

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

محاسبات فنی (۲) (صنایع چوب)

رشته صنایع چوب و کاغذ

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۱۹۵۰

اسدی، محمود	۶۷۴
محاسبات فنی (۲) (صنایع چوب)/ مؤلفان: محمود اسدی، علی اکبر فرخ نیا همدانی.	/۰۴۲
— [ویرایش دوم] / بازسازی و تجدیدنظر: کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشته صنایع چوب و کاغذ. — تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۴	م ۴۹۹ الف ۱۳۹۴
۸۰ ص. — مصور. — (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۱۹۵۰)	
متون درسی رشته صنایع چوب و کاغذ، زمینه صنعت.	
۱. ریاضیات مهندسی. ۲. آنالیز عددی. ۳. چوب — صنعت و تجارت.	
الف. فرخ نیا همدانی، علی اکبر. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشته صنایع چوب و کاغذ. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب های درسی
فنی و حرفه ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وبگاه (وبسایت)

این کتاب در سال ۱۳۸۸ توسط کمیسیون تخصصی برنامه ریزی و تألیف رشته صنایع
چوب و کاغذ بازسازی و به وسیله حبیب نوری تجدیدنظر گردید.

وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش

نام کتاب : محاسبات فنی (۲) (صنایع چوب) - ۴۷۸/۳

مؤلفان : محمود اسدی، علی اکبر فرخ نیا همدانی

اعضای کمیسیون تخصصی : محمد غفرانی، محمد لطفی نیا، محمد علی نیکنام، امیر نظری و حبیب نوری

آماده سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱ - ۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وبسایت : www.chap.sch.ir

صفحه آرا : طرّفه سهائی

طراح جلد : محمدحسن معماری

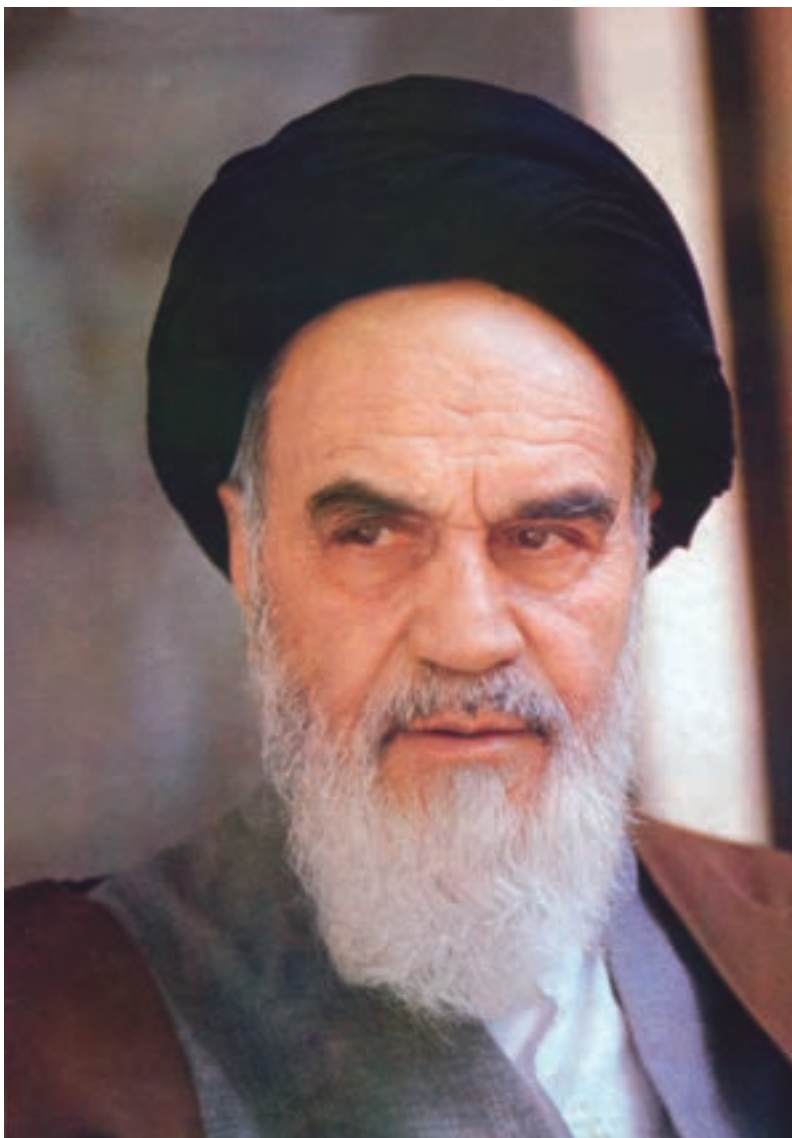
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱ - ۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵ - ۱۳۹

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



اول باید اخلاصتان را قوی بکنید، ایمانتان را قوی بکنید، ... و این
اخلاص و ایمان، شما را تقویت می کند و روحیه شما را بالا می برد و نیروی
شما جوری می شود که هیچ قدرتی نمی تواند (با شما) مقابله کند.
امام خمینی (ره)

۱	فصل اول : حرکت
۱	۱-۱- حرکت و انواع آن
۲	۱-۲- سرعت و انواع آن
۹	۱-۳- پیشبرد کار در ماشین های صنایع چوب
۱۳	۱-۴- مقدار برش هر دندان ااره یا تیغه رنده
۲۸	فصل دوم : انتقال حرکت و نیرو در ماشین های عمومی صنایع چوب
۲۸	۲-۱- تسمه و چرخ تسمه
۳۶	۲-۲- محاسبه تعداد دور چرخ تسمه
۳۹	۲-۳- محاسبات چرخ دنده و چرخ زنجیر
۴۴	فصل سوم : کار مکانیکی
۴۵	۳-۱- تعریف کار مکانیکی
۴۹	۳-۲- توان مکانیکی
۵۲	۳-۳- راندمان
۵۴	۳-۴- تعیین نیروی محیطی و رابطه توان با گشتاور
۵۶	۳-۵- بالابرهای ساده (ماشین های ساده)
۶۱	۳-۶- اصطکاک

۷۳	فصل چهارم : محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشین های صنایع چوب
۷۳	۴-۱- الکتروموتور
۷۴	۴-۲- توان الکتریکی
۷۶	۴-۳- انرژی الکتریکی
۷۶	۴-۴- محاسبه بهای برق مصرفی
۸۰	فصل پنجم : تعیین زمان انجام کار
۸۰	۵-۱- مقدمه
۸۱	۵-۲- زمان سنجی
۸۴	۵-۳- روش های مشاهده مستقیم
۹۶	۵-۴- روش های ترکیبی
۱۰۱	نمونه ارزشیابی نهایی کتاب
۱۰۳	جدول های ضمیمه
۱۰۸	فهرست منابع

به نام خدا

سخنی با همکاران

سپاس از خداوند منان که توفیق عنایت فرمود تا در تهیه کتاب‌های نظام جدید، در رشته صنایع چوب و کاغذ، همکاری داشته باشیم. امید است که این امر گامی مؤثر در رشد و شکوفایی صنعت در این رشته باشد.

هدف این کتاب، ایجاد توانایی در به کار بردن روابط و آموخته‌های مربوط به محاسبات فنی در مورد مسایل صنایع چوب است.

البته در این امر سعی و کوشش کافی به عمل آمده است، اما نمی‌توان ادعا کرد که بدون نقص است؛ از این رو منتظر پیشنهادهای شما عزیزان، برای برطرف ساختن نواقص چاپ‌های بعدی هستیم. در ابتدای کتاب، هدف کلی کتاب و در ابتدای هر فصل، هدف کلی و رفتاری هر فصل آمده که انتظار می‌رود فراگیران بر آن اساس ارزشیابی شوند.

با تشکر مؤلفان

هدف کلی

فراگیر پس از پایان این واحد درسی، باید بتواند محاسبات مربوط به حرکت و سرعت در صنعت چوب، انتقال حرکت و نیرو در دستگاه‌های صنایع چوبی، کار مکانیکی، توان و کار الکتریکی در ماشین‌های عمومی صنایع چوب و زمان انجام کار را انجام دهد.

فصل اول

حرکت

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

- ۱- انواع حرکت را تعریف کند؛
- ۲- سرعت و انواع آن را شرح دهد؛
- ۳- محاسبات مربوط به سرعت را انجام دهد؛
- ۴- سرعت برش و سرعت پیشبرد کار را محاسبه نماید؛
- ۵- به مقدار برش هر دندان، محاسبات لازم را انجام دهد؛
- ۶- محاسبات لازم را در مورد اثر هر تیغه روی چوب در ماشین‌های رنده انجام

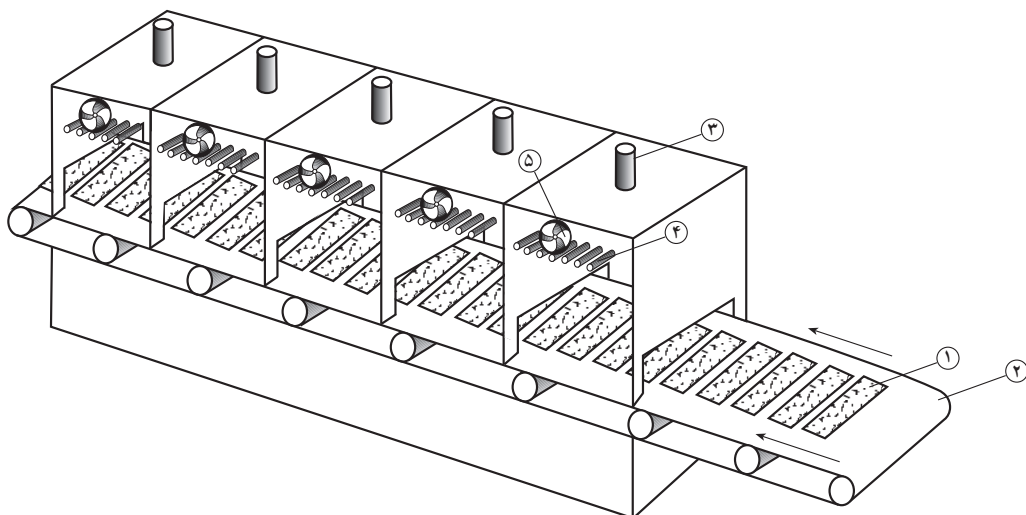
دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

۱- حرکت

۱-۱- 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، گوئیم آن جسم حرکت کرده است. مثال: حرکت وسیله نقلیه، حرکت تیغه اره نواری و اره گرد، 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 در دستگاه روکش خشک‌کن اتاقکی و نظایر آن (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- دستگاه روکش خشک کنی اتاقکی و حرکت روکش به صورت عرضی
 ۱- روکش ۲- نوار نقاله ۳- دریچه تنظیم هوا و رطوبت ۴- لوله های انتقال حرارت ۵- فن های جریان هوا

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

۱-۱-۱- حرکت یکنواخت: اگر جسم متحرکی در زمان های مساوی، مسافت های 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 نقاله ای که پوشال را از دستگاه خردکن به سیلوی ذخیره انتقال می دهد (حرکت یکنواخت خطی) و حرکت پولی الکتروموتور که تسمه نقاله را به حرکت در می آورد (حرکت دورانی یکنواخت)، حرکت فرورفتن مته در چوب هنگام سوراخ کاری (حرکت یکنواخت خطی) و گردش مته درون چوب از نوع حرکت دورانی می باشد.

۱-۱-۲- حرکت غیر یکنواخت: هرگاه جسم متحرکی در زمان های مساوی مسافت های غیر مساوی را طی کند این حرکت را حرکت غیر یکنواخت (متغیر) گویند.

مثال: هنگام برش چوب در قسمتی از چوب که نرم تر است، حرکت تخته و حرکت تیغه ااره بیشتر خواهد بود تا قسمتی از چوب که سخت تر است.

۲-۱- سرعت و انواع آن

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

۱-۲-۱- 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 :

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

علامیم / اختصاری:

سرعت : v

مسافت : s

زمان : t

مسئله نمونه «۱» - سرعت حرکت روکش را در داخل خشک کن، به دست آورید در صورتی که طول خشک کن ۱۲ متر و زمان عبور ۹۶ ثانیه باشد.

