جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات کارخانه‌های کانه‌آرایی

نشریه شماره ۵۴۵

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت صنعت، معدن و تجارت

معاونت امور معادن و صنایع معدنی

دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن

http://www.mim.gov.ir

۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه‌تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۱۰۰/۴۵۷۹۳
	تاریخ: ۱۳۹۱/۶/۱۲

موضوع: راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات کارخانه‌های کانه‌آرایی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (٦) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ٤۲۳۳۹/ت۳۳٤۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ٥٤٥ امور نظام فنی، با عنوان «**راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات کارخانه‌های کانه‌آرایی**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی، در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۹/۱ اجباری است.

بهروز مرادی

839883

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- ***شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.***

۲- ***ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.***

۳- ***در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.***

٤- ***نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.***

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی ، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email:info@nezamfanni.ir **web: http://nezamfanni.ir**

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره۴۲۳۳۹/ ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این دفتر به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرحهای توسعه‌ای کشور را به عهده دارد. کانه‌آرایی مواد معدنی شامل مجموعه‌ای از عملیات متنوع است که بر اساس اهداف کانه‌آرایی و مشخصات ماده معدنی انجام می‌شود. در طراحی و احداث یک واحد کانه‌آرایی پس از تهیه شمای عملیات اولیه، طراحی نهایی و انتخاب ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نظر با جزییات کامل انجام می‌گیرد.

این دستورالعمل در چارچوب برنامه ضوابط و معیارهای معدن و در راستای ارایه اطلاعات لازم به منظور تصمیم‌گیری در انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات مورد استفاده در کارخانه‌های کانه‌آرایی و با استفاده از نتایج و تجربیات حاصل از عملکرد این ماشین‌آلات در کارخانه‌های در حال کار و همچنین اطلاعات شرکت‌های سازنده تجهیزات یاد شده تهیه شده است.

نشریه حاضر به معرفی اطلاعات، عوامل و معیارهای انتخاب ماشین‌آلات به کار رفته در واحدهای کانه‌آرایی می‌پردازد و اصول کلی برای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن‌ها، آسیاها، سیستم‌های طبقه‌بندی، تجهیزات جدایش ثقلی، مغناطیسی، الکتریکی و نظایر آن‌ها را بیان می‌کند.

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات فلوتاسیون آب‌گیری، حمل و نقل و انباشت مواد و همچنین تغذیه‌کننده‌ها از دیگر موارد ذکر شده در این دستورالعمل هستند.

با همه‌ی تلاش انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که إن‌شاءا... کاربرد عملی و در سطح وسیع این نشریه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود.

در پایان، از تلاش و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی همچنین جناب آقای مهندس وجیها... جعفری مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور در وزارت صنایع و معادن، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

مهر ۱۳۹۰

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل

مجری طرح

آقای وجیها... جعفری	مدیر کل دفتر نظارت و بهره‌برداری وزارت صنایع و معادن

تهیه پیش‌نویس اصلی

آقای محمد نوع سرپرست	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
آقای اکبر مهدیلو	کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی

اعضای شورای عالی

آقای مهدی ایران‌نژاد	دانشگاه صنعتی امیر کبیر	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
آقای بهروز برنا	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس مهندسی معدن
آقای وجیها... جعفری	وزارت صنایع و معادن	کارشناس مهندسی معدن
آقای عبدالعلی حقیقی	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای عبدالرسول زارعی	وزارت صنایع و معادن	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای ناصر عابدیان	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای هرمز ناصرنیا	سازمان نظام مهندسی معدن	کارشناس ارشد مهندسی معدن

اعضای کارگروه فرآوری

آقای احمد امینی	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی
آقای عبدالعلی حقیقی	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای بهرام رضایی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
سرکار خانم فرشته رشچی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی متالورژی

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین

آقای مهدی ایران‌نژاد	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
آقای عبدالرسول زارعی	وزارت صنایع و معادن	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای مصطفی شریف‌زاده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی مکانیک سنگ
آقای حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای بهزاد مهرابی	دانشگاه تربیت معلم	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

خانم فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی
آقای علیرضا فلسفی	کارشناس عمران امور نظام فنی

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن‌ها

۱-۱- اطلاعات مورد نیاز ۳

۱-۱-۱- ظرفیت تولید کارخانه ۳

۱-۱-۲- ابعاد خوراک ۳

۱-۱-۳- ابعاد محصول مورد نظر ۳

۱-۱-۴- مشخصات کانسنگ ۳

۱-۱-۵- شرایط آب و هوایی و موقعیت اقلیمی محل احداث کارخانه ۳

۱-۱-۶- ضریب دسترسی ۳

۱-۲- معیارهای کلی در انتخاب نوع سنگ‌شکنی ۳

۱-۳- عوامل محدود کننده و راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن‌ها ۶

۱-۳-۱- سنگ‌شکن فکی ۶

۱-۳-۲- سنگ‌شکن ژیراتوری ۹

۱-۳-۳- سنگ‌شکن مخروطی ۱۲

۱-۳-۴- سنگ‌شکن استوانه‌ای (غلطکی) ۱۵

۱-۳-۵- سنگ‌شکن ضربه‌ای ۲۰

فصل دوم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت آسیاها

۲-۱- اصول کلی تعیین مسیر آسیا ۲۵

۲-۲- اطلاعات و مدارک مورد نیاز ۲۵

۲-۳- عوامل و محدودیت‌های موثر ۲۶

۲-۴- اصول کلی برای انتخاب آسیاها ۲۷

۲-۴-۱- محاسبه توان آسیا ۲۷

۲-۴-۲- ضرایب اصلاح توان آسیا ۲۷

۲-۵- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت آسیاها ۳۰

۲-۵-۱- آسیاهای میله‌ای ۳۰

۲-۵-۲- آسیای گلوله‌ای ۳۳

۲-۵-۳- آسیای خودشکن ۳۶

۲-۵-۴- آسیای نیمه‌خودشکن ۳۷

۲-۵-۵- آسیای قلوه‌سنگی ۳۸

۲-۵-۶- آسیاهای غلطکی ۴۱

۲-۵-۷ آسیاهای چکشی ۴۱

omoorepeyman.ir

فصل سوم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سیستم‌های طبقه‌بندی

۳-۱- سرندها ۴۷
۳-۱-۱- اطلاعات مورد نیاز ۴۷
۳-۱-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر ۴۷
۳-۱-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سرندها ۴۷
۳-۲- کلاسیفایر مارپیچی ۵۲
۳-۲-۱- عوامل و پارامترهای موثر در انتخاب کلاسیفایرهای مارپیچی ۵۲
۳-۲-۲- راهنمای انتخاب و تعیین ظرفیت کلاسیفایر مارپیچی ۵۲
۳-۳- هیدروسیکلون ۵۵
۳-۳-۱- عوامل و پارامترهای موثر در انتخاب هیدروسیکلون... ..... ۵۵
۳-۳-۲- راهنمای انتخاب هیدروسیکلون و تعیین ظرفیت آن ۵۶

فصل چهارم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات جدایش ثقلی

۴-۱- اطلاعات مورد نیاز ۶۳
۴-۲- ضوابط کلی برای انتخاب نوع دستگاه جدایش ثقلی ۶۳
۴-۳- جیگ ۶۴
۴-۳-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۶۴
۴-۳-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۶۴
۴-۴- میز لرزان ۶۵
۴-۴-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۶۵
۴-۴-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۶۶
۴-۵- اسپیرال (مارپیچ همفری) ۶۶
۴-۵-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۶۶
۴-۵-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۶۷
۴-۶- میزهوایی ۶۷
۴-۶-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۶۷
۴-۶-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۶۸
۴-۷- جداکننده‌های واسطه سنگین ۶۸
۴-۷-۱- جداکننده استوانه‌ای ۶۸
۴-۷-۲- دایناویرپول ۶۹
۴-۷-۳- سیکلون واسطه سنگین ۶۹

omoorepeyman.ir

فصل پنجم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت جداکننده‌های مغناطیسی و الکتریکی

۵-۱- اطلاعات مورد نیاز ۷۳
۵-۲- جداکننده‌های مغناطیسی ۷۳
۵-۲-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۷۳
۵-۲-۲- راهنمای انتخاب نوع جداکننده ۷۳
۵-۲-۳- انواع جداکننده‌های مغناطیسی و نحوه انتخاب آن‌ها ۷۴
۵-۳- جداکننده الکتریکی ۷۸
۵-۳-۱- جداکننده الکترودینامیکی (جداکننده با شدت زیاد) ۷۸
۵-۳-۲- جداکننده الکترواستاتیکی (اتصالی) ۷۹

فصل ششم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات فلوتاسیون

۶-۱- اطلاعات مورد نیاز ۸۳
۶-۲- سلول‌های مکانیکی ۸۳
۶-۲-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۸۳
۶-۲-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۸۴
۶-۳- ستون فلوتاسیون ۹۰
۶-۳-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۹۰
۶-۳-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۹۰

فصل هفتم – راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات آب‌گیری و جدایش جامد از مایع

۷-۱- اطلاعات مورد نیاز ۹۵
۷-۲- تیکنرها ۹۵
۷-۲-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۹۵
۷-۲-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۹۵
۷-۳- فیلترها ۱۰۱
۷-۳-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر ۱۰۱
۷-۳-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۱۰۲
۷-۴- خشک‌کن‌ها ۱۰۵
۷-۴-۱- اطلاعات مورد نیاز ۱۰۷
۷-۴-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر ۱۰۷
۷-۴-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۱۰۹

omoorepeyman.ir

فصل هشتم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات واحد هیدرومتالورژی

۸-۱- اطلاعات مورد نیاز ۱۱۵
۸-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر ۱۱۵
۸-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۱۱۶
۸-۳-۱- مخازن فروشویی ۱۱۶
۸-۳-۲- همزن ۱۱۹

فصل نهم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات حمل و نقل مواد

۹-۱- اطلاعات مورد نیاز ۱۲۵
۹-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر- راهنمای انتخاب و تعیین ظرفیت ۱۲۵
۹-۲-۱- نوار نقاله ۱۲۵
۹-۲-۲- پمپ‌ها ۱۲۶

فصل دهم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات انباشت مواد و سیلوها

۱۰-۱- اطلاعات مورد نیاز ۱۳۱
۱۰-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر ۱۳۱
۱۰-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۱۳۲
۱۰-۳-۱- سیلوی جریان توده‌ای ۱۳۲
۱۰- ۳-۲- سیلوی جریان قیفی ۱۳۴

فصل یازدهم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات تغذیه‌کننده کارخانه

۱۱-۱- مدارک و اطلاعات مورد نیاز ۱۳۹
۱۱-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر ۱۳۹
۱۱-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ۱۳۹

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- نمودار ظرفیت سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای ساده ۱۹
شکل ۲-۱- عدد توان برحسب نسبت حجم اشغال شده به حجم کل آسیا (تعیین عدد توان) ۳۸
شکل ۳-۱- ضریب تصحیح مواد دانه درشت ۴۹
شکل ۳-۲- نمایی از منحنی‌های نرخ ته‌نشینی برحسب ابعاد در درصدهای حجمی مختلف ۵۴
شکل ۳-۳- طرح شماتیک یک هیدروسیکلون ۵۹
شکل ۳-۴- مشخصات هیدروسیکلون‌های استاندارد ۶۰
شکل ۳-۵- انتخاب ظرفیت هیدروسیکلون ۶۰
شکل ۵-۱- طبقه‌بندی فرآیندهای جدایش مغناطیسی بر اساس ابعاد ذرات ۷۴
شکل ۱۰-۱-طرح شماتیک یک سیلوی جریان توده‌ای ۱۳۲
شکل ۱۰-۲- طرح شماتیک یک سیلوی جریان قیفی ۱۳۴
شکل ۱۱-۱-ظرفیت تغذیه‌کننده لرزشی به ازای شیب و عرض ۱۴۶

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- انتخاب سنگ‌شکن‌های مختلف از نظر ظرفیت ۴
جدول ۱-۲- انتخاب نوع سنگ‌شکن‌ها بر اساس مقاومت فشاری کانسنگ ۴
جدول ۱-۳- انتخاب نوع سنگ‌شکن بر اساس اندیس ساینده‌گی کانسنگ‌ها ۵
جدول ۱-۴- انتخاب سنگ‌شکن‌های مختلف از نظر ابعاد خوراک ورودی ۵
جدول ۱-۵- انتخاب سنگ‌شکن‌های مختلف از نظر ابعاد محصول خروجی مورد نظر ۵
جدول ۱-۶- مشخصات سنگ‌شکن فکی با بازوی ساده (یکی از سازندگان معتبر) ۸
جدول ۱-۷- مشخصات سنگ‌شکن فکی با بازوی مضاعف (یکی از سازندگان معتبر) ۸
جدول ۱-۸- مشخصات برخی سنگ‌شکن‌های ژیراتوری (یکی از سازندگان معتبر) ۱۱
جدول ۱-۹- مشخصات سنگ‌شکن‌های مخروطی استاندارد ۱۴
جدول ۱-۱۰- مشخصات سنگ‌شکن‌های مخروطی سرکوتاه ۱۵
جدول ۱-۱۱- مشخصات برخی از سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای با یک استوانه دندانه‌دار ۱۸
جدول ۱-۱۲- مشخصات سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای با دو استوانه دندانه‌دار ۱۹
جدول ۱-۱۳- مشخصات برخی از سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای(یکی از سازندگان معتبر) ۲۱
جدول ۲-۱: راهنمای انتخاب آسیاها برای انواع کانسنگ‌ها ۲۶
جدول ۲-۲- ضریب تصحیح **بت‌پ** برای آسیای گلوله‌ای در مسیر باز ۲۸
جدول ۲-۳- راهنمای مربوط به انتخاب آسیای میله‌ای ۳۲
جدول ۲-۴- ترکیب میله‌ها در آسیای میله‌ای ۳۲
جدول ۲-۵- راهنمای مربوط به انتخاب آسیای گلوله‌ای ۳۵
جدول ۲-۶- ترکیب و درصد وزنی گلوله‌ها ۳۶
جدول ۲-۷- مشخصات برخی از آسیاهای خودشکن ۳۷
جدول ۲-۸- مشخصات برخی از آسیاهای نیمه خودشکن ۳۷
جدول ۲-۹- مشخصات برخی از آسیاهای قلوه‌سنگی ۳۹
جدول ۲-۱۰- توان برخی از آسیاهای قلوه‌سنگی ۴۰
جدول ۲-۱۱- ظرفیت برخی از آسیاهای غلطکی برای کانسنگ‌های مختلف ۴۱
جدول ۲-۱۲- ضرایب ظرفیت انواع آسیاهای غلطکی ۴۱
جدول ۲-۱۳- مشخصات آسیاهای چکشی اولیه ۴۲
جدول ۲-۱۴- مشخصات آسیاهای چکشی ثانویه ۴۳
جدول ۳-۱- درصد دهانه سرند بر اساس شکل چشمه‌ها ۴۹
جدول ۳-۲ - ضریب تصحیح رطوبت ۵۰
جدول ۳-۳- ضریب مربوط به شکل چشمه‌های سرند ۵۰
جدول ۳-۴- شکل دانه‌ها و ذرات ۵۰
جدول ۳-۵- ضریب تصحیح موقعیت و طبقات سرند ۵۰
جدول ۳-۶- ضریب تصحیح بازدهی سرند ۵۱

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۷- تغییرات ε_{50} نسبت به توزیع دانه‌بندی ۵۸
جدول ۳-۸- مشخصات برخی از انواع هیدروسیکلون‌های ساخته شده توسط شرکت‌های مختلف..... ۵۸
جدول ۴-۱- تعدادی از فاکتورها یا مشخصه‌های مهم برای برخی از دستگاه‌های ثقلی ۶۳
جدول ۴-۲- مشخصات برخی از جیگ‌های مورد استفاده برای جدایش مواد دانه درشت ۶۵
جدول ۵-۱- مشخصات جداکننده‌های مغناطیسی تر با شدت کم برای جداسازی کانه‌های آهن..... ۷۵
جدول ۵-۲- راهنمای انتخاب جداکننده‌های مغناطیسی تر با شدت کم (یکی از سازندگان معتبر) ۷۵
جدول ۵-۳- مشخصات جدا کننده‌های مغناطیسی خشک با شدت کم ۷۶
جدول ۶-۱- زمان ماند برای برخی کانسنگ‌ها در فلوتاسیون رافر ۸۸
جدول ۶-۲- نمونه‌ای از ظرفیت انواع مختلف سلول‌های مکانیکی بر مبنای ماکزیمم دبی جریان واحد ۸۹
جدول ۶-۳- مشخصات برخی سلول‌های فلوتاسیون ستونی ۹۱
جدول ۷-۱- انواع مواد معدنی و درصد جامد در خوراک و ته‌ریز و سطح واحد تیکنر ۹۸
جدول ۷-۲- ارتباط عمق تیکنر با قطر ۱۰۰
جدول ۷-۳- مشخصات فیلتراسیون و محدوده کاری فیلترهای رایج ۱۰۲
جدول ۷-۴-حداکثر دمای مجاز برای بعضی از مواد معدنی ۱۰۶
جدول ۷-۵-راهنمای عمومی انتخاب سیستم خشک‌کن بی‌دررو پیوسته (آدیاباتیک) براساس ابعاد ذرات و پایداری در برابر حرارت ۱۰۹
جدول ۸-۱- زمان ماند برای فعالیت‌های مختلف در کارخانه فرآوری ۱۱۶
جدول ۸-۲- مشخصات برخی از مخازن استاندارد همزن‌دار ساخت یکی از سازندگان معتبر ۱۱۸
جدول ۸-۳- مشخصات برخی از مخازن آماده‌ساز همزن‌دار ساخت یکی از سازندگان معتبر ۱۱۹
جدول ۸-۴- شرایط کاربرد انواع همزن‌های استاندارد برحسب نوع کاربرد ۱۲۰
جدول ۸-۵- شرایط انواع کاربرد همزن‌های آماده‌سازی ۱۲۱
جدول ۸-۶- شرایط استفاده از مخازن مختلف ۱۲۱
جدول ۱۱-۱- تغذیه‌کننده ۱۴۰
جدول ۱۱-۲- انتخاب نوع تغذیه‌کننده ۱۴۰
جدول ۱۱-۳- حداکثر اندازه کلوخه قابل حمل روی تغذیه‌کننده آپرون یا عرض‌های مختلف ۱۴۳
جدول ۱۱-۴- ظرفیت تغذیه‌کننده آپرون ۱۴۳
جدول ۱۱-۵- ظرفیت معمول تغذیه‌کننده‌های آپرون ۱۴۴
جدول ۱۱-۶- تعیین ظرفیت تغذیه‌کننده‌های آپرون ۱۴۵
جدول ۱۱-۷- ظرفیت اولیه تغذیه‌کننده نواری، مواد (۱۰۰ پوند بر فوت مکعب) ۱۴۶
جدول ۱۱-۸- تعیین ظرفیت تغذیه‌کننده‌های لرزشی- سرندی ۱۴۷
جدول ۱۱-۹- تعیین ظرفیت تغذیه‌کننده‌های لرزشی- الکترومغناطیسی ۱۴۸

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن‌ها به شرح زیر است:

۱-۱-۱- ظرفیت تولید کارخانه

این عامل یکی از عوامل اساسی طراحی شمای عملیات و انتخاب تجهیزات است. با استفاده از این اطلاعات ابعاد، تعداد مراحل سنگ‌شکنی و تعداد سنگ‌شکن در هر مرحله مشخص می‌شود.

۱-۱-۲- ابعاد خوراک

برای تعیین ابعاد دهانه ورودی سنگ‌شکن‌ها معمولا از ماکزیمم ابعاد خوراک ورودی و برای محاسبه انرژی مصرفی از d_{80} خوراک استفاده می‌شود.

۱-۱-۳- ابعاد محصول مورد نظر

معمولا از d_{80} محصول مورد نظر برای تعیین دهانه خروجی یا گلوگاه سنگ‌شکن‌ها استفاده می‌شود.

۱-۱-٤- مشخصات کانسنگ

مشخصاتی از کانسنگ نظیر سختی، ساینده‌گی، میزان کانی‌های رسی و تغییرپذیری نوع کانسنگ در انتخاب نوع سنگ‌شکن، برآورد ظرفیت و برآورد میزان انرژی موثرند.

۱-۱-۵- شرایط آب و هوایی و موقعیت اقلیمی محل احداث کارخانه

این عامل علاوه بر این که در موقعیت نصب سنگ‌شکن موثر است، با تاثیر بر روی ضریب دسترسی، خوراک‌دهی و نظایر آن بر روی ظرفیت تولید واحد نیز موثر است.

۱-۱-٦- ضریب دسترسی

این ضریب معرف آمادگی شرایط برای کاربرد مفید سنگ‌شکن‌ها است و به طور تجربی ۰/۷۵ در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از ظرفیت روزانه کارخانه و ضریب دسترسی، زمان کاری مفید سنگ‌شکن‌ها و ظرفیت آن در هر ساعت تعیین می‌شود.

۱-۲- معیارهای کلی در انتخاب نوع سنگ‌شکن

در انتخاب نوع سنگ‌شکن باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

omoorepeyman.ir

الف- در صورتی که کانسنگ مورد نظر سخت یا ساینده باشد، برای سنگ‌شکنی اولیه، سنگ‌شکن‌های فکی و ژیراتوری مناسب هستنند؛

ب- در سنگ‌شکن فکی پیش‌بینی انبار ذخیره و تغذیه‌کننده در مسیر بار ورودی ضروری است، در صورتی که در سنگ‌شکن ژیراتوری نیازی به آن‌ها نیست؛

پ- برای خردایش مواد نسبتا ترد و با ساینده‌گی کم می‌توان از سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای استفاده کرد؛

ت- به طور کلی برای کارخانه‌هایی که ظرفیت آن‌ها بیش از ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ تن در روز باشد، از سنگ‌شکن ژیراتوری به عنوان سنگ‌شکن اولیه استفاده می‌شود.

سنگ‌شکن‌های مختلف مورد استفاده در کارخانه‌های کانه‌آرایی بر اساس پارامترهای مختلف موثر مطابق جدول‌های (۱-۱) تا (۱-۵) مورد مقایسه قرار گرفته‌اند که از این اطلاعات می‌توان در انتخاب نوع سنگ‌شکن برای کانسنگ خاص استفاده کرد.

جدول ۱-۱- انتخاب سنگ‌شکن‌های مختلف از نظر ظرفیت

ظرفیت (تن بر ساعت) / نوع سنگ‌شکن	<۱۵۰۰	۱۵۰۰-۳۰۰۰	۳۰۰۰-۶۰۰۰	۶۰۰۰-۹۰۰۰	۹۰۰۰-۱۲۰۰۰
ژیراتوری	√	√	√	√	√
فکی با بازوی مضاعف	√				
فکی تک‌بازو	√				
سنگ‌شکن استوانه‌ای	√	√			
سنگ‌شکن ضربه‌ای	√	√			
سنگ‌شکن چکشی	√	√			

جدول ۱-۲- انتخاب نوع سنگ‌شکن‌ها بر اساس مقاومت فشاری کانسنگ

مقاومت فشاری (MPa) / نوع سنگ‌شکن	<۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-٤۰۰	٤۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۶۰۰
ژیراتوری	√	√	√	√	√	√
فکی با بازوی مضاعف	√	√	√	√	√	√
فکی تک‌بازو	√					
سنگ‌شکن استوانه‌ای	√					
سنگ‌شکن ضربه‌ای	√					
سنگ‌شکن چکشی	√					

omoorepeyman.ir

جدول ۱-۳- انتخاب نوع سنگ‌شکن بر اساس اندیس ساینده‌گی کانسنگ‌ها

اندیس ساینده‌گی / نوع سنگ‌شکن	<۸۰	۸۰۰-۱۶۰۰	۱۶۰۰۰-۲۴۰۰۰	۲۴۰۰۰-۳۲۰۰۰
ژیراتوری	√	√	√	√
فکی با بازوی مضاعف	√	√	√	√
فکی تک‌بازو	√			
سنگ‌شکن استوانه‌ای	√			
سنگ‌شکن ضربه‌ای	√			
سنگ‌شکن چکشی	√			

جدول ۱-۴- انتخاب سنگ‌شکن‌های مختلف از نظر ابعاد خوراک ورودی

ابعاد خوراک (mm) / نوع سنگ‌شکن	<۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۵۰۰
ژیراتوری	√	√	√		
فکی با بازوی مضاعف	√	√	√		
فکی تک‌بازو	√	√	√		
سنگ‌شکن استوانه‌ای	√	√	√		
سنگ‌شکن ضربه‌ای	√	√	√		
سنگ‌شکن چکشی	√	√	√	√	√

جدول ۱-۵- انتخاب سنگ‌شکن‌های مختلف از نظر ابعاد محصول خروجی مورد نظر

ابعاد محصول (mm) / نوع سنگ‌شکن	<۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۴۰۰
ژیراتوری		√	√	
فکی با بازوی مضاعف		√	√	
فکی تک‌بازو		√	√	
سنگ‌شکن ضربه‌ای	√	√	√	
سنگ‌شکن چکشی	√	√	√	

omoorepeyman.ir

۱-۳- عوامل محدودکننده و راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن‌ها

۱-۳-۱- سنگ‌شکن فکی

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

از جمله مهم‌ترین پارامترهای موثر در انتخاب سنگ‌شکن فکی عبارتند از:

ابعاد دهانه (a): دهانه سنگ‌شکن فکی به صورت «عرض دهانه × طول دهانه» بیان می‌شود. در این سنگ‌شکن‌ها ماکزیمم ابعاد قطعات خوراک ورودی به طور متوسط ۸۵٪ عرض دهانه ورودی است.

ابعاد گلوگاه: یکی از عوامل اصلی انتخاب سنگ‌شکن فکی و تعیین ظرفیت آن ابعاد گلوگاه است. ابعاد حدود ۸۰ درصد محصول خروجی از سنگ‌شکن فکی کوچکتر از ابعاد گلوگاه در حالت باز است. ظرفیت سنگ‌شکن‌های فکی با ابعاد گلوگاه نسبت مستقیم دارند.

ابعاد خوراک ورودی: از ماکزیمم ابعاد قطعات ورودی برای تعیین دهانه سنگ‌شکن و از d_{80} خوراک برای تعیین انرژی مورد نیاز برای خردایش استفاده می‌شود.

ابعاد محصول: ابعاد محصول معادل همان d_{80} محصول در نظر گرفته می‌شود و برای تعیین گلوگاه سنگ‌شکن و محاسبه انرژی خردایش کاربرد دارد.

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن فکی

ظرفیت سنگ‌شکن فکی بر اساس یک سری اصول و با استفاده از جداول، منحنی‌ها و کاتالوگ‌های شرکت‌های سازنده انتخاب می‌شود. سنگ‌شکن فکی مناسب از نظر ظرفیت و توان مصرفی برای کانسنگ مورد نظر را می‌توان به شرح زیر طراحی و انتخاب کرد. اگر ماکزیمم ابعاد قطعات ورودی D باشد، ابعاد دهانه سنگ‌شکن (α) به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$a \geq \frac{D}{0.85} \qquad (۱-۱)$$

بر اساس d_{80} خوراک ورودی و با اعمال نسبت خردایش رایج در سنگ‌شکن‌های فکی (معمولا ۲ تا ۳)، ابعاد (d_{80}) محصول مشخص شده و در نتیجه گلوگاه سنگ‌شکن نیز تعیین می‌شود.

با توجه به این که معمولا شرکت‌های سازنده در جداول و کاتالوگ‌های خود ظرفیت سنگ‌شکن را بر حسب متر مکعب بر ساعت ارایه می‌کنند، بنابراین باید با در نظر داشتن ظرفیت کارخانه و ضریب دسترسی ۰/۷۵ برای سنگ‌شکن، ظرفیت ورودی سنگ شکن بر حسب متر مکعب در ساعت تعیین شود.

$$\text{ظرفیت سنگ‌شکن} = \frac{Q}{n \times h \times 0.75 \times \rho} \qquad (۱-۲)$$

omoorepeyman.ir

که در این رابطه:

Q: ظرفیت روزانه سنگ‌شکن (تن در روز)؛

ρ: جرم مخصوص کانسنگ (تن بر متر مکعب)؛

n: تعداد شیفت کاری سنگ‌شکن در شبانه‌روز؛

h: تعداد ساعات در هر شیفت.

اگر درصد قابل توجهی از خوراک ورودی دارای ابعادی کوچکتر از گلوگاه باشد، باید این مقدار از ظرفیت کارخانه کم شود.

$$Q = C - U \qquad (۳-۱)$$

که در این رابطه:

Q: ظرفیت روزانه سنگ‌شکن (تن در روز)؛

C: ظرفیت ورودی کارخانه (تن در روز)؛

U: مقداری از خوراک ورودی که ابعاد آن کوچکتر از گلوگاه سنگ‌شکن فکی است (تن در روز).

با در اختیار داشتن ابعاد دهانه و گلوگاه و نیز ظرفیت سنگ‌شکن، سایر مشخصات از روی جداول سازندگان (مانند جداول ۱-۶ و ۱-۷) تعیین می‌شود.

برای این که مشخص شود که آیا سنگ‌شکن انتخاب شده مناسب است یا نه، باید توان مصرفی آن کنترل شود. بدین منظور با استفاده از d_{80} خوراک و محصول و اندیس کار کانسنگ و با معلوم بودن ظرفیت تولید (q) و با در نظر گرفتن ضریب تصحیح توان برای سنگ‌شکن فکی، انرژی مصرفی از طریق رابطه باند به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$W = 11W_i\left(\frac{1}{\sqrt{d_P}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}}\right) \times q \times F \qquad (۴-۱)$$

که در این رابطه:

d_F: d_{80} خوراک بر حسب میکرون؛

d_P: d_{80} محصول بر حسب میکرون؛

W_i: اندیس کار؛

W: انرژی مصرفی بر حسب کیلووات ساعت بر تن؛

F: ضریب تصحیح توان (ضریب اطمینان)؛

q: ظرفیت سنگ‌شکن بر حسب تن بر ساعت (t/h).

چنانچه توان محاسباتی کمتر از توان سنگ‌شکن انتخاب شده باشد، سنگ‌شکن انتخاب شده مناسب است. در غیر این صورت باید سنگ‌شکن با توان بالاتر انتخاب شود. جداول (۱-۶) و (۱-۷) مشخصات انواع سنگ‌شکن فکی را نشان می‌دهند.

omoorepeyman.ir

جدول ۱-٦- مشخصات سنگ‌شکن فکی با بازوی ساده (یکی از سازندگان معتبر)

ظرفیت تقریبی (m^3/h) نسبت به گلوگاه در حال باز													توان (kw)	سرعت (rpm)	وزن (ton)	طول دهانه (mm)	عرض دهانه (mm)
۲۷۵	۲۵۰	۲۲۵	۲۰۰	۱۷۵	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	٦۳	۵۰	۳۸	۲۵	۱۹				
								۷	۶	۵	۴	۲	۱	۸	۳۰۰	۲	۲۵۰	۲۰۰
								۲۰	۱۴	۱۱	۹	۵	۱	۱۵	۳۰۰	۲	۴۰۰	۲۵۰
								۲۹	۲۶	۱۸	۱۱	۹	۶	۲۲	۲۷۵	۳	۵۰۰	۲۵۰
							۴۱	۴۰	۳۰	۱۹	۱۵	۱۰	۷	۲۲	۲۵۰	۴	۶۰۰	۲۵۰
							۵۱	۳۸	۳۲	۲۴	۱۹	۱۳	۹	۴۵	۳۰۰	۵	۹۰۰	۲۵۰
						۵۵	۵۱	۴۵	۳۲	۱۶	۱۹			۳۷	۲۷۵	۵	۶۰۰	۳۷۵
						۹۰	۷۹	۵۷	۴۳	۲۹	۲۳			۴۵	۲۵۰	۱۰	۹۰۰	۵۰۰
					۱۲۰	۱۱۵	۸۵	۷۱	۴۸	۴۳				۵۶	۲۲۵	۱۱	۹۰۰	۵۲۵
					۱۳۵	۱۲۵	۹۴	۷۹	۵۷					۷۵	۲۵۰	۱۱	۱۲۰۰	۵۵۰
					۱۵۰	۱۰۵	۹۱	۷۴						۷۵	۲۵۰	۱۵	۹۰۰	۶۰۰
			۲۸۰		۲۰۰	۱۵۵	۱۱۰	۷۹						۹۳	۲۲۵	۲۱	۱۰۵۰	۷۵۰
		۲۹۵	۲۷۰	۲۰۵	۱۶۰	۱۲۵								۱۱۲	۲۲۰	۲۲	۱۰۰۰	۸۰۰
	۳۶۰	۳۵۰	۳۳۰	۲۴۰	۲۰۵	۱۷۰								۱۱۲	۲۳۵	۳۴	۱۱۵۰	۹۰۰
۴۹۵	۴۵۵	۴۱۰	۳۷۰	۲۸۵	۲۴۰	۲۰۰								۱۵۰	۲۲۵	۴۰	۱۲۰۰	۹۰۰
۴۷۵	۴۴۰	۴۱۰	۳۴۵	۲۸۵	۲۵۵	۲۲۵								۱۵۰	۲۲۰	۵۱	۱۲۰۰	۱۱۰۰
۴۹۵	۴۵۵	۴۱۰	۳۷۰	۲۸۵	۲۴۰	۲۰۰								۱۸۷	۲۲۵	۵۹	۱۲۰۰	۱۲۰۰
۴۷۵	۴۳۵	۴۰۰	۳۶۵	۲۹۰	۲۵۰									۲۲۴	۲۰۰	۷۲	۱۵۰۰	۱۲۰۰
۵۵۵	۵۱۰	۴۶۵	۴۳۰	۳۵۵										۲۲۴	۲۲۰	۷۶	۱۵۰۰	۱۲۵۰

جدول ۱-۷- مشخصات سنگ‌شکن فکی با بازوی مضاعف (یکی از سازندگان معتبر)

ظرفیت تقریبی (m^3/h) نسبت به گلوگاه در حال باز													توان (kw)	سرعت (rpm)	وزن (ton)	طول دهانه (mm)	عرض دهانه (mm)
۲۵۰	۲۲۵	۲۰۰	۱۷۵	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	٦۳	۵۰	۳۸	۳۲	۲۵					
								۱۹	۱۴	۱۲	۱۰	۹	۱۰	۲۷۵	۶	۶۰۰	۲۵۰
							۲۸	۲۴	۱۹	۱۵	۱۳		۲۲	۲۷۵	۱۰	۶۰۰	۳۷۵
				۱۱۵	۹۹	۸۵	۶۵	۵۴	۴۴				۵۵	۲۵۰	۳۰	۹۰۰	۶۰۰
				۱۷۰	۱۴۰	۱۱۵	۸۵	۷۱					۷۵	۲۰۰	۴۵	۱۰۵۰	۷۵۰
		۲۲۵	۲۰۵	۱۸۵	۱۶۵	۱۴۰	۱۱۰						۷۵	۲۰۰	۵۰	۱۰۵۰	۸۰۰
		۲۹۰	۲۵۵	۲۲۰	۱۸۵	۱۵۵	۱۲۰						۹۰	۱۸۰	۶۰	۱۲۰۰	۹۰۰
		۳۰۵	۲۷۰	۲۳۰	۲۰۰	۱۶۵							۱۱۰	۱۷۰	۷۰	۱۲۰۰	۱۰۵۰
		۳۹۰	۳۵۰	۲۸۵	۲۴۰	۲۰۰							۱۵۰	۱۷۵	۱۴۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰
		۴۶۵	۳۸۵	۳۲۵	۲۸۰								۱۸۰	۱۲۰	۲۰۰	۱۸۰۰	۱۴۰۰
		۴۷۵	۳۹۵	۳۵۵	۳۱۰								۲۲۰	۹۰	۲۴۰	۲۱۰۰	۱۵۰۰
۵۹۵	۵۴۰	۴۸۰	۴۳۵										۲۲۰	۹۰	۲۴۵	۲۱۰۰	۱۶۵۰

omoorepeyman.ir

۱-۳-۲- سنگ‌شکن ژیراتوری

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

از جمله عواملی که در طراحی، انتخاب و تعیین ظرفیت سنگ‌شکن‌های ژیراتوری موثرند عبارتند از:

دهانه ورودی (a): این پارامتر فاصله بین قسمت واگرای بدنه و کلاهک خردکننده در دهانه ورودی سنگ‌شکن است و از جمله مهم‌ترین عوامل انتخاب سنگ‌شکن ژیراتوری است. ماکزیمم ابعاد قطعات کانسنگ ورودی ابعاد دهانه ورودی را مشخص می‌کند. ماکزیمم ابعاد قطعات کانسنگ ورودی به این سنگ‌شکن به طور متوسط ۸۵ درصد دهانه ورودی است.

گلوگاه خروجی (b): این پارامتر فاصله بین بدنه واگرا و کلاهک خردکننده در قسمت خروجی محصول است. ابعاد گلوگاه تاثیر به سزایی در ظرفیت سنگ‌شکن ژیراتوری دارد. هر قدر گلوگاه بازتر باشد، ظرفیت سنگ‌شکن بیشتر است. ابعاد گلوگاه خروجی بر اساس ابعاد محصول مورد نظر تعیین می‌شود. معمولا حدود ۸۵ درصد از محصول خروجی ابعادی کوچکتر از گلوگاه در حالت باز دارند. با توجه به این که فاصله استقرار محور در رابطه با گلوگاه سنگ‌شکن ژیراتوری بر اساس حالت بسته یا باز گلوگاه تعیین می‌شود، لذا سازندگان این سنگ‌شکن در جداول و کاتالوگ‌های خود نوع و اندازه فاصله استقرار محور را مشخص می‌کنند.

ماکزیمم قطر کلاهک خردکننده (m): این پارامتر جز پارامترهای مشخص‌کننده سنگ‌شکن ژیراتوری بوده و اندازه یک سنگ‌شکن ژیراتوری را مشخص می‌کند. در جداول شرکت‌های سازنده، هر سنگ‌شکن ژیراتوری به صورت a×m مشخص می‌شود که m ماکزیمم قطر کلاهک خردکننده است. مسلما هر چه مقدار m بیشتر باشد، سنگ‌شکن بزرگتر و ظرفیت آن نیز بیشتر خواهد شد.

ابعاد کانسنگ ورودی: این پارامتر را می‌توان به صورت ماکزیمم ابعاد قطعات ورودی و d_{80} خوراک ورودی در نظر گرفت که اولی در انتخاب اندازه دهانه سنگ‌شکن و دومی در محاسبه انرژی مورد نیاز برای خردایش موثرند. هر دو این‌ها جز اطلاعات موجود برای طراحی، انتخاب و تعیین ظرفیت سنگ‌شکن هستند.

ابعاد محصول خروجی سنگ‌شکن: منظور از این پارامتر تقریبا d_{80} محصول خروجی است که در تعیین اندازه گلوگاه و محاسبه انرژی مورد نیاز برای خردایش نقش اساسی دارد.

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن ژیراتوری

برای انتخاب و تعیین ظرفیت این سنگ‌شکن‌ها بر اساس اطلاعاتی از قبیل جداول، منحنی‌ها و کاتالوگ‌های شرکت‌های مختلف سازنده و با توجه به اطلاعاتی از کانسنگ و کارخانه مورد نظر که در اختیار است، می‌توان دستورالعملی به شرح زیر ارایه کرد:

۱- چنانچه ماکزیمم ابعاد قطعات خوراک ورودی D باشد، اندازه دهانه سنگ‌شکن به شرح زیر محاسبه می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$a \geq \frac{D}{0.85} \qquad (۵-۱)$$

۲- بر اساس d_{80} خوراک، مشخصات کانسنگ و نسبت خردایش سنگ‌شکن ژیراتوری، ابعاد محصول خروجی و یا به عبارتی اندازه گلوگاه در حالت باز تعیین می‌شود.

بر اساس دهانه و گلوگاه و با استفاده از جداول ارایه شده توسط سازندگان این نوع سنگ‌شکن‌ها، سایر مشخصات از جمله ظرفیت آن تا حدودی مشخص می‌شود، ولی برای انتخاب دقیق‌تر، باید ظرفیت ورودی کارخانه و ماکزیمم قطر کلاهک خردکننده نیز از روی جداول مشخص شود.

از آنجا که در بیشتر جداول و منحنی‌ها، ظرفیت سنگ‌شکن‌ها بر حسب متر مکعب بر ساعت ارایه شده، باید ظرفیت ورودی کارخانه یا سنگ‌شکن نیز به صورت متر مکعب بر ساعت (C) بیان شود.

$$C(m^3/h) = \frac{Q(t/day)}{\rho \times n \times h \times 0.75} \qquad (۶-۱)$$

که در این رابطه:

Q: ظرفیت سنگ‌شکن بر حسب تن در روز؛

n: تعداد شیفت در شبانه‌روز؛

h: تعداد ساعت در هر شیفت کاری.

ρ: وزن مخصوص ظاهری که معمولا اکثر سازندگان ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر می‌گیرند.

۳- در این مرحله باید توان سنگ‌شکن انتخاب شده برای خردایش ظرفیت مورد نظر کنترل شود. این کار با استفاده از رابطه باند و اندیس کار (W_i) کانسنگ مورد نظر و با در نظر گرفتن ضریب تصحیح توان برای سنگ‌شکن ژیراتوری (F) انجام می‌گیرد:

$$W = 11W_i\left(\frac{1}{\sqrt{d_P}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}}\right) \times q \times F \qquad (۷-۱)$$

که در این رابطه:

d_F و d_P به ترتیب d_{80} خوراک و محصول بر حسب میکرون؛

q: ظرفیت سنگ‌شکن بر حسب تن در ساعت؛

F: ضریب تصحیح توان.

omoorepeyman.ir

چنانچه توان محاسباتی کمتر از توان سنگ‌شکن انتخاب شده از روی جداول و منحنی‌ها باشد، سنگ‌شکن انتخاب شده مناسب است. در غیر این صورت سنگ‌شکن با توان بالاتر انتخاب می‌شود. جدول (۱-۸) مشخصات انواع سنگ‌شکن ژیراتوری را نشان می‌دهد.

جدول۱-۸- مشخصات برخی سنگ‌شکن‌های ژیراتوری (یکی از سازندگان معتبر)

ظرفیت تقریبی (m^3/h) نسبت به گلوگاه در حالت باز													توان	سرعت	وزن	دهانه
۳۰۰	۲۷۵	۲۵۰	۲۲۵	۲۰۰	۱۷۵	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۰	۸۸	۷۵	٦۳	۵۰	(kw)	(rpm)	(ton)	(mm)
							۴۶۰	۳۷۰	۳۲۵	۲۹۰	۲۴۰	۱۹۰	۲۲۴	۶۰۰	۶۷	۹-۱۷
							۴۳۵	۳۵۵	۳۱۵	۲۸۰	۲۴۰	۱۹۵	۱۵۰	۴۲۵	۹۰	۹-۱۸
						۵۱۵	۴۳۰	۳۴۰	۲۹۵	۲۴۵			۲۲۴	۶۰۰	۷۴	۱۱-۱۷
						۶۰۵	۵۲۰	۴۲۵	۳۷۵	۳۳۵			۱۸۷	۳۷۵	۱۲۷	۱۱-۱۸
					۸۹۰	۶۷۰	۵۶۵	۴۸۰	۴۳۰				۳۰۰	۵۱۴	۱۲۱	۱۳-۲۰
					۹۳۵	۷۱۰	۵۶۵	۴۴۰	۳۸۰				۳۰۰	۵۱۴	۱۲۰	۱۳-۲۰
				۸۸۰	۷۹۰	۶۹۰	۵۹۰	۴۹۰					۱۸۷	۳۷۵	۱۴۳	۱۳-۲۰
				۷۳۰	۶۳۵	۵۴۰	۴۴۰	۳۴۰					۲۲۴	۳۸۰	۱۱۴	۱۳-۲۱
			۱۱۹۰	۱۰۸۵	۹۷۰	۸۵۰	۷۸۰						۲۶۱	۳۴۰	۲۲۷	۱۴-۲۱
			۱۷۷۰	۱۵۳۰	۱۳۰۵	۱۱۳۵	۹۶۵						۳۷۳	۵۱۴	۲۲۸	۱۴-۲۲
		۱۳۸۰	۱۲۳۵	۱۱۰۰	۹۷۵	۸۶۰							۳۷۳	۳۳۰	۲۲۲	۱۴-۲۴
		۱۴۷۵	۱۴۱۵	۱۲۷۵	۱۱۴۰	۱۰۱۵							۳۰۰	۳۴۰	۲۷۲	۱۶-۲۲
	۱۸۵۵	۱۶۸۵	۱۵۱۵	۱۴۴۵	۱۲۷۵	۱۱۰۵							۳۷۳	۵۱۴	۲۴۲	۱۶-۲۲
	۱۳۹۰	۱۲۵۵	۱۱۲۵	۱۰۵۰	۹۳۰	۸۱۵							۳۷۳	۳۳۰	۲۳۸	۱۶-۲۴
	۲۳۲۵	۲۱۵۵	۱۹۵۵	۱۸۱۵	۱۶۶۰	۱۴۱۵							۳۷۳	۳۰۰	۳۶۲	۱۸-۲۷
	۲۴۷۰	۲۲۷۵	۲۰۴۰	۱۸۵۰	۱۶۸۰	۱۴۱۵							۴۴۸	۵۱۴	۴۰۰	۱۸-۲۷
	۲۴۴۰	۲۲۷۰	۲۰۴۰	۱۹۰۰	۱۶۹۰	۱۴۷۵							۵۲۲	۳۰۰	۴۴۴	۲۲-۲۷
۲۶۵۵	۲۳۹۰	۲۱۲۰	۱۸۵۵	۱۵۸۵									۵۹۷	۳۰۰	۵۴۴	۱۸-۳۱
۳۷۴۰	۳۳۴۵	۲۹۸۰	۲۶۲۰	۲۲۶۰									۷۴۶	۴۵۰	۵۷۸	۱۸-۳۲
۳۰۵۰	۲۸۳۵	۲۶۲۰	۲۴۱۰	۲۱۹۵									۷۴۶	۲۷۵	۵۹۰	۲۵-۳۲

omoorepeyman.ir

۱-۳-۳- سنگ‌شکن مخروطی

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

– دهانه سنگ‌شکن (a): این پارامتر که به نوعی مشخص کننده ابعاد سنگ‌شکن است، بر اساس بزرگترین قطعات خوراک ورودی به آن تعیین می‌شود. از آنجا که خوراک ورودی این سنگ‌شکن‌ها از طریق محصول خروجی سنگ‌شکن‌های قبلی (فکی، ژیراتوری و یا مخروطی استاندارد) تامین می‌شود، لذا ماکزیمم ابعاد قطعات ورودی از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$a \geq \frac{D}{0.85} \qquad (۸-۱)$$

– گلوگاه سنگ شکن (b): ظرفیت محصول تولیدی بستگی به اندازه گلوگاه دارد. هر قدر گلوگاه سنگ‌شکن بازتر باشد، دستگاه ظرفیت بیشتری دارد و دانه‌بندی محصول نیز درشت‌تر است. چنانچه سنگ‌شکن مخروطی استاندارد در مسیر بسته کار کند، دهانه سرند کنترل، تعیین‌کننده دانه‌بندی محصول نهایی خواهد بود. در این حالت برای دستیابی به ظرفیت ماکزیمم، باید گلوگاه سنگ‌شکن در حالت بسته معادل ۰/۶ تا ۰/۷ و در حالت باز ۰/۶۷ تا ۰/۷۸ دهانه سرند باشد که در این حالت میزان بار در گردش ۱۰ تا ۱۵ درصد بار اولیه خواهد بود.

