شناسایی پارامترهای مؤثر میزان انتشار صوت در فرآیند ماشین‌کاری چوب با رویکرد ارگونومیک

هادی غلامیان[۱*]
علی حسن‌پور تیچی[۲]
مسعود سراجیه[۳]

[۱] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران

[۳] دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:
Hadi_gholamiyan@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۹

چکیده

آلودگی صوتی یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در محیط‌های کاری در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه محسوب می‌شود. در این مطالعه به بررسی اندازه‌گیری میزان انتشار صوت در فرآیند برش‌کاری چوب‌های بومی ایران و ارزیابی ارگونومیکی استفاده از گوشی محافظ پرداخته‌شده است. از سه گونه چوبی توسکا، چنار و ممرز با رطوبت تعادل ۱۲ درصد و ماشین برش‌کاری دورکن فلدر جهت ارزیابی سطح آلودگی صوت در فرایند ماشین‌کاری استفاده شد. همچنین، جهت ارزیابی صدا از دستگاه صوت‌سنج دیجیتالی مدل بنتک (GM1356) در فرآیند برش استفاده شد. نتایج نشان داد با افزایش وزن مخصوص چوب میزان انتشار صدا افزایش یافته است که بیشترین فرکانس صدا در چوب ممرز مشاهده شد. نتایج حاصله نشان داد به‌طورکلی با افزایش پارامترهایی نظیر، تعداد دوران تیغه، شکاف برش، قطر تیغه، سرعت تغذیه، استفاده از تیغه برش خطزن و افزایش طول عمر کارکرد تیغه اره، میزان انتشار صوت افزایش می‌یابد. استفاده از تیغه اره با تعداد دندانه بیشتر، تیغه اره دارای شکاف انبساط و استفاده از گونیا در فرآیند برش‌کاری چوب باعث کاهش انتشار صوت شد. همچنین، نتایج نشان داد، استفاده از گوشی محافظ در آلودگی صوتی بسیار مفید بوده و میزان انتشار صوت را تا ۳۸ دسی‌بل کاهش می‌دهد. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که میزان تغییرات دانسیته چوب در گونه‌های بومی ایران از فاکتورهای اساسی در میزان انتشار صوت بوده و استفاده از گوشی محافظ باعث کاهش آسیب‌های احتمالی ناشی از آلودگی صوتی در فرایند برش‌کاری می‌گردد.

واژگان کلیدی: ماشین دورکن، پارامترهای ماشین‌کاری، دستگاه صوت سنج، ارگونومی، انتشار صوت.

مقدمه

با گسترش واحدهای صنعتی و خدماتی، تولید محصولات جدید و متنوع گسترش‌یافته است و این رشد تکنولوژی باعث ارتقاء سطح کیفی زندگی و بهره‌گیری هر چه بیشتر مردم از فن‌آوری‌های نوین شده است. بنابراین در انجام فعالیت‌هایی که در قالب صنعت می‌گنجد عوامل زیان‌آوری زیادی وجود دارد که سلامت کاربران را تهدید می‌کند و باعث ایجاد انواع بیمارهای شغلی می‌شود. بیماری‌های شغلی به آن دسته از ناخوشی‌ها و بیماری-هایی گفته می‌شود که به علت شغل و حرفه‌ای خاص و در جریان انجام فعالیت‌های شغلی بروز می‌کند. ازجمله بیماری‌های شغلی که در کارخانه‌های چوب‌بری و تولید مبلمان رخ می‌دهد شامل: بیماری‌های اسکلتی- عضلانی، بیماری‌های پوستی، ریوی و تنفسی و ناشنوایی ناشی از

سروصدا در محیط کارگاه و کارخانه می‌باشد [۱]. آلودگی صدا یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در محیط‌های کاری در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه محسوب می‌شود [۲]. ازلحاظ فیزیکی، ایجاد انتشار صوت از طریق مجموعه‌هایی از ارتعاشات پیچیده، نامنظم و یک لرزش مکانیکی که به‌صورت امواج صوتی در یک محیط الاستیک (غالباً هوا و حتی مایعات و جامدات) منتشر می‌شود. میزان استاندارد انتشار صوت که باعث آسیب به انسان نشود و می‌توان غیر مضر باشد میان صفر و ۳۵ دسی‌بل می‌باشد [۳]. ولی در شرایط کاری حد استاندارد ۷۷ دسی‌بل و کمتر از آن می‌باشد و طبق استاندارد وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کد OEL-NV-۹۵۰۵ (راهنمای صدا و ارتعاش در محیط کار) میزان حد مجاز و استاندارد مواجه شغلی با صدا در جدول ۱ نشان داده‌شده است.

جدول ۱ - میزان حد مجاز و استاندارد صوت

مدت مواجهه در روز	حد مجاز تراز معادل فشار صوت **SPL-TWA dB(A)	حد مراقبت (اقدام) تراز معادل فشار **SPL-TWA dB(A)
۲۴ ساعت	۸۰	۷۷
۱۶ ساعت	۸۲	۷۹
۸ ساعت	۸۵	۸۲
۴ ساعت	۸۸	۸۵
۲ ساعت	۹۱	۸۸
۱ ساعت	۹۴	۹۱
۳۰ دقیقه	۹۷	۹۴
۱۵ دقیقه	۱۰۰	۹۷
۷/۵ دقیقه	۱۰۳	۱۰۰