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

$$v = \frac{12m}{96s} = 0.125 m/s$$

سرعت حرکت روکش

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

$$v = 0.125 m/s$$

$$s = 3m \times 3 = 9m$$

طول سه اتاقک

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v} \Rightarrow t = \frac{9m}{0.125 m/s} = 72s$$

۱-۲-۲- سرعت خطی غیر یکنواخت: جسمی که در مسیر خطی حرکت غیر یکنواخت داشته باشد، سرعت آن را سرعت خطی غیر یکنواخت 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.

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

حل:

$$v = \frac{300}{2} = 150 \text{ m/min}$$

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

$$v = 150 \times 60 = 9000 \text{ m/h} \rightarrow 9000 \div 1000 = 9 \text{ km/h} \quad \text{سرعت متوسط}$$

واحد سرعت: معمولاً در صنعت بر حسب مورد واحدهای مختلفی برای سرعت در نظر 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: m³/s (متر مکعب بر ثانیه)

تمرین

۱- 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 به دست آورید؛ در صورتی که سرعت عمودی ۲ متر بر ثانیه و سرعت افقی ۴ متر بر ثانیه باشد.

۲- 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.)

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

۴- در یک دستگاه خشک کن 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 متر مربع روکش را می‌توان خشک کرد؟ (حرکت روکش در دستگاه خشک‌کن به صورت عرضی است).

۵- بر روی یک ماشین فرز میزی، پیش‌برنده‌ای 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؟ (در صورتی که هر شاخه زهوار ۲/۵ متر طول و جمعاً ۲۰ درصد وقت تلف شده منظور گردد).

۶- برای جا به جایی پالت‌های تخته سه‌لایی از دو لیفتراک استفاده شده است. در مدت ۳ ساعت 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 جا به جا کند).

۷- 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 به دست آورید.

۳-۲-۱- سرعت دورانی (محیطی): سرعت حرکت اجسام دوار را «سرعت محیطی» نامند؛ مانند حرکت اره گرد، پولی ماشین فرز، مته و غیره. اگر نقطه‌ای مانند P 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.

$$v = d \cdot \pi \cdot n$$

علایم اختصاری:

v: سرعت محیطی (m/s)

d: قطر چرخ (m)

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

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 ۹ میلی‌متر است.

$$d = 9 \text{ mm} \div 1000 = 0.009 \text{ m}$$

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

$$n = 2850 \text{ ۱/min} \div 60 = 47 \text{ ۱/s}$$

$$v = d \cdot \pi \cdot n = 0.09 \text{ m} \times 3.14 \times 47 \text{ ۱/s} = 13.4235 \approx 13.4 \text{ m/s}$$

مثال نمونه «۲»: عده‌ی دوران پره‌های هواکشی را در هر دقیقه حساب کنید؛ در صورتی که قطر پره‌های آن ۴۵۰ میلی‌متر بوده سرعت محیطی آن $v = 4/35 \text{ m/s}$ باشد.

$$d = 450 \div 1000 = 0.45 \text{ m}$$

$$v = 4/35 \text{ m/s} \times 60 = 261 \text{ m/min}$$

$$n = \frac{v}{d \cdot \pi} \Rightarrow n = \frac{261 \text{ m/min}}{0.45 \text{ m} \times 3.14} \approx 184.7 \text{ ۱/min}$$

۴-۲-۱- 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 به وسیله تیغه‌ی برنده از روی سطح در واحد زمان (ثانیه) جدا می‌شود. بنابراین سرعت برش برابر است با:

$$v = d \cdot \pi \cdot n$$

مسئله نمونه: یک ماشین مته برقی دستی مطابق شکل ۲-۱ 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؟

$$d = 8 \text{ mm} \div 1000 = 0.008 \text{ m}$$

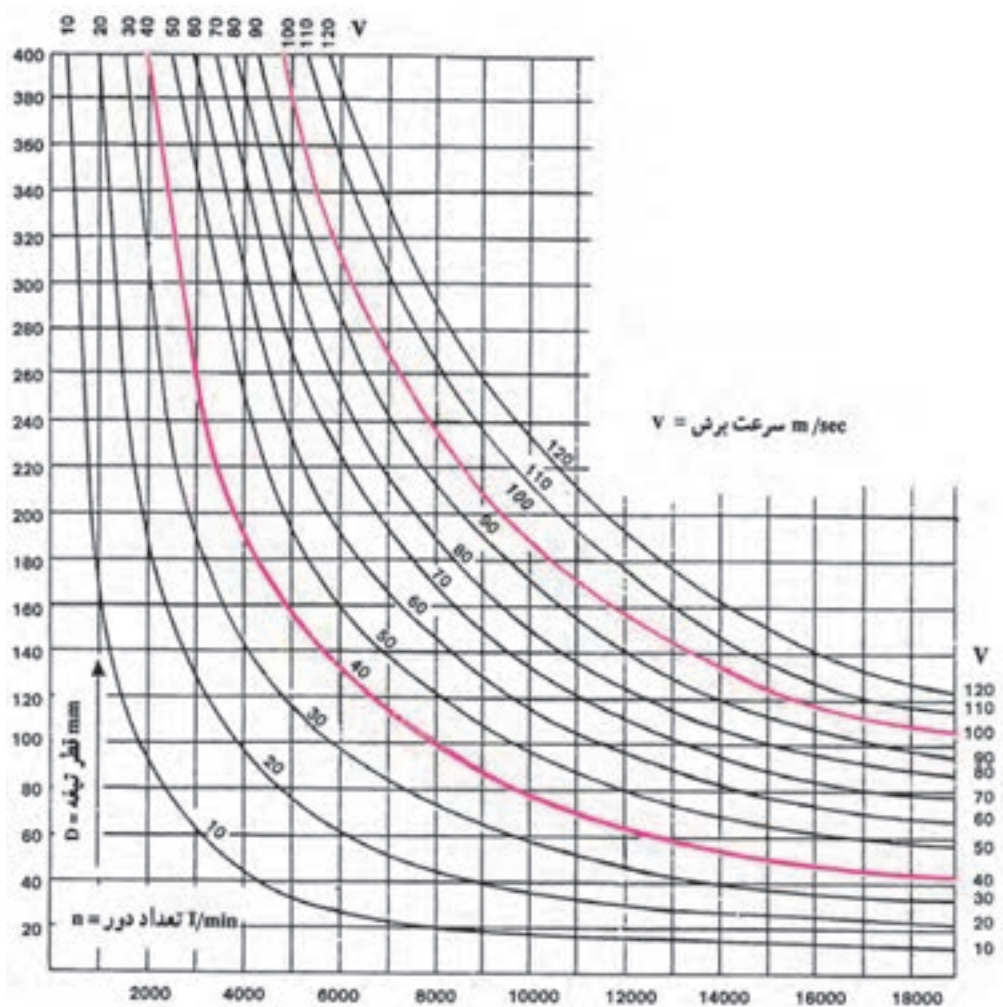
$$n = \frac{v}{d \cdot \pi} = \frac{25 \text{ m/min}}{0.008 \text{ m} \times 3.14} = 995.2 \text{ ۱/min} \approx 1000 \text{ ۱/min}$$

انتخاب می‌شود.



شکل ۲-۱- 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 ۱-۱ استفاده کرد.



نمودار ۱-۱- نمودار سرعت برش (هنگام محاسبه باید به واحدهای آن‌ها توجه کرد)
در اغلب ماشین‌های صنایع چوب یک سرعت برش مناسب سرعتی بین 40 m/s تا 100 m/s می‌باشد.

روش استفاده از نمودار سرعت برش

مثال: دستگاهی با تعداد دور $7000 \frac{1}{\text{min}}$ و قطر تیغه‌ای برابر 180 mm مفروض است سرعت برشی آن چند متر بر ثانیه می‌باشد؟

جواب: قطر تیغه را (18°mm) از ستون عمودی و تعداد دور را ($7000 \frac{1}{\text{min}}$) از ردیف افقی

انتخاب کرده بر هم عمود می‌کنیم تا منحنی مورد نظر (سرعت برش) به دست آید که در این مثال، محل تقاطع بین دو منحنی 6° و 7° قرار می‌گیرد؛ بنابراین، سرعت برشی تقریباً معادل 65 متر بر ثانیه به دست می‌آید.

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

جدول ۱-۱- جدول سرعت برش

نوع تیغه نوع چوب	تیغه از جنس HSS ^۲	تیغه از جنس TC ^۱
چوب‌های نرم	$4^\circ - 8^\circ \text{ m/s}$	$5^\circ - 9^\circ \text{ m/s}$
چوب‌های سخت	$4^\circ - 7^\circ \text{ m/s}$	$5^\circ - 8^\circ \text{ m/s}$
تخته‌های آغشته به چسب	—	$35 - 6^\circ \text{ m/s}$
تخته خرده چوب	—	$6^\circ - 8^\circ \text{ m/s}$
تخته فیبر سخت	—	$3^\circ - 6^\circ \text{ m/s}$
تخته‌های با روکش ملامینه	—	$4^\circ - 6^\circ \text{ m/s}$

تمرین

۱- دستگاه سنگ تیغ تیزکنی دو طرفه دارای تعداد دور $3000 \frac{1}{\text{min}}$ است. اگر قطریکی از سنگ‌ها 12cm و دیگری 15cm باشد، اختلاف سرعت محیطی دو سنگ را به دست آورید.

۲- فرز برقی دستی با 27000 دور بر دقیقه موجود است، اگر از تیغ فرزهای با قطرهای داده شده استفاده شود سرعت محیطی برای هر تیغ را به دست آورید:

$$d_1 = 15 \text{mm}$$

$$d_3 = 25 \text{mm}$$

$$d_2 = 18 \text{mm}$$

$$d_4 = 30 \text{mm}$$

^۱- TC = Tungsten Carbide

^۲- HSS = High Speed Steel

۳- برای برش صفحات تخته خرده چوب نیاز به سرعت برشی معادل 70 m/s است. اگر تعداد دور میله گردنده دستگاه اره گرد 4500 دور بر دقیقه باشد، تیغه اره گرد چه قطری باید داشته باشد؟

۴- سرعت برش ماشین اره گردی را با مشخصات زیر محاسبه کرده و با سرعت به دست آمده از نمودار ۱-۱ مقایسه نمایید.

تعداد دور	قطر تیغه اره
$1/\text{min}$	mm
3200	300
2500	400

۵- قطر تیغه اره گردی را به دست آورید در صورتی که سرعت محیطی آن 12 متر بر ثانیه و تعداد دوران آن 500 دور بر دقیقه باشد.

۶- تعداد دور یک دستگاه اره گرد 2500 دور بر دقیقه است. اگر قطر اره گرد 400 میلی متر باشد، سرعت برش تیغه اره گرد چه قدر است؟

۷- اگر تعداد دور محور یک ماشین رنده 3000 دور بر دقیقه و قطر آن 140 میلی متر باشد، سرعت برش تیغه رنده را معلوم کنید.

