

## بررسی و ارزیابی تاثیر شرایط ماشین (فرز) کاری (CNC) بر کیفیت سطح چوب پالونیا

محمد آقاخانی<sup>۱\*</sup>، ابوالقاسم خزاعیان<sup>۲</sup> و محراب مدهوشی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده جنگلداری و فناوری چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۳</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی مشخصه های (پارامترهای) تاثیرگذار بر کیفیت سطح چوب پالونیا در فرآیند ماشین کاری CNC انجام گرفت. به همین منظور چوب مورد نیاز از گرده بینه های پالونیا موجود در کارگاه دانشکده چوب و کاغذ تهیه شد. سپس به کمک ارنه نواری برش های اولیه انجام گرفت. به منظور خشک کردن نمونه ها در هوای آزاد، الوارها در فضای سرپوشیده داراب بندی شدند. در نهایت نمونه ها به ابعاد ۱۵×۱۰×۲ سانتیمتر تبدیل و برای برشکاری با دستگاه CNC آماده شدند. پنج عامل متغیر لحاظ شده در این تحقیق به صورت زیر در نظر گرفته شد: شتاب برش در ۲ سطح ۰/۷ و ۸/۳۷ متر در ثانیه، شتاب تغذیه در دو سطح ۶ و ۱۲ متر در دقیقه، عمق برش در دو سطح ۱ و ۵ میلیمتر، روش کار به دو صورت همراه و مقابل و الگوی برش به دو صورت در جهت مماسی و شعاعی. ناهمواری سطح لبه ی نمونه های برش خورده با استفاده از روش نیمرخ سنجی (پروفیلومتری) و بر پایه استاندارد ISO 13565 اندازه گیری شد. به منظور ارزیابی کیفیت سطح از مشخصه های میانگین (Ra)، بیشینه (Rmax)، عمق بیشینه زیر خط میانگین (Rv) و ارتفاع بیشینه بالای خط میانگین (Rp) استفاده شد. میزان تاثیر مشخصه های مورد بررسی، بوسیله ی آزمون فاکتوریل شکسته، در قالب طرح کاملا تصادفی با ۹۵٪ اطمینان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شتاب برش، روش کار و شتاب تغذیه بر کیفیت سطح ایجاد شده پس از برش موثر بود یا به عبارت دیگر اثر معنی داری بر مشخصه های زبری سطح داشت. بدین صورت که با افزایش شتاب برشی و کاهش شتاب تغذیه مقادیر مشخصه های زبری کاهش یافت و باعث افزایش کیفیت سطح شد. روش کار مقابل باعث افزایش مقادیر مشخصه های زبری و در نهایت افزایش زبری سطح نمونه ها شده است. البته شایان ذکر است روش کار در مقایسه با دیگر مشخصه های برشی تاثیر بیشتری بر زبری سطح داشته است. دیگر عامل های مورد ارزیابی نیز به طور مستقل در سطح ۹۵ درصد تاثیر معنی داری بر مشخصه های زبری نداشته اند. در نهایت برای دستیابی به کیفیت سطح بهینه در این تحقیق، شتاب برش ۱۵/۰۷ متر در ثانیه، شتاب تغذیه ۶ متر در دقیقه، روش کار همراه و عمق برش ۱ میلیمتر در مقطع مماسی پیشنهاد شد.

واژه های کلیدی: فرزکاری، شتاب برشی، شتاب تغذیه، نیمرخ سنجی، زبری سطح

## مقدمه

با توجه به اهمیت کاربرد چوب ماسیو در ساخت فرآورده‌های چوبی مانند کابینت، مبلمان و... نیز افزایش روزافزون استفاده از ماشین‌های مدرن صنعتی در تبدیل هرچه بهتر چوب، توجه به مشخصه‌های تاثیر گذار در تولید این گونه فرآورده‌ها و تاثیر آنان بر کیفیت سطح چوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از ویژگی‌های مهم و مورد توجه در بحث فراوری چوب، کیفیت برش یا کیفیت سطح چوب پس از ماشین کاری می‌باشد. بررسی و ارزیابی کیفیت سطح چوب در فرآیند ماشین کاری به عنوان یکی از عوامل موثر تنظیم شرایط برش اهمیت بالایی دارد. همچنین کیفیت سطح به عنوان ویژگی‌های کارکردی و تاثیر بر کاربرد نهایی فرآورده‌ها اهمیت شناخت و بررسی آن را دو چندان نموده است. شایان ذکر است دست یافتن به مناسب‌ترین اندازه و میزان پستی و بلندی (توپوگرافی) سطح فرآورده و با کمترین پسماندها از هدف‌های صنایع مرتبط است. صافی سطح از یکسو نمای زیباتر و جذاب تر ایجاد می‌کند و از سوی دیگر باعث استفاده بیشینه از ماده اولیه و به کمینه رساندن دورریز و پسماندها، کاهش مصرف چسب در اتصال‌ها و کاهش مصرف رنگ در رنگ کاری چوب می‌شود.

