

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

**راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت
ماشین‌آلات
و تجهیزات کارخانه‌های کانه‌آرایی**

نشریه شماره ۵۴۵

وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت امور معادن و صنایع معدنی

دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن

<http://www.mim.gov.ir>

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی

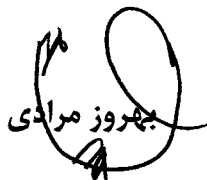
nezamfanni.ir



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

شماره:	۱۰۰/۴۵۷۹۳
تاریخ:	۱۳۹۱/۶/۱۲
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات کارخانه‌های کانه‌آرایی	
<p>به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی - مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۴۵ امور نظام فنی، با عنوان «راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات کارخانه‌های کانه‌آرایی» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;"> بهروز مرادی</p>	

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، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، 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.
 - ۴- 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 صفی‌علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱
Email: info@nezamfanni.ir web: <http://nezamfanni.ir>

بسمه تعالی

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/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، آسیابها، 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 این‌شاء... 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 وجیه... 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

تهیه و کنترل

مجری طرح

آقای وجیه... 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 وجیه... 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 امیر کبیر 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 امیر کبیر دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی

سرکار خانم فرشته رشچی دانشگاه تهران دکترای مهندسی متالورژی

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین

آقای مهدی ایران‌نژاد دانشگاه صنعتی امیر کبیر دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی

آقای عبدالرسول زارعی وزارت صنایع و معادن کارشناس ارشد زمین‌شناسی

آقای مصطفی شریف‌زاده دانشگاه صنعتی امیر کبیر دکترای مهندسی مکانیک سنگ

آقای حسن مدنی دانشگاه صنعتی امیر کبیر 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

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول - راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ شکن ها

۱-۱-۱	اطلاعات مورد نیاز	۳
۱-۱-۱-۱	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
۲-۱	معیارهای کلی در انتخاب نوع سنگ شکنی	۳
۳-۱	عوامل محدود کننده و راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سنگ شکن ها	۶
۱-۳-۱	سنگ شکن فکی	۶
۲-۳-۱	سنگ شکن ژیراتوری	۹
۳-۳-۱	سنگ شکن مخروطی	۱۲
۴-۳-۱	سنگ شکن استوانه‌ای (غلطکی)	۱۵
۵-۳-۱	سنگ شکن ضربه‌ای	۲۰

فصل دوم - راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت آسیاها

۱-۲-۱	اصول کلی تعیین مسیر آسیا	۲۵
۲-۲-۲	اطلاعات و مدارک مورد نیاز	۲۵
۳-۲-۲	عوامل و محدودیت‌های موثر	۲۶
۴-۲-۲	اصول کلی برای انتخاب آسیاها	۲۷
۱-۴-۲	محاسبه توان آسیا	۲۷
۲-۴-۲	ضرایب اصلاح توان آسیا	۲۷
۵-۲-۲	راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت آسیاها	۳۰
۱-۵-۲	آسیاهای میله‌ای	۳۰
۲-۵-۲	آسیای گلوله‌ای	۳۳
۳-۵-۲	آسیای خودشکن	۳۶
۴-۵-۲	آسیای نیمه خودشکن	۳۷
۵-۵-۲	آسیای قلوه‌سنگی	۳۸
۶-۵-۲	آسیاهای غلطکی	۴۱
۷-۵-۲	آسیاهای چکشی	۴۱

فصل سوم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت سیستم‌های طبقه‌بندی

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

فصل چهارم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات جدایش ثقلی

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

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

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

فصل ششم - راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات فلوتاسیون

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

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

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

فصل هشتم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات واحد هیدرومتالورژی

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

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

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

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

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

فصل یازدهم- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات تغذیه‌کننده کارخانه

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

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

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

فهرست جداول

صفحه

عنوان

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

- جدول ۳-۷- تغییرات ۴۵ 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 جداکننده‌های 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 تیکتر ۹۸
- جدول ۷-۲- ارتباط عمق تیکتر 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

فصل ۱

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

سنگ شکن‌ها

۱-۱-۱- اطلاعات مورد نیاز

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

۱-۱-۱-۱- ظرفیت تولید کارخانه

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

۱-۱-۱-۲- ابعاد خوراک

برای تعیین ابعاد دهانه ورودی سنگ شکن‌ها معمولاً از ماکزیمم ابعاد خوراک ورودی و برای محاسبه انرژی مصرفی از d_{80} خوراک استفاده می‌شود.

۱-۱-۱-۳- ابعاد محصول مورد نظر

معمولاً از d_{80} محصول مورد نظر برای تعیین دهانه خروجی یا گلوگاه سنگ شکن‌ها استفاده می‌شود.

۱-۱-۱-۴- مشخصات کانسنگ

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

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

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

۱-۱-۱-۶- ضریب دسترسی

این ضریب معرف آمادگی شرایط برای کاربرد مفید سنگ شکن‌ها است و به طور تجربی 0.75 در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از ظرفیت روزانه کارخانه و ضریب دسترسی، زمان کاری مفید سنگ شکن‌ها و ظرفیت آن در هر ساعت تعیین می‌شود.

۱-۲- معیارهای کلی در انتخاب نوع سنگ شکن

در انتخاب نوع سنگ شکن باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

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

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 نسبتاً 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 (۵-۱) 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	ژیراتوری	فکی با بازوی مضاعف	فکی تک‌بازو	سنگ‌شکن استوانه‌ای	سنگ‌شکن ضربه‌ای	سنگ‌شکن چکشی
۹۰۰۰-۱۲۰۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۶۰۰۰-۹۰۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۳۰۰۰-۶۰۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۱۵۰۰-۳۰۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<۱۵۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

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

مقاومت فشاری (MPa)	نوع سنگ‌شکن	ژیراتوری	فکی با بازوی مضاعف	فکی تک‌بازو	سنگ‌شکن استوانه‌ای	سنگ‌شکن ضربه‌ای	سنگ‌شکن چکشی
۵۰۰-۶۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۴۰۰-۵۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۳۰۰-۴۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۲۰۰-۳۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۱۰۰-۲۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<۱۰۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

جدول ۱-۳- انتخاب نوع سنگ شکن بر اساس اندیس ساینده‌گی کانسنگ‌ها

اندیس ساینده‌گی	نوع سنگ شکن	۲۴۰۰۰-۳۲۰۰۰	۱۶۰۰۰-۲۴۰۰۰	۸۰۰-۱۶۰۰	<۸۰
زیراتوری		√	√	√	√
فکی با بازوی مضاعف		√	√	√	√
فکی تک‌بازو					√
سنگ شکن استوانه‌ای					√
سنگ شکن ضربه‌ای					√
سنگ شکن چکشی					√

جدول ۱-۴- انتخاب سنگ شکن‌های مختلف از نظر ابعاد خوراک ورودی

ابعاد خوراک (mm)	نوع سنگ شکن	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	<۵۰۰
زیراتوری				√	√	√
فکی با بازوی مضاعف				√	√	√
فکی تک‌بازو				√	√	√
سنگ شکن استوانه‌ای				√	√	√
سنگ شکن ضربه‌ای				√	√	√
سنگ شکن چکشی		√	√	√	√	√

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

ابعاد محصول (mm)	نوع سنگ شکن	۳۰۰-۴۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۱۰۰-۲۰۰	<۱۰۰
زیراتوری			√	√	
فکی با بازوی مضاعف			√	√	
فکی تک‌بازو			√	√	
سنگ شکن ضربه‌ای			√	√	√
سنگ شکن چکشی			√	√	√

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:

$$a \geq \frac{D}{0.85} \quad (1-1)$$

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

با توجه به این که معمولاً 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.

$$\text{ظرفیت سنگ‌شکن} = \frac{Q}{n \times h \times 0.75 \times \rho} \quad (2-1)$$

که در این رابطه:

Q: ظرفیت روزانه سنگ شکن (تن در روز)؛

p: جرم مخصوص کانسنگ (تن بر متر مکعب)؛

n: تعداد شیفت کاری سنگ شکن در شبانه روز؛

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.

$$Q = C - U \quad (۳-۱)$$

که در این رابطه:

Q: ظرفیت روزانه سنگ شکن (تن در روز)؛

C: ظرفیت ورودی کارخانه (تن در روز)؛

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

با در اختیار داشتن ابعاد دهانه و گلوگاه و نیز ظرفیت سنگ شکن، سایر مشخصات از روی جداول سازندگان (مانند جداول ۱-۶ و

۷-۱) تعیین می شود.

برای این که مشخص شود که آیا سنگ شکن 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 سنگ شکن فکی، انرژی مصرفی از طریق رابطه باند به شرح زیر محاسبه می شود:

$$W = 11W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_p}} - \frac{1}{\sqrt{d_f}} \right) \times q \times F \quad (۴-۱)$$

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 سنگ شکن بر حسب تن بر ساعت (t/h).

چنانچه توان محاسباتی کمتر از توان سنگ شکن انتخاب شده باشد، سنگ شکن انتخاب شده مناسب است. در غیر این صورت باید

سنگ شکن با توان بالاتر انتخاب شود. جداول (۱-۶) و (۷-۱) مشخصات انواع سنگ شکن فکی را نشان می دهند.

جدول ۱-۶- مشخصات سنگ‌شکن فکی با بازوی ساده (یکی از سازندگان معتبر)

عرض دهانه (mm)	طول دهانه (mm)	وزن (ton)	سرعت (rpm)	توان (kw)	ظرفیت تقریبی (m ³ /h) نسبت به گلوگاه در حال باز												
					۱۹	۲۵	۳۸	۵۰	۶۳	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۲۰۰	۲۲۵	۲۵۰	۲۷۵
۲۰۰	۲۵۰	۲	۳۰۰	۸	۱	۲	۴	۵	۶	۷							
۲۵۰	۴۰۰	۲	۳۰۰	۱۵	۱	۵	۹	۱۱	۱۴	۲۰							
۲۵۰	۵۰۰	۳	۲۷۵	۲۲	۶	۹	۱۱	۱۸	۲۶	۲۹							
۲۵۰	۶۰۰	۴	۲۵۰	۲۲	۷	۱۰	۱۵	۱۹	۳۰	۴۰	۴۱						
۲۵۰	۹۰۰	۵	۳۰۰	۴۵	۹	۱۳	۱۹	۲۴	۳۲	۳۸	۵۱						
۳۷۵	۶۰۰	۵	۲۷۵	۳۷			۱۹	۱۶	۳۲	۴۵	۵۱	۵۵					
۵۰۰	۹۰۰	۱۰	۲۵۰	۴۵			۲۳	۲۹	۴۳	۵۷	۷۹	۹۰					
۵۲۵	۹۰۰	۱۱	۲۲۵	۵۶				۴۳	۴۸	۷۱	۸۵	۱۱۵	۱۲۰				
۵۵۰	۱۲۰۰	۱۱	۲۵۰	۷۵					۵۷	۷۹	۹۴	۱۲۵	۱۳۵				
۶۰۰	۹۰۰	۱۵	۲۵۰	۷۵						۷۴	۹۱	۱۰۵	۱۵۰				
۷۵۰	۱۰۵۰	۲۱	۲۲۵	۹۳						۷۹	۱۱۰	۱۵۵	۲۰۰	۲۸۰			
۸۰۰	۱۰۰۰	۲۲	۲۲۰	۱۱۲							۱۲۵	۱۶۰	۲۰۵	۲۷۰	۲۹۵		
۹۰۰	۱۱۵۰	۳۴	۲۳۵	۱۱۲							۱۷۰	۲۰۵	۲۴۰	۳۳۰	۳۵۰	۳۶۰	
۹۰۰	۱۲۰۰	۴۰	۲۲۵	۱۵۰							۲۰۰	۲۴۰	۲۸۵	۳۷۰	۴۱۰	۴۵۵	۴۹۵
۱۱۰۰	۱۲۰۰	۵۱	۲۲۰	۱۵۰							۲۲۵	۲۵۵	۲۸۵	۳۴۵	۴۱۰	۴۴۰	۴۷۵
۱۲۰۰	۱۲۰۰	۵۹	۲۲۵	۱۸۷							۲۰۰	۲۴۰	۲۸۵	۳۷۰	۴۱۰	۴۵۵	۴۹۵
۱۲۰۰	۱۵۰۰	۷۲	۲۰۰	۲۲۴								۲۵۰	۲۹۰	۳۶۵	۴۰۰	۴۳۵	۴۷۵
۱۲۵۰	۱۵۰۰	۷۶	۲۲۰	۲۲۴									۳۵۵	۴۳۰	۴۶۵	۵۱۰	۵۵۵

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

عرض دهانه (mm)	طول دهانه (mm)	وزن (ton)	سرعت (rpm)	توان (kw)	ظرفیت تقریبی (m ³ /h) نسبت به گلوگاه در حال باز												
					۲۵	۳۲	۳۸	۵۰	۶۳	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۱۷۵	۲۰۰	۲۲۵	۲۵۰
۲۵۰	۶۰۰	۶	۲۷۵	۱۰	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۹								
۳۷۵	۶۰۰	۱۰	۲۷۵	۲۲		۱۳	۱۵	۱۹	۲۴	۲۸							
۶۰۰	۹۰۰	۳۰	۲۵۰	۵۵				۴۴	۵۴	۶۵	۸۵	۹۹	۱۱۵				
۷۵۰	۱۰۵۰	۴۵	۲۰۰	۷۵					۷۱	۸۵	۱۱۵	۱۴۰	۱۷۰				
۸۰۰	۱۰۵۰	۵۰	۲۰۰	۷۵						۱۱۰	۱۴۰	۱۶۵	۱۸۵	۲۰۵	۲۲۵		
۹۰۰	۱۲۰۰	۶۰	۱۸۰	۹۰						۱۲۰	۱۵۵	۱۸۵	۲۲۰	۲۵۵	۲۹۰		
۱۰۵۰	۱۲۰۰	۷۰	۱۷۰	۱۱۰							۱۶۵	۲۰۰	۲۳۰	۲۷۰	۳۰۵		
۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۴۰	۱۷۵	۱۵۰							۲۰۰	۲۴۰	۲۸۵	۳۵۰	۳۹۰		
۱۴۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰	۱۲۰	۱۸۰								۲۸۰	۳۳۵	۳۸۵	۴۶۵		
۱۵۰۰	۲۱۰۰	۲۴۰	۹۰	۲۲۰								۳۱۰	۳۵۵	۳۹۵	۴۷۵		
۱۶۵۰	۲۱۰۰	۲۴۵	۹۰	۲۲۰										۴۳۵	۴۸۰	۵۴۰	۵۹۵

۱-۳-۲- سنگ شکن ژیراتوری

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

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

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

گلوگاه خروجی (b): این پارامتر فاصله بین بدنه واگرا و کلاهدک خردکننده در قسمت خروجی محصول است. ابعاد گلوگاه تأثیر به سزایی در ظرفیت سنگ شکن ژیراتوری دارد. هر قدر گلوگاه بازتر باشد، ظرفیت سنگ شکن بیشتر است. ابعاد گلوگاه خروجی بر اساس ابعاد محصول مورد نظر تعیین می‌شود. معمولاً 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 سنگ شکن ژیراتوری بر اساس حالت بسته یا باز گلوگاه تعیین می‌شود، لذا سازندگان این سنگ شکن در جداول و کاتالوگ‌های خود نوع و اندازه فاصله استقرار محور را مشخص می‌کنند.

ماکزیمم قطر کلاهدک خردکننده (m): این پارامتر جز پارامترهای مشخص‌کننده سنگ شکن ژیراتوری بوده و اندازه یک سنگ شکن ژیراتوری را مشخص می‌کند. در جداول شرکت‌های سازنده، هر سنگ شکن ژیراتوری به صورت $a \times m$ مشخص می‌شود که m ماکزیمم قطر کلاهدک خردکننده است. مسلماً هر چه مقدار m بیشتر باشد، سنگ شکن 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 سنگ شکن و دومی در محاسبه انرژی مورد نیاز برای خردایش موثرند. هر دو این‌ها جز اطلاعات موجود برای طراحی، انتخاب و تعیین ظرفیت سنگ شکن هستند.

ابعاد محصول خروجی سنگ شکن: منظور از این پارامتر تقریباً 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 سنگ شکن ژیراتوری

برای انتخاب و تعیین ظرفیت این سنگ شکن‌ها 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 ارائه کرد:

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

$$a \geq \frac{D}{0.85} \quad (5-1)$$

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 کلاهیک 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.

$$C (m^3 / h) = \frac{Q (t / day)}{p \times n \times h \times 0.75} \quad (6-1)$$

که در این رابطه:

Q: ظرفیت سنگ‌شکن بر حسب تن در روز؛

n: تعداد شیفت در شبانه‌روز؛

h: تعداد ساعت در هر شیفت کاری.

p: وزن مخصوص ظاهری که معمولاً 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:

$$W = 11W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_p}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}} \right) \times q \times F \quad (7-1)$$

که در این رابطه:

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

q: ظرفیت سنگ‌شکن بر حسب تن در ساعت؛

F: ضریب تصحیح توان.

