

## سنتر فرات پتاسیم و استفاده از آن در تصفیه فاضلاب نساجی

دکتر فروغ واعظی<sup>۱</sup>، دکتر علیرضا مصداقی نیا<sup>۱</sup>، مهندس حمزه علی جمالی<sup>۲</sup>

واژه های کلیدی: فاضلاب صنعتی، فاضلاب نساجی، فرات پتاسیم

### چکیده

فرات پتاسیم یک ترکیب شیمیایی است که به چند منظور در تصفیه آب و فاضلاب کاربرد دارد. این ترکیب یک اکسیدکننده، منعقدکننده و گندزدای خوب بوده. با استفاده از آن می توان مراحل مختلف تصفیه فاضلاب های صنعتی را در یک فرایند واحد ادغام نمود. این ماده باید در محل و زمان مصرف تهیه شود. در این تحقیق، از واکنش مستقیم گاز کلر با محلول قلیایی کلروفریک برای سنتر فرات پتاسیم استفاده شده است. ماده سنتر شده سپس در تصفیه فاضلاب صنعت نساجی بکار گرفته شد. این صنعت یاد شده یکی از مهمترین صنایع آلوده کننده منابع آب محسوب می شود. تصفیه پذیری نمونه های فاضلاب این صنعت به کمک فرات سنتر شده در مقایسه با منعقد کننده متداول (کلروفریک) بررسی گردید. نتایج تحقیق نشان می دهد که کارایی حذف آلاینده ها بوسیله فرات به مراتب بهتر از تصفیه با کلروفریک است. حذف COD ۲۷ تا ۲۹ درصد و حذف مواد معلق ۰/۷ تا ۲ درصد بیشتر است. این در حالی است که میزان فرات مصرف شده ۵۰ تا ۷۵ درصد مقدار کلروفریک لازم است و حجم لجن تولیدی نیز حدود ۲/۵ مرتبه کمتر بوده است. امتیاز دیگری که از کاربرد فرات حاصل می شود کاهش جمعیت میکروبی فاضلاب است. تمامی نمونه های تصفیه شده با فرات سنتر شده در این تحقیق بخوبی گندزدایی شده اند.

### سراغاز

در چند سال اخیر تلاش های وسیعی برای مشخص نمودن قدرت آهن در ظرفیت اکسیداسیون ۱۶ جهت تصفیه فاضلاب های صنعتی صورت گرفته است. فرم شناخته شده آهن (با ظرفیت ۱۳) سال ها است که به عنوان ماده شیمیایی ممتاز در صنعت تصفیه آب و فاضلاب مطرح است و اصلاح فریک غالباً به علت داشتن قدرت منعقدکنندگی مورد استفاده هستند. اما استفاده از ترکیبات آهن با ظرفیت +۶ تنها بعد از مشخص شدن روش های سنتر این مواد و تشخیص قدرت های چندگانه ای که آهن در این ظرفیت خاص دارا است. مطرح شده است. در واقع آهن

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و السنتور تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، صندوق پستی ۴۴۴۶ - ۱۴۱۵۵، تهران، ایران.

۲- گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران.

از آنجایی که آب وغالب ناخالصی ها موجب تجزیه فرات می گردد، جهت شستشو و خشک کردن فرات از حلال های آلی از قبیل دی متیل سولفوکسید<sup>1</sup> و متانول استفاده شد. همچنین جهت افزایش عمر و پایداری فرات سنتز شده و جلوگیری از تجزیه آن در هنگام واکنش سنتز از املاح حاوی ید و مس به عنوان تثبیت کننده استفاده گردید. درعین حال سعی بر این بود که تهیه فرات به این روش هر بار به میزان مورد نیاز صورت گیرد تا از این ماده به صورت تازه در آزمایش های مختلف استفاده شود.

وسایل آزمایشگاهی بکار رفته برای سنتز فرات شامل ارلن بوخنر، قیف دکانتور، دستگاه سانتریفوژ، دستگاه هم زن مغناطیسی (هات پلیت)، دسیکاتور و سایر شیشه آلات آزمایشگاهی بوده است.