چوب ماسیو سهم بسزایی از هزینه‌های ساخته‌های چوبی را در بر دارد و کمبود آگاهی از تاثیر شرایط ماشین کاری چوب بر کیفیت سطح فرآورده‌های چوبی باعث کاهش کیفیت، افزایش پسماندها و در نتیجه افزایش هزینه‌های تولید می‌شود. ماشین کاری چوب به شدت تحت تاثیر ساختمان و بافت چوب می‌باشد، لذا دستیابی به شرایط مناسب و بهینه بسیار ضروری به نظر می‌رسد. به علت نبود آگاهی کافی از مشخصه‌های موثر بر کیفیت سطح چوب ماسیو در فرآیند ماشین کاری، این تحقیق به عنوان یکی از نخستین تحقیقات در ایران بر روی چوب سبک پالونیا، مهم‌ترین این مشخصه‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در فرآیند ماشین کاری و برش چوب به طور کلی معایبی مانند سطوح پرزدار، الیاف کنده شده، الیاف برجسته، فرورفتگی در سطح چوب بر اثر فشردگی

چیپس بین چوب و تیغه، سوختن و سیاه شدن سطح، لاشه شدن و ... دیده می‌شود، که عوامل پر شماری منشا معایب یادشده می‌باشد. در این زمینه سه دسته مشخصه‌های موثر بر کیفیت سطح عبارت‌اند از: شرایط برش، ویژگی‌های ماده تحت برش و ابزار مورد استفاده که در فرآیند برش دسترسی به شرایط بهینه برای هر ماده و ابزار مشخص متفاوت است، بنابراین شناخت و ارزیابی عامل‌های موثر بر کیفیت سطح برای تنظیم شرایط ماشین کاری و کاربرد نهایی قطعه تولیدی ضروری به نظر می‌رسد. بهینه سازی شرایط برش (دستگاه برش، ماده تحت برش) برای افزایش بهره‌وری در مصرف مواد خام، ابزار برش و بهبود کیفیت سطح برش بسیار اهمیت دارد، به طوری که می‌توان از بیشینه کارایی ماشین برای تولید فرآورده‌ای با کیفیت استفاده کرد. برای هر ابزار می‌توان همه شرایط مناسب ماشین کاری را تعیین نمود.

برای اندازه‌گیری کیفیت سطح مواد یا به عبارت دیگر زبری سطح است انواع روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری ابداع و معرفی شده است و با شتاب رو به گسترش است مانند روش نیمرخ سنجی با حسگر مکانیکی یا نوری یا روش‌های تصویربرداری. و اما دشواری‌های اساسی چوب به عنوان یک ماده خام طبیعی زیستی عبارت‌اند از :

- چوب ماده‌ای ناهمسانگرد (آنیزوتروپیک) با تنوع بسیار در چگالی (دانسیته) می‌باشد.

- بعضی از عوامل همچون ساختار تشریحی (آناتومیکی)، حلقه رویش در چوب، میزان چوب بهاره و تابستانه، نوع چوب (سوزنی برگ یا پهن برگ)، گره و یا کج تار و... سبب بروز کیفیت‌های مختلف در چوب می‌شوند.

- ساختار سلولی مواد چوبی یا نحوه آرایش و میزان در هم رفتگی الیاف در فرآورده‌ها متغیرهای مهمی هستند که روی توانمندی مورد نیاز، انرژی مصرفی دستگاه و کیفیت سطح اثر می‌گذارند.

- از عامل‌های مربوط به ابزار می‌توان جنس، شکل تیغه، قطر، زوایای مارپیچ و تمایل تیغه را نام برد. از جمله عامل‌های مربوط به فرآیند برش می‌توان از الگوی برش، سرعت تغذیه، شتاب برش، عمق برش و روش کار نام برد.

آوردند. مقادیر بالاتر باعث سطحی پرزدار می‌شد و همچنین به نیروی بیشتری نیاز داشت. همچنین نتیجه گرفتند که برای شتاب تغذیه کمتر، زبری سطح برای چوب رنده شده بهتر از دیگر چوب‌ها با شتاب تغذیه بالا می‌باشد. [۸]

پائولو و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر شتاب تغذیه و شتاب چرخشی محور دستگاه CNC بر کیفیت سطح MDF در فرآیند ماشین‌کاری نتیجه گرفتند که افزایش شتاب چرخشی محور باعث کاهش زبری سطح و افزایش شتاب تغذیه باعث افزایش زبری سطح می‌شود. تحقیقات آنان نشان داد که با استفاده از مشخصه های برشی مناسب می‌توان به سطوحی با Ra کمتر از ۱۰ میکرومتر دست یافت که برای مواد مرکب چوبی مناسب می‌باشد. [۹]

کالایسیوگلو و همکاران (۲۰۰۵) با کاربرد روش Stylus به بررسی ناهمواری سطح تخته‌های ساخته شده از گونه پالونیا با چگالی ۰/۳۵ گرم بر سانتیمترمکعب پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش چگالی تخته از ۰/۵۵ به ۰/۶۵ گرم بر سانتیمترمکعب و زمان پرس از ۵ به ۷ دقیقه، میزان ناهمواری سطح کاهش می‌یابد. [۳]

طبرسا و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی کیفیت سطح تخته خرده چوب ساخته شده از باگاس دریافتند که زبری سطح Ra و Rz تخته خرده چوب‌های به دست آمده از باگاس کمتر از تخته های ساخته شده از گونه صنوبر و مخلوط پهن برگان بود. [۱۱]

هدف اصلی از این تحقیق موارد زیر است :

- تعیین اثرگذاری های شرایط برش مانند شتاب برش، عمق برش، شتاب تغذیه و ... بر کیفیت سطح چوب‌های تولیدی پالونیا.
- تعیین شرایط برش مناسب در راستای افزایش بهره وری و کیفیت سطح چوب پالونیا.

