

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL

پروپوزال

مركز آموزش پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI Scopus

مركز آموزش آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

## استخراج پلاتین از کاتالیست‌های مستعمل در محلول هیپوکلریت

امیر زنجانی<sup>۱</sup>، مرتضی بقالها<sup>۲</sup>

دانشگاه صنعتی شریف

[baghalha@sharif.edu](mailto:baghalha@sharif.edu)

### چکیده

فلز پلاتین که فلز فعال کاتالیست‌های ریفرمینگ به شمار می‌رود دارای اهمیت اقتصادی بالایی می‌باشد، لذا ضروری است که این فلز پر ارزش را از کاتالیست‌های مستعمل جداسازی کرده و دوباره استفاده کرد. برای این فرایند، روش‌های مختلفی از جمله استخراج در محیط سیانید، فلوراند، تیزاب پیشنهاد شده است. در این پروژه استخراج پلاتین از کاتالیست‌های مستعمل در محیط هیپوکلریت مورد بررسی قرار گرفته است. در این خصوص، آزمایشات متنوعی انجام شده است که در آنها اثرات دما، غلظت و نسبت جامد به مایع بر روی استخراج پلاتین تست شده است. نتایج آزمایشات نشان می‌دهند که با افزایش دما، مقدار بازده استخراج پلاتین افزایش یافته ولی بعد از رسیدن به یک نقطه ماکزیمم سیر نزولی خواهد داشت. بر اساس بررسی‌های انجام شده، این پدیده به دلیل جذب سطحی کمپلکس پلاتین استخراج شده بر روی پایه کاتالیست رخ می‌دهد. برای مانع شدن از پدیده جذب پلاتین، اثر افزودنی‌های مختلف نیز بررسی شدند. این آزمایشات نشان دادند که اسید اگزالیک تاثیر خوبی برای جلوگیری از جذب کمپلکس پلاتین بر روی پایه دارد. اثر غلظت هیپوکلریت روی استخراج ناچیز مشاهده شد. بالعکس، نسبت جامد به مایع تاثیر زیادی روی استخراج پلاتین داشت. هم‌چنین در این پروژه اثر  $pH$  روی استخراج پلاتین نیز مورد بررسی قرار گرفته است. برای اندازه‌گیری پلاتین از روش اسکیتروفتومتر استفاده شد.

واژه‌های کلیدی: *Leaching* ، پلاتین ، سینتیک ، کاتالیست‌های مستعمل.

### ۱-مقدمه

فلز پلاتین که به عنوان فلز فعال کاتالیست‌های ریفرمینگ به شمار می‌رود دارای اهمیت و ارزش بسیاری می‌باشد. این فلز دارای کاربردهای گوناگونی از جمله در صنعت جواهرسازی، لوازم برقی و الکترونیکی و در ساخت کاتالیست‌ها دارا می‌باشد. به علت کم‌یاب بودن این فلز بهای این فلز نزدیک به دو برابر بهای فلز طلا می‌رسد. بنابراین با توجه به اهمیت این فلز بر ما ملزوم می‌سازد که از بین رفتن چنین فلز با ارزشی جلوگیری کنیم [1]. برای بازیافت فلز پلاتین از کاتالیست‌های مستعمل روشهای مختلف بررسی شده است که از آن جمله می‌توان به بازیافت پلاتین در محلول سیانید اشاره کرد. در این روش استخراج در دماهای  $120^{\circ}C$  تا

<sup>۱</sup> دانشجوی فوق لیسانس مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی شریف

<sup>۲</sup> استادیار دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی شریف

