

## خوردگی و رسوب گذاری در سیستم های آبرسانی :

مهندس رضا پیری علم

### کارشناس ارشد بهداشت محیط

**خوردگی** یکی از مهمترین مشکلات در صنعت آب است و می تواند سلامت عمومی ، کیفیت و هزینه تولید آب سالم را تحت تاثیر قرار دهد . خوردگی مشکلاتی بر روی مسائل اقتصادی ، زیبا شناختی و بهداشتی می گذارد . خوردگی از کلمه **corroder** به معنی سایش گرفته شده است. آبهای خورنده از نقطه نظر بهداشتی ، اقتصادی و زیبا شناختی نامطلوبند و علاوه بر نشت فلزات خطرناکی چون سرب و کادمیم به درون آب آشامیدنی و به خطر افتادن سلامت شهروندان موجبات اعتراض مصرف کنندگان را فراهم می سازد . از طرف دیگر به علت بروز شکستگی ها و پوسیدگی های متعدد در شبکه توزیع ، علاوه بر افزایش حجم آب از دست رفته و امکان بروز آلودگی های ثانویه که در پاره ای اوقات ممکن است سبب شیوع بیماریهای واگیردار و اپیدمی های خطرناک شود ، سالیانه هزینه هنگفتی را جهت ترمیم و تعویض لوله ها ، شیر آلات و پمپ های پوسیده و سوراخ شده به تاسیسات شهری و خانگی تحمیل می کند.

**رسوب گذاری** از کلمه **sedimentat** و به معنی رسوب گرفته شده است . رسوب گذاری از بوجود آمدن یک لایه سخت بر روی سطوح در تماس با آب در اثر به حد اشباع رسیدن جامدات محلول در آب. تشکیل رسوب در لوله ها و در آبهایی که کربنات کلسیم در حد فوق اشباع باشد و مقادیر سختی آن هم بالا باشد ، منجر به گرفتگی لوله ها شده و کارایی گرم کننده های آب گرم و دیگ بخار را کاهش می دهد . رسوبات همچنین می توانند در سیستم های منازل مشکلات فراوانی از جمله افزایش میزان مصرف انرژی را بوجود آورند.

### انواع خوردگی در سیستم های آبرسانی :

#### خوردگی داخلی :

در خوردگی جدار داخلی لوله های آب آشامیدنی ، کیفیت آب به عنوان عامل محیطی در تماس با جدار داخلی لوله نقش اساسی دارد . بنابراین تعیین ویژگیهای آب شامل خصوصیات و کیفیت آب بسیار ضروری است . آب درون سیستم توزیع ممکن است خورنده باشد . آب خورنده اصطلاحی است ، که برای توضیح آب مهاجم بکار می رود ، که می تواند فلزاتی را که با آن در تماس هست حل کند . در خوردگی درونی لوله ها در واکنش با آب خورده شده و باعث خرابی کیفیت آب می شوند .

فاکتورهای متعدد بیولوژیکی شیمیایی و فیزیکی می تواند سرعت و رخ دادن خوردگی را افزایش دهد . خوردگی داخلی را به دو نوع خوردگی یکنواخت و موضعی تقسیم بندی می کنند .

### **خوردگی یکنواخت :**

معمول ترین و متداولترین نوع خوردگی است . خوردگی یکنواخت وقتی اتفاق می افتد که سطح داخلی لوله بصورت تقریباً یکسان خورده شود . در نتیجه حمله یکنواخت ، دیواره لوله نازک می شود بطوریکه نتواند تحت فشار آب یا بار خارجی مقاومت کند . لذا ساختمان آن دچار عیوب و نواقصی چون شکستگی و سوراخ شدن می شود.

### **خوردگی موضعی:**

معمول ترین نوع خوردگی در سیستم های آبی که به شکل غیر یکنواخت و به صورت ناهموار به سطوح فلزات حمله می کند . خوردگی موضعی وقتی اتفاق می افتد که سطح فلز بطور غیر یکنواخت مورد حمله قرار گیرد بطوریکه بعضی مناطق به شدت از خوردگی متاثر می شوند ، در حالیکه ممکن است مناطق مجاور نزدیک متاثر نشوند . این نوع خوردگی به مناطق کوچک حمله می کند و حفره های عمیقی به وجود می آورد و دیواره های لوله یا مخزن را سوراخ می کند.