تهیه نمونه فاضلاب و محل های نمونه برداری : دراین تحقیق کارخانه های نساجی براساس نوع الیاف مصرفی به سه گروه پشم، پنبه و الیاف مصنوعی تقسیم گردید و از هر گروه یک کارخانه انتخاب شد. نمونه های مورد آزمایش از مخلوط فاضلاب خروجی از واحدهای مختلف هر کارخانه تهیه گردید. کارخانجات انتخابی عبارتند از : جهان چیت کرج (پنبه)، کشمیران واقع در جاده مخصوص کرج (پشم) و نوبهار واقع در خیابان شهید رجایی (الیاف مصنوعی).

آزمایش های تصفیه پذیری فاضلاب : دراین تحقیق نمونه واحدی از فاضلاب هر کارخانه برای انجام آزمایش های جار استفاده شده است. سپس برای تعیین کارایی فرات پتاسیم در تصفیه فاضلاب نساجی و امکان جایگزینی آن بجای مواد شیمیایی رایج، پارامترهای زیر مطابق با دستورالعمل کتاب روش های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب برای تمامی نمونه های فاضلاب نساجی قبل و بعد از تصفیه با فرات پتاسیم و درمقایسه با کلرورفریک (بعنوان یک متعقدکننده رایج) تعیین مقدار شده است : pH - میزان مواد معلق (TSS) - اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) حجم لجن شیمیایی ایجاد شده و درصد عبور نور در طول موج حداکثر جذب. پارامتر آخر بر روی نمونه های فاضلاب بعد از عبور از صافی پشم شیشه سنجش شد تا معیاری از رنگ حقیقی فاضلاب بدست آید. ابزار کار اسپکتروفوتومتر<sup>2</sup> معمولی بوده است.

ابتدا نمونه فاضلاب نساجی بعد از سپری شدن یک ساعت ماند (برای جداشدن جامدات قابل ته نشینی). برای تعیین مناسب ترین pH تصفیه با فرات مورد آزمایش جار انجام گرفت سپس مناسب ترین مقدار فرات (دوز بهینه) به شیوه آزمون و خطا به روش جار تست تعیین گردید. همین عملیات در تصفیه فاضلاب نساجی با کلرورفریک نیز به اجرا درآمد و pH و دوز بهینه تعیین شد.

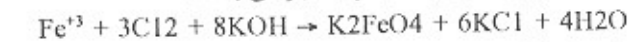
به دلیل استریل بودن نسبی فاضلاب های نساجی مورد بررسی، تعیین قدرت گندزدایی فرات پتاسیم با آزمودن این ماده در تصفیه مخلوط فاضلاب نساجی با فاضلاب خانگی به نسبت

VI در ردیف محدود موادی قرار می گیرد که به تنهایی دارای قدرت هم زمان انعقاد، اکسیدکنندگی و گندزدایی هستند و در نتیجه با استفاده از این مواد باید بتوان آن دسته از فاضلاب های صنعتی را که تصفیه آنها مستلزم بکارگیری و تاسیس مراحل مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است، در یک مرحله واحد تصفیه نمود. فرات پتاسیم<sup>1</sup> به عنوان یک ماده شیمیایی ممتاز یکی از املاح آهن VI می باشد که برای چند منظور در تصفیه آب و فاضلاب کاربرد دارد. این ماده باعث داشتن فعالیت شدید شیمیایی می باید در زمان و محل مصرف تهیه شود. مطالعات اخیر در رابطه با تصفیه انواع فاضلاب بوسیله غلظت های مختلف فرات نشان داده است که کاربرد این ماده حتی در غلظت های ردیف 10 میلی گرم در لیتر، موجب کاهش قابل ملاحظه تعداد باکتری ها، میزان مواد آلی، جامدات نامحلول و رنگ حقیقی شده است. سنتز فرات پتاسیم تا قبل از این تحقیق در کشور ما سابقه ای نداشته است.

