

پاسخ مسایل

کتاب اصول تصفیه آب و پساب های صنعتی

دکتر محمد چالکش امیری

دانشگاه پیام نور، ۱۳۸۴

تالیف : ژولیت اردوخانیان

عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور
مرکز تهران - گروه شیمی

متن تصحیح شده توسط دکتر چالکش امیری

با تشکر از خانم ها سمانه گلکار، مریم معلمی و آتنا نظام آبادی و آقای مجید نیک خواه بابایی دانشجویان رشته شیمی مرکز تهران که در تایپ کامپیوتری مطالب همکاری نموده اند.

فصل دوم : صفحات ۴۱ - ۴۰

۱-۲- با توجه به وزن اکی والان کلسیم کربنات و یون Al^{3+} می توان ضریب تبدیل را به دست آورد:

$$f = E_{(CaCO_3)} / E_{(Al^{3+})} = (100/2) \div (27/3) = 5.56$$

۲-۲- یک هزارم نرمال برابر است با یک اکی والان در لیتر:

$$[H^+] = 0.001 N \times 1000 = 1 \text{ meq/L}$$

با توجه به تعریف ppm معادل کربناتی داریم:

$$\text{ppm معادل کربناتی} = 1 \text{ meq/l} \times 50 = 50$$

۳-۲- در $pH=9$ ، غلظت OH^- برابر است با $1 \times 10^{-5} N$. حال غلظت آن را بر حسب میلی اکی والان در لیتر حساب می کنیم:

$$1 \times 10^{-5} \times 1000 = 0.01 \text{ meq/L}$$

$$\text{ppm معادل کربناتی} = 0.01 \text{ meq/l} \times 50 = 0.5$$

۴-۲- با توجه با رابطه زیر در صفحه ۲۰ کتاب:

$$TDS(\text{mg/L}) = 1.55 \mu\text{mho/cm}$$

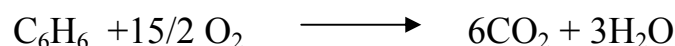
* به نظر می رسد هدایت الکتریکی آب باید بر حسب $\mu\text{mho/cm}$ باشد. در این صورت:

$$Ec = 100 \mu\text{mho/cm}$$

$$TDS = 100 \div 1.55 = 64.5 \text{ ppm}$$

TDS آب کمتر از TDS آب مطلوب آشامیدنی (۵۰۰ ppm) می باشد.

۵-۲- COD تقریباً با اکسیژن مورد نیاز تئوری Th.O.D. برابر است. پس می توان آن را از طریق محاسبه مقدار اکسیژن مورد نیاز تئوری به دست آورد. با توجه به واکنش اکسایش بنزن:



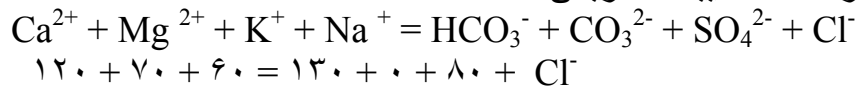
مقدار اکسیژن مورد نیاز را می توان حساب کرد:

$$1 \text{ mole } C_6H_6 = 7.5 \times 32 \times 1000 \text{ mg } O_2$$

$$1 \text{ g} = 1 \div 78 = 0.013 \text{ mole}$$

$$0.013 \times 7.5 \times 32000 \times 1 / 0.5 = 6240 \text{ mg /L} = \text{ppm}$$

۶-۲ الف: با استفاده از اصل خنثائیت الکتریکی:



$\text{Cl}^- = 40$ ppm معادل کربناتی

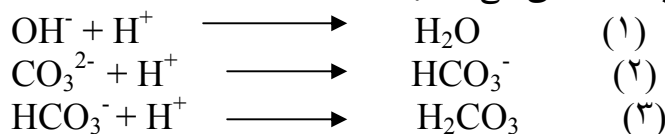
ب: طبق جدول ۱-۲ در صفحه ۱۷ کتاب، ضریب تبدیل سولفات برابر ۱/۰۴ است. پس غلظت سولفات بر حسب خودش می شود:

$$\text{SO}_4^{2-} = 80 \div 1.04 = 76.9 \text{ ppm}$$

ج: قلیابیت ساده (P) برابر با مجموع غلظت یون های هیدروکسید و کربنات در آب است. پس $P=0$ می باشد.

د: قلیابیت کل (M) برابر با مجموع غلظت یون های هیدروکسید و کربنات و بی کربنات در آب است. پس $M=130$ می باشد. ی pH در حدود ۸ بوده و چون فقط بی کربنات داریم پس pH باید از ۸/۳ کمتر باشد.

۷-۲ با توجه به این که واکنش های (۱) و (۲) در مرحله تعیین قلیابیت ساده و واکنش های (۱)، (۲) و (۳) در مرحله تعیین قلیابیت کل اتفاق می افتند:



پس چنانکه قلیابیت ساده P، معادل اسید مصرف شده برای خنثی کردن مجموع یون های هیدروکسید و کربنات باشد که تولید آب و بی کربنات می کند. قلیابیت کل M، در صورت وجود کربنات یا کربنات و بی کربنات بیشتر از P خواهد بود. زیرا واکنش (۳) در حین خنثی شدن بی کربنات اتفاق می افتد. پس برای این که $P=M$ شود، نباید هیچ بی کربناتی در آب باشد. لذا غلظت کربنات و بی کربنات باید صفر بشود.

