٤٦٧٢٦

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی معدن

پایان نامه تحصیلی جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن
گرایش فرآوری مواد معدنی

بررسی راههای افزایش کارایی مدار فیلتراسیون مجتمع معدنی وصنعتی چادرملو

استادان راهنما:
دکترحسن حاجی امین شیرازی
دکتر عباس سام

استاد مشاور:
مهندس فرهاد عزیزافشاری

مؤلف:
علی ملایجردی

۱۳۸۷/۲/۱۴

شهریور ۱۳۸۶

تقدیم به :

پدرم

او که موی سپید کرد، تا رو سفید باشم

و مادرم

او که تبلوری است همیشگی، از سادگی و صفا

تقدیر و تشکر

سپاس خداوند یکتا را که علم را چراغی در جلوی راه انسانها قرار داد و جنبش فکر را در شیار های باریک مغز روان ساخت. تو را می ستایم که ستایش گویندگان تا آخرین حد مبالغه، وصف کمالت را کفایت نکند و روزی خوران از شمردن نعمت های بی پایانت عاجزند و هر چه بکوشند یک هزار آنرا سپاس توانند.

بر خود لازم می دانم از همه کسانی که در راه انجام این تحقیق مرا یاری نموده اند، تشکر و قدر دانی نمایم. از اساتید راهنمایم جناب آقای دکتر حسن حاجی امین شیرازی و جناب آقای دکتر عباس سام و همچنین آقای مهندس فرهاد عزیز اشاری مشاور صنعتی پروژه، کمال تشکر وقدردانی را دارم.

همچنین از معاونت محترم بهره برداری مجتمع معدنی وصنعتی چادرملو، جناب آقای مهندس ابریشمی، مدیر عامل محترم شرکت آسفالت طوس جناب آقای مهندس علی ناظران، جناب آقای مهندس اصغر ناظران مدیریت سایت صنعتی چادرملو که از هیچ گونه مساعدت و یاری با بنده دریغ نورزیدند و همچنین گروه فرآیند کارخانجات فرآوری مجتمع چادرملو، کارشناسان و مهندسان بخش آزمایشگاه مجتمع چادرملو قدردانی می نمایم.

در پایان از تمام کسانی که به نحوی در انجام این تحقیق مرا یاری کرده اند و نامی ازآنها برده نشد پوزش طلبیده، صمیمانه از آنها تشکر می کنم و موفقیت و سلامتی روز افزون را برای ایشان آرزومندم.

علی ملایجردی

تابستان ۸۶

چکیده

کاهش رطوبت محصولات طی مراحل مختلف آبگیری وفیلتراسیون از مهمترین مراحل فرآوری مواد معدنی می باشد. بمنظور کاهش رطوبت ذرات زیر ۱۰ میلیمتر از فیلترهای تحت خلاء گردان و برای ذرات زیر ۰/۶ میلیمتر از نوع دیسکی استفاده می شود. در مجتمع چادرملو کنسانتره های مغناطیسی وغیرمغناطیسی به منظور جداسازی جامد وکاهش رطوبت وارد مرحله فیلتراسیون می شوند. با توجه به پیوسته بودن مدار وامکان نیاز به شستشوی کیک فیلتر، به منظور کاهش رطوبت ذرات ریز از فیلترهای تحت خلاء استوانه ای گردان استفاده شده است.

نوع وبافت پارچه فیلتر بر روی ظرفیت فیلتر ومیزان رطوبت کیک و زلالی آب خروجی فیلتر تأثیر می گذارد. پارچه های جدید تهیه شده از الیاف مصنوعی پلی استر وپلی اتیلن نسبت به پارچه های نخی قدیمی دوام بیشتروکارایی بالاتری نسبت به ذرات خیلی ریز دارند. بدلیل حضور بیش از ۸۰ درصد ذرات کوچکتر از ۶۰ میکرون درخوراک مدار فیلتراسیون وکم بودن زلالی فیلتریت در مجتمع چادرملو، ۵ نوع پارچه پلی استربا بافت های متفاوت مورد آزمایشات صنعتی قرار گرفتند. مقایسه نتایج با حالت مبنا نشان داد که پارچه فیلتر پلی استر با بافت جناغی فشرده با میانگین کاهش درصد رطوبت ۱/۸ درصدی ومیانگین افزایش ضخامت کیک ۱/۹ میلیمتری ومیانگین کاهش درصد جامد فیلتریت ۳/۱ درصد، بالاترین کارایی را به دنبال داشت.