خزاعیان و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی تاثیر عامل های فرآیند برش با ماشین CNC را بر روی کیفیت سطح MDF، مورد بررسی قرار داد. شرایط برش و تاثیر آن بر مشخصه های ناهمواری سطح لبه تخته در دو لایه سطحی و مغزی نمونه‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عامل های مورد ارزیابی در سطوح تعیین شده بر کیفیت لایه سطحی تاثیر معنی داری نداشته و لایه سطحی MDF به دلیل بالا بودن چگالی مقاومت و رفتار خوبی در برابر شرایط برشی نشان می‌دهد. اما در لایه مغزی به دلیل چگالی و تراکم کمتر، تشکیل پوشال از راه شکست خمشی بوده که در نهایت کیفیت سطح کاهش می‌یابد. همچنین بین مقادیر مشخصه های ناهمواری سطح در لایه مغزی و سطحی، اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۹۵ دیده شد و مقادیر مشخصه های ناهمواری سطح در همه نمونه‌ها، در لایه مغزی بیشتر از لایه سطحی است و مقادیر مشخصه های ناهمواری سطح در همه نمونه‌ها، در لایه سطحی پایین تری برخوردار بود. [۵]

خزاعیان (۲۰۰۵) با پژوهشی که روی سه گونه صنوبر، راش و بلوط انجام داد و با ارزیابی چهارده عامل در زمینه شرایط برش، ماده تحت برش و ابزار اعلام داشت که در برش عرضی روش کار(برش همراه) همواره اثرگذاری مثبتی روی کیفیت سطح دارد به علاوه افزایش شتاب تغذیه باعث افزایش زبری سطح می‌شود، همچنین شتاب چرخشی که باعث افزایش شتاب برش نیز می‌شود، روی چوب‌های سنگین تر اثرگذاری مثبتی داشته است. [۴]

کیلیک (۲۰۰۶) نشان دادند که کیفیت سطح فرآورده‌های ساخته شده از چوب ماسیو یکی از مهم‌ترین ویژگی های تاثیر گذار بر فرآیندهای بعدی تولید نظیر پرداخت یا مقاومت اتصال ها است. [۶]

داوین و همکارانش (۲۰۰۷) با بررسی زبری سطح در فرآیند ماشین کاری MDF بیان کردند زبری سطح با افزایش شتاب چرخشی محور و افزایش شتاب تغذیه، کاهش می‌یابد. [۲]

لاوری و همکارانش (۱۹۹۵) در عمل رنده‌کاری بهترین نتایج را برای عمق برش بین ۱ تا ۲ میلیمتر به دست

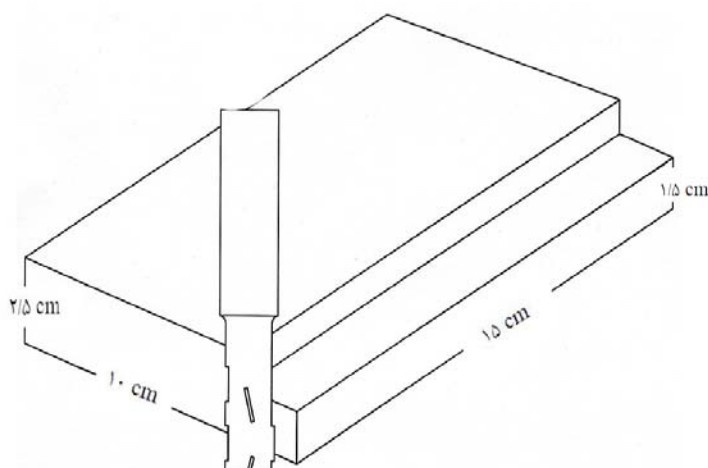
## مواد و روش‌ها

مشخص شدن پهنای برش یا در واقع کنترل میزان درگیری ابزار برشی با سطح چوب یک دوراهاه از امتداد پهنای و درازای نمونه‌ها به کمک ماشین فرز دستی خارج شد، در این شرایط میزان پهنای چوب که با مته فرز درگیر می‌شود ۱/۵ سانتیمتر خواهد بود، که به خوبی در (شکل ۱) قابل دیدن است. شرایط مختلف برش با توجه به متغیرهای موجود، در قالب طرح فاکتوریل شکسته با استفاده از نرم افزار Minitab تعیین شد. ۱۶ تیمار اصلی و یک تیمار متشکل از سطوح میانی با هشت تکرار عامل های مورد ارزیابی در نظر گرفته شد که جمعا ۲۴ آزمایش را شامل می‌شود (جدول ۱). به منظور حذف اثر فرسودگی فرز بر کیفیت سطح نمونه‌ها، از فرزی نو برای برش استفاده شد. جنس این فرز الماسه (HSS) با درجه سختی بالا می‌باشد.