### **انواع خوردگی در لوله های آب آشامیدنی :**

چنانچه دو فلز غیر مشابه در الکترولیت یکسان مستغرق باشند ، همواره یک تعویض داخلی یون ها بین آنها یا با محلول الکترولیت وجود دارد ، که نتیجه آن خوردگی گالوانیک است ، آهنی که جهت ساخت لوله بکار می رود ممکن است دارای ناخالصی باشد مانند نیکل ، سرب ، قلع ، مس و غیره که دارای پتانسیل پائین تر نسبت به آهن خالص است ، این ناخالصی ها در حضور آب به کاتد تبدیل می شوند و آهن آند می شود . یون های آند به علت انتقال و ذخیره روی کاتد ، کاهش می یابند و نتیجه این کاهش خوردگی است.

### **خوردگی حفره ای :**

در این نوع خوردگی که آنرا خوردگی سوزنی نیز می گویند ، حفره های عمیق در سطح فلز بوجود می آید . این نوع خوردگی معمولاً در پیل های خوردگی پیش می آید که سطح آند و کاتد آنها کاملاً از هم جداست ، آند در داخل حفره و کاتد معمولاً در سطح محیطی حفره قرار دارد . نتیجه یا تشکیل حفره آسیب شدیدتر ( در مقایسه با خوردگی یکنواخت ) است . به عبارت دیگر حفره ای شدن یک فلز در سیستم های آبی نوعی حمله ناحیه ای است که از تشکیل محوطه های ناحیه ای آندیک بسیار ناشی می گردد . حفره دار شدن فلز در محیط آبی می تواند در اثر پیل های غلظتی اکسیژن و یا یون هایی نظیر کلر و سولفات

باشد . محل های آندیک در این شرایط می تواند در نواحی با اکسیژن کم ، حرارت زیاد ، محل بریدگیها ، خراشها و ترکهای روی سطح فلز ناشی گردد . خوردگی حفره ای یکی از مخرب ترین نوع خوردگی است ، زیرا به راحتی لوله ها را به علت سوراخ های کوچک از کار می اندازد.

### **خوردگی شکافی :**

حالت خاص و شدیدی از خوردگی موضعی است که در شکاف و درز سطوح لوله ها اتفاق می افتد . این نوع خوردگی با حجم کوچک محلول ساکن در حفره ها ، اتصالات لوله ها و رسوبات روی سطوح و محصولات خوردگی مرتبط است . آبی که درون شکافها محبوس است با آب که بطور آزاد در لوله ها جاری است کاملا متفاوت است . میزان خوردگی شکافی با تغییراتی که در شکاف رخ میدهد مانند تغییر در PH ، تغییر در اکسیژن محلول ، افزایش یک یون خورنده یا تهی شدن از مواد شیمیایی باز دارنده خوردگی ، متناسب است . لذا در داخل شکاف شدت خوردگی نسبت به خارج شکاف بیشتر است . خوردگی شکافی در اغلب فلزات ایجاد می شود . خطر خوردگی شکافی بیشتر متوجه فلزات اثر ناپذیر نظیر فولاد ضد زنگ است.

### **خوردگی سایشی :**

زمانیکه سرعت جریان آب که از لوله می گذرد افزایش یابد ، باعث برخورد مکانیکی آب با جدار لوله شده و خوردگی سایشی را بوجود می آورد . این نوع خوردگی با حذف موضعی لایه محافظتی افزایش یافته و فلز به صورت یون محلول یا به صورت محصولات خوردگی جامد از سطح لوله حذف می گردد به عبارت دیگر افزایش میزان هدر رفتگی یک فلز در اثر حرکت نسبی بین سیال خورنده و سطح فلز را خوردگی سایشی یا فرسایشی می گویند.