با توجه به لزوم استفاده از کمک فیلتر بدلیل حضور ذرات کوچکتر از ۶۰ میکرون در پالپ وکیک فیلتر، آزمایشات افزودن کمک فیلتر $C573$ با مقادیر ۰/۲۵، ۰/۸، ۱، ۲ و۴ سی سی بر لیتر انجام گرفت و مقدار $2\ cc\ /\ lit$ کمک فیلتر، بهترین کارایی را با کاهش درصد رطوبت ۲ درصدی وکاهش درصد جامد فیلتریت ۲/۱درصدی ایجاد کرد. همچنین آزمایشات بر اساس شرایط عملیاتی به منظور تأثیر کمک فیلتر برروی ظرفیت،میزان رطوبت کیک وزلالی آب خروجی از فیلتر انجام شده است. در مقیاس آزمایشگاهی و با مقدار بهینه $2\ cc\ /\ lit$ کمک فیلتر، مشخص گردید که در زمان های ثابت فیلتراسیون ۱۵ثانیه، زمان آبگیری ۴۵ ثانیه با میانگین درصد رطوبت کیک فیلتر۱۰درصد و میانگین درصد جامد فیلتریت ۵/۶ درصد بهینه ترین زمان آبگیری می باشد و نسبت بهینه ۳ به۱ بین زمان آبگیری وزمان فیلتراسیون به منظور تنظیم سطح پالپ در وان فیلتر وتنظیم سرعت چرخش استوانه فیلتر حاصل گردید.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول:مقدمه	
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- تاریخچه معدن چادرملو	۲
۱-۳- کانه آرایی در مجتمع چادرملو	۴
۱-۳-۱- واحد سنگ شکنی وهمگن سازی	۵
۱-۳-۲- واحد خردایش	۵
۱-۳-۲-۱- خوراک دهنده ها	۶
۱-۳-۲-۲- آسیای نیمه خود شکن	۶
۱-۳-۲-۳- سرند ارتعاشی سر کوتاه	۶
۱-۳-۳- واحد جداکننده مغناطیسی اولیه	۷
۱-۳-۳-۱- جداکننده مغناطیسی اولیه میدان متوسط	۷
۱-۳-۳-۲-کلاسیفایر	۸
۱-۳-۳-۳- سرند اسلاری	۸
۱-۳-۴- واحد تولید کنسانتره مغناطیسی	۸
۱-۳-۴-۱- آسیای گلوله ای کروپ	۹
۱-۳-۴-۲- هیدروسیکلونهای مدار آسیای گلوله ای کروپ	۹
۱-۳-۴-۳- جداکننده مغناطیسی مدار شستشو	۹
۱-۳-۴-۴- هیدروسیکلونهای آبگیر مدار آسیای گلوله ای کروپ	۱۰
۱-۳-۴-۵- جدا کننده مغناطیسی مدار شستشوی نهایی	۱۰
۱-۳-۵- واحد تولید کنسانتره غیر مغناطیسی	۱۰
۱-۳-۵-۱- جداکننده مغناطیسی گرادیان زیاد	۱۱
۱-۳-۵-۲- هیدروسیکلونهای مدار جداکننده مغناطیسی گرادیان زیاد	۱۱
۱-۳-۵-۳- آسیای گلوله ای سالا	۱۲
۱-۳-۵-۴- تیکنر لاملای مدار جداکننده مغناطیسی گرادیان زیاد	۱۲
۱-۳-۶- واحد فسفر زدایی	۱۲
۱-۳-۶-۱- تانک های آماده سازی پالپ مورد نیاز پالپ مورد نیاز فرآیند فلوتاسیون	۱۳
۱-۳-۶-۲- سلولهای فلوتاسیون	۱۳
۱-۳-۶-۳- مواد شیمیایی مورد مصرف در مدار فلوتاسیون	۱۳
۱-۳-۶-۴- تیکنر کنسانتره هماتیت	۱۵
	۱۶

فهرست مطالب(ادامه)

عنوان	صفحه
۱-۳-۷- واحد بازیابی آپاتیت	۱۶
۱-۳-۸- واحد فیلتراسیون کنسانتره آهن	۱۷
۱-۳-۸-۱- تانک های آماده سازی مواد جهت عملیات فیلتراسیون	۱۷
۱-۳-۸-۲- فیلتر	۱۷
۱-۳-۹- تیکنر باطله وبازیافت آب	۱۸
فصل دوم: سیستم های مختلف فیلتراسیون	**۲۰**
۲-۱- فیلترهای آزاد	۲۱
۲-۲- فیلترهای فشاری	۲۱
۲-۲-۱- فیلترهای فشاری با صفحه وقاب فشرده	۲۲
۲-۲-۲- فیلتر فشاری با اطاق های فشرده	۲۴
۲-۲-۳- فیلتر فشاری با مخزن استوانه ای	۲۵
۲-۲-۴- فیلتر با نوارهای فشرده	۲۶
۲-۳- فیلترهای خلاء	۲۶
۲-۳-۱- فیلتر خلاء صفحه ای	۲۷
۲-۳-۲- فیلتر خلاء استوانه ای گردان	۲۸
۲-۳-۳- فیلتر خلاء دیسکی گردان	۳۱
۲-۳-۴- فیلتر مسطح	۳۳
۲-۳-۵- فیلتر خلاء تخلیه جانبی	۳۳
۲-۳-۶- فیلتر خلاء نواری	۳۴
فصل سوم:پارامترهای مؤثر در فیلتراسیون	**۳۵**
۳-۱- کمک فیلتر	۳۶
۳-۱-۱- فلوکولانت های طبیعی	۳۶
۳-۱-۲- فلوکولانت های مصنوعی	۳۸
۳-۱-۲-۱- فلوکولانت های آنیونی	۳۸
۳-۱-۲-۲- فلوکولانت های کاتیونی	۳۹
۳-۱-۲-۳- فلوکولانت های خنثی	۴۰
۳-۱-۳- فعال کننده های سطح	۴۱
۳-۱-۴- فلوکولانت های تجاری سیانامید	۴۲

فهرست مطالب(ادامه)

عنوان	صفحه
۳-۲- پارچه فیلتر	۴۳
۳-۲-۱- مکانیزم جداسازی توسط واسطه	۴۴
۳-۲-۲- جنس پارچه فیلتر	۴۵
۳-۲-۳- نوع وساختار الیاف	۴۷
۳-۲-۴- بافت پارچه فیلتر	۴۸
۳-۲-۴-۱- بافت مربعی	۴۹
۳-۲-۴-۲- بافت جناغی	۵۰
۳-۲-۴-۳- بافت اطلسی	۵۱
۳-۳- توزیع ابعادی ذرات	۵۲
۳-۴- شکل ذرات	۵۲
۳-۵- میزان مواد جامد زیر ۵۰ میکرون	۵۳
۳-۶- فلوکولاسیون	۵۳
۳-۷- ویسکوزیته پالپ	۵۳
۳-۸- زمان سیکل فیلتراسیون	۵۳
۳-۹- درصد جامد پالپ ورودی	۵۴
۳-۱۰- میزان فشار خلاء	۵۵
فصل چهارم :روش تحقیق و ابزار	**۵۶**
۴-۱- اصول کلی	۵۷
۴-۲- معرفی مدار فیلتراسیون مجتمع چادرملو	۵۷
۴-۳- فیلترها وپمپ های مکش خطوط فرآوری مجتمع و نحوه اتصال آنها به هم	۶۰
۴-۴- آزمایش ***Leaf Test***	۶۱
۴-۵- آزمایش تعیین درجه فیلتراسیون	۶۳
۴-۶- تعیین درصد جامد خوراک وفیلتریت	۶۳
۴-۷- تعیین درصد رطوبت کیک فیلتر	۶۳
۴-۸- روش تحقیق	۶۴
۴-۸-۱- فاز اول	
مرحله اول:آنالیز سرندی خوراک مدار فیلتراسیون خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۶۴
۴-۸-۲- فاز اول	
مرحله دوم:ارزیابی مدار فیلتراسیون خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۶۵