برای انجام این تحقیق از گونه‌ی پالونیا کاشته شده در جنگل آموزشی و پژوهشی دکتر بهرام نیا، واقع در جنگل شصت کلاته گرگان استفاده شد. در آغاز به کمک اره نواری برش‌های اولیه بر پایه الگوی برشی انجام شده و به میزان کافی تخته مماسی و شعاعی تهیه شد. تخته‌ها در هوای آزاد تا رسیدن به رطوبت تعادل (۱۵٪) خشک شدند. از آنجا که یکی از عوامل متغیر برای شعاعی و مماسی نمونه‌های آزمونی بود، لذا در این مرحله تخته‌ها طوری گزینش و بریده شد که نمونه‌های به طور کامل شعاعی و مماسی به دست آید. سپس به منظور یکسان سازی ضخامت الوارها و دستیابی به ضخامت مورد نظر از دستگاه گندگی استفاده شد. در مرحله بعد برای آماده سازی نمونه‌ها، تخته‌ها به نمونه‌هایی با ابعاد ۱۵×۱۰×۲/۵ سانتیمتر تبدیل شدند. در گام بعدی برای

جدول ۱- عوامل متغیر و سطوح آنها

عامل متغیر	سطوح		
	۱	۰	-۱
Vc شتاب برش ( متر در ثانیه)	۱۵/۰۷	۱۱/۷۲	۸/۳۷
Vf شتاب تغذیه (متر در دقیقه)	۱۲	۹	۶
Dc عمق برش (میلیمتر)	۵	۳	۱
M روش کار	مقابل	-	همراه
P الگوی برش	مماسی	-	شعاعی



شکل ۱- شمای کلی از نمونه تحت برش



بالاترین نرخ اثرگذاری را داشته است. یعنی با افزایش شتاب تغذیه و کاهش شتاب برشی مشخصه های زبری سطح افزایش نشان می‌دهد. پائلو و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر شتاب تغذیه و شتاب چرخشی محور دستگاه CNC بر کیفیت سطح MDF در فرآیند ماشین‌کاری نتیجه گرفتند که افزایش سرعت چرخشی محور باعث کاهش زبری سطح و افزایش شتاب تغذیه باعث افزایش زبری سطح می‌شود. [۹]

- اثر متقابل شتاب تغذیه (Vf) و الگوی برش (P) بر مشخصه زبری میانگین (Ra) در سطح ۹۵ درصد معنی دار است، یعنی چنانچه شتاب تغذیه افزایش یابد و از الگوی برش شعاعی استفاده شود، سطح زبرتر می‌شود. سادو و ناکاتو (۱۹۸۷) در بررسی کیفیت سطح چوب‌های پراکنده آوند و بخش روزنه‌ای در فرایند برش بیان داشتند برش‌های مماسی دارای کیفیت سطح بالاتر است. [۱۰]

- اثر متقابل شتاب برش (Vc) و الگوی برش (P) در سطح ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد و چنانچه شتاب برش کاهش یابد و از الگوی برش شعاعی استفاده شود سطح زبرتر می‌شود.

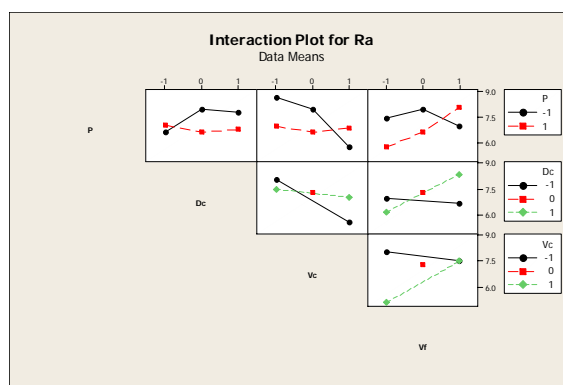
- اثر متقابل شتاب تغذیه (Vf) و عمق برش (Dc) نیز در سطح ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد. هرچه شتاب تغذیه و عمق برش افزایش یابد سطح زبرتر می‌شود.

الگوی برش (P) بر هیچ یک از مشخصه های زبری اثر مستقل معنی دار در سطح ۹۵ درصد نداشته و در اثر متقابل آن با مشخصه شتاب برش (Vc) و شتاب تغذیه (Vf) بهتر است شتاب برش بیشینه و شتاب تغذیه کمینه در مقطع مماسی در نظر گرفته شود. اگرچه عمق برش (Dc) همواره به عنوان یک عامل موثر بر زبری سطح شناخته می‌شود ولیکن در شتاب تغذیه و شتاب برش تعیین شده در این تحقیق به صورت مستقل بر هیچ یک از مشخصه های زبری اثر معنی داری نداشته است، اما اثر متقابل آن با شتاب تغذیه دیده شده است، بنابراین به منظور جلوگیری از بالا رفتن پسماندها و صرفه جویی در ماده خام بهتر است از عمق برش کم استفاده شود.