سنگ‌شکن‌های مخروطی سرکوتاه اغلب در مدار بسته کار می‌کنند که برای دستیابی به ماکزیمم ظرفیت آن‌ها، باید گلوگاه سنگ‌شکن در حالت بسته به طور متوسط ۰/۷۵ و در حالت باز ۱/۱ برابر دهانه سرند باشد. در این صورت میزان بار در گردش ۲۵ تا ۵۰ درصد بار اولیه خواهد بود.

– ماکزیمم قطر هسته میانی: ظرفیت سنگ‌شکن مخروطی با این پارامتر مشخص می‌شود و با بزرگتر شدن آن، اندازه سنگ‌شکن و در نتیجه ظرفیت آن افزایش می‌یابد.

– ابعاد خوراک ورودی: این پارامتر را می‌توان هم به صورت ابعاد بزرگترین قطعات ورودی و هم به صورت d_{80} خوراک ورودی در نظر گرفت که با استفاده از دهانه سنگ‌شکن تعیین می‌شود و به وسیله d_{80}، نسبت خردایش و انرژی لازم برای خردایش کانسنگ مورد نظر توسط سنگ‌شکن مخروطی محاسبه می‌شود.

– ابعاد محصول خروجی: منظور ابعاد محصول مورد نظر و d_{80} محصول خروجی است که با استفاده از آن اندازه گلوگاه و انرژی مورد نیاز برای خردایش کانسنگ مورد نظر تعیین می‌شود.

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن مخروطی

برای انتخاب سنگ‌شکن‌های مخروطی و تعیین ظرفیت آن‌ها، بر اساس اطلاعاتی که از کانسنگ، کارخانه مورد طراحی و مشخصات ماشین‌آلات در اختیار است، استفاده از دستورالعمل زیر توصیه می‌شود:

omoorepeyman.ir

– در ابتدا بر اساس ظرفیت کارخانه، ظرفیت واحد سنگ‌شکنی و با احتساب درصد بار در گردش و اطلاعاتی که از واحد سنگ‌شکنی در اختیار است، ظرفیت ورودی سنگ‌شکن بر حسب متر مکعب بر ساعت به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$\text{ظرفیت بر حسب } (m^3/h) \text{ برای سنگ‌شکن مخروطی استاندارد} = \frac{1.125 \times Q}{n \times h \times 0.75 \times \rho} \qquad (۹-۱)$$

$$\text{ظرفیت بر حسب } (m^3/h) \text{ برای سنگ‌شکن مخروطی سرکوتاه} = \frac{1.375 \times Q}{n \times h \times 0.75 \times \rho} \qquad (۱۰-۱)$$

که در این رابطه:

Q: ظرفیت تولید واحد سنگ‌شکنی بر حسب تن در روز؛

n: تعداد شیفت کاری؛

h: تعداد ساعت در هر شیفت کاری؛

ρ: جرم مخصوص ظاهری کانسنگ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب.

– بر اساس ابعاد بزرگترین قطعات موجود در خوراک این سنگ‌شکن (D) که محصول سنگ‌شکن‌های اولیه است، اندازه دهانه به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$a \geq \frac{D}{0.85} \qquad (۱۱-۱)$$

با توجه به ابعاد محصول مورد نیاز (d_{80}) و به منظور دستیابی به ظرفیت ماکزیمم، گلوگاه سنگ‌شکن در حالت باز برای مخروطی استاندارد ۰/۶۷ تا ۰/۷۸ دهانه سرند (محصول مورد نظر) و برای مخروطی سرکوتاه ۱/۱ برابر دهانه سرند است. اندازه متوسط گلوگاه از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\text{(استاندارد) } b = \frac{d_{80}}{0.725} \qquad \text{(سرکوتاه) } b = \frac{d_{80}}{1.1} \qquad (۱۲-۱)$$

با مراجعه به جداول و منحنی‌های شرکت‌های سازنده و با در اختیار داشتن ابعاد دهانه و اندازه گلوگاه در حالت باز، سایر مشخصات سنگ‌شکن مخروطی از جمله ظرفیت و توان مصرفی مشخص می‌شود. ظرفیت موجود در جدول باید با ظرفیت ورودی سنگ‌شکن طبق طراحی، مطابقت داشته باشد.

کنترل نهایی مشخصات سنگ‌شکن انتخاب شده از طریق توان مصرفی انجام می‌شود. بدین منظور با استفاده از رابطه باند با استفاده از اندیس کار کانسنگ، در نظر گرفتن ظرفیت خردایش و ضریب تصحیح توان برای سنگ‌شکن‌های مخروطی (ضریب تصحیح معمولا معادل ۱/۳)، انرژی مورد نیاز محاسبه می‌شود:

$$W = 11W_i\left(\frac{1}{\sqrt{d_P}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}}\right) \times q \times 1.3 \qquad (۱۳-۱)$$

omoorepeyman.ir

مقدار q با احتساب درصد بار در گردش برای سنگ‌شکن‌های مخروطی استاندارد با ضریب ۱/۲۵ و برای سنگ‌شکن‌های مخروطی سرکوتاه با ضریب ۱/۳۵ در نظر گرفته می‌شود.

اگر انرژی محاسباتی کمتر از انرژی سنگ‌شکن انتخاب شده باشد، سنگ‌شکن انتخابی و ظرفیت تعیین شده مناسب است در غیر این صورت باید سنگ‌شکن با توان بالاتر انتخاب شود. در صورتی که با افزایش توان، ظرفیت سنگ‌شکن انتخاب شده (از جداول) خیلی بیشتر از ظرفیت مورد نظر باشد، توصیه می‌شود به جای یک سنگ‌شکن با توان و ظرفیت بالاتر از چند سنگ‌شکن با ظرفیت و توان کمتر استفاده شود. در جداول (۱-۹) و (۱-۱۰) مشخصات انواع سنگ‌شکن‌های مخروطی درج شده است.

جدول ۱-۹- مشخصات سنگ‌شکن‌های مخروطی استاندارد

اندازه (mm)	دهانه (mm)		نوع	وزن (ton)	سرعت (rpm)	توان (kw)	ظرفیت تقریبی (m^3/h) نسبت به گلوگاه در حالت باز (mm)									
	حداقل	حداکثر					٦	۱۰	۱۳	۱٦	۱۹	۲۵	۳۲	۳۸	۵۰	٦۳
٦۰۰	۵۷	۷۱	F	۵	۶۷۵	۳۷	۷	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸	۲۲	۲۷	۳۰		
	۸۲	۹۵	C					۱۱	۱۴	۱۸	۲۱	۲۷	۳۵	۴۲		
۹۰۰	۱۰۰	۱۱۷	F	۱۰	۵۸۰	۷۵		۲۲	۲۸	۳۴	۴۰	۴۵	۵۰	۵۰		
	۱۳۱	۱۴۹	C						۲۸	۳۴	۴۲	۵۰	۶۶	۸۰		
	۱۷۵	۱۹۰	X								۴۲	۵۰	۶۶	۸۰		
۱۲۷۵	۱۱۴	۱۳۶	F	۲۰	۴۸۵	۱۵۰			۶۵	۷۵	۸۵	۹۵	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۵	
	۱۸۸	۲۱۱	M							۸۰	۹۰	۱۰۵	۱۲۵	۱۳۵	۱۵۵	
	۲۴۴	۲۶۳	C								۹۵	۱۱۰	۱۳۵	۱۵۵	۱۹۰	
	۲۶۲	۲۸۴	X									۱۱۰	۱۳۵	۱۵۵	۱۹۰	
۱٦۵۰	۱۸۰	۱۹۶	F	۴۰	۴۸۵	۱۸۵				۱۰۰	۱۲۰	۱۴۵	۱۷۰	۱۹۵	۲۲۵	۲۴۵
	۲۱۹	۲۴۱	M									۱۶۰	۱۹۰	۲۱۰	۲۵۰	۲۸۵
	۲۵۰	۲۷۲	C									۱۷۰	۲۱۰	۲۴۰	۲۹۵	۳۵۰
	۳۴۲	۳۶۹	X											۲۴۰	۲۹۵	۳۵۰
۲۱۰۰	۲۵۴	۲۷۹	F	۶۰	۴۳۵	۲۶۰						۲۵۰	۳۳۰	۹۳۰	۱۰۵۰	۵۵۰
	۲۹۲	۳۲۳	M									۳۰۰	۳۹۰	۱۶۶۰	۱۸۱۵	۷۰۰
	۳۴۲	۳۷۷	C										۴۱۰	۱۶۸۰	۱۸۵۰	۷۵۰
	۴۲۵	۴۶۰	X										۷۱۰	۱۶۸۰	۱۸۵۰	۷۵۰

omoorepeyman.ir

جدول ۱-۱۰- مشخصات سنگ‌شکن‌های مخروطی سرکوتاه

اندازه (mm)	دهانه (mm)		نوع	وزن (ton)	سرعت (rpm)	توان (kw)	ظرفیت تقریبی (m^3/h) نسبت به گلوگاه در حال باز (mm)							
	حداقل	حداکثر					۳	۵	۶	۱۰	۱۳	۱۶	۱۹	۲۵
۶۰۰	۵۷	۷۱	F	۵	۶۷۵	۳۷	۶	۹	۱۰	۱۴	۱۶	۱۹		
	۸۲	۹۵	C					۱۳	۱۴	۲۰	۲۳	۲۶		
۹۰۰	۱۰۰	۱۱۷	F	۱۰	۵۸۰	۷۵	۱۵	۲۳	۲۷	۳۸	۴۳	۴۷	۵۰	
	۱۳۱	۱۴۹	C						۳۲	۴۵	۵۰	۵۷	۶۰	۷۰
۱۲۷۵	۱۱۴	۱۳۶	F	۲۵	۴۸۵	۱۵۰		۳۷	۴۴	۷۰	۸۵	۹۵		
	۲۴۴	۲۶۳	C						۶۵	۷۵	۹۵	۱۱۰	۱۲۰	۱۵۰
۱۶۵۰	۱۸۰	۱۹۶	F	۴۰	۴۳۵	۱۸۵		۶۵	۸۰	۱۲۰	۱۳۵	۱۴۵		
	۲۵۰	۲۷۲	C							۱۲۵	۱۵۰	۱۸۰	۱۹۰	۲۱۵
۲۱۰۰	۲۵۴	۲۷۹	F	۶۵	۴۳۵	۲۶۰		۱۳۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۵۰	۲۷۰	۲۹۰	
	۲۹۲	۳۲۳	M							۲۲۵	۲۶۰	۲۸۰	۲۹۵	۳۱۰
	۳۴۲	۳۷۷	C								۲۷۰	۲۹۵	۳۱۵	۳۵۰

F: ریزدانه، M: متوسط‌دانه، C: درشت‌دانه و E: خیلی درشت‌دانه

۱-۳-٤- سنگ‌شکن استوانه‌ای (غلطکی)

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

- فاصله غلطک‌ها (S): این فاصله به ابعاد محصول مورد نیاز بستگی دارد و معمولا معادل ۷۰ تا ۸۵ درصد اندازه درشت‌ترین دانه محصول است. در صورتی که محصولی با ابعاد کوچکتر از P مورد نیاز باشد، باید فاصله دو غلطک را به شرح زیر تعیین کرد:

$$S = 0.775 \times P \qquad (۱۴-۱)$$

- طول یا پهنای غلطک‌ها (L): این پارامتر علاوه بر این که نقش موثری در ظرفیت سنگ‌شکن دارد، یکی از عوامل اصلی مشخص‌کننده یک سنگ‌شکن استوانه‌ای است.

- قطر غلطک‌ها (D): قطر غلطک‌ها از جمله عوامل مشخص‌کننده سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای است که نسبت مستقیم با ظرفیت آن دارد. با فرض ضریب اصطکاک معادل $\mu = 0.35$ بین کانسنگ و فولاد (غلطک‌ها) حداقل قطر غلطک‌ها به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$D \geq 9.7 \times d \qquad (۱۵-۱)$$

که در آن d ابعاد درشت‌ترین قطعات ورودی به سنگ‌شکن است.

- ماکزیمم ابعاد خوراک ورودی (d): با توجه به این که خوراک سنگ‌شکن استوانه‌ای از طریق سنگ‌شکن‌های اولیه تامین می‌شود، لذا مقدار d به راحتی قابل محاسبه است.

- سرعت محیطی غلطک‌ها (v): این مشخصه به سرعت زاویه‌ای غلطک‌ها و قطر آن‌ها بستگی دارد و به شرح زیر تعیین می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$V = \frac{\frac{D}{2} \times \omega}{60} \qquad (۱۶-۱)$$

که در آن:

D: قطر غلطک‌ها (متر)؛

ω: سرعت زاویه‌ای بر حسب دور بر دقیقه؛

V: سرعت محیطی بر حسب متر بر ثانیه.

سرعت محیطی برای مواد ترد بیشتر از مواد سخت است.

– درجه انباشتگی (η): عبارت است از بخشی از فضای موجود بین دو غلطک که به وسیله کانسنگ اشغال شده است و بر حسب درصد بیان می‌شود. مقدار این پارامتر حدود ۲۵ تا ۶۰ درصد و از جمله عوامل موثر در تعیین ظرفیت سنگ‌شکن استوانه‌ای است.

– جرم مخصوص کانسنگ (ρ): جرم مخصوص ظاهری کانسنگ است که معمولا مقدار آن ۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر گرفته می‌شود.

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن استوانه‌ای

بر اساس جداول و نمودارها با تعیین طول و قطر غلطک‌ها، سایر مشخصات سنگ‌شکن استوانه‌ای از جمله ظرفیت آن‌ها مشخص می‌شود. ارتباط بین ظرفیت سنگ‌شکن استوانه‌ای و عوامل موثر با رابطه تجربی زیر مشخص می‌شود:

$$q = 3.6 \times L \times S \times V \times \eta \times \rho \qquad (۱۷-۱)$$

که در آن:

q: ظرفیت سنگ‌شکن بر حسب تن بر ساعت؛

L: طول استوانه بر حسب متر؛

S: فاصله بین دو غلطک (بر حسب میلی‌متر)؛

V: سرعت محیطی بر حسب متر بر ثانیه؛

η: درجه انباشتگی بر حسب درصد؛

ρ: جرم مخصوص ظاهری کانسنگ بر حسب تن بر متر مکعب.

از رابطه (۱-۱۷) می‌توان هم برای تعیین وکنترل ظرفیت بهینه سنگ‌شکن در حین کار و هم برای طراحی سنگ‌شکن استوانه‌ای جدید استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

برای سنگ‌شکن استوانه‌ای در حین کار که همه پارامترهای مربوط به سنگ‌شکن و کانسنگ معلوم است، می‌توان ظرفیت بهینه را از طریق رابطه (۱-۱۷) محاسبه و با ظرفیت واقعی سنگ‌شکن مقایسه کرد. دستورالعمل انتخاب سنگ‌شکن استوانه‌ای و تعیین ظرفیت آن به شرح زیر است:

- در رابطه (۱-۱۷)، ظرفیت سنگ‌شکن استوانه‌ای بر اساس ظرفیت تولید کارخانه و بر حسب تن بر ساعت انتخاب شود؛
- مقدار S بر مبنای ابعاد محصول مورد نظر تعیین شود؛
- سرعت محیطی غلطک‌ها بر اساس تردی یا سختی کانسنگ و سرعت رایج سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای انتخاب و در رابطه (۱-۱۷) قرار داده شود (به عنوان مثال برای مواد ترد ۱۲ الی ۱۵ متر بر ثانیه و برای مواد سخت ۳ الی ۶ متر بر ثانیه)؛
- میزان درجه انباشتگی بر اساس مقدار رایج آن در سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای (حدود ۲۵ تا ۶۰ درصد) انتخاب شود؛
- جرم مخصوص (ρ) کانسنگ نیز بر اساس ماده معدنی مورد نظر تعیین شود (معمولا ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)؛
- با در اختیار داشتن عوامل قید شده در بندهای یاد شده، مقدار L، یعنی طول غلطک‌ها تعیین شود؛
- با مشخص شدن مقدار L (طول غلطک) از روی جداول و منحنی‌ها، سایر مشخصات سنگ‌شکن استوانه‌ای نظیر توان، سرعت و نظایر آن‌ها مشخص شود.

باید با استفاده از رابطه باند توان سنگ‌شکن انتخاب شده برای خردایش کانسنگ، تا ابعاد مورد نظر کنترل شود. این کار با محاسبه توان مورد نیاز برای خردایش کانسنگ با تناژ ظرفیت ورودی و با در نظر گرفتن ضریب تصحیح توان برای سنگ‌شکن استوانه‌ای (ضریب تصحیح معادل ۱/۳) انجام می‌گیرد.

$$W = 11 \times W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_p}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}} \right) \times q \times F \qquad (۱-۱۸)$$

که در آن:

d_F: d_{80} خوراک ورودی؛

d_P: d_{80} محصول مورد نظر؛

F: ضریب تصحیح توان؛

q: ظرفیت سنگ‌شکن بر حسب تن بر ساعت است.

اگر توان محاسباتی کمتر از توان سنگ‌شکن انتخاب شده باشد، انتخاب صحیح است. در غیر این صورت، باید سنگ‌شکن با توان بالاتر که ظرفیت بیشتری نیز دارد، انتخاب شود.

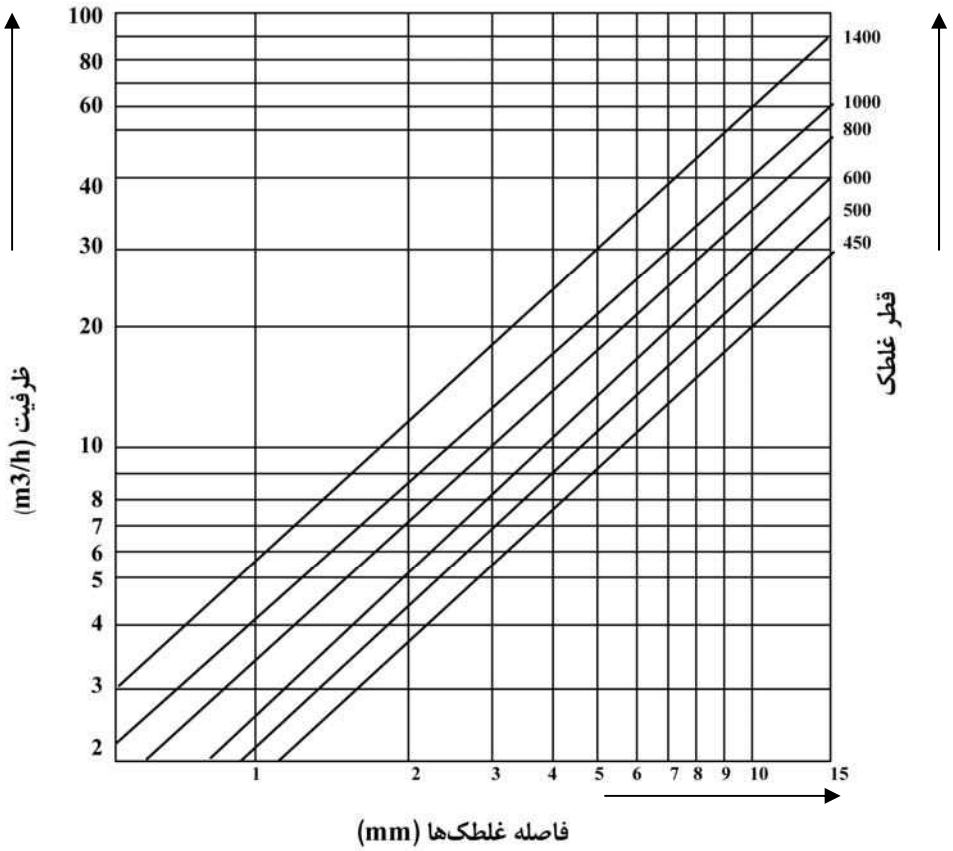
جداول (۱-۱۱) و (۱-۱۲) و همچنین شکل (۱-۱) مشخصات انواع سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

جدول ۱-۱۱- مشخصات برخی از سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای با یک استوانه دندانه‌دار

توان ماکزیمم (Kw)	سرعت ماکزیمم (rpm)	فشار ماکزیمم (t/cm^2)	وزن (ton)		اندازه (mm)	
			نوع سنگین	نوع سبک	طول	قطر
۴	۳۵۰	۰/۴	–	۱	۲۵۰	۲۲۵
۵	۱۵۰	۰/۴	–	۲	۳۰۰	۳۱۳
۶	۳۰۰	۰/۴	–	۳	۲۵۰	۴۵۰
۸	۲۱۰	۱/۵	–	۶	۳۰۰	۶۰۰
۱۹	۱۶۰	۱/۴	–	۵	۳۵۰	۶۰۰
۱۹	۱۶۰	۱/۴	–	۴	۴۰۰	۶۰۰
۲۲	۱۶۰	۱/۴	–	۴	۵۰۰	۶۰۰
۲۲	۱۶۰	۱/۴	–	۵	۶۰۰	۶۰۰
۲۲	۱۸۰	۱/۴	–	۸	۳۵۰	۷۵۰
۲۲	۱۸۰	۱/۴	–	۸	۴۰۰	۷۵۰
۳۰	۱۴۰	۱/۴	–	۷	۴۵۰	۷۵۰
۲۶	۱۵۰	۲/۴	۱۹	–	۳۰۰	۹۰۰
۳۰	۱۵۰	۰/۲	۲۱	۱۴	۳۵۰	۹۰۰
۳۰	۱۵۰	۱/۸	۲۱	۱۲	۴۰۰	۹۰۰
۳۴	۱۰۵	۱/۸	–	۹	۴۵۰	۹۰۰
۳۴	۱۰۵	۱/۸	–	۹	۳۰۰	۹۰۰
۳۰	۱۵۰	۲/۴	۱۹	–	۳۰۰	۹۳۸
۳۰	۱۰۰	۱/۴	–	۱۷	۳۷۵	۱۰۰۰
۳۴	۱۰۰	۱/۰	–	۲۶	۹۰۰	۱۰۰۰
۳۷	۱۵۰	۲/۹	۲۹	۱۵	۳۵۰	۱۰۵۰
۳۷	۱۵۰	۲/۵	۳۳	۱۶	۴۰۰	۱۰۵۰
۴۱	۱۵۰	۲/۳	۳۰	۱۵	۴۵۰	۱۰۵۰
۴۱	۱۵۰	۲/۹	۲۹	–	۴۰۰	۱۰۸۸
۴۵	۱۵۰	۳/۶	۳۷	–	۴۰۰	۱۲۰۰
۴۵	۱۰۵	۲/۷	۳۶	–	۴۵۰	۱۲۰۰
۴۸	۱۰۵	۲/۷	۳۷	–	۵۰۰	۱۲۰۰
۴۵	۸۰	۱/۸	–	۲۳	۶۰۰	۱۲۰۰
۴۵	۱۲۰	۳/۲	۴۳	–	۴۰۰	۱۳۵۰
۵۲	۱۲۰	۳/۲	۴۴	–	۵۰۰	۱۳۵۰
۵۶	۱۲۰	۳/۰	۵۳	۲۹	۶۰۰	۱۳۵۰
۶۳	۹۵	۲/۹	۵۱	–	۷۵۰	۱۳۵۰
۱۱۲	۱۲۵	۴/۵	۸۲	۴۲	۴۵۰	۱۵۰۰
۱۱۲	۱۲۵	۴/۵	۸۳	۴۹	۵۰۰	۱۵۰۰
۱۵۰	۱۲۵	۴/۵	۸۶	۵۳	۶۰۰	۱۵۰۰
۷۵	۸۵	۳/۶	–	۷۰	۷۵۰	۱۵۰۰
۱۸۷	۱۰۰	۵/۴	۱۰۳	۶۸	۶۰۰	۱۸۰۰
۱۸۷	۱۰۰	۵/۴	۱۰۸	۸۷	۷۵۰	۱۸۰۰
۲۲۴	۱۰۰	۷/۱	۱۷۹	۱۱۰	۵۰۰	۱۹۵۰
۲۶۱	۱۰۰	۷/۱	۱۴۱	–	۶۰۰	۱۹۵۰
۳۰۰	۸۵	۷/۱	۱۵۴	–	۶۰۰	۲۲۵۰

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۱- نمودار ظرفیت سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای ساده

جدول ۱-۱۲- مشخصات سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای با دو استوانه دندانه‌دار

حداکثر ابعاد ورودی (mm)		توان (kW)	وزن (ton)	اندازه استوانه‌ها (mm)	
سنگ‌شکنی ثانویه	سنگ‌شکنی اولیه			طول	قطر
۵۰	۲۰۰	۲۲	۴	۸۲۰	۴۵۰
۶۰	۲۵۰	۴۴	۱۱	۹۰۰	۷۰۰
۶۰	۲۵۰	۶۰	۱۳	۱۲۰۰	۷۰۰
۸۰	۳۵۰	۸۰	۲۲	۹۰۰	۱۰۰۰
۸۰	۳۵۰	۱۰۰	۲۵	۱۲۵۰	۱۰۰۰
۱۰۰	۵۰۰	۱۲۰	۳۶	۱۲۵۰	۱۲۵۰
۱۰۰	۵۰۰	۱۵۰	۴۰	۱۶۰۰	۱۲۵۰
۱۲۵	۱۰۰۰	۱۵۰	۷۰	۱۴۰۰	۱۶۰۰
۱۲۵	۱۰۰۰	۱۸۰	۷۲	۱۶۰۰	۱۶۰۰
۱۲۵	۱۰۰۰	۱۸۰	۹۲	۱۶۰۰	۱۶۰۰
۲۰۰	۱۵۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۲۲۵۰	۲۲۵۰

omoorepeyman.ir

۱-۳-۵- سنگ‌شکن ضربه‌ای

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

– ابعاد دهانه: اندازه سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای با اندازه دهانه ورودی آن‌ها معرفی می‌شود. ورودی ابعاد دهانه با ظرفیت سنگ‌شکن ضربه‌ای نسبت مستقیم دارد؛

– ماکزیمم ابعاد خوراک: ابعاد خوراک ورودی به این سنگ‌شکن‌ها از ۹۰ تا ۱۰۰ درصد اندازه دهانه سنگ‌شکن تغییر می‌کند؛

– ابعاد محصول خروجی؛

– جنس سنگ‌های ورودی؛

– سرعت چرخش روتور؛

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ‌شکن ضربه‌ای

برای تعیین ظرفیت و انتخاب سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای باید مراحل زیر را انجام داد:

– اگر ماکزیمم ابعاد کانسنگ ورودی به سنگ‌شکن d_m باشد، با توجه به آن که در سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای ابعاد قطعات ورودی باید ۹۰ درصد دهانه سنگ‌شکن باشد، بنابراین با در دست داشتن ابعاد ماکزیمم قطعات ورودی، دهانه سنگ‌شکن به شرح زیر تعیین شود:

$$\text{طول دهانه سنگ‌شکن} = \frac{d_m}{0.9} \qquad (۱-۱۹)$$

– با در دست داشتن ابعاد درشت‌ترین قطعات خوراک و دهانه سنگ‌شکن، از روی جداول موجود نوع و سایر مشخصات سنگ‌شکن مشخص شود.

– با تعیین مشخصات سنگ‌شکن و مراجعه به منحنی‌های موجود ظرفیت سنگ‌شکن تعیین شود.

– با توجه به معلوم بودن d_{80} خوراک و محصول، اندیس باند، ظرفیت سنگ‌شکن و با در نظر گرفتن ضریب تصحیح توان برای سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای (ضریب تصحیح معمولا معادل ۱/۶)، انرژی مورد نیاز برای خردایش از رابطه باند محاسبه شده و سنگ‌شکن ضربه‌ای انتخابی از نظر توان مصرفی کنترل شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۱۳) مشخصات برخی از انواع سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول۱-۱۳- مشخصات برخی از سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای (یکی از سازندگان معتبر)

نوع مدل	دهانه ورودی (mm)	قطر روتور (mm)	طول روتور (mm)	وزن (ton)	سرعت (rpm)	توان (Kw)
BP 1007	۷۵۰ – ۵۵۰	۱۰۰۰	۷۰۰	۶/۳۸	۷۰۰–۸۵۰	۵۵–۷۵
BP 1010	۱۰۲۰ – ۵۵۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۷/۵	۷۰۰–۸۵۰	۹۰–۱۳۲
BP 1310	۱۰۲۰ – ۷۸۵	۱۳۵۰	۱۰۰۰	۱۲/۳۶	۵۰۰–۶۵۰	۱۱۰–۱۶۰
BP 1313	۱۳۲۰ – ۷۸۵	۱۳۵۰	۱۳۰۰	۱۵	۵۰۰–۶۵۰	۱۳۲–۲۲۰
BP 1315	۱۵۴۰ – ۷۸۵	۱۳۵۰	۱۵۰۰	۱۸	۵۰۰–۶۵۰	۱۶۰–۲۶۴
BP 1615	۱۵۴۰ – ۱۱۸۰	۱۵۵۰	۱۵۰۰	۲۷	۴۴۰–۵۶۰	۲۰۰–۳۲۰
BP 1620	۲۰۴۰ – ۱۱۸۰	۱۵۵۰	۲۰۰۰	۳۳/۵	۴۴۰–۵۶۰	۲۵۰–۵۰۰

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۲

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت آسیاها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- اصول کلی تعیین مسیر آسیا

در هر مرحله از آسیا کردن باید نوع مسیر مشخص شود. منظور از مسیر همان باز یا بسته بودن آن با توجه به مشخصات کانسنگ و عملیات بعدی است. در این مورد باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

الف- اگر نسبت خردایش کم و محصول خرد شده به صورت پالپ با غلظت زیاد مد نظر باشد و نیز توزیع دانه‌بندی در محصول خرد شده اهمیت چندانی نداشته باشد، استفاده از مسیرهای باز مناسب‌تر است. آسیاهای خودشکن، نیمه‌خودشکن، قلوه‌سنگی و لوله‌ای در مسیرهای باز کار می‌کنند. مراحل نهایی خرد کردن در کارخانه‌های کانه‌آرایی معمولا در مسیر بسته انجام می‌شود؛

ب- برای تاسیسات با ظرفیت کمتر از ۲۵۰ تن در روز، بسته به کیفیت محصول مورد نظر، آسیا کردن در یک مرحله و در مسیر باز یا بسته انجام شود؛

پ- برای واحدهای با ظرفیت ۲۵۰ تا ۷۵۰ تن در روز، آسیا کردن در یک یا دو مرحله که مرحله نهایی در مسیر بسته باشد انجام شود؛

ت- برای واحدهای با ظرفیت بیشتر از ۷۵۰ تن در روز، توصیه می‌شود آسیا کردن در دو مرحله که مرحله نهایی در مسیر بسته باشد، انجام گیرد؛

ث- در آسیا کردن دو مرحله‌ای، ابعاد محصول خروجی از سنگ‌شکن (خوراک آسیا) برابر ۲۵ میلی‌متر و کوچکتر از آن و در مسیرهای یک مرحله‌ای آسیا کردن، ابعاد ورودی به آسیا ۱۳ میلی‌متر و یا کوچکتر از آن (بر مبنای ۸۰٪ عبوری) است.

با استفاده از جدول (۲-۱) می‌توان آسیای مناسب را بر مبنای نوع کانسنگ و ابعاد خوراک انتخاب کرد.

۲-۲- اطلاعات و مدارک مورد نیاز

الف- ظرفیت کارخانه؛

ب- دانه‌بندی بار اولیه (خوراک آسیا)؛

پ- ابعاد و دانه‌بندی محصول؛

ت- قابلیت خرد شدن کانسنگ (اندیس باند)؛

ث- میزان خرد شدن و ساینده‌گی کانسنگ؛

ج- نوع کانسنگ و کانی مورد نظر و روش مناسب برای خرد کردن آن؛

چ- تغییر مرز دانه‌بندی بین مراحل سنگ‌شکنی و آسیا کردن.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱- راهنمای انتخاب آسیاها برای انواع کانسنگ‌ها

نوع کانسنگ	آسیای خودشکن	آسیای خودشکن ثانویه	آسیای میله‌ای با تخلیه سرریز	آسیای میله‌ای با تخلیه محیطی	آسیای گلوله‌ای تخلیه سرریز	آسیای گلوله‌ای تخلیه محیطی	آسیای قلوه‌سنگی	آسیای چکشی
کانسنگ‌های آهن‌دار	×	×	×	×	×	×		×
تالک و مواد سرامیکی							×	
مواد اولیه سیمانی	×							×
کلینکر						×		
زغال و کک نفت				×	×	×		×
سرامیک‌های سیلیکاتی							×	
خردایش تر	×	×	×	×	×	×	×	
خردایش خشک	×	×	×					
خوراک زیر ۳۵۰ میلی‌متر	×							×
خوراک ۲۵ میلی‌متر			×	×	×	×		×
خوراک ۱۲ میلی‌متر			×	×	×	×		×
ذرات زیر ۱میلی‌متر		×				×	×	×
تولید محصولات کوبیک			×	×	×	×		×
عملیات در مسیر باز یا بسته			×	×	×			
عملیات در مسیر بسته	×	×					×	
محصول ۵-٤ میلی‌متر	×	×				×	×	

۲-۳- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- ظرفیت کارخانه (موثر در تعیین ظرفیت آسیا)؛

ب- ابعاد بار اولیه (موثر در تعیین توان آسیا)؛

پ- ابعاد محصول (موثر در تعیین توان آسیا)؛

ت- روش آسیا کردن (خشک یا تر)؛

ث- نوع ماده معدنی؛

ج- نوع بار خردکننده و ابعاد آن‌ها؛

چ- اندیس کار و میزان سختی کانسنگ (موثر در تعیین توان آسیا)؛

ح- جرم مخصوص کانسنگ (موثر در تعیین ظرفیت آسیا).

omoorepeyman.ir

۲-٤- اصول کلی برای انتخاب آسیاها

۲-٤-۱- محاسبه توان آسیا

قدرت و توان لازم برای آسیاها از رابطه باند محاسبه می‌شود. با محاسبه توان آسیا و با استفاده از پارامترهای موثر (ابعاد بار اولیه، ابعاد محصول و اندیس کار)، می‌توان سایر مشخصات آسیا از جمله ظرفیت را تعیین کرد.

$$W = 11 \times W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_P}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}} \right) \qquad (۱-۲)$$

که در آن:

W: انرژی لازم برای خرد کردن یک تن سنگ بر حسب کیلو وات ساعت؛

Wi: اندیس کار سنگ؛

d_P و d_F: به ترتیب d80های محصول و خوراک بر حسب میکرون.

۲-٤-۲- ضرایب اصلاح توان آسیا

توان به دست آمده از رابطه (۲-۱) برای شرایط خاصی از بار اولیه و اندازه آسیا ارایه شده است. بنابراین برای مطابقت آن با شرایط موجود، باید یک سری ضرایب تصحیح نیز در آن دخالت داده شود. شرایط خاص یاد شده عبارتند از:

- آسیای مورد نظر میله‌ای، در مسیر باز و به قطر ۲/۴۴ متر باشد؛
- آسیای گلوله‌ای با قطر ۲/۴۴ متر در مسیر بسته و با روش تر کار کند؛
- منظور از قطر آسیا، قطر متوسط آن با در نظر گرفتن قطر حفاظها و آسترهای داخلی آن است؛
- توان محاسبه شده، مربوط به توان لازم در محور چرخ‌دنده‌های آسیا است.

اگر آسیای مورد نظر مشخصات فوق را نداشته باشد، برای مطابقت آن با شرایط موجود باید ضرایب تصحیح زیر در توان محاسبه شده اعمال شوند:

الف- EF_1: ضریب تصحیح مربوط به روش آسیا کردن؛

اگر آسیا کردن در مسیر خشک انجام گیرد، توان لازم برای آن۳۰٪ بیشتر از روش تر است و توان محاسبه شده از رابطه باند باید در ضریب ۱/۳ ضرب شود.

ب- EF_2: ضریب تصحیح آسیا کردن و خردایش در مسیر باز؛

در مسیرهای باز در مقایسه با مسیرهای بسته، خردایش با آسیای گلوله‌ای به مقدار انرژی بیشتری نیاز دارد. ضریب تصحیح EF_2 برای آسیای گلوله‌ای در مسیر باز مطابق جدول (۲-۱) برای دانه‌بندی‌های مختلف انتخاب و در توان محاسبه شده اعمال شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۲- ضریب تصحیح EF_2 برای آسیای گلوله‌ای در مسیر باز

درصد مواد عبور کرده از سرند	ضریب تصحیح
۵۰	۱/۰۳۵
۶۰	۱/۰۵
۷۰	۱/۱۰
۸۰	۱/۲۰
۹۰	۱/۴۰
۹۲	۱/۴۶
۹۵	۱/۵۷
۹۸	۱/۷

پ- EF_3: ضریب تصحیح بار در گردش؛

در صورت استفاده از آسیای گلوله‌ای در مسیر بسته، باید این ضریب تصحیح (رابطه ۲-۲) در توان آسیا اعمال شود:

$$EF_3 = \left(\frac{250}{Cl}\right)^{0.1} \qquad (۲-۲)$$

در این رابطه Cl میزان بار در گردش آسیا بر حسب تن در ساعت است.

ت- EF_4: ضریب تصحیح مربوط به قطر آسیا؛

این ضریب بعد از اعمال ضرایب دیگر در توان محاسبه شده و انتخاب اولیه آسیا منظور می‌شود که مقدار آن از معادله (۲-۳) به دست می‌آید. اگر این ضریب کوچکتر از یک باشد از آن صرف نظر می‌شود.

$$EF_4 = \left(\frac{2.44}{D}\right)^{0.2} \qquad (۲-۳)$$

که در آن D قطر آسیا بر حسب متر است.

ث- EF_5: ضریب مربوط به بار اولیه دانه‌درشت؛

برای اعمال این ضریب باید اندازه بهینه بار اولیه برای آسیاها اعمال شود که با F_0 نشان داده می‌شود که به طور تجربی برای آسیای میله‌ای $d_{F0} = 16000\sqrt{\frac{13}{W_i}}$ و برای آسیای گلوله‌ای $d_{F0} = 4000\sqrt{\frac{13}{W_i}}$ است. (W_i اندیس باند کانسنگ است.)

بنابراین ضریب تصحیح ابعاد دانه درشت بار اولیه از رابطه (۲-۴) به دست می‌آید که در آن R_r: نسبت خرد کردن و برابر با $R_r = \frac{d_F}{d_P}$ است. اگر ابعاد بار اولیه از ابعاد بهینه بزرگتر باشد، این ضریب اعمال می‌شود.

$$EF_5 = \frac{R_r + (w_i - 7)\left(\frac{d_F - d_{F0}}{d_{F0}}\right)}{R_r} \qquad (۲-۴)$$

ج- EF_6: ضریب تصحیح مربوط به ابعاد خیلی کوچک؛

omoorepeyman.ir

این ضریب در مواردی که ابعاد محصول (d_P) کمتر از ۷۵ میکرون باشد اعمال و با استفاده از رابطه (۲-۵) محاسبه می‌شود.

$$EF_6 = \frac{d_P + 10.3}{1.145 + d_P} \qquad (۲-۵)$$

چ- EF_7: ضریب تصحیح مربوط به نسبت خرد کردن؛

این ضریب معمولا بعد از انتخاب اولیه آسیا اعمال می‌شود. برای این کار باید نسبت خرد کردن بهینه برای آسیاها را محاسبه کرد. چنانچه از آسیای میله‌ای استفاده شود و نسبت خردایش بیشتر از ۲ واحد با نسبت خرد کردن بهینه اختلاف داشته باشد، باید از ضریب تصحیح ارایه شده در رابطه (۲-۶) برای محاسبه توان استفاده شود. در عمل این ضریب برای نسبت‌های خرد کردن کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای نسبت‌های خردایش زیاد استفاده از آن لزومی ندارد. با وجود این برای انتخاب آسیا در صورتی که اندیس کار ماده معدنی بزرگتر از ۷ باشد، باید این ضریب اعمال شود. اگر از آسیای گلوله‌ای که در آن نسبت خرد کردن کوچکتر از ۶ باشد استفاده شود، ضریب تصحیح فوق به صورت رابطه (۲-۷) خواهد بود.

$$EF_7 = \frac{(R_r - R_{r0})^2}{150} + 1 \qquad (۲-۶)$$

$$EF_7 = 1 + \frac{0.13}{R_r - 1.35} \qquad (۲-۷)$$

که در آن Rr نسبت خردایش و برابر است با $R_r = \frac{df}{dp}$ و R_{ro} نسبت خردایش بهینه برابر است با $R_{ro} = 8 + \frac{5L}{D}$ (L طول آسیا و D قطر آسیا است).

ح- EF_8: ضریب تصحیح مربوط به نوع مسیر سنگ‌شکنی؛

این ضریب در مواقعی به کار می‌رود که اولا از آسیای میله‌ای استفاده شود، ثانیا بار ورودی به آسیا در مسیر باز توسط محصول خروجی از سنگ‌شکن تامین شود که برابر EF_8= ۱/۲ است.

خ- EF_9: ضریب اتلاف انرژی.

توان به دست آمده برای آسیا با احتساب کلیه ضرایب بدون انرژی تلف شده است. انرژی تلف شده در حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد است، بنابراین ضریب EF_9 برابر است با:

$$EF_9 = 1.1 \approx 1.2 \qquad (۲-۸)$$

بعد از اعمال ضرایب تصحیح و انتخاب آسیای مورد نظر، چنانچه از آسیای میله‌ای و گلوله‌ای استفاده شود، باید میزان و ترکیب بار خردکننده نیز بر اساس قطر آن‌ها تعیین شود. با محاسبه قطر بزرگترین گلوله و میله و با توجه به نوع آسیای انتخاب شده میزان و درصد گلوله و میله با ابعاد مختلف نیز مشخص می‌شود.

omoorepeyman.ir

۲-۵- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت آسیاها

۲-۵-۱- آسیاهای میله‌ای

الف- اولین قدم در انتخاب آسیاهای میله‌ای تعیین جرم مخصوص، میزان سختی، اندیس کار، روش خرد کردن، ابعاد بار اولیه و محصول و ظرفیت کارخانه است.

ب- با توجه به این که نسبت خردایش در ضرایب تصحیح موثر (EF_1) در توان آسیا دخالت دارد لذا بر اساس ابعاد بار ورودی و محصول آسیا باید مقدار آن تعیین شود ($R_r=\frac{d_F}{d_P}$). به طور متوسط در آسیاهای میله‌ای نسبت خردایش ۱۵ در نظر گرفته می‌شود.

پ- اگر آسیا کردن به روش خشک انجام گیرد، باید ضریب تصحیح EF_1 در آن اعمال شود.

ت- با در نظر گرفتن میزان خردایش و نسبت خرد کردن، باید ابعاد بهینه بار اولیه مطابق با ضریب تصحیح EF_5 محاسبه و موثر یا غیر موثر بودن آن نیز در توان آسیا بررسی شود.

ث- در صورتی که نیاز به محصولی با ابعاد کوچکتر از ۷۵ میکرون باشد، در این صورت، ضریب تصحیح EF_6 باید در توان آسیا اعمال شود.

ج- بعد از طی این مراحل و اعمال ضرایب مورد نظر برای آسیاهای میله‌ای، ضریب اتلاف انرژی باید معادل با ۱/۲ در نظر گرفته شود.

چ- در نهایت میزان انرژی و توان لازم برای آسیا محاسبه و با مراجعه به جداول و کاتالوگ سازندگان، آسیای مورد نظر بر اساس میزان توان محاسبه شده و دیگر مشخصات انتخاب شود.

ح- بعد از این مرحله، از آنجا که ضرایب EF_7 و EF_4 به ابعاد آسیا بستگی دارند، لذا در صورت موثر بودن، باید بر توان محاسبه شده اعمال شوند. در این شرایط اگر توان به دست آمده کوچک‌تر از توان آسیای انتخاب شده در بند (چ) باشد، انتخاب درستی انجام شده است و در غیر این صورت باید آسیایی که توان آن در جدول بیشتر از توان نهایی محاسبه شده باشد، انتخاب شود.

خ- اگر توان محاسبه شده خیلی بیشتر باشد و در جداول و کاتالوگ سازندگان موجود نباشد با تقسیم توان محاسباتی بر عدد ۲ یا ۳ بر تعداد آسیاها افزوده شود.

د- باید در آسیای میله‌ای، قطر میله‌ها و میزان آن‌ها نیز مشخص شود که برای محاسبه قطر بزرگترین میله از رابطه باند به شرح زیر استفاده می‌شود:

$$R = K \times F^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{S_g \times W_i}{100 \times C_s \times \sqrt{D}} \right)^{\frac{1}{3}} \qquad (۹-۲)$$

omoorepeyman.ir

که در آن:

R: قطر بزرگترین میله (mm)؛

D: قطر آسیای انتخاب شده (m)؛

W_i: اندیس کار (kwh/st)؛

Cs: سرعت آسیا نسبت به سرعت بحرانی (٪)؛

S_g: چگالی میله‌ها (ton/m^3)؛

d_F: ابعاد بار ورودی بر مبنای ۸۰٪ عبور کرده (میکرون)؛

K: مقدار ثابت (معمولا معادل ۰/۱۱۴ برای روش خشک و ۰/۱۱ برای روش تر).

