



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال هفتم، شماره‌ی ۲۵
زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۳۶-۳۱

کاربرد پلی کلرور سولفات آلومینیوم در تصفیه آب و مقایسه آن با سایر مواد منعقد کننده‌ها

مرتضی قلی زاده

گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

morteza_gh2000@yahoo.com

چکیده

با توجه به اهمیت آب در زندگی و همچنین مسائل محیط زیستی، تصفیه آن از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. به‌طور کلی در تصفیه آب و فاضلاب از روش‌های مختلفی از جمله ته‌نشینی و فیلتراسیون و روش‌های بیولوژیکی استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین روش‌های تصفیه آب و فاضلاب، منعقدسازی مواد زائد موجود در آب به‌وسیله منعقد کننده‌ها می‌باشد. عموماً عمل رسوب‌دهی توسط نیروی جاذبه انجام می‌شود. منتها در این میان می‌توان از روش‌هایی (افزودن مواد منعقد کننده) برای افزایش سرعت رسوب‌دهی استفاده کرد. مواد منعقد کننده دارای انواع مختلفی می‌باشند که عبارتند از: منعقد کننده‌های غیر آلی (معدنی)، منعقد کننده‌های آلی سنتزی، منعقد کننده‌های طبیعی. در این پژوهش از منعقد کننده‌های معدنی همچون پلی کلرور آلومینیوم و پلی کلرور سولفات آلومینیوم و کلرور آهن و سولفات آلومینیوم استفاده شده است. پلی کلرور سولفات آلومینیوم در مقایسه با دیگر تصفیه کننده‌های غیر آلی دارای ویژگی‌هایی همچون میزان مصرف کم‌تر، تولید لجن کم‌تر، ته‌نشینی سریع می‌باشد. به خاطر همین در این تحقیق روش ساخت ماده مذکور بحث شده و همچنین میزان رسوب‌دهی منعقد کننده‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن زمان ثابت ته‌نشینی (۹۰ دقیقه)، میزان رسوب‌دهی بر اساس افزایش غلظت مواد منعقد کننده تا یک میزان حدی افزایش می‌یابد. همچنین در غلظت ثابت مواد منعقد کننده میزان رسوب‌دهی پلی کلرور سولفات آلومینیوم بیشتر از سایر مواد می‌باشد.

کلید واژه‌ها: تصفیه، منعقدسازی، پلی کلرور سولفات آلومینیوم، پلی کلرور آلومینیوم، سولفات آلومینیوم.

مقدمه

از آنجا که آب یکی از مهم‌ترین و بهترین حلال‌ها است، معمولا به‌طور خالص در طبیعت یافت نمی‌شود. حتی آب حاصل از میعان بخارات آب موجود در هوا، در موقع باریدن مقداری گردوخاک، اکسیژن، دی‌اکسید کربن و دیگر گازها را در خود حل می‌کند. در روی سطح زمین نیز مقداری از مواد معدنی را در خود حل می‌کند لذا آب مصرفی چه آشامیدنی و چه صنعتی معمولا نیاز به تصفیه دارد. همچنین فاضلاب‌های خانگی و صنعتی مهم‌ترین آلوده‌کننده‌های محیط می‌باشند که در صورت تصفیه آن‌ها ضمن برطرف کردن آلودگی محیط‌زیست می‌توان از آب حاصله در کشاورزی و صنعت استفاده کرد.