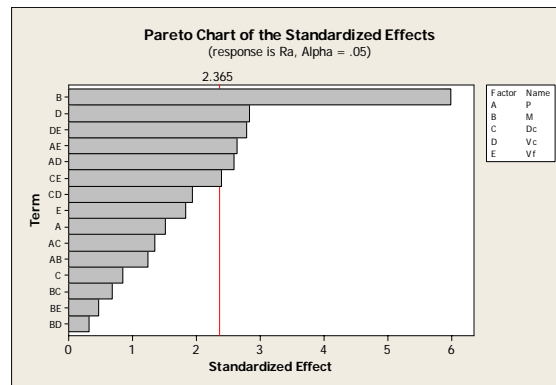
با توجه شکل ۲ اثر مستقل روش کار (M) و شتاب برش (Vc) بر مشخصه زبری میانگین سطح (Ra) در سطح ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد. در حالی که دیگر مشخصه ها به صورت مستقل اثر معنی داری بر مشخصه های زبری میانگین (Ra) نداشته اند.

با توجه به شکل ۳ و بررسی اثر متقابل عوامل برش بر پارامترزبری متوسط (Ra) و نمودار پارتو نتایج زیر به دست آمد:

- اثر متقابل شتاب برش (Vc) و شتاب تغذیه (Vf) بر مشخصه زبری میانگین (Ra) در سطح ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد و نسبت به دیگر اثرگذاری های متقابل



شکل ۲- نمودار اثرگذاری های پارتو برای مشخصه زبری Ra

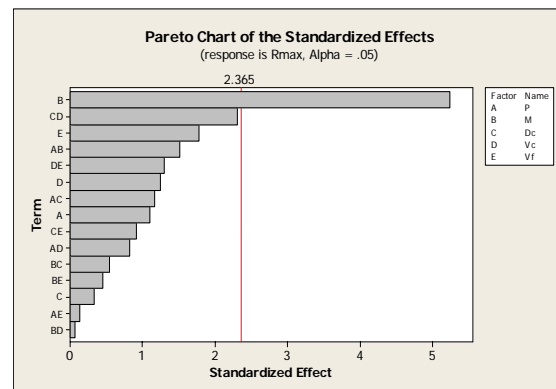


شکل ۳- نمودار اثرگذاری های متقابل برای مشخصه زبری Ra

با توجه شکل ۴ و بررسی اثر متقابل عوامل برش بر مشخصه زبری Rmax هیچ یک از عوامل به طور متقابل در سطح ۹۵ درصد اثر معنی داری بر Rmax ندارند

### مشخصه زبری Rmax

تنها اثر مستقل بر مشخصه زبری Rmax که در سطح ۹۵ درصد معنی دار می باشد، روش کار (M) می باشد. نمودار پارتو (شکل ۴) برای مشخصه Rmax، این نتایج را تایید می کند.

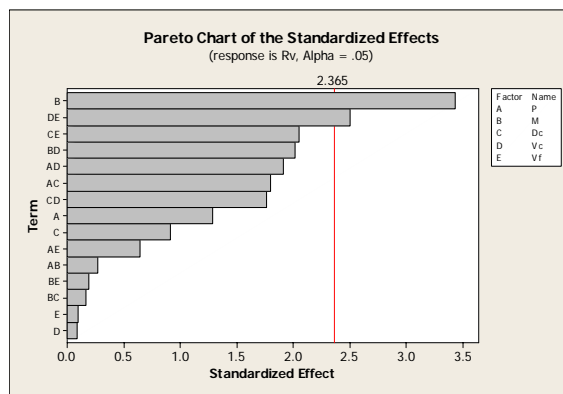


شکل ۴- نمودار پارتو برای مشخصه Rv

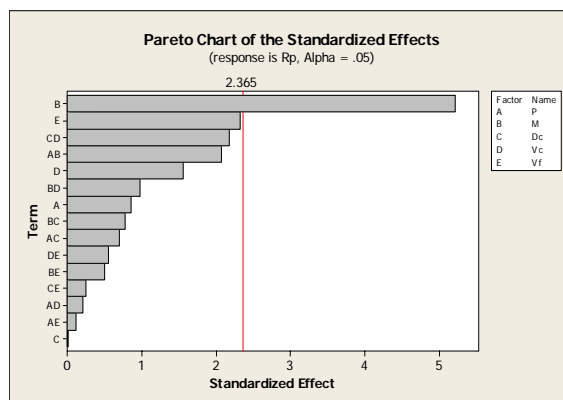
شکل ۶، ملاحظه می شود تنها اثر متقابل معنی دار بر مشخصه Rv در سطح ۹۵ درصد اثر متقابل شتاب برش (Vc) و شتاب تغذیه (Vf) می باشد، یعنی با افزایش شتاب برشی و کاهش شتاب تغذیه کیفیت سطح بهبود می یابد.