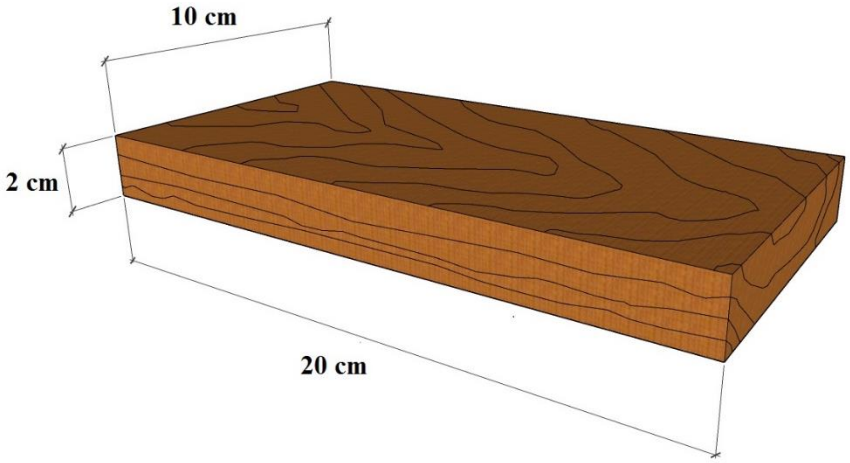
مطالعات مختلفی در جهان در خصوص انتشار صوت در صنایع مختلف ازجمله کارخانه‌های صنایع چوب و مبلمان صورت پذیرفته است که نشان‌دهنده اهمیت این موضوع می‌باشد. ایجاد صدا در کارخانه‌های چوب‌بری به فاکتورهای زیادی وابسته است که می‌توان آنها را به‌طورکلی به نوع چوب و گونه چوبی، نوع ماشین برش‌کاری و تنظیمات فرآیند برش‌کاری عنوان نمود [۴ و ۵]. تحقیقات Samir و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد درنتیجه استفاده از ماشین‌آلات با سرعت‌بالای تولید در صنعت مبلمان میزان آلودگی صوتی افزایش یافته است و سه منبع اصلی صدا در ارتباط با ماشین‌آلات صنعت مبلمان عنوان نموده است که شامل: الف- افزایش ارتعاشات صدا در فرآیند ماشین‌کاری قطعه بزرگ‌تر با تیغه‌های بزرگ و ایجاد لرزش‌های قوی، ب- تولید صدای آیرودینامیکی گردش هوای ایجادشده در اثر چرخش تیغه‌ها و ابزار برش‌کاری ج- استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل وسیع‌تر و به‌کارگیری از سیستم‌های تهویه و مکش گردوخاک در کارخانه‌های مدرن. نوع دستگاه، نحوه استفاده و سرویس نگه‌داری قطعات ماشین در ایجاد و تولید صدا بسیار اهمیت دارد. بررسی Tak و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد میزان لرزش تیغه و آلودگی صوتی تحت تأثیر وضعیت نوع تیغه، تنظیمات شافت اصلی دستگاه، سیستم روغن‌کاری، میزان سرعت تیغه و سیستم مکنده گردوخاک مؤثر می‌باشد [۶ و ۷]. نوع تیغه مورداستفاده و مشخصات تیغه‌های برش در نوع انتشار صوت ماشین‌های در فرآیند برش‌کاری بسیار مهم و بااهمیت می‌باشد. طبق مطالعات Owoyemi و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات وضعیت تیغه، سرعت برش، زاویه حمله دندانه تیغه‌ها و مکانیسم خروج پوشال و خاک‌اره از چوب توسط تیغه تا حدود ۱۰ دسی‌بل میزان صوت را تغییر می‌دهد. همچنین تحقیقات آنها نشان داد، درصورتی‌که از تیغه‌هایی با ارتفاع دندانه بیشتر استفاده شود میزان انتشار صوت تا ۵ دسی‌بل افزایش می‌یابد [۸]. در کارگاه‌ها و کارخانه‌های تولید مبلمان اپراتور دستگاه مجبور است در نزدیکی ماشین‌آلات حضور داشته باشد و عملیات برش‌کاری، سوراخ‌کاری، رنده‌کاری و غیره را انجام دهد که این نزدیکی کارگران به ماشین‌آلات طبق بررسی

Guarnaccia و همکاران (۲۰۱۴) باعث آسیب‌دیدگی دستگاه شنوایی می‌شود و بر سیستم گردش خون قلب یا سیستم عصبی تأثیر می‌گذارد [۹]. مطالعاتی Eleftherou (۲۰۰۲) و Olaosun و همکاران (۲۰۰۹) در حوزه ارزیابی سطح انتشار سروصدا در کارگاه و آزمایشگاه صنایع چوب نشان داد میزان انتشار صوت در حدود ۹۰ دسی‌بل می‌باشد و حضور مستمر افراد در آن محیط باعث اختلال بر شنوایی آنها می‌شود [۱۰ و ۱۲]. همچنین از سوی دیگر نتایج آنها نشان داد میزان فاصله از ماشین‌های برش و تجهیزات دستگاه بر میزان گسترش این انتشار صوت مؤثر می‌باشد. اکثر ماشین‌آلات حوزه مبلمان و نجاری ایجاد سروصدا ایجاد می‌نمایند و نیاز است که کارفرمایان نه‌تنها اقدامات کنترل پیشگیرانه و محافظتی را برای کارمندان و اپراتوران خود در نظر بگیرند تا اثرات مضر این سطح صدا را کاهش دهند، بلکه برنامه‌های کنترل شنوایی و ارزیابی پیوسته صورت پذیرد تا علاوه بر شناسایی نقاط خطر کارگاه و دستگاه‌های آسیب‌زا، به پردازش دلایل و ارائه راهکارهای محافظتی و ایمنی مناسب اقدام نمایند [۱۲ و ۱۳]. با تغییر سبک زندگی در ایران و گسترش مصرف مبلمان در کشور از یک‌سو و از سوی دیگر استفاده از دستگاه‌های مدرن در کارگاه‌ها و کارخانه‌های صنعت چوب و مبلمان باعث آن شده است که اپراتورها و کارگران زیادی مشغول کار با این دستگاه‌ها باشند [۱۴ و ۱۵]. متأسفانه با عملکرد ضعیف و عدم آگاهی برخی کارفرمایان و مهم نبودن برخی مسائل شغلی کارگران و همچنین، نبود علوم و اطلاعات علمی کافی در این حوزه باعث شده است این آسیب‌های شغلی در حوزه شنوایی در صنعت مبلمان افزایش یابد که امروزه تعداد بسیار بالایی از افراد شاغل در ایران دچار آن می‌باشد و می‌توان گفت هنوز جزء بیماری‌های خاموش تا امروز به‌حساب می‌آید و نیازمند تحقیقات و اطلاع‌رسانی بیشتر می‌باشد [۱۶]. بنابراین در این پژوهش پارامترهای مؤثر انتشار صوت در فرآیند ماشین‌کاری چوب با رویکرد ارگونومیک موردبررسی قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

نمونه چوبی

در این تحقیق از سه گونه چوبی توسکا (*Alnus subcordata*)، چنار (*Platanus oriantalis*) و ممرز (*Carpinus betulus*) با سه دانسیته در رطوبت تعادل ۱۲ درصد به ترتیب ۰/۵، ۰/۶۱ و ۰/۷ (گرم بر سانتی‌متر مربع) استفاده شد. از الوارهای چوبی نیمه‌خشک (رطوبت ۳۰ درصد) نمونه‌های چوبی در ابعاد ۲×۱۰×۲۰ سانتی‌متر (ضخامت×عرض×طول) تهیه شد و سپس جهت رسیدن به رطوبت ۱۲ درصد به مدت ۱ ماه در اتاق کلیما قرار داده شد (شکل ۱).



شکل ۱- تصویر شماتیک نمونه چوبی

فرایند ماشین‌کاری

در این مطالعه از دستگاه برش‌کاری دورکن فلدر *FELDER* مدل K 940 S موجود در شرکت تولید مبلمان وندا استفاده شد و تصویر و مشخصات دستگاه در جدول ۲ نشان داده‌شده است.

