

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان  
دانشکده فنی و مهندسی  
بخش مهندسی معدن

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن  
گرایش اکتشاف مواد معدنی

---

تعیین میزان تاثیر کانی شناسی مولیبدنیت بر اختلاف بازیابی مولیبدن در  
کارخانه تغلیظ 1 و 2 سرچشمه

---

استاد راهنما:

محمدرضا شایسته فر

مشاور صنعتی:

مجید بهجت جباری

حسن شریفیان

مؤلف:

وحیده بارانی

تابستان 1391

تقدیم به:

پدر گرامی

و

مادر مهربانم

## تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خداوندی را که ستایش او مایه رحمت و برکت است و بی لطف بی پایان او هیچ سرانجامی مقدر نمی باشد بدون شک انجام پروژه بدون یاری خانواده خوبم به خصوص پدر و مادر گرانقدرم ممکن نمی شد در اینجا برخورد لازم می دانم از زحمات بی دریغ اساتید محترمی که در طی تحصیل از محضرشان بهره جستم تشکر و قدردانی نمایم، جناب آقای دکتر شایسته فر که با راهنماییهای خود راهگشای مشکلاتم بودند در طول انجام این پروژه همواره از راهنماییهای بزرگوارانی چون جناب مهندس یاراحمدی، جباری، شریفیان و سرکار خانم عادللی بهره مند شدم، قدردانی میکنم از مدیریت تحقیق و توسعه جناب آقای قاسمی به خاطر فراهم آوردن شرایط انجام پروژه مراتب سپاسگذاری خود را بیان می کنم همچنین در مدت انجام پروژه از مساعدت، همفکری، همکاری مدیریت و کارکنان تغلیظ تشکر می نمایم از دوستان محترم مهندس حسن زاده، فرهادی، گرمسیری و رستاخیز به خاطر کمک های بی دریغشان به اینجانب تشکر و قدردانی دارم بدین وسیله از همه افرادی که به نوعی در این پروژه دخیل بوده اند و نام آنها از قلم افتاده است، پوزش می طلبم و مراتب تشکر خود را به جای می آورم.

## چکیده

مجتمع مس سرچشمه یکی از بزرگترین معادن مس پورفیری دنیاست که علاوه بر مس، حاوی کانی‌های باارزشی مانند مولیبدن، طلا و نقره است. در مجتمع مس سرچشمه بازیابی عناصر باارزش توسط 2 کارخانه فرآوری صورت می‌گیرد. در کارخانه 1 از تکنولوژی قدیم فرآوری مانند آسیای گلوله‌ای موازی استفاده می‌شود اما در کارخانه 2 از تجهیزات پیشرفته مانند آسیای نیمه خودشکن و سلول فلوتاسیون RCS استفاده می‌کنند با توجه به اینکه خوراک دو کارخانه فرآوری یکسان است، اما برخی مواقع تفاوت قابل ملاحظه‌ای در کارایی دو کارخانه مخصوصاً در زمینه مولیبدن مشاهده می‌شد. در این پژوهش در مواقعی که بازیابی مولیبدن در دو کارخانه تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشت، نمونه‌برداری از جریان‌های مختلف هر دو کارخانه انجام شد. سپس با بررسی کانی‌شناسی نمونه جریان‌های مختلف تاثیر عوامل مینرالوژی مانند درجه آزادی، قفل‌شدگی، پوشش‌نرمه‌ای، درصد جامد و نسبت سطح به لبه بررسی شد. بررسی نتایج نشان داد که با توجه به اینکه میزان مصرف مواد شیمیایی در دو کارخانه تغلیظ متغیر است همچنین بازیابی مولیبدن به میزان کمی به درجه آزادی وابسته است و علاوه بر این، عواملی مانند شکل، مورفولوژی ذرات، آبرانی، برهم کنش بین ذرات مولیبدنیت و گانگ، قفل‌شدگی ذرات مولیبدنیت با گانگ و کانی‌های باارزش مدنظر قرار گرفتند. بازیابی ذرات توده‌ای شکل مولیبدنیت که با کالکوپیریت قفل‌شدگی دارند بالاتر از سایر انواع آن است و بازیابی در چنین مواقعی به بالاتر از 60 درصد می‌رسد. ذرات تیغه‌ای شکل به علت کشیدگی اغلب در باطله مشاهده شدند و در روزهایی که این شکل مولیبدنیت در خوراک زیاد می‌شود بازیابی به کمتر از 40 درصد افت می‌کند. بیشترین هدرروی در هر دو کارخانه مربوط به ذرات کوچک‌تر از 11 میکرون و درشت‌تر از 100 میکرون بود و هدرروی ذرات ریز می‌تواند به دلیل دنباله‌روی باشد و ذرات درشت به دلیل عدم توانایی حباب در حمل آن‌ها می‌باشد.