### مشخصه زبری Rv

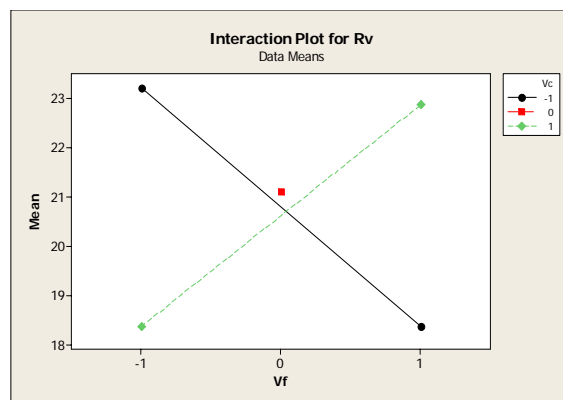
با توجه به شکل ۵ و بررسی اثر مستقل عامل های مختلف برش بر مشخصه زبری Rv عامل روش کار (M) دارای اثر مستقل معنی دار در سطح ۹۵ درصد می باشد. اتخاذ روش کار مقابل باعث افزایش زبری سطح می شود و روش همراه کیفیت سطح را بهبود می دهد. با توجه به



شکل ۵- نمودار اثرگذاری های پارتو برای مشخصه زبری Rmax



شکل ۶- نمودار اثرگذاری های متقابل برای مشخصه Rv



شکل ۷- نمودار اثرگذاری های پارتو برای مشخصه Rp

### مشخصه زبری Rp

شکل ۷ نشان می‌دهد تنها عامل روش کار (M) بر مشخصه زبری Rp اثر معنی دار داشته است، یعنی با گزینش روش کار مقابل زبری افزایش یافته است و روش کار همراه کیفیت سطح را بهبود داده است.

### بررسی چشمی نمونه ها و مقایسه آن با آزمون زبری

#### سنجی

با مقایسه عکس‌های گرفته شده توسط دستگاه استریو میکروسکوپ و نگاره های رسم شده توسط دستگاه زبری سنجی، می‌توان اثر عامل های مختلف برشی را در مقیاس بیشترین و کمترین تاثیر گذاری بررسی کرد و



که ملاحظه می شود وجود حفرات و فرورفتگی های پرشمار در سطح به دست آمده از شرایط برش ۵ در شکل ۸ سبب افزایش مشخصه  $R_v$  شده است. شکل ۱۰ و ۱۱ حجم و میزان فرورفتگی های نیمرخ سطح را به خوبی نشان می دهد که با نتایج مشاهده های چشمی نیز همخوانی دارد.

نتایج را بامشاهده های چشمی همخوانی داد. در شرایط ۵ و ۱۰ عامل شتاب برش برابرند و دیگر مشخصه ها در دو سطح کمینه و بیشینه ای در نقطه رو در روی هم قرار دارند.

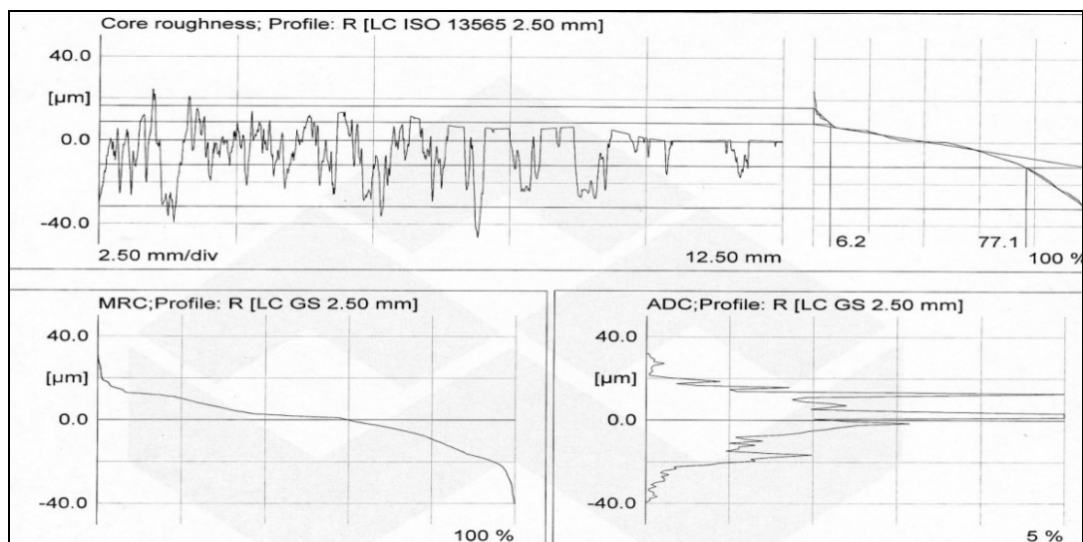
در شکل ۸ و ۹ تفاوت زبری سطح در شرایط برشی ۵ و ۱۰ به روشنی قابل دیدن است، تفاوت میان مشخصه های سطح در شکل های ۱۰ و ۱۱ قابل دیدن است. همان طور



