

تصفیه فاضلاب نساجی به وسیله ترکیبی از

روش‌های انعقاد، اکسیداسیون الکتروشیمیایی و لجن فعال*

ترجمه: سید علی رضا مومنی*

چکیده

تحقیقی بر روی تصفیه فاضلاب‌های نساجی حاصل از یک کارخانه رنگرزی و تکمیلی بزرگ به وسیله فرایند پیوسته مرکب از روش‌های انعقاد شیمیایی، اکسیداسیون الکتروشیمیایی و تصفیه لجن فعال انجام شد و نتایج تجربی بر اساس کاهش COD و رنگ (کدورت) جهت تعیین بازده بیشتر تصفیه در فرایند ترکیبی جدید به دست آمد. متغیرهای بهره‌برداری مانند دبی فاضلاب، قابلیت هدایت الکتریکی، pH، جریان الکتریکی به کار برده شده و مقدار پلی‌آلومینیم کلراید (PAC) برای تعیین اثرات مخصوص آنها بر روی بازده اکسیداسیون الکتروشیمیایی فاضلاب نساجی مطالعه شده‌اند و محدوده عمل بهینه برای هر یک از این متغیرهای بهره‌برداری به طور تجربی به دست آمده است. ارزیابی اقتصادی روش تصفیه ترکیبی نشان می‌دهد که این روش در مقایسه با روش تصفیه متعارف تجربه شده در صنعت نساجی، به صرفه می‌باشد.

مقدمه

رنگرزی و تکمیل، دو مرحله مهم در فرایند صنعت نساجی می‌باشند. این مراحل شامل رنگرزی الیاف طبیعی و مصنوعی به منظور ایجاد رنگ‌های ثابت بر روی آنها برای رسیدن به محصولات تجاری مورد نظر می‌باشد. بنابراین مراحل رنگرزی و تکمیل، بخش مکمل فرایند صنعت نساجی می‌باشند، که در فرایندهای رنگرزی و تکمیل، مقادیر قابل توجهی فاضلاب تولید می‌شود. فاضلاب‌های نساجی به علت داشتن رنگ قوی، مقادیر زیاد مواد معلق، تغییرات زیاد pH، درجه حرارت و COD بالا مشکل ساز می‌باشند و به همین دلیل است که تصفیه این نوع فاضلاب، کار دشواری می‌باشد [۱۱]. روش‌های متداول تصفیه فاضلاب نساجی، ترکیبی از روش‌های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی می‌باشند [۵، ۱۲، ۱۶، ۱۷ و ۱۹]. به دلیل تغییرات زیاد ترکیب فاضلاب‌های

نساجی، اغلب روش‌های متداول، کارایی خود را از دست داده‌اند. به علاوه در سال‌های اخیر، هزینه تصفیه فاضلاب نساجی به سرعت افزایش یافته است. بنابراین جستجو برای یافتن روش‌های تصفیه مقرون به صرفه تر الزامی می‌باشد. در سال‌های اخیر، ازن‌زنی به عنوان روش بالقوه مطرح شده و ثابت شده است که این روش برای حذف رنگ از فاضلاب نساجی کاملاً مؤثر می‌باشد [۳، ۹، ۱۰، ۱۳ و ۲۵]. به هر حال توصیه ازن‌زنی برای تصفیه فاضلاب‌های نساجی می‌بایست با توجه به سایر روش‌ها انجام شود و توجه اقتصادی برای اطمینان از عدم وجود روش قابل رقابت با آن کاملاً مورد نظر باشد. روشی که قبلاً هرگز برای تصفیه فاضلاب‌های نساجی مورد توجه قرار نگرفته بود، روش الکتروشیمیایی است. این

* دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

روش برای تصفیه فاضلاب صنایع مختلف با موفقیت آزمایش شده است [۲، ۴، ۶، ۷، ۸، ۱۵، ۱۸ و ۲۴-۲۱]. اما قبلاً هرگز برای تصفیه فاضلاب نساجی به کار برده نشده بود. تحقیق قبلی نویسندگان این مقاله اولین کوشش در به کار بردن این روش برای تصفیه فاضلاب نساجی بود [۱۴]. این روش اثبات کرد که اگر شرایط بهره‌برداری مناسب باشد، بازده افزایش می‌یابد. کار آزمایشگاهی تحقیق اخیر این دو نویسنده ابتدا در یک سلول الکترولیتی بسته^۱ انجام شد [۱۴]. این تحقیق اگر در یک راکتور پیوسته انجام می‌شد می‌توانست به طور کاربردی تر در خدمت صنعت نساجی قرار گیرد. در حقیقت هدف از این مطالعه نیز کاربرد فرایند الکتروشیمیایی در راکتور پیوسته می‌باشد. در این تحقیق برای به دست آوردن یک روش تصفیه کامل از سیستمی مرکب از فرایند انعقاد شیمیایی و تصفیه بیولوژیکی با فرایند الکتروشیمیایی استفاده شد. اجرای فرایند کامل الکتروشیمیایی به صورت مطالعات آزمایشگاهی بود. نتایج به دست آمده از موارد فوق، رهنمودهای قابل توجهی را برای صنعت نساجی پیشنهاد می‌کند.