صنعت نساجی از جمله صنایعی است که تصفیه فاضلاب آنها مستلزم تاسیس و بکارگیری تصفیه خانه های دارای مراحل متوالی تصفیه است. برای تصفیه این صنعت، روش بیولوژیکی که در زمان حاضر مرسوم ترین و ارزان ترین روش تصفیه محسوب می شود به تنهایی کفایت نمی کند و انجام حداقل یک مرحله تصفیه فیزیکی شیمیایی بویژه از لحاظ حذف مواد آلی و رنگ باقی مانده در پساب الزامی است. دراین تحقیق، تصفیه پذیری فاضلاب این صنعت بوسیله فرات با هدف محدود نمودن مراحل مختلف تصفیه پیشنهاد و بررسی شده است. فاضلاب این صنعت بعد از انجام مرحله اولیه ته نشینی جهت این بررسی نمونه برداری شده است.

### نمونه گیری و روش بررسی

سنتز فرات پتاسیم : تهیه فرات پتاسیم دراین تحقیق از واکنش مستقیم گاز کلر با محلول قلیایی کلرورفریک صورت گرفته است. مراحل کار تهیه فرات در نگاره 1 نمایش داده شده است (3). خلاصه واکنش شیمیایی بکار رفته برای سنتز فرات بصورت زیر می باشد :



گاز کلر مورد نیاز برای انجام واکنش فوق از اضافه کردن اسید کلریدریک بر پرمنگنات پتاسیم تهیه شده است. به این ترتیب مواد شیمیایی لازم برای تهیه فرات عبارتند از : پرمنگنات پتاسیم انیدر<sup>1</sup>، اسیدکلریدریک<sup>2</sup>، کلورورفریک انیدر<sup>3</sup>، هیدروکسیدپتاسیم<sup>4</sup>، یدورپتاسیم<sup>5</sup>، سولفات مس انیدر<sup>6</sup>، دی متیل سولفوکسید<sup>7</sup>، الکل متیلیک<sup>8</sup>.

- |                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 1- FeO4K2 = Potassium ferrate | 2- KMnO4  |
| 3- HCl                        | 4- FeCl3  |
| 5- KOH                        | 6- KI     |
| 7- CuSO4                      | 8- C2H6OS |
| 9- CH3OH                      |           |

<sup>1</sup>- DMSO

2- VIS Spectrophotometer

جمعی  $\frac{1}{2}$  صورت گرفت. پارامتر مورد سنجش در این بخش از تحقیق تعداد احتمالی کلیرفرم ها (MPN/100 ml) بوده است.

#### نته ها

در شترنگ یک میانگین نتایج آزمایش های انجام شده برای تعیین کارایی فرات پتاسیم در سفید فاضلاب های سه گروه مختلف از صنعت نساجی از لحاظ کاهش اکسیژن مورد نیاز شیمیایی اذ معلق و رنگ حقیقی قابل ملاحظه است. در همین شترنگ نتایج تصفیه نمونه های مشابه ضلاب با کلوروفریک به عنوان یک ماده شیمیایی رایج نیز ارائه شده است. نمودارهای یک و دو صد حذف COD کل فاضلاب هر گروه از صنعت نساجی را با مصرف مقادیر مختلف از فرات کلوروفریک نشان می دهد.

آزمایش بررسی قدرت گندزدایی فرات نشان داد که هر چهار نمونه مخلوط فاضلاب های باجی با فاضلاب خانگی که دارای MPN/100ml بیشتر از ۲,۴۰۰,۰۰۰ بوده اند، بعد از نیم ساعت تماس با میزان بهینه فرات (در تصفیه فیزیکی فاضلاب) به رقم MPN کمتر از ۱۰۰ پیده اند (با معدل ۷۶).

درصد خلوص فرات پتاسیم سنتز شده برای انجام این تحقیق به روش استاندارد مورد بخش قرار گرفت و معدل سه بار اندازه گیری در حد ۸۰ درصد گزارش شد.