## فهرست مطالب

- 1-1 مقدمه ..... 6
- 2-1 زمین شناسی معدن مس سرچشمه ..... 6
- 3-1 ساختار و نحوه تشکیل کانسار مس سرچشمه ..... 6
- 4-1 معرفی کارخانه تغلیظ مس سرچشمه ..... 7
- 1-4-1 کارخانه تغلیظ طرح قدیم ..... ۷
- 2-4-1 کارخانه تغلیظ طرح توسعه ..... ۱۰
- 1-5-1 ناحیه مخلوط کنی ..... ۱۱
- 2-5-1 ناحیه آرامش یا جدایش ..... ۱۲
- 3-5-1 ناحیه غنی سازی ..... ۱۲
- 4-5-1 ناحیه کف ..... ۱۲
- 6-1 عوامل موثر بر شناورسازی ..... 12
- 1-6-1 مواد شیمیایی ..... ۱۲
- 2-6-1 زمان ..... ۱۳
- 3-6-1 دانه بندی ذرات ..... ۱۳
- 4-6-1 درصد جامد ..... ۱۴
- 5-6-1 نرخ هوادهی و ارتفاع کف ..... ۱۴
- 7-1 مشخصات کانیشناسی مولیدنیت ..... ۱۴
- 1-7-1 مقدار ذرات از جنبه میزان قفل شدگی ..... ۱۵
- 2-7-1 رفتار ذرات از جنبه شکل قفل شدگی ..... ۱۵
- 8-1 فلوتاسیون مولیدن در کانسار مس - مولیدن پورفیری ..... 17
- 1-8-1 نوع کف ساز ..... ۱۸

۱۸	2-8-1 اندازه ذرات
۱۹	3-8-1 درجه آزادی
۱۹	4-8-1 درصد جامد
19	9-1 ضرورت انجام تحقیق
22	1-2 مطالعات صورت گرفته در خارج از ایران
32	2-2 مطالعات صورت گرفته در مجتمع مس سرچشمه
35	1-3 مقدمه
35	2-3 نمونه گیری سری اول
36	3-3 نمونه برداری سری دوم
36	4-3 نمونه برداری سری سوم
38	5-3 تجهیزات مورد استفاده
39	6-3 آماده سازی نمونه ها
39	7-3 دانه بندی نمونه ها
40	8-3 مطالعه میکروسکوپی کانی مولیدنیت
41	9-3 موازنه داده ها
42	10-3 بررسی بازیابی مس و مولیدن در واحدهای مختلف کارخانه
44	1-4 مطالعه شرایط عملیاتی کارخانه تغلیظ 1 و 2 در یک دوره 12 ماهه
45	2-4 مقایسه بازیابی رافر در دو کارخانه تغلیظ
51	3-4 تاثیر مساحت ذرات مولیدنیت بر روی بازیابی مولیدن تغلیظ 1 و 2
54	4-4 مقایسه بازیابی واحدهای رافر در تغلیظ 1 و 2
57	5-4 مقایسه بازیابی واحدهای اسکاونجر در تغلیظ 1 و 2
60	6-4 تاثیر اندازه ذرات بر روی بازیابی مس و مولیدن سلولهای رافر کارخانه تغلیظ 1
63	7-4 تاثیر اندازه ذرات بر روی بازیابی مس و مولیدن سلولهای رافر کارخانه تغلیظ 2

67.....	8-4-نتایج حاصل از مقایسه دانه بندی واحدهای رافر دو کارخانه
67.....	9-4-مقایسه هدر روی بازیابی مس و مولیبدن در باطله واحدهای مختلف
68.....	10-4-تاثیر اندازه ذرات بر روی بازیابی واحدهای اسکاونجر تغلیظ 1
69.....	11-4-تاثیر اندازه ذرات بر روی بازیابی واحدهای اسکاونجر تغلیظ 2
71.....	12-4 نتایج آنالیز SEM
74.....	1-5 نتیجه گیری
76.....	2-5 پیشنهادات
77.....	فهرست منابع



## فهرست شکل

- شکل 1-1: فلوشیت کل عملیات کارخانه طرح قدیم مجتمع مس سرچشمه ..... 10
- شکل 2-1: فلوشیت کل کارخانه طرح جدید مجتمع مس سرچشمه ..... 11
- شکل 3-1: قفلشدگی دو فاز به هم چسبیده با انحای ملایم ..... 16
- شکل 4-1: قفل شدگی رگهای ..... 16
- شکل 5-1: یک فاز دور یک فاز (الف) ..... 17
- شکل 5-1: بدون پوشش کامل (ب) ..... 17
- شکل 1-2: سنتیک فلوتاسیون مولیدنیت با استفاده کف سازهای مختلف ..... 25
- شکل 2-2: بازیابی بخشهای مختلف ابعادی نسبت به بازیابی کلی برای مولیدن (الف) و مس (ب) ..... 26
- شکل 3-2: تاثیر نسبت کف ساز به کلکتور بر روی بازیابی اندازه به اندازه الف) مولیدنیت ..... 28
- شکل 4-2: بار سطحی مثبت و منفی در سلول 1 و 11 ذرات درشت تر از 150 میکرون ..... 29
- شکل 5-2: بازیابی مس و مولیدن در رافر و اسکاونجر با درصد جامد بالا و پایین در خوراک ..... 31
- شکل 2-6: تاثیرافزایش  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$  بر روی عیار و بازیابی مس / مولیدن ..... 33
- شکل 1-3: قفل شدگی نوع پراکنده ..... 36
- شکل 2-3: قفل شدگی نوع ساده ..... 36
- شکل 3-3: نقاط نمونه برداری تغلیظ 1 ..... 37
- شکل 4-3: نقاط نمونه برداری تغلیظ 2 ..... 37
- شکل 3-5: میکروسکوپ نور انعکاسی ..... 38
- شکل 3-6: میکروسکوپ دوچشمی ..... 38
- شکل 3-7: دستگاه سیکلوسایزر ..... 39
- شکل 3-8: مولیدنیت توده ای (نور معمولی) ..... 40
- شکل 3-9: مولیدنیت توده ای (نور پلاریزه) ..... 40
- شکل 3-10: مولیدنیت تیغه ای (نور معمولی) ..... 40

