

معرفی انواع ماشین‌های انباشت و برداشت در انبارهای بزرگ مواد فله

صمد کلانی

کارشناس ارشد مهندسی مکانیک و طراحی کارخانه، شرکت مهندسی روناک (رویش نامور ارمغان کویر)

samad.kalani@ronakco.com

واژگان کلیدی

انبار مواد فله
ماشین‌های انباشت و برداشت
روش‌های انباشت و برداشت
اثر اختلاط
همگن‌سازی

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۰۵/۲۸

چکیده

انبارهای بزرگ ذخیره مواد فله، کاربرد گسترده‌ای در صنایع مرتبط با این مواد دارند. این انبارها در صنایع سیمان، فولاد و معدن نقش مؤثری در عملکرد کارخانجات و ایستگاه‌های بارگیری مواد دارند. در اکثر موارد، برداشت و انباشت در این انبارها به صورت مکانیزه و با استفاده از ماشین‌های مخصوص این کار انجام می‌شوند. برای انتخاب درست ماشین‌های انباشت و برداشت، شناخت همه جوانب انبارها و این ماشین‌ها ضروری است. تلاش این مقاله معرفی انواع ماشین‌های انباشت و برداشت در انبارهای بزرگ است. برای این منظور، در ابتدا انواع این انبارها و روش‌های انباشت و برداشت معرفی شده‌اند. همچنین مبحث همگن‌سازی و اختلاط که در انبارهای بزرگ اهمیت دارد به صورت مقدماتی معرفی شده‌است. در بخش‌های بعدی سعی شده‌است که انواع پر کاربرد ماشین‌های انباشت، ماشین‌های برداشت و ماشین‌ها مرکب با شرح عملکرد و ذکر مشخصه‌های مؤثر در انتخاب آن‌ها معرفی شوند. در نهایت روند انتخاب نوع انبار و ماشین‌های مربوطه به صورت کلی ذکر شده‌است.

۱ مقدمه

نیاز به ذخیره سازی مواد فله^۱، همواره در صنایع مرتبط با اینگونه مواد احساس می‌شود. ذخیره کردن مواد ممکن است در مقیاس کوچک در مخازن فلزی و بتونی با ظرفیتی معادل چند دقیقه یا چند ساعت انجام شود. اما، در صناعی از قبیل سیمان، فولاد و فراوری مواد معدنی، انبار کردن مواد خام یا محصولات عموماً در انبارهای بزرگ روباز یا سرپوشیده انجام می‌شود که ظرفیتی معادل چند روز تا چند ماه دارند. این انبارها قبل از کارخانه‌ها برای ذخیره کردن مواد اولیه و بعد از کارخانه‌ها برای ذخیره کردن محصولات استفاده می‌شوند. وجود این انبارها این امکان را می‌دهد که تأثیر اختلال در تأمین مواد اولیه و خارج کردن محصولات بر کارخانه کم شود. به این ترتیب کارخانه می‌تواند به صورت پیوسته و یکنواخت فعال باشد. همچنین در ایستگاه‌های تخلیه و بارگیری قطار و کامیون و پایانه‌های بارگیری و تخلیه در بنادر استفاده از چنین انبارهایی برای ذخیره مواد فله برای مدیریت رفت و آمد و کاهش زمان انتظار کشتی‌ها، قطارها و کامیون‌ها مفید است و باعث بالا رفتن کارایی پایانه‌ها می‌شود.

برای انباشت و برداشت مواد در اینگونه انبارها عموماً از تجهیزاتی به نام استکر^۲ و ریکلیمر^۳ استفاده می‌شود. در این نوشتار این تجهیزات به ترتیب ماشین انباشت و ماشین برداشت نامیده می‌شوند. عملکرد صحیح و یکنواخت این ماشین‌ها، جریان یکنواخت مواد را در ورود به این انبارها یا خروج از آن‌ها تضمین می‌کند و تأثیر قابل توجهی بر عملکرد مناسب و کارایی کارخانجات و تأسیسات تخلیه و بارگیری قبل یا بعد از آن‌ها خواهد داشت. به همین دلیل

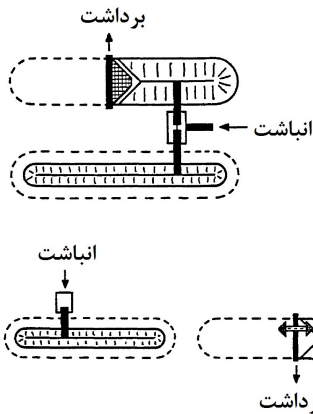
انتخاب این ماشین‌ها باید به صورت صحیح و با شناخت کامل نسبت به آن‌ها انجام گیرد.

نویسندگان مختلف از جنبه‌های متفاوتی به ماشین‌های انباشت و برداشت پرداخته‌اند. از میان مواردی که می‌توان برای معرفی و آشنایی با این ماشین‌ها از آن‌ها بهره جست موارد زیر قابل ذکر هستند. بوچر [۱] اختلاط و همگن‌سازی مواد خام را بررسی کرده‌است و برای این منظور به معرفی و بررسی روش‌ها و ماشین‌های انباشت و برداشت پرداخته است. ون هورسن [۲] پیش از بررسی چرخ بیل بازویی و انباشت و برداشت مواد بوسیله آن، ماشین‌ها و روش‌های انباشت و برداشت را معرفی کرده است. چهرگانی و رحیم پور [۳] این ماشین‌ها را در صنعت سیمان معرفی کرده‌اند. مولر [۴] تأثیر روش‌ها و ماشین‌های انباشت و برداشت را بر اثر اختلاط بررسی کرده‌است. گرسنل [۵] به بررسی همگن‌سازی مواد فله در بسترهای همگن‌ساز پرداخته‌است.

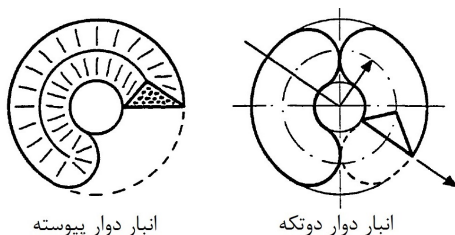
در این نوشتار سعی شده‌است انواع مختلف این تجهیزات با ذکر مزایا و معایب معرفی شوند. پیش از آن، انواع انبارها و روش‌های انباشت و برداشت به ترتیب در بخش‌های ۲، ۳ و ۴ تشریح می‌شوند. با توجه به اهمیت همگن‌سازی مواد در انبارها و نقش مهمی که در انتخاب ماشین‌های انباشت و برداشت دارد، در بخش ۵ مفهوم اثر اختلاط معرفی و به صورت مقدماتی تشریح شده است. در بخش ۶ انواع ماشین‌های انباشت، در بخش ۷ انواع ماشین‌های برداشت و در بخش ۸ ماشین‌های انباشت و برداشت مرکب معرفی شده‌اند و سعی شده‌است تا اهم مزایا و معایب هر کدام به اختصار بیان شوند. در بخش ۹ مقدمه‌ای از روند انتخاب نوع انبار و روش و ماشین انباشت و برداشت گنجانده شده است. هدف این مقاله معرفی کلی این ماشین‌ها بوده

¹Bulk Material²Stacker³Reclaimer

زیادی تولید می‌کنند باد کم ممکن است الزام به استفاده از پوشش ایجاد کند در صورتی که مواد درشت یا مرطوبی که غبار نداشته باشند برای باد زیاد هم نیاز به پوشش نداشته باشند. در برخی موارد نیز ممکن است حساسیت به افزایش رطوبت زیاد نباشد و حتی با وجود باران خیز بودن منطقه، نیازی به سر پوشیده کردن انبار وجود نداشته باشد.



