فصل اول

حرکت

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ انواع حرکت را تعریف کند ؛

۲ــ سرعت و انواع آن را شرح دهد ؛

۳ــ محاسبات مربوط به سرعت را انجام دهد ؛

۴ــ سرعت برش و سرعت پیشبرد کار را محاسبه نماید ؛

۵ــ به مقدار برش هر دندانه، محاسبات لازم را انجام دهد ؛

۶ــ محاسبات لازم را در مورد اثر هر تیغه روی چوب در ماشین‌های رنده انجام دهد.

زمان تدریس : ۱۲ ساعت

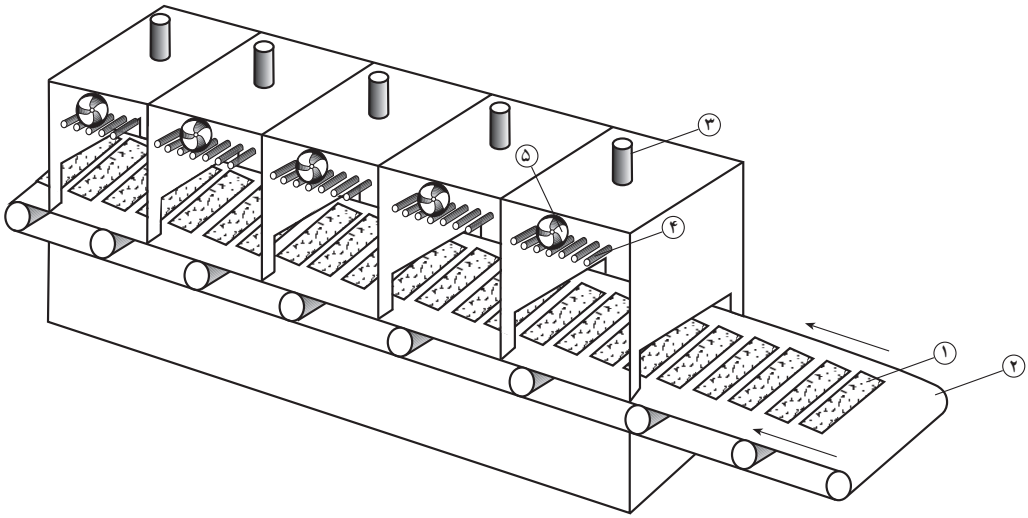
۱ــ حرکت

۱ــ۱ــ حرکت و انواع آن

در کتاب محاسبات فنی «۱» اطلاعات کلی در مورد حرکت بیان شده است. در این فصل، ضمن یادآوری بعضی از تعاریف با کاربرد حرکت در صنعت چوب آشنا می‌شویم.

بنا به تعریف حرکت، هرگاه محل استقرار جسمی تغییر کند، گوییم آن جسم حرکت کرده است.

مثال: حرکت وسیله نقلیه، حرکت تیغه اره نواری و اره‌گرد، حرکت تخته هنگام رنده شدن روی دستگاه کف رنده، فرو رفتن میخ و پیچ در چوب، رشد درخت، خروج رطوبت از چوب و حرکت روکش دردستگاه روکش خشک‌کن اتاقکی و نظایر آن (شکل ۱ــ۱).



شکل ۱ــ۱ــ دستگاه روکش خشک‌کنی اتاقکی و حرکت روکش به‌صورت عرضی
۱ــ روکش ۲ــ نوار نقاله ۳ــ دریچه تنظیم هوا و رطوبت ۴ــ لوله‌های انتقال حرارت ۵ــ فن‌های جریان هوا

با توجه به تفاوت مشاهده شده در موارد مذکور می‌توان از انواع حرکت نام برد.

۱ــ۱ــ۱ــ حرکت یکنواخت: اگر جسم متحرکی در زمان‌های مساوی، مسافت‌های مساوی را طی کند، حرکت انجام شده را «حرکت یکنواخت» گویند. این حرکت ممکن است به صورت خطی و یا دورانی صورت گیرد.

مثال: حرکت تسمه نقاله‌ای که پوشال را از دستگاه خردکن به سیلوی ذخیره انتقال می‌دهد (حرکت یکنواخت خطی) و حرکت پولی الکتروموتور که تسمه نقاله را به حرکت در می‌آورد (حرکت دورانی یکنواخت)، حرکت فرورفتن مته در چوب هنگام سوراخ‌کاری (حرکت یکنواخت خطی) و گردش مته درون چوب از نوع حرکت دورانی می‌باشد.

۲ ــ۱ــ۱ــ حرکت غیر یکنواخت: هرگاه جسم متحرکی در زمان‌های مساوی مسافت‌های غیرمساوی را طی کند این حرکت را حرکت غیریکنواخت (متغیر) گویند.

مثال: هنگام برش چوب در قسمتی از چوب که نرم‌تر است، حرکت تخته و حرکت تیغه اره بیشتر خواهد بود تا قسمتی از چوب که سخت‌تر است.

۲ ــ۱ــ سرعت و انواع آن

به منظور سنجش حرکت اجسام متحرک از عاملی به نام «سرعت» استفاده می‌کنیم که بنا به تعریف عبارت است از مسافت پیموده شده در واحد زمان، که انواع آن عبارتند از :

۱ــ۲ــ۱ــ سرعت خطی یکنواخت : سرعت در حرکت یکنواخت خطی را سرعت خطی یکنواخت گویند.

مثال: تسمه نقاله‌ای که پوشال را انتقال می‌دهد اگر در ثانیه اول ۲ متر مسافت را طی کند در ثانیه دوم هم همان مسافت را طی خواهد کرد و به همین ترتیب، برای زمان بعدی هم همان مقدار را طی می‌کند، و با توجه به تعریف خواهیم داشت :

$$v = \frac{s}{t}$$

علایم اختصاری:

v : سرعت

s : مسافت

t : زمان

مسأله نمونه «۱» ــ سرعت حرکت روکش را در داخل خشک‌کن، به‌دست آورید درصورتی که طول خشک‌کن ۱۲ متر و زمان عبور ۹۶ ثانیه باشد.

$$v = \frac{s}{t}$$

سرعت حرکت روکش $v = \frac{۱۲m}{۹۶s} = ۰/۱۲۵\,m/s$

مسأله نمونه «۲» ــ در مسأله قبل اگر دستگاه خشک کن دارای چهار اتاقک به طول ۳ متر باشد، بعد از چه مدتی روکش وارد اتاقک چهارم می‌شود؟

$$v = ۰/۱۲۵\,m/s$$

طول سه اتاقک $s = ۳m \times ۳ = ۹m$

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v} \Rightarrow t = \frac{۹m}{۰/۱۲۵\,m/s} = ۷۲s$$

۲ــ۲ــ ۱ــ سرعت خطی غیر یکنواخت: جسمی که در مسیر خطی حرکت غیریکنواخت داشته باشد، سرعت آن را سرعت خطی غیریکنواخت گویند و جهت سهولت در محاسبات، می‌توان سرعت میانگین آن را دخالت داد.

مثال : لیفتراکی جهت انتقال پالت‌های روکش از محل بسته بندی به انبار روکش یک مسیر ۳۰۰ متری را در ۲ دقیقه طی می‌نماید. مطلوب است محاسبه سرعت متوسط لیفتراک.

حل:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{۳۰۰}{۲} = ۱۵۰ \text{m/min}$$

از این که سرعت وسایل نقلیه بر حسب کیلومتر بر ساعت است، خواهیم داشت :

سرعت متوسط $v = ۱۵۰ \times ۶۰ = ۹۰۰۰ \text{m/h} \rightarrow ۹۰۰۰ \div ۱۰۰۰ = ۹ \text{km/h}$

واحد سرعت: معمولاً در صنعت بر حسب مورد واحدهای مختلفی برای سرعت درنظر گرفته می‌شود که متداول‌ترین آن‌ها عبارتند از :

- سرعت حرکت وسایل نقلیه : km/h (کیلومتر بر ساعت)
- سرعت پیشبرد کار : m/min (متر بر دقیقه)
- سرعت نقاله‌ها : m/min یا m/s (متر بر دقیقه یا متر بر ثانیه)
- سرعت برش تیغه‌های برنده : m/s (متر بر ثانیه)
- سرعت ذخیره‌سازی مواد : $m^۳/s$ (متر مکعب بر ثانیه)

تمرین

۱ــ جرثقیل سقفی درون یارد سرپوشیده گرده بینه دارای دو حرکت عمودی و افقی است. اگر برای حمل یک گرده بینه از محل یارد تا درون حوضچه پخت به طور متوسط ۳ متر حرکت عمودی به طرف بالا و ۲۰ متر حرکت افقی و ۴ متر حرکت عمودی به طرف پایین لازم باشد، برای حمل یک گرده بینه زمان لازم را به‌دست آورید ؛ در صورتی که سرعت عمودی ۲ متر بر ثانیه و سرعت افقی ۴ متر بر ثانیه باشد.