- شکل 3-11: مولیدنیت چسبیده به گانگ زیر میکروسکوپ (نور معمولی)..... 41
- شکل 4-1: تغییرات بازیابی مولیدن در یک دوره سه ماهه دو کارخانه تغلیظ ..... 44
- شکل 4-2: تغییرات بازیابی مس در یک دوره سه ماهه دو کارخانه تغلیظ..... 44
- شکل 4-3: بازیابی در اندازه ذرات متفاوت برای سلول رافر. مس (A) مولیدن (B) ..... 46
- شکل 4-4: مولیدنیت درشت تیغه‌ای در باطله ..... 47
- شکل 4-5: مولیدنیت درشت تودهای و براق در کنسانتره ..... 47
- شکل 4-6: مولیدن در (خوراک، کنسانتره، باطله) سلولهای رافر تغلیظ 1 (A) و تغلیظ 2 (B) ..... 47
- شکل 4-7: قفل شدگی براساس اندازه ذرات..... 48
- شکل 4-8: مولیدنیت کنسانتره در ابعاد درشت ..... 49
- شکل 4-9: مولیدنیت کنسانتره در ابعاد ریز ..... 49
- شکل 4-10: مولیدنیت تودهای آزاد در کنسانتره ..... 49
- شکل 4-11: مولیدنیت تیغه‌ای قفل شدگی کم با کالکوپیریت ..... 49
- شکل 4-12: مولیدنیت قفل شدگی ساده با گانگ و کالکوپیریت ..... 50
- شکل 4-13: مولیدنیت قفل شدگی پراکنده با کالکوپیریت ..... 50
- شکل 4-14: مولیدنیت قفل شدگی پراکنده با گانگ ..... 51
- شکل 4-15: مولیدنیت قفل شدگی پراکنده با گانگ ..... 51
- شکل 4-16: مولیدنیت آزاد در باطله ..... 52
- شکل 4-17: مولیدنیت قفل شدگی ساده با گانگ بزرگ ..... 51
- شکل 4-18: مولیدنیت تیغه‌ای آزاد در باطله ..... شکل 4-19: مولیدنیت با سطح اکسید شده در باطله ..... 51
- شکل 4-20: توزیع مساحت ذرات مولیدنیت باطله رافر در اندازه ذرات مختلف ..... 52
- شکل 4-21: مساحت در باطله رافر تغلیظ 1 و 2 ..... 53
- شکل 4-22: تغییرات نسبت طول به عرض در اندازه ذرات مختلف تغلیظ 1 ..... 53
- شکل 4-23: تغییرات نسبت طول به عرض در اندازه ذرات مختلف تغلیظ ..... 54

- شکل 4-24: تغییرات بازیابی مولیدن برحسب اندازه ذرات ..... 54
- شکل 4-25: عیار کنسانتره واحدهای رافر تغلیظ 1 مولیدن (A) مس (B) ..... 54
- شکل 4-26: بازیابی مس، مولیدن، آهن واحدهای رافر تغلیظ 1 ..... 55
- شکل 4-27: عیار  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  کنسانتره واحدهای رافر تغلیظ 1 ..... 55
- شکل 4-28: عیار کنسانتره واحدهای رافر تغلیظ 2 مولیدن (A) مس (B) ..... 56
- شکل 4-29: بازیابی مس، مولیدن، آهن واحدهای رافر ..... 56
- شکل 4-30: عیار  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  در کنسانتره واحدهای رافر ..... 56
- شکل 4-31: عیار کنسانتره واحدهای اسکاونجر تغلیظ 1 مولیدن (A) مس (B) ..... 58
- شکل 4-32: بازیابی واحدهای اسکاونجر تغلیظ 1 ..... 58
- شکل 4-33: عیار  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  در کنسانتره واحدهای اسکاونجر ..... 58
- شکل 4-34: عیار کنسانتره واحدهای رافر مولیدن (A) مس (B) ..... 59
- شکل 4-35: بازیابی واحدهای اسکاونجر تغلیظ 2 ..... 59
- شکل 4-36: عیار  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  کنسانتره واحدهای اسکاونجر ..... 59
- 4-6- تاثیر اندازه ذرات بر روی بازیابی مس و مولیدن سلولهای رافر کارخانه تغلیظ 1 ..... 60
- شکل 4-37: بازیابی مولیدن واحدهای رافر تغلیظ 1 در اندازه ذرات متفاوت ..... 61
- شکل 4-38: بازیابی مس واحدهای رافر تغلیظ 1 در اندازه ذرات مختلف ..... 61
- شکل 4-39: عیار  $SiO_2$  کنسانتره واحدهای تغلیظ 1 در اندازه ذرات متفاوت ..... 62
- شکل 4-40: عیار  $Al_2O_3$  کنسانتره واحدهای تغلیظ 1 در اندازه ذرات متفاوت ..... 63
- شکل 4-41: بازیابی مولیدن واحدهای رافر در اندازه ذرات متفاوت تغلیظ 2 ..... 64
- شکل 4-42: بازیابی مس واحدهای رافر در اندازه ذرات مختلف تغلیظ 2 ..... 64
- شکل 4-43: عیار  $SiO_2$  کنسانتره واحدهای رافر در اندازه ذرات مختلف تغلیظ 2 ..... 65
- شکل 4-44: عیار  $Al_2O_3$  کنسانتره واحدهای رافر در اندازه ذرات مختلف تغلیظ 2 ..... 65
- شکل 4-45: عیار مولیدن باطله واحدهای رافر در اندازه ذرات مختلف تغلیظ 2 ..... 66