180°C صورت می‌گیرد و همچنین مصرف سیانید در این روش زیاد است بنابراین به دلیل شرایط عملیاتی دما و فشار بالا و مصرف انرژی زیاد مقرون به صرفه نمی‌باشد [2]. روش دیگر برای استخراج پلاتین استفاده از محلولهای حاوی فلوراید می‌باشد. در این روش تأثیر گروه های شیمیایی مختلف فلئوئور بر چگونگی استخراج پلاتین و آلومینیوم بررسی شده است. ولی قابلیت انحلال پلاتین در این مواد بسیار پائین است بنابراین بازده استخراج پایین است [3]. روش دیگر برای استخراج پلاتین استفاده از محلول تیازاب، یعنی مخلوطی از اسید نیتریک و اسید هیدروکلریک با نسبت حجمی ۱:۳ می‌باشد. اغلب فلزات در این محلول حل می‌شوند ولی مخلوط تیازاب بسیار خورنده می‌باشد و همین طور این محلول ناپایدار بوده بنابراین باید قبل از استخراج تهیه شود و قابلیت نگهداری برای زمان طولانی را ندارد [1,4]. در این پروژه روش تازه ای برای استخراج پلاتین بررسی شده است و آن استخراج در محلول هیپوکلریت می‌باشد. در این مقاله تأثیر شرایط عملیاتی مختلف مورد بحث و بررسی قرار داده شده است.

## 2- آزمایشات

### ۲-۱- آماده کردن راکتور آزمایش:

ابتدا با استفاده از تیتراسیون مقدار کلر موجود در آب ژاول را اندازه گرفته سپس مقدار ۶۰۰ گرم از آن را وارد راکتور می‌کنیم. سپس مقدار ۶۰ گرم نمک طعام بعد از اندازه‌گیری داخل راکتور اضافه می‌کنیم. هم اکنون هم زن برقی را در دور  $700\text{ rpm}$  تنظیم می‌کنیم و با استفاده از *heater* برقی دمای محلول راکتور را در دمای مورد نظر تنظیم می‌کنیم. اگر نسبت وزنی مایع به جامد ۱۰ باشد می‌بایست ۶۶ گرم کاتالیست را به داخل راکتور اضافه می‌کنیم. قطر کاتالیست ها بعد از آسیاب کردن باید کمتر از  $100\mu$  برسد. *pH* محلول را با اضافه کردن چند قطره *HCl* در ۶ یا ۷ تنظیم می‌کنیم. در زمانهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه از راکتور نمونه برداشته و *pH* هر کدام را اندازه می‌گیریم. از آنجایی که محلول هیپوکلریت ناپایدار است بنابراین لازم است که بعد از هر بار نمونه‌گیری بلافاصله نمونه را به لوله های سانتریفوژ انتقال داده و در دور  $4000\text{ rpm}$  به مدت ۴ دقیقه جداسازی صورت گیرد. سپس محلول جداسازی را به ظرفهای نمونه گیری انتقال داده و آنالیزهای پلاتین و هیپوکلریت روی هر کدام از آنها انجام می‌شود.

### ۲-۲- آنالیز پلاتین با استفاده از اسپکتروفتومتر

قبل از استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر باید دستگاه با استفاده از حلال خالص کالیبره کرد. برای این منظور  $17.5\text{ ml}$  اسید هیدروکلریک و  $3\text{ ml}$  کلرید قلع وارد بالن ژوژه کرده و با آب مقطر به حجم رسانده و اسپکتروفتومتر که در طول موج  $403\text{ nm}$  تنظیم شده است را با این محلول کالیبره می‌کنیم. از هر کدام از محلولهای به دست آمده از دستگاه سانتریفوژ با استفاده از پیپت مدرج  $2\text{ ml}$  برداشته و داخل بالن ژوژه‌های  $25\text{ ml}$  منتقل می‌کنیم. سپس در هر کدام از بالن ژوژه ها  $8.75\text{ ml}$  اسید هیدروکلریک و  $1.5\text{ ml}$  کلرید قلع اضافه می‌کنیم و با استفاده از آب مقطر به حجم  $25\text{ ml}$  می‌رسانیم. سپس با استفاده از میزان جذب نشان داده شده توسط دستگاه و منحنی استاندارد به دست آمده می‌توانیم مقدار پلاتین استخراج شده را اندازه بگیریم [5].