فهرست مطالب(ادامه)

عنوان	صفحه
۴ -۸-۳- فاز دوم:انتخاب پارچه فیلتر مناسب	۶۵
۴-۸-۴- فاز سوم	
مرحله اول:بررسی نحوه تأثیر افزودن کمک فیلتر *C573* بر مدار فیلتراسیون	۶۶
۴-۸-۵- فاز سوم	
مرحله دوم:تعیین زمان آبگیری بهینه در مقیاس آزمایشگاهی	۶۶
فصل پنجم:ارائه یافته ها و تحلیل نتایج	**۶۷**
۵-۱- فاز اول	
مرحله اول:آنالیز سرندی خوراک مدار فیلتراسیون خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۶۸
۵-۲- فاز اول	
مرحله دوم:ارزیابی مدار فیلتراسیون خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۷۰
۵-۳- فاز دوم:انتخاب پارچه فیلتر مناسب	۷۳
۵-۴- فاز سوم	
مرحله اول:بررسی نحوه تأثیر افزودن کمک فیلتر *C573* بر مدار فیلتراسیون	۷۹
۵-۵- فاز سوم	
مرحله دوم:تعیین زمان آبگیری بهینه در مقیاس آزمایشگاهی	۸۰
نتیجه گیری و پیشنهادات	**۸۲**
نتیجه گیری	۸۳
پیشنهادات	۸۵
منابع ومؤاخذ	**۸۷**
پیوست	**۸۹**
پیوست۱: نتایج آنالیز سرندی خوراک مدار فیلتراسیون خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۹۰
پیوست۲: نتایج حاصل از ارزیابی اولیه مدار فیلتراسیون	۹۱
پیوست۳: نتایج حاصل از آزمایشات انتخاب پارچه فیلتر مناسب	۹۳
پیوست۴: نتایج حاصل از افزودن کمک فیلتر به مدار فیلتراسیون	۹۶
پیوست۵: نتایج آزمایشات تعیین زمان آبگیری بهینه در مقیاس آزمایشگاهی	۹۹
پیوست۶: شمای عملیات واحد های مختلف خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۱۰۰

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل۱-۱- شمای عملیات کلی خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۱۹
شکل۲-۱- نمایی از فیلتر آزاد(ماسه ای)	۲۱
شکل۲-۲- نمای کلی فیلتر فشاری	۲۲
شکل۲-۳- فیلتر فشاری با صفحه وقاب فشرده	۲۳
شکل۲-۴- نمای داخل فیلتر فشاری با صفحه وقاب فشرده	۲۳
شکل۲-۵- فیلتر فشاری با اطاق های فشرده	۲۴
شکل۲-۶- نمای داخل فیلتر فشاری با اطاق های فشرده	۲۵
شکل۲-۷- فیلتر فشاری با مخزن استوانه ای	۲۵
شکل۲-۸- فیلترنواری با نوارهای فشرده	۲۶
شکل۲-۹- سیستم فیلتراسیون خلاء	۲۷
شکل۲-۱۰- فیلتر خلاء صفحه ای	۲۸
شکل۲-۱۱- نمایی از فیلتر خلاء استوانه ای	۲۸
شکل۲-۱۲- سیستم فیلتراسیون خلاء استوانه ای	۲۹
شکل۲-۱۳- فیلتر خلاء دیسکی گردان	۳۱
شکل۲-۱۴- مقطع فیلتر خلاء دیسکی گردان	۳۲
شکل۲-۱۵- نمایی از فیلتر مسطح	۳۳
شکل۲-۱۶- فیلتر خلاء تخلیه جانبی	۳۳
شکل۲-۱۷- فیلتر خلاء نواری	۳۴
شکل۳-۱- ساختار ژلاتین	۳۷
شکل۳-۲- ساختار اصلی فلوکولانت آنیونی	۳۹
شکل۳-۳- فلوکولانت کاتیونی پلی آمین	۳۹
شکل۳-۴- ساختار پلی آکریلامید	۴۰
شکل۳-۵- مکانیزم تغییر شکل سطحی	۴۴
شکل۳-۶- مکانیزم تغییر شکل عمقی	۴۴
شکل۳-۷- مکانیزم فیلتراسیون عمقی	۴۵
شکل۳-۸- مکانیزم فیلتراسیون کیک	۴۵
شکل۳-۹- الیاف تک رشته ای،چند رشته ای و زره ای	۴۷
شکل۳-۱۰- الیاف چند رشته ای به کار گرفته شده در بافت مربعی	۴۸
شکل۳-۱۱- الیاف زره ای به کارگرفته شده در بافت مربعی	۴۸

فهرست اشکال(ادامه)