ذ- پس از انتخاب آسیا و مشخص شدن قطر و طول آسیا، باید حجم و ظرفیت آن نیز مشخص شود. چون این آسیاها به صورت استوانه‌ای شکل هستند، حجم آن‌ها از رابطه $V_{ap}=\frac{\pi D^2 L}{4}$ محاسبه می‌شود که در آن D قطر آسیا و L طول آسیا است که این حجم داخل آسیا بدون بار خردکننده (Vap) است. با در نظر گرفتن حجم بار خردکننده (V_{ch}) و درجه انباشتگی، حجم واقعی (V_{aq}) و ظرفیت آن بدون بار خردکننده و با در نظر گرفتن درجه انباشتگی (a%) از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$a=\frac{V_{ch}}{V_{ap}} \Rightarrow V_{aq}=V_{ap}-V_{ch}=V_{ap}-aV_{ap}=V_{ap}\left(1-(a)\right) \qquad (۱۰-۲)$$

در انتخاب نوع آسیا و ترکیب میله‌ها باید علاوه بر جداول ارایه شده، به جداول و کاتالوگ سازندگان آن‌ها نیز توجه شود. معادله زیر توسط باند برای تعیین توان آسیاهای میله‌ای ارایه شده است:

$$K_w=1.752\left(D^{0.34}\right)\left(6.3-5.4V_p\right)\times C_s \qquad (۱۱-۲)$$

که در آن:

K_w: مصرف انرژی بر حسب کیلو وات ساعت بر هر تن متریک میله‌ها؛

D: قطر داخلی آسیا بر حسب متر؛

V_P: بخشی از آسیا که توسط بار خرد کننده اشغال شده (m^3)؛

C_s: سرعت بحرانی آسیا بر حسب درصد؛

در جدول (۲-۳) راهنمای انتخاب آسیای میله‌ای و ترکیب میله‌ها در جدول (۲-۴) ارایه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۳- راهنمای مربوط به انتخاب آسیای میله‌ای

قطر آسیا (m)	طول آسیا (m)	طول میله (m)	سرعت آسیا		چگالی میله‌ها (kg/m^3)	وزن میله‌ها بر اساس تن متریک			توان آسیا بر حسب اسب بخار		
						درجه انباشتگی (٪)					
			(٪)Cs	rpm		٤٥	٤٠	٣٥	٤٥	٤٠	٣٥
۰/۹۱	۱/۲۲	۱/۰۷	۷۴/۵	۳۶/۱	۵۸۴۷	۸	۸	۷	۱/۲۷	۱/۱۳	۱
۱/۲۲	۱/۸۳	۱/۶۸	۷۴/۷	۳۰/۶	۵۸۴۷	۲۶	۲۵	۲۳	۲/۹	۲/۵۸	۲/۲۵
۱/۵۲	۲/۴۴	۲/۲۹	۷۱/۲	۲۵/۷	۵۸۴۷	۶۴	۶۱	۵۷	۸/۸	۷/۹۵	۶/۹۱
۱/۸۳	۳/۰۵	۲/۹۰	۷۰/۷	۲۳/۱	۵۸۴۷	۱۲۸	۱۲۲	۱۱۴	۱۶/۸	۱۵	۱۳/۱
۲/۱۳	۳/۳۵	۳/۲۰	۶۹/۹	۲۱	۵۷۶۶	۲۰۴	۱۹۴	۱۸۱	۲۵/۶	۲۲/۸	۲۰
۲/۴۴	۳/۶۶	۳/۵۱	۶۹/۳	۱۹/۴	۵۷۶۶	۳۱۰	۲۹۵	۲۷۵	۳۷/۴	۳۳/۲	۲۹
۲/۵۹	۳/۶۶	۳/۵۱	۶۹	۱۸/۷	۵۷۶۶	۳۵۹	۳۴۱	۳۱۸	۴۲/۵	۳۷/۷	۳۳
۲/۷۴	۳/۶۶	۳/۵۱	۶۷/۵	۱۷/۹	۵۷۶۶	۳۸۸	۳۶۹	۳۴۴	۴۵/۵	۴۱/۱	۳۶
۲/۸۹	۳/۹۶	۳/۸۱	۶۷/۶	۱۷/۴	۵۶۰۶	۴۷۰	۴۴۶	۴۱۶	۵۴/۹	۴۸/۸	۴۲/۷
۳/۰۵	۴/۲۷	۴/۱۱	۶۷	۱۶/۸	۵۶۰۶	۵۷۲	۵۴۴	۵۰۷	۶۳/۸	۵۹	۵۱/۵
۳/۲۰	۴/۵۷	۴/۴۲	۶۶/۴	۱۶/۲	۵۶۰۶	۶۸۷	۶۵۳	۶۰۹	۷۸/۹	۷۰/۱	۶۱/۴
۳/۳۵	۴/۸۸	۴/۷۲	۶۶/۸	۱۵/۹	۵۶۰۶	۸۲۹	۷۸۸	۷۳۵	۹۳/۵	۸۲/۸	۷۲/۵
۳/۵۱	۴/۸۸	۴/۷۲	۶۶/۶	۱۵/۵	۵۶۰۶	۹۲۴	۸۷۸	۸۱۹	۱۰۳	۹۰/۷	۷۹/۷
۳/۶۶	۴/۸۸	۴/۷۲	۶۶/۴	۱۵/۱	۵۶۰۶	۱۰۲۳	۹۷۲	۹۰۶	۱۱۲	۹۹/۸	۸۲/۷
۳/۸۱	۵/۴۹	۵/۳۴	۶۶	۱۴/۷	۵۴۴۶	۱۲۳۴	۱۱۷۳	۱۰۹۳	۱۳۴	۱۱۹	۱۰۴
۳/۹۶	۵/۷۹	۵/۶۴	۶۵/۶	۱۴/۳	۵۴۴۶	۱۴۲۶	۱۳۵۶	۱۲۶۴	۱۵۴	۱۳۷	۱۲۰
۴/۱۲	۵/۷۹	۵/۶۴	۶۵/۵	۱۴	۵۴۴۶	۱۵۶۲	۱۴۸۶	۱۳۸۵	۱۶۶	۱۴۸	۱۳۰
۴/۲۷	۶/۱۰	۵/۹۴	۶۴/۹	۱۳/۶	۵۴۴۶	۱۷۸۳	۱۶۹۵	۱۵۸۰	۱۹۰	۱۶۹	۱۴۷
۴/۴۲	۶/۱۰	۵/۹۴	۶۴/۶	۱۳/۳	۵۴۴۶	۱۹۳۵	۱۸۴۰	۱۷۱۵	۲۰۴	۱۸۱	۱۵۹
۴/۵۷	۶/۱۰	۵/۹۴	۶۴/۳	۱۳	۵۴۴۶	۲۰۹۱	۱۹۸۸	۱۸۵۳	۲۱۹	۱۹۴	۱۷۱

جدول ۲-٤- ترکیب میله‌ها در آسیای میله‌ای

قطر میله‌ها (mm)	درصد وزنی میله‌ها					
۱۲۵	۱۸	–	–	–	–	–
۱۱۵	۲۲	۲۰	–	–	–	–
۱۰۰	۱۹	۲۳	۲۰	–	–	–
۹۰	۱۴	۲۰	۲۷	۲۰	–	–
۷۵	۱۱	۱۵	۲۱	۳۳	۳۱	–
٦٥	۷	۱۰	۱۵	۲۱	۳۹	۳۴
۵۰	۹	۱۲	۱۷	۲۶	۳۰	۶۶
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

omoorepeyman.ir

۲-۵-۲- آسیای گلوله‌ای

الف- تعیین مشخصات کانسنگ و کارخانه (به شرحی که قبلا ذکر شد).

ب- محاسبه توان لازم برای آسیا کردن با استفاده از قانون باند بر اساس ابعاد بار ورودی و محصول خروجی بر مبنای ۸۰ درصد عبوری و اندیس کار

$$W = 11 \times w_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_{F80}}} - \frac{1}{\sqrt{d_{P80}}} \right) \qquad (۱۲-۲)$$

پ- محاسبه نسبت خردایش

ت- اگر روش آسیا کردن به طریقه خشک باشد، باید ضریب تصحیح EF_1 که میزان آن برابر ۱/۳ است، در آن اعمال شود. در صورتی که آسیا کردن به روش تر باشد، از این مقدار صرف نظر شود.

ث- اگر مسیر آسیا کردن باز باشد، باید میزان EF_2 هم در آن اعمال شود که برای دانه‌بندی‌های مختلف و درصد مواد عبوری از آن‌ها باید ضریب تصحیح مربوطه از جدول (۲-۱) انتخاب شود. اگر مدار بسته باشد، از این مقدار صرف نظر شود.

ج- ضریب تصحیح بار در گردش را نیز باید اعمال کرد که مقدار آن از رابطه $EF_3 = (\frac{250}{Cl})^{0.1}$ محاسبه می‌شود که در آن Cl میزان بار در گردش است.

چ- در این مرحله ضریب مربوط به بار اولیه دانه‌درشت منظور می‌شود که پس از تعیین ابعاد بهینه ($d_{Fo} = 4000\sqrt{\frac{13}{Wi}}$) از رابطه (۲-۱۳) به دست می‌آید. اگر ابعاد بار اولیه بزرگتر از d_{Fo} محاسبه شده باشد، این ضریب منظور و در غیر این صورت از آن صرف نظر شود.

$$EF_5 = \frac{R_r + (W_i - 7)\left(\frac{d_F - d_{Fo}}{d_{Fo}}\right)}{R_r = \frac{d_F}{d_P}} \qquad (۱۳-۲)$$

ح- در صورتی که ابعاد محصول مورد نظر کوچکتر از ۷۵ میکرون باشد، باید ضریب تصحیح مربوط به محصول دانه‌ریز به صورت رابطه زیر در توان محاسبه شده منظور شود.

$$EF_6 = \frac{d_P + 10.3}{1.145 \times d_P} \qquad (۱۴-۲)$$

خ- اگر نسبت خردایش کمتر از ۶ باشد، باید ضریب تصحیح نسبت خرد کردن به صورت زیر در توان محاسباتی تاثیر داده شود و اگر بزرگتر از ۶ باشد از این ضریب صرف نظر شود.

$$EF_7 = 1 + \frac{0.13}{R_r + 1.35} \qquad (۱۵-۲)$$

omoorepeyman.ir

د- پس از طی مراحل ۱ تا ۸ و محاسبه توان آسیای گلوله‌ای، با مراجعه به جداول انتخاب آسیای گلوله‌ای و نیز بر اساس جداول و کاتالوگ سازندگان، انتخاب اولیه آسیا انجام گیرد.

ذ- ضریب تصحیح دیگر برای انتخاب آسیای گلوله‌ای ضریب مربوط به قطر آسیا بر حسب متر است (EF_4) که از رابطه $EF_4 = \left(\frac{2.44}{D}\right)^{0.2}$ به دست می‌آید. اگر این ضریب کوچکتر از ۱ باشد، از آن صرف نظر شود. پس از اعمال این ضریب در توان، با مراجعه به جداول مربوطه بر اساس توان به دست آمده، آسیای گلوله‌ای انتخاب و سایر مشخصات آن تعیین شود.

ر- با توجه به مشخصات ماده معدنی و آسیای انتخاب شده، ترکیب و درصد وزنی گلوله‌های مورد نیاز برای آسیا انتخاب شود. پس از محاسبه قطر بزرگترین گلوله از طریق رابطه (۲-۱۶) ترکیب و درصد آن‌ها بر اساس جداول مربوطه انتخاب شود.

$$\beta = K \times F^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{\sigma \times W_i}{100 \times C_s \times \sqrt{D}}\right)^{\frac{1}{3}} \qquad (۲-۱۶)$$

که در آن:

β: قطر بزرگترین گلوله بر حسب میلی‌متر (mm)؛

D: قطر آسیای انتخاب شده (m)؛

Wi: اندیس کار (kwh/st)؛

Cs: سرعت آسیا نسبت به سرعت بحرانی (٪)؛

F: ابعاد بار ورودی بر مبنای ۸۰٪ عبور کرده (میکرون)؛

K: مقدار ثابت معمولا (معادل ۰/۱۱۴برای روش خشک و ۰/۱۱۱ برای روش تر)؛

σ: چگالی گلوله (ton/m^3).

با مشخص شدن قطر آسیا، سرعت بحرانی و اندازه بزرگترین گلوله، توان آسیا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$K_{wb} = 4.879\left(D^{0.3}\right)\left(3.2 - 3V_p\right)C_S\left(1 - \frac{0.1}{2^9 - 10C_s}\right) + S_s \qquad (۲-۱۷)$$

که در آن:

k_{wb}: مصرف انرژی بر حسب کیلو وات ساعت در هر تن گلوله؛

D: قطر داخلی آسیا (متر)؛

Vp: بخشی از حجم آسیا که توسط گلوله‌ها اشغال شده (%)؛

C_s: سرعت بحرانی آسیا (%).

S_s: فاکتور اندازه گلوله‌ها: برای آسیاهایی که قطر داخلی آن‌ها بیشتر از ۳/۳ متر است، بزرگترین اندازه گلوله‌ها که بر توان و قدرت آسیا اثر دارند، به نام فاکتور اندازه گلوله نامیده می‌شود و از رابطه زیر به دست می‌آید:

omoorepeyman.ir

$$S_S = 1.102\left(\frac{\beta - 12.5D}{50.8}\right) \qquad (۱۸-۲)$$

که در آن:

β: اندازه بزرگترین گلوله (میلی‌متر)؛

D: قطر داخلی آسیا برحسب متر؛

S_s: فاکتور اندازه گلوله‌ها.

به کمک این روابط توان مصرفی هر آسیای گلوله‌ای محاسبه می‌شود.

در جداول (۲-۵) و (۲-۶) راهنمای انتخاب آسیای گلوله‌ای ارایه شده است.

جدول ۲-۵- راهنمای مربوط به انتخاب آسیای گلوله‌ای

قطر آسیا	طول آسیا	قطر گلوله	سرعت آسیا		وزن گلوله‌ها برحسب تن متریک			توان آسیا بر حسب اسب بخار					
					درجه انباشتگی (٪)			تخلیه سرریزی			تخلیه شبکه‌ای (تر)		تخلیه شبکه‌ای (خشک)
								درجه انباشتگی (٪)					
(m)	(m)	(mm)	C_S (٪)	rpm	٤٥	٤٠	٣٥	٤٥	٤٠	٣٥	٥٠	٤٠	٣٥	٤٠	٣٥
۰/۹۱	۰/۹۱	۵۰	۷۹/۹	۳۸/۷	۰/۸۷	۰/۷۷	۰/۶۸	۷	۷	۷	۹	۸	۸	۸	۸
۱/۲۲	۱/۲۲	۵۰	۷۹/۱	۳۲/۴	۲/۲۸	۲/۰۲	۱/۷۷	۲۱	۲۰	۱۹	۲۵	۲۴	۲۲	۲۱	۲۰
۱/۵۲	۱/۵۲	۵۰	۷۸/۱	۲۸/۲	۴/۷۱	۴/۱۹	۳/۶۶	۴۷	۴۵	۴۲	۵۴	۵۲	۴۹	۴۹	۴۵
۱/۸۳	۱/۸۳	۵۰	۷۸	۲۵/۵	۸/۴۴	۷/۵	۶/۵۶	۸۹	۸۵	۸۰	۱۰۳	۹۹	۹۳	۹۲	۸۶
۲/۱۳	۲/۱۳	۵۰	۷۷/۲	۲۳/۲	۱۳/۸	۱۲/۳	۱۰/۷	۱۵۱	۱۴۵	۱۳۷	۱۷۵	۱۶۸	۱۵۸	۱۵۷	۱۴۸
۲/۴۴	۲/۴۴	۵۰	۷۶/۱	۲۱/۳	۲۱	۱۸/۶	۱۶/۲	۲۳۷	۲۲۸	۲۱۵	۲۷۵	۲۶۵	۲۴۹	۲۴۶	۲۳۲
۲/۵۹	۲/۴۴	۵۰	۷۵/۳	۲۰/۴	۲۳/۸	۲۱/۱	۱۸/۵	۲۷۷	۲۶۶	۲۵۰	۳۲۱	۳۰۸	۲۹۰	۲۸۷	۲۷۰
۲/۷۴	۲/۷۴	۵۰	۷۵	۱۹/۷	۳۰/۲	۲۶/۹	۲۳/۵	۳۵۶	۳۴۲	۳۲۲	۴۱۳	۳۹۷	۳۷۳	۳۶۹	۳۴۸
۲/۸۹	۲/۷۴	۵۰	۷۵	۱۹/۱۵	۳۳/۹	۳۰/۱	۲۶/۴	۴۰۶	۳۹۰	۳۶۷	۴۷۱	۴۵۳	۴۲۵	۴۲۱	۳۹۶
۳/۰۵	۳/۰۵	۵۰	۷۵	۱۸/۶۵	۴۲	۳۷/۳	۳۲/۷	۵۱۲	۴۹۱	۴۶۲	۵۹۳	۵۷۰	۵۳۵	۵۳۰	۴۹۹
۳/۲۰	۳/۰۵	۵۰	۷۵	۱۸/۱۵	۴۶/۵	۴۱/۴	۳۶/۱	۵۷۵	۵۵۲	۵۱۹	۶۶۷	۶۴۰	۶۰۲	۵۹۶	۵۶۱
۳/۳۵	۳/۳۵	۵۰	۷۲/۸	۱۷/۳	۵۵/۴	۴۹/۲	۴۳	۶۷۶	۶۴۹	۶۱۰	۷۸۴	۷۵۳	۷۰۸	۷۰۱	۶۵۹
۳/۵۱	۳/۳۵	۵۰	۷۲/۲	۱۶/۷۵	۶۰/۸	۵۴	۴۹/۱	۷۴۷	۷۱۸	۶۷۴	۸۶۷	۸۳۲	۷۸۲	۷۷۵	۷۲۸
۳/۶۶	۳/۶۶	۵۰	۷۱/۸	۱۶/۳	۷۲/۵	۶۴/۴	۵۶/۴	۹۰۰	۸۶۴	۸۱۲	۱۰۴۴	۱۰۰۳	۹۴۲	۹۳۳	۸۷۷
۳/۸۱	۳/۶۶	۵۰	۷۱/۸	۱۵/۹۵	۷۹	۷۰/۲	۶۱/۴	۹۹۳	۹۵۴	۸۹۶	۱۱۵۲	۱۱۰۶	۱۰۴۰	۱۰۳۰	۹۶۸
۳/۹۶	۳/۹۶	۵۰	۷۱/۷	۱۵/۶	۹۲/۶	۸۲/۷	۷۲/۳	۱۱۷۷	۱۱۳۰	۱۰۶۳	۱۳۶۵	۱۳۱۱	۱۲۳۳	۱۲۲۰	۱۱۴۸
۴/۱۲	۳/۹۶	۶۴	۷۱/۷	۱۵/۳	۹۹/۸	۸۹/۴	۷۸/۲	۱۳۲۱	۱۲۶۶	۱۱۸۹	۱۵۳۲	۱۴۶۹	۱۳۷۹	۱۳۶۷	۱۲۸۴
۴/۲۷	۴/۲۷	۶۴	۷۰/۷	۱۴/۸	۱۱۷	۱۰۴	۹۰/۷	۱۵۲۷	۱۴۶۴	۱۳۷۵	۱۷۷۱	۱۹۶۹۹	۱۵۹۵	۱۵۸۱	۱۴۸۵
۴/۴۲	۴/۲۷	۶۴	۷۰/۸	۱۴/۵۵	۱۲۶	۱۱۲	۹۸	۱۶۵۶	۱۵۸۸	۱۴۹۲	۱۹۲۱	۱۸۴۲	۱۷۳۰	۱۷۱۵	۱۶۱۱
۴/۵۷	۴/۵۷	۶۴	۶۹/۸	۱۴/۱	۱۴۴	۱۲۹	۱۱۳	۱۸۹۳	۱۸۱۷	۱۷۰۷	۲۱۹۶	۲۱۰۷	۱۹۸۰	۱۹۶۲	۱۸۴۴
۴/۷۲	۴/۵۷	۶۴	۶۹/۸	۱۳/۸۵	۱۵۵	۱۳۸	۱۲۱	۲۰۳۷	۱۹۵۶	۱۸۳۸	۲۳۶۳	۲۲۶۴	۲۱۳۲	۲۱۱۲	۱۹۸۵
۴/۸۸	۴/۸۸	۶۴	۶۹/۹	۱۳/۴۵	۱۷۹	۱۵۷	۱۳۷	۲۳۰۹	۲۲۱۷	۲۰۸۴	۲۶۷۸	۲۵۷۱	۲۴۱۷	۲۳۹۴	۲۲۵۱
۵/۰۳	۴/۸۸	۶۴	۶۸/۷	۱۳/۲	۱۸۸	۱۶۷	۱۴۶	۲۴۶۸	۲۳۷۰	۲۲۲۹	۲۸۶۳	۲۷۵۰	۲۵۸۵	۲۵۶۰	۲۴۰۷
۵/۱۸	۵/۱۸	۷۵	۶۸/۷	۱۳	۲۱۲	۱۸۹	۱۶۵	۲۸۸۳	۲۷۶۴	۲۵۹۵	۳۳۴۴	۳۲۰۶	۳۰۱۰	۲۹۸۵	۲۸۰۳
۵/۳۳	۵/۱۸	۷۵	۶۸/۱	۱۲/۷	۲۲۶	۲۰۱	۱۷۹	۳۰۵۳	۲۹۲۹	۲۷۵۰	۳۵۴۲	۳۳۹۷	۳۰۹۰	۳۱۶۳	۲۹۷۰
۵/۴۹	۵/۴۹	۷۵	۶۷/۵	۱۲/۴	۲۵۳	۲۲۵	۱۹۷	۳۴۱۴	۳۲۷۶	۳۰۷۷	۳۹۶۱	۳۸۰۰	۳۵۶۹	۳۵۳۸	۳۳۲۳

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۶- ترکیب و درصد وزنی گلوله‌ها

قطر گلوله‌ها(mm)	درصد وزنی گلوله‌ها						
۱۱۵	۲۳	–	–	–	–	–	–
۱۰۰	۳۱	۲۳	–	–	–	–	–
۹۰	۱۸	۳۴	۲۴	–	–	–	–
۷۵	۱۵	۲۱	۳۸	۳۱	–	–	–
۶۵	۷	۱۲	۲۰/۵	۳۹	۳۴	–	–
۵۰	۳/۸	۶/۵	۱۱/۵	۱۹	۴۳	۴۰	
۴۰	۱/۷	۲/۵	۴/۵	۸	۱/۷	۴۵	۵۱
۲۵	۰/۵	۱	۱/۵	۳	۶	۱۵	۴۹
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

۲-۵-۳- آسیای خودشکن

الف- توان لازم برای این آسیاها نیز از رابطه باند محاسبه می‌شود:

$$w = 11 \times w_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_P}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}} \right) \qquad (۱۹-۲)$$

ب- از آنجا که این آسیاها در هر دو روش آسیا کردن (خشک و تر) کاربرد دارند، لذا اعمال ضریب تصحیح آسیا کردن به روش خشک در توان محاسبه شده (EF_1) الزامی است و مقدار آن معادل ۱/۳ است.

پ- از آنجا که این آسیاها بیشتر در مسیرهای باز کار می‌کنند و جانشین دو تا سه مرحله آسیا و سنگ‌شکنی هستند، ضریب تصحیح EF_2 (آسیا کردن در مسیر باز) در آن موثر خواهد بود و باید در توان محاسبه شده اعمال شود. میزان آن بر اساس درصد مواد عبور کرده از سرند کنترل در جدول (۳-۳) آورده شده است.

ت- از آنجا که این آسیاها به ندرت در مسیر بسته کار می‌کنند، لذا ضریب تصحیح EF_3 در توان محاسبه شده اعمال نمی‌شود اگر از این آسیاها در مسیر بسته استفاده شود، اعمال EF_3 (ضریب تصحیح بار در گردش) الزامی است ($EF_3 = \left(\frac{250}{Cl}\right)^{0.1}$).

ث- ضریب تصحیح EF_4 ($EF_4 = \left(\frac{2.44}{D}\right)^{0.2}$) نسبت به توان این نوع آسیاها بسیار کوچک بوده و در توان محاسبه شده تاثیر چندانی ندارد. اما توصیه بر آن است که محاسبه شود.

ج- با معادل‌سازی بار خردکننده این آسیاها با بار خردکننده در آسیای گلوله‌ای، باید مقدار بهینه خوراک ورودی برای این آسیا انتخاب و با در نظر گرفتن نسبت خردایش (که در این آسیاها خیلی زیاد است)، تاثیر ضریب تصحیح مربوط به ابعاد بار اولیه دانه درشت (EF_5) در توان محاسبه و اعمال شود.

چ- از آنجا که این آسیاها محصول خیلی ریزتری تولید می‌کنند، اعمال ضریب تصحیح EF_6 در توان محاسبه شده ضروری است.

ح- ضریب تصحیح EF_7 و EF_8 در توان محاسبه شده اعمال نمی‌شود.

omoorepeyman.ir

با در نظر گرفتن شرایط یاد شده و تاثیر ضرایب تصحیح مربوطه بر توان محاسبه شده، آسیای مورد نظر بر اساس جداول و کاتالوگ سازندگان (مشابه جدول ۲-۷) انتخاب می‌شود.

جدول ۲-۷- مشخصات برخی از آسیاهای خودشکن

توان (kw)	سرعت (rpm)	C_s (٪)	قطر داخلی آسیا	
			طول (m)	قطر (m)
۹۵۰	۱۲	۷۱	۲/۱	۶/۶
۱۵۰۰	۱۱/۹	۷۵	۲/۴	۷/۲
۴۳۰۰	۱۱/۱	۷۴	۴/۷	۸/۱
۵۰۰۰	۱۰/۴	۷۷	۳/۶	۹/۶

۲-۵-٤- آسیای نیمه‌خودشکن

الف- توان لازم برای خردایش بر اساس ابعاد بار ورودی و محصول و اندیس کار کانسنگ محاسبه شود.

ب- مطابق با روش‌های مذکور ضرایب تصحیح موثر در توان محاسبه شده، اعمال شوند. در نهایت آسیای مورد نظر با توجه به مشخصات گفته شده و با توجه به جداول و کاتالوگ‌های سازندگان انتخاب شود.

بعد از انتخاب آسیا، توان آن از طریق رابطه (۲-۲۰) قابل محاسبه است.

$$W = P_N \rho_C D^{2.5} L \qquad (۲۰-۲)$$

که در آن:

W: توان (Kwh)؛

D: قطر آسیا (m)؛

L: طول (m)؛

ρ_C: چگالی بار خرد کننده (ton/m^3)؛

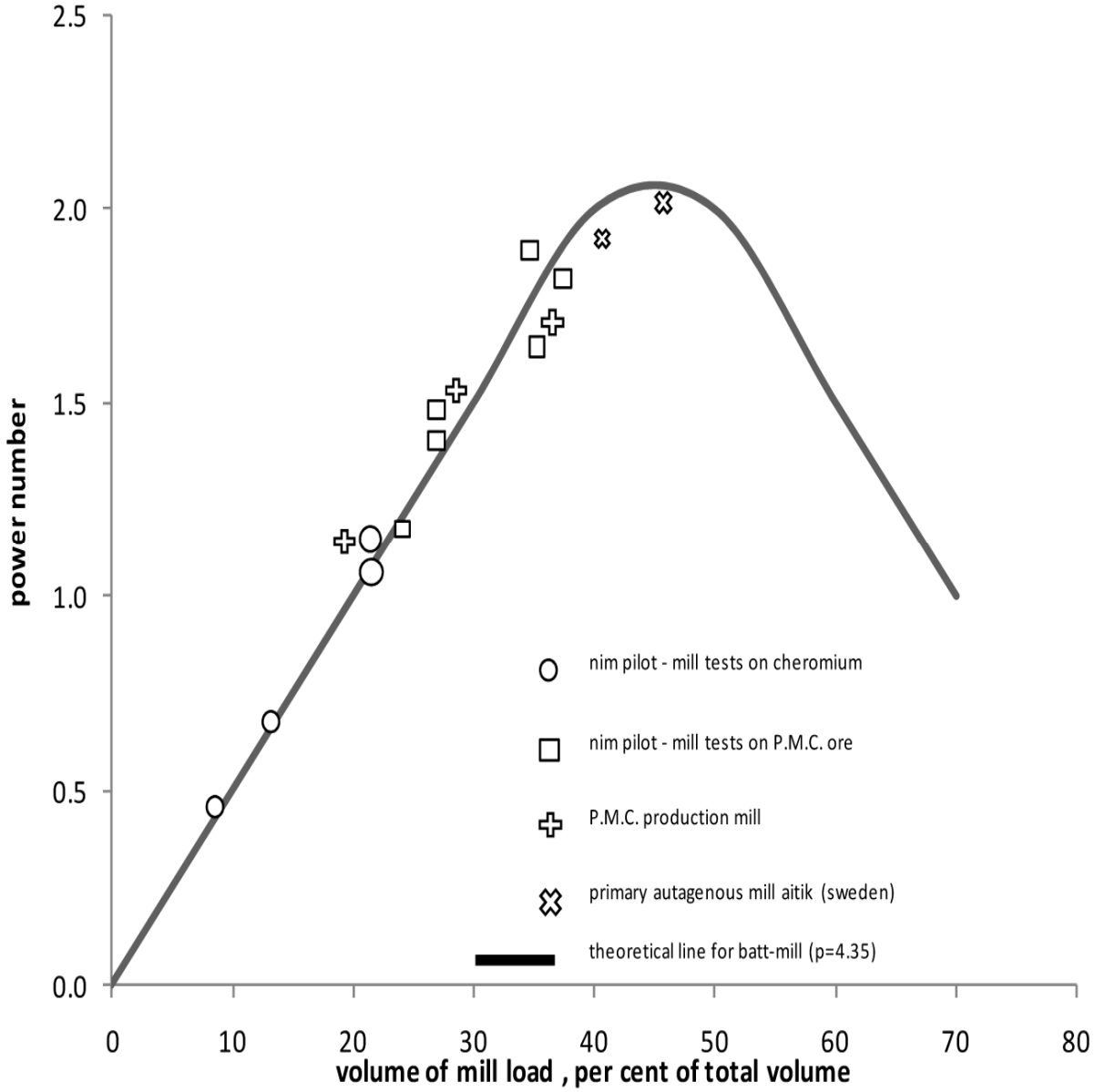
P_N: عدد توان که با استفاده از منحنی‌های موجود تعیین می‌شود.

جدول (۲-۸) مشخصات برخی از آسیاهای نیمه‌خودشکن را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۲-۱) بیانگر نحوه به دست آمدن عدد توان است.

جدول ۲-۸- مشخصات برخی از آسیاهای نیمه‌خودشکن

توان (kw)	سرعت (rpm)	C_s (٪)	قطر داخلی آسیا	
			طول(m)	قطر(m)
۲۳۰۰	۱۲/۳۷	۸۲/۵	۱/۹۱	۸/۲۸
۴۵۰۰	۱۰/۹۵	۷۵	۳/۶۰	۸/۴
۶۰۰۰	۱۰/۴۰	۷۶/۲	۳/۶۸	۹/۶
۴۵۰۰	۱۰/۴۰	۷۲	۴/۲۰	۹/۶
۶۰۰۰	۱۰	۷۳	۴/۶۵	۹/۶

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱- عدد توان بر حسب نسبت حجم اشغال شده به حجم کل آسیا (تعیین عدد توان)

۲-۵-۵- آسیای قلوه‌سنگی

برای انتخاب آسیای قلوه‌سنگی دو روش به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

روش اول: اگر این آسیا به تنهایی مورد استفاده قرار گیرد، باید ضرایب تصحیح EF_1، EF_2، EF_4، EF_5 و EF_6 در توان محاسبه شده اعمال شود. اگر آسیا در مسیر بسته کار کند، باید ضریب EF_3 نیز در توان محاسبه شده اعمال شود. چون میزان خردایش در این آسیاها بیشتر است، ضریب EF_7 در انتخاب آسیا تاثیر چندانی نخواهد داشت. با توجه به این که خوراک این آسیاها از آسیای خودشکن و میله‌ای تامین می‌شود، لذا ضریب EF_8 نیز تاثیری ندارد.

omoorepeyman.ir

در نهایت ضریب EF_9 بر توان محاسبه شده اعمال شده و بر اساس جداول مربوطه، نوع آسیا مشخص می‌شود. در این آسیاها میزان سرعت بحرانی برابر ۷۵ درصد و درجه انباشتگی ۴۰ درصد است.

این آسیاها بر اساس ضخامت آستر نیز مشخص و با توجه به ضخامت آن‌ها اندازه و توان آسیا انتخاب می‌شود. بعد از انتخاب آسیا می‌توان ترکیب و درصد قلوه‌سنگ‌ها را بر اساس روش مشابه انتخاب آسیای گلوله‌ای و بر اساس جداول و کاتالوگ سازندگان آسیاها مشخص کرد.

روش دوم: آسیاهای قلوه‌سنگی در حقیقت معادل مسیری است که در آن دو آسیای میله‌ای قرار دارند. بنابراین اولین اقدام محاسبه توان لازم برای آسیای میله‌ای با توجه به عوامل و پارامترهای مربوطه و انتخاب آن بعد از اعمال ضرایب تصحیح است.

دومین مرحله محاسبه توان آسیای قلوه‌سنگی با توجه به مشخصات محصول خروجی آسیای میله‌ای و اندازه محصول مورد نظر با استفاده از رابطه باند است. این توان محاسبه شده باید در عدد ۲ (ضریب سایش) ضرب شود.

توان به دست آمده از مرحله اول با توان مرحله دوم جمع شده و بر اساس مقدار به دست آمده و با مراجعه به جدول انتخاب آسیاها، تعداد و نوع آن مشخص می‌شود. اگر توان به دست آمده بیشتر از مقادیر داده شده در جداول باشد باید با در نظر گرفتن شرایط تعداد بیشتری آسیا انتخاب و در مرحله بعدی میزان قلوه‌سنگ‌ها و وزن آن‌ها انتخاب شود.

مشخصات و توان برخی از آسیاهای قلوه‌سنگی در جداول (۲-۹) و (۲-۱۰) ارایه شده است.

جدول۲-۹- مشخصات برخی از آسیاهای قلوه‌سنگی

توان (kw)	سرعت (rpm)	وزن قلوه‌سنگ‌ها (ton)	قطر داخلی آسیا	
			طول (m)	قطر (m)
۲۰۵	۱۹	۱۸	۳/۲۰	۲/۹۰
۳۱۰	۱۸	۲۶	۳/۵۵	۳/۲۵
۴۰۵	۱۷/۳	۳۲	۳/۸۰	۳/۵
۵۴۰	۱۶/۳	۴۱	۴/۱۰	۳/۸
۷۳۵	۱۵/۹	۵۴	۴/۴۵	۴/۱۵
۹۷۰	۱۵/۲	۶۸	۴/۸۰	۴/۵
۱۳۰۰	۱۴/۵	۸۹	۵/۲۰	۴/۹
۱۷۲۰	۱۳/۹	۱۱۳	۵/۶۰	۵/۳۰
۲۱۲۰	۱۳/۶	۱۳۴	۵/۹	۵/۶۰
۲۵۴۰	۱۳/۲	۱۶۵	۶/۲	۵/۹

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۰- توان برخی از آسیاهای قلوه سنگی

ضخامت آسیا ٤ (اینچ)		ضخامت آسیا ۳ (اینچ)		ضخامت آسیا ۱-۱/٤(اینچ)		اندازه آسیا طول×قطر (اینچ)
سرعت (RPM)	توان (اسب بخار)	سرعت (RPM)	توان (اسب بخار)	سرعت (RPM)	توان (اسب بخار)	
۲۳	۷۱	۲۲/۶	۷۷	۲۲	۸۲	۷×۱۰
۲۳	۸۴	۲۲/۶	۹۲	۲۲	۱۰۰	۷×۱۲
۲۳	۹۷	۲۲/۶	۱۰۶	۲۲	۱۱۷	۷×۱۴
۲۳	۱۱۱	۲۲/۶	۱۲۰	۲۲	۱۳۴	۷×۱۶
۲۳	۱۲۴	۲۲/۶	۱۳۵	۲۲	۱۵۱	۷×۱۸
۲۳	۱۳۷	۲۲/۶	۱۴۹	۲۲	۱۶۸	۷×۲۰
۲۳	۱۵۱	۲۲/۶	۱۶۵	۲۲	۱۸۵	۷×۲۲
۲۱	۱۲۰	۲۰/۶	۱۲۸	۲۰	۱۳۹	۸×۱۲
۲۱	۱۴۰	۲۰/۶	۱۴۹	۲۰	۱۶۳	۸×۱۴
۲۱	۱۵۹	۲۰/۶	۱۷۰	۲۰	۱۸۶	۸×۱۶
۲۱	۱۷۸	۲۰/۶	۱۹۱	۲۰	۲۱۰	۸×۱۸
۲۱	۱۹۷	۲۰/۶	۲۱۳	۲۰	۲۳۴	۸×۲۰
۲۱	۲۱۷	۲۰/۶	۲۳۴	۲۰	۲۵۸	۸×۲۲
۲۱	۲۳۵	۲۰/۶	۲۵۵	۲۰	۲۸۲	۸×۲۴
۱۹/۶	۱۸۸	۱۹/۳	۱۹۸	۱۹	۲۱۵	۹×۱۴
۱۹/۶	۲۱۳	۱۹/۳	۲۲۷	۱۹	۲۴۶	۹×۱۶
۱۹/۶	۲۳۹	۱۹/۳	۲۵۵	۱۹	۲۷۷	۹×۱۸
۱۹/۶	۲۶۴	۱۹/۳	۲۸۴	۱۹	۳۰۹	۹×۲۰
۱۹/۶	۲۹۱	۱۹/۳	۳۱۲	۱۹	۳۴۱	۹×۲۲
۱۹/۶	۳۱۵	۱۹/۳	۳۴۰	۱۹	۳۷۲	۹×۲۴
۱۹/۶	۳۴۲	۱۹/۳	۳۶۷	۱۹	۴۰۳	۹×۲۶
۱۸/۶	۲۷۷	۱۸/۳	۲۹۳	۱۸	۳۱۵	۱۰×۱۶
۱۸/۶	۳۱۰	۱۸/۳	۳۲۹	۱۸	۳۵۵	۱۰×۱۸
۱۸/۶	۳۴۳	۱۸/۳	۳۶۷	۱۸	۳۹۶	۱۰×۲۰
۱۸/۶	۳۷۸	۱۸/۳	۴۰۳	۱۸	۴۳۶	۱۰×۲۲
۱۸/۶	۴۰۹	۱۸/۳	۴۳۹	۱۸	۴۷۷	۱۰×۲۴
۱۸/۶	۴۴۴	۱۸/۳	۴۷۴	۱۸	۵۱۸	۱۰×۲۶
۱۷/۶	۳۹۲	۱۷/۳	۴۱۴	۱۷	۴۴۴	۱۱×۱۸
۱۷/۶	۴۳۴	۱۷/۳	۴۶۲	۱۷	۴۹۵	۱۱×۲۰
۱۷/۶	۴۷۸	۱۷/۳	۵۰۷	۱۷	۵۴۶	۱۱×۲۲
۱۷/۶	۵۱۷	۱۷/۳	۵۵۳	۱۷	۵۹۷	۱۱×۲۴
۱۷/۶	۵۶۱	۱۷/۳	۵۹۶	۱۷	۶۴۷	۱۱×۲۶
۱۷/۶	۶۰۳	۱۷/۳	۶۴۲	۱۷	۶۹۶	۱۱×۲۸

omoorepeyman.ir

۲-۵-٦- آسیاهای غلتکی

در این آسیاها ظرفیت، معیار و شاخص اصلی انتخاب است. تعیین ظرفیت این آسیاها به نوع ماده معدنی بستگی دارد. مراحل انتخاب به شرح زیر است:

الف- در مرحله اول باید بر اساس نوع ماده معدنی ابعاد محصول مشخص شود.

ب- با توجه به ابعاد محصول و نوع ماده معدنی ظرفیت آسیا تعیین می‌شود.

بعد از تعیین ظرفیت، نوع آسیا با توجه به جداول و کاتالوگ سازندگان آن‌ها و ضرایب تصحیح اعمال شده بر ظرفیت، انتخاب شود.

ظرفیت و ضرایب ظرفیت برای برخی از آسیاهای غلطکی در جداول (۲-۱۱) و (۲-۱۲) آمده است.

جدول ۲-۱۱- ظرفیت برخی از آسیاهای غلطکی برای کانسنگ‌های مختلف

نوع کانسنگ	دانه‌بندی محصول (میکرون)	ظرفیت متوسط (t/h)
بنتونیت	٪۹۹ <۱۵۰	۶/۵۰
سنگ‌آهک	٪۹۹ <۵۳	۶/۲۵
تالک	٪۹۷ <۷۵	۵/۰۰
گوگرد	٪۹۶ <۷۵	۳/۳۵
فسفات	٪۹۵ <۱۵۰	۶/۰۰
باریت	٪۹۷ <۷۵	۵/۰۰
زغال‌سنگ	٪۷۵ <۷۵	۲/۷۵

جدول ۲-۱۲- ضرایب ظرفیت انواع آسیاهای غلطکی

اندازه آسیا	۳۰۳۶	۴۲۳۶	۵۰۵۷	۶۰۵۸	۶۶۵۹	۶۶۶۹
ضریب ظرفیت	۰/۲۵	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۶۰	۲/۵۵	۳/۰۰

۲-۵-۷- آسیاهای چکشی

آسیاهای چکشی بر مبنای ظرفیت، توان مصرفی، دهانه ورودی و نظایر آن‌ها انتخاب می‌شوند. در انتخاب آسیاهای چکشی اولیه و ثانویه، جداول و کاتالوگ‌های موجود می‌توانند مبنای انتخاب این آسیاها قرار گیرند.

مشخصات برخی از آسیاهای چکشی در جداول (۲-۱۳) و (۲-۱۴) آمده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۳- مشخصات آسیاهای چکشی اولیه

ظرفیت تقریبی * (m^3/h)	توان حداکثر (kw)	سرعت حداکثر (rpm)	وزن (ton)	اندازه روتور	
				طول (mm)	عرض (mm)
۲۳	۵۶	۱۲۰۰	۴	۶۰۰	۴۵۰
۳۴	۷۵	۱۲۰۰	۵	۹۰۰	۴۵۰
۴۳	۹۵	۱۲۰۰	۷	۱۲۰۰	۴۵۰
۳۴	۵۶	۹۰۰	۷	۶۰۰	۵۰۰
۵۷	۷۵	۸۰۰	۱۷	۱۲۰۰	۵۰۰
۲۸	۶۷	۱۲۰۰	۶	۶۰۰	۵۲۵
۱۰۰	۱۸۵	۱۰۰۰	۱۶	۱۶۵۰	۵۵۰
۴۵	۹۵	۹۰۰	۸	۶۰۰	۶۰۰
۵۷	۷۵	۸۰۰	۱۰	۷۰۰	۶۰۰
۵۷	۱۱۰	۹۰۰	۱۰	۹۰۰	۶۰۰
۸۵	۱۵۰	۹۰۰	۱۲	۱۲۰۰	۶۰۰
۱۱۵	۱۷۰	۹۰۰	۱۴	۱۵۰۰	۶۰۰
۱۰۰	۱۸۵	۸۰۰	۱۶	۱۶۵۰	۶۰۰
۹۵	۱۳۰	۸۰۰	۱۳	۱۰۵۰	۷۰۰
۱۲۵	۱۷۰	۸۰۰	۱۴	۱۳۰۰	۷۰۰
۱۴۰	۱۸۵	۸۰۰	۱۵	۱۵۵۰	۷۰۰
۱۶۵	۲۲۵	۸۰۰	۱۷	۱۸۰۰	۷۰۰
۱۱۵	۱۵۰	۸۰۰	۳۲	۱۲۰۰	۱۰۵۰
۱۳۰	۲۶۰	۸۰۰	۲۲	۱۲۰۰	۱۲۰۰
۱۷۰	۲۲۵	۸۰۰	۳۶	۱۳۰۰	۱۲۰۰
۱۴۰	۱۸۵	۸۰۰	۲۲	۱۴۵۰	۱۲۰۰
۲۰۰	۲۶۰	۸۰۰	۴۳	۱۵۵۰	۱۲۰۰
۱۶۵	۲۲۵	۸۰۰	۲۳	۱۷۰۰	۱۲۰۰
۱۷۰	۳۰۰	۷۰۰	۳۰	۱۷۵۰	۱۲۰۰
۱۸۵	۲۶۰	۸۰۰	۲۴	۱۹۵۰	۱۲۰۰
۲۸۵	۳۷۵	۶۵۰	۸۸	۱۷۵۰	۱۶۵۰

* برای خرد کردن سنگ آهک از ابعاد اولیه ۱۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌متر تا ابعاد کوچکتر از ۳۸ میلی‌متر

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱٤- مشخصات آسیاهای چکشی ثانویه

ظرفیت (m^3/h) نسبت به دهانه سرند (mm)						توان حداکثر (kw)	سرعت حداکثر (rpm)	وزن (ton)	دهانه ورودی	
بدون سرند	۳۱	۲۵	۱۳	٦	۳				طول (mm)	قطر (mm)
			۵			۱۵	۱۸۰۰	۱	۲۲۵	۱۱۳
			۱۴			۳۷	۱۲۰۰	۲	۳۰۰	۱۱۳
						۸	۳۰۰۰	۱	۲۰۰	۲۰۰
						۱۱	۲۰۰۰	۱	۳۰۰	۲۰۰
						۱۹	۱۸۰۰	۱	۴۵۰	۲۰۰
						۳۰	۱۴۵۰	۲	۶۰۰	۲۵۰
						۱۵	۱۸۰۰	۱	۲۷۵	۲۷۵
۷			۲۷			۹۵	۹۰۰	۵	۶۲۵	۲۸۸
۲۳			۴۰		۱	۱۵۰	۸۰۰	۶	۹۲۵	۲۸۸
	۴۰	۱۷	۵۴		۴	۱۲۵	۹۰۰	۸	۱۲۲۵	۲۸۸
	۶۰	۱	۱۶	۲	۱	۴۵	۱۵۰۰	۲	۳۷۵	۳۰۰
	۸۰	۲		۸	۱	۴۵	۱۲۰۰	۳	۶۰۰	۳۰۰
	۲۲	۳			۲	۵۰	۱۲۰۰	۳	۷۵۰	۳۰۰
		۵			۳	۷۵	۱۲۰۰	۴	۹۰۰	۳۰۰
۴۵		۳			۱	۳۰	۱۶۰۰	۲	۵۰۰	۳۲۵
۶۸		۳۷	۵۷		۱۰	۹۵	۱۰۰۰		۸۵۰	۳۷۵
۹۰		۵۵	۷۴		۱۵	۱۱۰	۱۰۰۰		۹۷۵	۳۷۵
۲۷		۷۴	۸۵	۱۷	۲۰	۱۳۰	۱۰۰۰		۱۱۲۵	۳۷۵
		۲۰	۶	۲۷	۵	۲۶	۱۲۰۰	۳	۶۰۰	۴۲۵
		۹	۹۴	۳۶	۶	۷۵	۸۵۰		۶۷۵	۴۲۵
	۱۱	۱۴	۱۱۹	۱۰	۸	۹۵	۸۵۰		۸۲۵	۴۲۵
		۲۰	۱۴۲		۹	۱۱۰	۸۵۰		۹۵۰	۴۲۵
		۸	۱۷۰		۳	۱۳۰	۸۵۰		۱۱۰۰	۴۲۵
			۹			۳۷	۱۲۰۰	۴	۶۰۰	۵۵۰
			۱۱			۵۶	۱۲۰۰	۴	۸۰۰	۶۰۰
	۱۷		۱۴			۶۷	۱۲۰۰	۵	۱۰۵۰	۶۰۰
	۲۳		۱۷			۹۵	۱۲۰۰	۵	۱۳۰۰	۶۰۰
	۲۸		۲۰			۱۱۰	۱۲۰۰	۶	۱۵۵۰	۶۰۰
	۳۴		۲۸			۱۵۰	۸۵۰	۱۲	۱۲۰۰	۶۰۰
	۴۳		۳۷			۲۲۵	۸۵۰	۱۷	۱۸۰۰	۷۰۰
			۵۷			۲۶۰	۷۵۰	۴۱	۱۵۵۰	۱۲۰۰

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سیستم‌های طبقه‌بندی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- سرندها

۳-۱-۱- اطلاعات مورد نیاز

الف- ظرفیت تولید کارخانه: در محاسبه سطح سرند موثر است؛

ب- حد جدایش: معرف دهانه سرند مورد نظر است؛

پ- جرم مخصوص ظاهری خوراک ورودی؛

ت- رطوبت مواد؛

ث- دانه‌بندی مواد ورودی بر روی سرند: هر چه مواد ورودی دانه‌درشت‌تر باشد، به سرند بزرگتر و با ظرفیت بیشتر مورد نیاز است؛

ج- نوع ماده معدنی و ساخت و بافت آن؛

چ- تر یا خشک بودن فرآیند.

