نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

طراحی و ساخت ماشین جمع‌آوری و بسته‌بندی بقایای نیشکر

مصطفی حیدری[۱]، سید جلیل رضوی[۲*] و ابوالفضل گودرزی[۱]

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان ۸٤۱٥٦۸۳۱۱۱

[*]ایمیل مکاتبه کننده: jrazavi@cc.iut.ac.ir

چکیده

در استان خوزستان بیش از ۷۰۰۰۰ هکتار از اراضی به کشت نیشکر اختصاص دارد. با احتساب ۲۰٪ کل محصول به عنوان برگ و سرشاخه‌ها میزان این بقایا در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ برابر تقریباً یک و نیم میلیون تن است. این بقایا می‌تواند به عنوان علوفه برای دام استفاده گردد یا به عنوان سوخت سبز بخش اعظمی از انرژی مورد نیاز در صنعت نیشکر را فراهم نماید. به همین منظور دستگاه جدیدی برای جمع‌آوری و بسته‌بندی بقایای نیشکر طراحی و ساخته شد که از هد انگشتی‌دار و بسته‌بند استوانه‌ای تشکیل شده است. دستگاه روی شاسی سوار و به صورت کششی به تراکتور متصل شده و بقایای داخل جوی را جمع‌آوری می‌کند. به منظور ارزیابی مشاهده‌ای دستگاه به مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شد. مشاهدات عینی از عملکرد مزرعه‌ای دستگاه نشان داد که پس از انجام پاره‌ای اصلاحات می‌توان از دستگاه موجود برای جمع‌آوری و بسته‌بندی بقایای نیشکر و احتمالاً دیگر بقایای محصولات کشاورزی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: نیشکر، برداشت بقایا، ماشین پکر.

مقدمه

نیشکر گیاهی گرمسیری است و از گیاهان بسیار قدیمی جهان می‌باشد و منطقه جنوب ایران و استان خوزستان منطقه مساعد برای کشت این گیاه محسوب می‌شود (اداره کل آمار و اطلاعات، وزارت کشاورزی ، ۱۳۷۸). تنوع فراورده‌های جانبی نیشکر و اهمیت هر یک از آن‌ها در زندگی اجتماعی مردم و اقتصاد کشورهای نیشکر خیز به قدری گسترده و فراگیر است که امروزه به جزء شکر، کاغذ، خوراک دام، نئوپان، فورفورال، خمیر مایه، صمغ ملاس، ملامین، پارچه، الکل در انواع گوناگون، سرکه و بسیاری از محصولات دیگر و صدها نوع مواد شیمیایی و دارویی متنوع نیز از این محصول بدست می‌آید (اداره کل آمار و اطلاعات، وزارت کشاورزی ، ۱۳۷۸). براساس آمار موجود در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ میزان تولید نیشکر در ایران حدود ٥/٦ میلیون تن برآورد شده است. متناسب با این میزان تولید رقمی حدود ۱/٥ میلیون تن بقایای گیاهی شامل برگ و سرشاخه‌های نیشکر نیز تولید شده است (بی‌نام،۱۳۹۲) که به دلیل نبود ماشین مناسب جمع‌آوری، سوزانده می‌شود؛ بنابراین با طراحی و ساخت ماشینی مناسب برای جمع‌آوری و مدیریت صحیح و درست می‌توان از این بقایا به بهترین شکل استفاده کرد.

برداشت نیشکر

نیشکر گیاهی است که بسته به شرایط نگهداری و آب و هوا و حاصلخیزی خاک ممکن است از آن یک یا چند سال بهره‌برداری نمود(خواجه پور،۱۳۸٦). برداشت نیشکر ممکن است با دو روش عمومی دستی و یا ماشینی انجام شود. در روش برداشت دستی، ابتدا مزرعه آتش زده می شود تا برگ‌ها بسوزند و سپس ساقه‌ها از نزدیکی سطح خاک توسط قمه قطع می‌گردد. در برداشت ماشینی نیز ممکن است ابتدا مزرعه را آتش بزنند و بعد ساقه‌ها را توسط ماشین از نزدیکی سطح خاک قطع و قطعه قطعه کرده و به کارخانه حمل نمایند. در روش‌های جدید برداشت ماشینی، مزرعه را آتش نمی‌زنند. در برداشت نیشکر توسط هاروستر برگ‌های نیشکر و بخشی از ساقه آن جدا شده و در دو بخش بر روی زمین ریخته می‌شود. بخش اول قسمت فوقانی بوته (به طور میانگین ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر زیر مجتمع برگ‌ها) است که به علت نداشتن ارزش اقتصادی توسط سرزن هاروستر قطع می‌شود تا وارد هاروستر نشود. در بخش دوم، تیغه پایینی هاروستر(بیس کاتر) ساقه را از نزدیکی زمین بریده و به درون غلتک‌ها ی تغذیه هدایت می‌کند و پس از وارد شدن محصول به درون هاروستر برگ‌ها در چندین مرحله از ساقه جدا می‌شود و بر روی زمین ریخته می‌شود. برداشت ماشینی در بسیاری از مزارع خوزستان به کار گرفته شده است (خواجه پور،۱۳۸٦).