۲ــ سرعت حرکت صفحات تخته خرده چوب از درون دستگاه سنباده زنی ۳ متر بر دقیقه تنظیم شده است. اگر طول هر صفحه ۳ متر باشد در مدت یک نوبت کار (۷ ساعت مفید) چند صفحه سنباده زده می‌شود؟ (در صورتی که برای هر صفحه ۱ دقیقه وقت اضافه منظور گردد.)

۳ــ سرعت تغذیه یک سیلوی استوانه‌ای ۰/۵ متر مکعب بر ثانیه است. اگر قطر سیلو ۲متر و ارتفاع آن ۵ متر باشد چه زمانی طول خواهد کشید تا سیلو پر شود؟

۴ــ در یک دستگاه خشک‌کن روکش، سرعت حرکت روکش ۷/۵ متر بر دقیقه تنظیم شده است. اگر لازم باشد حدود ۵۰۰۰ متر مربع روکش (به ابعاد ۲ × ۲۵۰۰ متر) خشک شود، حداقل چند

ساعت طول خواهد کشید تا روکش‌ها خشک شوند و در صورتی که سرعت را به ۹ متر بر دقیقه برسانیم در زمان به دست آمده چند مترمربع روکش را می‌توان خشک کرد؟ (حرکت روکش در دستگاه خشک‌کن به صورت عرضی است.)

۵ــ بر روی یک ماشین فرز میزی، پیش برنده‌ای با سرعت متغیر نصب شده است. اگر سرعت این پیش‌برنده را ۴ متر بر دقیقه تنظیم نماییم در مدت ۴ ساعت چند شاخه زهوار را افزار خواهیم زد؟ (درصورتی که هر شاخه زهوار ۲/۵ متر طول و جمعاً ۲۰ درصد وقت تلف شده منظور گردد.)

۶ــ برای جا به جایی پالت‌های تخته سه‌لایی از دو لیفتراک استفاده شده است. در مدت ۳ساعت لیفتراک اولی ۱۲ پالت و دیگری ۱۵ پالت را در یک مسیر ۱۰۰ متری جا به جا نموده‌اند، محاسبه نمایید سرعت لیفتراک دومی چقدر بیشتر از سرعت لیفتراک اولی است؟ (در صورتی که زمان بارگیری و تخلیه هر پالت ۵ دقیقه و سرعت رفت و برگشت هر وسیله ثابت فرض شود و در هر مرتبه لیفتراک فقط یک پالت را جابه‌جا کند.)

۷ــ دو اتومبیل A و B همزمان از یک نقطه، حرکت را شروع می‌کنند. بعد از مدت ۵۰ ثانیه اتومبیل A،۱۵ متر از اتومبیل B جلو می‌افتد، اگر اتومبیل B دارای سرعت متوسط ۶۰ متر بر دقیقه باشد، سرعت متوسط وسیله A و مسافت طی شده هر دو را به‌دست آورید.

۳ــ۲ــ۱ــ سرعت دورانی (محیطی): سرعت حرکت اجسام دوار را «سرعت محیطی» نامند ؛ مانند حرکت اره گرد، پولی ماشین فرز، مته و غیره. اگر نقطه‌ای مانندP روی دایره‌ای به قطر d حرکت یکنواختی را انجام دهد، سرعت محیطی آن، مقدار مسافتی خواهد بود که نقطه P در واحد زمان طی می‌کند.

$$v = d.\pi.n$$

علایم اختصاری:

v : سرعت محیطی (m/s)

d : قطر چرخ (m)

n : تعداد دوران چرخ نسبت به واحد زمان (rpm یا دور بر ثانیه[۱])

مثال نمونه «۱»: سرعت محیطی چرخ گرداننده الکتروموتور دستگاهی را به دست آورید که تعداد دور موتور آن ۲۸۵۰ دور در دقیقه و قطر پولی آن ۹۰ میلی‌متر است.

$$d = ۹۰mm \div ۱۰۰۰ = ۰/۰۹۰m$$

۱ــ واحد تعداد دوران ۱/min می‌باشد ولی در این فرمول باید به دور بر ثانیه تبدیل شود.

$$n = ۲۸۵۰ \frac{1}{min} \div ۶۰ = ۴۷/۵ \frac{1}{s}$$

$$v = d.\pi.n = ۰/۰۹۰m \times ۳/۱۴ \times ۴۷/۵\ 1/s = ۱۳/۴۲۳۵ \simeq ۱۳/۴ m/s$$

مثال نمونه «۲»: عده‌ی دوران پره‌های هواکشی را در هر دقیقه حساب کنید ؛درصورتی‌که قطر پره‌های آن ۴۵۰ میلی‌متر بوده سرعت محیطی آن $v = ۴/۳۵ m/s$ باشد.

$$d = ۴۵۰ \div ۱۰۰۰ = ۰/۴۵m$$

$$v = ۴/۳۵ m/s \times ۶۰ = ۲۶۱ m/min$$

$$n = \frac{v}{d.\pi} \Rightarrow n = \frac{۲۶۱ m/min}{۰/۴۵m \times ۳/۱۴} \simeq ۱۸۴/۷ \frac{1}{min}$$

۴ــ۲ــ۱ــ سرعت برش: سرعت محیطی خارجی‌ترین نقطه لبه برنده تیغه را «سرعت برش» گویند ؛ به دیگر سخن، سرعت برش عبارت از طول براده یا پوشالی است که به‌وسیله تیغه‌ی برنده از روی سطح در واحد زمان (ثانیه) جدا می‌شود. بنابراین سرعت برش برابر است با :

$$v = d.\pi.n$$

مسأله نمونه: یک ماشین مته برقی دستی مطابق شکل ۲ــ۱ دارای دو دور ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ دور بر دقیقه است، اگر لازم باشد به وسیله آن و با مته‌ای به قطر ۸ میلی‌متر و با سرعت برش ۲۵ متر بر دقیقه قطعه‌ای را سوراخ کنیم، ماشین را روی کدام یک از دورهای موجود باید تنظیم کرد؟

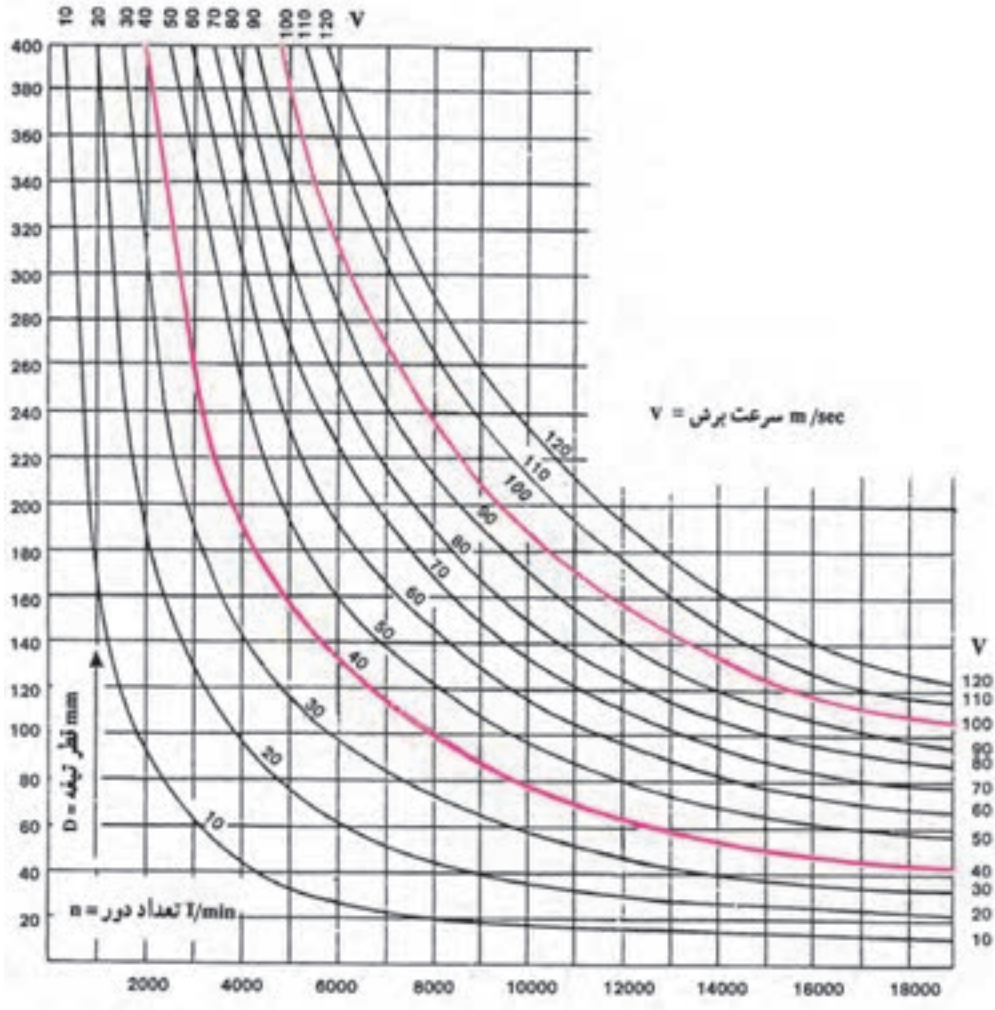
$$d = ۸mm \div ۱۰۰۰ = ۰/۰۰۸m$$

$$n = \frac{v}{d.\pi} = \frac{۲۵ m/min}{۰/۰۰۸m \times ۳/۱۴} = ۹۹۵/۲ \frac{1}{min} \simeq ۱۰۰۰ \frac{1}{min}$$

انتخاب می‌شود.