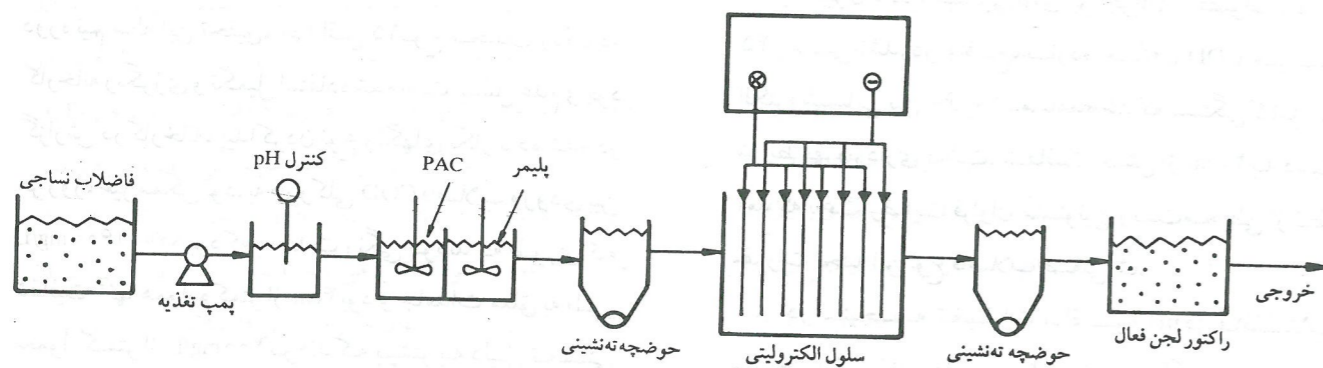
مواد مورد نیاز و روش آزمایش

دستگاه‌های آزمایش پیوسته در شکل ۱ نشان داده شده است. فرایند پیوسته به ترتیب شامل: مخزن ذخیره فاضلاب، کنترل کننده pH، مخزن انعقاد شیمیایی، سلول الکترولیتی و راکتور لجن فعال بود. مخزن ذخیره کننده گنجایشی حدود ۳۰۰ لیتر فاضلاب نساجی آشغال‌گیری شده را داشت. فاضلاب نساجی بعد از آشغال‌گیری با یک دبی مشخص به واحد کنترل

pH پمپ می‌شد، که این واحد برای تعدیل pH از اسید سولفوریک یا سود سوزآور استفاده می‌کرد. اسید سولفوریک یا سود به کار رفته برای تعدیل pH به همراه سود استفاده شده در مرحله مرسریزاسیون فرایند رنگرزی، باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی فاضلاب نساجی می‌شود که سبب ایجاد فرایند اکسیداسیون الکتروشیمیایی در این تحقیق شده است. فاضلاب نساجی سپس به تانک انعقاد شیمیایی می‌رفت که در قسمت ورودی تانک انعقاد شیمیایی، پلی‌آلومینیم کلراید^۲ (PAC) اضافه شده و عمل اختلاط با ۳۰۰ rpm (۳۰۰ دور در دقیقه) انجام می‌شد. و در قسمت خروجی تانک، پلیمر با غلظت ثابت ۰/۵ mg/L اضافه می‌شد و دور مخلوط کن در ۵۰ rpm برای اختلاط آهسته، ثابت نگه داشته می‌شد.

بعد از تانک انعقاد شیمیایی، تانک ته‌نشینی با زمان ماند هیدرولیکی (HRT) ۶۰ دقیقه قرار داشت. بعد از آن فاضلاب نساجی با شفافیت بیشتر، به سلول الکترولیتی با ابعاد ۲۰ cm (عرض) × ۱۷ cm (عمق) × ۵۲ cm (طول) می‌رفت. زمان ماند لازم جهت اکسیداسیون الکتروشیمیایی یک نمونه فاضلاب با دبی ۱ lit/min در سلول الکترولیتی حدود ۱۸ دقیقه به دست آمد. هشت صفحه آهنی و هشت صفحه استیل ضد زنگ با ابعاد ۱۲×۵×۱۹ cm به ترتیب به عنوان آند و کاتد در سلول کار گذاشته شده بود. جریان الکتریکی به کار رفته برای زوجهای آند-کاتد، به وسیله منبع انرژی، کنترل شده و مصرف انرژی به صورت کامل ثبت می‌شد.