۸- دستگاه فرزی برای انجام اتصال گرات تنظیم شده است. اگر قطر تیغه فرز 15 میلی متر و سرعت برش 25 متر بر ثانیه باشد تعداد دوران دستگاه چقدر است؟

۳-۱- پیشبرد کار در ماشین های صنایع چوب

مقدار برشی که یک ماشین صنایع چوبی در واحد زمان (دقیقه) انجام می دهد، تحت عنوان «سرعت پیشبرد کار» مطرح است و به طور کلی نوعی از سرعت یکنواخت محسوب می شود؛ بنابراین، رابطه ی محاسبه ی سرعت پیشبرد کار بدین شرح است:

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

علامه اختصاری:

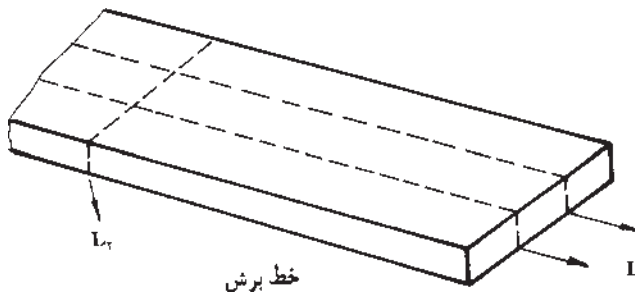
S : سرعت پیشبرد کار بر حسب متر بر دقیقه (m/min)

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 :

- ۱- سرعت برش، ۲- ضخامت، نوع چوب و رطوبت آن ۳- تعداد تیغه و کیفیت برش آنها، ۴- دقت مورد انتظار از کار انجام شده، ۵- مقدار نیرویی که به قطعه کار وارد می شود.
- مثال نمونه: تعداد ۱۰ عدد تخته به طول ۵ متر و به عرض ۲۲ سانتی متر موجود است، اگر بخواهیم آنها را به قطعاتی به طول ۲/۵ متر و عرض ۷ سانتی متر تبدیل کنیم (مطابق شکل ۱-۳) در صورتی که سرعت پیشبرد کار ۴ متر بر دقیقه و اتلاف وقت ۲۰٪ منظور گردد زمان انجام کار را محاسبه نمایید.



شکل ۱-۳

حل:

$$L_1 = 10 \times 5 \times 2 = 100 \text{ m}$$

برش طولی

$$L_2 = 22 \times 10 = 220 \text{ cm} = 2/2 \text{ m}$$

برش عرضی

$$L = L_1 + L_2 = 100 + 2/2 = 102/2 \text{ m}$$

مقدار برش

$$S = \frac{L}{t} \Rightarrow t = \frac{L}{S} = \frac{102/2}{4} = 25/55 \text{ min}$$

$$25/55 + (25/55 \times \frac{20}{100}) = 25/55 + 5/11 = 30/66 \text{ min}$$

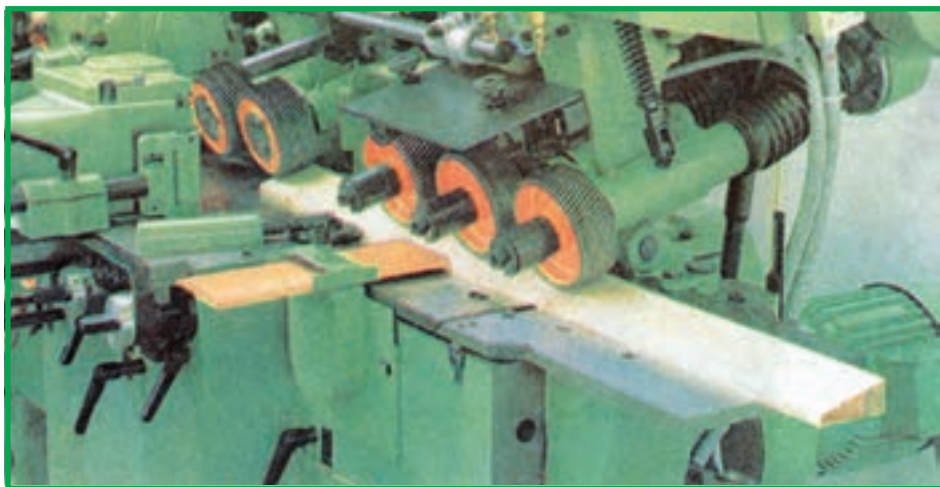
تمرین

۱- قطعه کاری را به دو روش می توانیم آماده کنیم. از این دو حالتی که ذکر می شود، کدام یک

زمان کمتری را می برد؟

الف) 30° متر برش به وسیله اره نواری با سرعت پیشبرد 12 متر بر دقیقه، هم چنین 60° متر رنده کاری با سرعت پیشبرد 15 متر بر دقیقه.

ب) 30° متر برش به وسیله اره مجموعه با تیغه‌ی الماسه و سرعت پیشبرد 8 متر بر دقیقه.
 ۲- سرعت پیشبرد یک دستگاه فرز مطابق شکل ۴-۱، 4 متر بر دقیقه است. اگر 2% اتلاف وقت منظور گردد، این دستگاه در هر ساعت چند متر کار را افزار می‌زند.



شکل ۴-۱- دستگاه فرز اتوماتیک

۳- لبه 10° عدد صفحه میزگرد به قطر 95 سانتی متر را می‌خواهیم افزار بزنیم. اگر سرعت پیشبرد دستگاه فرز $2/5$ متر بر دقیقه باشد و زمان آماده‌سازی قبل از فرزکاری برای هر صفحه 2 دقیقه در نظر گرفته شود، زمان انجام کار را در مجموع تعیین نمایید.

۴- برای پوشش دیواری به تعدادی تخته نیازمندیم. با توجه به کارهای پیشنهادی، زمان ساخت قطعات پوششی را مطابق با شکل ۵-۱ محاسبه نمایید.



شکل ۵-۱- مقطع قطعات پوششی

الف) 40° متر برش توسط اره نواری با سرعت پیشبرد 10 متر بر دقیقه؛

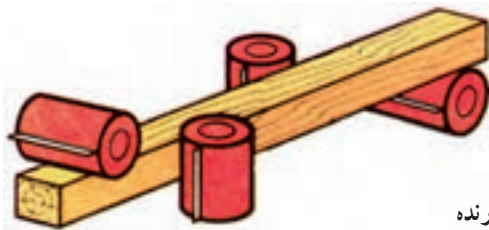
ب) 80° متر رنده کاری با سرعت پیشبرد 5 متر بر دقیقه؛

ج) 80° متر فرزکاری با سرعت پیشبرد 3 متر بر دقیقه؛

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

۵- 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 ۶-۱- چهار طرف رنده

الف) دستگاه چهار طرف رنده مطابق شکل ۶-۱ 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.

۶- 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.



شکل ۷-۱- پنجره

۷- برای ساخت پنجره‌ای مطابق شکل ۷-۱ 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 ۴۰ 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.

۸- برای لبه چسبانی ۵۰۰ عدد صفحه‌ی میز ناهارخوری مستطیل شکل به ابعاد ۹۰cm × ۱۵۰cm از جنس نوار PVC از ماشین لبه چسبان اتوماتیک (مطابق شکل) با سرعت پیشبرد کار $10 \frac{m}{min}$ 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 ۸-۱

۴-۱- مقدار برش هر دندان اره یا تیغه رنده

۴-۱-۱ طول برش هر دندان 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 برعکس، 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 :

$$l = \frac{S \times 1000}{n \cdot z}$$

علایم اختصاری:

l : مقدار برش هر دندان (mm)

S : سرعت پیشبرد کار (m/min)

z : تعداد دندانه

n : تعداد دور دستگاه (1/min)

مثال نمونه «۱»: تعداد دور دستگاه اَره گردی $n = 1200$ 1/min می باشد، اگر سرعت پیشبرد

کاری $S = 20$ m/min و تعداد دندانه های تیغه اَره 50 عدد باشد، مقدار برش هر دندان را به دست آورید.

$$l = \frac{S \times 1000}{n \cdot z} \Rightarrow l = \frac{20 \times 1000}{1200 \times 50} = 0.33 \text{ mm}$$

مقدار برش هر دندان باید نسبت به نوع ماده اولیه انتخاب شود تا کیفیت برش به حد مطلوب

برسد. در جدول ۱-۲ مقدار برش تعدادی از ماده اولیه ی چوبی نمایان است.

جدول ۱-۲ مقدار برش هر دندان اَره نسبت به ماده اولیه

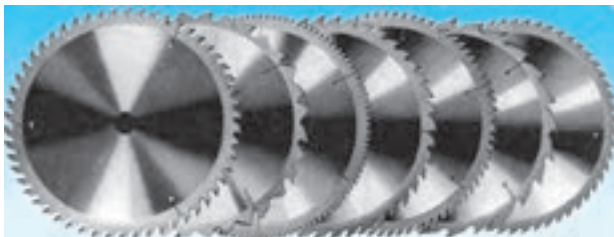
ماده اولیه چوبی	چوب ماسیو در راه الیاف	تخته خرده چوب	تخته لایه	چوب های فشرده شده	چوب های روکش شده	صفحات با روکش ملامینه
مقدار برش هر تیغه l (mm)	$0.10 - 0.20$	$0.05 - 0.25$	$0.05 - 0.25$	$0.03 - 0.08$	$0.03 - 0.10$	$0.03 - 0.06$

مثال نمونه «۲»: دستگاه اَره گردی با تعداد دور $n = 4500$ 1/min موجود است. قرار است

صفحات تخته خرده چوبی را با سرعت پیشبرد کار $S = 60$ m/min برش بزنیم. اگر مقدار برش هر

دندان $l = 0.24$ mm در نظر گرفته شود، تعداد دندانه های تیغه اَره را محاسبه نمایید.

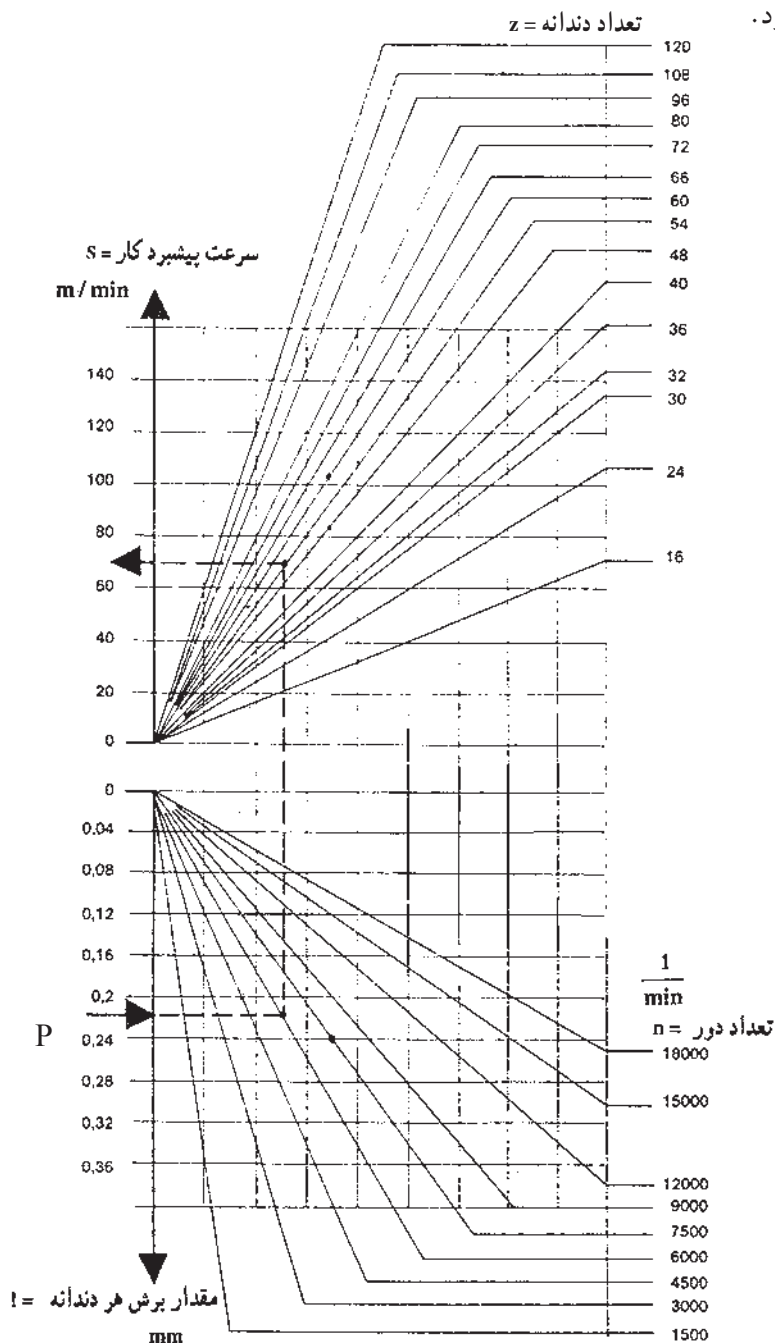
$$z = \frac{S \times 1000}{n \cdot l} = \frac{60000}{4500 \times 0.24} = 55.5 \approx 56 \quad \text{عدد}$$



شکل ۹-۱ انواع تیغه اَره گرد

به منظور سهولت در امر محاسبات برای تعیین مقدار برش هر دندانه اره می توان از نمودار ۱-۲

استفاده نمود.