۳-۱-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- خواص ذرات: نظیر جرم مخصوص، شکل ذرات، رطوبت مواد و درصد ابعاد مواد نزدیک به چشمه سرند؛

ب- مشخصات فنی سرند: ارتعاش (شامل دامنه فرکانس، جهت زاویه شیب و روش تغذیه سرند) و سطح سرند (شامل مساحت، درصد چشمه، شکل چشمه و اندازه چشمه سرند).

۳-۱-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سرندها

پارامتر اصلی در انتخاب سرند برای دانه‌بندی مواد، سطح سرند است. انتخاب شکل چشمه سرند (مربعی، دایره‌ای، شش‌ضلعی، شطرنج مربعی) به مشخصات بار اولیه و حد جدایش و نظایر آن‌ها بستگی دارد. با تعیین سطح سرند، ظرفیت آن نیز مشخص می‌شود و می‌توان بر اساس آن سرند مورد نظر را انتخاب و ظرفیت آن را تعیین کرد.

ظرفیت عملیات سرند کردن رابطه مستقیم با مساحت سطح سرند و چشمه سرند دارد و به همین خاطر ظرفیت برحسب تن به ازای هر متر مربع از سطح سرند و به ازای هر میلی‌متر چشمه سرند در ساعت بیان می‌شود. رطوبت مواد، جرم مخصوص کانسنگ و توزیع ابعادی بار اولیه از عوامل موثر در ظرفیت هستند.

شرکت‌های سازنده سرندها، جداول، روابط و دیاگرام‌هایی را برای انتخاب سرند ارایه می‌کنند که با استفاده از آن‌ها ابعاد و ظرفیت سرند تعیین می‌شود. برای محاسبه سطح سرند استفاده از روابط تجربی تستو (رابطه ۳-۱) و مولار (روابط ۳-۲، ۳-۳ و ۳-۵) پیشنهاد شده است.

omoorepeyman.ir

$$A = \frac{714 \times \gamma \times F}{\sigma \times a^{0.6}} \qquad (۱-۳)$$

که در آن:

A: سطح سرند (m^2)؛

γ: درصد مواد با ابعاد نزدیک به چشمه سرند در بار اولیه (٪)؛

F: نرخ باردهی اولیه (ton/h)؛

σ: جرم مخصوص ظاهری بار اولیه (kg/m^3)؛

a: دهانه سرند (mm).

در روش مولار سطح سرند (A) از طریق رابطه ۳-۲ به دست می‌آید که در آن:

$$A = \frac{F}{C} \qquad (۲-۳)$$

F: نرخ باردهی بر حسب تن بر ساعت (ton/h) و C ظرفیت سرند برای واحد سطح $(\frac{ton}{h \times m^2})$ که از طریق رابطه (۳-۳) محاسبه می‌شود.

$$C = 8/1 \times a^{0.57} \qquad (۳-۳)$$

که در آن C ظرفیت سرند برای واحد سطح $(\frac{ton}{h \times m^2})$ و a دهانه سرند (mm) است.

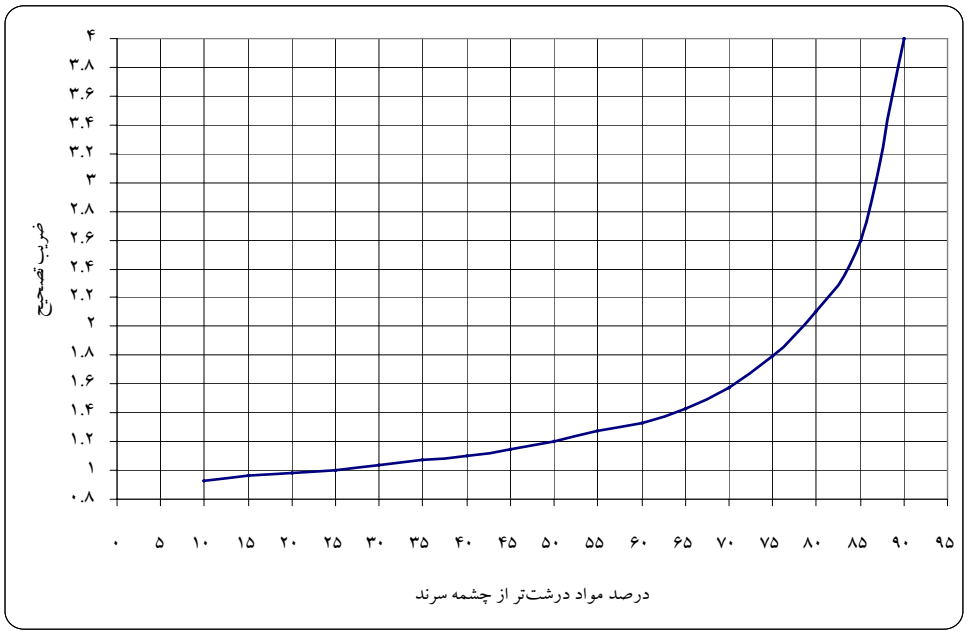
استفاده از این روابط فقط در شرایط زیر مجاز است:

- میزان ذرات درشت‌تر از چشمه و دهانه سرند معادل ۲۵٪ باشد؛
- میزان مواد یا ذرات با ابعاد کوچکتر از نصف دهانه سرند معادل ۴۰ ٪ باشد؛
- جرم مخصوص ظاهری ماده معدنی مورد نظر معادل ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد؛
- درصد دهانه سرند حداقل ۵۰ درصد باشد؛
- شکل دانه‌های ماده مورد نظر هم‌بعد، خشک و بدون چسبندگی باشد؛
- حداکثر بازدهی سرند ۹۰ تا ۹۵ ٪ باشد؛
- سرند یک طبقه و چشمه‌های آن مربعی شکل باشد.

به منظور محاسبه سطح ظرفیت واحد سرند در مواردی که شرایط یاد شده صادق نباشد باید از ضرایب تصحیح به شرح زیر استفاده شود:

f_1: ضریب تصحیح مربوط به درصد مواد بزرگتر از دهانه سرند و ابعاد مواد دانه‌درشت: این ضریب را می‌توان از روی منحنی دانه‌بندی (شکل ۳-۱) به دست آورد.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱- ضریب تصحیح مواد دانه‌درشت

f_2: ضریب تصحیح دانه‌های با ابعاد کوچکتر از نصف دهانه سرند: این ضریب از معادله تجربی زیر به دست می‌آید که در آن β درصد مواد کوچکتر از نصف دهانه سرند در بار اولیه است.

$$f_2 = 2\beta + 0.2 \qquad (۴-۳)$$

f_3: ضریب تصحیح جرم مخصوص: این ضریب از معادله تجربی $f_3 = 6.25\times10^{-4}\sigma$ به دست می‌آید که در آن σ جرم مخصوص ظاهری بار اولیه بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب است. با افزایش جرم مخصوص سطح سرند کاهش می‌یابد.

f_4: ضریب تصحیح درصد دهانه: این ضریب از معادله $f_4 = 2p$ به دست می‌آید که در آن p درصد دهانه سرند مورد نیاز است و از رابطه $p = \frac{\text{دهانه}\times100}{\text{مساحت کل}}$ حاصل می‌شود. برای چشمه‌های سرند با اشکال مختلف درصد دهانه متفاوت است، که در جدول (۳-۱) روابط مربوط به درصد دهانه سرند با توجه به شکل چشمه سرند آورده شده است و بر مبنای مشخصات کاتالوگ سازندگان انتخاب می‌شود.

f_5 : ضریب تصحیح رطوبت: این ضریب برای رطوبت‌های مختلف مطابق جدول (۳-۲) اعمال می‌شود.

جدول ۳-۱- درصد دهانه سرند بر اساس شکل چشمه‌ها

شکل چشمه	مربعی برحسب دهانه	مربعی برحسب مش	مستطیلی	میله‌های موازی
درصد دهانه	$p=100(\frac{a}{a+d})^2$	$p=100(am)^2$	$p=100(\frac{(a_1)(a_2)}{(a_1+d_1)(a_2+d_2)})$	$p=100(\frac{a}{a+d})$

d: قطر سیم(mm) و m: شماره مش (تعداد سوراخ‌ها در یک اینچ مربع)

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۲- ضریب تصحیح رطوبت

میزان رطوبت(٪)	ضریب تصحیح
کمتر از ۳	۱
بین ۳ تا ۶	۰/۸۵
بین ۶ تا ۹	۰/۵۰
سرند کردن به روش تر	۱

f_6: فاکتور مربوط به شکل چشمه‌های سرند: این ضریب با توجه به شکل چشمه سرند (مربعی، مستطیلی و نظایر آن) بر اساس جدول (۳-۳) انتخاب می‌شود.

جدول ۳-۳- ضریب مربوط به شکل چشمه‌های سرند

شکل چشمه‌ها	نسبت طول به عرض	ضریب تصحیح
مستطیلی	۴	۱/۲۵
مستطیلی	۳	۱/۲۰
مستطیلی	۲	۱/۱۵
مربعی	۱	۱
دایره‌ای	۱	۰/۸

f_7: ضریب تصحیح شکل دانه‌ها و ذرات: این ضریب بر اساس شکل دانه‌ها و با استفاده از جدول (۳-۴) تعیین می‌شود.

جدول ۳-٤- شکل دانه‌ها و ذرات

شکل ذرات	ضریب تصحیح
بدون گوشه	۱/۲
گوشه‌دار	۱
ورقه‌ای	۰/۹۵
هم‌بعد	۱
سوزنی	مراجعه به کاتالوگ‌های سازندگان

f_8: ضریب تصحیح موقعیت و طبقات سرند: در مواردی که از چندین طبقه سرند استفاده شود، این ضریب از جدول (۳-۵) اعمال می‌شود.

جدول ۳-۵- ضریب تصحیح موقعیت و طبقات سرند

طبقات سرند	ضریب تصحیح
طبقه اول	۱
طبقه دوم	۰/۹
طبقه سوم	۰/۸
بقیه طبقات	مراجعه به کاتالوگ سازندگان سرند

omoorepeyman.ir

f_9 : ضریب تصحیح بازدهی سرند: در عملیات صنعتی بازدهی معمولا ۹۵٪ در نظر گرفته می‌شود. برای بازدهی‌های مختلف ضریب تصحیح مطابق جدول (۳-۶) ارایه شده است.

جدول ۳-٦- ضریب تصحیح بازدهی سرند

بازدهی سرند(٪)	ضریب تصحیح
۹۵	۰/۸۳
۹۰	۱
۸۵	۱/۲۵
۸۰	۱/۶
۷۵	۲
۷۰	۲/۵

- بعد از محاسبه و اعمال ضرایب تصحیح یاد شده و ظرفیت واحد سرند بسته به مکانیزم عملیات و تاثیر آن‌ها با استفاده از رابطه زیر سطح سرند تعیین می‌شود:

$$A = \frac{F}{C \times f_1 \times f_2 \times \ldots \times f_9} \qquad (۵-۳)$$

سطح به دست آمده سطح اسمی سرند است و سطح واقعی باید ۲۰٪ بیشتر از سطح محاسبه شده طبق رابطه فوق باشد. در سرندهای چند طبقه سطح بزرگتر تعیین‌کننده ابعاد سرند است. باید توجه داشت که نسبت طول به عرض سرند بیشتر از ۲ باشد. بنابراین سطح واقعی (A) ۱/۲ برابر سطح اسمی (A) است.

$$A_r = 1.2A \qquad (۶-۳)$$

- بعد از محاسبه سطح واقعی سرند، با مراجعه به جداول سازندگان، طول و عرض متناظر با آن انتخاب می‌شود.

- بر اساس جداول سازندگان، با توجه به عرض سرند و زاویه قرارگیری (درجه) آن‌ها می‌توان ظرفیت عبوری مواد در انتهای سرند (ton/h) را مشخص کرد.

بنابراین بسته به نوع ماده معدنی و محدوده کاری هر کدام از سرندها و دانه‌بندی مورد نیاز می‌توان سرند مورد نظر را انتخاب و مشخصات آن را تعیین کرد.

ضخامت لایه مواد باقیمانده بر روی سرند در انتهای آن نباید از ۴ برابر دهانه سرند (برای موادی با جرم مخصوص ظاهری $1600\ kg/m^3$) تجاوز کند، لذا پس از محاسبه سطح سرند باید این ضخامت کنترل شود. ضخامت لایه مواد در انتهای سرند از رابطه (۳-۷) به دست می‌آید.

omoorepeyman.ir

$$D = \frac{278 \times R}{\sigma \times S \times W} \qquad (۷-۳)$$

که در آن:

D: ضخامت لایه در انتهای سرند (mm)؛

R: وزن مواد باقیمانده بر روی سرند (ton/h)؛

σ: جرم مخصوص ظاهری مواد (kg/m^3)؛

S: سرعت عبور مواد بر روی سرند (m/sec)؛

W: عرض مفید سرند (m) (معادل ۰/۱۵ متر کمتر از عرض حقیقی انتخاب شده سرند).

۳-۲- کلاسیفایر مارپیچی

۳-۲-۱- عوامل و پارامترهای موثر در انتخاب کلاسیفایرهای مارپیچی

عوامل و پارامترهای موثر در انتخاب و تعیین ظرفیت کلاسیفایرها، مشخصات پالپ، مواد جامد و سیال و پارامترهای مربوط به خود دستگاه هستند. از جمله این عوامل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- دانه‌بندی خوراک ورودی به کلاسیفایر؛
- دبی حجمی خوراک ورودی؛
- غلظت پالپ در خوراک ورودی؛
- جرم مخصوص مواد جامد؛
- جرم مخصوص سیال؛
- حد جدایش؛
- دبی حجمی سرریز یا ته‌ریز؛
- غلظت پالپ در سرریز یا ته‌ریز؛
- قطر مارپیچ و طول مخزن یا تانک کلاسیفایر.

۳-۲-۲- راهنمای انتخاب و تعیین ظرفیت کلاسیفایر مارپیچی

به منظور انتخاب کلاسیفایرها برای تاسیسات کانه‌آرایی می‌توان از یکی از دو روش زیر استفاده کرد:

الف- روش اول

۱- سطح مفید کلاسیفایر از طریق رابطه زیر تعیین شود:

omoorepeyman.ir

$$A = W \times E = \frac{Q}{1.8V_s} \quad (۸-۳)$$

که در آن:

A: سطح مفید کلاسیفایر (m^2)؛

E: فاصله بین مانع و محل ورود بار اولیه در سطح حوضچه (m)؛

W: عرض مانع (m)؛

Q: دبی حجمی سرریز (m^3/h)؛

V: سرعت ته‌نشینی دانه‌هایی با ابعاد معادل حد جدایش (mm/s).

مقدار Q بر اساس ظرفیت واحد جدایش و یا به عبارتی بر اساس ظرفیت کارخانه و مشخصات کانسنگ و سیال محاسبه و تعیین می‌شود. با در اختیار داشتن حد جدایش، جرم مخصوص جامد و سیال، سرعت ته‌نشینی (V) در شرایط استاندارد (دمای آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد و شکل ذرات کروی) توسط رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$V_s = \frac{8.39\{[1 + 0.0103(1 - C_v)^{4.66} g.d^3(S-1)]^{0.5} - 1\}}{d} \quad (۹-۳)$$

که در آن:

V_s: سرعت ته‌نشینی ذرات (mm/s)؛

C_V: درصد حجمی جامد (%)؛

d: قطر ذرات (mm)؛

g: شتاب جاذبه زمین ($9/8\ m/s^2$).

s: نسبت جرم مخصوص جامد به مایع.

بنابراین با استفاده از مقادیر Q و V، مقدار W × E که سطح مفید حوضچه ته‌نشینی است، محاسبه می‌شود. بر اساس سطح مفید و با استفاده از کاتالوگ و جداول شرکت‌های سازنده می‌توان سایر مشخصات کلاسیفایر از قبیل قطر مارپیچ، ظرفیت مارپیچ، توان مصرفی مارپیچ، سرعت چرخش و نوع حوضچه را تعیین کرد.

ب- روش دوم

با توجه به این که بر اساس ظرفیت تولید کارخانه، مشخصات آسیا و واحد جدایش بعد از کلاسیفایر و غیره، اطلاعاتی نظیر دبی خوراک ورودی بر حسب تن بر ساعت (C)، ظرفیت جامد در سرریز بر حسب تن بر ساعت (O)، درصد جامد در سرریز (So) و جرم مخصوص جامد بر حسب تن بر متر مکعب (ρ) موجود است، لذا با استفاده از این داده‌ها می‌توان کلاسیفایر مورد نظر را به شرح زیر انتخاب کرد:

omoorepeyman.ir

- تعیین حد جدایش بر حسب میکرون (d)؛
- تعیین درصد وزنی جامد در سرریز (S_o)؛
- محاسبه دبی حجمی پالپ سرریز (Qo) برحسب متر مکعب بر ساعت؛

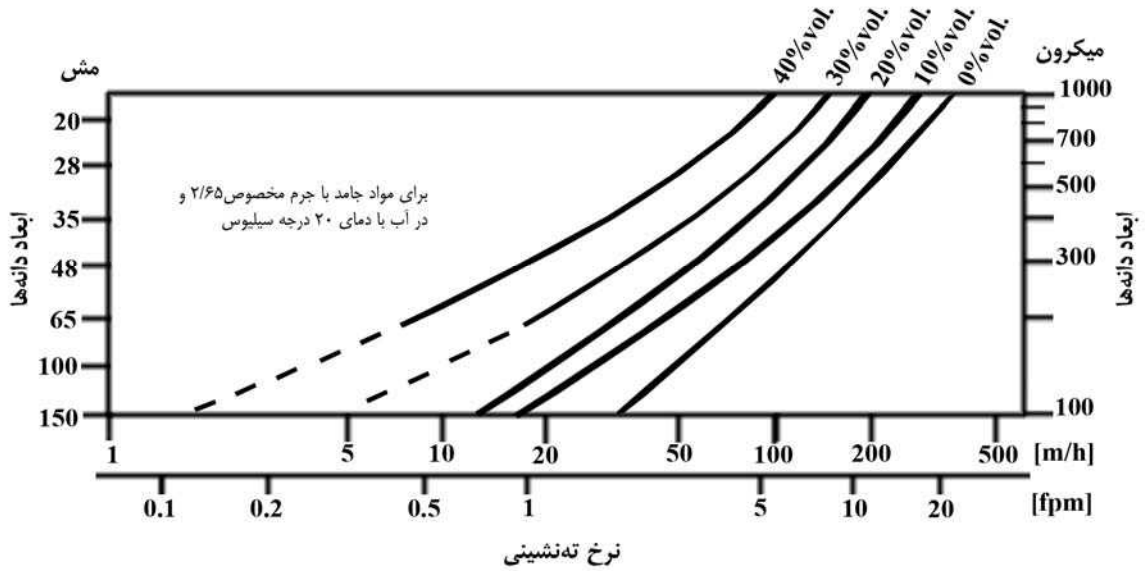
$$Q_o = \frac{O}{\rho} + O \times \frac{1 - So}{So} \qquad (۱۰-۳)$$

محاسبه درصد حجمی جامد در سرریز (V_{so})؛

$$V_{so} = 100 \times \left(\frac{O}{\rho \times Qo} \right) \qquad (۱۱-۳)$$

تعیین آهنگ ته‌نشینی: بر اساس منحنی‌های ارایه شده توسط سازندگان (به عنوان مثال شکل ۳-۲) آهنگ ته‌نشینی (R) با در اختیار داشتن حد جدایش و درصد حجمی جامد تعیین و ضریب تصحیح جرم مخصوص اعمال می‌شود. این ضریب طبق رابطه (۳-۱۲) محاسبه و در آهنگ ته‌نشینی به دست آمده از روی منحنی ضرب می‌شود.

$$f = \left(\frac{\rho - 1}{1.65} \right)^{0.5} \qquad (۱۲-۳)$$



شکل ۳-۲- نمایی از منحنی‌های آهنگ ته‌نشینی بر حسب ابعاد در درصدهای حجمی مختلف (برای مواد جامد با جرم مخصوص ۲/٦۵ و در آب با دمای ۲۰ درجه ارایه شده است).

محاسبه سطح مفید کلاسیفایر (AP)؛

$$Ap = \frac{Qo}{(R \times f) \times 0.7} \qquad (۱۳-۳)$$

omoorepeyman.ir

Ap: سطح مفید کلاسیفایر بر حسب متر مربع (m^2).

– با مراجعه به جداول شرکت‌های سازنده، کلاسیفایر با ابعاد و ظرفیت مناسب انتخاب می‌شود.

– در نهایت باید ظرفیت کلاسیفایر انتخاب شده با ظرفیت طراحی شده مقایسه شود. چنانچه ظرفیت کلاسیفایر انتخاب شده کمتر از ظرفیت طراحی شده باشد، باید کلاسیفایر با ظرفیت بیشتری را انتخاب کرد.

۳-۳- هیدروسیکلون

۳-۳-۱- عوامل و پارامترهای موثر در انتخاب هیدروسیکلون

الف- عوامل مربوط به هیدروسیکلون؛

- قطر هیدروسیکلون؛
- دهانه ورودی؛
- قطر دهانه سرریز؛
- قطر دهانه ته‌ریز؛
- زاویه بخش مخروطی ته‌ریز.

ب- عوامل مربوط به ذرات جامد

- حد جدایش؛
- توزیع ابعادی خوراک؛
- جرم مخصوص؛
- شکل ذرات.

پ- عوامل مربوط به سیال

- جرم مخصوص سیال؛
- گرانروی سیال؛

ت- عوامل مربوط به پالپ

- دبی حجمی بار اولیه؛
- دبی حجمی سرریز یا ته‌ریز؛
- جرم مخصوص پالپ؛
- درصد جامد پالپ؛
- گرانروی پالپ.

omoorepeyman.ir

۳-۳-۲- راهنمای انتخاب هیدروسیکلون و تعیین ظرفیت آن

مراحل انتخاب و تعیین مشخصات هیدروسیکلون‌ها به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

الف- در ابتدا باید حد جدایش هیدروسیکلون (d_{50}) مشخص شود. با مشخص شدن d_{50}، از روی منحنی‌ها یا روابط ارایه شده، قطر هیدروسیکلون به دست می‌آید. حد جدایش بر اساس دانه‌بندی محصول مورد نظر (سرریز هیدروسیکلون) و با اعمال ضریب مربوطه (جدول ۳-۷) تعیین می‌شود. برای مثال چنانچه محصول سرریز یا حد جدایش بر مبنای ۸۰ درصد عبوری d باشد، در ۱/۲۵ نیز ضرب می‌شود تا d_{50} به دست آید. چون حد جدایش به دست آمده، مربوط به هیدروسیکلون استاندارد است، لذا باید با اعمال ضرایبی به حد جدایش مورد نظر تبدیل شود.

$$d_{50C} = d_{50} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \qquad (۱۴-۳)$$

که در آن:

d_{50}: حد جدایش بر حسب میکرون؛

d_{50C}: حد جدایش تصفیه شده بر حسب میکرون.

f_1 ضریب تصحیح تاثیر غلظت جامد در بار اولیه است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$f_1 = \left(\frac{53 - C_v}{53}\right)^{1.43} \qquad (۱۵-۳)$$

که در آن:

C_v: غلظت حجمی جامد در بار اولیه (%)؛

f_2 ضریب تصحیح برای تاثیر افت فشار بین دهانه ورودی و دهانه سرریز؛

$$f_2 = 0.31 \times \Delta P^{0.28} \qquad (۱۶-۳)$$

ΔP: افت فشار (کیلوپاسکال).

f_3 ضریب تصحیح تاثیر چگالی جامد و سیال بوده که از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$f_3 = \left(\frac{\rho_s - \rho_f}{1650}\right)^{0.5} \qquad (۱۷-۳)$$

ρ_s جرم مخصوص جامد و ρ_f جرم مخصوص سیال است.

ب- مهم‌ترین و اصلی‌ترین پارامتر مشخص‌کننده هیدروسیکلون، قطر آن است که می‌توان آن را با استفاده از رابطه تجربی زیر بر حسب حد جدایش (d_{50}) تعیین کرد:

$$D = 0.204\ (d_{50})^{1.675} \qquad (۱۸-۳)$$

که در آن:

D: قطر هیدروسیکلون بر حسب میلی‌متر است.

omoorepeyman.ir

با تعیین قطر هیدروسیکلون بقیه مشخصات هیدروسیکلون از روی جداول و منحنی‌های سازندگان (مشابه جدول ۳-۸) مشخص می‌شود.

پ- با در اختیار داشتن قطر هیدروسیکلون و با استفاده از جداول و منحنی‌های سازندگان (به عنوان مثال شکل‌های ۳-۳ و ۳-۴) می‌توان ظرفیت هیدروسیکلون را در افت فشار مورد نظر تعیین کرد.

ت- با تقسیم کردن ظرفیت یا دبی بار اولیه به ظرفیت هیدروسیکلون انتخاب شده (به دست آمده از منحنی سازندگان) تعداد هیدروسیکلون‌های مورد نیاز محاسبه می‌شود. باید با در نظر گرفتن تعمیرات و سرویس و توقفات احتمالی تعداد هیدروسیکلون را حدود ۲۰ درصد بیشتر از تعداد محاسبه شده در نظر گرفت.

ث- قطر سرریز هیدروسیکلون به طور متوسط ۰/۳۵ قطر سیکلون انتخاب شود.

ج- با در دست داشتن قطر هیدروسیکلون (D) بقیه پارامترها از جمله قطر دهانه ورودی، قطر سرریز و قطر ته‌ریز را می‌توان با استفاده از اطلاعات و کاتالوگ‌های شرکت‌های سازنده تعیین کرد.

- قطر دهانه ورودی معمولا ۰/۴۵ تا ۰/۵ برابر قطر سیکلون انتخاب می‌شود.
- قطر سرریز به طور متوسط ۰/۳۵ قطر سیکلون در نظر گرفته می‌شود.

معمولا قطر ته‌ریز ۰/۱۵ الی ۰/۲ قطر هیدروسیکلون انتخاب می‌شود.

منحنی‌هایی نیز توسط سازندگان ارایه می‌شود که در آن رابطه بین قطر ته‌ریز و دبی ته‌ریز نشان داده شده‌اند که با معلوم بودن دبی حجمی ته‌ریز هر یک از هیدروسیکلون‌ها (با تقسیم دبی حجمی ته‌ریز به تعداد هیدروسیکلون محاسبه شده) قطر بهینه ته‌ریز تعیین و انتخاب می‌شود.

omoorepeyman.ir

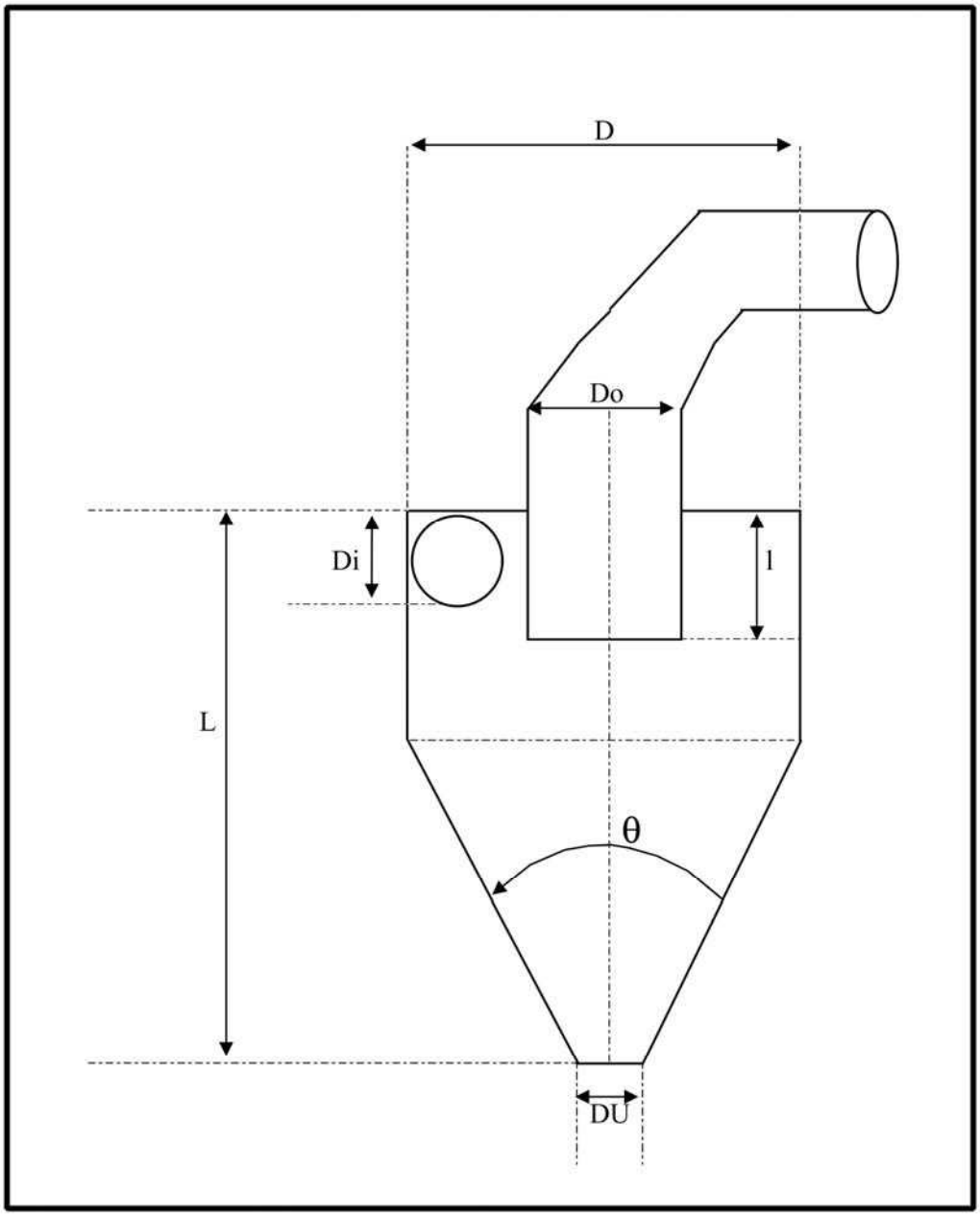
جدول ۳-۷- تغییرات d_{50} نسبت به توزیع دانه‌بندی

درصد عبور کرده	ضریب d_{50}
۹۸/۸	۰/۵۴
۹۵	۰/۷۳
۹۰	۰/۹۱
۸۰	۱/۲۵
۷۰	۱/۶۷
۶۰	۲/۰۸
۵۰	۲/۷۸

جدول ۳-۸- مشخصات برخی از انواع هیدروسیکلون‌های ساخته شده توسط شرکت‌های مختلف

نوع و ابعاد هیدروسیکلون	مشخصات هندسی				
	D_i/D	D_o/D	l/D	L/D	زاویه بخش مخروطی θ (درجه)
Rietemas design D = ۰/۰۷۵m	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۴	۵	۲۰
Bradleys design D = ۰/۰۳۸m	۰/۱۳۳	۰/۲۰	۰/۳۳	۶/۸۵	۹
Mozley cyclone D = ۰/۰۲۲m	۰/۱۵۴	۰/۲۱۴	۰/۵۷	۷/۴۳	۶
Mozley cyclone D = ۰/۰٤٤m	۰/۱۶۰	۰/۲۵	۰/۵۷	۷/۷۱	۶
Mozley cyclone D = ۰/۰٤٤m	۰/۱۹۷	۰/۳۲	۰/۵۷	۷/۷۱	۶
Warman 3 Model R D = ۰/۰۷٦m	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۳۱	۴/۰	۱۵
RW 2515 (AKW) D = ۰/۱۲۵m	۰/۲۰	۰/۳۲	۰/۸	۶/۲۴	۱۵
Hi-Klone model 2 D = ۰/۰۹۷m	۰/۱۷۵	۰/۲۵	۰/۹۲	۵/۶	۱۰
۰/۱۲۵Hi-Klone model 3 m D =	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۸	۵/۴	۱۰
Demco D = ۰/۰۵۱m	۰/۲۱۷	۰/۵۰	۱/۰	۴/۷	۲۵
Demco D = ۰/۱۰۲m	۰/۲۴۴	۰/۳۱۳	۰/۸۳۳	۳/۹	۲۰

omoorepeyman.ir



D: قطر هیدروسیکلون

D_U: قطر ته‌ریز

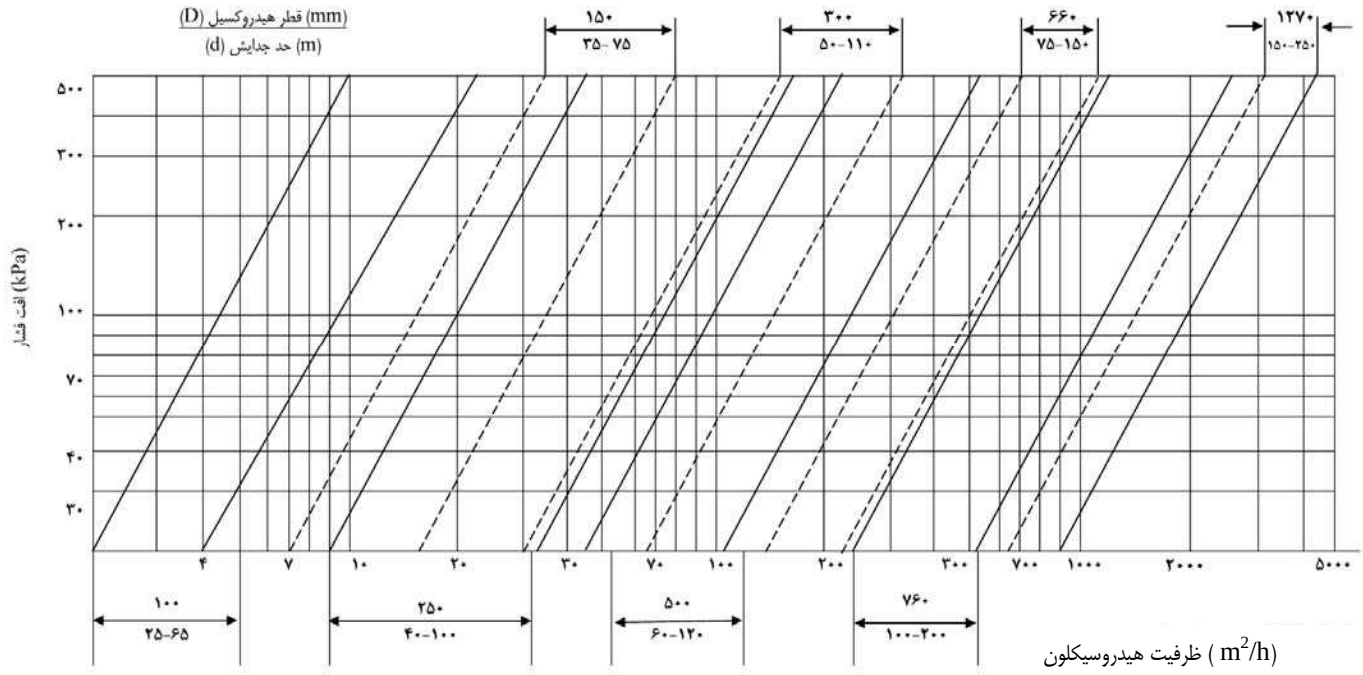
D_i: قطر دهانه ورودی

D_o: قطر سرریز

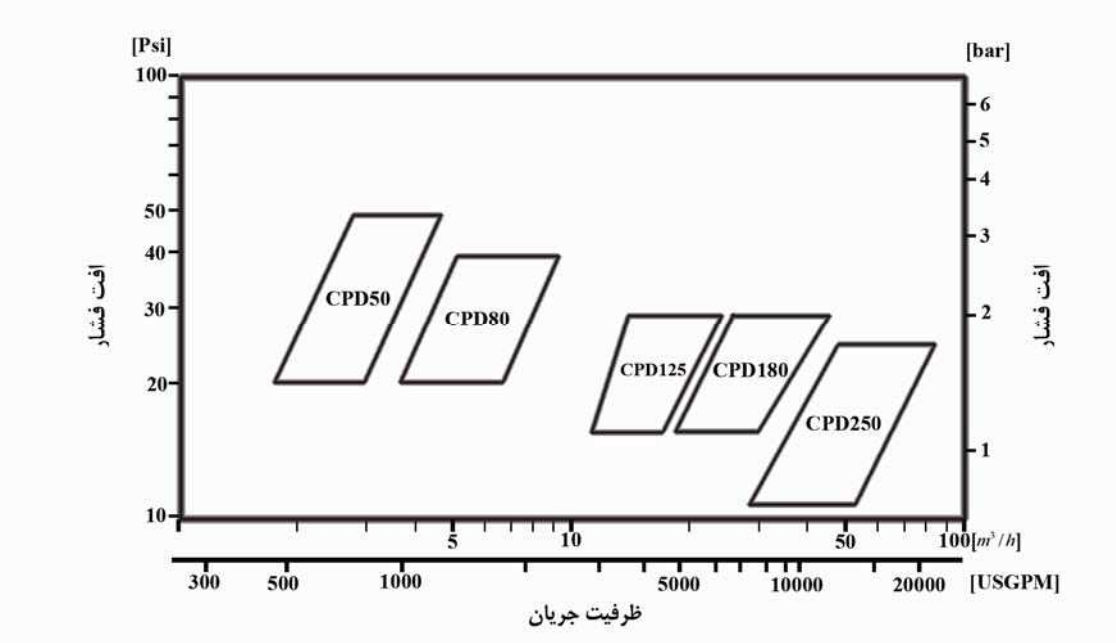
L: ارتفاع هیدروسیکلون

شکل ۳-۳- طرح شماتیک یک هیدروسیکلون

omoorepeyman.ir



شکل ۳-٤- مشخصات هیدروسیکلون‌های استاندارد



شکل ۳-۵- انتخاب ظرفیت هیدروسیکلون

omoorepeyman.ir

فصل ۴

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات جدایش ثقلی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٤-١- اطلاعات مورد نیاز

- ظرفیت تولید واحد؛
- کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسنگ؛
- اختلاف جرم مخصوص کانی‌های تشکیل‌دهنده؛
- دانه‌بندی خوراک ورودی؛
- عیار و بازیابی خوراک و محصولات مورد نظر.

٤-٢- ضوابط کلی برای انتخاب نوع دستگاه جدایش ثقلی

از جمله معیارهای موثر در انتخاب روش یا دستگاه جدایش ثقلی مناسب عبارتند از:

الف- محدوده ابعادی ذرات مورد جدایش: هر یک از دستگاه‌های جدایش ثقلی در محدوده ابعادی مشخصی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛

ب- نوع کانسنگ: هر یک از دستگاه‌ها برای مواد معدنی یا کانسنگ‌های خاصی کاربرد دارند؛

پ- کاربری دستگاه: برخی از دستگاه‌ها به عنوان جدایش اولیه (رافر)، برخی به عنوان رمق‌گیر و برخی به عنوان وسیله شستشو به کار می‌روند؛

ت- ظرفیت تولید: هر یک از دستگاه‌ها از نظر ظرفیت تولید در محدوده خاصی قرار دارند. بنابراین بر اساس ظرفیت تولید کارخانه، نوع دستگاه انتخاب می‌شود؛

ث- کارآیی دستگاه: هر یک از دستگاه‌ها بر اساس نوع خوراک و محدوده ابعادی خوراک ورودی دارای کارآیی خاصی هستند. بنابراین در شرایط یکسان، این عامل می‌تواند نقش موثری در انتخاب دستگاه‌های جدایش ثقلی مورد نظر داشته باشد؛

ج- هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی: این فاکتور نیز نقش موثری در انتخاب دستگاه مورد نظر دارد.

در جدول (۴-۱) تعدادی از این معیارها برای برخی از دستگاه‌های جدایش ثقلی ارایه شده است. با استفاده از این فاکتورها می‌توان بر اساس نیاز نوع دستگاه جدایش ثقلی را انتخاب کرد.

جدول ٤-١- تعدادی از فاکتورها یا مشخصه‌های مهم برای برخی از دستگاه‌های ثقلی

نام دستگاه	محدوده ابعادی ذرات (mm)	نوع کانسنگ	کاربری	ظرفیت (تن در ساعت)
جیگ	۰/۱-۲۵۰	ژ ,چ ,ا ,ب	(ع) ,ر,لا	۸۰۰ ژ
ناوه	۰/۲۵-۲۴	ا	ر,لا	۵۰۰ ژ
مخروط ریچارد	۰/۰۵-۲	ژ ,چ ,ا	ر,لا	۶۰-۷۰
اسپیرال	۰/۰۵-۲	ژ ,چ ,ب	(ل) ,ع,لا	۱-۱۲
میز	۰/۰۲۵-۳	ژ ,چ ,ب	(ل) ,ع,لا	۰/۲-۲
جداکننده **چب**	۰/۰۰۵-۰/۱	چ	ر,لا	۲-۲/۵
جداکننده**ب-س**	۰/۰۱-۰/۱	ژ ,چ	ع	۰/۳-۰/۵
جداکننده گریز از مرکز	۰/۰۰۲-۰/۰۵	چ ,ا	ل	۱-۱۴

زغال **آ ب** مواد آبرفتی **آ ا**، کانی‌های فلزی **آ چ** کانی‌های صنعتی **آ ژ**

(جدایش اولیه) رافر **آ ا**، رمق‌گیر **آ ل** شستشو **آ ع**

omoorepeyman.ir

٤-٣- جیگ

٤-٣-١- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- دانه‌بندی خوراک: چنانچه دانه‌بندی بار اولیه محدود باشد می‌توان از جیگ برای جدا کردن کانی‌های با جرم مخصوص نسبتا نزدیک به یکدیگر استفاده کرد. برای کانی‌هایی که دارای اختلاف جرم مخصوص بیشتری هستند، با این وسیله در دامنه ابعادی وسیع‌تری از دانه‌بندی می‌توان مواد را از یکدیگر جدا کرد. در مجموع برای مواد دانه‌درشت و با دامنه دانه‌بندی محدودتر، کارآیی جیگ بالاتر است. محدوده ابعادی مناسب برای خوراک ورودی جیگ ۲۰-۰/۰۵ میلی‌متر برای کانی‌های سنگین و ۲۰۰-۰/۵ میلی‌متر برای زغال‌سنگ است؛

ب- سطح بستر جیگ: این عامل حاصل‌ضرب طول در عرض بستر و معرف ظرفیت جیگ است؛

پ- دامنه حرکت نوسانی جیگ: این معیار بر اساس نوع و ابعاد مواد تعیین می‌شود. برای مواد دانه‌درشت دامنه حرکت نوسانی کوتاه‌تر است؛

ت- دبی آب: مقدار آب مصرفی بر حسب نوع و اندازه سطح بستر جیگ تعیین می‌شود.

دو مشخصه اول در تعیین ظرفیت و انتخاب جیگ برای یک کارخانه جدید موثرند، در حالی که پارامترهای سوم و چهارم در بهینه‌سازی ظرفیت جیگ در حال کار تاثیر دارند.

٤-٣-٢- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

با انجام آزمون‌هایی در مقیاس آزمایشگاهی و واحد پیشاهنگ بر روی نمونه‌هایی از کانسنگ مورد نظر و بهینه‌سازی پارامترها و در نهایت تعمیم و توسعه نتایج در مقیاس صنعتی، ظرفیت مناسب برای دستگاه انتخاب می‌شود.

بعضی شرکت‌های سازنده مشخصات تجهیزات خود را به صورت جداول و منحنی‌هایی ارایه کرده‌اند که با استفاده از آن‌ها و با در دست داشتن یک سری اطلاعات می‌توان جیگ مناسب را انتخاب کرد. به عنوان مثال روشی که یکی از سازندگان معتبر برای انتخاب جیگ‌های تولیدی خود ارایه کرده، به شرح زیر است:

الف- جیگ‌هایی که برای مواد دانه‌ریز کاربرد دارند.

- این جیگ برای مواد زیر ۶ میلی‌متر و اغلب برای جدایش کانی‌های سنگین کاربرد دارد. ظرفیت این جیگ‌ها بسیار پایین و مقدار آن به طور متوسط برای جدایش کانی‌های مختلف به ازای هر متر مربع از بستر جیگ **(م ب)** ارایه شده است؛
- اگر **خ ب** ظرفیت ورودی واحد جیگ بر اساس طراحی کارخانه و ظرفیت تولید آن باشد، با تقسیم **خ ب** به **م ب** سطح بستر مورد نیاز به دست می‌آید؛

omoorepeyman.ir

– چنانچه در جداول ارایه شده برای مشخصات جیگ‌های مختلف سطح بستر محاسبه شده موجود باشد جیگ مورد نظر انتخاب شده و سایر مشخصات آن نیز تعیین می‌شود. در غیر این صورت می‌توان با انتخاب جیگ‌های بیشتر، به سطح بستر مورد نظر دست یافت.

