طراحی و ارزیابی یک دستگاه سیلوکن پلاستیکی ذرت علوفه‌ای

عارف رحیمی فرد و امین اله معصومی

به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
masoumi@cc.iut.ac.ir .

چکیده

یکی از مسایل مهم در رابطه با سیلو این است که بعد از این که سیلو باز شد و علوفه‌ی موجود در آن مورد استفاده قرار گرفت، چون علوفه سیلو شده با هوا تماس پیدا می‌کند، مقداری اکسیژن به داخل علوفه نفوذ کرده و با گذشت زمان باعث فاسد شدن باقی مانده‌ی علوفه‌ی سیلو شده می‌گردد. این موضوع در دامداری‌های کوچک، به علت کم بودن تعداد دامها، مصرف سیلوی باز شده به طول می‌انجامد، بیشتر حائز اهمیت می باشد. سیلو کردن ذرت علوفه‌ای در بسته‌های پلاستیکی از بوجود آمدن این تلفات جلوگیری می‌کند. به منظور سیلو کردن ذرت علوفه‌ای در کیسه‌های پلاستیکی نیاز به طراحی مکانیزمی است که بتواند ذرت علوفه‌ای را فشرده کرده و آن را در کیسه‌های پلاستیکی قرار دهد. برای طراحی دستگاه نیاز به تعیین پاره‌ای از خصوصیات ذرت علوفه‌ای از جمله ضرایب اصطکاک داخلی و خارجی، نسبت پواسون، و تغییرات تنش در برابر کرنش و زمان و همچنین زمان آسایش تنش محصول می باشد. در این آزمایش از ذرت علوفه‌ای با رطوبت ۸۰٪ (بر مبنای ماده‌ی تر) و دانسیته‌ی اولیه‌ی $kg\text{-}m^{-3}$ ۳۸۰ استفاده شد. بنا به ملاحظات اقتصادی یک واحد کیسه‌کن طراحی و ساخته شد و به دستگاه بسته‌بندی مکعبی (بیلر) ضمیمه گردید. از دو جک هیدرولیکی به منظور مسدود کردن، هل دادن، باز کردن دریچه‌ی خروجی محصول فشرده شده توسط دستگاه بسته بندساز و انتقال آن بدرون گونی دوجداره پلاستیکی استفاده شد. به منظور راه‌اندازی جک‌های هیدرولیک دستگاه از خروجی هیدرولیکی تراکتور جاندیر ۳۱٤۰ استفاده شد. مدت زمان لازم برای بسته‌بندی هر کیسه‌ی ذرت علوفه‌ای با وزن تقریبی ٤۰ کیلوگرم حدود نیم دقیقه محاسبه شد. به این ترتیب عملکرد واحد کیسه کن برای محصول مورد نظر حدود ٤/۸ تن در ساعت و حداکثر توان مورد نیاز آن ۱۱ اسب بخار تخمین زده شد که می‌بایستی به توان مورد نیاز دستگاه بسته‌بند برای ایجاد فشردگی لازم اضافه شود.

کلیدواژه: دستگاه سیلوکن پلاستیکی، ذرت علوفه‌ای، ضریب اصطکاک، نسبت پواسون

مقدمه

ذرت علوفه‌ای یکی از منابع با ارزش برای تامین نیاز غذایی گاوداری‌ها می باشد که به دو صورت تازه و سیلوشده به مصرف دام می‌رسد به طوری که امروزه، علوفه‌ی سیلوشده، ارزان‌ترین منبع غذایی تغذیه دام به شمار می‌رود. سلول‌های موجود در ذرت علوفه‌ای بعد از برداشت بلافاصله نمی‌میرند و تا وقتی که اکسیژن در اختیار داشته باشند به تنفس ادامه می‌دهند. وجود اکسیژن باعث می‌شود که قند داخل بافت علوفه با اکسیژن ترکیب شده و تولید دی‌اکسیدکربن، آب و گرما کند. گرمای بوجود آمده طی این فرایند باعث خرابی و فاسد شدن ذرت علوفه‌ای می‌گردد. از طرفی کربوهیدرات‌های (قند) موجود در بافت علوفه در غیاب اکسیژن توسط باکتری‌های بی‌هوازی به اسیدلاکتیک تبدیل می‌شود. وجود اسیدلاکتیک علاوه بر آنکه کیفیت علوفه را بالا می برد، آن را برای دام خوش خوراک‌تر و قابل هضم‌تر ساخته و از فاسد شدن آن تا مدت‌ها حتی بیش از یک سال هم جلوگیری می‌کند (غفوری، ۱۳۸۳).

