

# اثر پلی آلومینیم کلرید و پلی آکریل آمید در ترکیب جدید منعقدکننده - لخته ساز 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- floculator Composition

مجتبی سممانی رهبر<sup>۱\*</sup>، اسکندر علیپور<sup>۲</sup>، رضا اسکندری صدیقی<sup>۲</sup>

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 رنگ سازی 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 - لخته ساز برای جداسازی رنگ از پساب یکی از روشهای نوین و کارآمد برای تصفیه پسابهای صنعتی است. در این پژوهش، برای بررسی اثر اجزای مختلف ترکیبات منعقدکننده - لخته ساز روی کارایی این ترکیبات در جداسازی مواد جامد معلق (به ویژه رنگ) از پسابها، ابتدا فرمولبندی جدیدی از ترکیب منعقدکننده - لخته ساز که به شکل پودر است ارائه شد که شامل اجزای لخته ساز، منعقدکننده، تنظیم کننده pH و کمک منعقدکننده است. سپس، نمونه ای از پساب رنگ حاوی رنگ آلكیدی با غلظت ۵ g/L تهیه و با این ترکیب عمل آوری شد. در ادامه اثر افزایش پلی آلومینیم کلرید و کاهش پتاسیم هیدروکسید، کاهش پلی آلومینیم کلرید و افزایش سدیم آلومینات و استفاده از پلی آکریل آمید اضافی به عنوان جزء لخته ساز بررسی شد. نتایج نشان می دهد که با افزایش پلی آلومینیم کلرید و کاهش پتاسیم هیدروکسید کارایی ترکیب منعقدکننده - لخته ساز در جداسازی مواد جامد از پسابهای رنگی کاهش می یابد. همچنین، کاهش پلی آلومینیم کلرید و افزایش سدیم آلومینات سبب افزایش درصد جداسازی مواد جامد می شود. استفاده از پلی آکریل آمید اضافی بیش از ۰/۸ g نیز موجب کاهش مقدار جداسازی مواد جامد از پساب می شود.

### واژه های کلیدی

لخته ساز، منعقد کننده، پساب،  
پلی آکریل آمید،  
پلی آلومینیم کلرید

### مقدمه

تمایل کمتری به ته نشینی دارند، برعکس تعلیقها با وزن زیاد و اجزای حجیم تر و بزرگتر، تمایل بیشتری به ته نشینی نشان می دهند. اگر از ترکیب مناسب منعقد کننده - لخته ساز استفاده شود، می توان سرعت رسوب دهی یا ته نشینی مواد جامد موجود در تعلیق را افزایش داد و

ترکیب لخته سازها و منعقد کننده ها برای جداسازی فاز جامدی که به شکل تعلیق در فاز مایع وجود دارد، بکار گرفته می شوند. این تعلیقها شامل اجزای آلی و معدنی هستند که با لخته سازها تبدیل به ماده ای لزج و غلیظ می شوند. تعلیقها با وزن کم و اجزای کوچکتر

### Key Words

floculator, coagulant, waste water,  
polyacrylamide,  
polyaluminium chloride

سیلسیم است دور رنگ را احاطه کرده، باعث خنثی شدن یا کشتن رنگ می شوند، به این ترتیب خاصیت رنگ از بین می رود [۱،۳]. در شکل ۱ نحوه انعقاد رنگ به وسیله منعقد کننده ها نشان داده شده است [۴].

لخته سازها ترکیباتی هستند که سبب جمع آوری و لخته شدن ذراتی می شوند که با فرایند انعقاد خنثی شده اند. به طور کلی لخته سازها 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 منعقد کننده ها را گرفته، باعث شناورسازی آنها می شوند. در شکل ۲ چگونگی لخته شدن ذرات رنگ به وسیله مواد لخته ساز نشان داده شده است.

پلیمرهای بلند زنجیر با جرم مولکولی زیاد در فرایندهای ته نشینی (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 می شود [۵، ۶].

