

## طراحی و ساخت سلت‌های حمل باگاس نوارنقاله میانی آسیاب‌های شرکت کشت و صنعت امام خمینی (ره)

اصغر رنجی<sup>۱</sup>، رضا طاهری<sup>۲</sup>، سید جلال‌الدین هاشمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، ایران

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، معاونت توسعه مدیریت و منابع انسانی، دانشکده علوم پزشکی بهبهان، ایران (نویسنده مسئول)

<sup>۳</sup> استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، ایران

چنگک‌های نصب شده بر روی سلت‌های نوار نقاله میانی آسیاب‌های شرکت کشت و صنعت امام خمینی (ره) وظیفه انتقال باگاس را بر عهده دارند. این نقاله‌ها در میان باگاس و شربت اسیدی نیشکر دائماً در حرکت است لذا سلت و چنگک‌ها خیلی زود فرسوده و شکسته می‌شوند، از طرفی طراحی بسیار ساده این سلت‌ها باعث می‌شود باگاس با حجم مناسب و سریع بین آسیاب‌ها انتقال داده نشود. در این پژوهش سلت‌ها و چنگک‌های با سطح مقطع و ابعاد جدید طراحی و ساخته شد. از مزایای سلت جدید: انتقال حجم مناسب و تخلیه سریع باگاس بین آسیاب‌ها، افزایش حدود ۸ برابری مقاومت به خمش، کاهش خیز سلت نزدیک به صفر و همچنین کاهش نیروی وارد بر موتور، زنجیر و چرخ زنجیر به دلیل کاهش وزن سلت از ۶۰ به ۴۱ کیلوگرم.

**واژه‌های کلیدی:** نوار نقاله، سلت، چنگک، آسیاب، خیز و تنش خمشی.

## ۱. مقدمه

به نیشکر آماده شده‌ای که وارد اولین آسیاب می‌شود و از هر آسیاب به آسیاب بعدی می‌رود باگاس گفته می‌شود. عمل انتقال باگاس بین آسیاب‌ها تحت تاثیر سه نیروی مختلف انجام می‌گیرد که شامل:

الف- نیروی ثقل

ب- نیروی ثقل که شتاب آن در اثر اصطکاک بر روی سطح مورب تغذیه می‌شود.

پ- بوسیله نوار نقاله میانی بین آسیاب‌ها

نقاله‌های میانی آسیاب‌ها، نقاله‌های هستند که باگاس را از خروجی یک آسیاب به ورودی آسیاب بعدی می‌رسانند. سه نوع عمده این نقاله‌ها عبارتست از:

(۱) نقاله میانی آسیاب‌ها از نوع رک<sup>۱</sup>

(۲) نقاله میانی آسیاب‌ها از نوع ثابت<sup>۲</sup>

(۳) نقاله میانی آسیاب‌ها کف متحرک<sup>۳</sup>

نوار نقاله میانی آسیاب‌های کارخانه نیشکر امام خمینی (ره) از نوع رک مطابق شکل ۱ می‌باشد. این نقاله بوسیله چرخ‌دنده بالایی خود که به غلطک فوقانی آسیاب متصل است حرکت در می‌آید و این قسمت پائینی نقاله است که فعال بوده و عمل جابجایی باگاس را انجام می‌دهد. شکل ۲



شکل ۱- نقاله میانی برای انتقال باگاس بین آسیاب‌ها در کارخانه کشت و صنعت امام خمینی (ره).

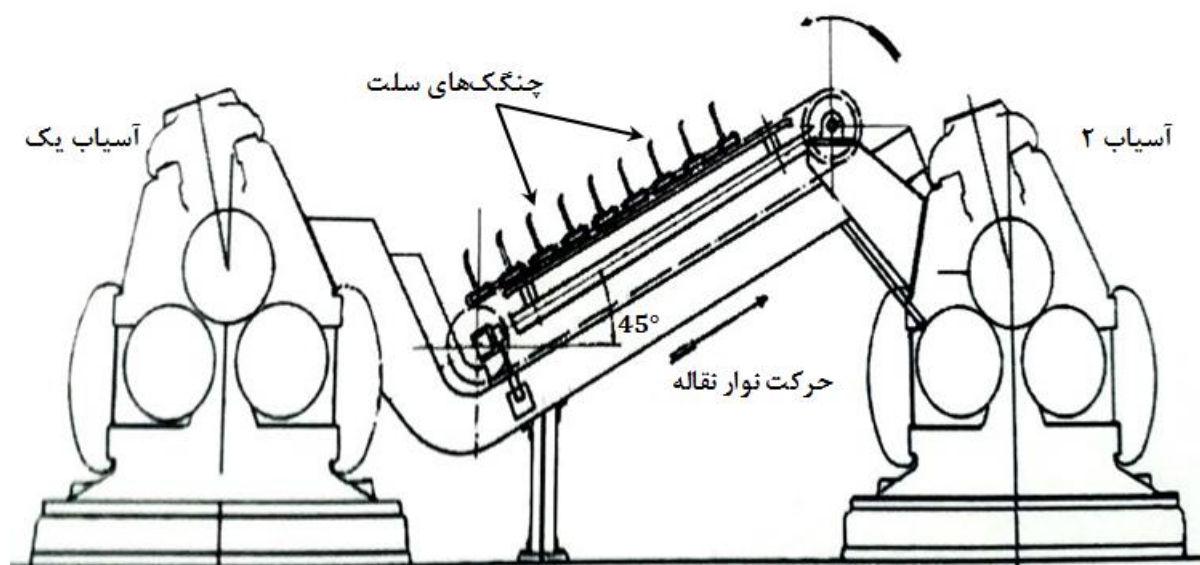
امروز این نقاله‌ها را به نحوی می‌سازند که اگر باگاس تصادفا بصورت توده انبوهی بر روی نقاله جمع گردد در این صورت چرخ‌دنده فوقانی بتواند اندکی به بالا حرکت نموده تا انبوه باگاس را تدریجا به آسیاب بعدی منتقل نماید. نقاله مذکور بوسیله زنجیری به حرکت در می‌آید، حلقه‌های زنجیر هر کدام بوسیله سلت‌های آهنی<sup>۴</sup> (slats) به چنگک‌ها متصل هستند شکل ۳ فاصله انتهای نوک دندانه‌های چنگک با کف نقاله در حدود ۱۸ میلی‌متر می‌باشد بدین ترتیب باگاس بوسیله چنگک‌هایی که در روی کف نقاله حرکت می‌کنند به جلو برده می‌شوند. ضخامت باگاس در روی صفحه نقاله به نحوی محاسبه شده است که هر لیتر باگاس دارای ۱۰۰ گرم ماده فیبری باشد.