عنوان	صفحه
شکل۳-۱۲- انواع بافت پارچه فیلتر	۴۸
شکل۳-۱۳- بافت مربعی ساده و مربعی فشرده	۵۰
شکل۳-۱۴- بافت جناغی ساده، جناغی فشرده، و جناغی چند رشته ای	۵۱
شکل۳-۱۵- بافت اطلسی	۵۱
شکل۳-۱۶- انتخاب نوع سیستم فیلتراسیون بر اساس اندازه ذرات کیک ومیزان رطوبت آن	۵۲
شکل۳-۱۷- نواحی مختلف در یک سیکل کاری فیلتر	۵۴
شکل۳-۱۸-تأثیر درصد جامد پالپ ورودی بر نرخ فیلتراسیون	۵۵
شکل۳-۱۹- تأثیر دور فیلتر بر نرخ تولید کیک فیلتر	۵۵
شکل۴-۱- شمای عملیات مدار فیلتراسیون مجتمع چادرملو	۵۸
شکل۴-۲- طرح شماتیک پمپ های مکش و استوانه فیلتر و دریافت کننده ها	۶۱
شکل۴-۳- آزمایش ***Leaf Test*** برای فیلترهای خلاء استوانه ای و دیسکی گردان	۶۲
شکل۵-۱- نمودار آنالیز سرندی خوراک مدار فیلتراسیون خط۱ فرآوری مجتمع چادرملو	۶۸
شکل۵-۲- نمودار آنالیز سرندی خوراک مدار فیلتراسیون خط۲ فرآوری مجتمع چادرملو	۶۸
شکل۵-۳- نمودار آنالیز سرندی خوراک مدار فیلتراسیون خط۳ فرآوری مجتمع چادرملو	۶۹
شکل۵-۴- درصد جامد پالپ ورودی،رطوبت کیک فیلتر،جامد فیلتریت و ذرات زیر ۶۰ میکرون خط۱فرآوری	۷۰
شکل۵-۵- درصد جامد پالپ ورودی،رطوبت کیک فیلتر،جامد فیلتریت و ذرات زیر ۶۰ میکرون خط۲فرآوری	۷۱
شکل۵-۶- درصد جامد پالپ ورودی،رطوبت کیک فیلتر،جامد فیلتریت و ذرات زیر ۶۰ میکرون خط۳فرآوری	۷۱
شکل۵-۷- مقایسه میزان ذرات زیر ۶۰ میکرون خوراک فیلتراسیون خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۷۲
شکل۵-۸- مقایسه درصد رطوبت کیک فیلتر خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۷۲
شکل۵-۹- مقایسه ضخامت کیک فیلتر خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۷۲
شکل۵-۱۰- مقایسه درصد جامد فیلتریت خطوط فرآوری مجتمع چادرملو	۷۳
شکل۵-۱۱- مقایسه درصد رطوبت کیک فیلتر بافت جناغی فشرده و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۴
شکل۵-۱۲- مقایسه ضخامت کیک فیلتر بافت جناغی فشرده و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۴
شکل۵-۱۳- مقایسه درصد جامد فیلتریت بافت جناغی فشرده و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۴
شکل۵-۱۴- مقایسه درصد رطوبت کیک فیلتر بافت جناغی دو رشته ای و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۵
شکل۵-۱۵- مقایسه ضخامت کیک فیلتر بافت جناغی فشرده و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۵
شکل۵-۱۶- مقایسه درصد جامد فیلتریت بافت جناغی فشرده و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۵
شکل۵-۱۷- مقایسه درصد رطوبت کیک فیلتر بافت جناغی سه رشته ای و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۶
شکل۵-۱۸- مقایسه ضخامت کیک فیلتر بافت جناغی سه رشته ای و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۶
شکل۵-۱۹- مقایسه درصد جامد فیلتریت بافت جناغی سه رشته ای و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۶

فهرست اشکال(ادامه)

عنوان	صفحه
شکل۵-۲۰- مقایسه درصد رطوبت کیک فیلتر بافت جناغی چند رشته ای و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۷
شکل۵-۲۱- مقایسه ضخامت کیک فیلتر بافت جناغی چند رشته ای و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۷
شکل۵-۲۲- مقایسه درصد جامد فیلتریت بافت جناغی چند رشته ای و بافت مبنا(جناغی ساده)	۷۷
شکل۵-۲۳- میانگین میزان کاهش درصد رطوبت کیک فیلتر بافت های مختلف پارچه فیلتر	۷۸
شکل۵-۲۴- میانگین میزان افزایش ضخامت کیک فیلتر بافت های مختلف پارچه فیلتر	۷۸
شکل۵-۲۵- میانگین میزان کاهش درصد جامد فیلتریت بافت های مختلف پارچه فیلتر	۷۹
شکل۵-۲۶- میانگین میزان کاهش درصد رطوبت کیک فیلتر در دو مرحله آزمایش	۸۰
شکل۵-۲۷- میانگین میزان کاهش درصد جامد فیلتریت در دو مرحله آزمایش	۸۰
شکل۵-۲۸- میانگین درصد رطوبت کیک فیلتر در سه مرحله آزمایش	۸۱
شکل۵-۲۹- میانگین درصد جامد فیلتریت در سه مرحله آزمایش	۸۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول۱-۱- میزان ذخیره کانسار چادرملو به تفکیک تیپ کانه آهن	۴
جدول۳-۱- میزان تراوایی انواع پارچه های فیلتراسیون	۴۶
جدول۳-۲- مقایسه پارچه های فیلتر طبیعی و مصنوعی در شرایط عملیاتی مختلف	۴۶
جدول۳-۳- مقایسه انواع بافت پارچه فیلتر در صنایع فرآوری مواد معدنی	۴۹
جدول۴-۱- مشخصات فنی فیلترهای خلاء استوانه ای گردان مجتمع چادرملو	۵۹

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

یکی از مهمترین مراحل فرآوری مواد معدنی،کنترل درصد آب وکاهش رطوبت طی مراحل مختلف آبگیری وفیلتراسیون از محصولات مختلف فرآوری(کنسانتره وباطله)می باشد. عملکرد نامناسب مدار فیلتراسیون کنسانتره باعث بروز مشکلاتی از قبیل زیاد بودن رطوبت کنسانتره ویا از دست دادن مقدار زیادی از کنسانتره همراه آب خروجی از فیلتر می شود.شایان به ذکر است که افزایش رطوبت در محصول کنسانتره منجر به افزایش هزینه های حمل ونقل،مشکلات اساسی در حمل ونقل،کاهش بازیابی مدار فیلتراسیون وکاهش بازیابی آب برای استفاده مجدد می شود.به همین دلیل لازم است قبل از بارگیری کنسانتره،رطوبت آن به حد مطلوب رسانده شود[۱].