۸-۲- بلی، در صورتی که قلیابیت ساده کمتر و قلیابیت کل بیشتر باشد، pH آب کمتر است. ولی در صورتی که قلیابیت ساده بیشتر شود، pH آب بالاتر است. از نظر صنعتی کنترل عملکرد آب در قلیابیت بالاتر آسان تر از pH بالاتر است. چون قلیابیت زیاد باعث بافري شدن آب می گردد و از تغییرات زیاد pH جلوگیری می شود.

۹-۲ اگر نسبت قلیابیت ساده به قلیابیت کل بیشتر باشد، بیانگر برتری غلظت هیدروکسید و کربنات به بی کربنات است پس به مفهوم افزایش pH است.

۱۰-۲- انتظار داریم:

$\text{COD} > \text{TOC}$ باشد. زیرا COD معرف همه ناخالصی های آلی نمونه است ولی TOC قسمتی از مواد آلی را نشان می دهد.

$\text{COD} > \text{BOD}_5$ باشد. زیرا BOD معرف مواد آلی قابل تجزیه با باکتری هاست ولی COD کل مواد آلی قابل تجزیه و هم غیر قابل تجزیه با باکتری ها را نشان می دهد.

BOD₅ > BOD_u زیرا BOD_u مواد آلی قابل تجزیه توسط باکتری ها را طی مدت زمان بسیار طولانی نشان می دهد.

۱۱-۲ الف: قلیابیت ساده

$$P = \frac{V \times N \times 50000}{W} = \frac{3.5 \times 0.02 \times 50000}{100} = 35 \text{ ppm}$$

ب: چون نمونه در حضور شناساگر متیل اورانژ تیتر نشده است، نمی توان قلیابیت کل، M را بدست آورد.

$$35 = \frac{V \times 0.01 \times 50000}{100} \Rightarrow V = 7 \text{ ml} \quad \text{ج:}$$

راه دوم چون نرمالیتته اسید نصف شده است سپس حجم اسید مصرفی باید دو برابر شود تا همان مقدار اکی والان H داشته باشیم.

$$\text{راه سوم: } N_1 V_1 = N_2 V_2$$

د: چون حجم ارلن مایر تاثیری در محاسبه ندارد، پس P=35

فصل سوم : صفحات ۷۶ – ۷۵

۱-۳- در فرایند آهک و سودازنی قلیابیت ساده یعنی یون های OH⁻ و CO₃²⁻ افزایش می یابد ولی غلظت سولفات و کلرید تغییر نمی کند. مگر آنکه از مواد کمک منعقد کننده استفاده کنیم.

۲-۳- پودر ماشین لباسشویی حاوی مقداری فسفات به شکل پلی فسفات ها است تا بتواند آهن و منگنز را به صورت محلول نگه دارد و از ایجاد لکه های قهوه ای و سیاه Fe(OH)₃ و MnO₂ بر روی لباس ها جلوگیری کند.

۳-۳- روش های پیشنهادی :

۱- کاهش pH به حدود ۸/۵ تثبیت آب خروجی که در پی کاهش pH آب احتمال رسوب گذاری کاهش می یابد.

۲- استفاده از هگزامتا فسفات سدیم برای محلول نگهداشتن یون های سختی آور

۳-۴- (ج)، pH آب در حوضچه آهک زنی برای کاهش سختی کل (کلسیمی و منیزی) حدود ۱۰/۵ می باشد.

۳-۵- افزایش نمک طعام یعنی NaCl تاثیری در سختی ندارد.

۳-۶- باید توجه کرد که در حوضچه آهک زنی افزایش آهک به منظور حذف سختی انجام می گیرد و در صورت کاهش مقدار آهک حذف سختی تا سطح مطلوب انجام نخواهد شد و تا همه CO₂ حذف نشوند pH به حد مطلوب حدود ۱۰ نمی تواند افزایش یابد. پس پیشنهاد دانشجو رد می شود.

۳-۷- الف) حسن استفاده از کلر در این است که حتی در pH کمتر از محدوده بهینه اکسایش با اکسیژن ، آهن را خیلی سریع تر اکسید می کند. عیب آن تشکیل ماده خطرناک کلروفنل در آب های حاوی فنل می باشد.

حسن استفاده از پرمنگنات در این است که در عمل کمتر از مقدار استوکیومتری لازم دارد و اکسایش آهن بسیار سریع است. ولی عیب آن لزوم کنترل دقیق مقدار تزریق آن به آب است زیرا پرمنگنات اضافی به آب رنگ ارغوانی می دهد. بعلاوه برای لاستیک ها و بعضی از پلاستیک ها خورنده است.

حسن روش هوادهی ، ساده و کم هزینه بودن آن است و اینکه به مواد شیمیایی نیازی ندارد. ولی عیب آن کاهش pH محیط است که در صورت کافی نبودن قلیابیت ، pH محیط سرعت واکنش اکسایش را کم می کند.

ب) به دلیل غنی بودن آب از نظر مواد الی و رنگ و بویژه H_2S مصرف مواد اکسیدان بیشتر می شود.

۳-۸- الف) آهن و منگنز باعث تشدید فعالیت و رشد میکروارگانیسم ها می شوند و در اثر اکسید شدن توسط هوا به صورت رسوب $Fe(OH)_3$ لکه هایی به رنگ زرد تا قهوه ای متمایل به قرمز و رسوب MnO_2 لکه های سیاه متمایل به ارغوانی تولید می کنند.