<sup>۱</sup>rake-type

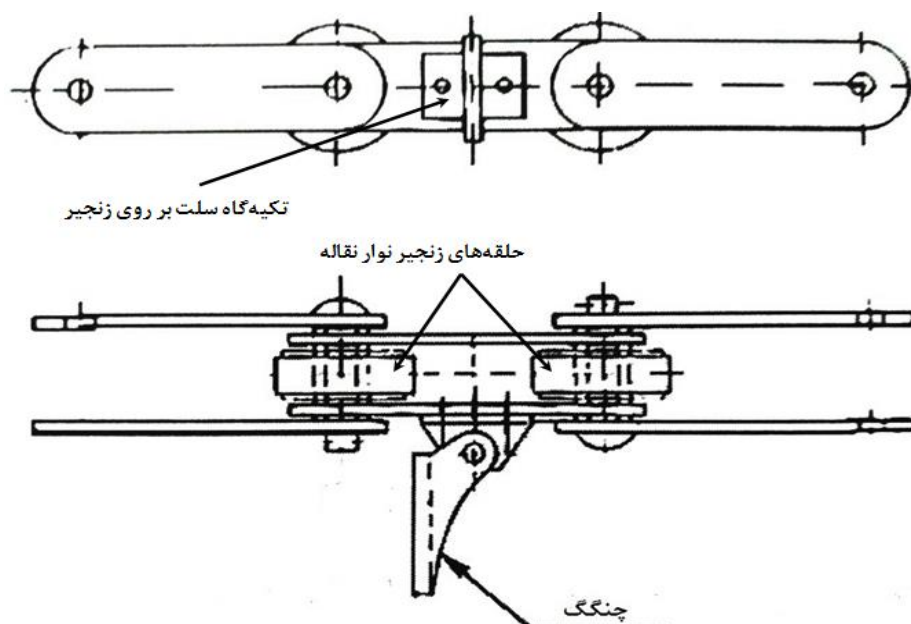
<sup>۲</sup>meinecke-type

<sup>۳</sup>apron-type

<sup>۴</sup>slats

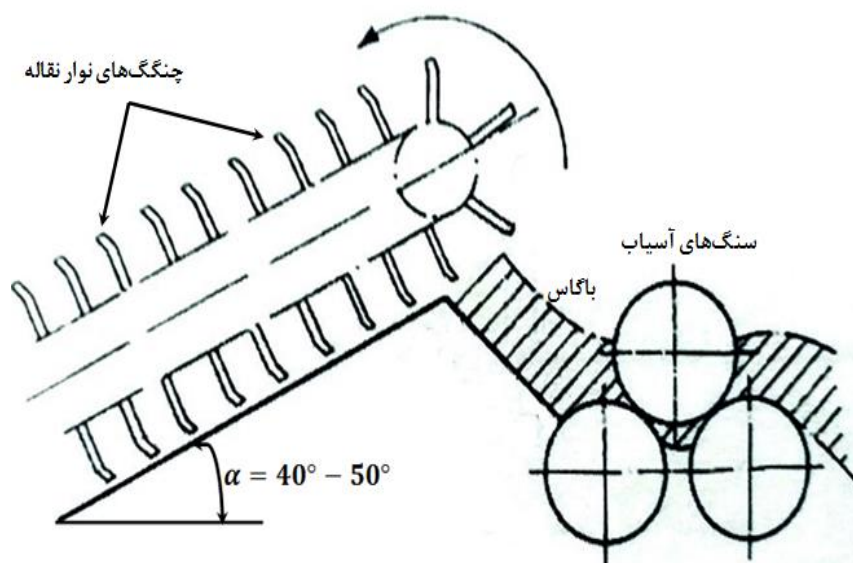


۲- نقاله میانی آسیاب از نوع رک.



شکل ۳- اتصال چنگک به سلت و نصب سلت به زنجیرهای نوار نقاله.

زاویه نقاله نسبت به خط افق برای زمانی که انتقال باگاس از یک آسیاب به آسیاب بعد توسط نقاله‌های نوع رک انجام گیرد از اهمیت کمتری برخوردار است. زاویه شیب نقاله تا حدودی بایستی تند باشد تا باگاس به آزادی روی آن بلغزد ولی نبایستی از حد تجاوز نماید که حجم عظیمی از باگاس را تشکیل دهد، اکنون باگاس با توجه به رطوبت آن تحت زاویه ۴۰ الی ۵۰ درجه مطابق شکل (۴) به سهولت روی صفحه تغذیه لیز خورده و به آسیاب بعدی وارد می‌شود ولی در زاویه ۵۵ الی ۶۰ درجه باگاس بصورت توده بزرگی در آمده و مشکلاتی را در جهت تغذیه آسیاب تولید می‌کند [۱].



شکل ۴- زاویه مناسب نوار نقاله انتقال باگاس بین آسیاب‌ها.