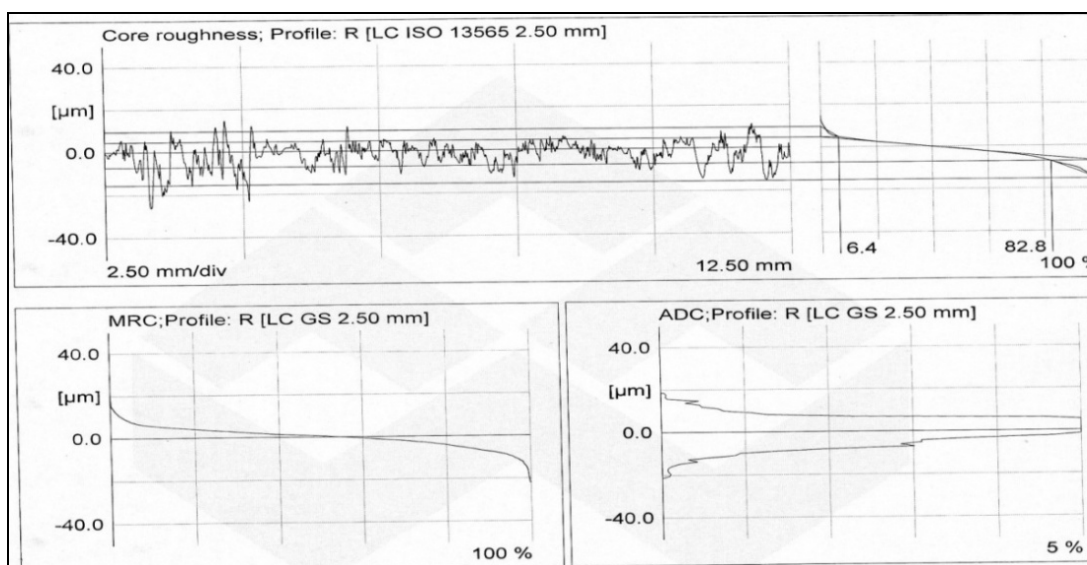
شکل ۸- شرایط برشی ۵ (x۲۰)



شکل ۹- شرایط برشی ۱۰ (x۲۰)



شکل ۱۰- نیمرخ زبری سنجی در شرایط برشی ۵



شکل ۱۱- نیمرخ زبری سنجی در شرایط برشی ۱۰

### نتیجه گیری

اثر متقابل شتاب برش ( $V_c$ ) و شتاب تغذیه ( $V_f$ ) بر مشخصه زبری میانگین ( $R_a$ ) درصد معنی دار بوده و نسبت به دیگر اثرگذاری های متقابل بالاترین نرخ اثرگذاری را داشته است. یعنی با افزایش شتاب تغذیه و کاهش شتاب برشی مشخصه های زبری سطح افزایش نشان می دهد.

اثر متقابل شتاب تغذیه ( $V_f$ ) و الگوی برش ( $P$ ) بر مشخصه زبری میانگین ( $R_a$ ) معنی دار بوده و چنانچه

از میان مشخصه ها روش کار ( $M$ ) بالاترین اثر را بر زبری میانگین سطح داشته است. در واقع برش سطح چوب به روش مقابل باعث افزایش زبری سطح شد.

دومین عامل تاثیرگذار مستقل بر روی مشخصه زبری میانگین ( $R_a$ )، شتاب برش ( $V_c$ ) می باشد. افزایش شتاب برش سبب کاهش پیشروی هر دندان و ضخامت پوشال می شود که در نهایت سبب بهبود کیفیت سطح گشت.

و صرفه جویی در ماده خام بهتر است از عمق برش کم استفاده شود. در نهایت کمترین زبری سطح در این تحقیق با شتاب برشی ۱۵/۰۷ متر در ثانیه، شتاب تغذیه ۶ متر در دقیقه، روش کار همراه و عمق برش ۱ میلیمتر در مقطع مماسی به دست آمده است.

### پیشنهادها

با توجه به اثرگذاری عوامل مختلف مانند ماده تحت برش، ابزار برشی و شرایط برش کاری بر زبری سطح، توصیه می شود:

- تاثیر زاویه الیاف و تیغه ماشین فرز بر کیفیت سطح چوب در فرآیند فرز کاری بررسی شود.

- با توجه به اینکه پوشال به دست آمده در فرآیند برش کاری رابطه مستقیم با زبری سطح دارد، در تحقیقات بعدی به تجزیه و تحلیل انواع پوشال پرداخته شود.

- تاثیر ویژگی های ابزار برشی (فرز) مانند قطر و زوایای برش بر کیفیت سطح و شناسایی مناسب ترین ابزار با توجه به شرایط ماشین کاری و مادهی تحت برش مورد ارزیابی قرار گیرد.

شتاب تغذیه افزایش یابد و از الگوی برش شعاعی استفاده شود، سطح زبرتر می شود.

اثر متقابل شتاب برش (Vc) و الگوی برش (P) معنی دار بوده و چنانچه شتاب برش کاهش یابد و از الگوی برش شعاعی استفاده شود سطح زبرتر می شود.

اثر متقابل شتاب تغذیه (Vf) و عمق برش (Dc) نیز معنی دار بود. هرچه شتاب تغذیه و عمق برش افزایش یابد سطح زبرتر می شود.