ب) روش شیمیایی حذف آهن و منگنز ، اکسایش توسط مواد اکسید کننده نظیر کلر یا پرمنگنات و روش فیزیکی هوادهی است.

۳-۹- با استفاده از نمودار ۳-۸ در صفحه ۷۲ کتاب :

برای کاهش غلظت سیلیکا به ۵ ppm در فرایند آهک زنی سرد به حدود ۵۵۰ ppm از E (آهک دولومیتی) نیاز است. چنانکه از این نمودار پیداست غلظت سیلیکا هیچ وقت به صفر نمی رسد ولی برای کاهش به حداقل مقدار (حدود ۲ ppm) به حدود ۷۰۰ ppm از E (آهک دولوموتی) نیاز است.

۳-۱۰- سیلیکای محلول برای مبدل های حرارتی مشکل ساز نیست اما سیلیکای کلونیدی به دلیل پدیده جذب سطحی سیلیکای کلونیدی بر سطح رسوبات در جداره مبدل های حرارتی می چسبد.

فصل چهارم : صفحات ۱۰۸ – ۱۰۹

۴-۱- با کمک قانون استوکس می توان سرعت سقوط ذرات را حساب کرد.

$$V = (g/18 \mu)(p_s - p_w) d^2$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

در حالی که:

$$\mu = 1 \text{ cp} = 1 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$\Delta p = p_s - p_w = 1.1 - 1 = 0.1$$

$$d = 2r = 2 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$V = (9.8 / 18 \times 10^{-3})(1.1 - 1)(2 \times 10^{-3})^2 = 2.17 \times 10^{-4} \text{ m/s} = 1 \text{ m} / 4600 \text{ s}$$

و

$V = (9.8 / 18 \times 10^{-3})(4 - 1)(2 \times 10^{-3})^2 = 6.53 \times 10^{-3} \text{ m/s} = 1 \text{ m} / 153 \text{ s}$
مشاهده می شود که ذره ای با چگالی بزرگ تر با سرعت بیشتر و در زمان کوتاه تری سقوط می کند.

۲-۴- چون طبق قانون استوکس، سرعت سقوط ذرات یعنی V متناسب است با:

$$V \approx (\Delta p)d^2$$

$$V_1 \approx (4 - 1)(2 \times 2)^2 = 48$$

$$V_2 \approx (2 - 1)(2 \times 4)^2 = 64$$

معلوم می شود سرعت سقوط ذره ای با شعاع بزرگ تر ولی دانسیته کم تر بیشتر است.

۳-۴- بهتر است اندازه ذرات در بستر متنوع باشد، زیرا در صورت یکسان بودن مانند فیلتر سطحی عمل می کند.

۴-۴- با اندازه گیری کدورت آب خروجی. هرگاه کدورت بالاتر از ۵ NTU باشد، فیلتر نیاز به شستشو دارد. پس از شستشو در صورت کاهش کدورت به کمتر از ۲ NTU زمان پایان شستشوی فیلتر است.

اما روش مهندسی تر کنترل افت فشار است. اگر افت فشار آب خروجی از حد مجاز کمتر شود به مفهوم نیاز به شستشو است و زمان پایان شستشو از نظر تئوری کاهش کدورت به حد مجاز و از نظر مهندسی پایان زمان شستشوی استاندارد کارخانه است.

۵-۴- داده های مسئله کافی نیست.

۶-۴- در شروع فیلتراسیون با رسم Q بر حسب ΔP ، شیب خط برابر $\frac{A}{\mu R}$ است که A و μ

معلوم است سپس R را می توان محاسبه کرد.

در درازمدت می توان با رسم Q بر حسب ΔP شیب منحنی را در زمان خاصی پیدا کرد که

برابر $\frac{A}{\mu(R + R_c)}$ می باشد. از تقسیم دو شیب می توان $\frac{R + R_c}{R}$ یا $1 + \frac{R_c}{R}$ را محاسبه کرد و با

داشتن R مقدار R_c را محاسبه کرد. در طولانی مدت می توان انتظار داشت که R_c از R هم بیشتر شود.

۷-۴- الف: وقتی که یک ماده منعقد کننده به آب اضافه شود، مقداری از آن صرف تعدیل پتانسیل الکتریکی ذرات می شود تا برخوردها مؤثر شده و منجر به تجمع گردد و نیز مقداری از ماده منعقد کننده به صورت رسوب چسبنده در می آید. مثلاً با اضافه کردن آلوم به آب، آلومینیم هیدروکسید تولید شده با جذب ذرات معلق، ته نشین می شود. البته ذرات باید با هم برخورد کنند تا تجمع یابند. هم زدن ذرات را به هم نزدیک تر کرده و شانس برخورد آن ها را زیاد می کند.

ب: در یک سیستم انعقاد سازی و ته نشینی، آب ورودی ابتدا وارد بخش اختلاط سریع می شود که در آن جا توسط یک هم زن سریع با مواد شیمیایی مخلوط می شود. سپس این آب وارد

محفظه لخته گذاری شده و در آن جا با هم خوردن ملایم، محیط مناسب برای ایجاد لخته ها فراهم می شود. آبی که در آن لخته تشکیل شده وارد حوضچه ته نشینی شده و در آن جا لخته ها و مواد قابل ته نشین شدن رسوب می کنند.

