

❖ مقدمه :

منهن فرات پتاسیم را به عنوان یک اکسیدکننده قوی با خاصیت گندزدایی عالی که دارای مزایایی مانند حذف فلزهای سنگین، ویروس و فسفات هاست برای تصفیه فاضلاب های صنعتی پیشنهاد نمود.^(۱)

مطالعه بارت ساد و همکاران به منظور زدایش نیتروآمین ها از فاضلاب انسانی نشان داد که نیتروآمین ها را می توان به وسیله فرات پتاسیم، از فاضلاب زدایش نمود.^(۱) این مطالعه به منظور ارائه یک روش مناسب تصفیه فاضلاب صنایع نساجی با استفاده از فرات پتاسیم و مقایسه کارایی آن با کلروفریک انجام شد.

❖ مواد و روش ها :

این مطالعه در سال ۱۳۷۶ در دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. ابتدا فرات پتاسیم طبق الگوی دینیجر و همکاران تهیه شد.^(۲)

جهت ساخت راکتور از یک ظرف پلاستیکی استوانه ای شکل به حجم حدود ۲۰۰ میلی لیتر استفاده شد. گاز کلر مورد نیاز از تأثیر اسیدکلریدریک بر پرمنگنات پتاسیم تهیه شد و چون واکنش مواد درون راکتور گرمازا بود، جهت سردکردن از حمام یخ استفاده شد. محتویات درون راکتور توسط همزن مغناطیسی هم زده می شد و نسبت مولی $Cl_2/FeCl_3$ برابر ۷/۱ و نسبت مولی $KOH/FeCl_3$ برابر ۱۷/۱ در نظر گرفته شد.

زمان واکنش مخلوط درون راکتور ۱/۵ ساعت و زمان سانتریفوژ نمودن هر مرحله حدود ۳ تا ۵ دقیقه بود. جهت تعیین درصد فرات پتاسیم از روش ارائه شده توسط شرییر و همکاران استفاده شد.^(۹)

تهیه نمونه فاضلاب بدین ترتیب بود که ابتدا کارخانه های نساجی بر اساس نوع الیاف مصرفی به سه دسته الیاف مصنوعی، پشم و پنبه تقسیم شدند. سپس از هر گروه یک کارخانه انتخاب و از

صنایع نساجی از جمله صنایع دارای فاضلاب های محتوی آلاینده های متعدد است که روش های تصفیه متداول قادر به حذف کلیه آلاینده های آن نیست. طراحی تصفیه خانه ای با قدرت حذف بالا، هزینه احداث و راهبری بالایی دارد. فرات پتاسیم با فرمول شیمیایی K_2FeO_4 اکسیدکننده ای بسیار قوی است که می تواند مواد آلی موجود در این گونه فاضلاب ها را اکسید نماید و خاصیت منعقدکنندگی، بوزدایی و گندزدایی نیز دارد. این ترکیب به دلیل عدم تولید تری هالومتان در مقایسه با کلر که یک گندزدای متداول در تصفیه آب و فاضلاب است، گزینه خوبی برای گندزدایی این گونه فاضلاب هاست.^(۱۰ و ۱۱)

فرات پتاسیم اولین بار در سال ۱۸۴۱ توسط فرمی ساخته شد و از همان زمان مورد توجه متخصصین شیمی تجزیه قرار گرفت. سپس مطالعات شرییر در سال ۱۹۵۳ در مورد روش های تهیه این ماده به ابداع روش آزمایشگاهی تهیه فرات پتاسیم منجر گردید.^(۶) مطالعات وایت نشان داد که فرات پتاسیم به دلیل خاصیت اکسیدکنندگی قوی برای اکسیداسیون مواد آلی و مواد معدنی فاضلاب مثل آمونیاک، فسفات ها و فلزهای سنگین کاربردهای مختلفی دارد.^(۸) مطالعه فاروق و همکاران نشان داد استفاده از فرات پتاسیم با غلظت ۱۵ میلی گرم در لیتر موجب کاهش کدورت پساب نهایی فاضلاب به میزان ۳۳/۶ درصد می شود.^(۴) دلوکا و کانتلی کارایی حذف آلاینده های فاضلاب مخلوط صنعتی و خانگی را توسط سه ماده منعقدکننده فرات پتاسیم، آلوم و کلروفریک مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که هر سه ماده کارایی خوبی در انعقاد دارند، اما فرات پتاسیم نسبت به دو ماده شیمیایی دیگر دارای مزایای دیگری از جمله خاصیت گندزدایی و تولید لجن کمتر با مصرف مقادیر کمتر ماده شیمیایی است.^(۴)

مخلوط گردید و با مصرف مقدار بهینه به دست آمده، آزمایش میکروبی MPN/100ml در پساب تولیدی به عمل آمد.