نمودار ۱-۲- نمودار مقدار برش هر دندانه

روش استفاده از نمودار (۲-۱)

مثال: تعداد دندانه یک اره گرد $Z = 54$ عدد و تعداد دوران آن 6000° دور بر دقیقه است، چنانچه مقدار برش هر دندانه 0.22° میلی متر در نظر گرفته شود، سرعت پیشبرد کار را محاسبه کنید. راه حل: عدد 0.22° را از ستون مربوط به مقدار برش هر دندانه (ستون قسمت پایین نمودار) انتخاب نموده به صورت افقی حرکت می کنیم تا خط مورب مربوط به تعداد دوران، یعنی $n = 6000$ را قطع کند؛ سپس از تقاطع به دست آمده حرکت عمودی به طرف بالا انجام داده تا خط مورب مربوط به تعداد دندانه ($Z = 54$) 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 70 m/min به دست خواهد آمد.

۲-۴-۱- عرض اثر هر تیغه رنده (گام رنده - داغ رنده) روی چوب در ماشین های رنده: فرورفتگی هایی که هنگام رنده کردن بر اثر تیغه رنده در امتداد طول چوب پهلوی یکدیگر قرار می گیرند، به تعداد دور رنده، تعداد تیغه های رنده، سرعت پیشبرد کار و پرتیغ یا کم تیغ بودن ماشین بستگی دارد. هر چه تعداد فرورفتگی ها بیشتر و فاصله آن ها کمتر باشد، سطح رنده شده صاف تر است (شکل ۱-۱۰).



شکل ۱-۱۰- اثر تیغه رنده

برای محاسبه عرض و عمق اثر تیغه رنده با این روش عمل می شود:
الف) عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب:

$$a = \frac{S \times 1000}{n \times Z}$$

رابطه:

علایم اختصاری:

a : عرض اثر تیغه رنده (mm)

S : پیشبرد کار (m/min)

n : تعداد دور دستگاه (1/min)

z : تعداد تیغه

مثال نمونه «۱» : عرض اثر هر تیغه رنده را روی چوب ماشین رنده ای با این مشخصات به دست

آورید :

$$n = 4000 \frac{1}{\text{min}} \quad z = 2 \quad S = 16 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

عرض اثر هر تیغه روی چوب

$$a = \frac{S \times 1000}{n \cdot z} \quad a = \frac{16 \times 1000}{4000 \times 2} = 2 \text{ mm}$$

مثال نمونه «۲» : عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب ماشینی را با مشخصات یاد شده، در صورتی

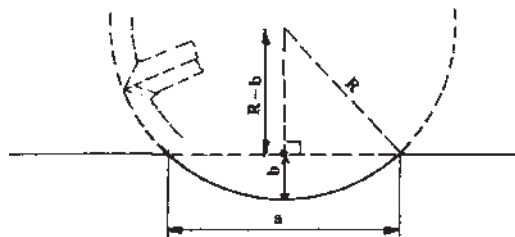
که تعداد تیغه ۳ عدد باشد، به دست آورید.

$$a = \frac{S \times 1000}{n \cdot z} = \frac{16 \times 1000}{4000 \times 3} \quad a = 1/33 \text{ mm}$$

بنابراین، اگر بخواهیم پیشبرد کار را در ماشین رنده زیاد کنیم و در عین حال، سطح رنده شده هم چنان صاف و هموار باشد، باید از غلتکی استفاده شود که تعداد تیغه های آن بیشتر باشد؛ در غیر این صورت اگر تعداد تیغه ها 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 صاف تر می شود؛ با این تفاوت که کار در زمان بیشتر انجام می گیرد و از میزان محصول کاسته می شود.

۳-۴-۱- عمق اثر هر تیغه رنده روی چوب: مطابق شکل ۱۱-۱ می توان با استفاده از

رابطه فیثاغورث و حل معادله ی درجه دوم عمق اثر تیغه را روی چوب (b) به دست آورد.



شکل ۱۱-۱- اثر تیغه رنده تنظیم شده

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

رابطه :

علایم اختصاری:

b : عمق اثر هر تیغه رنده (mm)

R : شعاع برنده ی تویی ماشین رنده (mm)

a : عرض اثر هر تیغه رنده (mm)

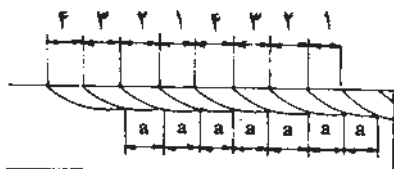
مثال نمونه «۱» : اگر عرض اثر تیغه رنده روی چوب $a = 1/5 \text{ mm}$ و شعاع دایره برنده تویی $R = 60 \text{ mm}$ باشد، عمق اثر تیغه رنده را روی چوب به دست آورید.

$$b = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} \Rightarrow b = 60 - \sqrt{60^2 - \left(\frac{1/5}{2}\right)^2} \approx 0/005 \text{ mm}$$

از حل این مسأله نتیجه می گیریم که اگر یکی از تیغه ها $0/005 \text{ mm}$ از تیغه دیگر عقب تر نشسته باشد دیگر با آن تیغه نمی توان تیزی های ایجاد شده را بین ضربه تیغه اول و دوم بر طرف ساخت (شکل ۱-۱۲).



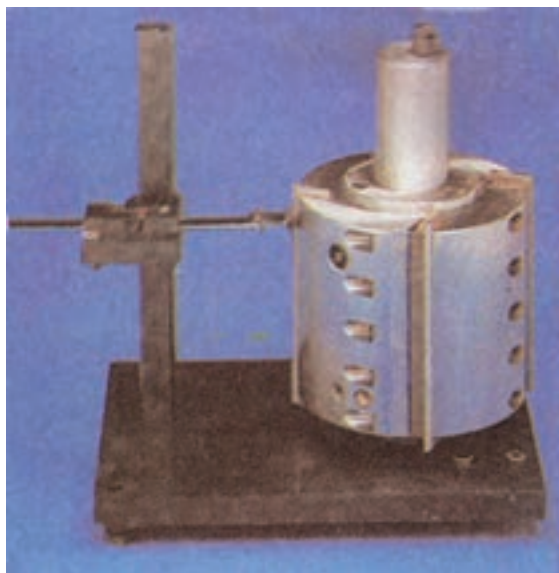
شکل ۱-۱۲ اثر تیغه رنده تنظیم نشده



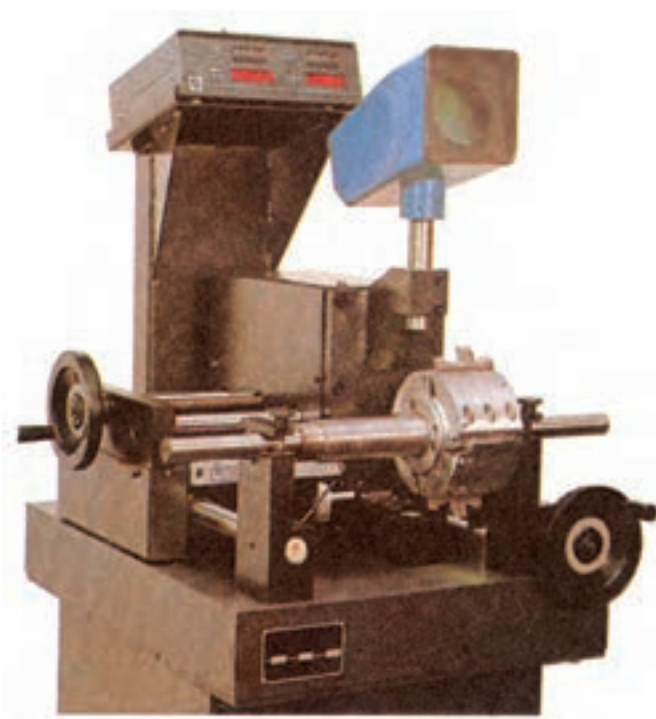
شکل ۱-۱۳ اثر تیغه رنده تنظیم شده

طبیعی است که بالا بردن کیفیت و مرغوب بودن رنده کاری هنگامی میسر است که تیغ ها آن گونه تنظیم شوند که به یک اندازه به چوب بچسبند (شکل ۱-۱۳).

با توجه به اهمیت موضوع در شکل های ۱-۱۴ و ۱-۱۵ دو نمونه دستگاه تنظیم تیغه دستی و دیجیتالی روی تویی رنده نشان داده شده است.



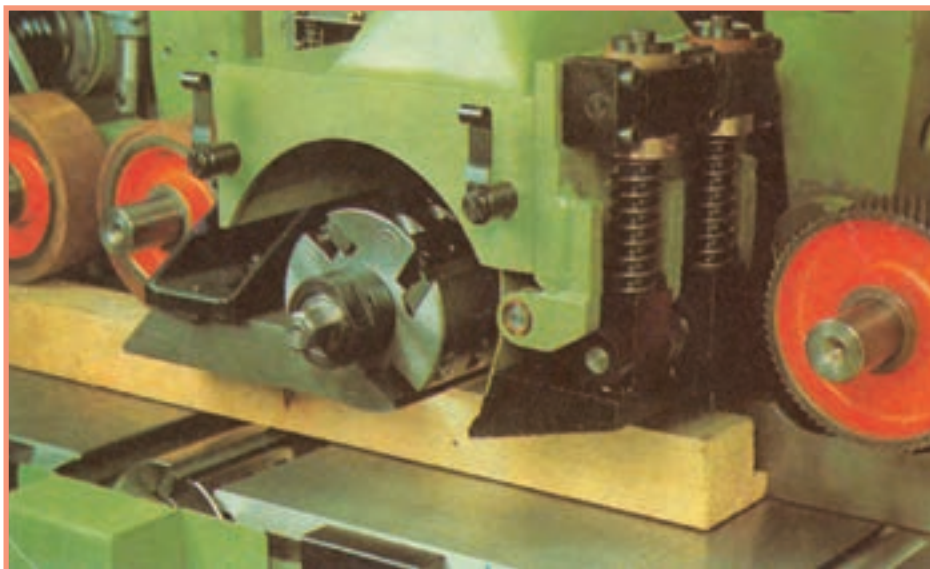
شکل ۱۴-۱- دستگاه تنظیم تیغه رنده با دست



شکل ۱۵-۱- دستگاه تنظیم تیغه رنده دیجیتالی

مثال نمونه «۲»: دستگاه رنده ای مطابق شکل ۱۶-۱ با مشخصات زیر موجود است.

$$z = 4 \quad n = 6000 \frac{1}{\text{min}} \quad R = 8 \text{ cm} \quad (\text{شعاع تویی رنده})$$



شکل ۱۶-۱- دستگاه رنده

الف) اگر کیفیت سطح رنده شده چنان باشد که حداکثر گام رنده ۱ میلی متر شود سرعت پیشبرد کار تا چه اندازه باید تنظیم گردد؟
 ب) در این صورت عمق اثر تیغه رنده چه اندازه می باشد؟
 حل:

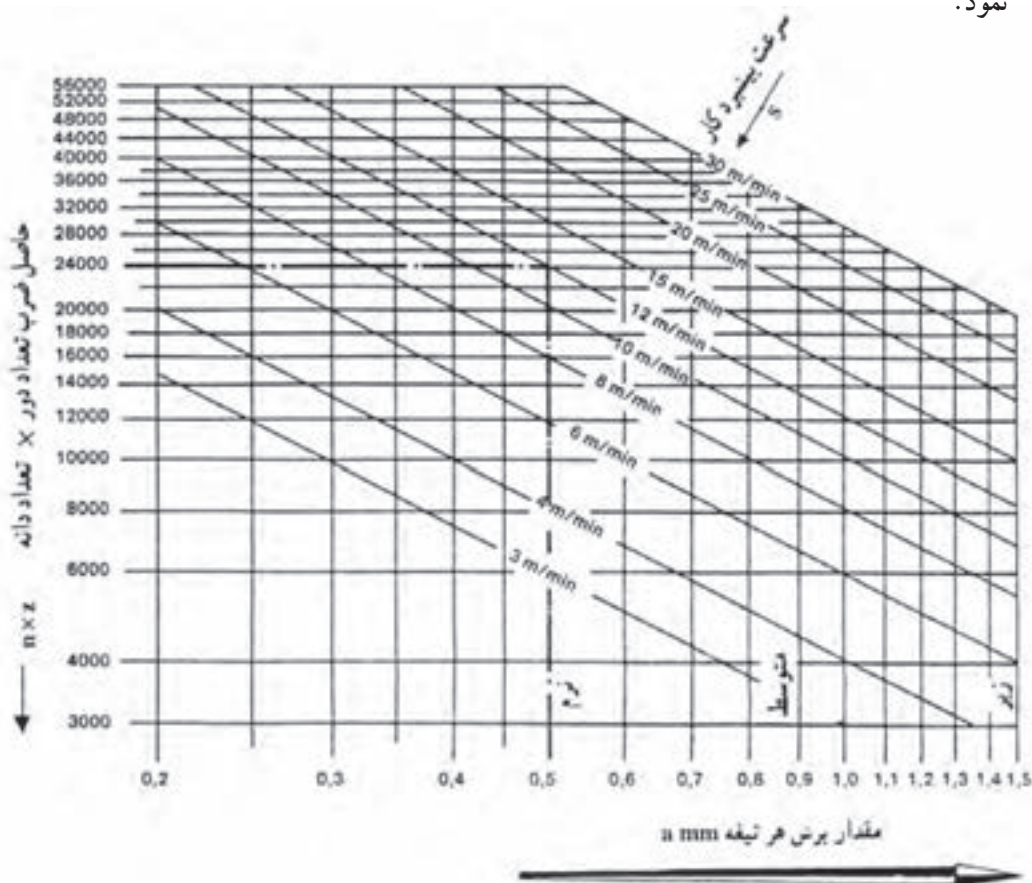
$$a = \frac{S \times 1000}{n \times z} \quad S = \frac{S \times z \times n}{1000} \quad (\text{الف})$$

$$S = 6000 \frac{1}{\text{min}} \times 4 \times 1 \text{ mm} = 24000 \text{ m/min}$$

$$24000 \div 1000 = 24 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad \text{سرعت پیشبرد کار}$$

$$b = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{a}{z}\right)^2} \Rightarrow b = 80 - \sqrt{80^2 - \left(\frac{1}{4}\right)^2} \Rightarrow b \approx 0.002 \text{ mm} \quad (\text{ب})$$

علاوه بر روش محاسباتی برای به دست آوردن عرض اثر تیغه می‌توان از نمودار ۱-۳ استفاده نمود.



نمودار ۱-۳- تعیین مقدار برش هر تیغه

مثال نمونه «۱»: دستگاه کف رندی با تعداد دور $1/min$ ۶۰۰۰ و دارای ۴ عدد تیغه موجود است. اگر سرعت پیشبرد کار را $12 m/min$ اختیار کنیم، مقدار برش هر تیغه را به دست آورید.

حل: با تعیین مقدار $n \times z$ ($n \times z = 6000 \times 4 = 24000$) در ستون سمت چپ، افقی حرکت کرده تا خط پیشبرد کار که به صورت مورب قرار گرفته را قطع کند و از تقاطع به دست آمده به طرف پایین حرکت کرده تا مقدار برش هر تیغه به دست آید.

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

جدول ۳-۱- کیفیت سطح رنده شده

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

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 یک طرفه رنده شود چه کیفیتی برای سطح رنده شده خواهیم داشت :

$$n = 5000 \text{ ۱/min} \quad z = 4$$

$$200 \times 4 / 5 \text{ m} = 160 \text{ m} \quad \text{حل: طول تخته‌ها}$$

$$S = \frac{160 \text{ m}}{6 \text{ min}} = 26.67 \text{ m/min}$$

$$a = \frac{S}{n \times z} \Rightarrow a = \frac{26.67 \text{ m/min} \times 1000}{5000 \times 4} = 0.00133 \text{ m} = 1.33 \text{ mm} \quad \text{عرض اثر تیغه}$$

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

تمرین

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

۲- در صورتی که تعداد دور دستگاه اره گردی ۳۰۰۰ ۱/min ، و سرعت پیشبرد کار ۶۰ m/min در نظر گرفته شود، تعداد دندان‌های تیغه‌اره حداقل چه قدر باشد، تا مقدار برش هر تیغه از ۲۵mm/بیشتر نباشد.

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

$$a = 0.00133 \text{ m} \quad S = 26.67 \text{ m/min} \quad z = 4$$

۴- جواب تمرین‌های ۱ الی ۳ را از روی نمودار مربوط به دست آورید. با روش محاسباتی

مقایسه کنید و نتیجه بگیرید.

۵-اره گردی که دارای $z=72$ دندانه و $n=4500 \frac{1}{\text{min}}$ است: الف) برای به دست آوردن $i=0.2 \text{ mm}$ 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- سطح رنده شده قطعه کاری با کیفیت درجه ۳ که عرض اثر تیغه رنده حداکثر $a=1/5 \text{ mm}$

باشد، لازم است. اگر ماشین رنده دارای تویی ۴ تیغه و دو تعداد دور $n_1=4000 \frac{1}{\text{min}}$ و $n_2=6000 \frac{1}{\text{min}}$ باشد؛

الف) کدام دور دستگاه را انتخاب می کنید؛ در صورتی که سرعت پیشبرد کار 15 m/min

تنظیم شده باشد؟

ب) اگر تعداد دور دستگاه را تغییر دهیم چه سرعت پیشبرد کاری را می توانیم انتخاب کنیم تا

همان کیفیت کار را داشته باشیم؟

ج) در مقایسه حالت «الف» و «ب» اگر لازم باشد 50° متر قطعه کار رنده شود، اختلاف زمان

را به دست آورید.

د) اگر قطر تویی دستگاه ۱۲ سانتی متر باشد عمق اثر تیغه رنده را به دست آورید.

۷- قرار است قطعاتی را با دستگاه ماشین سنباده غلتکی مطابق شکل ۱۷-۱ سنباده نماییم. این

قطعات قبلاً توسط دستگاه رنده ای با قطر تیغه 12 cm ، دارای چهار تیغ و تعداد دور $4500 \frac{1}{\text{min}}$ رنده

شده اند، چه سرعت پیشبرد کاری برای رنده کردن انتخاب نماییم تا عمق اثر تیغه رنده 0.5 mm

باشد و عملیات سنباده زدن ساده تر گردد؟



شکل ۱۷-۱- ماشین سنباده غلتکی

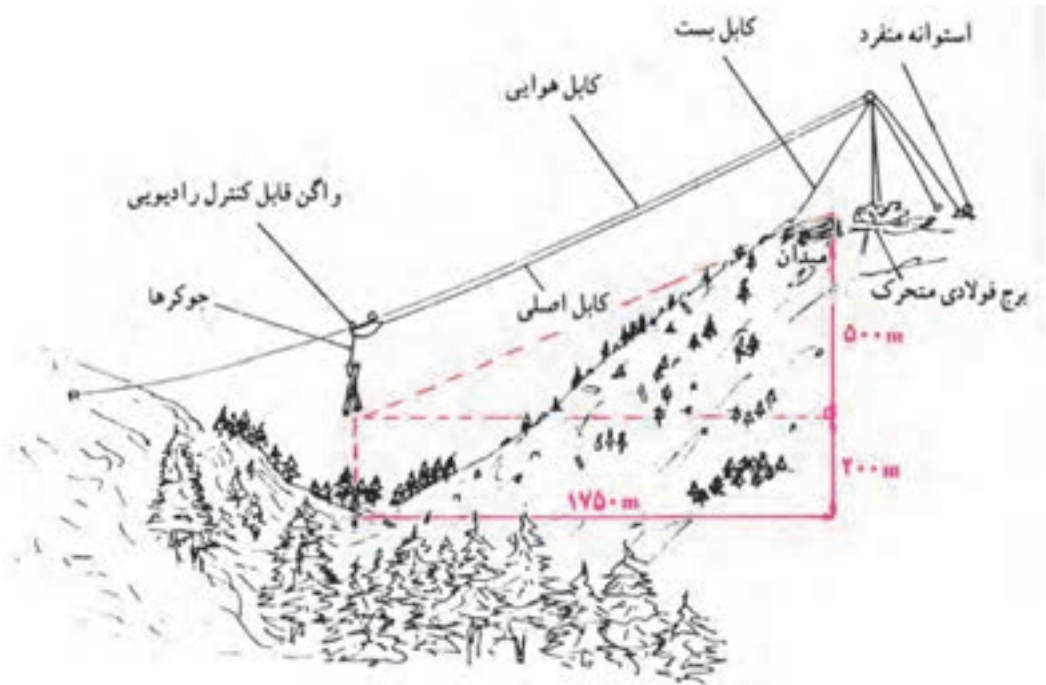
۸- انواع تویی ها با تعداد تیغه های متفاوت مطابق شکل ۱۸-۱ موجود است ؛ که اگر هر چه تعداد تیغه بیشتر باشد می توان سرعت پیشبرد کار را افزایش داد یا کیفیت بهتری از کار انتظار داشت. حال اگر فرض شود در یک دستگاه فرز تعداد دور تیغه $n = 5000 \frac{1}{\text{min}}$ و سرعت پیشبرد کار $S = 20 \text{ m/min}$ باشد، تویی چند تیغه را انتخاب می کنید؟ (در صورتی که عرض اثر تیغه روی سطح کار حداکثر $1/2 \text{ mm}$ باشد.)



شکل ۱۸-۱ انواع تویی با تیغه های متفاوت

سوالات آزمون پایان فصل اول

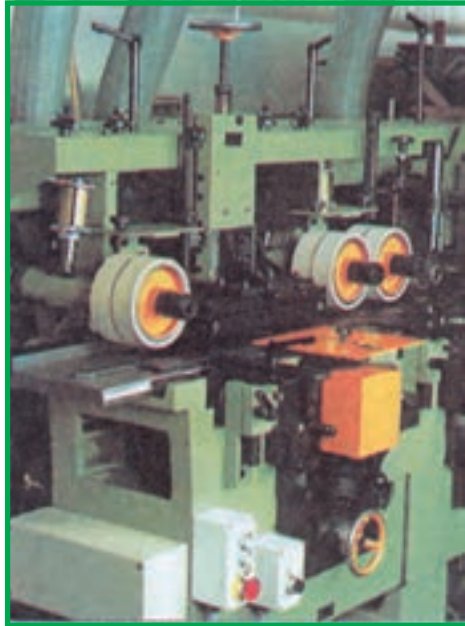
- ۱- زمان انتقال گرده بینه را از پایین دره به بالای تپه مطابق شکل ۱۹-۱ محاسبه نمایید؛
 در صورتی که گرده بینه‌ها دو حرکت خواهد داشت:
 الف) حرکت عمودی به ارتفاع ۲۰۰ متر با سرعت ۴۰ متر بر دقیقه.
 ب) حرکت در مسیر کابل هوایی با سرعت ۶۰ متر بر دقیقه.



شکل ۱۹-۱- نمای انتقال گرده بینه از جنگل به میدان جمع آوری

- ۲- قطر تیغه اره گردی را به دست آورید که تعداد دور میله‌ی آن $\frac{1}{6000} \text{ min}$ و سرعت برشی معادل ۸۰ متر بر ثانیه داشته باشد. اگر گام هر دندان ۶/۵ میلی متر باشد، تیغه دارای چند دندان خواهد بود؟

- ۳- سرعت پیشبرد دستگاه فرز را مطابق شکل ۲۰-۱ حساب کنید؛ در صورتی که در مدت ۲ ساعت ۷۵۰ شاخه زهوار ۲/۵ متر را افزار زده است؛ هم چنین ۱۲ درصد اتلاف وقت برای این دستگاه منظور می شود.



