پژوهشی

بررسی اثر ترکیب منعقدکننده‌های معدنی در کاهش آلاینده‌های پساب کاغذسازی سولفیت

(دریافت ۸۱/۱۰/۲۱ پذیرش ۸۲/۵/٤)

شعبان قدبنان*

چکیده

در این تحقیق، میزان کاهش رنگ، کدورت و COD پساب کاغذسازی سولفیت، با افزودن مقادیر مشخصی از ترکیب دو منعقدکننده از سه منعقدکننده آلوم، کلریدفریک و پلی آلومینیوم کلراید (PAC)، بررسی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که به کار بردن منعقدکننده‌ها به صورت ترکیبی، در بعضی موارد، اثرات انعقاد و لخته‌سازی پساب‌ها را بهبود می‌بخشد، ولی ضمن افزایش هزینه فرایند تصفیه شیمیایی، باعث پیچیدگی فرایند نیز می‌شوند. با توجه به در نظر گرفتن هزینه مربوط به تصفیه شیمیایی و قیمت منعقدکننده‌ها، برای کسب نتایج یکسان، ترکیب منعقدکننده‌ها در شرایط مشابه، هزینه بیشتری را به خود اختصاص خواهد داد.

واژه‌های کلیدی: پساب کاغذسازی، منعقدکننده‌ها، آلوم، کلریدفریک، پلی‌آلومینیوم کلراید، هزینه.

The Effect of Various Dosages of Coagulants to Reduction of Pollutants from Sulfite Pulping Plant Effluent

Ghodbanan, Sh. (M.Sc.)
Atomic Energy Organization, Iran

Abstract

In this research, reduction of color, turbidity and COD in sulfite pulp mill effluent due to using various dosages of coagulants (alum, ferric chloride and poly aluminum chloride) as single and dual have been investigated. Results of investigation illustrate that combination of above mentioned coagulants sometimes improve the coagulation and flocculation operation in wastewater treatment plant. But respect to cost of coagulants and chemical treatment system in similar conditions, using combined coagulants for taking equal results often increases the costs and complexity of chemical effluent treatment.

* کارشناس ارشد مهندسی شیمی- سازمان انرژی اتمی ایران

مقدمه

پساب‌های سلولزی مانند کاغذسازی، دارای رنگ و آلودگی بسیار بالایی هستند و فرایند تصفیه آنها از پر هزینه‌ترین و مشکل‌ترین فرایندهای تصفیه می‌باشد. با به‌کارگیری روش‌های مناسب، ممکن است کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان BOD و SS پساب‌های کاغذسازی به وجود آید. رنگ، کدورت و نیز COD اغلب به حد استاندارد نمی‌رسند و این آلاینده‌ها به سختی قابل حذف شدن هستند، خصوصاً رنگ که مهمترین عامل آلاینده پساب‌های کاغذسازی است و حذف آن همواره از لحاظ کنترل پساب و بهبود شرایط زیست محیطی آن حائز اهمیت است. یکی از مؤثرترین و معمول‌ترین روش‌های تکمیلی در تصفیه پساب‌های صنعتی روش انعقاد و لخته‌سازی شیمیایی است. به علت بار آنیونی بالای ترکیبات آلاینده پساب‌های کاغذسازی مانند لیگنین و تانن، فرایند انعقاد به وسیله منعقدکننده‌های کاتیونی مانند نمک‌های آهن و آلومینیوم و دیگر فلزات منعقدکننده، می‌تواند توده‌های بسیار متراکم و بزرگ به وجود آورد که به کمک فرایند لخته‌سازی وته‌نشین‌سازی حذف می شوند [۲و۳]. همچنین بر اثر لخته‌شدن ذرات معلق کلوئیدی در فرایند انعقاد، علاوه بر رنگ، میزان کدورت، COD و SS و دیگر آلاینده‌های پساب کاغذسازی، به میزان قابل ملاحظه کاهش می‌یابند .

