اصول راهبری تصفیه‌خانه‌های آب

« سلسله مقالات آموزشی »

(مقاصد برنامه‌های مدیریت مخازن آب)

قسمت هفتم

ترجمه: مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

شرح فرایند لخته‌سازی

لخته‌سازی یک فرایند هم‌زنی آرام و کند است که سبب گردآمدن ذرات ریز منعقد شده و تشکیل ذرات بزرگ‌تر و در نتیجه ته‌نشین شدن آنها می‌شود. فرایند لخته‌سازی بین ذرات تماس ایجاد می‌کند تا بیشتر بهم چسبیده و در نتیجه رسوب‌گذاری و صاف‌کردن آنها از آب آسان‌تر شود. این تماس یا برخورد بین ذرات عموماً بر اثر هم‌زنی آرام دستگاه‌های مکانیکی یا هیدرولیکی بوجود می‌آید.

تشکیل لخته

میزان و سرعت برخورد بین ذرات و میزان اثر بخشی این برخوردها در ایجاد اتصال بین ذرات سبب تشکیل لخته و نحوه انجام آن می‌شود. منظور از لخته‌سازی ایجاد لخته‌ای است به اندازه، دانسیته، و زبری که بعداً بتواند در فرایندهای رسوب‌گذاری و صاف کردن از آب جدا شود. بهترین اندازه لخته بین ۰/۱ میلیمتر تا حدود ۳ میلیمتر متغیر است، که این امر به نوع فرایند جداسازی (صاف‌کردن مستقیم در برابر صاف‌کردن متعارف که بعداً مورد بحث قرار خواهد گرفت) بستگی دارد.

ملاحظات مربوط به عملکرد فرایند

کارایی فرایند لخته‌سازی به انتخاب زمان (زمان ماند) و شدت مناسب هم‌زنی و شکل صحیح حوضچه که برای همزنی یکنواخت مناسب باشد و تجهیزات مکانیکی یا ابزار دیگری که عمل همزنی را انجام می‌دهند بستگی دارد. اگر همزنی کافی نباشد، برخورد ذرات اثری نخواهد داشت و لخته‌های کمی تشکیل خواهد شد. هم‌زنی بیش از حد هم لخته‌ها را تکه تکه می‌کند.

اگر مواد منعقدکننده به خوبی در آب تحت تصفیه پخش شود و دست‌کم برای چند ثانیه هم‌زنی شود، معمولاً زمان ماند عامل مهمی در فرایند انعقاد یا همزنی آنی نخواهد بود. زمان ماند برای این لازم است که واکنش‌های شیمیایی انجام شوند. بعضی از متصدی‌ها توانسته‌اند با افزایش مدت زمان ماند بین نقطه ورود ماده منعقدکننده و حوضچه‌های لخته‌ساز، مقدار مصرف مواد شیمیایی را کاهش دهند. اما در فرایند لخته‌سازی، زمان هم‌زنی (ماند) خیلی مهم است. حداقل زمان ماندی که برای لخته‌سازی توصیه می‌شود برای دستگاه‌های صافی مستقیم از حدود ۵ تا ۲۰ دقیقه و برای صافی متعارف بیش از ۳۰ دقیقه است (اندازه و شکل تأسیسات لخته‌سازی هم بر مدت زمان ماند لازم برای دست‌یابی به لخته‌های بهینه مؤثر است).

انواع لخته‌ساز (هم‌زن)

معمولاً دو نوع لخته‌ساز مکانیکی، یکی چرخ پارویی افقی و دیگری لخته‌ساز عمودی، می‌توان نصب کرد

(شکل‌های ۱ و ۲). عملکرد هر دو نوع رضایت‌بخش است؛ اما، لخته‌سازهای عمودی معمولاً به نگهداری کمتری نیاز دارند چون آنها به یاتاقان‌های زیر آبی و جعبه‌های مستغرق نیاز ندارند. انواع لخته‌سازهای عمودی عبارتنداز : پروانه‌ای، پارویی و توربینی.

با ایجاد آشفتگی حاصل از زبری دیواره آبراهه یا کانال یا با انرژی منتشر شده افت‌های ارتفاع آب بر اثر وجود سرریز، سپر و دهانه‌های [1] مختلف نیز می‌توان تا حدی لخته ایجاد نمود. عموماً، از این روش‌ها استفاده محدود می‌شود که این امر به دلیل معایبی همچون توزیع موضعی آشفتگی، زمان ماند ناکافی و آشفتگی بسیار متغیر بر اثر نوسان در جریان است.

