

خوردگی میکروبیولوژیک

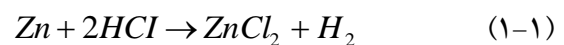
MSRP Group

۱-۱- مشکلات چاههای آب و عوامل ایجاد این مشکلات

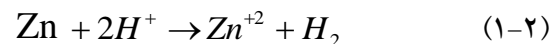
چاه های آب پس از مدتی به دلایل متفاوتی دچار کاهش توان آبدهی اسمی خود می گردند. این کاهش باعث عدم امکان دستیابی به دبی آب مورد نظر در طراحی اولیه شده و در دراز مدت باعث صرف هزینه بالای تعمیرات و یا ضرورت حفر چاه های جدید می گردد. از دلایل عمده کاهش آبدهی چاه می توان به کاهش سطح آب زیرزمینی، خوردگی شیمیایی، رسوب مواد محلول آب در بخش گراول پک و شبکه های لوله جدار و خوردگی بیولوژیک و رشد باکتری در لوله های آبده و نهایتاً انسداد بیولوژیکی به همراه ماسه دهی و فرسوده شدن تجهیزات چاه اشاره کرد. جرم گرفتگی یا کاهش سطح مقطع واقعی لوله آبده از مشکلات اصلی کاهش آبدهی چاه های آب است که می تواند به یکی از سه دلیل عمده شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی روی دهد. در ادامه به توضیح مختصر هر یک از این عوامل پرداخته خواهد شد.

۱-۱-۱ خوردگی الکتروشیمیایی (Electrochemical corrosion)

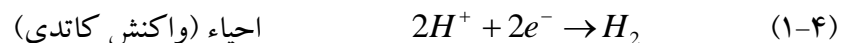
طبیعت الکتروشیمیایی خوردگی را می توان با خورده شدن فلز روی بوسیله اسید کلریدریک نشان داد. زمانی که یک قطعه روی را تماس با اسید کلریدریک وارد می کنیم، واکنش سریع و مداومی اتفاق می افتد، گاز هیدروژن آزاد شده و روی وارد محلول می شود و تشکیل محلول کلرور روی می دهند. واکنش انجام شده به شکل زیر است:



با توجه به اینکه یون کلر در واکنش دخالتی ندارد، این معادله را بصورت زیر می توان نوشت:



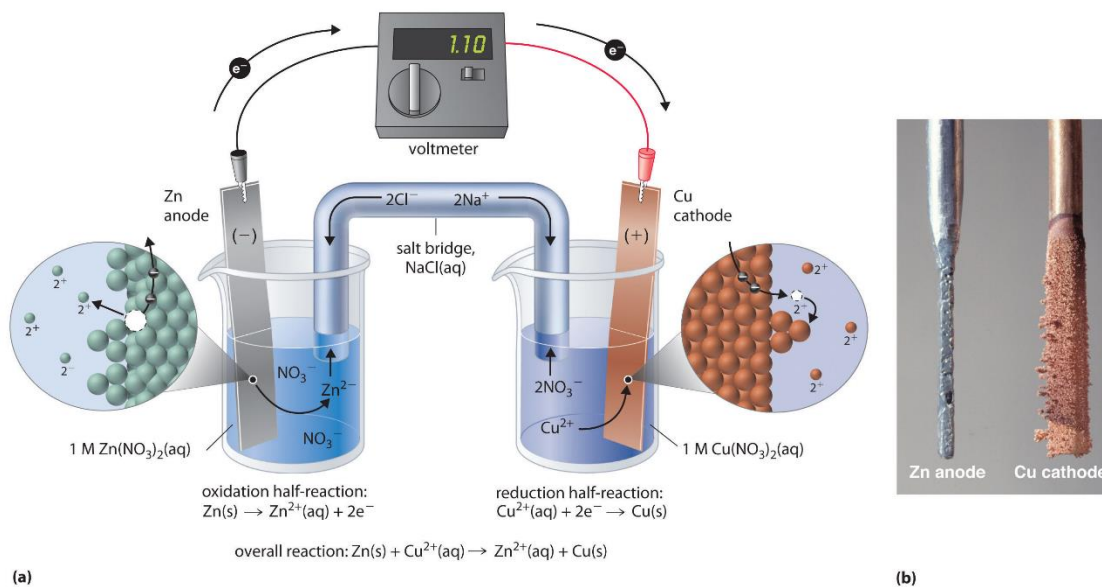
بدین ترتیب، روی با یونهای هیدروژن اسید ترکیب شده و تشکیل یونهای روی و گاز هیدروژن می دهد. در طی این واکنش، روی اکسید شده و تبدیل به یونهای روی می شود و یونهای هیدروژن با گرفتن الکترونهای آزاد شده توسط روی احیاء شده و تبدیل به هیدروژن شده اند. بدین ترتیب معادله (۱-۲) را می توان بسادگی به دو واکنش، اکسیداسیون روی و احیاء یونهای هیدروژن تقسیم نمود:



