تاثیر رطوبت و گونه بر کیفیت خرده چوب و مصرف انرژی در آسیاب تیغه‌ای

محمد آقاخانی[۱*]
ابوالقاسم خزاعیان[۲]
علی رفیقی[۳]
فریدر شولز[٤]

[۱] دانشجوی دکترای فرآورده های چند سازه چوبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان ، ایران

[۲] دانشیار گروه فرآورده های چند سازه چوبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۳] استادیار گروه فرآورده های چند سازه چوبی ،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۴] استاد گروه تکنولوژی چوب دانشگاه علوم کاربردی روزنهایم، آلمان

مسئول مکاتبات:
aghakhani.mohammad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰

چکیده

به منظور خردکردن مواد اولیه در کارخانجات تخته خرده چوب از انواع گوناگون دستگاه‌های خردکن و آسیاب استفاده می‌شود. فاکتورهای بسیاری در نتایج چیپس کردن چوب موثرند که بر کل فرآیند نیز اثرگذارند. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی اثر رطوبت و گونه بر کیفیت خرده‌چوب تولیدی و مصرف انرژی در آسیاب تیغه‌ای بود. برای انجام این تحقیق از دو گونه صنوبر[۱] و بلوط[۲] استفاده شد. ابتدا از گرده بینه‌ها به کمک اره نواری الوار تهیه شد. سپس الوارها در فضای آزاد به مدت ۲۰ روز دسته‌بندی شدند و بعد به خشک‌کن منتقل شدند و در دو سطح ۱۸ و ۴۰ درصد خشک شدند. سپس به کمک خردکن استوانه‌ای از الوار چیپس تهیه شد. حین فرآیند خردکردن مقداری از رطوبت کاسته شد. سپس رطوبت چیپس‌های تولیدی در دو سطح ۱۲ و ۳۰ درصد کنترل شد در گام بعدی چیپس‌های تولیدی بر اساس جدول طرح آزمایشات به آسیاب تیغه‌ای تغذیه شدند. در هر آزمون میزان انرژی مصرفی حین فرآیند بوسیله دستگاه شبکه‌ای اندازه‌گیری مصرف انرژی[۳] ارزیابی شد. به منظور ارزیابی دقیق مصرف انرژی در هریک از شرایط آزمونی میزان حجم برابر چیپس در زمان برابر به خرده‌چوب تبدیل گردید. سپس خرده‌چوب تولیدی به کمک الک چند طبقه بر اساس استاندارد EN 151491 دانه‌بندی شدند. نتایج نشان داد، مقدار انرژی مصرفی حین فرآیند تولید خرده چوب در گونه‌ی بلوط به دلیل بالاتر بودن دانسیته بیشتر از گونه‌ی صنوبر است. در گونه‌ی بلوط افزایش رطوبت از سطح ۱۲٪ به ۳۰٪ سبب نرم شدن بافت چوب و کاهش مصرف انرژی در آسیاب تیغه‌ای گردید، ولیکن در مورد گونه‌ی صنوبر افزایش رطوبت مصرف انرژی را افزایش داد. در شرایط رطوبتی یکسان گونه بلوط خرده چوب با کیفیت‌تر در مقایسه با صنوبر تولید کرد و همچنین در هر دو گونه افزایش رطوبت منجر به بالاتر رفتن سطح کیفی خرده چوب تولیدی شد.

واژگان کلیدی: مصرف انرژی، آسیاب تیغه‌ای، الک، کیفیت خرده چوب، بلوط، صنوبر.

[1] Poplus Termula
[2] Quercus Robur
[3] Multi-channel precision power meter

مقدمه

در تمامی عرصه‌های صنایع چوب بخش مهمی از هزینه‌ها مربوط به ماده چوبی می‌باشد. با شناخت دقیق ماده چوبی نه تنها میزان راندمان افزایش می‌یابد، بلکه بخش اعظمی از هزینه‌ها تولید کاهش یافته و در نهایت محصولی با کیفیت بالاتر به دست می‌آید. ماشین‌کاری چوب بعنوان فرآیندی که ماده اولیه چوبی را به محصولی با ارزش افزوده بالا تبدیل می‌کند، شناخته می‌شود. در طی این تبدیل در فرآیندهای مختلف ماشین‌کاری، ویژگی‌های هندسی ماده چوبی و یا ویژگی‌های سطح آن و یا هر دو مشخصه به طور همزمان می‌تواند دستخوش تغییر گردد. منحصر به فرد بودن ویژگی‌های چوب، باعث شده است تا فرآیندهای ماشین‌کاری آن نیز با سایر مواد مهندسی متفاوت باشد [۱].

کمبود آگاهی از تاثیر پارامترهای مختلف موثر بر شرایط ماشین‌کاری چوب و فرآورده‌های چوبی باعث افزایش ضایعات، افت کیفیت، هدر رفت انرژی و افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد، لذا دستیابی به شرایط مناسب و بهینه ماشین‌کاری چوب و فرآورده‌های آن بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

امروزه در صنایع چوب انواع گوناگونی از آسیاب‌ها بکار گرفته می‌شود. یکی از متداولترین آن‌ها آسیاب تیغه‌ای می‌باشد. دراین آسیاب چیپس‌ها با تغذیه مرکزی توسط پره‌های دوار در اثرنیروی گریز از مرکز به اطراف پرت شده و با رینگ حامل تیغه برخورد می‌کنند و معمولا در راستای موازی الیاف در دو جهت (۹۰-۰) یا (۰-۹۰) برش می‌خورند. خرده چوب بعد از خروج از انواع آسیاب وارد خشک‌کن شده در مرحله بعد در الک طبقه‌بندی شده و وارد فرآیند تولید می‌شود [۲].

