بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

معاونت آموزشی دانشگاه- مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت پایان نامه

اینجانب ابوعلی نقیب زاده دانشجوی رشته مهندسی عمران-سازه مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد بدین وسیله اصالت کلیه مطالب موجود در مباحث مطروحه در پایان نامه / تز تحصیلی خود، با عنوان بررسی عوامل موثر در رابطه با مدیریت پروژه های عمرانی در شهر اصفهان با تاکید بر روش های نوین مدیریت را تایید کرده، اعلام می نمایم که تمامی محتوی آن حاصل مطالعه ، پژوهش و تدوین خودم بوده و به هیچ وجه رونویسی از پایان نامه و یا هیچ اثر یا منبع دیگری، اعم از داخلی، خارجی و یا بین المللی ، نبوده و تعهد می نمایم در صورت اثبات عدم اصالت آن و یا احراز عدم صحت مفاد و یا لوازم این تعهد نامه در هر مرحله از مراحل منتهی به فارغ التحصیلی و یا پس از آن و یا تحصیل در مقاطع دیگر و یا اشتغال و ... دانشگاه حق دارد ضمن رد پایان نامه نسبت به لغو و ابطال مدرک تحصیلی مربوطه اقدام نماید. مضافاً اینکه کلیه مسئولیت ها و پیامدهای قانونی و یا خسارت وارده از هر حیث متوجه اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء و تاریخ

۹۰/۴/۱

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

معاونت آموزشی – مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم تأییدیه‌ی هیأت داوران جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه/رساله

بدین وسیله گواهی میشود جلسه دفاعیه از پایان نامه کارشناسی ارشد/دکتری ..... انوعی نقیب زاده .....
دانشجو در رشته ..... گرایش ..... تحت عنوان ..... بررسی عوامل مؤثر در ..... برگزار
در تاریخ ۱۳۹۷/۶/۲۵ در دانشگاه بر گزار گردید و این پایان نامه با نمره ۱۸/۵ و درجه عالی مورد تایید هیئت داوران قرار گرفت.

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما				
۲	استاد مشاور				
۳	داور خارج				
۴	داور داخل				
۵	نماینده تحصیلات تکمیلی				

تقدیم به

پدر و مادر مهربان و دلسوزم

تشکر و قدردانی

پس از حمد و سپاس خداوند متعال

بدین وسیله از جناب آقای دکتر عزت اله مظفری که استاد راهنما و جناب آقای دکتر علی فضلوی که استاد مشاور بنده در انجام این پایان نامه بوده اند و با راهنماییهای ارزنده شان این راه دشوار را بر بنده سهل نمودند، تشکر می کنم.

از جناب آقای دکتر عباس سام استاد محترم بخش مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ جناب آقای مهندس هادی شمس پور مشاور صنعتی محترم؛ جناب آقای مهندس فرشید زمانی مدیریت محترم سابق امور فرآوری و جناب آقای مهندس رفیع زاده مدیریت محترم جدید امور فرآوری؛ جناب مهندس حسنی مدیریت محترم واحد تحقیق و توسعه و جناب مهندس امیر پرویز مهرانی مدیریت محترم واحد اصلاح خطوط؛ کارشناسان محترم فرآوری، کارکنان محترم مرکز اسناد فنی و آزمایشگاه کانه آرایی و تمامی کسانی که مرا در انجام این تحقیق یاری رسانده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

یکی از مشکلات کارخانه فراوری سنگ آهن گل گهر، مهار باطله تر خروجی از کارخانه فراوری می باشد. هم اکنون کارخانه فراوری سنگ آهن گل گهر، دارای باطله تر خروجی با محتوای ۴۰ درصد می باشد. با توجه به قرار گرفتن مجتمع سنگ آهن گل گهر در منطقه خشک و کم آب، برای بازیابی آب بیشتر از تیکنر و جلوگیری از به هدر رفتن آب صنعتی و نیز تسهیل در انتقال مواد و حفظ محیط زیست باید تا حد امکان درصد جامد باطله تر مورد نظر را بالا برد. یکی از روش هایی که در فرآیند آبگیری کارخانه های فراوری کانسنگ های فلزی از جمله کارخانه فراوری سنگ آهن گل گهر، کاربرد بهینه دارد، فرآیند آبگیری توسط تیکنر های مخروطی عمیق می باشد. با افزایش درصد جامد دوغاب با استفاده از تیکنر مخروطی عمیق، دوغاب باطله به صورت خمیری باطله تبدیل می شود.