در حالی که اغلب مطالعات، کاربرد یک منعقدکننده را به صورت منفرد بررسی می‌کنند، با افزودن چند منعقدکننده به پساب، در بعضی موارد می‌توان میزان کاتیون مورد نیاز را کاهش داد و پتانسیل منعقدکننده‌ها را در کاهش آلاینده‌های پساب ارزیابی نمود. در این تحقیق اثر ترکیب منعقدکننده‌های آلوم، کلرور فریک و پلی‌آلومینیوم کلراید بر روی کاهش آلاینده‌های پساب کاغذسازی سولفیت، بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

پساب به کار رفته در این تحقیق از سرریز زلال‌سازهای لجن فعال واحد کاغذسازی مازندران با فرایند پخت خمیر نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) گرفته شده است. این پساب، قبل از تصفیه بیولوژیکی، تحت فرایند تصفیه فیزیکی قرارگرفته است. در این تحقیق به منظور بررسی اثر منعقدکننده‌های به کار رفته برای زلال‌سازی پساب‌های خروجی از کلاریفایرهای لجن فعال واحد کاغذسازی سولفیت مازندران، از دستگاه جارتست مدل Phipps & Bird Richmond VA 23228 استفاده شده است. در آزمایش‌های انجام شده، دستگاه جارتست در دو پریود زمانی (بین ۲-۱ دقیقه) روی دور تند (۳۰۰-۲۰۰ rpm) برای افزودن منعقدکننده‌ها و انجام عمل انعقاد، و برای ۲۰-۱۰ دقیقه روی دور کند (۸۰-۵۰ rpm) برای افزودن پلی‌الکترولیت و انجام عمل لخته‌سازی، تنظیم می‌شود و در نهایت بعد از نیم‌ساعت ته‌نشینی، کدورت و رنگ نمونه‌ها روی طول موج ۴۵۰ و۴۵۵ nm با کدورت‌سنج مدل Hach 2100 AN اندازه‌گیری شده و بر حسب واحدهای NTU و نیز pt-co (CU) بیان شده است. برای اندازه‌گیری COD، هضم نمونه‌ها براساس روش استاندارد[٤] در ترمورآکتور COD متر ساخت شرکت Hach انجام شده و سپس مقادیر COD توسط اسپکتروفوتو متر Hach DR 2000، تعیین و برحسب mg/lit بیان شده است.

منعقدکننده‌های به کار رفته عبارتند از: سولفات آلومینیوم با درجه خالص ساخت شرکت مرک[1] و صنعتی تولیدی شرکت سراتکنیک قزوین، پلی‌کلرید آلومینیوم پودری تولیدی کشور چین و محلول ٤١ درصد کلریدفریک تولیدی شرکت نیروکلر اصفهان. ضمناً، پلیمر آنیونی Prosedium ASI 25 ساخت شرکت Degremont فرانسه، به عنوان کمک منعقدکننده به کار رفته است. برای تنظیم pH نیز از سود، آهک و اسیدسولفوریک با درجه خلوص بالا استفاده شده است.

نتایج و بحث

ترکیب آلوم و PAC

شکل‌های ۱ و۲ اثرکاربرد مقادیر مختلف آلوم و PAC را روی کاهش رنگ وکدورت پساب سولفیت با رنگ اولیه ۱۹۵۰ واحد رنگ (CU) و کدورت اولیه ۱۱۰ NTU نشان می‌دهد.

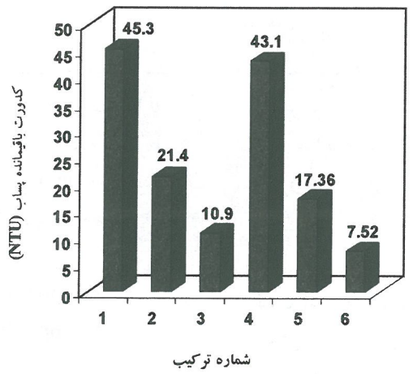
[1] Merck

نمودارهای داده شده مربوط به مقادیر مختلف آلوم و PAC (شکل‌های ۱ و ۳) می‌باشد که این غلظت‌های ترکیبی به ترتیب شماره عبارتند از :

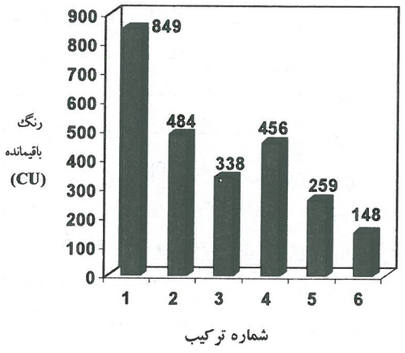
۱- ۶۰۰ ppm آلوم
۲- ۶۰۰ ppm آلوم + ۱۰۰ ppm PAC
۳- ۶۰۰ ppm آلوم+ ۲۰۰ ppm PAC
٤- ۷۰۰ ppm آلوم
۵- ۷۰۰ ppm آلوم + ۱۰۰ppm PAC
٦- ۷۰۰ ppm آلوم +۲۰۰ ppm PAC

غلظت‌های اولیه بر اساس محدوده مقدار بهینه برای هر منعقدکننده انتخاب شده است[۱]. با توجه به شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود که افزودن PAC در کنار آلوم، اثرات انعقاد را به طور چشمگیری بهبود می‌بخشد و علت آن افزایش یون آلومینیوم و افزایش غلظت اکسیدآلومینیوم می‌باشد.