در واکنش اکسیداسیون ظرفیت افزایش می یابد یا بعبارت دیگر الکترون تولید می شود. در صورتی که در واکنش احیاء ظرفیت کم می شود یا الکترون مصرف می شود.

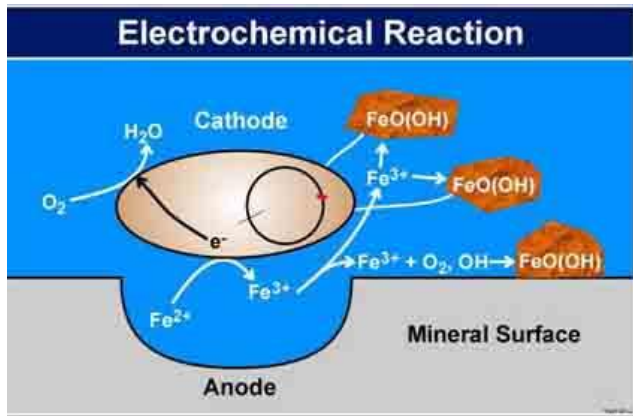
مسئله فوق در شکل (۱) نشان داده شده است. در اینجا یک اتم روی، تبدیل به یون روی و دو الکترون شده است. این الکترونها که در فلز باقی می ماند، در واکنش احیاء یونهای هیدروژن سرعت مصرف می شوند (شکل ۱). این

دو واکنش بخاطر واضح تر بودن، جدا از هم نشان داده شده اند. در بعضی حالات، واکنش اکسیداسیون بطور یکنواخت روی سطح فلز واقع می شود، در حالی که در بعضی موارد دیگر موضعی بوده و در نواحی خاصی اتفاق می افتد.



شکل ۱- واکنشهای الکتروشیمیایی که هنگام خوردن فلز روی در اسید سولفاتیک عاری از هوا (فاقد اکسیژن حل شده) اتفاق می افتد.

بیشتر خوردگی ها وقتی آغاز می شود که یک سلول الکتروشیمیایی یا پیل الکتریکی در اطراف چاه تشکیل شود. وقتی دو فلز مختلف در چاه وجود داشته باشد، یکی از آنها آند و دیگری کاتد می شود و یک سلول الکتروشیمیایی شکل می گیرد. مواد دیگری نیز وجود دارند که باعث تشکیل سلول الکتروشیمیایی می شوند. برای مثال وجود H_2S (سولفید هیدروژن)، کلرورها، سولفاتها، نیتراتها، بی کربناتها، دی اکسید کربن و اکسیژن سبب شدت خوردگی آب می شوند. کلیه یونهای موجود در آب به علت آن که در میزان هدایت الکتریکی آب مؤثرند، واکنشهای شیمیایی را تحت تأثیر قرار می دهند و ممکن است سبب رسوبگذاری و یا حل شدن آنها شود که خود بر عمل خوردگی تأثیر می گذارند. شکل ۲، یک نمونه از خوردگی الکتروشیمیایی را در لوله آبدۀ چاه نشان می دهد.