- 1- Batch electrolytic cell
- 2- Poly aluminium chloride



شکل ۱- شمای فرایند پیوسته آزمایشگاهی

فاضلاب نساجی تصفیه شده از سلول الکتروشیمیایی، به یک حوضچه ته‌نشینی ثانویه با زمان ماند هیدرولیکی (HRT) ۳۰ دقیقه می‌رفت. این زمان ماند برای جداسازی جامدات معلق کافی می‌باشد. سرانجام این فاضلاب ته‌نشین شده به حوضچه تصفیه لجن فعال می‌رفت و با حجم مساوی لجن فعال حاصل از واحد تصفیه بیولوژیکی کارخانه رنگرزی و تکمیل مخلوط می‌شد. MLSS اندازه گیری شده، ۲۸۲۵ mg/L بود که در حدود متوسط بهره‌برداری در یک فرایند لجن فعال می‌باشد. هوادهی به اندازه کافی در حوضچه تصفیه لجن فعال انجام می‌شد. غلظت‌های COD پساب در خروجی حوضچه‌های ته‌نشینی اولیه و ثانویه و هاضم‌هوایی به روش پیشنهادی استاندارد متد تعیین می‌شد [۱]. رنگ و کدورت فاضلاب نساجی تصفیه شده بر حسب شفافیت و با استفاده از یک وسیله مخصوص که ساختار آن شبیه کدورت سنج شیمی جکسون بود صورت می‌گرفت [۱]. غلظت آهن $[Fe^{3+}]$ در خروجی سلول الکتریکی و هاضم‌هوایی با استفاده از یک اسپکتروفتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری می‌شد. مطابق قوانین EPA تایوان، شفافیت و غلظت COD قابل قبول تمام فاضلاب‌های صنعتی تصفیه شده به ترتیب باید بیشتر از ۱۵ cm و کمتر از ۲۰۰ mg/L باشد.

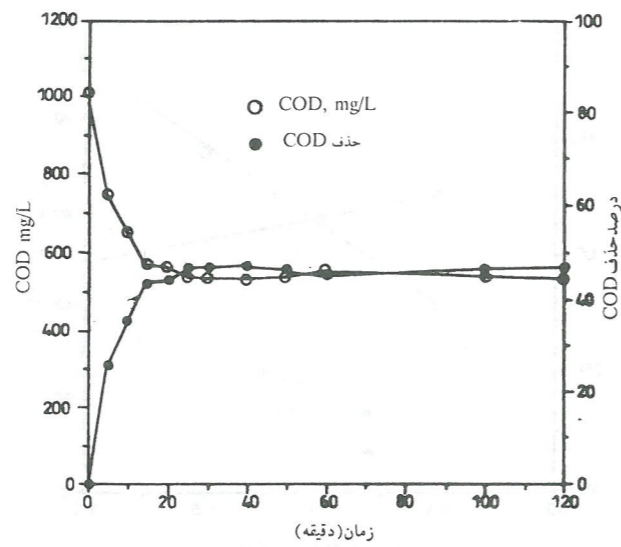
نتایج و بحث

نمونه‌های خام فاضلاب نساجی از یک کارخانه بزرگ رنگرزی و تکمیلی در تایوان شمالی تهیه شدند. پارچه‌های بافته شده در این کارخانه بیشتر از پنبه و نخهای پلی‌استر و به مقادیر کم از پشم می‌باشد. طبق گفته کارکنان بهره‌برداری، در طول دوره نیم ساله این تحقیق، حداقل ۱۵ نوع مختلف رنگ در کارخانه رنگرزی و تکمیل استفاده شده است. بدلیل عدم وجود گزارش در کارخانه، پیدا کردن نوع رنگهای بکار برده شده در هر روز، غیر ممکن بود. به طور کلی COD فاضلاب ورودی بین ۸۰۰-۱۶۰۰ mg/L بود که به شدت رنگی بودند به طوری که شفافیت آنها همواره کمتر از ۴ cm بود و جامدات معلق به طور معمول کمتر از ۲۰۰ mg/L بودند که بیشتر به دلیل ته‌نشینی مختصری است که در تانکهای متعادل‌ساز رخ می‌دهد. قابلیت

هدایت الکتریکی بیشتر فاضلاب‌های نساجی خام که در تحقیق قبلی نویسنندگان بیش از $2000 \mu\text{mho/cm}$ تعیین شد، برای واحد اکسیداسیون الکتروشیمیایی کافی بود که به هیچ تعدیلی نیاز نداشت. همچنین pH فاضلاب نساجی بطور جزئی در تانکهای متعادل‌ساز تعدیل می‌شد و معمولاً در حدود ۶ تا ۹ بود. به دلیل پراکندگی قابل توجه گرما در تانکهای متعادل‌ساز، درجه حرارت فاضلاب زیر 35°C باقی می‌ماند که باعث تسهیل در مراحل بعدی تصفیه می‌شد.