### ۲-۳- آنالیز هیپوکلریت سدیم با استفاده از تیتراسیون

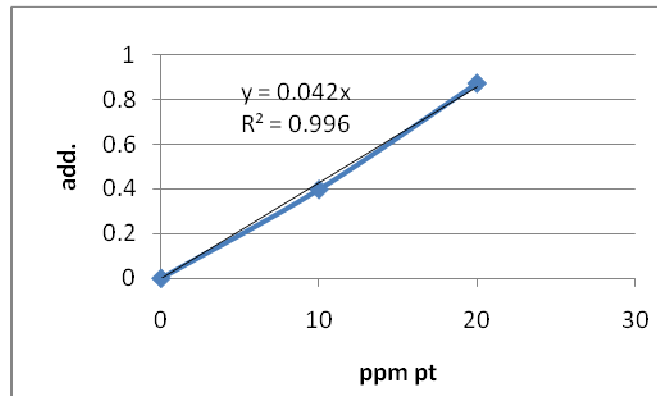
برای این منظور ابتدا  $2.48\text{ gr}$  تیوسولفات سدیم را در داخل  $1000\text{ ml}$  آب مقطر حل می‌کنیم. سپس از هر کدام از نمونه های سانتریفوژ شده  $0.2\text{ ml}$  برداشته و به داخل بشری که از قبل  $200\text{ ml}$  آب مقطر پر شده بود منتقل می‌کنیم. با استفاده از اسید استیک *pH* محلول را محدود ۳ یا ۴ تنظیم می‌کنیم. حال محلول را با استفاده از محلول تیوسولفات سدیم  $0.01\text{ M}$  تیتراسیون می‌کنیم تا زمانی که رنگ زرد محلول تقریباً ناپدید شود. حال  $1\text{ ml}$  محلول شناساگر *Starch* را وارد محلول داخل بشر کرده که باعث

تغییر رنگ آن به رنگ آبی می‌شود سپس تیتراسیون را ادامه داده تا رنگ آبی ناپدید شود حال با استفاده از فرمول زیر می‌توان مقدار هیپوکلریت را اندازه گرفت [6].

$$OCI^{-} (g / L) = 0.2575 * V_{thiosulfate} (ml) / V_{sample} (ml)$$

### ۳- نتایج

خط به دست آمده توسط استانداردهای تهیه شده به صورت زیر می‌باشد.



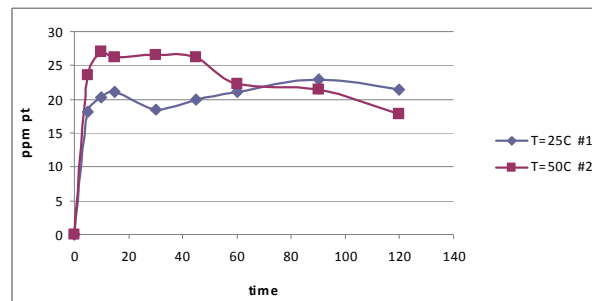
شکل ۱- خط استاندارد جذب

در جدول زیر شرایط حاکم بر هر کدام از آزمایشات آورده شده است. این شرایط به ترتیب دور همزن، نسبت جامد به مایع، مقدار کاتالیست معرفی بر حسب گرم، دمای آزمایش، غلظت هیپوکلریت،  $Ph$  شروعی و زمان آزمایش را بیان می‌کند.

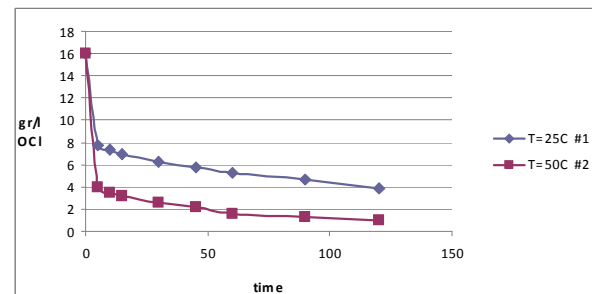
جدول ۱- شرایط حاکم بر هر کدام از آزمایشات

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
<i>rpm</i>	700	700	700	700	700	700	700
<i>Liq/sol</i>	1/10	1/10	1/10	1/10	1/20	1/10	1/10
<i>gr sol</i>	66	66	66	66	33	66	66
<i>T(°C)</i>	25	50	25	25	25	25	25
<i>Conc.</i>	1/3	1/3	2/3	1	1	1	1
<i>Initial Ph</i>	7	7	7	7	7	5	5
<i>t(min)</i>	120	120	120	120	120	120	120

