



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

((مرکز تحصیلات تکمیلی))

گروه: مهندسی معدن - اکتشاف

**سمینار جهت دریافت**

**درجه کارشناسی ارشد**

**مهندسی معدن - اکتشاف**

**عنوان:**

**استفاده از فرایند هیدرومتالورژی در شستشوی شیمیایی (لیچینگ)**

**کانی های سولفیدی در بازیافت مس و فرآوری آن**

**استاد راهنما:**

**نگارش:**

## فهرست مطالب

صفحه	موضوع
1	چکیده
2	مقدمه
3	فصل اول: کلیات لیچینگ (در معدن مس سرچشمه)
4	مس
4	مس در طبیعت
6	کانه‌های مس
7	انواع ذخایر مس
7	1- ذخایر مس پورفیری
8	2- ذخایر سولفیدی مس
10	3- ذخایر: Stratabound
11	خلاصه ای در مورد معدن مس سرچشمه
14	فصل دوم: تغلیظ کانه های مس دار و روشهای ذوب مذب
15	چهار روش فروشست عبارتند از
16	تغلیظ کانه‌های مس دار
18	استخراج مس از کانه‌های سولفیدی (پیرومتالورژی)
18	پرعیار کردن به روش فلوتاسیون
19	تشویه
20	ذوب مات
21	متداول ترین روش‌های ذوب به شرح زیر می‌باشند
21	الف- کوره‌ی دمشی
22	ب- کوره‌ی شعله‌ای
23	ج- کوره‌ی الکتریکی
23	کوره‌ی تشعشی
24	تولید پیوسته و تک مرحله‌ای مس
25	الف- فرآیند نوردنا
26	ب- فرآیند ورکرا
28	ج- فرآیند میتسوبیشی
28	پالایش گرمایی و الکترولیتی مس حفره‌دار
29	آماده‌سازی آندها

31	فصل سوم: روش لیچینگ در استحصال کانیهای با ارزش فلزی
32	تاریخچه هیدرومتالوژی
32	پیدایش هیدرومتالوژی
33	دوره شکوفایی و رشد هیدرومتالوژی
34	توسعه اخیر هیدرومتالوژی
34	هیدرومتالوژی در هزاره جدید
39	استخراج تر
40	استخراج هیدرومتالورژیکی مس
44	مزایای هیدرومتالورژیکی
47	معایب هیدرومتالوژی
50	<b>فصل چهارم: هزینه های عملیاتی استخراج مس</b>
51	استخراج مس از کانه های اکسیدی (هیدرومتالورژی)
52	الف- استخراج به روش حلال
52	ب- استخراج الکترولیتی
53	ذوب و ریخته گری مس کاتد
54	آلیاژهای مس
56	الف- هزینه کلی سرمایه ای - از معدن تا پالایش
56	الف-1- تغییرات هزینه های سرمایه ای
57	الف-2- ابعاد اقتصادی واحدها
58	ب- هزینه های کلی عملیاتی: از معدن تا پالایشگاه
58	ب-1- تغییرات هزینه های مستقیم عملیات
58	ج- هزینه های کلی تولید، قیمت های فروش و سودآوری
58	د- هزینه های کانه آرابی
59	ه- هزینه های ذوب
59	ه-1- هزینه های سرمایه ای
59	ه-2- هزینه های سرمایه ای روش های دیگر ذوب
60	ه-3- هزینه های مستقیم عملیات ذوب
61	و- هزینه های پالایش الکترولیتی
62	ز- بازیابی مس از قراضه
62	ر- هزینه های فرآیندهای هیدرومتالورژیکی
64	<b>فصل پنجم: تعریف لیچینگ و استفاده آن در صنعت</b>
65	اصول کلیدی فرآیند لیچینگ
65	عوامل مؤثر در لیچینگ