ج: چون $pH=6/5$ و قلیابیت آب متوسط است آلوم منعقد کننده موثری خواهد بود. اگر نخواهیم از آلوم استفاده کنیم، انتخاب بعدی $FeCl_3$ است. برای افزایش کیفیت کار کرد ماده منعقد کننده $FeCl_3$ بهتر است در دمای بالاتر کار شود، یا از کمک منعقد کننده ها استفاده شود و یا pH را تنظیم کرد.

۴-۸- (الف)، انعقاد سازی ذرات رنگ مشکل تر از ذرات کدورت است. چون لخته های سبک دیرتر ته نشین می شوند.

۴-۹- (ب) جار تست برای بررسی عملکرد منعقد کننده ها به کار می رود.

۴-۱۰- (الف)

۴-۱۱- (د)، در محدوده pH ۴ تا ۹ انعقاد سازی با یون $FeCl_3$ مطلوب تر است

فصل پنجم : صفحات ۱۲۳-۱۲۴

۵-۱- ابتدا غلظت ppm را به مولار تبدیل کرده و سپس با ضرب در حجم مولار گازها یعنی ۲۲۴۰۰ ml حجم گاز بدست می آید :

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg} / \text{lit} = 0.001 \text{ g} / \text{lit}$$

$$0.001 \div 32 = 3.12 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$3.12 \times 10^{-5} \times 22400 = 0.7 \text{ ml}$$

۵-۲- حذف گاز کلر با $CaSO_3$ راحت تر است و احتیاج به دستگاه تزریق ندارد ، بلکه با ذرات فیلتر فشاری مخلوط می شود. تنها عیب آن گران بودن ماده است .

محلول Na_2SO_3 را باید قبل از واحد تعویض یونی به آب تزریق نمود ، این روش ارزان تر و متداول تر است.

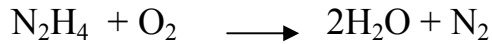
برای حذف با پودر زغال فعال می توان آنرا به تانک انعقاد سازی تزریق کرد یا آب را از فیلتر زغال فعال عبور داد. بستر این نوع فیلترها باید هر سال تعویض شود.

خیر ، در روشهای فیزیکی حذف کامل گاز امکان پذیر نیست فقط می توان آن را کاهش داد. ولی

حذف کامل با روش شیمیایی انجام می گیرد .

از نظر تئوري مي توان گاز كلر را با هوا دهی حذف کرد ولي از نظر عملي چون گاز كلر بسيار سمی است حذف به روش فيزيکی آن بسيار خطرناک است.

۳-۵- هيدرازين (الف)،



۴-۵- مانند حل مساله (۵-۱) داریم :

$$3 \text{ ppm} = 3 \text{ mg / lit} = 3 \times 10^{-3} \text{ g / lit}$$

$$3 \times 10^{-3} \div 71 = 4.2 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$4.2 \times 10^{-5} \text{ M} \times 22400 = 0.94 \text{ mL}$$

۵-۵- جزء مولي آمونياک در فاز گازی عبارت است از

$$x_i = p_i / p_t \quad x_i = 0.76 \div 760 = 0.01$$

طبق نمودار ۵-۴ از صفحه ۱۲۱ کتاب ، در دماي 20°C اگر جزء مولي آمونياک در فاز گازی ۰/۰۱ باشد، آنگاه جزء مولي آن در فاز مايع حدود ۰/۰۰۸۴ خواهد بود.
اگر تعداد مولهاي آب در يك ليتر را برابر $55/6 = 18 \div 1000$ باشد :

$$x_i = n_g / (n_g + n_w)$$

$$0.0084 = n_g / (n_g + 55.6) \quad n_g = 0.47$$

تعداد مولهاي آمونياک در يك ليتر آب $n_g = M = 0.47$

$$\text{حلاليت} = \frac{\text{mg}}{\ell} = 0.47 \times 17 \text{ mg / } \ell$$

(ب) فقط با کربن فعال امکان پذير است چون روش هاي ديگر نمی توانند تا چنين غلظت کمی کاهش دهند.

۷-۵- کلر به خاطر قدرت اکسندگی ، باعث صدمه زدن به غشا در روش اسمز معکوس و نيزرزين هاي تعويض يوني می شود. ولي در آب شرب باعث ضد عفوني کردن آب ميشود.

۸-۵- در هوازداي سرد با کاهش فشار، نقطه جوش آب را آنقدر پايين می آورند که آب به جوش آيد و در نتیجه گازهاي ناخالصی از آب خارج شوند. ولي در هوازداي گرم، به کمک بخار آب ورودی به هوا زدا، دماي آب را تا دماي جوش بالايی برند تا همه گازهاي موجود در آب آن را ترک کنند.

هوازداي گرم به خاطر سهولت نگهداري و راهبري آن امروزه در اکثر صنايع استفاده می شود.

۹-۵- طبق نمودار ۵-۱ در صفحه ۱۱۳ کتاب:

در $\text{pH} = 7$ ، تنها ۲۵% از CO_2 به صورت گازی است. $200 \times (25/100) = 50 \text{ ppm}$

در pH = ۵ حدود ۹۵٪ از CO₂ به صورت گازی است $200 \times (95/100) = 190 \text{ ppm}$

فصل ششم : صفحات ۱۴۲ - ۱۴۳

۱-۶- کلر زنی در آب می‌تواند در ابتدای تصفیه آب برای از بین بردن مواد آلی و تسهیل آهک زنی و در آخر تصفیه به عنوان ضد عفونی بکار رود اما کلر زنی در تصفیه فاضلاب فقط در آخر فرآیند تصفیه و برای از بین بردن همه باکتریهای باقیمانده است.

