



■ مجید نوریان بیدگلی
عضو هیات علمی گروه مهندسی معدن،
دانشکده مهندسی دانشگاه کاشان

■ مهندس سعید طایبی سمیرمی
کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن،
دانشکده مهندسی دانشگاه کاشان

طراحی، تحلیل و بهینه‌سازی سیستم باربری نوار نقاله

چکیده

سیستم باربری نوار نقاله یا تسمه نقاله، ترکیبی از اجزاء مکانیکی مختلف ساده و نسبتاً پیچیده‌ای است که می‌توان از آن به صورت ثابت یا متحرک برای جابجایی، بارگیری و تخلیه انواع بار فله‌ای و بسته‌بندی شده یا کیسه‌ای با ابعاد مشخص، در طول یک مسیر کوتاه یا طولانی افقی یا نسبتاً شیب‌دار، استفاده نمود. در این سیستم باربری، با اعمال نیروی کشش توسط غلتک متحرک و چرخش مداوم یک و یا چند نوار به روی تعدادی چرخ هرزگرد یا رولیک، بار در طول یک مسیر مشخص و به‌طور پیوسته، روی نوار به سمت جلو، پایین یا بالا جابجا می‌گردد. از ویژگی‌های بارز این سیستم ترابری، ظرفیت باربری بالا، هزینه سرویس و نگهداری پایین، سادگی و تا حدودی انعطاف‌پذیری آن می‌باشد. به‌طور کلی به‌دلیل اینکه استفاده از این سیستم، در اغلب موارد باعث کاهش هزینه‌های ترابری و در نتیجه کاهش قیمت نهایی محصول می‌گردد، امروزه این سیستم باربری در موارد مختلفی نظیر صنایع معدنی، سیمان، پتروشیمی، کشاورزی و غذایی کاربرد گسترده‌ای یافته است. در این مقاله ضمن معرفی این سیستم باربری، به نحوه طراحی و محاسبات آن پرداخته شده است. همچنین در ادامه آن، نرم‌افزار Belt Analyst 2007 به‌عنوان یکی از بهترین نرم‌افزارهای طراحی سیستم نوار نقاله معرفی شده و نحوه طراحی و بهینه‌سازی سیستم ترابری نوار نقاله به کمک این نرم‌افزار بررسی شده است.

کلمات کلیدی: سیستم باربری نوار نقاله، طراحی و تحلیل، نرم‌افزار Belt Analyst

۱- مقدمه

نسبت به فضایی که از محیط اطراف اشغال می‌کند، زیاد است. از مزایای دیگر نوار نقاله نسبت به سایر روش‌های انتقال مواد، می‌توان به افزایش راندمان، کاهش هزینه‌های سرویس و نگهداری، هزینه پرسنلی و هزینه‌های جابجایی اشاره نمود. همچنین در این سیستم باربری به دلیل کم بودن برخورد مواد در حال حرکت با همدیگر و یا با نوار نقاله، افت کمی و کیفی بار در حین جابجایی، بسیار کم می‌باشد. لذا این سیستم در بسیاری از موارد تنها وسیله حمل مواد به

بهترین سیستم باربری در صنایع مختلف، سیستمی است که از هر لحاظ، فنی و اقتصادی باشد؛ یعنی بار توسط آن بدون کاهش کیفیت و کمیت، با کمترین هزینه و زمان جابجا گردد. سیستم باربری نوار نقاله، جزء یکی از پرکاربردترین سیستم‌های باربری به صورت پیوسته به شمار می‌آید که علاوه بر مزیت کاهش زمان، به‌دلیل پیوسته بودن سیکل باربری و سرعت انتقال بالا، قدرت و توان باربری آن

صورت فله‌ای و بسته‌بندی شده یا کیسه‌ای، از لحاظ فنی و اقتصادی می‌باشد.

به دلیل وجود مزایای زیاد، امروزه در اغلب صنایع کوچک و بزرگ، استفاده از سیستم باربری نوارنقاله جهت جابجایی مواد و محصولات تولیدی به امری ضروری تبدیل شده است. به عنوان مثال، از این سیستم باربری می‌توان در صنایع سیمان برای مسیرهای کوتاه و طولانی به منظور جابجایی مواد اولیه در مراحل استخراج، حمل مواد به کارخانه و یا کارگاه، انتقال مرحله به مرحله در خط تولید و حمل محصول نهایی به انبار، استفاده نمود. لذا به دلیل کاربرد متعدد و به‌منظور استفاده صحیح و دقیق از این سیستم باربری، شناخت هر چه بهتر اجزای مختلف آن و طراحی و بهینه‌سازی سیستم با روش‌های پیشرفته و نه سنتی، بسیار پراهمیت و ضروری می‌باشد که در این مقاله سعی شده تا حدودی به آنها اشاره گردد.

