هم زده می‌شد. بعد از برقراری اتصالات لازم بین الکترودها و دستگاه پتانسیوستات، به نمونه مورد نظر به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه زمان داده می‌شد تا با الکترولیت به تعادل شیمیایی برسد. هنگامی که نمونه به تعادل می‌رسید پتانسیل مدار باز (OCP) ثبت شده و رسم منحنی پلاریزاسیون آغاز می‌گردید. محدوده اسکن پتانسیل $\pm 500 \text{ mV}$ و سرعت اسکن 1 mV/sec انتخاب شد.

۳- تحلیل نتایج و بحث

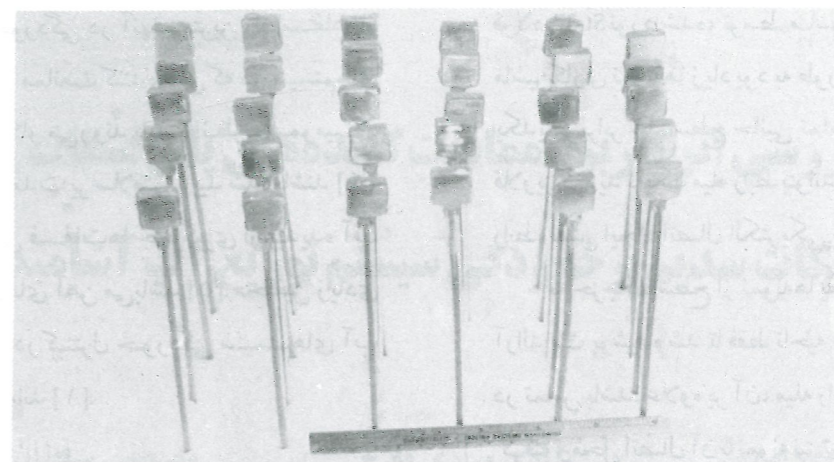
۱-۳ ممانعت کننده پلی فسفات سدیم

منحنی پلاریزاسیون دینامیک مربوط به نمونه فولادی در آب آشامیدنی محتوی ممانعت کننده پلی فسفات سدیم به میزان ۰/۸، ۰/۴، ۰/۲، ۰/۴، ۷/۲ و ۹/۶ppm در شکل ۳ نشان داده شده است. رسم منحنی پلاریزاسیون نمونه در آب آشامیدنی بدون ممانعت کننده در تاریخ انجام این آزمایش نشان داد که پتانسیل مدار باز 280 mV ، دانشیه جریان خوردگی فولاد $3 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی آن $1/38 \text{ mpy}$ می‌باشد. با توجه به منحنی شکل ۳ ملاحظه می‌شود که با افزودن $0/8 \text{ ppm}$ پلی فسفات سدیم، پتانسیل مدار باز و دانشیه خوردگی تغییری ننموده است. اما با افزودن $2/4 \text{ ppm}$ از پلی فسفات سدیم شاخه کاتدی منحنی قدری به سمت چپ میل پیدا کرده است. به طوری که پتانسیل مدار باز قدری مثبت تر شده و دانشیه جریان خوردگی به $2 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی به $0/92 \text{ mpy}$ کاهش یافته است.