برای آبگیری کنسانتره های فلوتاسیون معمولاً از فیلتر استفاده می شود. در این فرآیند، ذرات جامد از مایع جدا می شوند و این مکانیزم، توسط سطحی متخلخل که منافذ آن برای عبور مایع مناسب است، انجام می گیرد و در نتیجه کیکی با رطوبت نسبی ۲۰ تا ۳۰ درصد حاصل می شود. عواملی که باعث ایجاد فشار در دو سطح فیلتر می شوند، بسیار متفاوت و ممکن است ناشی از وزن پالپ به روی سطح فیلتر باشد(فیلترهای آزاد) و یا با ایجاد فشار اضافی(فیلترهای فشاری) و یا با کاهش فشار در دو طرف دیگر فیلتر(فیلتر تحت خلاء) انجام گیرد و بالاخره ممکن است ناشی از نیروی گریز از مرکز باشد. یکی از پارامترهای اساسی فیلترها، میزان رطوبت و ضخامت محصول نهایی در کیک تولید شده است که پارامترهایی از قبیل ضخامت کیک، افت فشار در دو طرف کیک، زمان آبگیری، مقدار هوایی که در هر دقیقه از سطح فیلتر عبور می کند، گرانروی مایع، پارچه فیلتر، توزیع ابعادی ذرات جامد خوراک و دما ارزیابی می شود.

ذرات درشت تر از ۳۷/۵ میلیمتر مشکل آبگیری ندارد و می توان آنها را با سرندهای لرزان آبگیری کرد.ذرات کوچکتر از ۳۷/۵ و درشت تر از ۰/۵ میلیمتر را می توان با لرزاننده آبگیری کرد و به محصولی با رطوبت ۱۵٪ دست یافت. با وجود این بهتر است برای ذرات زیر ۱۰ میلیمتر و درشت تر از ۰/۵ میلیمتر از سانتریفوژ استفاده شود. از سانتریفوژهای جامی می توان برای آبگیری ذرات زیر ۰/۵ میلیمتر استفاده کرد و محصول به دست آمده محتوی ۱۰ تا ۲۰ درصد رطوبت است. معمولاً برای کاهش بیشتر رطوبت(برای ذرات زیر ۱۰ میلیمتر) از فیلترهای تحت خلاء گردان و از نوع دیسکی برای ذرات زیر ۰/۶ میلیمتر استفاده می شود. بدیهی است برای کاهش بیشتر رطوبت باید از خشک کن ها استفاده کرد. در مراحل آبگیری میزان قابل توجهی آب که محتوای ذرات بسیار ریز معلق و ترکیباتی که از انحلال یا تجزیه بعضی کانیها می باشند، تولید می شود. به طور کلی آب بازیابی شده از مدار فیلتراسیون نباید بیش از ۵ درصد جامد داشته باشد و pH آب نیز باید معادل ۷ باشد. بنابراین لازم است که ذرات معلق در پالپ به روشهای مختلفی مثل آگلومراسیون و فلوکولاسیون و یا ته نشینی از محیط عمل خارج شده و pH آب نیز باید کنترل شود[۲].

سطح متخلخلی که عمل فیلتراسیون توسط آن انجام می شود،اصطلاحاً پارچه فیلتر نامیده می شود.انتخاب صحیح پارچه فیلتر از اهمیت بالایی برخوردار است.امروزه انواع مختلف پارچه فیلتر ساخته شده اند که هر یک برای کاربرد خاصی مناسبند.جنس پارچه فیلتر ممکن است نخی، نایلونی، سیمی ویا ترکیبی از اینها باشد.پارامترهای مهم در انتخاب پارچه فیلتر بازدهی جدایش،کاهش آلودگی،فشار طرفین پارچه و نگهداری پارچه می باشد.الیاف پارچه فیلتر به دو صورت بافته شده وبافته نشده می باشند، که پارچه ها با الیاف بافته شده در مقایسه با نوع بافته نشده دارای بازدهی فیلتراسیون ومقاومت در برابر گرفتگی منافذ بالاتری هستند.سه نوع عمده بافت پارچه های فیلتر مربعی،جناغی واطلسی می باشند که هر کدام به صورت ساده وفشرده موجودند.پارچه فیلتر دارای بافت اطلسی نسبت به دو نوع دیگر از انعطاف پذیری بالاتری برخوردار است،اما مشخص شده است که پارچه فیلتر با بافت جناغی در فیلتراسیون مواد معدنی کارآیی بالاتری دارد.

کمک فیلترها به دو دسته فلوکولانت ها وفعال کننده های سطح تقسیم می شوند که ممکن است مجزا ویا به صورت ترکیبی استفاده شوند.فلوکولانت ها به دو دسته عمده طبیعی ومصنوعی تقسیم می شوند.فلوکولانت های طبیعی پلیمرهای آلی طبیعی اند که از زمانهای گذشته از محصولات کشاورزی حاصل ودر تصفیه آب ومشروبات استفاده می شدند.فلوکولانت های مصنوعی که به نام فلوکولانت های پلیمری در صنایع معدنی شناخته می شوند به انواع آنیونی،کاتیونی وخنثی تقسیم می شوند.