مدیریت بقایای برگ و سرشاخه‌های نیشکر

گیاه نیشکر می‌تواند در کنار تولید ساقه‌های صنعتی مقداری بقایای محصول از ۱۵ تا ۳۰ درصد وزن منطقه هوایی بسته به شرایط مزرعه تولید کند (Hassoun et al.,2002). پس از برداشت نیشکر، برگ‌ها و سرنی‌ها به صورت پوششی متراکم تمام سطح مزرعه را می‌پوشاند (شکل ۱) که مانع آبیاری می‌گردد و در این حالت در مزارع آیشی و ترمیمی مانع از انجام عملیات تهیه و آماده کردن و بازرویی زمین می‌شود (رستگار، ۱۳۸٤).

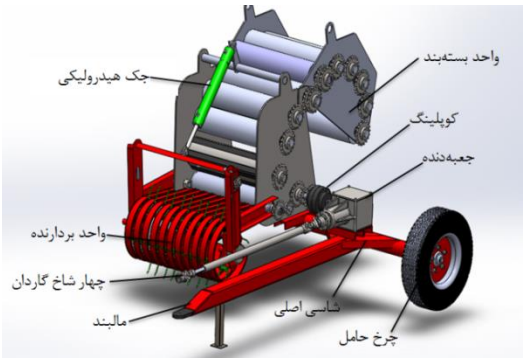
شکل ۱- وضعیت برگ و سرشاخه‌های نیشکر بعد از برداشت

بقایای پس از برداشت نیشکر، شامل سرشاخه‌ها، برگ‌های سبز و خشک و خرده نی‌ها، به طور گسترده‌ای در بسیاری از کشورهای تولید کننده‌ی نیشکر به وسیله کشاورزان استفاده می‌شود (Mann and Buchanan,1998; Hassoun et al.,2002) بقایای گیاهی نیشکر به عنوان یکی از منابع مهم علوفه نشخوارکنندگان در فصل خشک در

کشورهای حاره‌ای و در مناطق کوهستانی در فصل‌های بارانی و در هنگام کمبود علوفه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مالچ حاصل از بقایای گیاهی نیشکر می‌تواند موجب افزایش ماده آلی خاک، حفاظت عناصر غذایی، نقصان رشد علف‌های هرز و حفاظت خاک از فرسایش گردد. مالچ می‌تواند رطوبت خاک را حفظ نموده، دمای خاک را در تابستان داغ پایین نگه داشته و در نتیجه رشد ریشه را بهبود بخشد و در نهایت موجب افزایش عملکرد گردد (خواجه پور،۱۳۸٦). از طرف دیگر مقدار زیاد آن ازت موجود در خاک را برای تجزیه شدن مصرف می‌کند و بهتر است که قسمتی از بقایا (در حدود ۵۰-۷۰ درصد) از سطح مزرعه جمع‌آوری و خارج شود(Braunbeck et al., 1999). در شرایط فعلی یک روش معمول، سوزاندن بقایا است که نه تنها باعث آلودگی محیط زیست می‌شود بلکه سبب از دست رفتن ماده آلی و اتلاف عناصر غذایی می‌شود (King et al., 1965). در آفریقای جنوبی بیش از ۹۰ درصد از اراضی نیشکر قبل از برداشت سوزانده می‌شود و سپس برداشت به صورت دستی انجام می‌شود (Smithers, 2014). در بیشتر موارد برگ‌ها و سرشاخه‌های نیشکر با وجود فراوانی، به مصرف عموم نمی‌رسد. یکی از فاکتورهای محدودکننده استفاده از برگ‌ها و سرشاخه‌های نیشکر ، هزینه جمع‌آوری از مزرعه به صورت دستی بعد از برداشت نیشکر است (Grigg et al., 2005) و بنابراین نیاز به طراحی تجهیزات و سیستم‌هایی برای جمع‌آوری مقداری از بقایای نیشکر از مزارع و انتقال و حمل و نقل آن‌ها می‌باشد (Braunbeck et al., 1999). بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر طراحی و ساخت یک ماشین جمع آوری بقایای نیشکر متناسب با وضعیت اراضی و شیوه کشت نیشکر در استان خوزستان می باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پروژه ابتدا تمامی قسمت‌های دستگاه در نرم‌افزار SolidWorks 2012 طراحی و سپس نسبت به ساخت آن اقدام گردید (جمشیدی و ممبینی، ۱۳۹۰) . مطابق شکل (۲) دستگاه طراحی شده شامل قسمت‌های شاسی، چرخ‌های حامل، واحد بردارنده، واحد بسته‌بند، سیستم انتقال توان و جک هیدرولیکی می‌باشد.



