Archive of SID

مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال نوزدهم،
شماره ۲، صفحه ۱۱۹-۱۱۱، ۱۳۸۵
ISSN : 1016-3255

اثر پلی‌آلومینیم کلرید و پلی‌آکریل‌آمید در ترکیب جدید منعقدکننده - لخته‌ساز برای جداسازی مواد جامد از پسابهای حاوی رنگ

Effect of Polyaluminium Chloride and Polyacrylamide on Separation of Solid Contents from Paint Contained Waste Water by a Novel Coagulant-flocculator Composition

مجتبی سمنانی رهبر[1*]، اسکندر علیپور[2]، رضا اسکندری صدیقی[2]
۱ - تهران، دانشگاه امام حسین (ع)، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی شیمی، صندوق پستی ۱۶۵۳۵/۱۸۷
۲ - تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده شیمی، کد پستی ۱۹۱۳۶۷۴۷۱۱

دریافت: ۸۴/۲/۱۱، پذیرش: ۸۴/۸/۲۵

چکیده

گسترش صنایع رنگ‌سازی و استفاده از روش پاشش رنگ سبب شده است که پسابهای حاوی رنگ درصد مهمی از پسابهای صنعتی را شامل شوند. استفاده از ترکیبات منعقدکننده - لخته‌ساز برای جداسازی رنگ از پساب یکی از روشهای نوین و کارامد برای تصفیه پسابهای صنعتی است. در این پژوهش، برای بررسی اثر اجزای مختلف ترکیبات منعقدکننده - لخته‌ساز روی کارایی این ترکیبات در جداسازی مواد جامد معلق (به ویژه رنگ) از پسابها، ابتدا فرمولبندی جدیدی از ترکیب منعقدکننده - لخته‌ساز که به شکل پودر است ارائه شد که شامل اجزای لخته‌ساز، منعقدکننده، تنظیم‌کننده pH و کمک منعقدکننده است. سپس، نمونه‌ای از پساب رنگ حاوی رنگ آلکیدی با غلظت g/L ۵ تهیه و با این ترکیب عمل‌آوری شد. در ادامه اثر افزایش پلی‌آلومینیم کلرید و کاهش پتاسیم هیدروکسید، کاهش پلی‌آلومینیم کلرید و افزایش سدیم آلومینات و استفاده از پلی‌آکریل‌آمید اضافی به عنوان جزء لخته‌ساز بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش پلی‌آلومینیم کلرید و کاهش پتاسیم‌هیدروکسید کارایی ترکیب منعقدکننده - لخته‌ساز در جداسازی مواد جامد از پسابهای رنگی کاهش می‌یابد. همچنین، کاهش پلی‌آلومینیم کلرید و افزایش سدیم آلومینات سبب افزایش درصد جداسازی مواد جامد می‌شود. استفاده از پلی‌آکریل آمید اضافی بیش از g ۰/۱ نیز موجب کاهش مقدار جداسازی مواد جامد از پساب می‌شود.

واژه‌های کلیدی
لخته‌ساز، منعقدکننده، پساب،
پلی‌آکریل آمید،
پلی‌آلومینیم کلرید

Key Words
flocculator, coagulant, waste water,
polyacrylamide,
polyaluminium chloride

مقدمه

ترکیب لخته‌سازها و منعقدکننده‌ها برای جداسازی فاز جامدی که به شکل تعلیق در فاز مایع وجود دارد، بکار گرفته می‌شوند. این تعلیقها شامل اجزای آلی و معدنی هستند که با لخته‌سازها تبدیل به ماده‌ای لزج و غلیظ می‌شوند. تعلیقها با وزن کم و اجزای کوچکتر تمایل کمتری به ته‌نشینی دارند، برعکس تعلیقها با وزن زیاد و اجزای حجیم‌تر و بزرگتر، تمایل بیشتری به ته‌نشینی نشان می‌دهند. اگر از ترکیب مناسب منعقدکننده ـ لخته‌ساز استفاده شود، می‌توان سرعت رسوب‌دهی یا ته‌نشینی مواد جامد موجود در تعلیق را افزایش داد و

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: msmnani@mail.ihu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

امکان جداسازی آنها را با صاف کردن یا سانتریفوژ فراهم کرد [۱]. به دلیل کارایی زیاد این ترکیبات در جداسازی، از آنها در صنایع مختلف به ویژه در تصفیه پسابها استفاده می‌شود. امروزه به دلیل محدودیتهای زیست‌محیطی و اهمیت روزافزون بازیابی آب قابل استفاده از پسابها به منظور کاهش مصرف آب، استفاده از ترکیبات منعقدکننده - لخته‌ساز برای جداسازی مواد جامد از پسابهای صنعتی روز به روز در حال گسترش است. این امر به ویژه در صنایع خودروسازی که از آبشار رنگ برای شستشوی ذرات معلق در محفظه‌های پاشش رنگ استفاده می‌شود، اهمیت روزافزون یافته است.

به طور کلی در تمامی روشهای مختلف پاشش رنگ، حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد از رنگ پاشیده شده به هدر می‌رود که این رنگ به طور عمده با آبشار رنگ تعبیه شده، در واحدهای رنگ‌زنی شسته و وارد جریان فاضلاب می‌شود. همین موضوع سبب شده که پسابهای واحد رنگ صنایع خودروسازی دارای مقادیر متنابهی رنگ به شکل جامد معلق باشند، بنابراین جداسازی مواد جامد از آب در آبشار رنگ برای استفاده مجدد امری حیاتی است [۲].