- شکل 4-46: عیار مولیدن کنسانتره واحدهای رافر در اندازه ذرات مختلف تغلیظ 2..... 66
- شکل 4-47: توزیع مس و مولیدن در باطله واحدهای تغلیظ مس (A) مولیدن (B)..... 68
- شکل 4-48: بازیابی مولیدن برای واحدهای اسکاونجر در تغلیظ 1..... 68
- شکل 4-49: توزیع مولیدن واحدهای اسکاونجر باطله (A) کنسانتره (B)..... 69
- شکل 4-50: بازیابی مولیدن واحدهای اسکاونجر در تغلیظ ۲..... 70
- شکل 4-51: توزیع مولیدن واحدهای باطله اسکاونجر در تغلیظ ۲..... 70
- شکل 4-52: توزیع مولیدن واحدهای باطله اسکاونجر تغلیظ ۲..... 71
- شکل 4-53: تصویر نمونه SEM تغلیظ 1..... 72
- شکل 4-54: تصویر نمونه SEM در تغلیظ 2..... 72
- شکل 4-55: تصویر ذرات مولیدنیت آزاد در باطله تغلیظ 1 با SEM..... 72
- شکل 4-56: تصویر ذرات مولیدنیت آزاد در باطله تغلیظ 2 با SEM..... 72

## فصل اول: مقدمه

## 1-1 مقدمه

کشور ایران با دارا بودن ذخایر عظیمی از نهشته های معدنی اعم از کانه های فلزی و غیر فلزی یکی از مناطق غنی در منطقه خاورمیانه به شمار می رود. تنوع مواد معدنی مانند مس، روی، کرومیت، بوکسیت، انواع نمکها، سنگ- های متنوع ساختمانی و زینتی با ذخیره ای بالغ بر 28 میلیارد تن ذخیره احتمالی، 27 تن ذخیره قطعی و وجود 62 نوع ماده معدنی گواه این مطلب است. یکی از مواد معدنی فوق العاده با ارزش ایران مس می باشد و معدن سرچشمه به عنوان یک معدن غنی از مس است. دلیل دیگر اهمیت کانسار مس سرچشمه، همراه بودن عناصر با ارزشی چون مولیبدن، طلا و نقره است. کارخانه مس سرچشمه دارای دو واحد فرآوری جدید و قدیم می باشد که بازیابی مولیبدن در این دو خط متغیر است. تحقیقات گذشته نشان داد که از جمله عوامل کاهش بازیابی مولیبدن در روزهایی با افت بازیابی شدید، حضور کانی است که شباهت زیادی به مولیبدنیت دارد ولی نوع کانی به صورت کامل شناسایی نشده است و همچنین از دیگر عوامل کاهش میزان کف ساز و کلکتور می باشد، بهترین اندازه دانه بندی را برای بازیابی مولیبدن در محدوده 75-38 میکرون تخمین زدند [2]. با توجه به اینکه خوراک کارخانه های تغلیظ مجتمع مس سرچشمه از یک معدن تامین می شود، در هیچ کدام از پژوهش های صورت گرفته به بررسی اختلاف بازیابی مولیبدن پرداخته نشده است، هدف از این پروژه، بررسی علل اختلاف بازیابی مولیبدن با استفاده از بررسی مقاطع میکروسکوپی، تفاوت درجه آزادی، خردایش، نسبت (محور بزرگ / محور کوچک)<sup>1</sup>، زاویه تماس و اندازه ذرات کانی در دو خط تغلیظ 1 و 2 است.

## 2-1 زمین شناسی معدن مس سرچشمه

کانسار مس سرچشمه در قسمت مرکزی کمر بند کوهزایی کمپلکس رسوبی - آتشفشانی گسل خورده و چین خورده که از شمال غرب به جنوب شرق امتداد دارد، واقع شده است. این کمر بند کوهزایی در حاشیه جنوب غرب یک زون ترشیاری و کمپلکس سنگ های رسوبی پالئوزئیک و ترشیاری گسل خورده، چین خورده و دگرگون شده، که رشته کوه زاگرس را تشکیل می دهند، هم جوار شده است. در منطقه سرچشمه مجموع سنگ های آتشفشانی و رسوبی به تدریج به سمت غرب و در عمق چین خوردگی گسترش پیدا کرده اند. در اواخر ترشیاری فرآیندهای تزریق توده های نزدیک محور تاقدیس چین ها فعال بوده که کانی سازی مس در بعضی مناطق در ارتباط با این توده ها می باشد. بهره برداری قدیمی مس در این منطقه از کانی سازی اکسید مس در مناطق سطحی بوده است و باقی مانده روستای قدیمی، آثار ذوب کاری و تفاله های کوره های ذوب هم حاکی از نخستین بهره برداری ها در عهد باستان در این منطقه می باشد [1].