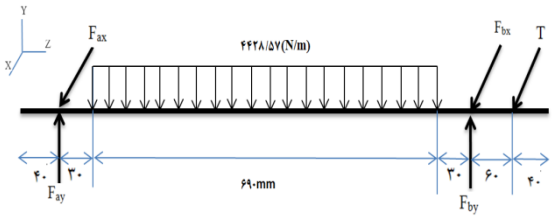
شکل ۲- دستگاه طراحی شده

طراحی محور غلتک بسته‌بند

طراحی محور غلتک براساس معیار سودربرگ انجام شد (. شادروان، ۱۳۸۵).

$$d = \left\{\frac{32n}{\pi}\left[\left(K_f\frac{M}{S_e}\right)^2 + \left(K_f\frac{T}{S_y}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\right\}^{\frac{1}{3}} \quad (۱)$$

که در آن d: قطر محور (mm)؛ n: ضریب ایمنی خستگی؛ K_f: ضریب تمرکز تنش خستگی در خمش؛ M: دامنه گشتاور خمشی(N.m)؛ S_e: حد دوام خستگی (MPa)؛ T: دامنه گشتاور پیچشی(N.m)؛ S_y: مقاومت تسلیم (MPa) می‌باشد. برای طراحی محور ابتدا نیروهای وارده بر محور را مشخص نموده سپس ممان‌های خمشی و پیچشی هر مقطع به دست آورده می‌شود. چون محور گردان است باید استحکام دینامیکی در نظر گرفته شود. نیروهای وارده به محور شامل وزن غلتک، فشار وارده به غلتک از طرف بسته بقایا و کشش زنجیر (T) می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳- نیروهای وارد بر غلتک در فضای سه بعدی

محور از جنس St 37 انتخاب می‌شود. پس از محاسبه پارامترهای مورد نیاز و جایگذاری در رابطه (۱)، قطر محور ۵ سانتی‌متر بدست آمد. قسمت میانی محور به یک محور توخالی که همان غلتک است تبدیل می‌شود.

$$d = d_o(1 - K^4)^{\frac{1}{3}} \quad (۲)$$

$$k = \frac{d_i}{d_o} \quad (۳)$$

در ادامه با داشتن قطر خارجی غلتک و با استفاده از روابط (۲) و (۳)، قطر داخلی لوله ۱٤۸/۵ میلی‌متر بدست آمد. غلتک بسته‌بند با استفاده از لوله با قطر خارجی ۱۵۰ میلی‌متر و قطر داخلی ۱٤۸ میلی‌متر ساخته شد.

طراحی سیستم انتقال توان

سیستم انتقال توان باید به گونه‌ای طراحی شود که بتوان با استفاده از محور تواندهی تراکتور حرکت تمام اعضای گردنده‌ی ماشین را تأمین کرد. با توجه به اینکه محور ورودی توان بسته‌بند و محور تواندهی تراکتور اختلاف زاویه ۹۰ درجه‌ای دارند، برای انتقال توان نیاز به یک عدد جعبه‌دنده با قابلیت تغییر جهت ۹۰ درجه‌ای می‌باشد. برای

انتقال توان از محور PTO تراکتور به جعبه‌دنده به یک عدد گاردان نیاز است. به منظور برقراری ارتباط بین محور خروجی جعبه‌دنده و محور ورودی بسته‌بند نیاز به یک عدد کوپلینگ می‌باشد. برای انتقال توان از بسته‌بند به هد بردارنده، از سیستم زنجیر و چرخ‌زنجیر استفاده شد. طراحی سیستم انتقال توان شامل طراحی و انتخاب کوپلینگ، طراحی زنجیر و چرخ‌زنجیر و طراحی پین برشی می‌باشد.