به همین دلیل برای نگهداری ذرت علوفه‌ای می‌بایست ابتدا هوای موجود در آن را خارج کرد. به این منظور بعد از برداشت، ذرت علوفه‌ای را در سیلو قرار داده و بوسیله‌ی ماشین‌آلات سنگین مانند ترکتور، غلتک و لودر بر روی آن حرکت کرده تا فشرده شده و اکسیژن موجود در آن خارج شود. سپس روی آن را با پلاستیک پوشانده تا از ورود هوا به داخل آن جلوگیری شود.

یکی از مسایل مهم در رابطه با سیلو این است که بعد از این که سیلو باز شده و علوفه سیلو شده موجود در آن مورد استفاده قرار گرفت، چون علوفه سیلو شده با هوا تماس پیدا می‌کند، مقداری اکسیژن به داخل علوفه نفوذ کرده و به مرور زمان باعث فاسد شدن باقی مانده‌ی علوفه‌ی سیلو شده می‌گردد. این موضوع در دامداری_های کوچک که به علت کم بودن جمعیت دامی مصرف سیلو باز شده طولانی می شود بیشتر حائز اهمیت می باشد. سیلو کردن ذرت علوفه‌ای در بسته‌های پلاستیکی از بوجود آمدن این تلفات جلوگیری می‌کند. علاوه بر این سیلو کردن ذرت علوفه‌ای در بسته‌های پلاستیکی دارای مزایای دیگری نسبت به سیلوی معمولی محصول می‌باشد، از جمله‌ی این مزایا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

– علوفه‌ی سیلوشده در بسته‌ی پلاستیکی مغذی‌تر هستند زیرا که مواد مغذی امکان خارج شدن از کیسه‌ی پلاستیکی را ندارند.

– استفاده از محتوای بسته‌های پلاستیکی ساده بوده و نیاز به جداکردن و حمل ذرت علوفه‌ای از سیلو را که کار دشواری است از بین می‌برد.

– ذخیره‌سازی کیسه‌های پلاستیکی آسان است و به مزرعه‌دار اجازه می‌دهد در هر جا که مورد نیاز است آن‌ها را انبار کند.

– حمل و نقل آن‌ها آسان بوده و به علت تراکم زیاد مواد بسته شده مقدار بیشتری از مواد را می‌توان در حجم ثابت جابجا نمود.

– با توجه به هزینه بالای حمل ذرت سیلویی از مزارع به دامداری‌ها که ناشی از تقاضای زیاد کامیون در زمان برداشت می باشد، کیسه کردن در مزارع و حمل آنها پس از اتمام فصل برداشت باعث کاهش هزینه تمام شده برای مصرف کنندگان می‌گردد.

لذا با توجه به موارد ذکر شده، ساخت دستگاهی که بتواند ذرت علوفه‌ای را در حد سیلو های متعارف فشرده کرده و آن را در داخل بسته‌های کوچک که وزن آنها مابین ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم باشد، قرار دهد می‌تواند سودمند باشد. جهت طراحی چنین دستگاهی قبلا لازم است، برخی خواص فیزیکی و مکانیکی محصول همچون ضرایب اصطکاک داخلی و خارجی، نسبت پواسون، و تغییرات تنش در برابر کرنش و زمان و همچنین زمان آسایش تنش محصول مورد نظر(ذرت علوفه‌ای تازه برداشت شده) تعیین گردد (Mohsenin, 1970). سپس با استفاده از اطلاعات بدست آمده شروع به طراحی دستگاه نمود.