برای حذف ناخالصی‌های آب، از عملیات‌های مختلفی از جمله فیلتراسیون و منعقد سازی استفاده می‌شود. مهم‌ترین ناخالصی‌ها مواد جامد می‌باشد که به سه صورت معلق (اندازه‌های ذرات در حد میلی‌متر)، کلوئیدی (میکرو و نانومتر در حداقل یکی از ابعاد) و محلول (چند انگستروم) وجود دارند. هر چند ذرات موجود در آب ریزتر باشند برای حذف آن‌ها احتیاج به روش‌ها و دستگاه‌های پیچیده‌تری است. ذرات با ابعاد بزرگ‌تر از سانتی‌متر را می‌توان با صفحات مشبک و توری حذف کرد. برای حذف ذرات ریزتر باید با توجه به تمایل ذرات به ته‌نشینی، شناوری یا تعلیق روش مناسب را انتخاب کرد [۱ و ۲]. اگر اجازه داده شود که ذرات به‌طور طبیعی ته‌نشین یا شناور شوند ممکن است که چندین ماه و حتی سال طول بکشد. این در حالی است که زمان بیش از چند ساعت برای جداسازی از لحاظ مهندسی قابل قبول نیست. به‌طور کلی عمل رسوب‌دهی توسط نیروی جاذبه انجام می‌شود. متنها در این میان می‌توان از روش‌هایی برای افزایش سرعت رسوب‌دهی استفاده کرد. در واقع برای رسوب‌دهی بهتر بایستی به طریقی پایداری ذرات معلق را کاهش داد. برای این کار از منعقد کننده‌ها استفاده می‌شود. در این پژوهش از منعقد کننده‌های معدنی

همچون پلی کلرور سولفات آلومینیوم، پلی کلرور آلومینیوم، کلرور آهن، سولفات آلومینیوم استفاده شده است [۳-۴]. منتها هدف مقایسه زمان و کیفیت رسوب‌دهی این مواد بوده است. طبق مراجع موجود پلی کلرور سولفات آلومینیوم بهترین شرایط را برای منعقدسازی دارا می‌باشد [۹-۱۰] بنابراین این ماده ابتدا در آزمایشگاه تهیه شده و سپس زمان ته‌نشینی مواد و کیفیت رسوب‌دهی مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

روش‌های متعددی برای تولید پلی کلرور سولفات آلومینیوم در مقالات و کتاب‌های مرجع ارائه شده است که به‌طور کلی می‌توان به مواردی همچون اکسایش فلز آلومینیوم به‌وسیله اسید هیدروکلریک کم‌تر از مقدار والانس، برداشت قسمتی از کلراید موجود در کلراید آلومینیوم از طریق عبور دادن محلول از غشای تعویض یون، اکسایش هیدرواکسید آلومینیوم فعال به‌وسیله اسید هیدروکلریک و یا اسید نیتریک، خنثی کردن نمک آلومینیوم به‌وسیله یک قلیا، اکسایش هیدرواکسید آلومینیوم به‌وسیله قلیای آلومینات و دی‌اکسید کربن و یا دی‌اکسید سولفور و انحلال دوباره آن در اسید هیدروکلریک، فرسایش ماده‌ای شامل آلومینیوم در مخلوطی از اسیدسولفوریک و اسید هیدروکلریک و جداسازی یون‌های سولفات کمپلکس نشده از طریق رسوب دادن آن‌ها، واکنش نمک آلومینیوم و آلومینات قلیا با یک اسید تک عاملی اشاره کرد. مراحل به‌کار رفته در آزمایشگاه برای تولید پلی کلرور سولفات آلومینیوم بدین صورت می‌باشد که ابتدا واکنش‌های اولیه که کلرور سولفات آلومینیوم پایه با قدرت بازی کم تهیه می‌شود انجام می‌شود. در این واکنش‌ها، سولفات کمپلکس نشده توسط یک قلیای محلول به نمک سولفات نامحلول تبدیل می‌شود. مرحله دوم جداسازی ذرات جامد رسوب شده در مرحله اول (هیدروکسید آلومینیوم، سولفات فلز قلیایی خاکی،

عملیاتی ممکن است نوع همزن آن متفاوت باشد. مرحله بعدی کریستالیزاسیون می باشد. در این مرحله با زمان دهی مناسب می توان به محصول مورد نظر دست یافت [۵-۷].

