طراحی، مدل سازی، ساخت و ارزیابی دستگاه تولید تراشه از ضایعات چوبی

بهزاد محمدی الستی[۱*]، سامان صبوری[۲] و مهدی عباسقلی پور[۱]

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب، behzad.alasti@gmail.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب

چکیده

بازیافت ضایعات چوبی از واحدهای چوب‌بری و نجاری‌ها کمک قابل توجهی به صرفه‌جویی در مصرف این ماده اولیه می‌نماید. به عنوان مثال در عملیات برش الوارهای چوبی با ابعاد مختلف، قطعاتی تولید می‌شود که کارایی خاصی ندارند، در صورتیکه با خرد کردن این ضایعات و تبدیل آنها به تراشه‌های چوبی در اندازه‌های دلخواه (ریز یا درشت) می‌توان در مواردی نظیر مرغداری‌ها برای جذب رطوبت فضولات و خشک نگه داشتن بستر طیور، تهیه کودهای گیاهی، تهیه بستر مناسب کشت قارچ و ... استفاده نمود که باعث صرفه‌جویی در مصرف چوب و سود دهی برای واحدهای تولیدی صنایع چوب می‌شود. هدف این پژوهش طراحی و ساخت یک دستگاه خردکن برای فراوری ضایعات تولید شده در واحدهای صنایع چوب و تبدیل آنها به تراشه‌های با ابعاد مختلف بوده است. چوب ممرز چوبی مقاوم و با دوام سخت و سنگین است و از سخت‌ترین چوب‌های تولید شده در ایران می‌باشد، بنابراین مبنای طراحی ماشین چوب خردکن، چوب ممرز قرار گرفت. از روش محیطی برش چوب برای تولید تراشه استفاده شد.در این روش تیغه با حرکت دورانی خود براده‌هایی را از سطح چوب جدا می‌نماید. بر اساس محاسبات طراحی، نیروی ویژه برشی برای این چوب Nm^{-1} ۴۱۷۰/۵۳ می‌باشد. نتایج تحلیل تنش درام و شفت محرک نشان داد که در شرایط کاری تعیین شده (سرعت دورانی و خطی تیغه، عرض تیغه و میزان تغذیه)، دستگاه می‌تواند به طور ایمن کار کند. بعد از طراحی دستگاه، یک نمونه از دستگاه ساخته شده و مورد ارزیابی قرار گرفت که عملکرد آن نیز قابل قبول بود.

واژه‌های کلیدی: بازیافت، تراشه، دستگاه خردکن چوب، ضایعات چوب، تحلیل تنش تیغه.

مقدمه

چوب ماده‌ای است که همواره در زندگی بشر نقش مهمی داشته و امروزه بر اهمیت آن افزوده شده است. صنایع چوب از جمله صنایعی است که از گستردگی زیادی به اشکال مختلف در سطح کشور برخوردار است. در کشور ما صنایع چوب نقش مهمی در ایجاد اشتغال و تحقق اهداف برنامه توسعه دارد. به همین ترتیب جلوگیری از ضایعات چوب و بالا بردن بازده استفاده از این ماده با ارزش نیز در تثبیت این جایگاه نقش عمده‌ای دارد (Mahboubi et al., 2011). در سال‌های اخیر رشد و توسعه صنعت چوب و افزایش کاربردهای فرآورده‌های چوبی باعث استفاده روز افزون و بی‌رویه از منابع جنگلی، درختان و مواد چوبی شده است.

در حال حاضر مهم‌ترین منابع قابل استفاده در صنایع سلولزی کشور عبارتند از : جنگل‌های صنعتی و تجاری شمال، زراعت چوب و جنگل‌های دست کاشت. ایران کشوری است که تنها ۷/۵ درصد آن توسط جنگل پوشیده شده و بدین خاطر در زمره‌ی کشورهای با پوشش جنگلی کم قرار می‌گیرد. با توجه به پوشش جنگلی محدود ایران، استفاده بهینه از ضایعات صنعتی نیز حائز اهمیت است.

در صورتی‌که کاربرد چوب به شکل بهینه شده توسعه یابد و ضایعات آن به شکل زباله به حداقل برسد، از تخریب جنگل‌ها، فرسایش خاک و از بین رفتن انواع گونه‌های جانداران نیز جلوگیری خواهد شد، در غیر این صورت با وضعیتی روبرو خواهیم شد که شاید جبران لطمات آن امکان پذیر نباشد.

امروزه تبدیل ضایعات در صنایع گوناگون مورد توجه قرار گرفته و روش‌ها و دستگاههای مختلفی در این زمینه ابداع گردیده است. در صنایع چوب نیز این نیاز احساس می‌شود که وارد شدن در این عرصه و توسعه صنعت تبدیلی چوب علاوه بر مزایای ذکر شده باعث سودآوری بیشتر، ایجاد اشتغال و پیشرفت و استقلال بیشتر کشور می‌گردد.

با توجه به کمبود چوب در ایران و همچنین براساس طرح صیانت از جنگل‌های شمال، میزان برداشت سالیانه چوب از یک هکتار جنگل نباید بیشتر از یک متر مکعب باشد و در صورتی‌که از کل جنگل‌های صنعتی شمال بهره‌برداری شود، سالانه نزدیک به یک میلیون متر مکعب چوب از جنگل استحصال خواهد شد. بنابراین کشور با کمبود چوب مواجه خواهد گردید (Omidvar, 2009). در صورتی‌که مواد چوبی بازیافت شده و به چرخه تولید باز گردند نیاز به منابع چوبی بکر[1] کاهش یافته و همچنین موجب برگشت سرمایه و صرفه اقتصادی می‌شود و از آلودگی محیط زیست و پراکنده شدن زباله‌های چوبی در محیط جلوگیری می‌کند. بنابراین تبدیل ضایعات چوبی غیر قابل مصرف به مواد قابل استفاده امری ضروری و غیر قابل انکار می‌باشد.

