دانشگاه تهران
دانشکده فنی

موضوع:

«استفاده از تکنولوژی فیبرهای موئین مشبک و امکان استفاده از مواد جاذب در جداسازی یونهای فلزی از فاضلابهای صنعتی ایران»

8799

استاد راهنما:

دکتر بهروز میثمی

۱۳۷۹/۷/۲۵

نگارش:

محمدرضا رسائی

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم مدارک

پایان‌نامه جهت دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

در

مهندسی شیمی

دانشگاه تهران دانشکده فنی گروه مهندسی شیمی

تابستان سال ۱۳۷۹

۳۱۳۶۰

رحم فرما بر قصور فهم ها ای ورای عقل ها و وهم ها

چون به ما بویی رسانیدی از این در مبند این مشک را ای رب دین

گوش ما گیر و بدان مجلس کشان کز شرابت می کشند آن می کشان

قطرهء دانش که بخشیدی ز پیش متصل گردان به دریاهای خویش

۳۱۳۶۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که رنج سالها دوری و انتظار را عاشقانه تحمل کردند. چون خورشید، گرم و بی‌دریغ، بر روزگارم و زندگانی‌ام تابیدند و تابیدند و تابیدند تا پیر شدند.

تقدیر و تشکر

از استاد عزیز وارجمندم، جناب آقای دکتر میثمی و همچنین جناب آقای دکتر طاهری‌که در تهیه تجهیزات آزمایشگاهی و روشن شدن مطالب مربوطه در طول پروژه، همواره یاری دهنده و دلگرم کننده اینجانب بوده‌اند، صمیمانه تشکر، و قدردانی می‌نمایم. همچنین از سرکار خانم مهندس اعتمادنیا که زحمت آنالیز نمونه‌های آزمایشگاهی را صبورانه تحمل کردند، نهایت سپاسگزاری را دارم.

Abstract
In this project, separation of metal ions from industrial wastewater was investigated by the use of hollow fiber separation technique and new absorption material. In the conventional hollow fiber separation processes organic solvents with chemical extractants or water soluble chelating polymers have been used to receive the metal ions which had penetrated through hollow fibers. In this project, instead of chemical extractants and/or chelating polymers, absorption materials with good absorption properties and low cost found easily in Iran, have been used.
The hollow fibers used were made of polysulfone in the ultrafiltration range. Experiments were done to separate the Ni^{++} cations from the wastewater and the effect of different operating conditions on the Ni^{++} separation rate from wastewater were studied. The experiments showed that when initial feed concentration of Ni^{++} was increased, not appreciable change observed in the total percentage decrease of the Ni^{++} concentration in the wastewater, while the penetration rate of the ions through the fibers showed an increase. By mixing the aqueous cation receiving phase containing the absorption materials, the percentage of Ni^{++} separated from the feed was incresed. Also these studies showed that higher wastewater flow rate through the hollow fiber lumens caused an increase in the penetration rate of Ni^{++} ionsthrough the fibers. According to the results, an increase in the concentration of the absorption particels in the receiving phase also cause an increase in the amount of the amount of Ni^{++} separated from the wastewater.

چکیده:

در این پروژه، ضمن بررسی مبانی تکنولوژی فیبرهای موئین مشبک در جداسازی یونهای فلزی از پسابهای صنعتی، به منظور جداسازی یونهای فلزی از پسابهای صنعتی، از فیبرهای موئین به همراه جاذبهای جدیدی استفاده شده است. در فرآیندهای متداول جداسازی توسط فیبرهای موئین از حلالهای آلی به همراه استخراج کننده‌های شیمیایی، و یا از پلیمرهای محلول در آب به منظور دریافت یونهای فلزی‌ای که از فیبرهای موئین نفوذ می‌کنند، بهره گرفته شده است. در این پروژه، بجای استخراج کننده‌های شیمیایی و یا پلیمرهای محلول در آب، از یکسری مواد جاذب که خواص جذبی مطلوبی دارند، و در ایران به فراوانی یافت شده واز نظر اقتصادی، مقرون به صرفه می‌باشند، استفاده شده است.