شکل ۲۰-۱- دستگاه فرز اتوماتیک

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

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

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

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

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

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

۵- تعداد دور میله ی کف رندی ۵۵۰۰ دور بر دقیقه است. اگر تویی 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 میلی متر باشد چه سرعت پیشبردی را انتخاب می کنید؟ در این حالت عمق اثر هر تیغه رنده را به دست آورید.

۶- اگر با استفاده از دستگاه برش صفحات MDF (شکل ۲۱-۱) در صفحاتی به ابعاد ۱۸۳×۳۶۶ ، 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 ۲۱-۱- دستگاه تمام اتوماتیک برش صفحات MDF

انتقال حرکت و نیرو در ماشین‌های عمومی صنایع چوب

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

- ۱- متداول‌ترین روش‌های انتقال حرکت را نام ببرد؛
- ۲- نمونه‌های مختلف تسمه را بشناسد و ویژگی‌های آن‌ها را شرح دهد؛
- ۳- طول تسمه را محاسبه نماید؛
- ۴- تعداد دور چرخ تسمه را محاسبه کند؛
- ۵- محاسبات مربوط به چرخ‌دنده و چرخ زنجیر را انجام دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

۲- انتقال حرکت و نیرو در ماشین‌های عمومی صنایع چوب

به‌طور کلی به‌منظور انتقال حرکت و نیرو از محرک به‌متحرک روش‌های مختلفی وجود دارد؛ از جمله تسمه و چرخ تسمه، زنجیر و چرخ زنجیر، دنده و چرخ دنده.

۲-۱- تسمه و چرخ تسمه

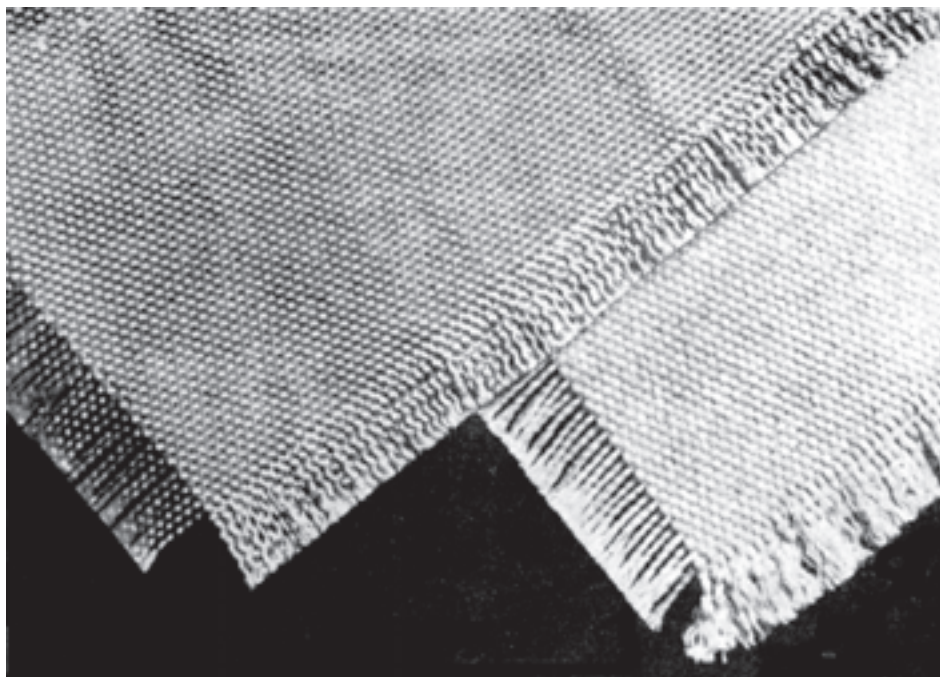
متداول‌ترین روش انتقال حرکت و نیرو تسمه و چرخ تسمه است که اطلاعات کاربردی در این زمینه ارائه خواهد شد.

۱- ۱- ۲- انواع تسمه: با توجه به نوع چرخ تسمه و قدرت الکتروموتور می‌توان از تسمه‌های مختلفی از نظر جنس (ترکیبات شیمیایی برگرفته از مواد نفتی همراه با مفتول‌های فلزی،

پارچه‌ای، چرمی، برزنت و غیره) و شکل ظاهری تسمه‌ها (شکل ۱-۲) استفاده نمود. تسمه‌ها هم به صورت آماده در اندازه‌های مختلفی وجود دارد و هم به صورت متریک موجود است که به اندازه مورد نظر بریده و با روش‌های خاص اتصال داده می‌شود.

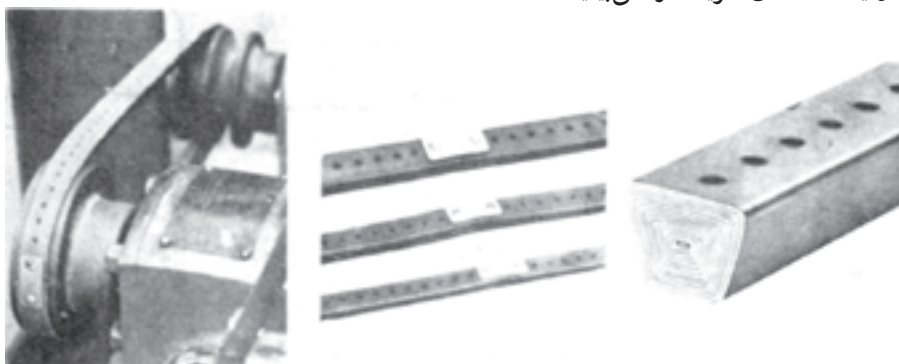


شکل ۱-۲- نمونه‌های مختلف تسمه



شکل ۲-۲- برزنت مورد مصرف در تسمه‌های برزنتی

برای نمونه در شکل ۲-۲ پارچه‌های مورد مصرف در تولید تسمه برزنتی نشان داده شده است که دارای تار و پود و تاب مخصوص بوده مواد اولیه آن شامل پنبه خالص بسیار مرغوب و همچنین پلی‌استر درجه یک است که تعداد لایه‌ها با توجه به نیاز تغییرپذیر است. اتصال در تسمه‌های متریک با توجه به نوع تسمه متفاوت است که در شکل ۲-۳ نمونه‌ای از اتصال یک تسمه‌ی متریک را می‌بینید.



شکل ۲-۳- نمونه‌ای از اتصال در تسمه‌های متریک

معمولی‌ترین نمونه تسمه با توجه به شکل ۱-۲ تسمه‌های با مقاطع تخت و یا دوزنقه‌ای است که در ماشین‌آلات صنایع چوب تسمه با مقطع دوزنقه کاربرد بیشتری دارد. برای انتخاب نوع تسمه باید این نکات را در نظر داشت:

۱- میزان دور موتور؛

۲- قدرت موتور؛

۳- تعداد شیارهای پولی؛

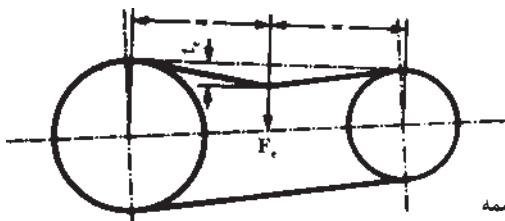
۴- شرایط فیزیکی و شیمیایی محل مورد مصرف.

با توجه به رعایت نکات ذکر شده و انتخاب نوع تسمه، اندازه‌ی آن را محاسبه و تسمه مورد نظر را می‌توان تهیه نمود.

مواردی که در طولانی شدن کاربرد تسمه مؤثر می‌افتد عبارتند از:

۱- جنس پولی: باید از فلزات فولاد و یا چدن یا مواد دیگری باشد که ضمن دارا بودن استحکام و سختی لازم در مقابل سایش نیز مقاوم باشد؛ همچنین کیفیت پولی باید به گونه‌ای باشد که در مقابل حرارت مقاوم و فشار وارد بر آن در اثر کشش تسمه در آن پارگی ایجاد ننماید؛ علاوه بر آن، در مقابل فشارهای نیروی گریز از مرکز- که در اثر چرخش سریع به وجود می‌آید - استحکام کافی داشته باشد.

۲- هنگام استفاده از تسمه باید فاصله چرخ‌ها به گونه‌ای تنظیم گردد که بتوان تسمه‌ها را به آسانی در داخل شیار پولی جایگذاری کرد و درجه آزادی تسمه‌ها نیز رعایت شود. میزان آزادی تسمه‌ها در شکل ۴-۲ نمایان است.

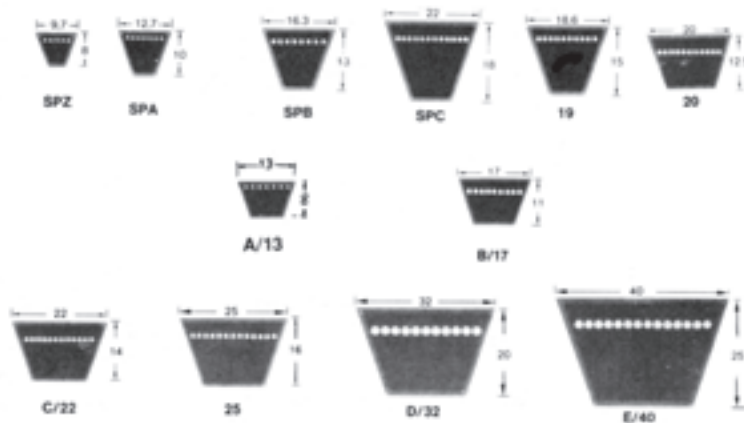


۳- زاویه تسمه و زاویه شیار پولی در تسمه‌هایی از نوع دوزنقه باید یکسان باشد.

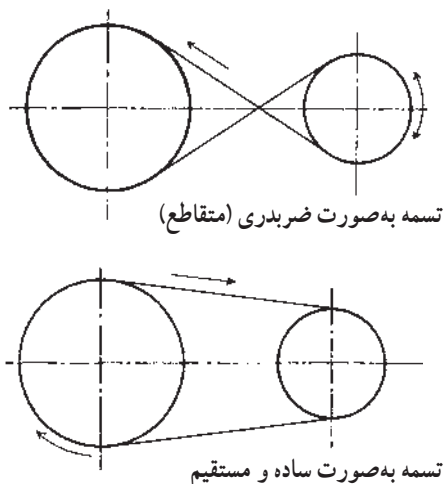
۲-۱-۲ ابعاد تسمه: در تسمه‌های تخت، عرض تسمه با توجه به عرض پولی آن انتخاب و طول تسمه از روابط مربوط به آن محاسبه می‌گردد و دو سر تسمه با توجه به روش خاص اتصال داده می‌شود.

در تسمه‌های دوزنقه‌ای، عرض تسمه نسبت به شیار پولی از گروه مربوط انتخاب و طول تسمه نیز از روابط مربوط محاسبه می‌گردد.

تاکنون تسمه‌هایی در کشور تولید می‌شود که دارای ۲۰ گروه مختلف و ۱۰۰۰ شماره طول می‌باشد. برای انتخاب تسمه باید گروه آن - که نشان دهنده عرض تسمه است - و طول آن را در نظر داشت. در شکل ۵-۲ چند گروه از تسمه‌ها نشان داده شده است؛ همچنین برای اطلاعات بیشتر به جدول‌های ضمیمه پایان کتاب، شماره‌های طولی تسمه که براساس قطر و ضخامت تسمه می‌باشد، رجوع شود.



شکل ۵-۲- گروه‌های مختلف تسمه



طول تسمه: در چرخ تسمه‌هایی که تسمه آن‌ها به صورت ساده و مستقیم قرار گرفته است گردش دورانی آن‌ها به یک طرف است و چنانچه بخواهیم جهت گردش آن‌ها را نسبت به هم تغییر دهیم تسمه را به صورت متقاطع (ضربدری) قرار می‌دهیم (شکل ۶-۲) که در ماشین‌های صنایع چوب جدید کاربردی ندارد.

