اصول راهبری تصفیه‌خانه‌های آب

« سلسله مقالات آموزشی »

(مقاصد برنامه‌های مدیریت مخازن آب)

قسمت هشتم

ترجمه: مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

عملیات فرایند

وقتی فرایند انعقاد - لخته‌سازی در حالت عادی کار می‌کند، متصدی باید چند کار را در داخل تصفیه‌خانه انجام دهد. تعداد و نوع کارهایی که متصدی باید انجام دهد به نوع و اندازه تصفیه‌خانه و تعداد کارکنان آن بستگی دارد. در تصفیه‌خانه‌های کوچک، متصدی باید همه عملیات فرایند را کنترل کند و اقدامات نگهداری و تعمیرات عادی تصفیه‌خانه را هم انجام دهد. اندازه تصفیه‌خانه هر قدر بزرگ یا کوچک باشد، در هر حال متصدی باید با عملیات عادی و ویژه و روش‌های نگهداری و تعمیرات مربوط به تصفیه‌خانه خود آشنایی کامل داشته باشد.

کارهای نمونه‌واری که هر متصدی باید در حالت عادی فرایند انعقاد - لخته‌سازی انجام دهد عبارتنداز :

۱- مراقبت از عملکرد فرایند

۲- ارزیابی شرایط کیفی آب (آب خام و تصفیه شده)

۳- کنترل و تنظیم دستگاه‌های کنترل فرایند

۴- بازرسی چشمی تأسیسات.

مراقبت از عملکرد فرایند یک فعالیت مستمر است. همان گونه که در بخش‌های قبلی گفته شد، مقدار کدری آب صاف شده تا حد زیادی تحت کنترل و تأثیر کارایی فرایند انعقاد - لخته‌سازی است. شناسایی سریع و به موقع نقص در عملیات پیش تصفیه اهمیت زیادی دارد چون تا جریان آب فرایندهای انعقاد، لخته‌سازی، رسوب‌گذاری و صاف کردن را پشت سر گذارد وقت زیاد می‌گذرد.

عملکرد فرایند را می‌توان با کمک دستگاه‌های آزمایش کیفیت آب که به طور خودکار هر یک از شاخص‌های کیفی مثل کدری را اندازه گیری می‌کنند مراقبت نمود. اما، دستگاه‌های آزمایش کیفی دقیق و قابل اعتماد گران هستند و گاه، تجهیزات خودکار برای اندازه گیری شاخص‌های کیفی آب در دسترس نیست. از این رو برای ارزیابی عملکرد فرایند باید از ترکیبی از فنون مختلف مثل بازرسی‌های چشمی و آزمون‌های دوره‌ای آزمایشگاهی استفاده نمود تا مراقبت‌های مستمر کیفی آب تکمیل شود.

مشاهدات بصری و آزمون‌های آزمایشگاهی فرایند انعقاد - لخته‌سازی باید به طور یکنواخت و همیشگی انجام شوند. معمول‌ترین آزمون‌های آزمایشگاهی عبارتنداز

کدورت‌سنجی، قلیائیت، pH، رنگ، دما و کلر خواهی. تناوب و دفعات انجام این مشاهدات و آزمون‌ها به مقدار تغییرات کیفی آب از سرچشمه بستگی دارد. در تصفیه‌خانه‌هایی که آب ورودی در دریاچه‌ها و مخازن بالادست ذخیره می‌شود، عموماً کیفیت آب با ثبات‌تر و یکنواخت‌تر از آبی است که به طور مستقیم از رودخانه‌ها و چشمه‌ها گرفته می‌شود.

در مواردی که آب به طور مستقیم از چشمه و رودی منحرف[1] می‌شود، کیفیت آب، فصل به فصل و همچنین به طور روزانه تغییر می‌کند. در موارد خاصی هم (مثلاً در زمان رواناب‌های سنگین) حتی انتظار تغییرات ساعت به ساعت هم در کیفیت آب وجود دارد. از این رو، تناوب اجرای آزمون‌های خاص می‌تواند هر ساعت یا شاید هر هشت ساعت یک بار در هر شیفت باشد.