به کار بردن غلظت‌های دیگری از دو منعقدکننده نشان داده است که اثرات انعقاد ۷۰۰ ppm آلوم به همراه ۲۰۰ppm از پلی‌آلومینیوم‌کلراید (PAC) پودری، تقریباً معادل۱۰۰۰ ppm آلوم تنها می‌باشد. همچنین ۶۰۰ ppm آلوم به همراه ۲۰۰ ppm از پودر PAC، دارای قدرت انعقادی معادل با ۸۰۰ ppm آلوم تنها می‌باشد [۱]. اما یک تخمین ساده نشان می‌دهدکه با کاربرد ترکیب آلوم



شکل ۱- میزان کاهش کدورت پساب کاغذسازی با مقادیر مختلف آلوم و PAC



شکل ۲- میزان کاهش رنگ پساب کاغذسازی با مقادیر مختلف آلوم و PAC

جدول ۱- تخمین هزینه لازم برای رنگ‌زدایی هر مترمکعب پساب کاغذسازی سولفیت با به کاربردن کلریدفریک + PAC

مقدار کلریدفریک (ppm)	مقدار PAC پودری (ppm)	درصد حذف رنگ	هزینه تخمینی بدون هزینه تنظیم pH به ازای هر مترمکعب پساب (ریال)
۵۷۵	–	حدود ۹۰ درصد	۱۳۱۷
۵۷۵	۱۰۰	حدود ۹۲ درصد	۱۶۱۷
۵۷۵	۲۰۰	حدود ۹۴/۵ درصد	۱۹۱۷
۶۰۰	–	حدود ۹۲ درصد	۱۳۷۶
۶۴۰	–	حدود ۹۳ درصد	۱۴۶۷

و PAC، نسبت به کاربرد منفرد آلوم، از لحاظ هزینه چندان تغییری حاصل نمی‌شود و حتی کاربرد ترکیبی آنها، هزینه بیشتری را به خود اختصاص خواهد داد.

ترکیب کلریدفریک و PAC

شکل‌های ۳ الی ۵ اثرات ترکیب دو منعقدکننده کلریدفریک و PAC را در کاهش رنگ و کدورت و COD پساب سولفیت با رنگ اولیه ۱۶۲۰ pt-co و کدورت اولیه معادل ۳۹۰ FTU و COD اولیه برابر ۴۸۰ ppm، نشان می‌دهد. غلظت‌های به کار رفته به ترتیب شماره عبارتند از:

۱- ۵۷۵ ppm کلریدفریک
۲- ۵۷۵ ppm کلریدفریک + ۱۰۰ ppm PAC
۳- ۵۷۵ ppm کلریدفریک + ۲۰۰ ppm PAC
۴- ۷۰۰ ppm کلریدفریک
۵- ۷۰۰ ppm کلریدفریک + ppm PAC
۶- ۷۰۰ ppm کلریدفریک + ۲۰۰ ppm PAC

نمودارهای ۳ الی ۵ نشان می‌دهندکه افزودن PAC به همراه کلریدفریک، باعث افزایش قدرت انعقاد و کاهش بیشتر رنگ، کدورت و COD پساب سولفیت می‌شود. به طوری که برای پساب با رنگ اولیه ۱۶۲۰ واحد رنگ (CU) و کدورت ۳۹۰ FTU و COD برابر ۴۸۰ ppm، افزودن ۲۰۰ ppm از PAC پودری به همراه مقدار بهینه کلریدفریک [۱و۶] رنگ را به زیر ۹۰ CU کاهش می‌دهد که معادل ۹۴/۵ درصد حذف رنگ می‌باشد. کدورت و COD نیز در حدود ۹۳/۳ درصد و ۶۸ درصد کاهش پیدا کرده‌اند. افزایش رنگ و کدورت برای مقدار ۷۰۰ ppm از کلریدفریک، به علت افزودن بیش از حد (خارج از محدوده بهینه آن) می‌باشد [۶].