لخته سازها به دو گروه یونی و غیر یونی دسته بندی می شوند. لخته سازهای یونی که کوپلیمرهای حاصل از ترکیبات بر پایه آکریل آمید هستند، به سه گروه کاتیونی، آنیونی و دو خصلتی دسته بندی می شوند. برخی از پلیمرهای سنتزی که به عنوان لخته ساز استفاده می شوند در جدول ۱ ارائه شده اند [۷، ۸]. ترکیبات مختلف آنیونی، کاتیونی و دو خصلتی از پلیمرهای بر پایه آکریل آمید وجود دارند که در شکل ۳ نشان داده شده است.

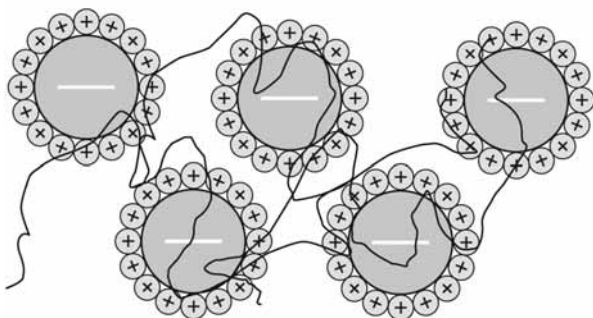
با وجود پیشرفتهای بسیار در شناسایی انواع ترکیبات منعقد کننده - لخته ساز، پژوهش درباره اثر این ترکیبات در جداسازی مواد جامد به ویژه رنگ از پسابها، هم اکنون نیز از موضوعات مورد توجه است. استفاده از مراحل برگشتی در فرایند انعقاد - لخته سازی پسابهای صنعتی به عنوان راه حلی برای افزایش جداسازی رنگ از پساب پیشنهاد شده

امکان جداسازی آنها را با صاف کردن یا ساتریفوژ فراهم کرد [۱]. به دلیل کارایی زیاد این ترکیبات در جداسازی، از آنها در صنایع مختلف به ویژه در تصفیه پسابها استفاده می شود. امروزه به دلیل محدودیتهای زیست محیطی و اهمیت روزافزون بازیابی آب قابل استفاده از پسابها به منظور کاهش مصرف آب، استفاده از ترکیبات منعقد کننده - لخته ساز 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 محفظه های پاشش رنگ استفاده می شود، اهمیت روزافزون یافته است.

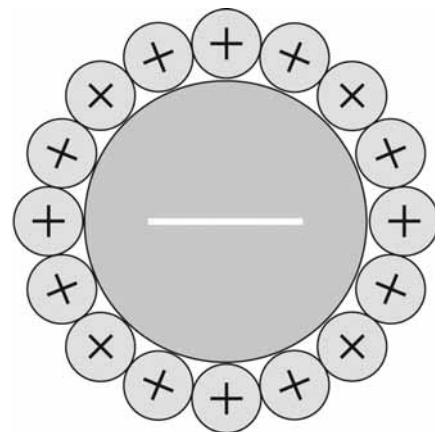
به طور کلی در تمامی روشهای مختلف پاشش رنگ، حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد از رنگ پاشیده شده به هدر می رود که این رنگ به طور عمده با آبشار رنگ تعبیه شده، در واحدهای رنگ زنی شسته و وارد جریان فاضلاب می شود. همین موضوع سبب شده که پسابهای واحد رنگ صنایع خودروسازی دارای مقادیر متنابهی رنگ به شکل جامد معلق باشند، بنابراین 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 می شود که آلودگیها یکدیگر را جذب کرده، منعقد شوند. به طور کلی منعقد کننده ها، الکترولیت اسیدها با وزن مولکولی کم، بازها و برخی نمکها هستند که به طور کامل در آب انحلال پذیر هستند. نمکهای مختلف آلومینیم، کلسیم، آهن و تعداد کمی از اسیدها مثالهای بارزی از منعقد کننده ها هستند، اگرچه امروزه کاربرد پلی آلومینیم کلرید (PAC) نسبت به بقیه مواد ذکر شده بیشتر است.