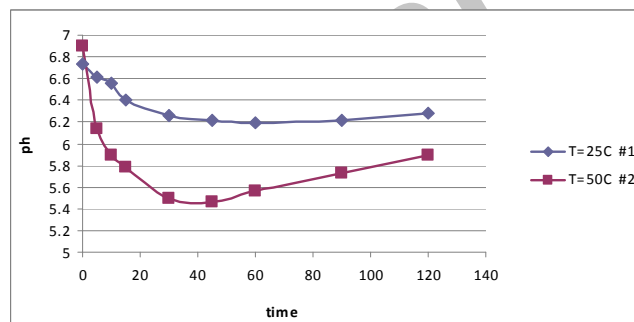
در ابتدا اثر دما را مورد بررسی قرار می‌دهیم. دو آزمایش یک و دو با ثابت نگه داشتن سایر شرایط عملیاتی در دو دمای ۲۵ و ۵۰ درجه سانتیگراد انجام می‌گیرد. دمای محلول را با استفاده از *Heater* برقی تنظیم می‌کنیم. نتایج حاصل از مقایسه این دو آزمایش در شکل‌های ۲ و ۳ و ۴ آمده است.



شکل ۲- میزان تغییرات پلاتین موجود در محلول را بر حسب زمان



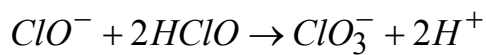
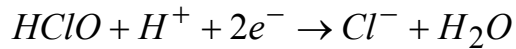
شکل ۳- میزان تغییرات هیپوکلریت موجود در محلول بر حسب زمان



شکل ۴- میزان تغییرات pH محلول بر حسب زمان

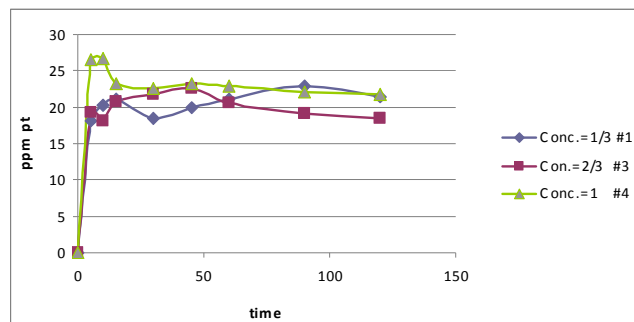
شکل‌های ۲ و ۳ و ۴ به ترتیب میزان تغییرات پلاتین موجود در محلول، هیپوکلریت موجود و pH محلول را بر حسب زمان برای دو آزمایش یک و دو نمایش می‌دهد. همانطور که از نمودارها مشاهده می‌شود مقدار پلاتین استخراج شده در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد بیشتر از مقدار پلاتین استخراج شده در دمای ۲۵°C می‌باشد ولی هر دو بعد از رسیدن به یک نقطه اکسترمم کاهش می‌یابد که این به دلیل جذب سطحی کمپلکس پلاتین بر روی سطح آلومینا می‌باشد. غلظت اولیه هیپوکلریت سدیم هر کدام ۱۶g/L می‌باشد که بعد از شروع آزمایش بلافاصله یک کاهش چشمگیری مشاهده می‌شود که می‌توان دلیل آن را به جذب هیپوکلریت بر سطح کاتالیست دلالت داد. همانطور که مشاهده می‌کنید مقدار مصرفی هیپوکلریت در دمای ۵۰°C بیشتر از دمای ۲۵°C می‌باشد.

با توجه به نمودارهای pH به دست آمده از آزمایشات مشاهده می‌شود که pH ابتدا به یک مینیمم می‌رسد سپس به آرامی افزایش می‌یابد. این کاهش اولیه به علت تولید اسید خالص در واکنش‌های زیر می‌باشد:

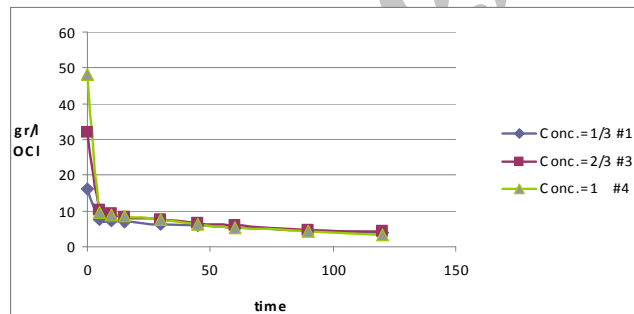


کاهش  $pH$  در دمای  $50^\circ\text{C}$  بیشتر از دمای  $25^\circ\text{C}$  می باشد که نشان از تولید اسید خالص بیشتر در دمای  $50^\circ\text{C}$  می باشد [7].