انتخاب کوپلینگ

کوپلینگ‌ها اجزایی از ماشین هستند که حرکت و توان را از انتهای یک محور دریافت و به محور دیگر منتقل می‌کنند. کوپلینگ‌های پنجه‌ای یکی از متداول‌ترین کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر است که با استفاده از یک ضربه‌گیر الاستومری از انتقال ارتعاش و ضربه جلوگیری نموده و نامیزانی‌های محور را جذب می‌کند و قابلیت انتقال توان‌های بالا را دارد و نسبت به کوپلینگ‌های دیگر در دسترس و ارزان‌تر هستند؛ بنابراین کوپلینگ پنجه‌ای مناسب‌ترین کوپلینگ برای اتصال محور جعبه‌دنده به محور بسته‌بند تشخیص داده شد. اولین قدم جهت انتخاب کوپلینگ بر مبنای گشتاور انتقالی و قطر محور برداشته می‌شود. برای انتخاب کوپلینگ از روابط (٤) و (٥) استفاده می‌شود [۱۳].

$$T_S = 9550 \times \left(P/n\right) \quad (٤)$$

$$\mathrm{T_{total}} = \mathrm{T_S} \times \mathrm{S_t} \times \mathrm{S_z} \quad (٥)$$

که در آن‌ها T_S: گشتاور موتور (N.m)، P: توان موتور (kW)، n: سرعت دورانی (rpm)، S_t: فاکتور دما، S_z: فاکتور فرکانس تعداد استارت (استارت در ساعت) می‌باشد. گشتاور عبوری از جعبه‌دنده با در نظر گرفتن توان و دور ورودی و با استفاده از رابطه (٤) برابر با ۷۱۷/۵۹ نیوتن متر به دست آمد. در ادامه با در نظر گرفتن این نکته که ممکن است ماشین در دمای بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس کار کند، فاکتور دما (S_t) ۱/۲ و فاکتور فرکانس تعداد استارت (S_z)، ۱ در نظر گرفته شد و گشتاور بیشینه با استفاده از رابطه (٥) برابر با ۸٦۱/۱ نیوتن متر بدست آمد. با توجه به گشتاور بیشینه کوپلینگ پنجه‌ای با قطر خارجی ۱٦۰ میلی‌متر انتخاب شد.

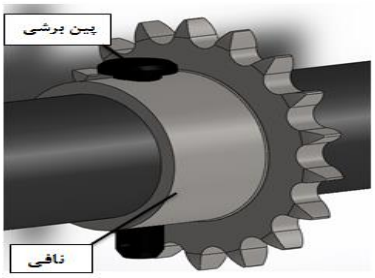
طراحی زنجیر و چرخ‌زنجیر

به منظور تأمین توان مورد نیاز هد بردارنده، بهترین راه استفاده از چرخ‌زنجیری در کنار چرخ‌زنجیر بسته‌بند به صورت دوبل تشخیص داده شد. هد بردارنده نسبت به تکیه‌گاه خود حرکت لولایی دارد، بنابراین ابتدا باید توان به قسمت تکیه‌گاه رسیده و در مرحله بعد به واحد بردارنده منتقل شود؛ بنابراین برای رسیدن به این هدف از یک چرخ‌زنجیر دوبل هرزگرد استفاده شد که بر روی مچی تکیه‌گاه هد نصب می‌شود. انتخاب شماره زنجیر با توجه به

استاندارد براساس دور چرخ زنجیر کوچک‌تر و میزان اسب بخار انتقالی انجام می‌شود. دور محور خروجی جعبه دنده در دور ٥٤٠ (rpm) محور تواندهی تراکتور،٢٨٤ (rpm) و توان مورد نیاز هد بردارنده ۳ اسب بخار و بسته‌بند ۲۰ اسب بخار محاسبه شد. با در نظر گرفتن موارد ذکر شده زنجیر شماره ۵۰ برای هد و زنجیر شماره ۸۰ برای بسته‌بند انتخاب شد. چرخ زنجیرها نیز با توجه به دور مورد نیاز انگشتی‌های هد بردارنده (۱۰۰rpm) براساس نسبت دندانه‌ها انتخاب شد.

طراحی پین برشی

برای جلوگیری از آسیب دیدن دستگاه و همچنین تراکتور در هنگام بیش باری نیاز به مکانیزم‌های ایمنی از جمله پین برشی و یا کلاچ سرشی در مسیر انتقال توان می‌باشد. برای این منظور پین برشی برای اتصال چرخ‌زنجیر به محور ورودی بسته‌بند طراحی شد. محور مذکور با قطر ۵۰ میلی‌متر گشتاور ۷۱۷/۵۹ نیوتن متر را انتقال می‌دهد. لازم به ذکر است که چرخ‌زنجیر بسته‌بند، محرک تمامی قسمت‌های گردنده دستگاه می‌باشد. مطابق شکل (٤) در حالی که چرخ زنجیر روی محور و در محل خود قرار دارد، می‌توان یک سوراخ بر روی نافی و محور هر دو ایجاد کرد که در این صورت پین می‌تواند در داخل سوراخ فرو رود.