یکی از مواردی که باعث افزایش بازده در واحدهای تولیدی می‌گردد مکانیزه بودن ماشین‌آلات صنایع چوب می‌باشد. عدم نوسازی و طراحی ماشینهای صنایع چوب متناسب با نیاز این صنعت از مشکلات مهم صنایع چوب در ایران می‌باشد که باعث افزایش ضایعات و بهره‌وری بسیار پایین از مواد اولیه می‌شود. همچنین نیاز کشور به دستگاه‌ها و ماشین‌آلاتی که ضایعات این صنعت را به موادی قابل استفاده تبدیل کند، کاملاً احساس می‌شود. وجود فاصله زیاد بین دانشگاه و مراکز صنعتی و به‌روز نبودن ماشین‌آلات تولیدی از مهمترین مشکلات این عرصه می‌باشد (bahmani et al., 2012). نوروزی با بررسی چالش‌های فراروی صنعت چوب و کاغذ تأمین مواد اولیه را به عنوان حادترین مشکل معرفی نموده و افزایش بهره‌وری از مواد اولیه در واحدهای صنعتی را یکی از مهمترین راه‌های برون رفت آن دانسته است (Norouzi, 2010).

[1]- دست نخورده

مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه مشکل ما در عملیات برش گرده بینه ها و نیز الوارهای چوبی با ابعاد مختلف، تولید ضایعاتی بصورت الوارهای نازک می باشد که کارایی خاصی ندارند، در صورتیکه با خرد کردن این ضایعات و تبدیل آنها به تراشه‌های چوبی در اندازه‌های دلخواه (ریز یا درشت) می‌توان در مواردی نظیر مرغداری‌ها برای جذب رطوبت فضولات و خشک نگه داشتن بستر طیور، تهیه کودهای گیاهی، تهیه بستر مناسب کشت قارچ و ... استفاده نمود که باعث صرفه‌جویی در مصرف چوب و سود دهی برای واحدهای تولیدی صنایع چوب می‌شود. بنابراین طراحی و ساخت یک دستگاه خردکن برای فرآوری این ضایعات یک نیاز مبرم به نظر می‌رسد.

با توجه به مطالب ارائه شده، ارائه یک دستگاه خردکن ضایعات چوب و تولید تراشه‌های قابل فروش و قابل استفاده در صنایع مختلف مد نظر قرار گرفت.

به منظور نیل به هدف تحقیق، اهداف فرعی به شرح ذیل تعریف و دنبال شد:

- طراحی و ساخت یک دستگاه خردکن برای تولید تراشه چوب از ضایعات چوبی
- ارزیابی دستگاه و بررسی چگونگی عملکرد آن
- تبدیل ضایعات چوب به یک ماده قابل مصرف در صنایع مختلف و بازگشت سرمایه و در نتیجه سودآوری بیشتر

در این ارتباط، انواع دستگاههای خردکن موجود در جهان مورد مطالعه و بررسی اجمالی قرار گرفت (Abdallah et al., 2011; Akbarnia et al., 2002; Ghasemzadeh, 2000; Ghazavi, 2005; Kargarfard et al., 2006; Nati, 2010) و از طریق بهگزینی روشهای طراحی مهندسی، بهترین طراحی دستگاه مد نظر قرارگرفت. سپس دستگاه خردکن مورد نظر مدل سازی و نمونه سازی شد و هم اکنون نیز در حال کار و تولید است.

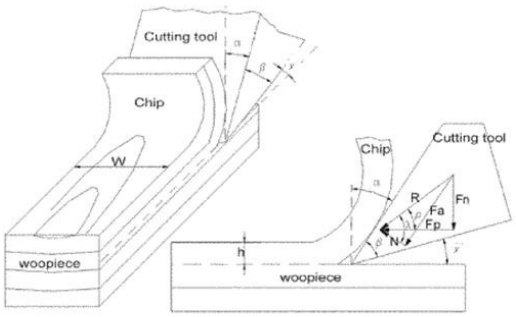
فرایند برش

دو فرایند اصلی در برش چوب مطرح است:

الف: برش راست‌گوشه[۲]

در این نوع برش (همانند رنده کردن دستی)، لبه تیغه عمود بر جهت حرکت نسبی تیغه و قطعه کار بوده و سطح ایجاد شده صفحه‌ای موازی با سطح کار اولیه می‌باشد (شگل ۱).

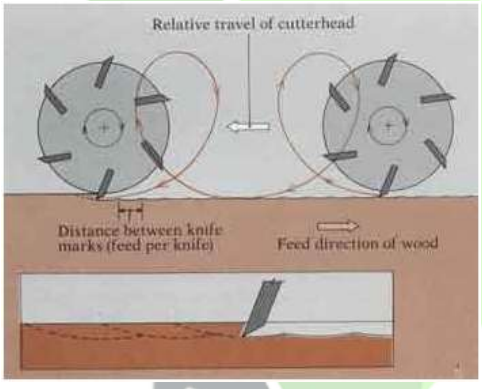
[2]-Orthogonal Cutting



شکل ۱ - نمایی از برش راست‌گوشه چوب

ب: برش محیطی[۳]

در این روش برش، تیغه بر روی یک جسم دوار نصب می‌شود و حرکت دورانی برنده دوار روی سطح عمل می‌کند (شکل ۲). برش راست گوشه نوع خاصی از برش محیطی است که شعاع جسم دوار بی نهایت و سرعت زاویه‌ای لبه تیغه برابر با صفر می-باشد.