بررسی‌های بصری فرایند انعقاد - لخته‌سازی عموماً شامل مشاهده آشفتگی جریان آب در کانال یا محفظه اختلاط سریع (الگوهای نامناسب در آشفتگی آب به چشم دیده می‌شود)، و مشاهده مستقیم و نزدیک اندازه و نحوه توزیع لخته‌ها در حوضچه‌های لخته‌سازی می‌شود. توزیع غیریکنواخت لخته‌ها می‌تواند نشانگر جریان کوتاه در حوضچه لخته‌سازی باشد. ذرات لخته‌ای که بیش از حد کوچک یا بیش از حد بزرگ باشند به درستی ته‌نشین نمی‌شوند و سبب اشکالاتی در جداسازی در فرایندهای بعدی می‌شوند. مکمل این مشاهدات ارزیابی‌های آزمایشگاهی است که برای به دست آوردن داده‌های بهتر ضروری‌اند. مثلاً، ویژگی‌های ته‌نشینی لخته‌ها نیازمند ارزیابی آزمایشگاهی است که مبتنی بر سعی و خطا و روش‌های تجربی استفاده از آزمون جار هستند.

تنظیم سرعت لخته‌سازها، در صورت وجود چنین تأسیساتی، باید شامل موارد زیر شود :

۱- حجم لخته‌هایی که تشکیل می‌شوند. اگر کدری آب ورودی کم باشد، لخته‌هایی به اندازه سرسوزن برای جداسازی روی صافی (صاف کردن مستقیم) بهتر است. در این موارد سرعت لخته‌ساز باید کمتر باشد. از سوی دیگر، اگر کدری آب زیاد باشد، باید سرعت لخته‌ساز نزدیک به حداکثر باشد تا لخته‌هایی را تشکیل دهد که به راحتی ته‌نشین می‌شوند.

۲- مشاهدات چشمی. جریان کوتاه می‌تواند نشانگر این باشد که شدت همزنی در لخته‌ساز کافی نیست و خرد شدن لخته‌ها نشان دهنده این است که آشفتگی همزنی (سرعت) ممکن است بیش از حد مناسب برای نوع لخته‌های تشکیل شده (لخته‌های بزرگ زاج) باشد.

۳- دمای آب[2]. اگر دمای آب پایین باشد، باید آشفتگی همزنی بیشتر شود. بنابراین باید سرعت زیاد شود.

متأسفانه اندازه گیری این موارد ساده نیست. در این موارد، تجربه و قضاوت شخصی کارساز است. یکی از محدودیت‌های واقعی در کنترل فرایند اتکای بیش از حد به مقدار کدری مواد ته‌نشین شده است. در عین آن که مقدار کدری یک نوع اندازه گیری غیر مستقیم غلظت مواد جامد معلق است، اما این مقدار توصیف کننده اندازه، تراکم و حجم نبوده و نشان نمی‌دهد که کدام نوع صافی توان صاف کردن آب مورد نظر را دارد.

شکل ۱ مکان‌های نمونه‌وار مراقبت از فرایند انعقاد- لخته‌سازی را نشان می‌دهد. شاخص‌های کیفی مورد استفاده در ارزیابی مقدار مصرف ماده منعقدکننده و عملکرد فرایند شامل کدری، دما، قلیائیت، pH، رنگ و کلرخواهی است. این شاخص‌های کیفی را بعداً در بخش آزمون‌های آزمایشگاهی بیشتر تشریح خواهیم کرد.

بسته به ارزیابی کلی عملکرد فرایند، ممکن است متصدی مجبور به ایجاد تغییراتی در مقادیر خوراک ماده شیمیایی شود، یا مجبور شود سرعت اختلاط سریع یا لخته سازها را تنظیم کند، البته در صورتی که سرعت این واحد قابل تغییر باشد. اینها اقدامات عادی برای تغییرات جزیی در کیفیت آب ورودی مثل کدری یا نوسان‌های دماست.