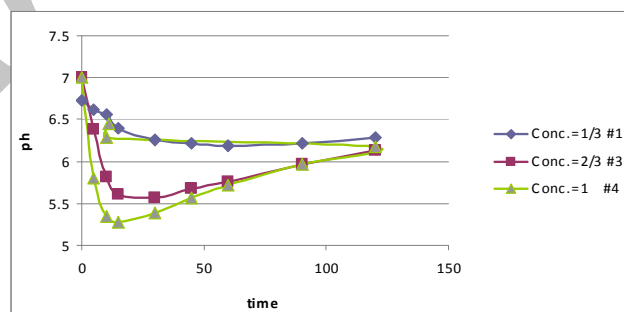
بعد از بررسی دما به بررسی غلظت هیپوکلریت می پردازیم. نتایج به دست آمده از آزمایشات در شکل ۵ و ۶ و ۷ آمده است که به ترتیب میزان تغییرات استخراج پلاتین، هیپوکلریت موجود در محلول و  $pH$  محلول بر حسب زمان برای سه آزمایش در سه غلظت  $1/3$  و  $2/3$  و  $100\%$  خالص هیپوکلریت را نشان می دهد.



شکل ۵- میزان تغییرات پلاتین موجود در محلول را بر حسب زمان

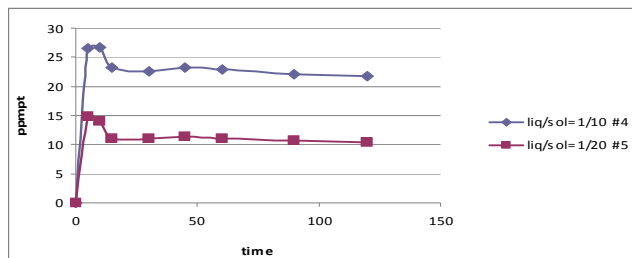


شکل ۶- میزان تغییرات هیپوکلریت موجود در محلول بر حسب زمان

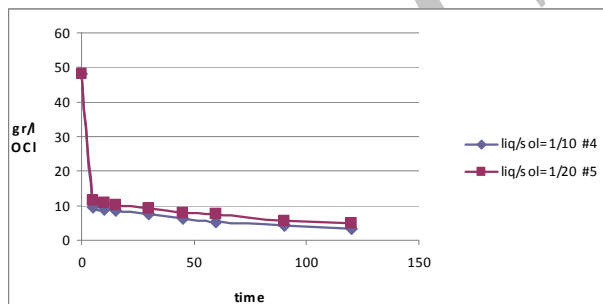


شکل ۷- میزان تغییرات  $pH$  محلول بر حسب زمان

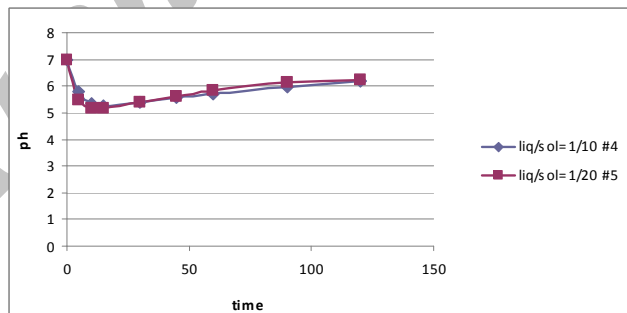
از شکل ۵ مشاهده می‌شود که پلاتین در زمانهای ابتدایی استخراج می‌شود ولی بعد از استخراج شدن دوباره روی کاتالیست جذب می‌شود. با توجه به سه نمودار به دست آمده در سه غلظت متفاوت می‌توان به این نتیجه رسید که رفتار این سه نمودار تقریباً مشابه هم بود یعنی غلظت برعکس دما تأثیر زیادی روی استخراج پلاتین ندارد. حال به بررسی نسبت وزنی جامد به محلول می‌پردازیم. شکل‌های ۸ و ۹ و ۱۰ به ترتیب تغییرات کمپلکس پلاتین استخراج شده، هیپوکلریت مصرفی و  $pH$  محلول را بر حسب زمان برای دو آزمایش با نسبت‌های وزنی ۱/۱۰ و ۱/۲۰ را نشان می‌دهد. در آزمایش چهارم ۶۶ گرم و آزمایش پنجم ۳۳ گرم کاتالیست به راکتور اضافه می‌شود و هر دوی آنها در غلظت ۱۰۰٪ هیپوکلریت سدیم و در دمای  $25^{\circ}C$  صورت می‌گیرد.