۲-۶- میکروارگانسیم ها را از نظر منبع انرژی و کربن میتوان به سه دسته زیر تقسیم کرد:

۱- هتروتروفیک که منبع انرژی شان مواد آلی و منبع کربن شان هم مواد آلی است .

۲- اتوتروفیک که منبع انرژی شان مواد معدنی و منبع کربن شان CO₂ است .

۳- فتوسنتزی که منبع انرژی شان نور خورشید و منبع کربن شان CO₂ است .

۳-۶- چون آلودگی آلی در هر ماه معدل آلودگی‌های روزانه یا هفتگی است از این رو معرف بهتری از عملکرد هفتگی است چون در عملکرد هفتگی ممکن است به دلایل مختلف چون حادثه، کیفیت آب و هوا و آفتابی بودن یا نبودن تغییرات بیشتری نسبت به ماهانه داشته باشیم.

۴-۶- تصفیه اولیه ، تصفیه مکانیکی یا فیزیکی است ولی تصفیه ثانویه ، تصفیه بیولوژیکی است .

واحدهای تصفیه اولیه به ترتیب عبارتند از :آشغال گیر، کانال شن گیر و چربی گیر و حوضچه ته نشینی اولیه .

واحدهای تصفیه ثانویه تشکیل شده از یک سیستم تصفیه بیولوژیکی که می تواند لاگونی یا فیلتر چکنده یا لجن فعال باشد و حوضچه ته نشینی ثانویه.

۵-۶- الف) برای محاسبه زمان ماند: $T=V/Q$ که در آن حجم لاگون و برابر است با $2/5 \times 2/5 \times 200$ متر مکعب و Q دبی جریان فاضلاب، ۲۰ متر مکعب در ساعت است.

$$T=(200 \times 2/5 \times 2/5) \div 20 = 62.5 \text{ h}$$

ب) اگر فیلتر به شکل استوانه باشد. حجم فیلتر $V=S.h$ می باشد که S سطح مقطع و h ارتفاع آن است. اگر سطح فیلتر را دایره ای به شعاع r تصور کنیم. آنگاه $V=\pi r^2 h$ و اگر بار ورودی به فیلتر ۴ متر در ساعت باشد یعنی $h=4$ پس داریم:

$$20 = \pi r^2 \times 4 \quad \longrightarrow \quad r = 1/26 \text{ m}$$

و قطر فیلتر باید حدود ۲/۵ متر باشد. $D = 2 \times 1/26 = 2/5 \text{ m}$

۶-۶- جدول ۳-۶ از صفحه ۱۳۵ کتاب

فصل هفتم : صفحات ۱۶۱ - ۱۶۰

۱-۷- جنس سطح ، ناهمواریهای سطح، pH ، قلیابیت آب، آنالیز آب، زمان و سرعت ترسیب و عوامل هیدرو دینامیکی.

۲-۷- چون آب جاری است تشکیل یا انحلال رسوب کلسیم کربنات را به کمک اندیس پایداري ریزنار پیش بینی می کنیم.

$$SI = 2pH_s - pH$$

$$pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$$

$$A = 0.1 [\log(TDS) - 1] = 0.1[\log 200 - 1] = 0.13$$

$$B = -13.12 \log(t+273) + 34.55 = -13.12 \log(25+273) + 34.5 = 2.09$$

$$C = \log[Ca^{2+}] - 0.4 = \log(100) - 0.4 = 1.6$$

$$D = \log(\text{قلیابیت کل}) = \log 40 = 1.6$$

$$pH_s = (9.3 + 0.13 + 2.09) - (1.6 + 1.6) = 8.32$$

$$SI = 2pH_s - pH$$

$$SI = 2(8.32) - 7.7 = 8.94$$

چون $SI > 6$ است پس آب تمایل به رسوب گذاری ندارد.

۳-۷- چون آب ذخیره شده در تانک، ساکن است، تشکیل یا انحلال رسوب کلسیم کربنات را به کمک اندیس لانجلیر پیش بینی می کنیم.

$$LSI = pH - pH_s$$

$$LSI = 7.7 - 8.32 = -0.62$$

چون $LSI < 0$ است پس آب تمایل به رسوب گذاری ندارد.

۴-۷- طبق نتایج تجربی که با معادله آرنیوس مطابقت دارد، سرعت خوردگی آب به ازای هر $10^\circ C$ افزایش در دما ۷۵٪ افزایش می یابد.

پس از ای تغییر دما از ۵ به ۱۵ سرعت از V به $1/75V$ می رسد و به ازای تغییر دما از ۱۵ به ۲۵ سرعت از $1/75V$ به $1/3V$ می رسد.

یعنی به ازای $20^\circ C$ افزایش دما در تابستان نسبت به زمستان، سرعت خوردگی ۳ برابر می شود.

۵-۷- چون خوردگی بیولوژیکی توسط میکروارگانیسم ها ایجاد می شود، و عوامل مختلف با اثرات متقابل بر فعالیت آنها مؤثرند، لذا پیش بینی و کنترل فعالیت میکروارگانیسم ها بسیار مشکل است.