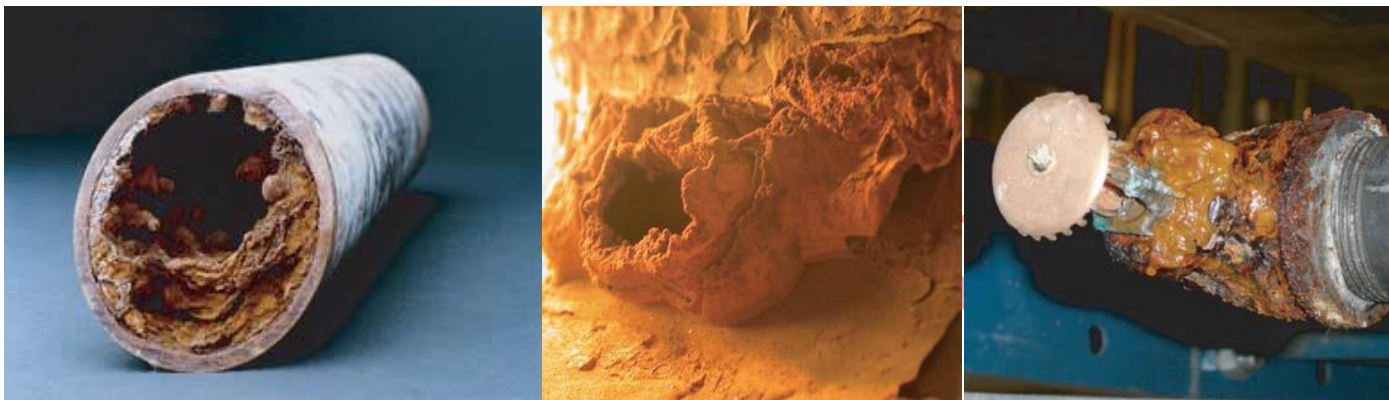
شکل ۲. شکل شماتیک از فرایند خوردگی و یک نمونه لوله آبدۀ خورده شده توسط مکانیزم الکتروشیمیایی.

۱-۱-۲ خوردگی میکروبیولوژیکی (Microbiological corrosion)

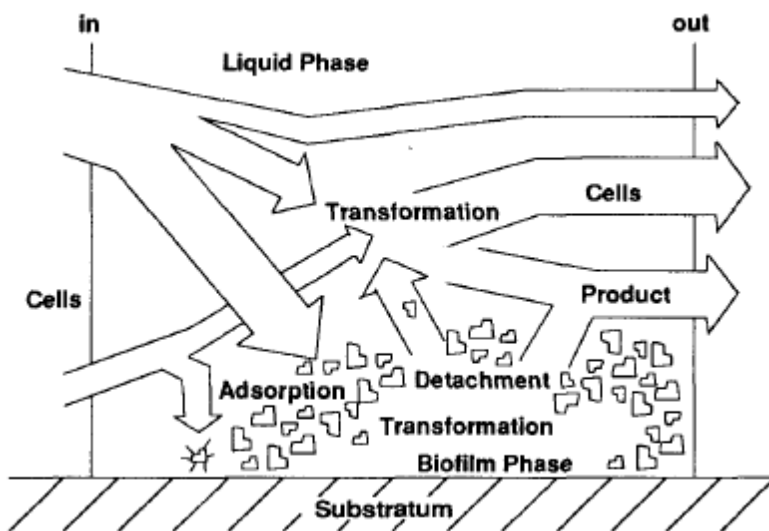
در این نوع از خوردگی تعدادی از موجودات تک سلولی مثل باکتری‌های آهن خوار و باکتری‌های سولفات خوار بر روی سطح لوله می‌چسبند، رشد کرده و با تولید رسوب و یا ایجاد خوردگی در روی سطح لوله باعث کاهش آبدهی لوله و تخریب خط انتقال آب می‌گردند. برای رشد باکتری‌های آهن یا سولفات خوار حضور چهار فاکتور ۱- محیط میزبان (سطح فلز لوله)، ۲- عامل رشد (مواد محلول در آب که باعث رشد می‌گردد)، ۳- محیط مرطوب برای رشد (آب) و ۴- حضور اکسیژن برای باکتری‌های هوازی به شکل همزمان الزامی است. اگر هر یک از عوامل بالا مانند رطوبت یا عامل غذایی حذف گردد، رشد باکتری‌ها متوقف می‌گردد. این رشد در محدوده دمایی خاصی شروع می‌شود و معمولاً با افزایش دما افزایش می‌یابد. شکل ۳ نمونه‌ای از خوردگی میکروبیولوژیکی اتفاق افتاده در لوله را نشان می‌دهد. در شکل ۴، تصویر شماتیک خوردگی بیولوژیکی نشان داده شده است. در این شکل باکتری‌های ایجاد شده در طی فرآیند بیولوژیکی با تشکیل یک لایه از باکتری‌ها (Biofilm) سطح قطعه را پوشانده و باعث تشدید پدیده خوردگی می‌گردند. باکتری‌هایی که باعث تولید خوردگی میکروبیولوژیکی می‌گردند در حالت عمومی به دو دسته هوازی و غیر هوازی تقسیم می‌گردند. باکتری‌های آهن خوار (Iron Reducing Bacteria) و باکتری‌های سولفات خوار (Sulfate Reducing Bacteria) از جمله مهمترین باکتری‌های مضر برای فولاد و لوله‌های فولادی قلمداد می‌شوند.