شکل ۲ــ۱ــ دریل برقی دستی

برای سرعت عمل بیشتر در امر محاسبات می‌توان از جدول‌های مربوط به آن استفاده نمود ؛ مثلاً برای تعیین سرعت برش می‌توان از نمودار ۱ــ۱ استفاده کرد.



نمودار ۱ــ۱ــ نمودار سرعت برش (هنگام محاسبه باید به واحدهای آن‌ها توجه کرد)
در اغلب ماشین‌های صنایع چوب یک سرعت برش مناسب سرعتی بین ۴۰m/s تا ۱۰۰m/s می‌باشد.

روش استفاده از نمودار سرعت برش

مثال: دستگاهی با تعداد دور $\frac{۱}{\text{min}}$ ۷۰۰۰ و قطر تیغه‌ای برابر ۱۸۰mm مفروض است سرعت برشی آن چند متر بر ثانیه می‌باشد؟

جواب: قطر تیغه را (۱۸۰mm) از ستون عمودی و تعداد دور را ($۷۰۰۰ \frac{۱}{min}$) از ردیف افقی انتخاب کرده بر هم عمود می‌کنیم تا منحنی مورد نظر (سرعت برش) به‌دست آید که در این مثال، محل تقاطع بین دو منحنی ۶۰ و ۷۰ قرار می‌گیرد؛ بنابراین، سرعت برشی تقریباً معادل ۶۵ متر بر ثانیه به دست می‌آید.

در صنایع چوب با توجه به نوع ماده چوبی و جنس تیغه پیشنهاد می‌شود از سرعت‌های برش جدول ۱ــ۱ استفاده شود.

جدول ۱ــ۱ــ جدول سرعت برش

نوع تیغه / نوع چوب	تیغه از جنس HSS[۲]		تیغه از جنس TC[۱]	
چوب‌های نرم	۴۰ــ۸۰	m/s	۵۰ــ۹۰	m/s
چوب‌های سخت	۴۰ــ۷۰	m/s	۵۰ــ۸۰	m/s
تخته‌های آغشته به چسب	ــ		۳۵ــ۶۰	m/s
تخته خرده چوب	ــ		۶۰ــ۸۰	m/s
تخته فیبر سخت	ــ		۳۰ــ۶۰	m/s
تخته‌های با روکش ملامینه	ــ		۴۰ــ۶۰	m/s

تمرین

۱ــ دستگاه سنگ تیغ تیزکنی دو طرفه دارای تعداد دور ۱/min ۳۰۰۰ است. اگر قطر یکی از سنگ‌ها ۱۲cm و دیگری ۱۵cm باشد، اختلاف سرعت محیطی دو سنگ را به‌دست آورید.

۲ــ فرز برقی دستی با ۲۷۰۰۰ دور بر دقیقه موجود است، اگر از تیغ فرزهای با قطرهای داده شده استفاده شود سرعت محیطی برای هر تیغ را به‌دست آورید:

$d_۱ = ۱۵mm$ $d_۳ = ۲۵mm$

$d_۲ = ۱۸mm$ $d_۴ = ۳۰mm$

۱ــ TC = Tungsten Carbide ۲ــ HSS = High Speed Steel

۳ــ برای برش صفحات تخته خرده چوب نیاز به سرعت برشی معادل ۷۰m/s است. اگر تعداد دور میله گردنده دستگاه اره گرد ۴۵۰۰ دور بر دقیقه باشد، تیغه اره گرد چه قطری باید داشته باشد؟

۴ــ سرعت برش ماشین اره گردی را با مشخصات زیر محاسبه کرده و با سرعت به‌دست آمده از نمودار ۱ــ۱ مقایسه نمایید.

قطر تیغه اره	تعداد دور
mm	۱/min
۳۰۰	۳۲۰۰
۴۰۰	۲۵۰۰

۵ــ قطر تیغه اره گردی را به‌دست آورید در صورتی که سرعت محیطی آن ۱۲ متر بر ثانیه و تعداد دوران آن ۵۰۰ دور بر دقیقه باشد.

۶ــ تعداد دور یک دستگاه اره گرد ۲۵۰۰ دور بر دقیقه است. اگر قطر اره گرد ۴۰۰ میلی‌متر باشد، سرعت برش تیغه اره گرد چه‌قدر است؟

۷ــ اگر تعداد دور محور یک ماشین رنده ۳۰۰۰ دور بر دقیقه و قطر آن ۱۴۰ میلی‌متر باشد، سرعت برش تیغه رنده را معلوم کنید.

۸ــ دستگاه فرزی برای انجام اتصال گرات تنظیم شده است. اگر قطر تیغه فرز ۱۵ میلی‌متر و سرعت برش ۲۵ متر بر ثانیه باشد تعداد دوران دستگاه چقدر است؟

۳ــ۱ــ پیشبرد کار در ماشین‌های صنایع چوب

مقدار برشی که یک ماشین صنایع چوبی در واحد زمان (دقیقه) انجام می‌دهد، تحت عنوان «سرعت پیشبرد کار» مطرح است و به طور کلی نوعی از سرعت یکنواخت محسوب می‌شود ؛ بنابراین، رابطه‌ی محاسبه‌ی سرعت پیشبرد کار بدین شرح است :

$$S = \frac{L}{t}$$

علایم اختصاری:

S : سرعت پیشبرد کار بر حسب متر بر دقیقه(m/min)

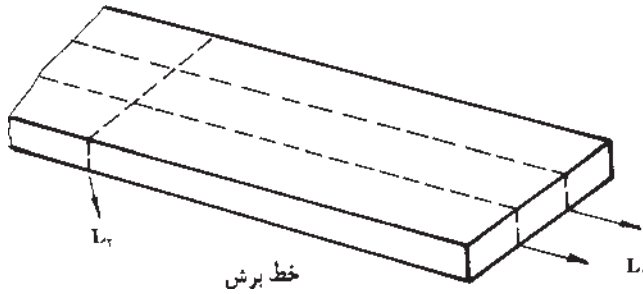
L : طول برش بر حسب متر (m)

t : زمان انجام برش بر حسب دقیقه (min)

سرعت پیشبرد کار به عواملی از جمله موارد زیر بستگی دارد :

۱ــ سرعت برش، ۲ ــ ضخامت، نوع چوب و رطوبت آن ۳ ــ تعداد تیغه و کیفیت برش آن‌ها، ۴ــ دقت مورد انتظار از کار انجام شده، ۵ ــ مقدار نیرویی که به قطعه کار وارد می‌شود.

مثال نمونه: تعداد ۱۰ عدد تخته به طول ۵ متر و به عرض ۲۲ سانتی‌متر موجود است، اگر بخواهیم آنها را به قطعاتی به طول ۲/۵ متر و عرض ۷ سانتی‌متر تبدیل کنیم (مطابق شکل ۳ــ۱) درصورتی که سرعت پیشبرد کار ۴ متر بر دقیقه و اتلاف وقت ۲۰٪ منظور گردد زمان انجام کار را محاسبه نمایید.



شکل ۳ــ۱

حل:

برش طولی $L_1 = ۱۰ \times ۵ \times ۲ = ۱۰۰ \ m$

برش عرضی $L_2 = ۲۲ \times ۱۰ = ۲۲۰ cm = ۲/۲ m$

مقدار برش $L = L_1 + L_2 = ۱۰۰ + ۲/۲ = ۱۰۲/۲ m$

$$S = \frac{L}{t} \Rightarrow t = \frac{L}{S} = \frac{۱۰۲/۲}{۴} = ۲۵/۵۵ \min$$

$$۲۵/۵۵ + (۲۵/۵۵ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۲۵/۵۵ + ۵/۱۱ = ۳۰/۶۶ \min$$

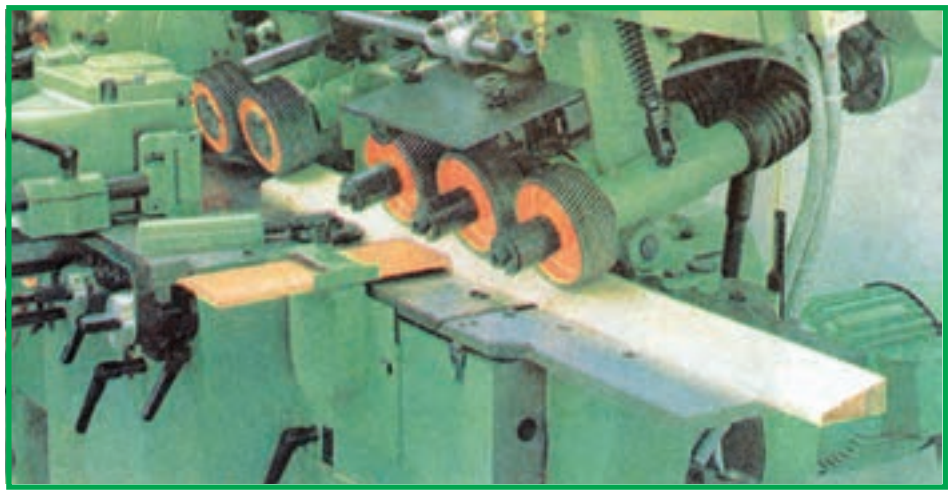
تمرین

۱ــ قطعه‌کاری را به دو روش می‌توانیم آماده کنیم. از این دو حالتی که ذکر می‌شود، کدام یک زمان کمتری را می‌برد؟

الف) ۳۰ متر برش به وسیله اره نواری با سرعت پیشبرد ۱۲ متر بر دقیقه، هم‌چنین ۶۰ متر رنده‌کاری با سرعت پیشبرد ۱۵ متر بر دقیقه.