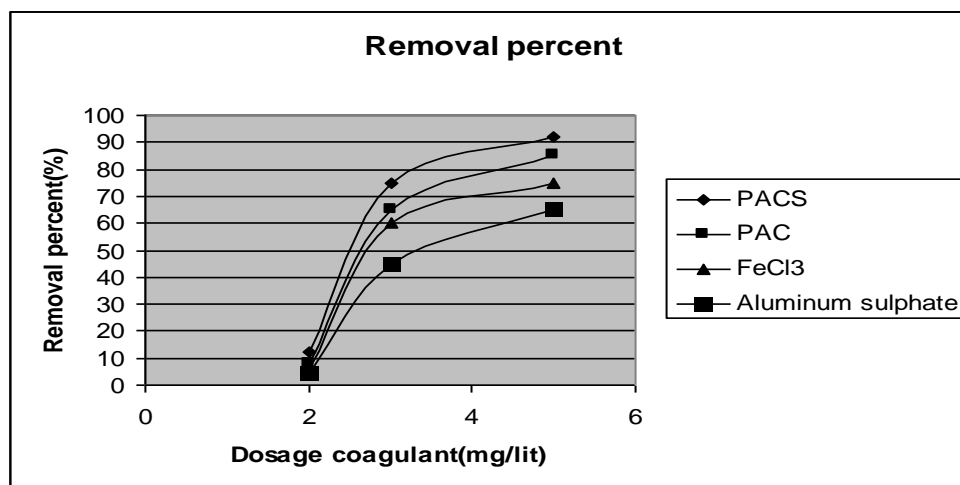
مرحله بعدی تست مواد مختلف به کار رفته به عنوان منعقد کننده در ایران و ماده مورد نظر ساخته شده می باشد. به طور کلی غلظت کل مواد معلق در آب و قلیائیت آب مورد نظر و PH محیط عوامل موثر در منعقد سازی می باشد. در آزمایش های انجام شده کلیه موارد ذکر شده ثابت در نظر گرفته شده تا بتوان مقایسه ای بین منعقد کننده های مختلف انجام داد [۷-۹-۱۰] در این قسمت از چهار نمونه منعقد کننده (پلی کلرور سولفات آلومینیوم و پلی کلرور آلومینیوم و سولفات آلومینیوم و کلرور آهن III) استفاده شده است. ابتدا با در نظر گرفتن زمان ثابت، میزان تغییرات رسوب دهی بر اساس تغییرات غلظت مواد منعقد کننده اندازه گرفته شده است. سپس با ثابت نگه داشتن غلظت ثابت مواد منعقد کننده در زمان های مختلف درصد رسوب بررسی شده است [۱۰-۹].

نتیجه گیری

به منظور این که بتوان مقایسه ای بین منعقد کننده ها انجام داد ابتدا زمان در آزمایش های ثابت نگه داشته شده (۹۰ دقیقه) و در عوض میزان غلظت منعقد کننده ها تغییر داده شده است. برای این منظور ۵ غلظت ۲ و ۳ و ۵ و ۷ و ۸ میلی گرم بر لیتر مورد آزمایش قرار داده شده است. نمودارهای به دست آمده به صورت زیر می باشد:

سولفات آلومینیوم بازی، پلی سولفات آلومینیوم) خواهد بود. واکنش مرحله دوم که در آن قدرت بازی کلرور سولفات آلومینیوم پایه افزوده شده و پلی کلرور سولفات آلومینیوم تهیه می شود. مرحله بعد کریستالیزاسیون می باشد که با زمان دهی مناسب این کار صورت می گردد [۵-۷].