شکل ٤– چرخ‌زنجیر ورودی بسته‌بند به همراه پین برشی

اگر روی هر دو انتهای پین، در سطح جدایش محور نافی نیروی F وجود داشته باشد؛ و قطر محور D باشد خواهیم داشت:

$$T = 2F\left(\frac{D}{2}\right) = FD \qquad (٦)$$

اگر d، نماد مربوط به قطر پین باشد، تنش برشی در پین عبارت است از:

$$\tau = \frac{F}{A_S} = \frac{4T}{D(\pi d^2)} \qquad (٧)$$

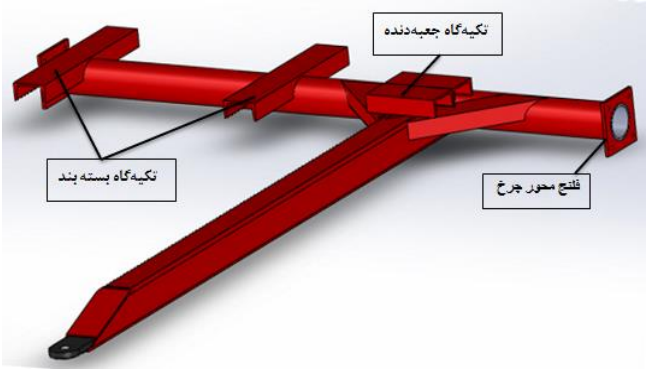
در رابطه (۷) با برابر قرار دادن تنش برشی با استحکام برشی حداکثر ($\frac{S_{sy}}{n}$) و حل آن نسبت به d، قطر لازم برای پین با استفاده از رابطه (۸) بدست می‌آید:

$$d = \sqrt{\frac{4T}{D\pi(\frac{S_{sy}}{n})}} \quad (۸)$$

با جایگذاری مقادیر مربوطه در رابطه (۸) قطر پین ۱۱/۸٦ میلی‌متر محاسبه شد. نزدیک‌ترین پین استاندارد و موجود در بازار، پینی به قطر ۱۲ میلی‌متر می‌باشد که قادر است گشتاور مورد نیاز را انتقال داده و در هنگام بیش باری دچار برش شده و باعث قطع توان به دستگاه شود.

طراحی و تحلیل شاسی اصلی

نکاتی که برای طراحی شاسی اصلی باید در نظر گرفته شوند عبارت‌اند از: الف) شاسی ماشین باید به گونه‌ای باشد که بتوان تمامی قسمت‌های ماشین (بسته‌بند، جعبه دنده و چرخ‌ها) را در موقعیت مناسبی نسبت به یکدیگر بر روی آن سوار کرد. ب) با توجه به شرایط فیزیکی مزارع نیشکر که فاصله مرکز به مرکز جوی‌ها حدوداً ۱۸۰ سانتی‌متر می‌باشد، عرض ماشین نیز باید حداقل ۱۸۰ سانتی‌متر و حداکثر ۲۷۰ سانتی‌متر بوده و چرخ‌ها در داخل جوی حرکت کنند. ج) به منظور اتصال ماشین به تراکتور و با توجه به کششی بودن آن، شاسی نیاز به مالبندی با طول مناسب دارد به طوری که در هنگام دور زدن به چرخ عقب تراکتور برخورد نکند. د) شاسی باید از استحکام کافی برخوردار بوده و قادر به تحمل نیروی نامتعادل وارده از طرف بسته‌بند باشد. با در نظر گرفتن مطالب ذکر شده از لوله با قطر خارجی ۱۰۰ میلی‌متر و ضخامت ٦ میلی‌متر و از جنس St 37 برای طراحی محور اصلی استفاده شد. برای طراحی مالبند از قوطی ۱۰۰×۱۰۰ با ضخامت ۵ میلی‌متر و برای طراحی تکیه‌گاه بسته‌بند و جعبه دنده از ناودانی U شکل به ارتفاع ۱۰۰ میلی‌متر و از جنس St 37 استفاده شد (ولی نژاد، ۱۳۸۵). شکل (۵) نمایی از شاسی طراحی شده را نشان می‌دهد. پس از طراحی شاسی نوبت به تحلیل آن می‌رسد. برای تحلیل استاتیکی نیروهای وارده بر شاسی از قسمت Simulation نرم‌افزار Solid Works استفاده شد. ابتدا قیدگذاری سپس بارگذاری مدل انجام شد. نیروهای وارده به شاسی شامل: الف) نیروهای وارده از طرف بسته‌بند و جعبه‌دنده که نیروهای وزن می‌باشند و بر روی تکیه‌گاهشان وارد می‌شود؛ ب) نیروی وارده از طرف هد بردارنده که نیروی وزن بوده و پس از انتقال به بسته‌بند، به قسمت ناودانی‌های تکیه‌گاه بسته‌بند وارد می‌شود؛ ج) نیروی کششی که تراکتور برای پیشروی دستگاه به مالبند اعمال می‌کند و برابر و خلاف جهت مقاومت غلتشی چرخ‌ها می‌باشد. پس از بارگذاری المان‌بندی مدل صورت گرفت و در نهایت تحلیل مدل انجام شد.