ب) ۳۰ متر برش به وسیله اره مجموعه با تیغه‌ی الماسه و سرعت پیشبرد ۸ متر بر دقیقه.

۲ــ سرعت پیشبرد یک دستگاه فرز مطابق شکل ۴ــ۱، ۴متر بر دقیقه است. اگر ۲۰٪ اتلاف وقت منظور گردد، این دستگاه در هر ساعت چند متر کار را افزار می‌زند.



شکل ۴ــ۱ــ دستگاه فرز اتوماتیک

۳ــ لبه ۱۰ عدد صفحه میزگرد به قطر ۹۵ سانتی‌متر را می‌خواهیم افزار بزنیم. اگر سرعت پیشبرد دستگاه فرز ۲/۵ متر بر دقیقه باشد و زمان آماده‌سازی قبل از فرزکاری برای هر صفحه ۲ دقیقه در نظر گرفته شود، زمان انجام کار را در مجموع تعیین نمایید.

۴ــ برای پوشش دیواری به تعدادی تخته نیازمندیم. با توجه به کارهای پیشنهادی، زمان ساخت قطعات پوششی را مطابق با شکل ۵ــ۱ محاسبه نمایید.

شکل ۵ــ۱ــ مقطع قطعات پوششی

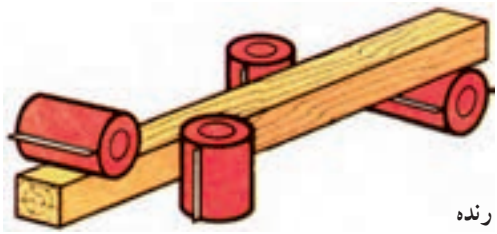
الف) ۴۰ متر برش توسط اره نواری با سرعت پیشبرد ۱۰ متر بر دقیقه ؛

ب) ۸۰ متر رنده‌کاری با سرعت پیشبرد ۵ متر بر دقیقه ؛

ج) ۸۰ متر فرزکاری با سرعت پیشبرد ۳ متر بر دقیقه ؛

در مجموع ۲۰٪ زمان برای جابه‌جا کردن قطعات افزوده شود.

۵ ــ تعدادی قطعه کار جمعاً به طول ۱۲۰ متر باید از ۴ طرف رنده شوند. برای انجام دادن این کار دو حالت (الف و ب) را بررسی کنید :



شکل ۶ ــ۱ــ چهار طرف رنده

الف) دستگاه چهار طرف رنده مطابق شکل ۶ــ۱ با سرعت پیشبرد ۵ متر بر دقیقه که ۱۰ درصد زمان برای جابه‌جا کردن قطعات افزوده می‌شود و هزینه‌ی دستگاه در هر ساعت ۴۰۰۰ ریال است.

ب) دستگاه گندگی (یک طرف رنده) با سرعت پیشبرد ۱۰ متر بر دقیقه و ۲۰ درصد زمان تلف شده برای جابه‌جا کردن قطعات است که هزینه دستگاه در هر ساعت ۲۵۰۰ ریال می‌باشد.

۶ــ در یک ماشین رنده ضخامت‌گیر غلتکی سرعت پیشبرد کار ۶ متر بر دقیقه تنظیم شده است. هرگاه تغییراتی در غلتک‌های آن داده شود ممکن است سرعت پیشبرد کار دو برابر گردد. معلوم کنید در هر دو حالت چند مترمربع در ساعت می‌توان کار انجام داد. چنان‌چه عرض صفحه ماشین ۷۰۰ میلی‌متر باشد و از ۶۰ درصد آن بتوان استفاده نمود و برای حالت اول ۱۰ درصد و حالت دوم ۱۵ درصد اتلاف وقت در نظر گرفته شود.

۷ــ برای ساخت پنجره‌ای مطابق شکل ۷ــ۱ باید ۸ قطعه چوب یک‌متری از چهار طرف رنده شود. برای رنده کردن چوب ۴۰ پنجره با توجه به دو حالت زیر چه زمانی صرف می‌شود؟

الف) پیشبرد کار ۱۵ متر بر دقیقه و قطعات ۴ تا ۴تا از زیر ماشین عبور داده شوند و ۲۰ درصد اتلاف وقت لازم باشد.

ب) پیشبرد کار ۸ متر بر دقیقه و همزمان ۶ قطعه با هم رنده شوند و ۲۵ درصد اتلاف وقت در نظر گرفته شود.

شکل ۷ــ۱ــ پنجره

۸ــ برای لبه چسبانی ۵۰۰ عدد صفحه‌ی میز ناهارخوری مستطیل شکل به ابعاد ۱۵۰cm×۹۰cm از جنس نوار PVC از ماشین لبه چسبان اتوماتیک (مطابق شکل) با سرعت پیشبرد کار $۱۰\frac{m}{min}$ استفاده می‌شود. محاسبه کنید :

الف) طول نوار PVC موردنیاز برحسب متر با درنظر گرفتن ۵٪ دورریز و صرف‌نظر از ضخامت نوار.

ب) مدت زمان انجام کار برحسب ساعت با درنظر گرفتن ۱۰ درصد وقت تلف شده (لازم به توضیح است که ۱۰ درصد وقت تلف شده برای برداشتن و گذاشتن صفحات بر روی میز ماشین درنظر گرفته می‌شود که در کارخانجات پیشرفته این کار توسط روبات انجام می‌گیرد).

شکل ۸ ــ ۱

۴ــ۱ــ مقدار برش هر دندانه اره یا تیغه رنده

۱ــ۴ــ۱ــ طول برش هر دندانه اره: هنگام برش، یکی از عوامل ایجاد سطحی مقبول، تعداد دندانه‌های تیغه اره است. زیرا اگر تعداد دندانه‌های تیغه اره کم باشد مقدار برش هر دندانه افزایش یافته سطحی ناصاف ایجاد خواهد شد و بر عکس، اگر تعداد دندانه‌های تیغه اره افزایش یابد مقدار برش هر دندانه کاهش یافته، سطحی صاف به‌دست می‌آید ؛ البته صحت این مطلب هنگامی مشهودتر است که سرعت پیشبرد کار و سرعت برش تیغه، ثابت در نظر گرفته شود.

بنابراین، برای ایجاد سطحی مطلوب در هنگام برش، با در نظر گرفتن تعداد دندانه‌ها می‌توان مقدار برش هر دندانه را با توجه به این رابطه محاسبه نمود :

$$l=\frac{S\times ۱۰۰۰}{n.z}$$

علایم اختصاری:

l : مقدار برش هر دندانه (mm)

S : سرعت پیشبرد کار (m/min)

z : تعداد دندانه

n : تعداد دور دستگاه (۱/min)

مثال نمونه «۱» : تعداد دور دستگاه اره گردی $n = ۱۲۰۰$ ۱/min می‌باشد، اگر سرعت پیشبرد کاری $S = ۲۰$ m/min و تعداد دندانه‌های تیغه اره ۵۰ عدد باشد، مقدار برش هر دندانه را به‌دست آورید.

$$l = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z} \Rightarrow l = \frac{۲۰ \times ۱۰۰۰}{۱۲۰۰ \times ۵۰} = ۰/۳۳ mm$$

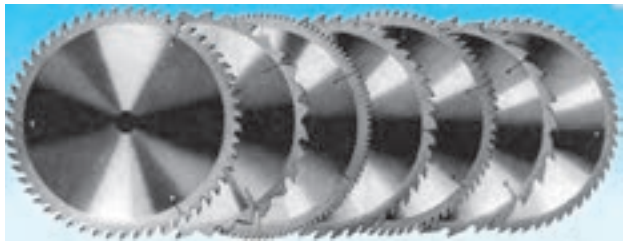
مقدار برش هر دندانه باید نسبت به نوع ماده اولیه انتخاب شود تا کیفیت برش به حد مطلوب برسد. در جدول ۲ــ۱ مقدار برش تعدادی از ماده اولیه‌ی چوبی نمایان است.