هدف از انجام این پروژه، ساخت دستگاه تیکنر مخروطی عمیق در مقیاس آزمایشگاهی و تولید باطله تر کارخانه به شکل خمیری با درصد جامد حدود ۸۰ درصد، جهت بازیافت آب و کاهش حجم سد باطله است. بر این اساس ابتدا آزمایش های ته نشینی در استوانه مدرج انجام و درصد جامد مناسب جهت خوراک دهی به تیکنر با استفاده از معیار شار ته نشینی ، ۵ درصد انتخاب شد. سپس با مقایسه فلوکولانت A27 ، فلوکولانت فعلی کارخانه با ۶ نمونه فلوکولانت آنیونی شرکت فالیزان، تاثیر فلوکولانت فعلی کارخانه در سرعت ته نشینی باطله تر بررسی شد. پس از آن به منظور بررسی عوامل موثر در فرایند آبگیری تیکنر های مخروطی عمیق، دو دستگاه تیکنر مخروطی عمیق در مقیاس آزمایشگاهی با ارتفاع ۲ متر و ۴ متر در واحد نیمه صنعتی مجتمع سنگ آهن گل گهر ساخته شد و آزمایش هایی در حالت خوراک دهی ناپیوسته و خوراک دهی پیوسته با استفاده از این دو دستگاه انجام شد. بر اساس آزمایشات انجام شده با این دو دستگاه، تاثیر عوامل ارتفاع تیکنر، زمان ماند، ارتفاع گل و نرخ فلوکولانت بر فرایند آبگیری باطله تر و تولید خمیر باطله از دوغاب باطله بررسی و مقدار مناسب عوامل مذکور به ترتیب ۴ متر، ۶ ساعت، ۲/۵ متر و ۲۰ گرم بر تن تعیین شد. در پایان امکان سنجی استفاده از تیکنر مخروطی عمیق با روش تحلیل جایگزینی در مجتمع سنگ آهن گل گهر مورد تحقیق قرار گرفت.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول :مقدمه	۱
۱-۱-کلیات	۱
۱-۲- ته نشین کردن مواد	۲
۱-۳- فلوکولانت ها	۳
۱-۴- تجهیزات ته نشینی	۶
۱-۲-۱- تیکنر معمولی	۶
۱۱-۲-۳- تیکنر لاملا	۷
۱-۲-۴- تیکنر مخروطی عمیق	۸
۱-۲-۴-۱- خصوصیات خمیر حاصل از تیکنر مخروطی عمیق	۹
۱-۲-۴-۱-۱- رئولوژی خمیر	۹
۱-۲-۴-۱-۱- تنش تسلیم	۱۱
۱-۵- پارامتر های فرایند	۱۲
۱-۵-۱- مکانیزم پاروها	۱۳
۱-۶- شتشو با جریان مخالف	۱۴
۱-۷- آشنایی با مجتمع سنگ آهن گل گهر	۱۵
۱-۸- کانی شناسی سنگ آهن گل گهر از دیدگاه فرآوری	۱۵
۱-۹- معرفی کارخانه فرآوری سنگ آهن گل‌گهر	۱۶
فصل دوم :مروری بر تحقیقات گذشته	
۲-۱- مقدمه	۲۰
۲-۲- خلاصه ای از پروژه های تحقیقاتی در مورد تیکنر ها	۲۰
فصل سوم :مواد و روش تحقیق	
۳-۱- مقدمه	۲۴
۳-۲- نمونه گیری	۲۴
۳-۳- آزمایش های ته نشینی در استوانه مدرج	۲۵
۳-۳-۱: سرعت ته نشینی	۲۶
۳-۳-۲- شار ته نشینی	۲۶
۳-۳-۳- تاثیر درصد جامد بر سرعت ته نشینی	۲۷
۳-۳-۴- تاثیر نوع فلوکولانت ها بر سرعت ته نشینی	۲۷
۳-۴- انجام آزمایش ها با دستگاه تست ریگ	۲۷
۳-۴- دستگاه تست ریگ	۲۷
۳-۴-۱- آزمایش های دستگاه تست ریگ در حالت خوراک دهی ناپیوسته	۳۰
۳-۴-۱-۱- آزمایش اندازگیری اثر ارتفاع و زمان ماند	۳۰
۳-۴-۱–۲- آزمایش اندازه گیری اثر ارتفاع گل	۳۰

۳-۴-۱-۳- آزمایش اندازه گیری نرخ فلوکولانت ۳۰
۳-۴-۲- آزمایش های دستگاه تست ریگ در حالت خوراک دهی پیوسته ۳۱
۳-۵- تعیین معادله ته نشینی باطله آهن در استوانه مدرج ۳۴
۳-۶- امکان سنجی طرح تیکنر مخروطی عمیق در کارخانه فرآوری سنگ آهن گل گهر ۳۶
فصل چهارم : ارائه یافته ها و نتایج
۴-۱- توزیع اندازه ذرات باطله تر ۳۹
۴-۲- آزمایش های ته نشینی در استوانه مدرج ۴۰
۴-۲- ۱- تاثیر درصد جامد خوراک ورودی بر سرعت ته نشینی ۴۰
۴-۳-۲- تاثیر نوع فلوکولانت ها بر سرعت ته نشینی ۴۶
۴-۲-۲- تاثیر نوع فلوکولانت ها بر سرعت ته نشینی ۴۳
۴-۳- **ضرا**یب معادله ته نشینی باطله آهن در استوانه مدرج ۴۵
۴-۴- مجموع آزمایش ها با دستگاه تست ریج در حالت خوراک ناپیوسته ۴۶
۴-۴-۱- آزمایش اندازگیری اثر ارتفاع و زمان ماند ۴۶
۴-۴-۲ – آزمایش اندازه گیری اثر ارتفاع گل ۴۹
۴-۴-۳- آزمایش اندازه گیری نرخ فلوکولانت ۵۰
۴-۵- آزمایش های دستگاه تست ریگ در حالت خوراک دهی پیوسته ۵۲
۴-۶- امکان سنجی طرح تیکنر مخروطی عمیق در کارخانه فرآوری سنگ آهن گل گهر ۵۶
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۶۰
منابع ۶۱
پیوست ۶۳
پیوست۱ : منحنی ته نشینی در درصد جامد های متفاوت با استفاده از فلوکولانت A27 ۶۴
پیوست ۲: منحنی های ته نشینی مربوط به فلوکولانت های شرکت فالیزان در درصد جامد ٪ ۵ ۶۶