ب- جیگ‌هایی که برای مواد دانه‌درشت کاربرد دارند (جیگ بوم).

این جیگ‌ها برای محدوده ابعادی ۴۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر کاربرد دارند و دارای قابلیت تولید دو یا سه محصول هستند. مشخصات انواعی از این جیگ‌ها در جدول (۴-۲) ارایه شده است.

بر اساس اطلاعات مربوط به طراحی و با در اختیار داشتن ظرفیت تولید کارخانه و در نتیجه ظرفیت واحد جیگ، با استفاده از جداول و با انتخاب ظرفیت مورد نظر، مشخصات جیگ به طور کامل شامل سطح بستر جیگ، تعداد بخش‌ها، عرض جیگ و نظایر آن مشخص می‌شود.

جدول٤-۲- مشخصات برخی از جیگ‌های مورد استفاده برای جدایش مواد دانه‌درشت

عرض بستر برحسب متر	تعداد بخش‌ها	سطح بستر (متر مربع)	ظرفیت خوراک (تن در ساعت)
۲/۰	۳-۹	۶/۱-۱۸/۳	۲۶۰
۲/۴	۴-۹	۸/۴-۲۰/۴	۳۱۵
۳/۰	۶-۱۱	۱۶/۵-۳۱/۵	۳۹۰
۳/۶	۶-۱۱	۱۹/۸-۳۷/۸	۴۷۰
۴/۲	۷-۱۱	۲۷/۳-۴۴/۱	۵۵۰

٤-٤- میز لرزان

٤-٤-١- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- دانه‌بندی خوراک: دانه‌بندی خوراک از جمله مهم‌ترین پارامترها در جدایش به روش‌های ثقلی است و هر قدر ابعاد دانه‌بندی خوراک درشت‌تر باشد، کارآیی جدایش بیشتر است. با افزایش ابعاد خوراک توصیه می‌شود از میز با ابعاد بزرگتر و ظرفیت بالاتر استفاده شود. همچنین ابعاد خوراک در تعیین ارتفاع موانع میز لرزان موثر است؛

ب- ظرفیت تولید واحد: واحدهای با ظرفیت تولید بالاتر نیاز به میزهای بزرگتر و با ظرفیت‌های بیشتر دارند؛

پ- اختلاف جرم مخصوص کانی‌های تشکیل‌دهنده: هر چه اختلاف جرم مخصوص کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسنگ بیشتر باشد، جدایش به سهولت و در فاصله کوتاه‌تری از طول میز انجام می‌شود. به عبارت دیگر زمان ماند کانی‌های سنگین بر روی میز کمتر بوده و در نتیجه میز با ابعاد کوچکتر نیاز خواهد بود؛

omoorepeyman.ir

ت- نوع ماده معدنی و میزان کانی‌های سنگین: چنانچه هدف تهیه کنسانتره‌ای از کانی‌های سنگین باشد، در این صورت هر چقدر میزان کانی‌های سنگین در خوراک اولیه کمتر باشد باید میز با ظرفیت بالاتر انتخاب شود.

٤-٤-٢- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

با انجام آزمون‌هایی در مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت بر روی نمونه معرف از کانسنگ مورد نظر، ظرفیت و پارامترهای عملیاتی و اجرایی موثر و مقدار بهینه آن‌ها تعیین می‌شود. سپس نتایج به دست آمده در مقیاس صنعتی تعمیم و توسعه داده شده و میز لرزان مناسب انتخاب می‌شود. در انتخاب میز مناسب باید پارامترهای زیر را مد نظر قرار داد:

الف- در مرحله اول باید مقدار ظرفیت ورودی به واحد میز لرزان (برحسب تن در ساعت یا متر مکعب در ساعت) تعیین شود.

ب- دانه‌بندی خوراک ورودی به میز تعیین شود.

دانه‌بندی خوراک ورودی مهم‌ترین عامل در تعیین ظرفیت میز است. معمولا ظرفیت میزها برای خوراک با ابعاد ۱/۵ میلی‌متر حدود ۲ تن در ساعت و برای بار اولیه‌ای با ابعاد ۱۰۰ تا ۱۵۰ میکرون حدود ۱/۵ تن در ساعت در نظر گرفته می‌شود. در مورد زغال‌سنگ، امکان آرایش دانه‌هایی تا ابعاد حدود ۱۵ میلی‌متر به وسیله میز وجود دارد. لذا ظرفیت آن نیز بیشتر و ممکن است به حدود ۱۵ تن در ساعت نیز برسد.

بر اساس ابعاد دانه‌بندی خوراک ورودی و نتایج آزمایشگاهی به دست آمده و با استفاده از جداول و کاتالوگ شرکت‌های سازنده، میز با ظرفیت مناسب انتخاب می‌شود. با مشخص شدن ظرفیت، سایر پارامترهای میز مانند ابعاد، توان موتور و نظایر آن تعیین می‌شود.

پ- با تقسیم ظرفیت کل واحد جدایش با میز لرزان به ظرفیت میز انتخاب شده از جداول، تعداد میز مورد نیاز تعیین می‌شود.

ت- معمولا غلظت پالپ خوراک ورودی به میز لرزان ۲۰ الی ۲۵ درصد جامد در نظر گرفته می‌شود.

٤-٥- اسپیرال (مارپیچ همفری)

٤-٥-١- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- ظرفیت تولید واحد: این عامل که در مرحله طراحی کارخانه مشخص می‌شود، عمدتا در تعیین ظرفیت مقدماتی مارپیچ انتخابی و محاسبه تعداد دستگاه موثر است؛

ب- ابعاد خوراک ورودی: محدوده کاری مناسب برای مارپیچ‌ها از نظر ابعاد خوراک ورودی ۳ میلی‌متر تا ۷۵ میکرون است. ابعاد خوراک بر اساس نوع کانسنگ، کانی‌های تشکیل‌دهنده، درجه آزادی و نظایر آن مشخص می‌شود و با افزایش ابعاد خوراک، ظرفیت و ابعاد دستگاه نیز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر برای آرایش خوراک با دانه‌بندی درشت‌تر مارپیچ با ظرفیت بیشتر انتخاب می‌شود؛

omoorepeyman.ir

پ- شیب مارپیچ: مارپیچ‌ها با شیب‌های مختلف ساخته می‌شوند. نوع کم‌شیب آن برای آرایش کانی‌های با اختلاف جرم مخصوص کمتر و یا به عبارت دیگر برای کارهای دقیق‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. با افزایش شیب مارپیچ ظرفیت آن نیز افزایش می‌یابد، ولی محصول کم‌عیارتری تولید می‌شود. اغلب از مارپیچ‌های پرشیب برای آرایش کانسنگ‌هایی که ضریب پرعیار کردن آن‌ها بیش از ۱/۶ باشد، استفاده می‌شود. ظرفیت مارپیچ‌های کم‌شیب در حدود ۱ تا ۳ تن در ساعت و ظرفیت مارپیچ‌های پرشیب تقریبا دو برابر است. در مارپیچ‌های مضاعف ظرفیت خوراک ورودی به ۵ تا ۱۰ تن در ساعت می‌رسد؛

ت- اختلاف جرم مخصوص کانی‌های تشکیل‌دهنده: هر چه اختلاف جرم مخصوص کانی‌ها بیشتر باشد، جدایش آسان‌تر بوده و برای آرایش آن‌ها از مارپیچ با شیب بیشتر و در نتیجه ظرفیت بالاتر استفاده می‌شود.

٤-٥-٢- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

ظرفیت مارپیچ صنعتی بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌های آزمایشگاهی و پیشاهنگ تعیین می‌شود. در انتخاب ظرفیت مارپیچ باید عوامل زیر را در نظر گرفت:

الف- ظرفیت واحد جدایش با مارپیچ تعیین شود (این مورد در مرحله طراحی مشخص می‌شود)؛

ب- بر اساس مطالعات کانی‌شناسی در مرحله طراحی، ابعاد دانه‌بندی خوراک تعیین شود؛

پ- بر اساس دانه‌بندی خوراک، نوع و خصوصیات ماده معدنی، عیار و بازیابی مورد نظر در کنسانتره (در شیب مارپیچ موثر است) و همچنین با استفاده از جداول و کاتالوگ شرکت‌های سازنده، مارپیچ با ظرفیت مناسب انتخاب شود. با معلوم شدن ظرفیت، بقیه پارامترها نیز مانند میزان دقیق شیب، تعداد پیچ و نظایر آن مشخص می‌شود. معمولا برای آرایش اولیه، مارپیچ‌ها شامل ۵ پیچ کامل یا بیشتر هستند، ولی در آرایش نهایی تعداد پیچ‌ها کمتر می‌شود؛

ت- در نهایت با تقسیم ظرفیت کل واحد جدایش با مارپیچ به ظرفیت مارپیچ انتخاب شده، تعداد مارپیچ‌ها مشخص می‌شود.

٤-٦- میز هوایی

٤-٦-١- عوامل و محدودیت‌های موثر

از عوامل موثر در جدایش با میز هوایی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف- دانه‌بندی ذرات: در میزهای هوایی محدوده ابعاد دانه‌بندی مناسب باید به گونه‌ای انتخاب شود که نسبت قطر ذره بزرگتر به ذره کوچکتر از معیار پرعیارسازی تجاوز نکند. اگر بار اولیه قبل از جدایش، طبقه‌بندی شده باشد (توصیه می‌شود به جای کلاسیفایر از سرند برای طبقه‌بندی ذرات استفاده شود)، می‌توان تا حد ۱۰۰ میکرون را نیز به کمک آن‌ها جدا کرد؛

ب- اختلاف جرم مخصوص کانی‌های تشکیل‌دهنده: هر چه اختلاف جرم مخصوص کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسنگ بیشتر باشد، جدایش به سهولت و در فاصله کوتاه‌تری از طول میز انجام می‌شود. به عبارت دیگر زمان ماند کانی‌های سنگین بر روی میز کمتر و در نتیجه میز با ابعاد کوچکتر نیاز است؛

omoorepeyman.ir

پ- ظرفیت؛

ت- آهنگ باردهی: هر چه آهنگ باردهی به میز کمتر باشد، بازدهی عملیات بیشتر است؛

ث- نوع میز: در توقف ذرات، ظرفیت و حد جدایش موثر است. میزهای مستطیل شکل نسبت به نوع ذوزنقه‌ای، ظرفیت بیشتری دارند. در نوع ذوزنقه‌ای، به دلیل مسیر طولانی ذرات، توقف ذرات سنگین طولانی است و کنسانتره پرعیارتری تولید می‌شود. موانع موجود در سطح میز نیز در زمان توقف، افزایش نسبت بین ذرات سنگین به سبک و ضخامت بستر در سطح میز، موثر است؛

ج- شیب طولی و عرضی میز و ارتعاشات آن: این عوامل نیز از جمله پارامترهای مهم دستگاه هستند و هر یک نقش بسیار مهمی در جدایش به عهده دارند. شیب عرضی، تعیین‌کننده نرخ جریان مواد از بخش عرضی میز تا منطقه تخلیه مواد است و با افزایش آن، زمان توقف مواد در سطح کاهش می‌یابد. هر چه زمان توقف مواد بیشتر باشد، جدایش مواد موثرتر خواهد بود. افزایش شیب طولی نیز در بیشتر موارد توصیه می‌شود، ولی شیب طولی باید با سرعت خارج از مرکز هماهنگ باشد. معمولا سرعت خارج از مرکز بین ۴۵۰ تا ۵۰۰ دور در دقیقه در نظر گرفته می‌شود؛

چ- میزان جریان هوا: تنظیم جریان هوا نیز یکی از مهم‌ترین پارامترهای عملیاتی است. در جریان‌های شدید، تلاطم بیش از حد بستر، باعث مختل شدن لایه‌سازی می‌شود و در جریان‌های ملایم نیز ایجاد لایه‌ها به تعویق می‌افتد.

از بین موارد یاد شده دانه‌بندی ذرات، اختلاف جرم مخصوص کانی‌ها، ظرفیت تولیدی واحد و نوع میز در انتخاب و تعیین ظرفیت میز موثرترند.

٤-٦-٢- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

با انجام آزمون‌هایی در مقیاس آزمایشگاهی و پیشاهنگ بر روی نمونه معرف کانسنگ، پارامترهای عملیاتی و اجرایی موثر و مقدار بهینه آن‌ها تعیین می‌شود. سپس نتایج به دست آمده در مقیاس صنعتی تعمیم و توسعه داده شده و میز مناسب انتخاب می‌شود.

٤-٧- جداکننده‌های واسطه سنگین

٤-٧-١- جداکننده استوانه‌ای

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

- ابعاد خوراک: هر چه ابعاد خوراک بار اولیه بزرگتر باشد ظرفیت جداکننده مورد نیاز و در نتیجه ابعاد آن بزرگتر خواهد شد. ابعاد جداکننده استوانه‌ای بر اساس ابعاد خوراک انتخاب می‌شود؛

- ابعاد استوانه (طول × قطر): ابعاد استوانه نشانگر ظرفیت این وسیله است و بر اساس ابعاد خوراک ورودی، ظرفیت ورودی و طراحی کارخانه تعیین می‌شود؛

- جرم مخصوص واسطه سنگین: جرم مخصوص واسطه سنگین در افزایش بازده عمل جداسازی موثر است.

omoorepeyman.ir

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

برای انتخاب این دستگاه، معمولا شرکت‌های سازنده جداول و کاتالوگ‌هایی را ارایه می‌دهند که با استفاده از آن‌ها و ظرفیت تولید طراحی شده، می‌توان گزینه مناسب را انتخاب کرد. بر اساس ظرفیت تولید طراحی شده برای این دستگاه، ظرفیت مورد نظر از جداول انتخاب و در نتیجه ابعاد جداکننده مربوطه مشخص می‌شود. اگر ظرفیت طراحی شده بیشتر از ظرفیت‌های موجود در جداول باشد، باید با انتخاب تعداد بیشتری جداکننده، ظرفیت مورد نیاز را تامین کرد.

٤-۷-۲- دایناویرپول

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

- ابعاد دانه‌بندی خوراک ورودی: محدوده ابعادی مناسب برای این وسیله ۰/۳ تا ۳۰ میلی‌متر است. هر چه ابعاد خوراک ورودی بزرگتر باشد، از دایناویرپول با ابعاد بزرگتر و در نتیجه با ظرفیت بالاتر استفاده می‌شود؛

- ابعاد دایناویرپول: منظور از ابعاد، قطر و طول استوانه است. با افزایش قطر استوانه ظرفیت آن نیز افزایش می‌یابد. معمولا قطر دایناویرپول از ۱۵ تا ۴۵ سانتی‌متر متغیر است که مدل ۱۵سانتی‌متری نوع نیمه‌صنعتی آن محسوب می‌شود. با افزایش قطر دایناویرپول طول آن نیز بیشتر می‌شود؛

- نوع خوراک ورودی: بسته به این که خوراک ورودی کانسنگ فلزی یا غیرفلزی باشد انتخاب دایناویرپول متفاوت خواهد بود. بیشترین تاثیر نوع خوراک در تعیین زاویه قرارگیری دایناویرپول نسبت به افق است که مقدار معمول آن برای کانسنگ‌های فلزی ۲۵ درجه و برای غیرفلزی ۱۵ درجه استغ

- دبی خوراک ورودی: رابطه مستقیم با ظرفیت دارد و اغلب در بهینه‌سازی ظرفیت یک دایناویرپول در حین کار موثر است؛

- جرم مخصوص واسطه سنگین: جرم مخصوص در تنظیم و بهینه‌سازی ظرفیت بخش‌های غوطه‌ور و شناور موثر است؛

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

با استفاده از ظرفیت ورودی به بخش دایناویرپول، طراحی کارخانه، موازنه جرم و جداول و کاتالوگ‌های شرکت‌های سازنده می‌توان دایناویرپول مناسب را انتخاب کرد.

مدل دایناویرپول با قطر آن بیان می‌شود. با در اختیار داشتن ظرفیت طراحی شده برای دایناویرپول و با استفاده از جداول سازندگان، قطر، طول و وزن دایناویرپول مشخص می‌شود. اگر ظرفیت طراحی شده بیشتر از ظرفیت درج شده در جداول باشد، باید ظرفیت مورد نظر را با به کارگیری تعداد بیشتر دایناویرپول تامین کرد.

٤-۷-۳- سیکلون واسطه سنگین

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

omoorepeyman.ir

علاوه بر عوامل و محدودیت‌های مربوط به هیدروسیکلون، عوامل مربوط به واسطه سنگین از قبیل نوع واسطه، ابعاد ذرات واسطه، وزن مخصوص واسطه و نظایر آن نیز در انتخاب و تعیین ظرفیت سیکلون واسطه سنگین موثر است.

– ابعاد خوراک ورودی: ماکزیمم ابعاد خوراک ورودی تابعی از قطر دهانه ورودی سیکلون واسطه سنگین و در نهایت تابعی از قطر آن است. معمولا قطر ماکزیمم ابعاد خوراک ورودی معادل $\frac{۱}{۳}$ قطر دهانه ورودی سیکلون در نظر گرفته می‌شود.

– ظرفیت تولید: مهم‌ترین عامل در تعیین ظرفیت و تعداد سیکلون واسطه سنگین در یک واحد جدایش است.

– فشار پمپ سیکلون: ظرفیت پالپ ورودی به سیکلون واسطه سنگین تابعی از فشار عملیاتی است. معمولا فشار پمپ بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلوپاسکال است.

ب– راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

– ابتدا بر اساس ماکزیمم ابعاد خوراک ورودی که طبق طراحی معلوم است، قطر دهانه ورودی و قطر سیکلون واسطه سنگین به طور تقریبی تخمین زده می‌شود؛

– با در اختیار داشتن قطر دهانه ورودی و قطر سیکلون واسطه سنگین و با مراجعه به جداول و کاتالوگ شرکت‌های سازنده سایر مشخصات سیکلون از قبیل ظرفیت، قطر سرریز، ته‌ریز و نظایر آن تعیین می‌شود؛

– با توجه به ظرفیت سیکلون انتخاب شده و ظرفیت تولید واحد جدایش با سیکلون واسطه سنگین، تعداد سیکلون‌ها تعیین می‌شود.

omoorepeyman.ir

فصل ۵

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت جداکننده‌های مغناطیسی و الکتریکی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵-۱- اطلاعات مورد نیاز

الف- ظرفیت تولید: این عامل در انتخاب نوع جداکننده و تعداد آن‌ها موثر است؛

ب- دانه‌بندی خوراک ورودی: دانه‌بندی خوراک در انتخاب نوع جداکننده نقش اساسی دارد؛

پ- خواص کانسنگ؛

ت- حساسیت الکتریکی کانی‌های موجود در کانسنگ؛

ث- کانی‌های مغناطیسی موجود در کانسنگ: نوع کانی‌های مغناطیسی و مقدار آن‌ها در انتخاب نوع جداکننده مغناطیسی (شدت بالا یا شدت پایین) و تعیین ظرفیت آن موثر است. این عوامل در آزمایشگاه تعیین می‌شوند؛

ج- کانی‌های رسانای موجود در کانسنگ: مستقیما در تعیین ظرفیت جداکننده الکترواستاتیکی تاثیر دارد.

۵-۲- جداکننده‌های مغناطیسی

۵-۲-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- اندازه بزرگترین ابعاد خوراک؛

ب-خاصیت مغناطیسی مواد (فرومغناطیس، پارامغناطیس و دیامغناطیس) که در انتخاب روش جدایش شامل روش تر یا خشک با شدت زیاد و یا کم موثر است؛

پ- توزیع ابعادی بار اولیه و میزان خردایش برای رسیدن به درجه آزادی مطلوب؛

ت- نوع و میزان کانی‌های مغناطیسی که در مرحله مطالعات کانی‌شناسی تعیین می‌شود؛

ث- آهنگ باردهی به جداکننده یا ظرفیت خوراک ورود**(تن/کگ‌م)**؛

ج- شدت میدان مغناطیسی لازم برای کانی‌های مغناطیسی مشخص شده؛

چ- تاثیرپذیری مغناطیسی ذرات بازیابی‌شونده؛

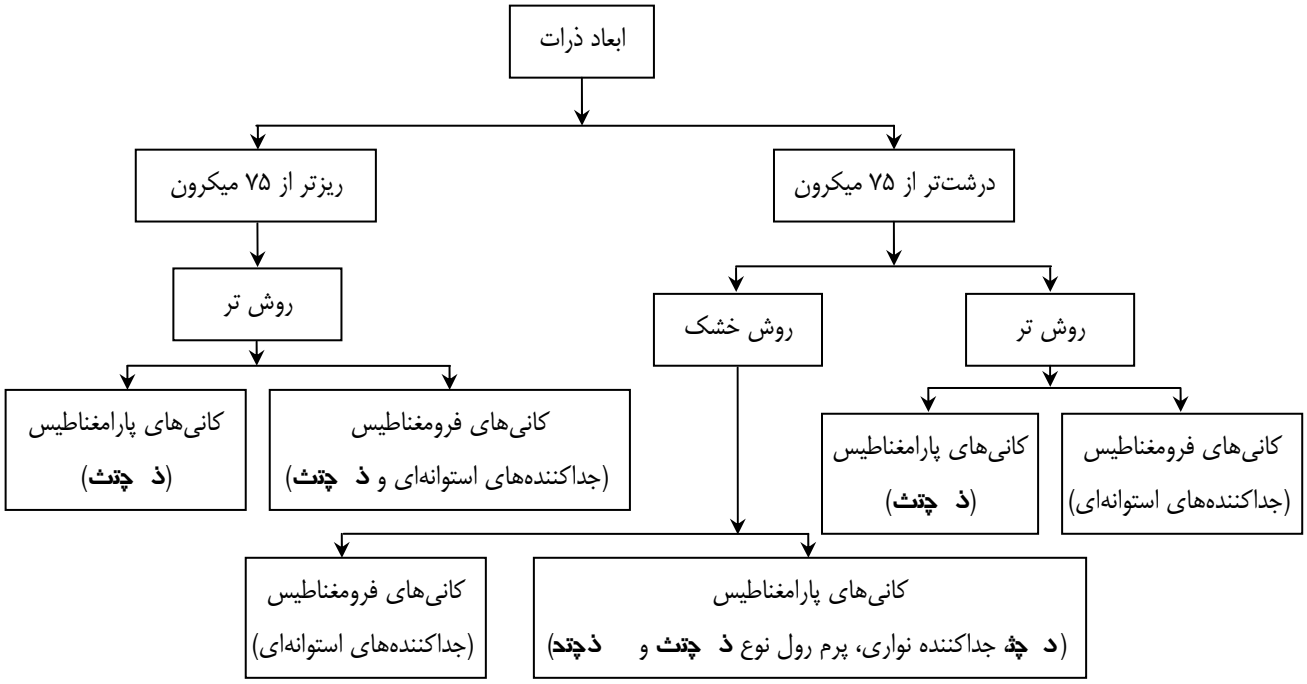
ح-انرژی مصرفی مورد نیاز.

۵-۲-۲- راهنمای انتخاب نوع جداکننده

الف- اساسی‌ترین و مهم‌ترین پارامتر در انتخاب جداکننده‌های مغناطیسی، توزیع ابعادی بار اولیه (خوراک ورودی) است. در شکل (۵-۱)، نحوه انتخاب نوع جداکننده و روش جدایش (خشک یا تر) بر اساس اندازه ابعاد خوراک نشان داده شده است. پس از انتخاب اولیه نوع جداکننده و روش جدایش، در مرحله بعد انتخاب نهایی اندازه و نوع آن بر اساس ظرفیت خوراک و مشخصات ماده معدنی انجام می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

ب- پارامتر موثر دیگر خواص مغناطیسی کانی‌هاست. برای مواد فرومغناطیس می‌توان از جداکننده‌های استوانه‌ای با شدت کم (تر یا خشک) استفاده کرد. جداکننده‌های با گرادیان زیاد برای مواد و کانی‌هایی با خاصیت مغناطیسی کم کاربرد دارد. بهترین وسیله برای بازیابی کانی‌های پارامغناطیسی، جداکننده‌های مغناطیسی با شدت بالا است.



دچڤ: جداکننده القایی، **ذچتث:** جداکننده گرادیان زیاد، **ذچتد** جداکننده گرادیان زیاد باز

شکل ۵-۱- طبقه‌بندی فرآیندهای جدایش مغناطیسی بر اساس ابعاد ذرات

با در نظر گرفتن ظرفیت واحد، مشخصات ماده معدنی و انواع جداکننده‌ها و کاربرد آن‌ها، جداکننده مورد نظر بر اساس روابط، جداول، منحنی‌ها و کاتالوگ سازندگان انتخاب می‌شود.

۵-۲-۳- انواع جداکننده‌های مغناطیسی و نحوه انتخاب آن‌ها

الف- جداکننده مغناطیسی تر با شدت کم **(ذچڤچس)** [۱]

جداکننده مغناطیسی تر با شدت کم **(ذچڤچس)** انواع مختلفی دارد و کاربرد هر یک از آن‌ها نیز متفاوت است. چنانچه از این جداکننده‌ها برای جداسازی کانه‌های آهن استفاده شود، جدول (۵-۱) راهنمای مناسبی برای انتخاب ظرفیت و ابعاد آن است. نوع این جداکننده‌ها نیز که به صورت استوانه‌ای هستند بر اساس مشخصات ماده معدنی و با استفاده از کاتالوگ شرکت‌های سازنده انتخاب می‌شود (جدول ۵-۲).

۱- [illegible]

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۱- مشخصات جداکننده‌های مغناطیسی تر با شدت کم برای جداسازی کانه‌های آهن

ابعاد ذرات	درصد ذرات کوچکتر از ۷۵ میکرون	وزن خوراک خشک (تن/ ساعت به ازای هر متر طول استوانه)		دبی حجمی خوراک (متر مکعب/ساعت به ازای هر متر طول استوانه)	
		قطر ۱۲۰ (cm)	قطر ۹۱/٦ (cm)	قطر ۱۲۰ (cm)	قطر ۹۱/٦ (cm)
درشت	۱۲ – ۲۵	۱۲۰ – ۱۶۰	۷۰ – ۹۰	۲۴۰ – ۳۵۰	۱۴۰ – ۲۰۰
متوسط	۵۰	۶۰ – ۱۰۰	۳۵ – ۵۰	۱۳۰ – ۲۲۰	۸۰ – ۱۲۰
ریز	۷۵ – ۹۵	۶۰ – ۱۰۰	۳۰ – ۵۰	۱۵۰ –۲۵۰	۸۰ – ۱۴۰

جدول ۵-۲- راهنمای انتخاب جداکننده‌های مغناطیسی تر با شدت کم (یکی از سازندگان معتبر)

کاربرد و محدوده اندازه ذرات	درصد ذرات ریز (میکرون)	ماکزیمم نرخ خوراک خشک (تن/ساعت به ازای هر متر عرض استوانه)	ماکزیمم نرخ حجمی خوراک (متر مکعب/ساعت به ازای هر متر عرض استوانه)	روش پیشنهاد شده
کانه آهن درشت	۴ –۱۰	۱۰۰ –۱۶۰	۳۵۰	همسو یا غیرهمسو
کانه آهن متوسط تا درشت	۲۰ –۲۵	۸۰ –۱۲۰	۳۵۰	همسو یا غیرهمسو
کانه آهن ریز تا متوسط	۴۰ –۵۰	۴۰ –۸۰	۲۵۰	همسو یا غیرهمسو
کانه آهن ریز	۶۰ –۷۵	۲۰ –۶۰	۲۵۰	غیرهمسو

اگر دبی جامد خشک ورودی **(خ)** یا درصد مواد جامد کوچکتر از ۷۵ میکرون **(ع۷۵)** مشخص باشد با مراجعه به جداول، دبی خوراک با توجه به ابعاد کوچکتر از ۷۵ میکرون به ازای واحد طول تعیین می‌شود **(خ ۷۵)**.

از تقسیم **خ** بر **خ ۷۵** طول استوانه **(چ)** به دست می‌آید. با معلوم بودن طول استوانه، تعداد جداکننده و نوع آن برای بار ورودی مورد نظر انتخاب می‌شود. در روش‌های جدایش تر چنانچه درصد جامد بیش از ۲۵ درصد باشد، از وزن خوراک و اگر کمتر از آن باشد از حجم خوراک استفاده می‌شود.

ب- جداکننده مغناطیسی خشک با شدت کم [۲] **(ذچژچپ)**

از این جداکننده‌ها برای پرعیارسازی ذرات نسبتا درشت و شدیدا مغناطیسی استفاده می‌شود. این جداکننده‌ها در محدوده وسیعی از ابعاد ذرات کاربرد دارند. در این جداکننده‌ها علاوه بر نیروی مغناطیسی، نیروی غالب دیگر گریز از مرکز است. این جداکننده‌ها نیز دارای انواع مختلف استوانه‌ای و نواری با مدل‌های متنوع هستند.

omoorepeyman.ir

۲- [illegible]

جداکننده استوانه‌ای قادر به جدایش مواد کوچکتر از ۲۰ میلی‌متر است، ولی برای ذرات کوچکتر از ۳۰ میکرون کارآیی مناسب ندارد.

جداکننده‌های نواری برای ابعاد ۵ تا ۳۰۰ میلی‌متر کارآیی خوبی دارد، ولی برای ابعاد کوچکتر از ۵ میلی‌متر، کارآیی آن کاهش می‌یابد.

اساس انتخاب این جداکننده نیز شبیه جداکننده‌های تر با شدت کم است. با معلوم بودن ظرفیت بار ورودی به جداکننده، می‌توان نوع و تعداد آن را با استفاده از جداول (مانند جدول ۵-۳ انتخاب کرد).

جدول ۵-۳- مشخصات جداکننده‌های مغناطیسی خشک با شدت کم

انواع مدل	قطر استوانه (Cm)	وزن خوراک خشک (تن/ ساعت به ازای هر متر طول استوانه)
استوانه‌ای	۹۱/۶	۱۰۰ - ۱۵۰
	۱۲۰	۱۰۰ - ۲۰۰
نواری نوع BSA	۹۱/۶	۱۰۰ - ۲۰۰
	۱۲۰	۱۵۰ - ۴۰۰
نواری نوع BSS	۱۲۰	۲۵۰-۴۰۰

پ- جداکننده مغناطیسی غلطکی با آهن‌ربای دایم

با استفاده از این دستگاه ذرات تا حد ۲۵ میلی‌متر را می‌توان جدا کرد. ظرفیت این جداکننده‌ها از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Q = 3.6 \times W \times V \times f \times b \times \rho \qquad (۱-۵)$$

که در آن:

خ: ظرفیت جداکننده **(ه/کگ‌م)**؛

س: عرض نوار **(ک)**؛

ژ: سرعت نوار **(ا/ک)**؛

غ: بخشی از عرض نوار که از ذرات پوشیده است (درصد)؛

ع: قطر متوسط ذره **(ک)**؛

ρ: جرم مخصوص ذرات **(کگ/غق)**.

ت- جداکننده مغناطیسی تر با شدت و گرادیان زیاد

omoorepeyman.ir

مراحل انتخاب جداکننده مغناطیسی تر با شدت و گرادیان زیاد به شرح زیر است:

– بعضی از مشخصات ماده معدنی مانند جرم مخصوص جامد و پالپ، درصد جامد در پالپ، دانه‌بندی و نظایر آن که در مراحل بعدی انتخاب جداکننده موثر هستند، باید در آزمایشگاه تعیین شود.

– کل زمان سیکل (**م ر**) که مجموع زمان سیکل‌های مختلف یک سیکل کامل (**م +م +م +م آ م ر**) است، تعیین شود.

– زمان جدایش واقعی نیز از رابطه زیر محاسبه و تعیین شود.

$$t = \frac{T_t}{4} \qquad (۲-۵)$$

که در آن:

م: زمان سیکل باردهی؛

م: زمان سیکل شستشو؛

م: زمان سیکل قطع و وصل آهن‌ربا؛

م: زمان سیکل شستشوی ماشین.

– حجم پالپ ورودی به جداکننده بر اساس ظرفیت تولید معلوم و مشخص است (V_P).

– ظرفیت حجمی جداکننده (C_v) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{د ن} = \frac{\text{ژ P}}{t} \qquad (۳-۵)$$

– با معلوم بودن سرعت جریان پالپ (v) مساحت ماتریس **ذ** از طریق رابطه زیر تعیین شود.

$$S = \frac{C_v}{v} \qquad (۴-۵)$$

– با مراجعه به جداول (سازندگان) و با توجه به محدوده ابعادی خوراک، نوع ماتریس انتخاب شود.

– بعد از مشخص شدن سطح و نوع ماتریس بر اساس جداول سازندگان، نوع جداکننده به همراه دیگر مشخصات آن تعیین شود.

ث– جداکننده مغناطیسی خشک با شدت زیاد

– مشخصات ماده معدنی از جمله تعیین ابعاد ذرات، میزان نرمه زیر ۷۵ میکرون و نظایر آن‌ها تعیین شود.

– با توجه به محدوده وسیع کاربرد این جداکننده‌ها برای انواع مواد معدنی، ظرفیت آن به ازای هر متر از پهنای غلطک از جداول سازندگان انتخاب شود.

– از تقسیم کردن دبی وزنی بار ورودی مورد جدایش بر دبی ماده مورد نظر از جداول، تعداد جداکننده‌ها مشخص شود.

omoorepeyman.ir

سپس با مراجعه به جداول و کاتالوگ سازندگان آن‌ها مشخصات و جزییات جداکننده تعیین شود.

۵-۳- جداکننده الکتریکی

۵-۳-۱- جداکننده الکترودینامیکی (جداکننده با شدت زیاد)

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

- ظرفیت تولید یا آهنگ خوراک‌دهی؛
- محدوده ابعادی خوراک؛
- سرعت روتور؛
- موقعیت الکترود یونیزه‌کننده؛
- ولتاژ و موقعیت جداکننده؛
- نوع و میزان کانی‌های رسانا.

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

یک روش عملی و تجربی برای انتخاب و تعیین ظرفیت جداکننده‌های شدت بالا این است که برای هر سانتی‌متر از طول روتور در هر ساعت، ۱۸ کیلوگرم خوراک لازم است. چنانچه ابعاد خوراک حدودا بین ۲۳۰ میکرون تا ۲ میلی‌متر باشد، ظرفیت روتور به ۳۰ کیلوگرم در هر سانتی‌متر می‌رسد. این ظرفیت برای ذرات ریز (تا ۲۳۰ میکرون) کمتر از مقدار یاد شده است. بنابراین بهتر است که در مراحل مختلف خردایش، نرمه‌های تولید شده برای جدایش الکترواستاتیکی انتقال داده شود. بهترین ابعاد برای جدایش با جداکننده شدت زیاد در حدود ۲۳۰ تا ۸۵۰ میکرون است.

برای انتخاب نوع جداکننده الکترواستاتیکی در مقیاس صنعتی لازم است که ابتدا جدایش در مقیاس آزمایشگاهی انجام گیرد و عرض یا به عبارتی سطح مقطع جریان خوراک در جداکننده آزمایشگاهی و سایر مشخصات آن تعیین شود. سپس نتایج به دست آمده در مقیاس صنعتی تعمیم داده شده و تجهیزات مورد نظر انتخاب شود. با انجام آزمون‌های آزمایشگاهی ظرفیت بهینه به ازای یک متر طول روتور جداکننده آزمایشگاهی تعیین گردیده، سپس با تقسیم ظرفیت ورودی به این واحد، به ظرفیت تعیین شده در آزمایشگاه، طول روتور مورد نیاز به دست می‌آید. با مراجعه به جداول سازندگان چنانچه دستگاه با طول روتور محاسبه شده موجود باشد، انتخاب و در غیر این صورت تعداد جداکننده‌های بیشتر به گونه‌ای انتخاب می‌شود که طول روتور محاسبه شده را تامین کند. باید توجه شود که ۵ سانتی‌متر از طول روتور در انتها به خاطر نرسیدن و قطع شدن خوراک غیر قابل استفاده است و از طول واقعی آن برای محاسبات دقیق ظرفیت می‌کاهد. برای جلوگیری از این امر طول روتور در حدود ۵ سانتی‌متر بیشتر در نظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

نحوه انتخاب این جداکننده‌ها به پارامترهای ذکر شده و نیز طول روتورهای ساخته شده به وسیله سازندگان این جداکننده‌ها بستگی دارد. بنابراین انتخاب آن‌ها بر اساس طول روتور به شرح زیر است:

– میزان یا تناژ بار ورودی به جداکننده باید معلوم و مشخص باشد. (منظور ظرفیت خوراک ورودی به واحد جدایش الکترواستاتیکی است)؛

– از جداول مخصوص برای هر کدام از مواد معدنی، ظرفیت آن‌ها به ازای هر یک متر طول روتور مشخص شود؛

– از تقسیم کردن تناژ بار ورودی به جداکننده و بار مورد نظر ارایه شده در جداول، طول روتور مورد نظر به دست می‌آید؛

– از تقسیم کردن طول روتور به دست آمده بر طول‌های مجاز و مورد نظر این جداکننده‌ها، تعداد آن‌ها مشخص می‌شود. در این جداکننده‌ها ماکزیمم طول روتور تا ۳ متر است.

۵-۳-۲- جداکننده الکترواستاتیکی (اتصالی)

این جداکننده‌ها در دو نوع استوانه‌ای و صفحه‌ای ساخته می‌شوند. ظرفیت آن‌ها از حدود ۰/۵ تا ۲ تن در ساعت متغیر است. در جداکننده نوع صفحه‌ای تکامل یافته، یکی از الکترودها سطح مقطعی نسبتا بزرگ و بیضوی شکل دارد که به موازات الکترود دیگر، با اختلاف پتانسیل زیاد قرار می‌گیرد. الکترود دیگر به صورت سطحی شیب‌دار است که بسته به نوع کاربرد مورد نظر، ممکن است از یک صفحه فلزی و یا یک سطح سرندی تشکیل شده باشد. نوع صفحه‌ای برای آرایش ماده‌ای که بخش عمده آن را دانه‌های رسانا تشکیل داده باشند، مناسب بوده و نوع سرندی آن برای آرایش موادی که بخش عمده آن را مواد نارسانا تشکیل داده باشند، مناسب است.

الف– عوامل و محدودیت‌های موثر

عوامل متعددی در انتخاب و تعیین ظرفیت جداکننده‌های الکترواستاتیکی موثرند که از جمله به موارد ذیل اشاره می‌شود:

– آهنگ باردهی به جداکننده یا ظرفیت خوراک ورودی؛

– محدوده ابعادی خوراک؛

– سرعت روتور؛

– ولتاژ و موقعیت جداکننده؛

– نوع و میزان کانی‌های رسانا.

ب– راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

اساس کار و انتخاب نوع جداکننده‌های روتوری الکترواستاتیکی مشابه جداکننده‌های الکترودینامیکی است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۶

راهنمای انتخاب و محاسبه

ظرفیت تجهیزات فلوتاسیون

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٦-١- اطلاعات مورد نیاز

– ظرفیت تولید: این عامل که در مرحله طراحی کارخانه بر اساس ذخیره کانسنگ و میزان استخراج از معدن مشخص می‌شود، در تعیین حجم کل سلول‌های مورد نیاز نقش اساسی دارد؛

– زمان ماند: این پارامتر در طراحی رآکتورهای شیمیایی و تعیین ابعاد ماشین‌های فلوتاسیون نقش مهمی را ایفا می‌کند. زمان ماند در تعیین مدل سینتیکی فلوتاسیون و نیز محاسبه حجم یا ابعاد سلول‌ها موثر است. زمان ماند مورد نیاز برای کانسنگ مورد نظر از طریق آزمون آزمایشگاهی یا نیمه‌صنعتی (واحد پیشاهنگ) تعیین می‌شود؛

– جرم مخصوص کانسنگ: در محاسبه ظرفیت تولید (برحسب متر مکعب بر ساعت) و چگالی پالپ مورد استفاده قرار می‌گیرد؛

– درصد جامد: در تعیین چگالی پالپ و ظرفیت سلول موثر است؛

– مشخصات کانسنگ: شامل عیار بار اولیه ورودی، درجه آزادی کانی مورد نظر، قابلیت خردایش و نظایر آن‌ها است؛

– مشخصات محصول مورد نظر: از قبیل عیار و بازیابی کنسانتره مورد نظر است.

٦-٢- سلول‌های مکانیکی

٦-٢-١- عوامل و محدودیت‌های موثر

– ظرفیت کارخانه (تن در ساعت): در تعیین حجم سلول، محاسبه ابعاد و تعداد سلول‌ها موثر است.

– زمان ماند: گام اول در انتخاب ابعاد تجهیزات فلوتاسیون، تبدیل زمان ماند تئوری به مقدار آن در مقیاس صنعتی است. وقتی زمان ماند عملیاتی تعیین شد، سایر عوامل موثر در حجم و آهنگ جریان پالپ تعیین می‌شوند. این پارامتر در تعیین حجم سلول‌ها و تعداد آن نقش به سزایی دارد.

– تغییرپذیری قابلیت خردایش کانسنگ: از جمله فاکتورهای مهم در طراحی حجم مورد نیاز برای فلوتاسیون است. این پارامتر در کارخانه‌هایی که قبل از فلوتاسیون از آسیاهای نیمه‌خودشکن استفاده می‌کنند، اهمیت بیشتری دارد. تغییرات قابلیت خردایش می‌تواند موجب تغییراتی در آهنگ خوراک کارخانه یا ابعاد بار اولیه ورودی مدار فلوتاسیون یا هر دو شود. ظرفیت مدار خردایش، ظرفیت کارخانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و مدار فلوتاسیون باید جوابگوی ظرفیت ورودی باشد. تغییرپذیری تولید کارخانه باید در محاسبه و تعیین حجم و ظرفیت تجهیزات مورد توجه قرار گیرد. در مواقعی که خوراک کارخانه از معادن روباز تامین می‌شود، با افزایش عمق معدن قابلیت خردایش کانسنگ افزایش می‌یابد و موجب کاهش ظرفیت تولید و افزایش ابعاد خروجی عملیات خردایش می‌شود. حجم طراحی شده برای فلوتاسیون، باید زمان ماند مورد نیاز برای خوراک ورودی را در دامنه‌ای از زمان تامین کند. افزایش آهنگ جریان پالپ باعث کاهش زمان ماند می‌شود.

– عیار خوراک: تغییرات عیار خوراک نیز باید در آزمون‌های آزمایشگاهی به هنگام تعیین زمان ماند مورد توجه قرار گیرد. تغییرات عیار خوراک لزوما حجم سلول‌های رافر یا رمق‌گیر را تغییر نمی‌دهد. بلکه به هنگام انتقال کنسانتره بر روی این سلول‌ها

omoorepeyman.ir

تاثیر می‌گذارد. اگر تغییرات عیار زیاد باشد، ظرفیت لاندر کنسانتره باید برای انتقال جریان با دبی زیاد، به خصوص در چند سلول اول کافی باشد. در عیارهای بالای خوراک، ظرفیت انتقال کف بیشتر می‌شود و این نشانگر آن است که سلول با حجم زیاد برای ناحیه کف نیاز است. بنابراین ابعاد لاندر و لوله‌های انتقال پالپ کنسانتره باید به اندازه‌ای باشند که توانایی انتقال ماکزیمم جریان پالپ کنسانتره را داشته باشد. همچنین محدوده تغییرات عیار خوراک اثر قابل توجهی بر روی سلول‌های مرحله شستشو دارد. ظرفیت پمپ‌ها نیز بر اساس ماکزیمم مقدار تولید کنسانتره انتخاب می‌شوند.

– عیار کنسانتره: با در نظر گرفتن پارامترهای میزان تغییرات قابلیت خردایش کانسنگ و عیار خوراک برای دستیابی به بیشترین مقدار تولید، اثر تغییرات عیار کنسانتره نیز تا حدودی لحاظ می‌شود. با این حال باید اثر تغییرات زمان ماند و سایر پارامترها بر روی عیار و بازیابی کنسانتره مورد توجه قرار گیرد.

– ماندگی گاز یا هوا: باید حجمی از سلول که توسط هوا اشغال می‌شود، به حجم سلول اضافه شود. برای سلول‌های مکانیکی، این حجم باید ۱۵ درصد حجم سلول در نظر گرفته شود. برای سلول‌هایی به شکل تانک، این حجم حدود ۱۰ درصد است.

– رئولوژی پالپ: حضور کانی‌هایی در کانسنگ که باعث افزایش گرانروی پالپ می‌شوند، حجم مورد نیاز برای سلول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. این مساله باید در مرحله آزمایشگاهی تعیین شود.

فلوتاسیون مواد ریز یا نرمه در چگالی و در نتیجه گرانروی پایین انجام می‌گیرد تا کمترین مقدار باطله وارد کنسانتره شود. گرانروی پایین پالپ باعث کاهش مصرف مواد شیمیایی می‌شود. در گرانروی و چگالی پایین، برای دستیابی به زمان ماند مورد نظر حجم سلول افزایش می‌یابد. فلوتاسیون ذرات درشت که در چگالی‌های بالا انجام می‌شود، به حجم سلول کمتری نیاز دارد.

– چگالی پالپ: بر روی عیار و بازیابی محصول موثر است. چگالی پالپ از جمله پارامترهایی است که اثر بیشتری بر روی حجم سلول‌ها دارد و باید در مرحله آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گیرد. برای فلوتاسیون ذرات ریز، چگالی پالپ پایین بوده و محصول با عیار بیشتر و کمترین مقدار ورود گانگ به داخل آن حاصل می‌شود. فلوتاسیون ذرات درشت در چگالی پالپ بیشتر انجام می‌شود که نیاز به توان زیادی برای همزن و پمپ دارد.

– جریان برگشتی: در مدارهایی که جریان برگشتی مانند آب برگشتی یا بار در گردش وجود دارند، باید حجم یا دبی آن‌ها نیز در محاسبه حجم سلول‌ها تاثیر داده شود. از آنجا که چگالی جریان‌های برگشتی نسبت به جریان اصلی متفاوت است، این موضوع باید در محاسبات مربوط به پالپ مورد توجه قرار گیرد.

– فاکتور طراحی: این فاکتور متفاوت از فاکتور تبدیل مقیاس بوده و به عوامل اشاره شده در بالا بستگی دارد. چنانچه فاکتور طراحی بزرگ باشد، عملیات مورد نظر انعطاف‌پذیری بیشتری دارد ولی تجهیزات مورد نیاز بزرگتر از حد مطلوب انتخاب شده و در نتیجه هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی افزایش می‌یابد. فاکتور طراحی برای عملیات فلوتاسیون به طور معمول حداقل ۱/۲۵ است.

٦-۲-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

پارامترهای یک سلول مکانیکی به شرح زیر است:

– ارتفاع سلول(**ث**) ؛

omoorepeyman.ir

- طول سلول (**چ**) ؛
- عرض سلول(**س**) ؛
- قطر همزن(**پ**) ؛
- سطح آزاد کف سلول (**ب**) ؛
- فاصله آزاد همزن از کف سلول(**ت**) .