## 3-1 ساختار و نحوه تشکیل کانسار مس سرچشمه

شکل کانسار مس سرچشمه بیضوی بوده و دارای قطر بزرگی معادل 2300 متر و قطر کوچک 1200 متر می باشد. استوک گرانودیوریتی سرچشمه در اواخر ترشیاری (میوسن) استقرار یافته است. این استوک بخشی از مجموعه کمپلکس های ماگمایی مرتبط با توده های نفوذی تزریق شده در ترشیاری که با فاصله کمی از توده گرانودیوریت قدیمی با ابعاد یک باتولیت است، می باشد. استوک گرانودیوریت سرچشمه توسط مجموعه ای از دایک ها منشا گرفته از توده اولیه، احاطه گردیده است. توده آتشفشانی آندزیتی، استوک گرانودیوریتی و دایک های اولیه به وسیله توده نفوذی ریز دانه که برش آتشفشان را به وجود آورده اند، خرد شده اند. این کمپلکس توسط مجموعه - ای از دایک مرتبط با کانی سازی و سپس به وسیله گروهی از دایک های بعد از مرحله کانی سازی قطع شده است. مجموعه استوک سرچشمه پورفیری و آندزیت در برگیرنده آن کاملاً کانی سازی شده اند. دایک های اولیه مرتبط با کانی سازی ممکن است شامل کانی سازی قابل توجهی برای تشکیل کانسار اولیه کم عیار باشند. دایک های تاخیری مرتبط با کانی سازی، از نظر کانی سازی ارزشی ندارند، اگرچه به طور محلی کانی سازی سولفیدی فعال بوده است. دایک ها بعد از مرحله کانی سازی کاملاً عقیم هستند [1]. فاز اصلی و مواد کانسار ساز در منطقه سرچشمه با نام محلی استوک سرچشمه پورفیری با ترکیب گرانودیوریت به سن رادیو ایزوتروپ 12/5 میلیون سال می باشد، که با نفوذ در مرکز منطقه و سنگ های آتشفشانی ائوسن، محدوده ای به وسعت 2 کیلومتر مربع را ضمن دگرسانی، باعث کانی سازی نموده است، و در این زمان است که کانسار مس سرچشمه شکل می گیرد. اندکی بعد از جای گیری، تبلور و آزاد شدن محلول گرمابی کانه دار در سنگ های آتشفشانی دیواره ای، در مراحل نهایی و بعد از کانسار سازی به ترتیب توده نفوذی کوچکی به نام پورفیری دانه ریز تا تاخیری و دایک های با روند شمال-شمال غرب، جنوب و جنوب شرق در آن نفوذ کرده است [1].

#### 4-1 معرفی کارخانه تغلیظ مس سرچشمه

کانسار پورفیری سرچشمه در قسمت جنوب شرقی ایران و زمین شناسی این زون از سه قسمت اکسیدی، سوپرژن و هیپوژن تشکیل شده است، کانسار از نوع پورفیری توده ای می باشد. در این منطقه بر اساس حفاری هایی که تا عمق حدود 150 متر صورت گرفته است، ذخیره ای در حدود 450 میلیون تن دارد. میانگین عیار مس و مولیبدن 0/13٪ و 0/03٪، عیار حد برای مس 0/4٪ است. زون هیپوژن شامل آلتراسیون پتاسیک با پتاسیم، فلدسپار و بیوتیت ثانویه، سریسیت، کلریت و اپیدوت است. در این زون هورنبلند، بیوتیت، پلاژیوکلاز به آمفیبل و مگنتیت، سریسیت تبدیل می شود. کانی های رسی نتیجه دگرسانی در طول کانی سولفیدی هستند [2].

##### 1-4-1 کارخانه تغلیظ طرح قدیم

ماده معدنی کوچکتر از 0/5 اینچ توسط هشت عدد نوار نقاله با ظرفیت 41167 تن در روز به داخل آسیاها می رود. محصول آسیاها پس از دانه بندی توسط سیکلونها، سرریز آنها به شکل دوغاب به سلول های فلو تاسیون وارد می -

گردد. این واحد بر اساس طرح برای تولید روزانه 1348 تن کنسانتره مس-مولیبدن با میانگین عیار 32/17 درصد طراحی شده است [2].

### الف - آسیاهای اولیه

نرم کردن سنگ معدن توسط آسیاهای گلوله‌ای و به روش تر صورت می‌گیرد. تعداد این آسیاها هشت دستگاه است که به دو بخش چهارتایی تقسیم شده‌اند و هر آسیا با یک مجموعه خوشه سیکلون ده تایی در مدار بسته کار می‌کند. مطابق طرح اولیه، سنگ معدن که ابعاد آن 80 درصد زیر 0/5 اینچ است با تناژ 225/8 تن خاک خشک در هر ساعت وارد هر آسیا می‌شود و به همراه آن آب و شیرآهک به مقدار لازم اضافه می‌شود تا مواد داخل آسیا بصورت دوغاب درآیند و pH آن برای عملیات فلوتاسیون تنظیم گردد [2].