۲- سیستم باربری نوارنقاله

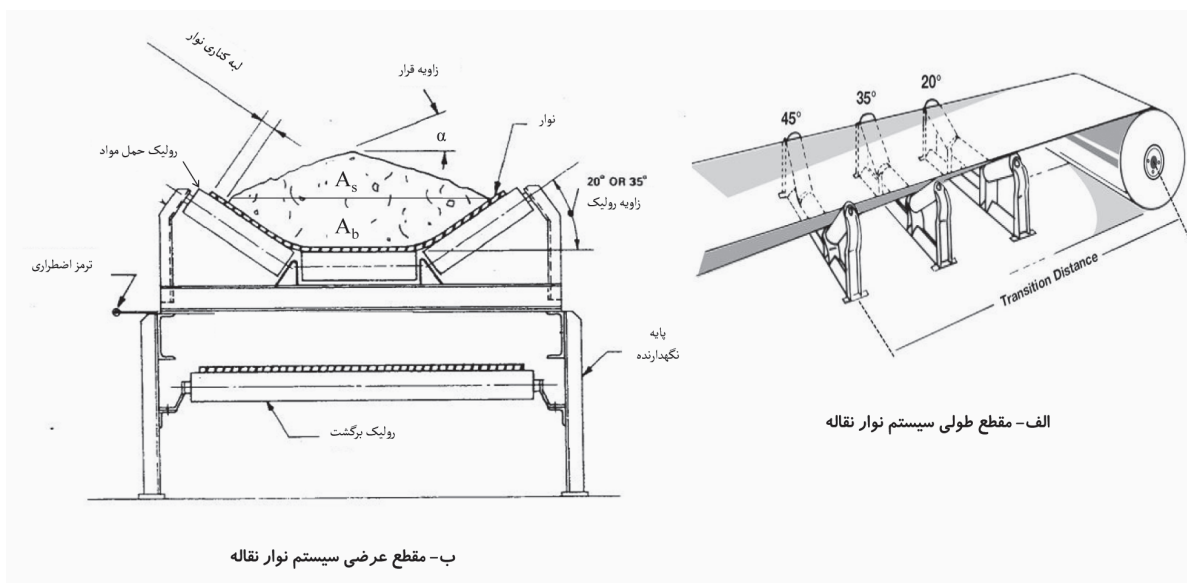
سیستم باربری نوارنقاله به دو صورت: ثابت، جهت باربری با ظرفیت بالا در مسیرهای طولانی و متحرک، جهت باربری با ظرفیت پایین در مسیرهای کوتاه قابل استفاده است. به‌طور کلی، اجزای اصلی یک سیستم باربری نوارنقاله یا تسمه نقاله شامل: پایه نگهدارنده یا فریم اصلی، نوار یا تسمه، غلتک، پولی یا درام متحرک و هرزگرد و تعدادی رولیک یا چرخ هرزگرد به فواصل مشخص در طول مسیر می‌باشد. در این سیستم باربری، با اعمال نیروی کشش از طریق غلتک یا درام محرک اصلی به نوار و اصطکاک نوار با رولیک‌های حمل مواد،

نوار ضمن حرکت در مسیر مشخص، بار را روی خود به جلو منتقل می‌نماید (شکل ۱).

همانطور که در شکل ۱ مشخص است، پایه نگهدارنده یا فریم اصلی نوارنقاله در حقیقت بدنه، چهارچوب اصلی یا تکیه‌گاه اجزای مختلف سیستم است که ترکیبی از قطعات فلزی می‌باشد و تمام اجزای دیگر سیستم روی آن سوار می‌شود. طول، عرض و ارتفاع آن بستگی به طول، شیب و جهت مسیر انتقال مواد و ظرفیت باربری دارد که قابل تنظیم می‌باشد.

نوار یا تسمه مهمترین و البته گران‌ترین جزء این سیستم می‌باشد که از دو سر روی غلتک‌های متحرک و هرزگرد محدود می‌باشد و در طول مسیر رفت و برگشت روی رولیک یا چرخ‌های هرزگرد قرار گرفته است و بار نیز روی نوار حمل می‌گردد. به‌طور کلی نوار از سه لایه اصلی یعنی لایه بالا، لایه وسط و لایه پایین تشکیل شده است که معمولاً از جنس لاستیک مرغوب، تقویت شده با الیاف نایلون یا کابل‌های رشته‌ای فولادی می‌باشد.

لایه بالا یا روکش نوار، بخشی است که به طور مستقیم در تماس با بار می‌باشد و مواد روی آن قرار می‌گیرد؛ بنابراین جنس و ضخامت این لایه باید متناسب با نوع مواد حمل شونده و شرایط کارکرد سیستم باشد. مشخصات فیزیکی مواد از قبیل ابعاد و کیفیت، تیزی و برندگی و دمای قطعات و نیز مشخصات شیمیایی مواد در انتخاب ضخامت و جنس این لایه موثرند. این لایه بر اساس زاویه شیب حمل بار و نوع بار می‌تواند به شکل‌های صاف و آجدار (جناقی، لوزی شکل، گریپ، V شکل) باشد. ضمن اینکه جنسی که در این لایه



شکل ۱- اجزای اصلی سیستم باربری نوارنقاله (الف- مقطع طولی، ب- مقطع عرضی)

صورت تکی و افقی نصب می‌شوند که وظیفه آنها تنها تحمل وزن نوار خالی در مسیر برگشت می‌باشد. همچنین سیستم باربری نوار نقاله، بسته به نوع کاربرد می‌تواند مشتمل بر تعدادی رولیک فرعی شامل رولیک‌های خودتنظیم، جهت حفظ تعادل سیستم و خارج نشدن نوار از مسیر و رولیک‌های ضربه‌گیر، جهت وارد نشدن ضربه به نوار در محل ریزش مواد، باشد.

۳- طراحی سیستم باربری نوار نقاله

با توجه به گسترش استفاده از سیستم نوار نقاله و کاربردهای متنوع آن در صنایع مختلف، طراحی دقیق و انتخاب صحیح اجزای مختلف این سیستم به منظور بهینه شدن عملیات باربری، افزایش راندمان و در نتیجه افزایش عمر سیستم، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در این مرحله با توجه به ظرفیت باربری مورد نیاز، نوع بار، طول و شیب مسیر، محدودیت‌ها و شرایط محیطی منطقه، می‌توان اجزای مختلف سیستم را انتخاب و طراحی نمود. مراحل و نحوه طراحی اجزای مختلف سیستم نوار نقاله در شکل ۲ نشان داده شده است. این مراحل می‌تواند به روش‌های سنتی، یعنی به کمک جداول و نمودارهای مرجع و محاسبات دستی و یا با روش‌های پیشرفته، یعنی به کمک نرم‌افزارهای کامپوتری تخصصی انجام شود که در ادامه این مقاله توضیح داده شده است.