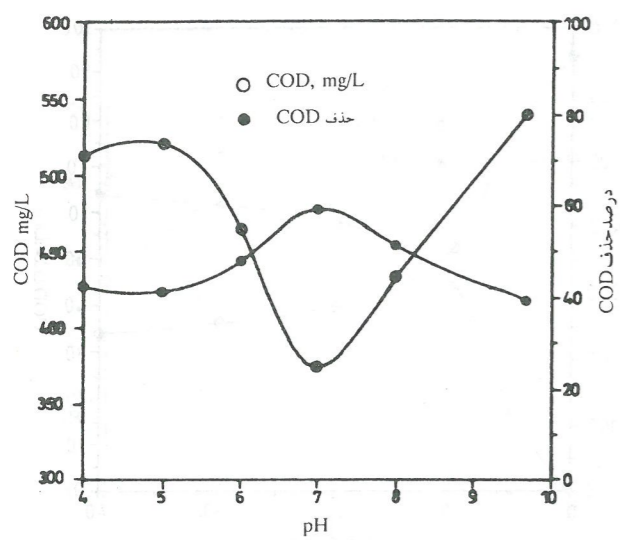
در شکل ۲، تغییر COD یک جریان نمونه آزمایشی در خروجی سلول الکتروولتی نشان داده شده است. فاضلاب خام دارای COD اولیه 1012 mg/L و قابلیت هدایت الکتریکی $3300 \mu\text{mho/cm}$ بود و pH آن در ۷ تعدیل شده بود. دبی جریان 1 Lit/min ثابت شده بود و همچنین شدت جریان به کار رفته ۳۰ آمپر بود. در ابتدا سلول الکتروولتی با فاضلاب خام پر شد، بعد از اینکه نیروی راه‌انداز روشن شد، پمپ تغذیه شروع به پمپ فاضلاب خام از مخزن ذخیره‌ساز، به سلول الکتروولتی از طریق لوله فرعی تانک انعقاد شیمیایی کرد. بنابراین یکسری غلظت‌های لحظه‌ای COD در خروجی ته‌نشینی انتظار می‌رفت و این COD لحظه‌ای در شکل ۲ نشان داده شده است. تقریباً ۲۰ دقیقه زمان برای رسیدن غلظت COD به یک حالت ثابت، نیاز بود. ۲۰ دقیقه دوره ناپایدار، به زمان ماند هیدرولیکی فاضلاب نساجی در سلول الکتروولتی با دبی 1 Lit/min نزدیک بود. بنابراین برای تمام جریان‌های آزمایشی بعد از این، بیش از ۲۰ دقیقه به عنوان زمان شروع در نظر گرفته شد. همچنین در این شکل به وضوح مشخص است که راندمان حذف COD در اکسیداسیون الکتروشیمیایی برای این جریان به خصوص، تقریباً ۴۵٪ می‌باشد. در واقع، بازده حذف COD فرایند الکتروشیمیایی بین ۴۰-۶۰٪ مشاهده شد که بستگی کامل به شرایط بهره‌برداری داشت. شفافیت، بیش از ۲۰ cm به دست آمد که باعث رضایت فراوان مسئولین زیست‌محیطی از نظر مقررات تخلیه این نوع فاضلاب صنعتی شد.

در نتیجه تغییرات بالقوه pH در فاضلاب نساجی، اثر pH روی بازده تصفیه الکتروشیمیایی آزمایش شد.



شکل ۲ - تغییرات مداوم COD در خروجی سلول الکتروولتی، میزان جریان فاضلاب ۱ لیتر در دقیقه، جریان ۳۰ آمپر، pH=۷، هدایت الکتریکی ۳۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر

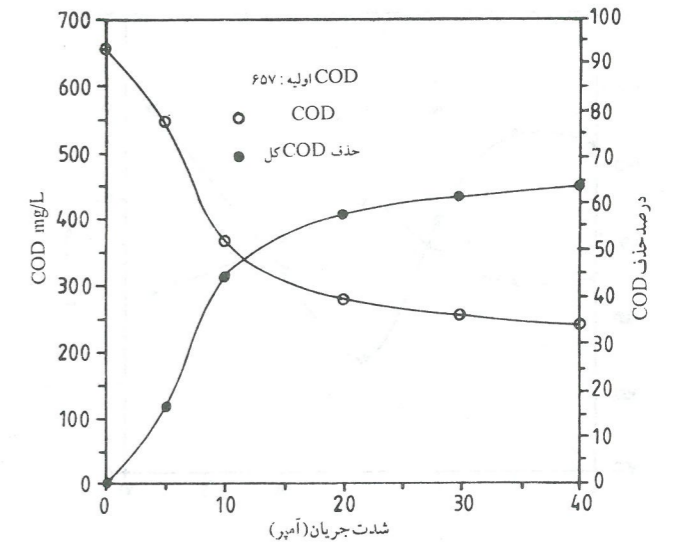
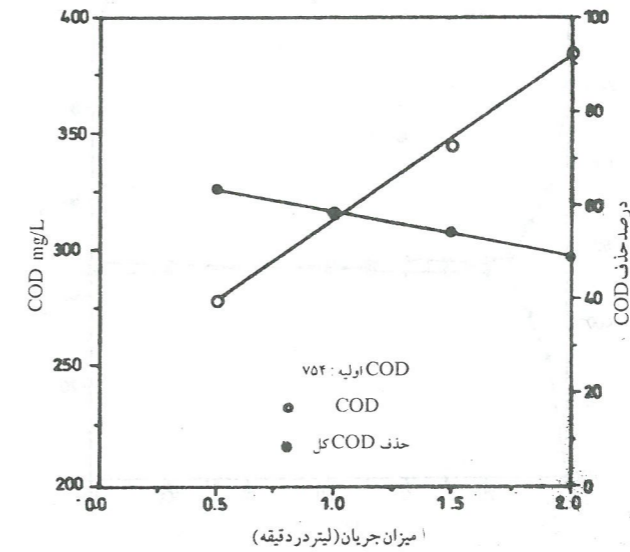
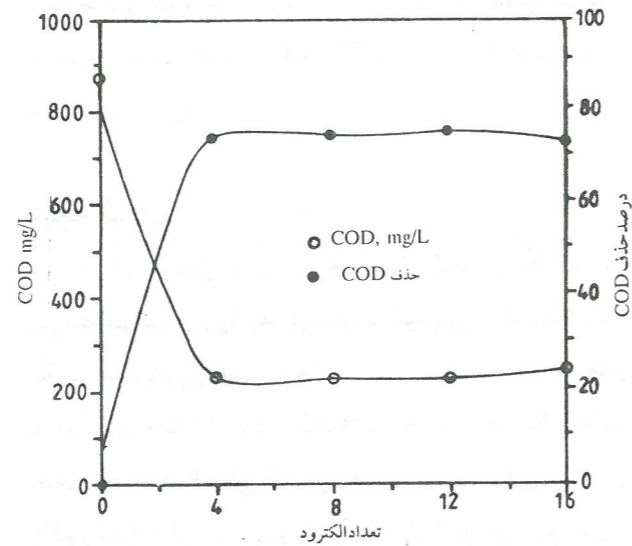
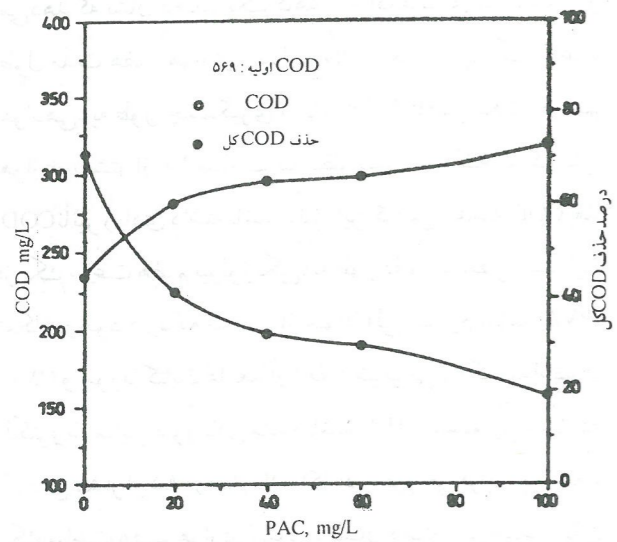
شکل ۳ نتایج تأثیر pH را روی یک نمونه نشان می‌دهد. به منظور آزمایش‌های مختلف، pH فاضلاب خام نساجی حاصل شده از کارخانجات نساجی، با استفاده از سود سوزآور ۰/۱ نرمال یا اسید سولفوریک به pH مورد نظر تعدیل شد. اثر pH فاضلاب بر روی غلظت COD، مهم‌تر به نظر می‌رسد و با pH=۷ می‌توان به حالت بهینه بهره‌برداری دست یافت. در اینجا نیز شفافیت فاضلاب نساجی تصفیه شده بهتر بود و برای تمام نمونه‌ها بیش از ۲۰ cm حاصل شد. به وسیله محققین قبلی مشاهده شده بود که چگالی جریان الکتریکی تأثیر زیادی روی بازده تصفیه فرایند بسته الکتروشیمیایی دارد [۴، ۶، ۸، ۱۴، ۱۵ و ۱۸]. بنابراین جریان الکتریکی به کار رفته، برای آزمایش جهت حذف COD در فرایند جدید پیوسته تغییر داده شد. در شکل ۴ مشخص است که حذف COD با افزایش جریان تا حدود ۲۰ آمپر، به سرعت بهبود می‌یابد. بیش از آن، افزایش حذف COD با جریان نسبتاً زیاد، به تدریج کاهش می‌یابد. بنابراین برای فرایند پیوسته حاضر، ۲۰ آمپر به عنوان جریان بهینه مورد توجه بود. با سطح کل الکترودها حدود 3744 cm^2 ، این جریان بهینه معادل چگالی جریان $53/4 \text{ mA/cm}^2$ بود که نزدیک حد پایینی



شکل ۳ - اثر pH فاضلاب روی میزان حذف COD به وسیله اکسیداسیون الکتروشیمیایی، شدت جریان ۳۰ آمپر، هدایت الکتریکی ۳۱۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر، میزان جریان فاضلاب ۱ لیتر در دقیقه

چگالی جریان پذیرفته شده به وسیله محققین قبلی می‌باشد [۴، ۶، ۸، ۱۴، ۱۵ و ۱۸]. همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است، افزایش زیاد در جریان یا چگالی جریان به دلیل افزایش کم در حذف COD، سود اقتصادی بیشتری را تضمین نمی‌کند.

آزمایش‌ها در شکل‌های قبلی با دبی ثابت 1 Lit/min انجام می‌شد. این موضوع برای تشخیص این امر که چه مقدار افزایش یا کاهش در میزان دبی فاضلاب بر روی حذف COD فاضلاب نساجی اثر می‌گذارد، مفید است. این موضوع در شکل ۵ شرح داده شده است. به دلیل حجم ثابت سلول الکتروولتی، افزایش در میزان دبی فاضلاب باعث کاهش نسبی در زمان ماند هیدرولیکی فاضلاب می‌شود. انتظار می‌رود که این کاهش در زمان ماند هیدرولیکی، منجر به کاهش در حذف COD فاضلاب شود. چنانچه در این شکل دیده می‌شود، با افزایش دبی فاضلاب از $0/5 \text{ Lit/min}$ به 2 Lit/min ، حذف COD از ۶۳٪ به ۴۹٪ به طور خطی کاهش می‌یابد. همچنین در این شکل نشان داده شده که افزایش چهار برابر در دبی فاضلاب باعث کاهش حذف COD در حدود ۲۲٪ می‌شود. بنابراین اقتصادی‌تر آن است که بهره‌برداری از تصفیه الکتروشیمیایی در محدوده