شکل ۱: انبار خطی در دو آرایش موازی (بالا) و در طول هم (پایین) [۱]



شکل ۲: انبار دوار در دو آرایش پیوسته (چپ) و دو تکه (راست) [۱]

۳.۲ عمق انبار

انبارهای بزرگ عموماً روی زمین در نظر گرفته می‌شوند اما در مواردی که مواد انبار شده روان^۲ یا چسبنده^۴ باشند انبار در گودال قرار می‌گیرد. برای مواد آبدار، ممکن است تمهیداتی برای هدایت و خروج آب در نظر گرفته شود.

۳ روش‌های انباشت

مواد فله را به روش‌های مختلفی می‌توان انباشت کرد. انتخاب روش انباشت از این جهت حائز اهمیت است که از طرفی بر میزان اختلاط مواد و از طرف دیگر بر هزینه تجهیزات اثر دارد. در شکل ۳ انواع روش‌های انباشت نشان داده شده و در ادامه تشریح شده‌اند.

۱.۳ مخروطی^۵

در این روش مواد به صورت مخروط‌های پشت سر هم انباشت می‌شود. به این ترتیب که ابتدا یک مخروط کامل از مواد ایجاد می‌شود و سپس ماشین انباشت (به بخش ۶ مراجعه شود) کمی جابجا می‌شود تا مخروط دیگری در

تا خواننده بتواند پس از دریافت دید کلی و شناخت عملکرد هر کدام از این تجهیزات و روشها، به مطالعه بیشتر در موارد مورد نظر خود بپردازد. البته همین اطلاعات هم می‌تواند در بسیاری از موارد راهگشای مدیران و طراحان برای تصمیم‌گیری‌های کلی باشد.

۲ انواع انبارها

انبارهای بزرگ را از چند منظر می‌توان تقسیم‌بندی کرد. لازم به ذکر است که در این نوشتار به مخازن فلزی و بتونی پرداخته نمی‌شود و فقط انبارهای بزرگ مد نظر خواهند بود.

۱.۲ هندسه انباشت

انبارها ممکن است خطی^۱ یا دوار^۲ باشند. در انبارهای خطی انباشت مواد در طول یک خط یا خطوط موازی انجام می‌شود. به این ترتیب هندسه دپوی مواد از بالا به صورت مستطیل یا مستطیلی که دو ضلع کوچکش با دو نیم دایره جایگزین شده خواهد بود. این انبارها ممکن است به صورت دوتایی (یکی در حال انباشت و دیگری در حال برداشت) یا چند تایی در طول هم یا به موازات هم قرار گیرند (شکل ۱).

نوع دیگری از انبارها، انبارهای دوار هستند که در آن‌ها انباشت مواد در طول محیط یک دایره انجام می‌شود. هندسه دپوی مواد به صورت دونات یا قلوه خواهد بود. در صورتی که انباشت به صورت کامل در طول دایره صورت گیرد و تا اتمام انباشت، برداشتی انجام نشود، شکل حاصل (از بالا) به صورت دونات خواهد بود. اگر با شروع انباشت و پس از گذشت مدتی از آن برداشت شروع شود، شکل حاصل به صورت قلوه خواهد بود.

در حالت دوم انباشت باید به گونه‌ای انجام گیرد که تداخلی با ماشین برداشت پیدا نکند. همچنین دپوی انبار ممکن است به صورت پیوسته یا دوتکه باشد (شکل ۲).

مزیت انبارهای دوار اشغال فضای کمتر نسبت به انبارهای خطی است. به همین دلیل در کاربردهایی که محدودیت فضا یا الزام به سرپوشیده بودن انبار وجود دارد انتخاب انبار دوار اولین گزینه است. البته ظرفیت انبار دوار محدود است و از این نظر نمی‌تواند برای ظرفیت‌های بالا جایگزین انبار خطی باشد.

در ادامه این نوشتار، هر جا کلمه انبار به تنهایی ذکر شده باشد، به انبار خطی اشاره خواهد داشت.

۲.۲ پوشش

انبارها ممکن است روباز یا سر پوشیده باشند. استفاده از پوشش ممکن به خاطر خصوصیات مواد انبار شده یا به خاطر شرایط جوی و محیطی محل انبار باشد. انبارهایی که در مناطق دارای وزش باد یا بارندگی شدید واقع شده‌اند، معمولاً به صورت سرپوشیده ساخته می‌شوند. البته در کنار این موارد باید خصوصیات مواد انبار شده را هم در نظر گرفت. برای مواد پودری که غبار

^۱Longitudinal Pile ^۲Circular Pile ^۳Free Flowing ^۴Sticky ^۵Cone Shell

است که مترادف با افزایش استهلاک است. اما در مقایسه با روش‌های انباشت هشتی نامتقارن و ردیفی دستگاه کوچک‌تر و در نتیجه ارزان‌تری حاصل خواهد شد.

۳.۳ هشتی نامتقارن^۲

اگر روند تشریح شده برای روش هشتی به صورت نامتقارن انجام شود انباشت را می‌توان هشتی نامقارن خواند. به این ترتیب که ردیف اول نه در خط وسط بلکه در خط کناری انبار که از تجهیز انباشت دورتر است انجام می‌شود و پس از آن لایه‌ها فقط در یک سمت ردیف اول انباشت می‌شوند (شکل ۳).

این روش برای استفاده با روش برداشت از کنار مناسب است و به همین دلیل است که نامتقارن بودن به سمت دورتر از دستگاه انباشت است. به علاوه دستگاه انباشت باید قابلیت چرخش^۳ هم داشته باشد تا بتواند در فواصل مختلف انباشت را انجام دهد. این موارد سبب بزرگ شدن و گران شدن دستگاه انباشت نسبت به روش‌های هشتی متقارن و مخروطی می‌شوند.

۴.۳ روش ردیفی^۴

در روش ردیفی ابتدا کف انبار با چند ردیف موازی از مواد پوشانده می‌شود. یعنی یک ردیف در خط کنار انبار ایجاد می‌شود و سپس ردیف دیگری در کنار آن قرار می‌گیرد و این روند ادامه می‌یابد تا ردیف‌ها به کناره دیگر انبار برسند. سپس روی این ردیف‌ها، ردیف‌های دیگر قرار می‌گیرند. در واقع، مواد به صورت لایه‌های افقی روی هم قرار می‌گیرند تا شکل مقطع مثالی ایجاد شود و انبار تکمیل شود. (شکل ۴) می‌توان این روش را با روش هشتی ترکیب کرد. به این ترتیب که با تقسیم عرض کف انبار به چند قسمت، در هر کدام یک انباشت به صورت هشتی انجام شود. سپس فضای بین آنها به همین شکل پر شده و این روند تا تکمیل انبار ادامه یابد.

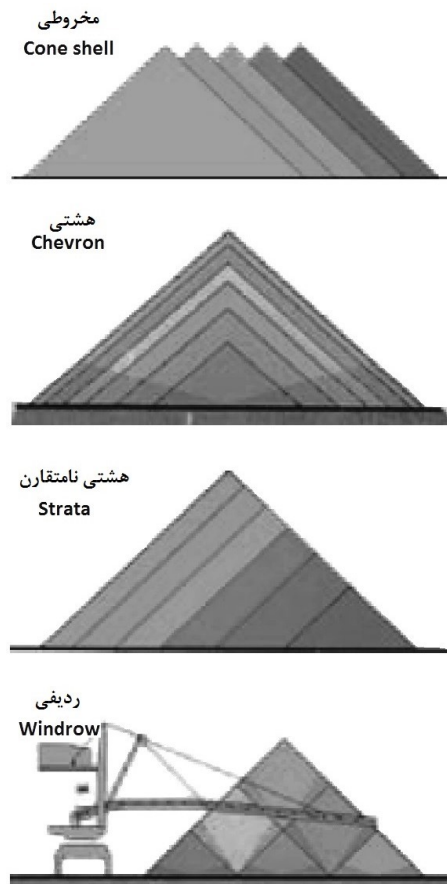
این روش نیز، همانند روش هشتی، در ترکیب با روش برداشت از مقطع می‌تواند همگن‌سازی خوبی تأمین کند. مزیت این روش عدم تفکیک^۵ مواد ریز و درشت است.