با در اختیار داشتن اطلاعات یاد شده، پارامترهایی نظیر حجم سلول و سطح کف به شرح زیر تعیین می‌شوند:

$$\text{ژ} = \text{س} \times \text{چ} \times \text{ث} \qquad \text{(حجم سلول)} \qquad (۶-۱)$$

$$\text{ا} = \text{س} \times \text{چ} \qquad \text{(سطح کف)} \qquad (۶-۲)$$

$$\text{د} = \frac{\text{پ}}{\text{چ}} \qquad \text{(نسبت قطر همزن به طول سلول)} \qquad (۶-۳)$$

$$G = \frac{F}{D} \qquad \text{(نسبت آزاد همزن)} \qquad (۶-۴)$$

سینتیک فلوتاسیون یک کانه تاثیر مستقیمی بر ظرفیت ماشین فلوتاسیون دارد و به عوامل و پارامترهای متعددی از کانه مورد نظر و مواد شیمیایی مورد مصرف بستگی دارد. از جمله این عوامل می‌توان به عیار کانی شناورشونده، توزیع دانه‌بندی بار اولیه، شکل دانه‌های جامد، بافت کانه، چگالی جامد، چگالی پالپ ورودی به سلول‌ها، گرانروی پالپ، دبی حجمی جامد و آب، مقدار مواد شیمیایی مصرف شده (کلکتور، تنظیم‌کننده، کف‌ساز و نظایر آن) اشاره کرد.

در عمل حدود ظرفیت سلول‌ها تعیین شده و ظرفیت سلول‌هایی با ابعاد مختلف برای یک نوع کانه و در شرایط مشابه با یکدیگر مقایسه می‌شود. بر اساس زمان ماند، برای تعیین ظرفیت و تعداد سلول‌های فلوتاسیون دو گزینه وجود دارد:

- سلول‌های کوچک و ردیف طولانی؛
- سلول‌های نسبتا بزرگ و ردیف کوتاه.

گزینه اول معمولا برای کارخانه‌های با ظرفیت پایین تا متوسط مناسب است. گزینه دوم، اغلب برای ظرفیت‌های خیلی زیاد به کار می‌رود.

بر اساس پیچیدگی کانسنگ، نوع کانی‌ها، درجه آزادی کانی با ارزش، عیار و بازیابی محصول مورد نظر مراحل و سلول‌های مختلفی از فلوتاسیون شامل فلوتاسیون رافر، رمق‌گیر و شستشو مورد استفاده قرار می‌گیرد. حتی ممکن است هر یک از این مراحل، خود چند مرحله باشد. هر چند ظرفیت و تعداد سلول‌های مورد نیاز در هر یک از مراحل مذکور متفاوت است ولی اصول کلی تعیین ظرفیت و تعداد سلول‌ها یکسان است. رعایت اصول و مقررات ذکر شده در تعیین ظرفیت و تعداد سلول‌های هر یک از مراحل فلوتاسیون شامل رافر، رمق‌گیر و شستشو ضروری است:

- در مرحله اول فلوتاسیون رافر که یک محصول با عیار خوب و بازیابی متوسط شناور می‌شود، به طور معمول حجم سلول‌ها ۱۰ الی ۴۰ درصد از حجم کلی مرحله رافر را شامل می‌شود؛

omoorepeyman.ir

– در مرحله دوم رافر، معمولا حجم سلول‌ها ۶۰ تا ۹۰ درصد حجم کل سلول‌های رافر را در برمی‌گیرد؛

– حجم سلول‌های مرحله رمق‌گیر تقریبا معادل حجم کل سلول‌های رافر است؛

– هر چند در بیشتر مدارها، تنها یک مرحله رافر وجود دارد، ولی ممکن است در مواردی دو مرحله از رافر وجود داشته باشد که باید موارد فوق رعایت شود؛

– فلوتاسیون رمق‌گیر برای افزایش بازیابی کانی با ارزش، مورد استفاده قرار می‌گیرد؛

– فلوتاسیون شستشو برای بهبود عیار محصول و تولید محصول نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛

– فلوتاسیون شستشو با بیشترین رقت پالپ ممکن انجام می‌گیرد؛

– زمان ماند در سلول‌های شستشو ۶۵ تا ۷۰ درصد سلول‌های رافر است؛

– در مرحله شستشو که دبی جریان پالپ کاهش می‌یابد، از سلول‌های کوچکتر استفاده می‌شود؛

– تعداد سلول‌ها در هر ردیف کمتر از فلوتاسیون رافر است.

انتخاب سلول‌های فلوتاسیون برای یک فرآیند شامل تعیین ظرفیت و تعداد سلول‌هاست که برای تعیین آن‌ها لازم است ابتدا، حجم کل سلول‌های فلوتاسیون یا ظرفیت ورودی هر یک از مراحل مشخص شود. انتخاب ابعاد (حجم) و تعداد سلول‌ها شامل سه مرحله زیر است:

– تعیین حجم کل سلول‌های فلوتاسیون؛

– انتخاب ابعاد؛

– تعیین تعداد سلول‌ها.

که مراحل یاد شده باید برای هر یک از مراحل فلوتاسیون تکرار شود.

الف: تعیین حجم کل سلول‌های فلوتاسیون یا حجم یک ردیف از سلول

حجم موثر سلول فلوتاسیون (بر حسب متر مکعب) با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{ژ}_{\text{غ}} \times \text{ک} = \frac{\text{ت.خ.پ}_{\text{ر}} \cdot \text{ذ}}{۶۰} \qquad (۵-۶)$$

که در آن:

ژ$_{\text{غ}}$: حجم موثر سلول، حجمی است که توسط پالپ اشغال می‌شود و شامل حجم اشغال شده توسط هوا، همزن، هواده و سایر تجهیزات داخل سلول نیست؛

ک: تعداد سلول‌ها در یک ردیف؛

ذ: دبی جامد خشک ورودی بر حسب تن بر ساعت (**تن/ساعت**) و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$\text{ذ} = \text{ت}/\text{ع} \qquad (۶-۶)$$

که در آن:

ت: خوراک خشک ورودی بر حسب تن در ساعت؛

ع: ضریب دسترسی که نسبت ساعات واقعی عملیات در یک روز به ۲۴ ساعت است؛

ر ر: زمان ماند کارخانه (شرایط پیوسته) بر حسب دقیقه؛

$$T_r = T_{rl} \times F_s \qquad (۶-۷)$$

که در آن:

ر ر: زمان ماند آزمایشگاهی (شرایط ناپیوسته)؛

ت: فاکتور تبدیل مقیاس؛

پ: فاکتور انبساط پالپ که معمولا $\frac{۱}{۰.۸۵}$ در نظر گرفته می‌شود و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{پ} = \frac{۱۰۰}{۱۰۰ - \text{ژ}_{\text{گ}}} \qquad (۶-۸)$$

که در این رابطه:

$\text{ژ}_{\text{گ}}$، درصد حجمی مواد پالپ است؛

خ: حجم پالپ هر تن جامد خشک **(گم / تگ)**، که برای پالپ‌های ساخته شده با آب به صورت زیر است:

$$P = \frac{۱}{\rho_S} + \frac{۱۰۰}{\rho_P} - ۱ \qquad (۶-۹)$$

که در این رابطه:

ρ_S و ρ_P به ترتیب جرم مخصوص جامد و پالپ هستند؛

ت: فاکتور طراحی.

ب: تعیین ابعاد سلول (V_{cell})

با در اختیار داشتن حجم کلی ردیف سلول‌ها(**غغغ ژک**) و با استفاده از تعداد سلول‌های پیش‌بینی شده در هر ردیف برای انواع مواد معدنی، حجم**قققء ژ** یا ابعاد تقریبی سلول در هر یک از مراحل فلوتاسیون بر اساس جداول (به عنوان مثال جدول ۶-۱) و کاتالوگ سازندگان مختلف تعیین می‌شود. سپس با استفاده از جداول مربوط به هر یک از سازندگان (به عنوان مثال جدول ۶-۲)، حجم و ابعاد استاندارد سلول‌های فلوتاسیون مورد نظر (**قققء ژ**نزدیک‌ترین مقدار به حجم و ابعاد تقریبی محاسبه شده) مشخص می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ٦-١- زمان ماند برای برخی کانسنگ‌ها در فلوتاسیون رافر

کانسنگ	درصد جامد در خوراک	زمان ماند (دقیقه)	تعداد سلول در هر ردیف
باریت	۳۰-۴۰	۸-۱۰	۴-۸
مس	۳۲-۴۲	۱۳-۱۶	۱۲-۱۸
فلورین	۲۵-۳۲	۸-۱۰	۵-۱۰
فلدسپات	۲۵-۳۵	۸-۱۰	۴-۸
سرب	۲۵-۳۵	۶-۸	۴-۸
مولیبدن	۳۵-۴۵	۱۴-۲۰	۱۲-۱۸
نیکل	۲۸-۳۲	۱۰-۱۴	۱۰-۱۶
فسفات	۳۰-۳۵	۴-۶	۳-۶
پتاس	۲۵-۳۵	۴-۶	۴-۸
تنگستن	۲۵-۳۲	۸-۱۲	۶-۱۰
روی	۲۵-۳۲	۸-۱۲	۶-۱۰
سیلیس کانسنگ آهن	۴۰-۵۰	۸-۱۰	۸-۱۴
سیلیس فسفات	۳۰-۳۵	۴-۶	۴-۶
زغال‌سنگ	۴-۱۲	۴-۶	۳-۶

پ: تعیین تعداد سلول

با انجام محاسبات بازگشتی و با در اختیار داشتن حجم کلی هر ردیف از سلول‌ها و حجم استاندارد هر یک از آن‌ها، تعداد سلول مورد نیاز برای هر یک از مراحل فلوتاسیون به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$n=\frac{V_t}{V_{cell}}=\frac{nV_{eff}}{V_{Scell}} \qquad (۱۰-۶)$$

که در آن:

V_{Scell} ، حجم استاندارد به دست آمده از جداول در مرحله قبل است؛

V_{cell} ، حجم محاسباتی است که از تقسیم V_t بر تعداد سلول در هر ردیف بر اساس جداول به دست می‌آید.

omoorepeyman.ir

جدول ٦-٢- نمونه‌ای از ظرفیت انواع مختلف سلول‌های مکانیکی بر مبنای ماکزیمم دبی جریان واحد

نوع سلول	اندازه	حجم سلول (متر مکعب)	ماکزیمم آهنگ جریان (غ/گ)
جریان باز دپ	۱۵	۰/۳۴	۲۵
جریان باز دپ	۱۸ sp	۰/۷۱	۵۵
جریان باز دپ	۲۴	۱/۴	۱۱۰
جریان باز دپ	۱۰۰	۲/۸	۲۱۵
جریان باز دپ	۱۸۰	۵/۱	۴۱۵
جریان باز دپ	۳۰۰	۸/۵	۵۸۰
جریان باز دپ	۵۰۰	۱۴/۲	۷۶۰
جریان باز دپ	۱۵۰۰	۴۲/۵	۱۷۸۰
جریان باز ذا	۰/۲۱	۰/۲۱	۱۵
جریان باز ذا	۰/۶	۰/۶	۵۰
جریان باز ذا	۱/۴	۱/۴	۱۱۰
جریان باز ذا	۲	۲	۱۵۰
جریان باز ذا	۲/۸	۲/۸	۲۱۵
جریان باز ذا	۳/۳	۳/۳	۲۶۰
جریان باز ذا	۴/۵	۴/۵	۳۶۰
جریان باز ذا	۶	۶	۴۸۰
جریان باز ذا	۷/۵	۷/۵	۶۰۰
جریان باز ذا	۹	۹	۶۵۰
جریان باز ذا	۱۱	۱۱	۷۱۰
جریان باز ذا	۱۴	۱۴	۷۵۰
جریان باز ذا	۱۶	۱۶	۸۵۰
نیمه ا (کانی‌ها)	۱۸	۰/۳۴	۱۵
نیمه ا (کانی‌ها)	۱۸ sp	۰/۷۱	۴۰
نیمه ا (کانی‌ها)	۲۴	۱/۴	۸۰
نیمه ا (کانی‌ها)	۱۰۰	۲/۸	۱۶۰
نیمه ا (زغال)	۱۰۰	۲/۸	۱۶۵
نیمه ا (زغال)	۲۰۰	۵/۷	۲۹۰
نیمه ا (زغال)	۳۰۰	۸/۵	۴۶۰
نیمه ا (زغال)	۴۰۰	۱۱/۳	۶۰۰
نیمه ا (زغال)	۵۰۰	۱۴/۲	۷۸۰
جریان باز رس	۱۱–۱۵	۰/۴۲	۴۵
جریان باز رس	۱۴–۲۵	۰/۷۱	۷۰
جریان باز رس	۱۶–۵۰	۱/۴	۱۴۵
جریان باز رس	۱۶–۱۰۰	۲/۸	۲۹۰
جریان باز رس	۲۲–۱۸۰	۵/۱	۴۵۵
جریان باز رس	۲۴–۳۰۰	۸/۵	۸۱۰
جریان باز رس	۲۷–۵۰۰	۱۴/۲	۱۱۶۰

omoorepeyman.ir

٦-۳- ستون فلوتاسیون

٦-۳-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر

ستون فلوتاسیون همانند یک رآکتور عمل می‌کند و از جمله عوامل مهم در تعیین ظرفیت و انتخاب آن‌ها موارد زیر است:

- زمان ماند؛
- ظرفیت تولید محصول کارخانه؛
- قطر و ارتفاع ستون.

قطر و ارتفاع ستون جزو پارامترهای هندسی ستون هستند، ولی زمان ماند و ظرفیت تولید جزو پارامترهای عملیاتی محسوب می‌شوند. در ظرفیت تولید ثابت با افزایش زمان ماند مواد، حجم سلول یا ظرفیت آن نیز افزایش می‌یابد و این به معنی افزایش قطر یا ارتفاع سلول است.

٦-۳-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

در فلوتاسیون ستونی، منظور از ظرفیت همان حجم یا ابعاد ستون است، زیرا ظرفیت تولید محصول و ظرفیت ورودی ستون بر اساس موازنه جرم انجام می‌گیرد و در مرحله طراحی کارخانه مشخص می‌شود. مراحل انتخاب و تعیین حجم ستون فلوتاسیون را می‌توان با استفاده از جداول و کاتالوگ‌های سازندگان ستون به شرح زیر خلاصه کرد،

- تعیین زمان ماند: ابتدا زمان ماند فلوتاسیون برای کانسنگ مورد نظر توسط ستون‌های آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی تعیین و سپس با استفاده از فاکتور تبدیل مقیاس به زمان ماند صنعتی تبدیل می‌شود.
- تعیین ظرفیت جامد خشک ورودی به ستون: این کار بر اساس ظرفیت تولید کارخانه و در نهایت ظرفیت تولید واحد فلوتاسیون در مرحله طراحی و موازنه جرم انجام می‌گیرد. در صورتی که ستون برای شستشوی کنسانتره به دست آمده از سلول‌های مکانیکی به کار می‌رود، بر اساس طراحی کارخانه و موازنه جرم، وزن خشک کنسانتره تولید شده در مرحله رافر تعیین می‌شود.
- تعیین دبی حجمی پالپ ورودی: این کار بر مبنای نتایج آزمایشگاهی و با استفاده از ظرفیت محصول تولیدی، درصد جامد در ستون و چگالی مواد جامد مطابق روشی که برای سلول‌های مکانیکی تشریح شد، انجام می‌شود.
- محاسبه حجم ستون: با ضرب کردن دبی حجمی پالپ ورودی در زمان ماند بهینه کانسنگ مورد نظر در مقیاس صنعتی، حجم ستون محاسبه می‌شود.
- انتخاب ستون با حجم استاندارد: با استفاده از حجم محاسباتی و با مراجعه به جداول شرکت‌های سازنده ستون، حجم استاندارد ستون که جوابگوی ظرفیت تولید مورد نظر باشد، انتخاب می‌شود.

omoorepeyman.ir

- تعیین ابعاد سلول: با مشخص شدن حجم استاندارد سلول، با استفاده از جداول و کاتالوگ سازندگان (مانند جدول ۶-۳) می‌توان قطر و ارتفاع مناسب را برای ستون مورد نظر انتخاب کرد. البته می‌توان ارتفاع ستون را با استفاده از زمان ماند نیز تعیین کرد. در این صورت با در دست داشتن حجم و ارتفاع، قطر ستون محاسبه می‌شود.

جدول ٦-۳- مشخصات برخی سلول‌های فلوتاسیون ستونی

اندازه	ابعاد ستون		حجم ستون (m^3)	ظرفیت تقریبی (ton/d)		
	قطر (mm)	ارتفاع (mm)		کانه سولفیدی (۲۵ ٪ جامد)	کانه غیرسولفیدی (۳۰ ٪ جامد)	زغال‌سنگ (۱۰ ٪ جامد)
۰۸۱٦	۲۰۳	۴۳۱۸	۰/۱	۳	۱۴	۲
۲۰۱٦	۶۱۰	۵۲۳۲	۱/۳	۳۰	۱۵۰	۲۰
۲۵۲٤	۷۶۲	۷۶۷۱	۳/۰	۷۵	۳۸۰	۵۵
۳۰۲٤	۹۱۴	۷۶۷۱	۴/۵	۱۱۰	۵۵۰	۸۰
٤۰۲٤	۱۲۱۹	۷۶۷۱	۸	۲۰۰	۹۷۰	۲۰۰
۵۵۳۲	۱۶۷۶	۱۰۱۳۵	۲۰	۴۸۰	۲۴۰۰	۳۵۰
٦۵۳۲	۱۹۸۱	۱۰۱۳۵	۳۰	۶۸۰	۳۵۰۰	۴۸۰
۸۰٤۰	۲۴۳۸	۱۲۵۹۸	۵۰	۱۲۵۰	۶۰۰۰	۹۰۰
۱۰۰٤۸	۳۰۴۸	۱۵۰۳۷	۱۰۰	۲۴۰۰	۱۲۰۰۰	۱۷۰۰
۱۲۰۵٦	۳۶۵۸	۱۷۱۹۶	۱۷۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۹۰۰

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۷

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

تجهیزات آب‌گیری و جدایش جامد از مایع

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷-۱- اطلاعات مورد نیاز

– ظرفیت تولید: ظرفیت تولید تیکنر یا حجم کیک تولید شده در فیلتراسیون است. از پارامترهای اساسی برای طراحی کارخانه انتخاب نوع و تعداد دستگاه است؛

– درصد جامد یا رقت پالپ در خوراک ورودی و بخش ته‌ریز یا رسوب تیکنر یا فیلتر: در انتخاب نوع و تعداد دستگاه موثر است. مقدار آن بر اساس طراحی مشخص است؛

– ابعاد خوراک ورودی: تاثیر عمده این عامل در انتخاب نوع فیلتر است.

۷-۲- تیکنرها

۷-۲-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف– ابعاد تیکنر شامل قطر و عمق آن؛

ب– میزان مواد جامد ورودی به تیکنر (درصد جامد، رقت پالپ)؛

پ– دبی حجمی پالپ ورودی، ته‌ریز و سرریز؛

ت– جرم مخصوص مواد جامد و پالپ (برای مواد جامد با جرم مخصوص بالا به انرژی زیاد و مکانیزم قوی‌تر نیازمند است)؛

ث– نوع و شرایط ته‌نشین شدن مواد؛

ج– زمان مناسب برای جمع‌آوری مواد جامد؛

چ– کنترل یا حذف کف تشکیل شده؛

ح– دمای پالپ، بخار یا گازهای موجود در آن.

۷-۲-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

اساس کار در طراحی و انتخاب تیکنرها تعیین عمق و قطر آن است که با تعیین این دو پارامتر حجم و ظرفیت آن مشخص می‌شود. با انجام آزمون‌های آزمایشگاهی و تعیین برخی پارامترها، با دقت مناسبی می‌توان تیکنر مورد نظر را انتخاب کرد.

الف- تعیین سطح تیکنر

سطح تیکنر باید به اندازه‌ای بزرگ باشد که اطمینان حاصل شود، سرعت رو به بالای سیال کمتر از سرعت ته‌نشینی ذرات است، در غیر این صورت ذرات جامد از سرریز خارج می‌شوند. برای تعیین سطح تیکنر از ۴ روش زیر می‌توان استفاده کرد:

روش اول:

– در آزمایشگاه نمونه‌هایی از پالپ با غلظت‌های مختلف مشابه خوراک ورودی به تیکنر تهیه شود.

– با مشخص کردن درصد وزنی جامد در هر کدام از نمونه‌ها رقت آن‌ها (D_f) تعیین شود.

omoorepeyman.ir

– نمونه‌ها در استوانه‌های ۱۰۰۰ میلی‌لیتری ریخته و کاملا به هم زده شود، سپس برای ته‌نشینی در حالت سکون قرار گیرند.

– در حین ته‌نشینی، سرعت پایین آمدن خط گل در استوانه مشخص شود (خط بین محلول زلال و محلول حاوی مواد جامد معلق).

– عمل ته‌نشینی تا از بین رفتن زون یا منطقه ته‌نشینی ادامه یابد که به آن نقطه ته‌نشینی آزاد گفته می‌شود.

– سرعت ته‌نشینی با استفاده از رابطه $V = \frac{x}{t}$ به دست می‌آید که در آن V سرعت ته‌نشینی (متر بر ساعت)، x ارتفاع خط گل از نقطه شروع تا رسیدن به حالت ثابت و t زمان پایین آمدن خط گل (ساعت) است.

– بعد از ته‌نشینی کامل، آب روی مواد رسوب شده از استوانه خارج و رقت مواد رسوب داده شده، (D_u) تعیین می‌شود.

با استفاده از رابطه (۷–۱) ظرفیت مربوط به پالپ مورد نظر به دست می‌آید:

$$Q_i = \frac{V_i}{D_{Fi} - D_{U\,i}} \qquad (۷–۱)$$

که در آن:

Q_i: شار مواد جامد یا ظرفیت بر حسب $kg/m^2/h$؛

V: سرعت ته‌نشینی بر حسب m/h که در آزمایشگاه تعیین می‌شود؛

D_{Fi} و D_{Ui}: به ترتیب رقت پالپ در خوراک و ته‌ریز (رسوب) تیکنر هستند.

– برای هر کدام از درصد جامدها و رقت‌ها شار مربوطه تعیین شود.

– طبق قانون کلی در مورد تیکنرها ظرفیت و شار مینیمم به عنوان شار بهینه انتخاب می‌شود.

– در نهایت با استفاده از رابطه (۷–۲) سطح تیکنر تعیین شود.

$$Q = A \times V \;\Rightarrow\; A = \frac{Q}{V} \qquad (۷–۲)$$

که در آن:

Q: شار یا ظرفیت (m^3/h) ؛

A: سطح مقطع (m^2) ؛

V: سرعت (m/h) ؛

روش دوم:

– با در اختیار داشتن D_F و D_U که در مرحله طراحی تعیین می‌شوند، با استفاده از رابطه کلی زیر سطح تیکنر محاسبه شود:

$$A = \frac{(D_F - D_U) \times W_S}{V \times \rho} \qquad (۷–۳)$$

که در آن:

D_F و D_U: رقت‌های پالپ در خوراک و ته‌ریز؛

omoorepeyman.ir

W_S: دبی جامد خشک ورودی به تیکنر (ton/h) که از طریق رابطه (۷-۴) محاسبه می‌شود؛

V: سرعت ته‌نشینی (m/h) که در آزمایشگاه تعیین می‌شود؛

ρ: جرم مخصوص سیال (ton/m^3) ؛

A: سطح تیکنر برحسب m^2.

- با در اختیار داشتن دبی وزنی پالپ ورودی به تیکنر و میزان رقت آن وزن جامد خشک با استفاده از رابطه (۷-۴) محاسبه می‌شود.

$$W_S = X_F \times W_P \qquad (۴-۷)$$

که در آن:

W_S: دبی وزنی جامد خشک ورودی به تیکنر (ton/h) ؛

W_P: دبی وزنی پالپ (ton/h) ؛

X_F: درصد وزنی جامد در پالپ بر حسب درصد است.

– با انجام آزمایش‌های متعدد در غلظت‌های مختلف، سرعت ته‌نشینی متناظر با آن‌ها تعیین می‌شود. به طور متوسط غلظت‌ها بین ۱۰ تا ۷۰ درصد و غلظت جامد در ته‌ریز معمولا حدود ۷۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

– در هر کدام از غلظت‌ها که سرعت ته‌نشینی بیشتر باشد، آن سرعت به عنوان سرعت بهینه انتخاب شود.

– در نهایت با استفاده از رابطه (۷-۳) می‌توان سطح تیکنر را به دست آورد که سطح مینیمم به عنوان سطح بهینه انتخاب می‌شود.

روش سوم:

با استفاده از رابطه تجربی زیر نیز می‌توان سطح بهینه و مناسب را برای تیکنر محاسبه کرد:

$$A = \frac{t_u \times W}{S_F \times H_i} \qquad (۵-۷)$$

که در آن:

S_F : درصد جامد در پالپ ورودی تیکنر (%) ؛

H_i: ارتفاع خط گل در حالت اولیه بر حسب متر (m) ؛

t_u: زمان ته‌نشینی بحرانی یعنی زمانی که بعد از آن افزایش زمان تاثیر چندانی بر ته‌نشین شدن ذرات ندارد بر حسب ساعت (h) ؛

W: دبی جامد خشک برحسب متر مکعب در ساعت (m^3/h) ؛

A: سطح تیکنر (m^2).

H_i و t_u برای ماده معدنی مورد نظر در آزمایشگاه تعیین می‌شود، در حالی‌که S_F و W بر اساس طراحی در اختیار هستند.

omoorepeyman.ir

روش چهارم

در روش دیگر، سطح تیکنر با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$A = W \times A_u \qquad (۶-۷)$$

که در آن:

W: دبی جامد ورودی به تیکنر (ton/h) ؛

A_u: واحد سطح، به عبارتی مقدار سطحی که به ازای آن یک تن در هر ساعت (m^2/ton/h) ته‌نشین می‌شود. مقدار واحد سطح و بعضی مشخصات دیگر برای مواد معدنی مختلف طی جداولی (به عنوان نمونه جدول ۷-۱) ارایه شده است و مقدار Au با استفاده از این جداول تعیین می‌شود.

جدول ۷-۱- انواع مواد معدنی و درصد جامد در خوراک و ته‌ریز و سطح واحد تیکنر

مواد معدنی	درصد جامد در خوراک	درصد جامد در ته‌ریز	سطح واحد (m^2/ton/h)
کنسانتره مولیبدن	۱۰	۳۰	۳۵-۲۵
کنسانتره اسکاونجر	۸	۴۰	۱۲
سولفیدها	۲۵	۶۰	۱۰-۵
نرمه‌ها	-	۶۰-۵۰	۳۵-۲۰
کنسانتره ایلمنیت d_{80} ۸۵ میلی‌متر	۱۶	۶۷	۲/۵
کنسانتره سرب	۲۵-۲۰	۸۰-۶۰	۳۰-۱۵
بوکسیت d_{25} ۱۰۰ میکرون	۱۰	۴۰	۴۲۰
کانی‌های باطله آهن d_{80} ۷۰ میکرون	۱۲	۵۰	۶۰
کنسانتره فسفات d_{80} ۶۰ میکرون	۱۸	۷۰	۲۵
نیکل			
مواد باقی‌مانده از فروشویی کنسانتره سولفیدی	۲۰ ۵-۳	۶۰ ۶۵	۲۰ ۶۰
نرمه‌های سیانیدی	۳۳-۱۶	۵۵-۴۰	۳۰-۱۰
هیدروکسید منیزیم	۱۰-۸	۵۰-۲۵	۲۵۰-۱۵۰

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۷-۱- انواع مواد معدنی و درصد جامد در خوراک و ته‌ریز و سطح واحد تیکنر

مواد معدنی	درصد جامد در خوراک	درصد جامد در ته‌ریز	سطح واحد (m^2/ton/h)
کنسانتره آهن			
d_{80} ۱۳۰ میلی‌متر	۳۰	۷۵	۴
d_{80} ۷۰ میلی‌متر	۴۴	۷۸	۸-۵
d_{80} ۳۰ میلی‌متر	۲۰	۶۵	۲۵
کنسانتره مس			
d_{80} ۸۰ میلی‌متر	۴۰	۷۵	۲
d_{80} ٤۰ میلی‌متر	۴۵	۶۵	۸
d_{80} ۳۰ میلی‌متر	۲۰	۶۵	۸
d_{80} ۲۰ میلی‌متر	۲۸	۷۵	۹
کنسانتره روی			
d_{80} ۹۰ میلی‌متر	۲۰	۶۸	۰/۷
d_{80} ۵۰ میلی‌متر	۴۴	۷۵	۳/۵
d_{80} ۳۰ میلی‌متر	۱۵	۷۰	۱۲
d_{80} ۲۰ میلی‌متر	۲۵	۶۵	۱۵
d_{80} ۱۰ میلی‌متر	۱۸	۶۵	۱۵
کنسانتره کلسیت			
d_{80} ۱۸۰ میکرون	۳۰	۶۰	۰/۰۷
d_{80} ۷٤ میکرون	۳۳	۶۰	۱۰
d_{45} ۷٤ میکرون	۳۸	۶۰	۳
کانه‌های باطله سولفیدی			
d_{80} ۹۰ میکرون	۴۰	۵۷	۷
d_{80} ٦۰ میکرون	۲۵	۵۵	۲۰
d_{80} ٤٦ میکرون	۱۶	۵۲	۴۰
کنسانتره آپاتیت			
d_{70} ۷٤ میکرون	۲۷	۶۰	۱۰/۵
d_{45} ۷٤ میکرون	۳۸	۶۰	۳

ب- تعیین عمق تیکنر

از دیگر عوامل معرف یک تیکنر عمق آن است. مراحل تعیین عمق تیکنر به شرح زیر است:

- بعد از تعیین سطح تیکنر، چگالی پالپ و جامد خشک نیز با استفاده از چگالی‌سنج یا سایر روش‌ها تعیین می‌شود.
- عمق تیکنر (d) بر حسب متر با استفاده از رابطه زیر تعیین شود:

omoorepeyman.ir

$$d = \frac{(\rho_s - 1)}{\rho_s \times A \times (\rho_P - 1)} \qquad (۷-۷)$$

که در آن:

ρ_S: چگالی جامد بر حسب (kg/m^3) ؛

ρ_P: چگالی پالپ بر حسب (kg/m^3) ؛

A: سطح تیکنر (m^2).

عمق به دست آمده عمق حداقل است و برای بهبود و اصلاح آن از رابطه زیر استفاده شود:

$$d_{total} = d_{\min} + h + h_r + h_s \qquad (۸-۷)$$

که در آن:

d_{total}: عمق کلی بر حسب متر؛

d_{min}: عمق حداقل بر حسب متر؛

h: ارتفاع متناسب با ظرفیت مورد نیاز بر حسب متر؛

h_r: ارتفاع پاروها مطابق کاتالوگ سازندگان بر حسب متر؛

h_s: ضریب اطمینان معادل ۰/۷ متر برای آب سرریز.

عمق تیکنر با قطر آن مرتبط است بنابراین پس از انجام محاسبات می‌توان از طریق جداول (مانند جدول ۷-۲) ابعاد بهینه تیکنر را انتخاب کرد.

جدول ۷-۲- ارتباط عمق تیکنر با قطر

قطر (m)		۱/۵ تا ۲/۱	۲/٤ تا ۳/۳	۳/٦ تا ۷/۵	۷/۸ تا ۱۲	۱۲/۳ تا ۱۹/۵	۱۹/٦ تا ۲۷/۳	۲۷ تا ۳۸	۳۸ تا ٤۲	٤۳ تا ٤٦	٤۷ تا ٤۹	۵۰ تا ۵۲	۵۳ تا ۵۵
عمق (m)	نرمال	۱/۳	۱/۸	۲/۱	۳	۳/۶	۴/۲	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۷	۷/۳	۷/۶
	کمترین حد	–	–	–	–	–	–	۴/۹	۵/۲	۵/۸	۶/۴	۶/۴	۶/۷

omoorepeyman.ir

۷-۳- فیلترها

۷-۳-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر

– ظرفیت تولید: بیانگر خوراک ورودی یا محصول خروجی است و در تعیین ظرفیت، ابعاد و تعداد دستگاه فیلتر نقش اساسی دارد.

– افت فشار: منظور اختلاف فشار در دو طرف سطح فیلتر است. ظرفیت فیلتر متناسب با جذر افت فشار انتخاب می‌شود.

– غلظت و گرانروی پالپ: از مهم‌ترین پارامترها در فیلتراسیون بوده و مشخص‌کننده میزان رطوبت در پالپ ورودی است. معمولا قبل از فیلتراسیون، پالپ وارد تیکنر شده و سپس با غلظت مناسب به فیلتر منتقل می‌شود.

– دانه‌بندی مواد جامد: این پارامتر در انتخاب نوع پارچه فیلتر و در نهایت تعیین سطح فیلتر موثر است.

– زمان چرخه فیلتراسیون: مدت زمانی است که فیلتر یک دور کامل دوران می‌کند و بر حسب دقیقه بر دور بیان می‌شود. در طی یک چرخه، مراحل کار فیلتر شامل سه فاز مرحله تشکیل کیک، مرحله آب‌کشی و مرحله تخلیه کیک است. محدوده تغییرات زمان چرخه معمولا ۱/۵ تا ۹ دقیقه بر دور است. زمان چرخه تاثیر زیادی بر روی میزان رطوبت کیک و قابلیت جدا شدن آن از روی پارچه فیلتر دارد. با افزایش زمان چرخه، رطوبت کیک کاهش می‌یابد. همچنین ضخامت کیک بیشتر شده و با سهولت بیشتری از پارچه فیلتر جدا می‌شود. زمان چرخه با ظرفیت فیلتراسیون نسبت معکوس دارد. هر چه این زمان کوتاه‌تر باشد ظرفیت واحد فیلتراسیون بیشتر خواهد شد.

– سرعت فیلتراسیون: در پایان یک چرخه فیلتراسیون وزن مشخصی از کیک به ازای سطح مشخصی از فیلتر تخلیه می‌شود. بنابراین سرعت فیلتراسیون را می‌توان به ازای واحد سطح فیلتر برحسب kg/m^2 بیان کرد. با افزایش زمان چرخه، سرعت فیلتراسیون کاهش می‌یابد.

– رطوبت، مقاومت و وزن کیک تشکیل شده: در انتخاب نوع فیلتر و مکانیزم فیلتراسیون موثرند. برای این‌که کیک به راحتی از روی پارچه فیلتر جدا شود، باید ضخامت آن از حدی بیشتر باشد. بنابراین زمان تشکیل کیک نباید از حدی که متناسب با تشکیل کیک است، کمتر انتخاب شود.

– نوع و مقاومت پارچه فیلتر: نوع پارچه فیلتر بر روی ظرفیت فیلتر، میزان رطوبت کیک فیلتر و زلال بودن آب خروجی از فیلتر تاثیر دارد. با انتخاب صحیح پارچه فیلتر می‌توان احتمال انسداد منافذ پارچه را به حداقل رساند. این امر مستقیما بر روی ظرفیت فیلتر و رطوبت کیک به دست آمده موثر است. از انواع پارچه فیلتر، فیلترهای بافته شده از الیاف فلزی از نظر ضخامت کیک، عدم انسداد منافذ، دوام زیاد و سهولت در جدا شدن کیک از پارچه نسبت به سایر پارچه‌ها برتری دارد.

omoorepeyman.ir

– سطح فیلتر: سطح مفید پارچه فیلتر که عمل فیلتراسیون در آن قسمت انجام می‌گیرد. این عامل یکی از مهم‌ترین عوامل مشخص‌کننده فیلترها است.

۷-۳-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

در انتخاب فیلتر نیاز چندانی به استفاده از روابط و اعمال ضرایب تصحیح وجود ندارد، بلکه با انجام آزمون‌های آزمایشگاهی و به دست آوردن اطلاعات و داده‌های لازم می‌توان نتایج به دست آمده را به مقیاس‌های بزرگتر تعمیم داد. انتخاب و تعیین اندازه فیلترها به مشخصات انواع فیلتر و پالپ بستگی دارد. علاوه بر آن سرعت تشکیل، به هم فشردگی، شستشو و آب‌گیری کیک نیز از جمله عواملی هستند که باید در طراحی و انتخاب فیلترها مد نظر قرار گیرند.

– با استفاده از اطلاعات اولیه موجود برای طراحی کارخانه و مقایسه آن‌ها با اطلاعات ارایه شده در جدول (۷-۳) فیلتر مناسب انتخاب می‌شود.

جدول ۷-۳- مشخصات فیلتراسیون و محدوده کاری فیلترهای رایج

مشخصات فیلتراسیون	مشخصات پالپ				
درصد جامد	۲۰	۱۰-۲۰	۱-۱۰	۱	۰/۱
سرعت تشکیل کیک (mm/s)	۲۰	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۰۲	بدون کیک
ظرفیت تشکیل جامد خشک ($kg/m^2/h$)	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۵۰۰	۵۰	۲۵
سرعت فیلتراسیون	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۵۰۰-۵۰۰۰	۵۰-۵۰۰۰
فیلترهای پیشنهادی					
فیلتر ثقلی (فیلتر آزاد)	√				
فیلتر تغذیه‌شونده از بالا	√				
فیلتر استوانه‌ای	√	√			
فیلتر نواری	√	√			
فیلتر دیسکی		√			
فیلتر با پوشش اولیه				√	√
فیلتر اتوماتیک فشاری			√	√	√

الف- قاعده کلی انتخاب فیلتر

– با توجه به دبی پالپ ورودی به فیلتر (Q_p) بر حسب متر مکعب بر دقیقه مراحل زیر در انتخاب و طراحی فیلتر باید انجام شود.

omoorepeyman.ir

– با استفاده از رابطه (۷–۹) سطح مقطع فیلتر مشخص شود. پس از انتخاب نوع فیلتر بر اساس نوع ماده معدنی، مشخصات پالپ و ظرفیت تولید، سایر مشخصات فیلتر بر اساس سطح فیلتر محاسبه شده و با استفاده از جداول و کاتالوگ شرکت‌های سازنده تعیین شود.

$$A = \frac{V_f}{\sqrt{\frac{2\Delta P_f \times t}{\alpha \times \mu \times C_c}}} \qquad (۷–۹)$$

که در آن:

A: سطح فیلتر (m^2)؛

V_f: حجم آب خارج شده از فیلتر (m^3)؛

ΔP_f: افت فشار (N/m^2)؛

t: زمان فیلتراسیون (sec)؛

α: مقاومت کیک (m/kg)؛

μ: گرانروی (kg/m.sec)؛

C_c: وزن جامد در واحد حجم پالپ (kg/m^3).

– مقادیر ΔP_f، α، μ، چگالی جامد و مایع و غلظت پالپ یا خوراک (C_{pulp}) در آزمایشگاه تعیین شود.

– ضخامت کیک نیز با توجه به نوع فیلتر و از روی کاتالوگ سازندگان آن‌ها مشخص می‌شود. به عنوان مثال برای فیلتر دیسکی حداقل ضخامت ۹ الی ۱۳ میلی‌متر و فیلتر استوانه‌ای از نوع نواری ۳ الی ۵ میلی‌متر است.

– حجم کیک تشکیل شده در زمان t از رابطه تجربی زیر به دست می‌آید:

$$V_{cake} = A_c \times d \qquad (۷–۱۰)$$

که در آن:

d: ضخامت کیک (m)؛

A_c: سطح فیلتر؛

V_{cake}: حجم کیک تشکیل شده (m^3)؛

– حجم پالپ فیلتر شده در زمان t نیز از طریق رابطه (۷–۱۱) محاسبه می‌شود:

$$V_d = Q_p \qquad (۷–۱۱)$$

– حجم جامد رسوب کرده V_s در زمان t از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$V_s = V_d \times \frac{C_{pulp}}{\rho_s} \qquad (۷–۱۲)$$

omoorepeyman.ir

که در آن:

ρ_s: جرم مخصوص فاز جامد رسوب کرده است؛

C_{pulp}: وزن جامد پالپ در واحد حجم پالپ (kg/m^3).

– غلظت حجمی کیک (C_{Vcake}) از رابطه (۷–۱۳) محاسبه می‌شود:

$$C_{V_{Cake}} = \frac{\frac{x}{\rho_s}}{\frac{x}{\rho_s} + \frac{(1-x)}{\rho_f}} \qquad (۱۳–۷)$$

که در آن:

ρ_s: جرم مخصوص سیال؛

x: درصد جامد در پالپ است.

– حجم کیک تشکیل شده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_{Acake} = t \times \frac{V_s}{C_{Vcake}} \qquad (۱۴–۷)$$

– زمان فیلتراسیون از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$t = \frac{dc_v}{V_s} A_c = KA_C \qquad (۱۵–۷)$$

– وزن جامد در واحد حجم پالپ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C_C = \frac{C_{pulp}}{1-(\frac{M_w}{M_{cake}}-1)(\frac{C_{pulp}}{\rho_f})} \qquad (۱۶–۷)$$

که در آن:

M_w: وزن آب؛

M_{cake}: وزن کیک است که در آزمایشگاه تعیین می‌شود.

– با قرار دادن مقادیر حاصل از روابط (۷–۱۵) و (۷–۱۶) در رابطه (۷–۹) می‌توان سطح فیلتر را محاسبه کرد.

ب– مبانی انتخاب فیلترهای فشاری قائم

– کیک کنسانتره یا جامد با استفاده از روش‌های چگالی‌سنجی در آزمایشگاه تعیین می‌شود (ρ_{cake}).

– با تقسیم دبی جامد خشک بر جرم مخصوص کیک، حجم کیک تولید شده در هر ساعت به دست می‌آید:

omoorepeyman.ir

$$V = \frac{S}{\rho_{cake}} \qquad (۱۷-۷)$$

– زمان چرخه فیلتراسیون که مجموع زمان‌های فیلتر کردن، به هم فشردگی کیک، شستشو، خشک کردن و زمان تخلیه بار یا خروج آب است، محاسبه می‌شود کل زمان چرخه برحسب min/cycle بیان می‌شود. تعداد چرخه در هر ساعت از رابطه $n = \frac{60}{t}$ به دست می‌آید.

t: زمان چرخه بر حسب دقیقه است.

– با توجه به مطالب گفته شده حجم فیلتر بر اساس رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V_t = \frac{V}{n} = (S \times 100 \times t) / 60\rho_{cake} \qquad (۱۸-۷)$$

که در آن:

S: دبی جامد ورودی به فیلتر بر حسب تن بر ساعت؛

n: تعداد چرخه فیلتراسیون؛

ρ_{cake}: چگالی کیک (ton/m^3) ؛

V: حجم کیک در هر ساعت؛

V_t: حجم فیلتر.

– بعد از محاسبه حجم فیلتر و با مراجعه به جداول و کاتالوگ‌ها حجم فیلتر مناسب و سایر مشخصات آن انتخاب شود.

۷-٤- خشک‌کن‌ها

در کارخانه‌های کانه‌آرایی، به روش‌های ته‌نشینی و فیلتراسیون، رطوبت مواد را تا حد مشخصی می‌توان کاهش داد. برای کاهش یا حذف رطوبت باقیمانده، از روش‌های حرارتی استفاده می‌شود. در این مرحله، هدف کاهش یا حذف آب آزاد موجود در ماده معدنی است. اصولا خشک‌کن‌ها را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

الف– خشک‌کن‌های با دمای کم (۲۰۰°C– ۱۰۰)، قابل استفاده برای خشک کردن مواد. از جمله تجهیزات مورد استفاده در این محدوده دمایی عبارتند از:

– خشک‌کن دوار با حرارت مستقیم؛

– خشک‌کن دوار با حرارت غیرمستقیم؛

– خشک‌کن لوله‌ای با بخار؛

– خشک‌کن بستر سیال.

ب– خشک‌کن‌های دمای متوسط (۹۵۰°C– ۸۵۰)، قابل استفاده برای تکلیس، رس‌ها، آهک‌پزی و فرآوری ماسه ریخته‌گری. از جمله تجهیزات مورد استفاده به موارد زیر اشاره می‌شود:

omoorepeyman.ir

- کوره‌های دوار با حرارت مستقیم؛
- کوره‌های دوار با حرارت غیرمستقیم؛
- کوره‌های قائم؛
- کوره‌های بستر سیال.

پ- خشک‌کن‌های با دمای بالا (۱۳۰۰ -۱۴۰۰°C)، قابل استفاده برای گندله‌سازی، کنسانتره سنگ آهن و تکلیس که معمولا کوره دوار با حرارت مستقیم استفاده می‌شود. تجهیزات عملیات حرارتی خشک‌کن‌ها به صورت سیستم کامل و شامل موارد زیر است:

- کوره یا خشک‌کن مکانیکی؛
- وسایل حمل و نقل خوراک و محصول؛
- سیستم احتراق (مشعل، فن، سیستم سوخت و نظایر آن)؛
- وسایل انتقال گاز خروجی؛
- سیستم جمع‌آوری گرد و غبار (خشک یا تر)؛
- سیستم خنک‌کننده (انتخابی).

خشک‌کن‌ها بر اساس نحوه انتقال گرما به دو دسته شامل خشک‌کن با انتقال مستقیم حرارت (بی‌دررو یا آدیاباتیک) و خشک‌کن با انتقال غیرمستقیم حرارت (دررو یا غیرآدیاباتیک) تقسیم می‌شوند. انتقال حرارت به هر طریقه‌ای که باشد، بهترین بازدهی در شرایطی است که بیشترین اختلاف دما بین گازها و ذرات جامد موجود باشد. حداکثر دمای مجاز گاز ورودی بستگی به حساسیت ماده نسبت به دما و همچنین میزان رطوبت آن به هنگام ورود به خشک‌کن دارد (جدول ۷- ۴).

جدول ۷-٤- حداکثر دمای مجاز برای بعضی از مواد معدنی

ماده معدنی	حداکثر دمای مجاز (°C)	نوع خشک‌کن
کنسانتره	۹۸۰ -۱۲۰۰	بستر معلق/ گردان
کانسنگ آهن	۹۸۰	گردان
زغال‌سنگ دانه‌ریز	۴۳۰ -۶۵۰	بستر معلق
کانسنگ فسفات	۹۸۰	بستر معلق/ گردان
کنسانتره فلورین	۹۸۰	گردان
کنسانتره‌های سولفیدی	۹۸۰ -۱۲۰۰	گردان
ماسه	۹۸۰	گردان
مواد اولیه صنایع سیمان	۹۸۰	گردان

omoorepeyman.ir

۷-٤-۱- اطلاعات مورد نیاز

– ظرفیت تولید: تناژ موادی است که باید در واحد زمان توسط خشک‌کن، خشک شود و یا تناژ موادی است که در واحد زمان برای تشویه یا ذوب وارد کوره می‌شود.