منعقد کننده های پلیمری معمولاً چگالی بار بیشتر و زنجیرهای کوتاه دارند و به واسطه عناصر فلزی موجود در آنها که اغلب آلومینیم، آهن و



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



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

جدول ۱ برخی از لخته سازهای سنتزی.

نوع	بار یونی	مثال
آنیونی	منفی	پلی آکریل آمید (جزئی آبکافت شده <math> < 40\% </math> - ۵) پلی آکرلیک اسید کوپلیمر پلی (آکریل آمید - آکرلیک 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 بنزین تری متیل آمونیوم کلرید
دو خصلتی	خنثی	پلی آکریل آمید (جزئی آبکافت شده > ۵% - ۱)

مواد جامد اثر خواهد گذاشت [۱۲].  
با بررسی ساز و کار 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 منعقد کننده - 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

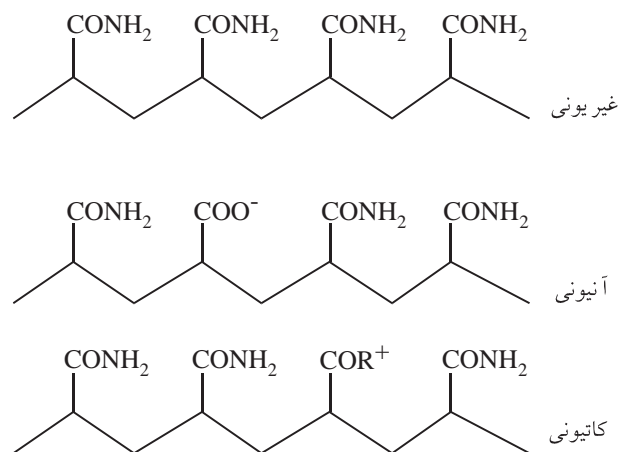
- نمونه مورد آزمایش: با توجه به اطلاعات ارائه شده به وسیله شرکت های PPG ایتالیا و BASF آلمان درباره مواد جامد (رنگ) موجود در پسابهای شرکت های خودروسازی و به منظور بررسی اثر ترکیب لخته ساز - منعقد کننده بر پسابهای خروجی شرکت های خودروسازی با حداکثر مقدار جامد (رنگ)، برای ساخت نمونه از انحلال نوعی رنگ 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 منعقد کننده - 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 منعقد کننده - 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 پلی آکریل آمید نیز

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

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

است [۹]. اثر انواع منعقد کننده 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 آکرلاتی 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.

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

pH محلول ۰/۱٪ در آب	گرانروی (mPa.s) محلول ۰/۱٪ در آب	چگالی (kg/m <sup>۳</sup> )	وزن مولکولی (× ۱۰ <sup>۶</sup> )	حالت فیزیکی	خواص
					ماده
۷	۲۵	۸۰۰	۶-۸	پودری	PAA
۵	۲۰۰	۱۳۰۰	۱۵-۱۷	مایع گرانبه رنگ قهوه ای روشن	PAC

یافت تا فرایند انعقاد کامل شود. سپس، به منظور لخته سازی 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 درآمده اند با کاغذ صافی جدا شدند. عملیات در دمای محیط انجام شد. شرایط آزمایش نمونه با ترکیب منعقد کننده - لخته ساز در جدول ۵ ارائه شده است.

#### تخمین درصد جامد جدا شده

برای محاسبه مقدار جامد (رنگ و ترکیب منعقد کننده - 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 منعقد کننده - لخته ساز بوده،

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

تمام اجزای تشکیل دهنده ماده منعقد کننده - 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 پلی آکریل آمید کاتیونی (PAA) و پلی آلومینیم کلرید مورد استفاده در جدول ۳ درج شده است.

#### دستگاهها

برای اختلاط ماده منعقد کننده - لخته ساز در نمونه مورد آزمایش همزن ساخت شرکت IKA مدل RW2۰-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 منعقد کننده - 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

جدول ۴ مشخصات همزن مورد استفاده در آزمایشها.