نقاله‌های نوع رک بسیار ساده می‌باشند شکل ۵ نمای چنگک بر روی سلت و بخشی از زنجیر نقاله میانی آسیاب‌های کارخانه شکر کشت و صنعت امام خمینی (ره) را نشان می‌دهد.



شکل ۵- تجهیزات نقاله میانی: الف- چنگک‌های موجود بر روی سلت، ب- بخشی از زنجیر نقاله، ج- لینک سلت خور زنجیر نقاله که سلت بر روی آن نصب می‌گردد و د- پین که وظیفه اتصال لینک‌ها به همدیگر و انتقال نیرو رو بر عهده دارند.



## ۲. روش تحقیق

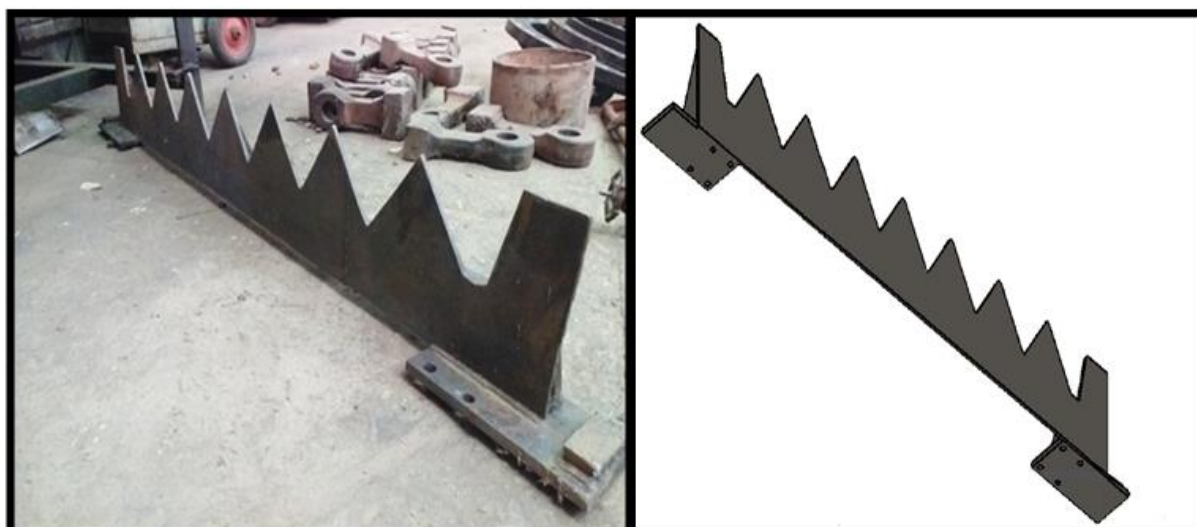
سلت‌های موجود بر روی نوار نقاله میانی بین آسیاب‌های کارخانه نیشکر امام خمینی (ره) پس از مدتی کارکرد دچار خیز و تغییر شکل شده و باعث می‌شود که چنگک‌های کناری سلت‌ها به کف فلزی نقاله‌های میانی برخورد کند. این برخورد علاوه بر ایجاد ضربه و نیروی شدید بر روی سلت و لینکها، منجر به خم شدگی چنگکها کناری مطابق شکل ۳ خواهد شد و نتیجه کارکرد سیستم را مختل می‌کنند. از دیگر مشکلات این سلت‌ها که منجر به توقف‌های متعدد کارخانه و صرف هزینه بالا گردیده وزن بالای آنها و عدم انتقال مناسب باگاس بین آسیاب‌ها می‌باشد. بالا بودن وزن سلت‌ها باعث افزایش نیرو بر روی لینکها، پینها و پیچ‌های زنجیر شده و در نتیجه منجر به سایش بیشتر پین‌ها شکل (۴-الف)، کاهش سطح ریل تفلنی (۴-ب)، کاهش سطح پروفیل چرخ زنجیر (۴-ج) و افزایش توان بر روی موتور و گیربکس محرکه نقاله میانی شده است. عدم انتقال حجم استاندارد باگاس توسط این سلت‌ها بخصوص در هنگامی کارخانه با ظرفیت بالا در حال کار می‌باشد، ناشی از طراحی بسیار ساده چنگک‌های آنها مطابق شکل (۵-الف) می‌باشد که باعث ایجاد چوک نیز در آسیاب‌ها شده است.



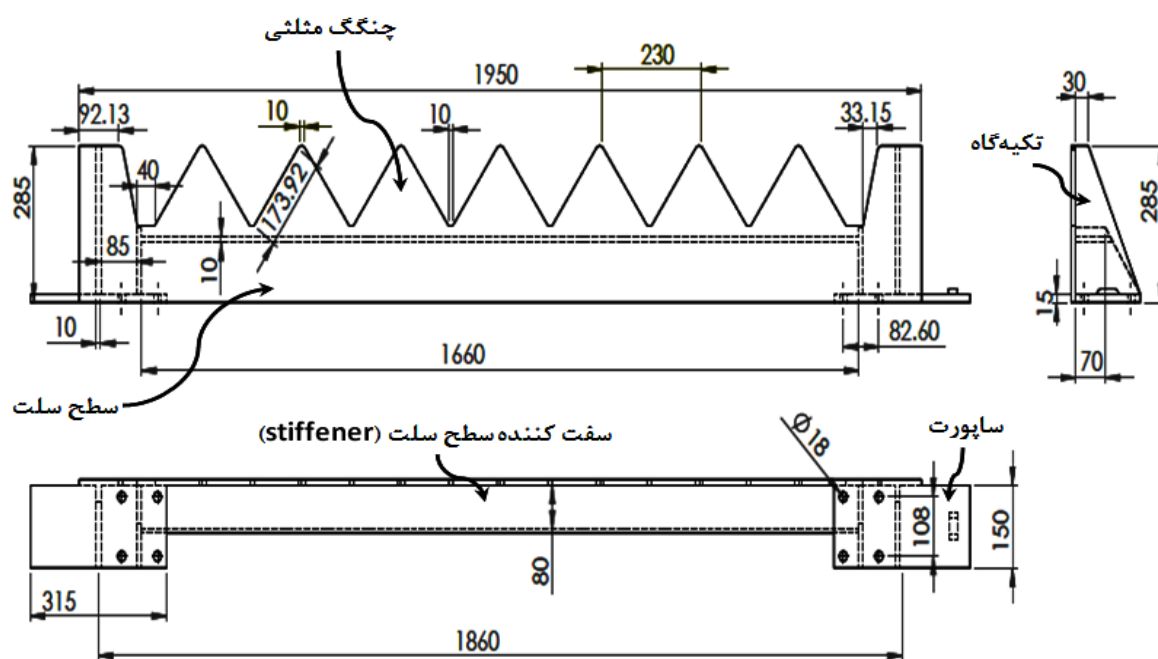
شکل ۶- خم شدن چنگک کناری به علت خیز برداشتن سلت نقاله میانی.