یافته ها :

در این مطالعه کارایی حذف COD و TSS به کمک فرات پتاسیم در شرایط بهینه به ترتیب حدود ۸۵ تا ۹۲/۴ و ۹۴ تا ۹۶ درصد بود. با افزایش PH، راندمان حذف متغیرهای مورد بررسی کاهش می یافت. حجم لجن تولیدی حدود ۱ تا ۲/۵ درصد حجم اولیه فاضلاب بود که نسبت به کلروفریک ۲/۵ تا ۳ بار کمتر بود. مقدار بهینه مصرف فرات پتاسیم حدود ۶۰ تا ۸۵ میلی گرم در لیتر و PH بهینه در حدود ۵ تا ۶ بود. برای تعیین قدرت گندزدایی فرات پتاسیم، آزمون های میکروبی روی پساب تولیدی انجام شد که در تمام موارد MPN/100ml کمتر از ۱۰۰ بود. همچنین در PH بهینه با افزایش مقدار فرات پتاسیم، درصد عبور نور در طول موج حداکثر جذب افزایش می یافت (جدول شماره ۱).

فاضلاب خروجی هر یک از واحدهای مختلف کارخانه نمونه برداری شد. پس از اختلاط این نمونه ها یک نمونه مرکب تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد.

آزمایش های جار، TSS، COD، PH، درصد عبور نور در طول موج حداکثر جذب، حجم لجن ته نشین شده و MPN/100ml با استفاده از روش های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب انجام شدند.^(۴) پس از حمل نمونه های فاضلاب به آزمایشگاه، متغیرهای مورد نظر در نمونه های خام اندازه گیری شدند. سپس جهت تعیین PH و مقدار بهینه فرات پتاسیم برای تصفیه هر یک از نمونه ها، متغیرهای مورد بررسی دوباره اندازه گیری و شرایط بهینه تعیین شد. به همین ترتیب روی هر کدام از نمونه ها آزمایش های مشابه با استفاده از کلروفریک انجام و شرایط بهینه از نظر مقدار، گندزدایی و PH با توجه به کارایی این ترکیب در حذف متغیرهای فوق تعیین شد. در ضمن برای تعیین قدرت گندزدایی فرات پتاسیم، فاضلاب های مختلف نساجی به نسبت های مختلف با فاضلاب انسانی

جدول ۱- مقایسه فاضلاب کارخانه های مورد مطالعه قبل و بعد از تصفیه با کلروفریک و فرات پتاسیم (در PH و مقدار بهینه)

کارخانه شماره	ویژگی مورد آزمایش				
	نمونه	PH	TSS(mg/l)	COD(mg/l)	عبور نور (%)
شماره ۱	فاضلاب بعد از ته نشینی اولیه	۷/۴	۳۲۰	۳۵۰	۸۶
	فاضلاب تصفیه شده با کلروفریک	۶	۲۰	۱۲۳/۵	۸۸
	فاضلاب تصفیه شده با فرات پتاسیم	۵	۱۶	۲۶/۵	۹۹
شماره ۲	فاضلاب بعد از ته نشینی اولیه	۶/۷	۳۰۰	۳۰۰	۲۱
	فاضلاب تصفیه شده با کلروفریک	۷	۱۵/۵	۱۱۰	۳۶
	فاضلاب تصفیه شده با فرات پتاسیم	۵	۱۱	۲۵	۷۷
شماره ۳	فاضلاب بعد از ته نشینی اولیه	۶/۹	۳۰۰	۵۰۰	۵۳
	فاضلاب تصفیه شده با کلروفریک	۶/۵	۲۷	۱۹۸	۵۹
	فاضلاب تصفیه شده با فرات پتاسیم	۵/۵	۲۱	۵۰	۸۱
مخلوط	فاضلاب بعد از ته نشینی اولیه	۷/۲	۳۷۰	۴۵۰	۵۰
	فاضلاب تصفیه شده با کلروفریک	۵/۸	۲۵	۱۵۶/۲	۵۹

۱۶/۵	۸۵/۵	۴۴	۲۳	۴/۷	فاضلاب تصفیه شده با فرات پتاسیم
------	------	----	----	-----	---------------------------------

✿ بحث و نتیجه گیری :