شکل ۷- اثر تعداد الکترودها روی حذف COD به وسیله اکسیداسیون الکتروشیمیایی، شدت جریان ۳۰ آمپر، هدایت الکتریکی ۲۸۰۰ میکروموس بر سانتی متر، میزان جریان فاضلاب ۱ لیتر در دقیقه

شکل ۶- اثر مقدار PAC روی حذف COD به وسیله انعقاد شیمیایی و اکسیداسیون الکتروشیمیایی، شدت جریان ۳۰ آمپر، هدایت الکتریکی ۳۱۰۰ میکروموس بر سانتی متر، میزان جریان فاضلاب ۱ لیتر در دقیقه

شکل ۵- اثر میزان جریان فاضلاب روی حذف COD به وسیله اکسیداسیون الکتروشیمیایی، شدت جریان ۲۰ آمپر، هدایت الکتریکی ۳۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر، pH=۷

شکل ۴- اثر چگالی جریان روی حذف COD به وسیله اکسیداسیون الکتروشیمیایی، هدایت الکتریکی ۳۱۰۰ میکروموس بر سانتی متر، میزان جریان فاضلاب ۱ لیتر در دقیقه، pH=۷

شد. فاضلاب نساجی خام اولیه، دارای COD با غلظت ۶۹۴ mg/L بود. بعد از انعقاد شیمیایی، COD به ۳۹۱ mg/L کاهش یافت که این کاهش معادل ۴۳٪ بود. اکسیداسیون الکتروشیمیایی، COD فاضلاب را مجدداً به ۲۳۶ mg/L کاهش

شکل ۸، تغییر COD در خلال هضم هوازی یک آزمایش نمونه تجربی را نشان می دهد. در این مورد، فاضلاب نساجی ابتدا به وسیله انعقاد شیمیایی با PAC ۴۰ mg/L و در ادامه به وسیله تصفیه الکتروشیمیایی با جریان به کار برده شده ۳۰ آمپر، تصفیه

توجه بود [۱۴]. از این رو برای تأیید کارایی آنها در مطالعه پیوسته حاضر، آزمایش های تجربی انجام شد. شکل ۷، حذف COD را در نتیجه اثر غلظت PAC نمایش می دهد، با این تذکر که غلظت پلیمر برای تمام مراحل آزمایش همراه با انعقاد شیمیایی در حد ۵ mg/L / ۰/۵ نگه داشته شد. شکل به وضوح نشان می دهد که حذف COD به وسیله تصفیه الکتروشیمیایی بدون انعقاد شیمیایی فقط ۴۵٪ اما با انعقاد شیمیایی با استفاده از PAC ۱۰۰ mg/L و ۵ mg/L / ۰/۵ پلیمر، حذف COD به ۷۲٪ افزایش یافت که یک افزایش ۲۷ درصدی در بازده حذف COD را نشان می دهد.

حذف COD به وسیله PAC در غلظت ۴۰ mg/L یا کمتر، سرعت می یابد و بالای این سطح، پیشرفت حذف COD آهسته تر می شود. بنابراین در بیشتر مراحل آزمایش با انعقاد شیمیایی، غلظت PAC ۴۰ mg/L به کار برده می شد. همچنین انعقاد شیمیایی گذشته از افزایش حذف COD، برای بهبود نسبتاً زیاد شفافیت فاضلاب تصفیه شده به کار برده شد. به عنوان مثال در شکل ۷، افزایش شفافیت از ۱۷ cm بدون انعقاد شیمیایی به ۲۶ cm با PAC ۴۰ mg/L مشاهده شد.

بالایی از دبی فاضلاب قرار گیرد، البته تا زمانی که غلظت COD پساب تصفیه شده در حد مجاز تخلیه باشد.

شکل ۶، حذف COD حاصل از عمل ۱۶-۴ جفت الکترود را شرح می دهد. شدت جریان به کار رفته در این حالت به طور ثابت ۳۰ A نگه داشته شد. واضح است که تعداد جفت الکترودها در حذف COD تأثیری ندارد. در این حالت دو فاکتور ضد و نقیض وجود دارد که بر حذف COD تأثیر می گذارند: در صورتی که تعداد جفت الکترودها کاهش یابد، چگالی جریان برای یک جریان ثابت به کار رفته افزایش می یابد و منجر به افزایش حذف COD می شود. بر عکس، چنانچه تعداد جفت الکترودها کاهش یابد، زمان ماند هیدرولیکی مؤثر فاضلاب نساجی در سلول الکترولیتی، به تناسب کاهش می یابد و منجر به حذف کمتر COD می شود. اثر برآیند این دو فاکتور ضد و نقیض باعث خنثی کردن همدیگر می شود و منجر به حذف ثابت COD می شود، چنانچه در شکل ۶ نمایش داده شده است.