جدول ۲- مشخصات و تصویر ماشین دورکن فلدر FELDER مدل K 940 S

ردیف	مشخصات دستگاه
۱	قابلیت نصب تیغ اره با قطر حداکثر ۴۰۰ میلی‌متر
۲	قدرت موتور ۷/۵ اسب بخار و تعداد دور تا ۵۵۰۰ دور بر دقیقه
۳	قدرت موتور خط زن ۱ اسب بخار و ۹۰۰۰ دور بر دقیقه
۴	قابلیت تنظیمات سرعت، ارتفاع و زاویه تیغ اره، ارتفاع خط زن
۵	دارای گونیای تلسکوپی با حداکثر طول ۳۲۰۰ میلی‌متر
۶	گونیای پشت اره این دستگاه دارای ۱۲۵۰ میلی‌متر کورس حرکتی

جهت ارزیابی پارامترهای انتشار صوت در ماشین دورکن از تیمارهای و شرایط مختلف تیغه و فرایند برش که در جدول۳ نشان داده‌شده است استفاده شد. متغیر اصلی در فرایند اندازه‌گیری در دانسیته‌های چوبی مختلف در جدول با ستاره مشخص‌شده‌اند. در این مطالعه از تیغه-های برش مارک استارک سری کلاسیک در مشخصات زیر استفاده شد.

جدول ۳- تیمارهای آزمون

ردیف	مشخصات دستگاه		ردیف	مشخصات دستگاه	
۱	تعداد دندانه اره	۲۴ عدد	۶	سرعت تغذیه	۱ متر بر دقیقه
		۶۰ عدد *			۲ متر بر دقیقه *
		۹۶ عدد			۳ متر بر دقیقه
۲	قطر تیغه	۳۰ سانتی‌متر	۷	گونیا	بدون گونیا
		۳۵ سانتی‌متر *			همراه گونیا *
		۴۰ سانتی‌متر	۸	عمر کارکرد تیغه	نو و تیز *
۳	شکاف برش	۲/۸ میلی‌متر			۲۴۰ ساعت کارکرده
		۳/۲ میلی‌متر *	۹	شکاف انبساط	دارد *
۴	تیغه خط زن	بدون خط زن			ندارد
		همراه خط زن *	۱۰	تعداد دوران تیغه	۳۵۰۰ دور بر دقیقه
۵	زاویه تیغه	عمودی (۹۰°) *			۴۵۰۰ دور بر دقیقه *
		۴۵°			۵۵۰۰ دور بر دقیقه

صوت سنجی

جهت سنجش صدا از دستگاه صداسنج BENETECH GM1356 کالیبره شده استفاده شد. دقت دستگاه± ۱/۵ دسی‌بل بوده و محدوده فرکانسی قابل‌سنجش توسط آن ۳۰ هرتز تا ۸/۵ کیلوهرتز می‌باشد. شدت صوت قابل‌سنجش توسط آن بین ۳۰ تا ۱۳۰ دسی‌بل است. همچنین، جهت ارزیابی میزان انتشار صوت در داخل گوشی محافظ از میکروفون YIN WEI مدل YW-001 استفاده شد. برای این مهم پس از اتصال میکروفون به دستگاه صوت‌سنج، میکروفون در داخل گوشی محافظ قرار گرفت و پس از قرارگیری بر روی سر کاربر میزان سنجش صوت ارزیابی گردید. در تصویر ۲ نمایی از دستگاه صوت-سنج و میکروفون مورداستفاده به ارائه‌شده است. جهت شناسایی میزان عملکرد محافظ گوش در میزان انتشار

صوت برای اپراتور ماشین برش‌کاری از تکنیک قرار دادن میکروفون کوچک در درون‌گوشی محافظ استفاده شد. در این روش پس از ایجاد یک سوراخ بسیار کوچک در قسمت انتهای لاستیکی گوشی که نزدیک محل تماس با پوست صورت می‌باشد و عبور دادن سیم میکرون و قرار دادن آن داخل گوشی استفاده شد. لازم به ذکر است اطراف محل سوراخ به‌خوبی توسط چسب و فوم‌های پلی-یورتان عایق‌کاری گردید تا از عبور صوت جلوگیری گردد. نحوه قرارگیری گوشی محافظ بر روی سر اپراتور و محل خروج سیم در شکل ۲ نشان داده‌شده است.

شکل ۲ - دستگاه صوت سنج و روش کار میکروفون داخلی گوشی محافظ

نتایج و بحث

با بررسی نتایج مشاهده نمود، در حالتی که دستگاه روشن می‌باشد و هیچ عملیات برش‌کاری انجام نمی‌شود، میزان انتشار صوت در حدود ۸۰ دسی‌بل می‌باشد. استفاده از محافظ گوش باعث کاهش میزان انتشار صوت تا حد ۳۸ دسی‌بل شده است و به‌عبارت‌دیگر میزان انتشار صوت را ۵۲ درصد کاهش داده است.

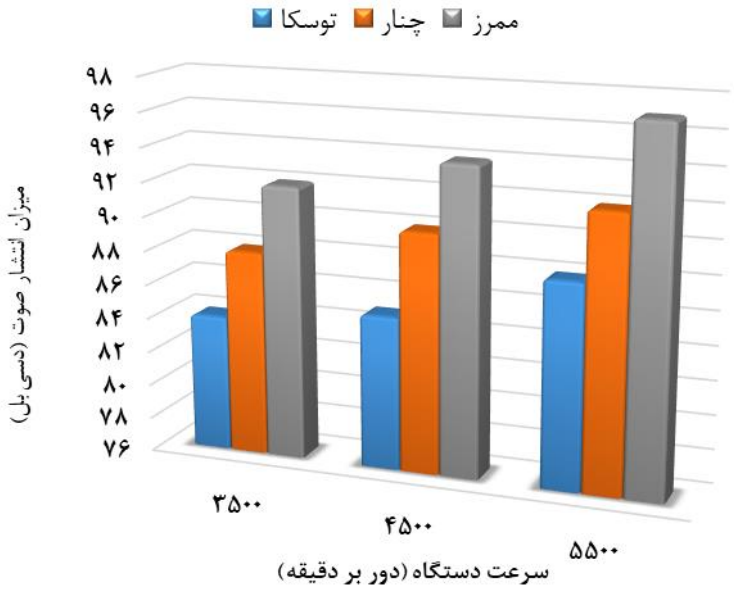
تأثیر گونه چوبی

این مطالعه نشان داد افزایش دانسیته در گونه چوبی باعث افزایش انتشار صوت می‌شود. در گونه-های توسکا، چنار و ممرز با دانسیته‌های به ترتیب ۰/۴۸، ۰/۶۱ و ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مربع میزان انتشار صوت در حالتی که متغیرها ثابت فرض گردد به ترتیب به میزان ۸۵، ۹۰ و ۹۴ دسی‌بل می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت طبق استاندارد وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کد ۹۵۰۵--OEL NV میزان حد مجاز در شبانه‌روز ۸، ۲/۵ و ۱ ساعت برای اپراتور می‌باشد. ولی با توجه به نتایج تأثیر استفاده از گوشی محافظ می‌توان در صورت استفاده از آن زمان بیشتری را در شبانه‌روز مشغول به فعالیت نمود.