شکل ۸- میزان تغییرات پلاتین موجود در محلول را بر حسب زمان



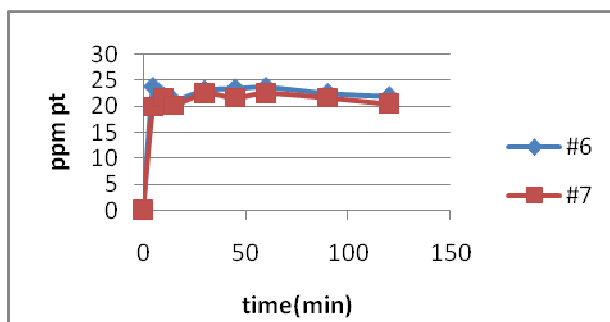
شکل ۹- میزان تغییرات هیپوکلریت موجود در محلول بر حسب زمان



شکل ۱۰- میزان تغییرات  $pH$  محلول بر حسب زمان

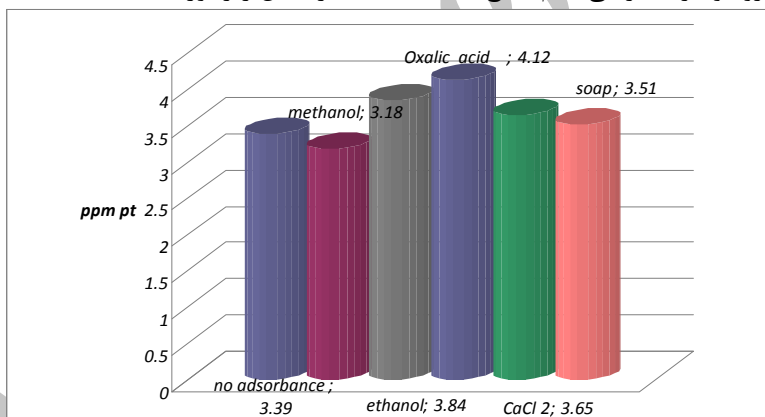
همانطور که از شکل ۸ مشاهده می‌شود میزان استخراج پلاتین در نسبت وزنی ۱/۱۰ بسیار بیشتر از نسبت وزنی ۱/۲۰ می‌باشد. بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که نسبت وزنی مانند دما اثر مهمی در میزان استخراج را دارا می‌باشد. در مصرف هیپوکلریت سدیم میزان مصرف در آزمایش چهارم که مربوط به نسبت وزنی ۱/۱۰ است مقداری بیشتر است که این به دلیل وجود کاتالیست بیشتر در محلول و جذب هیپوکلریت بر روی سطح کاتالیست می‌باشد. در نهایت برای بررسی تکرارپذیری آزمایشات دو آزمایش ۶ و

۷ در شرایط مشابه انجام شد که با توجه به نمودار بدست آمده در شکل ۱۱ مشاهده می شود که این دو آزمایش هم خوانی خوبی نسبت به هم دارند.



شکل ۱۱- مقایسه نتایج بدست آمده از دو آزمایش ۷ و ۶ برای بررسی تکرار پذیری آزمایشات

برای افزایش بازده استخراج می بایست دنبال راه حلی بود که از جذب دوباره پلاتین بر روی سطح پایه کاتالیست جلوگیری کرد. یکی از این روشها استفاده از جاذبها می باشد. برای این منظور از ۵ تا جاذب متانول، اتانول، اسید اگزالیک، کلرید کلسیم و صابون مایع استفاده شده است. برای این منظور از آزمایش شماره پنجم، ۶ تا نمونه برداشته و وارد لوله های سانتریفوژ می کنیم سپس به هر کدام از این لوله ها به ترتیب یک میلی لیتر متانول، یک میلی لیتر اتانول، یک گرم پودر اسید اگزالیک، یک گرم کلرید کلسیم و یک میلی لیتر صابون مایع اضافه می کنیم بعد از سانتریفوژ کردن در دور  $4000\text{ rpm}$  و به مدت  $4\text{ min}$  نمونه های جدا شده را با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر آنالیز می کنیم نتایج به دست آمده در شکل زیر آورده شده است.