شکل ۷- کاهش طول عمر تجهیزات نقاله میانی ناشی از نیروی زیاد: الف- سایش و لح شدن پین، ب- سایش و کاهش سطح ریل تفلنی و ج- سایش سطح پروفیل چرخ زنجیر.



شکل ۸- نمای اصلی سلت جدید ساخته شده جهت نصب بر روی نوار نقاله.



شکل ۹- نقشه و ابعاد سلت جدید طراحی شده بر حسب میلی‌متر.

در این پژوهش برای جلوگیری از مشکلات ذکر شده در قسمت آسیاب کارخانه شکر، سلت جدید طراحی و ساخته شد. شکل ۸ و ۹ نمای اصلی، ابعاد و نقشه سلت جدید را نشان می‌دهد. سلت از فولاد  $St37-2$  با استحکام نهایی ۳۷۰ مگاپاسکال ساخته شد [۲].

#### مزایای طراحی سلت جدید:

۱-۲- جلوگیری از تجمع و چوک شدن باگاس در آسیاب‌ها: همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، سطح مقطع سلت جدید به جای نصب چنگک‌های مورب و فاصله‌دار، دارای چنگک‌های با دندانه مثلی شکل با سطح حمل مواد بیشتر از چنگک‌های

قدیمی می‌باشد که باعث انتقال هر چه بهتر باگاس بین آسیاب‌ها و تخلیه سریع باگاس به آسیاب بعدی شده است. شکل ۱۰ نصب سلت‌های جدید بر روی نوار نقاله آسیاب‌های میانی را نشان می‌دهد.

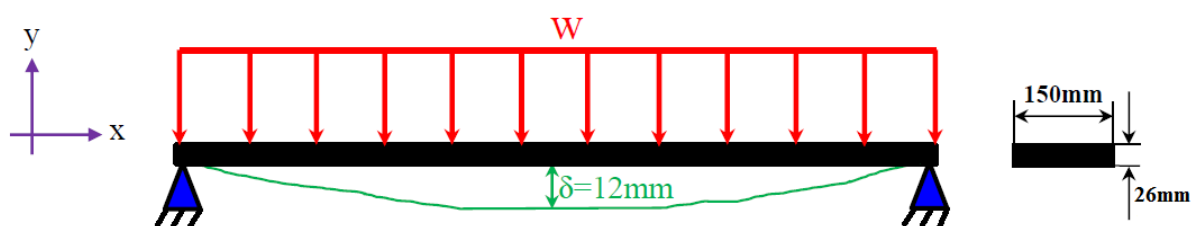


شکل ۱۰- نصب سلت‌های جدید بر روی نوار نقاله میانی آسیاب‌ها.

۲-۲- افزایش مقاومت و کاهش تنش خمشی سلت‌های جدید جهت جلوگیری از خیز برداشتن کف سلت و از کار افتادگی آن: با انجام محاسبات مشخص گردید که مقاومت به خمش سلت جدید به دلیل تغییر در سطح مقطع و بالا بردن ممان اینرسی نزدیک به ۸ برابر افزایش پیدا کرده است. محاسبات مربوط به تعیین مقدار خیز و تنش خمشی در سلت‌های قدیمی و جدید به ترتیب در زیر آمده است:

۲-۲-۱- محاسبه حداکثر نیروی وارد به سلت‌های آسیاب:

جهت تعیین مقدار نیرو وارد بر سلت‌ها، به طور متوسط مقدار خیز ۱۶ عدد از سلت‌های قدیمی اندازه گیری شد و مقدار متوسط آن  $\delta = 12\text{mm}$  بدست آمد. تیر معادل جهت محاسبه تنش خمشی وارد بر سلت‌های قدیمی مطابق شکل ۱۱ آنالیز شد. بارگذاری بر روی کف سلت به صورت مستطیلی و تکیه‌گاه‌ها به صورت لولایی در نظر گرفته شد.



شکل ۱۱- تیر معادل جهت تعیین نیرو و تحلیل تنش خمشی وارد بر سلت‌ها.