فهرست شکل ها

شماره	عنوان	صفحه
شکل ۱-۱	تجمع ذرات در اثر فرآیند کوگولاسیون	۲
شکل ۱-۲	مکانیزم عملکرد فلوکولانت ها در برقراری پل فیزیکی بین ذرات	۴
شکل ۱-۳	تصویر شماتیک خنثی سازی بار در فلوکولاسیون	۴
شکل ۱-۴	نمای کلی یک تیکنر معمولی	۶
شکل ۱-۵	نمای کلی از لاملا	۷
شکل ۱-۶	نمای کلی از تیکنر مخروطی عمیق	۸
شکل۱- ۷	سیستم E-DUC feed well	۹
شکل ۱- ۸	باطله خمیری باطله آهن با درصد جامد ۸۰٪	۱۰
شکل ۱-۹	منحنی تنش تسلیم بر اساس درصد جامد	۱۲
شکل۱-۱۰	پاروهای تیکنر های مخروطی عمیق	۱۳
شکل۱-۱۱	شستشو با جریان مخالف با استفاده از تیکنرهای مخروطی	۱۴
شکل۱-۱۲	شمای کلی عملیات کارخانه فرآوری مجتمع سنگ آهن گل گهر	۱۸
شکل۳-۱	مراحل ته نشینی مواد در یک آزمایش ته نشینی	۲۵
شکل۳-۲	منحنی ارتفاع خط گل نسبت به زمان	۲۶
شکل ۳-۳	تصویری شماتیک از دستگاه تست ریگ و جریان های مرتبط با آن	۲۸
شکل۳-۴	دستگاه تست ریج با ارتفاع ۴ متر	۲۹
شکل۳-۵	دستگاه تست ریج با ارتفاع ۲ متر	۲۹
شکل۳-۶	مدل سه ناحیه ای در تیکنر پیوسته برای آزمایش ته نشینی	۳۱
شکل ۴-۱	آنالیز سرندی نمونه باطله تر	۳۹
شکل ۴-۲	نمودار ته نشینی باطله در درصد جامد ۵٪	۴۰
شکل ۴-۳	نمودار ته نشینی باطله در درصد جامد های مختلف	۴۱
شکل ۴-۴	شار ته نشینی در درصد جامد های مختلف	۴۲
شکل ۴-۵	سرعت ته نشینی با نمونه شماره ۶۲۱۳	۴۳
شکل ۴-۶	منحنی ته نشینی فلوکولانت های شرکت فالیزان در دامنه ته نشینی آزاد	۴۴
شکل ۴-۷	اثر زمان ماند و ارتفاع بر درصد جامد خروجی	۴۷
شکل ۴-۸	نحوه خارج شدن خمیر در دستگاه با ارتفاع ۲ متر	۴۸
شکل ۴-۹	نحوه خارج شدن خمیر در دستگاه با ارتفاع ۴ متر	۴۸
شکل ۴-۱۰	نمودار درصد جامد بر حسب ارتفاع	۴۹
شکل ۴-۱۱	شکل لخته ها قبل و بعد از آبگیری	۵۰
شکل ۴-۱۲	بررسی غلظت مختلف فلوکولانت بر درصد جامد خمیر خروجی از دستگاه	۵۱
شکل ۴-۱۳	درصد جامد بر حسب ارتفاع در یک دوره شش ساعته با خوراک دهی پیوسته	۵۳
شکل ۴-۱۴	نرخ افزایش درصد جامد در ناحیه ته نشینی آزاد در دستگاه تست ریگ	۵۴
شکل ۴-۱۵	نرخ افزایش درصد جامد در ناحیه فشار ارتفاع ۲/۵ تا ۱ متر	۵۵

شکل ۴-۱۶ نرخ افزایش درصد جامد در ناحیه فشار ارتفاع ۱ تا ۰ متر ۵۵

فهرست جدول ها

شماره عنوان صفحه

جدول ۱-۱ مشخصات اسمی تیکنر معمولی کارخانه گل گهر ۱۷
جدول ۱-۲ آنالیز شیمیایی باطله تر نهایی کارخانه فرآوری سنگ آهن گل گهر ۱۷
جدول ۳-۱ مقادیر پارامترهای رابطه (۳-۳) ۳۳
جدول ۳-۲ مقادیر پارامترهای رابطه (۳-۴) ۳۳
جدول ۳-۳ محاسبات مربوط به رابطه ۳-۴ و آزمایش های استوانه مدرج ۳۵
جدول ۴-۱ آنالیز سرندی نمونه باطله تر ۳۹
جدول ۴-۲ ارتفاع خط گل بر حسب زمان در درصد جامد ۵٪ ۴۱
جدول ۴-۳ شار ته نشینی در درصد جامد های مختلف ۴۲
جدول ۴-۴ سرعت ته نشینی با نمونه فلوکولانت شماره ۶۲۱۳ ۴۴
جدول ۴-۵ مقایسه فلوکولانت های شرکت فالیزان با نمونه فعلی کارخانه ۴۵
جدول ۴-۶ ضرایب معادله (۳-۴) ۴۵
جدول ۴-۷ اثر زمان ماند و ارتفاع بر درصد جامد خروجی ۴۷
جدول ۴-۸ درصد جامد بر حسب ارتفاع ۴۹
جدول ۴-۹ بررسی نرخ های مختلف فلوکولانت بر درصد جامد خمیر ۵۱
جدول ۴-۱۰ درصد جامد بر حسب ارتفاع در یک دوره شش ساعته ۵۲
جدول ۴-۱۱ مشخصات تیکنر مخروطی ۵۶
جدول ۴-۱۲ میزان مصرف برق دو نوع تیکنر در سال ۵۷
جدول۴-۱۳ میزان صرفه جویی سالانه در هزینه ها نسبت به تیکنر معمولی ۵۷
جدول۴-۱۴ میزان افزایش هزینه های سالانه نسبت به تیکنر معمولی ۵۷