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

شکل ۴ نمای کلی مخلوط کن نمونه و ماده منعقد کننده - لخته ساز.

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

زمان لخته سازی (s)	دور همزن در مرحله لخته سازی (rpm)	زمان انعقاد (s)	دور همزن در مرحله انعقاد (rpm)	زمان ماند محلول pH
۹۰	۲۰۰	۹۰۰	۴۰۰	۱۰-۱۵

جزء جامد دیگری در محلول وجود ندارد:

$$a = z - x \quad (1)$$

$$b = c - a \quad (2)$$

$$d = \left(\frac{z-x}{c}\right) \times 100 \quad (3)$$

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 بر حسب گرم شامل ماده منعقد کننده - 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.

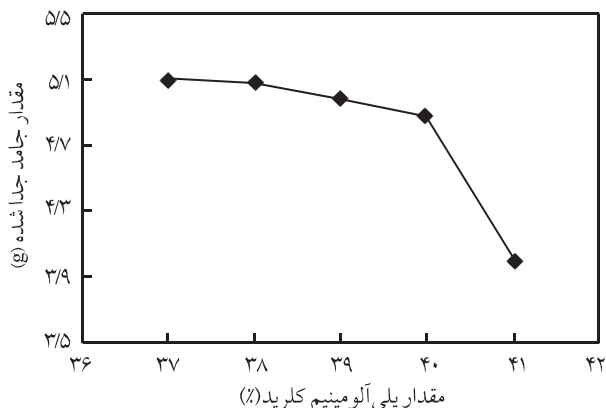
### نتایج و بحث

#### اثر افزایش پلی آلومینیم کلرید و کاهش پتاسیم هیدروکسید

به منظور بررسی اثر افزایش جزء منعقد کننده در محلول همزمان با کاهش

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

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

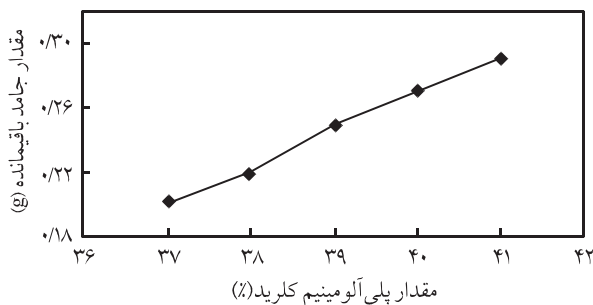


شکل ۵ مقدار جامد در لجن تعلیق شده برای افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده منعقد کننده - لخته ساز.

pH، افزایش پلی آلومینیم کلرید همزمان با کاهش هیدروکسید پتاسیم بررسی شد. در جدول ۶ درصد های مختلف مورد استفاده از پلی آلومینیم کلرید در ترکیب منعقد کننده - 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 منعقد کننده - 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 شکل های 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 منعقد کننده - 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 - منعقد کننده.

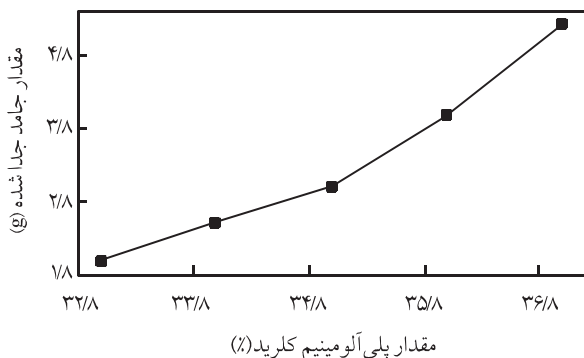
جدول ۷ تغییر مقدار پلی آلومینیم کلرید و سدیم آلومینات استفاده شده در ترکیب منعقد کننده - لخته ساز.