در روش هشتی مواد درشت‌تر به سمت کناره‌های انبار متمایل می‌شوند اما در روش ردیفی تفکیکی از این بابت وجود ندارد. همین مسأله باعث می‌شود که این روش برای مواردی که دو موضوع همگن‌سازی مواد و عدم تفکیک مواد درشت به صورت توأمان حائز اهمیت باشند استفاده گردد. البته در این روش ماشین انباشت گرانتر و هزینه نگهداری آن بیشتر است. زیرا، ماشین انباشت برای رسیدن به کناره‌های انبار باید بزرگتر باشد و به علاوه به دلیل حرکت بیشتری که نسبت به روش‌های دیگر باید داشته باشد، استهلاک آن و در نتیجه هزینه بهره‌برداری آن نیز بیشتر خواهد بود.

۴ روش‌های برداشت

برداشت مواد از انبار به روش‌هایی که در ادامه تشریح می‌شوند قابل انجام است. اگر اختلاط مواد حائز اهمیت باشد، لازم است روش انباشت و روش برداشت به صورت توأمان انتخاب شوند.

کنار آن ایجاد کند. به همین ترتیب مخروط‌ها پشت سر هم شکل می‌گیرند تا انبار تکمیل شود (شکل ۳).



شکل ۳: روش‌های انباشت. به ترتیب از بالا به پایین: مخروطی، هشتی، هشتی نامتقارن، ردیفی [۴]

مزیت این روش حرکت کم ماشین انباشت است. [۱] روش انباشت مخروطی بهتر است به همراه روش‌های برداشت از کنار (به بخش ۴ مراجعه شود) استفاده شود، چون در صورت استفاده به همراه روش برداشت از مقطع، لایه‌های کمی از مواد مخلوط می‌شوند و راندمان همگن‌سازی (به بخش ۵ مراجعه شود) کم خواهد بود. [۴] به هر حال در صورت استفاده از این روش انباشت نباید انتظار راندمان همگن‌سازی قابل توجهی را داشت. این روش معمولاً در مواقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که راندمان همگن‌سازی اهمیتی نداشته باشد [۱].

۲.۳ هشتی^۱

در این روش ابتدا یک ردیف از مواد در طول خط مرکز انبار ریخته می‌شود. این کار با حرکت تجهیز انباشت در طول پایل اتفاق می‌افتد. سپس با حرکت معکوس تجهیز انباشت لایه‌ای از مواد روی ردیف اول ریخته می‌شود. لایه‌ها به همین شکل روی هم انباشت می‌شوند تا انبار تکمیل شود (شکل ۳).

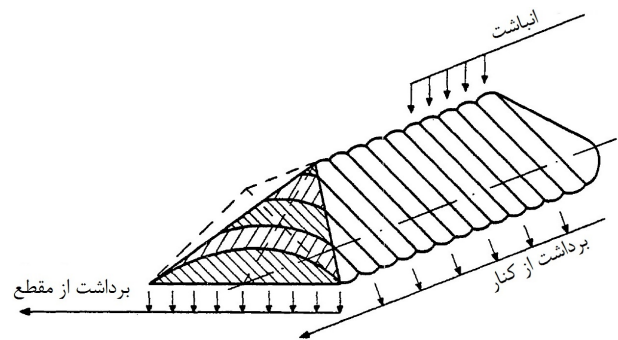
ترکیب این روش انباشت با روش برداشت از مقطع می‌تواند همگن‌سازی خوبی تأمین کند و ساده‌ترین روش برای حصول یک همگن‌سازی قابل قبول است. در این روش حرکت دستگاه انباشت نسبت به روش مخروطی بیشتر

¹Chevron ²Strata ³Slewing ⁴Windrow ⁵Segregation

۱.۴ برداشت از مقطع^۱

به مشخصات مواد و ظرفیت مورد نیاز انتخاب می‌شود. عموماً یک تونل در خط مرکز انبار طولی احداث می‌شود. این روش به دلیل سادگی تجهیزات و استهلاک کم آن‌ها، ضریب دسترسی بهتری نسبت به روش‌های دیگر دارد. مشکل اصلی این روش وجود حجم مرده در انبار است. برای کم کردن این مشکل معمولاً از چند فیدر در نقاط مختلف در طول تونل استفاده می‌شود. همچنین ممکن است از دو یا چند تونل استفاده شود. با اینکه به کمک لودر این بار مرده از کناره‌ها به وسط انبار هدایت شود. همچنین نمی‌توان انتظار اختلاط قابل توجهی در این روش داشت هرچند با انتخاب روش انباشت مناسب می‌توان به حدی از اختلاط دست یافت.

در این روش برداشت از یک سمت انبار شروع شده و در هر مرحله یک لایه از مقطع انبار (سطح مثلثی شکل) برداشت می‌شود. این روش رایج‌ترین روش برداشت است و ترکیب آن با روش‌های انباشت هشتی و ردیفی می‌تواند اختلاط خوبی ایجاد کند. ماشین‌هایی که می‌توانند به این روش برداشت را انجام دهند شامل اسکرپر پلی، چرخ بیل پلی، چرخ بیل بازویی و بشکه‌ای هستند که در بخش ۷ معرفی خواهند شد (شکل ۴).



شکل ۴: روش‌های برداشت از مقطع و کنار [۱]

۲.۴ برداشت از کنار^۲

هرچند وظیفه اصلی انبارهای مواد فله ذخیره‌سازی مواد اولیه یا محصولات است، انبار می‌تواند وظیفه همگن‌سازی یا اختلاط را نیز به عهده گیرد. به طور کلی یک انبار مواد فله معمولی می‌تواند سه کارکرد داشته باشد: ذخیره‌سازی^۳، اختلاط^۵ و همگن‌سازی^۶ [۲].

- **ذخیره‌سازی** مواد برای تضمین تأمین پیوسته مواد خام یا تولید پیوسته محصول در حالی که تأمین مواد خام یا خروج محصول به صورت پیوسته انجام نگیرد.
- **اختلاط** دو یا چند ماده مختلف با خصوصیات فیزیکی یا شیمیایی متفاوت با هم با نسبت‌های مورد نیاز به صورتی که در نهایت خروجی انبار خصوصیت مورد نظر را به صورت نسبتاً یکنواخت داشته باشد.
- **همگن‌سازی** مواد ورودی به انبار با انباشت و برداشت هوشمندانه مواد به صورتی که تغییرات خصوصیات در بار ورودی از بین رفته و بار خروجی از انبار همگن باشد.