مهم ترین قسمت این مراحل، انجام واکنش های تهیه کلرور سولفات آلومینیوم پایه می باشد. این واکنش ها در یک راکتور صورت می گیرد. راکتور مجهز به همزن و جداکننده کف می باشد. ماکزیمم فشار مجاز نیز ۲ بار می باشد. افزایش فشار و دمای زیاد موجب ایجاد محصولات جانبی می گردد. راکتور ممکن است اتوکلاو باشد که به صورت دو جداره و با روکش شیشه ای است. همچنین راکتور شامل یک همزن می باشد که به منظور جلوگیری از ته نشینی ذرات به کار می رود. برای تبادل حرارت نیز راکتور دارای ژاکت می باشد. در صورت کارکرد صحیح همزن و سرعت تزریق معمولاً مقدار کمی ذرات رسوب در خروجی راکتور خواهیم داشت. با توجه به میزان ذرات جامد و اندازه آن ها و شرایط آن ها نوع جداسازی انتخاب می گردد. در آزمایش ها انجام شده معمولاً از فیلتراسیون استفاده شده است ولی در صورت لزوم از روش ته نشینی نیز استفاده می گردد. مرحله بعدی تولید پلی کلرور سولفات آلومینیوم می باشد. در این واکنش قدرت بازی کلرور سولفات آلومینیوم بالا رفته و پلی کلرور سولفات آلومینیوم تشکیل می شود. واکنش این مرحله بسیار سریع بوده و ترجیحاً به صورت نیمه پیوسته صورت می گیرد. همچنین محصول در این مرحله یک امولسیون پایدار می باشد. این واکنش ها در راکتور دیگری انجام می گیرد که همانند راکتور اول می باشد منتها بسته به شرایط



منحنی ۱: سرعت ته‌نشینی مواد معلق در آب بر حسب افزایش غلظت مواد منعقد کننده

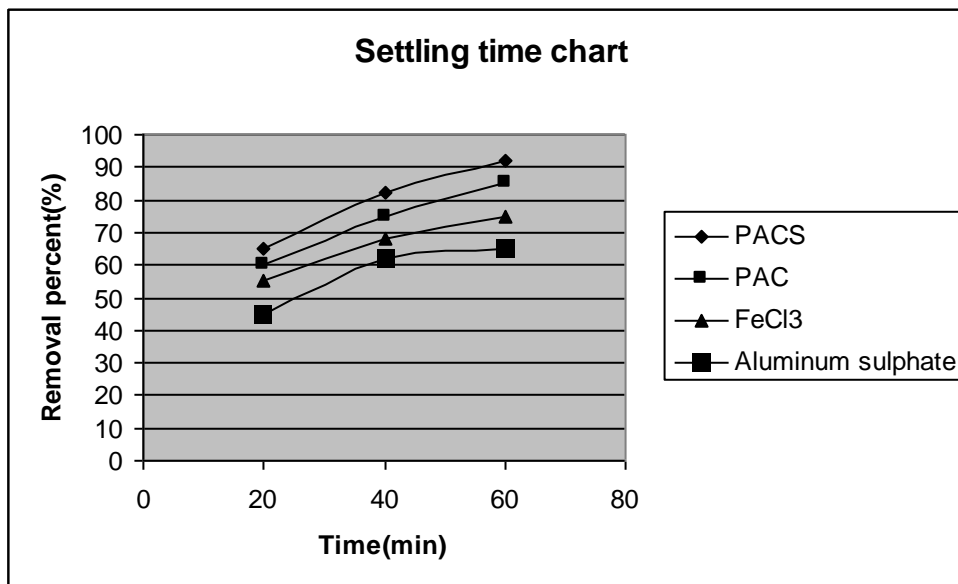
نمودارهای ذکر شده به صورت یک جدول در زیر ارائه شده است:

جدول ۱ - میزان افزایش درصد ته‌نشینی بر حسب افزایش غلظت مواد منعقد کننده

غلظت مواد منعقد کننده (میلی گرم بر لیتر)	درصد ته‌نشینی شدن مواد			
	PACS	PAC	کلرور آهن	سولفات آلومینیوم
۲	۱۲	۸	۶	۴
۳	۷۵	۶۵	۶۰	۴۵
۵	۹۲	۸۵	۷۵	۶۵
۷	۹۴	۸۸	۷۸	۷۰
۸	۹۵	۹۰	۸۰	۷۳

در قسمت دوم آزمایش، غلظت در ۵ میلی گرم بر لیتر ثابت نگه داشته می‌شود. بنابراین فقط میزان رسوب در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری می‌گردد که در نمودارهای زیر این مقادیر نشان داده شده است:

از جدول بالا نتیجه می‌شود که اولاً PACS دارای شرایط بهتری می‌باشد، ثانیاً با افزایش میزان مواد منعقد کننده میزان انعقاد بالا می‌رود. منتها این میزان تا یک حدی (۵ میلی گرم بر لیتر) تاثیر داشته و بعد از آن میزان افزایش غلظت تاثیر چندانی در سرعت ته‌نشینی نخواهد داشت و در حد ۲ تا ۳ درصد می‌باشد [۹-۱۰].