در تحقیق قبلی، برای حذف قابل توجه COD در فرایند الکتروشیمیایی استفاده از PAC قبل از انعقاد شیمیایی مورد



شکل ۸- اثر مدت زمان هوادهی روی حذف COD در آکتور لجن فعال، PAC = ۴۰ mg/L، شدت جریان ۳۰ آمپر، هدایت الکتریکی ۳۱۰۰ میکروموس بر سانتی متر، میزان جریان فاضلاب ۱ لیتر در دقیقه

منابع و مراجع

- 1- APHA, (1992). " *Standard Methods for Examination Water and Wastewater* ", 17th ed. Am. Publ. Hlth. Assoc., Washington, D.C.
- 2- Beck, E. C., Giannini, A.P. and Ramirez, E.R. (1974). " *Electrocoagulation Clarifies Food Wastewater* ", Food Technol. 28, 2.
- 3- Beszedits, S. (1980). " *Ozonation to Decolor Textile Effluents* ", Am. Dyestuff Rep. 69, 38.
- 4- Biwyk, A. (1980). " *Electrocoagulation of Biologically Treated Sewage* ", In 35th Purdue Indust. Waste Conf., Lafayette, Indiana.
- 5- Brower, G.R. and Reed, G.D. (1987). " *Economic Pretreatment for Color Removal from Textile Dye Wastes* ", In Proc. 41st Purdue Ind. Waste Conf., Lafayette, Indiana.
- 6- Cenkin, V.E., and Belevtsev, A.N. (1985). " *Electrochemical Treatemnt of Industrial Wastewater* ", Eff. Wat. Treat. J., 25, 243.
- 7- Comninellis, C., and Plattner, E. (1988). " *Electrochemical Treatemnt of Wastewater Containing Organic Pollutants*", CHIMIA 42, 250.
- 8- Franklin, T.C., Darlington, J., and Solouki, T. (1991). " *The Electrodestruction of 1,2- Dibromoethane by Anodic Oxidation in Aqueous Surfactant Suspensions in the Presence of Barium Peroxide* ", J. Electrochem. Soc., 138, 747.
- 9- Gould, J.P., and Groff, K.A., (1987). " *Kinetics of Ozonolysis of Synthetic Dyes* ", Ozone Sci. Engng., 9, 153.
- 10- Green, J.M., and Sokol, C. (1985). " *Using Ozone ot Decolor Dyeing Plant Wastewater* ", Am. Dyestuff Rep., 74, 67.
- 11- Gurnham, C.F. (editor), (1965). " *Industrial Waste Control* ", Academic Press, New York.
- 12- Hamza, A., and Hamoda, M. F., (1980). " *Multiprocess Treatment of Textile Wastewater* ", In Proc. 35th Purdue Ind. Waste Conf., Lafayette, Indiana.
- 13- Lin, S.H., and Lin, C.M. (1993). " *Treatment of Textile Waste Effluents by Ozonation and Chemical and Coagulation* ", Wat. Res., 27, 1743.
- 14- Lin, S.H., and Peng, C.F. (1994). " *Treatment of Textile Wastewater by Electorchemical Method* ", Wat. Res., 28, 277.
- 15- Matis, K.A. (1980). " *Treatment of Industrial Liquid Wastes by Electorflotation* ", Wat. Pollut. Cont., 19, 136.
- 16- McKay, G. (1980). " *Color Removal by Adsorption* ", Am. Dyestuff Rept. 69, 38.
- 17- McKay, G. (1984). " *The Adsorption of Dyestuffs from Aqueous Solutions Using the Activated Carbon Adsorption Model to Determine Breakthrough Curves* ", Chem. Engng J., 28, 95.
- 18- Murphy, O.J., Hitchens, G.D., Kaba, L. and Verostko, C.E. (1992). " *Direct Electorchemical Oxidation of Organics for Wastewater Treatment* ", Wat. Res., 26, 443.
- 19- Paprowicz, J. and Slodczyk, S. (1988). " *Application of Biologically Activated Sorptive Columns for Textile Wastewater Treatment* ", Environ. Technol. Lett., 9, 271.
- 20- Pletcher, D. and Walsh, F. C. (1990). " *Industrial Electorchemistry* ", 2nd ed. Chapman & Hall, London.
- 21- Ramirez, E.R., Johnson, D. L. and Clemens, O.A. (1976). " *Direct Comparison in Physicochemical Treatment of Packinghouse Wastewater Between Dissolved Air and Electrocoagulation* ", In 31st Purdue Indust. Waste Conf., Lafayette, Indiana.
- 22- Ramirez, E. R. (1981). " *Physicochemical Treatment of Rendering Wastewater by Electorcoagulation* ", In 36th Purdue Indust. Waste Conf., Lafaytte, Indiana.
- 23- Sharifian, H., and Kirk, D. G. (1985). " *Electrochemical Oxidation of Phenol* ", J. Electrochem. Soc., 15, 921.
- 24- Smith, D. S. V., and Watkinson, A. P. (1981). " *Anodic Oxidation of Phenol for Wastewater Treatment* ", Can. J. Chem. Engng. 59, 52.
- 25- Snider, E. H., and Porter, J. J. (1974). " *Ozone Treatment of Textile Wastes* ", J. Wat. Pollut. Control Fed., 46, 886.