فصل اول

مقدمه

پیوست

۱-۱- کلیات

اکثر روش های مختلف فرآوری مواد معدنی به صورت تر انجام می شوند. بدیهیست که محصول پر عیارشده ی نهایی و باطله به صورت پالپی با درصد جامد متفاوت خواهد بود. با توجه به کمبود آب و تسهیل در انتقال مواد و نیز حفظ محیط زیست لازم است که کنسانتره و باطله تا حد مشخصی آبگیری شوند. بنابراین آب برگشتی می تواند دوباره به خط تولید وارد شده و از اتلاف آن جلوگیری شود. در مراحل مختلف آرایش مواد معدنی نیز ممکن است آبگیری جزئی پالپ به منظور تنظیم غلظت آن ضروری باشد[۱].

روش های آبگیری را به طور کلی می توان به سه دسته تقسیم کرد:

- ته نشین کردن (Sedimentation)
- فیلتر کردن (Filtration)
- خشک کردن (Drying)

در شرایطی که اختلاف چگالی مایع و جامد زیاد باشد روش ته نشین کردن دارای بهترین بازدهی است. ته نشینی ثقلی رایج ترین روش آبگیری مواد در کانه آرایی است، این روش نسبتا ارزان و در ظرفیت های بالا دارای کاربرد است. عملیات ته نشینی در حوضچه هایی انجام می شود که به آنها تیکنر(thickener) می گویند. در نتیجه ی ته نشین شدن دانه های جامد، در بخش فوقانی تیکنر، لایه ای از آب زلال تشکیل می شود. در اکثر حالات غلظت پالپ در داخل تیکنر زیاد است و ته نشینی دانه ها در ناحیه سقوط با مانع صورت می گیرد. پالپ ته ریز نیز از قسمت تحتانی تیکنر خارج می شود[۱].

تیکنرها می توانند بصورت پیوسته یا غیر پیوسته مورد استفاده قرار گیرند. تیکنر معمولی از یک تانک با مقطع دایره و با عمق کم که آب شفاف از قسمت فوقانی و پالپ با درصد جامد بالا از قسمت زیرین خارج می شود، تشکیل شده است. اغلب تیکنر ها یک یا چند پارو دارند که روی هر کدام تیغه هایی با زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه نسبت به راستای پارو نصب شده که می تواند در هدایت پالپ غلیظ شده به ته ریز موثر تر باشند. تانک های تیکنر از فولاد یا بتن و یا ترکیبی از هر دوی آنها ساخته می شوند [۲].

تیکنر پیوسته از یک حوضچه ی استوانه ای تشکیل شده است. پالپ اولیه از طریق لوله ای که در قسمت مرکزی حوضچه قرار دارد، وارد تیکنر می شود تا بدین ترتیب حتی المقدور تلاطم کمتری در محیط ایجاد کند. مایع صاف شده از طریق کانالی که در پیرامون بخش فوقانی تیکنر پیش بینی شده است، خارج می شود. حال آنکه دانه های جامد به صورت پالپ از مجرایی که در بخش مرکزی قسمت تحتانی تعبیه شده است، به خارج هدایت می شود.، برای سهولت در تخلیه دانه های

ته نشین شده، قسمت تحتانی تیکنر دارای شیب ملایمی به سمت مرکز آن است. به علاوه یک یا تعدادی بازوی گردان مجهز به یک سری پره در قسمت تحتانی قرار داده شده است تا مواد ته نشین شده را به سمت مجرای مرکزی هدایت کند. در تیکنرهای جدیدتر، این بازوها به نحوی طراحی شده اند که در صورت اعمال نیرویی بیش از حد مجاز به تیکنر، به صورت اتوماتیک به سمت بالا حرکت می کنند و به این ترتیب از آسیب دیدن آنها جلوگیری می شود[۲].