انعقاد فرایندی است که طی آن بار منفی آلودگیهای موجود در آب خنثی شده، سبب می‌شود که آلودگیها یکدیگر را جذب کرده، منعقد شوند. به طور کلی منعقدکننده‌ها، الکترولیت اسیدها با وزن مولکولی کم، بازها و برخی نمکها هستند که به طور کامل در آب انحلال‌پذیر هستند. نمکهای مختلف آلومینیم، کلسیم، آهن و تعداد کمی از اسیدها مثالهای بارزی از منعقدکننده‌ها هستند، اگرچه امروزه کاربرد پلی‌آلومینیم کلرید (PAC) نسبت به بقیه مواد ذکر شده بیشتر است.

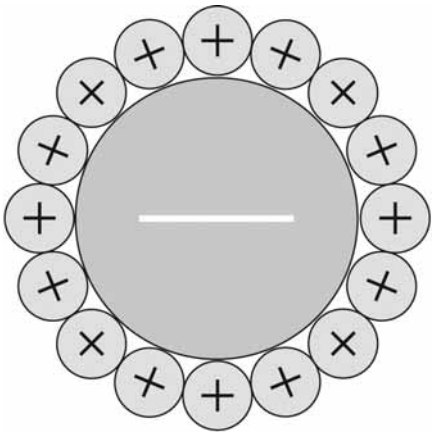
منعقدکننده‌های پلیمری معمولاً چگالی بار بیشتر و زنجیرهای کوتاه دارند و به واسطه عناصر فلزی موجود در آنها که اغلب آلومینیم، آهن و سیلسیم است دور رنگ را احاطه کرده، باعث خنثی شدن یا کشتن رنگ می‌شوند، به این ترتیب خاصیت رنگ از بین می‌رود [۱،۳]. در شکل ۱ نحوه انعقاد رنگ به وسیله منعقدکننده‌ها نشان داده شده است [۴].

لخته‌سازها ترکیباتی هستند که سبب جمع‌آوری و لخته شدن ذراتی می‌شوند که با فرایند انعقاد خنثی شده‌اند. به طور کلی لخته‌سازها مواد آلی با وزن مولکولی متوسط و چگالی بار متوسط و تا حدی کم هستند، از ویژگی بسیار مهم این مواد داشتن زنجیرهای بسیار بلند است که به واسطه این زنجیرهای بلند، اطراف رنگهای احاطه شده با منعقدکننده‌ها را گرفته، باعث شناورسازی آنها می‌شوند. در شکل ۲ چگونگی لخته شدن ذرات رنگ به وسیله مواد لخته‌ساز نشان داده شده است.

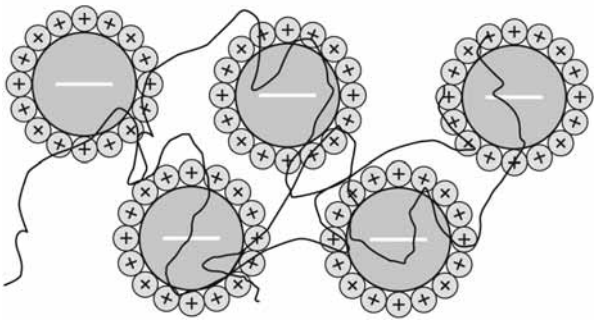
پلیمرهای بلند زنجیر با جرم مولکولی زیاد در فرایندهای ته‌نشینی (sedimentation) هم کاربرد دارند که در این حالت ذرات لخته شده به شدت پایدار هستند. از پلیمرها با وزن مولکولی متوسط، بیشتر در فرایندهای صاف کردن استفاده می‌شود [۵،۶].

لخته‌سازها به دو گروه یونی و غیریونی دسته‌بندی می‌شوند. لخته‌سازهای یونی که کوپلیمرهای حاصل از ترکیبات بر پایه آکریل آمید هستند، به سه گروه کاتیونی، آنیونی و دو خصلتی دسته‌بندی می‌شوند. برخی از پلیمرهای سنتزی که به عنوان لخته‌ساز استفاده می‌شوند در جدول ۱ ارائه شده‌اند [۷،۸]. ترکیبات مختلف آنیونی، کاتیونی و دوخصلتی از پلیمرهای بر پایه آکریل آمید وجود دارند که در شکل ۳ نشان داده شده است.

با وجود پیشرفتهای بسیار در شناسایی انواع ترکیبات منعقدکننده - لخته‌ساز، پژوهش درباره اثر این ترکیبات در جداسازی مواد جامد به ویژه رنگ از پسابها، هم‌اکنون نیز از موضوعات مورد توجه است. استفاده از مراحل برگشتی در فرایند انعقاد - لخته‌سازی پسابهای صنعتی به عنوان راه‌حلی برای افزایش جداسازی رنگ از پساب پیشنهاد شده



شکل ۱ چگونگی احاطه شدن ذرات رنگ با یونهای ماده منعقد کننده.



شکل ۲ نحوه لخته شدن ذرات رنگ به وسیله جزء لخته‌ساز.

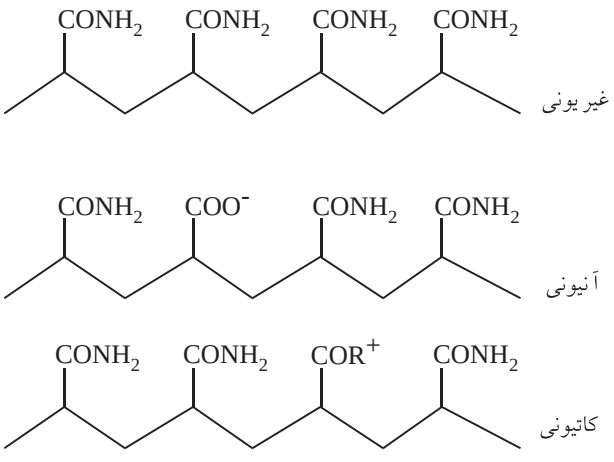
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ برخی از لخته سازهای سنتزی.