همگن‌سازی و اختلاط در انبارهای مواد اولیه از اهمیت بالایی برخوردار هستند. زیرا تغییر در خصوصیات بار ورودی به کارخانه سبب بروز اختلال در عملکرد کارخانه می‌شود که ممکن است منجر به کاهش راندمان یا توقف کارخانه شود. هرچند حساسیت کارخانجات مختلف به خصوصیات مواد اولیه متفاوت است و تغییر خصوصیات در مواد اولیه در موارد مختلف متفاوت است، در اکثر موارد نیاز به یک بستر برای اختلاط و/یا همگن‌سازی وجود دارد. این وظیفه عموماً بر عهده انبار است. به همین دلیل گاهی انبارهای بزرگ مواد فله با نام بستر همگن‌سازی^۷ هم نامیده می‌شوند. با توضیحات بالا، بررسی تأثیر روش‌ها و ماشین‌های انباشت و برداشت روی اختلاط و همگن‌سازی از اهمیت بالایی برخوردار است. در رابطه (۱) کمیتی برای اندازه‌گیری اثر همگن‌سازی معرفی شده است [۵].

$$H = \frac{S_{\alpha}}{S_{\beta}} \quad (1)$$

که در آن S_{α} انحراف معیار خصوصیات در بار ورودی، و S_{β} انحراف معیار خصوصیات در بار خروجی از انبار هستند. این کمیت H را می‌توان راندمان اختلاط [۱]، اثر اختلاط^۸ [۶]، اثر همگن‌سازی^۹ [۷] یا راندمان همگن‌سازی^{۱۰} [۴] خواند.

در برداشت از کنار، در هر مرحله یک لایه از کنار انبار برداشت می‌شود. به این ترتیب ماشین برداشت در هر مرحله یک بار طول انبار را طی می‌کند (شکل ۴). این روش عموماً به همراه روش انباشت مخروطی استفاده می‌شود. اسکرپر دروازه‌ای و چرخ بیل بازویی ماشین‌هایی هستند که می‌توانند به این روش برداشت را انجام دهند. این دستگاه‌ها در بخش ۷ معرفی خواهند شد.

۳.۴ برداشت از بالا

در این روش برداشت از بالای انبار انجام می‌شود. این روش تنها با استفاده از ماشین برداشت چرخ بیل بازویی (به بخش ۷ مراجعه شود) امکان پذیر است. (شکل ۵).



شکل ۵: برداشت از بالا با استفاده از چرخ بیل بازویی [۲]

۴.۴ برداشت از زیر

یکی از ساده‌ترین روش‌های برداشت، برداشت از زیر با استفاده از فیدر^۳ است. در این حالت در زیر انبار تونل احداث می‌شود و یک یا چند فیدر مواد را از زیر انبار به روی یک نوار نقاله منتقل می‌کنند. نوع فیدر با توجه

¹Front Reclaiming ²Side Reclaiming ³Feeder ⁴Storing or Buffering. ⁵Blending or Composing ⁶Homogenizing ⁷Blending Bed
⁸Blending Efficiency ⁹Blending Effect ¹⁰Homogenizing Effect

انباشت نشان داده شده است.



شکل ۶: ماشین انباشت بازویی طولی [۸]

علاوه بر ویژگی‌های ذکر شده در بالا، این ماشین ممکن است قابلیت چرخش حول محور عمودی^۵ را نیز داشته باشد تا به نقاط بیشتری از انبار دسترسی داشته باشد. در صورتی که این قابلیت وجود نداشته باشد، ریزش مواد فقط روی یک خط (خط مرکز انبار) امکان‌پذیر خواهد بود و امکان انباشت تنها به روش‌های مخروطی و هشتی وجود خواهد داشت. در صورتی که امکان چرخش بازو حول محور عمودی نیز وجود داشته باشد و البته طول بازو نیز به اندازه‌ای باشد که بتواند به انتهای عرض انبار دسترسی داشته باشد، امکان انباشت به روش‌های هشتی نامتقارن و ردیفی نیز فراهم خواهد بود. با استفاده از چنین ماشینی امکان انباشت با تمامی روش‌ها مهیا خواهد بود. در برخی از این ماشین‌ها، امکان تغییر زاویه بازو وجود ندارد و ارتفاع خروجی نقاله ثابت است. در این حالت ارتفاع ریزش زیاد سبب ایجاد غبار فراوان خواهد شد. همچنین ارتفاع ریزش زیاد باعث تفکیک مواد ریز و درشت خواهد شد که اثر اختلاط را کاهش خواهد داد. در مورد مواد شکننده که شکستن آن‌ها مطلوب نباشد نیز استفاده از چنین ماشینی مطلوب نخواهد بود.

در انتخاب قابلیت‌ها برای این نوع ماشین باید به این اصل کلی توجه کرد که هرچه ماشین پیچیده‌تر باشد، هزینه اولیه و هزینه بهره‌برداری بیشتر و احتمال توقف کار در اثر بروز خرابی بیشتر خواهد بود. همچنین در جانمایی این ماشین باید فضای لازم برای وزنه تعادلی متصل به پشت بازو را در نظر گرفت.

۲.۶ ماشین انباشت بازویی دوار^۶

تفاوتی که این ماشین با ماشین انباشت بازویی طولی دارد این است که بازو حرکت خطی ندارد بلکه حول محور عمودی مرکز انبار دوران می‌کند تا بتواند مواد را در انبار دوار انباشت کند. در این ماشین مواد توسط نقاله ای که از بالای انبار رد می‌شود به مرکز انبار رسانده شده و روی نوار بازو می‌ریزد. در شکل ۷ این ماشین انباشت به همراه یک ماشین برداشت در یک انبار دوار نشان داده شده است.

در این ماشین نیز ممکن است امکان چرخش بازو حول محور افقی یعنی تغییر زاویه بازو وجود نداشته باشد که باعث می‌شود ارتفاع خروجی نقاله ثابت باشد. از آنجا که بسیاری از انبارهای دوار سرپوشیده هستند، ممکن

محاسبه اثر همگن‌سازی با توجه به نوع انبار و روش انباشت و برداشت با استفاده از مدل‌سازی انجام می‌شود. علاوه بر نوع انبار و روش‌های انباشت و برداشت، نوع ماشین‌های انباشت و برداشت هم بر اثر همگن‌سازی تأثیر دارند. نکته قابل توجه در این مورد این است که ترکیب روش‌ها و ماشین‌های انباشت و برداشت است که روی اثر همگن‌سازی تأثیر دارد و نمی‌توان یکی از روش‌ها و ماشین‌های انباشت یا برداشت را بدون در نظر گرفتن دیگری بررسی و انتخاب کرد.

برای موادی که از نظر دانه بندی یکنواخت نیستند، توجه به تفکیک مواد از نظر دانه بندی^۱ حائز اهمیت است. در این حالت ممکن است انبار در جهت عکس همگن‌سازی عمل کند. چنین حالتی در روش‌های انباشت مخروطی و هشتی ممکن است رخ دهد خصوصاً اگر ارتفاع ریزش مواد زیاد باشد. ریختن مواد از بالا باعث حرکت مواد درشت تر به سمت کناره‌های انبار و ماندن مواد ریزتر در وسط مقطع انبار خواهد شد.

در جدول ۱ اثر اختلاط قابل حصول در حالت‌های مختلف انبارها مقایسه شده‌اند.