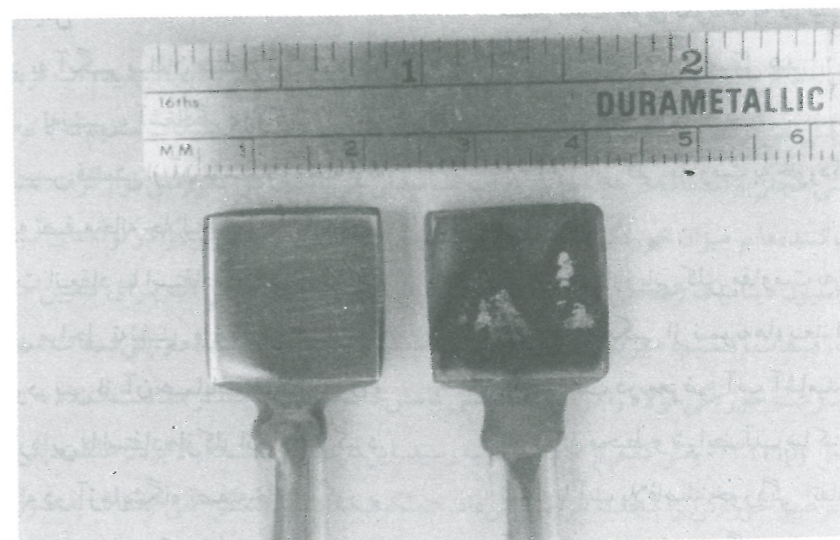
علت ایجاد نوسان در شاخه آندی منحنی‌ها، تشکیل محصولات خوردگی قابل انحلال بر روی سطح نمونه در حین اسکن کردن پتانسیل به سمت پتانسیل‌های مثبت می‌باشد. این محصولات خوردگی ابتدا با تشکیل لایه غیرفعال ناپایدار قدری

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های کیفی آب (نمونه ۱)

PH	EC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Acidity	ALK
	(ds/m)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
۶/۹	۰/۴۸۵	-	-	۱۸۰	۳/۸۲۷	۶۵/۳۸۴	۱۳/۹۹۵	-	۱۷۰	۱۰۰



شکل ۱- آماده‌سازی نمونه‌های فولادی St-37



شکل ۲- نمونه فولادی St-37 قبل و بعد از تماس با آب ساکن به مدت ۱۰۰ ساعت

گرفتند:

- (۴) نیترات و فسفات
- (۵) کلسیم و منیزیم
- (۶) کلرور
- (۷) قلیائیت و اسیدیته

- (۱) پلی فسفات سدیم $Na_5P_3O_{10} \cdot 5H_2O$
- (۲) سیلیکات سدیم Na_2SiO_3
- (۳) مخلوط پلی فسفات سدیم و سیلیکات سدیم

۲-۶ آزمایش‌های کیفی آب

از آنجاکه یکی از عوامل مهم مؤثر بر خوردگی و نیز بر عملکرد ممانعت کننده کیفیت آب می‌باشد، آزمایش‌های کیفی آب در روزهای مختلف برای تعیین مقادیر زیر انجام گرفت.

- (۱) pH
- (۲) EC
- (۳) سولفات

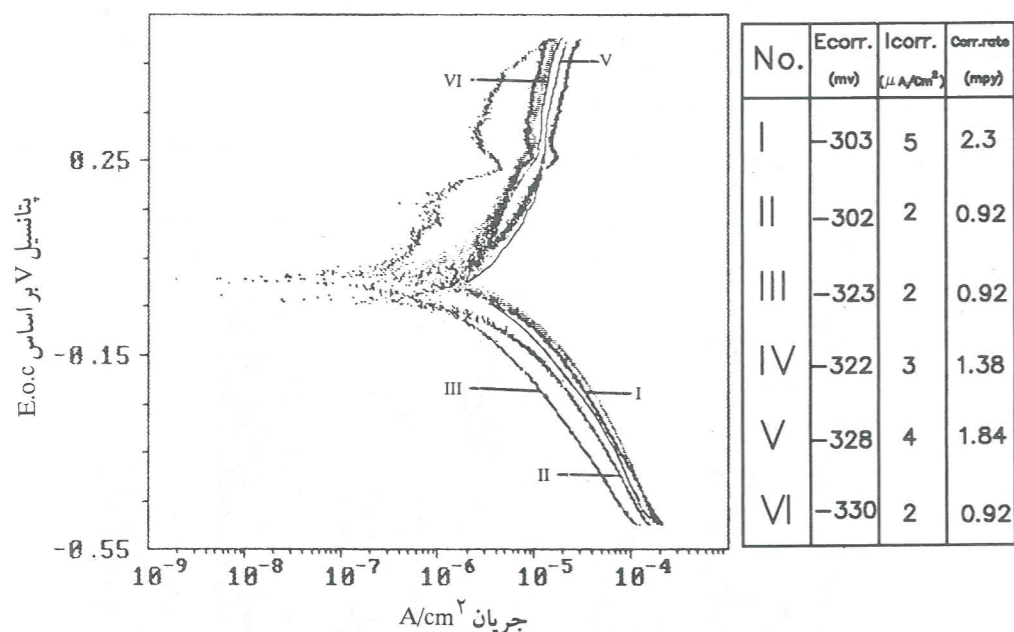
۲-۷ رسم منحنی پلاریزاسیون دینامیک (منحنی تافل)