۱-۲- ته نشین کردن مواد

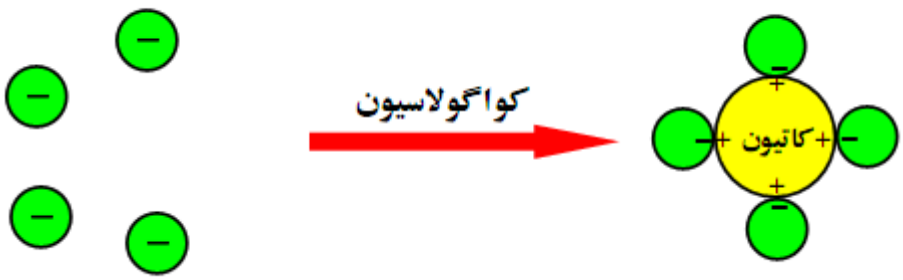
ته نشینی سریع ذرات در یک پالپ، باعث تشکیل دو فاز کاملا مشخص شفاف (بدون ذرات جامد) و کدر (حاصل از تجمع ذرات جامد) می شود. وقتی که ابعاد ذرات خیلی ریز (در حد چند ده میکرون) باشد، سرعت سقوط آنها خیلی کم می شود. جهت ته نشینی پالپ، از مواد شیمیایی (فلوکولانت و کوگولانت) استفاده می شود[۱].

انواع روش های ته نشینی مواد با استفاده از مواد شیمیایی عبارتند از [۱]:

- **انعقاد سازی (Coagulation)**
- **لخته سازی (flocculation)**

انعقاد عبارت است از افزودن و اختلاط سریع یک ماده ی منعقد کننده به منظور ناپایدار سازی کلوئید ها و ذرات معلق بسیار ریز و به هم پیوستن اولیه ذرات ناپایدار شده (تشکیل لخته های کوچک)[۱].

به منظور خنثی کردن بارهای منفی روی ذرات از کواگولانت ها یا نمک های معدنی که شامل کاتیون ذرات $Al^{3+}, Ca^{2+}, Fe^{3+}$ است، استفاده می شود که در نتیجه آن، ذرات تجمع کرده و سرعت ته نشینی آنها افزایش پیدا می کند (شکل ۱-۱) [۲و۳].



شکل ۱-۱ : تجمع ذرات در اثر فرایند کوگولاسیون[۳]

لخته سازی عبارت است از به هم زدن آهسته یا اختلاط آرام برای به هم پیوستن ذرات ناپایدار شده و تشکیل لخته هایی با سرعت ته نشینی بالا (تشکیل لخته های بزرگ)[۱]. لخته سازی ذرات توسط مواد شیمیایی فلوکولانت انجام می شود.

عوامل زیادی بر فرایند انعقاد و لخته سازی تاثیر گذارند که مهمترین این عوامل عبارتند از:

- *PH*: تغییرات *PH* که از شرایط بسیار مهم برای تشکیل لخته های درشت است، *PH* محیط باید در محدوده ای باشد که رسوب ایجاد شده کمترین محلولیت را داشته باشد[۳].
- دما: تشکیل لخته ها در درجه حرارت های متعادل و ملایم با سرعت بیشتری انجام می شود و در درجه حرارت پایین بازدهی عملیات انعقاد را کاهش می دهند[۳].
- زمان لازم برای فرآیند انعقاد و لخته سازی: در فرآیند انعقاد و لخته سازی دو مرحله به هم زدن مورد نیاز است: مرحله بهم زدن تند (Rapid mix) و مرحله به هم زدن آهسته (Agitation). در مرحله اول هدف پخش ماده منعقدکننده و ذرات به طور یکنواخت در همه ی نقاط محلول است. به هم زدن تند را می توان ۱۰۰ الی ۲۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱ تا ۳ دقیقه انتخاب نمود. مرحله بهم زدن آهسته بلافاصله بعد از مرحله اول صورت می گیرد، درجه ی این بهم زدن باید در حدی باشد که لخته ها را در حالت تعلیق و حرکت نگه دارد، به هم زدن کند را می توان ۲۰ الی ۴۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه انتخاب نمود[۴]. البته این نکته باید توجه داشت که بهم زدن تند و طولانی پیوندهای تشکیل شده را متلاشی نموده و موجب پایدارسازی مجدد ذرات می شود و بدین ترتیب کارآیی فرآیند انعقاد را کاهش می دهد.

۱-۳- فلوکولانت ها

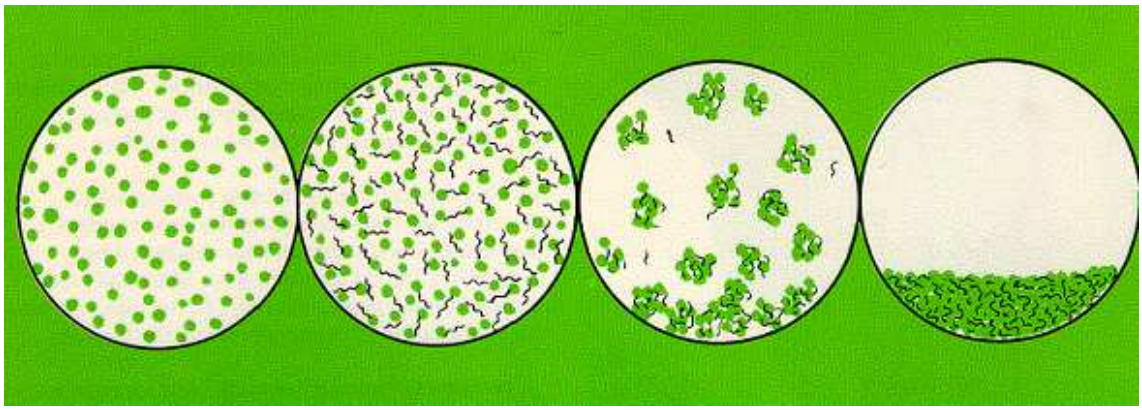
به مواد شیمیایی طبیعی یا سنتز شده ای که با مکانیزم مشخص باعث چسبیدن ذرات به یکدیگر و ایجاد مجموعه ذرات می شوند، فلوکولانت می گویند. این مجموعه از ذرات به دلیل وزن بیشتر نسبت به ذرات منفرد ته نشینی سریع تری خواهند داشت. به مجموعه ذراتی که توسط فلوکولانت ایجاد می شوند لخته گفته می شود[۵].