#### نتگو و بهره گیری پایانی

استفاده از یک ماده شیمیایی جهت محدود کردن مراحل مختلف تصفیه فاضلاب های باجی مستلزم این است که ماده مورد نظر دارای قابلیت کافی در حذف آلاینده های مختلف از ضلاب باشد. مهمترین گروه آلاینده های فاضلاب های این صنعت عبارتند از :

آلاینده های نامحلول (TSS)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD کل)، رنگ حقیقی (مواد محلول رنگی) و ارگانیک های پاتوژن، داشتن قدرت گندزدایی بدین لحاظ امتیاز محسوب می شود که در غالب مواد فاضلاب های بهداشتی این کارخانه ها با فاضلاب صنعت مخلوط و محیط تخلیه می شود. در این تحقیق مقایسه قدرت فرات در حذف آلاینده های فوق الذکر با کلوروفریک به عنوان یکی از رایج ترین مواد شیمیایی مورد مصرف در تصفیه فاضلاب های صنعتی نشان می دهد:

در زمینه حذف مواد نامحلول از فاضلاب های نساجی هردو ماده شیمیایی به نحو چشمگیری عمل نموده اند (باصدهای حذف بیشتر از ۹۱٪ برای کلوروفریک و ۹۵٪ برای فرات پتاسیم). هیچ این بخش از تحقیق برای هر سه گروه مختلف از صنعت نساجی بسیار مشابه بوده است.

۲- کارایی حذف آلاینده های دارای اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) طی مصرف مقادیر مختلف از فرات پتاسیم و کلوروفریک همانطور که در نمودارهای ۲ تا ۳ قابل ملاحظه است، برای فرات بیشتر از ۸۰٪ و برای کلوروفریک بیشتر از ۴۰٪ بوده است. نتایج این بخش از تحقیق پرتوی چشمگیر مصرف فرات را در pH بهینه (حدود ۶) و دوز بهینه (از ۶۰ تا ۸۵ در لیتر) در برابر ملح فریک نشان می دهد (درجه اکسیداسیون آهن در فرات و در کلوروفریک +۶ و +۳ است که توجیه کننده قدرت اکسیدکنندگی بیشتر فرات می باشد).

۳- در زمینه حذف رنگ حقیقی از فاضلاب های سه گروه مختلف از صنعت نساجی تفاوت های فاحشی در عملکرد فرات ملاحظه شد که می تواند ناشی از ماهیت کاملاً متفاوت مواد مولد رنگ در این فاضلاب ها باشد. مشکل رنگ در فاضلاب های دارای الیاف پنبه ای بسیار حاد است و رنگ این نوع فاضلاب بعد از تصفیه با فرات نیز کاملاً برطرف نمی شود. البته حتی در این مورد نیز برتری فوق العاده در برابر کلوروفریک ملاحظه می شود (۷۱٪ حذف رنگ به وسیله فرات در برابر ۱۹٪ مربوط به کلوروفریک). در حذف رنگ حقیقی از فاضلاب کارخانه کشمیران (الیاف پشم)، فرات دارای کارایی ۹۳٪ و کلوروفریک فقط در حد ۱۴٪ و در مورد فاضلاب الیاف مصنوعی فرات قادر به حذف کامل رنگ بوده است (راندمان حذف رنگ با کلوروفریک فقط ۱۳٪).

۴- یکی از پارامترهای مهم در انتخاب یک ماده شیمیایی برای تصفیه فاضلاب حجم لجن ایجاد شده است. می توان گفت در دنیای امروز انتخاب یک روش برای تصفیه فاضلاب تا حد زیادی براساس کمیت و کیفیت لجن شیمیایی ایجاد شده است. متأسفانه غالب مواد شیمیایی رایج در تصفیه انواع فاضلاب های صنعتی حجم سنگینی از لجن شیمیایی به وجود می آورند و همین امر به عنوان یک خصوصیت منفی مهم برای تصفیه شیمیایی در برابر تصفیه بیولوژیکی قلمداد شده و موجب از رونق افتادن روش های شیمیایی تصفیه با وجود داشتن راندمان تصفیه بیشتر شده است. مقایسه فرات و کلوروفریک از نقطه نظر حجم لجن تولیدی امتیاز برجسته و بارز دیگری را برای ماده شیمیایی انتخاب شده در این تحقیق نشان داده است. در واقع با استفاده از فرات ضمن مصرف کمتر مواد شیمیایی حجم بسیار کمتری از لجن نیز در مقایسه با مصرف متعادل کننده های سنتی به وجود می آید (شترنگ ۱). در تمام آزمایش های انجام شده برای تصفیه فاضلاب های مختلف نساجی حجم لجن حاصله حداقل نصف و در مواردی کمتر از ۱/۳ حجم لجن به وجود آمده طی مصرف املاح فریک بوده است.