65	خواص کانی‌های با ارزش و گانگ
65	زمان
66	اندازه ذرات
67	غلظت عامل انحلال
68	دما
69	سرعت بهم زدن
69	دانسیته پالپ
70	بازیابی
70	سرعت انحلال
70	ابعاد ذرات
72	فرایندهای لیچینگ پیوسته و ناپیوسته
73	تجهیزات فرایند لیچینگ
73	- جنس تجهیزات
74	- پمپاژ
74	- همزنی و اختلاط
74	- مبدل‌های حرارتی
75	- تبخیر کننده ها
78	ضرورت انجام فرآیند لیچینگ
79	اصول کلی فرایند لیچینگ
79	روش‌های مختلف لیچینگ کانسنگ‌های مس‌دار
79	- لیچینگ حوضچه‌ای
80	- لیچینگ همزنی
81	- لیچینگ درجا
83	- دامپ لیچینگ
85	- هیپ لیچینگ
87	پارامترهای مؤثر در طراحی لیچینگ بروش هیپ
87	1 - آماده‌سازی خوراک

88	2- روشهای اختلاط
88	- مکانیکی
89	- پنوماتیک
89	اتوکلاو
90	انواع اتوکلاو
90	- اتوکلاو عمودی (Vertical Autoclave)
90	- اتوکلاوهای افقی (Horizontal Autoclave)
91	- اتوکلاو دوار (Rotary Autoclave)
92	- اتوکلاو لوله ای (Tube Autoclave)
98	لیچینگ کانسنگ های مس
98	رفتار کانی های مس و گانگ در لیچینگ
98	کانی های سولفیدی مس
100	نقش گانسنگ در لیچینگ کانی های مس
101	لیچینگ سنگهای معدنی مس دار
101	مکانیسم حل کردن
101	- مکانیسم شیمیایی
103	- مکانیسم باکتریولوژی
105	بیولیچینگ کانیهای سولفیدی مس
107	حلالهای مناسب مراحل لیچینگ
107	- حلالهای اسیدی
107	- حلالهای بازی
109	- حلالهای خنثی

110	- حلالهای ملخ دار
111	گازهای محلول
115	فصل ششم: استحصال مس به روش لیچینگ در معدن روباز مس سرچشمه
116	فرآیندهای توسعه یافته برای لیچینگ سنگهای سولفیدی مس سرچشمه
117	بررسی اقتصادی و فنی
117	موقعیت دامپهای اکسیدی نسبت به معدن روباز فعلی
120	انتخاب اولیه روش لیچینگ
121	بخشهای عمده طرح لیچینگ
121	بخش انحلال (Help)
123	روش استقرار و ساخت هیپ
123	سه روش معلول و متداول ساخت هیپ
123	الف) احداث هیپ بروش Run of mine , truck Dumping
124	ب) احداث هیپ بروش همپوشانی
124	ج) احداث هیپ توسط نوار نقاله ( Conveyor stacking )
126	مراحل زیر سازی ساخت و استقرار هیپ در مجتمع مس سرچشمه
127	بخش استخراج با حلال ( Solvent extraction یا SX )
128	نتیجه گیری
148	منابع و ماخذ

فهرست جداول

**موضوع جداول**

صفحه

13	جدول 1-1- فهرست ماشین آلات عملیاتی معدن مس سرچشمه
38	جدول 1-3- تمرکز فرایندهای بر پایه هیدرومتالورژی بصورت درصدی از تولید دنیای غرب
41	جدول 3-2- مقایسه تولید مس به روش هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی را در سال 1992
73	جدول 5-1- جنس تجهیزات مختلف مورد استفاده در فرایندهای لیچینگ
98	جدول 5-2- قابلیت لیچینگ بعضی از کانی‌های اکسیدی خالص مس
99	جدول 5-3- کانی‌های مهم سولفیدی مس
100	جدول 5-4- قابلیت لیچینگ کانی‌های سولفیدی خالص مس
104	جدول 5-5- میکروارگانیزم‌های مورد استفاده در بیولیچینگ