فیبرهای موئین بکار رفته از جنس پلی‌سولفون و در محدودهٔ اولترافیلتراسیون می‌باشند. آزمایشات به منظور جداسازی کاتیون نیکل از پساب انجام شده‌اند و تاثیر شرایط عملیاتی مختلف بر راندامان جداسازی نیکل از پساب مورد مطالعه قرارگرفته است. آزمایشات انجام شده نشان می‌دهند که با افزایش غلظت اولیه خوراک مورد آزمایش، تغییر چندانی در درصد جداسازی نیکل از پساب، صورت نمی‌گیرد، تنها شار نیکل نفوذ کرده از فیبرهای موئین افزایش می‌یابد. همزدن فاز آبی دریافت کنندهٔ کاتیونها که مواد جاذب در آن قرار دارند، میزان جداسازی کاتیونهای نیکل را به شدت افزایش می‌دهد، همچنین آزمایشات انجام شده نشان می‌دهند که با افزایش دبی عبوری پساب از درون فیبرهای موئین، میزان نفوذ کاتیونها از غشاء، افزایش یافته و درصد جداسازی زیاد می‌شود. براساس نتایج بدست آمده، اندازهٔ ذرات جاذب مصرفی و همچنین مقدار (غلظت) جاذب استفاده شده در فاز دریافت کننده بر میزان جداسازی نیکل از پساب تاثیر گذار می‌باشد. با کاهش اندازهٔ ذرات جاذب و همچنین افزایش مقدار جاذب مصرفی، درصد جداسازی نیکل از پساب، افزایش می‌یابد.

مقدمه:

یکی از مهمترین انواع آلودگی‌های محیط زیست، آلودگی ناشی از نظام صنعتی و ماشینی است که تقریباً در قرن اخیر گریبانگیر بشر گردیده و فاضلابهای صنعتی را بدنبال آورده است. فاضلابهای صنعتی تخریب قابل توجهی را در محیط زیست ایجاد نموده و بدون تردید نوع پسابهای صنعتی و اثرات مخرب آن بسته به ترکیب مواد خام و محصولات هر صنعت، متفاوت بوده و هر نوع پساب خروجی، اثرات متفاوتی را بر محیط زیست و ارگانیسم زنده به جای می‌گذارد.

یکی از ویژگیهای مهم فاضلاب صنعتی که موجب آلودگی شدید شیمیایی می‌گردد، وجود انواع مختلف فلزات و فلزات سنگین است. بدهی است که فرم و ترکیب شیمیایی فلزات سنگین می‌تواند اثرات ناهنجار و غیرقابل جبرانی را بر افراد و محیط زیست باقی بگذارد و لذا حجم و بعد فیزیکی این مواد در درجهٔ دوم اهمیت قرار دارد. بطور مثال، فاضلاب کارخانجات دباغی و آبکاری، حاوی مقادیر زیادی از فلز کروم است. همچنین این عنصر در پساب برجهای خنک کننده و یا تجهیزات سرد کننده‌ای که کروم در آنها به منظور جلوگیری از خوردگی بکار رفته است، به مقدار زیادی یافت می‌شود.[۱]

برخی از فلزات مثل روی، مس، آهن و ... جزء عناصر اساسی و ضروری بدن انسان تشخیص داده شده‌اند که بایستی به میزان معینی در آب و جیرهٔ روزانه غذائی موجود باشند؛ عدم یا ازدیاد بیش از حد آنها ناراحتی و حتی مسمومیت‌های شدیدی را موجب می‌شوند. بعضی دیگر نظیر آهن و برم به آب خاصیتی می‌دهند که بعنوان آب معدنی تلقی می‌شوند و از نظر اقتصادی حائز اهمیت هستند.

مهمترین اثری که برخی از این عناصر در بدن انسان دارند، تاثیر آنها بر آنزیمها است به این ترتیب که حضور این عناصر بصورت یون در آب، در فعالیت آنزیم اختلال ایجاد می‌کند و می‌تواند فعالیت آنزیمها را تشدید یا تضعیف و یا غیر ممکن سازد وعوارض گوناگونی را در بدن ایجاد نماید.