منحنی ۲: منحنی افزایش میزان رسوب بر حسب افزایش زمان ته نشینی

نمودارهای فوق به صورت یک جدول در زیر ارائه شده است:

جدول ۲- درصد بازیافت مواد زائد موجود در آب بر حسب افزایش زمان ته نشینی

زمان ته نشینی (دقیقه)	درصد بازیافت			
	PACS	PAC	FeCl ₃	سولفات آلومینیوم
۲۰	۶۵	۶۰	۵۵	۴۵
۴۰	۸۲	۷۵	۶۸	۶۲
۶۰	۹۲	۸۵	۷۵	۶۵
۸۰	۹۴	۸۸	۷۷	۶۸
۹۰	۹۵	۹۰	۷۹	۷۰

منابع

- [1] Gerhartz, W., Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th Ed., VCH, Germany, 1985.
- [2] Kirk and Othmer., Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Ed., John Wiley & Sons, 1978.
- [3] Gao, B.Y., Yue, Q.Y., Yu H. Wang, Y., Distribution of Aluminum specie & characteristics of structure of Poly-Aluminum-Chloride-Sulfate, J.Environ.
- [4] Gao, B.Y., Yue, Q.Y., Wang, B.J., Electrophoretic nature and evaluation of Poly-Aluminum-Sulfate (PACS) as a coagulant for water and wastewater treatment, J.Environ.Sci., 2003.
- [5] Boisvert, J. P., TO, T.C. Jolicoeur C., On the use of dead-end ultra-filtration for the study of the influence of sulfate and/or silicate on the Particle size distribution in concentrated and partially Pre-Hydrolyzed Al(III) Flocculants, Journal of Membrane Science, Vol. 153, 1999, pp 143-154.
- [6] Shen, Y.H., Dempsey, B.A., Synthesis and Speciation of Poly-Aluminum-Chloride for water treatment, Environmental International, Vol. 24, No. 8, 1998, pp 899-910.

از اعداد به دست آمده مشاهده می گردد که پلی کلرور سولفات آلومینیوم دارای بهترین شرایط برای تصفیه آب می باشد. همچنین مشاهده می شود که با افزایش زمان ته نشینی بیش تر از ۶۰ دقیقه میزان رسوب دهی به مقدار خیلی

کمی بالا می رود [۹-۱۰]

بنابراین با انتخاب یک پروسه مناسب برای تولید پلی کلرور سولفات آلومینیوم و استفاده آن در تصفیه آب می توان تحولی در صنعت تصفیه آب کشور ایجاد کرد.

[7] Qu, J., Liu, H., Optimum condition for Al_{13} polymer formation in PAC preparation by electrolysis process, *Chemosphere*, 2004, pp 51-56.

[8] Jiang, J.Q. Graham, J., Nigel, J.D., Development of Optical Poly-Aluminum-Iron Sulphate Coagulant, *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 129, No. 8, 2003, pp 699-708.

[9] Bao, y.u., Gao, B.Y., Qinyue, Wang Bing-jian, Electrophoretic Nature and Evaluation of Poly-Aluminum-Chloride-Sulfate (PACS) as a Coagulant for water and Wastewater Treatment *Environmental Engineering*, Vol.38, No. 5, 2003, pp 897-907.

[10] Liu, W., Huang, H., Peng, J., Application of Poly Aluminium Chloride In Shenzhen Water Supply, Qingyuan Water Purification Materials Ltd. Shenzhen 518013, P.R.CHINA,2003.P56-63 .