۶-۷- به عهده دانشجویان

فصل هشتم : صفحات ۱۸۷ - ۱۸۸

۱-۸- جدول تکمیل شده:

اثر پارامترهای مختلف در عملکرد RO

دبی محصول	عبور املاح از غشا	افزایش پارامتر
افزایش می یابد	کاهش می یابد	فشار موثر
افزایش می یابد	افزایش می یابد	دما
کم می شود	زیاد می شود	بازیابی
کاهش می یابد	افزایش می یابد	غلظت املاح خوراک (آب خام)

توجه داشته باشید که با افزایش بازیابی، دبی محصول کم می شود و حتی ممکن است صفر شود، اگر غلظت املاح در آب شور به حدی برسد که فشار اسمزی با فشار اعمال شده برابر باشد.

۱-۲- الف)، تنها کلرید احتمال رسوب کردن ندارد.

۱-۳- د)، ابتدا با پرمنگنات زنی آهن و منگنز اکسیده شده و به شکل رسوب در می آیند که در مرحله فیلتراسیون حذف می شوند. سپس با افزایش هگزا متا فسفات سدیم، کربنات و سولفات محلول نگه داشته می شوند.

۱-۴- الف) ضعیف ترین عملکرد غشا وقتی است که: $c_p = c_s$ باشد، که در این صورت $R=0\%$ خواهد بود.

ب) برای محاسبه درصد طرد هر یون خاص، باید یون ها یک به یک اندازه گیری شوند، در حالی که تعیین درصد طرد کل یون ها یکجا راحت تر است و با یک آزمایش تعیین می شود.

ج) با تعیین EC در آب تصفیه شده و خوراک می توان درصد طرد یون ها را به دست آورد. البته چون هدایت اکی والان یون ها متفاوت است، این روش کاملاً دقیق نمی باشد.

۱-۵- بند ۱-

الف) برای حذف آهن و منگنز و کاهش احتمال آلودگی میکروبی.

ب) حذف مواد نامحلول و معلق.

ج) محلول نگه داشتن املاح در آب.

د) کاهش pH آب و نامساعد شدن ایجاد رسوب

بند ۲- خیر، چون در مرحله الف) آهن و منگنز رسوب می کنند، که در مرحله ب) رسوبات جدا می شوند. در صورتی که این مراحل جابجا شوند، رسوبات در آب خوراک می مانند.

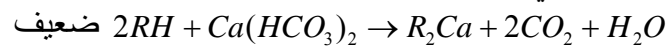
۱-۶- در صورتی که TDS آب ورودی بیشتر از ۴۰۰ppm باشد، اسمز معکوس باعث کاهش قابل ملاحظه ای در هزینه تصفیه آب با رزین می شود.

۷-۸- اگر TDS آب ورودی کمتر از ۴۰۰ ppm باشد، و کاهش آن تا ۱۰٪ قابل قبول باشد، در آن صورت روش اسمز معکوس به روش استفاده از رزین تعویض یونی ارجحیت دارد.

۸-۸- هزینه سرمایه گذاری و هزینه انرژی آن نسبتاً بالا است ولی مهمترین عیب آن تولید فاضلاب زیاد است چون ممکن است تا ۵۰٪ از آب ورودی به صورت آب شور دفع شود.

فصل نهم : صفحات ۲۴۷ - ۲۴۳

۹-۱ (الف) چون رزین کاتیونی ضعیف فقط می‌تواند نمک اسیدهای ضعیف را تجزیه کند و در محیط قلیایی کارا هستند.

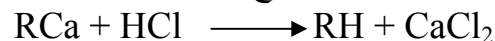


۹-۲ (ب)، به علت اینکه بعضی از کاتیون های فلزی در رزین آنیونی رسوب می‌کنند. پس ابتدا باید رزین کاتیونی قرار گیرد. همچنین هوازدا بعد از رزین انیونی ضعیف قرار می‌گیرد.

۹-۳ (د)، خلوص آب تصفیه شده با رزین مختلط بالاتر است.

۹-۴ (ب)، چون بنیان اسیدهای ضعیف باقیمانده، معرف قلیائیت است.

۹-۵ (الف)، باتوجه با واکنش احیای رزین کاتیونی اشباع شده:



غلظت Ca^{2+} آزاد شده در احیای رزین، ابتدا زیاد بوده و به تدریج کاهش می‌یابد.

۹-۶ (د)، چون سختی موقت مرتبط به بی‌کربنات‌هاست که رزین کاتیونی ضعیف به راحتی می‌توانند یونهای سختی این نوع نمک‌ها را بگیرند و حذف کنند و از طرفی ظرفیت آنها بالاست.

۹-۷ (ب)، چون تغییرات پارامترهای دیگر مستقیماً با عملکرد رزین کاتیونی تغییر نمی‌کنند.

۹-۸ (ب)، آب خیلی گرم موجب تخریب رزین می‌شود، نه افزایش راندمان.

۹-۹- اگر رزین آنیونی قبل از کاتیونی قرار گیرد، بعضی از کاتیون های فلزی در رزین آنیونی رسوب میکنند و موجب آلودگی و اختلال در کار رزین می‌شوند.

۹-۱۰ (ج)، ابتدا رزین کاتیونی قوی و سپس آنیونی ضعیف قرار می‌گیرند. رزین های کاتیونی ضعیف و آنیونی قوی مجدد برای حذف نشتی می‌باشد.