به طور کلی مکانیزم ایجاد لخته به دو دسته تقسیم می شوند که در ذیل شرح داده شده است.

الف- ایجاد پل (Bridging)

فرآیند سنتز پلیمرها برای فرآیند فلوکولاسیون باید به نحوی باشد که به کمک آن بتوان خصوصیات نهایی لخته ها را تعیین نمود. فرآیند ایجاد پل به کمک پلیمرهایی با وزن ملکولی بالا

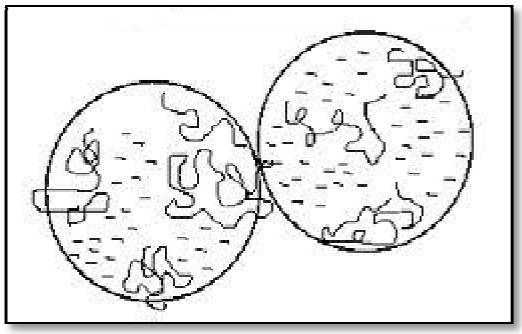
فراهم می شود تا بتوان با ایجاد پل و ایجاد ارتباط بین ذرات با ابعاد متفاوت لخته ها را تشکیل داد (شکل ۱-۲) [۳و۵].



شکل ۱-۲ : مکانیزم عملکرد فلوکولانت ها در برقراری پل فیزیکی بین ذرات[۳]

ب- خنثی سازی بار

پلیمرهای یونی با وزن ملکولی متوسط تا کم اما با دانسیته بار بالا می توانند لخته هایی را از نوع بی بار ایجاد نمایند. در این مورد پلیمری که به عنوان فلوکولانت مورد استفاده قرار می گیرد بسیار کوچکتر از سطح ذره ای است که می خواهد روی آن جذب شود، بنابراین مانند یک وصله روی ذره قرار می گیرد(شکل۱-۳). برای امکان پذیری این مکانیسم، فلوکولانت ها و ذرات باید باردار باشند[۵].



شکل ۱-۳: تصویر شماتیک خنثی سازی بار در فلوکولاسیون

موادی مانند نشاسته و صمغ های طبیعی از جمله فلوکولانت های طبیعی محسوب می شوند[۱]، حال آنکه تعداد فلوکولانت های مصنوعی بسیار زیاد می باشد. فلوکولانت های مصنوعی (پلیمرهای سنتز شده) به دو دسته فلوکولانت های غیریونی و فلوکولانت های یونی تقسیم می شوند[۱و۵].

فلوکولانت های غیر یونی

فلوکولانت های غیر یونی معمولا در فرآیند فیلتراسیون و پالپ های اسیدی کاربرد دارند. در این فلوکولانت ها روی زنجیر پلیمری عامل الکتریکی وجود ندارد. از معروف ترین انواع این فلوکولانت ها می توان به پلی اکریل آمید (Poly acryl amide) اشاره کرد که به دلیل هزینه زیاد، کمتر مورد استفاده قرار می گیرد[۱و۵].

فلوکولانت های یونی به دو دسته فلوکولانت های آنیونی و کاتیونی تقسیم می شوند.

فلوکولانت های آنیونی

پلی اکریلت های سدیم و آمونیوم می تواند ترکیب های پلیمری با اکریل آمید یا پلی اکریل آمید تشکیل دهند و بدین ترتیب به یکی از معمول ترین اشکال فلوکولانت تبدیل شوند. پلیمرهای آنیونیک دارای گروه های اسید سولفوریک هستند و این خاصیت را دارند این است که در سطوح پایین *PH* نیز آنیونی باقی می مانند و بار یونی خود را در پالپ اسیدی حفظ می کنند[۱و۵].

فلوکولانت های کاتیونی

پلیمرهای کاتیونی که دانسیته بار مثبت بالایی دارند می توانند روی سطح ذرات جامد جذب شوند و با ایجاد پل پلیمری بین ذرات با ابعاد مختلف مجموعه ای با وزن بیشتر ایجاد نمایند و بدین ترتیب باعث افزایش سرعت ته نشینی شوند[۱و۵].

عوامل زیادی در فرآیند فلوکولاسیون تاثیر گذارند که این عوامل را می توان به دو دسته تقسیم نمود[۱].

۱- خصوصیات پالپ مانند درصد جامد، ابعاد ذرات، بار سطحی، مواد شیمیایی موجود در پالپ.