### ب - سلولهای فلوتاسیون

بخش فلوتاسیون کارخانه طرح قدیم به دو بخش شمالی و جنوبی که از نظر نوع و تعداد دستگاه‌ها مشابهند، تقسیم شده است. در هر بخش سرریز سیکلون های 4 آسیای اولیه از طریق یک لوله به تقسیم کننده خوراک سلولهای رافر منتقل شده و بین 4 ردیف سلولهای رافر بطور مساوی تقسیم می‌شود. باطله سلولهای رافر به همراه باطله سلولهای رمق گیر بعنوان باطله نهایی از کارخانه خارج شده و تحت اثر نیروی وزن خود و شیب طبیعی لوله انتقال باطله به تیکنرهای باطله جهت بازیابی آب آن ارسال می‌گردد. کنسانتره سلولهای رافر با کنسانتره سلولهای رمق-گیر مخلوط شده و وارد مخزن پمپ‌های سیکلون شده و جهت دانه‌بندی به سیکلون‌های ثانویه پمپ می‌شود [2].

### ج - سلولهای رافر

سلولهای رافر مجموعاً از 8 ردیف موازی که هر ردیف شامل 14 سلول 300 فوت مکعبی است، تشکیل شده‌اند. هر ردیف سلول رافر جهت پذیرش محصول یک آسیا در نظر گرفته شده است. خوراک این سلولها طبق طرح باید از نظر اندازه 70 درصد زیر 200 مش (74 میکرون)، غلظت جامد 28 درصد (بسته به کیفیت خاک) و عیار 1/17 درصد مس باشد. زمان ماند مواد در یک ردیف سلول رافر حدود 10 دقیقه است [2].

### پ - آسیاها و سیکلونهای ثانویه

آسیاهای ثانویه به منظور خردایش مجدد کنسانتره سلولهای رافر و رمق‌گیر برای دستیابی به درجه آزادی مطلوب کانی‌ها در مدار قرار گرفته‌اند. این آسیاها نیز مثل آسیاهای اولیه به دو قسمت تقسیم شده و هر قسمت شامل 2 عدد آسیای ثانویه از نوع سرریز شونده می‌باشد که هر آسیا با یک خوشه سیکلون شش تایی در مدار بسته کار



می‌کند. در واقع کنسانتره سلول‌های رافر و اسکاونجر هر قسمت به پمپ سیکلون انتقال یافته و سپس توسط سیکلون طبقه‌بندی شده و ته ریز سیکلون جهت خردایش بیشتر به آسیاها وارد می‌شود[2].

### و- سلولهای فلوتاسیون اولیه، ثانویه و نهایی

در سیکلون‌های ثانویه ذرات درشت به صورت ته ریز سیکلون وارد آسیای ثانویه شده و پس از خروج از آسیا مجدداً وارد مخزن پمپ سیکلون مربوطه می‌شوند. ذرات نرم بصورت سرریز سیکلون به یک ردیف سلول کلینر هدایت می‌شوند. کنسانتره سلولهای کلینر خوراک سلولهای ریکلینر شده و کنسانتره سلولهای ریکلینر بعنوان کنسانتره نهایی فلوتاسیون به تیکنر مس - مولیدن انتقال می‌یابد. باطله سلولهای ریکلینر به همراه سرریز سیکلون - های ثانویه خوراک سلولهای کلینر را تشکیل می‌دهد و باطله سلول‌های کلینر خوراک سلول‌های رمق‌گیر می‌گردد. بدین ترتیب با سه مرحله فلوتاسیون متوالی اولیه، ثانویه، نهایی و کنسانتره نهایی حاصل می‌گردد. زمان ماند مواد در سلول‌های کلینر، ریکلینر و اسکاونجر به ترتیب تقریباً  $3/5$ ،  $2/5$  و  $10$  دقیقه می‌باشد[2].

ک- مواد شیمیایی مصرفی

مواد شیمیایی که در کارخانه طرح قدیم سرچشمه مصرف می‌شوند شامل کنترل‌کننده‌ها، کلکتورها و کف‌سازها می‌باشند. در زیر مواد شیمیایی کنترل‌کننده شرایط کارخانه ذکر گردیده است.

#### • شیرآهک

شیرآهک برای تنظیم pH محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطابق با طرح، pH سلولهای رافر باید  $11/2$  تا  $11/3$  باشد.