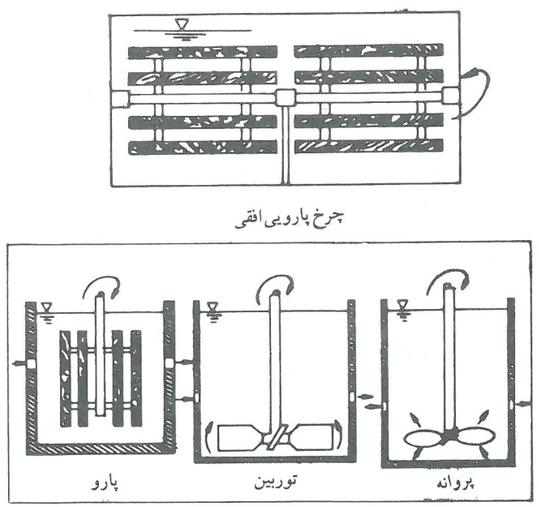
حوضچه‌های لخته‌سازی

عامل تعیین‌کننده شکل حوضچه‌های لخته‌سازی، نوع لخته‌ساز انتخاب شده است. همچنین شکل حوضچه متأثر از ضرورت سازگاری با سازه‌های مجاور (حوضچه‌های رسوب‌گذاری) نیز می‌باشد. حوضچه‌های لخته‌ساز افقی عموماً مستطیلی شکل هستند. اما حوضچه‌های لخته‌سازی عمودی تقریباً مربعی می‌باشند. عمق حوضچه‌های لخته‌ساز معمولاً به اندازه عمق حوضچه‌های رسوب‌گذاری است.

لخته‌سازی معمولاً در حوضچه‌های چند بخشی به بهترین حالت خود می‌رسد. هر بخش یا محفظه (معمولاً سه محفظه) با سپر از دیگری جدا می‌شود تا مانع جریان کوتاه [2] در آب شده و باکاستن از سرعت هم‌زن‌ها، به شیوه‌ای که در شکل ۳ می‌بینید، یا باکاستن از سطح پاروها، آشفتگی در هر محفظه راکمتر کند. به این شیوه هم‌زنی با انرژی تدریجی می‌گویند. دلیل کاستن از سرعت هم‌زن‌ها جلوگیری از خرد شدن ذرات بزرگ لخته‌هایی است که پیش از این تشکیل شده‌اند. اگر این ذرات خرد شوند، کار لخته‌سازی حاصلی نخواهد داشت و بار صافی‌ها زیاد خواهد شد.

۱- سرریز، سپر و دهانه خروجی دستگاه‌های تنظیم جریان هستند که در فرایندهای لخته‌ساز برای ایجاد آشفتگی به کار می‌روند تا مواد شیمیایی را با آن مخلوط کنند. سپر و سرریز عبارت است از تخته یا ورقه‌هایی که آب از روی آن می‌ریزد ولی دهانه‌های خروجی سوراخ‌هایی هستند که در دیواره ایجاد شده و آب از آنها عبور می‌کند.

۲- جریان کوتاه، وضعیتی است که در مخازن و حوضچه‌ها هنگامی روی می‌دهد که آب سریع‌تر از بقیه آب جاری حرکت می‌کند. این وضعیت معمولاً نامطلوب است چون ممکن است به زمان‌های تماس، واکنش، یا ته‌نشینی کمتری نسبت به زمان‌های ماند نظری مورد انتظار (محاسبه شده) بیانجامد.



شکل ۱- انواع لخته‌سازهای مکانیکی

در بعضی از تصفیه‌خانه‌های آب، برای بهبود فرایند کلی جداسازی مواد جامد از فرایند تماس مواد جامد (زلال‌ساز جریان رو به بالا) استفاده می‌کنند. فرایندهای انعقاد، لخته‌سازی و رسوب‌گذاری در این واحدها در یک جا با هم تلفیق می‌شوند. بحث مشروح واحدهای تماس مواد جامد در قسمت‌های بعدی خواهد آمد.