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

جدول ۸-۱- مشخصات برخی سنگ شکن‌های ژیراتوری (یکی از سازندگان معتبر)

دهانه (mm)	وزن (ton)	سرعت (rpm)	توان (kw)	ظرفیت تقریبی (m ³ /h) نسبت به گلوگاه در حالت باز													
				۵۰	۶۳	۷۵	۸۸	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۱۷۵	۲۰۰	۲۲۵	۲۵۰	۲۷۵	۳۰۰	
۹-۱۷	۶۷	۶۰۰	۲۲۴	۱۹۰	۲۴۰	۲۹۰	۳۲۵	۳۷۰	۴۶۰								
۹-۱۸	۹۰	۴۲۵	۱۵۰	۱۹۵	۲۴۰	۲۸۰	۳۱۵	۳۵۵	۴۳۵								
۱۱-۱۷	۷۴	۶۰۰	۲۲۴			۲۴۵	۲۹۵	۳۴۰	۴۳۰	۵۱۵							
۱۱-۱۸	۱۲۷	۳۷۵	۱۸۷			۳۳۵	۳۷۵	۴۲۵	۵۲۰	۶۰۵							
۱۳-۲۰	۱۲۱	۵۱۴	۳۰۰				۴۳۰	۴۸۰	۵۶۵	۶۷۰	۸۹۰						
۱۳-۲۰	۱۲۰	۵۱۴	۳۰۰				۳۸۰	۴۴۰	۵۶۵	۷۱۰	۹۳۵						
۱۳-۲۰	۱۴۳	۳۷۵	۱۸۷					۳۹۰	۵۹۰	۶۹۰	۷۹۰	۸۸۰					
۱۳-۲۱	۱۱۴	۳۸۰	۲۲۴					۳۴۰	۴۴۰	۵۴۰	۶۳۵	۷۳۰					
۱۴-۲۱	۲۲۷	۳۴۰	۲۶۱						۷۸۰	۸۵۰	۹۷۰	۱۰۸۵	۱۱۹۰				
۱۴-۲۲	۲۲۸	۵۱۴	۳۷۳						۹۶۵	۱۱۳۵	۱۳۰۵	۱۵۳۰	۱۷۷۰				
۱۴-۲۴	۲۲۲	۳۳۰	۳۷۳							۸۶۰	۹۷۵	۱۱۰۰	۱۲۳۵	۱۳۸۰			
۱۶-۲۲	۲۷۲	۳۴۰	۳۰۰							۱۰۱۵	۱۱۴۰	۱۲۷۵	۱۴۱۵	۱۴۷۵			
۱۶-۲۲	۲۴۲	۵۱۴	۳۷۳							۱۱۰۵	۱۲۷۵	۱۴۴۵	۱۵۱۵	۱۶۸۵	۱۸۵۵		
۱۶-۲۴	۲۳۸	۳۳۰	۳۷۳							۸۱۵	۹۳۰	۱۰۵۰	۱۱۲۵	۱۲۵۵	۱۳۹۰		
۱۸-۲۷	۳۶۲	۳۰۰	۳۷۳							۱۴۱۵	۱۶۶۰	۱۸۱۵	۱۹۵۵	۲۱۵۵	۲۳۲۵		
۱۸-۲۷	۴۰۰	۵۱۴	۴۴۸							۱۴۱۵	۱۶۸۰	۱۸۵۰	۲۰۴۰	۲۲۷۵	۲۴۷۰		
۲۲-۲۷	۴۴۴	۳۰۰	۵۲۲							۱۴۷۵	۱۶۹۰	۱۹۰۰	۲۰۴۰	۲۲۷۰	۲۴۴۰		
۱۸-۳۱	۵۴۴	۳۰۰	۵۹۷									۱۵۸۵	۱۸۵۵	۲۱۲۰	۲۳۹۰	۲۶۵۵	
۱۸-۳۲	۵۷۸	۴۵۰	۷۴۶									۲۲۶۰	۲۶۲۰	۲۹۸۰	۳۳۴۵	۳۷۴۰	
۲۵-۳۲	۵۹۰	۲۷۵	۷۴۶									۲۱۹۵	۲۴۱۰	۲۶۲۰	۲۸۳۵	۳۰۵۰	

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.

$$a \geq \frac{D}{0.85} \quad (۸-۱)$$

- 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، تعیین کننده 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:

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

$$\text{ظرفیت بر حسب } (m^3/h) \text{ برای سنگ شکن مخروطی استاندارد} = \frac{1.125 \times Q}{n \times h \times 0.75 \times \rho} \quad (9-1)$$

$$\text{ظرفیت بر حسب } (m^3/h) \text{ برای سنگ شکن مخروطی سرکوتاه} = \frac{1.375 \times Q}{n \times h \times 0.75 \times \rho} \quad (10-1)$$

که در این رابطه:

Q: ظرفیت تولید واحد سنگ شکنی بر حسب تن در روز؛

n: تعداد شیفت کاری؛

h: تعداد ساعت در هر شیفت کاری؛

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

- بر اساس ابعاد بزرگترین قطعات موجود در خوراک این سنگ شکن (D) که محصول سنگ شکن‌های اولیه است، اندازه دهانه به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$a \geq \frac{D}{0.85} \quad (11-1)$$

با توجه به ابعاد محصول مورد نیاز (d_{80}) و به منظور دستیابی به ظرفیت ماکزیمم، گلوگاه سنگ شکن 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:

$$b = \frac{d_{80}}{1.1} \text{ (سرکوتاه)} \quad b = \frac{d_{80}}{0.725} \text{ (استاندارد)} \quad (12-1)$$

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

کنترل نهایی مشخصات سنگ شکن 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 سنگ شکن‌های مخروطی (ضریب تصحیح معمولاً معادل ۱/۳)، انرژی مورد نیاز محاسبه می‌شود:

$$W = 11W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_P}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}} \right) \times q \times 1.3 \quad (13-1)$$

مقدار q با احتساب درصد بار در گردش برای سنگ‌شکن‌های مخروطی استاندارد با ضریب $1/25$ و برای سنگ‌شکن‌های مخروطی سرکوتاه با ضریب $1/35$ 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 (۹-۱) و (۱۰-۱) مشخصات انواع سنگ‌شکن‌های مخروطی درج شده است.

جدول ۹-۱- 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					۶	۱۰	۱۳	۱۶	۱۹	۲۵	۳۲	۳۸	۵۰	۶۳
۶۰۰	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		
۱۶۵۰	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		

جدول ۱-۱- مشخصات سنگ شکن‌های 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

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

۱-۳-۴- سنگ شکن استوانه‌ای (غلطکی)

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

- فاصله غلطک‌ها (S): این فاصله به ابعاد محصول مورد نیاز بستگی دارد و معمولاً 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:

$$S = 0.775 \times P \quad (۱۴-۱)$$

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

- قطر غلطک‌ها (D): قطر غلطک‌ها از جمله عوامل مشخص کننده سنگ شکن‌های 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:

$$D \geq 9.7 \times d \quad (۱۵-۱)$$

که در آن d ابعاد درشت‌ترین قطعات ورودی به سنگ شکن است.

- ماکزیمم ابعاد خوراک ورودی (d): با توجه به این که خوراک سنگ شکن استوانه‌ای از طریق سنگ شکن‌های 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:

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

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 معمولاً 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:

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

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 (۱۷-۱) می‌توان هم برای تعیین و کنترل ظرفیت بهینه سنگ‌شکن در حین کار و هم برای طراحی سنگ‌شکن استوانه‌ای

جدید استفاده کرد.

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

- در رابطه (۱-۱۷)، ظرفیت سنگ شکن 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 سنگ شکن‌های 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 سنگ شکن‌های استوانه‌ای (حدود ۲۵ تا ۶۰ درصد) انتخاب شود؛

- جرم مخصوص (ρ) کانسنگ نیز بر اساس ماده معدنی مورد نظر تعیین شود (معمولاً 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 سنگ شکن استوانه‌ای نظیر توان، سرعت و

نظایر آن‌ها مشخص شود.

باید با استفاده از رابطه باند توان سنگ شکن 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 سنگ شکن

استوانه‌ای (ضریب تصحیح معادل ۱/۳) انجام می‌گیرد.

$$W = 11 \times W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_p}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}} \right) \times q \times F \quad (1-18)$$

که در آن:

d_F : d_{80} خوراک ورودی؛

d_{80} : محصول مورد نظر؛

F: ضریب تصحیح توان؛

q: ظرفیت سنگ شکن بر حسب تن بر ساعت است.

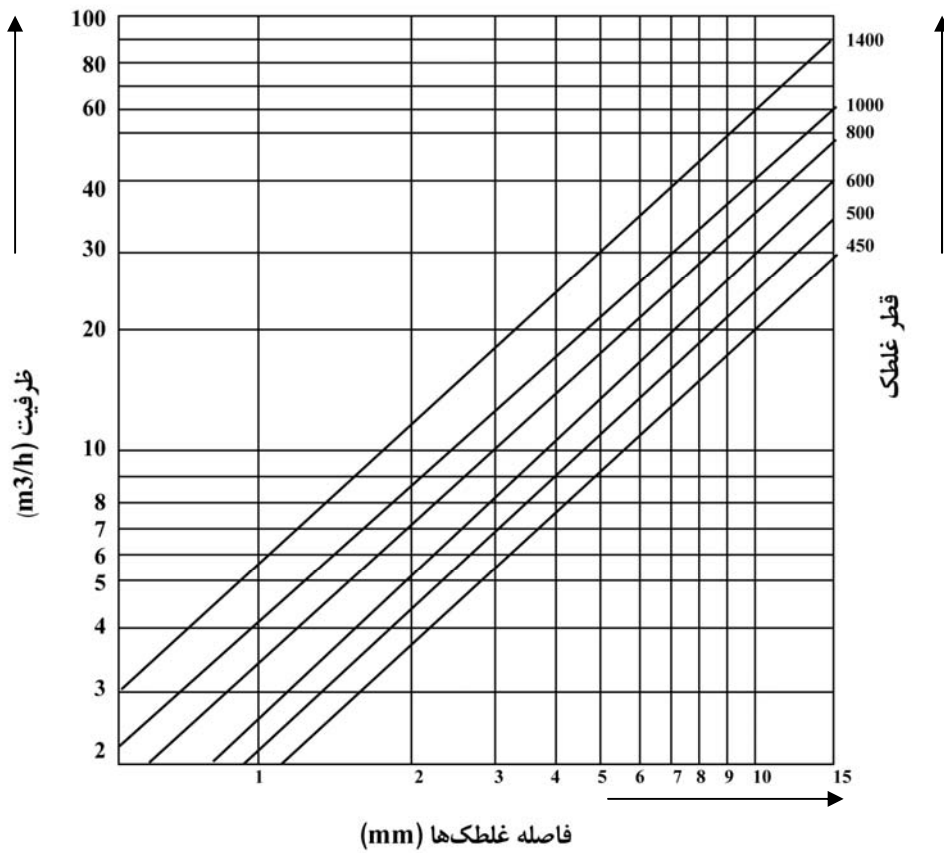
اگر توان محاسباتی کمتر از توان سنگ شکن انتخاب شده باشد، انتخاب صحیح است. در غیر این صورت، باید سنگ شکن با توان

بالاتر که ظرفیت بیشتری نیز دارد، انتخاب شود.

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

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

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



شکل ۱-۱- نمودار ظرفیت سنگ شکن‌های استوانه‌ای ساده

جدول ۱-۱۲- مشخصات سنگ شکن‌های استوانه‌ای با دو استوانه دندانه‌دار

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

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:

$$\text{طول دهانه سنگ‌شکن} = \frac{d_m}{0.9} \quad (1-19)$$

- 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 معمولاً معادل $1/6$)، انرژی مورد نیاز برای خردایش از رابطه باند محاسبه شده و سنگ‌شکن ضربه‌ای انتخابی از نظر توان مصرفی کنترل شود.

جدول (۱-۱۳) مشخصات برخی از انواع سنگ شکن های ضربه ای را نشان می دهد.

جدول ۱-۱۳- مشخصات برخی از سنگ شکن های ضربه ای (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

فصل ۲

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

آسیاها

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، قله‌سنگی و لوله‌ای در مسیرهای باز کار می‌کنند. مراحل نهایی خرد کردن در کارخانه‌های کانه‌آرایی معمولاً 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 سایندگی 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.

جدول ۲-۱- راهنمای انتخاب آسیابها برای انواع کانسنگ‌ها

نوع کانسنگ	آسیاب خودشکن	آسیاب خودشکن ثانویه	آسیاب میله‌ای با تخلیه سرریز	آسیاب میله‌ای با تخلیه محیطی	آسیاب گلوله‌ای تخلیه سرریز	آسیاب گلوله‌ای تخلیه محیطی	آسیاب قلوه‌سنگی	آسیاب 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 ۱ میلی‌متر		×					×	×
تولید محصولات کوبیک				×	×	×		×
عملیات در مسیر باز یا بسته				×	×	×		
عملیات در مسیر بسته	×	×					×	
محصول ۵-۴ میلی‌متر	×	×					×	

۲-۳- عوامل و محدودیت‌های موثر

- الف- ظرفیت کارخانه (موثر در تعیین ظرفیت آسیاب)؛
- ب- ابعاد بار اولیه (موثر در تعیین توان آسیاب)؛
- پ- ابعاد محصول (موثر در تعیین توان آسیاب)؛
- ت- روش آسیاب 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 آسیاب)؛
- ح- جرم مخصوص کانسنگ (موثر در تعیین ظرفیت آسیاب).

۲-۴- اصول کلی برای انتخاب آسیاها

۲-۴-۱- 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.

$$W = 11 \times W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_p}} - \frac{1}{\sqrt{d_F}} \right) \quad (1-2)$$

که در آن:

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

W_i: اندیس کار سنگ؛

d_p و d_F: به ترتیب 80های محصول و خوراک بر حسب میکرون.

۲-۴-۲- ضرایب اصلاح توان آسیا

توان به دست آمده از رابطه (۱-۲) 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 - EF₁: ضریب تصحیح مربوط به روش آسیا کردن؛

اگر آسیا کردن در مسیر خشک انجام گیرد، توان لازم برای آن ۳۰٪ بیشتر از روش تر است و توان محاسبه شده از رابطه باند باید در ضریب ۱/۳ ضرب شود.

ب - EF₂: 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 EF₂

برای آسیای گلوله‌ای در مسیر باز مطابق جدول (۱-۲) برای دانه‌بندی‌های مختلف انتخاب و در توان محاسبه شده اعمال شود.

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

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

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:

$$EF_3 = \left(\frac{250}{CI} \right)^{0.1} \quad (2-2)$$

در این رابطه CI 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 (۳-۲) به

دست می‌آید. اگر این ضریب کوچکتر از یک باشد از آن صرف نظر می‌شود.

$$EF_4 = \left(\frac{2.44}{D} \right)^{0.2} \quad (3-2)$$

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

$$\text{آسیای میله‌ای } d_{F0} = 16000 \sqrt{\frac{13}{W_i}} \text{ و برای آسیای گلوله‌ای } d_{F0} = 4000 \sqrt{\frac{13}{W_i}} \text{ است. (} W_i \text{ اندیس باند کانسنگ است.)}$$

بنابراین ضریب تصحیح ابعاد دانه درشت بار اولیه از رابطه (۴-۲) به دست می‌آید که در آن R_r : نسبت خرد کردن و برابر با

$$R_r = \frac{d_F}{d_P} \text{ است. اگر ابعاد بار اولیه از ابعاد بهینه بزرگتر باشد، این ضریب اعمال می‌شود.}$$

$$EF_5 = \frac{R_r + (w_i - 7) \left(\frac{d_F - d_{F0}}{d_{F0}} \right)}{R_r} \quad (4-2)$$

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

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

$$EF_6 = \frac{d_p + 10.3}{1.145 + d_p} \quad (5-2)$$

چ- EF₇: ضریب تصحیح مربوط به نسبت خرد کردن؛

این ضریب معمولاً بعد از انتخاب اولیه آسیا اعمال می‌شود. برای این کار باید نسبت خرد کردن بهینه برای آسیابها 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 (۶-۲) 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 (۷-۲) خواهد بود.

$$EF_7 = \frac{(R_r - R_{r0})^2}{150} + 1 \quad (6-2)$$

$$EF_7 = 1 + \frac{0.13}{R_r - 1.35} \quad (7-2)$$

که در آن R_r نسبت خردایش و برابر است با $R_r = \frac{df}{dp}$ و R_{r0} نسبت خردایش بهینه برابر است با $R_{r0} = 8 + \frac{5L}{D}$ (L طول آسیا و D قطر آسیا است).

ح- EF₈: ضریب تصحیح مربوط به نوع مسیر سنگ‌شکنی؛

این ضریب در مواقعی به کار می‌رود که اولاً از آسیای میله‌ای استفاده شود، ثانیاً بار ورودی به آسیا در مسیر باز توسط محصول خروجی از سنگ‌شکن تامین شود که برابر $EF_8 = 1/2$ است.

خ- EF₉: 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 EF₉ برابر است با:

$$EF_9 = 1.1 \approx 1.2 \quad (8-2)$$

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.

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 ($R_F = \frac{d_F}{d_P}$). 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_4 و EF_7 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:

$$R = K \times F^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{S_g \times W_i}{100 \times C_s \times \sqrt{D}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (9-2)$$

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 ($\frac{ton}{m^3}$)؛

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

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

د- 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 (V_{ap}) 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:

$$a = \frac{V_{ch}}{V_{ap}} \Rightarrow V_{aq} = V_{ap} - V_{ch} = V_{ap} - aV_{ap} = V_{ap}(1 - a) \quad (10-2)$$

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:

$$K_w = 1.752 (D^{0.34}) (6.3 - 5.4V_p) \times C_s \quad (11-2)$$

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

جدول ۲-۳- راهنمای مربوط به انتخاب آسیای میله‌ای

توان آسیا بر حسب اسب بخار			وزن میله‌ها بر اساس تن متریک			چگالی میله‌ها (kg/m ³)	سرعت آسیا		طول میله (m)	طول آسیا (m)	قطر آسیا (m)
درجه انباشتگی (%)							rpm	(% Cs)			
۳۵	۴۰	۴۵	۳۵	۴۰	۴۵						
۱	۱/۱۳	۱/۲۷	۷	۸	۸	۵۸۴۷	۳۶/۱	۷۴/۵	۱/۰۷	۱/۲۲	۰/۹۱
۲/۲۵	۲/۵۸	۲/۹	۲۳	۲۵	۲۶	۵۸۴۷	۳۰/۶	۷۴/۷	۱/۶۸	۱/۸۳	۱/۲۲
۶/۹۱	۷/۹۵	۸/۸	۵۷	۶۱	۶۴	۵۸۴۷	۲۵/۷	۷۱/۲	۲/۲۹	۲/۴۴	۱/۵۲
۱۳/۱	۱۵	۱۶/۸	۱۱۴	۱۲۲	۱۲۸	۵۸۴۷	۲۳/۱	۷۰/۷	۲/۹۰	۳/۰۵	۱/۸۳
۲۰	۲۲/۸	۲۵/۶	۱۸۱	۱۹۴	۲۰۴	۵۷۶۶	۲۱	۶۹/۹	۳/۲۰	۳/۳۵	۲/۱۳
۲۹	۳۳/۲	۳۷/۴	۲۷۵	۲۹۵	۳۱۰	۵۷۶۶	۱۹/۴	۶۹/۳	۳/۵۱	۳/۶۶	۲/۴۴
۳۳	۳۷/۷	۴۲/۵	۳۱۸	۳۴۱	۳۵۹	۵۷۶۶	۱۸/۷	۶۹	۳/۵۱	۳/۶۶	۲/۵۹
۳۶	۴۱/۱	۴۵/۵	۳۴۴	۳۶۹	۳۸۸	۵۷۶۶	۱۷/۹	۶۷/۵	۳/۵۱	۳/۶۶	۲/۷۴
۴۲/۷	۴۸/۸	۵۴/۹	۴۱۶	۴۴۶	۴۷۰	۵۶۰۶	۱۷/۴	۶۷/۶	۳/۸۱	۳/۹۶	۲/۸۹
۵۱/۵	۵۹	۶۳/۸	۵۰۷	۵۴۴	۵۷۲	۵۶۰۶	۱۶/۸	۶۷	۴/۱۱	۴/۲۷	۳/۰۵
۶۱/۴	۷۰/۱	۷۸/۹	۶۰۹	۶۵۳	۶۸۷	۵۶۰۶	۱۶/۲	۶۶/۴	۴/۴۲	۴/۵۷	۳/۲۰
۷۲/۵	۸۲/۸	۹۳/۵	۷۳۵	۷۸۸	۸۲۹	۵۶۰۶	۱۵/۹	۶۶/۸	۴/۷۲	۴/۸۸	۳/۳۵
۷۹/۷	۹۰/۷	۱۰۳	۸۱۹	۸۷۸	۹۲۴	۵۶۰۶	۱۵/۵	۶۶/۶	۴/۷۲	۴/۸۸	۳/۵۱
۸۲/۷	۹۹/۸	۱۱۲	۹۰۶	۹۷۲	۱۰۲۳	۵۶۰۶	۱۵/۱	۶۶/۴	۴/۷۲	۴/۸۸	۳/۶۶
۱۰۴	۱۱۹	۱۳۴	۱۰۹۳	۱۱۷۳	۱۲۳۴	۵۴۴۶	۱۴/۷	۶۶	۵/۳۴	۵/۴۹	۳/۸۱
۱۲۰	۱۳۷	۱۵۴	۱۲۶۴	۱۳۵۶	۱۴۲۶	۵۴۴۶	۱۴/۳	۶۵/۶	۵/۶۴	۵/۷۹	۳/۹۶
۱۳۰	۱۴۸	۱۶۶	۱۳۸۵	۱۴۸۶	۱۵۶۲	۵۴۴۶	۱۴	۶۵/۵	۵/۶۴	۵/۷۹	۴/۱۲
۱۴۷	۱۶۹	۱۹۰	۱۵۸۰	۱۶۹۵	۱۷۸۳	۵۴۴۶	۱۳/۶	۶۴/۹	۵/۹۴	۶/۱۰	۴/۲۷
۱۵۹	۱۸۱	۲۰۴	۱۷۱۵	۱۸۴۰	۱۹۳۵	۵۴۴۶	۱۳/۳	۶۴/۶	۵/۹۴	۶/۱۰	۴/۴۲
۱۷۱	۱۹۴	۲۱۹	۱۸۵۳	۱۹۸۸	۲۰۹۱	۵۴۴۶	۱۳	۶۴/۳	۵/۹۴	۶/۱۰	۴/۵۷