شکل۲ - نمایی از برش محیطی چوب

در این پژوهش از روش دوم برای تولید تراشه از ضایعات چوب استفاده شده است. در این روش دو حالت درگیری تیغه با ضایعات چوب امکان‌پذیر است. در حالت اول جهت چرخش درام برخلاف جهت تغذیه چوب به درام است. در این حالت براده-برداری زمانی انجام می‌شود که جهت حرکت تیغه از حالت افقی به سمت بالا تغییر می‌کند (Up-milling) (شکل ۲). در حالت دوم جهت چرخش درام موافق با جهت تغذیه است و واضح است که براده‌برداری زمانی انجام می‌شود که جهت حرکت تیغه از حالت افق روبه پایین تغییر می‌کند (Down-milling). در این پژوهش حالت Up-milling مبنای طراحی دستگاه قرار داده شد و از روابط مرتبط با این حالت استفاده شد. البته روابط و قوانین حاکم بر هر دو روش بسیار مشابه می‌باشد.

تعاریف زیر را از شکل۱ داریم :

3-Peripheral Milling

زاویه حمله (α) : زاویه بین سطح کناری تیغه و صفحه عمود بر افق که شامل خط لبه تیز تیغه نیز می باشد. مقدار این زاویه در عملیات برش ثابت می باشد.

زویه خلاصی (γ) : زاویه بین پشت (سطح شیب دار) تیغه و سطح افق که مقداری ثابت می باشد.

زاویه تیزی (β) : زاویه تیزی تیغه که همان زاویه بین سطح پشتی و سطح جلویی تیغه می باشد.

عوامل موثر بر توان مصرفی و کیفیت سطح:

مهمترین فاکتورهایی که بر کیفیت برش و توان مصرفی اثرگذار هستند عبارتند از:

الف- مشخصات چوب: که شامل پارامترهای گونه چوب، مقدار رطوبت چوب و وزن مخصوص چوب است. واضح است خواص فیزیکی و مکانیکی چوب شدیداً تحت تاثیر گونه چوب می باشد. خواصی مثل مقاومت به برش، وزن مخصوص، میزان تردی و نرمی و سایر مشخصات چوب برای گونه های مختلف، متفاوت است. البته اثرات متقابل پارامترهایی مثل درصد رطوبت را نیز باید مد نظر قرار داد.

ب- مشخصات هد برشی: مشخصات مربوط به تیغه و درام می‌باشد که شامل سرعت برش، قطر دایره برش، تعداد تیغه، زاویه حمله، زاویه خلاصی، تیزی لبه تیغه، عرض تماس، میزان پهنای سطح گوه ای تیغه و شکل سطح گوه ای می باشد.

ج – فاکتورهای تغذیه‌ای: فاکتورهای تغذیه مرتبط با نحوه تغذیه کردن چوب به دستگاه می‌باشد که شامل سرعت تغذیه، عمق برش و جهت تغذیه است.

سرعت برش:

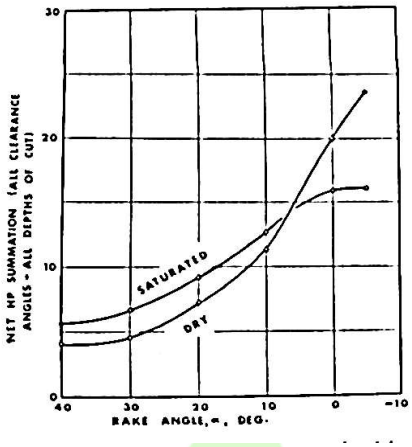
سرعت برش با مقدار توان مورد نیاز رابطه مستقیم دارد. علت اثر افزایشی سرعت برش بر توان مصرفی، نیروی شتاب دهنده تراشه ها می باشد.

سرعت خطی لبه تیغه[۴] در دستگاه‌های برش امروزی بین ۳۰m/s تا ۶۰ m/s طراحی می‌شود (Csanády and Magoss, 2013). در طراحی دستگاه خردکن سرعت خطی لبه تیغه۳۰m/sدر نظر گرفته شد. سرعت چرخشی درام خردکن‌های استوانه‌ای نیز معمولا در محدوده ۳۵۰۰ rpm می‌باشد (Koch, 1964). در این پژوهش نیز سرعت دورانی درام ۴۰۰۰ rpm قرار داده شد.

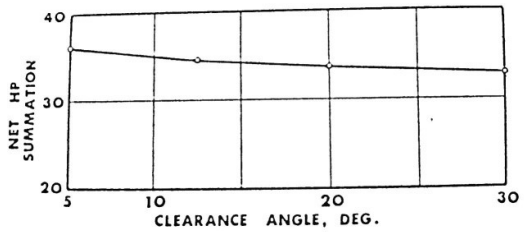
زاویه حمله:

اثر زاویه حمله در دو حالت چوب اشباع و خشک برای یک نوع کاج (Douglas-fir) در شکل ۳ نشان داده شده است. در هر دو حالت اشباع و خشک، با افزایش زاویه حمله میزان توان مصرفی نیز رشد زیادی داشته است. مقدار کمینه در زاویه ۴۰ درجه مشاهده شده است. بنابراین در طراحی دستگاه زاویه حمله روی ۴۰ درجه بسته شده است.