با انجام این تحقیق نتایج کلی زیر به دست آمده است :

۱- تصفیه فاضلاب نساجی با فرات پتاسیم طی یک فرایند قابل اجرا است و با این اقدام نیاز به تاسیس واحدهای متعدد تصفیه متعارف که شامل حداقل یک مرحله از هر کدام از مراحل تصفیه فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی است برطرف می گردد.

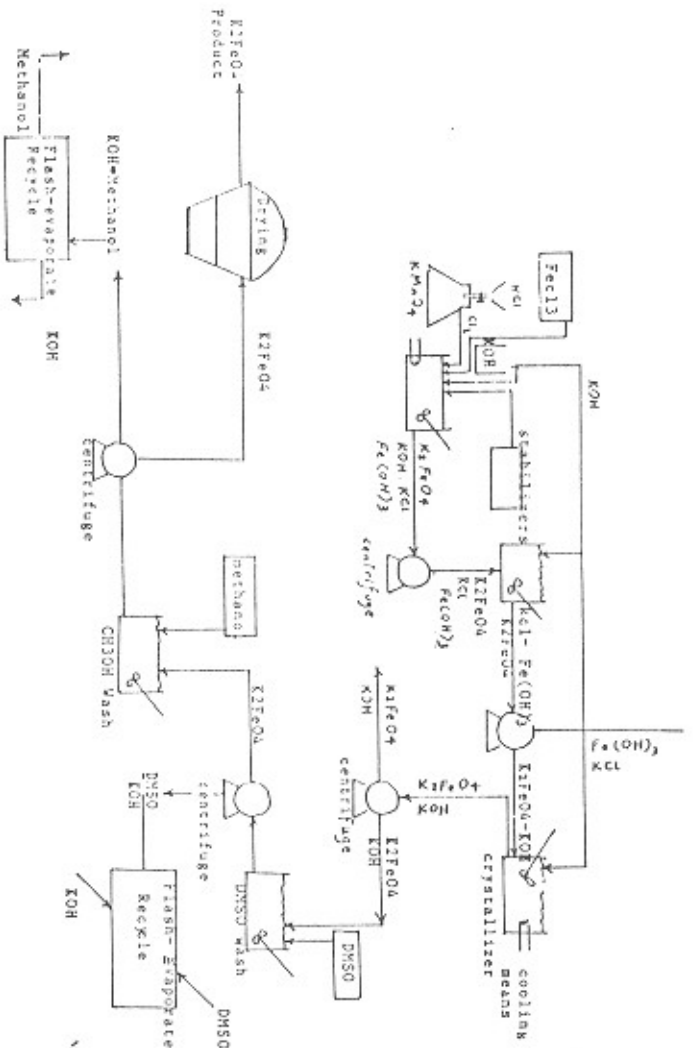
۲- مزایای مصرف فرات پتاسیم در برابر مواد شیمیایی رایج (کلوروفریک) عبارتند از مصرف کمتر مواد شیمیایی، تولید کمتر لجن و راندمان بهتر حذف آلاینده ها از فاضلاب نساجی.

۳- فرات پتاسیم به عنوان یکی از مواد اکسیدکننده قوی شناخته شده است و دارای قدرت بیوساید کافی جهت گندزدایی فاضلاب ها است.