یافته ها نشان داد با استفاده از فرات پتاسیم حجم لجن تولیدی به حدود ۱ تا ۲/۵ درصد حجم اولیه فاضلاب می رسد که نسبت به منعقدکننده معمولی مانند کلوروفریک که حجم آن معادل ۳/۶ تا ۴/۹ درصد است، کمتر است. همچنین با افزایش PH، قدرت اکسیداسیون فرات پتاسیم و به تبع آن میزان حذف COD فاضلاب کاهش یافت که نشان گر غیرفعال شدن این ترکیب شیمیایی در محیط قلیایی است که این یافته با مطالعه دینینجر و همکاران مطابقت دارد.^(۲)

PH بهینه برای فرات پتاسیم ۵ تا ۶ است که بر پایه نتایج حاصل از این تحقیق در PH بهینه با افزایش مقدار فرات پتاسیم، درصد عبور نور در طول موج حداکثر جذب افزایش می یافت. این امر نشان گر کارایی خوب این ماده در حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی است. همچنین حجم لجن تولیدی در PH بهینه با افزایش مقدار فرات پتاسیم، افزایش یافت که این به دلیل افزایش کارایی حذف مواد کلوئیدی موجود در فاضلاب است.^(۳) اگرچه با ایجاد محیط اسیدی برای تصفیه فاضلاب توسط فرات پتاسیم، امکان خوردگی تأسیسات تصفیه خانه وجود دارد، اما می توان با ایجاد پوشش پلی وینیل کلراید (PVC) در سطوح داخلی تأسیسات تصفیه خانه، این مشکل را رفع نمود.

با توجه به این که فرات پتاسیم یک ماده شیمیایی اکسیدکننده، گندزدا و منعقدکننده است می توان از آن به عنوان یک ماده شیمیایی چند منظوره که باعث کاهش حجم تأسیسات تصفیه خانه فاضلاب این گونه صنایع می شود، استفاده کرد. این امر موجب کاهش هزینه ها، اجرا، نگهداری و بهره برداری این گونه تأسیسات می شود و مدیران صنایع نساجی را به بهره گیری از این روش برای تصفیه فاضلاب کارخانه ها تشویق می کند. فرات پتاسیم ترکیبی به شدت واکنش پذیر است و نگه داری آن در طولانی مدت باعث کاهش درصد

خلوص آن می شود؛ لذا به نظر می رسد تولید آن در محل مصرف از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. بر پایه نتایج حاصل از این تحقیق در یک جمع بندی کلی فرات پتاسیم در مقایسه با کلوروفریک دارای محاسن زیر است:

۱- قدرت حذف رنگ آن نسبت به کلوروفریک بیش تر است.

۲- حجم لجن تولیدی توسط فرات پتاسیم در حدود نصف تا یک سوم لجن تولیدی توسط کلوروفریک است.

۳- راندمان حذف COD حدود ۱/۵ تا ۱/۸ برابر کلوروفریک است.

۴- از نظر راندمان حذف TSS بر کلوروفریک ارجح است. به دلیل وجود مواد اولیه ارزان قیمت و نیروی متخصص در ایران و با توجه به مزایای ذکر شده برای فرات پتاسیم استفاده از این ترکیب به عنوان یکی از گزینه های برتر برای تصفیه فاضلاب صنایع نساجی پیشنهاد می شود. در ضمن پیشنهاد می شود جهت بررسی قابلیت تصفیه پذیری فاضلاب سایر صنایع توسط این ماده و همچنین امکان تولید صنعتی این ترکیب در کشور، مطالعه های لازم به عمل آید.

✿ مراجع :

1. Bartzatt Ronald, Nagel Donald. Removal of nitrosamines from wastewater by potassium ferrate oxidation. Arch Environ Health 1991; 46(5): 88-91
2. Deininger J P et al. Process for preparing potassium ferrate. United states patent, 4405573, (1983)
3. Deluca S J, Cantelli M, Deluca M A. Ferrate VS traditional coagulants in the treatment of combined industrial wastes. Water Science and Technology 1992;26:9-11

4. Deluca S J et al. Quality improvement odour compounds. *Water Science and Technology* 1996; 33(3): 119-30
5. Cheremisoff P N. encyclopedia of environmental control technology. New York, Gulf Pub Company, 1989, 113-20
6. Faroq Shaukat et al. Tertiary treatment with ferrate and ozone. *Journal of Environmental Engineering (A.S.C.E)* 1986; 112(2): 102-5
7. Lenore S Clesceri et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed, Washington DC, A.P.H.A., A.W.W.A., 1992, 85-6
8. Potts M E, Hampshire L H. New treatment for uranium in wastewater. *Water Environment and Technology* 1993; 5(1): 20-24
9. Schreyer J et al. *Inorganic synthesis*. Vol 4, New York, Nat'l Academies Press, 1988; 4: 164-9