نوع	بار یونی	مثال
آنیونی	منفی	پلی آکریل آمید (جزئی آبکافت شده > ٪۴۰-۵) پلی آکریلیک اسید کوپلیمر پلی (آکریل آمید - آکریلیک اسید) پلی استیرن سولفوریک اسید پلی وینیل الکل
کاتیونی	مثبت	پلی اتیلن آمین پلی دی متیل آمینو متیل آکریل آمید پلی دی آلیل دی متیل آمونیوم کلرید پلی وینیل بنزیل تری متیل آمونیوم کلرید
دوخصلتی	خنثی	پلی آکریل آمید (جزئی آبکافت شده < ٪۵-۱)

است [۹]. اثر انواع منعقدکننده از جمله PAC روی انعقاد ذرات آلی در پسابهای صنعتی نیز بررسی شده است [۱۰]. با بررسی لخته سازی پلیمرهای کاتیونی و ذرات در اندازه نانو مشاهده شد که ساختار مولکولی پلیمرها به ویژه خطی یا شاخه ای بودن آن اثر بسزایی در کارایی این مواد دارد و تنها زمانی که ساختار مولکولی خطی است اثر این مواد در لخته سازی ذرات قابل ملاحظه خواهد بود [۱۱]. در مطالعه ای اثر لخته سازی پلی آکریل آمید و کوپلیمر کاتیونی آکریل آمید و نمک آکریلاتی با وزن مولکولی زیاد (پرکول) در جداسازی مواد جامد بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان می دهد که پرکول اثر تعیین کننده ای ندارد، ولی چگونگی توزیع پلی آکریل آمید در محلول کاملاً در لخته سازی



شکل ۳ انواع ترکیبات پلی آکریل آمید کاتیونی، آنیونی و غیر یونی.

مواد جامد اثر خواهد گذاشت [۱۲].

با بررسی ساز وکار لخته سازی و انعقاد تعلیق Al_2O_3 و ارزیابی اثر پارامتر نیمه عمر لخته سازها و تعلیق کننده ها، فرضیاتی ارائه شد [۱۳]. با ارائه فرمولبندی جدیدی برای ترکیب منعقدکننده - لخته ساز نشان داده شد که این ترکیب جامد و پودری شکل، پسابهای صنعتی حاوی رنگ به ویژه رنگهای خودرو را با بازده مطلوبی جداسازی می کند [۱۴]. بنابراین، در این پژوهش از ترکیب و فرمولبندی ارائه شده در مرجع [۱۴] استفاده شد و اثر برخی از اجزای ترکیب روی جداسازی رنگ از محلول بررسی شده است.

تجربی

مواد

- نمونه مورد آزمایش: با توجه به اطلاعات ارائه شده به وسیله شرکتهای PPG ایتالیا و BASF آلمان درباره مواد جامد (رنگ) موجود در پسابهای شرکتهای خودروسازی و به منظور بررسی اثر ترکیب لخته ساز - منعقدکننده بر پسابهای خروجی شرکتهای خودروسازی با حداکثر مقدار جامد (رنگ)، برای ساخت نمونه از انحلال نوعی رنگ آلکیدی (رنگ خودرو با نام تجاری هادی رنگ) در آب استفاده شد، به طوری که غلظت رنگ در آب معادل ۵ g/L تنظیم شد [۲،۱۵].

- ماده منعقدکننده - لخته ساز: برای بررسی اثر برخی از اجزای موجود در منعقد کننده - لخته ساز از فرمولبندی و ترکیب پیشنهادی ارائه شده در مرجع [۱۴] استفاده شده است. این ماده پودری شکل حاوی اجزایی است که هر یک اثری را در فرایند مورد نظر ایفا می کنند. در جدول ۲ اثر هر یک از اجزای موجود در ترکیب منعقدکننده - لخته ساز ارائه شده است. به منظور افزایش کارایی این ترکیب در انعقاد مواد جامد، افزون بر مقادیر مندرج در جدول ۲ مقدار ۰/۱ g پلی آکریل آمید نیز

جدول ۲ ترکیب و مقادیر اجزای موجود در ماده لخته ساز - منعقد کننده.

جزء	اثر	درصد وزنی
PAC	منعقد کننده	۳۷
KOH	تنظیم کننده pH	۸
$NaAlO_2$	منعقد کننده	۴۰
Na_2SiO_3	منعقد کننده	۴
Na_2CO_3	تنظیم کننده pH	۴
PVA	کمک منعقد کننده	۶
PAA	لخته ساز	۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ خواص پلی آکریل آمید و پلی آلومینیم کلرید استفاده شده.

خواص / ماده	حالت فیزیکی	وزن مولکولی (×۱۰۶)	چگالی (kg/m۳)	گرانروی (mPa.s) محلول ۰/۱٪ در آب	pH محلول ۰/۱ ٪ در آب
PAA	پودری	۶-۸	۸۰۰	۲۵	۷
PAC	مایع گرانرو به رنگ قهوه‌ای روشن	۱۵-۱۷	۱۳۰۰	۲۰۰	۵

اضافه بر فرمولبندی ترکیب و پس از افزایش ترکیب منعقد کننده - لخته ساز، استفاده شد [۱۴].