## فهرست اشکال

صفحه	موضوع
5	شکل 1-1 - کانی‌زایی آزوریت و مالاکیت
5	شکل 1-2- آثار کانی‌زایی مالاکیت
7	شکل 1-3- فراوان‌ترین کانه‌های اصلی مس
7	شکل 1-4- تصویر شماتیک از چگونگی بوجود آمدن ذخایر مس پورفیری
9	شکل 1-5- نمایی از وضعیت ذخایر مس سولفیدی
10	شکل 1-6- نمونه‌ای از یک ذخیره‌ی Stratabound
16	شکل 1-2- نمایی از آسیاهای گلوله‌ای در مدار آسیای پرعیارکنی (سرچشمه کرمان)
16	شکل 2-2- حمل مواد معدنی به سمت آسیاب (سرچشمه کرمان)
17	شکل 2-3- نمایی از کارخانه استحصال مس Balkhash در قزاقستان
19	شکل 2-4- نمایی از کوره‌ی تشویه
19	شکل 2-5- نمایی از سلول‌های فلوتاسیون در کارخانه‌ی پرعیارکنی مس سرچشمه
21	شکل 2-6- ذوب مات
21	شکل 2-7- کوره‌ی دمشی
23	شکل 2-8- نمایی از کوره‌ی شعله‌ای (مس سرچشمه)
23	شکل 2-9- نمایی از کوره‌ی الکتریکی (مس سرچشمه)
24	شکل 2-10- عمل تبدیل
25	شکل 2-11- نماهای طولی و انتهایی رآکتور صنعتی تک مرحله‌ای نراند
27	شکل 2-12- نمای افقی و قائم سیستم پیوسته‌ی میتسوبیشی.
28	شکل 2-13- نماهای قائم و افقی رآکتور آزمایشی فرایند ورکرا (100 تن کانی پرعیارشده در روز)
29	شکل 2-14- مس کاتدی
29	شکل 2-15- چرخ گردان
36	شکل 3-1- روند تغییرات در تولید و مصرف فلزات پایه‌ای که با فرایندهای هیدرومتالوژی عمل‌آوری
37	شکل 3-2- روند نزولی عیار طلا قابل استحصال در یک پریود زمانی 30 ساله در معادن آفریقای جنوبی
37	شکل 3-3- روند نزولی قیمت فلزات پایه در یک پریود زمانی 20 ساله
43	شکل 3-4- مراحل مختلف لیچینگ و سمنتاسیون
49	شکل 3-5- شماتیک کلی فرایند لیچینگ
52	شکل 4-1- انحلال انباشته‌ای، توده‌ای یا درمحل؛ بازیابی مس به روش استخراج توسط حلال و استخراج الکترولیتی
54	شکل 4-2- نقره آلمانی از انواع آلیاژهای مس و نیکل
54	شکل 4-3- لامپ برنجی آلیاژ مس و روی
66	شکل 5-1- منحنی زمان در مقابل بازیابی در لیچینگ
67	شکل 5-2-- منحنی ابعاد ذرات نسبت به عیار باقی مانده در کانسنگ بعد از لیچینگ