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

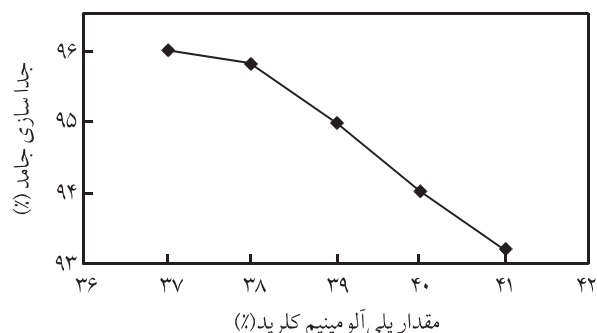
### بررسی افزایش پلی آلومینیم کلرید و کاهش سدیم آلومینات

به منظور ارزیابی اثر هر یک از اجزای منعقد کننده بکار رفته در ماده منعقد کننده - لخته ساز، افزایش پلی آلومینیم کلرید همزمان با کاهش سدیم آلومینات بررسی شد. جدول ۷ اجزای مورد استفاده در ماده منعقد کننده - لخته ساز را که در آن از درصد پلی آلومینیم کلرید کاسته شده، به همان اندازه به مقدار سدیم آلومینات اضافه شده، ارائه می کند. 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 می دهند که افزایش پلی آلومینیم کلرید و کاهش سدیم آلومینات اثر مثبتی در کارایی ماده منعقد کننده - لخته ساز دارد. از آنجا که هر دو جزء منعقد کننده هستند، اما مقدار آزادسازی آلومینیم به وسیله پلی آلومینیم کلرید بیشتر از سدیم آلومینات است. این موضوع سبب می شود تا مقدار جامد بیشتری به وسیله یون آلومینیم منعقد شده، بر مقدار جداسازی آن افزوده شود، به عبارت دیگر اثر کاهش پلی آلومینیم کلرید در جداسازی جامد بسیار بیشتر از اثر افزایش سدیم آلومینات است. به منظور بررسی این فرضیه، مقدار آزادسازی

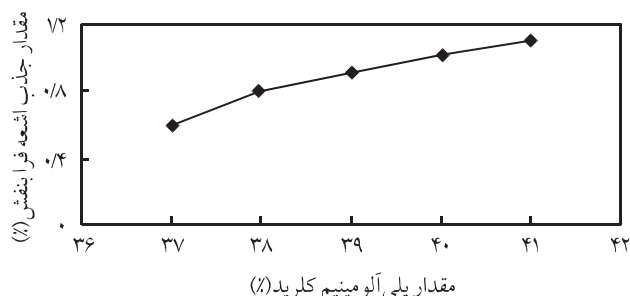


شکل ۹ مقدار جامد در لجن تعلیق شده برای کاهش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده منعقد کننده - لخته ساز.

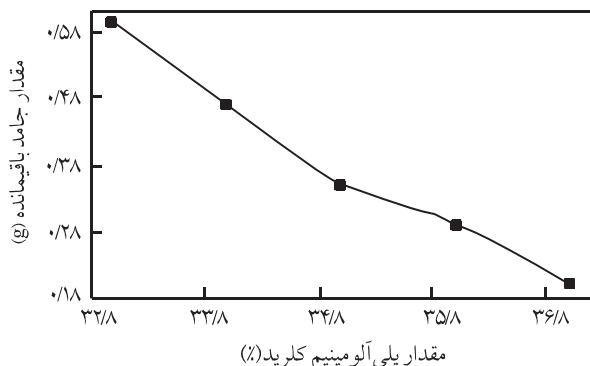


شکل ۷ درصد جداسازی جامد برای افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده لخته ساز - منعقد کننده.