۹-۱۱ - کاتیونی قوی - آنیونی ضعیف - هوزدا - کاتیونی قوی + آنیونی قوی
هیچگاه آنیونی قوی قبل از کاتیونی قرار نمی‌گیرد.

۹-۱۲ - غلظت کاتیون های قابل حذف را به دست می آوریم:

$$Ca + Mg + Na = 500 + 300 + 300 = 1100 \text{ ppm}$$
 N رزین را با توجه به ظرفیت آن حساب می کنیم:

$$N = 5 \text{ kg/ft}^3 / 21.8 = 0.23 \text{ eq/l} \times 50 = 11.5 \text{ g/l}$$

اگر فرض کنیم هر ۸ ساعت یک بار رزین احیا بشود. در این صورت حجم رزین مورد نیاز برابر خواهد شد:

$$V = Q.T.L/C = 2 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ h} \times 1100 \times 10^{-3} \text{ g/l} / 11.5 \text{ g/l} = 1.5 \text{ m}^3$$

و اگر فیلتر را استوانه ای در نظر بگیریم به حجم V، با فرض اینکه $h=2r$ یعنی ارتفاع فیلتر برابر قطر آن باشد، می توان شعاع استوانه را به دست آورد:

$$V = \pi r^2 h \longrightarrow V = 2\pi r^3 \longrightarrow r = 0.62 \text{ m}$$

پس فیلتر با توجه به فضای خالی مورد نیاز برای انبساط آن، می تواند استوانه ای به قطر ۱/۲۵ متر و ارتفاع ۲/۵ متر باشد، که بستر رزین دارای عمق ۱/۲۵ متر خواهد بود.

۹-۱۳ - بستگی به سه رقم آخر دانشجویی شما دارد اگر سختی‌ها همه به صورت موقتی باشد [غلظت SO_4 تقریباً صفر باشد] در آن صورت رزین اسیدی ضعیف بخاطر ظرفیت و راندمان بیشتر در احیا ترجیح دارد اما اگر در آب سختی دائم هم داشته باشیم در آن صورت مجبوریم از رزین اسیدی قوی استفاده کنیم تا همه کاتیون‌ها حذف شوند.

۹-۱۴ - الف) شستشو با اسید مانند HCl یا H_2SO_4 .

ب) احتمال آلودگی رزین به رسوب $CaSO_4$ وجود دارد که موجب کاهش ظرفیت رزین میشود. ثانياً به دلیل این که یونیزاسیون دومین پروتون H_2SO_4 کامل نیست، قسمتی از اسید به هدر می رود و فاضلاب حاصل اسیدی بوده و نیاز به خنثی سازی دارد.

ج) اسید کلریدریک می تواند ظرفیت رزین را افزایش دهد، حال آن که اسید سولفوریک باعث کاهش آن می شود.

د)

به شکل ۹-۴ کتاب در صفحه ۲۰۳ مراجعه کنید. در زمان سرویس چون pH آب در حدود خنثی است کاتیون‌ها ترجیح می‌دهند که از محلول (آب) وارد ساختمان رزین شوند چون رزین یون‌های دیگر را به H ترجیح می‌دهد اما در موقع احیا چون pH اسیدی است پس طبق شکل رزین تمایل به نگهداری کاتیون‌ها ندارد و در نتیجه به محیط (محلول اسیدی) پس می‌دهد و هیدروژن را جایگزین می‌کند.

ی) راندمان احیای رزین های ضعیف معمولاً ۱۰۰٪ است و بیشتر است از رزین های قوی که حدود ۴۰٪ می باشند.

۹-۱۵ - الف) $300 + 150 = 450 \text{ ppm}$ منیزیم + کلسیم = سختی کل

اگر فرض کنیم $\text{HCO}_3^- = 200 \text{ ppm}$ باشد :

$$\text{HCO}_3^- = 200 \text{ ppm} = \text{سختی موقت}$$

$$250 \text{ ppm} = 450 - 200 = \text{سختی موقت} - \text{سختی کل} = \text{سختی دائم}$$

ب) در حضور CO_2 و HCO_3^- احتمال وجود هیدروکسید صفر است و مقدار سولفات با استفاده از اصل خنثایی الکتریکی به دست می آید:

$$\begin{aligned} (\text{کاتیون ها}) &= (\text{آنیون ها}) \\ (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+) &= (\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{SO}_4^{2-} + \text{OH}^-) \\ (300 + 150 + 100) &= (200 + 0 + \text{SO}_4^{2-} + 0) \\ \text{SO}_4^{2-} &= 350 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$450 \text{ ppm} = \text{سختی کل}$$

ج) N رزین را با توجه به ظرفیت آن حساب می کنیم:

$$N = 10 \text{ kg}/\text{ft}^3 / 21.8 = 0.46 \text{ eq}/\text{l} \times 50 = 23 \text{ g}/\text{l}$$

اگر فرض کنیم هر ۸ ساعت یک بار رزین احیا بشود. در این صورت حجم رزین مورد نیاز برابر خواهد شد:

$$V = Q.T.L/C = 1 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ h} \times 450 \times 10^{-3} \text{ g}/\text{l} / 23 \text{ g}/\text{l} = 0.156 \text{ m}^3$$

و اگر فیلتر را استوانه ای در نظر بگیریم به حجم V، با فرض اینکه $h=2r$ یعنی ارتفاع فیلتر برابر قطر آن باشد، می توان شعاع استوانه را به دست آورد:

$$V = \pi r^2 h \longrightarrow V = 2\pi r^3 \longrightarrow r = 0.3 \text{ m}$$

پس فیلتر با توجه به فضای خالی مورد نیاز برای انبساط آن، می تواند استوانه ای به قطر ۶۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۲۰ سانتی متر باشد، که بستر رزین دارای عمق ۶۰ سانتی متر خواهد بود.