#### • کلکتورها

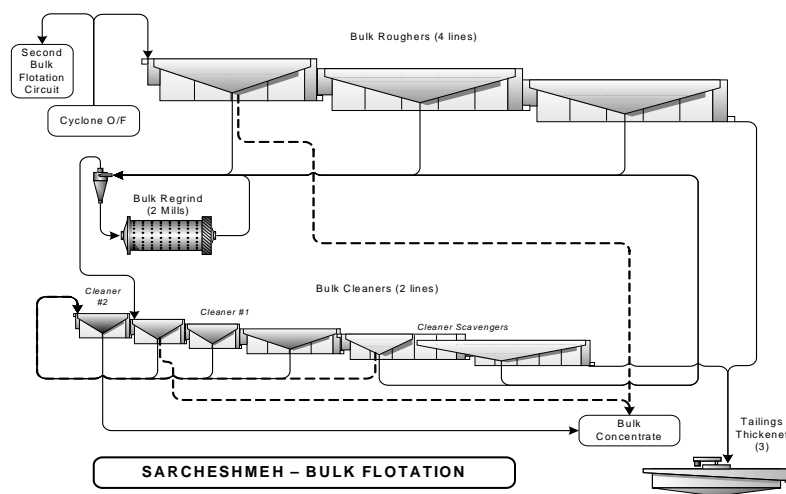
کلکتورهایی که در طرح اولیه برای سرچشمه انتخاب شده‌اند شامل گازوئیل،  $Z200^1$ ،  $R404$  یا  $R407^2$  و  $Z11^3$  می‌باشند.  $Z11$  یک کلکتور عمومی و قوی است که میزان مصرف آن  $65/5$  گرم به ازای هر تن سنگ معدن است که در کارخانه به تفکیک  $56$  گرم بر تن در سلولهای رافر،  $7$  گرم بر تن در سلولهای کلینر و ریکلینر و  $2/5$  گرم بر تن در سلولهای اسکاونجر توصیه شده است.  $R407$  یا  $R404$  کلکتور ضعیفتری نسبت به  $Z11$  است ولی برای کانی‌های اکسیده مفید است و کف‌ها را تقویت می‌کند و برای کانی‌های مس بطور موثر و انتخابی عمل می‌کند. مقدار مصرف کل آن‌ها  $22$  گرم به ازای هر تن سنگ معدن است که  $18$  گرم در آن در سلول‌های رافر و بقیه در نقاط دیگر توصیه شده است.  $Z200$  نیز کلکتوری انتخابی و موثر برای سولفورهای مس است که مصرف کل آن  $19$  گرم به ازای هر تن سنگ معدن و به تفکیک  $13$  گرم در سلولهای رافر و  $6$  گرم در سلولهای

1 - Modified Thionocarbamate  
2 - Sodium Mercaptoben zothiazolt  
3 - Sodium Iopropyl Xanthate

کلینر و اسکاونجر پیشنهاد شده است در حال حاضر این کلکتور حذف گردیده است. گازوئیل، هم برای بازیابی مولیبدنیت موثر است و هم به اصلاح شکل کف‌ها نیز کمک می‌کند [5].

• کف‌سازها

کف‌سازهایی که در طرح اولیه برای سرچشمه انتخاب شده‌اند شامل MIBC<sup>1</sup> و DOW250 (که به جای آن می‌توان از A65<sup>2</sup> استفاده کرد.) و روغن کاج می‌باشد. میزان مصرف این کف‌سازها 19 گرم به ازای هر تن خاک و به تفکیک 13 گرم در سلولهای رافر و 6 گرم در سلولهای کلینر و اسکاونجر پیش بینی شده است. مصرف مواد شیمیایی عملاً کمتر از مقدار پیش‌بینی شده در طرح است که ممکن است دلیل آن تغییر ماهیت سنگ معدن پس از استخراج باشد. افزایش عیار خاک ورودی و مقدار کانی‌های مفید خاک موجب افزایش مواد شیمیایی به ویژه کلکتورها می‌باشد.



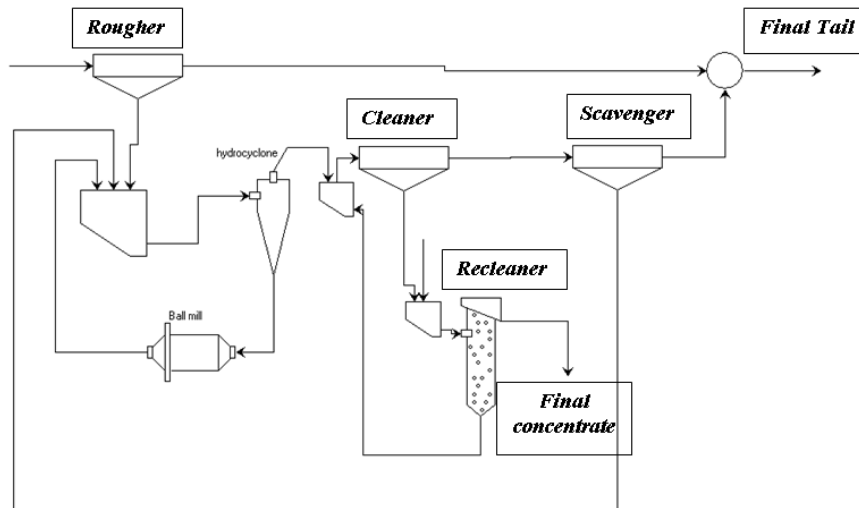
شکل 1-1: فلوشیت کل عملیات کارخانه قدیم مجتمع مس سرچشمه [2]

### 2-4-1- کارخانه تغلیظ طرح توسعه

با اجرای طرح توسعه کارخانه تغلیظ مجتمع مس سرچشمه طی فازهای 1 و 2 تولید کنسانتره به میزان تقریبی 100 درصد افزایش می‌یابد که در حال حاضر با راه اندازی فاز 1، 50 درصد به ظرفیت تولید کنسانتره فعلی افزوده خواهد شد (تناژ کنسانتره از 390000 تن به 580000 تن در سال افزایش می‌یابد). در طرح توسعه تغلیظ از تکنولوژی روز دنیا شامل آسیای نیمه‌خودشکن به جای مرحله دوم و سوم خردایش، آسیای گلوله‌ای اولیه با ظرفیت عملی و تقریبی 3/78 برابر آسیاهای گلوله‌ای موجود، سلول‌های فلوتاسیون مکانیکی تانکی با ظرفیت تقریب 11/9 و 15/3 برابر سلولهای رافر و اسکاونجر موجود، سلول ستونی به جای سلول‌های ریکلینر موجود،

1 - Methyl Isobutyl Carbinal  
2- Aerofroth65

فیلتر پرس بجای فیلتر دیسکی و خشک کن و تیکنر باطله با ظرفیت آبدگیری بالا بجای تیکنر باطله موجود استفاده شده است. شکل 1-2 فلوشیت کل عملیات کارخانه طرح جدید مجتمع مس سرچشمه را نشان می دهد [2].