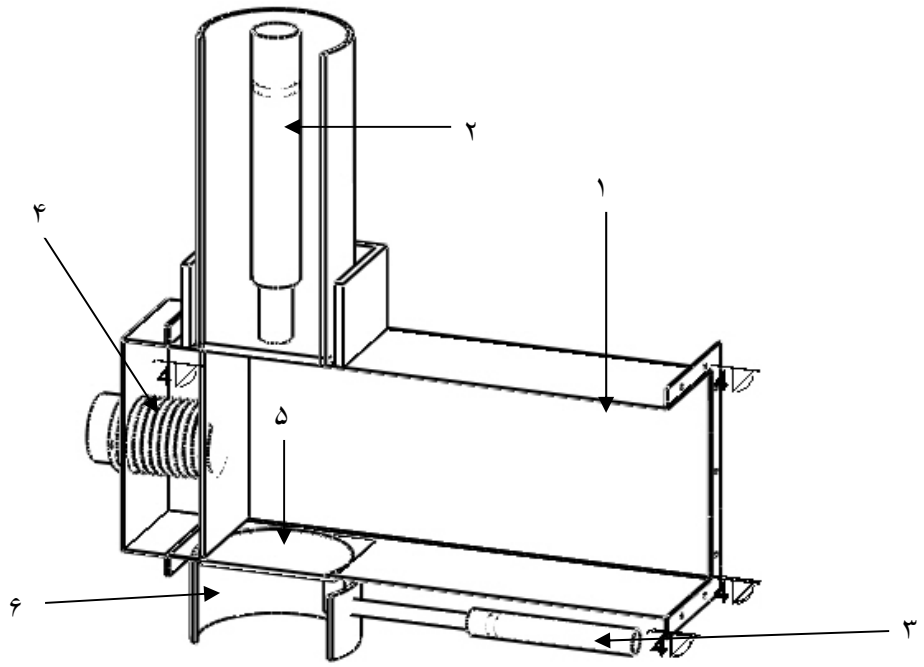
مواد و روش‌ها

انتخاب نمونه

به این منظور در فصل برداشت محصول (اواخر مهرماه) مقداری ذرت علوفه‌ای از شرکت قیام اصفهان تهیه شد و بلافاصله جرم حجمی و رطوبت آن به ترتیب با استفاده از استانداردهای ASAE S269.4 و ASAE S269.4 اندازه-گیری شد (ASAE Standards, D251.2 and ASAE Standars, S352.2, 2003). به این ترتیب جرم حجمی نمونه ۳۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب و رطوبت آن ٪ ۸۰ بر مبنای تر اندازه‌گیری شد.

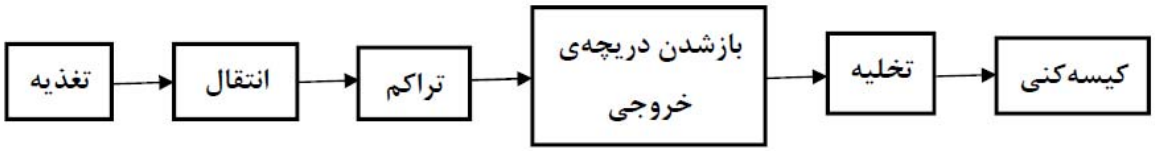
طراحی دستگاه

بعد از بررسی‌های انجام گرفته تصمیم گرفته شد که دستگاه بصورت ضمیمه‌ای به بسته‌بند یونجه (بیلر) متصل شود، به طوری که از بسته‌بند به منظور تغذیه و فشرده‌سازی استفاده شود. طرح‌واره‌ی دستگاه در شکل۱ نشان داده شده است (جعفری، ۱۳۸٤).



شکل ۱: طرح کلی دستگاه سیلوکن پلاستیکی و اجزای مختلف آن: ۱–محفظه‌فشار ۲–جک هیدرولیک فشار دهنده ۳–جک هیدرولیک بازکننده‌ی دریچه‌ی تخلیه ٤–حس‌گر فنری ٥–دریچه‌ی تخلیه ٦–لوله برای گرفتن کیسه‌ی بسته‌بندی مواد

همان‌طور که در شکل۱ دیده می‌شود مواد به وسیله‌ی پلانجر بیلر به داخل محفظه فشار (شکل۱ قسمت۱) انتقال داده شده و با افزایش ورود مواد بر تراکم محصول افزوده می‌شود. میزان تراکم محصول توسط حس‌گر فنری (شکل۱ قسمت٤) کنترل می‌شود. بعد از رسیدن تراکم محصول به میزان مورد نظر، جک هیدرولیکی باز کننده‌ی دریچه (شکل۱ قسمت۳) فعال شده و دریچه‌ی خروجی (شکل۱ قسمت٥) را باز می‌کند. بعد از باز شدن دریچه، جک هیرولیک فشاردهنده (شکل۱ قسمت۲) عمل کرده و مواد را به خارج از محفظه انتقال داده و مواد از طریق لوله‌ی گیرنده‌ی کیسه (شکل۱ قسمت٦)، به داخل کیسه رفته و سپس در کیسه محکم بسته می‌شود. سپس جک به جای اول بازگشته و دریچه خروجی مجددا بسته می‌شود. در طول این مدت تغذیه‌ی محصول به داخل بیلر متوقف گشته تا از وارد آمدن نیروی جانبی به پیستون جک هیدرولیکی جلوگیری شود. فلوچارت مربوط به ترتیب عملکرد دستگاه در شکل۲ آمده است. جهت تامین روغن جک‌های هیدرولیکی دستگاه از خروجی هیدرولیک تراکتور جاندیر ۳۱٤۰ استفاده شد. دبی مشخصه این تراکتور در دور موتور ۲٥۰۰ دور در دقیقه و فشار کاری ۱٤۰ بار برابر ۸٤ لیتر در دقیقه می‌باشد (Tractor Operator's Manual, 1998).