شکل ۶-۲- روش قرار گرفتن تسمه روی پولی‌ها

طول تسمه به طور کلی با این عوامل رابطه‌ی مستقیم دارد.

الف) قطر چرخ محرک (d_1)

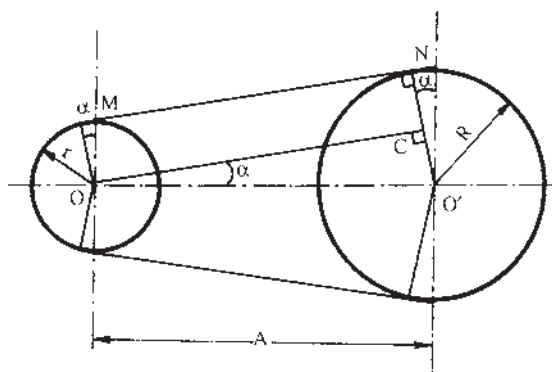
ب) قطر چرخ متحرک (d_2)

ج) فاصله‌ی دو محور (A)

د) زاویه تماس (α)

رابطه‌ی محاسبه طول تسمه:

تسمه به صورت ساده و مستقیم:



شکل ۷-۲- تسمه ساده و مستقیم

برای محاسبه زاویه α در مثل قائم‌الزاویه OCO' با استفاده از روابط مثلثاتی به شرح زیر

$$O'C = R - r$$

عمل می‌شود:

(α) را می‌توان از جدول مثلثاتی یا ماشین حساب به دست آورد)

$$\sin \alpha = \frac{R - r}{A}$$

$$MN = OC = \sqrt{A^2 - (R - r)^2}$$

$$L = 2MN + \frac{D\pi(18^\circ + 2\alpha)}{36^\circ} + \frac{d\pi(18^\circ - 2\alpha)}{36^\circ}$$

مثال نمونه «۱»: مطلوب است

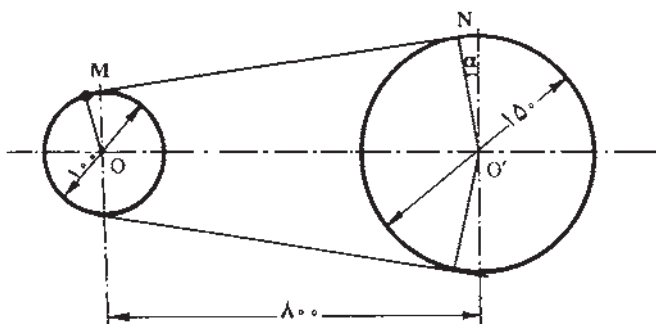
محاسبه‌ی طول تسمه از نوع تخت

در یک ماشین کف رند به طوری که

قطر چرخ محرک 10° میلی‌متر و قطر

چرخ متحرک 15° میلی‌متر و فاصله

دو محور 80° میلی‌متر باشد.



شکل ۸-۲- تسمه تخت ساده

حل مثال نمونه ۱:

$$R = \frac{D}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

$$r = \frac{d}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$O'C = R - r = 75 - 50 = 25 \text{ mm}$$

$$\sin \alpha = \frac{25}{80} = 0.3125$$

$$\alpha = 18.7^\circ \text{ یا } 19^\circ \text{ و } 47'$$

$$MN = OC = \sqrt{80^2 - (75 - 50)^2} \Rightarrow \sqrt{(80)^2 - (25)^2}$$

$$MN = \sqrt{639375} = 799.6 \text{ mm}$$

$$L = 2MN + \frac{D\pi(18.7^\circ + 2\alpha)}{360^\circ} + \frac{d\pi(18.7^\circ - 2\alpha)}{360^\circ}$$

$$L = 1599.21 + \frac{150 \times \pi / 180 (18.7^\circ + (2 \times 18.7^\circ))}{360^\circ} + \frac{100 \times \pi / 180 (18.7^\circ - (2 \times 18.7^\circ))}{360^\circ}$$

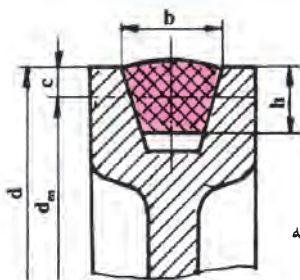
$$L = 1599.21 + \frac{471 \times 182 / 79}{360^\circ} + \frac{314 \times 176 / 42}{360^\circ}$$

$$L = 1599.21 + 239.15 + 153.87 = 1992.23 \text{ mm}$$

$$L = 1992.23 \text{ mm}$$

یادآوری می شود برای محاسبه طول تسمه های دوزنقه ای، به جای قطر خارجی (d)، قطر مؤثر (d_m) را در رابطه های مربوطه قرار می دهیم (شکل ۹-۲).

$$d_m = d - 2c$$



شکل ۹-۲- تسمه دوزنقه

d_m : قطر مؤثر

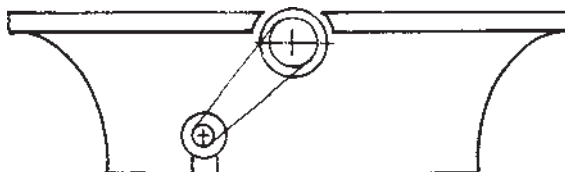
d : قطر خارجی

c : فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی

h : ارتفاع تسمه

b : عرض تسمه

۱- در ماشین کفرندی مطابق شکل ۱-۲ قطر چرخ محرک ۱۲ سانتی متر، قطر چرخ متحرک ۲۵ سانتی متر و فاصله‌ی دو محور 60° سانتی متر است. اگر تسمه به صورت ساده و مستقیم و اتصال سربه سر باشد، طول تسمه‌ی این ماشین را محاسبه نمایید.



شکل ۱-۲- دستگاه کفرند

۲- دستگاه تیغه تیزکن مطابق شکل ۱۱-۲ طول تسمه‌ی آن را با توجه به ویژگی‌های آن به دست آورید.

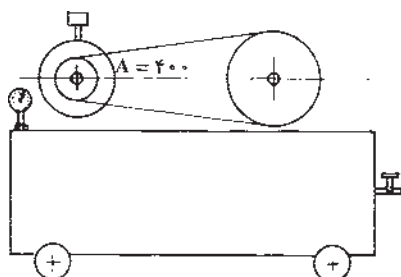


- d_1 : ۱۶ سانتی متر
- d_2 : ۸ سانتی متر
- A : ۶۵ سانتی متر
- c : 10° میلی متر

شکل ۱۱-۲- دستگاه تیغه تیزکنی

۳- برای به حرکت درآوردن یک ماشین فرز، از تسمه‌ای به صورت ساده و از نوع دوزنقه‌ای استفاده شده است. اگر قطر چرخ محرک 10° سانتی متر، قطر چرخ متحرک ۱۵ سانتی متر، فاصله‌ی دو محور 50° سانتی متر و اختلاف قطر مؤثر و قطر خارجی ۸ میلی متر باشد طول تسمه این ماشین را به دست آورید.

۴- در پمپ باد مطابق شکل ۱۲-۲ قطر چرخ محرک ۸ سانتی متر، قطر چرخ متحرک ۱۶ سانتی متر می باشد، طول تسمه را محاسبه کنید.

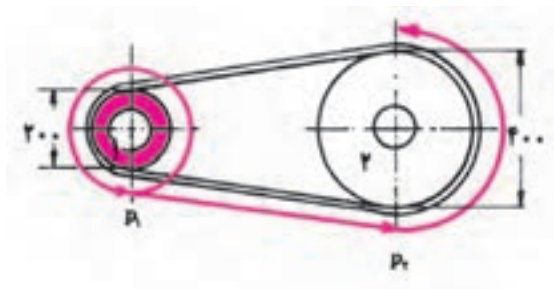


شکل ۱۲-۲- پمپ باد

تحقیق: در کارگاه محل آموزش طول تسمه دستگاه ها را محاسبه کنید.

۲-۲- محاسبه تعداد دور چرخ تسمه

چون تعداد دور و قطر چرخ ثابت فرض می شود، از این رو باید برای تنظیم تعداد دور چرخ متحرک، قطر چرخ متحرک را تغییر داد؛ همچنین تسمه و چرخ تسمه ها، علاوه بر انتقال حرکت، تغییر تعداد دوران چرخ متحرک را نیز انجام می دهد، که مقدار آن به نسبت انتقال (i) بین دو محور بستگی خواهد داشت (شکل ۱۳-۲).



شکل ۱۳-۲- انتقال تعداد دور

همان گونه که در درس محاسبات فنی (۱) بیان شده بود :

در محاسبات چرخ تسمه قطر آن ها را به d (برحسب میلی متر) و تعداد دور آن ها را به n (دور در دقیقه) نمایش داده در کلیه محاسبات این رابطه ها برقرار است :

$$\frac{\text{قطر چرخ متحرک}}{\text{تعداد دور چرخ متحرک}} = \frac{\text{قطر چرخ متحرک}}{\text{تعداد دور چرخ متحرک}} \cdot \boxed{\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = i}$$

$$\boxed{i = i_1 \cdot i_2} \quad \text{و} \quad i_1 = \frac{d_2}{d_1} \quad \text{و} \quad i_2 = \frac{d_4}{d_3} \quad \text{و} \quad \boxed{i = \frac{d_2 \cdot d_4}{d_1 \cdot d_3}}$$

مثال نمونه «۱»: یک دستگاه ماشین فرز که قطر پولی آن ۵ سانتی متر است، توسط الکتروموتوری با قطر پولی ۱۵ سانتی متر و تعداد دور ۱۲۰۰ دور در دقیقه، کار می کند. تعداد دور ماشین فرز را محاسبه کنید.

$$n_1 = 1200 \text{ 1/min} \quad \text{و} \quad d_1 = 15 \text{ cm}$$

$$d_2 = 5 \text{ cm} \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{1200}{15} = \frac{5}{15}$$

$$\therefore n_2 = \frac{1200 \cdot 15}{5} = 3600 \text{ 1/min}$$

مثال نمونه «۲»: یک ماشین کف رندی باید با ۲۰۰۰ دور در دقیقه کار کند؛ در صورتی که قطر پولی غلتک رنده ۱۲۰ میلی متر است و تعداد دور الکتروموتور ۴۰۰۰ دور در دقیقه می باشد، قطر پولی الکتروموتور را محاسبه کنید.

$$n_1 = 4000 \text{ 1/min}$$

$$n_2 = 2000 \text{ 1/min} \quad \text{و} \quad d_2 = 120 \text{ mm}$$

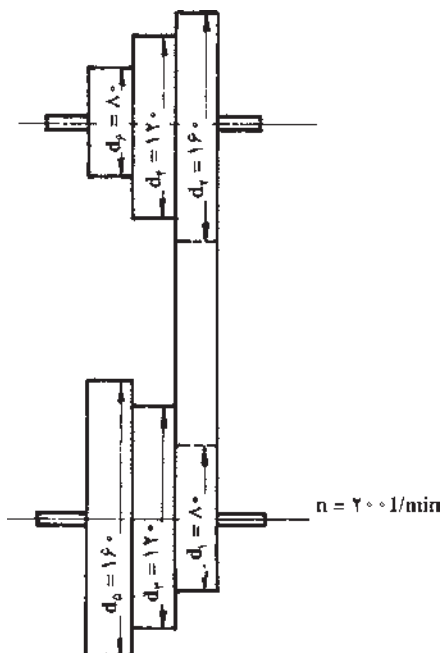
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{d_1}{n_1} \cdot \frac{2000}{4000} \quad d_1 = \frac{120 \cdot 2000}{4000}$$

$$d_1 = 60 \text{ mm}$$

تمرین

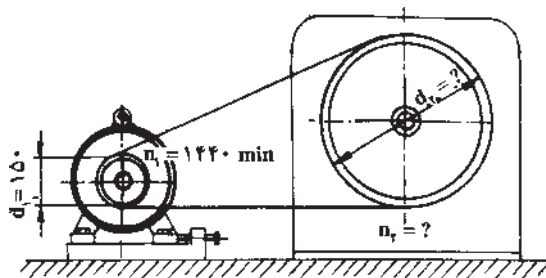
۱- الکتروموتوری با تعداد دور ۳۶۰۰ دور در دقیقه و قطر چرخ تسمه ۵۰ میلی متر موجود است، این الکتروموتور یک ماشین سنباده با قطر پولی ۱۰۰ میلی متر را به حرکت درمی آورد. تعداد دور دستگاه را محاسبه کنید.