جدول ۲-۴- ترکیب میله‌ها در آسیای میله‌ای

درصد وزنی میله‌ها						قطر میله‌ها (mm)
-	-	-	-	-	۱۸	۱۲۵
-	-	-	-	۲۰	۲۲	۱۱۵
-	-	-	۲۰	۲۳	۱۹	۱۰۰
-	-	۲۰	۲۷	۲۰	۱۴	۹۰
-	۳۱	۳۳	۲۱	۱۵	۱۱	۷۵
۳۴	۳۹	۲۱	۱۵	۱۰	۷	۶۵
۶۶	۳۰	۲۶	۱۷	۱۲	۹	۵۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع

۲-۵-۲- آسیای گلوله‌ای

الف- تعیین مشخصات کانسنگ و کارخانه (به شرحی که قبلاً 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

$$W = 11 \times w_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_{F80}}} - \frac{1}{\sqrt{d_{P80}}} \right) \quad (12-2)$$

پ- محاسبه نسبت خردایش

ت- اگر روش آسیا کردن به طریقه خشک باشد، باید ضریب تصحیح EF_1 که میزان آن برابر $1/3$ 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 (۱-۲) 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 $EF_3 = \left(\frac{250}{Cl}\right)^{0.1}$ 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 $(d_{F0} = 4000 \sqrt{\frac{13}{Wi}})$ از رابطه (۱۳-۲) به دست می‌آید. اگر ابعاد بار اولیه بزرگتر از d_{F0} محاسبه شده باشد، این ضریب منظور و در غیر این صورت از آن صرف نظر شود.

$$EF_5 = \frac{R_r + (W_i - 7) \left(\frac{d_F - d_{F0}}{d_{F0}} \right)}{R_r = \frac{d_F}{d_p}} \quad (13-2)$$

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.

$$EF_6 = \frac{d_p + 10.3}{1.145 \times d_p} \quad (14-2)$$

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.

$$EF_7 = 1 + \frac{0.13}{R_r + 1.35} \quad (15-2)$$

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 (۱۶-۲) ترکیب و درصد آن‌ها بر اساس جداول مربوطه انتخاب شود.

$$\beta = K \times F^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{\sigma \times W_i}{100 \times C_s \times \sqrt{D}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (16-2)$$

که در آن:

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

D: قطر آسیای انتخاب شده (m)؛

W_i : اندیس کار (kwh/st)؛

C_s : سرعت آسیا نسبت به سرعت بحرانی (%/%)؛

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

K: مقدار ثابت معمولاً (معادل ۰/۱۱۴ برای 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:

$$K_{wb} = 4.879(D^{0.3})(3.2 - 3V_p)C_s \left(1 - \frac{0.1}{2^9 - 10C_s} \right) + S_s \quad (17-2)$$

که در آن:

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

D: قطر داخلی آسیا (متر)؛

V_p : 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:

$$S_s = 1.102 \left(\frac{\beta - 12.5D}{50.8} \right) \quad (18-2)$$

که در آن:

β : اندازه بزرگترین گلوله (میلی متر)؛

D: قطر داخلی آسیاب بر حسب 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 ارائه شده است.

جدول ۲-۵- راهنمای مربوط به انتخاب آسیای گلوله‌ای

توان آسیاب بر حسب اسب بخار								وزن گلوله‌ها بر حسب تن متریک			سرعت آسیاب	قطر گلوله	طول آسیاب	قطر آسیاب	
تخلیه شبکه‌ای (خشک)		تخلیه شبکه‌ای (تر)			تخلیه سرریزی			درجه انباشتگی (%)							
۳۵	۴۰	۳۵	۴۰	۵۰	۳۵	۴۰	۴۵	۳۵	۴۰	۴۵	rpm	C _s (%)	(mm)	(m)	(m)
۸	۸	۸	۸	۹	۷	۷	۷	۰/۶۸	۰/۷۷	۰/۸۷	۳۸/۷	۷۹/۹	۵۰	۰/۹۱	۰/۹۱
۲۰	۲۱	۲۲	۲۴	۲۵	۱۹	۲۰	۲۱	۱/۷۷	۲/۰۲	۲/۲۸	۳۲/۴	۷۹/۱	۵۰	۱/۲۲	۱/۲۲
۴۵	۴۹	۴۹	۵۲	۵۴	۴۲	۴۵	۴۷	۳/۶۶	۴/۱۹	۴/۷۱	۲۸/۲	۷۸/۱	۵۰	۱/۵۲	۱/۵۲
۸۶	۹۲	۹۳	۹۹	۱۰۳	۸۰	۸۵	۸۹	۶/۵۶	۷/۵	۸/۴۴	۲۵/۵	۷۸	۵۰	۱/۸۳	۱/۸۳
۱۴۸	۱۵۷	۱۵۸	۱۶۸	۱۷۵	۱۳۷	۱۴۵	۱۵۱	۱۰/۷	۱۲/۳	۱۳/۸	۲۳/۲	۷۷/۲	۵۰	۲/۱۳	۲/۱۳
۲۳۲	۲۴۶	۲۴۹	۲۶۵	۲۷۵	۲۱۵	۲۲۸	۲۳۷	۱۶/۲	۱۸/۶	۲۱	۲۱/۳	۷۶/۱	۵۰	۲/۴۴	۲/۴۴
۲۷۰	۲۸۷	۲۹۰	۳۰۸	۳۲۱	۲۵۰	۲۶۶	۲۷۷	۱۸/۵	۲۱/۱	۲۳/۸	۲۰/۴	۷۵/۳	۵۰	۲/۴۴	۲/۵۹
۳۴۸	۳۶۹	۳۷۳	۳۹۷	۴۱۳	۳۲۲	۳۴۲	۳۵۶	۲۳/۵	۲۶/۹	۳۰/۲	۱۹/۷	۷۵	۵۰	۲/۷۴	۲/۷۴
۳۹۶	۴۲۱	۴۲۵	۴۵۳	۴۷۱	۳۶۷	۳۹۰	۴۰۶	۲۶/۴	۳۰/۱	۳۳/۹	۱۹/۱۵	۷۵	۵۰	۲/۷۴	۲/۸۹
۴۹۹	۵۳۰	۵۳۵	۵۷۰	۵۹۳	۴۶۲	۴۹۱	۵۱۲	۳۲/۷	۳۷/۳	۴۲	۱۸/۶۵	۷۵	۵۰	۳/۰۵	۳/۰۵
۵۶۱	۵۹۶	۶۰۲	۶۴۰	۶۶۷	۵۱۹	۵۵۲	۵۷۵	۳۶/۱	۴۱/۴	۴۶/۵	۱۸/۱۵	۷۵	۵۰	۳/۰۵	۳/۲۰
۶۵۹	۷۰۱	۷۰۸	۷۵۳	۷۸۴	۶۱۰	۶۴۹	۶۷۶	۴۳	۴۹/۲	۵۵/۴	۱۷/۳	۷۲/۸	۵۰	۳/۳۵	۳/۳۵
۷۲۸	۷۷۵	۷۸۲	۸۳۲	۸۶۷	۶۷۴	۷۱۸	۷۴۷	۴۹/۱	۵۴	۶۰/۸	۱۶/۷۵	۷۲/۲	۵۰	۳/۳۵	۳/۵۱
۸۷۷	۹۳۳	۹۴۲	۱۰۰۳	۱۰۴۴	۸۱۲	۸۶۴	۹۰۰	۵۶/۴	۶۴/۴	۷۲/۵	۱۶/۳	۷۱/۸	۵۰	۳/۶۶	۳/۶۶
۹۶۸	۱۰۳۰	۱۰۴۰	۱۱۰۶	۱۱۵۲	۸۹۶	۹۵۴	۹۹۳	۶۱/۴	۷۰/۲	۷۹	۱۵/۹۵	۷۱/۸	۵۰	۳/۶۶	۳/۸۱
۱۱۴۸	۱۲۲۰	۱۲۳۳	۱۳۱۱	۱۳۶۵	۱۰۶۳	۱۱۳۰	۱۱۷۷	۷۲/۳	۸۲/۷	۹۲/۶	۱۵/۶	۷۱/۷	۵۰	۳/۹۶	۳/۹۶
۱۲۸۴	۱۳۶۷	۱۳۷۹	۱۴۶۹	۱۵۳۲	۱۱۸۹	۱۲۶۶	۱۳۲۱	۷۸/۲	۸۹/۴	۹۹/۸	۱۵/۳	۷۱/۷	۶۴	۳/۹۶	۴/۱۲
۱۴۸۵	۱۵۸۱	۱۵۹۵	۱۶۶۹۹	۱۷۷۱	۱۳۷۵	۱۴۶۴	۱۵۲۷	۹۰/۷	۱۰۴	۱۱۷	۱۴/۸	۷۰/۷	۶۴	۴/۲۷	۴/۲۷
۱۶۱۱	۱۷۱۵	۱۷۳۰	۱۸۴۲	۱۹۲۱	۱۴۹۲	۱۵۸۸	۱۶۵۶	۹۸	۱۱۲	۱۲۶	۱۴/۵۵	۷۰/۸	۶۴	۴/۲۷	۴/۴۲
۱۸۴۴	۱۹۶۲	۱۹۸۰	۲۱۰۷	۲۱۹۶	۱۷۰۷	۱۸۱۷	۱۸۹۳	۱۱۳	۱۲۹	۱۴۴	۱۴/۱	۶۹/۸	۶۴	۴/۵۷	۴/۵۷
۱۹۸۵	۲۱۱۲	۲۱۳۲	۲۲۶۴	۲۳۶۳	۱۸۳۸	۱۹۵۶	۲۰۳۷	۱۲۱	۱۳۸	۱۵۵	۱۳/۸۵	۶۹/۸	۶۴	۴/۵۷	۴/۷۲
۲۲۵۱	۲۳۹۴	۲۴۱۷	۲۵۷۱	۲۶۷۸	۲۰۸۴	۲۲۱۷	۲۳۰۹	۱۳۷	۱۵۷	۱۷۹	۱۳/۴۵	۶۹/۹	۶۴	۴/۸۸	۴/۸۸
۲۴۰۷	۲۵۶۰	۲۵۸۵	۲۷۵۰	۲۸۶۳	۲۲۲۹	۲۳۷۰	۲۴۶۸	۱۴۶	۱۶۷	۱۸۸	۱۳/۲	۶۸/۷	۶۴	۴/۸۸	۵/۰۳
۲۸۰۳	۲۹۸۵	۳۰۱۰	۳۲۰۶	۳۳۴۴	۲۵۹۵	۲۷۶۴	۲۸۸۳	۱۶۵	۱۸۹	۲۱۲	۱۳	۶۸/۷	۷۵	۵/۱۸	۵/۱۸
۲۹۷۰	۳۱۶۳	۳۰۹۰	۳۳۹۷	۳۵۴۲	۲۷۵۰	۲۹۲۹	۳۰۵۳	۱۷۹	۲۰۱	۲۲۶	۱۲/۷	۶۸/۱	۷۵	۵/۱۸	۵/۳۳
۳۳۲۳	۳۵۳۸	۳۵۶۹	۳۸۰۰	۳۹۶۱	۳۰۷۷	۳۲۷۶	۳۴۱۴	۱۹۷	۲۲۵	۲۵۳	۱۲/۴	۶۷/۵	۷۵	۵/۴۹	۵/۴۹

جدول ۲-۶- ترکیب و درصد وزنی گلوله‌ها

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

۲-۵-۳- آسیای خودشکن

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

$$w = 11 \times w_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_p}} - \frac{1}{\sqrt{d_f}} \right) \quad (۱۹-۲)$$

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 سرنده 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 $(EF_3 = \left(\frac{250}{CI}\right)^{0.1})$.

ث- ضریب تصحیح $EF_4 = \left(\frac{2.44}{D}\right)^{0.2}$ 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.

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 آسیابهای خودشکن

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

۲-۵-۴- آسیای نیمه خودشکن

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.

$$W = P_N \rho_C D^{2.5} L \quad (2-20)$$

که در آن:

W: توان (Kwh);

D: قطر آسیا (m);

L: طول (m);

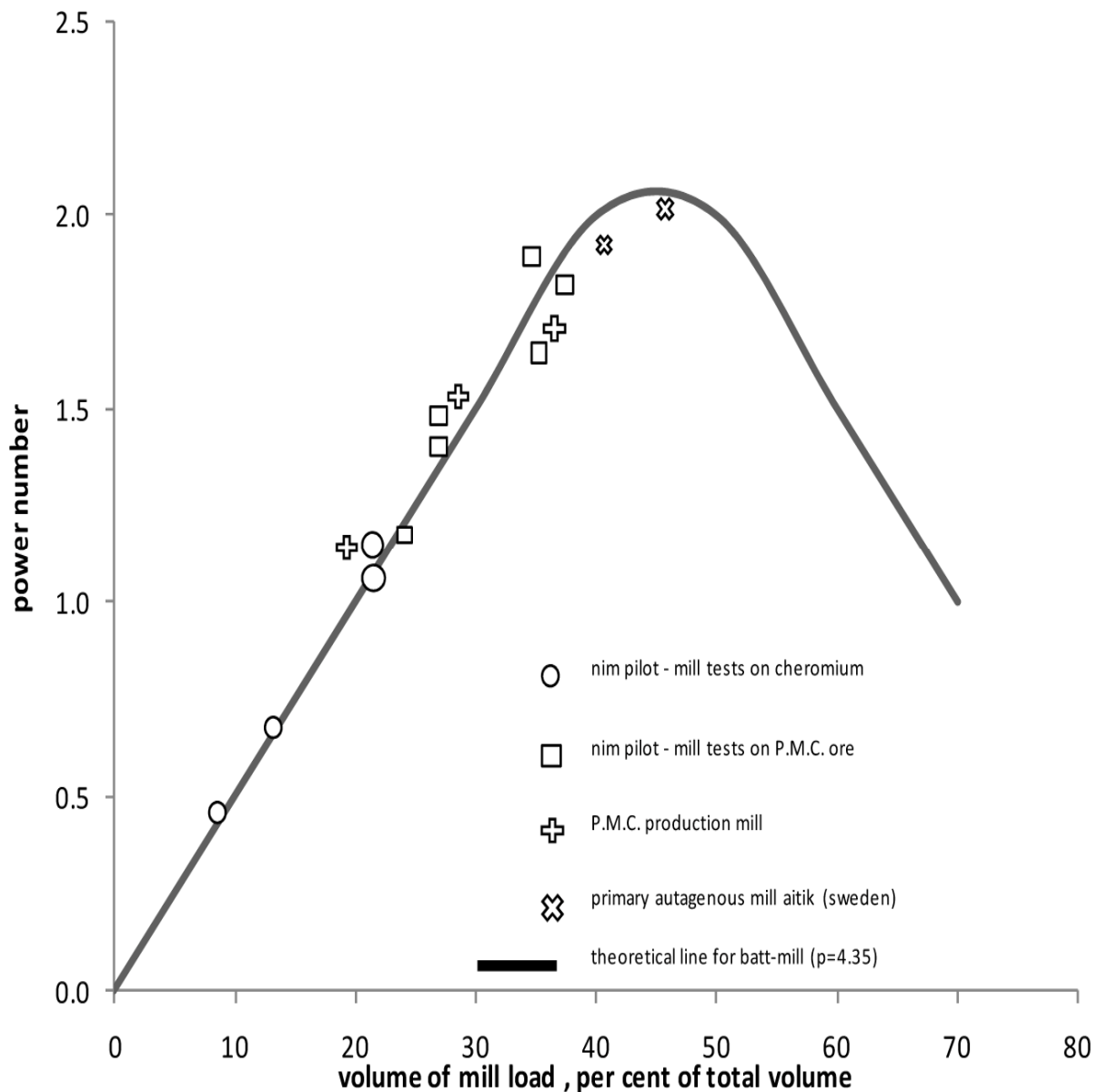
ρ_C : چگالی بار خرد کننده (ton/m^3);

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

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

جدول ۲-۸- مشخصات برخی از آسیابهای نیمه خودشکن

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



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.

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

این آسیابها 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 آسیابها مشخص کرد.

روش دوم: آسیابهای 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 آسیابها، 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 آسیابهای قلوه‌سنگی در جداول (۲-۹) و (۲-۱۰) ارائه شده است.