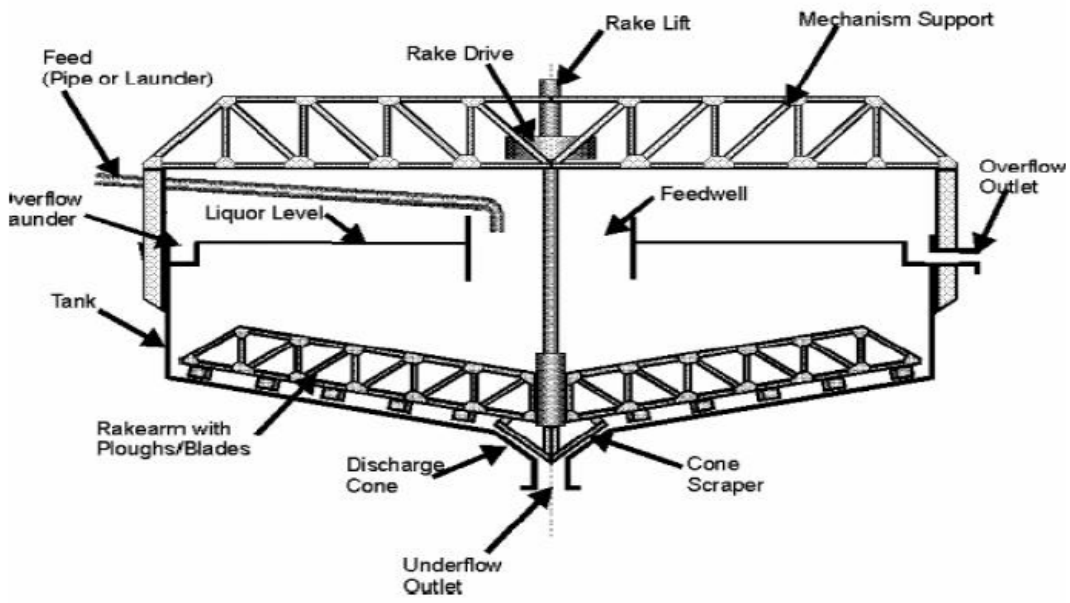
۲- خصوصیات فیزیکی فلوکولانت مانند وزن ملکولی، نوع و دانسیته بار و واکنش پذیری ذرات جامد با فلوکولانت.

۱-۴- تجهیزات ته نشینی

بطور کلی تجهیزاتی که در ته نشینی ثقلی مورد استفاده قرار می گیرند را می توان به چند دسته تقسیم کرد [۱]:

۱-۴-۱- تیکنر های معمولی

کف مخزن این نوع تیکنرها معمولا مسطح بوده، و بازوها به سمت نقطه مرکزی شیب دار هستند (شکل ۱-۴). با این طرح، مواد ته نشین شده باید به گونه ای قرار گیرند که یک شیب مصنوعی ایجاد شود. اگر کف مخزن فولادی باشد، به علت هزینه زیاد، به ندرت برای تطبیق با بازوهای شیب دار ساخته می شود. در بسیاری از موارد، به علت اندازه بزرگ ذرات، مواد ته نشین شده تمایل به سقوط یکباره و سریع دارند و بنابراین شیب مصنوعی را ایجاد نمی کنند. در این گونه موارد کف مخزن باید بتونی بوده و با شیب بازوها منطبق باشد[۱و۲].



شکل ۱-۴ : نمای کلی یک تیکنر معمولی[۲]

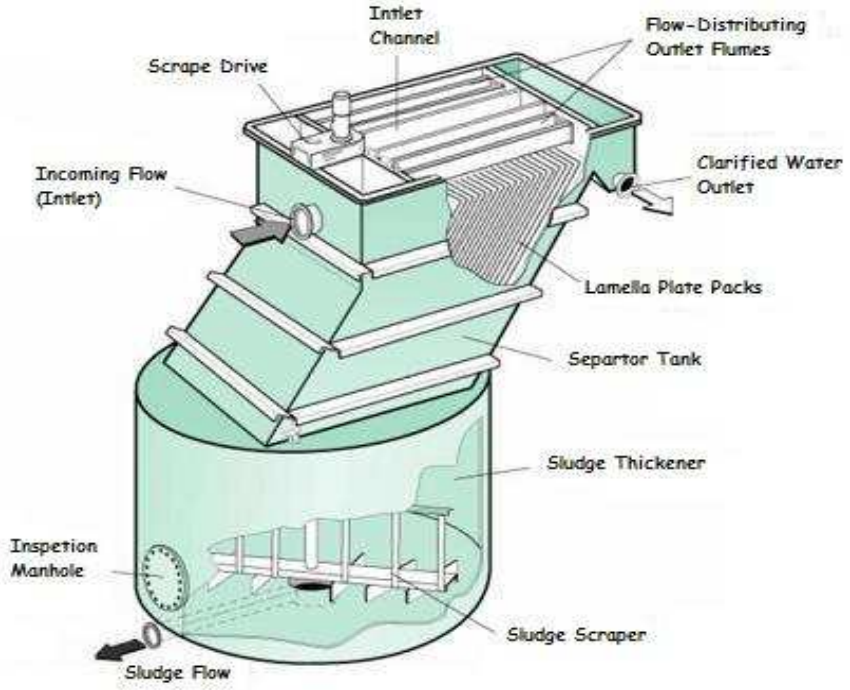
۱-۴-۲- تیکنر های لاملا (Lamella thickener)

تیکنر های لاملا در صنایع معدنی برای تصفیه سازی، طبقه بندی و افزایش درصد جامد مواد استفاده می شوند. در این دستگاه به طور معمول از سیستم پارویی استفاده نمی شود[۶].