تأثیر تعداد دوران تیغه

نتایج نشان داد با افزایش تعداد دوران تیغه میزان انتشار صوت افزایش می‌یابد و همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده‌شده است، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان انتشار صوت در گونه ممرز با سرعت ۵۵۰۰ دور بر دقیقه و گونه توسکا با سرعت ۳۵۰۰ دور بر دقیقه مشاهده می-شود. تأثیر متقابل گونه چوبی و تعداد دوران تیغه نشان‌دهنده آن است که در صورت استفاده از سرعت دور کمتر و گونه چوبی سبک‌تر میزان آلودگی صوتی کاهش می‌یابد. با افزایش تعداد دوران تیغه میزان انتشار صوت افزایش یافته است که علت اصلی آن را حرکت سریع‌تر تیغه و محورهای نگهدارنده و چرخاننده شافت اصلی دستگاه و تحرک بیشتر یاتاقان ماشین می‌باشد که در اثر حرکت سریع‌تر میزان اصطکاک ایجادشده و برخورد ساچمه‌ها، چرخ‌دنده و تسمه محرک، نیرو افزایش یافته و

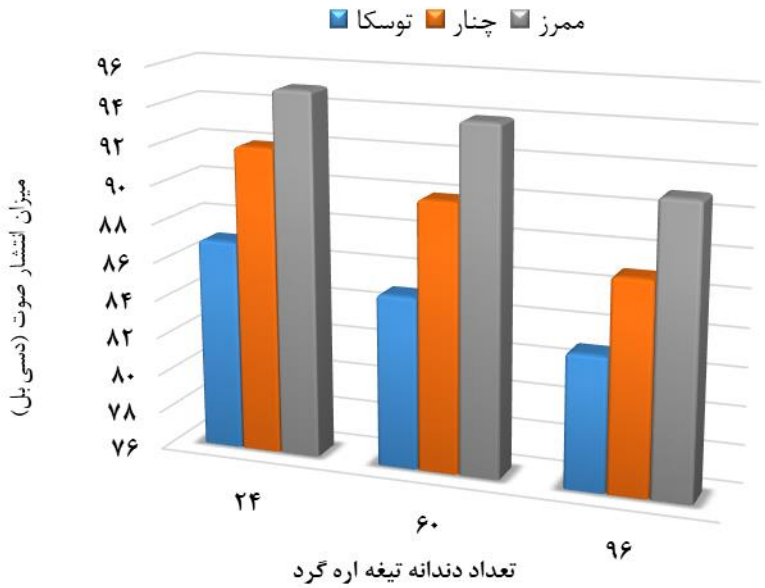
درنتیجه انتشار صوت افزایش می‌یابد. به‌عنوان‌مثال در صورت استفاده از گونه ممرز با سرعت ۵۵۰۰ دور بر دقیقه میزان حد مجاز فعالیت برای اپراتور در حدود ۳۰ دقیقه در شبانه‌روز است ولی برای گونه توسکا و سرعت برش ۳۵۰۰ دور بر دقیقه در حدود ۱۰ ساعت می‌باشد که بسیار متفاوت است. نتایج با تحقیقات Samir و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد [۶].



شکل ۳- تأثیر سرعت دستگاه و گونه چوبی بر انتشار صوت

تأثیر تعداد دندانه تیغه اره

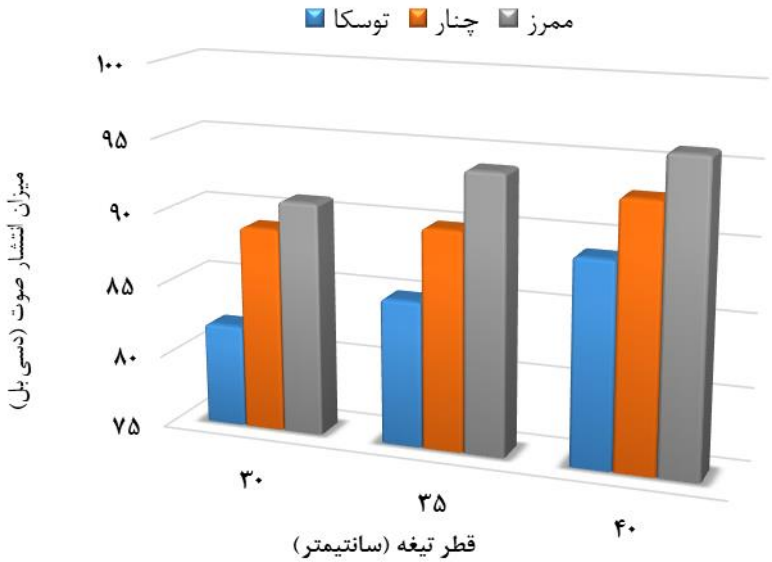
تأثیر افزایش تعداد دندانه تیغه اره در انتشار صوت در شکل ۴ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد درصورتی‌که از تیغه‌هایی با تعداد دندانه بیشتر استفاده شود میزان انتشار صوت کاهش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر در گونه چوبی ممرز که نسبت به گونه چنار و توسکا دارای دانسیته بیشتر است و ایجاد انتشار صوت بیشتری دارد با افزایش تعداد دندانه از ۲۴ به ۹۶ میزان انتشار صوت به میزان ۵ درصد کاهش‌یافته است. همچنین می‌توان گفت، تعداد دندانه بیشتر یعنی گام دندانه کوچک‌تر و درنتیجه ضخامت تراشه کمتر و آلودگی صوتی کمتر ایجاد می‌گردد. طبق استاندارد به ترتیب در گونه توسکا با اره دارای ۹۶ دندانه که میزان صوت ۸۳ دسی‌بل می‌باشد می‌توان در حدود ۱۴ ساعت و با اره دارای ۲۴ دندانه در حدود ۴ ساعت در شبانه‌روز فعالیت داشت که بسیار مهم و قابل‌توجه می‌باشد. با افزایش تعداد دندانه‌های تیغه میزان انتشار صوت به‌طورکلی کاهش یافت که علت آن میزان فشاری کمتری است که بر هر تیغه در فرایند برش ایجاد می‌گردد و درنتیجه باعث ایجاد سطح برش تیزتر و برنده‌تر دندانه‌های تیغه اره شده است. با افزایش تعداد دندانه در واحد سطح، میزان سطح تماس برش افزایش یافته است و از تمرکز و ایجاد فشار و تنش بر دندانه و درنهایت در تیغه جلوگیری می‌نماید و باعث کاهش انتشار صوت می‌گردد. نتایج با مطالعات مطالعاتی Eleftherou (۲۰۰۲) در خصوص آسیب‌های شنوایی در کارگاه‌های صنایع چوب مطابقت دارد [۱۰].