۳-۱- طراحی دستی سیستم باربری نوار نقاله

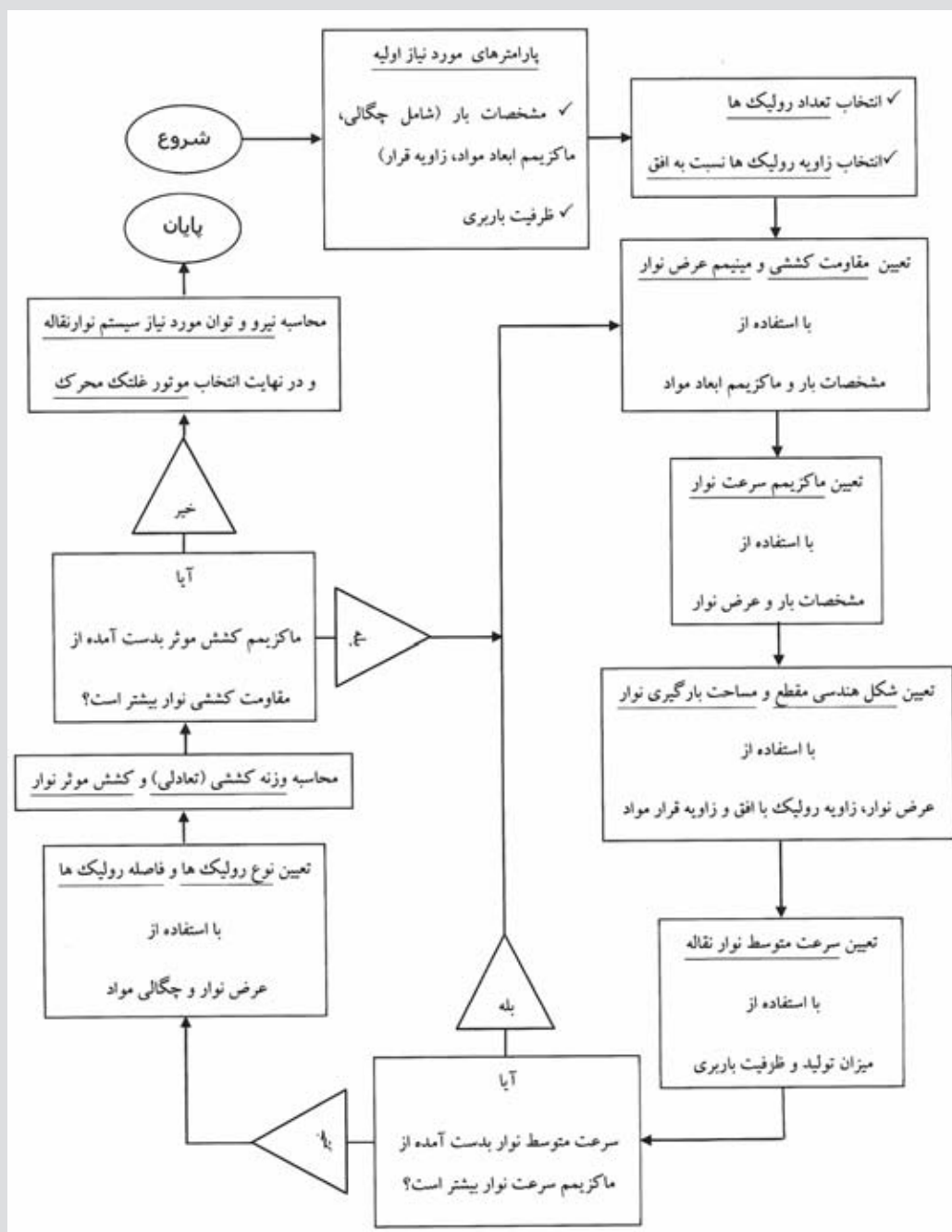
در این روش با توجه به نوع بار و ظرفیت باربری مورد نیاز، انتخاب اجزای مختلف و طراحی سیستم باربری نوار نقاله به کمک نمودارها و اشکال مرجع و همچنین فرمول‌های محاسباتی مربوطه انجام می‌گیرد. هرچند استفاده از این روش آسان می‌باشد، ولی در مواردی که مسیر باربری پیچیده و طولانی است، بکارگیری این روش زمان‌بر و دقت محاسبات پایین می‌باشد. این روش شامل مراحل است که ترتیب آنها مطابق با شکل ۲ می‌باشد و توضیحات هر کدام در ادامه آورده شده است.

۳-۱-۱- انتخاب رولیک‌ها

همانطور که قبلاً اشاره شد، رولیک‌ها به دو دسته رفت و برگشت طبقه‌بندی می‌شوند که در این میان رولیک‌های رفت به دلیل قرارگیری بار روی آنها از درجه اهمیت بالاتری برخوردارند. رایج‌ترین شکل طراحی رولیک رفت شامل؛ رولیک‌های تکی افقی برای بارهای بسته‌بندی شده و