منحنی‌های پلاریزاسیون نمونه‌های فولادی در آب آشامیدنی طبق استاندارد شیبه به $G5-87$ ، $G102-89$ توسط دستگاه پتانسیوستات^۱ AMEL ۵۰۰۰ رسم شدند. دمای آب در تمامی آزمایش‌ها دمای محیط بود. نمونه‌ها قبل از قرار گرفتن در آب، کاملاً با استون چربی زدایی شدند. الکترودمرجع

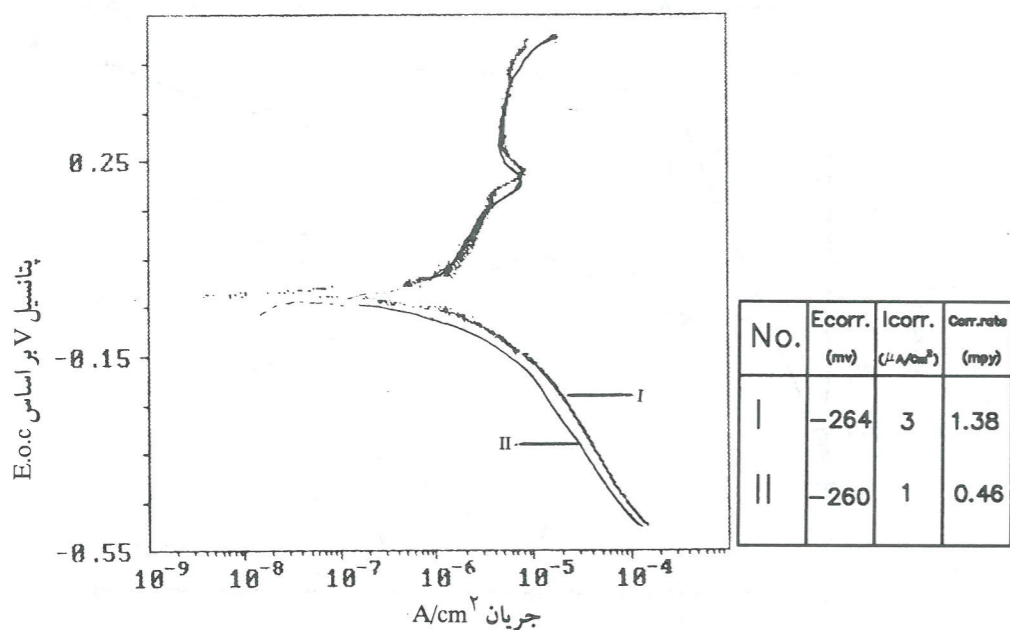
1- Potentiostat

جدول ۳- نتایج آزمایش‌های کیفی آب (نمونه II)