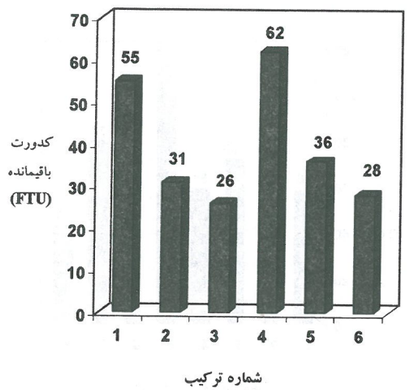
هر چند با کاربرد ترکیبی PAC و کلریدفریک، نسبت به کاربرد منفرد کلریدفریک، نتایج بسیار بهتری به دست می‌آید، اما باز هم به نظر می‌رسد که به کار بردن ترکیب دو منعقدکننده، نسبت به کاربرد کلریدفریک تنها، پرهزینه‌تر باشد. در جدول ۱ هزینه لازم برای کاربرد ترکیبی دو منعقدکننده با هم مقایسه شده است.

بنابراین با توجه به جدول، برای حذف رنگ یکسان (۹۲ درصد) هزینه رنگ‌زدایی پساب با به کار بردن ترکیب PAC و کلریدفریک، نسبت به کلریدفریک تنها، در حدود ۲۴۱ ریال برای هر مترمکعب پساب، افزایش می‌یابد.

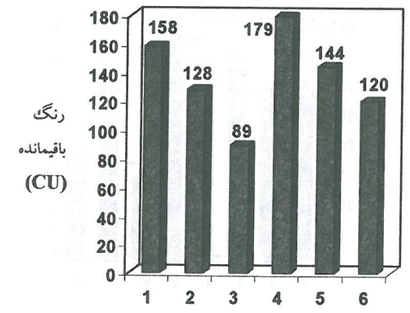
ترکیب آلوم و کلریدفریک

شکل‌های ۶ تا ۸ اثر ترکیب آلوم و کلریدفریک را در کاهش رنگ، کدورت و COD پساب کاغذسازی سولفیت با رنگ اولیه ۱۷۲۰ pt-co و کدورت اولیه ۳۷۳ FTU و COD اولیه برابر ۴۴۴ ppm نشان می‌دهد. غلظت‌های به کار رفته برای آلوم و کلریدفریک با توجه به شماره داده شده در نمودارها به ترتیب زیر می‌باشند:

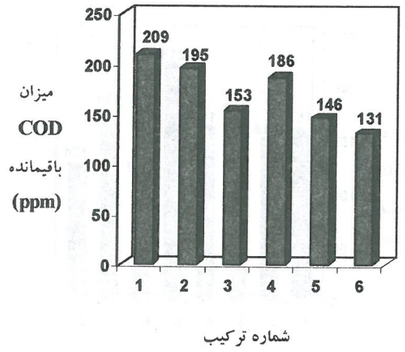
۱- ۴۰۰ppm کلریدفریک + ۳۰۰ ppm آلوم
۲- ۴۰۰ppm کلریدفریک + ۴۰۰ ppm آلوم
۳- ۲۸۰ ppm کلریدفریک + ۵۰۰ ppm آلوم
۴- ۲۸۰ppm کلریدفریک + ۶۰۰ ppm آلوم
۵- ۶۵۰ ppm آلوم
۶- ۶۵۰ ppm کلریدفریک
۷- ۷۰۰ ppm آلوم
۸- ۷۰۰ ppm کلریدفریک



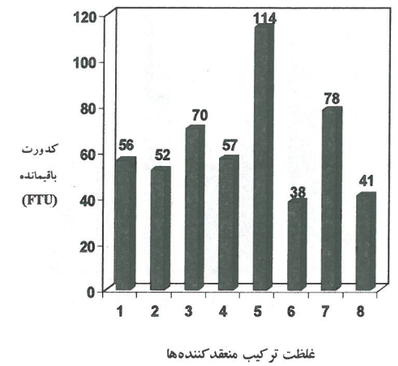
شکل ۳- کاهش کدورت پساب کاغذسازی با مقادیر مختلف کلریدفریک و PAC



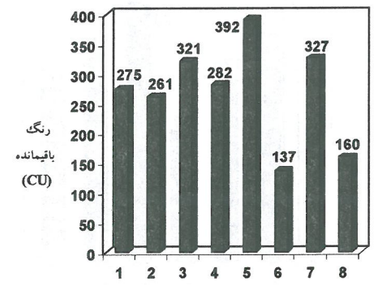
شکل ۴- کاهش رنگ پساب کاغذسازی با مقادیر مختلف کلریدفریک و PAC



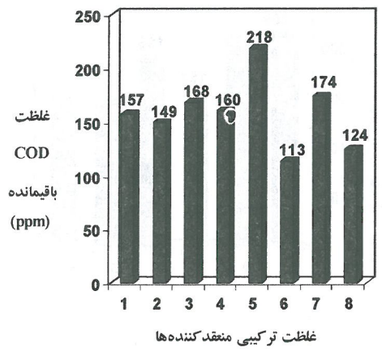
شکل ۵- کاهش COD پساب کاغذسازی با مقادیر مختلف کلریدفریک و PAC



شکل ٦- کاهش کدورت پساب کاغذسازی با مقادیر مختلف آلوم و کلریدفریک



شکل ۷- کاهش رنگ پساب کاغذسازی با مقادیر مختلف کلریدفریک و آلوم



شکل ۸- کاهش COD پساب کاغذسازی با مقادیر مختلف آلوم و کلریدفریک

با توجه به شکل‌های ٦ تا ۸، می‌توان نتیجه گرفت که قدرت انعقاد کلریدفریک، بسیار بالاتر از آلوم است و ترکیب آلوم با کلریدفریک، اثرات مثبتی روی فرایند انعقاد و کاهش آلاینده‌ها نسبت به کلریدفریک تنها، به جا نمی‌گذارد.

شکل‌های ٦ تا ۸ نشان می‌دهند که با افزایش نسبت آلومینیوم به آهن، راندمان فرایند کاهش می‌یابد و هرچه آهن اضافه شده به پساب نسبت به آلومینیوم افزایش یابد، نتایج بهتری حاصل می‌شود. در اینجا نیز کاهش راندمان رنگزدایی پساب، با افزودن بیش از حد کلریدفریک، مشاهده می‌شود.

ماهیت شیمیایی فرایند تصفیه پسابها توسط ترکیب دو منعقدکننده آلوم و کلرید فریک، نسبت به کاربرد منعقدکننده‌ها به صورت منفرد پیچیده‌تر می‌باشد. پیچیدگی و رقابت بین دو منعقدکننده اثرات آنها را کاهش می‌دهد که شاید علت آن کاهش ناحیه انعقاد برای مخلوط منعقدکننده‌ها نسبت به هر یک از منعقدکننده‌ها باشد [۵].

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، ترکیب منعقدکننده‌ها، چندان اثر قابل‌ملاحظه‌ای در کاهش آلاینده‌ها و بهینه سازی سیستم به جا نمی‌گذارد و حتی در بعضی موارد، نسبت به کاربرد منفرد منعقدکننده‌ها، از تأثیر کمتری برخوردار می‌باشد. علاوه بر آن در صورت به کار بردن منعقدکننده‌ها به صورت ترکیبی، کنترل شرایط فرایند از جمله کنترل محدوده بهینه غلظت منعقدکننده‌ها مشکل خواهد بود. ملاحظات اقتصادی نیز نشان می‌دهد که کاربرد ترکیب منعقدکننده‌ها نسبت به کاربرد منفرد منعقدکننده‌ها، در یک عملکرد مشابه، هزینه بیشتری را به خود اختصاص خواهد داد. از طرفی در صورت طراحی سیستم‌های بازیابی منعقدکننده‌ها، به کاربردن منعقدکننده‌ها به‌صورت ترکیبی، باعث پیچیدگی فرایند بازیابی و کاهش راندمان آن می‌گردد. با توجه به شکل‌ها و نتایج به دست آمده، برتری عملیاتی کلرور فریک نسبت به دو منعقدکننده دیگر (آلوم و پلی آلومینیوم کلراید) نیز، کاملاً محسوس است.

منابع و مراجع

۱- قدبنان، ش.، (۱۳۸۰). *" تصفیه تکمیلی پساب‌های کاغذسازی با تأکید بر حذف رنگ و کدورت "* ، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

2. Chernoberezhskii, Y.M. and Dyagileva, A.B., (1995). *" Wastewater Treatment of Sulfate, Sulfite Pulp and Paper Mills by Coagulation"*, 8th International Symposium On Wood and Pulping Chemistry, Helsinki, Finland, Vol.III, PP:213-218.

3- Stephenson, R.J. and Duff, J.B., (1996). *" Coagulation and Precipitation of Mechanical Pulping Effluent, 2-Toxicity Removal and Metal salt Recovery"*, Water Research, Vol.30, No.4, PP:793-798.

4- Anderson, E. and Lenors, E., (1995). *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* , 19 th Edition, Publication Office American Public Health Association, Washington

5- Johnson, P.N., (1983). *"Ferric Chloride and Alum as Single and Dual Coagulants"* , Journal A.W.W.A., Vol.75, No.5, PP:232-235.

6- Chalkosh Amiri, M. and Ghodbanan, S., (2002). *" Effect of Metal Salt Coagulants on Treatment of Activated Sludge Effluent in Sulfite Mill Pulp and Paper plant "*, Iranian Journal Of Chemistry And Chemical Engineering, Vol.21, NO.2, PP: 110-117.