از دیگر عوامل مهم در مباحث مربوط به صنایع چوب رطوبت چوب می‌باشد که در خصوص تاثیر ان بر فرایند تبدیل مکانیکی نتایج متفاوتی گزارش شده است. حضور رطوبت در بخش‌های مختلف صنعت چوب مانند فرآیند ماشین‌کاری، خردکن‌ها و خشک‌کن‌ها از مباحث کلیدی پیش روی صنعتگران است. از یک سو خشک کردن چوب هزینه بر است و هر مقدار بیشتر از حد نیاز خشک کردن چوب اتلاف سرمایه و هدر رفت انرژی را به دنبال دارد و از سوی دیگر عدم آگاهی از مقدار بهینه رطوبت بر کیفیت محصول تولیدی و ثبات ابعادی محصول نهایی تاثیر گذار است. لیکن آشنایی با مقدار بهینه رطوبت در بخش‌های مختلف صنعت چوب صرفه جویی در مصرف انرژی و ارتقاء کیفی محصول را به دنبال خواهد داشت.

انرژی و مواد اولیه دو عامل اصلی مورد نیاز برای رشد هر اقتصادی هستند. انرژی مصرفی در بخش صنعت تقریبا نیمی از انرژی مصرفی جهان را تشکیل می دهد و مقدار مصرف انرژی در بخش صنعت در ۶۰ سال اخیر دو برابر شده است. صنایع تولیدی بخش اعظم انرژی تولیدی را مصرف می کنند و می‌توان این مقدار را ۱۸ تا ۲۵ درصد کاهش داد. کارخانجات صنایع چوب مقادیر بسیار بزرگ از انرژی الکتریکی و گرمایی را مصرف می‌کنند. آخرین بررسی ها در سال ۲۰۰۲ در صنایع چوب نیوزلند نشان می‌دهد در حدود ۶۹٪ از انرژی اولیه را مصرف می کنند. کاهش دادن مصرف انرژی در ماشین‌کاری می‌تواند سبب کاهش هزینه‌ها شود، همچنین در کاهش گرمایی جهانی که به سبب مصرف انرژی ایجاد می‌شود، نیز موثر است. مصرف بیشتر انرژی به معنای افزایش نشر گاز Co2 می باشد. [۳].

از آنجا که بحث مصرف انرژی و موضوع کاهش هزینه‌های تولید هر روزه مهم و مهمتر می‌شود، بنابراین حداقل‌سازی مصرف انرژی دارای اهمیت بیشتری می‌شود. در فرآیندهای تولید با مواد متفاوت کاهش انرژی مصرفی، سبب افزایش تولید و کاهش اثرات زیست محیطی می‌شود. عمده تلاش‌ها در قرن اخیر به منظور این هدف یعنی افزایش راندمان انرژی بوده است [۴].

Porankiewicz و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که افزایش رطوبت در چوب کاج جنگلی از ۸٪ تا ۳۰٪ باعث افزایش نیروی موازی برش و کاهش نیروی نرمال برش می شود. با افزایش رطوبت تا ۱۳۳٪ نیروی برش با کاهش اندکی همراه بوده که می تواند ناشی از اثر افزایش رطوبت بر روی کاهش مقاومت به شوک در چوب باشد [۵].

Aguilera و Martin (۲۰۰۱) ، به بررسی نیروی برش، انرژی مصرفی و کیفیت سطح دو گونه راش و نراد تحت شرایط متفاوت برش پرداختند. میزان انرژی مصرفی به دو روش محاسبه شد. در روش اول به کمک دستگاه وات متر

و در روش دوم به کمک دستگاه پیزوالکتریک نیروی برش اندازه‌گیری شد و با کمک فرمول مقادیر انرژی مصرفی اندازه‌گیری شد. نهایتا تاثیر هریک از پارامترها ارزیابی شد و همچنین میزان همبستگی دو روش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، به ازای تغذیه ثابت برای هر دندانه نیروی برش مستقیما تحت تاثیر سرعت چرخش محور ابزار می‌باشد. همچنین الگوی برش همراه میزان مصرف انرژی برشی بیشتری نشان داد، زیرا در این روش در شروع برش نیاز به برش چیپس با ابعاد بزرگ می‌باشد. بیشترین نیروی برش در راش، در عمق برش ۵ میلیمتر و دور محور ۸۰۰۰ دور بر دقیقه محاسبه شد [۶].

Ma و همکاران (۲۰۱۴) در تخمین انرژی مصرفی و راندمان انرژی در ماشین‌کاری با ابزار فلزی، به بررسی پارامترهای متغیر شامل سرعت برش، زاویه حمله، شعاع انحنا و شعاع لبه‌ی ابزار پرداختند و راندمان برش مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد، تمامی پارامترها بر روی انرژی برش موثرند. افزایش زاویه حمله و یا کاهش شعاع انحنا موثرترین راه برای کاهش انرژی برشی است. افزایش سرعت برش یا کاهش شعاع انحنا نوک تیغه نیز همچنین در کاهش انرژی برش موثر می‌باشد. شعاع انحنا لبه و زاویه حمله اثر معنی داری بر راندمان برش دارند و با کاهش توام هر دو راندمان بالاتری به دست می‌آید. سرعت برش و شعاع انحنا نوک اثر کمی بر روی راندمان برش دارند. به منظور کاهش مصرف انرژی، سرعت برش بالا، زاویه حمله بزرگ، شعاع انحنای کوچک نوک تیغه باید استفاده شود. به منظور بیشینه کردن راندمان انرژی، یک شعاع انحنای لبه کوچک و زاویه حمله کوچک می‌تواند موثر باشد. البته شرایط بهینه برش ممکن است با عمر مفید تیغه در تناقض باشد [۷].