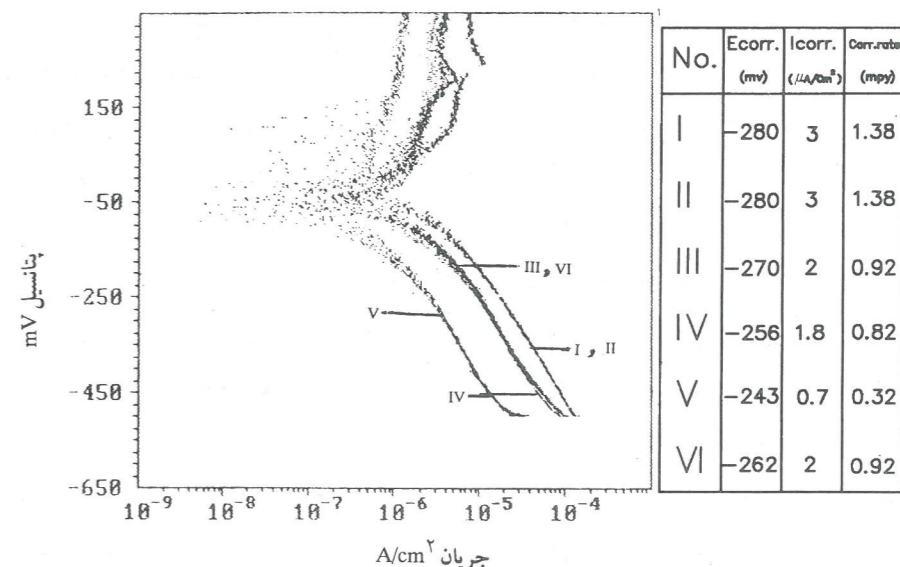
PH	EC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Acidity	ALK
	(ds/m)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
۷/۲	-	-	-	۱۸۸	۴/۰۸	۶۷/۰۸۲	۱۷/۹۹۳	-	۱۰	۱۲۴



شکل ۴- منحنی پلاریزاسیون پویا نمونه فولادی St-37 در آب آشامیدنی: I- بدون ممانعت کننده، II- ۳ppm، III- ۵ppm، IV- ۸ppm، V- ۱۰ppm و VI- ۱۲ppm از ممانعت کننده سیلیکات سدیم



شکل ۵- منحنی پلاریزاسیون پویا نمونه فولادی St-37 در آب آشامیدنی: I- بدون ممانعت کننده و II- ۷/۲ppm پلی فسفات سدیم و ۳ppm سیلیکات سدیم



شکل ۳- منحنی پلاریزاسیون دینامیک نمونه فولادی St-37 در آب آشامیدنی: I- بدون ممانعت کننده، II- ۰/۸ppm، III- ۲/۴ppm، IV- ۴ppm، V- ۷/۲ppm و VI- ۹/۶ppm از ممانعت کننده پلی فسفات سدیم

است. دانسیته جریان و سرعت خوردگی در اینجا به $4 \mu A/cm^2$ و $1/84 mpy$ می‌رسد که نسبت به مقادیر قبل در تقلیل خوردگی تأثیر کمتری داشته اما با این وجود قادر به کاهش خوردگی به $4/5$ مقدار اولیه بوده است. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود شاخه آندی منحنی مربوط به افزایش $12 ppm$ سیلیکات سدیم، تغییر مکان قابل توجهی داشته که نشان دهنده تأثیر خوب این ممانعت کننده با مقدار $12 ppm$ می‌باشد. دانسیته جریان خوردگی $2 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی با این مقدار بازدارنده $0/94 mpy$ می‌باشد که مشابه مقادیر مربوط به 3 و $5 ppm$ است. با توجه به موارد مذکور می‌توان گفت که سیلیکات سدیم در مقادیر 3 و $5 ppm$ دارای حداکثر تأثیر ممانعت کننده می‌باشد. با افزایش مقدار ممانعت کننده به 8 و $10 ppm$ اثر بازدارندگی آن تقلیل یافته و سپس در $12 ppm$ مجدداً به حداکثر تأثیر خود باز می‌گردد.