شکل ۴- تأثیر تعداد دندانه تیغه و گونه چوبی بر انتشار صوت

تأثیر قطر تیغه اره گرد

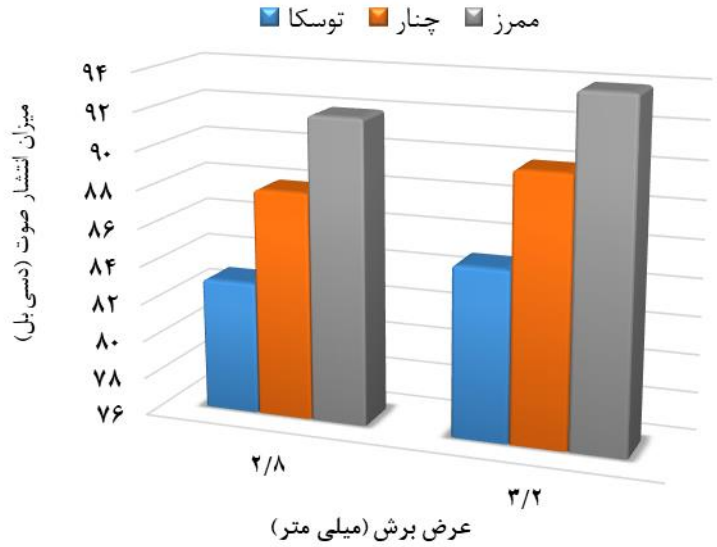
نتایج نشان داد در اثر افزایش تیغه اره، میزان انتشار صوت افزایش می‌یابد. در شکل ۵ تأثیر افزایش قطر تیغه و گونه چوبی بر انتشار صوت نشان داده‌شده است. به ترتیب با افزایش دانسیته از گونه چوبی توسکا به چنار و ممرز میزان انتشار صوت افزایش داشته است و می‌توان گفت درصورتی‌که از تیغ اره‌ای با قطر ۲۴ استفاده شود به ترتیب میزان انتشار صوت گونه چنار و ممرز به میزان ۸ و ۱۳ درصد نسبت به گونه توسکا افزایش یافته است. با افزایش قطر تیغه اره میزان انتشار صوت افزایش یافته است و به ترتیب بیشترین و کمترین میزان در گونه ممرز با قطر تیغه ۴۰ سانتی‌متری و کمترین میزان در گونه توسکا با قطر تیغه ۳۰ سانتی‌متری مشاهده می‌شود. با افزایش قطر تیغه در اثر درگیر شدن کمتر تعداد دندانه در واحد سطح در حال برش چوب، میزان انتشار صوت افزایش یافته است. به‌عبارت‌دیگر، زمانی که قطر تیغه برش افزایش یافته است ولی تعداد دندانه نسبت به تیغه‌های با قطر کوچک‌تر تغییری نداشته بنابراین تعداد دندانه‌های در حال عملیات برش‌کاری کاهش‌یافته و باعث ایجاد آلودگی صوتی بیشتری می‌نماید. نتایج بررسی ارگونومیکی با جدول حد مجاز استاندارد شنوایی نشان می‌دهد در صورت استفاده از چوب توسکا با قطر ۳۰ سانتی‌متر میزان حد مجاز فعالیت روزانه ۱۶ ساعت و استفاده از قطر ۴۰ در همان‌گونه در حدود ۳ ساعت می‌باشد. همچنین، با افزایش قطر تیغه ضخامت تیغه افزایش یافته و ارتعاش تیغه در لبه افزایش می‌یابد که می‌تواند منجر به افزایش نویز یا آلودگی صوتی شود.



شکل ۵- تأثیر قطر تیغه و گونه چوبی بر انتشار صوت

تأثیر شکاف برش تیغه اره گرد

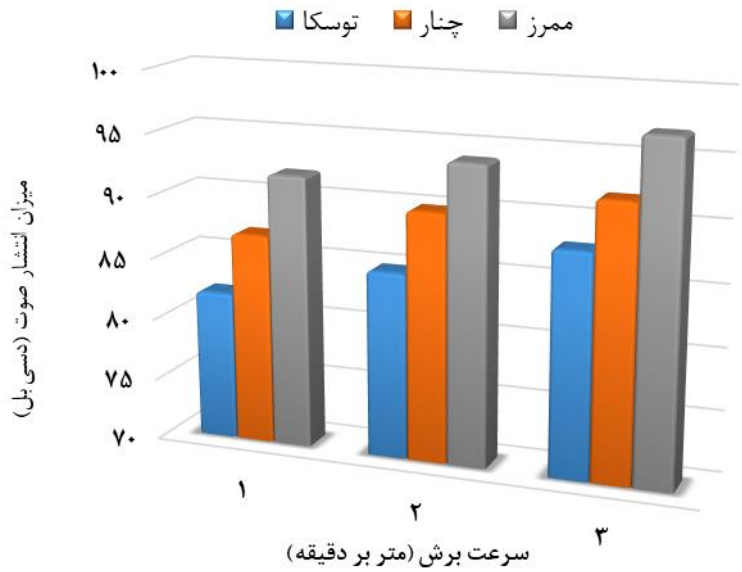
در شکل ۶ تأثیر تغییر شکاف برش از ۲/۸ میلی‌متر به ۳/۲ میلی‌متر بر انتشار صوت نشان داده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد یکی از پارامترهای مؤثر در انتشار صوت می‌تواند شکاف برش باشد. استفاده از تیغه‌های با دندانه-های درشت‌تر و ضخیم‌تر می‌تواند شکاف برش بیشتری را ایجاد نمایند که خود باعث ایجاد تولید صدای بیشتری می‌شود. با افزایش دانسیته از توسکا به چنار و ممرز میزان انتشار صوت در تیغه با شکاف برش ۳/۲ به ترتیب میزان ۶ و ۱۱ درصد افزایش یافته است. نتایج با تحقیقات طبق مطالعات Owoyemi و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص متغیره‌ای تغییر در شکاف برش همخوانی دارد [۸]. همچنین نتایج نشان می‌دهد با افزایش شکاف برش تیغه از ۲/۸ به ۳/۲ میلی‌متر، در تمامی گونه‌ها میزان افزایش انتشار صوت به میزان حدود ۲ دسی‌بل بوده است و روند نسبتاً خطی را از خود نشان داده‌اند. می‌توان گفت، هرچه میزان شکاف برش افزایش داشته باشد به دلیل سطح تماس بیشتر تیغه با چوب و ایجاد سطح درگیر و اصطکاک بیشتر، بنابراین انتشار صوت افزایش خواهد یافت.