Pervaiz و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تخمین انرژی مصرفی در ماشین‌کاری تیتانیوم تحت شرایط متفاوت برشی پرداختند، نتایج نشان داد، نیروی برش با افزایش سرعت برش کاهش می‌یابد و پس از عبور از سرعت ۶۰m/s افزایش می‌یابد. انرژی مصرفی تحت شرایط سرعت تغذیه و سرعت برش پایین افزایش می‌یابد. همچنین شرایط کاری خشک در مقایسه با مرطوب انرژی مصرفی کمتری را نشان داد. همچنین سرعت تغذیه پایین به دلیل افزایش زمان کار ماشین میزان انرزی مصرفی را افزایش داد [۸].

Eyma و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی تاثیر خواص فیزیکی و مکانیکی ۱۳ گونه چوبی استوایی دریافتند نیروهای برش در جهت ۰-۹۰ با افزایش دانسیته افزایش می یابد. همچنین آن‌ها دریافتند که دانسیته به تنهایی نمی تواند ارتباط بین گونه چوبی و نیروهای برش را توضیح دهد و نتایج دقیقتر می تواند از ترکیب دانسیته، ویژگی های ساختار درونی هر گونه به همراه خواص مکانیکی چوب به دست آید [۹].

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از دو گونه چوبی بلوط و صنوبر از جنگلهای جنوبی شهر روزنهایم[1] کشور آلمان واقع در استان بایرن استفاده شد. گرده‌بینه‌ها پس از استحصال به واحد چوب‌بری دانشگاه علمی _کاربردی روزنهایم منتقل شدند.

سپس به منظور تولید الوار به ترتیب گرده بینه‌ها به واگن سراره نواری تغذیه شده و به مقدار کافی الوار با ابعاد ۴×۸ و ۸×۸ سانتیمتر تولید شد شکل(۱). سپس الوارها به مدت ۲۰ روز در هوای آزاد و فضای سرپوشیده دسته‌بندی شدند. در گام بعدی الوارها در خشک‌کن قرار داده شدند، سنسورهای رطوبتی نصب شد و براساس گونه، دما، سرعت گرمادهی و برنامه‌ی زمانی مناسب اتخاذ شد. الوارها در دو سطح رطوبت ۱۸ و ۴۰ درصد خشک شده و به خردکن‌استوانه‌ای تغذیه شدند و چیپس‌هایی با دو سطح رطوبت بالا و پایین نقطه اشباع الیاف تولید شد شکل (۲). شایان ذکر است در هر دوگونه صنوبر و بلوط و در هر دو سطح رطوبت بالا و پایین نقطه اشباع پس از خردکردن توسط خردکن استوانه‌ای رطوبت اندکی کاهش یافت و چیپس‌هایی با سطح رطوبتی ۱۲ و ۳۰ درصد تولید شد. همچنین سرعت برشی در خردکن استوانه‌ای در سه سطح ۱۶، ۲۰ و ۲۴ متر بر ثانیه کنترل شد. لیکن به منظور تولید چیپس با ضخامت یکسان متناسب با افزایش سرعت گردش محور و سرعت برش در خردکن استوانه‌ای، سرعت تغذیه نیز افزایش یافت تا بتوان همواره چیپس با ضخامت

[1] Rosenheim

یکسان تولید کرد. به جهت موازنه سرعت برش و سرعت تغذیه و حفظ ضخامت یکسان خرده چوب از روابط (۱و ۲) استفاده شد. همچنین زوایای مربوط به تیغه در خردکن استوانه‌ای ثابت در نظر گرفته شد. سپس بر اساس طرح آزمایشات (جدول ۱) تغذیه چیپس‌ها به آسیاب تیغه‌ای صورت گرفت و در هر مرحله میزان مصرف انرژی به کمک دستگاه انرژی‌متر اندازه‌گیری شد شکل (۳).

1) $em=\frac{1000vf}{n*z}$

2) $V=\frac{\pi n D}{60}$

em= ضخامت پوشال (میلیمتر)، Vf = سرعت تغذیه (متر بر دقیقه) ، n= سرعت چرخشی محور، Z = تعداد تیغه بر روی استوانه چیپر، V = سرعت برش (متر بر ثانیه)

رابطه ۱و ۲ در زیر آمده است:

جدول ۱- طرح آزمایشات

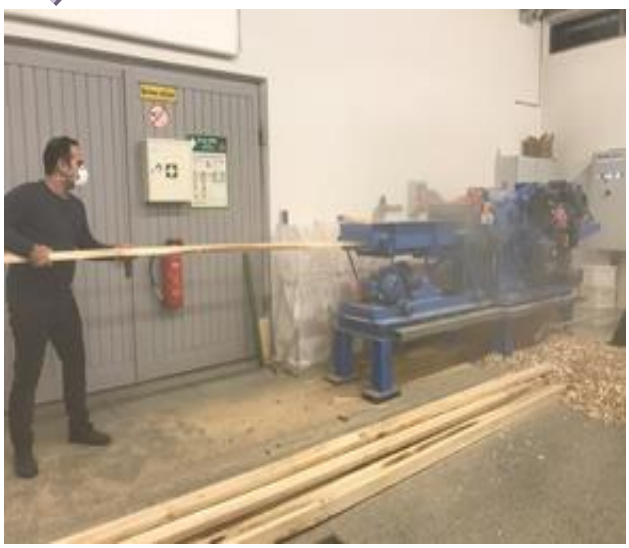
رطوبت (سطح)	گونه
۱۲	صنوبر
۳۰	صنوبر
۱۲	بلوط
۳۰	بلوط