عموماً همزن‌های سریع نسبت به تغییر و تنظیم سرعت کمتر از لخته‌سازها حساسیت دارند چون منظور اصلی از اختلاط سریع پراکندن سریع مواد شیمیایی در آب تحت تصفیه است.

---

۱ - انحراف، استفاده از بخشی از جریان رودخانه به منزله منبع تأمین آب.

۲ - با کاهش دمای آب، سرعت همه واکنش‌های شیمیایی کم می‌شود. مثلاً دمای $50^{\circ}F$ ($10^{\circ}C$) زمان واکنش‌های شیمیایی را به نصف سرعت آنها در دمای $70^{\circ}F$ ($21^{\circ}C$) می‌رساند.

این واکنش در چنین مقادیر کمی معمولاً لحظه‌ای است.

تجهیزات فرایند مثل تأسیسات خوراک مواد شیمیایی را باید به طور منظم بررسی کرد مطمئن شویم که مقدار خوراک مواد شیمیایی (سرعت خوراک) دقیق انجام می‌شود. بهره‌برداری، نگهداری، تعمیرات و تجهیزات فرایند را در بخش نگهداری، تعمیر و بهره‌برداری از تجهیزات فرایند و تجهیزات کمکی با شرح بیشتر خواهیم آورد.

متصدی باید همیشه همه تأسیسات فیزیکی انعقاد - لخته‌سازی را با چشم بازرسی کند. این کار بخشی از کارهای معمول و مراقبتی است. برگ و شاخه درختان در کانال ورودی یا در حوضچه‌های لخته‌ساز جمع می‌شوند. اگر از آنها غفلت شود، این مواد به فرایندهای دیگری راه می‌یابند که در آنجا دستگاه‌های اندازه گیری را دچار خطا و خرابی می‌کنند و سیستم‌های کنترل کیفی آب، پمپ‌ها یا دیگر تجهیزات مکانیکی را دچار اختلال می‌کنند. در برخی از موارد، مشکلات طعم و بوی آب توسط میکروارگانیسم‌هایی به وجود می‌آید که در نخاله‌ها و رسوب‌هایی که در تأسیسات تصفیه‌خانه جمع شده‌اند رشد کرده‌اند. برای اطلاع بیشتر در این بخش به شرح "کنترل طعم و بو" رجوع کنید.

بهره‌برداری فرایند

ضرورت آزمایش

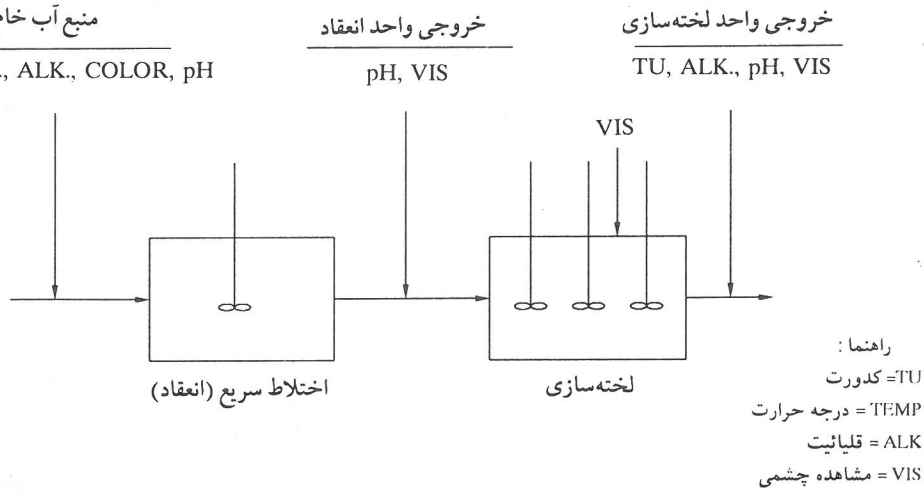
در این بخش برای تصویر کردن چگونگی بهره‌برداری از فرایند انعقاد - لخته‌سازی در عمل، روش‌های مورد استفاده در یک تصفیه‌خانه نمونه را گام به گام دنبال خواهیم کرد. باید این نکته را به خاطر بسپارید که بسیاری از تصفیه‌خانه‌ها با تصفیه‌خانه نمونه تفاوت دارند و نیز این که خیلی از آب‌ها رفتار و ویژگی‌های متفاوتی از آبی که در تصفیه‌خانه ما فرض شده است دارند. در عمل، باید هر متصدی، تصفیه‌خانه خود را با آب خاص همان تصفیه‌خانه به آزمایش بگذارد، اما اصول ارائه شده در اینجا در هر موقعیتی بسیار مفید خواهند بود.