شکل ۲: مراحل کار دستگاه سیلوکن پلاستیکی

طراحی قسمت‌های مختلف دستگاه با توجه به نیروها و فشارهای وارده به آن‌ها انجام پذیرفت.

محفظه‌ی فشار

دانسیته ذرت سیلوشده در گاوداری قیام اصفهان که با غلتک فشرده شده بود و توسط غفوری در سال ۱۳۸۳، ۸۵۰ $kg\text{-}m^{-3}$ اندازه گیری و گزارش شده بود (۳) ملاک طراحی قرار گرفت. با در نظر گرفتن میانگین وزن ٤٠ کیلوگرم برای هر بسته و دانسیته ۸۵۰ $kg\text{-}m^{-3}$ برای ذرت علوفه‌ای داخل آن، سطح مقطع ۵۰۰ × ٤۰۰ میلی‌متر برای محفظه انتخاب شد. جنس محفظه با توجه به رطوبت بالای ذرت علوفه‌ای، ورق گالوانیزه انتخاب شد تا از زنگ زدن بدنه در اثر رطوبت محصول پیش‌گیری شود. ضخامت دیواره‌های محفظه با توجه به ماکزیمم تنش وارده انتخاب گردید. به منظور محاسبه ماکزیمم تنش وارده از رابطه‌ی زیر استفاده شد (۸):

(۱)

که در آن:

P_s : ماکزیمم تنش عمودی وارده به دیواره‌ها بر حسب پاسکال ،

P_k :ماکزیمم تنش محوری وارده به علوفه بر حسب پاسکال و

: نسبت پواسون برای محصول فشرده شده می‌باشد.

مقدار ماکزیمم تنش محوری P_k از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

(۲)

که در آن:

P_x : تنش محوری وارد شده به علوفه در فاصله‌ی x از پلانجر بیلر بر حسب پاسکال

k : ضریبی است که به مقطع محفظه بستگی دارد و مقدار آن برای محفظه‌های مکعبی برابر است با (٤):

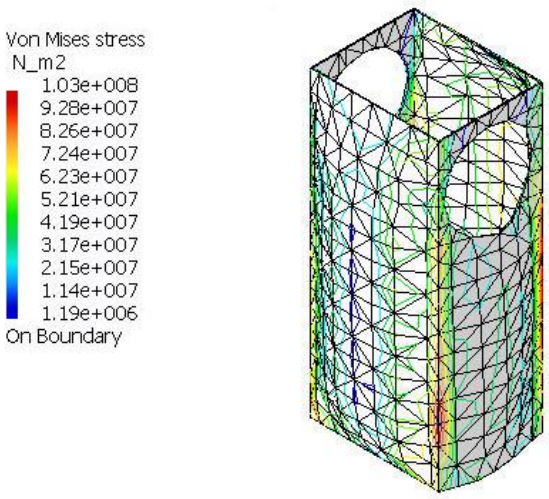
$$k - \frac{2(a+b)\mu_o v}{ab(1-v)}$$

که در آن:

a و b : به ترتیب طول و عرض مقطع محفظه به متر و

μ_o : ضریب اصطکاک بین بدنه و بسته‌های یونجه می‌باشد.