اندرکنش با دیگر فرایندهای تصفیه

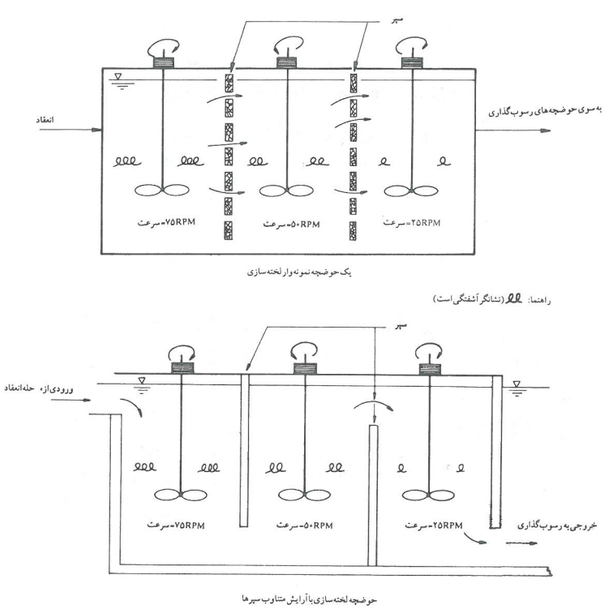
در بخش‌های پیش، ضرورت انعقاد و لخته‌سازی را بحث کردیم. همان‌گونه که دیدید، این فرایندها برای آماده سازی ذرات ته‌نشین نشدنی موجود در آب خام ضروری‌اند تا آنها را در فرایندهای رسوب‌گذاری و صاف‌کردن از آب جدا کنند. ذرات کوچک، بدون انعقاد و لخته‌سازی مناسب، به قدری سبک هستند که ته‌نشین نمی‌شوند و به اندازه‌ای بزرگ نیستند که بتوان آنها را با صافی از آب خارج کرد. به این لحاظ، بهتر است که انعقاد و لخته‌سازی را یک فرایند فرض کنیم.

چون منظور از انعقاد - لخته‌سازی جداسازی ذرات لخته‌ای است، اثر بخشی این فرایندها و اثر بخشی کل عملکرد تصفیه‌خانه، در گروی انجام موفق فرایند انعقاد - لخته‌سازی است. انجام نامناسب این فرایند ممکن است بر ضد عفونی آب نیز اثر بگذارد. باکتری‌ها و ارگانیزم‌های بیماری‌زا به ذرات معلق می‌چسبند و از این رهگذر، اگر فرایندهای جداسازی مواد جامد پیش از ضد عفونی نهایی و به ویژه با صاف‌کردن، اثر بخش نباشند، در معرض ضد عفونی قرار نمی‌گیرند. اگر فرایند انعقاد - لخته‌سازی مؤثر باشد، جداسازی ترکیبات آلی طبیعی نیز انجام می‌شود. جداسازی این ترکیبات احتمال تشکیل تری‌هالومتان‌های ناشی از مصرف کلر در فرایند ضد عفونی را کمتر می‌کند.

کنترل فرایند

از نظر تئوری، واکنش‌های شیمیایی و تشکیل لخته در فرایند انعقاد - لخته‌سازی پیچیده است. اما به لحاظ عملی، متصدی تصفیه‌خانه آب باید بتواند عملکرد این فرایندها را روز به روز اندازه گیری و کنترل کند.

مهمترین نکته در فرایند انعقاد - لخته‌سازی انتخاب نوع و مقدار مناسب مواد شیمیایی منعقدکننده‌ای است که به آب افزوده می‌شود. نوع و مقدار ماده معمولاً در آزمایشگاه و به کمک دستگاه جارتست (شکل ۲) تعیین می‌شود. در هنگام



شکل ۲ - حوضچه‌های نمونه‌وار لخته‌سازی

انتخاب نوع خاص ماده شیمیایی، باید به مقدار و نوع مواد جامدی که در لجن آب وجود دارد و وسیله دفع نهایی این مواد توجه شود. آزمون جارتست باید حداقل روزی یک بار انجام شود و وقتی کیفیت آب تحت تصفیه تغییری پیداکند دفعات انجام آزمون باید بیشتر شود. تغییر در کیفیت آب به تغییرات متناسبی در مقدار یا نوع ماده شیمیایی نیاز خواهد داشت.

روشهای تعیین مقدار مناسب ماده منعقدکننده و وسیله اندازه گیری و کنترل فرایند انعقاد - لخته‌سازی در بخش‌های زیر تشریح خواهد شد.