[۴] - تابعی از دور و شعاع درام می باشد و در صورت افزایش این فاکتورها ، سرعت خطی نیز افزایش می یابد .



شکل ۳ - اثر زاویه حمله و درصد رطوبت بر میزان توان مصرفی مورد نیاز در برش محیطی چوب



شکل ۴ - اثر زاویه خلاصی بر توان مصرفی مورد نیاز در برش چوب

زاویه خلاصی:

اثر زاویه خلاصی بر توان مصرفی در شکل ۴ نمایش داده شده است. با افزایش زاویه خلاصی میزان توان مصرفی روندی کاهشی داشته است. از زاویه ۲۰° به بالا، تغییرات توان مصرفی ناچیز است. معمولا زاویه خلاصی بین ۱۰° تا ۱۵° قرار دارد (Csanády and Magoss, 2013). در این پژوهش زاویه خلاصی برابر با ۱۵° قرار داده شد.

به منظور عملکرد مناسب دستگاه در خرد کردن چوب‌های مختلف، سخت‌ترین شرایط باید مبنای طراحی قرار گیرد. به همین دلیل، سخت‌ترین چوب باید انتخاب گردد. کیایی و سمریها خواص مکانیکی پنج نوع چوب سخت ایران را استخراج نمودند (Kiaei and Samariha, 2011). این پنج نوع چوب عبارت بود از ممرز، زبان گنجشک، بلوط، راش و توسکا. آنها گزارش دادند که بیشترین مقدار دانسیته، مدول الاستیسیته و تنش فشاری حداکثر مربوط به چوب ممرز بوده است. مقادیر گزارش شده برای این چوب در جدول ۱ آمده است. این داده‌ها در رطوبت ۱۲ ٪ گزارش شده است.

جدول ۱ – مشخصات چوب ممرز که در طراحی دستگاه خردکن استفاده شده است.

تنش فشاری (مگا پاسکال)	مدول الاستیسیته (گیگا پاسکال)	دانسیته چوب خشک شده (کیلوگرم در متر مکعب)
71.96	11.6	707

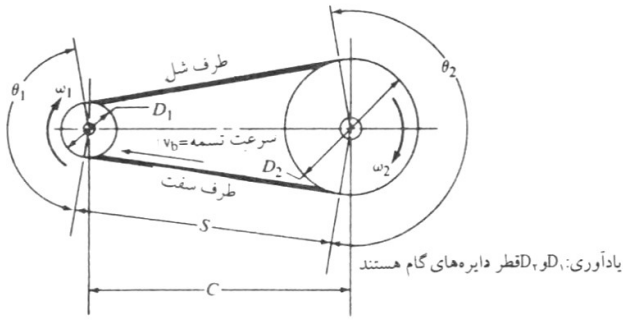
به منظور تعیین اندازه خرده‌های چوب مناسب مرغداری، از افراد خبره در این زمینه کمک گرفته شد که اندازه تراشه را با ضخامت حداکثر ۱ میلیمتر مناسب تشخیص دادند که علت انتخاب این ابعاد را جذب مناسب آب و رطوبت بستر طیور بیان نمودند. خلاصه‌ای از پارامترهای طراحی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ – مشخصات طراحی دستگاه خردکن چوب

پارامتر	مقدار
سرعت دورانی درام	4000 rpm
سرعت خطی لبه تیغه	30 m/s
زاویه حمله	40 °
زاویه برش	50 °
زاویه خلاصی	15 °
ضخامت تراشه	1mm
عرض برش	400 mm

طراحی محرکه‌های تسمه‌ای

سیستم‌های انتقال توان تسمه‌ای برای انتقال قدرت بین محورهایی که از هم فاصله دارند، استفاده می‌شود. شکل ۵ یک سیستم انتقال توان تسمه‌ای را نشان می‌دهدکه در طراحی، مبنا قرار گرفته است (Ghasemzadeh, 2000).



شکل ۵ – ابعاد اساسی سیستم تسمه‌ای

معمولا از تسمه‌های V شکل در مکانیزم تسمه–پولی استفاده می‌شود. شکل V تسمه باعث می‌شود که تسمه به شکل یک گوه ، محکم داخل شیار فرو رفته، اصطکاک را افزایش داده و گشتاورهای زیاد را قبل از اینکه لغزش پدید آید، منتقل کند.

طراحی محور درام

اصول طراحی محور به شرح زیر می‌باشد (Ghasemzadeh, 2000):

الف) سرعت دورانی محور و گشتاوری که محور باید انتقال دهد تعیین می‌شود.

ب) طراحی قطعات انتقال توان که روی محور سوار می‌شوند، انجام و محل سوار شدن این قطعات روی محور مشخص می‌شود.

ج) محل یاتاقانهای مربوط به تکیه‌گاه‌های محور تعیین می‌شود.

د) با در نظر گرفتن موقعیت اجزا روی محور و چگونگی انتقال توان از هر قطعه به محور، یک شکل هندسی کلی برای محور پیشنهاد می‌شود.

ه) مقدار گشتاور در روی محور، نیروهای وارده به محور و نیروهای عکس‌العمل در تکیه گاهها محاسبه می‌شود.