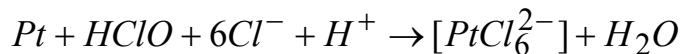
شکل ۱۲- نتایج تست جاذب ها

همانطور که در شکل مشاهده می شود میزان پلاتین موجود در حالتی که اسید اگزالیک به عنوان جاذب به کار رفته است بیشتر از حالت های دیگر می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که اسید اگزالیک جاذب خوبی به شمار می رود و می توان از آن برای جدا کردن کمپلکس پلاتین از سطح آلومینا استفاده کرد.

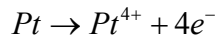
#### ۴- بحث و تفسیر نتایج

برای استخراج فلز نجیب Pt از مخلوط کلراید و هیپوکلریت ( $NaOCl + NaCl + HCl$ ) استفاده می کنیم که نقش  $NaOCl$  نقش اکسید کننده و  $NaCl$  نقش کمپلکس کننده را دارا می باشد که نهایتاً فلز Pt بصورت کمپلکس  $PtCl_6^{2-}$  استخراج می شود واکنش کلی استخراج بصورت زیر می باشد:

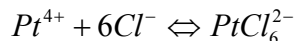




که در واکنش اکسید کننده،  $Pt$  در حضور اکسید کننده  $OCl^-$  به یون  $Pt^{4+}$  تبدیل می شود:



و در واکنش کمپلکس کننده یون  $Pt^{4+}$  در حضور کمپلکس کننده  $Cl^-$  به کمپلکس  $PtCl_6^{2-}$  تبدیل می شود:



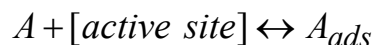
از آنجائیکه کمپلکس  $PtCl_6^{2-}$  در محلول ناپایدار است ممکن است بعد از استخراج شدن روی خود پایه کاتالیست دوباره جذب

شود که با توجه به آزمایشات انجام شده این فرض به اثبات می رسد. مدل های مختلفی برای جذب سطحی  $PtCl_6^{2-}$  روی

$\gamma-Al_2O_3$  وجود دارد. مدل لانگمیر برای جذب روی مکان های منفرد برای تفسیر کردن داده های آزمایشگاهی مناسب بنظر

می رسد. جذب کمپلکس با حل شدن آلومینیوم صورت می گیرد. یک بررسی سینتیکی پیشنهاد می کند که یونهای آلومینیوم

تولید شده دوباره با کمپلکس  $Pt$  روی پایه کاتالیست جذب می شود. فرایند جذب تعادلی را می توان بصورت زیر نشان داد:

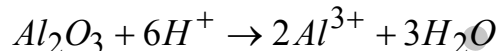


که می بایست از معادله لانگمیر برای بررسی استفاده کرد:

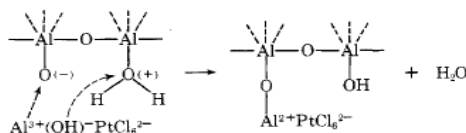
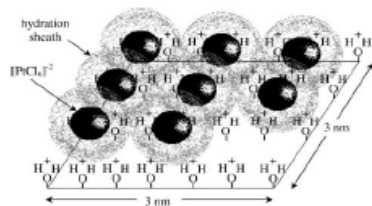
$$b = \frac{1}{C_f} \frac{\theta}{1-\theta}$$

که  $C_f$  غلظت نهایی محلول می باشد.