معادله (۱) خیز سلت را نشان می‌دهد [۳]:

$$\delta = \frac{5WL^4}{384EI_1} \quad (1)$$

در اینجا  $\delta$  خیز تیر،  $w$  بار وارده بر طول تیر،  $E$  مدول یانگ،  $L=1660\text{mm}$  فاصله بین تکیه‌گاه‌ها و  $I_1=219700\text{mm}^4$  ممان اینرسی سلت قدیمی می‌باشد، نیروی وارد بر طول سلت با توجه به معادله (۲) خواهد شد.

$$W = \frac{384\delta EI}{5L^4} = \frac{384 \times 12 \times 210000 \times 219700}{5 \times 1660^4} = 5.6 \frac{N}{mm} \quad (2)$$

۲-۲-۲- محاسبه مقدار تنش خمشی وارد بر سلت‌های قدیمی در راستای حمل نیرو  $y$ :

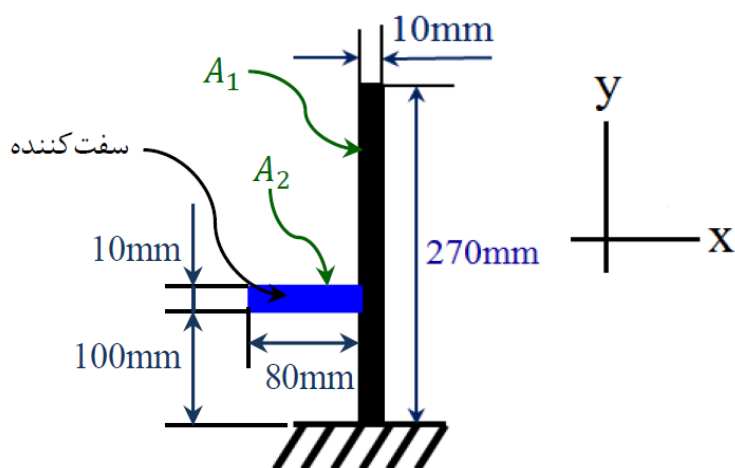
$$M_{max} = \frac{WL^2}{8} = \frac{5.6 \times 1660^2}{8} = 1928920 \text{ N.mm} \quad (4)$$

$$\sigma_1 = \frac{6M_{max}}{Ah} = \frac{6 \times 1928920}{150 \times 26 \times 26} = 114 \text{ Mpa} \quad (5)$$

که در اینجا  $M_{max}$  گشتاور ماکزیمم و  $\sigma_1$  حداکثر تنش خمشی وارده بر روی سلت‌های قدیمی در جهت راستای حمل نیرو را نشان می‌دهد. در راستای حمل باگاس (محور  $x$ ) با توجه به سطح مقطع و نحوه چیدمان چنگک‌ها مطابق شکل (۵-الف) مقدار خیز و تنش خمشی قابل نظر کردن است.

۲-۲-۳- محاسبه حداکثر تنش خمشی و خیز سلت‌های جدید در راستای حمل نیرو  $y$ :

برای بررسی حداکثر تنش خمشی و خیز به وجود آمده تحت ماکزیمم بار وارده در راستای حمل نیرو بر روی سلت‌های جدید خواهیم داشت.



شکل ۱۲- سطح مقطع جانبی سلت جدید جهت تایین ممان اینرسی سلت جدید.

$$\begin{cases} y_1 = \frac{270}{2} = 135 \text{ mm} \\ y_2 = \sqrt{100^2 + 40^2} = 107 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2} = \frac{270 \times 10 \times 135 + 107 \times 10 \times 80}{270 \times 10 + 10 \times 80} = 129 \text{ mm} \quad (7)$$



$$I_2 = \left[ \frac{1}{12} \times 10 \times 270^3 + (270 \times 10)(135 - 129)^2 \right] + \left[ \frac{1}{12} \times 80 \times 10^3 + (80 \times 10)(107 - 129)^2 \right] = 17177066 \text{ mm}^4 \quad (8)$$

با توجه به شکل ۹ و ۱۲ و معادله ۸ ممان اینرسی سلت جدید با توجه به تغییر سطح مقطع و بهینه سازی آن با استفاده از سفت کننده<sup>۵</sup> برابر  $I_2 = 17177066 \text{ mm}^4$  بدست آمده که بیش از ۷۸ برابر ممان اینرسی سلت‌های قدیمی می‌باشد. برای تعیین حداکثر خیز طبق معادله ۱ و تنش خمشی به وجود آمده در سلت‌های جدید طبق معادله ۸،۷،۲ داریم.

$$\delta_2 = \frac{5WL^4}{384EI_2} = \frac{5 \times 5.6 \times 1660^4}{384 \times 210000 \times 17177066 \text{ mm}^4} = 0.153 \text{ mm} \quad (9)$$

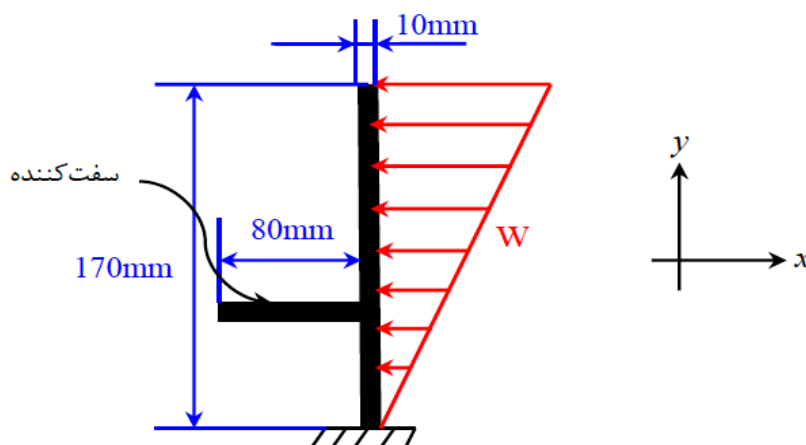
$$\sigma_2 = \frac{M\bar{y}}{I_2} = \frac{1928920 \times 129}{17177066 \text{ mm}^4} = 14.44 \text{ Mpa} \quad (10)$$

همانطور که در معادله ۹ مشاهده می‌شود مقدار خیز تقریباً برابر صفر بدست آمده که نشان دهنده مقاومت بالای سلت‌های جدید در برابر خیز و خم شدگی به علت افزایش ممان اینرسی است. همچنین با توجه به معادله (۱۱ و ۱۰) مقاومت خمشی سلت جدید حدود ۸ برابر سلت قدیمی می‌باشد.