– میزان رطوبت خوراک و محصول مورد نظر: این عامل مستقیما در زمان ماند مواد در خشک‌کن‌ها موثر است. رطوبت محصول مورد نظر و نیز رطوبت خوراک ورودی که محصول بخش فیلتراسیون است، طبق طراحی کارخانه و موازنه جرم معلوم است.

– زمان ماند: زمان ماند در خشک‌کن‌ها مدت زمانی است که رطوبت مواد ورودی تا رطوبت مورد نظر در محصول خروجی کاهش یابد. زمان ماند بستگی به عوامل مختلف نظیر نوع خشک‌کن، دمای خشک‌کن، دانه‌بندی خوراک و نظایر آن‌ها وابسته است و در تعیین ظرفیت خشک‌کن نقش اساسی دارد. ترکیب شیمیایی مواد نیز در این مورد موثر است. زمان ماند برای مواد مختلف در آزمایشگاه تعیین می‌شود. با توجه به این که فرآیند ذوب یک فرآیند ناپیوسته است لذا زمان ماند در تعیین ظرفیت کوره‌های ذوب نقش چندانی ندارد.

– دانه‌بندی خوراک ورودی: این عامل بیشترین تاثیر را در انتخاب نوع خشک‌کن و در نهایت زمان ماند دارد. ابعاد دانه‌بندی مواد بر اساس طراحی کارخانه، در نقاط مختلف فرآیند معلوم است.

– ترکیب شیمیایی و اجزای تشکیل‌دهنده خوراک: در تنظیم دمای خشک‌کن‌ها، دمای تشویه و دمای ذوب موثر است.

– دما: دمای خشک‌کن‌ها، دمای تشویه و دمای ذوب بر اساس ترکیب شیمیایی و اجزای تشکیل‌دهنده خوراک در مطالعات آزمایشگاهی تعیین می‌شود.

۷-٤-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر

– مشخصات خوراک مورد نظر (قبل از خشک شدن و بعد از آن): از قبیل توزیع دانه‌بندی، جرم مخصوص، پایداری مواد در برابر حداکثر دمای مجاز، سیالیت و قابلیت جابه‌جایی، میزان گرد و غباری که ایجاد می‌کند، ساینده‌گی، قابلیت اشتعال و قابلیت خوردگی آن.

از جمله مهم‌ترین این موارد توزیع دانه‌بندی است. توزیع دانه‌بندی مشخص‌کننده نوع خشک‌کن است. به عنوان مثال برای مواد دانه‌درشت، کلوخه‌ای و چسبنده نمی‌توان از سیستم‌های بستر معلق یا خشک‌کن‌های سریع استفاده کرد. برای این نوع مواد سیستم‌های گردان مناسب‌تر هستند.

برای خشک کردن مواد با ابعاد کوچکتر از ۰/۶ تا ۰/۸ میلی‌متر از خشک‌کن‌های سریع و افشانه‌ای استفاده می‌شود.

هر چه ابعاد دانه‌ها کوچکتر باشد، قطر خشک‌کن باید بیشتر باشد، زیرا برای شدت جریان مشخصی از هوا، سرعت جریان بستگی به قطر خشک‌کن دارد. این امر در مورد خشک‌کن‌های نوع گردان با بستر معلق و همچنین خشک‌کن‌های سریع صادق است.

omoorepeyman.ir

در صورتی که محدوده دانه‌بندی خوراک وسیع باشد، خشک‌کن‌های گردان با جریان هوای مخالف مناسب نیستند. در این حالت با استفاده از خشک‌کن‌های گردان با جریان هوای هم‌جهت باید سرعت جریان هوا را به نحوی تنظیم کرد که توانایی حمل تمام دانه‌ها را داشته باشد.

سیالیت و قابلیت جابجایی مواد نیز در انتخاب نوع خشک‌کن و تعیین ظرفیت آن موثر است. هر چه سیالیت مواد بیشتر باشد، علاوه بر این‌که کارآیی عملیات بیشتر می‌شود، زمان ماند مواد نیز کاهش می‌یابد. همچنین در این حالت در هر ابعادی از خوراک می‌توان از خشک‌کن‌های گردان استفاده کرد.

– ظرفیت خوراک ورودی: مهم‌ترین پارامتر در انتخاب و تعیین ظرفیت خشک‌کن‌ها است.

– مواد تشکیل‌دهنده خوراک ورودی: در تعیین حداکثر دمای مجاز موثر است.

– رطوبت خوراک ورودی: اهمیت زیادی در تعیین نوع خشک‌کن و نحوه کار آن دارد. رطوبت زیاد علاوه بر این که باعث مصرف انرژی حرارتی زیاد توسط خشک‌کن می‌شود، سیالیت و قابلیت جابه‌جایی مواد را نیز کاهش می‌دهد. مواد حساس به دما و رطوبت زیاد را می‌توان توسط خشک‌کن‌های گردان با جریان هوای هم‌جهت در دمای بیشتر از حد معمول خشک کرد. زیرا در این حالت دمای مواد از دمای محیط تر تجاوز نمی‌کند.

– کیفیت محصول مورد نظر: از قبیل رطوبت، یکنواختی رطوبت، دما، جرم مخصوص، درجه خلوص و تجزیه‌پذیری

رطوبت مورد نظر در محصول نهایی عاملی در تعیین دمای خشک‌کن و زمان توقف مواد است. معمولا توسط خشک‌کن‌های گردان با جریان هم‌جهت نمی‌توان محصولی با رطوبت خیلی کم تولید کرد. برای دستیابی به محصولی با رطوبت کمتر از ۰/۵ درصد باید از خشک‌کن‌های گردان با جریان مخالف استفاده کرد.

– حساسیت مواد به دما: این عامل نیز اهمیت زیادی دارد. بعضی مواد در دماهای نسبتا پایین تجزیه یا تکلیس می‌شوند و یا می‌سوزند. در این حالت باید دما را پایین نگاه داشت. برای این نوع مواد، به خصوص اگر رطوبت خوراک ورودی زیاد باشد، خشک‌کن‌های گردان با جریان هم‌جهت و حرارت مستقیم توصیه می‌شود. چنانچه امکان معلق نگه داشتن مواد وجود داشته باشد، خشک‌کن‌های با بستر معلق نیز قابل استفاده هستند.

– مشخصات خشک کردن: از قبیل نوع رطوبت (فیزیکی، شیمیایی و یا هر دو)، حداکثر دمای مجاز، محدودیت در زمان ماند که ماده مجاز است در درجه حرارت خاصی قرار گیرد.

– مسایل مربوط به بازیابی محصول

– شرایط مکانی: از قبیل فضای در دسترس، دسترسی به سوخت، برق، آب، شرایط جوی، قوانین موجود در مورد تخلیه پساب‌ها، سر و صدا و بو

omoorepeyman.ir

۷-٤-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

انتخاب سیستم مناسب خشک‌کنی بر اساس اطلاعات مربوط به مواد ورودی و مشخصات محصول مورد نیاز صورت می‌گیرد. در جدول (۷-۵) راهنمای عمومی و کلی برای انتخاب سیستم خشک‌کن بی‌دررو پیوسته (آدیاباتیک) بر اساس ابعاد و پایداری ذرات در برابر حرارت ارایه شده است.

جدول ۷-۵- راهنمای عمومی انتخاب سیستم خشک‌کن بی‌دررو پیوسته (آدیاباتیک) بر اساس ابعاد ذرات و پایداری در برابر حرارت

نوع مواد	نوع خشک‌کن	خشک‌کن						
		افشانه‌ای	گردان طبقه‌ای	گردان	آسیای چکشی	سریع	نواری	بستر سیال
پالپ‌ها		■						
لجن قابل پمپ		■	■	■	■			
کیک‌های فیلتر/ لجن‌های تیکنر	دانه‌ریز (زیر ۶ mm)		■	■	■	■	■	■
	دانه‌درشت		■	■	■		■	
جریان آزاد	دانه‌ریز (زیر ۶ mm)		■	■	■	■	■	■
	دانه‌درشت		■	■	■		■	

از دیگر مواردی که باید در انتخاب خشک‌کن‌ها مورد توجه قرار گیرد، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

– تردی مواد: برای مواد ترد و شکننده، خشک‌کن‌های سریع، خشک‌کن بستر سیال و خشک‌کن آسیای چکشی مناسب نیست. زیرا این خشک‌کن‌ها باعث تبدیل مواد ترد به نرمه و ذرات ریز می‌شوند. در خشک‌کن‌های گردان نیز میزان تخریب مواد بیشتر است، لذا در طراحی این خشک‌کن‌ها باید خاصیت تردی و شکنندگی مواد مورد توجه قرار گیرد.

– حساسیت مواد به دما: خشک‌کن‌های سریع برای مواد حساس به دما مناسب نیستند. زیرا در این خشک‌کن‌ها که زمان ماند بسیار کم است (۱ تا ۳ ثانیه)، باید اختلاف دمای زیادی بین سطح و داخل ذرات برقرار باشد. اختلاف دمای زیاد برای مواد مناسب نیست و ممکن است باعث تخریب مواد شود. در این موارد خشک‌کن‌های گردان، بستر سیال، گردان طبقه‌ای و نواری مناسب هستند، زیرا زمان ماند بیشتری دارند.

– ظرفیت خشک‌کن، هزینه سرمایه‌گذاری، فضای مورد نیاز: هزینه خشک‌کن‌های گردان و نواری زیاد است، در حالی که ظرفیت آن‌ها از چند تن بر ساعت تجاوز نمی‌کند. خشک‌کن‌های گردان در مقایسه با سایر خشک‌کن‌ها به فضای بیشتری نیاز دارند. خشک‌کن‌های سریع نیز به پایه‌های قائم بلندتری (۱۰ تا ۱۵ متر) نیاز دارند.

تعدادی از پارامترها که در انتخاب سیستم خشک‌کنی مورد توجه قرار می‌گیرند، به شرح زیر است:

– خواص خشک‌شوندگی مواد؛

omoorepeyman.ir

- میزان رطوبت آزاد؛
- توزیع ابعادی ذرات؛
- چگالی ظاهری تر و خشک؛
- جرم مخصوص؛
- خصوصیات جریان خوراک: پالپ، لجن چسبنده، جریان آزاد و نظایر آن؛
- میزان تخریب مواد در برابر حرارت؛
- حساسیت به دما؛
- میزان خورندگی؛
- ظرفیت دستگاه در حالت خشک و تر؛
- برنامه عملیات؛
- رطوبت ویژه محصول؛
- نحوه کنترل؛
- نوع سوخت؛
- فضای اشغال شده توسط دستگاه یا فضای لازم برای استقرار دستگاه و محدودیت‌های آن؛
- مسایل زیست‌محیطی عملیات خشک‌کنی.

پارامترهای عملیاتی و طراحی انواع خشک‌کن‌ها به شرح زیر است:

الف– خشک‌کن گردان

محدوده پارامترهای طراحی برای این خشک‌کن‌ها به شرح زیر است:

- قطر: حداکثر ۶ متر؛
- طول: معادل ۵ تا ۱۰ برابر قطر؛
- زمان ماند: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه؛
- سرعت گاز خروجی: ۳ تا ۵ متر در ثانیه؛
- میزان شارژ: ۱۰ ٪ حجم کلی؛
- شیب قرارگیری نسبت به افق: ۲/۴ درجه؛
- سرعت محیطی: ۰/۱ تا ۰/۵ متر در ثانیه؛
- دمای داخل خشک‌کن: حداکثر حدود ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد؛
- دمای خروجی خشک‌کن: ۱۲۵ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد؛
- میزان تبخیر: ۳۰ تا ۱۱۰ کیلوگرم بر ساعت بر متر مکعب (متناسب با خواص مواد).

omoorepeyman.ir

ب– خشک‌کن با بستر معلق

پارامترهای طراحی و عملیاتی برای این خشک‌کن‌ها به شرح زیر است:

– قطر: حداکثر ۵ متر؛

– ارتفاع: ۲ متر؛

– زمان ماند: ۵ دقیقه یا بیشتر؛

– سرعت گاز بستر–بستر معمول: ۰/۱۵ تا ۲ متر در ثانیه؛

– سرعت گاز بستر–بستر ساکن: ۳ تا ۵ متر در ثانیه؛

– افت فشار صفحه توزیع‌کننده: حداقل ۳/۴ کیلوپاسکال؛

– دمای فضای خشک‌کن: حداکثر ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد؛

– دمای خروجی خشک‌کن: ۱۲۵ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد.

پ– خشک‌کن افشانه‌ای

پارامترهای طراحی و عملیاتی برای این خشک‌کن‌ها به شرح زیر است:

– بارگیری تبخیری: بیش از ۷۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت؛

– زمان ماند: ۳ تا ۳۰ ثانیه؛

– دمای گاز ورودی: ۹۳ تا ۷۶۰ درجه سانتی‌گراد؛

– فشار سیال (نازل تک‌سیالی: ۲۰۰ تا ۲۷۰۰ کیلوپاسکال، نازل هوایی: حداکثر تا ۴۱۵ کیلوپاسکال).

ت– خشک‌کن سریع

پارامترهای طراحی و عملیاتی برای این خشک‌کن‌ها به شرح زیر هستند:

– قطر: حداکثر ۵ متر؛

– ارتفاع: ۸ تا ۳۰ متر؛

– زمان ماند: ۲ تا ۳ ثانیه

– سرعت گاز: ۴ تا ۱۰ متر در ثانیه؛

– درشت‌ترین ابعاد خوراک: ۲ تا ۲/۵ میلی‌متر؛

– دمای ورودی: حداکثر تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد؛

– دمای خروجی: ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد.

omoorepeyman.ir

ث– خشک‌کن نقاله‌ای یا نواری

پارامترهای طراحی و عملیاتی برای این خشک‌کن‌ها به شرح زیرند:

– عرض نوار: ۰/۵ تا ۳ متر؛

– طول نوار: محدودیتی ندارد؛

– سرعت نوار: ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۲ متر در ثانیه؛

– عمق مواد در روی نوار: ۲۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر؛

– سرعت ظاهری در طول بستر: ۰/۵ تا ۲ متر در ثانیه؛

– دمای خشک‌کنی: ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد.

ج– خشک‌کن گردان طبقه‌ای

پارامترهای طراحی و عملیاتی برای این خشک‌کن‌ها به شرح زیرند:

– قطر: حداکثر ۱۰ متر؛

– ارتفاع: حداکثر ۲۰ متر؛

– زمان ماند: ۳۰ تا ۶۰ دقیقه؛

– ظرفیت: حداکثر ۱۵ تن بر ساعت محصول خروجی؛

– آهنگ تبخیر: حداکثر ۱۱۰۰ کیلوگرم بر ساعت؛

– سرعت دوران طبقات: ۰/۱ تا ۱ دور در دقیقه.

چ– خشک‌کن آسیای چکشی

پارامترهای طراحی و عملیاتی برای این خشک‌کن‌ها به شرح زیرند:

– عرض روتور: حداکثر ۴ متر؛

– قطر روتور: حداکثر ۴ متر؛

– زمان ماند: ۱ تا ۲ ثانیه؛

– ظرفیت: بیش از ۱۵ تن بر ساعت محصول خشک خروجی؛

– دمای داخلی: حداکثر ۸۷۰ درجه سانتی‌گراد؛

– دمای خروجی: ۸۰ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد.

omoorepeyman.ir

فصل ۸

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات واحد هیدرومتالورژی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۸-۱- اطلاعات مورد نیاز

- ظرفیت تولید: بر اساس طراحی کارخانه معلوم است؛
- درصد جامد خوراک: به نوعی نقش ظرفیت تولید را دارد و در مرحله طراحی مشخص می‌شود؛
- نوع کانسنگ: جرم مخصوص کانسنگ و ترکیب شیمیایی آن؛
- ابعاد خوراک ورودی، درجه آزادی کانی مورد نظر و میزان خردایش: در مرحله طراحی طی آزمون‌های آزمایشگاهی تعیین می‌شوند.

۸-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر

- ظرفیت تولید: با حجم و تعداد مخزن رابطه مستقیم دارد.
- زمان ماند مورد نیاز: هندسه و ابعاد مخزن را مشخص می‌کند. زمان ماند بهینه برای کانسنگ مورد نظر طی آزمون‌های آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی تعیین می‌شود.
- ابعاد خوراک ورودی: کانسنگ باید تا ابعادی خرد شود که اولا، کانی مورد نظر در معرض محلول فروشویی قرار گیرد، ثانیا، ذرات به راحتی توسط همزن معلق شوند. ذرات درشت‌تر از ۲۳۰ میکرون (۶۵ مش) برای معلق ماندن نیاز به هم زدن بیش از حد دارند که این عمل نیز موجب افزایش قابل توجه آهنگ سایش همزن و سایر تجهیزات می‌شود. موادی که در ابعاد درشت‌تر از ۲۳۰ میکرون قابلیت حل‌شوندگی خوبی دارند، برای فروشویی توده‌ای مناسب هستند.

ابعاد خوراک بر روی زمان ماند تاثیر مستقیم دارد. هر چه ابعاد خوراک ریزتر و به ابعاد درجه آزادی کانی مورد نظر نزدیکتر باشد، زمان ماند کمتر خواهد شد.

- جرم مخصوص پالپ: بر روی زمان ماند موثر است. آهنگ ته‌نشینی و گرانروی پالپ تابعی از جرم مخصوص پالپ است. گرانروی انتقال جرمی اکسیژن و سرعت فروشویی را کنترل می‌کند.
- تعداد مخازن: معمولا مدارهای فروشویی همراه با مخزن همزنی، با کمتر از ۴ مخزن طراحی نمی‌شود تا پالپ در مدارهای کوتاه قرار نگیرد و در نتیجه زمان کافی برای انحلال وجود داشته باشد.
- اکسیژن حل شده: هوا یا اکسیژن اغلب از انتهای همزن به منظور رسیدن به سطح مطلوب از اکسیژن حل شده، دمیده می‌شود.
- مواد شیمیایی: در یک مدار فروشویی همزنی، افزودن مواد شیمیایی و نگهداری میزان مصرف آن‌ها در یک حد مناسب در موفقیت و کارآیی عملیات بسیار موثر است. چنانچه مقدار مواد افزودنی کافی نباشد، بازیابی فلز کاهش می‌یابد. در حالی‌که افزودن بیش از حد مواد شیمیایی باعث افزایش هزینه‌های عملیاتی، بدون افزایش قابل توجه در بازیابی می‌شود.
- انرژی سینتیکی حرکت همزن: ابعاد، نوع و تعداد پروانه‌های همزن و نیز انرژی ورودی به سیستم را مشخص می‌کند.

omoorepeyman.ir

۸-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

انتخاب تجهیزات فروشویی شامل طراحی و انتخاب مخازن فروشویی، طراحی و انتخاب همزن، انتخاب شکل مخزن، تعیین مقدار هوای مورد نیاز و نیز تعیین توان مصرفی همزن است. طراحی و انتخاب تجهیزات برای کانسنگ‌های مشابه با استفاده از تجربیات و سوابق موجود در واحدهای مشابه صورت می‌گیرد، ولی در مورد کانسنگ‌های جدید باید آزمون‌هایی در مقیاس‌های آزمایشگاهی و پیشاهنگ انجام گیرد. با به دست آوردن پارامترهای لازم در این آزمون‌ها و نیز با استفاده از فاکتورهای تبدیل مقیاس می‌توان تجهیزات مورد نیاز کارخانه را طراحی و انتخاب کرد.

۸-۳-۱- مخازن فروشویی

برای اهداف مختلف، مخازن مختلف شامل فروشویی، شستشوی محلول و آماده‌سازی پالپ مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی روش طراحی و انتخاب آن‌ها تا حدودی مشابه است. روش معمول برای طراحی و انتخاب مخازن به شرح زیر است:

الف- تعیین ظرفیت کارخانه: ابعاد مخازن مورد نیاز با تناژ کانسنگ مورد فرآوری در یک کارخانه (در یک روز یا یک ساعت) رابطه مستقیم دارد.

ب- جرم مخصوص پالپ: مقدار بهینه جرم مخصوص پالپ با استفاده از آزمون‌های متالورژیکی تعیین می‌شود. جرم مخصوص پالپ مستقیما بر روی زمان ماند موثر است. در درصدهای جامد بیشتر، برای رسیدن به زمان ماند مورد نظر به حجم کمتری نیاز است. جرم مخصوص بهینه پالپ تابع ابعاد ذرات و گرانروی پالپ است.

پ- تعیین زمان ماند: برای هر فرآیند فروشویی با مخزن همزن‌دار، مهم‌ترین معیار طراحی، زمان ماند برای تکمیل فرآیند فروشویی است. برای تعیین زمان مورد نیاز برای فروشویی کانسنگ مورد نظر، باید آزمایش‌های فروشویی بر روی نمونه‌های معرف از کانسنگ در مقیاس‌های آزمایشگاهی و پیشاهنگ انجام شود. بر اساس منحنی بازیابی بر حسب زمان فروشویی می‌توان زمان بهینه فروشویی و یا به عبارت دیگر زمان ماند را تعیین کرد.

در صورتی که زمان ماند کمتر از مقدار بهینه باشد، انحلال به مقدار کافی و مطلوب صورت نمی‌گیرد و چنانچه زمان ماند بیشتر از مقدار بهینه باشد، مخازن و همزن‌های بزرگی نیاز خواهد بود که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. بر اساس تجارب حاصل از کارخانه‌های موجود و فرآیندهای مختلف، زمان ماند برای یک سری از عملیات به شرح جدول (۸-۱) ارایه شده است.

جدول ۸-۱- زمان ماند برای فعالیت‌های مختلف در کارخانه فرآوری

نوع عملیات	زمان ماند (دقیقه)
آماده‌سازی در فلوتاسیون	۱۰
فعال‌سازی ـ فلوتاسیون	۱۰
تنظیم pH	۳ دقیقه به ازای هر واحد pH
فروشویی (۱۰ الی ۱۶ مخزن)	متناسب با نوع کانی (بر حسب ساعت)
سیانوراسیون (۶ تا ۱۰ مخزن)	متناسب با نوع کانی (بر حسب ساعت)

omoorepeyman.ir

- محاسبه حجم مخزن

برای محاسبه حجم تانک به شرح زیر عمل می‌شود:

۱- با استفاده از ظرفیت کارخانه بر حسب تناژ جامد بر شبانه‌روز، تناژ جامد در هر ساعت تعیین می‌شود.

$$W_S = \frac{W_{SD}}{24} \qquad (۱-۸)$$

که در آن:

W_{SD}: جامد ورودی در یک شبانه‌روز بر حسب تن در روز؛

W_S: جامد ورودی بر حسب تن در ساعت.

۲- دبی پالپ ورودی به شرح زیر بر حسب متر مکعب بر ساعت محاسبه می‌شود:

$$Q = V_S + V_W = \frac{W_S}{\rho_S} + \frac{\left(\frac{W_S}{S} - W_S\right)}{\rho_W} \qquad (۲-۸)$$

که در آن:

Q: دبی حجمی پالپ ورودی (m^3/h) ؛

V_S: حجم جامد خشک (m^3/h) ؛

V_W: حجم آب موجود در پالپ (m^3/h) ؛

S: درصد جامد پالپ؛

ρ_s: جرم مخصوص جامد (ton/m^3) ؛

ρ_w: جرم مخصوص آب (ton/m^3).

۳- حجم موثر مخزن مورد نیاز که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_t = Q.T \qquad (۳-۸)$$

که در آن:

V_t: حجم موثر مخزن (m^3) ؛

T: زمان ماند (h).

۴- محاسبه حجم کلی مخازن

با توجه به این که حجم محاسبه شده حجم مفید مخزن است باید حجم غیرمفیدی که توسط همزن، سیستم هوادهی و نظایر آن‌ها اشغال می‌شود، نیز مد نظر قرار گیرد. بدین منظور حجم محاسبه شده را بر فاکتور حجم موثر (F_{Ve}) تقسیم می‌کنند که این فاکتور در فرآیند فروشویی معمولا ۰/۹۲ است.

$$V_e = \frac{V}{F_{Ve}} \qquad (۴-۸)$$

omoorepeyman.ir

– محاسبه تعداد مخزن (تعداد مراحل فروشویی): به طور معمول ساخت یک مخزن با حجم بزرگتر ارزان‌تر از چند مخزن کوچک (با حجم معادل مخزن بزرگ) است. در به کارگیری یک مخزن بزرگ احتمال برقراری مدار کوتاه و در نتیجه ناکافی بودن زمان ماند وجود دارد. برای رفع این مشکل می‌توان از چند مخزن کوچک استفاده کرد. تعداد مراحل یا مخازن فروشویی به محلول‌های فروشویی و کانسنگ مورد نظر بستگی دارد.

پس از محاسبه حجم مخزن، با مراجعه به جداول شرکت‌های سازنده می‌توان مخازن یا مخزن‌های مناسب را انتخاب کرد. بر اساس شرایط و ظرفیت یا حجم کلی محاسبه شده، می‌توان تعداد مخزن و حجم هر یک از آن‌ها را نیز تعیین کرد. توصیه می‌شود که در ظرفیت‌های تولید بالا به جای انتخاب یک مخزن بزرگ، چند مخزن کوچک انتخاب شود. همواره باید تعدادی مخزن نیز به عنوان مخازن رزرو (برای مواقع تعمیرات و سرویس) در نظر گرفته شود. با تعیین حجم مخزن بقیه مشخصات آن با استفاده از جداول مشخص می‌شود. برای مثال در جداول (۸–۲) و (۸–۳) مشخصات برخی از مخازن استاندارد همزن‌دار و آماده‌ساز ساخت یکی از سازندگان معتبر آمده است.

– محاسبه ابعاد مخزن: با توجه به این که معمولا در فرآیند فروشویی از مخازن با نسبت ارتفاع به قطر معادل ۱ استفاده می‌شود لذا بر اساس حجم مخزن مورد نظر، ارتفاع و قطر آن نیز مشخص می‌شود.

جدول ۸–۲– مشخصات برخی از مخازن استاندارد همزن‌دار ساخت یکی از سازندگان معتبر

ابعاد (قطر×ارتفاع) (m)	حجم (m^3)	شرایط عملیاتی سبک			شرایط عملیاتی متوسط			شرایط عملیاتی سنگین		
		قطر پروانه (mm)	تعداد پره‌ها	توان موتور (kw)	قطر پروانه (mm)	تعداد پره‌ها	توان موتور (kw)	قطر پروانه (mm)	تعداد پره‌ها	توان موتور (kw)
۱/۲۵×۱/۲۵	۱/۴	۳۰۵	۳	۰/۱۸	۳۸۰	۳	۰/۳۷	۶۱۰	۳	۱/۱
۱/۵×۱/۵	۲/۴	۳۸۰	۳	۰/۲۵	۴۵۵	۳	۰/۵۵	۶۱۰	۳	۱/۱
۱/۷۵×۱/۷۵	۳/۸	۴۵۵	۳	۰/۳۷	۶۱۰	۳	۱/۱	۷۶۰	۳	۲/۲
۲×۲	۵/۷	۶۱۰	۳	۰/۷۵	۶۱۰	۳	۱/۱	۹۱۵	۶	۳
۲/۵×۲/۵	۱۱/۰	۶۱۰	۳	۰/۷۵	۷۶۰	۳	۱/۵	۱۰۶۵	۶	۴
۳×۳	۱۹/۱	۷۶۰	۳	۱/۱	۹۱۵	۶	۲/۲	۱۲۲۰	۶	۵/۵
۳/۵×۳/۵	۳۰/۰	۹۱۵	۶	۲/۲	۱۰۶۵	۶	۳	۱۳۷۰	۶	۵/۵
٤×٤	۴۵	۱۰۶۵	۶	۳	۱۲۲۰	۶	۴	۱۵۲۵	۶	۷/۵
٤/۵×٤/۵	۶۴	۱۲۲۰	۶	۳	۱۳۷۰	۶	۵/۵	۱۸۳۰	۶	۱۱
۵×۵	۸۸	۱۳۷۰	۶	۴	۱۵۲۵	۶	۵/۵	۲۱۳۵	۶	۱۵
٦×٦	۱۵۲	۱۵۲۵	۶	۵/۵	۱۸۳۰	۶	۷/۵	۲۴۴۰	۶	۱۸/۵
۷×٦	۲۰۸	۱۸۳۰	۶	۷/۵	۲۱۳۵	۶	۱۱	۲۷۴۵	۶	۲۲
۸×۷	۳۱۷	۲۱۳۵	۶	۱۱	۲۴۴۰	۶	۱۵	۳۰۵۰	۶	۳۰
۹×۸	۴۵۸	۲۴۴۰	۶	۱۱	۲۷۴۵	۶	۱۸/۵	۳۶۶۰	۶	۴۵
۱۰×۹	۶۳۶	۲۷۴۵	۶	۱۵	۳۰۵۰	۶	۲۲	۴۵۷۰	۶	۷۵
۱۲×۱۲	۱۲۲۱	۳۰۵۰	۶	۱۸/۵	۳۶۶۰	۶	۳۰	۴۵۷۰	۶	۷۵
۱٤×۱۲	۱۶۶۲	۳۶۶۰	۶	۳۰	۴۵۷۰	۶	۵۵	۴۵۷۰	۶	۷۵

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۳- مشخصات برخی از مخازن آماده‌ساز همزن‌دار ساخت یکی از سازندگان معتبر

ابعاد (قطر×ارتفاع) (m)	حجم (m^3)	شرایط عملیاتی متوسط			شرایط عملیاتی سنگین		
		قطر پروانه (mm)	تعداد پره‌ها	توان موتور (kw)	قطر پروانه (mm)	تعداد پره‌ها	توان موتور (kw)
۱/۲۵×۱/۲۵	۱/۴	۳۸۰	۳	۰/۳۷	۴۵۵	۳	۱/۱
۱/۵×۱/۵	۲/۴	۴۵۵	۳	۰/۵۵	۶۱۰	۳	۱/۱
۱/۷۵×۱/۷۵	۳/۸	۶۱۰	۳	۱/۱	۶۱۰	۳	۲/۲
۲×۲	۵/۷	۶۱۰	۳	۱/۱	۷۶۰	۶	۳
۲/۵×۲/۵	۱۱/۰	۷۶۰	۳	۱/۵	۹۱۵	۶	۴
۳×۳	۱۹/۱	۹۱۵	۶	۲/۲	۱۰۶۵	۶	۵/۵
۳/۵×۳/۵	۳۰/۰	۱۰۶۵	۶	۳	۱۲۲۰	۶	۵/۵
٤×٤	۴۵	۱۲۲۰	۶	۴	۱۳۷۰	۶	۷/۵
٤/۵×٤/۵	۶۴	۱۳۷۰	۶	۵/۵	۱۵۲۵	۶	۱۱
۵×۵	۸۸	۱۵۲۵	۶	۵/۵	۱۸۳۰	۶	۱۵
٦×٦	۱۵۲	۱۸۳۰	۶	۷/۵	۲۱۳۵	۶	۱۸/۵
۷×٦	۲۰۸	۲۱۳۵	۶	۱۱	۲۴۴۰	۶	۲۲
۸×۷	۳۱۷	۲۴۴۰	۶	۱۵	۲۷۴۵	۶	۳۰

– شکل مخازن و نحوه قرارگیری آن‌ها: معمولا در فروشویی همزنی مخازن به گونه‌ای طراحی می‌شوند که پالپ بتواند به روش ثقلی از زیر یک مخزن به مخزن بعدی تخلیه شود. هر مخزن باید بلندتر از مخزن بعدی باشد و به شکل محدب ساخته شود. اگر توپوگرافی ساختگاه اجازه دهد، مخازن در محلی شیب‌دار نصب می‌شوند تا از نیروی ثقلی بیشترین استفاده به عمل آید.

– جنس مخازن: جنس یا مواد سازنده تجهیزات فروشویی شامل مخازن، محور همزن‌ها و پره‌ها بر اساس محیط فرآیند انتخاب می‌شوند. فولاد نرم برای تانک‌های فروشویی قلیایی و فروشویی طلا در محلول سیانور مناسب است. در برخی موارد به منظور کاهش سایش ناشی از مواد جامد، پره‌های همزن از جنس پلاستیک ساخته می‌شوند. در فرآیندهای فروشویی با اسید سولفوریک، معمولا مخازن و همزن‌ها از جنس فولاد ضد زنگ انتخاب می‌شوند. انتخاب مواد تاثیر به سزایی در عمر تجهیزات و تعمیر و نگهداری دارد.

۸-۳-۲- همزن

کارآیی همزن‌ها توسط موارد زیر ارزیابی می‌شود:

– یکنواختی فیزیکی محتویات مخزن؛

– انتقال جرم و واکنش شیمیایی.

طراحی همزن‌ها شامل سه قسمت است:

الف– طراحی فرآیند شامل دبی مورد نیاز سیال در فرآیند، تبدیل مقیاس از آزمایشگاهی به پیشاهنگ و کارخانه

omoorepeyman.ir

ب- تعیین مشخصات پره‌ها: توان، سرعت و قطر پره‌ها

در انتخاب همزن دو عامل زیر تاثیر بیشتری دارند:

۱) زمان ماند: حجمی را که قرار است توسط همزن به هم زده شود، مشخص می‌کند؛

۲) مکانیزم مورد نیاز همزن تا حجم مذکور در شرایط سوسپانسیون قرار گیرد.

با انتخاب مخزن فروشویی و با در اختیار داشتن مشخصات مربوط به مخزن و پالپ، ابعاد تقریبی همزن نیز مشخص می‌شود. در انتخاب همزن باید به نکات زیر توجه شود:

- طول همزن بر اساس ارتفاع مخزن انتخاب می‌شود.

- رابطه زیر بین قطر همزن و دبی جریان ورودی و خروجی (دبی جرمی) پمپ ارایه شده است.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{\frac{4}{3}} \qquad (۴-۸)$$

که در آن:

Q: دبی جریان؛

D: قطر همزن.

بنابراین با در اختیار داشتن دبی جریان و قطر همزن در یک واحد فروشویی، با داشتن دبی جریان در واحد جدید، با استفاده از رابطه فوق می‌توان قطر همزن مورد نیاز را تعیین کرد.

- در شرایطی که گرانروی پالپ بیشتر است از همزن با قطر بزرگتر استفاده می‌شود که در این حالت سرعت همزن کمتر خواهد شد.

- در صورتی که ابعاد مواد درشت باشد، از همزن با قطر بزرگتر استفاده می‌شود.

همزن‌ها در سه شرایط سبک، متوسط و سنگین کاربرد دارند. در جداول (۸-۴) و (۸-۵) شرایطی را که همزن‌های استاندارد و آماده‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به عنوان مثال آورده شده است.

جدول ۸-٤- شرایط کاربرد انواع همزن‌های استاندارد برحسب نوع کاربرد

شرایط	سبک	متوسط	سنگین
گرانروی پالپ (سانتی‌پوآز)	۳۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰
ماکزیمم ابعاد ذرات جامد (mm)	۰/۱	۰/۲	-
ماکزیمم جرم مخصوص جامد (g/cm^3)	۳/۰	۳/۵	-
ماکزیمم جرم مخصوص مایع (g/cm^3)	۱/۰	۱/۱	-
ماکزیمم درصد وزنی جامد (٪)	۱۵	۲۵	-

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۵- شرایط کاربرد انواع همزن‌های آماده‌سازی

شرایط	متوسط	سنگین
ماکزیمم ابعاد ذرات جامد (mm)	۰/۲۵	۰/۲۵
ماکزیمم جرم مخصوص جامد (g/cm^3)	۲/۷	۳/۵
ماکزیمم جرم مخصوص مایع (g/cm^3)	۱/۰	۱/۰
ماکزیمم درصد وزنی جامد (٪)	۲۰	۴۵

همچنین بر اساس نوع کاربرد و نوع همزن، انواع مختلفی از مخزن شامل: مخزن با همزن تک‌پروانه‌ای، مخزن با همزن دوپروانه‌ای و مخزن با همزن لاستیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شرایط استفاده از این مخازن را می‌توان به شرح جدول (۸-۶) خلاصه کرد:

جدول ۸-٦- شرایط استفاده از مخازن مختلف.

نوع مخزن	درصد جامد و گرانروی	نسبت عمق به قطر مخزن
مخزن با همزن تک‌پروانه‌ای	کم تا متوسط	کمتر از ۱/۵
مخزن با همزن دوپروانه‌ای	زیاد	بیشتر از ۱/۱۵ و کمتر از ۱/۱۸
مخزن با همزن لاستیکی	دبی‌حجمی پالپ بالا و حداکثر درصد جامد ۵۰ درصد	بیشتر از ۱/۸

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۹

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات حمل و نقل مواد

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۹-۱- اطلاعات مورد نیاز

– ظرفیت تولید: بر اساس طراحی کارخانه، ظرفیت موادی که باید در قسمت‌های مختلف یک کارخانه حمل شود، مشخص است؛

– روش حمل مواد: بر اساس روش حمل و نقل، مواد به صورت خشک یا تر در نقاط مختلف کارخانه تعیین می‌شوند؛

– دانه‌بندی مواد: طبق طراحی کارخانه، دانه‌بندی مواد قابل حمل نیز در قسمت‌های مختلف کارخانه مشخص است؛

– مسافت حمل: عبارت است از مسافت افقی، مایل یا قائم که باید مواد از نقطه مبدا به مقصد منتقل شود. این پارامتر طبق طراحی و بر اساس فلوشیت و جانمایی تجهیزات معلوم می‌شود؛

– درصد جامد مواد: این عامل در انتقال مواد به صورت پالپ و در پمپ‌ها حایز اهمیت است.

۹-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر- راهنمای انتخاب و تعیین ظرفیت

۹-۲-۱- نوار نقاله

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

– تناژ یا دبی ماده معدنی؛

– ابعاد و دانه‌بندی مواد؛

– ماهیت مواد، جرم مخصوص و رطوبت؛

– شیب نوار نقاله؛

– مسافت حمل؛

– خوردگی و سایش؛

– زاویه قرار مواد؛

– زاویه بار اضافی: زاویه‌ای که ماده معدنی اضافه بر روی نوار نقاله با افق می‌سازد؛

– زاویه ناوه: زاویه‌ای که غلطک‌های زیر نوار نقاله با همدیگر و یا با افق در ابتدا و انتها می‌سازند؛

– مسایل زیست‌محیطی.

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

– تعیین زاویه قرار: بر اساس نوع و مشخصات ماده معدنی و طبق جداول سازندگان نوار نقاله زاویه قرار (α) انتخاب می‌شود.

– تعیین زاویه بار اضافی: از آنجا که زاویه بار اضافی (β) روی نوار نقاله معمولا ۱۵ درجه کمتر از زاویه قرار است، مقدار آن از طریق رابطه (۹-۱) تعیین می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$\beta = \alpha - 15 \qquad (۱-۹)$$

– تعیین زاویه ناوه: این زاویه معمولا ۲۰، ۳۵ و یا ۴۵ درجه انتخاب می‌شود.

– تعیین حداقل عرض نوار: با توجه به زاویه بار اضافی به دست آمده و زاویه ناوه و با استفاده از جداول سازندگان حداقل عرض نوار انتخاب می‌شود.

– تعیین ظرفیت نوار: بر اساس زاویه بار اضافی، زاویه ناوه و عرض نوار، ظرفیت نوار نیز از روی جداول تعیین و انتخاب می‌شود.

– تعیین سرعت نوار: اگر ظرفیت مورد نظر که باید حمل شود Q و ظرفیت انتخاب شده از جدول Q_s (برحسب متر مکعب بر دقیقه) باشند، با استفاده از رابطه زیر سرعت نوار بر حسب متر بر دقیقه محاسبه خواهد شد:

$$V = (\frac{Q}{Q_s}) \times 30 \qquad (۲-۹)$$

– تعیین سرعت بهینه و مقایسه با سرعت محاسباتی: بر اساس حداکثر سرعت برای عرض نوار تنظیم شده و بر اساس نوع ماده معدنی و عرض نوار، سرعت بهینه تعیین شود و با نوار انتخابی با سرعت محاسباتی مورد مقایسه قرار گیرد.

– تعیین عرض بهینه نوار: اگر سرعت محاسبه شده کمتر از سرعت حداکثر باشد، مشخصات نوار (اعم از ظرفیت، سرعت، زاویه اضافی بار و زاویه ناوه) درست انتخاب شده است، ولی اگر بیشتر باشد، عرض نوار بزرگتر انتخاب شود.

– تعیین توان لازم برای به حرکت در آوردن نوار خالی (بدون ماده معدنی) انتخاب شده (P_1): بر اساس جداول سازندگان تعیین می‌شود.

– تعیین توان لازم برای انتقال نوار حاوی مواد (P_2): برای مواد به ظرفیت Q در مسافت d از جدول سازندگان انتخاب می‌شود.

– تعیین توان لازم برای حمل بار به ارتفاع h (P_3): اگر لازم باشد که نوار نقاله بار مورد نظر را به ارتفاع h منتقل کند توان لازم برای آن نیز از جداول سازندگان به دست می‌آید.

– محاسبه توان کل (P): توان کل مورد نیاز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P = P_1+P_2+P_3 \qquad (۳-۹)$$

– انتخاب مناسب‌ترین نوار نقاله: با در نظر گرفتن شرایط ارایه شده در مطالب، جداول و فرمول‌های یاد شده مشخصات نوار نقاله معلوم می‌شود. با مقایسه مشخصات به دست آمده با مشخصات و خصوصیات نوار نقاله‌های ساخته شده توسط شرکت‌های سازنده، مناسب‌ترین دستگاه انتخاب می‌شود.

۹-۲-۲- پمپ‌ها

در کارخانه‌های کانه‌آرایی برای انتقال پالپ‌ها (خوراک دستگاه‌های مختلف، کنسانتره و باطله) و مایعات از پمپ‌های مختلف استفاده می‌شود. به دلیل غلظت‌های بالا، حضور ذرات جامد و در مواردی درشت‌دانه، خورندگی و ساینده‌گی ذرات، انتخاب و طراحی

omoorepeyman.ir

پمپ‌ها و متعلقات آن‌ها شامل اتصالات، شیرآلات، خطوط لوله و نظایر آن برای کاربردهای یاد شده اهمیت خاصی دارد. در صنایع معدنی به خصوص در کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی اغلب از پمپ‌های گریز از مرکز استفاده می‌شود.

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

از عوامل و پارامترهای موثر در انتخاب و تعیین ظرفیت پمپ‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

Q : دبی پالپ در بخش‌های مختلف کارخانه؛

C_s: درصد وزنی جامد در پالپ؛

ρ_s: جرم مخصوص جامد؛

ρ_p: جرم مخصوص پالپ؛

- ابعاد متوسط ذرات جامد؛

- ارتفاع رانش کلی؛

- راندمان پمپ.

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

در انتخاب پمپ باید پارامترهای زیر در نظر گرفته شوند:

- دبی: دبی پالپ بر حسب متر مکعب بر ساعت (m^3/h) مشخص می‌شود. در تعیین دبی باید حداقل سه پارامتر شامل تناژ پالپ، جرم مخصوص جامد (ρ_s) و درصد وزنی جامد (C_s) مشخص شود.

- جرم مخصوص: با استفاده از رابطه زیر جرم مخصوص پالپ (ρ_p) محاسبه می‌شود:

$$\rho_p = \frac{100\rho_s}{\rho_s(100-X)+X} \qquad (۴-۹)$$

- با استفاده از رابطه زیر نسبت دبی حجمی (m^3/h) به تناژ (t/h) محاسبه می‌شود:

$$\frac{F}{M} = \frac{100}{\rho_P \times X} \qquad (۵-۹)$$

- از حاصل‌ضرب این نسبت در تناژ بار مورد نظر که قرار است پمپ شود، ظرفیت پمپ بر حسب متر مکعب در ساعت تعیین می‌شود.

- ارتفاع رانش کلی

محاسبه رانش کلی که مجموع اختلاف بین ارتفاع مخزن یا محل اولیه قرارگیری پالپ تا محلی که پالپ به آنجا پمپ می‌شود (ارتفاع استاتیکی)، به علاوه افت فشار در داخل لوله‌ها، اتصالات و افت دینامیکی است. با استفاده از رابطه زیر ارتفاع رانش کلی محاسبه می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$H_t = \Delta H + H_s + H_v \qquad (۶-۹)$$

که در آن:

H_t: ارتفاع رانش کلی؛

ΔH: اختلاف ارتفاع؛

H_s : افت فشار در داخل لوله‌ها و اتصالات؛

H_V : افت دینامیکی.

– تعیین نوع و اندازه پمپ

مدل‌های مختلفی از پمپ‌های گریز از مرکز با مشخصات و کاربردهای متفاوت وجود دارند که انتخاب آن‌ها بر اساس نوع مواد معدنی انجام می‌شود.

نوع پمپ و اندازه پمپ بر اساس مدل پمپ و بر اساس جداول شرکت‌های سازنده انتخاب می‌شود.

– تعیین توان پمپ

توان پمپ با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W = \frac{Q \times H_t \times \gamma_P}{\eta} \qquad (۷-۹)$$

W: توان پمپ؛

γ_P: وزن مخصوص؛

Q: دبی پالپ ورودی؛

η: راندمان پمپ؛

H_t: ارتفاع رانش کلی.

توان پمپ (W_t) را معمولا ۱۵ الی ۲۰ درصد بیشتر از توان محاسبه شده (P) در نظر می‌گیرند.

$$W_t = (1.15 - 1.20) \times W \qquad (۸-۹)$$

بر اساس توان پمپ محاسبه شده و در نظر گرفتن دبی و ارتفاع رانش کلی با استفاده از جداول سازندگان، پمپ مناسب انتخاب می‌شود.

omoorepeyman.ir

فصل ۱۰

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات انباشت مواد و سیلوها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۰-۱- اطلاعات مورد نیاز

- ترکیب شیمیایی و فازی مواد: در انتخاب نوع جریان مواد در سیلوها موثر است؛
- چسبندگی مواد: در انتخاب نوع جریان مواد در سیلوها موثر است؛
- زاویه موثر اصطکاک: برای مواد مختلف به صورت جداولی ارایه شده است؛
- ظرفیت سیلو: ظرفیتی است که بر اساس طراحی مدار کارخانه در اختیار است؛
- چگالی ظاهری یا چگالی توده‌ای: در محاسبه ظرفیت تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد؛
- مقدار بیشینه نرمه؛
- مقدار بیشینه مدت زمان ذخیره‌سازی در حالت سکون؛
- مقدار بیشینه رطوبت تا ۹۰ درصد اشباع؛
- دمای بیشینه انباشت مواد؛
- بیشینه تغییرات دمایی در طول ذخیره‌سازی.