باکتری‌ها در بسیار از محیط‌های خورنده وجود دارند و باعث اثر گذاری بر نرخ خوردگی می‌گردند. این باکتری‌ها روی سطح لوله، تولید یک فیلم باکتریایی (Bio Film) (شکل ۴) می‌کنند که علاوه بر ایجاد خوردگی

میکروبی، یک پیل غلظتی اکسیژنی تشکیل می دهد که باعث تشدید سرعت خوردگی می گردد. باکتری ها همچنین می توانند با مصرف اکسیژن، باعث تغییر در pH موضعی محیط گردند و یا با تولید H_2S نرخ خوردگی را افزایش دهند.



شکل ۳. نمونه های خوردگی بیولوژیک

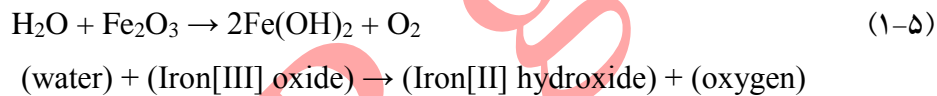


شکل ۴. نمودار شماتیک از خوردگی بیولوژیک.

الف- باکتری های آهن خوار (Iron reducing bacteria)

این باکتری‌ها هوازی بوده، از انرژی حاصل از اکسیداسیون و تجزیه بی‌کربناتهای آهن $(\text{HCO}_3)_2\text{Fe}$ تغذیه می‌کنند. در این عمل آهن دو ظرفیتی با هیدروکسید (OH) موجود در آب تولید محلول هیدروکسید فرو می‌کند که پس از چند واکنش به رسوب هیدروکسید فریک تبدیل می‌شود.

رشد این باکتری‌ها در آبهای کم عمق با املاح کمتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بهتر و سریعتر است. آبهایی که مقدار اکسیژن آنها بین ۰/۳ تا ۹ و مقدار آهن آنها کمتر از ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر است، محیط مناسبی برای رشد این باکتری‌ها می‌باشد. تولید لجن در چاه نیز حاصل فعالیت باکتری‌هایی است که از اکسیژن آزاد موجود در آب چاه استفاده می‌کنند. لجن تولید شده به صورت پوششی بر روی سطح لوله جدار و شبکه‌های لوله مشبک رسوب می‌کند که نهایتاً محیطی غیرهوازی در زیر این پوشش لجنی ایجاد شده که شرایط مساعدی جهت رشد باکتری‌های غیرهوازی را به وجود می‌آورد. واکنش این باکتری عموماً از معادله ۵-۱ پیروی می‌کند. حضور این باکتری‌ها معمولاً با زرد یا قرمز آب و بوی نامطبوع آن (زرده تخم مرغ فاسد شده) قابل تشخیص است (شکل ۵).