تیکنرهای لاملا، به این منظور طراحی شده اند که فضای مورد نیاز تیکنرهای رایج را کاهش دهد. یک لاملا با ابعاد ۵/۵×۳/۷×۵/۲ متر می تواند مساحت ته نشینی معادل ۲۳۰ متر مربع به اندازه یک تیکنر ۱۷ متری رایج را پوشش دهد. درون این نوع تیکنرها صفحات موازی شیب داری قرار دارد، در نتیجه سطح موثر ته نشینی افزایش می یابد. با توجه به رابطه (۱-۱) مساحت تصویر شده در واحد حجم As، با کاهش زاویه شیب و فاصله عمودی بین صفحات ، به طور مشهودی افزایش می یابد[۶].

$$As = N.A.COS\ \alpha \qquad (۱-۱)$$

در رابطه ۱-۱، As مساحت تیکنر لاملا، N تعداد صفحات و α زاویه شیب لاملا نسبت به خط افقی است. به هر حال باید از زاویه قرار گل و لای بزرگتر باشد تا این مواد به سمت پایین صفحه شیب دار بلغزد. مقدار α از ۴۵ تا ۶۰ درجه متغیر بوده و بیشتر حدود ۵۵ تا ۶۰ درجه می باشد. مهمترین مزیت این نوع تیکنر افزایش سطح ته نشینی نسبت به سطح واحد از کف است. شکل ۱-۵ نمایی از تیکنر لاملا را نشان می دهد[۶].



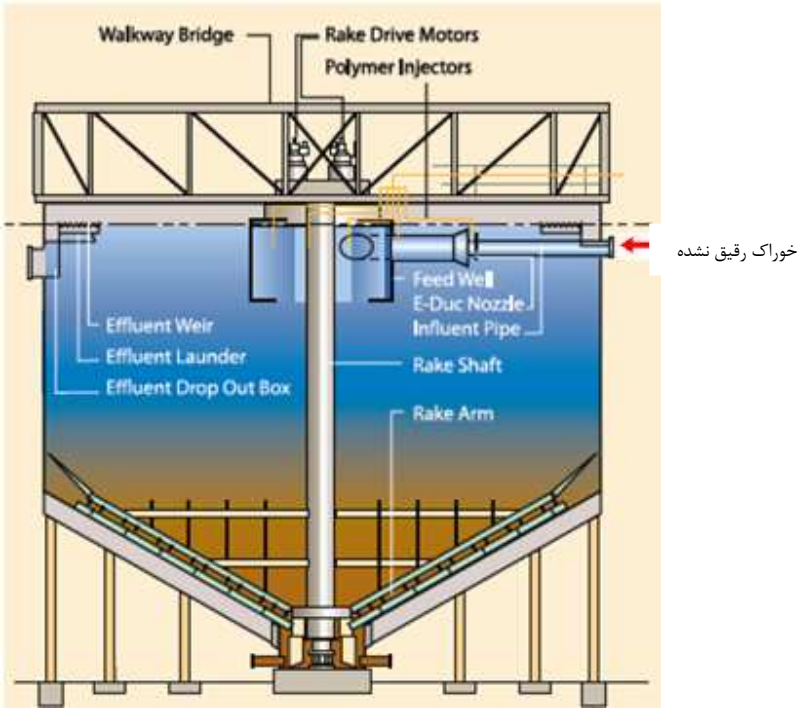
شکل ۱-۵: نمایی کلی از تیکنر هزارلا[۶]

۱-۴-۳- تیکنر های مخروطی عمیق (Deep Cone Thickener)

استفاده از تیکنرهای با ارتفاع زیاد مدتی است مورد توجه قرار گرفته است. مهمترین تفاوت تیکنر های مخروطی عمیق با تیکنر های معمولی در باطله خروجی این دو نوع از تیکنر می باشد. به صورتی که خروجی باطله تیکنر های معمولی به صورت دوغاب و خروجی باطله تیکنر های مخروطی عمیق به صورت خمیر است[۷].

همه پالپ های باطله تولید خمیر نمی کند. ذرات پالپ باید به اندازه کافی ریز باشند (ابعادی کمتر از ۱۰۰ μm) تا نیروی وارد به ذره فراهم شده و ویسکوزیته لازم به وجود آید. اصول بنیادی علم خاک شناسی می گوید حد نهایی درصد جامد پالپ بستگی به توزیع دانه بندی دارد. اگر پالپ دارای مقدار زیادی ذرات ریز تر از ۲۰ μm در مقایسه با ذرات درشت باشد، بعد از آبگیری محصول تولید شده خیلی غلیظ به نظر می رسد در حالی که هنوز دارای مقدار زیادی آب است. ذرات ریز، دارای مساحت سطح زیادی هستند و به خاطر کشش سطحی تمایل دارند مقدار زیادی آب به خود جذب کرده و نگهداری کنند[۷].

در تیکنرهای مخروطی عمیق خمیری ساز نسبت ارتفاع به قطر حدود ۱ می باشد. در این نوع تیکنرها در مقایسه با تیکنرهای دیگر از مقدار بیشتری فلوکولانت استفاده می شود و برای فشردگی بیشتر، عمق بستر گل افزایش داده می شود. کف تیکنر دارای شیب ۱۰ تا ۶۰ درجه است[۸]. شکل ۱-۶ نمای کلی از این نوع تیکنر ها را نشان می دهد [۷].



شکل ۱-۶: نمای کلی از تیکنر مخروطی عمیق[۷]