تغییر شتاب برش، روش کار و شتاب تغذیه بر کیفیت سطح ایجاد شده پس از برش موثر بود. بدین صورت که با افزایش شتاب برش و کاهش شتاب تغذیه مقادیر مشخصه های زبری کاهش یافت و باعث افزایش کیفیت سطح گردید. روش کار مقابل باعث افزایش مقادیر مشخصه های زبری و در نهایت افزایش زبری سطح نمونه ها شده است. البته شایان یادآوری است تاثیر روش کار بیشتر از دیگر عامل های برشی بر زبری سطح بوده است. اگرچه عمق برش (Dc) همواره به عنوان یک عامل موثر بر زبری سطح شناخته می شود ولیکن در شتاب تغذیه و شتاب برش تعیین شده در این تحقیق به صورت مستقل بر هیچ یک از مشخصه های زبری اثر معنی داری نداشته است، اما اثر متقابل آن با شتاب تغذیه دیده شده است، بنابراین به منظور جلوگیری از بالا رفتن پسماندها

### منابع

- 1-Aguilera, A.P., Meausoone, J., and Martin, P., 2000. Wood material influence in routing operation: the MDF case. Holz als Roh-und Werkstoff. 58. pp. 278-283
- 2- Davin.P. j, Clemente V.C., Silva se'ragio., 2007. Surface roughness aspects in milling MDF. Int J Ad Manuf Technol, DOI 10.1007/soo 170-007-1318-z.
- 3- Kalaycioglu, H., Deniz, I. and Hiziroglu. S., 2005. Some of the properties of particleboard made from paulownia. Journal Wood Science. 51:410-414.
- 4- Khazaeian, A. 2005. 3D characterization of wood surface quality measuring strategy, influence of species and machining parameters, Ph.D. Thesis, university of ENGR, 241 pages.
- 5-Khazaeian. A., Masoomi, Z. and Tabarsa. T., 2010. Investigation on surface quality of MDF edge in peripheral milling process, J. of wood & forest science and technology 17(1): 49-63. (in persian)
- 6- Kilic.M., Hiziroglu, S. and Burdurlu, E., 2006. Effect of machining on surface roughness of wood., Building E nvion. 41, pp. 1074-1077.
- 7- Kusol, P., 2002. Investigation on the influences of cutting parameters in CNC machining of Rubber Wood with integration of Neural networks. King Mongkuts University of Technology Thonburi. Thailand
- 8- Lavery DJ, Mclarnontul D, Taylot JM. 1995. Parameters affecting the surface finish of planed sitka spruce. Forest prod J 45:45-50.

- 9- Paulo, P ., Clements, V.C.,Silva, S., 2007. Surface roughness aspect in milling MDF. International Journal Advance Manufacture Technology.
- 10- Sadoh, T.,Nakato, K., 1987. Surface properties of wood in physical and sensory aspects. Wood science and Technology. 21. Pp. 11-20.
- 11- Tabarsa T, Ashori A, Gholamzadeh M. Evaluation of surface roughness and mechanical properties of particleboard panels made from bagasse. Composite Part B 2011; DOI:10.1016/j.compositesb.2010.12.018.
- 12- Usta, I.,Demirci, S., Kilic, Y., 2006. Comparison of roughness of Locust acacia and European oak in terms of the preparative process by planning., Building and Environment 42 (2007) 2988-2992.
- 13- Hizirolu, S., Kosonkorn., P., 2005. Evaluation of surface roughness of Thai medium density fiberboard., Building and Environment 41 (2006) 527-533.

## Investigation and Evaluation on Influence of Machining (CNC) Conditions on Surface Quality of Paulownia Wood

M. Aghakhani<sup>\*1</sup>, A. khazaian<sup>2</sup> and M. Madhushi<sup>3</sup>

### Abstract

The aim of this study was to investigate the effective factors on surface quality of paulownia wood during machining by advanced computer numerical controlled (CNC) machine. For this aim paulownia logs were provided and were converted to proper sizes (2.5 x 10 x 15 cm) and then air dried. The Variable of this study were cutting speed (8.37 and 15.07 m/s), feeding rate (6 and 12 m/min), cutting depth (1 and 5 mm), cutting method (down and up-milling) and cutting pattern (tangential and radial). Roughness of cut specimens edge were evaluated by profilometer method according to ISO 13565 standard. For evaluation of surface quality, average roughness (Ra), maximum roughness (R max), valley roughness (Rv) and peak roughness (Rp) were used. Degrees of effectiveness of the parameters were evaluated by fractional factorial design as completely random design at confidence level of 95%. The result showed that cutting speed, cutting method and feed rate are influence factors on surface quality of machined specimens and their effects were significant. With increasing cutting speed and decreasing feeding rate the roughness decreased and surface quality improved. In up-milling cutting method, degree of roughness was higher and consequently surface quality was inferior. It is to be noted that cutting method in comparison to other factors had the high influence on surface quality. The rest variables did not have independent influence on surface quality at 95% Confidence level. This study for achieving the optimum surface quality recommends that cutting speed of 15.07 m/s, feeding rate of 6 m/min, cutting method of down-milling and cutting depth of 1 mm for tangential cross section.

**Keywords:** Machining, Cutting speed, Feeding rate, Profilometry, Surface roughness.

---

\* Corresponding author: Email: Aghakhani.mohammad@gmail.com