فیلتراسیون از این جهت که هر چه رطوبت کیک فیلتر کمتر باشد هزینه حمل ونقل وهزینه های بعدی خشک کردن کمتر خواهد بود،دارای اهمیت است.سایر عوامل مؤثر رطوبت کیک فیلتر،ضخامت کیک،افت فشار در دوطرف کیک،زمان آبگیری،مقدار هوا یا گازی که در هر دقیقه از سطح فیلتر می گذرد،گرانروی پالپ،کشش سطحی مایع،پارچه فیلتر،توزیع ابعادی ذرات جامد،نفوذ پذیری کیک،جرم مخصوص کیک خشک،رطوبت باقیمانده در کیک،خواص فصل مشترک(جامد،مایع وگاز)،نحوه ساخت فیلتر،متجانس بودن کیک ودما می باشد.

۱-۲-تاریخچه معدن چادرملو

مجتمع سنگ آهن چادرملو برای تولید سالیانه۵/۱ میلیون تن کنسانتره سنگ آهن وتقریباً ۱۴۴هزارتن کنسانتره آپاتیت احداث شده است.کنسانتره سنگ آهن تولیدی برای تولید فولاد احیای مستقیم وکنسانتره آپاتیت برای تولید اسید فسفریک وکود فسفاته در مجتمع های پتروشیمی مورد استفاده قرار می گیرد.

کانسار چادرملو بزرگترین کانسار آهن اکتشاف شده در ایران است.نام این کانسار ریشه در زبان دری دارد.این کلمه در اصل«چاه دره ملون» وملون نوعی گربه وحشی بوده است.کانسار چادرملو با مختصات جغرافیایی۳۲درجه و۱۷دقیقه عرض شمالی و۵۵درجه و۳۰ دقیقه طول شرقی در استان یزد و در فاصله ۱۸۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان یزد و۶۵کیلومتری شمال شهرستان بافق قرار دارد.کانسار چادرملو در دهه ۱۹۴۰توسط زمین شناس آلمانی بنام کومل شناسایی شد.پژوهشات اولیه زمین شناسی در خلال سالهای اول دهه ۱۳۴۰ تحت سرپرستی شادوران دکتر سیروس به آئین انجام وتونلهای اکتشافی حفر گردید.سپس اکتشاف کلی منطقه ومغناطیس سنجی هوایی از سال۱۳۴۷در مساحتی به وسعت ۴۰ هزار کیلومتر مربع آغاز گردید که منجر به ۵۰ ناهنجاری مغناطیسی در کل منطقه بافق،ساغند،زرند کرمان گردید که حاکی از وجود اکسید مغناطیسی آهن بود.در سال۱۳۵۲ با توجه به پتانسیل معدنی چادرملو،اکتشاف تفضیلی این کانسار برنامه ریزی و اجرا گردید[۳].پس از اکتشاف تفضیلی ذخیره کانسار چادرملو توسط گروههای مختلف مهندسی بر این اساس تعیین گردید:

جدول۱-۱- میزان ذخیره کانسارچادرملو به تفکیک تیپ کانه آهن[۳]

تیپ کانه آهن	*ذخیره(میلیون تن)*
سنگ آهن پرعیار،کم فسفر،کم گوگرد غیر اکسیده	۲۷/۹
سنگ آهن پرعیار،کم فسفر،کم گوگرد اکسیده	۶/۳
سنگ آهن پرعیار،پر فسفر،کم گوگرد غیر اکسیده	۱۷۹/۲
سنگ آهن پرعیار،پر فسفر،کم گوگرد اکسیده	۸۰/۱
سنگ آهن پر عیار،کم فسفر،پر گوگرد غیر اکسیده	۳/۸
سنگ آهن پر عیار،پر فسفر،پر گوگرد غیر اکسیده	۵۲/۱
سنگ آهن پر عیار،پر فسفر،پر گوگرد اکسیده	۲/۱
سنگ آهن کم عیار غیر اکسیده	۳۷/۴
سنگ آهن کم عیار اکسیده	۱۰
جمع	۳۹۸/۹

توضیح اینکه سنگ آهن پرعیار بیش از ۴۵٪ وکم عیار بین ۲۰ تا۴۵٪ آهن دارد.عیار فسفر کمتر از۰/۲ درصد کم فسفر وبیش از آن پر فسفر تلقی می شود.حد گوگرد برای سنگهای پر گوگرد وکم گوگرد۰/۳ درصد است.

۱-۳-کانه آرایی در مجتمع چادرملو

هدف از کانه آرایی سنگ آهن چادرملو تهیه کنسانتره مطلوب از سنگ آهن موجود برای استفاده در فولاد سازی به روش احیاء مستقیم است.در مورد کنسانتره سنگ آهن چادرملو که ناخالصیها وسایر عناصر مضر در حد مطلوب کم هستند تنها معیار تعیین کننده مطلوبیت کنسانتره ،عیار فسفر است که بایستی کمتر۰/۰۴۵درصد باشد وبه هیچ وجه از۰/۰۵درصد تجاوز نکند.بر اساس نتایج حاصله از آزمایشات کانه آرایی یک نوع کنسانتره آهن برای احیاء مستقیم و کنسانتره آپاتیت برای استفاده در صنایع پتروشیمی،فرآیند فرآوری سنگ آهن چادرملو به شرح زیر طراحی گردیده است.

در اینجا لازم است متذکر گردد که با توجه به محدودیت ظرفیت برخی ماشین آلات وقابلیت اطمینان کاری بیشتر وحداکثر استفاده از ظرفیت کارخانه در صورت خرابیهای اتفاقی،خطوط فرآوری با ظرفیت سالیانه هر خط۱/۷ میلیون تن کنسانتره بصورت مستقل از همدیگر طراحی شده اند.در مرحله اول بهره برداری سه خط فرآوری با مجموع ظرفیت۵/۱ میلیون تن کنسانتره در سال پیش بینی شده است که در مراحل دوم وسوم توسعه با افزودن یک خط در هر مرحله نهایتاً به ظرفیت۸/۵میلیون تن کنسانتره قابل توسعه است.نظر به اینکه واحدهای سنگ شکنی،همگن سازی،نوارهای نقاله ونیز ایستگاه بارگیری قابل توسعه نمی باشند،لذا این واحد ها برای ظرفیت نهایی توسعه یعنی ۱۲میلیون تن سنگ آهن خام و۸/۵میلیون تن کنسانتره طراحی ودر نظر گرفته شده اند[۳].شمای عملیات کلی خطوط فرآوری مجتمع چادرملو در شکل۱-۱ در انتهای این فصل آمده است.