### **خوردگی بیولوژیکی :**

از بین رفتن یا انهدام یک فلز به وسیله فرآیندهای خوردگی که بطور مستقیم یا غیر مستقیم در نتیجه فعالیت موجودات جاندار است ، را خوردگی بیولوژیکی می نامند . این موجودات شامل انواع میکروسکوپی مثل باکتریها و انواع ماکروسکوپی مثل جلبکها و جانوران دریایی دیگر ، می باشند.

### **برآمدگی و ناهماری :**

در اثر تجمع مواد حاصل از خوردگی در قسمت آند است.

### **خوردگی کاویتاسیون :**

نوعی از خوردگی سایشی است.

## عوامل موثر در خوردگی داخلی:

### ۱- عوامل فیزیکی شامل:

**درجه حرارت:** میزان خوردگی با افزایش دما افزایش می یابد. افزایش درجه حرارت آب موجب کاهش مقدار کربنات کلسیم محلول در آب می شود. در حدود  $80^{\circ}\text{C}$ ، میزان خوردگی به حداکثر خود می رسد.

**سرعت جریان:** در سرعت جریان بالا لایه حفاظتی  $\text{CaCO}_3$  از بین می رود و فلز در معرض خوردگی قرار می گیرد خصوصاً در سرعت جریان بالاتر از  $1/5$  متر برثانیه. زیرا سرعت جریان اجازه می دهد تا اکسیژن با  $\text{CO}_2$  بیشتری با سطح داخل لوله تماس داشته و موجب اصطکاک و خوردگی سایشی می شود.

**فلزات غیر همجنس:** مربوط به خوردگی گالوانیک است که قبلاً شرح داده شد.

### ۲- عوامل شیمیایی:

#### ازمهمترین عوامل شیمیایی:

**PH:** در PH کمتر از ۷ آب دارای خاصیت خوردگی و در PH بالا ( $> 7/5$ ) آب دارای خاصیت حفاظتی لوله هاست. در PH بالاتر از ۱۲ آب خاصیت خوردگی پیدا می کند.

**هدایت الکتریکی آب:** سرعت خوردگی آب در شرایط یکسان (تعداد اکسیژن محلول و دیگر پارامترهای موثر در خوردگی ثابت بماند) با افزایش EC و TDS افزایش می یابد

**کل جامدات محلول:** هرچه مقدار نمکهای محلول بیشتر باشد، پتانسیل خوردگی آب افزایش می یابد. حضور یون های  $\text{Cl}^-$  و  $\text{SO}_4^-$  سبب تشدید خوردگی و یون هایی نظیر کربنات، بیکربنات و کلسیم سبب تقلیل خوردگی می شود.

**قلیائیت:** هرچه قلیائیت آب بیشتر باشد ظرفیت بافری آن بیشتر است. به موازات افزایش قلیائیت و PH میزان خوردگی آب کاهش می یابد.

**سختی آب:** سختی آب بطور عمده براساس دو فلز کلسیم و منیزیم سنجیده می شود. آب طبیعی اگر سخت نباشد اسیدیته آن بالاست، چنین آبی خورنده است. آبهای سخت موجب مسدود شدن لوله ها میشود.

### ۳- عوامل بیولوژیکی:

**باکتریهای احیا کننده سولفات:** مهمترین باکتریهای احیا کننده سولفات، دی سولفوویبریو و دی سولفوریکان که باعث افزایش سرعت خوردگی در شبکه توزیع آب می گردند. خصوصاً درجایی که اکسیژن وجود نداشته باشد.

**باکتریهای احیا کننده آهن :** باکتریهای آهن مثل گالیونلا و کرنوتریکس روی جدار داخلی لوله ها تشکیل لعاب می دهند ،  
زیر این لایه چسبنده مقدار زیادی  $\text{CO}_2$  و PH های پایین تر که سرعت خوردگی بیشتر است تولید می شود.

**باکتریهای احیا کننده نیترات و مولد متان :** این باکتریها ممکن است باعث افزایش PH در نقطه ای از سطح فلز گردند که این کار باعث تسریع در واکنش خوردگی می شود.