۹-۱۶- الف) هم آنیون ها حذف می شوند و به جای آنها OH جایگزین می شود. چون همه آنیون ها با همه کاتیون های آب برابر است پس به اندازه $200 + 150 + 300$ یعنی 650 ppm آنیون حذف شده و غلظت OH خروجی برابر 650 ppm می شود پس قلیائیت آب خروجی برابر غلظت OH یعنی 650 ppm خواهد شد اگر هیدروکسید نا محلول تشکیل نشود.

ب) با توجه به این که $\text{CO}_3^{2-} = 0$ است و با فرض این که $\text{HCO}_3^- = 250$ باشد، در این صورت $\text{OH}^- = 0$ خواهد بود، زیرا در حضور بی کربنات، یون هیدروکسید نمی تواند در آب موجود باشد. در این شرایط $\text{pH} > 7$ بوده و رزین کاتیونی ضعیف قادر به حذف سختی موقت خواهد بود بنابراین به اندازه سختی دائم $(250 - 150 - 300)$ یعنی 200 ppm سختی در آب خروجی خواهیم داشت.

۱۰-۱- (ج)، برای کاهش TDS آب شور به حدود ۱۰۰ ppm می توان از چند دستگاه الکترودیالیز به صورت سری استفاده کرد.

۱۰-۲- (ب)، برای تولید آب صنعتی با $TDS=300$ از آب دریا روش های دیگر مناسب نمی باشند.

۱۰-۳- از ویژگی های مشترک الکترودیالیز و رزین های تعویض یونی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

هر دو باعث کاهش TDS می شوند.
کیفیت آب ورودی از نظر ذرات معلق و رنگ و مواد آلی بر کارایی آن ها موثر است.
آلودگی بیولوژیکی باعث اختلال در کار آن ها می شود.
هر دو برای تصفیه آب دریا مناسب نمی باشند.
وجه اختلاف آن ها عبارت است از:
در الکترودیالیز از عامل الکتریکی استفاده می شود.
رزین ها احتیاج به احیا کردن دارند.
آب نیمه شور را می توان با الکترودیالیز تصفیه کرد، ولی برای رزین لازم است ابتدا TDS آب شور کاهش یافته و سپس وارد رزین شود.
از نظر خلوص آب تصفیه شده تفاوت بزرگی دارند. با رزین می توان آب خالص بدون املاح تهیه کرد، ولی در الکترودیالیز املاح فقط کاهش می یابند ولی به صفر نمی رسند.

۱۰-۴- در آهک زنی می توان فقط یون های سختی آور را حذف کرد ولی در تقطیر حذف یون-ها گزینشی نبوده و همه یون ها حذف می شوند.

۱۰-۵- (ب)، چون با تقطیر آب خالص و عاری از میکروارگانیزم ها به دست می آید.

فصل یازدهم : صفحات ۲۷۱ - ۲۷۰

۱۱-۱- چون حلالیت کلسیم کربنات و کلسیم سولفات با افزایش دما کاهش می یابد، در حالی که حلالیت سیلیکا با افزایش دما افزایش می یابد. پس بخار تولیدی عاری از نمک های کلسیم و غنی از سیلیکا است. در نتیجه سیلیکا به صورت ذرات کلوییدی بر پره های توربین نیروگاه می نشیند.

۱۱-۲- چون در تصفیه داخلی آب بویلر غلظت املاح سختی آور بسیار کم است و هدف کاهش غلظت املاح سختی آور به حدود صفر است از این رو نمی توان از آهک استفاده کرد چون در این صورت غلظت باقیمانده تعادلی حدود ۳۵ ppm است.
از فسفات ها استفاده می شود چون فسفات تری کلسیک بسیار نامحلول است و غلظت تعادلی سختی باقیمانده در حدود صفر می شود.

۱۱-۳- مهم ترین علل مکانیکی طراحی نامناسب بویلر، بالا بودن سطح آب در بویلر و تغییرات ناگهانی حجم آب بویلر می باشند.

زیاد بودن TDS آب، بالا بودن قلیائیت و وجود مواد روغنی در آب بویلر از علل شیمیایی کف کردن آب بویلر هستند.

۱۱-۴- (د)، در آب ورودی به اسمز معکوس چون می خواهیم رسوب ایجاد نشود، پس از هگزا متا فسفات سدیم استفاده می کنیم . فسفات های دیگر با کلسیم رسوب می دهند.

۱۱-۵- (ج)، فسفات ها با سختی کلسیم آب بویلر ترکیب شده و تولید لجن املاح کلسیم فسفات نامحلول می کنند که به صورت بلودان از بویلر تخلیه میشود اما **هدف اصلی**، کنترل قلیائیت آب دیگ های بخار است.

۱۱-۶- (الف)، TDS در آب دیگ بخار بیشتر است، چون آب در اثر بخار کردن تعلیظ می شود.

۱۱-۷- (الف)، در رزین های اسیدی سدیمی با جایگزین یون های آب با سدیم که دارای جرم اکی والانی بزرگی است TDS آب بیشتر می شود.