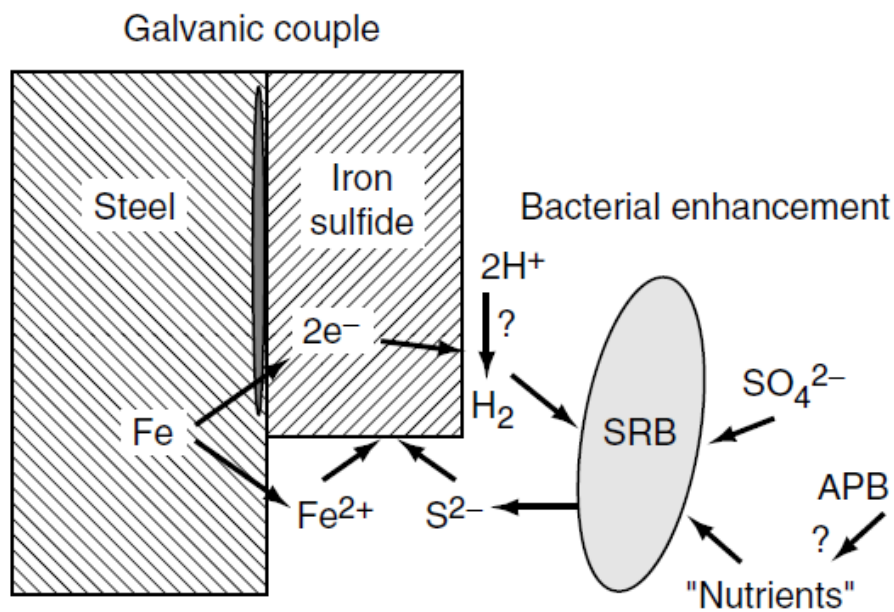


شکل ۵. نمونه آب قرمز خارج شده از لوله پس از خوردگی باکتریایی با باکتری آهن خوار.

ب- باکتری‌های سولفات خوار (Sulfate reducing bacteria)

این باکتریها غیرهوازی یا بی‌هوازی بوده و در محیطهای فاقد اکسیژن فعالیت می‌کنند. ماده غذایی اصلی آنها اسیدهای آلی ساده و هیدروژن مولکولی است که از تجزیه مواد آلی طبیعی ساده به دست می‌آید. حاصل فعالیت این باکتریها سولفات هیدروژن (H_2S) بوده که عامل اصلی اثرات مخرب این میکروارگانیسمها می‌باشد که ماده‌ای بد بو و سمی است و سبب آلودگی آب می‌شود. رسوب سولفید آهن (FeS) نتیجه این فعالیت است. وجود آبهای سیاه، قرمز و یا زرد رنگ و بوهای متعفن و ناهنجار را می‌توان به فعالیت این باکتریها نسبت داد. این باکتریها که در اغلب چاههای آب یافت می‌شود ماده‌ای به رنگ سبز متمایل به آبی تولید می‌کنند. واکنش ۶ معادله کلی خوردگی توسط باکتری های سولفات خوار را نشان می‌دهد. نمودار شماتیک خوردگی توسط باکتری های SRB در شکل ۶ آورده شده $4Fe + SO_4^{2-} + 8H^+ \rightarrow FeS + 3Fe^{2+} + 4H_2O$ هن و سولفور، تولید FeS می‌کند.

(۱-۶)



شکل ۶. نمودار شماتیک خوردگی بیولوژیک آهن توسط باکتری آهن خوار.

۱-۲- مشکلات ناشی از خوردگی در کاهش عمر مفید چاههای آب

الف: گشاد شدن شبکه‌های لوله جدار و در نتیجه ورود تدریجی مواد ریزدانه به چاه و آغاز ماسه دهی و در نتیجه ریزش ناگهانی دیواره چاه و خراب شدن ساختمان چاه.
ب: کاهش مقاومت لوله جدار در مقابل فشار طبقات و در نتیجه تخریب چاه.
ج: رسوب مواد ناشی از پدیده خوردگی شیمیایی و در نتیجه انسداد شبکه‌های بخش مشبک لوله جدار و کاهش تدریجی ظرفیت بازدهی چاه.

MSRP group