جدول ۲ــ۱ــ مقدار برش هر دندانه اره نسبت به ماده اولیه

ماده اولیه چوبی	چوب ماسیو در راه الیاف	تخته خرده چوب	تخته لایه	چوب‌های فشرده شده	چوب‌های روکش شده	صفحات با روکش ملامینه
مقدار برش هر تیغه I (mm)	۰/۱۰ــ۰/۲۰	۰/۰۵ــ۰/۲۵	۰/۰۵ــ۰/۲۵	۰/۰۳ــ۰/۰۸	۰/۰۳ــ۰/۱۰	۰/۰۳ــ۰/۰۶

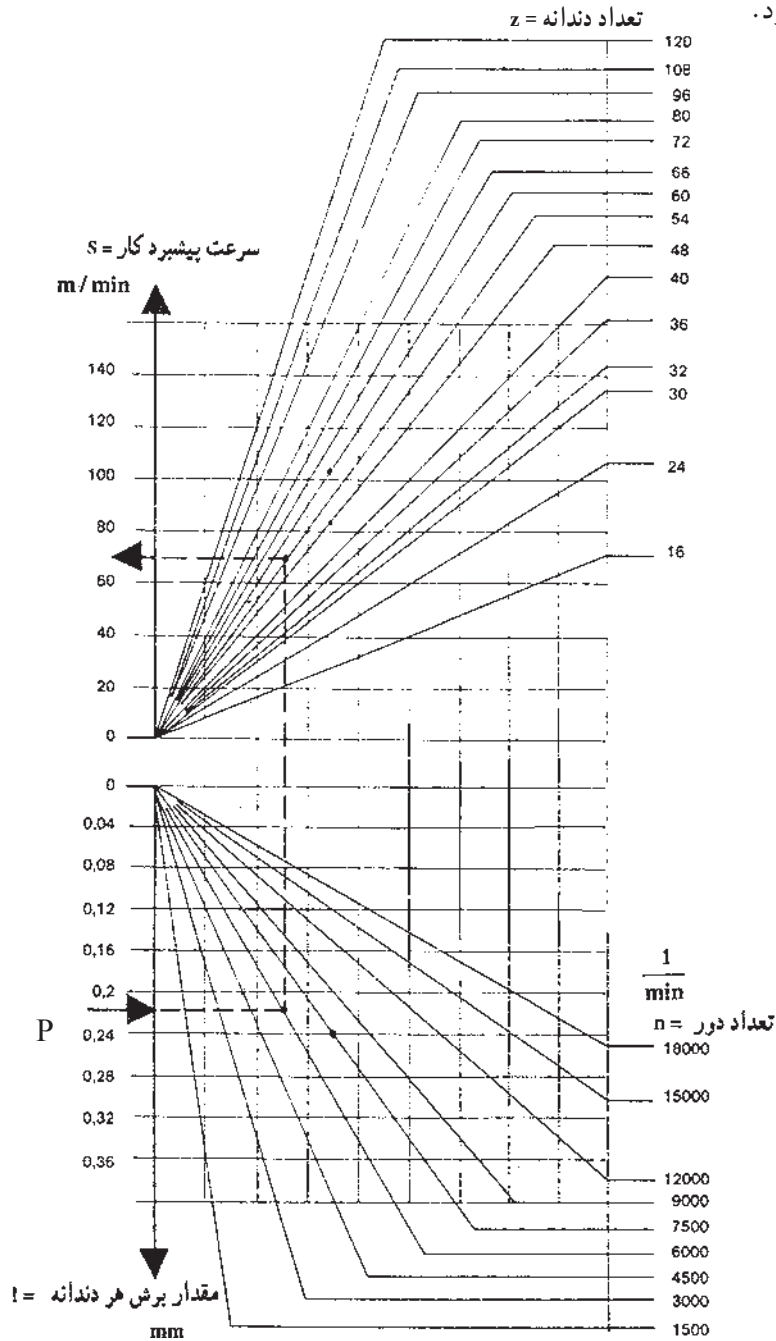
مثال نمونه «۲» : دستگاه اره گردی با تعداد دور $n = ۴۵۰۰$ ۱/min موجود است. قرار است صفحات تخته خرده چوبی را با سرعت پیشبرد کار $S = ۶۰$ m/min برش بزنیم. اگر مقدار برش هر دندانه $l = ۰/۲۴$ mm در نظر گرفته شود، تعداد دندانه‌های تیغه اره را محاسبه نمایید.

$$z = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.l} = \frac{۶۰۰۰۰}{۴۵۰۰ \times ۰/۲۴} = ۵۵/۵ \simeq ۵۶$$ عدد



شکل ۹ــ۱ــ انواع تیغه اره گرد

به منظور سهولت در امر محاسبات برای تعیین مقدار برش هر دندانه اره می‌توان از نمودار ۲ــ۱ استفاده نمود.



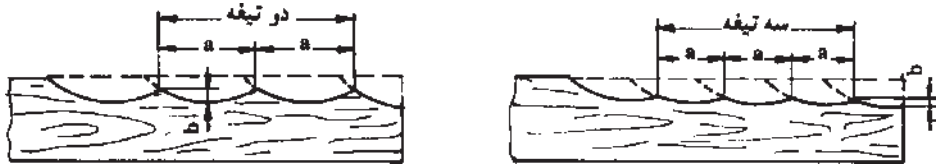
نمودار ۲ــ۱ــ نمودار مقدار برش هر دندانه

روش استفاده از نمودار (۲ــ۱)

مثال: تعداد دندانه یک اره گرد $z = ۵۴$ عدد و تعداد دوران آن ۶۰۰۰ دور بر دقیقه است، چنانچه مقدار برش هر دندانه ۰/۲۲ میلی‌متر در نظر گرفته شود، سرعت پیشبرد کار را محاسبه کنید.

راه حل: عدد ۰/۲۲ را از ستون مربوط به مقدار برش هر دندانه (ستون قسمت پایین نمودار) انتخاب نموده به صورت افقی حرکت می‌کنیم تا خط مورّب مربوط به تعداد دوران، یعنی $n = ۶۰۰۰$ را قطع کند ؛ سپس از تقاطع به دست آمده حرکت عمودی به طرف بالا انجام داده تا خط مورّب مربوط به تعداد دندانه ($z = ۵۴$) را قطع نماید ؛ سپس از تقاطع جدید حرکت افقی به سمت چپ نموده تا مقدار سرعت پیشبرد کار در ستون مربوط به دست آید. گفتنی است در این مثال مقدار پیشبرد کار ۷۰ m/min به‌دست خواهد آمد.

۲ــ۴ــ۱ــ عرض اثر هر تیغه رنده (گام رنده ــ داغ رنده) روی چوب در ماشین‌های رنده: فرورفتگی‌هایی که هنگام رنده کردن بر اثر تیغه رنده در امتداد طول چوب پهلوی یکدیگر قرار می‌گیرند، به تعداد دور رنده، تعداد تیغه‌های رنده، سرعت پیشبرد کار و پرتیغ یا کم تیغ بودن ماشین بستگی دارد. هر چه تعداد فرورفتگی‌ها بیشتر و فاصله آن‌ها کمتر باشد، سطح رنده شده صاف‌تر است (شکل ۱۰ــ۱).



شکل ۱۰ــ۱ــ اثر تیغه رنده

برای محاسبه عرض و عمق اثر تیغه رنده با این روش عمل می‌شود :

الف) عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب :

رابطه :

$$a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n \times z}$$

علایم اختصاری:

a : عرض اثر تیغه رنده (mm)

S : پیشبرد کار (m/min)

n : تعداد دور دستگاه(۱ /min)

z : تعداد تیغه

مثال نمونه «۱» : عرض اثر هر تیغه رنده را روی چوب ماشین رنده‌ای با این مشخصات به‌دست آورید :

$$n = ۴۰۰۰\ \frac{۱}{min} \qquad z = ۲ \qquad S = ۱۶\ \frac{m}{min}$$

عرض اثر هر تیغه روی چوب

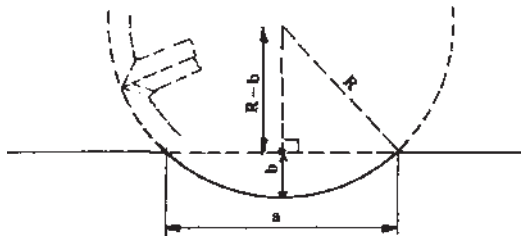
$$a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z} \qquad a = \frac{۱۶ \times ۱۰۰۰}{۴۰۰۰ \times ۲} = ۲mm$$

مثال نمونه «۲» : عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب ماشینی را با مشخصات یاد شده، درصورتی که تعداد تیغه ۳ عدد باشد، به‌دست آورید.

$$a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z} = \frac{۱۶ \times ۱۰۰۰}{۴۰۰۰ \times ۳} \qquad a = ۱/۳۳mm$$

بنابراین، اگر بخواهیم پیشبرد کار را در ماشین رنده زیاد کنیم و در عین حال، سطح رنده شده هم‌چنان صاف و هموار باشد، باید از غلتکی استفاده شود که تعداد تیغه‌های آن بیشتر باشد ؛ در غیر این صورت اگر تعداد تیغه‌ها ثابت باشد و پیشبرد کار زیاد شود، سطح رنده شده ناهموار خواهد شد. طبیعی است که هر چه مقدار پیشبرد کار کمتر باشد سطح چوب صاف‌تر می‌شود ؛ با این تفاوت که کار در زمان بیشتر انجام می‌گیرد و از میزان محصول کاسته می‌شود.