به کار می‌رود، بسته به نوع محل استفاده می‌تواند مقاوم در برابر حرارت، اجسام برنده و ساینده و خوردندگی انواع مواد شیمیایی نظیر رطوبت، اسیدها و انواع روغن‌های صنعتی باشد. لایه وسط یا منجید نوار در حقیقت مهمترین قسمت نوار یا تسمه می‌باشد؛ چرا که تأمین استحکام مورد نیاز جهت حمل بار و به گردش درآوردن و انعطاف‌پذیری نوار به عهده منجید (فلز سیم بافته شده) است. لایه پایین نوار منجید را در مقابل سایش قسمت‌های درگیر با نوار از قبیل غلتک‌های متحرک و هرزگرد و رولیک‌ها و سرریز مواد حمل شونده محافظت می‌کند. شایان ذکر است که چسبندگی لایه‌ها که وظیفه مقاوم‌سازی نوار را بر عهده دارند، از اهمیت بالایی برخوردار است و این چسبندگی باعث می‌شود تا در عمل و در حین انجام مراحل کاری، نظیر حمل بار و یا چرخش به دور غلتک‌ها، لایه‌ها از هم جدا نشده و انعطاف لازم را دارا باشند. طبقه‌بندی نوارها معمولاً بر حسب میزان کشش قابل تحمل آنهاست که بسته به طول عمر تسمه تعیین می‌گردد. غلتک، پولی یا درام‌ها نیز از اجزای اصلی این سیستم می‌باشند که در دو انتهای نوار قرار می‌گیرند و به دو دسته متحرک و هرزگرد طبقه‌بندی می‌شوند. غلتک متحرک، متصل به یک موتور الکتریکی و یا دیزلی است که با اعمال نیروی کشش باعث حرکت نوار روی خود و در نتیجه انتقال مواد در طول مسیر می‌شود. غلتک هرزگرد نیز در حقیقت یک مکمل برای غلتک متحرک بوده و در طرف دیگر مسیر می‌باشد که نوار در فاصله بین این دو غلتک به طور مداوم در حال چرخش است. اغلب می‌توان با اضافه کردن تعدادی غلتک هرزگرد در طول مسیر، نیروی کشش را کنترل و کارایی سیستم را بهینه نمود. معمولاً غلتک‌ها بر اساس میزان تناژ باربری، کشش مورد نیاز و عرض نوار منطبق با یکی از استانداردهای DIN، ISO، JIS، CEMA طراحی می‌گردند.

رولیک‌ها یا چرخ‌های هرزگرد معمولاً به صورت مجموعه‌های چندتایی زاویه‌دار و یا تکی افقی می‌باشند که به فواصل مشخصی در طول مسیر رفت و برگشت انتقال بار، نصب می‌شوند و نوار پر یا خالی روی آن قرار می‌گیرد. رولیک‌های اصلی به‌طور کلی به دو دسته رولیک‌های رفت و برگشت طبقه‌بندی می‌شوند. رولیک‌های رفت یا حمل مواد در قسمت بالای فریم اصلی نوار نقاله قرار می‌گیرند و معمولاً به صورت مجموعه‌های چندتایی و به صورت زاویه‌دار نصب می‌شوند. وظیفه این رولیک‌ها حمل وزن نوار و بار در مسیر رفت می‌باشند. رولیک‌های برگشت یا حمل نوار در قسمت زیرین فریم اصلی نوار نقاله قرار می‌گیرند و معمولاً به



برای نور با عرض کم و زوایای بزرگ‌تر برای نورهای با عرض متوسط و بزرگ انتخاب می‌شود.

برای تعیین فاصله رولیک‌ها از یکدیگر در طول مسیر باربری، معمولاً چگالی مواد و عرض نوار مورد نیاز است. بدین منظور می‌توان از جداول و نمودارهای مرجع استفاده نمود. همچنین با داشتن مقدار بار روی رولیک، زاویه رولیک نسبت به افق و عرض نوار، می‌توان کلاس رولیک مورد نظر را از جداول مربوط به طبقه‌بندی نوار نقاله‌ها به‌دست آورد. بدین منظور، میزان بار روی رولیک‌های دفت (IL) به کمک رابطه

رولیک‌های ترکیبی سه‌تایی شامل یک رولیک افقی در وسط و دو رولیک زاویه‌دار در دو طرف برای بارهای فله‌ای می‌باشد. در حالت دوم، از آنجائیکه زاویه رولیک‌های دو طرف، شکل مقطع نوار پر شده از بار را تعیین می‌کند، بنابراین زوایای قرارگیری رولیک‌ها نسبت به افق، روی مساحت مقطع بارگیری نوار و در نتیجه ظرفیت باربری تأثیرگذار است. در طراحی رولیک‌های رفت، معمولاً زاویه صفر برای باربری مواد بسته‌بندی شده و زاویه بین ۳۵-۳۰ درجه برای باربری مواد فله‌ای در نظر گرفته می‌شود. در حالت دوم زوایای کوچک

زیر قابل محاسبه است:

$$IL = (W_b + W_m) S_i$$

که در آن W_b وزن نوار (lb/ft)، W_m وزن مواد (lb/ft) و S_i فاصله رولیک موقع حمل مواد (ft) می‌باشد. همچنین جهت محاسبه میزان بار روی رولیک‌های برگشت نیز می‌توان از رابطه بالا استفاده نمود، فقط در این مورد W_m وزن مواد برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود.

۳-۱-۲- عرض نوار

عرض نوار به طور مستقیم روی ظرفیت باربری تأثیرگذار است. لذا جهت بهینه‌سازی سیستم باربری، انتخاب صحیح کمترین عرض نوار بسیار اهمیت دارد. کمترین عرض نوار را می‌توان با توجه به ابعاد و نوع بار تعیین نمود. برای مواد بسته‌بندی شده، کمترین عرض نوار برابر با بزرگترین ابعاد بار می‌باشد و برای مواد فله‌ای، کمترین عرض نوار به نحوه توزیع ابعاد قطعات و توجه به حداکثر ابعاد مواد موقع بستگی دارد. مثلاً برای مواد فله‌ای با ابعاد ریز تا متوسط مقدار عرض نوار ۳ الی ۴ برابر ماکزیمم ابعاد بار انتخاب می‌شود.

۳-۱-۳- سرعت باربری نوار

سرعت باربری نوار به طور مستقیم روی نرخ باربری تأثیرگذار است. هرچند انتخاب زیاد سرعت باربری نوار باعث افزایش نرخ باربری می‌گردد، ولی با توجه به نوع مواد، محدودیت‌هایی برای انتخاب سرعت مجاز نوار وجود دارد. حداکثر سرعت مجاز نوار به مشخصات مواد روی نوار و انتخاب عرض نوار بستگی دارد. مثلاً مواد فله‌ای پودری، مانند سیمان، باید با حداقل سرعت کافی حمل شوند تا حداقل گرد و غبار در حین باربری و محل تخلیه مواد به وجود آید. همچنین مواد ترد و شکننده نیز باید با سرعت پایین حمل شوند. معمولاً حداکثر سرعت نوار با توجه به عرض نوار و نوع بار انتخاب می‌شود که برای این کار می‌توان از جدول ۱ استفاده نمود.