با توجه به نتایج آزمایشات بدست آمده از دستگاه آزمون جامع کشش- فشار جامع که از آن فشار لازم وارد شده توسط پیستون برای متراکم کردن محصول تا سطح تراکم $kg\text{-}m^{-3}$ ۸۵۰ برابر با ۸۰ کیلوپاسکال بدست آمد، این مقدار برای P_x در نظر گرفته شد. ضریب اصطکاک خارجی (μ_o) بر روی صفحه الوانیزه با روش سطح شیبدار اندازه گیری شد و مقدار بیشینه ضریب پواسون (گزارش شده توسط محققین قبلی (۱۲،۱۱،۱۰،۹،۸) در این رابطه بکار گرفته شد. ارقام مربوطه به ترتیب ۰/۳ و ۰/٦ در نظر گرفته شد. با بکار بردن این داده‌ها در معادلات (۱) و (۲) مقدار P_k برابر با ۱/۲۸٦مگاپاسکال بدست آمد. سپس از رابطه‌ی (۱)، P_s برابر ۵۵۱ کیلوپاسکال محاسبه گردید. حال با استفاده از معادلات مقاومتی مربوط به مخازن جدارنازک و ماکزیمم تنش گسیختگی ٤۱۷ مگاپاسکال برای فولاد و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۲، ضخامت ورقه برابر با ۳ میلی‌متر محاسبه گردید. محفظه توسط نرم‌افزار Catia V5 تحلیل تنش گردید که نتایج آن در شکل۳ نشان داده شده است.



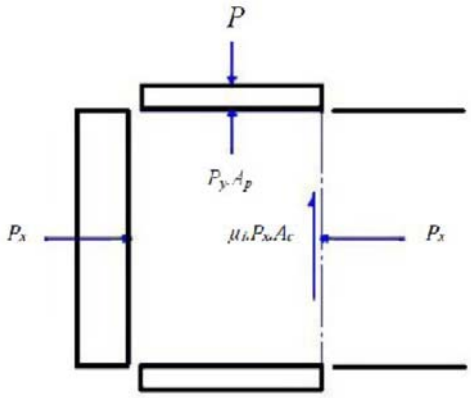
شکل ۳: نتایج تحلیل تنش محفظه‌ی فشار در نرم‌افزار Catia

سامانه‌ی هیدرولیکی

برای تغذیه‌ی جک‌های هیدرولیکی بکار رفته از پمپ هیدرولیک تراکتور جاندیر ۳۱٤۰ برای یک عملیات طولانی با دور موتور ۱۰۰۰ دور در دقیقه و دبی خروجی ۳۳/٦ لیتر در دقیقه، در فشار کاری ۱٤۰ بار استفاده گردید.

- جک هیدرولیکی انتقال دهنده‌ی محصول:

از این جک جهت انتقال مواد فشرده شده در محفظه به بیرون آن استفاده می‌شود. به این ترتیب این جک می-بایست توانایی اعمال بار لازم بر روی ذرت علوفه‌ای متراکم شده را داشته باشد بطوری که بتواند آن را از بقیه‌ی محصول جدا کرده و به بیرون از محفظه انتقال دهد. نیروهایی را که پیستون می‌بایست بر آنها غلبه کند در شکل ٤ نشان داده شده است.



شکل ٤: نیروهای وارده به پیستون جک هیدرولیک انتقال دهنده‌ی محصول

از تعادل نیروهای وارده بر پیستون در راستای قایم می‌توان نیرویی راکه لازم است پیستون اعمال کند محاسبه نمود:

(۳)

که در آن:

F : نیروی اعمال شده از طرف پیستون بر حسب نیوتن،

P_y : فشار اعمال شده به محصول در راستای طولی بر حسب پاسکال،

: فشار جانبی ایجاد شده در اثر فشرده کردن محصول در محزن بسته بر حسب پاسکال می‌باشد و مقدار آن را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد (Sitkei, 1986):

(٤)

که در آن:

: ضریب اصطکاک داخلی محصول فشرده شده،

، : به ترتیب مساحت سطح مقطع محفظه و پیستون بر حسب متر مربع می‌باشد.

حال با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشات قبلی و استفاده از سایر منابع (Gonzales. et al., 2008; Negi, 1974; Negi, 1992)، مقادیر زیر برای معادله در نظر گرفته شد:

P_x= ۸۰ kPa, = ۰/۳, = ۰/۸, = ۰/۲۷۵ m^2, = ۰/۱ m^2

با توجه به مقادیر بالا مقدار نیروی پیستون برابر ۲۰/۹ کیلو نیوتن بدست آمد.

در هنگام پایین آمدن پیستون به دلیل وجود اصکاک خارجی بین بدنه‌ی پیستون و محصول، نیروی اصطکاکی مقاوم در برابر حرکت پیستون ایجاد می‌شود که مقدار آن را می‌توان از رابطه‌ی زیر بدست آورد:

(۵)

که در آن ، ضریب اصطکاک خارجی بین محصول و بدنه می‌باشد که مقدار این ضریب قبلا در آزمایشات انجام گرفته برابر ۰/٦ بدست آمد (معصومی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به رابطه‌ی (۵)، نیروی اصطکاکی برابر ۱۳/۲ کیلو نیوتن می‌باشد. این مقدار نیرو در هنگام کورس برگشت پیستون هم اعمال می‌شود.