کلیه ماشین‌های برداشت ذکر شده در جدول ۱ در ادامه این نوشتار معرفی خواهند شد. از بین این ماشین‌ها، فقط اسکرپر دروازه‌ای به روش برداشت از کنار عمل می‌کند و بقیه ماشین‌ها برداشت ذکر شده در جدول ۱ به روش برداشت از مقطع عمل می‌کنند. همان‌طور که در جدول ۱ قابل مشاهده است، ترکیب روش انباشت هشتی و برداشت از مقطع می‌تواند بهترین اثر اختلاط را داشته باشد. اما استفاده از روش انباشت هشتی سبب تفکیک مواد از نظر دانه بندی خواهد شد. برای پرهیز از این تفکیک، می‌توان از ترکیب روش انباشت ردیفی با برداشت از مقطع استفاده کرد. در صورتی که اثر اختلاط و تفکیک اهمیت چندانی نداشته باشند، می‌توان از ترکیب روش انباشت مخروطی و برداشت از کنار هم استفاده کرد. نکته‌ای که در این جدول قابل ملاحظه است اثری است که نوع ماشین برداشت بر اثر اختلاط دارد. توضیحات بیشتر در ادامه همین نوشتار در خلال معرفی این ماشین‌ها آمده است.

۶ انواع ماشین‌های انباشت (استکرها)

برای انباشت مواد در انبارها تا کنون ماشین‌های مختلفی طراحی و ساخته شده‌اند. در ادامه رایج‌ترین انواع این ماشین‌ها معرفی خواهند شد. علاوه بر این ماشین‌ها، ممکن است مواد توسط کامیون در انبار انباشت شوند که در این نوشتار به آن‌ها پرداخته نمی‌شود.

۱.۶ ماشین انباشت بازویی طولی^۲

این شاید رایج‌ترین نوع ماشین انباشت باشد. در این ماشین، مواد از طریق گاری^۳ نصب شده روی یک نوار نقاله روی نقاله دیگری می‌ریزد تا بوسیله آن در انبار در جای مناسب ریخته شود. نوار دوم روی یک سازه نصب شده که می‌تواند حول محور افقی دوران کرده و تغییر زاویه دهد^۴ تا ارتفاع خروجی نقاله تغییر کند. کل این مجموعه شامل گاری و نوار بازو، می‌تواند روی ریل‌هایی در طول انبار حرکت کند. در شکل ۶ یک نمونه از این ماشین

^۱Size Segregation ^۲Boom Type Longitudinal Stacker ^۳Tripper ^۴Luffing ^۵Slewing ^۶Boom Type Circular Stacker

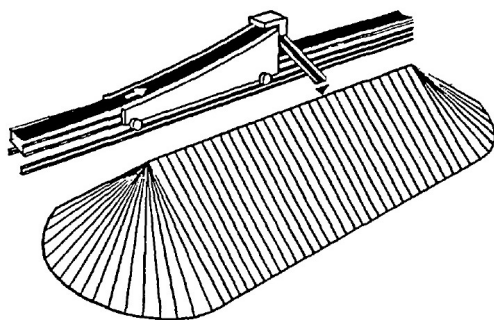
جدول ۱: مقایسه ترکیب‌های مختلف انباشت و برداشت از دیدگاه اثر اختلاط [۴]

ماشین برداشت	نوع مواد*	نرخ مواد تن بر ساعت	روش انباشت	اثر اختلاط	تفکیک مواد
اسکرپر دروازه‌ای	۱	تا ۲۴۰۰	مخروطی و هشتی	حد اکثر ۱:۲	دارد
	۲		هشتی نامتقارن	۱:۳ تا ۱:۴	تا اندازه‌های
چرخ بیل بازویی	۱	تا ۱۲۰۰۰	هشتی	۱:۴ تا ۱:۵	دارد
	۲		ردیفی	۱:۵ تا ۱:۶	ندارد
اسکرپر پلی	۱	تا ۲۰۰۰	هشتی	۱:۱۰	دارد
	۲		هشتی	۱:۴ تا ۱:۸	دارد
چرخ بیل پلی	۱	تا ۱۰۰۰۰	هشتی	۱:۴ تا ۱:۸	دارد
	۲		ردیفی	۱:۴ تا ۱:۸	ندارد
بشکه‌ای	۱ و ۲	تا ۵۰۰۰	هشتی	۱:۹ تا ۱:۱۰	دارد

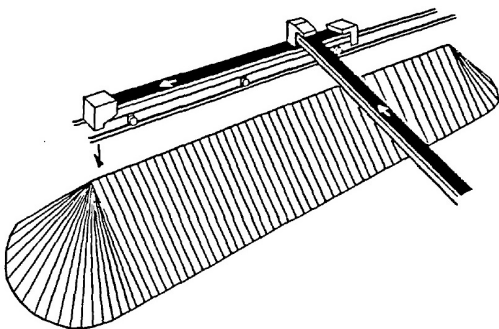
* ۱: مواد روان، اندازه ذرات کوچکتر از ۱۲۰ میلیمتر. ۲: مواد چسبنده، اندازه ذرات بزرگتر از ۱۲۰ میلیمتر

در حالت اول، نقاله‌ای که مواد را به انبار می‌آورد در راستای خط مرکز انبار به بالای انبار و زیر سقف می‌رود و در این قسمت یک گاری روی این نوار نصب شده که در طول انبار حرکت می‌کند و مواد را به نقاط مختلف در خط مرکز انبار می‌ریزد (شکل ۹ الف).

در حالت دوم، نقاله‌ای که مواد را به انبار می‌آورد در هر راستایی که باشد مواد را به مرکز انبار می‌رساند و روی یک نقاله متحرک معکوس شونده می‌ریزد تا از روی این نقاله به نقاط مختلف در خط مرکز انبار ریخته شود (شکل ۹ ب).



(الف)



(ب)

شکل ۹: ماشین‌های انباشت از سقف [۱]

ماشین انباشت از سقف به دلیل ساده بودن، هزینه اولیه و بهره برداری کمتری نسبت به ماشین بازویی خطی دارد. البته فقط در انبارهای خطی سرپوشیده می‌توان از این نوع ماشین استفاده کرد. در نتیجه هزینه احداث پوشش هم در حقیقت بخشی از هزینه‌ها محسوب می‌شود و در حالتی که دلیل دیگری برای سرپوشیده کردن انبار وجود نداشته باشد، استفاده از این ماشین ممکن است مقرون به صرفه نباشد.

است بازوی این ماشین علاوه بر سازه مرکزی، بر روی ریل نصب شده در دیواره انبار هم تکیه داشته باشد. این کار می‌تواند باعث سبک شدن ماشین و امکان افزایش قطر انبار شود.

**شکل ۷:** ماشین انباشت بازویی دوار به همراه ماشین برداشت اسکرپر پلی در یک انبار دوار [۹]

۳.۶ پخش کننده^۱

این ماشین در واقع یک ماشین انباشت بازویی است که روی یک چرخ زنجیر نصب شده است و امکان حرکت در جهات دلخواه را دارد. نقاله ورودی از یک یا چند نقاله تشکیل شده که آنها هم باید قابلیت جابجا شدن را داشته باشند. (شکل ۸) با استفاده از این ماشین، فارغ از هندسه انبار، در هر نقطه از آن می‌توان انباشت مواد را انجام داد. این ماشین برای انباشت باطله در محلی وسیع خصوصاً در مواردی که نیازی به برداشت نباشد رایج است.

**شکل ۸:** پخش کننده [۱۰]

۴.۶ ماشین انباشت از سقف

این ماشین در انبارهای خطی سرپوشیده قابل استفاده است. دو حالت برای این ماشین وجود دارد.

^۱ Spreader

کنترل میزان مواد برداشت شده، استفاده از این ماشین برای برداشت از مقطع توصیه نمی‌شود [۱].

در مواردی که نرخ برداشت مواد زیاد باشد می‌توان از این ماشین با دو نقاله زنجیری در کنار هم استفاده کرد. برای انبارهای با عرض زیاد دو نقاله به صورت قرینه در دو طرف انبار می‌تواند استفاده شود. در انبارهایی که عرض کمی دارند می‌توان به جای پل که در دو طرف انبار نیاز به ریل داشته باشد از یک طرف انبار نقاله زنجیری را مهار کرد. چنین ماشینی را می‌توان ماشین برداشت اسکرپر جانبی^۲ نامید. از همین ماشین برای برداشت از انبار دوار نیز می‌توان استفاده کرد.