جدول ۲-۹- مشخصات برخی از آسیابهای قلوه‌سنگی

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

جدول ۲-۱۰- توان برخی از آسیاهای قلوه سنگی

اندازه آسیا طول×قطر (اینچ)	ضخامت آسیا ۱/۴-۱ (اینچ)		ضخامت آسیا ۳ (اینچ)		ضخامت آسیا ۴ (اینچ)	
	توان (اسب بخار)	سرعت (RPM)	توان (اسب بخار)	سرعت (RPM)	توان (اسب بخار)	سرعت (RPM)
۷×۱۰	۸۲	۲۲	۷۷	۲۲/۶	۷۱	۲۳
۷×۱۲	۱۰۰	۲۲	۹۲	۲۲/۶	۸۴	۲۳
۷×۱۴	۱۱۷	۲۲	۱۰۶	۲۲/۶	۹۷	۲۳
۷×۱۶	۱۳۴	۲۲	۱۲۰	۲۲/۶	۱۱۱	۲۳
۷×۱۸	۱۵۱	۲۲	۱۳۵	۲۲/۶	۱۲۴	۲۳
۷×۲۰	۱۶۸	۲۲	۱۴۹	۲۲/۶	۱۳۷	۲۳
۷×۲۲	۱۸۵	۲۲	۱۶۵	۲۲/۶	۱۵۱	۲۳
۸×۱۲	۱۳۹	۲۰	۱۲۸	۲۰/۶	۱۲۰	۲۱
۸×۱۴	۱۶۳	۲۰	۱۴۹	۲۰/۶	۱۴۰	۲۱
۸×۱۶	۱۸۶	۲۰	۱۷۰	۲۰/۶	۱۵۹	۲۱
۸×۱۸	۲۱۰	۲۰	۱۹۱	۲۰/۶	۱۷۸	۲۱
۸×۲۰	۲۳۴	۲۰	۲۱۳	۲۰/۶	۱۹۷	۲۱
۸×۲۲	۲۵۸	۲۰	۲۳۴	۲۰/۶	۲۱۷	۲۱
۸×۲۴	۲۸۲	۲۰	۲۵۵	۲۰/۶	۲۳۵	۲۱
۹×۱۴	۲۱۵	۱۹	۱۹۸	۱۹/۳	۱۸۸	۱۹/۶
۹×۱۶	۲۴۶	۱۹	۲۲۷	۱۹/۳	۲۱۳	۱۹/۶
۹×۱۸	۲۷۷	۱۹	۲۵۵	۱۹/۳	۲۳۹	۱۹/۶
۹×۲۰	۳۰۹	۱۹	۲۸۴	۱۹/۳	۲۶۴	۱۹/۶
۹×۲۲	۳۴۱	۱۹	۳۱۲	۱۹/۳	۲۹۱	۱۹/۶
۹×۲۴	۳۷۲	۱۹	۳۴۰	۱۹/۳	۳۱۵	۱۹/۶
۹×۲۶	۴۰۳	۱۹	۳۶۷	۱۹/۳	۳۴۲	۱۹/۶
۱۰×۱۶	۳۱۵	۱۸	۲۹۳	۱۸/۳	۲۷۷	۱۸/۶
۱۰×۱۸	۳۵۵	۱۸	۳۲۹	۱۸/۳	۳۱۰	۱۸/۶
۱۰×۲۰	۳۹۶	۱۸	۳۶۷	۱۸/۳	۳۴۳	۱۸/۶
۱۰×۲۲	۴۳۶	۱۸	۴۰۳	۱۸/۳	۳۷۸	۱۸/۶
۱۰×۲۴	۴۷۷	۱۸	۴۳۹	۱۸/۳	۴۰۹	۱۸/۶
۱۰×۲۶	۵۱۸	۱۸	۴۷۴	۱۸/۳	۴۴۴	۱۸/۶
۱۱×۱۸	۴۴۴	۱۷	۴۱۴	۱۷/۳	۳۹۲	۱۷/۶
۱۱×۲۰	۴۹۵	۱۷	۴۶۲	۱۷/۳	۴۳۴	۱۷/۶
۱۱×۲۲	۵۴۶	۱۷	۵۰۷	۱۷/۳	۴۷۸	۱۷/۶
۱۱×۲۴	۵۹۷	۱۷	۵۵۳	۱۷/۳	۵۱۷	۱۷/۶
۱۱×۲۶	۶۴۷	۱۷	۵۹۶	۱۷/۳	۵۶۱	۱۷/۶
۱۱×۲۸	۶۹۶	۱۷	۶۴۲	۱۷/۳	۶۰۳	۱۷/۶

۲-۵-۶- آسیابهای غلظکی

در این آسیابها ظرفیت، معیار و شاخص اصلی انتخاب است. تعیین ظرفیت این آسیابها 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 می شود.

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 آسیابهای غلظکی در جداول (۲-۱۱) و (۲-۱۲) آمده است.

جدول ۲-۱۱- ظرفیت برخی از آسیابهای غلظکی برای کانسنگهای مختلف

نوع کانسنگ	دانه بندی محصول (میکرون)	ظرفیت متوسط (t/h)
بتونیت	$150 < 99\%$	۶/۵۰
سنگ آهک	$53 < 99\%$	۶/۲۵
تالک	$75 < 97\%$	۵/۰۰
گوگرد	$75 < 96\%$	۳/۳۵
فسفات	$150 < 95\%$	۶/۰۰
باریت	$75 < 97\%$	۵/۰۰
زغال سنگ	$75 < 75\%$	۲/۷۵

جدول ۲-۱۲- ضرایب ظرفیت انواع آسیابهای غلظکی

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- آسیابهای چکشی

آسیابهای چکشی بر مبنای ظرفیت، توان مصرفی، دهانه ورودی و نظایر آنها انتخاب می شوند. در انتخاب آسیابهای چکشی اولیه و ثانویه، جداول و کاتالوگهای موجود می توانند مبنای انتخاب این آسیابها قرار گیرند. مشخصات برخی از آسیابهای چکشی در جداول (۲-۱۳) و (۲-۱۴) آمده است.

جدول ۲-۱۳- مشخصات آسیابهای چکشی اولیه

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

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

جدول ۲-۱۴- مشخصات آسیابهای چکشی ثانویه

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

فصل ۳

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

سیستم‌های طبقه‌بندی

۳-۱-۱- سرندها

۳-۱-۱-۱- 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، شش ضلعی، شش‌پر (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 ارائه 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.

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

که در آن:

A: سطح سرند (m²):

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/m³):

a: دهانه سرند (mm).

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

$$A = \frac{F}{C} \quad (۲-۳)$$

F: نرخ باردهی بر حسب تن بر ساعت (ton/h) (و C ظرفیت سرند برای واحد سطح) (ton/h × m²) (که از طریق رابطه ۳-۳)

محاسبه می‌شود.

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

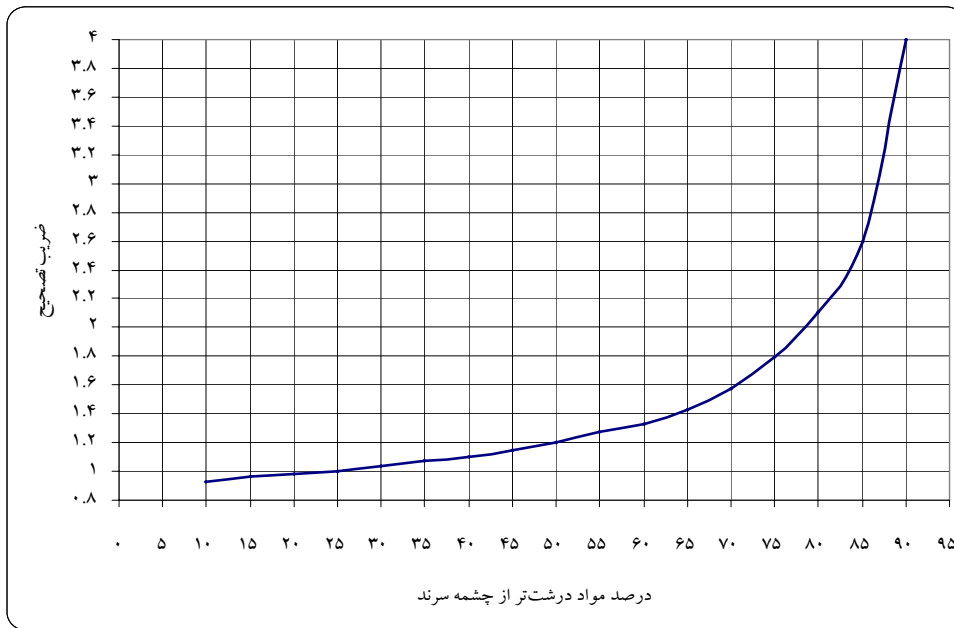
که در آن C ظرفیت سرند برای واحد سطح (ton/h × m²) و a دهانه سرند (mm) است.

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:

I₁: ضریب تصحیح مربوط به درصد مواد بزرگتر از دهانه سرند و ابعاد مواد دانه‌درشت: این ضریب را می‌توان از روی منحنی

دانه‌بندی (شکل ۱-۳) به دست آورد.



شکل ۳-۱- ضریب تصحیح مواد دانه‌درشت

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

$$f_2 = 2\beta + 0.2 \quad (۴-۳)$$

f_3 : ضریب تصحیح جرم مخصوص: این ضریب از معادله تجربی $f_3 = 6.25 \times 10^{-4} \sigma$ به دست می‌آید که در آن σ جرم مخصوص ظاهری بار اولیه بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب است. با افزایش جرم مخصوص سطح سرنده کاهش می‌یابد.

f_4 : ضریب تصحیح درصد دهانه: این ضریب از معادله $f_4 = 2p$ به دست می‌آید که در آن p درصد دهانه سرنده مورد نیاز

است و از رابطه $p = \frac{\text{دهانه} \times 100}{\text{مساحت کل}}$ حاصل می‌شود. برای چشمه‌های سرنده با اشکال مختلف درصد دهانه متفاوت است، که در

جدول (۳-۱) روابط مربوط به درصد دهانه سرنده با توجه به شکل چشمه سرنده 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 سرنده بر اساس شکل چشمه‌ها

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

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

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
سرنده کردن به روش تر	۱

f₆: فاکتور مربوط به شکل چشمه‌های سرنده: این ضریب با توجه به شکل چشمه سرنده (مربعی، مستطیلی و نظایر آن) بر اساس جدول (۳-۳) انتخاب می‌شود.

جدول ۳-۳- ضریب مربوط به شکل چشمه‌های سرنده

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

f₇: ضریب تصحیح شکل دانه‌ها و ذرات: این ضریب بر اساس شکل دانه‌ها و با استفاده از جدول (۳-۴) تعیین می‌شود.

جدول ۳-۴- شکل دانه‌ها و ذرات

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

f₈: ضریب تصحیح موقعیت و طبقات سرنده: در مواردی که از چندین طبقه سرنده استفاده شود، این ضریب از جدول (۳-۵) اعمال می‌شود.

جدول ۳-۵- ضریب تصحیح موقعیت و طبقات سرنده

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

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

جدول ۳-۶- 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:

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

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.

$$A_r = 1.2A \quad (۶-۳)$$

- 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 (۷-۳) به دست می‌آید.

$$D = \frac{278 \times R}{\sigma \times S \times W} \quad (7-3)$$

که در آن:

D: ضخامت لایه در انتهای سرنند (mm)؛

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

σ : جرم مخصوص ظاهری مواد (kg/m^3)؛

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

W: عرض مفید سرنند (m) (معادل $0/15$ متر کمتر از عرض حقیقی انتخاب شده سرنند).

۳-۲- کلاسیفایر ماریپیچی

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

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 ماریپیچ و طول مخزن یا تانک کلاسیفایر.

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

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:

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

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 $W \times E$ 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 ماریج، ظرفیت ماریج، توان مصرفی ماریج، 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:

- تعیین حد جدایش بر حسب میکرون (d):

- تعیین درصد وزنی جامد در سرریز (S_o):

- محاسبه دبی حجمی پالپ سرریز (Q_o) بر حسب متر مکعب بر ساعت:

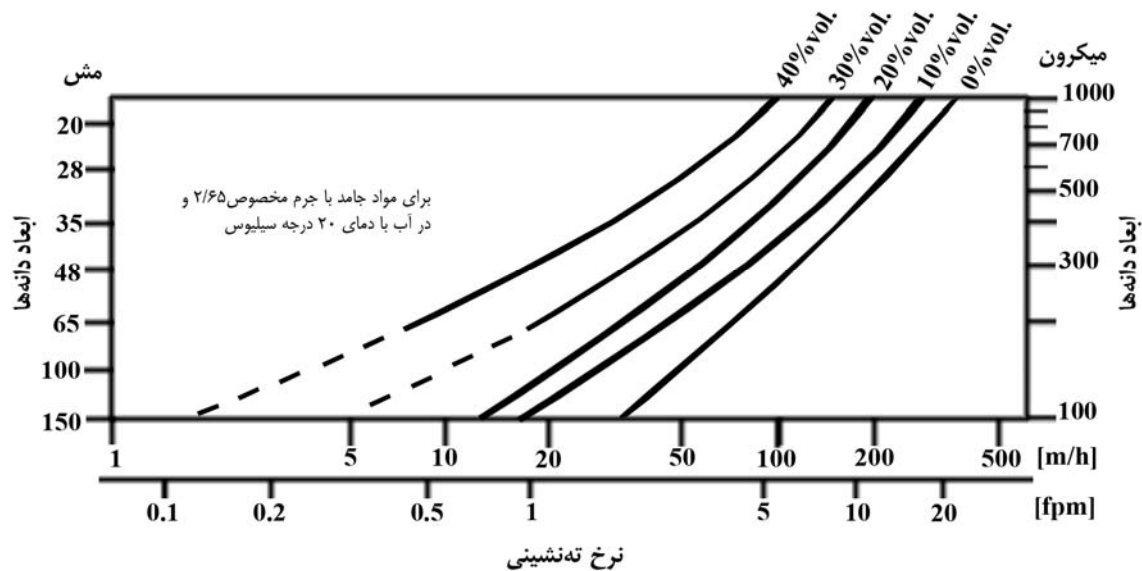
$$Q_o = \frac{O}{\rho} + O \times \frac{1 - S_o}{S_o} \quad (10-3)$$

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

$$V_{so} = 100 \times \left(\frac{O}{\rho \times Q_o} \right) \quad (11-3)$$

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.

$$f = \left(\frac{\rho - 1}{1.65} \right)^{0.5} \quad (12-3)$$



شکل ۳-۲- نمایی از منحنی‌های آهنگ ته‌نشینی بر حسب ابعاد در درصد‌های حجمی مختلف (برای مواد جامد با جرم مخصوص ۲/۶۵ و در آب با دمای ۲۰ درجه ارایه شده است).

محاسبه سطح مفید کلاسیفایر (AP):

$$Ap = \frac{Q_o}{(R \times f) \times 0.7} \quad (13-3)$$

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؛

- گرانشی سیال؛

ت- عوامل مربوط به پالپ

- دبی حجمی بار اولیه؛

- دبی حجمی سرریز یا ته‌ریز؛

- جرم مخصوص پالپ؛

- درصد جامد پالپ؛

- گرانشی پالپ.

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 ارائه 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 $1/25$ 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.

$$d_{50C} = d_{50} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \quad (14-3)$$

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:

$$f_1 = \left(\frac{53 - C_v}{53} \right)^{1.43} \quad (15-3)$$

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؛

$$f_2 = 0.31 \times \Delta P^{0.28} \quad (16-3)$$

ΔP : افت فشار (کیلوپاسکال).

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

$$f_3 = \left(\frac{\rho_s - \rho_f}{1650} \right)^{0.5} \quad (17-3)$$

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:

$$D = 0.204 (d_{50})^{1.675} \quad (18-3)$$

که در آن:

D : قطر هیدروسیکلون بر حسب میلی‌متر است.

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 $0/35$ 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 معمولاً $0/45$ تا $0/5$ برابر قطر سیکلون انتخاب می‌شود.

- قطر سرریز به طور متوسط $0/35$ قطر سیکلون در نظر گرفته می‌شود.

معمولاً قطر ته‌ریز $0/15$ الی $0/2$ قطر هیدروسیکلون انتخاب می‌شود.

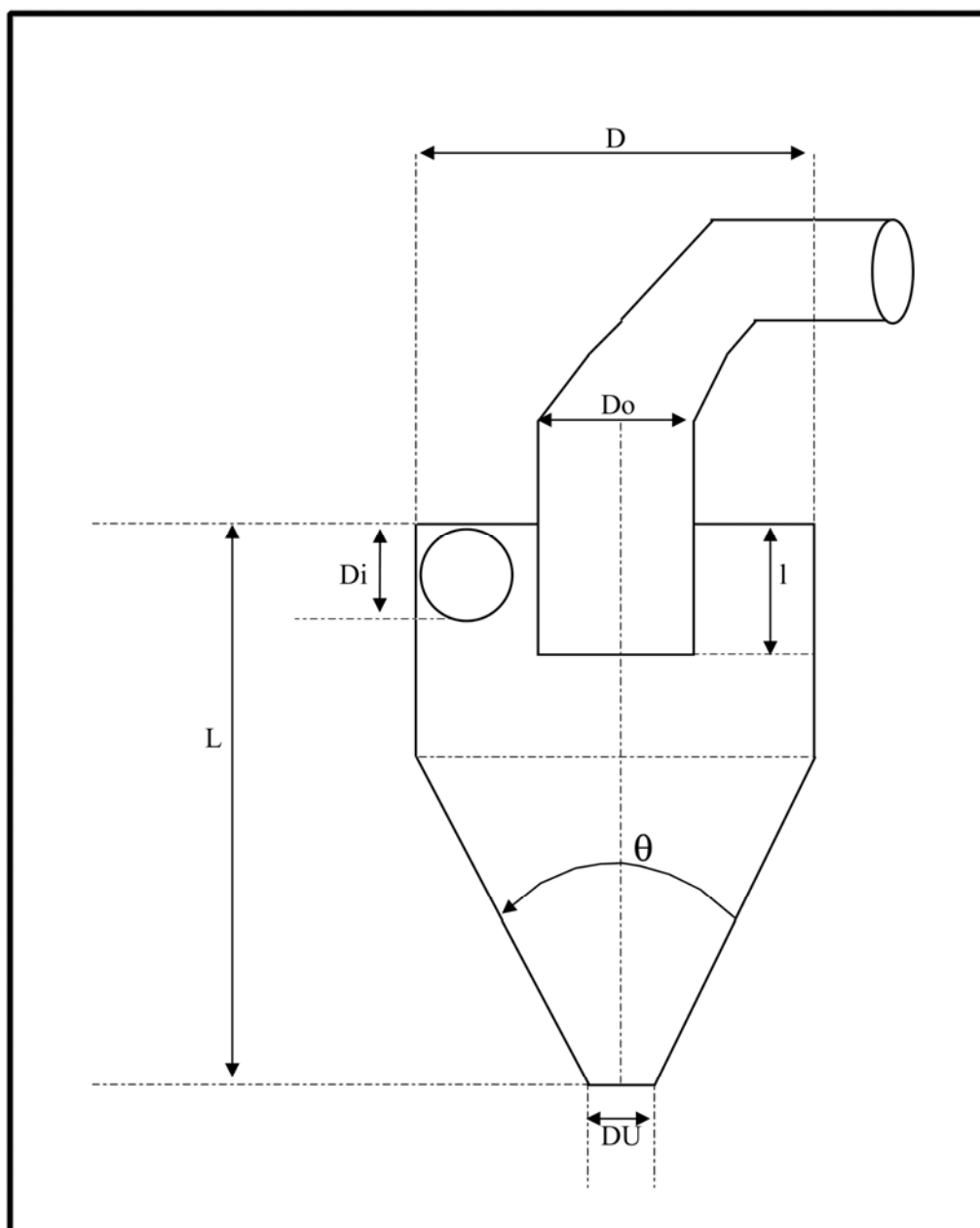
منحنی‌هایی نیز توسط سازندگان ارائه می‌شود که در آن رابطه بین قطر ته‌ریز و دبی ته‌ریز نشان داده شده‌اند که با معلوم بودن دبی حجمی ته‌ریز هر یک از هیدروسیکلون‌ها (با تقسیم دبی حجمی ته‌ریز به تعداد هیدروسیکلون محاسبه شده) قطر بهینه ته‌ریز تعیین و انتخاب می‌شود.