تأسیسات فیزیکی

شکل ۲ نمای هوایی یا نمای طرح واحدهای فرایند انعقاد - لخته‌سازی را در تصفیه‌خانه نمونه ما نشان می‌دهد. مواد شیمیایی در محفظه اختلاط سریع به آب ورودی اضافه می‌شود و توسط اختلاط سریع مخلوط می‌شود. سپس آب از اختلاط سریع توسط کانال توزیع به حوضچه‌های لخته‌سازی جریان می‌یابد و از آن جا به حوضچه‌های رسوب‌گذاری و سپس به صافی‌ها جریان خواهد یافت. ابعاد تأسیسات (طول، عرض وعمق) را می‌توان از روی نقشه‌های طرح تصفیه‌خانه به دست آورد.

زمان ماند

با اطلاعاتی که از نقشه‌های طرح به دست آمده، می‌توان زمان‌های ماند مورد انتظار در اختلاط سریع، کانال توزیع، و حوضچه‌های لخته‌سازی را محاسبه کرد. این زمان‌ها برای تعیین مقدار بهینه مواد شیمیایی برای آب تحت تصفیه اهمیت خواهند داشت که برای آن از آزمایش جار استفاده

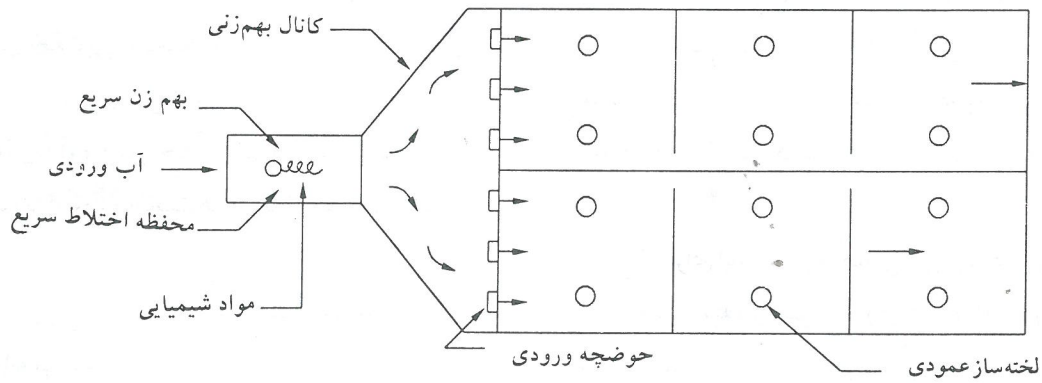


شکل ۱ - اصول مراقبت فرایند انعقاد - لخته‌سازی و نقاط نمونه مراقبت

جدول ۱ - غلظت‌های مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایش جار

(٪) غلظت محلول استوک (mg/l)	۱ میلی‌لیتر به ۱ لیتر نمونه اضافه شد	۲ گرم بر لیتر برای آماده‌کردن محلول	و دز تقریبی مورد نیاز mg/l
۱۰۰۰mg/l (۰/۱ ٪)	۱mg/l	۱mg/l	۱-۱۰mg/l
۱۰۰۰۰mg/l (۱ ٪)	۱۰mg/l	۱۰mg/l	۱۰-۵۰mg/l
۱۰۰۰۰۰mg/l (۱۰ ٪)	۱۰۰mg/l	۱۰۰mg/l	۵۰-۵۰۰mg/l

۱- از این ستون به منظور تعیین دوز تقریبی مورد نیاز آب خام به منظور تعیین دوزهای مورد نیاز و آزمایش جار را استفاده می‌شود.
۲- این ستون گرم ماده خشک شیمیایی که باید برای آماده‌کردن محلول استوک استفاده شود معین می‌کند. محلول استوک شامل ماده شیمیایی به اضافه مقدار کافی آب برای ساختن ۱ لیتر محلول است.