تمام اجزای تشکیل دهنده ماده منعقدکننده - لخته ساز از نوع صنعتی (تجاری) هستند. به طور مشخص می توان از پلی آلومینیم کلرید (PAC) ساخت کشور کره جنوبی، پلی آکریل آمید (PAA) تقویت شده ساخت کشور چین با نام تجاری BKP و KOH محصول شرکت داخلی نام برد. در مورد بقیه اجزا نیز از مواد شیمیایی ساخت کشور چین و موجود در بازار استفاده شده است. خواص پلی‌آکریل آمید کاتیونی (PAA) و پلی آلومینیم کلرید مورد استفاده در جدول ۳ درج شده است.

دستگاهها

برای اختلاط ماده منعقدکننده - لخته ساز در نمونه مورد آزمایش همزن ساخت شرکت IKA مدل RW۲۰-n مطابق شکل ۴ با مشخصات ارائه شده در جدول ۴ و برای محاسبه مقدار جذب اشعه فرابنفش (UV) دستگاه طیف نورسنج ۹۲۲ مدل Ikon ساخت شرکت Biotek-kontron مجهز به لامپ تنگستن (برای نورهای مرئی) و لامپ دوتریم (برای اشعه فرابنفش) بکار گرفته شد.

روشها

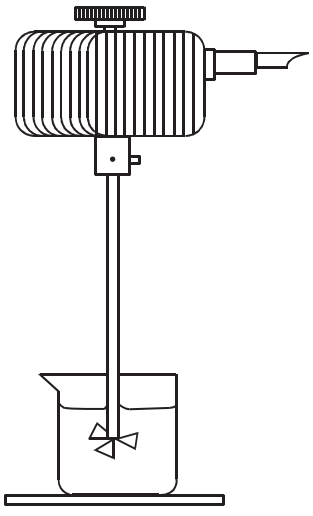
۱ L از نمونه مورد آزمایش در بشری ریخته شد و به وسیله همزن با دور ۴۰۰ rpm همزده شد، طی آن ۱ g از ماده جامد منعقدکننده - لخته ساز به آن اضافه شد. پس از ریزش ترکیب مورد نظر، مقدار اضافی پلی آکریل آمید به محلول اضافه شد، سپس همزدن به مدت ۱۵ min ادامه یافت تا فرایند انعقاد کامل شود. سپس، به منظور لخته‌سازی همزدن به مدت ۹۰ s با دور ۲۰۰ rpm ادامه یافت. پس از آن محلول به مدت ۲ h رها شد تا مواد جامد روی آب شناور شوند. بعد از این مدت مواد جامد که به شکل لجن درآمده‌اند با کاغذ صافی جدا شدند. عملیات در دمای محیط انجام شد. شرایط آزمایش نمونه با ترکیب منعقدکننده - لخته ساز در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۴ مشخصات همزن مورد استفاده در آزمایشها.

مشخصات پروانه			مشخصات محور		
نوع	تعداد	قطر (mm)	طول (mm)	قطر (mm)	حداکثر دور (rpm)
ملخی	۴	۵۰	۳۵۰	۸	۲۰۰۰

تخمین درصد جامد جدا شده

برای محاسبه مقدار جامد (رنگ و ترکیب منعقدکننده - لخته ساز) جدا شده از محلول که به شکل لجن در سطح محلول معلق می شود از روش ارائه شده به وسیله شرکت PPG ایتالیا و BASF آلمان استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا لجن با صافی از محلول جدا و روی شیشه ساعت گذاشته شد ، نمونه به منظور حذف آب در گرمخانه با دمای ۱۰۵°C به مدت ۲ h قرار داده شد. سپس، درصد مواد جامد جداسازی شده با معادله های زیر بدست آمد [۱۱،۱۵]. باید توجه داشت که کل مواد جامد موجود در محلول حاصل از رنگ و ماده منعقدکننده - لخته ساز بوده،



شکل ۴ نمایی کلی مخلوط کن نمونه و ماده منعقدکننده - لخته ساز.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ شرایط آزمایش نمونه با ترکیب منعقد کننده ـ لخته ساز.

زمان لخته سازی (s)	دور همزن در مرحله لخته سازی (rpm)	زمان انعقاد (s)	دور همزن در مرحله انعقاد (rpm)	زمان ماند (h)	pH محلول
۹۰	۲۰۰	۹۰۰	۴۰۰	۲	۸/۵-۱۰

جزء جامد دیگری در محلول وجود ندارد:

$$a = z-x \qquad (۱)$$

$$b = c - a \qquad (۲)$$

$$d = \left(\frac{z-x}{c}\right) \times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

در این معادله ها a مقدار جامد موجود در لجن، b مقدار جامد باقیمانده در نمونه پس از لخته سازی و منعقد شدن، c کل وزن مواد جامد موجود در محلول برحسب گرم شامل ماده منعقدکننده - لخته ساز، رنگ و پلی آکریل آمید اضافی، x وزن شیشه ساعت بر حسب گرم، z وزن شیشه ساعت به همراه لجن جدا شده از محلول بر حسب گرم پس از قرار گرفتن در گرمخانه با دمای ۱۰۵°C به مدت ۲ h است.

تعیین مقدار جذب اشعه فرابنفش به کمک محلول باقیمانده

پس از جدا کردن لجن معلق شده، محلول باقیمانده در دستگاه طیف نورسنج قرار گرفته با تاباندن اشعه فرابنفش، مقدار جذب آن اندازه گیری شد.