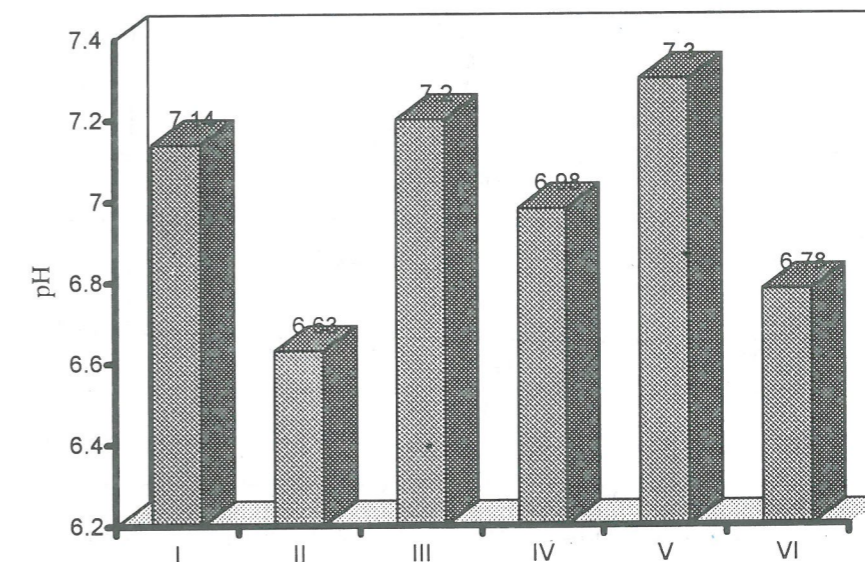
۳-۳ مخلوط ممانعت کننده‌های پلی فسفات سدیم و سیلیکات سدیم در جدول شماره ۳ نتایج آزمایش‌های کیفی آب آورده شده است. شکل ۵ منحنی پلاریزاسیون نمونه فولادی در آب حاوی $7/2 ppm$ پلی فسفات سدیم و $3 ppm$ سیلیکات سدیم را نشان می‌دهد. دانسیته جریان خوردگی $1 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی $0/46 mpy$ یعنی $1/3$ مقدار خوردگی در آب بدون

پتانسیل مدار باز تغییر بسیار جزئی داشته و این در حالی است که دانسیته جریان خوردگی از $5 \mu A/cm^2$ به $2 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی از $2/3 mpy$ به $0/92 mpy$ کاهش یافته است. با توجه به منحنی مشاهده می‌شود که هر دو شاخه آندی و کاتدی میل قابل توجهی داشته‌اند. عملکرد ممانعت کننده سیلیکات سدیم به صورت ایجاد لایه محافظ سیلیکات بر روی سطح بوده که تغییر مکان شاخه آندی به همین دلیل می‌باشد. مقدار بسیار زیاد کاهش دانسیته جریان و به دنبال آن سرعت خوردگی با افزودن $3 ppm$ سیلیکات سدیم تأثیر مطلوب این ممانعت کننده را نشان می‌دهد. افزودن $5 ppm$ از سیلیکات سدیم نیز دانسیته جریان و سرعت خوردگی را همانند مقدار $3 ppm$ به $1/5$ مقدار اولیه آن در آب عاری از ممانعت کننده کاهش می‌دهد. یعنی با افزایش مقدار ممانعت کننده از 3 به $5 ppm$ تغییری در سرعت خوردگی مشاهده نمی‌شود.