یکی از روشهای جدید و موثر جداسازی یونهای فلزی از محلولهای آبی، استفاده از

غشاءهای فیبرهای موئین مشبک[1] و عوامل استخراج دهنده[2] می‌باشد که موضوع بررسی این پایان‌نامه می‌باشد. فرآیندهای متداول در جداسازی یونهای فلزی از پسابهای صنعتی مانند روش رسوبی، تعویض یونی و اسمزمعکوس بدلیل اینکه اولاً پسمانده زیادی تولید می‌کنند و ثانیاً گران می‌باشند، دارای مشکلات عملی بوده و تلاش برای یافتن و توسعه روشهای جدید جداسازی یونهای فلزی از فاضلابهای صنعتی را توجیه می‌کند.

در پروژهٔ حاضر، ابتدا ضمن بررسی مختصر صنایع تولید کنندهٔ پسابهای فلزی در ایران و استانداردهای موجود برای مقادیر مجاز فلزات آلاینده در آبها، توضیحی دربارهٔ فرآیندهای تصفیهٔ غشائی ارائه می‌گردد. سپس سیستم آزمایشگاهی غشائی جدیدی که برای جداسازی یونهای فلزی از فاضلابها طراحی و راه‌اندازی گردیده است، مورد مطالعه قرار می‌گیرد و تاثیر عوامل مختلف بر نحوهٔ عملکرد سیستم و راندمان جداسازی، بررسی می‌شود. آزمایشات انجام گرفته در این زمینه عبارتند از:

۱- تاثیر غلظت اولیه یون فلزی در فاضلاب بر راندمان جداسازی

۲- تاثیر سرعت جریان فاضلاب از درون فیبرهای موئین بر راندمان جداسازی

۳- تاثیر اختلاط فاز دریافت کننده -که فیبرهای موئین در آن غوطه‌ور می‌باشند. برراندمان جداسازی

۴- تاثیر اندازهٔ ذرات جامد جاذب مصرفی بر راندمان جداسازی

۵- تاثیر غلظت ذرات جامد جاذب مصرفی بر راندمان جداسازی

در آزمایشات انجام گرفته از فلز نیکل بعنوان کاتیون فلزی آلاینده و فیبرهای مویین مشبک در مقیاس اولترافیلتراسیون[3] استفاده گردید.

1- Hollowfiber membranes

2- Extractant

3- ultrafiltration

عنوان **صفحه**

چکیده .....

مقدمه .....

فصل اول: کمیت و کیفیت فاضلابهای تولیدی توسط برخی صنایع در ایران ۱

۱- مقدار پساب تولیدی در صنایع مختلف ۲

۱-۱- صنایع دباغی و تکمیل چرم ۳

۱-۲- صنایع ماشین آلات، تجهیزات، ابزار و محصولات فلزی ۳

۱-۳- کمیت و کیفیت فاضلاب صنایع آبکاری ۴

فصل دوم: جداسازی غشائی ۷

۲-۱- کلیات ۸

۲-۲- معرفی غشاءها ۱۱

۲-۳- ساختار غشاء ومکانیزم جداسازی ۱۴

۲-۴- معرفی فرآیندهای غشائی ۱۸

۲-۵- فرآیندهای غشائی ۲۱

۲-۶- جنس غشاءها ۲۹

۲-۷- انتقال در غشاءها ۳۰

۲-۸- مدلهای انتقال و معادلات شار عبوری از غشاءها ۳۳

۲-۹- نیروهای محرکه ۳۶

۲-۱۰- جداسازی فلزات سنگین با استفاده از فیبرهای موئین ۳۷

۲-۱۰-۱- جداسازی یونهای فلزی از فاضلابهای صنعتی به کمک

استخراج حلال در فیبرهای موئین ۳۷

عنوان **صفحه**

۲-۱۰-۲- تغلیظ یا جداسازی یونهای فلزی توسط یک پلیمر محلول در آب با استفاده از فیبرهای موئین [۲۱ و ۲۰] ۴۳