شکل ۸ نیز مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول را پس از صاف شدن نشان می دهد، مطابق شکل مقدار جذب اشعه به وسیله محلول با افزایش مقدار پلی آلومینیم کلرید افزایش می یابد که این امر خود مؤید کاهش مقدار مواد جامد جداسازی شده است. با توجه به این نتایج می توان گفت که با وجود افزایش مقدار پلی آلومینیم کلرید به عنوان جزء منعقد کننده و افزایش آلومینیم آزاد شده در محلول، کاهش pH سبب می شود 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 می شود. نتیجه حاصل مؤید این نکته است که آلومینیم هیدروکسید به دلیل انحلال پذیری کم، در آب حل نشده و به شکل ژلاتین در می آید، در نتیجه ذرات جامد و کلوییدی را منعقد می کند و بیش از آن که وابسته به ماده منعقد کننده (در اینجا PAC) باشد، وابسته به pH محلول است. کاهش پتانسیم هیدروکسید سبب کاهش pH محلول می شود و کاهش pH محلول نیز کاهش یون هیدروکسید (OH) را در پی خواهد داشت که از تشکیل آلومینیم هیدروکسید می کاهد و در نهایت موجب کاهش تشکیل لجن و جداسازی رنگ می شود.

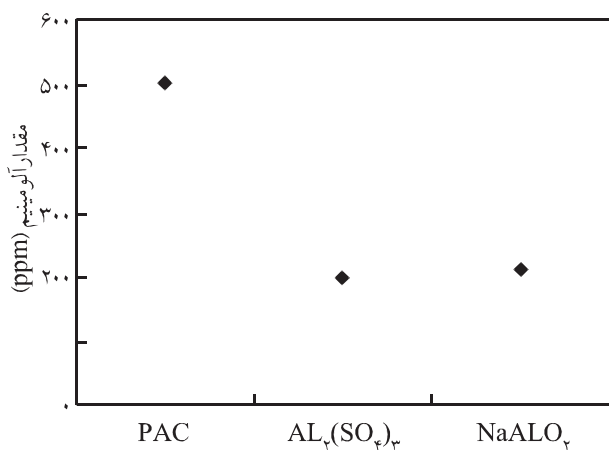


شکل ۸ مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول صاف شده برای افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده لخته ساز - منعقد کننده.

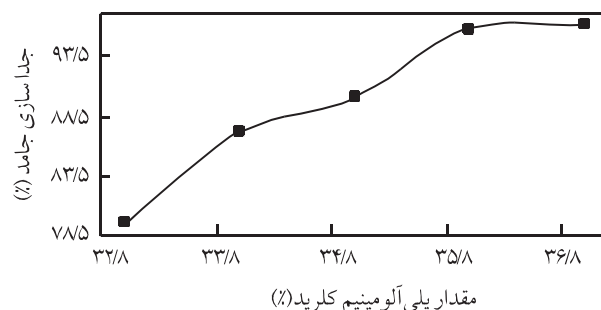


شکل ۱۰ درصد جدا سازی مواد جامد برای کاهش پلی آلومینیم کلرید در ماده لخته ساز - منعقد کننده.

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

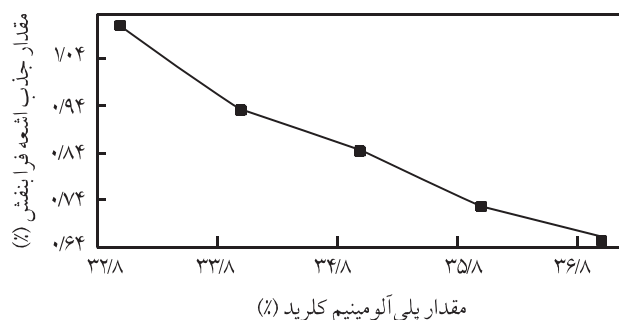


شکل ۱۱ مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول پس از افزایش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده منعقد کننده - لخته ساز.

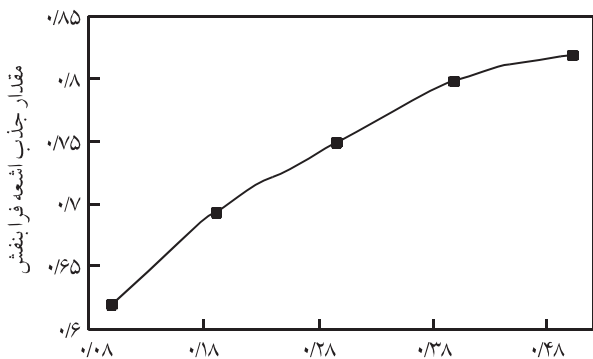
شکل ۱۰ مقدار مواد جامد باقیمانده در محلول صاف شده برای کاهش پلی آلومینیم کلرید موجود در ماده منعقد کننده - لخته ساز.