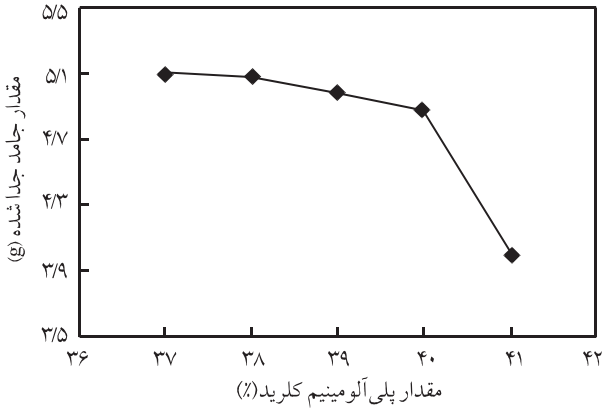
نتایج وبحث

اثر افزایش پلی آلومینیم کلرید و کاهش پتاسیم هیدروکسید

به منظور بررسی اثر افزایش جزء منعقدکننده در محلول همزمان با کاهش

جدول ۶ مقادیر مختلف استفاده شده از پلی آلومینیم کلرید و پتاسیم هیدروکسید در ترکیب منعقد کننده ـ لخته ساز.

مقدار PAC (٪)	۳۷	۳۸	۳۹	۴۰	۴۱
مقدار پتاسیم هیدروکسید (٪)	۸	۷	۶	۵	۴

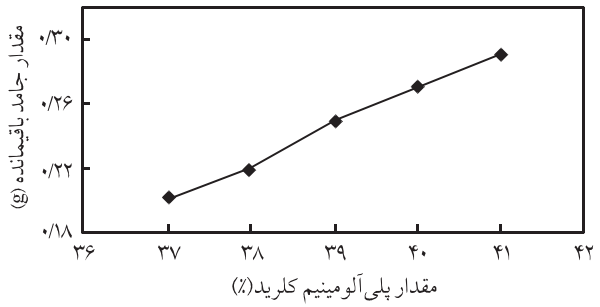


شکل ۵ مقدار جامد در لجن تعلیق شده برای افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده منعقد کننده ـ لخته ساز.

pH، افزایش پلی آلومینیم کلرید همزمان با کاهش هیدروکسیدپتاسیم بررسی شد. در جدول ۶ درصدهای مختلف مورد استفاده از پلی آلومینیم کلرید در ترکیب منعقدکننده ـ لخته ساز ذکر شده است. همزمان با افزایش درصد پلی آلومینیم کلرید، از درصد پتاسیم هیدروکسید کاسته شده، درصد بقیه اجزای مندرج در جدول ۲ ثابت باقیمانده است تا ترکیب درصد ماده منعقدکننده - لخته ساز تغییر نکند.

مقدار مندرج در اولین ستون جدول ۶، مطابق با مقدار پلی آلومینیم کلرید و پتاسیم هیدروکسید ترکیب پایه ارائه شده در جدول ۲ است.

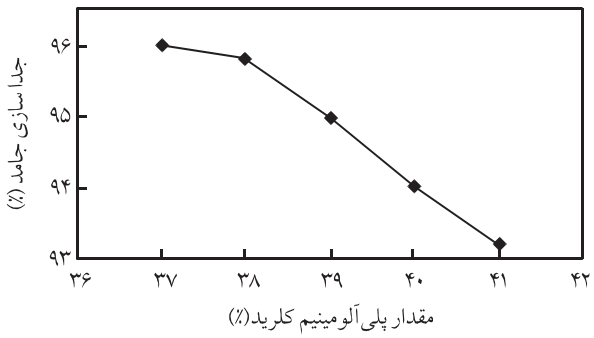
در شکلهای ۵ تا ۷ مقدار جامد جدا شده به شکل لجن، جامد باقیمانده در محلول و درصد جداسازی مواد جامد نشان داده شده است. مشاهده می شود که با افزایش مقدار پلی آلومینیم کلرید، کارایی ترکیب منعقدکننده - لخته ساز برای جداسازی مواد جامد از محلول کاسته می شود. این امر با کاهش مقدار لجن جدا شده (شکل ۵)، افزایش مقدار جامد باقیمانده در محلول (شکل ۶) و کاهش درصد جداسازی مواد جامد (شکل ۷) مشخص می شود.



شکل ۶ مقدار جامد باقیمانده در محلول صاف شده برای افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده لخته ساز ـ منعقد کننده.

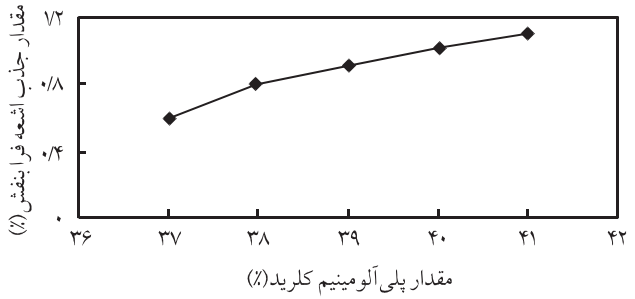
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷ درصد جداسازی جامد برای افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده لخته ساز - منعقد کننده.

شکل ۸ نیز مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول را پس از صاف شدن نشان می‌دهد، مطابق شکل مقدار جذب اشعه به وسیله محلول با افزایش مقدار پلی آلومینیم کلرید افزایش می‌یابد که این امر خود مؤید کاهش مقدار مواد جامد جداسازی شده است. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که با وجود افزایش مقدار پلی آلومینیم کلرید به عنوان جزء منعقدکننده و افزایش آلومینیم آزاد شده در محلول، کاهش pH سبب می‌شود که مقدار $Al(OH)_3$ کمتری در محلول ایجاد شود و در نتیجه از مقدار ذرات جامد احاطه شده به وسیله $Al(OH)_3$ و انعقاد آنها کاسته شود که این امر موجب کاهش جداسازی مواد جامد می‌شود. نتیجه حاصل مؤید این نکته است که آلومینیم هیدروکسید به دلیل انحلال‌پذیری کم، در آب حل نشده و به شکل ژلاتین درمی‌آید، در نتیجه ذرات جامد و کلوییدی را منعقد می‌کند و بیش از آن که وابسته به ماده منعقدکننده (در اینجا PAC) باشد، وابسته به pH محلول است. کاهش پتاسیم هیدروکسید سبب کاهش pH محلول می‌شود و کاهش pH محلول نیز کاهش یون هیدروکسید (OH) را در پی خواهد داشت که از تشکیل آلومینیم هیدروکسید می‌کاهد و در نهایت موجب کاهش تشکیل لجن و جداسازی رنگ می‌شود.