پیش از تغذیه چیپس‌ها به آسیاب سنسورهای دستگاه چندکاناله اندازه‌گیری مصرف انرژی، به کمک تکنسین برق به آسیاب تیغه‌ای متصل شد. اساس کار این دستگاه بدین شکل است که، گیره‌هایی[1] از دستگاه به کابل‌های برق اصلی ورودی و خروجی دستگاه مورد نظر وصل شده و با ثبت ۱۰ داده در هر ثانیه مقدار انرژی مصرفی را اندازه‌گیری می‌کند. در هر مرحله با گرفتن میانگین داده‌های در حالت بار در آسیاب مقدار مصرف انرژی محاسبه می‌شود. شکل (۵) به خوبی نقاط بی باری[2] و باردار[3] را نشان می‌دهد. به منظور حفظ شرایط یکسان در تمامی شرایط آزمونی حجم برابر چیپس و در زمان برابر به آسیاب تیغه‌ای تغذیه شد. خرده چوب تولید شده به کمک الک آزمایشگاهی بر اساس استاندارد EN 151491 در ۸ مش متفاوت دانه‌بندی شدند شکل (۴). در هر مرحله حجم برابر الک شده و مقادیر مربوط به هر مش به دقت وزن شد. سپس ذرات باقی ماده بر روی دو طبقه از ریزترین مش‌ها که عملا فاقد بعد و شکل هندسی معین بودند، به‌عنوان نرمه[4] در نظر گرفته شد. مقدار وزنی نرمه تولید شده از کل خرده چوب الک شده کم شد و مقدار باقیمانده به عنوان خرده چوب با کیفیت ارزیابی شد و بر اساس درصد اعلام شد و عدد حاصل به عنوان مقدار کمی درجه مطلوبیت خرده چوب گزارش شد.

از ترکیب سطوح عوامل متغیر ۴ تیمار برای آسیاب تیغه‌ای بدست آمد. با ۳ تکرار برای هر تیمار، ۱۲ آزمون با آسیاب تیغه‌ای انجام گرفت. طرح آزمایشات با استفاده از طرح آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. بعد از جمع آوری داده‌ها، تحلیل نتایج با استفاده از جدول تجزیه واریانس در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم افزار Minitab انجام شد.

[1] Clamp
[2] Idle power
[3] Load power
[4] Fine

شکل ۱- اره نواری در حین تبدیل گرده بینه به الوار



شکل ۲- خردکن استوانه‌ای در حین تولید چیپس

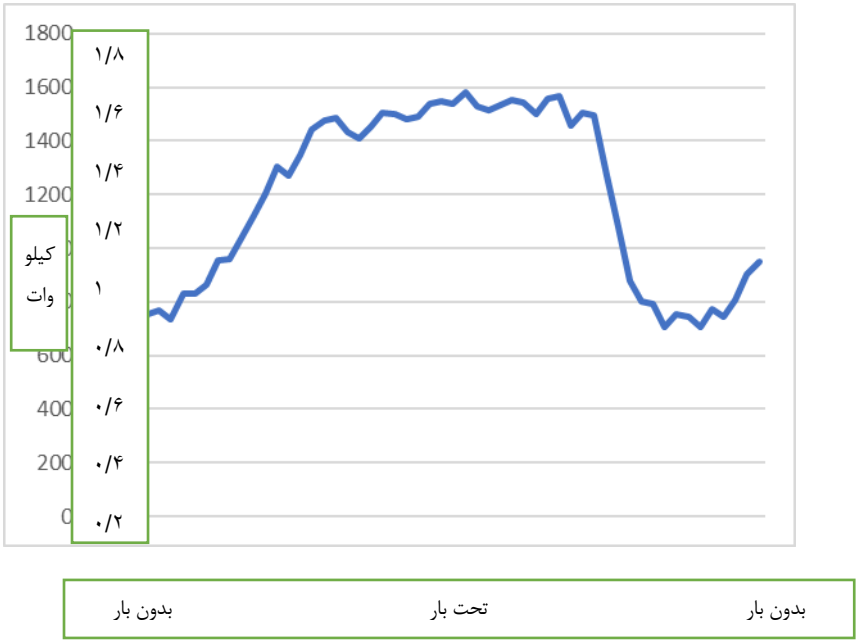
شکل ۳- تغذیه آسیاب تیغه‌ای با نوار نقاله

شکل ۴- دانه‌بندی ذرات پس از آسیاب با الک آزمایشگاهی

نتایج و بحث

جدول ۲ مقادیر عددی انرژی مصرفی در آسیاب تیغه‌ای را برای دو گونه صنوبر و بلوط در دو سطح رطوبتی ٪۱۲ و ٪۳۰ نشان می‌دهد. همانطور که از جدول مشخص است، در هر گونه بلوط مصرف انرژی در سطح رطوبتی ٪۱۲ بیشتر از رطوبت ٪۳۰ درصد است، به عبارت دیگر با کاهش رطوبت میزان مصرف انرژی افزایش یافته است که با نتایج تحقیقات Loehnertz و Cooz (۱۹۹۸) مطابقت دارد. آن‌ها بیان نمودند که برای برش چوب خشک نیرویی در حدود بیشتر از دو برابر چوب مرطوب مورد نیاز می باشد. همچنین دریافتند برش چوب مرطوب در مقایسه با چوب خشک با استفاده از دندانه‌های سالم، نیروی موازی برش کمتری نیاز دارد. مطالعات آن‌ها نشان داد که نیروی نرمال با برش چوب مرطوب کاهش یافته و به سمت نیروی نرمال منفی تمایل دارد. آنها اعلام کردند که اثر رطوبت چوب بر روی نیروی موازی برش وابسته به گونه می‌باشد [۱۰]. Moradpour و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی تاثیر بافت چوب راش و بلوط و فاکتورهای برش در اره نواری بر نیروهای برش و کیفیت سطح دریافتند که مقدار نیروهای موازی و نرمال تحت تاثیر پارامترهای متغیر در تحقیق می‌باشد و با افزایش رطوبت تا نقطه اشباع الیاف نیروی اصلی برش کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار نیروی برش به ترتیب برای جهت های ۹۰-۹۰ و ۹۰-۰ به دست آمد. همچنین با افزایش نسبت