با توجه به نحوه بارگذاری، تنشهای ایجاد شده محاسبه و سپس با توجه به مقادیر تنشها در نقاط بحرانی و ضریب اطمینان اعمال شده، جنس محور و ابعاد نهایی هر نقطه از محور تعیین می شود.

ضریب کشسانی فولادهای گوناگون آنچنان از هم دور نیست. به همین دلیل صلبیت را با تعویض فولاد به فولاد نمی‌توان مهار نمود. در گزینش جنس، میزان تولید عامل مهمی است. در تولید کم، روش معمول شکل‌دهی تراش ماده از قطعه خام است.

یاتاقان‌ها برای تحمل بار و ایجاد حرکت نسبی بین دو قطعه استفاده می‌شوند. بارهای وارده به یاتاقان می‌تواند ترکیبی از بارهای شعاعی و محوری (جانبی) و یا بار خالص باشد. بار شعاعی در امتداد شعاع به طرف مرکز یاتاقان اعمال می‌شود. چنین بارهایی معمولا به وسیله چرخدنده‌های ساده، تسمه–پولی و انتقال زنجیری می‌باشند.

برای اینکه نیروی برشی به طور متقارن به پاکت چوب اعمال گردد و همچنین برای تسریع در عملیات خرد کردن چوب، دو درام روی دستگاه نصب می گردد که هر کدام توان خود را از یک الکتروموتور جداگانه دریافت می‌کند. دو درام در خلاف جهت هم گردش می‌کنند و نیروی برشی اعمالی آنها به پاکت خنثی می‌گردد. بنابراین هیچ نیروی افقی به پاکت اعمال نمی‌شود.

اجزای دستگاه

دستگاه خردکن از چهار بخش عمده تشکیل شده است:

۱–بدنه(شاسی) ۲– تغذیه ۳– خرد کن ۴– خروجی محصول

اجزای تشکیل دهنده بدنه:

الف) بدنه ثابت: درحقیقت شکل‌دهنده و اسکلت ساختمان دستگاه می‌باشد و تمامی اجزای تشکیل‌دهنده دستگاه روی آن سوار می شود

ب) بدنه متحرک: به منظور تنظیم عمق برش و برای تولید تراشه‌های با ابعاد و ضخامت‌های مختلف، نیاز است که تیغه‌ها قابلیت حرکت عمودی داشته باشند. تنظیم عمق برش می‌تواند از طریق بیرون آوردن تیغه در جهت شعاعی از درام و افزایش شعاع برش باشد که لازم است دستگاه در هنگام کار خاموش شده و تنظیمات روی آن انجام شود. اشکالی که در این حالت رخ

می‌دهد، افزایش سرعت لبه تیغه و افزایش نیروهای خمشی به محل تکیه‌گاه تیغه می‌باشد. ولی مناسب‌ترین راه برای تغییر عمق برش، قرار دادن مجموعه درام و تیغه ها روی یک شاسی متحرک است که نسبت به بدنه ثابت می‌تواند حرکت عمودی داشته باشد.

اجزای تشکیل دهنده بخش تغذیه:

الف) پاکت تغذیه

ب) وزنه فشاردهنده

ج) سیستم لنگ و شاتون

در دستگاه از حرکت رفت و برگشتی برای انجام فرآیند برش و همچنین برای جلوگیری از حادثه، اتلاف انرژی و نیروی کارگری از یک پاکت تغذیه به عنوان مخزن مواد اولیه (ضایعات چوب) استفاده می شود. برای ایجاد این حرکت از مکانیزم لنگ و شاتون استفاده شده است، به این صورت که از یک الکتروموتور سه فاز و یک گیربکس برای تامین دور و گشتاور لازم استفاده می شود. یک طرف لنگ به خروجی گیربکس و طرف دیگر به وسیله یاتاقان UC به شاتون متصل می شود. شاتون نیز دارای دو شفت عمودی در یک سمت خود می باشد که به یاتاقان های UC لنگ و پاکت تغذیه متصل می شود. بدین ترتیب با چرخش الکتروموتور پاکت تغذیه نیز حرکت رفت و برگشتی انجام می دهد. در مواقعی که حجم و در نتیجه وزن قطعات چوب داخل پاکت کم می شود از یک وزنه برای اعمال نیروی عمودی بر روی آنها استفاده می شود تا راندمان تولید افت پیدا نکند. این سیستم وزنه ای به روش جغجغه ای- ثقلی عمل می کند.

اجزای تشکیل دهنده بخش خرد کن:

الف) تیغه

ب) درام : استوانه ای توپر که تیغه ها واجزای آن را در بر گرفته و حمل می کند.

ج) ضد تیغه : وظیفه نگه داشتن چوب و جلوگیری از بردن چوب توسط تیغه را دارد.

د) پایه یاتاقان : وظیفه نگهداری درام روی شاسی متحرک را بر عهده دارد.

با توجه به تنوع گونه‌های چوبی و تفاوت بین سختی چوب‌های مختلف، تیغه‌های رنده باید از آلیاژی ساخته شوند که در اثر برخورد با چوب‌های سخت و همچنین حرارت‌های بالا سریع کند نشوند. بنابراین تیغه‌های رنده را از آلیاژی مخصوص [۵] یعنی از فولاد ابزار کم‌آلیاژ می‌سازند. درصد عناصر آلیاژی در این فولادها از ۵ درصد کمتر است. این فولادها قابلیت برش و سختی خود را تا ۴۰۰ درج سانتی‌گراد حفظ می‌کنند، زیرا عملیات سخت‌کاری روی آن‌ها انجام شده است. فولاد k100 مناسب ساخت این نوع تیغه‌ها می‌باشد.