- 67 شکل 5-3- منحنی سرعت لیچینگ نسبت به غلظت عامل انحلال
- 68 شکل 5-4- رابطه دما با سرعت لیچینگ
- 69 شکل 5-5- منحنی سرعت بهم زدن در برابر سرعت لیچینگ
- 71 شکل 5-6- مراحل عملیاتی دو روش پیرومتالوژی وهیدرومتالوژی
- 72 شکل 5-7- فرایندهای لیچینگ (A : ناپیوسته و B ) پیوسته
- 76 شکل 5-8- شماتیکی از پمپهای پیستونی مورد استفاده در فرایند لیچینگ
- 76 شکل 5-9- شماتیکی از تبدلهای حرارتی مورد استفاده در فرایند لیچینگ تحت فشار
- 77 شکل 5-10- شماتیکی از تبخیر کننده های چند طرفه مورد استفاده در فرایند لیچینگ تحت فشار
- 77 شکل 5-11- شماتیکی از تبخیر کننده های آبی مورد استفاده در فرایند لیچینگ تحت فشار
- 82 شکل 5-12- روش لیچینگ درجا برای مواد معدنی نزدیک به سطح زمین
- 83 شکل 5-13- روش لیچینگ درجا برای مواد معدنی در اعماق زیاد
- 84 شکل 5-14-نمایی از لیچینگ بروش دامپ
- 85 شکل 5-15- نمایی از مدار پروسس لیچینگ بروش هیپ
- 86 شکل 5-16- مقطعی از لیچینگ به روش هیپ
- 87 شکل 5-17- موازنه آب در لیچینگ بروش هیپ
- 93 شکل 2-18- اتوکلاو و دوار کروی در ایالت مک گیل کانادا
- 93 شکل 2-19- نمای کلی از یک اتوکلاو لوله ای
- 94 شکل 2-20- اتوکلاو افقی با قطری معادل 3/3 و طول 2/13 متر در ساسکاچوان کانادا
- 94 شکل 2-21- اتوکلاو و دوار افقی بمنظور لیچینگ تحت فشار کنسانتره شیلیت در برگلا استرالیا
- 95 شکل 2-22- اتوکلاو عمودی 70 متر مکعبی بمنظور لیچینگ تحت فشار لاترینهای نیکل در درجه حرارت 250 درجه سانتیگراد و فشار 4000 کیلو پاسکال
- 95 شکل 2-23- اتوکلاو افقی با همزن مکانیکی
- 96 شکل 2-24- اتوکلاو عمودی 30 متر مکعبی بمنظور لیچینگ تحت فشار بوکسیت
- 96 شکل 2-25- اتوکلاو عمودی با همزن مکانیکی
- 97 شکل 2-26- اتوکلاو لوله ای تیتانیومی
- 97 شکل 2-27- نمای کلی از جداره داخل اتوکلاو و ترکیب ساختاری آن
- 119 شکل 6-1- محل قرار گرفتن دامپهای اکسیدی و دامپ اکسیدی نزدیک به سنگ شکن اولیه در مقایسه با معدن روباز فعلی
- 125 شکل 6-2- احداث هیپ توسط نوار نقاله

## چکیده :

با پیشرفته شدن جوامع بشری نیاز انسان به مواد معدنی نیز روز به روز بیشتر می شود لذا معادن باید تولید خود را بالا ببرند که نتیجه آن کاهش عیار مواد معدنی می باشد که با توجه به این موضوع روشهای بهره برداری قدیمی دیگر مرقون به صرفه نمی باشند لذا کارشناسان در پی پیدا کردن روشی برای اقتصادی کردن استخراج مواد معدنی شدند.

یکی از پیشرفته ترین این راه ها استحصال کانی های فلزی با ارزش از طریق لیچینگ می باشد.

روش عملیات لیچینگ به صورت زیر می باشد :

خاکهای معدنی اکسیدی را بر روی سطحی صاف انبار می کنند سپس با پاشش اسید سولفوریک بر روی آن باعث حل شدن مس موجود در مواد می شود که به آن PLS میگویند این محلول در ادامه راه توسط سلولهای الکترووینینگ تحت تأثیر قرار گرفته که نتیجه آن جدایش الکتریکی مس از محلول می شود که محصول نهایی به شکل ورقه های نازک مسطحی می باشد.

محلول خالی شده از مس (محلول بازگشتی) را رانیت می نامند که در حال بازگشت با افزودن مقداری اسید سولفوریک غلظت آن را به حالت استاندارد می رسانند و دوباره بر روی مواد معدنی می پاشند و این عمل را تا خالی شدن مواد از مس ادامه می دهند.