۳-۱-۴- مساحت مقطع مواد روی نوار (At)

یکی از پارامترهای مورد نیاز برای طراحی سیستم نوار نقاله بارهای فله‌ای، تعیین شکل هندسی مقطع نوار پر و از روی آن تعیین مساحت مقطع بارگیری یا مساحت مقطع مواد روی نوار است. شکل ۳، یک نمونه از مقطع بارگیری یا مقطع مواد روی نوار را نشان می‌دهد که از روی آن می‌توان مساحت مقطع بارگیری را از رابطه زیر بدست آورد:

$$A_t = \frac{A_b + A_s}{144}$$

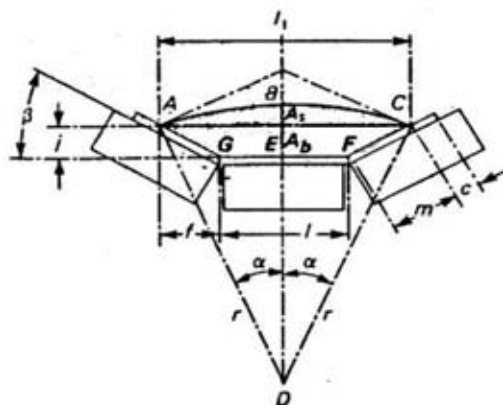
که در آن A_b مساحت دوزنقه (بر حسب اینچ مربع)، A_s مساحت قطاع یا زاویه قرار (بر حسب اینچ مربع) و A_t مساحت مقطع مواد روی نوار نقاله (بر حسب فوت مربع) است.

۳-۱-۵- سرعت نوار

سرعت نوار طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$V = \frac{2000 Q_p}{60 q A_t}$$

که در آن V سرعت نوار (fpm)، Q_p ظرفیت بارگیری مواد (tph) و q چگالی مواد حمل شونده (lb/ft³) است. در



شکل ۳- مقطع بارگیری یا مقطع مواد روی نوار پر

جدول ۱- حداکثر سرعت نوار (m/s) (fpm)

عرض نوار (in)	مواد سخت و سنگ‌های خرد شده اولیه	مواد نرم و زغال
۴۵۷-۵۰۸ (۱۸-۲۰)	۲/۰۳ (۳۵۰)	۲/۰۳ (۴۰۰)
۶۱۰-۶۶۰ (۲۴-۲۶)	۲/۲۹ (۴۵۰)	۲/۵۴ (۵۰۰)
۷۶۲ (۳۰)	۲/۷۹ (۵۵۰)	۳/۰۵ (۶۰۰)
۹۱۴ (۳۶)	۳/۰۵ (۶۰۰)	۳/۳۰ (۶۵۰)
۱۰۶۷ (۴۲)	۳/۰۵ (۶۵۰)	۳/۵۶ (۷۰۰)
۱۲۱۹-۱۵۲۴ (۴۸-۶۰)	۳/۳۰ (۶۵۰)	۳/۵۶ (۷۰۰)

این حالت اگر سرعت نوار از حداکثر سرعت مجاز بیشتر شود، عرض نوار نقاله باید تغییر کرده و بزرگتر شود.

۳-۱-۷- کشش موثر نوار

کشش موثر نوار (T_e)، نیروی لازم برای ایجاد اصطلاح بین غلتک و نوار است تا نوار بارگیری شده با سرعت طراحی شده (V) حرکت کند. کشش موثر نوار از پارامترهای خیلی مهم در طراحی سیستم نوار نقاله می باشد که شامل ترکیبی از چند نیرو به قرار زیر است:

$$T_e = T_x + T_{yc} + T_{yr} + T_{ym} + T_m + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

T_x : نیروی کشش ناشی از مقاومت اصطکاکی رولیکها موقع رفت

T_{yr} : نیروی کشش ناشی از مقاومت اصطلاحی رولیکها موقع برگشت

T_{yc} : نیروی کشش ناشی از مقاومت خمیدگی نوار موقع گردش روی رولیکها

T_{ym} : نیروی کشش ناشی از مقاومت خمیدگی مواد موقع گردش روی رولیکها

T_m : نیروی کشش ناشی از نیروی لازم برای بالا بردن مواد روی نوار

T_p : نیروی کشش ناشی از مقاومت خمیدگی نوار دور رولیک و مقاومت رولیک موقع گردش

T_{am} : نیروی کشش لازم برای شتاب دادن مواد تا سرعت نوار محاسبه شده ایجاد گردد

T_{ac} : نیروی کشش کلی ناشی از اجزای سیستم نوار نقاله بر اساس شرایط موجود در منطقه و اهداف باربری، تمام این نیروها به کمک جداول و نمودارهای مرجع و روابط ریاضی مربوطه قابل محاسبه بوده و با استفاده از آنها می توان نیروی کشش موثر نوار را تعیین نمود.

۳-۱-۸- موتور نوار نقاله

مهمترین قسمت طراحی سیستم نوار نقاله، انتخاب صحیح موتور غلتک محرک می باشد که باعث بهینه شدن سیستم باربری و کاهش میزان مصرف انرژی می شود. نیرویی که به وسیله موتور تولید می شود به نوار منتقل شده و آن را به حرکت درمی آورد. این نیرو تابع سرعت نوار و کشش موثر نوار می باشد و برابر است با:

$$Hp_b = \frac{Te \times V}{33000}$$

که در آن Hp_b توان منتقل شده به نوار (بر حسب اسب بخار)، Te کشش موثر نوار (بر حسب پوند) و V سرعت نوار (بر حسب فوت بر دقیقه) است.