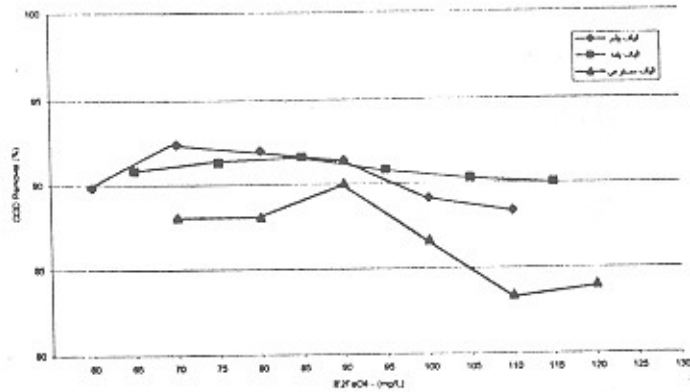
شیرنگ ۰-۱ - مشخصات فاضلاب های نساجی قفل و بعد از تصفیه با کلرورنریک و فرات پتاسیم (pH و دوز جیبه)

نمونه فاضلاب	کارخانه کشتیران (ایلاف پشه ای)		کارخانه چوبان چیت (ایلاف پشه ای)		کارخانه نوبهار (ایلاف مصروف)	
	قبل از تصفیه	بعد از تصفیه	قبل از تصفیه	بعد از تصفیه	قبل از تصفیه	بعد از تصفیه
پارامتر						
(mg/l) TSS	۳۰۰	۲۰	۳۰۰	۱۵/۵	۳۰۰	۳۷
(mg/l) COD	۳۵۰	۱۳۳/۵	۳۰۰	۱۱۰	۵۰۰	۱۹۸
pH	۷/۳	۹	۹/۷	۷	۹/۹	۹/۵
رنگ ظاهری *	قرمز	قرمز	قهوه ای	قهوه ای	آبی	سبز رنگ
عمق موج حداکثر جنب (mm)	۲۸۰	۲۸۰	۲۸۰	۲۸۰	۲۸۳	۲۸۳
رنگ جنبی - درسد	۸۶	۸۸	۹۹	۳۱	۵۳	۲۹
عمق نور در طول موج حداکثر جانب						
مجموع این شیبگی پس از تصفیه به تنی (mg/l)	-	۳۳	۱۷	۳۵/۵	-	۳۸

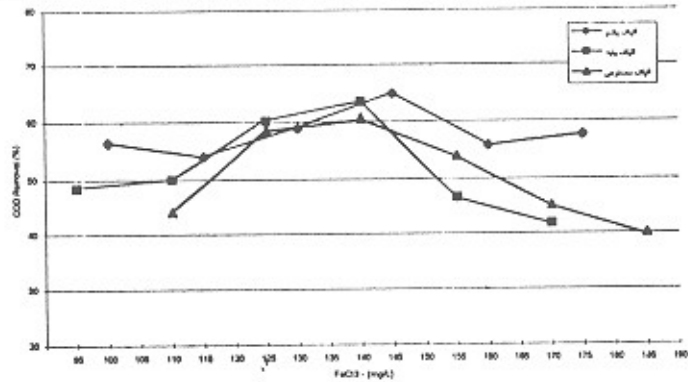
\* رنگ ظاهری به شیوه مقایسه چشمی شده است.



نگاره ۱ - مراحل تهیه فرات پتاسیم در این تحقیق



نمودار ۱- درصد حذف COD با کاربرد مقادیر مختلف فرات پتاسیم جهت تصفیه فاضلاب کارخانه های کشمیران (الیاف پشمی) ، جهان چیت (الیاف پنبه) و نوبهار(الیاف مصنوعی)



نمودار ۲- درصد حذف COD با کاربرد مقادیر مختلف کلروفریک جهت تصفیه فاضلاب کارخانه های کشمیران (الیاف پشمی) ، جهان چیت (الیاف پنبه) و نوبهار(الیاف مصنوعی)

کتابنامه

۱- جمالی، حمزه علی (۱۳۷۶): بررسی کاربرد فرات پتاسیم جهت تصفیه فاضلاب صنعت نساجی، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه تربیت مدرس.

2- AWWA - WPCF - WER (1992): *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18th edition.

3- Deininger JP, et al. (1983): Process for Preparing Potassium Ferrate, US Patent 4405573.

4- Deluca SJ, et al. (1992): Ferrate Versus Traditional Coagulants in the Treatment of Combined Industrial Wastes. *Water Science and Technology*. 26(9):11.