شکل ۵- شاسی دستگاه

فرآیند ساخت دستگاه

پس از تکمیل طراحی‌ها، تهیه نقشه‌ها صورت گرفت. لوازم مورد نیاز متناسب با نقشه‌ها تهیه گردید و قطعات ساخته شد. در ابتدا شاسی اصلی دستگاه سپس واحد بسته‌بند ساخته شد. غلتک‌های بسته‌بند روی یاتاقان‌ها نگهدارنده نصب شده و به وسیله زنجیر و چرخ‌زنجیر به یکدیگر مرتبط گردیدند.

ساخت کوپلینگ

با توجه به اینکه محور خروجی جعبه دنده ۲۱ شیاره و محور ورودی بسته‌بند ٦ شیاره می‌باشد، روی یک طرف کوپلینگ سوراخ ۲۱ شیاره و بر روی طرف دیگر سوراخ ٦ شیاره توسط دستگاه فرز ایجاد شد (شکل ٦).

شکل ٦- نمای داخلی و خارجی کوپلینگ

ساخت مجموعه چرخ زنجیرها

سوراخ‌کاری چرخ‌زنجیرها با توجه به قطر مشخص شده، توسط دستگاه تراش انجام شد. چرخ زنجیرها برای قرارگیری روی محور نیاز به نافی دارند؛ بنابراین از لوله با قطر و ضخامت مناسب به عنوان نافی برای هر چرخ‌زنجیر استفاده شد. در نهایت جای خار با دستگاه فرز زده شد.

انتخاب جعبه دنده و میل گاردان

با توجه به دور مورد نیاز بسته‌بند و موقعیت قرارگیری محور ورودی آن نسبت به محور توانده‌ی تراکتور یک جعبه دنده کاهنده با نسبت ۱:۱/۹ با قابلیت تغییر جهت ۹۰ درجه‌ای انتخاب شد. این جعبه‌دنده دارای یک کلاچ یک طرفه در ورودی خود می‌باشد. با توجه به اینکه فاصله‌ی جعبه‌دنده دستگاه و محور توانده‌ی تراکتور به واسطه‌ی دور زدن‌ها و تغییر ارتفاع ماشین تا سطح زمین، تغییر می‌کند از یک میل‌گاردان دو تکه با قابلیت تغییر طول (کشویی) استفاده شد. چهارشاخ‌های متصل به میل گاردان دارای سوراخ استاندارد شش شیاره برای نصب روی محور ورودی جعبه‌دنده و محور توانده‌ی تراکتور هستند.

مونتاژ قطعات دستگاه

برای سهولت در سوار کردن اجزا بر روی شاسی ابتدا چرخ‌ها روی محور نصب شدند. قطر رینگ چرخ‌های انتخابی ١٦ اینچ بوده بنابراین باید تایر نیز متناسب با رینگ انتخاب شود. با توجه به موجود نبودن تایرهای کشاورزی در اندازه مناسب در بازار کشور، بالاجبار از تایر باری جاده‌ای استفاده شد. اندازه تایر انتخابی 6.00-16 بوده که حداکثر ظرفیت باری آن ٦٠٣ کیلوگرم در فشار 40 psi می‌باشد که با توجه به وزن ماشین مناسب تشخیص داده شد. نحوه‌ی نصب چرخ‌ها به محور می‌تواند شاسی ماشین را در سه وضعیت ارتفاعی ۲۵، ۳۵ و ٤٥ سانتی‌متری از سطح زمین قرار دهد که با توجه به شرایط مزارع نیشکر (جوی و پشته بودن) و احتمال گیر کردن شاسی به پشته‌ها و همچنین به منظور حداقل کردن فاصله‌ی عمودی هد بردارنده تا غلتک‌های تغذیه‌ی بسته‌بند، ارتفاع ۳۵ سانتی‌متری مطلوب به نظر رسید. در مرحله بعد بسته‌بند بر روی شاسی نصب شد، سپس واحد بردارنده شامل انگشتی‌های فنری و تسمه‌های جدا کننده در جلوی بسته‌بند مونتاژ گردید. جک هیدرولیکی به همراه اتصالات، برای بلند کردن واحد بردارنده نصب شد و در نهایت کوپلینگ، جعبه دنده و چهارشاخ گاردان در جایگاه خود قرار داده شدند.