شکل ۲- نمای کلی طرح یک واحد فرایند انعقاد - لخته‌سازی نمونه وار

می‌شود. از این گذشته، زمان‌های ماند برای انجام دلخواه و مطلوب واکنش‌های شیمیایی ضروری خواهند بود.

۱- نمای طرح، یک نمودار یا تصویر که تأسیسات را از بالاسر نشان می‌دهد.

۲- زمان ماند

۱) زمان نظری (محاسبه شده) که برای عبور مقدار کمی آب از یک مخزن در سرعتی خاص لازم است.

۲) زمان ماند واقعی آب در حوضچه ته‌نشینی، حوضچه لخته‌سازی یا محفظه اختلاط سریع بر حسب ساعت یا دقیقه. در مخازن ذخیره، زمان ماند عبارت است از طول زمانی که آب ورودی قبل از برداشت برای مصرف در آن باقی می‌ماند (معمولاً از چند هفته تا چند سال، که عموماً چند ماه زمانی عادی است).

بیشتر متصدیان تصفیه‌خانه‌ها در تصفیه‌خانه خود منحنی‌های جریان بر حسب زمان ماند برای حوضچه‌ها را رسم می‌کنند. این منحنی‌ها انتخاب زمان‌های همزنی را در انجام آزمایش جار ساده‌تر می‌کند.

آزمایش جار

آمادگی برای آزمون

باید به خاطر داشته باشید که شبیه‌سازی دقیق شرایطی که در تصفیه‌خانه اتفاق می‌افتد برای آزمایش جار تقریباً غیر ممکن است. منظور از آزمایش جار این است که در آزمایشگاه آنچه در تصفیه‌خانه در رابطه بین زمان‌های ماند، شرایط همزنی و شرایط ته‌نشینی روی می‌دهد بازسازی کند. با تماشای تشکیل و ته‌نشینی لخته در آزمایش جار باید بتوانید به خوبی دریابید که در تصفیه‌خانه شما با مصرف آن مقدار مواد شیمیایی چه روی خواهد داد. آزمایش جار باید به گونه‌ای به کار رود که وقایع و شرایط قابل انتظار در تصفیه‌خانه را نشان دهد. با مشاهده نزدیک و دقیق تشکیل لخته‌ها در لخته‌سازها و ته‌نشینی آنها در حوضچه رسوب‌گذاری تصفیه‌خانه، متصدی باید به خوبی دریابد که آیا مقدار ماده شیمیایی مصرف شده به حد مطلوب

نزدیک است یا نه؟. علاوه بر آن، با مشاهده عملکرد صافی‌ها و توجه به نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی، متصدی به اطلاعات دیگری دست می‌یابد که به تنظیم سرعت و مقدار واقعی خوراک موادشیمیایی کمک خواهد کرد.

در تصفیه‌خانه نمونه مورد بحث ما، و در آزمایش جار، برآنیم تا از زاج به منزله ماده منعقدکننده اولیه و از یک پلیمر کاتیونی[1] به منزله منعقدکننده کمکی[2] استفاده کنیم. نمونه مورد استفاده می‌تواند ۵۰۰ml، ۱۰۰۰ml یا ۲۰۰۰ml باشد. ما در این مورد فرضی از یک لیتر آب (۱۰۰۰ml) استفاده می‌کنیم چون بیشتر همزن‌های چندتایی یا دستگاههای آزمایش جار را برای ظرفهای یک لیتری طراحی می‌کنند.