۳-۲- طراحی کامپیوتری سیستم باربری نوار نقاله

با توجه به اینکه طراحی دستی اجزای مختلف سیستم باربری نوار نقاله، امری وقت گیر و گاهاً همراه با خطا می باشد، استفاده از نرم افزارهای تخصصی طراحی این سیستم، می تواند دقت و سرعت طراحی را افزایش دهد. نرم افزار Belt Analyst 2007 یکی از بهترین نرم افزارهای طراحی، تحلیل و محاسبه سیستم نوار نقاله در حال حاضر می باشد که قادر به طراحی تمام اجزای اصلی و فرعی این سیستم با بالاترین دقت و در کمترین زمان ممکن است. این نرم افزار همچنین ابزار مناسبی جهت بهینه سازی سیستم های باربری نوار نقاله فعال در صنایع مختلف می باشد. در ادامه، ضمن معرفی نرم افزار مذکور، به قابلیت ها و نحوه طراحی سیستم ترابری نوار نقاله اشاره می شود.

۳-۲-۱- معرفی نرم افزار Belt Analyst 2007

شرکت Overland Conveyor واقع در کلرادوی آمریکا، از سال ۱۹۹۸ اقدام به توسعه نرم افزارهای ترابری مواد معدنی، از جمله Belt Analyst کرده است. نرم افزار Belt Analyst 2007 که در سال ۲۰۰۷ توسط این شرکت ارائه شده است، تحت سیستم عامل ویندوز قابل اجراست. صفحه اصلی این نرم افزار پس از اجرا در شکل ۴ نشان داده شده که شامل نوارهای وظیفه متعدد و نواحی مختلف جهت استفاده می باشد.

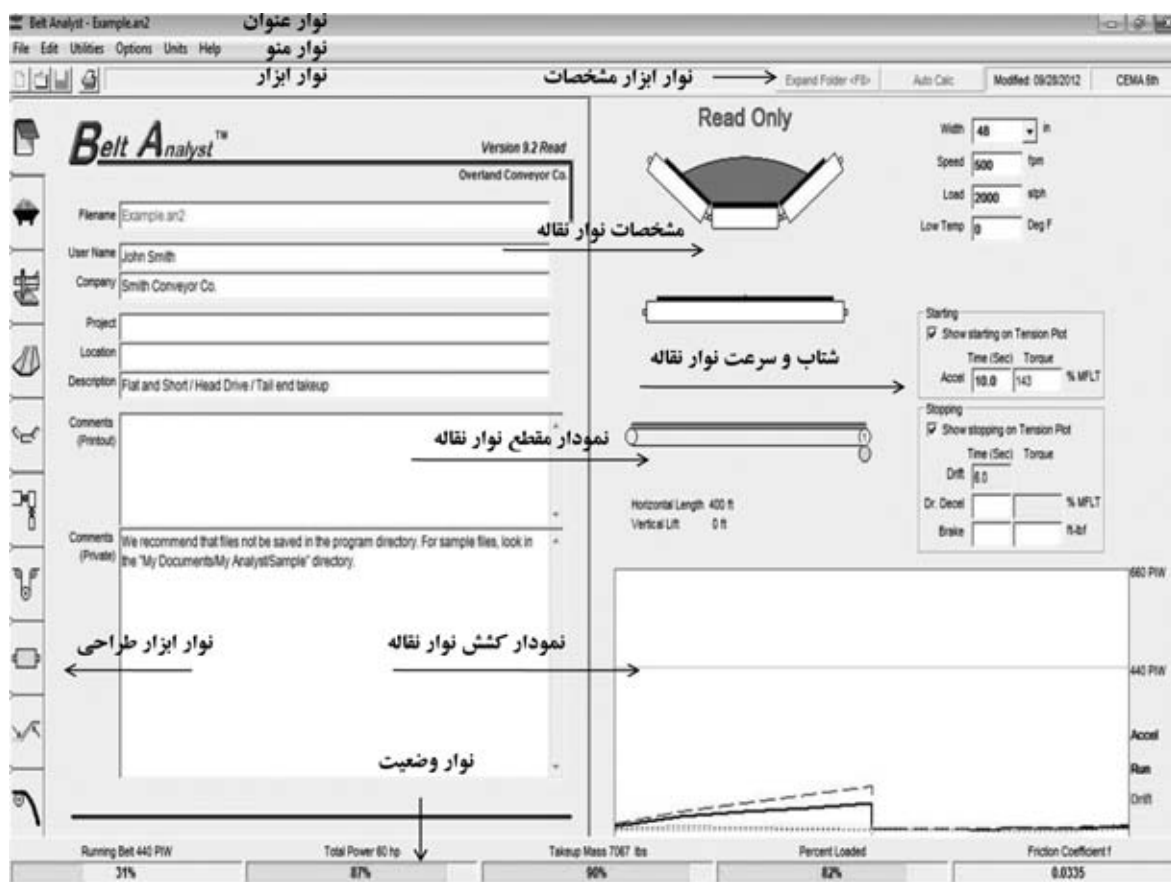
به طور کلی صفحه اصلی نرم افزار مذکور، شامل چهار نوار وظیفه اصلی به شرح زیر می باشد:

الف- نوار وظیفه اصلی

این نوار در بالای صفحه اصلی نرم افزار واقع شده است که شامل نوار منو، نوار عنوان و نوار ابزار استاندارد می باشد. این نوار مانند اکثر نرم افزارهای عمومی و تخصصی دیگر، شامل انواع دستورات عمومی مانند باز کردن فایل، ذخیره سازی فایل، چاپ، مشاهده و تنظیمات عمومی و تخصصی است.

ب- نوار ابزار مشخصات

این نوار در قسمت زیر نوار ابزار استاندارد واقع شده است که به کمک آن نحوه پردازش محاسبات اعم از اتوماتیک یا دستی، تاریخ آخرین تغییرات نرم افزار، باز و بسته شدن



شکل ۴- صفحه اصلی نرم افزار ۲۰۰۷ Belt Analyst

الف- ناحیه مربوط به مشخصات اصلی نوار نقاله

این ناحیه در زیر نوار ابزار مشخصات و در سمت راست صفحه اصلی واقع شده است. در قسمت چپ این ناحیه، تصویری از تعداد رولیک‌ها، نحوه قراگیری آنها در یک مجموعه و وضعیت بار روی نوار موجود می‌باشد. در این قسمت عرض نوار، سرعت نوار و ظرفیت باربری مورد نیاز مشخص می‌شود.