فصل سوم: شرح تجهیزات، وسایل و سیستم آزمایشگاهی ۴۸

۳-۱- وسایل و تجهیزات بکار رفته در این بررسی ۴۹

۳-۲- اساس کار دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی..... ۴۹

۳-۳- قوانین جذب اشعه ۵۱

۳-۴- سیستم آزمایشگاهی مورد استفاده برای جداسازی یونهای فلزی از فاضلابهای صنعتی ۵۲

فصل چهارم: آزمایشات و نتایج..... ۵۹

۴-۱- تهیهٔ فاز خوراک و محلولهای استاندارد..... ۶۰

۴-۲- آزمایشات مربوط به تعیین ظرفیت مواد جامد جاذب..... ۶۲

۴-۳- بررسی عملکرد سیستم آزمایشگاهی بدون حضور مواد جاذب ... ۶۵

۴-۳-۱- تاثیر دبی عبوری فاضلاب از درون فیبرهای موئین بر میزان جداسازی نیکل..... ۶۵

۴-۳-۲- اثر غلظت اولیه کاتیون نیکل درون پساب بر راندمان جداسازی نیکل از پساب ۶۷

۴-۳-۳- اثر همزدن فاز دریافت کننده بر راندمان جداسازی نیکل از پساب ۶۹

۴-۴- اثر پودر جاذب بر راندمان جداسازی ۷۲

۴-۵- اثر غلظت اولیه نیکل در خوراک پساب بر راندمان جداسازی با حضور مواد جاذب ریز دانه ۷۶

عنوان **صفحه**

۴-۶- اثر دبی بر میزان جداسازی نیکل از پساب با حضور جاذب ریز دانه ۸۰

۴-۷- اثر قطر ذرات جاذب بر راندمان جداسازی نیکل از پساب ۸۲

۴-۸- اثر مقدار جاذب مصرفی بر راندمان جداسازی نیکل از پساب ۸۵

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری - پیشنهادات ۸۸

۵-۱- اثر غلظت اولیه خوراک پساب بر میزان جداسازی نیکل از پساب. . ۸۹

۵-۲- اثر دبی عبوری فاز پساب از درون فیبرهای موئین بر میزان جداسازی نیکل از پساب..... ۸۹

۵-۳- اثر همزدن فاز دریافت کننده بر میزان جداسازی نیکل از پساب ... ۸۹

۵-۴- اثر اندازهٔ قطر ذرات جاذب بر راندمان جداسازی نیکل از پساب... ۹۰

۵-۵- اثر مقدار (غلظت) جاذب موجود در فاز دریافت کننده بر میزان جداسازی..... ۹۰

پیشنهادات ۹۲

ضمیمهٔ A..... ۹۳

منابع و مراجع ۹۶

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- فاضلاب تولیدی توسط صنایع مختلف کشور (میلیون متر مکعب در سال) ۲