شکل 1-2: فلوشیت کل کارخانه طرح جدید مجتمع مس سرچشمه [2]

مرحله پرعیارکنی اولیه در 8 سلول 130 متر مکعبی انجام می شود که هر دو سلول تشکیل یک واحد را می دهد. کنسانتره خروجی از این مرحله پس از خردایش مجدد در یک آسیای گلوله ای به قطر تقریبی 4 متر و طول 5/8 متر برای طبقه بندی وارد هیدروسیکلون می شود. ذرات با ابعاد متوسط 50 میکرونی از سرریز هیدروسیکلون به بخش پرعیار کنی ثانویه منتقل می شوند. پرعیار کنی ثانویه در 3 سلول 50 متر مکعبی انجام می شود. باطله این سلول ها وارد سلولهای رمق گیر (5 سلول 50 متر مکعبی) شده و کنسانتره آنها وارد سلول ستونی می شود. کنسانتره سلول ستونی کنسانتره نهایی و باطله سلولهای پرعیارکنی اولیه به همراه باطله رمق گیر باطله نهایی کارخانه را تشکیل می دهد. طبق طرح اولیه حدود 14/33 درصد وزنی از خوراک ورودی به سلولهای پرعیارکنی اولیه باید به کنسانتره این سلول ها راه یابد و کنسانتره ای با عیار 5 درصد مس را تشکیل دهد. با توجه به میزان عیار باطله که 0/11 درصد پیش بینی شده، بازیابی در این مرحله حدود 88/5 درصد باید باشد. [2].

### 1-5-1 فرآیند شناورسازی

فلوتاسیون یک فرآیند فازی است که ذرات ریز جامد با هوا و آب مخلوط می شود. هدف از این مخلوط کنی جداسازی کانی های دلخواه از ذرات گانگ با شناورسازی یکدیگر می باشد [3]. به طور کلی تحت شرایط عملیاتی ایده آل نواحی هیدرودینامیک زیر مشاهده می شود.

### 1-5-1 ناحیه مخلوط کنی

پایین ترین ناحیه مربوط به تلاطم شدید حباب های هوا می باشد، ذرات کانی و آب به خوبی با هم مخلوط شده و حتی ذرات درشت تر کانی به صورت معلق بوده و احتمال برخوردشان با حباب هوا وجود دارد که از ته نشینی ذرات درشت نیز جلوگیری می شود [4].

### 1-5-2 ناحیه آرامش یا جدایش

ناحیه آرام در بالای ناحیه مخلوط کنی قرار دارد. در این ناحیه حباب های هوا برای جمع آوری بیشتر کانی روی سطح، به طرف بالا حرکت می کند. این ناحیه یک ناحیه جداسازی است که در آن ذراتی که سست بوده و یا به حباب هوا متصل نشده اند جدا شده و به درون ناحیه مخلوط کنی سقوط می کنند. ناحیه جدایش باید به اندازه کافی آرام باشد اجازه دهد که ذرات جامد متصل به حباب هوا به سلول برسد. بعد از رسیدن به سطح سلول بعضی از حباب های هوا می ترکند و عمل پرعیار کنی مجدد انجام شده و یک کف قابل کنترل برای جابه جایی به ناحیه کف فراهم می شود [4].

### 1-5-3- ناحیه غنی سازی

بیشترین جدایش ذرات و تمیز کردن کف در اینجا اتفاق می افتد و حباب هوا فشرده شده و آب جزئی به دام افتاده بین آنها به طرف پایین حرکت کرده و گانگ متصل شده به حباب هوا را جدا کرده و می شوید. ناحیه غنی شده، عیار بالاتر و بازیابی کمتر و بالعکس را ایجاد می کند. بنابراین کنترل عمق این ناحیه برای بهینه سازی عملیات در پرعیار کنی اولیه، رمق گیری یا پرعیار کنی ثانویه مفید می باشد. این کار با تغییر سرعت چرخش روتور استاتور یا تغییر هوا انجام می شود [4].

### 1-5-4- ناحیه کف

در این قسمت کنسانتره به بیرون منتقل می شود و در سلول های بزرگ این لایه ناپایدار است و تنظیم آن به طور دستی یا اتوماتیکی با پایین بردن سطح پالپ یا کف انجام می شود [4].

### 1-6-6- عوامل موثر بر شناورسازی

#### 1-6-1- مواد شیمیایی

افزودن مواد شیمیایی به پالپ برای شناورسازی ضروری است. مواد شیمیایی شامل کلکتور، کف سازها و مواد اضافه شده برای تنظیم pH می باشد [5]. کنترل pH و کلکتور نیز از پارامترهای مهمی است که در مدارهای شناورسازی انتخابی اجرا می شود. در مورد تنظیم pH بهتر است، به اندازه کافی آهک به آسیا اضافه شود زیرا باعث تشکیل هیدرواکسید یون های فلزی سنگین می شود و آنها را رسوب می دهد و در نتیجه بخشی از گزنتات