شکل ۶- تأثیر عرض برش و گونه چوبی بر انتشار صوت

تأثیر تغذیه

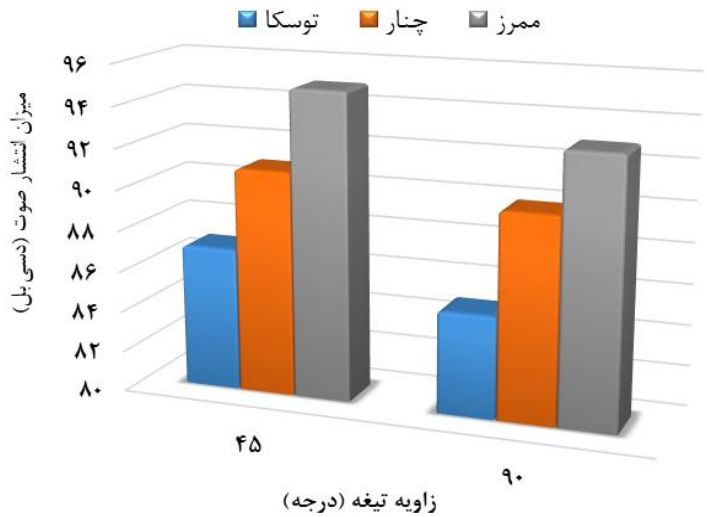
با توجه به اهمیت سرعت تغذیه در فرایند ماشین‌کاری چوب بررسی نتایج تأثیر تغذیه بر میزان انتشار صوت گونه‌های چوبی توسکا، چنار و ممرز در شکل ۷ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد با افزایش تغذیه کاری از ۱ متر بر دقیقه به ۳ متر بر دقیقه به ترتیب در گونه‌های چوبی ممرز، چنار و توسکا به میزان ۵، ۵ و ۶ دسی‌بل انتشار صوت افزایش یافته است. همچنین کمترین میزان انتشار صوت مربوط به گونه توسکا در تغذیه ۱ متر بر دقیقه و بیشترین میزان انتشار صوت مربوط به گونه ممرز در تغذیه ۳ متر بر دقیقه می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، با افزایش سرعت تغذیه از ۱ متر به ۳ متر بر دقیقه میزان فشار و تنش بیشتری به تیغه و دندانه‌های تیغه وارد می‌شود تا در زمان کمتری عملیات برش‌کاری را انجام دهد و بنابراین این اعمال فشار و درگیری بیشتر دندانه‌ها با مقطع چوب باعث گسترش انتشار صوت می‌گردد. مطابق جدول استاندارد حد مجاز شنوایی درصورتی‌که با سرعت برش ۱ متر بر دقیقه چوب گونه‌های توسکا، چنار و ممرز را برش دهیم به ترتیب به میزان ۱۶، ۴ و ۱/۱۵ ساعت اپراتور می‌تواند فعالیت داشته باشد. بعلاوه، اگر سرعت برش به ۳ متر بر دقیقه افزایش یابد این ساعات مجاز کاری به ترتیب در حدود ۴، ۱/۱۵ و ۰/۵ ساعت قرار می‌گیرد.



شکل ۷- تأثیر سرعت برش و گونه چوبی بر انتشار صوت

تأثیر زاویه تیغه

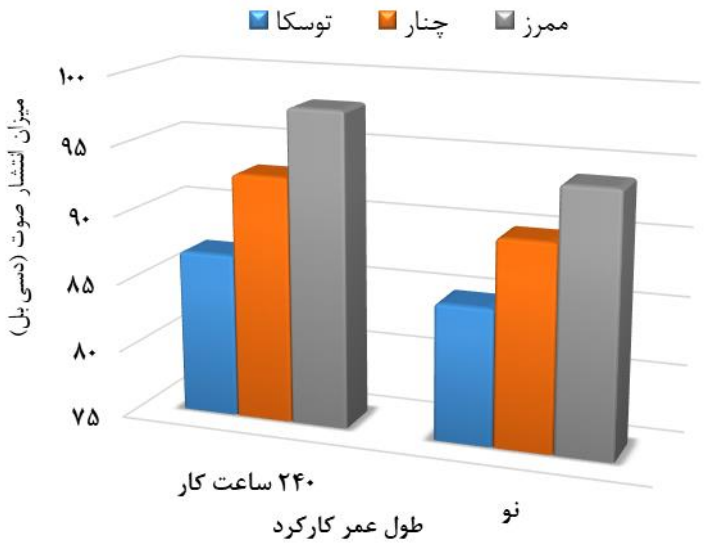
با توجه به اینکه در اکثر مواقع زاویه قرارگیری تیغه برش اره گرد نسبت به چوب یا فرآورده چوبی که برش داده می‌شود زاویه عمودی (۹۰ درجه) دارد ولی تغییر زاویه برش که برخی زمان‌ها صورت می‌پذیرد می‌تواند بسیار مهم و بااهمیت می‌باشد. تأثیر زاویه برش در ایجاد انتشار صوت در شکل ۸ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد با افزایش زاویه تیغه از ۴۵ به ۹۰ درجه میزان انتشار صوت کاهش می‌یابد. همچنین می‌توان گفت به ترتیب بیشترین به کمترین میزان انتشار صوت در تمامی تیمارها مربوط به گونه ممرز (زاویه ۴۵ درجه)، ممرز (زاویه ۹۰ درجه)، چنار (زاویه ۴۵ درجه)، چنار (زاویه ۹۰ درجه)، توسکا (زاویه ۴۵ درجه) و توسکا (زاویه ۹۰ درجه) می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر رابطه دانسیته و افزایش زاویه تیغه رابطه معکوسی از خود نشان داده است. میزان حد مجاز فعالیت در گونه چوبی با زاویه برش ۹۰ درجه از دیگر تیمارها بیشتر است و به میزان ۸ ساعت در طول شبانه‌روز می‌باشد و بیشتر میزان صدمات ناشی از انتشار صوت مربوط به تیمار گونه ممرز با زاویه ۴۵ درجه و حد مجاز در حدود ۴۵ دقیقه فعالیت در ۲۴ ساعت می‌باشد. در حالت معمول که عملیات برشکاری صورت می‌پذیرد زاویه تیغه به‌صورت رایج ۹۰ درجه می‌باشد، که در این صورت میزان سطح تماس برش به‌اندازه ارتفاع نمونه است. ولی زمانی که زاویه تغییر کرده و ممکن است کوچک‌تر و یا حتی بزرگ‌تر شود (حداکثر ۱۳۵ درجه). میزان سطح تماس تیغه با سطح چوب افزایش یافته و این افزایش سطح تماس میزان تماس تیغه‌ها با سطح چوب را افزایش داده و بنابراین باعث افزایش انتشار صوت می‌شود.