شکل ۸ مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول صاف شده برای افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده لخته ساز - منعقد کننده.

جدول ۷ تغییر مقدار پلی آلومینیم کلرید و سدیم آلومینات استفاده شده در ترکیب منعقدکننده - لخته ساز.

مقدار PAC (٪)	۳۷	۳۶	۳۵	۳۴	۳۳
مقدار سدیم آلومینات (٪)	۴۰	۴۱	۴۲	۴۳	۴۴

بررسی افزایش پلی آلومینیم کلرید و کاهش سدیم آلومینات

به منظور ارزیابی اثر هر یک از اجزای منعقدکننده بکار رفته در ماده منعقدکننده - لخته ساز، افزایش پلی آلومینیم کلرید همزمان با کاهش سدیم آلومینات بررسی شد. جدول ۷ اجزای مورد استفاده در ماده منعقدکننده - لخته ساز را که در آن از درصد پلی آلومینیم کلرید کاسته شده، به همان اندازه به مقدار سدیم آلومینات اضافه شده، ارائه می‌کند.

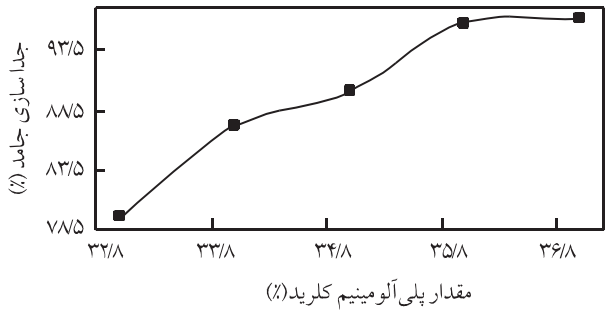
در شکلهای ۹ تا ۱۲ مقدار مواد جامد جدا شده، جامد باقیمانده در محلول، درصد جداسازی جامد و مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول پس از عمل انعقاد و لخته سازی نشان داده شده است.

نتایج حاصل از افزایش مقدار جامد جدا شده به شکل لجن (شکل ۹)، کاهش مقدار جامد باقیمانده در محلول و مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول (شکلهای ۱۰ و ۱۱) و افزایش درصد جداسازی جامد (شکل ۱۲) نشان می‌دهند که افزایش پلی آلومینیم کلرید و کاهش سدیم‌آلومینات اثر مثبتی در کارایی ماده منعقدکننده - لخته ساز دارد. از آنجا که هر دو جزء منعقدکننده هستند، اما مقدار آزادسازی آلومینیم به وسیله پلی آلومینیم کلرید بیشتر از سدیم آلومینات است. این موضوع سبب می‌شود تا مقدار جامد بیشتری به وسیله یون آلومینیم منعقد شده، بر مقدار جداسازی آن افزوده شود، به عبارت دیگر اثر کاهش پلی آلومینیم‌کلرید در جداسازی جامد بسیار بیشتر از اثر افزایش سدیم‌آلومینات است. به منظور بررسی این فرضیه، مقدار آزادسازی

شکل ۹ مقدار جامد در لجن تعلیق شده برای کاهش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده منعقد کننده - لخته ساز.

www.SID.ir

Archive of SID

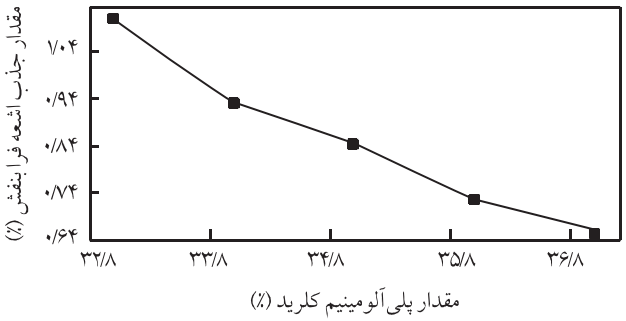


شکل ۱۰ مقدار مواد جامد باقیمانده در محلول صاف شده برای کاهش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده منعقد کننده - لخته ساز.

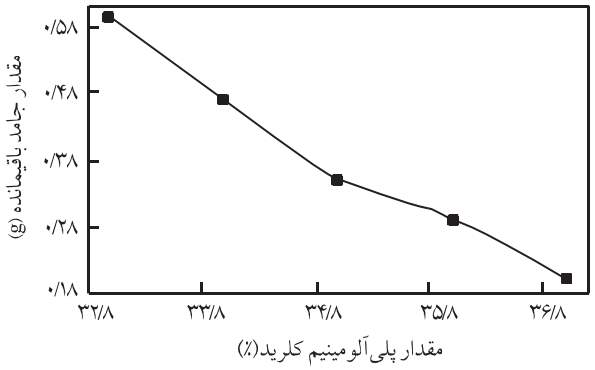
آلومینیم از سه ترکیب پلی آلومینیم کلرید، سدیم آلومینات و آلومینیم سولفات به روش جذب اتمی بررسی شد. نتایج حاصل در شکل ۱۳ نشان می دهد که پلی آلومینیم کلرید حدود ۲/۵ برابر سدیم آلومینات، یون آلومینیم در محلول آزاد می کند که این امر موجب افزایش انعقاد ذرات رنگ و جداسازی آنها از محلول می شود.