۳ــ۴ــ۱ــ عمق اثر هر تیغه رنده روی چوب: مطابق شکل ۱۱ــ۱ می‌توان با استفاده از رابطه فیثاغورث و حل معادله‌ی درجه دوم عمق اثر تیغه را روی چوب (b) به‌دست آورد.



شکل ۱۱ــ۱ــ اثر تیغه رنده تنظیم شده

رابطه :

$$b = R - \sqrt{R^2 - (\frac{a}{2})^2}$$

علایم اختصاری:

b : عمق اثر هر تیغه رنده (mm)

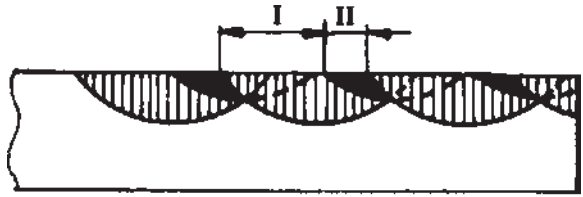
R : شعاع برنده‌ی توپی ماشین رنده (mm)

a : عرض اثر هر تیغه رنده (mm)

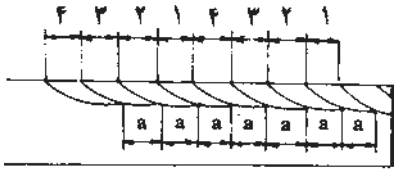
مثال نمونه «۱» : اگر عرض اثر تیغه رنده روی چوب $a = ۱/۵mm$ و شعاع دایره برنده توپی $R = ۶۰mm$ باشد، عمق اثر تیغه رنده را روی چوب به‌دست آورید.

$$b = R - \sqrt{R^2 - (\frac{a}{2})^2} \Rightarrow b = ۶۰ - \sqrt{۶۰^2 - (\frac{۱/۵}{2})^2} \simeq ۰/۰۰۵mm$$

از حل این مسأله نتیجه می‌گیریم که اگر یکی از تیغه‌ها $۰/۰۰۵mm$ از تیغه دیگر عقب‌تر نشسته باشد دیگر با آن تیغه نمی‌توان تیزی‌های ایجاد شده را بین ضربه تیغه اول و دوم بر طرف ساخت (شکل ۱۲ــ۱).



شکل ۱۲ــ۱ــ اثر تیغه رنده تنظیم نشده

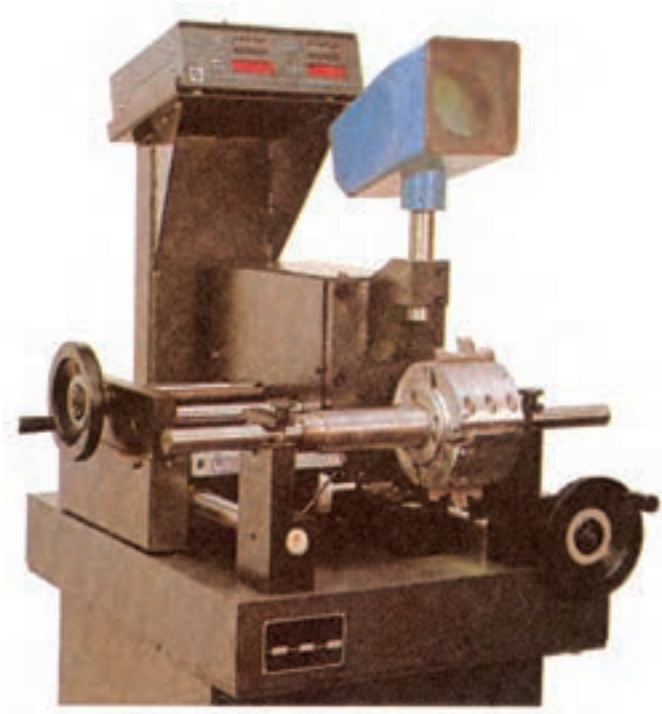


شکل ۱۳ــ۱ــ اثر تیغه رنده تنظیم شده

طبیعی است که بالا بردن کیفیت و مرغوب بودن رنده کاری هنگامی میسر است که تیغ‌ها آن‌گونه تنظیم شوند که به یک اندازه به چوب بچسبند (شکل ۱۳ــ۱).

با توجه به اهمیت موضوع در شکل‌های ۱۴ــ۱ و ۱۵ــ۱ دو نمونه دستگاه تنظیم تیغه دستی و دیجیتالی روی‌توپی رنده نشان داده شده است.

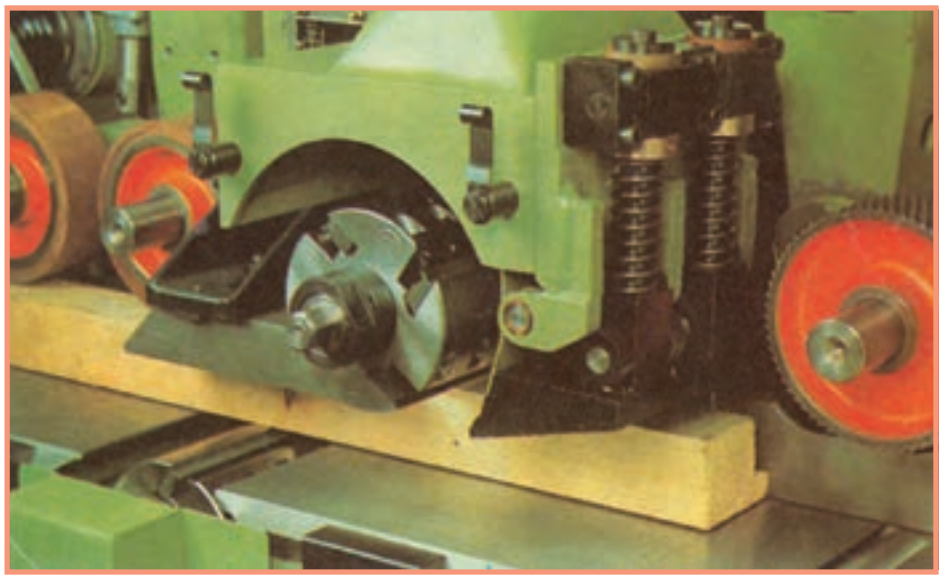
شکل ۱۴ــ۱ــ دستگاه تنظیم تیغه رنده با دست



شکل ۱۵ــ۱ــ دستگاه تنظیم تیغه رنده دیجیتالی

مثال نمونه «۲»: دستگاه رنده‌ای مطابق شکل ۱۶ــ۱ با مشخصات زیر موجود است.

$z = ۴ \quad n = ۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ (شعاع توپی رنده) $R = ۸cm$



شکل ۱۶ــ۱ــ دستگاه رنده

الف) اگر کیفیت سطح رنده شده چنان باشد که حداکثر گام رنده ۱ میلی‌متر شود سرعت پیشبرد کار تا چه اندازه باید تنظیم گردد؟

ب) در این صورت عمق اثر تیغه رنده چه اندازه می‌باشد؟

حل:

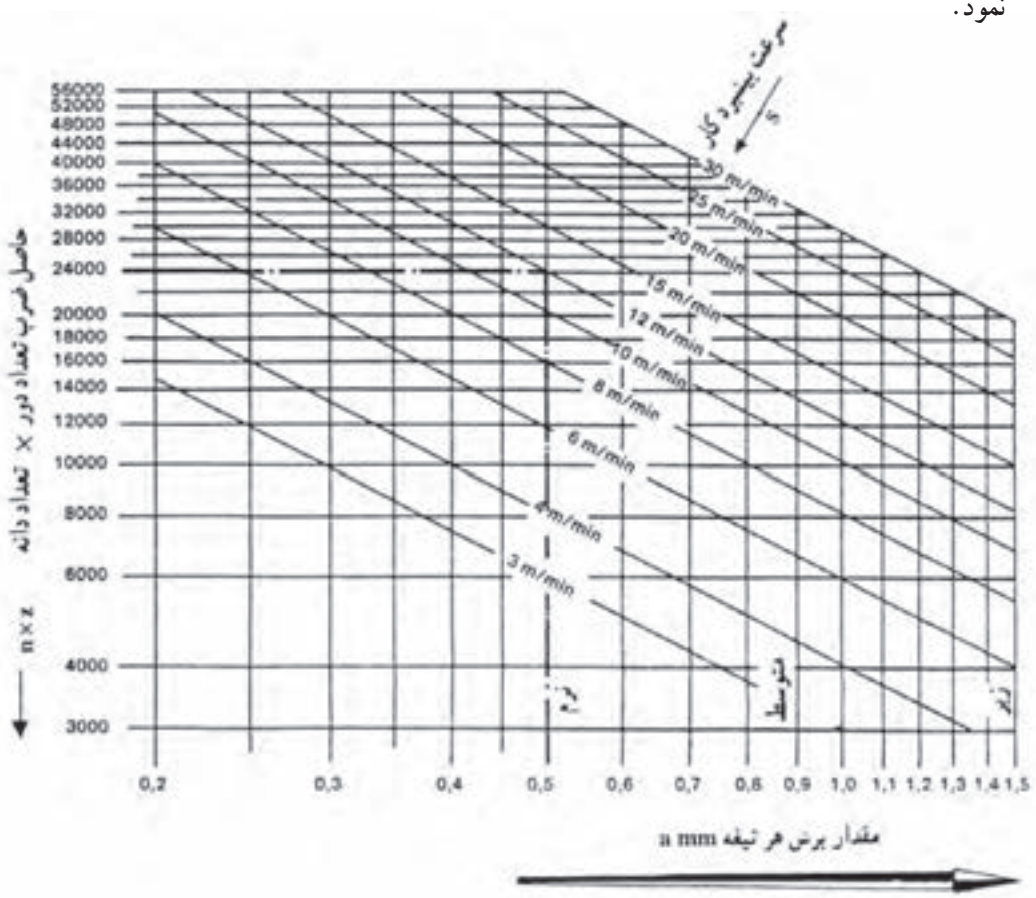
الف) $S = \frac{S \times z \times n}{۱۰۰۰} \qquad a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n \times z}$

$$S = ۶۰۰۰\frac{۱}{min} \times ۴ \times ۱mm = ۲۴۰۰۰m/min$$

سرعت پیشبرد کار $۲۴۰۰۰ \div ۱۰۰۰ = ۲۴\frac{m}{min}$

ب) $b = R - \sqrt{R^۲ - (\frac{a}{۲})^۲} \Rightarrow b = ۸۰ - \sqrt{۸۰^۲ - (\frac{۱}{۲})^۲} \Rightarrow b \simeq ۰/۰۰۲mm$

علاوه بر روش محاسباتی برای به دست آوردن عرض اثر تیغه می‌توان از نمودار ۳ــ۱ استفاده نمود.



نمودار ۳ــ۱ــ تعیین مقدار برش هر تیغه

مثال نمونه«۱» : دستگاه کف رندی با تعداد دور ۱/min ۶۰۰۰ و دارای ۴ عدد تیغه موجود است. اگر سرعت پیشبرد کار را ۱۲ m/min اختیار کنیم، مقدار برش هر تیغه را به‌دست آورید.

حل: با تعیین مقدار $n \times z$ $(n \times z = ۶۰۰۰ \times ۴ = ۲۴۰۰۰)$ در ستون سمت چپ، افقی حرکت کرده تا خط پیشبرد کار که به‌صورت مورب قرار گرفته را قطع کند و از تقاطع به‌دست آمده به طرف پایین حرکت کرده تا مقدار برش هر تیغه به‌دست آید.

کیفیت سطح رنده شده را با توجه به عرض اثر تیغه می‌توان مطابق جدول ۳ ــ ۱ درجه‌بندی نمود.

جدول ۳ــ۱ــ کیفیت سطح رنده شده

کیفیت سطح رنده شده (درجه پرداخت)	درجه یک	درجه دو	درجه سه
عرض اثر تیغه	۰/۱ــ۰/۵	۰/۵ــ۱/۰	۱/۰ــ۱/۵

مثال نمونه «۲»: دستگاه رنده‌ای با این مشخصات موجود است، اگر لازم باشد در هر ساعت ۲۰۰ تخته به طول ۴/۵ متر به صورت یک‌طرفه رنده شود چه کیفیتی برای سطح رنده شده خواهیم داشت :

$$n = ۵۰۰۰ \ 1/min \qquad z = ۴$$

حل: طول تخته‌ها

$$۲۰۰ \times ۴/۵ m = ۹۰۰ m$$

$$S = \frac{۹۰۰ m}{۶۰ min} = ۱۵ \ m/min$$

عرض اثر تیغه

$$a = \frac{S}{n \times z} \Rightarrow a = \frac{۱۵ m/min \times ۱۰۰۰}{۵۰۰۰ \frac{۱}{min} \times ۴} = ۰/۷۵ mm$$

کیفیت سطح رنده شده $(۱ > ۰/۷۵ > ۰/۵)$ درجه ۲ خواهد بود.

تمرین

۱ــ مقدار برش هر تیغه دستگاه گندگی را به‌دست آورید ؛ در صورتی که تعداد دور آن ۴۰۰۰ 1/min و تعداد تیغه‌های آن ۴ عدد و سرعت پیشبرد کار ۲۰ m/min در نظر گرفته شود.

۲ــ در صورتی که تعداد دور دستگاه اره گردی ۳۰۰۰ 1/min ، و سرعت پیشبرد کار ۶۰ m/min در نظر گرفته شود، تعداد دندانه‌های تیغه‌اره حداقل چه‌قدر باشد، تا مقدار برش هر تیغه از ۰/۲۵mm بیشتر نباشد.

۳ ــ اگر دستگاهی دارای تعداد دورهای متعددی باشد، دستگاه را روی چه تعداد دوری باید تنظیم نمود ؛ در صورتی که این داده‌ها موجود باشد :

$$a = ۰/۷۵ mm \qquad S = ۱۵ \ m/min \qquad z = ۴$$

۴ــ جواب تمرین‌های ۱ الی ۳ را از روی نمودار مربوط به‌دست آورید. با روش محاسباتی

مقایسه کنید و نتیجه بگیرید.

۵ ــ اره گردی که دارای $z = ۷۲$ دندانه و $n = ۴۵۰۰\frac{۱}{min}$ است : الف) برای به‌دست آوردن $i = ۰/۲mm$ چه سرعت پیشبرد کاری را باید انتخاب نمود؟

ب) اگر سرعت پیشبرد کار را دو برابر کنیم مقدار برش هر دندانه چقدر خواهد شد؟

۶ ــ سطح رنده شده قطعه کاری با کیفیت درجه ۳ که عرض اثر تیغه رنده حداکثر $a = ۱/۵mm$ باشد، لازم است. اگر ماشین رنده دارای توپی ۴ تیغه و دو تعداد دور $n_۱ = ۴۰۰۰\frac{۱}{min}$ و $n_۲ = ۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ باشد ؛

الف) کدام دور دستگاه را انتخاب می‌کنید ؛ در صورتی که سرعت پیشبرد کار $۱۵m/min$ تنظیم شده باشد؟

ب) اگر تعداد دور دستگاه را تغییر دهیم چه سرعت پیشبرد کاری را می‌توانیم انتخاب کنیم تا همان کیفیت کار را داشته باشیم؟

ج) در مقایسه حالت «الف» و «ب» اگر لازم باشد ۵۰۰ متر قطعه کار رنده شود، اختلاف زمان را به‌دست آورید.

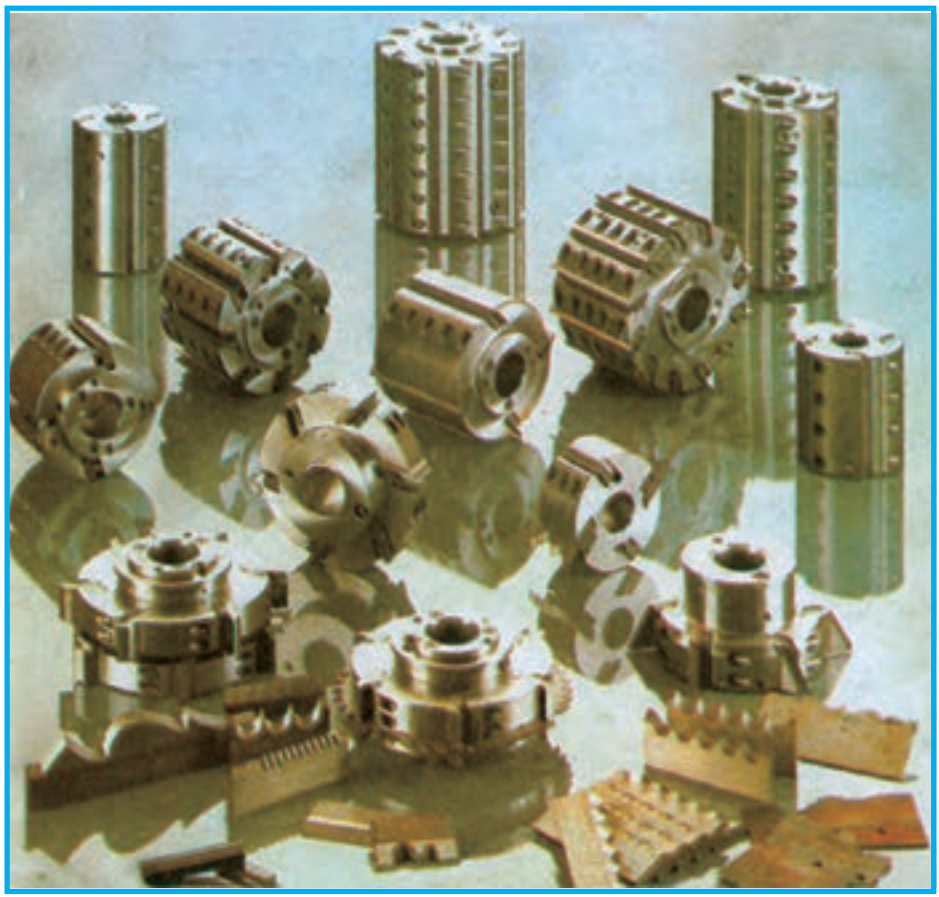
د) اگر قطر توپی دستگاه ۱۲ سانتی‌متر باشد عمق اثر تیغه رنده را به‌دست آورید.