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

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

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

مشخصات هندسی					نوع و ابعاد هیدروسیکلون
زاویه بخش مخروطی θ (درجه)	L/D	l/D	D_0/D	D_1/D	
۲۰	۵	۰/۴	۰/۳۴	۰/۲۸	Rietemas design D = ۰/۰۷۵m
۹	۶/۸۵	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۱۳۳	Bradleys design D = ۰/۰۳۸m
۶	۷/۴۳	۰/۵۷	۰/۲۱۴	۰/۱۵۴	Mozley cyclone D = ۰/۰۲۲m
۶	۷/۷۱	۰/۵۷	۰/۲۵	۰/۱۶۰	Mozley cyclone D = ۰/۰۴۴m
۶	۷/۷۱	۰/۵۷	۰/۳۲	۰/۱۹۷	Mozley cyclone D = ۰/۰۴۴m
۱۵	۴/۰	۰/۳۱	۰/۲۰	۰/۲۹	Warman 3 Model R D = ۰/۰۷۶m
۱۵	۶/۲۴	۰/۸	۰/۳۲	۰/۲۰	RW 2515 (AKW) D = ۰/۱۲۵m
۱۰	۵/۶	۰/۹۲	۰/۲۵	۰/۱۷۵	Hi-Klone model 2 D = ۰/۰۹۷m
۱۰	۵/۴	۰/۸	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۱۲۵ Hi-Klone model 3 m D =
۲۵	۴/۷	۱/۰	۰/۵۰	۰/۲۱۷	Demco D = ۰/۰۵۱m
۲۰	۳/۹	۰/۸۳۳	۰/۳۱۳	۰/۲۴۴	Demco D = ۰/۱۰۲m



D_U : قطر ته‌ریز

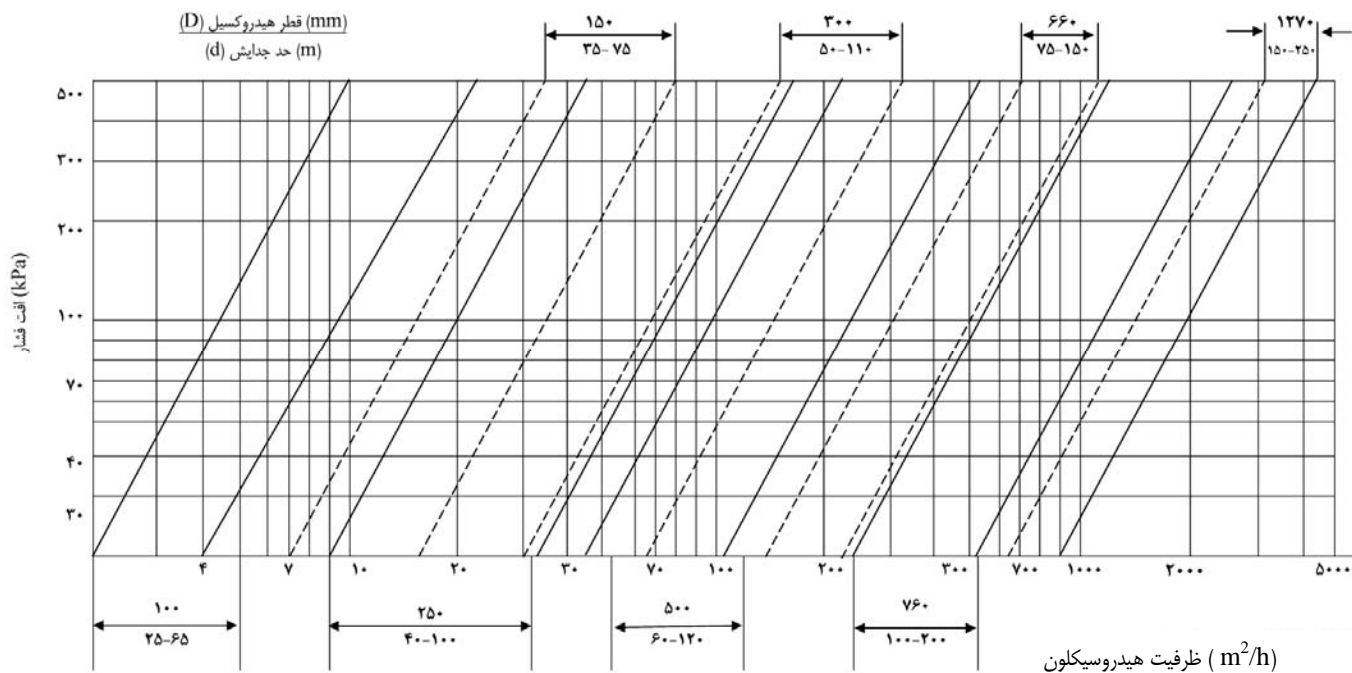
D_o : قطر سرریز

D : قطر هیدروسیکلون

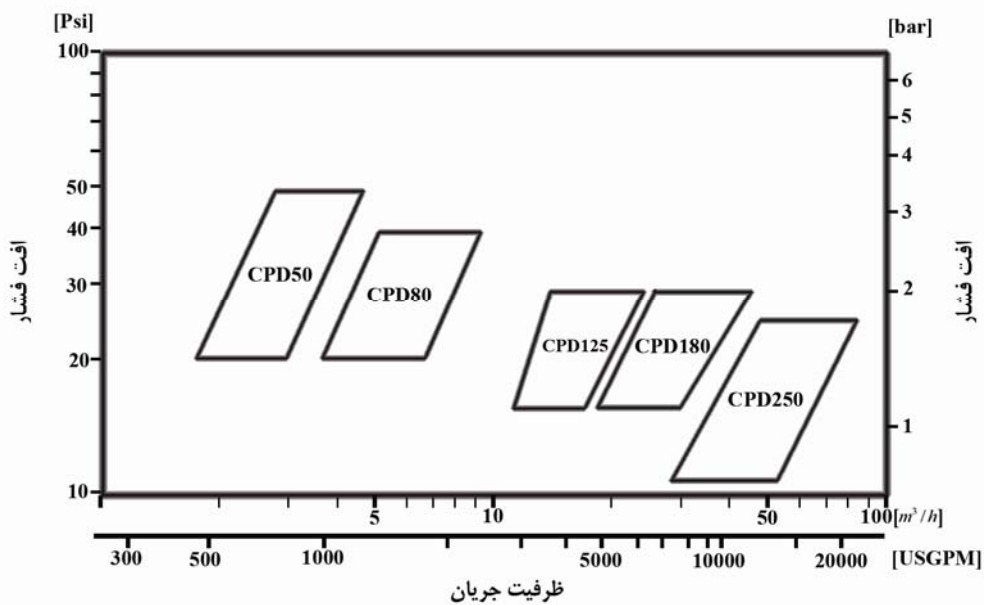
D_i : قطر دهانه ورودی

L : ارتفاع هیدروسیکلون

شکل ۳-۳- طرح شماتیک یک هیدروسیکلون



شکل ۳-۴- مشخصات هیدروسیکلون‌های استاندارد



شکل ۳-۵- انتخاب ظرفیت هیدروسیکلون

فصل ۴

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

تجهیزات جدایش ثقلی

۴-۱- اطلاعات مورد نیاز

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

۴-۲- 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- کارایی دستگاه: هر یک از دستگاه‌ها بر اساس نوع خوراک و محدوده ابعادی خوراک ورودی دارای کارایی 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 ارائه شده است. با استفاده از این فاکتورها می‌توان بر اساس نیاز نوع دستگاه جدایش ثقلی را انتخاب کرد.

جدول ۴-۱- تعدادی از فاکتورها یا مشخصه‌های مهم برای برخی از دستگاه‌های ثقلی

ظرفیت (تن در ساعت)	کاربری	نوع کانسنگ	محدوده ابعادی ذرات (mm)	نام دستگاه
۸۰۰ ±	ا) لولا	ژ چ با و	۰/۱-۲۵۰	جیگ
۵۰۰ ±	لولا	ا	۰/۲۵-۲۴	ناوه
۶۰-۷۰	لولا	ژ و چ با	۰/۰۵-۲	مخروط ریچارد
۱-۱۲	ب) لولا	ژ و چ و	۰/۰۵-۲	اسپیرال
۰/۲-۲	ب) لولا	ژ و چ و	۰/۰۲۵-۳	میز
۲-۲/۵	لولا	چ	۰/۰۰۵-۰/۱	جداکننده چب
۰/۳-۰/۵	ا	ژ و چ	۰/۰۱-۰/۱	جداکننده ب‌س
۱-۱۴	د	چ با	۰/۰۰۲-۰/۰۵	جداکننده گریز از مرکز

زغال آ به مواد آبرفتی آ ل، کانی‌های فلزی آ چ کانی‌های صنعتی آ ژ

(جدایش اولیه) رافر آلا، رمق‌گیر آ ل شستشو آ ا

۴-۳- جیگ

۴-۳-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- دانه‌بندی خوراک: چنانچه دانه‌بندی بار اولیه محدود باشد می‌توان از جیگ جدا کردن کانی‌های با جرم مخصوص نسبتاً 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، کارایی جیگ بالاتر است. محدوده ابعادی مناسب برای خوراک ورودی جیگ ۲۰-۰/۵ میلی‌متر برای کانی‌های سنگین و ۲۰۰-۰/۵ میلی‌متر برای زغال سنگ است؛

ب- سطح بستر جیگ: این عامل حاصل ضرب 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.

۴-۳-۲- 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 ارائه 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 ارائه 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) (پ) ارائه شده است؛

- اگر خ (پ) ظرفیت ورودی واحد جیگ بر اساس طراحی کارخانه و ظرفیت تولید آن باشد، با تقسیم خ (پ) به م (پ) سطح بستر مورد

نیاز به دست می‌آید؛

- چنانچه در جداول ارائه 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 (۲-۴) ارائه 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.

جدول ۴-۲- مشخصات برخی از جیگ‌های مورد استفاده برای جدایش مواد دانه‌درشت

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

۴-۴- میز لرزان

۴-۴-۱- 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، کارایی 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؛

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.

۴-۲- 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. معمولاً 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- معمولاً غلظت پالپ خوراک ورودی به میز لرزان ۲۰ الی ۲۵ درصد جامد در نظر گرفته می‌شود.

۴-۵- اسپیرال (مارپیچ همفری)

۴-۵-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر

الف- ظرفیت تولید واحد: این عامل که در مرحله طراحی کارخانه مشخص می‌شود، عمدتاً 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؛

پ- شیب ماریپیج: ماریپیجها 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 ماریپیج ظرفیت آن نیز افزایش می‌یابد، ولی محصول کم‌عیارتری تولید می‌شود. اغلب از ماریپیج‌های پرشیب برای آرایش کانسنگ‌هایی که ضریب پرعیار کردن آنها بیش از ۱/۶ باشد، استفاده می‌شود. ظرفیت ماریپیج‌های کم‌شیب در حدود ۱ تا ۳ تن در ساعت و ظرفیت ماریپیج‌های پرشیب تقریباً دو برابر است. در ماریپیج‌های 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 ماریپیج با شیب بیشتر و در نتیجه ظرفیت بالاتر استفاده می‌شود.

۴-۵-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

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

الف- ظرفیت واحد جدایش با ماریپیج 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 ماریپیج موثر است) و همچنین با استفاده از جداول و کاتالوگ شرکت‌های سازنده، ماریپیج با ظرفیت مناسب انتخاب شود. با معلوم شدن ظرفیت، بقیه پارامترها نیز مانند میزان دقیق شیب، تعداد پیچ و نظایر آن مشخص می‌شود. معمولاً برای آرایش اولیه، ماریپیج‌ها 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 ماریپیج به ظرفیت ماریپیج انتخاب شده، تعداد ماریپیج‌ها مشخص می‌شود.

۴-۶- میز هوایی

۴-۶-۱- 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؛

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 دوزنقه‌ای، ظرفیت بیشتری دارند. در نوع دوزنقه‌ای، به دلیل مسیر طولانی ذرات، توقف ذرات سنگین طولانی است و کنسانتره پرعبارتری 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. معمولاً 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.

۴-۶-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

با انجام آزمون‌هایی در مقیاس آزمایشگاهی و پیش‌آزمایش 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.

۴-۷-۱- جداکننده‌های واسطه سنگین

۴-۷-۱-۱- 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 \times 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.

ب- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

برای انتخاب این دستگاه، معمولاً شرکت‌های سازنده جداول و کاتالوگ‌هایی را ارائه 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.

۴-۷-۲- دایناویرپول

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

- ابعاد دانه‌بندی خوراک ورودی: محدوده ابعادی مناسب برای این وسیله $0/3$ تا 30 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. معمولاً قطر دایناویرپول از 15 تا 45 سانتی‌متر متغیر است که مدل 15 سانتی‌متری 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 25 درجه و برای غیرفلزی 15 درجه است.

- 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.

۴-۷-۳- سیکلون واسطه سنگین

الف- عوامل و محدودیت‌های موثر

- 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. معمولاً قطر ماکزیمم ابعاد خوراک ورودی معادل $\frac{1}{3}$ 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. معمولاً 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.

فصل ۵

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

جداکننده‌های مغناطیسی و الکتریکی

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 رسانی موجود در کانسنگ: مستقیماً در تعیین ظرفیت جداکننده الکترواستاتیکی تاثیر دارد.

۵-۲- جداکننده‌های مغناطیسی

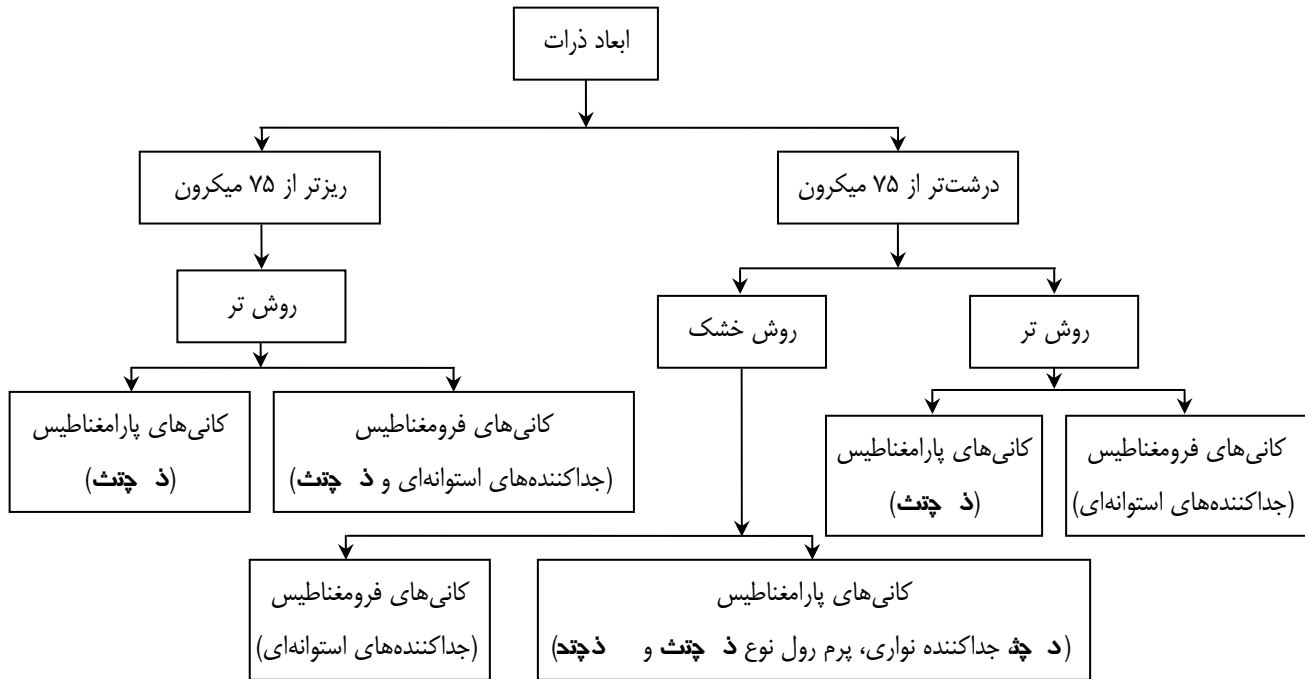
۵-۲-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر

- 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 ورودی (ک‌گ/م)؛
- ج- شدت میدان مغناطیسی لازم برای کانی‌های مغناطیسی مشخص شده؛
- چ- تاثیرپذیری مغناطیسی ذرات بازبایی شونده؛
- 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.

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.



دچت جداکننده القایی، ذچتت: 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 (ذچتچس)^۱

جداکننده مغناطیسی تر با شدت کم (ذچتچس) 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).

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 ۹۱/۶ (cm)	قطر ۱۲۰ (cm)	قطر ۹۱/۶ (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 (ذ) یا درصد مواد جامد کوچکتر از ۷۵ میکرون (۴۷۵) مشخص باشد با مراجعه به جداول، دبی خوراک با توجه به ابعاد کوچکتر از ۷۵ میکرون به ازای واحد طول تعیین می‌شود (۷۵ ذ). از تقسیم ذ بر ۷۵ طول استوانه (ج) 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 (ذچچپ)

از این جداکننده‌ها برای پرعیارسازی ذرات نسبتا درشت و شدیداً 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.

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

جداکننده‌های نواری برای ابعاد ۵ تا ۳۰۰ میلی‌متر کارایی خوبی دارد، ولی برای ابعاد کوچکتر از ۵ میلی‌متر، کارایی 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

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

ب- جداکننده مغناطیسی غلطکی با آهن‌ربای دائم

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

است:

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

که در آن:

خ: ظرفیت جداکننده (ت/س)؛

س: عرض نوار (ک)؛

ژ: سرعت نوار (ل/ک)؛

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

ع: قطر متوسط ذره (ک)؛

ρ: جرم مخصوص ذرات (گ/غ).)

ت- جداکننده مغناطیسی تر با شدت و گرادیان زیاد

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) که مجموع زمان سیکل‌های مختلف یک سیکل کامل (م + م + م + م + م) است، تعیین شود.
- زمان جدایش واقعی نیز از رابطه زیر محاسبه و تعیین شود.

$$t = \frac{T_t}{4} \quad (2-5)$$

که در آن:

م: زمان سیکل باردهی؛

م: زمان سیکل شستشو؛

م: زمان سیکل قطع و وصل آهن‌ریا؛

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:

$$C_v = \frac{V_p}{t} \quad (3-5)$$

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

$$S = \frac{C_v}{v} \quad (4-5)$$

- 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.

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 الکتروود 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 حدوداً 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.