کل نیروی لازم که پیستون می‌بایست اعمال کند برابر حاصل جمع دو نیروی بدست آمده می‌باشد و برابر با ۳٤/۱ کیلو نیوتن می‌باشد. حال با در نظر گرفتن راندمان هیدرولیکی ۰/۹، فشار کاری ۱٤۰ بار و با ضریب اطمینان ۱/۷، سیلندری با قطر ۱۰۰ میلی‌متر و قطر پیستون استاندارد ۷۰ میلی‌متر انتخاب شد (مشکین‌فام، ۱۳۸۲). این قطر پیستون از قطر بدست آمده از رابطه‌ی اویلر بر اساس حداکثر بار وارده و ایمنی در برابر کمانش و با ضریب ایمنی ۳/۵ بیشتر می‌باشد. رابطه‌ی اویلر بصورت زیر می‌باشد (مشکین‌فام، ۱۳۸۲).

(٦)

که در آن:

F : نیروی وارد بر پیستون جک بر حسب نیوتن،

N : ضریب ایمنی که معمولا آن را برابر ۳/۵ در نظر می‌گیرند،

E : مدول کشسانی محور بر حسب نیوتن بر متر مربع،

I : گشتاور لختی سطح محور بر حسب m^4،

L : طول محور بر حسب متر می‌باشد.

- جک هیدرولیکی بازکننده‌ی دریچه‌ی تخلیه:

این جک جهت باز و بسته کردن دریچه‌ی خروجی محصول فشرده شده بکار می‌رود. این جک در هنگام باز شدن می‌بایست توانایی غلبه بر نیروی اصطکاکی بوجود آمده در اثر تماس محصول با دریچه را داشته باشد. مقدار نیروی اصطکاکی بوجود آمده را می‌توان از رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

(۷)

که در آن مساحت دریچه‌ی تخلیه می‌باشد.

مقدار این نیرو ۱۹۷۹/۲ نیوتن بدست آمد. در اینجا به دلیل موجود بودن از جک با قطر سیلندر و پیستون به ترتیب ۵۰ و ۲۰ میلی‌متر استفاده شد (بهگو، ۱۳۸۳).

حسگر فنری

وظیفه‌ی حسگر این است که با رسیدن فشردگی علوفه به مقدار مورد نظر، دستور خارج کردن آن را صادر کند. انتخاب فنر مناسب با توجه به رابطه‌ی نیرویی فنرها انجام گرفت که این رابطه بصورت زیر می‌باشد:

(۸)

که در آن:

F : نیروی وارد شده به فنر به نیوتن،

K : ثابت فنر به نیوتن بر متر،

x : جابجایی طولی فنر به متر،

P : فشار متناظر با نیروی اعمال شده بر حسب پاسکال و

A : مساحت صفحه قرار گرفته در جلوی فنر به متر مربع می‌باشد.

با در نظر گرفتن فشار اعمالی ۸۰ کیلوپاسکال به صفحه‌ی فنر و جابجایی ۳۰ میلی‌متر برای آن، مقدار ۳۹۲ کیلونیوتن بر متر برای ثابت فنر در نظر گرفته شد.

شاسی

پس از ساخت بخش‌های مختلف دستگاه، به منظور مونتاژ کردن قطعات، با توجه به وزن تقریبی سیستم و تنش-های اعمال شده به آن از طرف سیلندرهای هیدرولیکی، شاسی دستگاه طراحی گردید. شاسی به گونه‌ای طراحی گردید که اجازه‌ی کارکردن آسان با دستگاه را به کاربر بدهد.

سایر قسمت‌های دستگاه از جمله پیچ‌های اتصال صفحات، پین‌های اتصال پیستون جک‌های هیدرولیکی و با توجه به نیروهای وارد شده به آن‌ها و روابط مقاومتی مربوطه و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان مناسب طراحی گردید.