۲.۷ ماشین برداشت اسکرپر پلی^۵

در این نوع ماشین برداشت، یک نقاله زنجیری مشابه با اسکرپر دروازه‌ای وجود دارد با این تفاوت که نقاله زنجیری در این ماشین تغییر زاویه نمی‌دهد و در پایین‌ترین حالت قرار دارد. یک شبکه مثلثی شکل به کنار این نقاله زنجیری متصل است که به کمک چنگال‌های متصل به آن مواد را از مقطع انبار می‌خراشد تا به سمت نقاله زنجیری سرازیر شود. در شکل ۱۱ یک اسکرپر پلی دوطرفه در یک انبار خطی نشان داده شده است.



شکل ۱۱: اسکرپر پلی دوطرفه [۱۱]

دو طرفه بودن این امکان را می‌دهد که در یک انبار خطی دو تکه با اتمام برداشت از یک تکه از انبار، در کمترین زمان برداشت از تکه دیگر آغاز شود. به این ترتیب زمان توقف برداشت به حداقل می‌رسد که برای کارخانه با تجهیزات بعد از انبار اهمیت بسزایی دارد. مشابه همین ماشین برداشت انبار دوار در شکل ۷ نشان داده شده است. از این ماشین تنها می‌توان برای برداشت از مقطع استفاده کرد.

این ماشین برداشت متداول‌ترین ماشینی است که برای برداشت مواد از انبارهای مواد فله استفاده می‌شود [۱]. علت این موضوع در یکنواختی و قابلیت کنترل جریان مواد و اختلاط مناسب مواد با استفاده از این ماشین نهفته است. استفاده از این ماشین در انبار دوار نیز رایج است.

۳.۷ چرخ بیل بازویی^۶

این ماشین برداشت شباهت زیادی به ماشین انباشت بازویی طولی دارد با این تفاوت که روی نوک بازوی آن یک چرخ با تعدادی بیل نصب است که با

مشکلات ناشی از ارتفاع ریزش زیاد که در بخش ۱.۶ توضیح داده شد در این ماشین انباشت وجود دارد. برای کم کردن اثر ارتفاع ریزش می‌توان از شوت^۱ تلسکوپی آبخاری استفاده کرد.

لازم به ذکر است در حالت‌های ذکر شده امکان انباشت به روش‌های مخروطی و هشتی وجود دارد. برای اینکه امکان برداشت به روش‌های ردیفی و هشتی نامتقارن فراهم شود می‌توان دو حالت مذکور را ترکیب کرد یا از شوت متحرک استفاده کرد. البته در این صورت با توجه به پیچیده شدن، استفاده از ماشین انباشت بازویی خطی ارجح است.

۷ انواع ماشین‌های برداشت (ریکلیمرها)

ماشین‌های برداشت تنوع بیشتری نسبت به ماشین‌های انباشت دارند. در ادامه رایج‌ترین انواع آنها معرفی شده‌اند. هر چند این ماشین‌ها برای برداشت هم از انبارهای خطی و هم دوار استفاده می‌شوند، در ادامه برای حفظ اختصار توضیحات فقط برای انبارهای خطی داده می‌شوند.

علاوه بر روش‌های مذکور در این بخش، ممکن است مواد بدون استفاده از ماشین‌های برداشت و با استفاده از لودر و کامیون نیز از انبار برداشت شوند. این روش ممکن است در زمان خرابی دستگاه‌های برداشت استفاده شود یا اینکه از ابتدا برداشت با لودر و کامیون برای انبار در نظر گرفته شده باشد.

۱.۷ ماشین برداشت اسکرپر دروازه‌ای^۲

این ماشین از یک نقاله زنجیری^۳ تشکیل شده است که پاروهایش مواد را به سمت کنار انبار و نقاله خروجی هدایت می‌کند. این نقاله زنجیری می‌تواند حول نقطه‌ای در نزدیکی نقاله خروجی بچرخد و تغییر زاویه دهد. یک سازه دروازه‌ای مثلثی شکل روی انبار قرار می‌گیرد و در قسمت بالایی آن یک جرثقیل نصب شده که نقاله زنجیری را نگه می‌دارد و زاویه‌اش را تغییر می‌دهد. کل این مجموعه روی ریل‌هایی در طول انبار می‌تواند حرکت کنند. در شکل ۱۰ یک اسکرپر دروازه‌ای نشان داده شده است.



شکل ۱۰: اسکرپر دروازه‌ای [۹]

از این ماشین برای برداشت از کنار (مراجعه کنید به بخش ۴ روش‌های برداشت) استفاده می‌شود. هر چند می‌توان از آن برای برداشت از مقطع هم استفاده کرد اما به دلیل استهلاک بالای ماشین در این حالت و عدم امکان

^۱Chute ^۲Portal Scraper Reclaimer ^۳Chain Conveyor ^۴Side Scraper Reclaimer ^۵Bridge Scraper Reclaimer ^۶Boom Bucket Wheel

می‌توان به اثر اختلاط بسیار خوبی دست یافت چرا که برداشت مواد به صورت کاملاً یکنواخت از مقطع انجام می‌شود. با این حال به دلیل پیچیدگی مکانیزم و پر هزینه بودن این ماشین استفاده از آن رواج نسبتاً کمی دارد. در سال‌های اخیر با پیشرفت‌های حاصل شده در فناوری استفاده از این ماشین رواج بیشتری پیدا کرده است. مشکل دیگر این ماشین محدودیت ظرفیت است. از طرفی به دلیل سرعت کم چرخش بشکه امکان رسیدن به ظرفیت‌های بالا وجود ندارد و از طرف دیگر به دلیل پر هزینه بودن، استفاده از آن در ظرفیت‌های پایین مقرون به صرفه نیست. در نتیجه از این ماشین در محدوده ظرفیتی کوچکی استفاده می‌شود.



شکل ۱۲: چرخ بیل بازویی [۱۲]



شکل ۱۳: چرخ بیل پلی دوتایی [۱۳]



شکل ۱۴: ماشین برداشت بشکه‌ای [۱۴]

چرخش آن مواد از انبار خراشیده شده و به روی نقاله بازو می‌ریزد تا از طریق آن به نقاله خروجی منتقل شود (شکل ۱۲).

این ماشین علاوه بر حرکت طولی روی ریل‌های کنار انبار، باید امکان چرخش حول محورهای عمودی و افقی را نیز داشته باشد. همچنین طول بازو باید به اندازه‌ای بلند باشد که چرخ بیل به انتهای مقطع انبار دسترسی داشته باشد. به این ترتیب این ماشین پیچیده‌تر و نسبتاً پر هزینه‌تر از ماشین‌های برداشت دیگر است، با این حال به دلیل انعطاف پذیری بالا استفاده از آن خصوصاً در ماشین‌های انباشت و برداشت مرکب رایج است. توجه به این نکته حائز اهمیت است که با استفاده از این ماشین امکان برداشت هم از کنار و هم از مقطع وجود دارد. همچنین ریل‌ها در این ماشین در یک طرف انبار قرار می‌گیرند، برخلاف اکثر ماشین‌های برداشت که دو ریل در دو طرف انبار دارند.