$$n = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{114}{14.44} = 7.9 \quad (11)$$

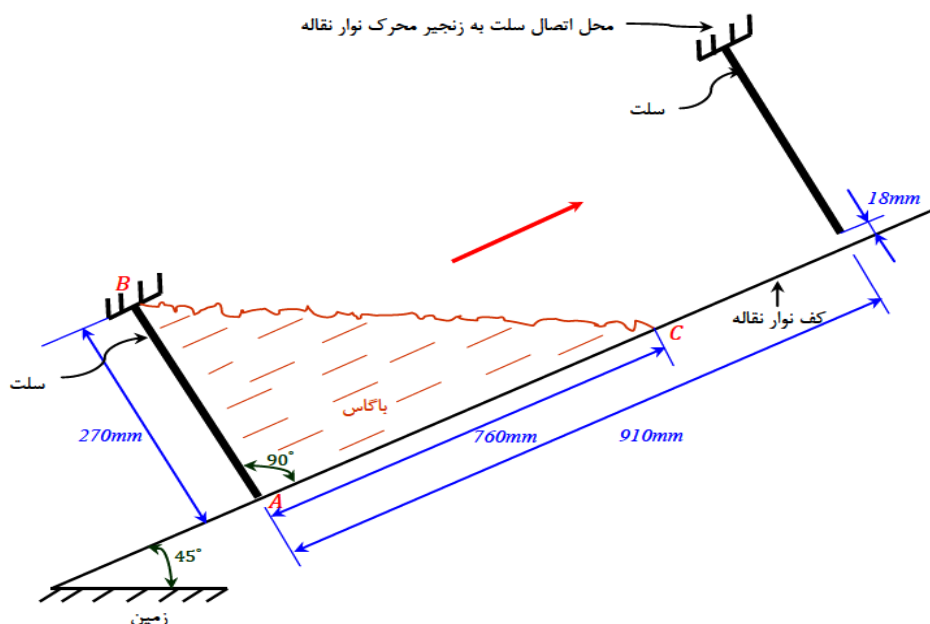
۴-۲-۲- محاسبه حداکثر خیز سلت‌های جدید در راستای محور حمل باگاس  $x$ .

در قسمت روبرو سلت‌های جدید که باگاس را حمل کرده و به آسیاب بعدی انتقال می‌دهد به دلیل افزایش سطح مقطع سلت جدید احتمال بروز خم شدگی و خیز وجود دارد. شکل ۱۳ تیر معادل و تحلیل نیرو بر روی سلت جدید در راستای محور  $x$  را نشان می‌دهد. حال جهت محاسبه خیز تیر، در مرحله نخست مقدار حجم باگاس حمل شده مطابق شکل ۱۴ محاسبه شده سپس خیز تیر با بارگذاری مثلی بدست خواهد آمد:



<sup>۵</sup>stiffener

شکل ۱۳- سطح مقطع سلت جدید جهت تعیین خیز در راستای محور  $x$



شکل ۱۴- مقدار حجم باگاس حمل شده توسط هر یک از سلت‌های نوار نقاله.

مقدار بار گسترده  $w$  به چگالی باگاس و حجم باگاس حمل شده توسط سلت بستگی دارد، چگالی باگاس  $\rho_{\text{باگاس}} = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  [۴] و حجم باگاس حمل شده با توجه به ارتفاع سلت  $h = 270\text{mm}$  فاصله سطح جانبی سلت  $L = 1950\text{mm}$  و متوسط طول حمل شده باگاس  $l = 760\text{mm}$  طبق شکل ۱۴ خواهد شد:

$$V = \frac{hl}{2} \times L = \frac{0.270\text{m} \times 0.760\text{m}}{2} \times 1.950\text{m} = 0.2\text{m}^3 \quad (12)$$

$$m = V \times \rho = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.2\text{m}^3 = 30\text{kg} \quad (13)$$

$$F = m \times g = 30 \times 9.81 = 294\text{N} \quad (14)$$

$$W_2 = \frac{F}{2h} = \frac{294}{2 \times 270} = 0.544 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (15)$$

که در اینجا  $V$  حجم باگاس حمل شده توسط هر سلت،  $\rho$  چگالی باگاس،  $m$  جرم باگاس حمل شده،  $F$  نیروی باگاس حمل شده و  $W_2$  بار گسترده در جهت راستای حمل باگاس می‌باشد.

ممان اینرسی طبق معادله ۸ برابر  $I_2 = I_3 = 17177066\text{mm}^4$  و در نتیجه حداکثر خیز در راستای محور  $x$  برای سلت جدید خواهد شد:

$$\delta_2 = \frac{11WL^4}{120EI_3} = \frac{11 \times 0.544 \times 1660^4}{120 \times 210000 \times 17177066} = 0.105\text{mm} \quad (16)$$

طبق رابطه ۱۶ حداکثر خیز بوجود آمده برابر  $0.105$  میلی‌متر بوده که نشان می‌دهد سطح سلت جدید در راستای حمل باگاس، مقاومت خوبی در برابر خیز و تغییر شکل داشته دارد.