تست و ارزیابی دستگاه

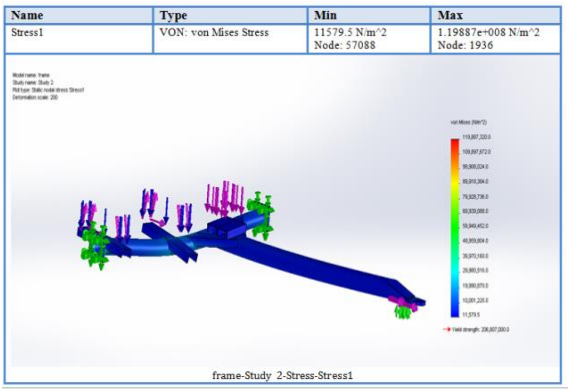
تست دستگاه در محوطه دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. برای ایجاد شرایط مزرعه‌ای ابتدا جوی و پشته‌ای به صورت دستی ایجاد گردید. عرض مرکز تا مرکز دو پشته مجاورهمانند مزارع نیشکر حدود ۱۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع پشته ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای ارزیابی عملکرد دستگاه از بقایای نیشکر موجود در سوله ماشین‌های کشاورزی استفاده شد. حدود ۲/۹ کیلوگرم بقایا در هر متر طول جوی به صورت یکنواخت مطابق با مزارع نیشکر در جوی ساخته شده ریخته شد (شکل ۱۱). برای تست دستگاه از تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ استفاده شد به گونه‌ای که ابتدا اتصال مالبند، محور توانده‌ی و خروجی هیدرولیک برقرار شده و سپس دستگاه در مسیر جوی قرار گرفت. در نهایت دستگاه راه‌اندازی و با سرعت پیشروی ۵ کیلومتر بر ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت. .

نتایج و بحث

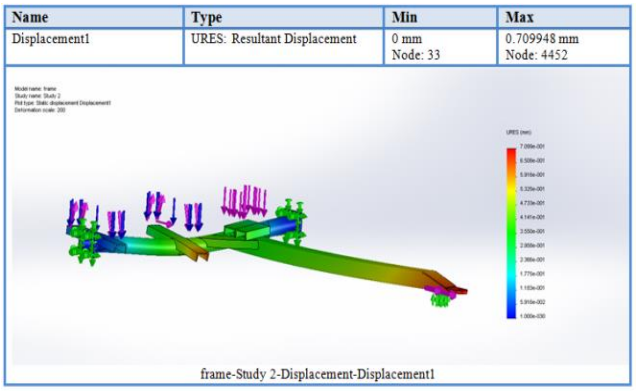
نتایج تحلیل المان محدود شاسی را می‌توان در قالب‌های مختلف تنش، کرنش و تغییر شکل نشان داد. کمترین ضریب اطمینان در قطعه برای تنش ون مایزز[1] و با احتساب تنش تسلیم به عنوان حد نهایی برابر ۱/۷ بدست آمد. شکل‌های (۷) تا (۱۰) نتایج تحلیل شاسی را نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

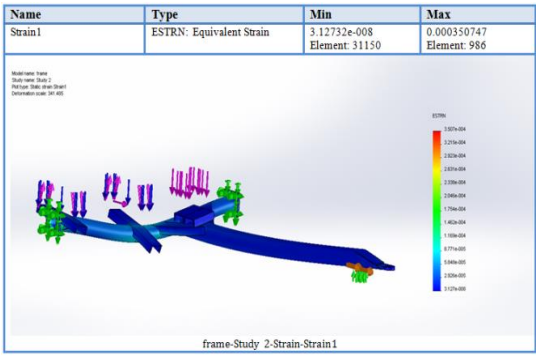
مشاهدات عینی از عملکرد مزرعه‌ای دستگاه نشان داد که پس از انجام پاره‌ای از اصلاحات از جمله نصب ۲ عدد صفحه هادی در طرفین هد بردارنده برای هدایت مواد به سمت انگشتی‌ها، کاهش سرعت دورانی انگشتی‌های بردارنده و بهبود عملکرد غلتک تغذیه مواد به داخل بسته‌بند، می‌توان از دستگاه موجود برای جمع‌آوری و بسته‌بندی بقایای نیشکر و احتمالاً دیگر بقایای محصولات کشاورزی استفاده کرد. توصیه می گردد پس از انجام اصلاحات لازم دستگاه در شرایط مزارع نیشکر خوزستان مورد ارزیابی نهایی قرار گیرد.