به عبارت دیگر با حمله اسید به پایه کاتالیست باعث تجزیه کاتالیست می شود واکنش مربوطه بصورت زیر می باشد:



یون  $Al^{3+}$  بدست آمده بعد از هیدرولیز جزئی به  $Al(OH)^{2+}$  با آنیون  $PtCl_6^{2-}$  جذب می شود [8,9]. فرایند جذب بصورت زیر خواهد بود:



شکل ۱۳- شماتیک جذب کمپلکس

### پلاتین روی پایه کاتالیست

با توجه به آزمایشات انجام شده با افزایش دما مقدار بازده استخراج افزایش یافته ولی بعد از رسیدن به یک نقطه ماکزیمم سیر

نزولی خواهد داشت و این به دلیل جذب سطحی کمپلکس پلاتین استخراج شده بر روی پایه کاتالیست می باشد. اثر غلظت

هیپوکلریت روی استخراج ناچیز مشاهده شد ولی برعکس نسبت جامد به مایع تاثیر زیادی روی استخراج پلاتین دارد. برای

جلوگیری از جذب کمپلکس پلاتین بر روی سطح آلومینا می توان از یک سری جاذبها استفاده کرد که همانطور که گفته شد اسید

اگرالیک جاذب خوبی به شمار می رود. راه حل دیگر برای عدم جذب کمپلکس پلاتین بر روی سطح آلومینا غیر فعال کردن سطح

کاتالیست می باشد.

## ۵ - نتیجه گیری

استخراج پلاتین از کاتالیست های مستعمل در محیط هیپوکلریت مورد بررسی قرار داده شد. در این خصوص، آزمایشات متنوعی انجام شد که نشان دادند که با افزایش دما مقدار بازده استخراج افزایش یافته ولی بعد از رسیدن به یک نقطه ماکزیمم سیر نزولی خواهد داشت. بر اساس بررسی های انجام شده، این پدیده به دلیل جذب سطحی کمپلکس پلاتین استخراج شده بر روی پایه کاتالیست رخ می دهد. برای مانع شدن از پدیده جذب پلاتین، اثر افزودنی های مختلف بررسی شد. این آزمایشات نشان دادند که اسید اگزالیک تاثیر خوبی برای جلوگیری از جذب کمپلکس پلاتین بر روی پایه دارد. اثر غلظت هیپوکلریت روی استخراج ناچیز مشاهده شد. بالعکس، نسبت جامد به مایع تاثیر زیادی روی استخراج پلاتین داشت. هم چنین در این پروژه اثر  $pH$  روی استخراج پلاتین مورد بررسی قرار گرفت.

## مراجع

- [1] M.A. Barakat, M.H.H. Mahmoud, Recovery of platinum from spent catalyst, *Hydrometallurgy* 72 (2004) 179–184.
- [2] Ashok A. Mhaske, Purushottam M. Dhadke, Extraction separation studies of Rh, Pt and Pd using Cyanex 921 in toluene—a possible application to recovery from spent catalysts, *Hydrometallurgy* 61 (2001) 143–150.
- [3] Ana Acacia de Sa Pinheiro, Tatiana Siqueira de Lima, Paula Constante Campos, Julio Carlos Afonso, Recovery of platinum from spent catalysts in a fluoride-containing medium, *Hydrometallurgy* 74 (2004) 77–84.
- [4] D. Jafarifara, T. M.R. Daryanavardb, S. Sheibani, Ultra fast microwave-assisted leaching for recovery of platinum from spent catalyst, *Hydrometallurgy* 78 (2005) 166–171.
- [5] Barr Harbor Dr., Standard Test Method For Platinum in Reforming Catalysts By Wet Chemistry, American Society For Testing And Materials 1998.
- [6] *standard methods for the examination of water and wastewater* .
- [7] Morteza Baghalha, Leaching of an oxide gold ore with chloride/hypochlorite solutions, *Int. J. Miner. Process.* xx (2006) xxx–xxx.
- [8] J. R. Regalbuto, A. Navada, S. Shadid, M. L. Bricker, and Q. Chen, An Experimental Verification of the Physical Nature of Pt Adsorption onto Alumina, *Journal of Catalysis* 184, 335–348 (1999).
- [9] W. A. Spieker, J. R. Regalbuto, A fundamental model of platinum impregnation onto alumina, *Chemical Engineering Science* 56 (2001) 3491–3504.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL  
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دکتره تبریزی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دکتره تبریزی

کارگاه آنلاین  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI  
Scopus

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دکتره تبریزی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو