

کاهش آلودگی ناشی از رنگ در پساب صنعتی با جاذب اصلاح شده در ستون بستر ثابت

R Reduction of paint pollution in industrial wastewater with modified adsorbent in fixed bed column

چکیده

در این مطالعه، به بررسی حذف رنگ کاتیونی، با استفاده از دولومیت اصلاح شده با سورفکتانت، در ستون بستر ثابت، پرداخته شده است. تأثیر پارامترهای مختلفی از جمله ارتفاع جاذب در ستون بستر ثابت، تأثیر شدت جریان خوراک ورودی و تأثیر غلظت اولیه محلول کاتیونی بررسی شد. عملیات جذب به شکل پیوسته در تصفیه پساب‌ها به شکل صنعتی، به دلیل قیمت پایین‌تر و انطباق مناسب‌تر با فرایند تصفیه بسیار مناسب است. جریان رنگی کاتیونی در سه غلظت مختلف ۵۰، ۲۰ و ۵ میلی‌گرم بر لیتر، با شدت جریان‌های ۱۲، ۹ و ۶ میلی‌لیتر بر دقیقه با استفاده از پمپ پرستالتیک به درون ستون هدایت شد و تنظیم دبی‌های مورد نظر از طریق تغییر تعداد دور بر دقیقه صورت پذیرفت. با افزایش ارتفاع، مدت زمان رسیدن به تعادل بیش‌تر می‌شود، به طوری که کم‌ترین زمان مربوط به ارتفاع ۸ سانتی‌متر است. بیش‌ترین میزان ظرفیت کلی جذب رنگ در شدت جریان ۶ میلی‌لیتر بر دقیقه حاصل شد و میزان آن ۱۳/۱۱ بود. دلیل این امر این است که شدت جریان بالاتر سبب زمان تماس کمتر بین جاذب دولومیت اصلاح شده و محلول رنگی کاتیونی می‌شود. زمان نقطه شکست در طی عملیات پیوسته با کاهش غلظت اولیه رنگ افزایش یافته و حجم بیش‌تری از محلول رنگ‌دایی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد، دولومیت اصلاح شده با سورفکتانت می‌تواند به‌عنوان یک جاذب ارزان قیمت برای زدودن رنگ کاتیونی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: جذب سطحی، دولومیت اصلاح شده، رنگ کاتیونی، عملیات جذب به شکل پیوسته، ستون بستر ثابت

نوع مقاله: علمی پژوهشی

مریم عرب پور^{۱*}

۱- مدیر واحد مدیریت ابزارهای تولیدی، اداره برنامه‌ریزی تولید و مهندسی صنایع - کارخانه لاستیک بارز، ایران

ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات:

arabpour_m@barez.org

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۲

مقدمه:

بخش تجربی:

در جوامع صنعتی مدرن، از رنگ‌ها به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. رنگ‌های آلی موجود در آب، سبب نگرانی‌های زیادی می‌شود به دلیل اینکه رنگ‌های آلی علاوه بر اینکه منبع مهم آلودگی آب هستند، سمی و سرطان‌زا بوده و سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی قابل‌ملاحظه‌ای می‌شوند [۱]. تصفیه فاضلاب‌های حاوی رنگ بسیار دشوار است به این علت که مولکول‌های آلی رنگ در برابر بسیاری از عوامل از جمله نور، گرما و عوامل اکسیدکننده بسیار مقاوم هستند. در طول سه دهه گذشته چندین روش فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی گزارش شده است. در بین روش‌های متعدد زدودن رنگ، روش جذب سطحی به‌عنوان یک روش مناسب در زدودن رنگ‌های مختلف پیشنهاد می‌شود [۲]. یکی از جاذبه‌ای ارزان قیمت دولومیت است. دولومیت یک ماده معدنی کربناتی است که در سنگ‌های رسوبی که چند صد متر ضخامت دارند پیدا می‌شود، همچنین آن را می‌توان در سنگ‌های دگرگونی، رگه‌های گرمایی و ذخایر جایگزین پیدا کرد. فرمول کلی دولومیت به‌شکل $AB(CO_3)_2$ است [۳]. عملیات جذب به‌شکل پیوسته در تصفیه پسابها به‌شکل صنعتی، به‌دلیل قیمت پایین‌تر و انطباق مناسب‌تر با فرآیند تصفیه بسیار مناسب است. در عملیات پیوسته نسبت به ناپیوسته، در زمان کمتر، حجم بالایی از پساب تصفیه می‌شود. در این گزارش سعی شده است داده‌های تعادلی جهت ارزیابی کارایی عملیات پیوسته با استفاده از نمونه اصلاح شده، مورد بررسی قرار گیرد. آزمایش‌ها با استفاده از عامل‌های شدت جریان خوراک ورودی رنگ بنفش کریستال، غلظت محلول رنگی و طول بستر با استفاده از دولومیت اصلاح شده، انجام شد. باید در نظر داشت که محاسبه زمان پیشروی، نقش مهمی در کاربرد و طراحی صنعتی سامانه جذب دارد.

دولومیت مورد استفاده در این تحقیق از معادن همدان تأمین شد و رنگ کاتیونی ساخت شرکت مرک^۱ آلمان است. کلرید سدیم، اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم با درجه خلوص آزمایشگاهی از شرکت مرک تهیه شد. همچنین از سورفکتانت سدیم دودسیل سولفات (SDS) در جهت اصلاح سطح استفاده گردید و فرمول این سورفکتانت آنیونی به شکل $(C_{12}H_{25}NaO_4S)$ است. جهت اندازه‌گیری میزان جذب رنگ از دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu (T80+ UV/VIS) ساخت کشور ژاپن استفاده شد. توزیع اندازه ذرات جاذب دولومیت با استفاده از (Fritsch Particle Sizer Analysette 22) و تصویر میکروسکوپ الکترونی پویشی با دستگاه مدل (VEGA-TESCAN) انجام شد. جهت بررسی اثر سورفکتانت از آزمون تبدیل فوری‌های مادون قرمز^۲ با استفاده از دستگاه Shimadzu 8400s FTIR استفاده شد. همچنین به‌منظور اندازه‌گیری میزان pH از دستگاه pH متر مدل (PL-500, EZO-) استفاده و قبل از اندازه‌گیری با استفاده از محلول بافر با pH ۴ و ۹ کالیبره گردید. همچنین از سانتیفریوژ مدل EBA20- hettich ساخت کشور آلمان به‌منظور جداسازی ذرات جاذب معلق در نمونه‌های محلول و لرزاننده (Cooling-Incubator-Cit53) جهت هم‌زدن محلول استفاده شد. همچنین به‌منظور هم‌زدن دولومیت جهت اصلاح، از همزن مکانیکی (Digital Electric Stirrer) با حداکثر سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه، ساخت شرکت طب آزما استفاده شد. به‌منظور آماده‌سازی دولومیت اصلاح شده با سورفکتانت، ۵ گرم جاذب به همراه ۵ گرم سورفکتانت (سدیم دودسیل سولفات^۳) و ۰/۲۵ گرم کلرید سدیم با افزودن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب به مدت ۲۴ ساعت هم زده شد و بعد محلول ته‌نشین شد. بعد از دورریختن مایع بالای سطح جاذب، جاذب ته‌نشین شده ابتدا با آب شهری و سپس با آب مقطر شسته شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد

1. Merck

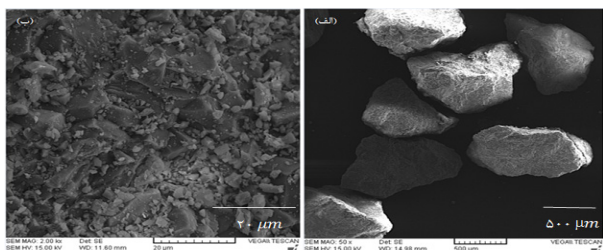
2. FTIR

3. Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)

در این معادله Q ، t_{tot} و A_2 به ترتیب کل زمان انجام فرآیند (دقیقه)، شدت جریان حجمی (میلی لیتر بر دقیقه) و سطح زیر منحنی نقطه شکست است. همچنین میزان ظرفیت جذب تعادلی از معادله (۲) محاسبه می شود. در این معادله مقدار جرم جاذب



شکل (۱) طرح کلی ستون بستر ثابت در مقیاس آزمایشگاه دولومیت اصلاح شده (گرم) در ستون است [۴].



شکل (۲) تصویر میکروسکوپ الکترونی پوششی دولومیت الف) با بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر ب) با بزرگنمایی ۲۰۰۰۰ برابر

به منظور بررسی تأثیر ارتفاع جاذب موجود در ستون بستر ثابت، سه ارتفاع ۸، ۱۲ و ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. در این سه ارتفاع میزان غلظت ۵۰ میلیگرم بر لیتر و شدت جریان ۱۲ میلی لیتر بر دقیقه ثابت در نظر گرفته شد. شکل (۲) نشان دهنده یک منحنی شکست ایده آل (شبه حرف S) است. با افزایش ارتفاع، مدت زمان رسیدن به تعادل بیشتر می شود، به طوریکه کمترین زمان مربوط به ارتفاع ۸ سانتیمتر است. با توجه به ارتفاع های مختلف ستون بستر ثابت از مقادیر جاذب مختلفی استفاده شد که این سبب تفاوت در میزان سطح در دسترس می شود و ضمن بهبود نفوذ در ارتفاع بالاتر جاذب

خشک شد. به منظور تنظیم میزان pH در ۴/۱۴ از محلول های رقیق اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم استفاده شد. ستون مورد استفاده در آزمایش های رنگ زدایی با عملیات پیوسته از جنس شیشه پیرکس با قطری معادل ۲ سانتیمتر و ارتفاع ۴۲/۵ سانتیمتر به عنوان راکتور با جریان بالا رونده و بستر ثابت در نظر گرفته شد. ستون با استفاده از دولومیت اصلاح شده در ارتفاع های مختلف ۲۰، ۱۲ و ۸ سانتیمتر پر شد و در دو طرف آن پشم شیشه قرار داده شد. شکل (۱). چگونگی استفاده از این ستون و نحوه ورود خوراک و خروج محلول رنگ زدایی شده را نشان می دهد. جریان رنگی کاتیونیدر سه غلظت مختلف ۵۰، ۲۰ و ۵ میلی گرم بر لیتر، با شدت جریان های ۱۲، ۹ و ۶ میلی لیتر بر دقیقه با استفاده از پمپ پرستالتیک به درون ستون هدایت شد و تنظیم دبی های مورد نظر از طریق تغییر تعداد دور بر دقیقه صورت پذیرفت. با هدف همسانی شرایط با مدل ناپیوسته، شرایط بهینه در نظر گرفته شد و خوراک ورودی در pH ۹ و میزان غلظت الکترولیت ۰/۱ میلیگرم بر لیتر ثابت و همگی نتایج در دمای اتاق در دمای ۲۲، گرفته شد. بعد از عبور خوراک ورودی از جاذب درون ستون و رنگ زدایی آن، از شیلنگ واقع در انتهای ستون خارج شد. در فواصل زمانی مختلف از خروجی ستون نمونه برداری انجام شد. پس از سانتریفیوژ نمونه ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۴۰۰۰ دور بر دقیقه، مقدار غلظت رنگ در آنها با استفاده از اسپکتوفتومتر اندازه گیری شد. در آزمایش های جذب پیوسته، منحنی نقطه شکست به تعیین عملکرد ستون مورد مطالعه که جهت حذف محلول رنگی استفاده شده، کمک می کند. حداکثر ظرفیت جذب (میلیگرم)، برای یک خوراک ورودی با غلظت و شدت جریان معین برابر با سطح زیر نمودار غلظت رنگ جذب شده است. این مقدار می تواند با اندازه گیری $C_{ad} = C_0 - C_e$ (میلیگرم بر لیتر) در برابر زمان t (دقیقه) با استفاده از معادله (۱) حاصل شود [۴]

$$\text{معادله ۱} \quad q_{total} = QA_2/1000 = Q/1000 \int_{t=0}^{t=t_{tot}} C_{ad} dt$$

می‌شود (شکل ۵). این می‌تواند احتمالاً به‌دلیل گرادیان غلظت بالاتر در غلظت ورودی بالاتر به‌دلیل ضریب انتقال جرم بیشتر باشد. غلظت بیشتر سبب رقابت بیشتر برای اشغال مکان‌های فعال بر سطح جاذب می‌شود.

نتیجه‌گیری:

عملیات جذب به شکل پیوسته در تصفیه پسابها به شکل صنعتی، به دلیل قیمت پایینتر و انطباق مناسبتر با فرایند تصفیه بسیار مناسب است. در عملیات پیوسته نسبت به ناپیوسته، در زمان کمتر، حجم بالایی از پساب تصفیه می‌شود. در عملیات پیوسته و با استفاده از دولومیت اصلاح شده با سورفکتانت، به دلیل مطابقت بیشتر با شرایط تصفیه به شکل صنعتی، قیمت پایینتر و نیز امکان استفاده در حجم بالایی از پساب و مقدار ظرفیت جذب حاصل از این روش (۱۰۲/۱۷ میلی‌گرم بر گرم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، کارایی مناسب این جاذب در ستون بستر ثابت را نشان داد. با توجه به اهمیت استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت با کارایی بالا، نتایج نشان می‌دهد دولومیت اصلاح شده با سورفکتانت به‌عنوان یک ماده معدنی ارزان قیمت جاذبی موثر برای حذف ماده رنگی کاتیونی از پساب است.

درون ستون، میزان حذف رنگ بیشتر می‌شود. ارتفاع جاذب بالاتر، سبب بهبود ناحیه واکنش و تصفیه حجم بیشتری از خوراک رنگی ورودی می‌شود که نتیجه آن ظرفیت جذب بیشتر است. (شکل ۳). غلظت اولیه ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و ارتفاع ۸ سانتیمتر به‌منظور بررسی تاثیر شدت جریان در سه مقدار ۶، ۹ و ۱۲ میلی‌لیتر بر دقیقه ثابت در نظر گرفته شد. این مقادیر و نمودار حاصل از داده‌های آزمایش در شکل (۴) آورده شده است. بیشترین میزان ظرفیت کلی جذب رنگ در شدت جریان ۶ میلی‌لیتر بر دقیقه حاصل شد و میزان آن ۱۳/۱۱ بود. زمانیکه شدت جریان از ۹ به ۱۲ میلی‌لیتر بر دقیقه افزایش یافت، میزان حذف رنگ از ۵۹/۴۵ به ۲۷/۵۸٪ کاهش یافت. به‌منظور بررسی تاثیر غلظت اولیه محلول در ستون بستر ثابت در عملیات پیوسته، از غلظت‌های ۵، ۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر استفاده شد. در این شرایط ارتفاع جاذب در ستون ۸ سانتیمتر و دبی جریان ورودی ۶ میلی‌لیتر بر دقیقه ثابت در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد، زمان نقطه شکست در طی عملیات پیوسته با کاهش غلظت اولیه رنگ افزایش یافته و حجم بیشتری از محلول رنگ‌زدایی

مراجع:

1. C. C. Wang, L. C. Juang, T. C. Hsu and C. K. Lee (2004) "Adsorption of basic dyes onto montmorillonite", *Journal of Colloid and Interface Science*, 273 (1), 80-86.
2. G. Crini (2006) "Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review", *Bioresource Technology Journal*, 97(9), 1061-1085.
3. A. Tabak, E. Eren, B. Afsin and B. Caglar (2009) "Determination of adsorptive properties of a Turkish Sepiolite for removal of Reactive Blue 15 anionic dye from aqueous solutions" *Journal of Hazardous Materials*, 161 (2-3), 1087-1094.
4. H. C. Thomas, "Heterogeneous Ion Exchange in a Flowing System", *Journal of American Chemical Society*, Vol. 66, No. 10, pp. 1664-1666, 19

IRM

R Reduction of paint pollution in industrial wastewater with modified adsorbent in fixed bed column

Maryam Arabpour*¹

1. Manager of Production Tools Management Unit, Production Planning and Industrial Engineering Department - Barez Tire Factory, Iran

*Corresponding author Email: arabpour_m@barez.org

Abstract

In this study, fixed bed operation were applied for the removal of crystal violet dye by modified dolomite from wastewater. In order to use of low-cost adsorbent with high-performance, the dolomite was used. The effect of dye concentration (5, 20 and 50mg/l were studied. Also, modified dolomite by increase fixed bed height and using charred dolomite was increased removal efficiency. The adsorption capacities of surfactant-modified dolomite were estimated 13.11 at 6ml/min flow rate. The results indicate that surfactant-modified dolomite could be employed as a low-cost material for the removal of cationic dye from effluents at batch and fixed bed operation.

Keywords: Adsorption, Crystal violet (CV⁺), fixed bed, Modified dolomite, Optimization