سرعت برش به سرعت تغذیه مقدار نیروی موازی برش کاهش یافت. نیروی نرمال برش برای اکثر جهت‌های برش منفی مشاهده شد [۱۱]. Cooz و Mayer (۲۰۰۶)، در بررسی مقدار نیروهای برش در نمونه ها با سه حالت خشک، مرطوب و یخ زده به این نتیجه رسیدند که نیروی برش ویژه در چوب‌های یخ زده به دلیل وجود یخ در دیواره سلولی تقریبا بیشتر از چوب خشک می‌باشد، در حالی‌که در چوب مرطوب مقدار آن حداقل بود [۱۲].



شکل ۵ - نمودار مصرف انرژی در آسیاب تیغه‌ای

جدول نشان می‌دهد، در گونه صنوبر افزایش رطوبت منجر به افزایش مصرف انرژی شد. به عبارت دیگر در گونه صنوبر با رطوبت ۳۰ ٪ در مقایسه با ۱۲٪ انرژی بیشتری برای برش لازم بود. افزایش رطوبت اگرچه باعث نرم شدن چوب می‌شود، اما در گونه صنوبر به دلیل بزرگ بودن حفرات آوندی افزایش رطوبت در سطح نقطه اشباع الیاف سبب افزایش خاصیت الاستیک چوب شده و میزان تغییر شکل چوب را در برابر نیروی اعمال شده حین فرآیند برش می‌افزاید، همین امر میزان انرژی مصرفی را افزایش می‌دهد، که با نتایج Mikolašik و همکاران (۱۹۸۱) مطابقت دارد. آن‌ها نیز بیان کردند که با افزایش رطوبت چوب، علیرغم کاهش خواص مکانیکی، نیروی برش ویژه همانند توان برش افزایش می‌یابد[۱۳].

همچنین جدول نشان می‌دهد، مصرف انرژی در گونه بلوط در مقایسه با صنوبر در هر دو سطح رطوبتی بالاتر است، یعنی با افزایش دانسیته مقدار انرژی مصرفی در آسیاب تیغه‌ای افزایش یافته است. Alberto Assirelli و همکاران (۲۰۱۳) ، با استفاده از تنه ی صنوبر و تاج صنوبر بعنوان ماده اولیه‌ی خوراک چیپر استوانه ای تجاری به منظور بررسی اثر اندازه و دانسیته قسمتهای یک درخت روی عملکرد خردکن دریافتند که خردکردن تنه به میزان تقریبا دو برابر انرژی مورد نیاز برای تبدیل تاج همان گونه نیاز است [۱۴]. Eyma و همکاران (۲۰۰۴)، تاثیر خواص فیزیکی و مکانیکی ۱۳ گونه چوبی استوایی را جهت بهبود پیش‌بینی نیروهای برش در جهت ۰-۹۰ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که نیروهای برش با دانسیته افزایش می‌یابد. ارتباط بین همکشیدگی و نیروهای برش یک همبستگی متوسط را نشان داد. بهترین همبستگی برای هم کشیدگی شعاعی به دست آمد، ولی در راستای مماسی همبستگی بین نیروهای برش و همکشیدگی وجود نداشت. نتایج همچنین نشان دادند که دانسیته به تنهایی نمی‌تواند ارتباط بین گونه چوبی و نیروهای برش را توضیح دهد و نتایج دقیقتر می‌تواند از ترکیب دانسیته،

ویژگی‌های ساختار درونی هر گونه به همراه خواص مکانیکی چوب به‌دست آید [۱۵].

جدول ۳، سطح معنی‌داری اثرات مستقل و متقابل فاکتورهای متغییر بر مصرف انرژی در آسیاب تیغه‌ای را نشان می‌دهد. با توجه به جدول هیچ یک از پارامترها ب صورت مستقل و متقابل اثر معنی‌داری در سطح اطمینان ٪۹۵ بر مصرف انرژی در آسیاب تیغه‌ای نداشته است. اگرچه که از مقادیر قابل استنباط است به ترتیب گونه حائز بیشترین اثر و اثر متقابل گونه و رطوبت واجد کمترین تاثیر بر مصرف انرژی بوده‌اند.