معرف‌های[3] آزمایش جار را می‌توان در غلظت‌های مختلف تهیه نمود که تعداد غلظت‌ها به مقدار مصرف مطلوب بستگی دارد.

جدول ۱ رایج‌ترین غلظت‌های مواد شیمیایی برای تصفیه آب را ارائه می‌کند.

در این مثال، فرض می‌کنیم که غلظت‌های زیر بهترین غلظت معرف برای آزمون‌ها است:

۱- زاج با غلظت ۱۰mg/l به ازای هر میلی‌لیتر محلول افزوده به یک لیتر آب خام.

۲- پلیمر کاتیونی با غلظت ۱mg/l به ازای هر میلی‌لیتر محلول افزوده به یک لیتر آب خام.

توجه:

۱- اگر بخواهید خود، معرف‌های شیمیایی را برای آزمایش جار مخلوط کنید، باید با سازنده آن معرف تماس بگیرید و بپرسید که غلظت مواد شیمیایی خریداری شده چقدر است. می‌توانید به سازنده مواد، غلظت و قدرت محلول مورد نیازتان برای انجام آزمایش جار را اعلام کنید (۱۰۰۰mg/l یا محلول ۰/۱٪). البته تهیه این محلول‌های مخصوص هزینه در برخواهد داشت اما این هزینه معمولاً بسیار کمتر از ارزش وقتی است که شما صرف تهیه معرف شیمیایی خواهید کرد. روش مناسب این است که معرف‌های آزمایش جار را با استفاده از نمونه مواد شیمیایی که در عمل در تصفیه‌خانه استفاده می‌شود تهیه کنید. گاه ناخالصی‌های ناچیز و کمیاب در مواد شیمیایی صنعتی می‌تواند اثرات مهمی داشته باشد.

همیشه از معرف‌های شیمیایی تازه استفاده کنید.

۲- اگر امکانات آزمایشگاهی در اختیار دارد، روش مناسب این است که از مواد شیمیایی که به تصفیه‌خانه می‌رسند نمونه‌برداری کنید و کیفیت و قدرت آنها را در آزمایشگاه تأیید کنید.

۳- برای اندازه گیری صافی‌پذیری، مقداری از آب بالای لخته ته‌نشین شده را نمونه‌برداری کنید و آن را از کاغذ صافی واتمن شماره ۴ عبور دهید و کدری آب صاف شده را اندازه بگیرید. روش دیگر اندازه گیری صافی‌پذیری آن است که زمان لازم برای عبور ۱۰۰ml آب از کاغذ صافی را اندازه بگیرید و ثبت کنید.

۱- پلیمر کاتیونی پلیمری است که گروههای یونی با بار مثبت دارد و اغلب ماده کمکی منعقد کننده است.

۲- برای اطلاعات بیشتر در باره انتخاب و مصرف مواد شیمیایی منعقد کننده فصل ۱۰ بهره‌برداری از تصفیه‌خانه را ببینید.

۳- معرف یا شناساگر یک ماده شیمیایی خالص است که برای ساخت مواد دیگر به کار می‌رود یا از آن برای اندازه گیری، شناسایی، یا بررسی مواد شیمیایی دیگر در آزمون‌های شیمیایی استفاده می‌شود.

چند پرسش

۱- کدام فرایندها پس از فرایند انعقاد - لخته‌سازی مواد جامد معلق را از آب جدا می‌کنند؟

۲- اثر بخشی فرایندهای جداسازی مواد جامد را عموماً چگونه کنترل می‌کنند؟

۳- اعمالی را که عموماً متصدی در حالت بهره‌برداری عادی از فرایند انعقاد - لخته‌سازی انجام می‌دهد نام ببرید.

۴- برای کنترل و مراقبت فرایند انعقاد - لخته‌سازی از کدام آزمون‌های آزمایشگاهی استفاده می‌کنید؟

۵- عملکرد فرایند انعقاد - لخته‌سازی را چگونه با چشم مشاهده می‌کنید؟