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 نسبتاً بزرگ و بیضوی شکل دارد که به موازات الکتروود دیگر، با اختلاف پتانسیل زیاد قرار می‌گیرد. الکتروود دیگر به صورت سطحی شیب‌دار است که بسته به نوع کاربرد مورد نظر، ممکن است از یک صفحه فلزی و یا یک سطح سرنده تشکیل شده باشد. نوع صفحه‌ای برای آرایش ماده‌ای که بخش عمده آن را دانه‌های رسانا تشکیل داده باشند، مناسب بوده و نوع سرنده 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 الکتروودینامیکی است.

فصل ۶

راهنمای انتخاب و محاسبه

ظرفیت تجهیزات فلوتاسیون

۶-۱- 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.

۶-۲- سلول‌های مکانیکی

۶-۲-۱- 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 به‌سزایی 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 لزوماً حجم سلول‌های رافر یا رمق‌گیر را تغییر نمی‌دهد. بلکه به هنگام انتقال کنسانتره بر روی این سلول‌ها

تأثیر 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 تأثیر 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 تأثیر 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.

۶-۲-۲- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

پارامترهای یک سلول مکانیکی به شرح زیر است:

- ارتفاع سلول (ث)؛

- طول سلول (ج) :
- 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:

(حجم سلول)	$s \times j \times t = \theta$	(۱-۶)
(سطح کف)	$s \times j = a$	(۲-۶)
(نسبت قطر همزن به طول سلول)	$d = \frac{p}{j}$	(۳-۶)
(نسبت آزاد همزن)	$G = \frac{F}{D}$	(۴-۶)

سیستیک 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 شناور شونده، توزیع دانه‌بندی بار اولیه، شکل دانه‌های جامد، بافت کانه، چگالی جامد، چگالی پالپ ورودی به سلول‌ها، گرانش 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 نسبتاً بزرگ و ردیف کوتاه.

گزینه اول معمولاً 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، رم‌گیر 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، رم‌گیر 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؛

- در مرحله دوم رافر، معمولاً حجم سلول‌ها ۶۰ تا ۹۰ درصد حجم کل سلول‌های رافر را در برمی‌گیرد؛
- حجم سلول‌های مرحله رمق‌گیر تقریباً 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:

$$\text{ت.خ. پ.ر.ذ.} = \frac{\text{ذ.غ.غ} \times \text{ژ}}{\text{ع.}} \quad (۵-۶)$$

که در آن:

ذ.غ.غ ژ: 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 (ت/کگم) و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{ذ} = \frac{\text{ت}}{\text{ع}} \quad (6-6)$$

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؛

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

$$T_r = T_{rl} \times F_s \quad (7-6)$$

که در آن:

ذ: زمان ماند آزمایشگاهی (شرایط ناپیوسته)؛

ت: فاکتور تبدیل مقیاس؛

ذ: فاکتور انبساط پالپ که معمولاً $\frac{1}{0.85}$ در نظر گرفته می‌شود و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{ذ} = \frac{100}{100 - \text{ت}} \quad (8-6)$$

که در این رابطه:

ت: درصد حجمی مواد پالپ است؛

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

$$P = \frac{1}{\rho_S} + \frac{100}{\rho_P} - 1 \quad (9-6)$$

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 سلول ها (ت) و با استفاده از تعداد سلول‌های پیش‌بینی شده در هر ردیف برای انواع مواد معدنی، حجم فاع (ت) 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 فاع (ت) نزدیک‌ترین مقدار به حجم و ابعاد تقریبی محاسبه شده) مشخص می‌شود.

جدول ۶-۱- 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
زغال سنگ	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:

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

که در آن:

n ، حجم استاندارد به دست آمده از جداول در مرحله قبل است؛

n_{eff} ، حجم محاسباتی است که از تقسیم n بر تعداد سلول در هر ردیف بر اساس جداول به دست می‌آید.

جدول ۶-۲ - نمونه‌ای از ظرفیت انواع مختلف سلول‌های مکانیکی بر مبنای ماکزیمم دبی جریان واحد

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

۶-۳- ستون فلوتاسیون

۶-۳-۱- عوامل و محدودیت‌های موثر

ستون فلوتاسیون همانند یک راکتور 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.

۶-۳-۲- 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.

- تعیین ابعاد سلول: با مشخص شدن حجم استاندارد سلول، با استفاده از جداول و کاتالوگ سازندگان (مانند جدول ۳-۶) 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 ۳-۶- مشخصات برخی سلول‌های فلوتاسیون ستونی

ظرفیت تقریبی (ton/d)			حجم ستون (m ³)	ابعاد ستون		اندازه
زغال سنگ (۱۰٪ جامد)	کانه غیرسولفیدی (۳۰٪ جامد)	کانه سولفیدی (۲۵٪ جامد)		ارتفاع (mm)	قطر (mm)	
۲	۱۴	۳	۰/۱	۴۳۱۸	۲۰۳	۰۸۱۶
۲۰	۱۵۰	۳۰	۱/۳	۵۲۳۲	۶۱۰	۲۰۱۶
۵۵	۳۸۰	۷۵	۳/۰	۷۶۷۱	۷۶۲	۲۵۲۴
۸۰	۵۵۰	۱۱۰	۴/۵	۷۶۷۱	۹۱۴	۳۰۲۴
۲۰۰	۹۷۰	۲۰۰	۸	۷۶۷۱	۱۲۱۹	۴۰۲۴
۳۵۰	۲۴۰۰	۴۸۰	۲۰	۱۰۱۳۵	۱۶۷۶	۵۵۳۲
۴۸۰	۳۵۰۰	۶۸۰	۳۰	۱۰۱۳۵	۱۹۸۱	۶۵۳۲
۹۰۰	۶۰۰۰	۱۲۵۰	۵۰	۱۲۵۹۸	۲۴۳۸	۸۰۴۰
۱۷۰۰	۱۲۰۰۰	۲۴۰۰	۱۰۰	۱۵۰۳۷	۳۰۴۸	۱۰۰۴۸
۲۹۰۰	۲۰۰۰۰	۴۰۰۰	۱۷۰	۱۷۱۹۶	۳۶۵۸	۱۲۰۵۶

فصل ۷

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

تجهیزات آب‌گیری و جدایش جامد از مایع

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.

- نمونه‌ها در استوانه‌های ۱۰۰۰ میلی‌لیتری ریخته و کاملاً 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 (۱-۷) ظرفیت مربوط به پالپ مورد نظر به دست می‌آید:

$$Q_i = \frac{V_i}{D_{Fi} - D_{Ui}} \quad (1-7)$$

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 (۲-۷) سطح تیکنر تعیین شود.

$$Q = A \times V \Rightarrow A = \frac{Q}{V} \quad (2-7)$$

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

$$A = \frac{(D_F - D_U) \times W_S}{V \times \rho} \quad (3-7)$$

که در آن:

D_U و D_F : رقت‌های پالپ در خوراک و ته‌ریز؛

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

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

ρ : جرم مخصوص سیال (ton/m^3) ؛

A : سطح تیکنر بر حسب m^2 .

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

$$W_S = X_F \times W_P \quad (۴-۷)$$

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 معمولاً 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 (۳-۷) می‌توان سطح تیکنر را به دست آورد که سطح مینیمم به عنوان سطح بهینه انتخاب می‌شود.

روش سوم:

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

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

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 بر حسب 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 حالی که S_F و W بر اساس طراحی در اختیار هستند.

روش چهارم

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

$$A = W \times A_u \quad (6-7)$$

که در آن:

W : دبی جامد ورودی به تیکتر (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 A_u با استفاده از این جداول تعیین می‌شود.

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

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

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

سطح واحد (m ² /ton/h)	درصد جامد در ته‌ریز	درصد جامد در خوراک	مواد معدنی
کنسانتره آهن			
۴	۷۵	۳۰	۱۳۰ d ₈₀ میلی‌متر
۸-۵	۷۸	۴۴	۷۰ d ₈₀ میلی‌متر
۲۵	۶۵	۲۰	۳۰ d ₈₀ میلی‌متر
کنسانتره مس			
۲	۷۵	۴۰	۸۰ d ₈₀ میلی‌متر
۸	۶۵	۴۵	۴۰ d ₈₀ میلی‌متر
۸	۶۵	۲۰	۳۰ d ₈₀ میلی‌متر
۹	۷۵	۲۸	۲۰ d ₈₀ میلی‌متر
کنسانتره روی			
۰/۷	۶۸	۲۰	۹۰ d ₈₀ میلی‌متر
۳/۵	۷۵	۴۴	۵۰ d ₈₀ میلی‌متر
۱۲	۷۰	۱۵	۳۰ d ₈₀ میلی‌متر
۱۵	۶۵	۲۵	۲۰ d ₈₀ میلی‌متر
۱۵	۶۵	۱۸	۱۰ d ₈₀ میلی‌متر
کنسانتره کلسیت			
۰/۰۷	۶۰	۳۰	۱۸۰ d ₈₀ میکرون
۱۰	۶۰	۳۳	۷۴ d ₈₀ میکرون
۳	۶۰	۳۸	۷۴ d ₄₅ میکرون
کانه‌های باطله سولفیدی			
۷	۵۷	۴۰	۹۰ d ₈₀ میکرون
۲۰	۵۵	۲۵	۶۰ d ₈₀ میکرون
۴۰	۵۲	۱۶	۴۶ d ₈₀ میکرون
کنسانتره آپاتیت			
۱۰/۵	۶۰	۲۷	۷۴ d ₇₀ میکرون
۳	۶۰	۳۸	۷۴ d ₄₅ میکرون

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:

$$d = \frac{(\rho_s - 1)}{\rho_s \times A \times (\rho_p - 1)} \quad (7-7)$$

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:

$$d_{total} = d_{min} + h + h_r + h_s \quad (8-7)$$

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

۵۳	۵۰	۴۷	۴۳	۳۸	۳۷	۱۹/۶	۱۲/۳	۷/۸	۳/۶	۲/۴	۱/۵	قطر (m)
تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا	
۵۵	۵۲	۴۹	۴۶	۴۲	۳۸	۲۷/۳	۱۹/۵	۱۲	۷/۵	۳/۳	۲/۱	
۷/۶	۷/۳	۷	۵/۸	۵/۵	۵/۲	۴/۲	۳/۶	۳	۲/۱	۱/۸	۱/۳	عمق نرمال
۶/۷	۶/۴	۵/۸	۵/۲	۴/۹	۴/۹	-	-	-	-	-	-	عمق کمترین حد (m)

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 گرانی پالپ: از مهم‌ترین پارامترها در فیلتراسیون بوده و مشخص‌کننده میزان رطوبت در پالپ ورودی است. معمولاً قبل از فیلتراسیون، پالپ وارد تیکتر 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 معمولاً 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 این که 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 مستقیماً 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.

- 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 پالپ					مشخصات فیلتراسیون
۰/۱	۱	۱-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰	درصد جامد
بدون کیک	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۳۳	۲۰	سرعت تشکیل کیک (mm/s)
۲۵	۵۰	۵۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	ظرفیت تشکیل جامد خشک (kg/m ² /h)
۵۰-۵۰۰۰	۵۰۰-۵۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	سرعت فیلتراسیون
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.

- با استفاده از رابطه (۹-۷) 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.

$$A = \frac{V_f}{\sqrt{\frac{2\Delta P_f \times t}{\alpha \times \mu \times C_c}}} \quad (9-7)$$

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 : گرانیوی ($kg/m \cdot sec$)؛

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:

$$V_{cake} = A_c \times d \quad (10-7)$$

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 (۱۱-۷) محاسبه می‌شود:

$$V_d = Q_p \quad (11-7)$$

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

$$V_s = V_d \times \frac{C_{pulp}}{\rho_s} \quad (12-7)$$

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:

$$C_{Vcake} = \frac{\frac{x}{\rho_s}}{\frac{x}{\rho_s} + \frac{(1-x)}{\rho_f}} \quad (7-13)$$

که در آن:

ρ_s : جرم مخصوص سیال؛

x : درصد جامد در پالپ است.

- حجم کیک تشکیل شده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_{Acake} = t \times \frac{V_s}{C_{Vcake}} \quad (7-14)$$

- زمان فیلتراسیون از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$t = \frac{dc_v}{V_s} A_c = KA_c \quad (7-15)$$

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

$$C_C = \frac{C_{pulp}}{1 - \left(\frac{M_w}{M_{cake}} - 1\right) \left(\frac{C_{pulp}}{\rho_f}\right)} \quad (7-16)$$

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:

$$V = \frac{S}{\rho_{\text{cake}}} \quad (17-7)$$

- 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

$$n = \frac{60}{t} \text{ به دست می‌آید.}$$

t: زمان چرخه بر حسب دقیقه است.

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

$$V_t = \frac{V}{n} = (S \times 100 \times t) / 60 \rho_{\text{cake}} \quad (18-7)$$

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.

۷-۴- 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. اصولاً خشک‌کن‌ها را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

الف- خشک‌کن‌های با دمای کم ($200^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$)، 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 ($950^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$)، قابل استفاده برای تکلیس، رس‌ها، آهک‌پزی و فرآوری ماسه ریخته‌گری.

از جمله تجهیزات مورد استفاده به موارد زیر اشاره می‌شود:

- کوره‌های دوار با حرارت مستقیم؛
 - کوره‌های دوار با حرارت غیرمستقیم؛
 - کوره‌های قائم؛
 - کوره‌های بستر سیال.
- پ- خشک‌کن‌های با دمای بالا ($1300 - 1400^{\circ}\text{C}$)، قابل استفاده برای گندله‌سازی، کنسانتره سنگ آهن و تکلیس که معمولاً 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 ۷-۴- حداکثر دمای مجاز برای بعضی از مواد معدنی

نوع خشک‌کن	حداکثر دمای مجاز ($^{\circ}\text{C}$)	ماده معدنی
بستر معلق / گردان	۹۸۰ - ۱۲۰۰	کنسانتره
گردان	۹۸۰	کانسنگ آهن
بستر معلق	۴۳۰ - ۶۵۰	زغال سنگ دانه‌ریز
بستر معلق / گردان	۹۸۰	کانسنگ فسفات
گردان	۹۸۰	کنسانتره فلورین
گردان	۹۸۰ - ۱۲۰۰	کنسانتره‌های سولفیدی
گردان	۹۸۰	ماسه
گردان	۹۸۰	مواد اولیه صنایع سیمان

۷-۴-۱- 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 مستقیماً 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.

۷-۴-۲- 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 $0/6$ تا $0/8$ 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.

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 این که کارایی 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. معمولاً 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 نسبتاً پایین تجزیه یا تکلیم 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

۷-۴-۳- 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 ارائه شده است.

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

خشک‌کن							نوع خشک‌کن	
نوع مواد	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؛

- 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).

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.

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.

فصل ۸

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

تجهیزات واحد هیدرومتالورژی

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 اولاً، کانی مورد نظر در معرض محلول فروشویی قرار گیرد، ثانیاً، 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: معمولاً 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 کارایی 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.

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 مستقیماً 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 گراندروی 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) ارائه شده است.

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

نوع عملیات	زمان ماند (دقیقه)
آماده‌سازی در فلوتاسیون	۱۰
فعال‌سازی - 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)

- 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.

$$W_s = \frac{W_{SD}}{24} \quad (1-8)$$

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:

$$Q = V_s + V_w = \frac{W_s}{\rho_s} + \frac{\left(\frac{W_s}{S} - W_s\right)}{\rho_w} \quad (2-8)$$

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:

$$V_t = QT \quad (3-8)$$

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 معمولاً ۰/۹۲ است.

$$V_e = \frac{V}{F_{Ve}} \quad (4-8)$$

- 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 معمولاً 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

شرایط عملیاتی سنگین			شرایط عملیاتی متوسط			شرایط عملیاتی سبک			حجم (m ³)	ابعاد (قطر×ارتفاع) (m)
توان موتور (kw)	تعداد پره‌ها	قطر پروانه (mm)	توان موتور (kw)	تعداد پره‌ها	قطر پروانه (mm)	توان موتور (kw)	تعداد پره‌ها	قطر پروانه (mm)		
۱/۱	۳	۶۱۰	۰/۳۷	۳	۳۸۰	۰/۱۸	۳	۳۰۵	۱/۴	۱/۲۵×۱/۲۵
۱/۱	۳	۶۱۰	۰/۵۵	۳	۴۵۵	۰/۲۵	۳	۳۸۰	۲/۴	۱/۵×۱/۵
۲/۲	۳	۷۶۰	۱/۱	۳	۶۱۰	۰/۳۷	۳	۴۵۵	۳/۸	۱/۷۵×۱/۷۵
۳	۶	۹۱۵	۱/۱	۳	۶۱۰	۰/۷۵	۳	۶۱۰	۵/۷	۲×۲
۴	۶	۱۰۶۵	۱/۵	۳	۷۶۰	۰/۷۵	۳	۶۱۰	۱۱/۰	۲/۵×۲/۵
۵/۵	۶	۱۲۲۰	۲/۲	۶	۹۱۵	۱/۱	۳	۷۶۰	۱۹/۱	۳×۳
۵/۵	۶	۱۳۷۰	۳	۶	۱۰۶۵	۲/۲	۶	۹۱۵	۳۰/۰	۳/۵×۳/۵
۷/۵	۶	۱۵۲۵	۴	۶	۱۲۲۰	۳	۶	۱۰۶۵	۴۵	۴×۴
۱۱	۶	۱۸۳۰	۵/۵	۶	۱۳۷۰	۳	۶	۱۲۲۰	۶۴	۴/۵×۴/۵
۱۵	۶	۲۱۳۵	۵/۵	۶	۱۵۲۵	۴	۶	۱۳۷۰	۸۸	۵×۵
۱۸/۵	۶	۲۴۴۰	۷/۵	۶	۱۸۳۰	۵/۵	۶	۱۵۲۵	۱۵۲	۶×۶
۲۲	۶	۲۷۴۵	۱۱	۶	۲۱۳۵	۷/۵	۶	۱۸۳۰	۲۰۸	۷×۶
۳۰	۶	۳۰۵۰	۱۵	۶	۲۴۴۰	۱۱	۶	۲۱۳۵	۳۱۷	۸×۷
۴۵	۶	۳۶۶۰	۱۸/۵	۶	۲۷۴۵	۱۱	۶	۲۴۴۰	۴۵۸	۹×۸
۷۵	۶	۴۵۷۰	۲۲	۶	۳۰۵۰	۱۵	۶	۲۷۴۵	۶۳۶	۱۰×۹
۷۵	۶	۴۵۷۰	۳۰	۶	۳۶۶۰	۱۸/۵	۶	۳۰۵۰	۱۲۲۱	۱۲×۱۲
۷۵	۶	۴۵۷۰	۵۵	۶	۴۵۷۰	۳۰	۶	۳۶۶۰	۱۶۶۲	۱۴×۱۲

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

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

- شکل مخازن و نحوه قرارگیری آن‌ها: معمولاً 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، معمولاً 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

کارایی 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

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.

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

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 (۴-۸) و (۵-۸) شرایطی را که همزن‌های استاندارد و

آماده‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به عنوان مثال آورده شده است.