جدول ۲- انرژی مصرفی در آسیاب تیغه‌ای

گونه	رطوبت (٪)	انرژی مصرفی (کیلو وات)
صنوبر	۱۲	۱/۲۷
	۳۰	۱/۳۱
بلوط	۱۲	۱/۳۶
	۳۰	۱/۳۳

جدول ۳- آنالیز واریانس فاکتورهای متغییر در آسیاب تیغه‌ای بر مصرف انرژی

عوامل متغیر	درجه آزادی	انرژی مصرفی در آسیاب تیغه‌ای	
		میانگین مربعات	سطح معنی‌داری
گونه	۱	۰/۰۰۹۰۷۵	۰/۴۴۷ ns
رطوبت	۱	۰/۰۰۴۴۰۸	۰/۵۹۳ ns
گونه×رطوبت	۱	۰/۰۰۰۲۰۸	۰/۹۰۷ ns

جدول ۴ مقادیر کمی، شاخص کیفیت خرده چوب بر اساس حجم نرمه حاصل از الک را برای هر دو گونه صنوبر و بلوط در دو سطح رطوبتی ۱۲٪ و ۳۰٪ نشان می‌دهد. بر طبق جدول در هر دو گونه سطح رطوبتی ۳۰٪ حجم بیشتری خرده چوب با کیفیت تولید می‌کند. Gendekو Nawrocka (۲۰۱۴) ، با بررسی تاثیر میزان رطوبت (زیر ۱۰، ۶۵ و زیر ۴۰ درصد) روی میانگین اندازه ذرات چیپس های تولیدی با چیپرBRUKS 805CT دریافتند که بهترین عملکرد مربوط به زمانی است که رطوبت چوب ها در حدود ۲۸٪ باشد، که برای رسیدن به این رطوبت می‌بایست گونه‌های تازه قطع شده برای مدت بین ۵ تا ۷ماه در یارد چوب نگهداری شوند [۱۶].

با توجه به جدول ۴ خرده چوب تولیدی حاصل از بلوط در هر دو سطح رطوبتی از نظر شاخص کیفیت بالاتر از صنوبر قرار می‌گیرد، که این امر می‌تواند ناشی از تفاوت دانسیته و بافت دو گونه باشد. چنانچه گونه بلوط بخش روزنه‌ای است و دانسیته بالاتری داشته، در حالی‌که صنوبر بخش نیمه روزنه‌ای تا پراکنده آوند طبقه‌بندی می‌شود و دانسیته کمتری دارد.

Hernandez و Jacques (۱۹۹۷) دریافتند که افزایش سرعت برش منجر به افزایش ذرات بزرگتر از اندازه و خاکه با ثابت در نظر گرفتن سایر متغیرها می‌شود. [۱۷]. Reczulski (۲۰۱۶) ، با بررسی تاثیر عوامل مختلف شامل ارتفاع تیغه، زاویه ی گوه ای تیغه، زاویه آزادی، میانگین قطر گرده بینه و پارامترهای ساختاری خردکن دیسکی روی میانگین طول چیپس ها دریافتند که دست یافتن به چیپس های با طول یکسان در حین عملیات خردکردن با چیپر دیسکی سخت و تقریبا از نقطه نظر هندسه چیپس امری غیرممکن است بطوری که هرگونه تنظیم ناصحیح عواملی همچون ارتفاع تیغه، زاویه آزادی و زاویه لبه تیغه می‌تواند به تولید حجم زیادی خاکه و یا چیپس های بسیار درشت منتج شود که بدین منظور پایش پیوسته متغییرهای چیپر امری اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد [۱۸].

Thorpe و Brown (۱۹۹۲) ، گزارش کردند که چوب‌های با دانسیته بیشتر و در سرعت تغذیه کمتر نرمه بیشتری تولید می‌کنند، اما وزن نرمه‌ی تولید شده به ازای واحد وزن چوب خرد شده تقریبا ثابت است. همچنین آن‌ها دریافتند که میانگین اندازه ذرات و هندسه آنها توسط دانسیته و سختی گونه تاثیر می‌پذیرد [۱۹].

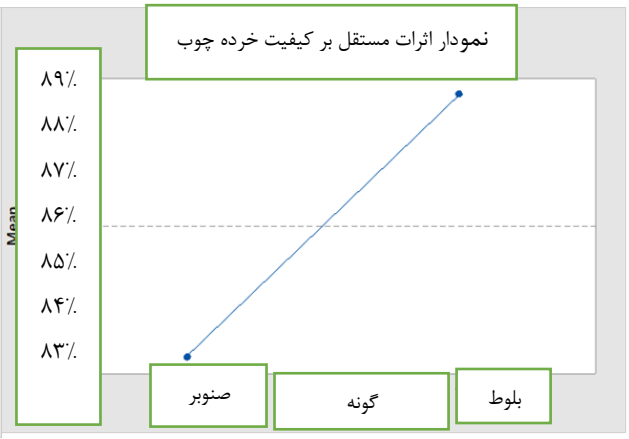
جدول ۵، سطح معنی‌داری اثرات مستقل و متقابل فاکتورهای متغییر بر کیفیت خرده چوب در آسیاب تیغه‌ای را نشان می‌دهد. با توجه به جدول اثر گونه بر مصرف انرژی در آسیاب تیغه‌ای در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار بود. شکل (۵) نشان می‌دهد با تغییر گونه از صنوبر به بلوط کیفیت خرده چوب افزایش یافته است. همچنین اثر رطوبت بر کیفیت خرده چوب نیز در سطح اطمینان ۹۰٪ معنی‌دار گزارش شد. بدین معنی که با افزایش رطوبت از سطح ۱۲ به ۳۰ درصد کیفیت خرده چوب تولیدی افزایش یافته است. شکل(۶). لیکن اثر متقابل دو عامل رطوبت و گونه بر کیفیت پوشال اثر معنی‌دار نداشت. شکل (۷) میزان اثر گذاری اثرات مستقل و متقابل فاکتورهای متغییر را بر کیفیت پوشال نشان می‌دهد. چنانچه از شکل مشخص است گونه بیشترین تاثیر را داشته است و اثر متقابل گونه و رطوبت کمترین اثر را بر کیفیت پوشال موجب شده است.