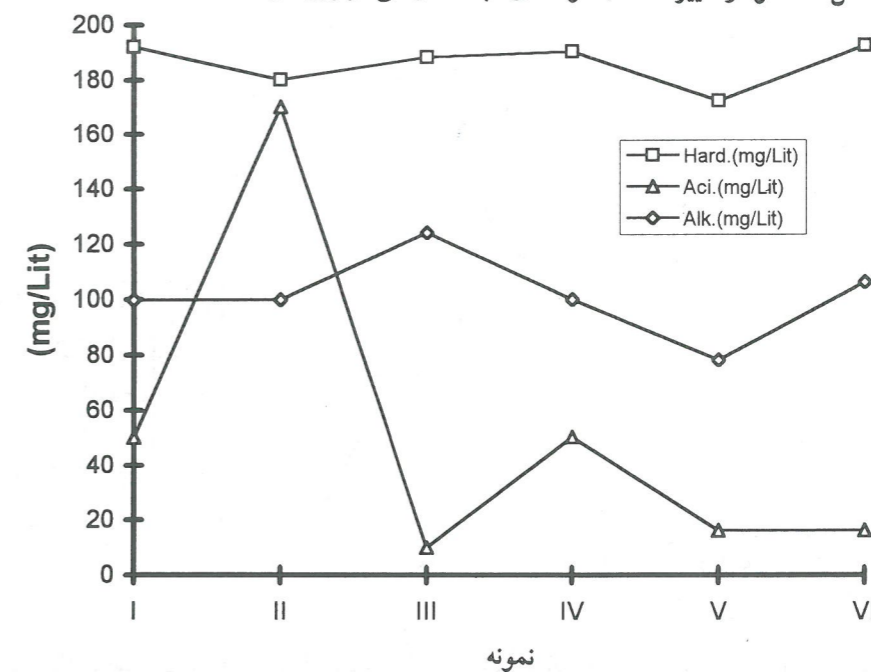
در منحنی مربوط به $8 ppm$ نیز تغییر پتانسیل مدار باز ناچیز می‌باشد اما دانسیته جریان و سرعت خوردگی هر دو کاهش مطلوبی داشته‌اند. دانسیته جریان به $3 \mu A/cm^2$ و سرعت خوردگی به $1/38 mpy$ یعنی به $3/5$ مقدار اولیه کاهش یافته‌اند. در منحنی مربوط به افزودن $10 ppm$ ممانعت کننده سیلیکات سدیم مشاهده می‌شود که شاخه آندی نمودار کمی به سمت راست میل پیدا کرده، اما پتانسیل مدار باز تغییر قبل توجهی ننموده

ممانعت کننده است. در این آزمایش پلی فسفات سدیم با دخالت در واکنش کاتدی و کند کردن آن، شاخه کاتدی را قدری به سمت چپ منتقل کرده است. علاوه بر آن، سیلیکات سدیم با دخالت در واکنش آندی منجر به کاهش سرعت خوردگی شده است. بدین ترتیب عملکرد مخلوط ممانعت کننده مزبور به صورت مختلط می باشد.

۴-۳ اثر تغییرات کیفیت آب بر خوردگی نمونه های فولادی



شکل ۶- نمودار تغییرات pH نمونه های آب آشامیدنی در روزهای مختلف



شکل ۷- نمودار تغییرات سختی، اسیدیته و قلیائیت نمونه های آب آشامیدنی در روزهای مختلف

همان طور که قبلاً ذکر شد، کیفیت آب در میزان خوردگی آن و همچنین عملکرد ممانعت کننده نقش مهمی را ایفا می کند. اکسیژن محلول، pH، غلظت کلسیم، منیزیم، سولفات، فسفات، نترات و... عواملی هستند که از اهمیت زیادی برخوردارند. به همین دلیل نمونه های آب در چند روز مختلف مورد آزمایش قرار گرفتند. چنان که در شکل های ۶ و ۷ مشاهده می شود pH، اسیدیته و قلیائیت تأثیر زیادی بر قدرت خوردگی آب دارند و به وضوح تغییرات بارزی از خود نشان داده اند.