استفاده از پلی آکریل آمید اضافی

در فرمولبندی ارائه شده در مرجع [۱۴] پیشنهاد شد که به منظور افزایش کارایی ماده منعقد کننده - لخته ساز در جداسازی مواد جامد، مقدار g ۰/۱ از پلی آکریل آمید که جزء منعقد کننده ترکیب است علاوه بر فرمولبندی ترکیب، استفاده شود. به منظور بررسی اثر افزایش این مقدار اضافی، از مقادیر اضافی ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و g ۰/۵ که به ترتیب متناسب با ۰/۲۱، ۰/۳۱، ۰/۴۱ و g ۰/۵ پلی آکریل آمید در یک لیتر محلول است، استفاده شد. نتایج حاصل از کاهش مقدار مواد جامد در لجن جدا شده و درصد جداسازی جامد (شکلهای ۱۴ و ۱۵) و افزایش مقدار جامد باقیمانده در محلول و

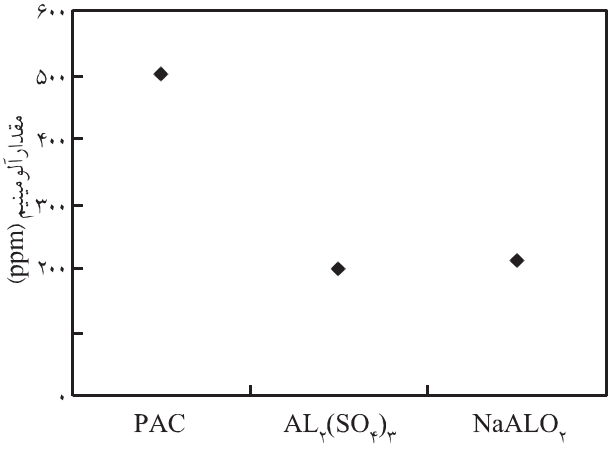


شکل ۱۱ مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول پس از افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده منعقد کننده - لخته ساز.



شکل ۱۲ درصد جداسازی مواد جامد برای کاهش پلی آلومینیم کلرید در ماده لخته ساز - منعقد کننده.

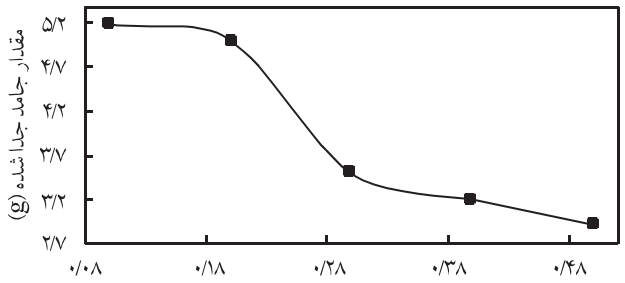
مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله آن (شکلهای ۱۶ و ۱۷) در اثر افزایش مقدار پلی آکریل آمید اضافی نشان می دهد که در حالت افزایش بیش از حد (g ۰/۱) پلی آکریل آمید به دلیل افزایش بیش از حد مقدار $Al(OH)_3$ سبب می شود که کمک منعقدکننده (پلی وینیل الکل) نتواند نقش خود را که تشکیل حباب بین اتصالات از راه پیوند هیدروژنی و در نتیجه شناورسازی ذرات منعقد شده است، به خوبی انجام دهد، زیرا ذرات را کاملاً فشرده کرده، امکان تعلیق آنها را کاهش می دهد. بنابراین، بر وزن لجن افزوده شده، به جای حالت تعلیق تمایل به حالت ته نشینی اتفاق می افتد، به همین دلیل از مقدار جامد تعلیق شده کاسته می شود. حالت ته نشینی و ایجاد رسوب نیز به دلیل همزدن به طور کامل انجام نمی شود، در نتیجه رنگ منعقد شده در محلول باقی خواهد ماند.



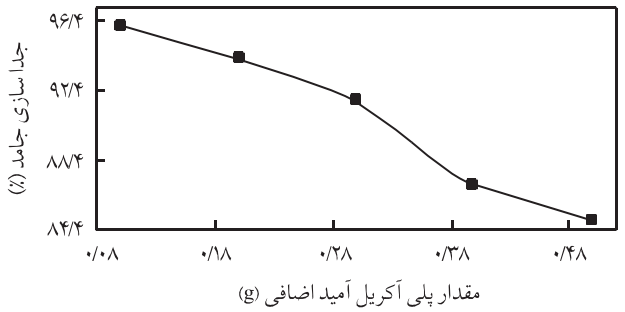
شکل ۱۳ مقدار آلومینیم آزاد شده برای سه ترکیب پلی آلومینیم کلرید، سدیم آلومینات و آلومینیم سولفات.