جدول۴- کیفیت پوشال حاصل از فرآیند درآسیاب تیغه‌ای

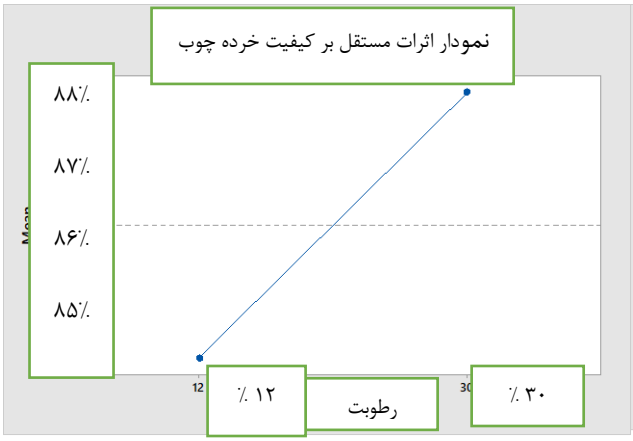
گونه	رطوبت (٪)	درجه مطلوبیت[1](٪)
صنوبر	۱۲	۸۰/۶۶
	۳۰	۸۵/۴۲
بلوط	۱۲	۸۷/۱۶
	۳۰	۹۰/۷۲

جدول ۵ - آنالیز واریانس فاکتورهای متغیر در آسیاب تیغه‌ای بر کیفیت خرده چوب

عوامل متغیر	درجه آزادی	کیفیت پوشال حاصل از فرآیند در آسیاب تیغه‌ای	
		میانگین مربعات	سطح معنی‌داری
گونه	۱	۱۰۴/۳۷۱	۰/۰۲۳ *
رطوبت	۱	۵۱/۸۷۵	۰/۰۸۵ ns
گونه×رطوبت	۱	۱/۰۹۸	۰/۷۸۲ ns

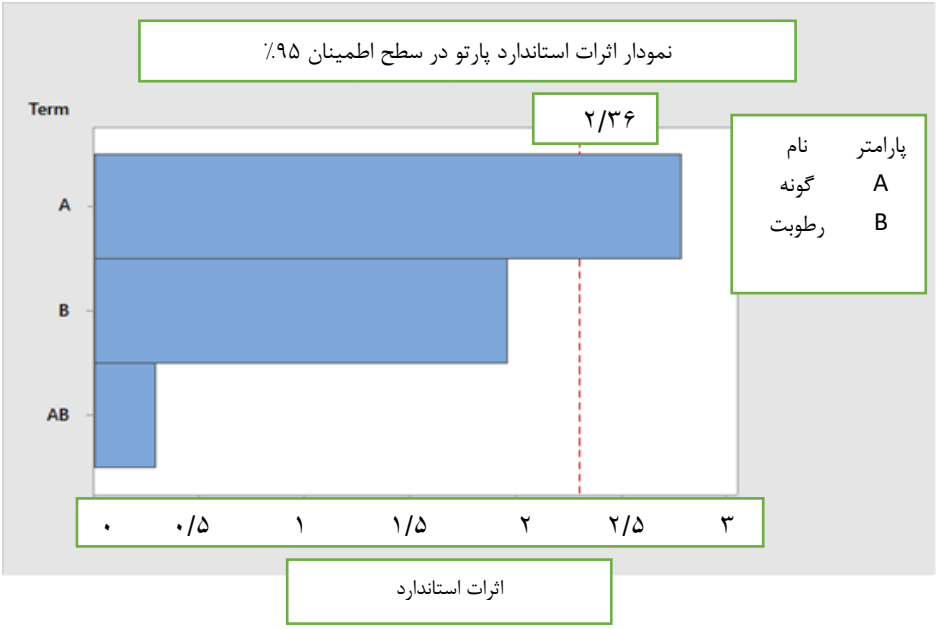


کل ۵- نمودار اثر مستقل گونه بر کیفیت خرده چوب



شکل ۶- نمودار اثر مستقل رطوبت بر کیفیت خرده چوب

[1] Chips productivity



شکل ۷- نمودار پارتو کیفیت خرده چوب در آسیاب تیغه‌ای

نتیجه‌گیری

یکی از راهکارهای کاهش انرژی مصرفی در حین فرآیند ماشین‌کاری تعیین اندازه دقیق اندازه چیپس و ذرات مورد نظر می‌باشد. به عبارت دیگر اگر عملیات خرد کردن چوب با هدف از قبل تعیین شده صورت گیرد می‌توان از هدر رفت مقدار بسیار زیادی از انرژی و ماده اولیه به صورت به حداقل رساندن نرمه، غبار و ذرات بسیار ریز و کاهش زمان مورد نیاز ماشین‌کاری جلوگیری کرد. تولید نرمه به معنای انرژی مصرف شده بسیار زیادی در مقایسه با ذرات درشت تر می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که از پارامترهای موثر بر مصرف انرژی و کیفیت خرده چوب در آسیاب تیغه‌ای می‌توان به گونه و رطوبت ماده اولیه اشاره کرد که اثر گذاری هر کدام از آن‌ها بسته به شرایط مختلف می‌تواند متفاوت باشد. همچنین باید عنوان کرد که با توجه به ساختار و ماهیت چوب و گونه های چوبی متفاوت، عملکرد و رفتار مفتاوتی در شرایط گوناگون می شود انتظار داشت. نرمه تولیدی که ناشی از عدم تنظیم و کنترل دقیق پارامترهای برش و نیز پارامترهای ماشین می‌باشد باعث اتلاف انرژی می‌شوند. همچنین وجود ذرات و چیپس های درشت یک مرحله ماشین‌کاری مجدد وهزینه‌های گزاف مربوط به انرژی را به سیستم تحمیل می‌کند و تکرا مجدد فرآیند خردکردن منجر به تولید حجم شایان ذکری از نرمه می‌گردد.