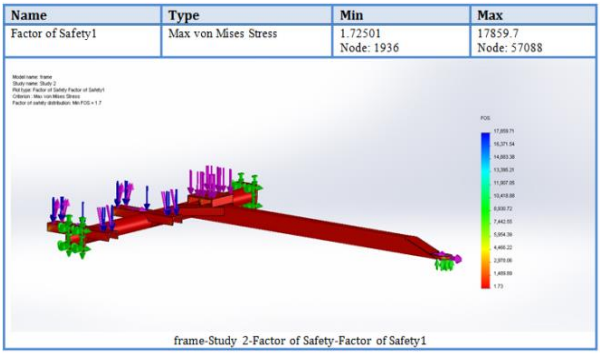
شکل ۷- تنش در شاسی



شکل ۸- تغییر شکل در شاس



شکل ۹- کرنش در شاسی



شکل ۱۰- ضریب اطمینان

1 -Von Mises Stress

شکل ۱۱- بقایای ریخته شده داخل جوی

شکل ۱۲- نمای جوی بعد از عبور دستگاه

منابع و مآخذ

۱. اداره کل آمار و اطلاعات، وزارت کشاورزی.۱۳۷۸. چهار محصول زراعی/ صنعتی (چغندرقند-پنبه-آفتابگردان-نیشکر)، تهران.

۲. بی‌نام.۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی جلد اول محصولات زراعی سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران.

۳. جمشیدی، ن. و ج. ممبینی. ۱۳۹۰. راهنمای کاربردی Solid Works 2011، انتشارات عابد، تهران.

٤. خواجه پور، م. ر. ۱۳۸٦. گیاهان صنعتی، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.اصفهان.

۵. رستگار، م. ع. ۱۳۸٤. زراعت گیاهان صنعتی، انتشارات برهمند، تهران.

٦. شادروان، ا. ۱۳۸۵. طراحی اجزای ماشین (ترجمه)، انتشارات نوپردازان، تهران.

۷. ولی نژاد، ع. ۱۳۸۵. جداول و استانداردهای طراحی و ماشین‌سازی (ترجمه)، نشر طراح، تهران.

8. Braunbeck, O., A. Bauen., F. Rosillo-Call and L. Cortez. 1999. Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil. Biomass and Bioenergy. Vol. 17:495-506.
9. Grigg, B. C., J. L. Foss and L. M. Southwick. 2005. Impact of post-harvest residue management on runoff, soil erosion, and nitrate loss. ASAE Annual Meeting. Paper No. 052136.
10. Hassoun, P., C. Fulcheri and S. Nabeneza. 2002. Feeding dairy heifers untreated or urea-treated fibrous sugarcane residues: effect on dry matter intake, growth, and metabolic parameters. Anim. Feed Sci. Technol. Vol.100:31-41.
11. King, N. J., R. W. Montgomery and C. G. Hughes.1965. Manual of cane-growing. American Elsevier Publishing Company, Inc., New York.
12. Mann, Q. and G. Buchanan.1998. Feeding cattle cane tops. South African Sugar J.76:244.
13. Mancuso, J. R. 1999. Couplings and joints: design, selection and application. Marcel Dekker Inc., New York. 592 pp.
14. Smithers, J. 2014. Review of sugarcane trash recovery systems for energy cogeneration in South Africa. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 32:915–925.

Design and Development of a Sugarcane Residue Harvester

Abstract

In Khuzestan Province over 70,000 ha of land are under sugarcane plantations. Considering 20% of the total product as leaves and tops, the weight of these residues was estimated one and a half million metric tons in 2010.

These residues could be used as livestock feed stuff or as biofuel energy source required in sugarcane industry. For this purpose, a new machine was developed and evaluated for collecting and packing of sugar cane residues. This machine consists of a small size round baler equipped with a finger pick up. The two sections of the machine were mounted on a frame. After various parts were designed based on mechanical engineering design practices and considering proper safety factor, machine was fabricated and field evaluated. Field evaluation observations showed that after implementation of certain improvements it is possible to use this machine for the collection and packing sugar cane residue and other agricultural crops residue.

Keywords: Sugarcane, residue harvesting, packer machine.