[۵] – آلیاژ نیکل و کرم

درام، حساس ترین بخش دستگاه خرد کن می باشد که مجموعه تیغه ها (۴عدد تیغه) را در خود جای داده و ضمن چرخش خود، باعث انجام عملیات برش چوب توسط تیغه ها می شود. باتوجه به دورزیاد درام و برخورد محکم تیغه با چوب، برای ثابت و محکم نگهداشتن تیغه در محل خود، از تیغه بند استفاده می شود. تیغه بند یک قطعه فلزی است که طول آن برابر طول تیغه بوده و داخل شکاف درام و پشت تیغه قرار می گیرد.

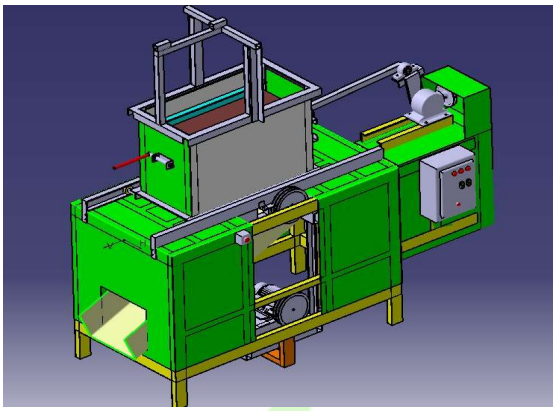
اجزای تشکیل دهنده بخش خروجی:

بعد از انجام عملیات برش، برای جلوگیری از پرت شدن تراشه‌ها روی زمین از یک کانال برای هدایت آنها به بیرون دستگاه استفاده شد.

نحوه کارکرد دستگاه

دستگاه دارای یک تابلوی برق می‌باشد که برای تامین برق ورودی آن از یک کلید صفر و یک استفاده می‌شود، همچنین دو کلید شروع (Start) و ایست (Stop) در آن تعبیه شده است. کلید اول مربوط به راه اندازی الکتروموتورهای درام می باشد. برای بالا بردن راندمان و افزایش حجم تولید، دو درام برای دستگاه در نظر گرفته شد که هر درام به وسیله یک الکتروموتور جداگانه به حرکت در می‌آید. با فشردن استارت موتورها، درام و در نتیجه تیغه‌ها به چرخش در می‌آیند. کلید استارت دوم مربوط به راه اندازی مجموعه حرکتی پاکت تغذیه می باشد. برای ایمنی و جلوگیری از حوادث غیرمترقبه، علاوه بر استفاده از کلیدهای اضطراری که در نقاط حساس دستگاه تعبیه شده، حالت دیگری نیز در نظر گرفته شد؛ بدین صورت که تا کلید موتور درام ها روشن نباشد الکتروموتور پاکت تغذیه روشن نمی‌شود.

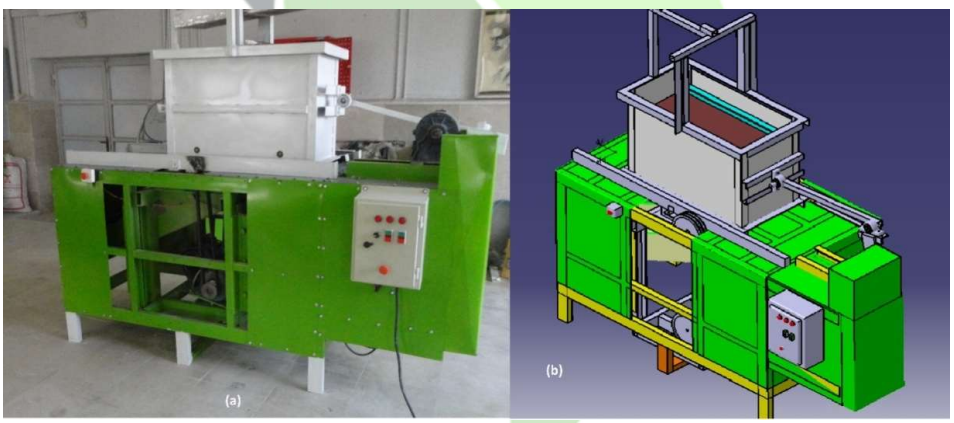
قبل از بکار انداختن دستگاه، پاکت باید از ضایعات چوبی پر شده باشد. پاکت تغذیه در هر بار حرکت رفت و برگشتی خود از روی تیغه‌های در حال چرخش عبور کرده و بدین ترتیب تراشه تولید می‌شود. تراشه‌های تولیدی از طریق کانال خروجی به بیرون دستگاه هدایت می‌شود. در مواقعی که حجم و در نتیجه وزن قطعات چوب داخل پاکت کم می‌شود از یک وزنه برای اعمال نیروی عمودی بر روی آنها استفاده می‌شود تا راندمان تولید افت پیدا نکند. این سیستم وزنه‌ای به روش جغجغه ای- ثقلی عمل می‌کند که برای بالا آوردن وزنه لازم است دسته جغجغه چرخانده شود و طناب فلزی که از یک طرف به دسته و از طرف دیگر به وزنه متصل می باشد، باعث بالا آمدن وزنه شود. برای اعمال فشار نیز کافی است ضامن جغجغه آزاد شود، در اینصورت نیز با مصرف چوب داخل پاکت تغذیه، وزنه در اثر نیروی ثقل به سمت پایین حرکت کرده و نیروی عمودی مورد نیاز را تامین می‌کند. برای جلوگیری از برخورد وزنه در انتهای کورس حرکت خود، علاوه بر تنظیم طول طناب، از چهار پیچ بلند به عنوان مانع استفاده شده است. این پیچ‌ها به بدنه پاکت بسته شده و به نوعی نشیمن وزنه محسوب می‌گردد. شکل ۶ دستگاه مدل شده را در محیط نرم‌افزار کتیا نشان می‌دهد.