منابع

[1] Aguilera, A.P., Meausoone, J. and Martin, P., 2000. Wood material influence in routing operation. The MDF case. Holz als Roh-und Worst-off, 58: 278-283.

[2] Bučko, J., 2001. Chemical Wood Processing in Theory and Practice. Zvolen, Technical University in Zvolen, 427 p.

[3] Gifford, J. and Anderson, C.J., 2003. Energy Use in the New Zealand Wood Processing Industry, New Zealand Forest Research Institute Ltd. Rotorva, New Zealand.

[4] Mori, M., Fujishima, M., Inamasu, Y. and Oda, Y., 2011. A study on energy efficiency improvement for machine tools. CIRPAnnManuf Techno, l60(2):145–148.

[5] Porankiewicz, B., Axelsson, B., Gronlund, A. and Marklund, B., 2011. Main and normal cutting forces by machining wood of pinus sylvestris. Bio Resources, 6(4):3687-3713.

[6] Aguilera, A.P. and Martin, P., 2001. Machining qualification of solid wood of Fagus sylvatica L. and Piea excels L. cutting forces, power requirements and surface roughness. Holz als Roh-und Worst-off, 59: 483-488.

[7] Ma, J., Ge, X., Chang, S. I. and Lei, S., 2014. Assessment of cutting energy consumption and energy efficiency in machining of 4140 steel. Int J Adv Manuf Technol, 74:1701–1708.

[8] Pervaiz, S., Deiab, I. and Darras, B., 2013. Power Consumption and Tool Wear Assessment when Machining Titanium Alloys. International journal of precision engineering and manufacturing, 6: 925-936.

[9] Eyma, F., Méausoone, P.J. and Martin, P., 2004. Strains and cutting forces involved in the solid wood rotating cutting process. Journal of Materials and Processing Technology, 148: 220-225.

[10] Loehnertz., S.P., Cooz., I.V., 1998. Saw tooth forces in cutting tropical hardwoods native to South America. Res. Pap. FPL-RP-567.

[11] Moradpour, P., 2013. The effect of beech and oak wood texture and bandsaw cutting parameters on cutting forces and surface quality. Ph.D dissertation. 150 Pp (In Persian).

[12] Cooz., V. and Mayer., R. W., 2006. Cutting forces for tension and normal wood of maple. Forest product Journal, 56(4), 26-34.

[13] Mikolašik, L., 1981. Drevarske stroje a zariadenia, 1. zvazok, SNTL – Statni nakladatelstvi technicke literatury, Praha, 38p.

[14] Assirelli, A., Civitarese, V., Fanigliulo, R., Pari, L., Pochi, D., Santangelo, E. and Spinelli, R., 2013. Effect of piece size and tree part on chipper performance. biomass and bioenergy, 54 :77-82.

[15] Eyma, F., Méausoone, P.J. and Martin, P., 2004. Study of the properties of thirteen tropical wood species to improve the prediction of cutting forces in mode B. Ann. For. Sci. 62, 441-447.

[16] Gendek, A. and Nawrocka, A., 2014. Effect of chipper knives sharpening on the forest chips quality. Agricultural and Forest Engineering, 64: 97–107.

[17] Hernandez, R. and Jacques, B., 1997. Effect of the rotation speed on the size distribution of black spruce pulp chips produced by chipper-canter. For Prod J ;47(4):43-9.

[18] Reczulski, M., 2016. The system wood chipping in disk chipper- Problem pf uniformity of chips length. Wood research 61 (3): 433-442.

[19] Thorpe, A. and Brown, R.C., 1992. Factors influencing the production of dust during the sanding of wood. J. Aerosol Sci, 23: 237-240.

The impact of species and moisture content on particles quality and energy consumption in knife ring flaker

Abstract

In particle board plants different chippers and flakers are used to convert logs to wood particles. Different parameters affect the final result. This study aims to evaluate the effect of moisture content and species on quality of wood particles and energy consumption in knife ring flaker. Hence two different species including poplar and oak were used. Besides, two moisture contents of 12% and 30% were evaluated. First, logs were converted to lumbers; then they were kept in open air for 20 days. After that they were conveyed to drier chamber and dried to reach the aforementioned moisture content. Next, using drum chipper, the lumbers were converted to chips. After that, the resulting chips were fed to knife ring flaker following the experimental design. The energy consumption was measured using multi-channel precision power meter. For precise evaluation of energy consumption for each treatment, equal volumes of chips at constant time were converted to wood particles. Finally, the resulting wood particles were classified using laboratory shaker following EN 151491. The result showed that energy consumption during the producing wood particles using knife ring flaker for oak is higher than poplar mainly due to higher density of the former. In oak, increasing moisture content from 12 to 30 percent energy consumption decreased that was related to softening effect of water. However, regarding poplar, increasing moisture content increased energy consumption. At the same moisture content, oak gave wood particles with higher quality in comparison to poplar. Besides, in both species increasing moisture content resulted in higher quality wood particles.

Keywords: energy consumption, knife ring flaker, sieve, particles quality, Oak, Poplar.

M. Aghakhani[1]
A. Khazaeian[2]
A. Rafighi[3]
F. Scholz[4]

[1] Ph.D. student, Wood composite products, Gorgon university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

[2] Associate prof., Wood composite products, Gorgon university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

[3] Assistant prof., Wood composite products, Gorgon university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

[4] Professor, Wood technology group, Rosenheim university of applied sciences, Germany

Corresponding author:
aghakhani.mohammad@gmail.com

Received: 2018/11/08
Accepted: 2019/01/20