#### 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 جدا سازی 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 ۰/۳۱، 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 جدا سازی 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.



مقدار پلی آکریل آمید اضافی (g)

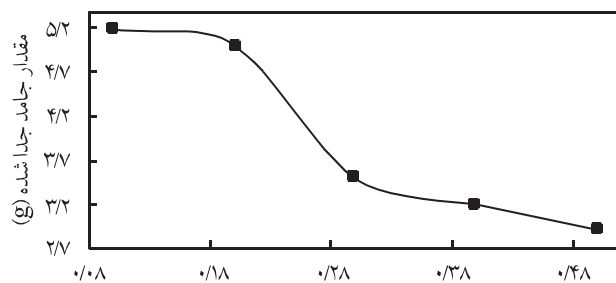
شکل ۱۷ مقدار جذب اشعه فرابنفش به وسیله محلول پس از عمل آوری با مقادیر مختلف پلی آکریل آمید اضافی موجود در ماده منعقد کننده - لخته ساز.

### نتیجه گیری

در این پژوهش اثر تغییر برخی از اجزای ترکیب جدید منعقد کننده - لخته ساز در جداسازی رنگ بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که منعقد کننده PAC زمانی اثر مثبت دارد که pH محلول در محدوده مناسبی باشد (حدود ۱۰-۸.۷۵). به همین دلیل کاهش عامل تنظیم کننده pH (پتاسیم هیدروکسید) حتی با افزایش PAC از بازده جداسازی رنگ به وسیله ترکیب منعقد کننده - لخته ساز می کاهشد. در این ترکیب دو منعقد کننده PAC و سدیم آلومینات وجود دارد که نتایج آزمایشها نشان می دهد 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 می شود. استفاده از مقدار اضافی لخته ساز پلی آکریل آمید در حد ۰/۱ g موجب افزایش بازده جداسازی می شود. ولی، افزایش بیش از این مقدار به دلیل کاستن از اثر کمک منعقد کننده سبب کاهش فرایندهای انعقاد و لخته سازی و در نهایت مقدار مواد جامد خواهد شد.

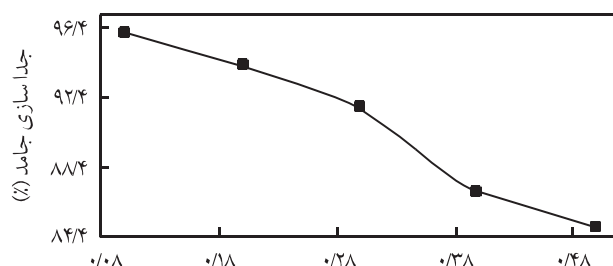
### مراجع

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.



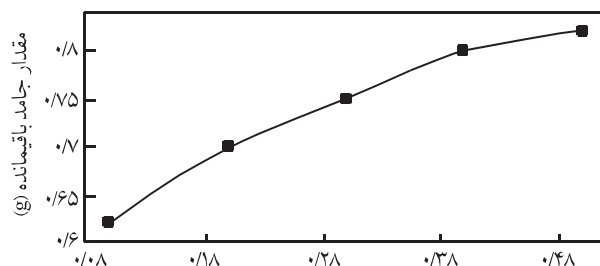
مقدار پلی آکریل آمید اضافی (g)

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



مقدار پلی آکریل آمید اضافی (g)

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



مقدار پلی آکریل آمید اضافی (g)

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



5. McCurdy K., Carlson K. and Gregory D., Floc Morphology and Cyclic Shearing Recovery: Comparison of Alum and Polyaluminum 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 Wastewater 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<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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.