شکل ۶ - نمایی از دستگاه

نتایج و بحث

در این تحقیق دستگاه خردکن ضایعات چوب طراحی، ساخته و ارزیابی شد (شکل ۷). چوب ممرز به علت خواص مقاومتی و چگالی بالا به عنوان معیار طراحی انتخاب شد. نیروهای مورد نیاز برای تولید تراشه و متناسب با آن پارامترهای طراحی تیغه و شرایط کاری از قبیل سرعت تیغه، سرعت تغذیه و توان مصرفی محاسبه گردید.



شکل ۷ – (a) دستگاه ساخته شده (b) دستگاه طراحی شده در محیط کتیا

در دستگاه طراحی شده سرعت خطی لبه تیغه ۳۰ m/s و سرعت چرخشی درام خردکن‌های استوانه‌ای ۴۰۰۰ rpm انتخاب شد. به منظور کاهش نیروی مصرفی، زاویه خلاصی و زاویه حمله به ترتیب روی ۱۵° و ۴۰° تنظیم شد. با توجه به طول ۴۰۰ میلی‌متری تیغه برش، نیروی مماسی و عمودی برشی به ترتیب ۱۶۶۸/۲۱۲ N و ۳۴۹/۵۲ N به دست آمد.

توان لازم در بخش برش شامل توان مورد نیاز برای شتاب دادن تراشه و توان لازم برای بریدن چوب می‌باشد. توان شتابی برابر با ۱/۲۸ hp و توان برشی ۱۳/۲۱ hp به دست آمد. بنابراین توان کل مصرفی در بخش برش ۱۴/۵ hp می‌باشد. برای ایجاد توان از الکتروموتورهای موتوژن تیپ 160L2A با توان ۱۵ hp، سرعت ۲۹۵۰ rpm و گشتاور ۳۵ N.m استفاده شد.

با توجه به تنوع گونه‌های چوبی و تفاوت بین سختی چوب‌های محتلف، تیغه‌های رنده باید از آلیاژی ساخته شوند که در اثر برخورد با چوب‌های سخت و همچنین حرارت‌های بالای ناشی از اصطکاک سریعاً کند نشوند. فولاد k100 برای ساخت تیغه‌ها انتخاب شد که ویژگی‌های مورد نظر را دارا می‌باشد.

از تسمه‌های V شکل و مکانیزم تسمه–پولی برای انتقال توان به درام‌ها استفاده شد. بر اساس محاسبات انجام شده فاصله بین دو پولی محرک و متحرک، ۷۷۵ mm، قطر پولی محرک ۱۷۸ mm و قطر پولی متحرک ۲۳۷ mm انتخاب گردید. تعداد تسمه‌های مورد نیاز برای انتقال گشتاور به درام نیز ۳ عدد می‌باشد.

از فولاد خوش‌تراش ۱۱۴۴به دلیل قابلیت تراشکاری راحت آن برای ساخت درام و محور آن استفاده شد. بر اساس نیروهای وارده بر درام و اعمال ضریب اطمینان ۳ ، حداقل قطر مجاز محور درام ۳۰ mm به دست آمد.

از یک پاکت معکبی شکل و دراری حرکت رفت و برگشتی برای تغذیه ضایعات چوب به دستگاه استفاده شد. حجم پاکت طراحی شده ۰/۲۶۳ متر مکعب، سرعت زاویه‌ای آن ۹۴ rpm و حداکثر توان مورد نیاز آن برابر ۶/۷ hp می‌باشد.

علاوه بر موارد ذکر شده حساس‌ترین بخش دستگاه یعنی مجموعه درام و تیغه مورد تحلیل تنش قرار گرفت. برای تحلیل تنش درام و تیغه از نرم‌افزار کتیا و روش اجزا محدود استفاده شد. نتایج تحلیل نشان داد بیشترین مقدار تنش وان مسیس در محل اتصال تیغه–درام با مقدار ۳۲ MPa رخ داده است. این مقدار، از تنش تسلیم قطعات درام بسیار پایین‌تر می‌باشد و نشان می‌دهدکه در شرایط کاری ذکر شده به صورت ایمن کار کرده و دچار هیچ‌گونه مشکلی نخواهد شد. دستگاه ساخته شده به راحتی می‌تواند برای انواع چوب‌ها مورد استفاده قرار بگیرد.