۲-۳- وزن سلت جدید با توجه به بهینه‌سازی سطح مقطع ۴۱ کیلوگرم بدست آمده که ۱۹ کیلوگرم از سلت قدیمی کمتر است. این کاهش وزن باعث کاهش نیروی اصطکاک بین زنجیر نقاله میانی و ریل تفلنی، کاهش نیروی وارد بر زنجیر نقاله میانی و کاهش توان موتور الکتریکی از ۲۹/۷ به ۲۶/۵ کیلووات گردیده است. محاسبات دینامیکی مربوط به کاهش نیروهای وارده خواهد شد:

۲-۳-۱- محاسبات نیروی اصطکاک بین زنجیر نقاله میانی و ریل تفلنی:

$$\left[ \begin{array}{ll} ۱: 46 \times 14 = 644kg & \text{وزن کل لینک سلت خور} \\ ۲: 92 \times 11 = 1012kg & \text{وزن کل لینک بدون سلت خور} \\ ۳: 140 \times 2.15 = 301kg & \text{وزن کل پین} \\ ۴: 23 \times 60 = 1380kg & \text{وزن کل سلت قدیمی} \\ ۵: 23 \times 41 = 943kg & \text{وزن کل سلت جدید} \end{array} \right. \quad (17)$$

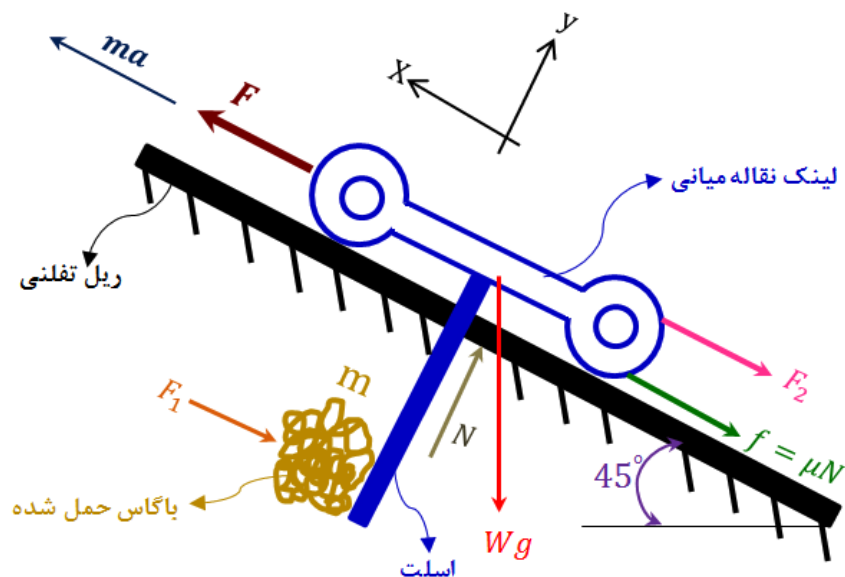
معادله ۱۷ وزن نقاله میانی با متعلقات آن را نشان می‌دهد. با توجه به این رابطه داریم:

$$W_1 = 3337kg \quad (18) \quad \text{وزن کل نقاله میانی با سلت قدیم}$$

$$W_2 = 2900kg \quad (19) \quad \text{وزن کل نقاله میانی با سلت جدید}$$

نقاله میانی شامل دو زنجیر می‌باشد وزن نقاله روی ریل تفلنی به طور مساوی به دو تقسیم می‌شود.

لازم به ذکر است که ضریب اصطکاک بین فولاد و تفلن  $\mu = 0.04$  می‌باشد [۵]. وزن باگاس حمل شده طبق معادله ۱۳  $m=30kg$  است.



شکل ۱۵- لینک سلت خور زنجیر نقاله میانی با تحلیل نیروهای وارد بر آن.

با توجه به شکل ۹ و معادلات ۱۲ و ۱۳، نیروی اصطکاک بین نقاله و ریل تفلنی طبق معادله ۲۰ می‌شود [۶].

$$N = Wg \cos \theta \quad \longrightarrow \quad f = \mu Wg \cos \theta \quad (20)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 = 0.04 \times 1669 \times 9.81 \times \cos 45 = 463 \text{ N} \quad (21) \quad \text{نقاله همراه با سلت قدیمی} \\ f_2 = 0.04 \times 1450 \times 9.81 \times \cos 45 = 402 \text{ N} \quad (22) \quad \text{نقاله همراه با سلت جدید} \end{array} \right.$$

با توجه به معادله ۲۱ و ۲۲ مقدار نیروی اصطکاک بین تفلن و زنجیر نقاله میانی با سلت جدید، ۶۱ نیوتن کاهش یافته است مزایای کاهش نیروی اصطکاک:

۱-۳-۱- افزایش طول عمر تفلن به دلیل کاهش سایش ریل تفلنی.

۲-۳-۱- کم شدن هزینه تعمیرات.

۳-۳-۱- کاهش توقفات.

۲-۳-۲- محاسبات نیروی وارد بر زنجیر نقاله میانی:

با توجه به شکل (۱۵) و تحلیل نیروهای دینامیکی داریم:

$$\sum F_x = ma_x \quad (23)$$

سرعت نقاله میانی ثابت بوده و ترم  $ma_x = 0$  خواهد شد و در نتیجه:

$$\sum F_x = 0 \quad \longrightarrow \quad -Wg \sin \theta - \mu Wg \cos \theta - 10mg + F = 0 \quad (24)$$

$$F = Wg \sin \theta + \mu Wg \cos \theta + 10mg \quad (25)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = 1669 \times 9.81 \times \sin 45 + 0.04 \times 1669 \times 9.81 \times \cos 45 + 10 \times 30 \times 9.81 = 14984 \text{ N} \quad (26) \\ F_1 \text{ نیروی وارد بر یک طرف زنجیر نقاله میانی با سلت قدیمی} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_2 = 1450 \times 9.81 \times \sin 45 + 0.04 \times 1450 \times 9.81 \times \cos 45 + 10 \times 30 \times 9.81 = 13403 \text{ N} \quad (27) \\ F_2 \text{ نیروی وارد بر یک طرف زنجیر نقاله میانی با سلت جدید} \end{array} \right.$$

با توجه به رابطه ۲۶ و ۲۷ نیروی وارد بر زنجیر نقاله میانی با سلت جدید ۱۵۸۰ نیوتن کاهش یافته است از محاسن کم شدن نیروی وارد بر زنجیر:

۱-۳-۲- کاهش فشار بر روی پین و لینکهای زنجیر.