جدول ۱-۲-کیفیت فاضلاب برخی از پسابهای حاصل از صنایع آبکاری ۵

جدول ۱-۳- استاندارد خروجی فاضلابها ۶

جدول ۲-۱- فرآیندهای جداسازی براساس خواص مولکولها ۱۰

جدول ۲-۲- روابط خطی شار با نیروی محرکه ۲۲

جدول ۲-۳- تعدادی از فرآیندهای غشائی و نیروی محرکهٔ آنها ۲۳

جدول ۲-۴- مشخصات فرآیندهای میکروفیلتراسیون ۲۴

جدول ۲-۵- مشخصات فرآیندهای اولترافیلتراسیون ۲۵

جدول ۲-۶- مشخصات فرآیندهای اسمز معکوس ۲۶

جدول ۴-۱- ظرفیت جذب اندازه‌های مختلف ذرات جاذب در غلظت‌های متفاوت از فلز نیکل ۶۴

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- نمای شماتیکی از سطح مقطع غشاءهای مختلف ۱۳
شکل ۲-۲- سطح مقطع غشاءهای دو لایه با پوستهٔ نازک فوقانی و لایهٔ زیرین متخلخل ۱۵
شکل ۲-۳- جداسازی اجزاء آلی از یکدیگر با مکانیزم غربالی..... ۱۶
شکل ۲-۴- جداسازی نمک از آب براساس مکانیزم جذب سطحی (بیشتر از ۹۷ درصد جداسازی) ۱۷
شکل ۲-۵- جداسازی نمک از آب براساس مکانیزم جذب سطحی (بدون هیچگونه جداسازی) ۱۸
شکل ۲-۶- سیستم دو فاز جدا شده توسط غشاء..... ۱۹
شکل ۲-۷- نمائی از جریانهای کنداسون و لزج از منافذ غشائی ۲۷
شکل ۲-۸- انتقال غیرفعال اجزاء از فاز دارای پتانسیل بیشتر به فاز دارای پتانسیل کمتر ۳۱
شکل ۲-۹- اشکال مختلف انتقال جزء A از غشاء (C مادهٔ حل کننده و AC، کمپلکس تشکیل شده بین مادهٔ حمل کننده و مادهٔ حل شونده می‌باشد)..... ۳۲
شکل ۲-۱۰- مدل فیلمی قطبی شدن غلظت در جداسازی غشایی ۳۵
شکل ۲-۱۱- استخراج حلال یونهای فلزی توسط دو دستهٔ جداگانه از فیبرهای موئین ۳۸
شکل ۲-۱۲- دو روش جداسازی یونهای فلزی توسط محلول پلیمری در فیبرهای موئین ۴۳
شکل ۳-۱- سستم آزمایشگاهی بکار رفته برای جداسازی یونهای فلزی از فاضلاب بکمک فیبرهای موئین و مواد جامد جاذب ۵۶
شکل ۴-۱- منحنی کالیبراسیون دستگاه جذب اتمی برای محلولهای استاندارد نیکل ۶۳

فصل اول:

کمیت و کیفیت فاضلابهای تولیدی
توسط برخی صنایع در ایران

۱- مقدار پساب تولیدی در صنایع مختلف

بموجب آمار بدست آمده از سازمان حفاظت محیط زیست تعداد صنایعی که در سال ۱۳۶۶ از منابع آبی کشور آب استحصال نموده‌اند بیش از ۶۵۰۰ واحد برآورد شده‌اند. مقدار آب برداشتی توسط این صنایع در آن سال، ۴۲۰ میلیون مترمکعب و کل پساب صنعتی ایجاد شده در همین سال، ۳۶۲/۸ میلیون مترمکعب بوده است. در سال ۱۳۷۳ مقادیر مذکور به ترتیب به ۵۷۳/۶ میلیون مترمکعب آب مصرفی ونزدیک ۵۰۰ میلیون مترمکعب پساب تولیدی در سال افزایش پیدا نموده است. در جدول ۱-۱- پساب صنعتی تولید شده توسط رشته‌های مختلف صنعتی در سالهای ۶۲، ۶۶، ۷۳ و ۸۶ ارائه شده است: [۲]

جدول ۱-۱- فاضلاب تولیدی توسط صنایع مختلف کشور (میلیون متر مکعب در سال)

نوع صنعت	۶۲	۶۶	۷۳	۸۶
صنایع مواد غذائی و آشامیدنی	۹۸	۱۲۱	۱۷۹	۴۸۳/۳
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۳۲/۲	۵۴	۷۹	۱۴۹/۵
صنایع چوب و محصولات چوبی	۱۲/۵	۱۸	۲۹	۹۲/۶
صنایع کاغذ مقوا، چاپ و صحافی	۱۸/۴	۲۳/۲	۳۹	۱۷۱/۴
صنایع شیمیایی	۴۵/۵	۵۷/۲	۶۳	۳۶۳/۴
صنایع کانی غیر فلزی	۲۵	۴۰/۲	۶۰	۱۳۶/۶
صنایع تولید فلزات اساسی	۲۲/۶	۲۷/۵	۴۲/۳	۱۳۵/۳
صنایع تولید ماشین الات و تجهیزات	۱۷/۸	۲۱/۲	۳۰	۶۹/۳
متفرقه	۰/۰۵	۰/۳	۰/۵	۳/۳
جمع	۲۷۵	۳۶۲/۸	۵۵۱/۸	۱۶۰۵