۷ــ قرار است قطعاتی را با دستگاه ماشین سنباده غلتکی مطابق شکل ۱۷ــ۱ سنباده نماییم. این قطعات قبلاً توسط دستگاه رنده‌ای با قطر تیغه ۱۲cm، دارای چهار تیغ و تعداد دور $۴۵۰۰\frac{۱}{min}$ رنده شده‌اند، چه سرعت پیشبرد کاری برای رنده کردن انتخاب نماییم تا عمق اثر تیغه رنده $۰/۰۰۵ mm$ باشد و عملیات سنباده‌زدن ساده‌تر گردد؟

شکل ۱۷ــ۱ــ ماشین سنباده غلتکی

۸ ــ انواع تویی‌ها با تعداد تیغه‌های متفاوت مطابق شکل ۱۸ــ۱ موجود است ؛ که اگر هر چه تعداد تیغه بیشتر باشد می‌توان سرعت پیشبرد کار را افزایش داد یا کیفیت بهتری از کار انتظار داشت.

حال اگر فرض شود در یک دستگاه فرز تعداد دور تیغه $n = ۵۰۰۰ \frac{۱}{min}$ و سرعت پیشبرد کار $S = ۲۰ m/min$ باشد، تویی چند تیغه را انتخاب می‌کنید؟ (در صورتی که عرض اثر تیغه روی سطح کار حداکثر ۱/۲mm باشد.)



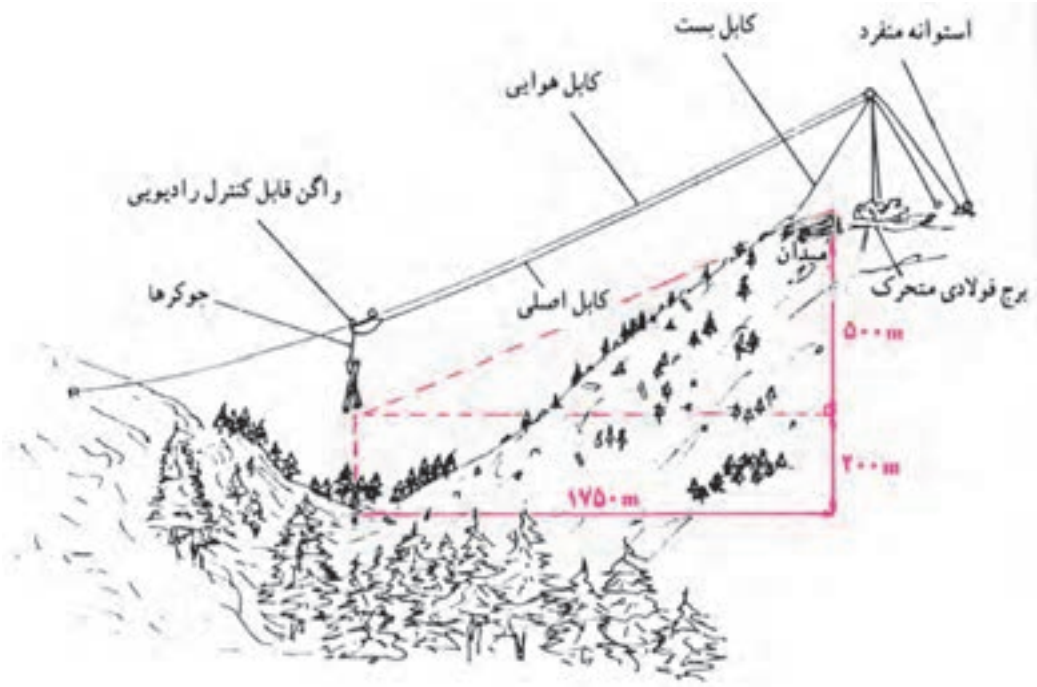
شکل ۱۸ــ۱ــ انواع تویی با تیغه‌های متفاوت

سؤالات آزمون پایان فصل اول

۱ــ زمان انتقال گرده بینه را از پایین دره به بالای تپه مطابق شکل ۱۹ــ۱ محاسبه نمایید ؛ درصورتی که گرده بینه‌ها دو حرکت خواهد داشت :

الف) حرکت عمودی به ارتفاع ۲۰۰ متر با سرعت ۴۰ متر بر دقیقه.

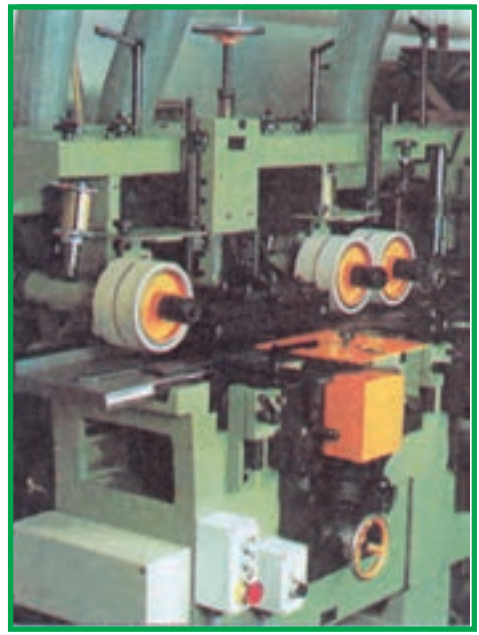
ب) حرکت در مسیر کابل هوایی با سرعت ۶۰ متر بر دقیقه.



شکل ۱۹ــ۱ــ نمای انتقال گرده بینه از جنگل به میدان جمع‌آوری

۲ــ قطر تیغه اره گردی را به‌دست آورید که تعداد دور میله‌ی آن $۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ و سرعت برشی معادل ۸۰ متر بر ثانیه داشته باشد. اگر گام هر دندانه ۶/۵ میلی‌متر باشد، تیغه دارای چند دندانه خواهد بود؟

۳ ــ سرعت پیشبرد دستگاه فرز را مطابق شکل ۲۰ــ۱ حساب کنید ؛ در صورتی که در مدت ۲ ساعت ۷۵۰ شاخه زهوار ۲/۵ متر را افزار زده است ؛ هم‌چنین ۱۲ درصد اتلاف وقت برای این دستگاه منظور می‌شود.



شکل ۲۰ــ۱ــ دستگاه فرزاتوماتیک

۴ ــ مشخصات تیغه اره گردی عبارت است از : قطر ۲۵ سانتی‌متر، عرض هر دندانه ۸ میلی‌متر. اگر با سرعت پیشبرد کاری معادل ۸۰ متر بر دقیقه از این تیغه استفاده شود و برش برای هر دندانه ۰/۲۵ میلی‌متر باشد :

الف) کدام یک از تعداد این دورها را برای میله دستگاه انتخاب می‌کنید :

$$n_1 = 3000 \frac{1}{min}$$

$$n_2 = 4500 \frac{1}{min}$$

$$n_3 = 6000 \frac{1}{min}$$

ب) با انتخاب تعداد دور مناسب چه تغییری برای برش هر دندانه صورت می‌گیرد؟

۵ــ تعداد دور میله‌ی کف رندی ۵۵۰۰ دور بر دقیقه است. اگر توپی دستگاه ۶ تیغه رنده و ۱۲cm قطر داشته باشد و برای قطعه کاری انتظار سطح رنده شده درجه ۲ معادل عرض اثر تیغه ۰/۸ میلی‌متر باشد چه سرعت پیشبردی را انتخاب می‌کنید؟ در این حالت عمق اثر هر تیغه رنده را به‌دست آورید.

۶ــ اگر با استفاده از دستگاه برش صفحات MDF (شکل ۲۱ــ۱) در صفحاتی به ابعاد ۱۸۳×۳۶۶، ۳ برش طولی و ۳ برش عرضی ایجاد نماییم، چنانچه سرعت پیش‌برد کار دستگاه را ۳ متر بر دقیقه تنظیم کرده و ۵۰ درصد زمان برش را وقت تلف شده منظور نماییم، در یک شیفت کاری ۸ ساعته، چند صفحه برش زده می‌شود؟

شکل ۲۱ــ۱ــ دستگاه تمام اتوماتیک برش صفحات MDF