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از کاربرد دو ممانعت کننده پلی فسفات سدیم و سیلیکات سدیم و مخلوط آنها در آب آشامیدنی مورد آزمایش نشان داد که این ترکیبات قادر به کاهش سرعت خوردگی فولاد St-37 (که مصرف زیادی در لوله های سیستم توزیع دارد) می باشند. حضور اکسیژن یکی از عوامل بسیار مهم خوردگی فولاد می باشد و چون وجود اکسیژن فراوان در آب آشامیدنی اجتناب ناپذیر است، لذا استفاده از یک روش عملی به منظور جلوگیری از خوردگی لوله های فولادی ضروری به نظر می رسد. حداکثر میزان خوردگی مجاز از دیدگاه AWWA، ۱ mpy است. در صورتی که در آب تهران سرعت خوردگی بین ۰/۳۲ تا ۲/۳ mpy متغیر می باشد و این در حالی است که آب اکثر مناطق کشور کیفیتی بسیار پایین تر از آب تهران دارد. نتایج حاصل از کاربرد ممانعت کننده های پلی فسفات و سیلیکات سدیم و مخلوط این دو به صورت زیر می باشد: (۱) استفاده از پلی فسفات سدیم $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ به میزان ۳ ppm سرعت خوردگی فولاد St-37 را در آب آشامیدنی کاهش داد. با افزایش مقدار باز دارنده به ۷/۲ ppm، سرعت خوردگی به

حداقل ۰/۳۲ mpy یعنی کمتر از $\frac{1}{4}$ مقدار اولیه رسید. بالا بردن غلظت پلی فسفات در آب به میزان بیش از ۹ ppm سرعت خوردگی را افزایش داد. عملکرد ممانعت کنندگی پلی فسفات به صورت کاتدی بود. (۲) سیلیکات سدیم مابع Na_4SiO_4 در غلظت ۳ تا ۵ ppm به حداکثر قدرت ممانعت کنندگی خود می رسید. افزایش ممانعت کننده به بیش از ۵ ppm منجر به قدری افت در توان بازدارندگی شده ولی در ۱۲ ppm مجدداً به حداکثر تأثیر خود یعنی کاهش خوردگی به میزان $\frac{1}{5}$ مقدار اولیه باز می گشت. عملکرد سیلیکات سدیم به صورت آندی بود. (۳) مخلوط ممانعت کننده های پلی فسفات سدیم ۷/۲ ppm و سیلیکات سدیم ۳ ppm با عملکرد مختلط، سرعت خوردگی فولاد را به $\frac{1}{4}$ مقدار اولیه آن در آب بدون ممانعت کننده رساند. (۴) با توجه به این که خوردگی آب در اکثر نقاط ایران بسیار بیشتر از خوردگی آب حدود آزمایش می باشد لذا پیشنهاد می شود کاربرد ممانعت کننده خوردگی به عنوان یکی از روش های مؤثر کنترل خوردگی سیستم های توزیع آب آشامیدنی در کلیه مناطق ایران مورد توجه قرار گیرد.

منابع و مراجع

- ۱- سیدرضی، س.م.، ۱۳۷۶، کنترل خوردگی در صنایع، جلد اول، انجمن خوردگی ایران.
- ۲- شریعت پناهی، م.، ۱۳۷۵، اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- مرادی فلاح، ش.، ۱۳۷۸، بررسی کاربرد ممانعت کننده های خوردگی در سیستم توزیع آب آشامیدنی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.
- 4- Ainsworth, R.G. (1980). " Corrosion Inhibitors in Distribution Systems ", Water Services, 84(1009): 145-148,154.
- 5- Cooperative Research Report. (1985). " Internal Corrosion of Water Distribution Systems ", AWWA Research Foundation and DVGW-For Schungstelle.
- 6- Kemmer, F.N. (Editor). (1988). " The Nalco Water Handbook ".
- 7- Otero, E. and Royuela, J.J. (1993). " The Assessment of Short Term Data of Pipe Corrosion in Drinking Water - I : Galvanized Steel ", Corrosion Science, 34(10): 1581-1593.
- 8- Royuela, J.J. and Otero, E. (1993). " The Assessment of Short Term Data of Pipe Corrosion in Drinking Water - II: Copper ", Corrosion Science, 34(10): 1595-1606.
- 9- Sander, A., Berghult, E., Elfstrom Broo, A., Lind Johansson, E. and Hedberg, T. (1996). " Iron Corrosion in Drinking Water Distribution Systems - The Effect of pH, Calcium and Hydrogen Carbonate ", Corrosion Science, 38(3): 443-445.