۲-۳-۲- جلوگیری از بریدن و لح شدن پین در حین کار.

۳-۳-۲- افزایش طول عمر زنجیر و چرخ زنجیر.

۴-۳-۲- کاهش هزینه تعمیرات و توقفات کارخانه.

۳-۳-۲- محاسبات کاهش توان موتور الکتریکی از ۲۹/۷ به ۲۶/۵ کیلووات (توان نامی موتور الکتریکی ۴۵ کیلووات است). این کار باعث می شود که علاوه بر افزایش طول عمر موتور و گیربکس، از توقف کارخانه بخصوص در فصل تابستان جلوگیری کند (فصل تابستان به دلیل گرما راندمان موتور الکتریکی پایین آمده و توان نامی موتور حداقل ۱۰ درصد کاهش می یابد [۷]).

$$v = \frac{\pi \times d \times n}{60} = \frac{\pi \times 1.04 \times 14}{60} = 0.762 \frac{m}{s} \quad (28)$$

در اینجا  $v$  سرعت خطی زنجیر نقاله میانی،  $d$  قطر چرخ زنجیر نقاله بر حسب متر و  $n$  تعداد دوران بر حسب دور بر دقیقه می-باشد. با توجه به رابطه ۲۶ و ۲۷ داریم:

$$P = 2F_1 \times v \times n_d = 2 \times 14984 \times 0.762 \times 1.3 = 29.7kw \quad (29)$$

$$P = 2F_2 \times v \times n_d = 2 \times 13403 \times 0.762 \times 1.3 = 26.5kw \quad (30)$$

معادله ۲۹ و ۳۰ توان واقعی وارد بر موتور الکتریکی با سلت قدیمی و سلت جدید را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که  $n_d$  ضریب ایمنی طراحی پیامدهای ناخواسته [۸] شامل اصطکاک بین زنجیر و چرخ زنجیر، ارتعاشات و لرزش زنجیر، اصطکاک درون یاتاقانها، اصطکاک درون موتور و گیربکس و کاهش راندمان توان انتقالی از موتور الکتریکی به نقاله میانی به واسطه زنجیر می‌باشد.

### ۳. نتیجه‌گیری

۳-۱- سلت‌ها و چنگک‌های موجود نصب شده بر روی نوار نقاله میانی آسیاب‌ها به علت سادگی طراحی، تخلیه نامناسب باگاس، نداشتن استحکام لازم و وزن زیاد باعث توقفات متعدد کارخانه و صرف هزینه تعمیراتی بسیار برای شرکت کشت و صنعت امام خمینی شده است. در این پژوهش برای جلوگیری از مشکلات ذکر شده سلت جدید با ابعاد بهینه شده طراحی و ساخته شد.

۳-۲- از مزایای طراحی سلت و چنگک‌های جدید ساخته شده:

۳-۲-۱- انتقال هر چه بهتر باگاس و تخلیه سریع آن بین آسیاب‌ها به دلیل داشتن چنگک‌های مثلثی شکل با سطح حمل مواد بیشتر.

۳-۲-۲- افزایش مقاومت سلت‌های جدید نزدیک به ۸ برابر سلت‌های قدیمی جهت جلوگیری از شکست سلت.

۳-۲-۳- کاهش خیز سلت نزدیک به صفر به دلیل افزایش ممان اینرسی به بیش از ۷۸ برابر و جلوگیری از تغییر شکل.

۳-۲-۴- کاهش وزن سلت از ۶۰ به ۴۱ کیلوگرم به دلیل بهینه شدن ابعاد سلت.

۳-۲-۵- کاهش نیروی اصطکاک بین زنجیر نقاله میانی و ریل تفلنی و در نتیجه کاهش خرابی ریل تفلنی نوار نقاله.

۳-۲-۶- کاهش نیروی وارد بر زنجیر نقاله میانی و در نتیجه کم شدن نیرو بر روی پین، لینک و زنجیرها.

۳-۲-۷- کاهش توان موتور الکتریکی از ۲۹/۷ به ۲۶/۵ کیلووات و در نتیجه افزایش طول عمر موتور و کاهش هزینه برق مصرفی.

### ۴. منابع و مراجع

- [۱] هیوگات، امیل. (۱۳۹۳)، "مبانی مهندسی تولید شکر از نیشکر"، جلد اول، ترجمه عزت الله عراقی، اهواز، انتشارات کردگار.
- [۲] وگس، ام. وگست، سی. (۱۳۹۴)، "کلید فولاد"، ترجمه عبدالله ولی نژاد، موسسه فولاد آلمان، تهران.
- [۳] پی بی‌یر ای، ف. جانسون، ر. تی، ج. ولف، د. (۱۳۸۶)، "مقاومت مصالح"، ترجمه دکتر ابراهیم واحدیان، تهران.
- [4] Udgar, S.A., and Khot, J.V., 2014. "Design of Slat Conveyor for Bagasse Handling in Chemical Industry", International journal of innovation research & development, Vol. 3 issue 8, pp. 2278-0211.
- [۵] اولریچ، ف. هینز، م. (۱۳۸۷)، "جداول و استانداردهای طراحی و ماشین سازی"، ترجمه عبدالله ولی نژاد، تهران.
- [۶] مریام، جی، ال. کرایگ، ال. ج. (۱۳۸۶)، "دینامیک"، ترجمه دکتر ایرج شادروان، تهران.
- [۷] خراسانی نژاد، مانی. (۱۳۹۸)، "ماشین‌های الکتریکی مخصوص"، چاپ اول، تهران، انتشارات آذرفر.
- [۸] شبلی، میشکه. بادیناس. (۱۳۸۶)، "طراحی اجزا ماشین"، ترجمه دکتر ایرج شادروان، تهران.