ب- ناحیه مربوط به شتاب و سرعت نوار نقاله

این ناحیه در زیر ناحیه مربوط به مشخصات اصلی نوار و در سمت راست صفحه اصلی واقع شده است. در این ناحیه زمان شتاب گرفتن نوار نقاله و همچنین زمان کاهش سرعت در هنگام ترمز کردن مشخص می‌شود.

ج- ناحیه مربوط به مقطع نوار نقاله

این ناحیه در زیر ناحیه مربوط به شتاب و سرعت نوار نقاله و در سمت راست صفحه اصلی واقع شده است. در این ناحیه طول و ارتفاع نوار نقاله، به صورت یک مقطع هندسی از نوار و مقدار عددی آن، به همراه محل قرارگیری غلتک و رولیک‌های هرزگرد مشخص می‌شود.

پنجره محاسباتی در نوار ابزار طراحی و کلاس طبقه‌بندی نوار نقاله را مشخص می‌نماید.

ج- نوار ابزار طراحی

این نوار در قسمت سمت چپ صفحه اصلی نرم افزار واقع شده که شامل قسمت‌های مختلفی است که در طول فرآیند طراحی از آنها استفاده می‌شود.

د- نوار وضعیت

این نوار در پایین صفحه اصلی نرم افزار واقع شده که نشان‌دهنده چهار پارامتر طراحی زیر است:

Running belt: نسبت ماکزیمم کشش نوار به عرض نوار و درصد استفاده از آن.

Total power: توان اسمی موتور و درصد استفاده از آن.

Take up mass: کشش نوار در جایی که وزنه تعادل قرار گرفته و درصد استفاده از آن.

Percent loaded: مقدار بارگیری اسمی و درصد بارگیری واقعی نوار.

همچنین صفحه اصلی نرم افزار مذکور، شامل چهار ناحیه اصلی به شرح زیر می‌باشد:

د- ناحیه مربوط به کشش نوار نقاله

این ناحیه در زیر ناحیه مربوط به مقطع نوار نقاله و در سمت راست صفحه اصلی واقع شده است. در این ناحیه کشش نوار نقاله در طول مسیر مشخص می‌شود. لازم به ذکر است کشش نوار نقاله در حالت‌هایی که نوار نقاله شتابدار و دارای سرعت ثابت است، مشخص می‌شود.

۳-۲-۲- طراحی و تحلیل سیستم نوار نقاله به کمک

نرم‌افزار Belt Analyst 2007

با توجه به ابزارهای طراحی موجود در نرم‌افزار که در جدول ۲ آورده شده است، کلیه اطلاعات ورودی مورد نیاز برای کار با این نرم‌افزار و مراحل طراحی سیستم نوار نقاله به کمک آن، به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

- تعیین مشخصات عمومی پروژه طراحی سیستم نوار نقاله در حال انجام از قبیل، نام کاربر، نام شرکت، نام و نوع پروژه و موقعیت پروژه به کمک ابزار Note Tab.

- تعیین نوع بار، چگالی، زاویه قرار، ارتفاع تخلیه مواد از نوار نقاله و ماکزیمم ابعاد بار فله‌ای به کمک ابزار Material Tab.

- تعیین نوع حرکت نوار پر و خالی و همچنین موقعیت قرارگیری رولیک‌ها و غلتک هرزگرد در طول مسیر و همچنین طول نوار به کمک ابزار Geometry Tab.

- تعیین خصوصیات نوار شامل: ضخامت لایه‌های اصلی نوار، وزن واحد طول نوار و مدول الاستیک نوار به کمک ابزار Belt Tab.

- تعیین نوع، جنس، قطر، نوع بلبرنگ و اصطکاک و تعداد رولیک‌های رفت و برگشت، همچنین زاویه رولیک‌های جانبی رفت نسبت به افق به کمک ابزار Idler Tab.

- تعیین قطر رولیک‌ها و غلتک‌ها، زاویه پیچش نوار روی رولیک‌ها و غلتک‌ها و همچنین موقعیت قرارگیری رولیک‌ها و غلتک‌ها به کمک ابزار Pulley Tab. به کمک این قسمت می‌توان ضمن تغییر پارامترهای فوق، نیروی کشش نوار در مسیر رفت و برگشت را تغییر داد و سیستم نوار نقاله را بهینه نمود.

- تعیین موقعیت غلتک متحرک، قدرت اسمی موتور، بازدهی یا راندمان موتور، سرعت دوران موتور، فاکتور اصطکاک در حالتی که نوار نقاله با سرعت ثابت و یا شتابدار در حال حرکت است و زاویه پیچش نوار نقاله بر روی غلتک به کمک ابزار Drives Tab.

- تعیین نسبت شتاب گرفتن نوار در قسمت وزنه تعادلی به حداقل کشش نوار، همچنین نسبت سرعت نوار در قسمت وزنه تعادلی به حداقل سرعت نوار و تعیین تعداد رولیک برای قسمت وزنه تعادلی به کمک ابزار Take Up Tab.

- تعیین شعاع انحنای نوار در قسمت‌های محدب و مقعر مسیر و در فواصل بین رولیک‌ها به صورت اتوماتیک و دستی به کمک ابزار Vertical Curve Tab. به کمک این قسمت می‌توان ضمن تغییر شعاع انحنای نوار، نیروی کشش نوار را تغییر داد و سیستم نوار نقاله را بهینه نمود.