نتیجه‌گیری

بعد از ساخت دستگاه، برای ارزیابی آن، پاکت تغذیه از ضایعات چوبی درخت صنوبر پر شده و عملیات تولید تراشه انجام شد. مشاهده گردید که دستگاه به درستی کار کرده و تراشه‌های مناسب و یکنواخت را تولید می‌کند. با افزایش عمق برش (بالاتر بردن بدنه متحرک) تراشه‌های ضخیم‌تری تولید گردید. در مواردی که تراشه‌های ضخیم‌تر تولید می‌شود توان مصرفی نیز افزایش پیدا می‌کند. در این حالت نیز دستگاه کارکرد درستی را نشان داد و دچار کمبود توان نگردید. زمانی که حجم ضایعات درون پاکت از یک مقداری کمتر شد، قطعات چوب به فرار کردن از تیغه تمایل پیدا کردند که باعث شد ضخامت تراشه‌ها کاهش پیدا کند. برای رفع این مشکل کافی است که وزنه تعبیه شده روی پاکت آزاد گردد و با محدود کردن قطعات چوب از فرار کردن آنها جلوگیری به عمل آورد. با انجام این کار ضخامت تراشه‌های تولیدی اصلاح گردید و به مقدار ایده آل برگردانده شد.

به منظور بررسی عملکرد ماشین خردکن و بهینه سازی آن گزینه‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

- روش‌های دیگر تغذیه ضایعات به دستگاه مورد بررسی قرار گرفته و اجرا گردد.
- به منظور بررسی کیفیت تولید تراشه، چوب‌های مختلف مورد آزمایش قرار گیرد.

- یکنواختی تراشه‌های تولید شده از نظر طول و ضخامت مورد بررسی قرار گیرد.
- با توجه به هزینه بالای برق مصرفی، امکان استفاده از مولد قدرت دیزل مورد بررسی قرار گرفته و در صورت داشتن صرفه اقتصادی اجرا گردد.
- معادل وزنه فشاردهنده ۵۰ kg، می توان از یک سیستم ساده پنوماتیک جهت اعمال فشار بر روی خرده چوب ها استفاده کرد.
- با افزایش قطر درام می توان تعداد تیغه های بیشتری را روی درام نصب کرد . این امر باعث بالا رفتن راندمان تولید می شود.

منابع

1. Abdallah, R., S. Auchet, and P. J. Meausoone. 2011. Experimental study about the effects of disc chipper settings on the distribution of wood chip size. Biomass and Bioenergy 35: 843-852.
2. Akbarnia, A., M. H. Khoshtaghaza, and J. Sharifi. 2002. Design, construction and evaluation of crusher machine of branches obtained from trees pruning. Pajouhesh va Sazandgi (Research and Construction). 15(2): 2-8.
3. Bahmani, A., A. Rafighi, M. Vali, and A. Salari. 2011. Identification and evaluation of challenges facing the wood and paper industry. Iran Wood and Paper Industry 2(2): 27-38.
4. Csanády, E., and E. Magoss. 2013. Mechanics of wood machining. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
5. Ghasemzadeh, H. R. 2000. Mechanical design of machine components. Publications of Tabriz University.
6. Ghazavi, M. A. 2005. Prototyping first wood and branch crushing machine in Iran and the part of application of its output Product. 4th Horticultural Science Conference. Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
7. Kargarfard, A., A. Hoseinzadeh, A. Nourbakhsh, K. Dust-hoseini, and F. Niknam. 2006. The use of wood waste from apple trees pruning at particleboard production. Pajouhesh va Sazandgi (Research and Construction). 27: 32-73.
8. Kiaei, M., and A. Samariha. 2011. Fiber dimensions, physical and mechanical properties of five important hardwood plants. Indian Journal of Science and Technology 4(11): 1460-1463.
9. Koch, P. 1964. Wood machining processes. Ronald Press. New York.
10. Mahboubi, M. R., M. Zare, and F. Shamlu. 2011. Investigate of effective factors on waste production in units of woodwork and ways of reducing it (case study: Gorgan city woodwork units). 1st National Conference of Raw Material Supply Roadmap and Wood and Paper Industries Development in 1404. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
11. Nati, C., R. Spinelli, and P. Fabbri. 2010. Wood chips size distribution in relation to blade wear and screen use. Biomass and Bioenergy 34: 583 –587.
12. Norouzi, A. 2010. Sustainable oncoming challenges of wood and paper industries and its slotting. Iran Wood, Furniture & Paper Industry: 49(1): 45-49.
13. Omidvar, A. 2009. Wood composites, polymer. Publications of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 94.

Design, modeling, Fabrication and Evaluation of Chipper production machine for Residue wood

Behzad Mohammadi Alasti[1*], Saman sabouri [2] and Mehdi Abbasgholipour[1]

1- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Bonab Branch, Islamic Azad University, behzad.alasti@gmail.com
2- MSc Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Bonab Branch, Islamic Azad University

Abstract

Wood residue recycling from carpentry and wood craft manufactory, contributes significantly to the thrift of this material. For example, in timber production, some pieces is produced that have not any application, whereas by chipping of this residue and converting to chips with different dimensions, we can use them in some application such as aviculture for wetness absorbance of poultry dung and drying of poultry bed, herbal Fertilizer providing and mushroom cultivation bed preparation that economizes wood consumption and profitability for wood craft manufactory. This research aimed to design and fabricate a wood chipper unit for chips production from wood craft manufactory residue. Hornbeam has a resistant, hard and heavy wood structure and the hardest wood that is produced in Iran. So this wood is selected as a base of wood chipper machine design. The peripheral milling method of wood cutting was used for chips production. Based on design calculation, the particular cutting force was obtained 4170.53 N/m. Results of drum and drive shaft stress analysis in the specified working conditions (linear and rotational speed of the blades, blade width, and feed rate) showed that this unit can be safely work. After designing of the system, a unit of this machine was fabricated and evaluated that its performance was acceptable.

Keywords: Waste wood, Recycling, Chips, Wood Crushing Machine, Design and Fabrication.