۱-۳-۱- واحد سنگ شکنی وهمگن سازی

سنگ آهن استخراج شده از معدن در ابعاد حداکثر۹۰۰میلیمتر بوسیله کامیونهای۱۳۰تنی به قیف ورودی سنگ شکن ریخته می شود. طراحی قیف ورودی سنگ شکن به نحوی است که امکان تخلیه همزمان دو کامیون از دو طرف را میسر می سازد.سنگ شکن از نوع ژیراتوری با ظرفیت اسمی۲۳۰۰تن در ساعت،سنگ آهن ورودی را تا ابعاد زیر ۳۰۰میلیمتر شکسته ودر سیلویی بتنی زیر سنگ شکن که حجم مفید آن ۱۰۰متر مکعب است انبار می نماید. همزمان فیدر لرزشی با ظرفیت متغییر ۲۳۰۰-۱۱۵۰تن در ساعت سنگ آهن شکسته شده را تخلیه و از طریق نوار نقاله(با ظرفیت۲۳۰۰تن درساعت، طول۱۲۵۶متر وعرض ۱متر)به واحد همگن ساز ارسال میدارد.سطح مواد در سیلوی بتنی زیر سنگ شکن بوسیله سنسورهایی کنترل می گردد که در صورت رسیدن سطح مواد به ۱۰ درصد، تخلیه

را متوقف ساخته وپس از پر شدن مخزن به میزان ۱۰۰درصد مجدداً تخلیه را آغاز نموده و درحد۵۰درصد تخلیه را کاهش می دهد[۳].

به منظور کنترل کیفی سنگ آهن ارسالی به واحد همگن ساز،تجهیزات نمونه گیری شامل نمونه گیر اتوماتیک،اسکیب برای انتقال نمونه به بخش آماده سازی نمونه در واحد سنگ شکن،سنگ شکن های فکی آزمایشگاهی وتقسیم کننده های نمونه وظروف جمع آوری نمونه ها نیز پیش بینی وطراحی گردیده است.سنگ آهن خرد شده به وسیله نوار نقاله به واحد همگن ساز ارسال می گردد.این واحد به منظور تهیه خوراک همگن شده ودارای کیفیت یکسان برای واحد کانه آرایی طراحی شده است.واحد همگن ساز از دو انبار موازی باهم به گنجایش تقریبی هریک ۲۳۰هزار تن تشکیل گردیده وهمیشه در حالیکه یک انبار در حال پرشدن است،انبار دیگر در حال تخلیه است.

انباشت به روش رشته ای-ریسه ای[1] توسط سیستم انباشت[2] انجام می شود که ظرفیت انباشت آن ۲۳۰۰تن در ساعت است.برداشت به وسیله سیستم برداشت[3] متشکل از دو چرخ سطل دار با حرکت افقی از کل مقطع انبار انجام می شود.ظرفیت این دستگاه برای۵خط تولیدیعنی۱۹۶۰تن درساعت طراحی شده است.به منظور جابجایی دستگاه برداشت از یک انبار به انبار دیگر یک دستگاه ماشین انتقال[4] پیش بینی شده است.

۱-۳-۲- واحد خردایش

هدف این واحد تولید خردایش سنگ آهن شکسته وهمگن شده در آسیای نیمه خود شکن وکاهش دانه بندی ورودی از حدود۸۰درصد زیر ۲۰۰میلیمتر تا حد ۸۰درصد زیر ۲۰۰میکرون به منظور حصول به درجه آزادی مناسب جهت جدایش مگنتیت از هماتیت وبقیه کانی های همراه می باشد.ماشین آلات وتجهیزات پیش بینی وطراحی شده برای این واحد تولید عبارتند از:

۱-۳-۲-۱- خوراک دهنده ها(*Feeders*)

چهار دستگاه خوراک دهنده در زیر هر یک از سیلوهای ۱۰۰۰تنی تعبیه شده است که بصورت دوتایی و ضربدری،عمل تغذیه خوراک را بر روی نوار نقاله ورودی آسیای نیمه خود شکن انجام می دهند.

۱-۳-۲-۲-آسیای نیمه خود شکن(*Semi Autogenous Mill*)

آسیای نیمه خود شکن موجود در هریک از خطوط فرآوری از نوع دیافراگمی به قطر ۹/۷ وطول۴متر ساخت شرکت کروپ کشور آلمان با ظرفیت اسمی ۵۵۰تن در ساعت،حاوی دو موتور کوپل

1.Windrow
2.Stacker
3.Reclaimer
4.Transfer

مکانیکی هر یک با توان ۴۰۰۰ کیلو وات وسرعتی در حدود۱۲ دور در دقیقه می باشد.انرژی مصرفی آن بر اساس بار ورودی ۳۹۲ تن بر ساعت واحتساب توان ۸۰۰۰کیلووات برای هر تن بار تقریباً برابر ۲۰ کیلووات ساعت است[۳].

شایان بذکر است که طراحی اولیه این آسیا به صورت خود شکن[1] بوده و در مراحل بعد از بهره برداری، بنا به شرایط خاص کانسنگ معدن چادرملو، با شارژ مقداری گلوله ۱۲۵میلیمتری،بصورت نیمه خود شکن در آمده است.کانسنگ انباشته در سیلوی ۱۰۰۰تنی بوسیله یک دستگاه نوار نقاله به آسیای نیمه خود شکن خورانده می شود.میزان کل بار داخل آسیا معادل ۳۰٪ حجم آن است.