www.SID.ir

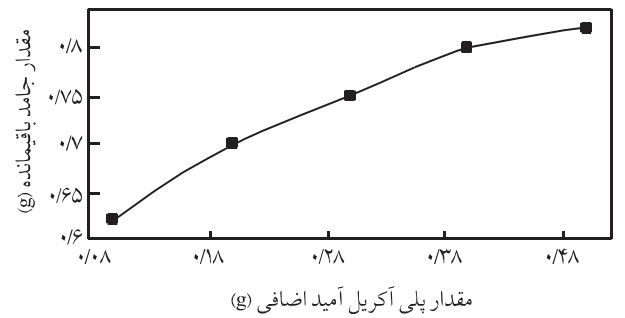
Archive of SID



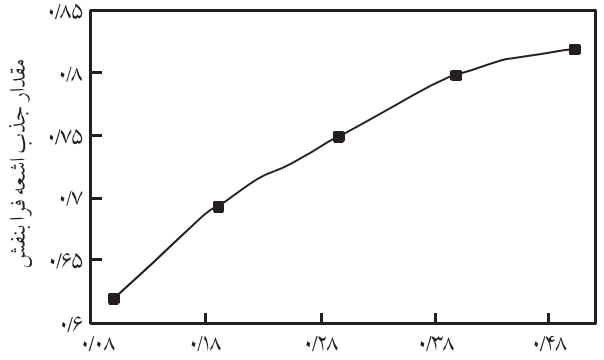
شکل ۱۴ مقدار مواد جامد باقیمانده در محلول صاف شده برای مقادیر مختلف پلی آکریل آمید اضافی موجود در ماده منعقد کننده ـ لخته ساز.



شکل ۱۵ درصد جداسازی مواد جامد برای مقادیر مختلف پلی آکریل آمید اضافی موجود در ماده منعقد کننده ـ لخته ساز.



شکل ۱۶ مقدار جامد باقیمانده در محلول پس از عمل آوری با مقادیر مختلف پلی آکریل موجود در ماده منعقد کننده ـ لخته ساز.



شکل ۱۷ مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول پس از عمل آوری با مقادیر مختلف پلی آکریل آمید اضافی موجود در ماده منعقد کننده ـ لخته ساز.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر تغییر برخی از اجزای ترکیب جدید منعقدکننده - لخته‌ساز در جداسازی رنگ بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که منعقدکننده PAC زمانی اثر مثبت دارد که pH محلول در محدوده مناسبی باشد (حدود ۱۰-۸/۵). به همین دلیل کاهش عامل تنظیم‌کننده pH (پتاسیم هیدروکسید) حتی با افزایش PAC از بازده جداسازی رنگ به وسیله ترکیب منعقدکننده - لخته‌ساز می‌کاهد. در این ترکیب دو منعقدکننده PAC و سدیم آلومینات وجود دارد که نتایج آزمایشها نشان می‌دهد که اثر PAC در جداسازی رنگ بیش از سدیم آلومینات است، به همین دلیل افزایش PAC و کاهش سدیم آلومینات موجب افزایش جداسازی رنگ از محلول می‌شود. استفاده از مقدار اضافی لخته‌ساز پلی آکریل آمید در حد ۰/۱ g موجب افزایش بازده جداسازی می‌شود. ولی، افزایش بیش از این مقدار به دلیل کاستن از اثر کمک منعقدکننده سبب کاهش فرایندهای انعقاد و لخته‌سازی و در نهایت مقدار مواد جامد خواهد شد.

مراجع

1. Heimer I. H., *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, John Wiley & Sons, New York, **1**, 488, 2003.
2. PPG Automotive Pretreatment Manual, *Coagulation Systems Technical Information*, PPG Industries Italia, Italy, 2002.
3. Mcketta J.J., *Encyclopedia of Chemical Processing & Design*, Marcel Dekker, New York, 5th ed., **22**, 184, 2004.
4. Steel W.E. and McGhee J.T., *Water Supply and Sewerage*, McGraw Hill, New York, 5th ed., 226, 1979.

www.SID.ir

Archive of SID

5. McCurdy K., Carlson K. and Gregory D., Floc Morphology and Cyclic Shearing Recovery: Comparison of Alum and Polyaluminuim Chloride Coagulants, *Water Res.*, **38**, 486-494, 2004.
6. Duan J. and Gregory J., Coagulation by Hydrolysing Metal Salts, *Adv. Colloid and Interface Sci.*, **100**, 475-502, 2003.
7. Ives K.Y., Solid-Liquid Separation, *Effluent Water Treat. J.*, **14**, 636-637, 1974.
8. Tatsi A.A., Zouboulis I.A., Matis A.K. and Samaras P., Coagulation-flocculation Pretreatment of Sanitary Landfill Leachates, *Chemosphere*, **53**, 737-744, 2003.
9. Liu S. and Liang T., Return Sludge Employed in Enhancement of Color Removal in the Integrally Industrial wastewater Treatment Plant, *Water Res.*, **38**, 103-110, 2004.
10. Delgado S., Diaz F., Garcia D. and Otero N., Behavior of Inorganic Coagulants in Secondary Effluents from a Conventional Wastwater Treatment Plant, *Filt. Sep*., **40**, 42-46, 2003.
11. Larsson A., Walldal C. and Wall S., Flocculation of Cationic Polymers and Nanosized Particles, *Colloid. Surf., A: Physicochem. Eng. Aspects,* **159**, 65-76, 1999.
12. Fan A., Turro J.N. and Somasundaran P., A Study of Dual Polymer Flocculation, *Colloid. Surf., A: Physicochem. Eng. Aspects,* **162**, 141-148, 2000.
13. Cordelair J. and Greil P., Flocculation and Coagulation Kinetics of Al_2O_3 Suspensions, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **24**, 2717-2722, 2004.
14. Sedighi E. R., *Investigation on The Effect of Different Cationic Flocculant in Recovery and Floatation the Sludge Solid Content from Industrial Color Wastewater*, MSc Thesis, Islamic Azad University, North Tehran Branch, 2004.
15. BASF Technical Information, *Specially Chemicals for Water Treatment*, BASF Aktienjesellschaft, Germany, 2002.

Archive of SID

www.SID.ir