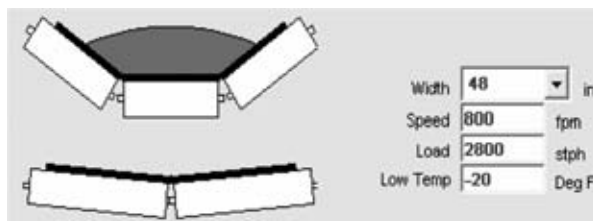
- تعیین منحنی مسیر سقوط مواد فله‌ای از روی نوار به محل ریزش (انبار، سرند، بونکر و ...) به کمک ابزار Trajectory Tab. در این مرحله منحنی ریزش مواد با توجه به سرعت نوار نقاله، چگالی ماده معدنی و ارتفاع ریزش طراحی می‌شود.

جدول ۲- ابزارهای طراحی سیستم نوار نقاله در نرم‌افزار Belt Analyst 2007

شکل	ابزار طراحی	شکل	ابزار طراحی
	Material Tab - ۲		Note Tab - ۱
	Belt Tab - ۴		Geometry Tab - ۳
	Pulley Tab - ۶		Idler Tab - ۵
	Take up Tab - ۸		Drive Tab - ۷
	Trajectory Tab - ۱۰		Vertical curve Tab - ۹

همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، بعد از وارد کردن اطلاعات مورد نیاز و با در نظر گرفتن مقدار تناژ در نظر گرفته شده برای حمل به وسیله سیستم نوار نقاله، عرض بهینه نوار در قسمت مشخصات اصلی نوار نقاله وارد می‌گردد. در ادامه زمانی که مقدار تناژ مورد نظر با عرض وارد شده برابر شد، عملیات متوقف می‌شود. در مراحل بعدی نیز می‌توان سیستم طراحی شده را بهینه کرد. به عنوان مثال اگر درصد استفاده از قدرت موتور کم باشد، می‌توان قدرت اسمی وارد شده در نوار طراحی را کم کرد و محاسبات را تکرار نمود.

باشد، طراحی و تحلیل سیستم به کمک روش‌های تحلیلی مشکل‌تر می‌شود و درصد خطا بالاتر می‌رود. در این موارد با استفاده از نرم‌افزارهای طراحی و تحلیل سیستم باربری نوار نقاله نظیر Belt Analyst 2007 می‌توان ضمن در نظر گرفتن تمام اجزای این سیستم با همدیگر، با سرعت و دقت بیشتر سیستم را طراحی و در مواردی آن را بهینه‌تر نمود که این امر باعث کاهش ریسک و هزینه‌های تولید خواهد شد.



شکل ۵- نحوه وارد کردن عرض نوار نقاله و تنظیم کردن آن با مقدار تناژ

۴- نتیجه‌گیری

انتخاب مناسب، طراحی و تحلیل دقیق و توجه به بهینه‌سازی سیستم‌های باربری در صنایع مختلف باعث کاهش هزینه‌های ترابری و در نتیجه کاهش قیمت نهایی محصول می‌شود. سیستم باربری نوار نقاله از جمله پرکاربردترین، متداول‌ترین و در اکثر موارد اقتصادی‌ترین سیستم‌های باربری، در مسیرهای کوتاه و طولانی، در صنایع مختلف می‌باشد. در انتخاب یک سیستم باربری نوار نقاله، ضمن توجه به عوامل محیطی باید به طراحی تمام اجزای آن توجه نمود و هر کدام از اجزای این سیستم را بر اساس نیاز و شرایط کاری موجود انتخاب و طراحی نمود. مسلماً هر چه طول مسیر، طولانی‌تر و مسیر باربری پیچیده‌تر

۵- منابع

- ۱- بصیر، ح. (۱۳۷۷)، «ترابری در معادن»، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، ویرایش سوم.
- 2-Bise, Ch. J. (1986), «Mining Engineering Analysis», Society of Mining Engineers, Littleton, Colorado.
- 3-Funke, H. (1974), «The dynamic stress of conveyor belt systems during starting and stopping», Braunkohle, Vol. 26, No. 3
- 4-www.fennerdunlopamericas.com
- 5-Overland Conveyor Co. (2007), «Belt Analyst Help», Version 9.2.

شرکت بهران مبدل (سهامی خاص)
BEHRAN MOBADDEL Co.(pjs)

طراحی و ساخت تجهیزات مکانیکی ثابت پالایشگاهی، نیروگاهی، پتروشیمی، شیمیایی و تأسیسات

انجمن سازندگان تجهیزات صنعت نفت

کواهنامه مدیریت کیفیت

انجمن مهندسان مکانیک ایران

انجمن صنعت تأسیسات

انجمن معادن صنایع ایران

انجمن تخصصی تحقیق و توسعه صنایع معدنی

- ✓ Heat exchanger
- ✓ Reactor&Mixers
- ✓ Pressure Vessels&Storage Tank
- ✓ Tank Heater
- ✓ Deaerator & Air Separator
- ✓ Flash Tank&Blow down&Condensate Tank
- ✓ Water Softener&Sand Filter

- ✓ مبدلهای حرارتی و برودتی
- ✓ انواع راکتور و میکسر
- ✓ مخازن تحت فشار و ذخیره
- ✓ مخازن آبگرمکن گویندار
- ✓ دی اریاتور و جداکننده هوا از آب
- ✓ مخازن چربی تأسیسات بخار
- ✓ سختی گیر و فیلترشنی

بهران مبدل سفارش مشتریان را با کیفیت و گارانتی عرضه مینماید.

دفتر مرکزی: تهران - بزرگراه رسالت - مابین رشید و زرین - رویروی پست پتروزین رشید - ساختمان شماره 243 - طبقه سوم - واحد 16
کارخانه: 30 کیلومتر جاده سمنان - شهرک صنعتی عباس آباد - بلوار خیام - خیابان جامی - خیابان تاک

Tel : (0098 21) 77715391,2 & 77706926,7
(0098 21) 36424575,6 & 36424991-2

Fax : (0098 21) 77873951
(0098 21) 36 424577

Email: info@behranmobaddel.com

www.bهرانmobaddel.com