۱-۳-۲-۳- سرند ارتعاشی سر کوتاه(*Low Head Vibrating Screen*)

این مجموعه سرند که دارای ۱۱۲ سرند در دو طبقه هر یک با سطح۹/۶۶ متر مربع می باشد.سرند مزبور با ظرفیت ۵۵۰ تن در ساعت جامد با آسیای نیمه خود شکن در مدار بسته قرار دارد.خروجی آسیا با ۷۵٪ جامد به این سرند تغذیه شده و سرریز آن که حاوی ۱۱۸ تن بر ساعت جامد بوده بوسیله سه دستگاه نوار نقاله سری هر کدام با ظرفیت ۱۵۰ تن در ساعت،به آسیای نیمه خود شکن برگشت داده می شود.دانسیته خروجی این مرحله باید کنترل ودر حد۱/۴ تا۱/۵ تن بر متر مکعب نگه داشته شود[۳].

لازم به ذکر است که تنظیم دانسیته در مراحل مختلف بر اساس مشخصات بار ورودی کارخانه و وضعیت مراحل مختلف کارخانه به نحوی انجام می گیرد که جدایش به نحو مطلوب انجام گرفته و باعث سرریز شدن مخازن پمپ ها نشود.

۱-۳-۳- واحد جداکننده مغناطیسی اولیه

بار خروجی از مدار بسته آسیای نیمه خود شکن با۳۴/۲ درصد جامد به تانک توزیع کننده جداکننده های مغناطیسی اولیه پمپ می شود.تناژ جامد ورودی به این مرحله در حدود ۴۳۲ تن در ساعت می باشد.کنسانتره این جداکننده ها با وزن مخصوص ۴۹۰۰کیلوگرم بر متر مکعب جامد که حاوی کانه مغناطیسی درگیر با ناخالصی ها ومواد مضر است جهت خردایش بیشتر وجدایش مغناطیسی چند مرحله ای به منظور تولید کنسانتره نهایی مغناطیسی، به مدار بسته آسیای گلوله ای تغذیه می گردد.بخش غیر مغناطیسی با وزن مخصوص ۴۲۰۰کیلوگرم بر متر مکعب جامد وحدود ۲۰ درصد جامد که حاوی کانیهای آهن غیر مغناطیسی و ناخالصی های مختلف و مواد مضر است به واحد جداکننده مغناطیسی گرادیان بالا ارسال می گردد[۳].

1.Autogenous Mill

شمای عملیات واحد خردایش وجداکننده های مغناطیسی اولیه در شکل۶-۱در بخش پیوست۶ آمده است.ماشین آلات وتجهیزات پیش بینی وطراحی شده برای این واحد عبارتند از:

۱-۳-۳-۱- جداکننده مغناطیسی اولیه میدان متوسط *(Rougher MIMS)*

این نوع جداکننده ها به صورت تر می باشند. هدف از جداکننده های مغناطیسی اولیه که از نوع میدان متوسط می باشند،حذف کانیهای غیر مغناطیسی در جهت کاهش بار ورودی آسیای گلوله ای مدار مگنتیت است.لازم بذکر طول استوانه جداکننده های کوچک مزبور۲۶۴۰میلیمتر وطول استوانه جداکننده بزرگ۳۸۴۰میلیمتر بوده وقطر استوانه وسرعت چرخش آنها به ترتیب برابر۱۲۰۰میلیمتر و ۲۵ دور بر دقیقه با جهت چرخش هم جهت با جریان پالپ می باشد[۴].

۱-۳-۳-۲-کلاسیفایر *(Classfire)*

باطله جداکننده مغناطیسی اولیه،جهت تنظیم دانه بندی مورد نیاز مراحل بعدی،وارد یک دستگاه کلاسیفایر مارپیچی می شوند.تنظیم ارتفاع این کلاسیفایر بعد از راه اندازی طوری انجام گرفت که بخش دانه درشت تقریباً فاقد آب و درصد جامد بالای ۹۰٪ می باشد.بخش دانه درشت مذکور با۲۷تن در ساعت جامد خشک بعد از جدایش،بوسیله نوار نقاله های مدار آسیای نیمه خود شکن وارد آسیای مزبور می شود.همچنین بخش دانه ریز آن با ۸۰درصد جامد،جهت جدایش بقیه مواد دانه درشت به سمت سرندی از نوع دوغابی پمپ می گردد.

۱-۳-۳-۳- سرند اسلاری *(Slurry Screen)*

بخش دانه ریز کلاسیفایر،بعد از جمع آوری در یک تانکی، به سرند کنترل دانه بندی ورودی بخش جدا کننده های مغناطیسی گرادیان زیاد به نام سرند اسلاری (گلابی) پمپ می شود.سرند مذکور دارای سطح ۲۰متر مربع وچشمه هایی به ابعاد۷۰۰میکرون است[۴].

شایان به ذکر است که مواد ورودی این سرند۱۹/۲درصد جامد و۲۱۳ تن در ساعت جامد می باشد.سرریز این سرند با ۱۳ تن در ساعت جامد،جهت خردایش بیشتر به آسیای نیمه خود شکن برگشت داده می شود و ته ریز آن بعد از جمع آوری در یک تانکی، به مخزن توزیع کننده[1] بار ورودی بخش جدایش مغناطیسی گرادیان بالا پمپ می گردد.در صورت بروز هر گونه مشکلی در بخش جداکننده مغناطیسی گرادیان بالا،پالپ مزبور بجای ورود به مخزن توزیع کننده مزبور، بمنظور جلوگیری از توقف کامل خط تا رفع مشکل به تیکنر اصلی باطله پمپاژ می شود.لازم بذکر است که

1.Distributer