نتایج و بحث

با توجه به رابطه‌ی (۲)، مقدار ماکزیمم تنش ایجاد شده در محفظه در نزدیک‌ترین فاصله از پیستون بوجود می-آید و با فاصله گرفتن از پیستون مقدار فشار به شدت افت پیدا می‌کند. لذا می‌توان محفظه را دو قسمتی ساخت به طوری که در قسمت نزدیک‌تر به پیستون از ورق با ضخامت بیشتر و در قسمت دورتر ، از ورق با قطر کم‌تر استفاده نمود. نتایج بدست آمده از تحلیل تنش محفظه‌ی فشار با ضخامت ۳ میلی‌متر توسط نرم افزار (شکل۳)، نشان داد که

بیشترین تنش اعمال شده به بدنه برابر با ۱۰۳ مگاپاسکال می‌باشد. البته با توجه به طرح شاسی و محافظ‌های قرار گرفته بر روی آن، بعد از سوار کردن محفظه بر روی آن، این مقدار تا حد زیادی کاهش خواهد یافت.

پس از بررسی‌های انجام گرفته، سرعت کورس رفت پیستون فشرده‌ساز برابر با ۷/۲ سانتی‌متر بر ثانیه و سرعت کورس برگشتی آن برابر ١٤ سانتی‌متر بر ثانیه تخمین زده شد. سرعت کورس‌های رفت و برگشت پیستون بازکننده-ی دریچه‌ی تخلیه به ترتیب برابر ٣٤ و ٢٨/٥ سانتی‌متر بر ثانیه محاسبه شد. همچنین زمان لازم برای هر بار تخلیه‌ی محصول از محفظه ۱۵ ثانیه تخمین زده شد. مدت زمان صرف شده برای بسته‌بندی هر کیسه ذرت سیلویی، از زمان فشرده شدن تا زمان بسته‌بندی بستگی به نرخ تغذیه‌ی بیلر داشته و به طور متوسط برابر با نیم دقیقه در نظر گرفته شد. به این ترتیب عملکرد دستگاه حدود ٤/٨ تن در ساعت محاسبه شد.

نتایج مربوط به آسایش تنش محصول در برابر زمان برای فشردگی $kg\text{-}m^{-3}$ ۸۵۰، که قبلا توسط نگارنده از آزمایش آزمون کشش- فشار جامع بدست آمده بود، در جدول۱ نشان داده شده است. مدت زمان آسایش تنش بدست آمده برای محصول در آزمایشات قبلی با استفاده از روش باقیمانده‌های متوالی بدست آمد و مقدار آن برابر ۹ ثانیه محاسبه گردید. با توجه به اینکه مدت زمان طی شده که محصول در داخل محفظه فشرده می‌شود تا هنگامی‌که خارج می‌شود تقریبا برابر با ۲۰ ثانیه می‌باشد، این مدت زمان بیشتر از زمان آسایش تنش بدست آمده برای محصول می‌باشد. این بدان معنی است که محصول زمان آسایش تنش خود را در داخل محفظه طی کرده و در هنگاه کیسه شدن از تنش آن تا حد زیادی کاسته شده است. همان‌طور که در جدول۱ دیده می‌شود، کیسه‌ی بکار رفته جهت بسته‌بندی محصول می‌بایست توانایی تحمل حداقل ۳۷ کیلوپاسکال فشار را داشته باشد تا پاره نشود. پیشنهاد می-شود از کیسه‌های دو جداره که یکی از آنها پلاستیکی باشد، به این منظور استفاده شود.

مقدار حداکثر توان لازم جهت راه‌اندازی این وسیله برابر ۱۱ اسب بخار تخمین زده می‌شود که این مقدار توان صرف شده می‌بایست به توان لازم جهت راه‌اندازی بیلر اضافه گردد.

زمان (S)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
تنش(N/m^3)	۷۷۱۳۰	٤٥٤٣٠	٤١٠٦١	۳۷۷۱۱	۳٦۹٥۰	۳٦۰۲٥	۳٥۱۱۳

جدول (۱): کاهش تنش محصول با گذشت زمان برای فشردگی ذرت علوفه‌ای تا سطح $kg\text{-}m^{-3}$ ۸۵۰

نتیجه‌گیری

ذرت علوفه‌ای آزمایش شده دارای رطوبت ۸۰٪ (بر مبنای ماده تر) و دانسیته‌ی اولیه‌ی$kg\text{-}m^{-3}$ ۳۸۰ بود. به منظور راه‌اندازی دستگاه از خروجی هیدرولیکی تراکتور جاندیر ۳۱٤۰ با دبی مشخصه ۸٤ لیتر در دقیقه، در دور