روش‌های بهره‌برداری در شرایط عادی فرایند

شاخص‌های شرایط بهره‌برداری عادی

فرایند انعقاد - لخته‌سازی یک فرایند پیش تصفیه برای فرایندهای رسوب‌گذاری و صاف‌کردن است. بیشتر مواد جامد معلق در حوضچه‌های رسوب‌گذاری جدا می‌شوند و صافی هم آخرین مرحله جداسازی مواد جامد است. به این ترتیب، فرایند انعقاد - لخته‌سازی باید به گونه‌ای بهره‌برداری و کنترل شود که فرایند صافی را بهتر کند و آب صافی شده‌ای به دست دهد که کدورت آن پایین باشد.

اگر اندازه گیری کدورت آب صاف شده به صورت دوره‌ای (نمونه تصادفی[1]) یا مستمر با دستگاه کدورت سنج[2] انجام شود متصدی تصفیه‌خانه شاخص عملکرد کلی فرایند را در دست خواهد داشت. اما متصدی نمی‌تواند فقط متکی به کدورت سنجی آب صاف شده باشد تا فرایند را به طور کامل کنترل کند. اشکال اتکای صرف به یک شاخص یگانه کیفی مثل کدری آب صاف شده در این است که عبور آب از فرایندهای مختلف تا رسیدن به این مرحله زمان زیادی لازم دارد. بسته به مقدار آب تحت تصفیه، کل زمان عبور آب از تصفیه‌خانه بین ۲ تا ۶ ساعت یا بیشتر متغیر است. معنای این امر این است که هر تغییری در مقدار مصرف ماده منعقدکننده در ابتدای تصفیه‌خانه تا ۳ تا ۶ ساعت بعد، بسته به نوع و شرایط جریان، در کیفیت نهایی آب خروجی دیده نمی‌شود. بدین ترتیب از کدورت مثل دیگر شاخص‌های کیفی آب مثل pH، دما، کلرخواهی و کیفیت لخته‌ها باید در تمام طول فرایند تصفیه آب مراقبت و نظارت شود. عملکرد بد فرایند را می‌توان در مراحل آغازین تشخیص داد و آنگاه می‌توان اقدامات اصلاحی را به اجرا گذاشت.

اغلب، اصول کنترل فرایند هر تصفیه‌خانه خاص به متصدی کمک می‌کند تا اشکالات را کشف و اقدامات را تعیین کند. برخی از پایه‌های این اصول، نظری و بخشی از آنها تجربی است. اما دانش عملی به دست آمده از شرایط آب و ویژگی‌های شناخته شده عملکرد تأسیسات مورد استفاده در شرایط مختلف تصفیه نیز باید در تدوین این راهبردها و اصول دخالت داشته باشد.

۱- نمونه تصادفی. یک نمونه یگانه از آب که در زمانی مشخص و مکانی معین برداشته شده و نشانگر ترکیب آب فقط در آن زمان و مکان خاص است.

۲- کدورت سنج. ابزاری برای اندازه‌گیری و مقایسه کدری مایعات که در آنها نور می‌تاباند و معین می‌کند که چه مقدار نور توسط ذرات درون مایع بازتاب یافته است

چند پرسش

۱- لخته‌سازی چیست؟
۲- زمان هم‌زنی نمونه‌وار در فرایند انعقاد چقدر است؟
۳- حداقل زمان ماند قابل توصیه برای لخته‌سازی چقدر است؟
۴- لخته‌سازهای عمودی چه برتری بر لخته‌سازهای افقی دارند؟
۵- چرا محفظه‌ها یا بخش‌های حوضچه‌های لخته‌سازی را باید از هم جدا کنند؟
۶- تفاوت بین فرایندهای انعقاد و لخته‌سازی چیست؟
۷- تفاوت بین مواد منعقدکننده اولیه و مواد کمک منعقدکننده چیست؟
۸- چرا در سال‌های اخیر مخلوط کن‌های پمپ‌دار برای هم‌زنی مواد شیمیایی با استقبال بیشتری روبرو شده‌اند؟
۹- منظور از فرایند لخته‌سازی چیست؟
۱۰- مزیت فرایند انعقاد - لخته‌سازی بر دیگر فرایندهای تصفیه چیست؟
۱۱- نوع و مقدار مناسب ماده منعقدکننده را چگونه تعیین می‌کنند؟