۴.۷ چرخ بیل پلی^۱

این ماشین تشکیل شده است از یک پل که در مقطع انبار روی دو ریل در دو طرف انبار قرار می‌گیرد. یک نوار نقاله روی این پل نصب است و یک چرخ بیل دور این پل و نقاله قرار دارد و می‌تواند در طول پل جابجا شود. با چرخش چرخ بیل، مواد از مقطع انبار خراشیده شده و روی نقاله می‌ریزد تا به نقاله خروجی منتقل شود. معمولاً یک شبکه همانند ماشین برداشت اسکرپر پلی البته بسیار کوچک‌تر از آن وجود دارد که مواد را از مقطع انبار به سمت چرخ بیل سرازیر کند. عرض این شبکه به اندازه عرض چرخ بیل است و با آن جابجا می‌شود (شکل ۱۳).

همان‌طور که می‌توان حدس زد، این ماشین فقط برای برداشت از مقطع قابل استفاده است. به دلیل استفاده از نوار نقاله به جای نقاله زنجیری، این ماشین کم هزینه‌تر از ماشین انباشت اسکرپر پلی است. همچنین ظرفیت این ماشین می‌تواند بسیار بیشتر از اسکرپر پلی باشد. حتی می‌توان دو یا چند چرخ بیل روی پل نصب کرد. البته، هر چند این ماشین اختلاط خوبی ایجاد می‌کند، اما نمی‌تواند در این مورد با اسکرپر پلی رقابت کند. همچنین نرخ برداشت مواد در این ماشین به یکنواختی اسکرپر پلی نیست چرا که نرخ برداشت مواد هنگامی که چرخ‌بیل در کناره‌های انبار قرار دارد با هنگامی که چرخ بیل در میانه مقطع انبار قرار دارد متفاوت است. این عیب را می‌توان با تغییر سرعت چرخ بیل تا حدودی جبران کرد.

۵.۷ ماشین برداشت بشکه‌ای^۲

در این ماشین، پل و نوار نقاله مشابه چرخ بیل پلی وجود دارد اما به جای چرخ بیل، دور آن یک بشکه به طول مقطع انبار قرار می‌گیرد و روی آن تعدادی بیل قرار می‌گیرند. یک شبکه مثالی مشابه اسکرپر پلی برای سرازیر کردن مواد از مقطع انبار به سمت پایین وجود دارد. در واقع می‌توان این ماشین را نوعی از چرخ بیل پلی دانست. از این ماشین تنها می‌توان برای برداشت از مقطع استفاده کرد (شکل ۱۴).

با این ماشین برداشت، در صورت استفاده از ماشین انباشت مناسب،

¹Bridge Bucket Wheel ²Drum Reclaimer

۶.۷ بیل زنجیری^۱

این ماشین برداشت در انبارهای عمیق استفاده می‌شوند که برای مواد چسبنده کاربرد دارند. در این ماشین یک بیل زنجیری مواد را از مقطع انبار بالا کشیده و روی یک نوار نقاله می‌ریزد که روی یک پل در بالای انبار قرار دارد. بیل زنجیری از یک طرف به پل لولا شده و از طرف دیگر توسط یک جرثقیل نگه داشته می‌شود که زاویه‌اش را تغییر می‌دهد. در شکل ۱۵ یک نمونه از این ماشین برداشت نشان داده شده است.



شکل ۱۵: بیل زنجیری [۱۱]

۷.۷ چرخ بیل متحرک^۲

این ماشین در واقع یک چرخ بیل بازویی است که روی یک چرخ زنجیر نصب شده است و امکان حرکت در جهات دلخواه را دارد. نقاله خروجی از یک یا چند نقاله تشکیل شده که آن‌ها هم با استفاده از چرخ زنجیر یا انواع دیگر چرخ قابلیت جابجا شدن دارند (شکل ۱۶). این ماشین برای برداشت از انبارهای نامنظم استفاده می‌شود. استفاده دیگر این ماشین برداشت مستقیم از معدن است. در این حالت نقاله خروجی می‌تواند به جای اینکه روی نقاله های دیگر بریزد مواد را در کامیون بارگیری کند.



شکل ۱۶: چرخ بیل متحرک [۱۰]

۸.۷ برداشت از زیر

برداشت از زیر با استفاده از فیدر^۳ انجام می‌شود. این روش در بخش ۴.۴ معرفی شده است و از تکرار آن خودداری می‌شود.

یکی از چیدمان های رایج در انبارهای دوار چیدمانی مشابه چیدمان مذکور در بخش ۴.۴ است که شاید بتوان آن را نوعی از برداشت از زیر دانست: یک ماشین برداشت که ممکن است از نوع اسکرپر پلی یا اسکرپر جانبی باشد مواد را به مرکز انبار هدایت می‌کند تا مواد از یک حفره به داخل فیدری که در تونل زیر انبار نصب شده است منتقل شود. از این فیدر، مواد به یک نوار نقاله که در تونل نصب شده است منتقل می‌شود تا از انبار خارج شود. البته برداشت از زیر تنها چیدمان ممکن برای انبار دوار نیست و می‌توان به روش های دیگر بدون وجود تونل هم برداشت از انبار دوار را انجام داد.

۸ ماشین های انباشت و برداشت مرکب

ماشین های انباشت و برداشت می‌توانند به صورت مرکب ساخته و استفاده شوند. به این ترتیب که یک ماشین هم کار انباشت و هم برداشت را انجام دهد. در انتخاب این ماشین ها توجه به این نکته ضروری است که عموماً قابلیت انباشت و برداشت به صورت همزمان در این ماشین ها وجود ندارد. رایج ترین نوع این ماشین ها ترکیب ماشین انباشت بازویی و ماشین برداشت چرخ بیل بازویی است. در این حالت نقاله بازو باید بتواند تغییر جهت دهد تا برای انباشت، مواد را به نوک بازو برساند و برای برداشت، مواد را به نقاله کنار انبار منتقل کند. این ماشین بهترین نمونه از صرفه جویی برای ترکیب دو ماشین است. زیرا تنها با اضافه کردن چرخ بیل و یک شوت به ماشین انباشت بازویی، این ماشین مرکب حاصل می‌شود (شکل ۱۷). مشابه همین ماشین از ترکیب پخش کننده و چرخ بیل متحرک نیز بدست می‌آید که برای انبارهای نامنظم کاربرد دارد.



شکل ۱۷: ماشین انباشت و برداشت مرکب، ترکیب ماشین انباشت بازویی با چرخ بیل بازویی [۱۵]

نوع دیگری از ماشین های مرکب، ترکیب ماشین انباشت بازویی با اسکرپر دروازه ای است. به این ترتیب نقاله بازو توسط دروازه نگه داشته می‌شود و نیازی به مکانیزم وزنه متعادل کننده نیست در نتیجه بازو سبک تر و ارزان تر می‌شود. (شکل ۱۸).

ماشین های مرکب دیگری هم می‌توان از ترکیب ماشین های انباشت و برداشت ساخت. البته در صورتی که ترکیب این ماشین ها صرفه قابل توجهی ایجاد نکند، توجه نخواهند داشت. ماشین های نصب شده در انبارهای دوار ذاتاً می‌توانند نوعی از ماشین مرکب تلقی شوند زیرا هر دو ماشین روی سازه

¹Bucket Chain Excavator ²Bucket Wheel Excavator ³Feeder

مرکزی انبار نصب می‌شوند.