موتور ۲۵۰۰ دور در دقیقه و فشار کاری ۱٤۰ بار در نظر گرفته شد. مدت زمان لازم برای بسته‌بندی هر کیسه‌ی ذرت علوفه‌ای با وزن تقریبی ٤۰ کیلوگرم حدود نیم دقیقه محاسبه شد که این زمان متشکل از زمان لازم جهت انتقال محصول و فشردگی محصول، باز و بسته شدن دریچه‌ی خروجی و کورس رفت و برگشت جک تخلیه‌کننده می‌باشد. عملکرد دستگاه حدود ٤/۸ تن در ساعت محاسبه شد و حداکثر توان مورد نیاز آن ۱۱ اسب بخار تخمین زده شد. بسته‌های تولید شده دارای وزن حدودا ٤۰ کیلوگرم بوده و برای بسته‌بندی آن‌ها نیاز به کیسه‌هایی می‌باشد که توانایی تحمل حداقل فشار ۳۷ کیلوپاسکال را داشته باشند.

منابع

۱- بهگو، پ. (۱۳۸۳). هیدرولیک در ماشین‌آلات، (ترجمه). انتشارات نشر طراح

۲- جعفری، ه. (۱۳۸٤). طراحی مکانیکی با Solid Workes، انتشارات نشر آفرنگ

۳- غفوری، ح. (۱۳۸۳). طراحی، ساخت و ارزیابی واحد جداکننده‌ی علوفه از سیلو برای دستگاه تخلیه‌ی علوفه‌ی سیلویی، پایان‌نامه‌ی گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

٤- معصومی. ا. ا.، همت. ع. و شهریان. ع. (۱۳۸۸). طراحی ، ساخت و ارزیابی دستگاه فشرده ساز مضاعف برای کاهش حجم بسته‌های علوفه. مجله مهندسی بیوسیستم ایران (مجله علوم کشاورزی ایران). دوره ٤۰ (۲): ۱۱۸-۱۱۱.

۵- مشکین‌فام، ف. (۱۳۸۲). طراحی سیستم‌های هیدرولیک، انتشارات نشر کتاب دانشگاهی

6- ASAE Standards, (2003). D251.2. Cubes, Pellets, and Crumbles-Definitions and Methods for Determining Density, Durability, and Moisture Content. St. Joseph.: ASAE.

7- ASAE Standars, (2003). S352.2. Moisture Measurement—Unground Grain and Seeds. St. Joseph.: ASAE.

8- Sitkei, G. (1986). Mechanics of Agriculturl Materials, Elsevier Science Pub. Co.

9- Mohsenin, N, N. (1970). Physical Properties of Plant and Animal Materials, Gordon and Breach pub. Co.

10- Gonzales-Valadez M., Munoz-Hernandez G. and Sanchez-Lopez R. (2008). Design and evalution of an extruder to convert crop residues to animal feed. Biosystems Engineering, 100, 66-78

11- Negi, S, C. (1974). Pressures Developed by Silage Materials in Cylindrical Tower Silos. Department of Agricultural Engineering. McGill University. Montreal.

12- Negi, S, C., Jofreit, J. C., Zhao, Q. and Law, J. (1992). Measurements of the At-rest Pressure Ratio of Silage and Grains. J. ugric. Engng Res. 52,273-283

13- Tractor Operator's Manual. (1998). John Deere 3140 Service Manual, John Deere Pub. Co.

Design and Evaluation of a Plastic Silo Maker Machine

Abstract

One important problem in using of corn silage silos is penetration of oxygen into product when opening the silo to use. This will be serious especially in small animal husbandry because of great time needed to consume the silo. Ensile corn silage into plastic packages can prevent this loss. As a result, design a mechanism that can compress the product and put it in plastic bags is needed. In order to design this system, some characteristics of corn silage are required to determin. Some of the important characteristics used in the design are included: internal and external friction coefficients, Poisson's ratio, product stress changes versus strain and time. The sample product had 80% moisture content (w.b) and the initial density of 380 kg-m^{-3}. Designed unit was attached to square baler, which consist of two hydraulic actuators in order to close and open the chamber gate and push the compressed material respectively. Hydraulic outputs of John Deere tractor were used for system power supply. The time required for packing any bags with approximate weight of 40 kg was obtained about 30 second. The performance of the unit was about 4.8 tons per hour and its maximum power required was estimated about 11 hp.

Keywords: Plastic silo maker, corn silage, friction coefficient, Poisson's ratio.