شکل ۸- تأثیر زاویه تیغه و گونه چوبی بر انتشار صوت

تأثیر عمر کاربرد تیغه

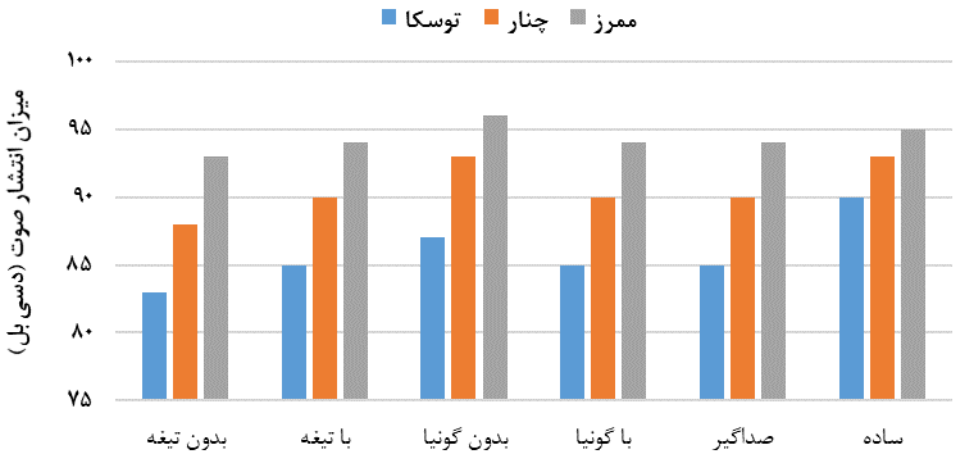
نتایج طول عمر تیغه بر میزان انتشار صوت در شکل ۹ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد با افزایش طول عمر تیغه میزان انتشار صوت افزایش می‌یابد. همان‌طور که از نتایج مشخص می‌باشد، میزان افزایش صوت در گونه‌های با دانسیته بالاتر و سخت‌تر بیشتر از گونه‌های چوبی با دانسیته کمتر می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، در اثر ۲۴۰ ساعت کار تیغه اره میزان انتشار صوت در گونه توسکا به میزان ۲/۵ درصد افزایش یافته است، درصورتی‌که در گونه چوبی ممرز این میزان افزایش صوت در حدود ۴/۵ درصد می‌باشد. مهم‌ترین دلیل برای افزایش آلودگی صوتی با افزایش طول کارکرد تیغه افزایش سائیدگی تیغه است. بررسی ارگونومیکی حد مجاز کارکرد نشان می‌دهد گونه ممرز با تیغه کارکرده در حدود ۲۰ دقیقه مجاز به فعالیت می‌باشد درصورتی‌که تیغه نو استفاده شود به میزان ۱ ساعت افزایش می‌یابد. همچنین، بیشترین حد مجاز کارکرد مربوط به گونه توسکا با تیغه نو به میزان ۸ ساعت می‌باشد. با افزایش طول عمر تیغه تا ۲۴۰ ساعت میزان انتشار صوت افزایش یافت، که می‌توان علت آن را کند شدن دندانه‌های تیغه اره دانست که با کاهش برندگی دندانه‌ها، و افزایش میزان تنش و فشار بیشتری به تیغه واردشده باعث ایجاد سروصدای بیشتری می‌شود.



شکل ۹- تأثیر طول عمر کارکرد تیغه و گونه چوبی بر انتشار صوت

تأثیر استفاده از تیغه خطزن، تیغه دارای شکاف انبساط و استفاده از گونیا

نتایج تأثیر استفاده از تیغه خطزن، تیغه دارای شکاف انبساط و استفاده از گونیا در شکل ۱۰ نشان داده‌شده است. یکی از تیغه‌هایی که در فرایند برش‌کاری ماشین دورکن مورداستفاده قرار می‌گیرد تیغه خطزن می‌باشد. همچنین در فرایند برش‌کاری اپراتور می‌تواند از صفحه گونیا جهت اندازه بری استفاده نماید که وجود هر یک از آنها در میزان انتشار صوت بسیار مؤثر می‌باشد. نتایج نشان داد استفاده از خط زن باعث افزایش انتشار صوت می‌گردد. در صورت استفاده از تیغه خطزن در ماشین دورکن به دلیل فعال شدن موتور ثانویه و حرکت شافت و یاتاقان‌های مربوطه، بنابراین انتشار صوت بیشتری ایجاد می‌شود. نتایج استفاده از گونیا بر میزان انتشار صوت نشان می‌دهد استفاده از گونیا به علت داشتن سطح اتکا در فرایند برش باعث کاهش میزان انتشار صوت گردیده است. به‌عبارت‌دیگر، در صورت استفاده از گونیا در گونه توسکا، چنار و ممرز به ترتیب به میزان ۲/۵، ۳/۵ و ۲/۵ درصد انتشار صوت کاهش یافت. استفاده از گونیا در فرایند برش‌کاری چوب باعث گردید از حرکت‌ها و لرزش‌های کوچک و بزرگ چوب در حین برش کاهش یابد و این مهار شدن چوب درنهایت باعث کاهش انتشار صوت گردید. طبق استاندارد حد مجاز فعالیت، در صورت استفاده از گونیا میزان حد مجاز فعالیت با گونه چنار ۱ ساعت افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد، استفاده از تیغه‌های دارای شکاف انبساط میزان انتشار صدا را کاهش می‌دهد و این کاهش انتشار صوت باعث شد تا به ترتیب گونه توسکا به ۸۵ دسی‌بل نزدیک گردد که حد مجاز برای فعالیت ۸ ساعت در طول شبانه‌روز می‌باشد. استفاده از تیغه‌های دارای شکاف انبساط عملکرد خوبی را از خود نشان داد و توانست میزان انتشار صوت را به دلیل ارتعاش کمتر و همچنین جلوگیری از تغییر فرم تیغه در فرایند برش‌کاری که در اثر تولید حرارت و حالت انبساط و انقباض در تیغه می‌شود را جلوگیری نماید و درنهایت باعث انتشار صوت شود. مطالعات Olaosun و همکاران (۲۰۰۹) در حوزه ارزیابی سطح انتشار سروصدا در کارگاه و آلودگی صوتی با نتایج تحقیق مطابقت دارد [۱۲].