اینجا حاصل شده است، کیفیت پساب فرایند تصفیه ترکیبی حاضر بر حسب غلظت COD و رنگ (کدورت)، خیلی بهتر از تصفیه متداول بود.

نتیجه گیری

در این تحقیق، برای تصفیه فاضلاب نساجی یک فرایند پیوسته مرکب از روش های انعقاد شیمیایی، اکسیداسیون الکتروشیمیایی و لجن فعال به کار برده شد. متغیرهای بهره برداری مانند: pH، دبی فاضلاب، جریان الکتریکی به کار رفته، مقادیر PAC (پلی آلومینیم کلراید)، مدت هوادهی در راکتور لجن فعال و برای تعیین اثرات آنها بر روی بازده تصفیه، بررسی شدند. مشاهده گردید که حداکثر بازده اکسیداسیون الکتروشیمیایی در pH حدود ۷ حاصل می شود. مقدار PAC تا ۴۰ mg/L به نظر می رسد که به صورت قابل توجهی بازده تصفیه فرایند را افزایش دهد. همچنین چگالی جریان در حدود ۵۳/۴ mA/cm^۲ برای فراهم کردن حذف مناسب COD به دست آمد. ترکیب انعقاد شیمیایی، اکسیداسیون الکتروشیمیایی و هضم هوازی، کیفیت فاضلاب نساجی تصفیه شده بر حسب غلظت COD و شفافیت را به قدر کافی از استاندارد تخلیه تعیین شده بهتر می کند. با یک ارزیابی اقتصادی از هزینه بهره برداری فرایند پیوسته مشخص شد که فرایند از یک مزیت اقتصادی ۲۴ درصد نسبت به روش رایج که معمولاً به وسیله صنعت نساجی به کار می رود، بهره مند است. علاوه بر مزیت اقتصادی، کیفیت فاضلاب نساجی تصفیه شده وقتی با پساب روش متداول مقایسه شد، به صورت قابل ملاحظه ای بهتر بود.

★ Sheng, H.L. and Peng, C.F. (1996).

" Continuous Treatment of Toxtile Wastewater by Combined Coagulation, Electrochemical Oxidation and Activated Sludge ", Wat. Res., Vol. 30, No. 3, pp. 587-592.

1- Varian A.A

می دهد که نشان دهنده یک کاهش ۴۰ درصدی می باشد. در طول مدت هضم هوازی، غلظت COD بعد از تنها یک ساعت هوادهی، به طور چشمگیری به ۱۰۱ mg/L کاهش یافت. هضم هوازی بیشتر از ۱۰ ساعت به نظر نمی رسد که بر کاهش COD تأثیر زیادی داشته باشد. دلیل این کاهش آهسته COD بعد از یک ساعت هضم بیولوژیکی، به طور دقیق مشخص نشد. این امکان وجود دارد که بعضی از مواد آلی مقاوم مانند PVA، CMC و سورفاکتانت ها بعد از انعقاد شیمیایی و اکسیداسیون الکتروشیمیایی هنوز باقی مانده باشند. اما امر مسلم این است که کاهش بیشتر از ۸۵ درصد COD کل در خروجی فرایند پیوسته با یک ساعت هضم هوازی نهایی، نشان دهنده درصد بالای اطمینان فرایند تصفیه ترکیبی است. همچنین شفافیت فاضلاب نساجی تصفیه شده به بیشتر از ۳۰ سانتیمتر رسید. نتایج مشابهی برای بیش از دوازده جریان آزمایشی به دست آمد. غلظت نهایی COD و میزان شفافیت به صورت عالی و بسیار بهتر از حد مجاز تعیین شده توسط مقامات محیط زیست بود. غلظت آهن در پساب طبق اندازه گیری به وسیله جذب اتمی مدل واریان^۱، پیوسته کمتر از ۱ mg/L بود که آن نیز از حد مجاز تخلیه پایین تر بود.

نتایج حاصل از روش تصفیه پیوسته برای کاهش COD و رنگ (کدورت) که در بالا مطرح شد، نشان داد که این روش حقیقتاً بهتر است. اما از نقطه نظر کاربردی برای جلب توجه صنایع نساجی باید هزینه های مربوط به روش تصفیه ترکیبی عنوان شود. موارد اصلی مورد نیاز برای برآورد هزینه عبارتند از: چدن مصرفی، PAC، پلیمر، مواد شیمیایی مورد نیاز برای تعدیل pH و مصرف انرژی. مطابق نتایج به دست آمده در این تحقیق، هزینه هر یک از این موارد به طور تقریبی برآورد شده بود. بر اساس مجموع برآورد ها، هزینه کل تصفیه فرایند پیوسته، کمی کمتر از ۰/۳۴ دلار به ازای هر تن فاضلاب شد. میزان هزینه جاری فرایند تصفیه متداول، همان طور که به وسیله مأموران بهره برداری تهیه شد، حدود ۰/۴۵ دلار بر تن بود. بنابراین فرایند تصفیه ترکیبی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته، ۲۴٪ مزیت اقتصادی داشت. گذشته از مزیت اقتصادی که در