جدول ۸-۴- شرایط کاربرد انواع همزن‌های استاندارد برحسب نوع کاربرد

سنگین	متوسط	سبک	شرایط
۱۰۰۰	۵۰۰	۳۰۰	گرانروی پالپ (سانتی‌پوآز)
-	۰/۲	۰/۱	ماکزیمم ابعاد ذرات جامد (mm)
-	۳/۵	۳/۰	ماکزیمم جرم مخصوص جامد (g/cm ³)
-	۱/۱	۱/۰	ماکزیمم جرم مخصوص مایع (g/cm ³)
-	۲۵	۱۵	ماکزیمم درصد وزنی جامد (%)

جدول ۸-۵- شرایط کاربرد انواع همزن های آماده سازی

سنگین	متوسط	شرایط
۰/۲۵	۰/۲۵	ماکزیمم ابعاد ذرات جامد (mm)
۳/۵	۲/۷	ماکزیمم جرم مخصوص جامد (g/cm ³)
۱/۰	۱/۰	ماکزیمم جرم مخصوص مایع (g/cm ³)
۴۵	۲۰	ماکزیمم درصد وزنی جامد (%)

همچنین بر اساس نوع کاربرد و نوع همزن، انواع مختلفی از مخزن شامل: مخزن با همزن تک پروانه‌ای، مخزن با همزن دو پروانه‌ای و مخزن با همزن لاستیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شرایط استفاده از این مخازن را می‌توان به شرح جدول (۸-۶) خلاصه کرد:

جدول ۸-۶- شرایط استفاده از مخازن مختلف.

نسبت عمق به قطر مخزن	درصد جامد و گرانروی	نوع مخزن
کمتر از ۱/۵	کم تا متوسط	مخزن با همزن تک پروانه‌ای
بیشتر از ۱/۱۵ و کمتر از ۱/۱۸	زیاد	مخزن با همزن دو پروانه‌ای
بیشتر از ۱/۸	دبی حجمی پالپ بالا و حداکثر درصد جامد ۵۰ درصد	مخزن با همزن لاستیکی

فصل ۹

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

تجهیزات حمل و نقل مواد

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 معمولاً ۱۵ درجه کمتر از زاویه قرار است، مقدار آن از طریق رابطه (۹-۱) تعیین می‌شود:

$$\beta = \alpha - 15 \quad (1-9)$$

- تعیین زاویه ناوه: این زاویه معمولاً 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:

$$V = \left(\frac{Q}{Q_s}\right) \times 30 \quad (2-9)$$

- 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:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (3-9)$$

- 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، خوردگی و ساینده‌گی ذرات، انتخاب و طراحی

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:

$$\rho_p = \frac{100\rho_s}{\rho_s(100-X) + X} \quad (۴-۹)$$

- با استفاده از رابطه زیر نسبت دبی حجمی (m^3/h) به تناژ (t/h) محاسبه می‌شود:

$$\frac{F}{M} = \frac{100}{\rho_p \times X} \quad (۵-۹)$$

- از حاصل ضرب 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:

$$H_t = \Delta H + H_s + H_v \quad (۶-۹)$$

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:

$$W = \frac{Q \times H_t \times \gamma_p}{\eta} \quad (۷-۹)$$

W : توان پمپ؛

γ_p : وزن مخصوص؛

Q : دبی پالپ ورودی؛

η : راندمان پمپ؛

H_t : ارتفاع رانش کلی.

توان پمپ (W_t) را معمولاً ۱۵ الی ۲۰ درصد بیشتر از توان محاسبه شده (P) در نظر می‌گیرند.

$$W_t = (1.15 - 1.20) \times W \quad (۸-۹)$$

بر اساس توان پمپ محاسبه شده و در نظر گرفتن دبی و ارتفاع رانش کلی با استفاده از جداول سازندگان، پمپ مناسب انتخاب

می‌شود.

فصل ۱۰

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

تجهیزات انباشت مواد و سیلوها

۱۰-۱-۱- 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، سیلوه‌های جریان قیفی، جریان توده‌ای و جریان منبسط شونده (ترکیبی از یک جریان توده‌ای در زیر یک جریان قیفی است). سیلوه‌های 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 سیلوه‌های جریان توده‌ای دارند. در سیلوه‌های 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.

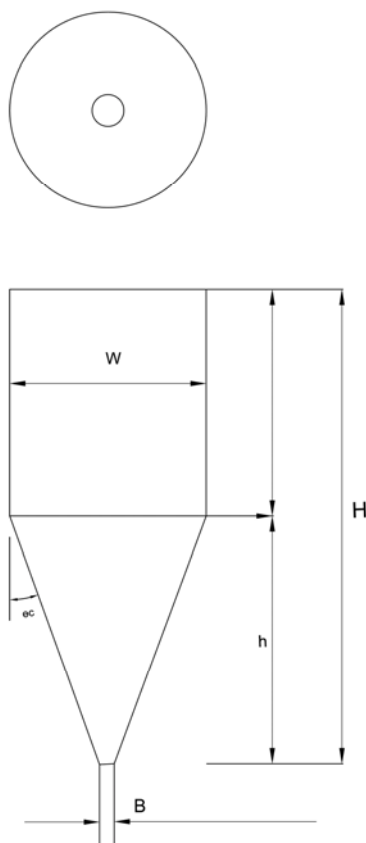
پ- لوله‌ای شدن: نوعی جریان محدود که در آن جریان به یک کانال بر بالای دهانه تخلیه محدود می‌شود. سیال فقط در این کانال تخلیه شده که این امر باعث کاهش ظرفیت موثر سیلو می‌شود.

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 (۱-۱۰) نشان داده شده است. برای طراحی این سیلو باید مراحل زیر طی شود:



شکل ۱-۱۰- طرح شماتیک یک سیلوی جریان توده‌ای

الف- تعیین حداکثر زاویه جهت جریان توده‌ای (θ_c)

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

نمودارهای موجود، حداکثر زاویه جهت جریان توده‌ای (θ_c) 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} و F بر حسب V) تعیین می‌شود.

ت- تعیین قطر دهانه خروجی (B)

که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$B = \frac{\bar{V} H(\theta)}{A\gamma} \quad (1-10)$$

که در آن :

A: برابر $\frac{1}{13}$ فوت مربع در آزمایش گر فاکتور جریان جنکی؛

$H(\theta)$: 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 (θ_c) و قطر دهانه خروجی (B) تعیین می‌شود:

$$h = \frac{W}{2tg\theta_c} \quad (2-10)$$

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.

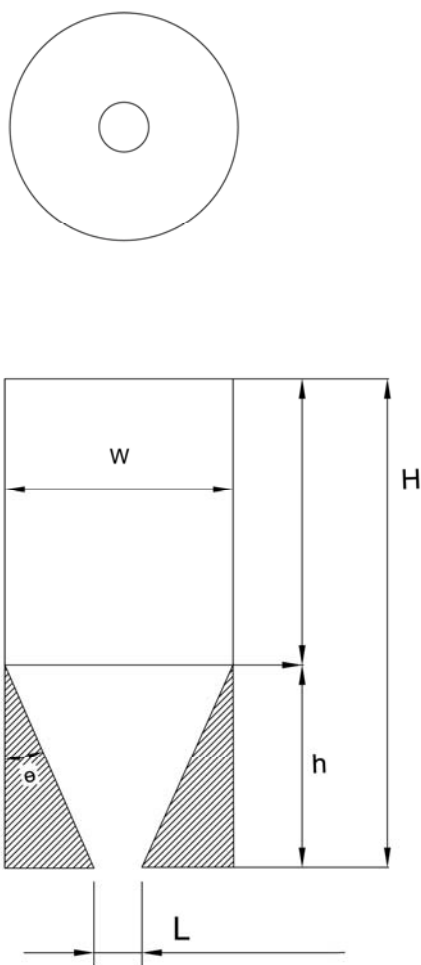
ج- تعیین ارتفاع قسمت مستطیلی سیلو (H): با داشتن ظرفیت مورد نیاز سیلو و ظرفیت قسمت مخروطی (از آنجا که کلیه ابعاد

بخش مخروطی معلوم است، حجم و ظرفیت آن نیز تعیین می‌شود)، ارتفاع این قسمت قابل تعیین است.

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 (ϕ_t) و زاویه اصطکاک موثر (ϕ') و بر اساس نمودارهای موجود تعیین می‌شود.

ب- تعیین مقاومت در یک انسداد جریان یا \bar{V}

بر اساس نمودار تحلیل جریان \bar{V} و F بر حسب V تعیین می‌شود. مقدار \bar{V} محل برخورد خط فاکتور جریان (ff) و خط تابع

جریان زمانی (FFt) است.

تعیین حداقل قطر لوله (L)

حداقل قطر لوله (L) از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$L = \frac{\bar{V} G(\phi_t)}{A\gamma} \quad (3-10)$$

که در آن:

A: برابر $\frac{1}{13}$ فوت مربع در آزمایش گر 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:

$$\theta = 45 - \frac{\phi_t}{2} \quad (4-10)$$

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.

$$h = \frac{W - L}{2 \tan \theta} \quad (5-10)$$

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.

فصل ۱۱

راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

تجهیزات تغذیه کننده کارخانه‌ها

۱-۱۱- مدارک و اطلاعات مورد نیاز

- ظرفیت تولید کارخانه و یا ظرفیت واحدی که توسط تغذیه کننده 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 تغذیه کننده، تغذیه شوند؛
- روش باردهی تغذیه کننده؛
- دانه‌بندی مواد یا کانسنگ؛
- رطوبت موجود؛
- چسبندگی و ساینده‌گی مواد؛
- مدل مکانیکی باردهی.

۱۱-۲- عوامل و محدودیت‌های موثر

- ظرفیت مسیرهایی که تغذیه کننده مورد نیاز است: در انتخاب مدل و ظرفیت تغذیه کننده موثر است. در جاهایی که تغذیه زیادی مورد نیاز است، تغذیه کننده‌های آپرون به کار می‌روند. تغذیه کننده‌های لرزشی در قسمت‌هایی که تغذیه پیوسته و متراکم باشد، استفاده می‌شوند.
- محل و موقعیت نصب تغذیه کننده: در انتخاب نوع تغذیه کننده موثر است (جدول ۱-۱۱).
- تغذیه کننده‌های آپرون در جاهایی که به شدت ناهموار است، به کار می‌روند. تغذیه کننده‌های نواری معمولاً 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. (جدول ۱-۱۱ و ۲-۱۱).
- تغذیه کننده‌های آپرون برای انتقال مواد گل‌آلود یا چسبناک مناسب هستند. تغذیه کننده‌های نواری معمولاً در کارخانه‌های شن و ماسه و مخصوصاً برای انتقال ذرات خشک و ریز در زیر قیف یا دریچه با حداکثر اندازه خوراک ۶ اینچ به کار می‌روند. تغذیه کننده‌های لرزشی سرندهی دارای چندین تغذیه کننده لرزشی به علاوه سرنده ثابت برای جدایش ذرات ریز از خوراک سنگ شکن هستند.

۱۱-۳- راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت

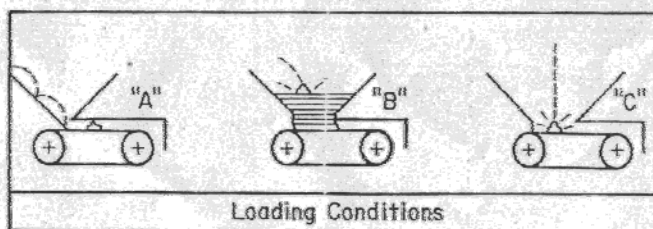
- انتخاب مدل تغذیه کننده: از جداول (مانند جداول ۱-۱۱ و ۲-۱۱) بر اساس اطلاعات موجود در مورد کانسنگ و سایر تجهیزات مرتبط استفاده شود.

جدول ۱۱-۱- تغذیه کننده

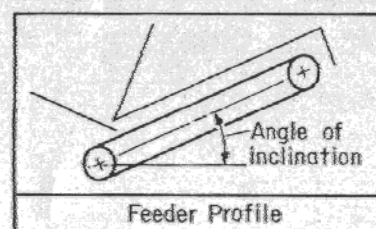
معرفی مدل	فرضیات
تغذیه کننده آپرون با جریان خیلی سریع با کفه منگیزی	دمپ کامیون ها یا پر کردن به وسیله شاول یا دراگ لاین حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۷۵٪ عرض تغذیه کننده نیست.
تغذیه کننده آپرون با جریان خیلی سریع با کفه استیل پرس شده	زیر قیف یا سیلو، مواد غیرساینده حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۷۵٪ عرض تغذیه کننده نیست.
تغذیه کننده آپرون با جریان سریع	دمپ کامیون ها یا پر کردن به وسیله شاول یا دراگ لاین حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۷۵٪ عرض تغذیه کننده نیست.
تغذیه کننده آپرون با جریان سریع	زیر قیف یا سیلو، مواد غیر ساینده حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۳۰٪ عرض تغذیه کننده نیست.
تغذیه کننده لرزان یا تغذیه کننده سرندی	زیر سنگ شکن اولیه با حمایت نوار نقاله
تغذیه کننده نواری	زیر سیلوه‌ها، قیف‌ها یا انبارها حداکثر ابعاد کلوخه‌ها بیشتر از ۳۰٪ عرض تغذیه کننده نیست.
تغذیه کننده آپرون	زیر سنگ شکن اولیه بزرگ

جدول ۱۱-۲- انتخاب نوع تغذیه کننده

Feeder type	Loading	Feeder profile	Material properties																																					
			Material size	Flexibility		Friability	Temperature	Corrosiveness	Abrasive-ness																															
				Angle of repose or	Specific material																																			
Condition "A"	Condition "B"	Condition "C"	Horizontal	10° max.	13° max.	30° max.	45° max.	45° to vertical	Silt (under 850 mesh)	Very fine (250 to 100 mesh)	Granule (100 mesh to 14 in.)	Pebble (1/4 to 2 in.)	Small cobble (2 to 4 in.)	Med. cobble (4 to 6 in.)	Large cobble (6 to 12 in.)	Boulder (over 12 in.)	Flushing (0 to 135°)	Free-flowing (15 to 55°)	Sluggish (35 to 60°)	Sticky (60 to 90°)	Sludges & filtercake	Setting (ret-supper phos.)	Packing (medium b-cast)	Metal turnings	Wood chips	Silverstick & pulpwood	Nonferrous	Frable	Dries excessively	Cold (below 32° F)	Ambient (32° to 150° F)	Hot (150° to 300° F)	Very hot (300° to 900° F)	High temp. (above 900° F)	Noncorr. (above 7 pH)	Mildly corr. (6 to 7 pH)	Very corr. (4 to 6 pH)	Nonabras. (1 to 2 Moils)	Mildly abras. (3 to 5 Moils)	Very abras. (above 5 Moils)
Apron	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Belt	*	*	*	①	①				①									①																						
Reciprocating plate	*	*	*																																					
Flight	*	*	*																																					
Drag chain	*	*	*																																					
Vibrating	*	①	①	*			②		①									①																						
Screw	*	*	*	*	①	①	①																																	
Roll	*	*	*																																					
Rotary table	*	*	*																																					
Rotary vane	*	*	*																																					
Grizzly, live roll	*	*	*																																					



Loading Conditions



Feeder Profile

Key: ① Special considerations required; examples: special steels, special belts, special troughs, enclosures, etc. ② Vertical only.
 Source: Rex Chainbelt Inc.

- انتخاب عرض تغذیه کننده: عرض تغذیه کننده ممکن است به وسیله ماشین تغذیه کننده به عنوان مثال سنگ شکن فکی، یا به وسیله ابعاد قیف به کار رفته دیکته (انتخاب) شود. عرض تغذیه کننده همچنین به وسیله حداکثر ابعاد کلوخه‌ها (توده‌ها) در خوراک، یا توسط عمق مورد نیاز مواد و سرعت حمل تعیین می‌شود. برای مثال جدول (۳-۱۱) حداکثر اندازه کلوخه قابل حمل توسط تغذیه کننده‌های آپرون برای عرض‌های مختلف را نشان می‌دهد. همچنین رابطه زیر بین عرض تغذیه کننده، عمق مواد بر روی تغذیه کننده و ظرفیت تغذیه کننده برقرار است:

$$D = \frac{50 \times TPH}{w \times FPM} \quad (۱-۱۱)$$

D: عمق مواد بر حسب اینچ؛

TPH: ظرفیت (تن بر ساعت)؛

W: عرض تغذیه کننده (بر حسب اینچ)؛

FPM: آهنگ خوراک دهی در دقیقه.

پ- تطبیق مجدد ظرفیت تغذیه کننده انتخاب شده (با استفاده از جداول ۴-۱۱ تا ۹-۱۱ و شکل ۱-۱۱).

جدول (۴-۱۱) ظرفیت تغذیه کننده‌های آپرون را بر حسب تن بر ساعت و یارد مکعب بر ساعت به ازای سرعت‌های مختلف نشان می‌دهد. در جدول (۵-۱۱) ظرفیت تقریبی تغذیه کننده‌های آپرون با اندازه‌های مختلف با عمق‌های متفاوت مواد نشان داده شده است. در جدول (۶-۱۱) نیز ظرفیت و توان این تغذیه کننده‌ها بر اساس ابعاد آن‌ها ارایه شده است. جدول (۷-۱۱) ظرفیت اولیه تغذیه کننده‌های نواری (برای مواد با چگالی ۱۰۰ پوند بر فوت مکعب) را به ازای عرض و سرعت‌های مختلف نشان می‌دهد. شکل (۱-۱۱) نیز ظرفیت تغذیه کننده لرزشی را در شیب و عرض‌های مختلف آن نشان می‌دهد. در جداول (۸-۱۱) و (۹-۱۱) به ترتیب ظرفیت تغذیه کننده‌های لرزشی- سردی و لرزشی- الکترومغناطیسی در ابعاد و مشخصات مختلف ارایه شده است.

ت- تعیین توان یا قدرت اسب بخار (Hp) تغذیه کننده انتخاب شده

توان یا قدرت تغذیه کننده با استفاده از جداول (مانند جداول ۷-۱۱، ۸-۱۱ و ۹-۱۱) و یا از طریق روابط موجود انتخاب و یا محاسبه می‌شود. توان یا قدرت اسب بخار تغذیه کننده آپرون از طریق روابط و داده‌های زیر محاسبه می‌شود:

$$Wt = W \times M \times H \times L \quad (۲-۱۱)$$

وزن کل مواد باردهی شده

$$C = \frac{s \times W \times H \times M \times S}{33.3} \quad (۳-۱۱)$$

ظرفیت (تن بر ساعت)

$$S = \frac{C \times 33.3}{W \times H \times M \times s} \quad (۴-۱۱)$$

$$\text{عرض} = \frac{1}{2} \text{ ارتفاع}$$

عرض کفه	دامنه اصطکاک	شکاف قیف
30"	31#	1000#
36"	55#	2133#
42"	88#	4000#
48"	113#	4600#
60"	175#	5800#
72"	252#	7200#
84"	345#	8850#
96"	450#	10500#

$$P = (1) + (2) + (3) \text{ انرژی کل}$$

- (1) سینوس زاویه شیب تغذیه کننده + وزن مواد
- (2) دامنه اصطکاک و شکاف قیف
- (3) نیروی اصطکاک در تمام جهات

$$H_p = 1.5 \times \frac{p \times s}{33000} \text{ : توان مورد نیاز}$$

$$F = \frac{\text{وزن نوار}}{۲} + \text{وزن مواد روی تغذیه کننده}$$

(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: L / c 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 و ۳).