شکل ۱۰- تأثیر تیغه خطزن، شکاف انبساط و استفاده از گونیا بر انتشار صوت

نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین آسیب‌ها و بیماری‌های شغلی که کارگران شاغل در کارگاه‌ها و کارخانه‌های صنایع چوب و مبلمان را تهدید می‌کند، آلودگی صوتی ناشی از فعالیت ماشین‌های صنعتی می‌باشد. از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود، میزان انتشار صوت در اثر استفاده از ماشین دورکن زیاد بوده ولی در حالت روشن دستگاه و بدون بار (بدون عملیات برش) آسیب صوتی زیادی را

اعمال نمی‌نماید (۸۰ دسی‌بل) و طبق استاندارد در حد مجاز برای فعالیت در ۲۴ ساعت می‌باشد. بعلاوه، استفاده از گوشی محافظ در حفظ سلامت و ایمنی کارگران ازلحاظ ارگونومیکی بسیار اهمیت دارد و می‌تواند انتشار صوت را تا میزان ۳۸ دسی‌بل کاهش دهد که بسیار سودمند می‌باشد. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری نمود، نوع گونه چوبی و پارامترهای متغیر تیغه و فرآیند برش‌کاری بر میزان انتشار صوت بسیار مؤثر است. می‌توان جمع‌بندی نمود که میزان آلودگی در کارگاه‌های صنایع چوب به‌خصوص در زمان استفاده از ماشین دورکن برای شنوایی بسیار خطرناک می‌باشد، کارگران بایستی علاوه برداشتن لوازم ایمنی نظیر گوشی محافظ، ملزم به استفاده از آنها گردند. آموزش و آشنایی کارگران با آثار زیان‌بار این بیماری شغلی می‌تواند در تشویق آنها با حفظ و استفاده از این وسایل تشویق نماید. با توجه به تحقیقات بسیار اندکی که در حوزه ایمنی و مسائل ارگونومیکی صنعت مبلمان کشور شده است و طبق آمار وزارت صنعت میزان اشتغال در این بخش نزدیک به ۱۰ درصد می‌باشد، بنابراین گسترش تحقیقات، اطلاع‌رسانی و آموزش می‌تواند از این آسیب شغلی بکاهد و پیشنهاد می‌شود در آینده در خصوص راهکارهای دیگر کاهش انتشار صوت بر روی سایر دستگاه‌های موردبررسی و ارزیابی قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران جهت حمایت مالی از طرح پژوهشی (کد ۳۰۸۳۹/۱/۳) تشکر نمایند. همچنین، از مشاوره‌های علمی و تخصصی جناب آقای دکتر مرادپور قدردانی می‌گردد.

منابع

[1] Hagan, p.e., montgomery, j.f. and o'reilly j.t., 2015. accident prevention manual for business & industry: administration & programs. national safety council itasca, il. 250p.

[2] Concha-barrientos, m., steenland, k., prüss-üstün, a., campbell-lendrum, dh., corvalán, cf, and woodward a, 2004. occupational noise: assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels. world health organization. 20(95): 146–151

[3] Omoniyi, te. and fatoki, j.g., 2018. assessment of noise emission levels in a selected wood processing laboratory. 500-504.

[4] Dangelo, cd., 1985. current research on circular saw and band saw vibration and stability. shock vib inf cent shock vib dig.17(5):11–23.

[5] Claudio, g., tony, l.l., nikos, e., mastorakis, l. and joseph q., 2012. acoustics experimental activity in a wood manufacturing company. 1-8.

[6] Samir, n.y. gerges, g.a. and wolfgang, p. 2013. noise sources. available on: www.who.int/occupational_health/publications/noise5.pdf. accessed on the 23rd of may, 120-138.

[7] Tak, s., davis, r.r. and calvert, g.m., 1999. exposure to hazardous workplace noise and use of hearing protection devices among us workers—nhanes, 1999–2004. am j ind med. 52(5):358–71.

[8] Mayowa, m.j., babajide, c.f. and ayomide j.o., 2017. noise pollution and control in wood mechanical processing wood industries. Biomedical Statistics and Informatics .2. 54-60.

[9] Guarnaccia, c., quartieri, j., ruggiero, a. and lenza, t.l., 2014. industrial settlements acoustic noise impact study by predictive software and computational approach. latest trends energy, env dev, salerno.2, 80-87.

[10] Eleftherou, p.c. 2002. Industrial noise and its effect on human hearing. ibid., 63: 35-42

[11] Olaosun, A.O., Ogundiran, O. and Tobih, J.E., 2009. Health Harzards of Noise: A Review Article Research Journal of Medical Sciences 3(3). 115-122

[12] Anonymous, s., 2004. noise and vibration. environmental atlas of turkey, ministry of environment and forestry, publications department of the environment inventory, ankara. 15, 438-441.

[13] Polat, s. and kırıkkaya, e., 2004. the effect ofnoise in the learning environment. paper presented at the thirteenth national educational sciences conference, malatya, turkey, 282-294.

[14] Babisch, W., 2011. Cardiovascular Effects of Noise: Noise and Health Journal 13 (52). 201-204

[15] Tomozei, C., Nedeff, V. and Lazar, G., 2011. Actual Stage of Industrial Noise Reduction. Journal of Engineering Studies and Research.17 (4). 89-95.

[16] Picar, M., Girard, S.A., Simard, M., Larocque, R. and Leroux, T., 2008. Turcotte, F. Association of workrelated accidents with noise exposure in the workplace and noise-induced hearing loss based on the experience of some 240,000 person-year of observation. Accident Analysis and Prevention, 40. 1644-1652.

Identification of effective parameters of sound emission in wood machining process with an ergonomic approach

Abstract

Noise pollution is one of the most important physically harmful factors in work environments in developed and developing countries. In this study, the measurement of sound emission in the cutting process of Iranian native woods and the ergonomic evaluation of the use of protective earphones have been investigated. Three wood species of alder, sycamore, and hornbeam with equilibrium moisture of 12% and Folder Remote Cutting Machine was used to evaluate the level of noise pollution in the machining process. Also, a digital sound level meter (Benetech GM1356) was used to evaluate the sound. The results showed that with increasing the specific gravity of wood, the amount of sound emission increased; that the highest frequency of sound was observed in alder wood. The results showed that in general, with increasing parameters such as the number of blade rotations, kerf, blade diameter, feed rate, use of the scoring blade, and increasing the service life of the saw blade, the number of sound emission increases. However, the use of saw blades with more teeth saw blades with expansion slot, and the use of rip fence in the wood cutting process reduced sound emission. Also, the results showed that the use of protective earphones is very useful in noise pollution and reduces the amount of sound emission up to 38 decibels. Based on the findings of this study, it can be concluded that the amount of wood density changes in native species of Iran is one of the main factors in the amount of sound emission and the use of protective earphones reduces possible damage due to noise pollution in the cutting process.

Keywords: Sliding table panel saw, Machining parameters, Sound level meter, Ergonomics, Sound emission.

H. Gholamiyan[1*]
A. Hassanpoor Tichi[2]
M. Sarajieh[3]

[1] Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[2] Department of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran

[3] Ph.D. Student, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
seppahvand.s@ut.ac.ir

Received: 2021/09/06
Accepted: 2021/10/21