شکل ۱۸: ماشین انباشت و برداشت مرکب، ترکیبی از ماشین انباشت بازویی با اسکرپر دروازه‌ای [۹]

۹ انتخاب نوع انبار، روش و ماشین‌های انباشت و برداشت

پیش از انتخاب ماشین‌های انباشت و برداشت باید روش انباشت و برداشت را انتخاب کرد و پیش از آن نوع انبار باید مشخص شود. انتخاب نوع انبار به عواملی از جمله ظرفیت، خصوصیات ماده و فضای در دسترس برای احداث انبار بستگی دارد. ظرفیت انبار شاید مهمترین خصوصیت یک انبار باشد. هر چند ظرفیت معمولاً بر حسب حداکثر حجم یا جرم ماده قابل انبار بیان می‌شود، اما به دلیل اهمیتی که انبار در عملکرد کارخانه یا سامانه‌های بارگیری دارد، ظرفیت انبار عموماً براساس زمان بیان می‌شود. به این ترتیب پس از مشخص شدن ظرفیت انبار براساس زمان باید آن را به جرم و حجم تبدیل کرد تا بتوان فضای مورد نیاز برای انبار را تخمین زد. این کار با ضرب کردن عدد ظرفیت بر حسب زمان در نرخ ورود یا خروج مواد از سمتی که این نرخ کمتر است انجام می‌شود. توجه به این نکته لازم است که سمتی که نرخ عبور مواد در آن کمتر است در حقیقت سمتی است که یکنواخت بودن این نرخ اهمیت دارد و در سمت دیگر به خاطر یکنواخت نبودن این نرخ است که ظرفیت دستگاه مربوط به آن بیشتر خواهد بود. هر چند نرخ میانگین هر دو سمت در بازه زمانی بزرگ به هر حال یکسان خواهد بود.

پس از مشخص شدن ظرفیت انبار، می‌توان هندسه انبار را انتخاب کرد. اگر نیاز به پوشش وجود داشته باشد انبار دوار در اولویت است زیرا هزینه احداث سازه پوشش در این هندسه کمتر خواهد بود. البته برای انبارهای بزرگ ممکن است انبار دوار به دلیل بزرگ شدن ماشین‌های انباشت و برداشت مقرون به صرفه نباشد. البته در این حالت هم ممکن است دو انبار دوار سرپوشیده کوچکتر به یک انبار خطی سرپوشیده بزرگتر ترجیح داده شوند. محدودیت فضای در دسترس تأثیر قابل توجهی روی انتخاب هندسه انبار دارد.

پس از مشخص شدن نوع و هندسه انبار، روش انباشت و برداشت براساس اثر اختلاط مورد نظر انتخاب می‌شود. برای مطالعه این موضوع به بخش ۵ و جدول ۱ مراجعه کنید. به طور خلاصه، اگر اثر اختلاط اصلاً اهمیتی نداشته باشد، روش انباشت مخروطی به همراه روش برداشت از مقطع

یا از کنار (هر کدام در دسترس‌تر بود) انتخاب اول است. در صورتی که اثر اختلاط مهم باشد ولی احتمال تفکیک مواد از نظر دانه بندی کم باشد، روش انباشت هشتی به همراه روش برداشت از مقطع بهینه‌ترین انتخاب است. در صورتی که اثر اختلاط مهم و در عین حال احتمال تفکیک مواد از نظر دانه بندی هم وجود داشته باشد، ناگزیر باید از روش انباشت ردیفی و برداشت از مقطع استفاده کرد.

پس از انتخاب نوع و هندسه انبار و روش انباشت و برداشت، ماشین انباشت و ماشین برداشت باید انتخاب شوند. در انتخاب ماشین انباشت و برداشت علاوه بر موارد مذکور، نرخ عبور مواد نیز مؤثر است. همچنین نوع ماشین انباشت می‌تواند بر تفکیک مواد از نظر دانه‌بندی، و همچنین نوع ماشین برداشت بر اثر اختلاط نهایی اثر داشته باشند. علاوه بر موارد بالا، عوامل مالی و بازرگانی و همچنین تأمین کنندگان در دسترس همیشه بر تصمیم‌گیری نهایی اثر گذار خواهند بود. با توجه به موارد بالا و خصوصیات معرفی شده برای هر کدام از این ماشین‌ها در بخش‌های ۶ و ۷ می‌توان ترکیب‌های مختلفی از ماشین‌های انباشت و برداشت را برای هر کاربرد در نظر گرفت و با توجه به مزایا و معایب آن‌ها و شرایط دیگر در هر کاربردی ترکیب بهینه را انتخاب کرد. امید است توضیحاتی که در مورد ماشین‌های انباشت و برداشت در این نوشتار داده شد بتواند راهنمایی برای انتخاب این تجهیزات باشد. بدیهی است در یک مقاله نمی‌توان به صورت کامل تمام این موارد را تشریح کرد. هر چند همین اطلاعات هم می‌تواند در بسیاری از موارد راهگشای مدیران و طراحان برای تصمیم‌گیری‌های کلی باشد، توصیه می‌شود پس از دریافت دید کلی و شناخت عملکرد هر کدام از این تجهیزات و روش‌ها، به مطالعه بیشتر خصوصاً درباره مواردی که به طور خاص مورد نیاز باشند پرداخته شود.

برای مطالعه بیشتر، مراجع اول تا پنجم این نوشتار پیشنهاد می‌شوند. همچنین برای کسب اطلاعات در خصوص طراحی اجزاء این ماشین‌ها می‌توان به استانداردهایی که برای طراحی این ماشین‌ها استفاده می‌شوند مراجعه نمود که شامل (2015) DIN 22261، (1994) ISO 5049 و (1995) AS 43241 هستند [۱۶].

مراجع

- [1] Bucher, F. "Holderbank" Cement Seminar 2000 - Process Technology I, chap. Preblending of Raw Materials, pp. 209-268. Holderbank Management & Consulting, 2000.
- [2] van Horssen, K. C. Bucketwheel stacker/reclaimers: an analysis of stacking/reclaiming methods. Master's thesis, Delft University of Technology, 2013.
- [۳] چهرگانی، ح. و رحیم‌پور، م. سیستم‌های انبارش و تخلیه توده‌ای مواد (استاکر و ریکلایمر) در صنعت سیمان. ماهنامه علمی تخصصی فناوری سیمان، ۸۴:۹-۱۳، ۱۳۹۴.
- [4] Müller, Klaus-Peter. Stacking, reclaiming and blending effects. *Materials handling and logistics*, 2010.
- [5] Gerstel, Arnold Willem. *The Homogenisation of Bulk Material in Blending Piles*. University of Delft, 1979.
- [6] Kurdowski, Wieslaw. *Cement and Concrete Science and*

Technology, chap. Cement Manufacture. ABI Books Pvt. Ltd., 1991.

- [7] Schott, Dingena Lijntje. *Large-scale Homogenization of Bulk Materials in Mammoth Silos*. University of Delft, 2004.
- [8] FAM. Stackers fam förderanlagen magdeburg, 2018.
- [9] SCHADE. Performances in stockyard technologies, 2014.
- [10] thyssenkrupp. Continuous mining systems. Brochure.
- [11] FLSmidth. Stacker and reclaimer systems for cement plants, 2013.
- [۱۲] دستگاه انباشت و برداشت شرکت فولاد مبارکه اصفهان. <http://abharonline.org/2827/news/foolad.ht> ۱۵ بهمن ۱۳۹۷.
- [13] thyssenkrupp. Bridge-type bucket wheel reclaimers and drum reclaimers, 2018.
- [14] thyssenkrupp. Industrial solution for mining and material handling industry, drum reclaimer, 2016.
- [15] SANDVIK. Sandvik pd100.
- [16] Moczko, Przemysław, Pietrusiak, Damian, and Rusiński, Eugeniusz. Material handling and mining equipment: International standards recommendations for design and testing. *FME Transactions*, 46(3):291-298, 2018.