با در اختیار داشتن پنج پارامتر اخیر تابع جریان لحظه‌ای (FF) و تابع جریان زمانی (FFt) تعیین می‌شود.

تابع جریان لحظه‌ای (FF): معرف مقاومت پیوندهای حاصل بوده و رابطه‌ای بین فشار حاکم بر مواد (V) و مقاومت پیوند حاصل (F) است.

تابع جریان زمانی (FFt): بیانگر مقاومت پیوند بوده و رابطه‌ای بین فشار (V) و مقاومت پیوند حاصل در نواحی راکد است.

۱۰-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- نوع جریان مواد در سیلوها: سیلوها دارای سه طرح عمده هستند، سیلوهای جریان قیفی، جریان توده‌ای و جریان منبسط شونده (ترکیبی از یک جریان توده‌ای در زیر یک جریان قیفی است).

سیلوهای جریان قیفی تنها برای مواد پایدار از نظر شیمیایی و غیر قابل جدایش مورد استفاده قرار می‌گیرند. موادی که قابلیت از هم‌پاشی و یا چسبیدن دارند، کمترین زمان ماند را در سیلوهای جریان توده‌ای دارند. در سیلوهای جریان توده‌ای، می‌توان از چسبیدن مواد پیش‌گیری کرد و اختلاط مواد با گردش مجدد آن‌ها قابل انجام است. جریان منبسط شونده برای ذخیره‌سازی مقدار زیادی مواد غیر قابل تجزیه بسیار مفید است.

ب- قوسی شدن: در اثر پل زدن توده‌ای مواد بر بالای دهانه قیف از جریان مطلوب مواد جلوگیری می‌شود.

پ- لوله‌ای شدن: نوعی جریان محدود که در آن جریان به یک کانال بر بالای دهانه تخلیه محدود می‌شود. سیال فقط در این کانال تخلیه شده که این امر باعث کاهش ظرفیت موثر سیلو می‌شود.

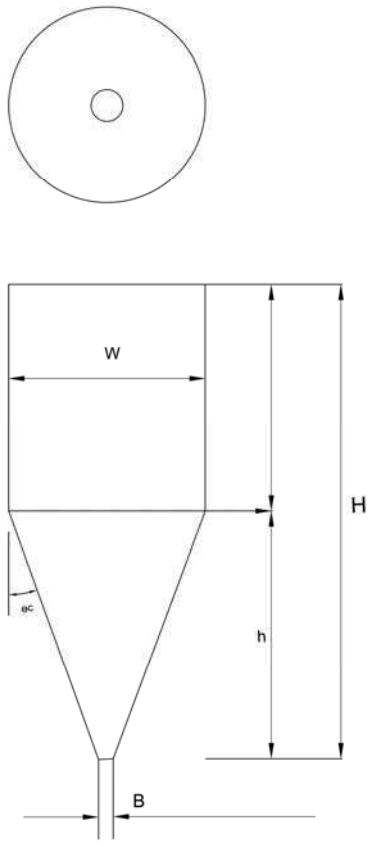
omoorepeyman.ir

ث- دامنه ابعادی ذرات: مواد با دانه‌بندی وسیع در طول انباشت در سیلوها تمایل به جدایش دارند مگر این که از شوت‌های توزیع‌کننده مخصوص استفاده شود. در زمان باردهی مخزن، ذرات درشت‌تر سعی می‌کنند به قسمت خارجی مخزن حرکت کنند که تغییرات وسیعی را در تخلیه مخزن حاصل خواهد کرد.

۱۰-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

۱۰-۳-۱- سیلوی جریان توده‌ای

طرح کلی یک سیلوی جریان توده‌ای به طور شماتیک در شکل (۱۰-۱) نشان داده شده است. برای طراحی این سیلو باید مراحل زیر طی شود:



شکل ۱۰-۱- طرح شماتیک یک سیلوی جریان توده‌ای

الف- تعیین حداکثر زاویه جهت جریان توده‌ای (θc)

بر اساس اطلاعات موجود نظیر زاویه اصطکاک داخلی سینماتیکی کانسنگ روی مواد نرم (مانند فولاد نرم)، زاویه اصطکاک سینماتیکی دیواره هاپر یا قیف، مشخصات جریان مواد مانند تابع جریان لحظه‌ای (FF)، تابع جریان زمانی (FFt) و با استفاده از

omoorepeyman.ir

نمودارهای موجود، حداکثر زاویه جهت جریان توده‌ای (θc) تعیین می‌شود.

ب- تعیین فاکتور جریان (ff)

بر اساس نمودار زاویه اصطکاک داخلی سینماتیکی کانسنگ روی مواد نرم (مانند فولاد نرم) بر حسب زاویه اصطکاک سینماتیکی دیواره هاپر یا قیف تعیین می‌شود.

پ- تعیین مقاومت در یک انسداد جریان یا $\bar{V}$

بر اساس نمودار تحلیل جریان ($\bar{V}$ وF بر حسب V) تعیین می‌شود.

ت- تعیین قطر دهانه خروجی (B)

که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$B = \frac{\bar{V}\, H(\theta)}{A\gamma} \qquad (۱-۱۰)$$

که در آن :

A: برابر $\frac{۱}{۱۳}$ فوت مربع در آزمایش‌گر فاکتور جریان جنکی؛

H(θ): تابعی از زاویه اصطکاک سینماتیکی دیواره هاپر یا قیف که با استفاده از منحنی‌های موجود تعیین می‌شود؛

γ: جرم مخصوص ظاهری (lb/ft^3).

ث- تعیین ارتفاع قسمت مخروطی (h)

با در اختیار داشتن حداکثر زاویه جهت جریان توده‌ای (θc) و قطر دهانه خروجی (B) تعیین می‌شود:

$$h = \frac{W}{2tg\theta c} \qquad (۲-۱۰)$$

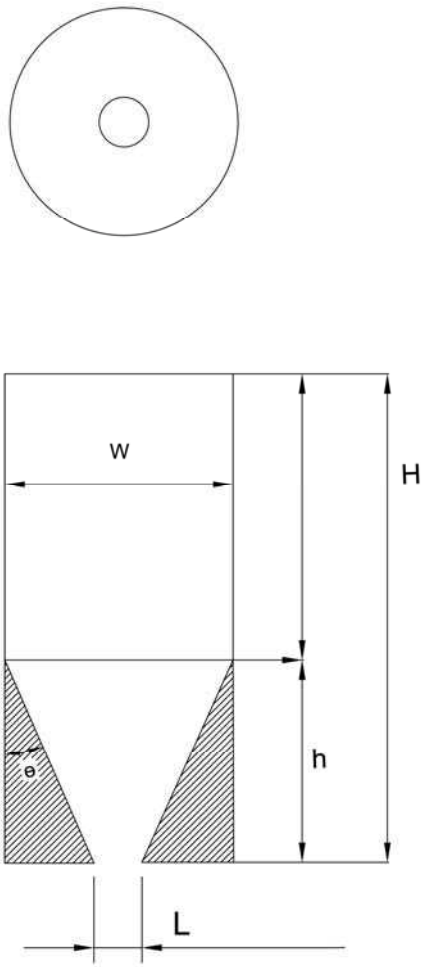
W قطر دهانه ورودی سیلو است که اگر در اختیار نباشد، می‌توان به ازای مقادیر مختلف از آن H و h را محاسبه و سپس بر اساس ظرفیت و شرایط و امکانات موجود مقدار بهینه آن را انتخاب کرد.

ج- تعیین ارتفاع قسمت مستطیلی سیلو(H): با داشتن ظرفیت مورد نیاز سیلو و ظرفیت قسمت مخروطی (از آنجا که کلیه ابعاد بخش مخروطی معلوم است، حجم و ظرفیت آن نیز تعیین می‌شود)، ارتفاع این قسمت قابل تعیین است.

omoorepeyman.ir

۱۰-۳-۲- سیلوی جریان قیفی

طرح شماتیک یک سیلوی جریان قیفی در شکل (۱۰-۲) نشان داده شده است. برای طراحی این سیلو باید مراحل زیر انجام گیرد:



شکل ۱۰-۲- طرح شماتیک یک سیلوی جریان قیفی

الف- تعیین فاکتور جریان (ff) به گونه‌ای که از تشکیل جریان لوله‌ای جلوگیری شود.

با در اختیار داشتن زاویه اصطکاک داخلی ایستا (φt) و زاویه اصطکاک موثر(φ') و بر اساس نمودارهای موجود تعیین می‌شود.

ب- تعیین مقاومت در یک انسداد جریان یا $\overline{V}$

بر اساس نمودار تحلیل جریان $\overline{V}$ وF بر حسب V تعیین می‌شود. مقدار $\overline{V}$ محل برخورد خط فاکتور جریان (ff) و خط تابع جریان زمانی (FFt) است.

تعیین حداقل قطر لوله (L)

omoorepeyman.ir

حداقل قطر لوله (L) از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$L = \frac{\bar{V}\, G(\phi_t)}{A\gamma} \qquad (۳-۱۰)$$

که در آن:

A: برابر $\frac{۱}{۱۳}$ فوت مربع در آزمایش‌گر فاکتور جریان جنکی؛

$G(\phi_t)$: تابعی از زاویه اصطکاک داخلی ایستا که با استفاده از منحنی‌های موجود قابل تعیین است؛

γ: وزن مخصوص ظاهری، پوند بر فوت مکعب؛

ت- تعیین زاویه شیب دیواره هاپر (θ)

زاویه شیب دیواره هاپر توسط رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\theta = 45 - \frac{\varphi t}{2} \qquad (۴-۱۰)$$

ث- تعیین ارتفاع قسمت مخروطی (h)

با در اختیار داشتن زاویه شیب دیواره هاپر (θ) و حداقل قطر لوله (L) توسط رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$h = \frac{W - L}{2tg\theta} \qquad (۵-۱۰)$$

W قطر دهانه ورودی سیلو است که اگر در اختیار نباشد، می‌توان به ازای مقادیر مختلف از آن H و h را محاسبه و سپس بر اساس ظرفیت و شرایط و امکانات موجود مقدار بهینه آن را انتخاب کرد.

ج- تعیین ارتفاع قسمت مستطیلی سیلو (H)

با داشتن ظرفیت مورد نیاز سیلو و ظرفیت قسمت مخروطی (از آنجا که کلیه ابعاد بخش مخروطی معلوم است حجم و ظرفیت آن نیز معلوم می‌شود) ارتفاع این قسمت قابل تعیین است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱۱

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات تغذیه‌کننده کارخانه‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۱-۱- مدارک و اطلاعات مورد نیاز

- ظرفیت تولید کارخانه و یا ظرفیت واحدی که توسط تغذیه‌کننده خوراک‌دهی می‌شود (تن بر ساعت)؛
- چگالی ظاهری مواد (تن بر متر مکعب یا پوند بر فوت مکعب)؛
- فاصله حمل کردن مواد (فاصله افقی)؛
- افزایش ارتفاع مواد (فاصله عمودی که مواد طی می‌کند)؛
- مشخصات و ابعاد فضای مورد نیاز: نصب خوراک‌دهنده و تجهیزاتی که توسط تغذیه‌کننده، تغذیه شوند؛
- روش باردهی تغذیه‌کننده؛
- دانه‌بندی مواد یا کانسنگ؛
- رطوبت موجود؛
- چسبندگی و ساینده‌گی مواد؛
- مدل مکانیکی باردهی.

۱۱-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر

- ظرفیت مسیرهایی که تغذیه‌کننده مورد نیاز است: در انتخاب مدل و ظرفیت تغذیه‌کننده موثر است. در جاهایی که تغذیه زیادی مورد نیاز است، تغذیه‌کننده‌های آپرون به کار می‌روند. تغذیه‌کننده‌های لرزشی در قسمت‌هایی که تغذیه پیوسته و متراکم باشد، استفاده می‌شوند.

- محل و موقعیت نصب تغذیه‌کننده: در انتخاب نوع تغذیه‌کننده موثر است (جدول ۱۱-۱).

تغذیه‌کننده‌های آپرون در جاهایی که به شدت ناهموار است، به کار می‌روند. تغذیه‌کننده‌های نواری معمولا در زیر قیف یا دریچه به کار می‌روند.

- مشخصات کانسنگ یا مواد: شامل خواصی از قبیل چسبندگی، ساینده‌گی، دانه‌بندی (درصد مواد درشت و نرمه) و نوع ماده معدنی است. (جداول ۱۱-۱ و ۱۱-۲).

تغذیه‌کننده‌های آپرون برای انتقال مواد گل‌آلود یا چسبناک مناسب هستند. تغذیه‌کننده‌های نواری معمولا در کارخانه‌های شن و ماسه و مخصوصا برای انتقال ذرات خشک و ریز در زیر قیف یا دریچه با حداکثر اندازه خوراک ۶ اینچ به کار می‌روند. تغذیه‌کننده‌های لرزشی سرندی دارای چندین تغذیه‌کننده لرزشی به علاوه سرند ثابت برای جدایش ذرات ریز از خوراک سنگ‌شکن هستند.

۱۱-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

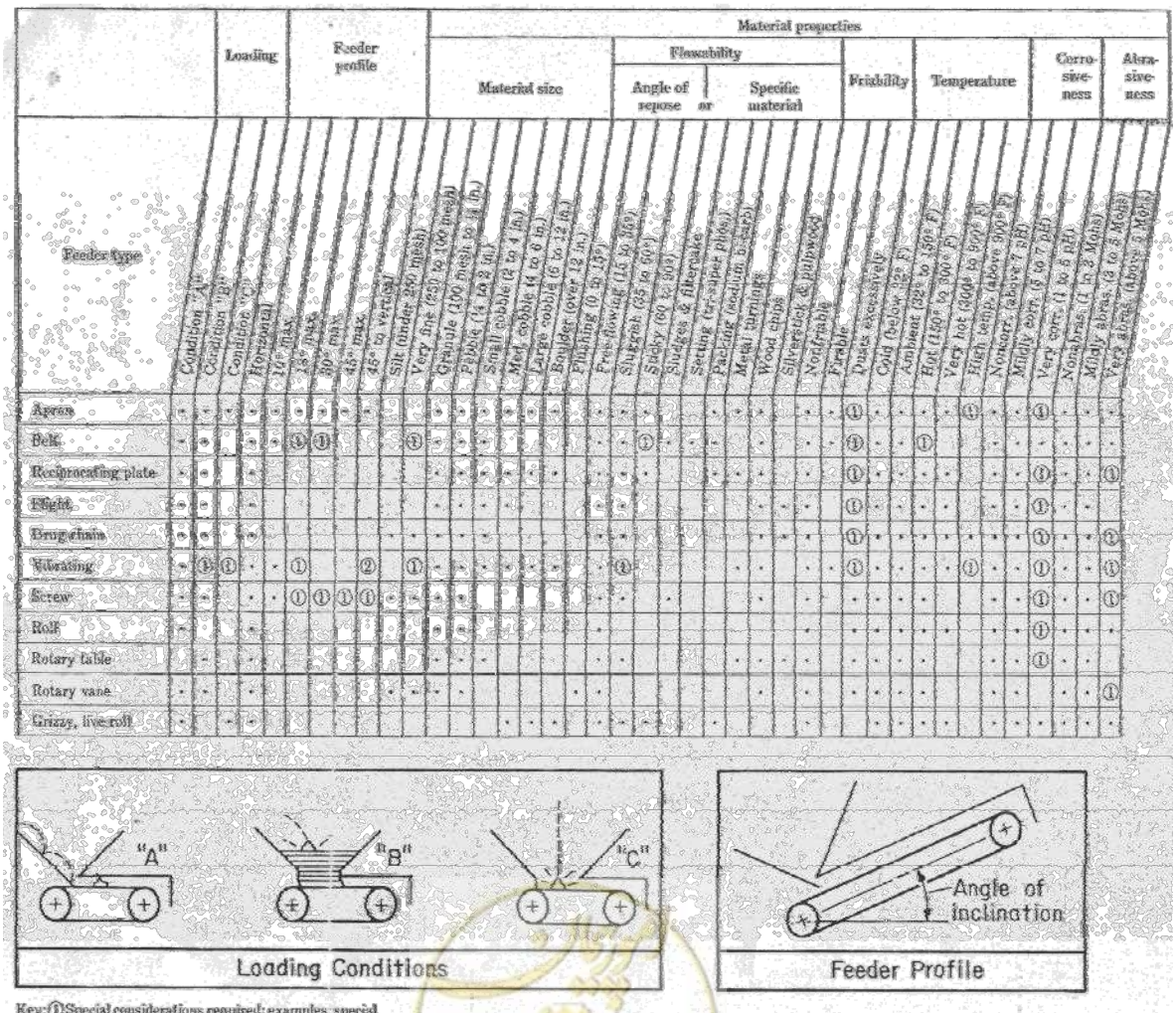
- انتخاب مدل تغذیه‌کننده: از جداول (مانند جداول ۱۱-۱ و ۱۱-۲) بر اساس اطلاعات موجود در مورد کانسنگ و سایر تجهیزات مرتبط استفاده شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۱۱-۱- تغذیه‌کننده

فرضیات	معرفی مدل
دمپ کامیون‌ها یا پر کردن به وسیله شاول یا دراگ‌لاین حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۷۵٪ عرض تغذیه‌کننده نیست.	تغذیه‌کننده آپرون با جریان خیلی سریع با کفه منگنزی
زیر قیف یا سیلو، مواد غیرساینده حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۷۵٪ عرض تغذیه‌کننده نیست.	تغذیه‌کننده آپرون با جریان خیلی سریع با کفه استیل پرس شده
دمپ کامیون‌ها یا پر کردن به وسیله شاول یا دراگ‌لاین حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۷۵٪ عرض تغذیه‌کننده نیست.	تغذیه‌کننده آپرون با جریان سریع
زیر قیف یا سیلو، مواد غیر ساینده حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۳۰٪ عرض تغذیه‌کننده نیست.	تغذیه‌کننده آپرون با جریان سریع
زیر سنگ‌شکن اولیه با حمایت نوار نقاله	تغذیه‌کننده لرزان یا تغذیه‌کننده سرندی
زیر سیلوها، قیف‌ها یا انبارها حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۳۰٪ عرض تغذیه‌کننده نیست.	تغذیه‌کننده نواری
زیر سنگ‌شکن اولیه بزرگ	تغذیه‌کننده آپرون

جدول ۱۱-۲- انتخاب نوع تغذیه‌کننده



Key: ① Special considerations required; examples: special steels, special belts, special troughs, enclosures, etc. ② Vertical only.
Source: Rex Chainbelt Inc.

omoorepeyman.ir

– انتخاب عرض تغذیه‌کننده: عرض تغذیه‌کننده ممکن است به وسیله ماشین تغذیه‌کننده به عنوان مثال سنگ‌شکن فکی، یا به وسیله ابعاد قیف به کار رفته دیکته (انتخاب) شود. عرض تغذیه‌کننده همچنین به وسیله حداکثر ابعاد کلوخه‌ها (توده‌ها) در خوراک، یا توسط عمق مورد نیاز مواد و سرعت حمل تعیین می‌شود. برای مثال جدول (۱۱–۳) حداکثر اندازه کلوخه قابل حمل توسط تغذیه‌کننده‌های آپرون برای عرض‌های مختلف را نشان می‌دهد. همچنین رابطه زیر بین عرض تغذیه‌کننده، عمق مواد بر روی تغذیه‌کننده و ظرفیت تغذیه‌کننده برقرار است:

$$D = \frac{50 \times TPH}{w \times FPM} \qquad (۱–۱۱)$$

D: عمق مواد بر حسب اینچ؛

TPH: ظرفیت (تن بر ساعت)؛

W: عرض تغذیه‌کننده (بر حسب اینچ)؛

FPM: آهنگ خوراک‌دهی در دقیقه.

پ– تطبیق مجدد ظرفیت تغذیه‌کننده انتخاب شده (با استفاده از جداول ۱۱–۴ تا ۱۱–۹ و شکل ۱۱–۱).

جدول (۱۱–۴) ظرفیت تغذیه‌کننده‌های آپرون را بر حسب تن بر ساعت و یارد مکعب بر ساعت به ازای سرعت‌های مختلف نشان می‌دهد. در جدول (۱۱–۵) ظرفیت تقریبی تغذیه‌کننده‌های آپرون با اندازه‌های مختلف با عمق‌های متفاوت مواد نشان داده شده است. در جدول (۱۱–۶) نیز ظرفیت و توان این تغذیه‌کننده‌ها بر اساس ابعاد آن‌ها ارایه شده است. جدول (۱۱–۷) ظرفیت اولیه تغذیه‌کننده‌های نواری (برای مواد با چگالی ۱۰۰ پوند بر فوت مکعب) را به ازای عرض و سرعت‌های مختلف نشان می‌دهد. شکل (۱۱–۱) نیز ظرفیت تغذیه‌کننده لرزشی را در شیب و عرض‌های مختلف آن نشان می‌دهد. در جداول (۱۱–۸) و (۱۱–۹) به ترتیب ظرفیت تغذیه‌کننده‌های لرزشی– سرندی و لرزشی– الکترومغناطیسی در ابعاد و مشخصات مختلف ارایه شده است.

ت– تعیین توان یا قدرت اسب بخار (Hp) تغذیه‌کننده انتخاب شده

توان یا قدرت تغذیه‌کننده با استفاده از جداول (مانند جداول ۱۱–۷، ۱۱–۸ و ۱۱–۹) و یا از طریق روابط موجود انتخاب و یا محاسبه می‌شود. توان یا قدرت اسب بخار تغذیه‌کننده آپرون از طریق روابط و داده‌های زیر محاسبه می‌شود:

وزن کل مواد باردهی شده : $Wt = W \times M \times H \times L$ (۱۱–۲)

ظرفیت (تن بر ساعت) : $C = \frac{s \times W \times H \times M \times S}{33.3}$ (۱۱–۳)

$$S = \frac{C \times 33.3}{W \times H \times M \times s} \qquad (۱۱–۴)$$

omoorepeyman.ir

$$\text{ارتفاع} = \frac{1}{2} \text{عرض}$$

شکاف قیف	دامنه اصطکاک	عرض کفه
1000#	31#	30″
2133#	55#	36″
4000#	88#	42″
4600#	113#	48″
5800#	175#	60″
7200#	252#	72″
8850#	345#	84″
10500#	450#	96″

انرژی کل P = (1) +(2) +(3)

(1) سینوس زاویه شیب تغذیه کننده + وزن مواد

(2) دامنه اصطکاک و شکاف قیف

(3) نیروی اصطکاک در تمام جهات

توان مورد نیاز : $H_p = 1.5 \times \frac{p \times s}{33000}$

وزن مواد روی تغذیه‌کننده + $F = \frac{\text{وزن نوار}}{۲}$ (بر حسب پوند)

$$A = F \times \frac{۰/۲۵}{\text{شعاع چرخ بالایی}}$$

$$B = \frac{۱}{۲} \text{ وزن نوار } \times \frac{/۲۵}{\text{شعاع چرخ پایینی}}$$

$$3 = A + B$$

L: c/ L به c/ L چرخ دنده‌ها؛

W : عرض خوراک ورودی؛

H: ارتفاع مواد (در شرایط معمولی نصف عرض کفه و حداکثر آن ۰/۶۷ عرض کفه)؛

s: ضریب لغزش (در حالت شیب‌دار ۰/۸ و برای حالت افقی ۰/۹)؛

M: وزن هر فوت مکعب مواد؛

S: نرخ خوراک‌دهی بر حسب فوت بر دقیقه؛

A: نیروی اصطکاک بر بالای چرخ‌ها؛

B: نیروی اصطکاک در پایین چرخ‌ها؛

P: کل نیرو (جمع مقادیر ۱، ۲ و۳).

omoorepeyman.ir

جدول ۱۱-۳- حداکثر اندازه کلوخه قابل حمل روی تغذیه‌کننده آپرون با عرض‌های مختلف

عرض آپرون (اینچ)	حداکثر اندازه کلوخه (اینچ)		سرعت پیشنهادی نقاله (فوت بر دقیقه)			
	دانه‌بندی شده	دانه‌بندی نشده	گام آپرون، اینچ*			میز سنگ‌جوری
			۳ تا ۶	۹	۱۲	
۱۸	۶	۴	۱۰۰	۱۰۰	---	۷۵
۲۴	۸	۵	۱۰۰	۹۵	---	۷۰
۳۰	۱۲	۶	۹۰	۹۰	۸۵	۶۵
۳۶	۱۴	۷	۹۰	۸۵	۸۰	۶۰
۴۲	۱۶	۸	۸۰	۷۵	۷۰	۵۵
۴۸	۱۹	۱۰	۸۰	۷۰	۶۵	۵۰
۵۴	۲۱	۱۱	---	---	۶۰	۴۵
۶۰	۲۴	۱۲	---	---	۶۰	۴۰

* حداکثر اندازه کلوخه‌ها برای مواد دانه‌بندی نشده نباید از ۱۰ درصد کل حجم تجاوز کند و حداقل ۷۵ درصد کل مواد کمتر از نصف حداکثر اندازه کلوخه باشد.

جدول ۱۱-۴- ظرفیت تغذیه‌کننده آپرون

سرعت FPM	تغذیه‌کننده استاندارد و ظرفیت زیاد						تغذیه‌کننده‌های با ظرفیت بسیار زیاد (XHD)					
	۳۰		۳۶		۴۲		۴۸		۴۸		۶۰		۷۲	
	Yd^3	تن	Yd^3	تن	Yd^3	تن	Yd^3	تن	Yd^3	تن	Yd^3	تن	Yd^3	تن
۱۰	۵۵	۷۴	۸۰	۱۰۸	۱۰۹	۱۴۷	۱۴۳	۱۹۲	۱۴۳	۱۹۲	۲۲۲	۳۰۰	۳۲۰	۴۳۲
۱۵	۸۳	۱۱۲	۱۲۰	۱۶۲	۱۶۴	۲۲۲	۲۱۴	۲۸۹	۲۱۴	۲۸۹	۳۳۳	۴۵۰	۴۸۰	۶۴۸
۲۰	۱۱۰	۱۴۸	۱۶۰	۲۱۶	۲۱۸	۲۹۴	۲۸۴	۳۸۴	۲۸۴	۳۸۴	۴۴۴	۶۰۰	۶۴۰	۸۶۴
۲۴	۱۳۳	۱۸۰	۱۹۲	۲۵۹	۲۶۲	۳۵۴	۳۴۳	۴۶۰	۳۴۳	۴۶۰	۵۳۳	۷۲۰	۷۶۸	۱۰۳۷
۲۵	۱۳۸	۱۸۶	۲۰۰	۲۷۰	۲۷۳	۳۶۹	۳۵۷	۴۸۲	۳۵۷	۴۸۲	۵۵۵	۷۵۰	۸۰۰	۱۰۸۰
۳۰	۱۶۵	۲۲۳	۲۴۰	۳۲۴	۳۲۷	۴۴۲	۴۲۷	۵۷۷	۴۲۷	۵۷۷	۶۶۶	۹۰۰	۹۶۰	۱۲۹۶
۳۵	۱۹۳	۲۶۰	۲۸۰	۳۷۸	۳۵۲	۵۱۶	۵۰۰	۶۷۳	۵۰۰	۶۷۳	۷۷۷	۱۰۵۰	۱۱۲۰	۱۵۱۲
۴۰	۲۲۰	۲۹۶	۳۲۰	۴۳۲	۴۳۶	۵۸۸	۵۷۲	۷۶۸	۵۷۲	۷۶۸	۸۸۸	۱۲۰۰	۱۲۸۰	۱۷۲۸
۵۰	–	–	–	–	–	–	۷۱۱	۹۶۱	–	–	۱۱۱۰	۱۵۰۰	۱۶۰۰	۲۱۶۰
۶۰	–	–	–	–	–	–	۸۵۴	۱۱۵۴	–	–	۱۳۳۲	۱۸۰۰	۱۹۲۰	۲۵۹۲

ستون اول: سرعت استاندارد تعیین شده است. برای سرعت‌های بالا یا پایین استاندارد با کارخانه سازنده مشورت می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۱۱-۵- ظرفیت معمول تغذیه‌کننده‌های آپرون

عرض آپرون (اینچ)	ظرفیت* عمق بستر، اینچ														
	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۴	۳۰
	تن بر ساعت														
۱۸	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۷۰	۰/۸۴	۰/۹۸	۱/۱۳	۱/۴۱	۱/۶۹						
۲۴	۰/۳۸	۰/۵۶	۰/۷۵	۰/۹۴	۱/۱۳	۱/۳۱	۱/۵۰	۱/۸۸	۲/۲۵	۲/۶۳	۳/۰۰	۳/۳۸			
۳۰	۰/۴۷	۰/۷	۰/۹۴	۱/۱۷	۱/۴۱	۱/۶۴	۱/۸۸	۲/۳۴	۲/۸۱	۳/۲۸	۳/۷۵	۴/۲۲	۴/۶۹	۵/۶۳	
۳۶	۰/۵۶	۰/۸۴	۱/۱۳	۱/۴۱	۱/۶۹	۱/۹۷	۲/۲۵	۲/۸۱	۳/۳۸	۳/۹۴	۴/۵۰	۵/۰۶	۵/۶۳	۶/۷۵	۸/۴۴
۴۲	۰/۶۶	۰/۹۸	۱/۳۱	۱/۶۴	۱/۹۷	۲/۳۰	۲/۶۲	۳/۲۸	۳/۹۴	۴/۵۹	۵/۲۵	۵/۹۱	۶/۵۶	۷/۸۸	۹/۸۴
۴۸	۰/۷۵	۱/۱۳	۱/۵۰	۱/۸۸	۲/۲۵	۲/۶۳	۳/۰۰	۳/۷۵	۴/۵۰	۵/۲۵	۶/۰۰	۶/۷۵	۷/۵۰	۹/۰۰	۱۱/۲۵
۵۴	۰/۸۴	۱/۲۷	۱/۶۹	۲/۱۱	۲/۵۳	۲/۹۵	۳/۳۸	۴/۲۲	۵/۰۶	۵/۹۱	۶/۷۵	۷/۵۹	۸/۴۴	۱۰/۱۳	۱۲/۶۶
۶۰	۰/۹۴	۱/۴۱	۱/۸۸	۲/۳۴	۲/۸۱	۳/۲۸	۳/۷۵	۴/۶۹	۵/۶۳	۶/۵۶	۷/۵۰	۸/۴۴	۹/۳۸	۱۱/۲۵	۱۴/۰۶
	فوت مکعب بر ساعت														
۱۸	۱۱/۲	۱۶/۸	۲۲/۵	۲۸/۱	۳۳/۷	۳۹/۳	۴۵/۰	۵۶/۲	۶۷/۵						
۲۴	۱۵/۰	۲۲/۵	۳۰/۰	۳۷/۵	۴۵/۰	۵۲/۵	۶۰/۰	۷۵/۰	۹۰/۰	۱۰۵/۰	۱۲۰/۰	۱۳۵/۰			
۳۰	۱۸/۷	۲۸/۱	۳۷/۵	۴۶/۸	۵۶/۲	۶۵/۶	۷۵/۰	۹۳/۷	۱۱۲/۵	۱۳۱/۲	۱۵۰/۰	۱۶۸/۷	۱۸۷/۵	۲۲۵/۰	
۳۶	۲۲/۵	۳۳/۷	۴۵/۰	۵۶/۲	۶۷/۵	۷۸/۷	۹۰/۰	۱۱۲/۵	۱۳۵/۰	۱۷۵/۵	۱۸۰/۰	۲۰۲/۵	۲۲۵/۰	۲۷۰/۰	۳۳۷/۵
۴۲	۲۶/۲	۳۹/۳	۵۲/۵	۶۵/۶	۷۸/۷	۹۱/۸	۱۰۵/۰	۱۳۱/۲	۱۵۷/۵	۱۸۳/۷	۲۱۰/۰	۲۳۶/۲	۲۶۲/۵	۳۱۵/۰	۳۹۳/۷
۴۸	۳۰/۰	۴۵/۰	۶۰/۰	۷۵/۰	۹۰/۰	۱۰۵/۰	۱۲۰/۰	۱۵۰/۰	۱۸۰/۰	۲۱۰/۰	۲۴۰/۰	۲۷۰/۰	۳۰۰/۰	۳۶۰/۰	۴۵۰/۰
۵۴	۳۳/۷	۵۰/۶	۶۷/۵	۸۴/۳	۱۰۱/۲	۱۱۸/۱	۱۳۵/۰	۱۶۸/۸	۲۰۲/۲	۲۳۶/۲	۲۷۰/۰	۳۰۳/۷	۳۳۷/۵	۴۰۵/۰	۵۰۶/۳
۶۰	۳۷/۵	۵۶/۲	۷۵/۰	۹۳/۷	۱۱۲/۵	۱۳۱/۲	۱۵۰/۰	۱۸۷/۵	۲۲۴/۰	۲۶۲/۵	۳۰۰/۰	۳۳۷/۵	۳۷۵/۰	۴۵۰/۰	۵۶۲/۵

* ظرفیت بر اساس سرعت rpm ۱ برای مواد ۵۰ پوند بر فوت مکعب و ۷۵ درصد حداکثر سطح مقطع تئوری بارگیری شده است. ظرفیت به طور مستقیم با سرعت نقاله و وزن مواد متناسب است.

omoorepeyman.ir

جدول ۱۱-۶- تعیین ظرفیت تغذیه‌کننده‌های آپرون

ابعاد تغذیه‌کننده (اینچ)	۳۰	۳۶	۴۲	۴۸	۶۰	۷۲
طول (حداکثر- حداقل (Note 5)	۹-۲۱	۹-۲۱	۹-۲۱	۱۲-۲۷	۱۵-۳۰	۱۵-۳۰
ظرفیت= TPH **در** 24FPM (Note4)	۱۸۰	۲۵۹	۳۵۴	۴۶۰	۷۲۰	۱۰۳۷
اسب بخار مورد نیاز برای طول استاندارد (Note2)						
۹	۵	۵	۷/۵	–	–	–
۱۲	۵	۵	۱۰	۱۵	–	–
۱۵	۷/۵	۷/۵	۱۰	۱۵	۲۵	۳۰
۱۸	۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۴۰
۲۱	۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰
۲۴	–	–	–	۲۰	۳۰	۴۰
۲۷	–	–	–	۲۵	۴۰	۶۰
۳۰	–	–	–	–	۵۰	۶۰
وزن تغذیه‌کننده حداقل طول- پوند (Note 3)	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1,2	Note 2	Note 2

Note1- آپرون تغذیه‌کننده استاندارد جریان سریع مجهز به ضخامت کفه ۰/۵ اینچ

Note2- تغذیه‌کننده XDH با ضخامت ۱/۲۵ اینچ و کفه استیل

Note3- آهنگ قدرت اسب بخار در عملکرد معمول تغذیه‌کننده نصب شده به صورت افقی است. برای سرعت‌های زیاد یا کم با کارخانه مشورت شود.

Note4- ظرفیت نشان داده شده برای عملکرد پیوسته، در سرعت ۲۴ فوت بر دقیقه سرعت پله با عمق مواد در حدود ۱/۲ سرعت پله پهن است.

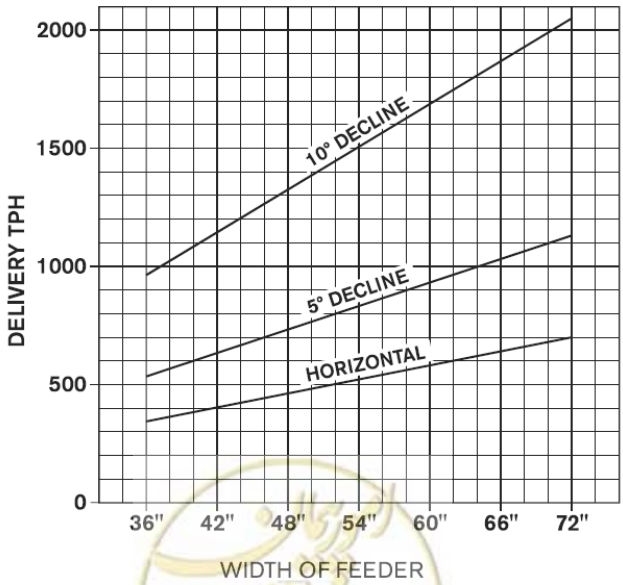
Note5- طول بزرگتر با کارخانه سازنده مشورت شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۱۱-۷- ظرفیت اولیه تغذیه‌کننده نواری، مواد (۱۰۰ پوند بر فوت مکعب)

تغذیه‌کننده نواری	ماکزیمم (H)	ظرفیت					
		سرعت نوار (فوت بر دقیقه)					
		۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
24” (W-18”)	۸	۳۰	۶۰	۹۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۰
	۹	۳۴	۶۸	۱۰۱	۱۳۵	۱۶۹	۲۰۳
	۱۰	۳۸	۷۵	۱۱۳	۱۵۰	۱۸۸	۲۲۵
	۱۱	۴۱	۸۳	۱۲۴	۱۶۵	۲۰۶	۲۴۸
	۱۲	۴۵	۹۰	۱۳۵	۱۸۰	۲۲۵	۲۷۰
	۱۳	۴۹	۹۸	۱۴۶	۱۹۵	۲۴۴	۲۹۳
	۱۴	۵۳	۱۰۵	۱۵۸	۲۱۰	۲۶۲	۳۱۵
30” (W-24”)	۸	۴۰	۸۰	۱۲۰	۱۶۰	۲۰۰	۲۴۰
	۹	۴۵	۸۰	۱۳۵	۱۸۰	۲۲۵	۲۷۰
	۱۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
	۱۱	۵۵	۱۱۰	۱۶۵	۲۲۰	۲۷۵	۳۳۰
	۱۲	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۴۰	۳۰۰	۳۶۰
	۱۳	۶۵	۱۳۰	۱۹۵	۲۶۰	۳۲۵	۳۹۰
	۱۴	۷۰	۱۴۰	۲۱۰	۲۸۰	۳۵۰	۴۲۰
36” (W+30”)	۸	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
	۹	۵۶	۱۱۳	۱۶۹	۲۲۵	۲۸۱	۳۳۸
	۱۰	۶۲	۱۲۵	۱۸۷	۲۵۰	۳۱۲	۳۷۵
	۱۱	۶۹	۱۳۷	۲۰۶	۲۷۵	۳۴۴	۴۱۲
	۱۲	۷۵	۱۵۰	۲۲۵	۳۰۰	۳۷۵	۴۵۰
	۱۳	۸۱	۱۶۲	۲۴۴	۳۲۵	۴۰۶	۴۹۷
	۱۴	۸۷	۱۷۵	۲۶۲	۳۵۰	۴۳۷	۳۲۳

توجه: تغذیه‌کننده نواری از نوار حمل‌کننده، غلتک‌ها، دیواره و موتور تشکیل شده است. طول آن از ۱/۵ تا ۳ متر و سرعت آن از ۰/۰۰۵ تا ۰/۵ متر بر ثانیه و قدرت لازم از ۳ تا ۳۰ اسب بخار متغیر است.



شکل ۱۱-۱- ظرفیت تغذیه‌کننده لرزشی به ازای شیب و عرض

omoorepeyman.ir

جدول ۱۱-۸- تعیین ظرفیت تغذیه‌کننده‌های لرزشی- سرندی

عرض استاندارد	۳۶" پهن		۴۲" پهن		۴۸" پهن				۵۴" پهن			۶۰" پهن			۷۲" پهن		
طول استاندارد	′۱۴	′۱۶	′۱۴	′۱۶	′۱۴	′۱۶	′۱۸	′۲۰	′۱۸	′۲۰	′۲۲	′۱۸	′۲۰	′۲۲	′۱۸	′۲۰	′۲۲
وزن کلی تغذیه‌کننده لرزشی	۶۹۱۰	۸۱۴۵	۷۳۹۰	۸۲۶۰	۷۷۶۵	۹۳۴۰	۱۹۰۰۳	۲۰۴۰۰	۲۰۱۷۵	۲۱۷۰۰	۲۳۲۲۵	۲۱۳۵۰	۲۲۶۰۰	۲۴۳۰۰	۲۴۳۵۰	۲۴۷۵۰	۲۵۸۵۰
وزن کلی تغذیه‌کننده گریزلی لرزان w/5	۷۰۰۵	۸۳۱۰	۷۶۲۵	۸۵۵۰	۸۰۱۵	۹۶۲۵	۱۹۳۵۰	۲۰۷۵۰	۲۰۶۷۵	۲۱۹۰۰	۲۳۴۷۵	۲۱۸۰۰	۲۳۰۶۰	۲۴۷۵۰	۲۴۵۵۰	۲۴۷۵۰	۲۶۳۰۰
وزن کلی تغذیه‌کننده گریزلی لرزان w/8	–	۸۹۰۰	–	۹۲۷۰	–	۱۱۲۴۰	–	–	۲۰۹۶۵	–	–	۲۳۲۰۰	–	–	–	–	–
وزن کلی تغذیه‌کننده گریزلی لرزان w/9	–	–	–	–	–	–	۱۹۹۰۰	۲۱۸۵۰	۲۱۳۷۵	۲۳۱۷۵	–	۲۲۸۵۰	۲۴۷۰۰	–	۲۵۲۵۰	۲۷۰۰۰	–
وزن کلی تغذیه‌کننده گریزلی لرزان w/10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۲۳۷۷۵	–	–	۲۶۳۰۰	–	–	۲۸۰۰۰
پهنای خارجی هوپر باردهی W/O هوپر باردهی با پهنای خارجی W/O	″۷′۸ ″۱۳′۸	″۷′۸ ″۱۳′۸	″۸′۰ ″۱۴′۰	″۸′۰ ″۱۴′۰	″۸′۶ ″۱۴′۶	″۸′۶ ″۱۴′۶	″۸′۶ ″۱۴′۶	″۸′۶ ″۱۴′۶	″۹′۰ ″۱۵′۰	″۹′۰ ″۱۵′۰	″۹′۰ ″۱۵′۰	″۹′۸ ″۱۵′۶	″۹′۸ ″۱۵′۶	″۹′۸ ″۱۵′۶	″۱۰′۵ ″۱۶′۵	″۱۰′۵ ″۱۶′۵	″۱۰′۵ ″۱۶′۵
وزن خارجی هوپر باردهی W/O هوپر باردهی با وزن خارجی W/O	۱۳۲۱۰ ۲۰۲۰۰	۱۴۶۲۵ ۲۲۲۲۵	۱۴۸۵۰ ۲۲۷۷۵	۱۶۰۹۵ ۲۶۱۰۰	۱۷۸۲۵ ۳۰۷۵۰	۱۹۸۷۵ ۳۰۷۵۰	۲۱۸۶۵ ۳۴۴۵۰	۲۴۰۵۰ ۳۶۵۷۵	–	–	–	۲۴۵۴۵ ۳۶۳۲۵	۲۶۹۰۰ ۴۰۶۷۵	۲۹۶۷۵ ۴۴۷۵۰	۲۷۴۷۵ ۳۸۸۷۵	۳۰۱۲۵ ۴۳۵۲۵	۳۳۱۲۵ ۴۷۸۷۵
موتور الکترنیکی- اسب بخار	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۴۰	۴۰	۴۰/۵۰	۵۰	۵۰	۴۰/۵۰	۵۰	۵۰	۵۰/۶۰	۶۰	۶۰
محدوده ظرفیت (t/h)	-۳۲۵ ۹۷۵	-۳۲۵ ۹۷۵	-۴۰۰ ۱۱۵۰	-۴۰۰ ۱۱۵۰	-۴۵۰ ۱۳۲۵	-۴۵۰ ۱۳۲۵	-۴۵۰ ۱۳۲۵	-۴۵۰ ۱۳۲۵	-۵۰۰ ۱۶۰۰	-۵۰۰ ۱۶۰۰	-۵۰۰ ۱۶۰۰	-۵۷۵ ۱۷۰۰	-۵۷۵ ۱۷۰۰	-۵۷۵ ۱۷۰۰	-۷۰۰ ۲۰۵۰	-۷۰۰ ۲۰۵۰	-۷۰۰ ۲۰۵۰
سرعت تغذیه‌کننده (RPM)	۵۰۰ تا ۶۰۰																

omoorepeyman.ir

جدول ۱۱-۹- تعیین ظرفیت تغذیه‌کننده‌های لرزشی-الکترومغناطیسی

عرض (اینچ)	۱۶	۱۸		۲۴	۳۰		۳۶		۴۲		۴۸		۵۴		۶۰		۷۲	۸۴
طول (اینچ)	۳۶	۳۶	۴۲	۴۲	۴۲	۴۸	۵۴	۶۰	۶۰	۷۲	۶۰	۸۴	۷۲	۸۴	۷۸	۹۶	۸۴	۱۰۸
توان مصرفی (وات)	۴۵۰	۴۷۰	۵۵۰	۹۵۰	۱۴۱۰	۱۴۱۰	۲۲۰۰	۱۸۸۰	۲۳۵۰	۲۸۲۰	۳۳۰۰	۳۷۶۰	۲۹۰۰	۴۷۰۰	۳۳۰۰	۵۶۴۰	۴۶۰۰	۵۰۰۰
وزن تقریبی (پوند)	۴۳۰	۵۸۰	۴۷۰	۹۶۰	۱۷۰۰	۱۳۰۰	۲۳۰۰	۲۴۰۰	۲۸۵۰	۴۰۳۵	۴۱۰۰	۴۶۵۰	۷۰۰۰	۷۴۷۵	۸۰۰۰	۸۶۷۵	۱۰۴۰۰	۱۳۰۰۰
ظرفیت (t/h)	۱۰۰	۱۸۰	۱۳۰	۱۸۰	۴۱۵	۳۴۵	۳۵۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۷۰	۷۰۰	۱۱۲۵	۹۰۰	۱۲۷۵	۱۲۵۰	۱۶۵۰	۱۶۰۰	۱۸۰۰

نکات :۱- ظرفیت پایه وزن مواد، ۱۰۰ پوند بر فوت مکعب ۲- کفه دارای شیب ۱۰ درجه است. ۳- تغذیه‌کننده‌های مدل سرندی معمولا دارای موتور الکتریکی با سرعت متغیر هستند که برای کنترل سرعت باردهی به کار می‌روند.

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

امور نظام فنی

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

Guidelines for Selection and Capacity Measurement of Machineries and Equipments for Ore Dressing Plants

No. 545

Office of Deputy for Strategic Supervision

Department of Technical Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Industry, Mine and Trade

Deputy office of Mining Affairs and Mineral Industries

Office for Mining Exploitation and Supervision

http://www.mim.gov.ir

2012

omoorepeyman.ir

این نشریه

اصول کلی و اطلاعات لازم به منظور تصمیم‌گیری در انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات مورد استفاده در کارخانه‌های کانه‌آرایی را ارایه می‌دهد.

omoorepeyman.ir