جدول ۱۱-۳- حداکثر اندازه کلوخه قابل حمل روی تغذیه کننده آپرون با عرض های مختلف

عرض آپرون (اینچ)	سرعته پیشنهادی نقاله (فوت بر دقیقه)		حداکثر اندازه کلوخه			
	گام آپرون، اینچ*		(اینچ)		دانه بندی شده	دانه بندی نشده
	۱۲	۹	۳ تا ۶	۶ تا ۹		
۱۸	---	۱۰۰	۱۰۰	۴	۶	
۲۴	---	۹۵	۱۰۰	۵	۸	
۳۰	۸۵	۹۰	۹۰	۶	۱۲	
۳۶	۸۰	۸۵	۹۰	۷	۱۴	
۴۲	۷۰	۷۵	۸۰	۸	۱۶	
۴۸	۶۵	۷۰	۸۰	۱۰	۱۹	
۵۴	۶۰	---	---	۱۱	۲۱	
۶۰	۶۰	---	---	۱۲	۲۴	

* حداکثر اندازه کلوخه ها برای مواد دانه بندی 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 تغذیه کننده آپرون

تغذیه کننده های با ظرفیت بسیار زیاد (XHD)				تغذیه کننده استاندارد و ظرفیت زیاد								سرعت FPM		
۷۲		۶۰		۴۸		۴۸		۴۲		۳۶			۳۰	
تن	Yd ³	تن	Yd ³	تن	Yd ³	تن	Yd ³	تن	Yd ³	تن	Yd ³	تن	Yd ³	
۴۳۲	۳۲۰	۳۰۰	۲۲۲	۱۹۲	۱۴۳	۱۹۲	۱۴۳	۱۴۷	۱۰۹	۱۰۸	۸۰	۷۴	۵۵	۱۰
۶۴۸	۴۸۰	۴۵۰	۳۳۳	۲۸۹	۲۱۴	۲۸۹	۲۱۴	۲۲۲	۱۶۴	۱۶۲	۱۲۰	۱۱۲	۸۳	۱۵
۸۶۴	۶۴۰	۶۰۰	۴۴۴	۳۸۴	۲۸۴	۳۸۴	۲۸۴	۲۹۴	۲۱۸	۲۱۶	۱۶۰	۱۴۸	۱۱۰	۲۰
۱۰۳۷	۷۶۸	۷۲۰	۵۳۳	۴۶۰	۳۴۳	۴۶۰	۳۴۳	۳۵۴	۲۶۲	۲۵۹	۱۹۲	۱۸۰	۱۳۳	۲۴
۱۰۸۰	۸۰۰	۷۵۰	۵۵۵	۴۸۲	۳۵۷	۴۸۲	۳۵۷	۳۶۹	۲۷۳	۲۷۰	۲۰۰	۱۸۶	۱۳۸	۲۵
۱۲۹۶	۹۶۰	۹۰۰	۶۶۶	۵۷۷	۴۲۷	۵۷۷	۴۲۷	۴۴۲	۳۲۷	۳۲۴	۲۴۰	۲۲۳	۱۶۵	۳۰
۱۵۱۲	۱۱۲۰	۱۰۵۰	۷۷۷	۶۷۳	۵۰۰	۶۷۳	۵۰۰	۵۱۶	۳۵۲	۳۷۸	۲۸۰	۲۶۰	۱۹۳	۳۵
۱۷۲۸	۱۲۸۰	۱۲۰۰	۸۸۸	۷۶۸	۵۷۲	۷۶۸	۵۷۲	۵۸۸	۴۳۶	۴۳۲	۳۲۰	۲۹۶	۲۲۰	۴۰
۲۱۶۰	۱۶۰۰	۱۵۰۰	۱۱۱۰	۹۶۱	۷۱۱	-	-	-	-	-	-	-	-	۵۰
۲۵۹۲	۱۹۲۰	۱۸۰۰	۱۳۳۲	۱۱۵۴	۸۵۴	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۰

ستون اول: سرعت استاندارد تعیین شده است. برای سرعت های بالا یا پایین استاندارد با کارخانه سازنده مشورت می شود.

جدول ۱۱-۵- ظرفیت معمول تغذیه‌کننده‌های آپرون

ظرفیت*															عرض
عمق بستر، اینچ															آپرون
۳۰	۲۴	۲۰	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	(اینچ)
تن بر ساعت															
						۱/۶۹	۱/۴۱	۱/۱۳	۰/۹۸	۰/۸۴	۰/۷۰	۰/۵۶	۰/۴۲	۰/۲۸	۱۸
			۳/۳۸	۳/۰۰	۲/۶۳	۲/۲۵	۱/۸۸	۱/۵۰	۱/۳۱	۱/۱۳	۰/۹۴	۰/۷۵	۰/۵۶	۰/۳۸	۲۴
	۵/۶۳	۴/۶۹	۴/۲۲	۳/۷۵	۳/۲۸	۲/۸۱	۲/۳۴	۱/۸۸	۱/۶۴	۱/۴۱	۱/۱۷	۰/۹۴	۰/۷	۰/۴۷	۳۰
۸/۴۴	۶/۷۵	۵/۶۳	۵/۰۶	۴/۵۰	۳/۹۴	۳/۳۸	۲/۸۱	۲/۲۵	۱/۹۷	۱/۶۹	۱/۴۱	۱/۱۳	۰/۸۴	۰/۵۶	۳۶
۹/۸۴	۷/۸۸	۶/۵۶	۵/۹۱	۵/۲۵	۴/۵۹	۳/۹۴	۳/۲۸	۲/۶۲	۲/۳۰	۱/۹۷	۱/۶۴	۱/۳۱	۰/۹۸	۰/۶۶	۴۲
۱۱/۲۵	۹/۰۰	۷/۵۰	۶/۷۵	۶/۰۰	۵/۲۵	۴/۵۰	۳/۷۵	۳/۰۰	۲/۶۳	۲/۲۵	۱/۸۸	۱/۵۰	۱/۱۳	۰/۷۵	۴۸
۱۲/۶۶	۱۰/۱۳	۸/۴۴	۷/۵۹	۶/۷۵	۵/۹۱	۵/۰۶	۴/۲۲	۳/۳۸	۲/۹۵	۲/۵۳	۲/۱۱	۱/۶۹	۱/۲۷	۰/۸۴	۵۴
۱۴/۰۶	۱۱/۲۵	۹/۳۸	۸/۴۴	۷/۵۰	۶/۵۶	۵/۶۳	۴/۶۹	۳/۷۵	۳/۲۸	۲/۸۱	۲/۳۴	۱/۸۸	۱/۴۱	۰/۹۴	۶۰
فوت مکعب بر ساعت															
						۶۷/۵	۵۶/۲	۴۵/۰	۳۹/۳	۳۳/۷	۲۸/۱	۲۲/۵	۱۶/۸	۱۱/۲	۱۸
			۱۳۵/۰	۱۲۰/۰	۱۰۵/۰	۹۰/۰	۷۵/۰	۶۰/۰	۵۲/۵	۴۵/۰	۳۷/۵	۳۰/۰	۲۲/۵	۱۵/۰	۲۴
	۲۲۵/۰	۱۸۷/۵	۱۶۸/۷	۱۵۰/۰	۱۳۱/۲	۱۱۲/۵	۹۳/۷	۷۵/۰	۶۵/۶	۵۶/۲	۴۶/۸	۳۷/۵	۲۸/۱	۱۸/۷	۳۰
۳۳۷/۵	۲۷۰/۰	۲۲۵/۰	۲۰۲/۵	۱۸۰/۰	۱۷۵/۵	۱۳۵/۰	۱۱۲/۵	۹۰/۰	۷۸/۷	۶۷/۵	۵۶/۲	۴۵/۰	۳۳/۷	۲۲/۵	۳۶
۳۹۳/۷	۳۱۵/۰	۲۶۲/۵	۲۳۶/۲	۲۱۰/۰	۱۸۳/۷	۱۵۷/۵	۱۳۱/۲	۱۰۵/۰	۹۱/۸	۷۸/۷	۶۵/۶	۵۲/۵	۳۹/۳	۲۶/۲	۴۲
۴۵۰/۰	۳۶۰/۰	۳۰۰/۰	۲۷۰/۰	۲۴۰/۰	۲۱۰/۰	۱۸۰/۰	۱۵۰/۰	۱۲۰/۰	۱۰۵/۰	۹۰/۰	۷۵/۰	۶۰/۰	۴۵/۰	۳۰/۰	۴۸
۵۰۶/۳	۴۰۵/۰	۳۳۷/۵	۳۰۳/۷	۲۷۰/۰	۲۳۶/۲	۲۰۲/۲	۱۶۸/۸	۱۳۵/۰	۱۱۸/۱	۱۰۱/۲	۸۴/۳	۶۷/۵	۵۰/۶	۳۳/۷	۵۴
۵۶۲/۵	۴۵۰/۰	۳۷۵/۰	۳۳۷/۵	۳۰۰/۰	۲۶۲/۵	۲۲۴/۰	۱۸۷/۵	۱۵۰/۰	۱۳۱/۲	۱۱۲/۵	۹۳/۷	۷۵/۰	۵۶/۲	۳۷/۵	۶۰

* ظرفیت بر اساس سرعت ۱ rpm برای مواد ۵۰ پوند بر فوت مکعب و ۷۵ درصد حداکثر سطح مقطع تتوری بارگیری شده است. ظرفیت به طور مستقیم با سرعت نقاله و وزن مواد متناسب است.

جدول ۱۱-۶- تعیین ظرفیت تغذیه کننده‌های آپرون

۷۲	۶۰	۴۸	۴۲	۳۶	۳۰	ابعاد تغذیه کننده (اینچ)
۱۵-۳۰	۱۵-۳۰	۱۲-۲۷	۹-۲۱	۹-۲۱	۹-۲۱	طول (حداکثر - حداقل (Note 5)
۱۰۳۷	۷۲۰	۴۶۰	۳۵۴	۲۵۹	۱۸۰	ظرفیت = TPH در 24FPM (Note4)
اسب بخار مورد نیاز برای طول استاندارد (Note2)						
-	-	-	۷/۵	۵	۵	۹
-	-	۱۵	۱۰	۵	۵	۱۲
۳۰	۲۵	۱۵	۱۰	۷/۵	۷/۵	۱۵
۴۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۷/۵	۱۸
۴۰	۳۰	۲۰	۱۵	۱۰	۷/۵	۲۱
۴۰	۳۰	۲۰	-	-	-	۲۴
۶۰	۴۰	۲۵	-	-	-	۲۷
۶۰	۵۰	-	-	-	-	۳۰
Note 2	Note 2	Note 1,2	Note 1	Note 1	Note 1	وزن تغذیه کننده حداقل طول - پوند (Note 3)

Note1- آپرون تغذیه کننده استاندارد جریان سریع مجهز به ضخامت کفه ۰/۵ اینچ

Note2- تغذیه کننده XDH با ضخامت ۱/۲۵ اینچ و کفه استیل

Note3- آهنگ قدرت اسب بخار در عملکرد معمول تغذیه کننده 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.

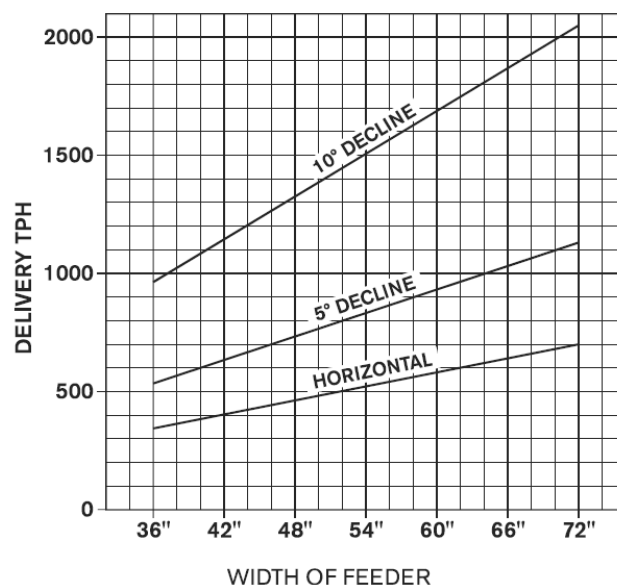
Note5- طول بزرگتر با کارخانه سازنده مشورت شود.

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	۹۰	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	۵۲۳

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

جدول ۱۱-۸- تعیین ظرفیت تغذیه کننده‌های لوزشی- سرندی

۷۳"			۶۰"			۵۴"			۴۸"				۴۲"		۳۶"		عرض استاندارد
پهن			پهن			پهن			پهن				پهن		پهن		طول استاندارد
۲۳'	۲۰'	۱۸'	۲۳'	۲۰'	۱۸'	۲۳'	۲۰'	۱۸'	۲۰'	۱۸'	۱۶'	۱۴'	۱۶'	۱۴'	۱۶'	۱۴'	
۲۵۸۵۰	۲۴۷۵۰	۲۴۳۵۰	۲۴۳۰۰	۲۲۶۰۰	۲۱۳۵۰	۲۳۳۲۵	۲۱۷۰۰	۲۰۱۷۵	۲۰۴۰۰	۱۹۰۰۳	۹۳۴۰	۷۷۶۵	۸۲۶۰	۷۳۹۰	۸۱۴۵	۶۹۱۰	وزن کلی تغذیه کننده لوزشی
۲۶۳۰۰	۲۴۷۵۰	۲۴۵۵۰	۲۴۷۵۰	۲۳۰۶۰	۲۱۸۰۰	۲۳۴۷۵	۲۱۹۰۰	۲۰۶۷۵	۲۰۷۵۰	۱۹۳۵۰	۹۶۲۵	۸۰۱۵	۸۵۵۰	۷۶۲۵	۸۳۱۰	۷۰۰۵	وزن کلی تغذیه کننده گریزلی لوزان w/5
-	-	-	-	-	۲۳۲۰۰	-	-	۲۰۹۶۵	-	-	۱۱۲۴۰	-	۹۲۷۰	-	۸۹۰۰	-	وزن کلی تغذیه کننده گریزلی لوزان w/8
-	۲۷۰۰۰	۲۵۲۵۰	-	۲۴۷۰۰	۲۲۸۵۰	-	۲۳۱۷۵	۲۱۳۷۵	۲۱۸۵۰	۱۹۹۰۰	-	-	-	-	-	-	وزن کلی تغذیه کننده گریزلی لوزان w/9
۲۸۰۰۰	-	-	۲۶۳۰۰	-	-	۲۳۷۷۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	وزن کلی تغذیه کننده گریزلی لوزان w/10
۱۰'۵"	۱۰'۵"	۱۰'۵"	۹'۸"	۹'۸"	۹'۸"	۹'۰"	۹'۰"	۹'۰"	۸'۶"	۸'۶"	۸'۶"	۸'۶"	۸'۰"	۸'۰"	۷'۸"	۷'۸"	پهنای خارجی هوپر باردهی W/O هوپر باردهی با پهنای خارجی W/O
۱۶'۵"	۱۶'۵"	۱۶'۵"	۱۵'۶"	۱۵'۶"	۱۵'۶"	۱۵'۰"	۱۵'۰"	۱۵'۰"	۱۴'۶"	۱۴'۶"	۱۴'۶"	۱۴'۶"	۱۴'۰"	۱۴'۰"	۱۳'۸"	۱۳'۸"	
۳۳۱۲۵	۳۰۱۲۵	۲۷۴۷۵	۲۹۶۷۵	۲۶۹۰۰	۲۴۵۴۵	-	-	-	۲۴۰۵۰	۲۱۸۶۵	۱۹۸۷۵	۱۷۸۲۵	۱۶۰۹۵	۱۴۸۵۰	۱۴۶۲۵	۱۳۲۱۰	وزن خارجی هوپر باردهی W/O هوپر باردهی با وزن خارجی W/O
۴۷۸۷۵	۴۳۵۲۵	۳۸۱۷۵	۴۴۷۵۰	۴۰۶۷۵	۳۶۳۲۵	-	-	-	۲۶۵۷۵	۲۴۴۵۰	۳۰۷۵۰	۳۰۷۵۰	۲۶۱۰۰	۲۲۷۷۵	۲۲۲۲۵	۲۰۲۰۰	
۶۰	۶۰	۵۰/۶۰	۵۰	۵۰	۴۰/۵۰	۵۰	۵۰	۴۰/۵۰	۴۰	۴۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۲۰	۲۰	موتور الکتریکی- اسب بخار
-۷۰۰	-۷۰۰	-۷۰۰	-۵۷۵	-۵۷۵	-۵۷۵	-۵۰۰	-۵۰۰	-۵۰۰	-۴۵۰	-۴۵۰	-۴۵۰	-۴۵۰	-۴۰۰	-۴۰۰	-۳۲۵	-۳۲۵	محدوده ظرفیت (t/h)
۲۰۵۰	۲۰۵۰	۲۰۵۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۳۲۵	۱۳۲۵	۱۳۲۵	۱۳۲۵	۱۱۵۰	۱۱۵۰	۹۷۵	۹۷۵	
۶۰۰ تا ۵۰۰																	سرعت تغذیه کننده (RPM)

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	۴۲	۵۴	۶۰	۷۲	۶۰	۸۴	۶۰	۷۲	۸۴	۷۸	۹۶	۸۴	۱۰۸
توان مصرفی (وات)	۴۵۰	۴۷۰	۵۵۰	۹۵۰	۱۴۱۰	۱۴۱۰	۲۲۰۰	۱۸۸۰	۲۳۵۰	۲۸۲۰	۳۳۰۰	۳۷۶۰	۲۹۰۰	۴۷۰۰	۳۳۰۰	۳۳۰۰	۵۶۴۰	۴۶۰۰	۵۰۰۰
وزن تقریبی (پوند)	۴۳۰	۵۸۰	۴۷۰	۹۶۰	۱۳۰۰	۱۷۰۰	۲۳۰۰	۲۴۰۰	۲۸۵۰	۴۰۳۵	۴۱۰۰	۴۶۵۰	۷۰۰۰	۷۴۷۵	۸۰۰۰	۸۶۷۵	۱۰۴۰۰	۱۳۰۰۰	
ظرفیت (t/h)	۱۰۰	۱۸۰	۱۳۰	۱۸۰	۳۴۵	۴۱۵	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.

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، 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

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

این نشریه

اصول کلی و اطلاعات لازم به منظور تصمیم‌گیری در
انتخاب و محاسبه ظرفیت تجهیزات مورد استفاده در
کارخانه‌های کانه‌آرایی را ارائه می‌دهد.