- ۲- الکتروموتور یک ماشین رنده 15° دور در دقیقه می‌زند. هرگاه چرخ متحرک ماشین 12° میلی‌متر و تعداد دوری معادل 4000 دور در دقیقه داشته باشد، قطر چرخ محرک را معلوم کنید.
- ۳- در یک ماشین خراطی، الکتروموتوری با تعداد دوران 20° دور در دقیقه و قطر پولی‌های 8° و 12° و 16° میلی‌متر نصب شده است - در صورتی که قطر پولی‌های دستگاه به صورت قرینه باشد - تعداد دورهای آن را حساب کنید (شکل ۱۴-۲).



شکل ۱۴-۲- چرخ‌های پله‌ای

- ۴- در دستگاه مطابق شکل ۱۵-۲ اگر نسبت انتقال ۳ باشد، مطلوب است مقادیر n_2 و d_2 .

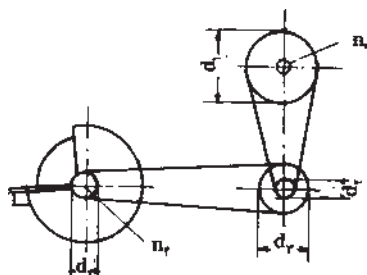


شکل ۱۵-۲

۵- در دستگاه سنگ سنباده مطابق شکل ۱۶-۲، با ویژگی‌هایی که آمده است، حساب کنید :

(الف) نسبت کل انتقال دستگاه را (i)

(ب) عده دوران سنگ سنباده را در هر دقیقه.



$$d_r = 150 \text{ mm} \quad d_f = 65 \text{ mm}$$

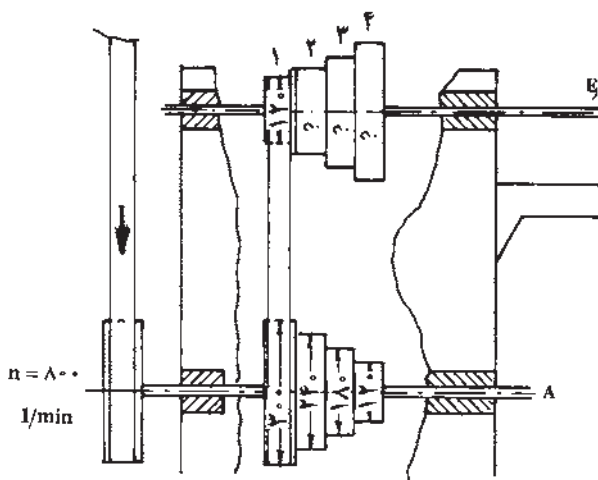
$$d_f = 65 \text{ mm} \quad n_1 = 925 \text{ l/min}$$

$$d_r = 130 \text{ mm}$$

شکل ۱۶-۲ سنگ سنباده

۶- در ماشین خراطی شکل ۱۷-۲ تعداد دور میله متحرک را در هر یک از چرخ‌های تسمه

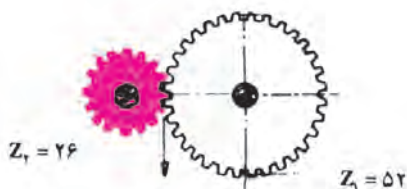
حساب کنید.



شکل ۱۷-۲ انتقال حرکت ماشین خراطی

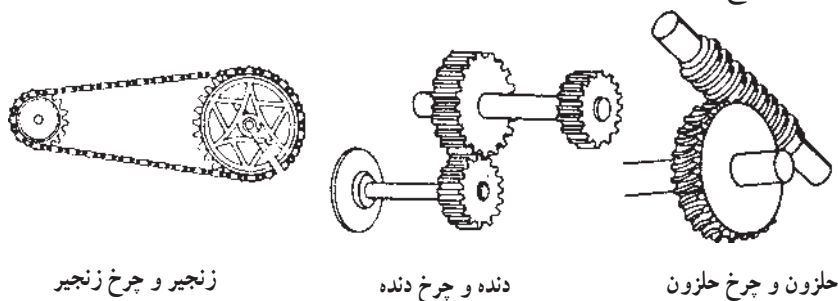
۳-۲ محاسبات چرخ دنده و چرخ زنجیر

چرخ دنده وسیله‌ای است که حرکت را از محوری به محور دیگری منتقل می‌کند. هنگامی از چرخ دنده استفاده می‌شود که باید نیرو به تمامی از چرخ محرک (الکتروموتور) به چرخ متحرک (ماشین کار) منتقل شود؛ همچنین فاصله دو چرخ به یکدیگر نزدیک



شکل ۱۸-۲

باشد (شکل ۱۸-۲). چنانچه فاصله زیاد باشد می توان از زنجیر و چرخ زنجیر استفاده نمود که در این صورت نیز نیرو به تمامی از چرخ محرک به چرخ متحرک منتقل می گردد. جهت گردش دو چرخ دنده که با یکدیگر درگیر هستند، عکس یکدیگرند و اگر بخواهیم که جهت گردش دو چرخ دنده یکی باشد باید از چرخ دنده واسطه استفاده کرد که فقط جهت را تغییر می دهد و از لحاظ قطر و تعداد دور و تعداد دندانه هیچ اثری ندارد (شکل ۱۹-۲).



زنجیر و چرخ زنجیر

دنده و چرخ دنده

حلزون و چرخ حلزون

شکل ۱۹-۲

دنده های دو چرخ دنده ای که با یکدیگر درگیر هستند باید کاملاً مشابه بوده در غیر این صورت هنگام گردش چرخ دنده ها یکدیگر را خرد می کنند.

با انتخاب چرخ دنده به قطرهای مختلف می توان تعداد دور را زیاد یا کم نمود؛ یعنی اگر قطر چرخ دنده محرک را افزایش دهیم سرعت ماشین کار کاهش پیدا خواهد کرد و برعکس، چنانچه قطر چرخ دنده متحرک را کم کنیم، سرعت آن زیادتر خواهد شد. از آنجایی که دندانه چرخ دنده هایی که با هم کار می کنند باید مشابه و یکنواخت باشند؛ از این رو برای افزایش تعداد دندانه در چرخ متحرک باید محیط چرخ دنده، یعنی قطر چرخ دنده را نیز بزرگتر انتخاب نمود.

برای محاسبات تعداد دور در چرخ دنده ها همان قواعدی که در چرخ تسمه ها ذکر شد مورد استفاده قرار می گیرند. فقط به جای قطر (d) تعداد دندانه های چرخ دنده (Z) را قرار می دهند؛ بنابراین روابط محاسبه چرخ دنده عبارت است از:

$$\boxed{n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2} \quad \boxed{\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = i}$$

مثال نمونه «۱»: تعداد دور چرخ دنده محرکی را حساب کنید که تعداد دندانه آن ۳۳ عدد و تعداد دور چرخ دنده متحرک ۴۴۰ دور در دقیقه و تعداد دندانه آن ۱۵ عدد باشد.

حل:

$$n_1 = ?$$

$$z_1 = 33$$

$$n_1 = \frac{n_2 \cdot z_2}{z_1} = \frac{440 \cdot 15}{33} = 200$$

$$n_2 = 440 \text{ ۱/min}$$

$$z_2 = 15$$

$$n_1 = 200 \text{ ۱/min}$$

مثال نمونه «۲»: تعداد دور چرخ دنده محرکی 400° دور در دقیقه و تعداد دندانه‌های آن ۲۴ عدد است. چنانچه بخواهیم تعداد دور چرخ متحرک 300° دور در دقیقه باشد، مطلوب است محاسبه تعداد دندانه‌های چرخ دنده متحرک.

$$n_1 = 400 \text{ ۱/min}$$

$$z_1 = 24$$

$$n_2 = 300 \text{ ۱/min}$$

$$z_2 = ?$$

$$z_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{n_2} = \frac{400 \cdot 24}{300} = 32 \quad z_2 = 32$$

تمرین

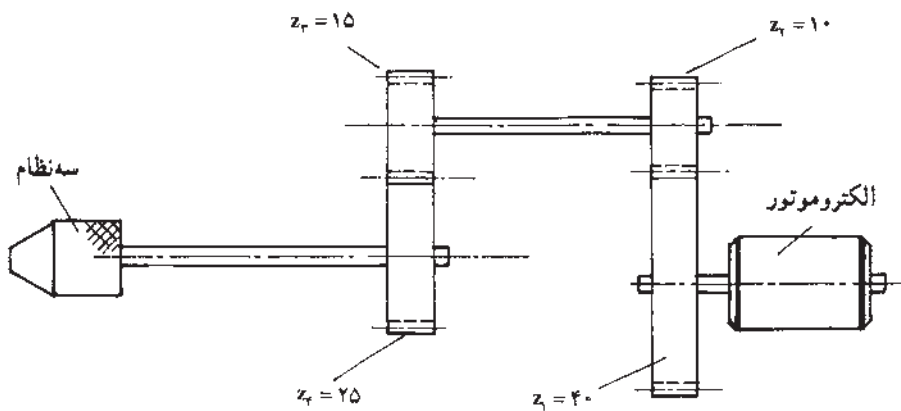
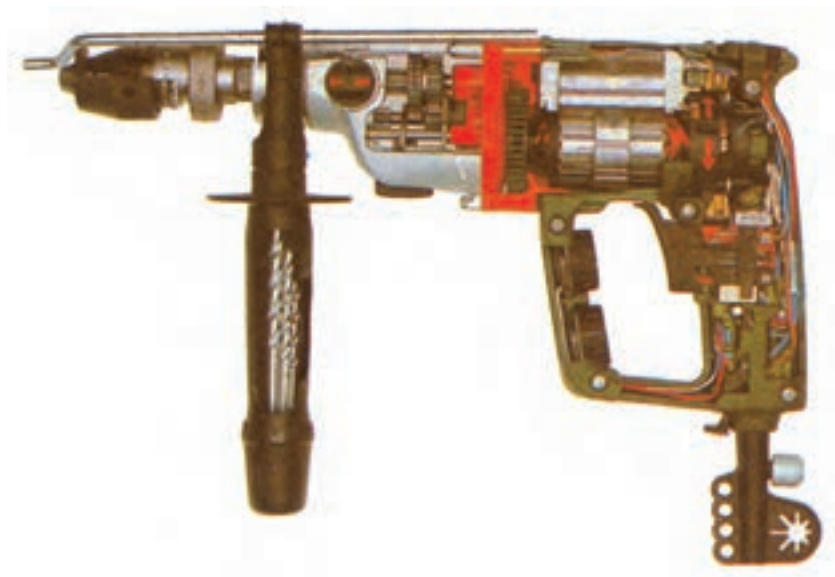
۱- تعداد دور چرخ متحرک را حساب کنید (اگر تعداد دنده آن 40° ، تعداد دور چرخ متحرک 640° دور بر دقیقه و تعداد دنده چرخ متحرک ۲۵ دنده باشد).

۲- الکتروموتوری با تعداد دور 900° دور بر دقیقه و با چرخ دنده‌ای که ۱۵ دنده داشته باشد یک چرخ متحرک را با تعداد دور آن 225° دور بر دقیقه به حرکت درمی‌آورد، تعداد دنده‌های چرخ متحرک را حساب کنید.

۳- تعداد دور الکتروموتور را در شکل ۲-۲ حساب کنید؛ در صورتی که تعداد دور سه‌نظام 2500° دور بر دقیقه باشد.

۴- در شکل ۲-۲ اگر تعداد دور الکتروموتور 1000° دور بر دقیقه باشد، تعداد دندانه‌های چرخ شماره ۳ چه تغییری خواهد کرد؛ در صورتی که تعداد دور سه‌نظام همان 2500° دور بر دقیقه باشد.

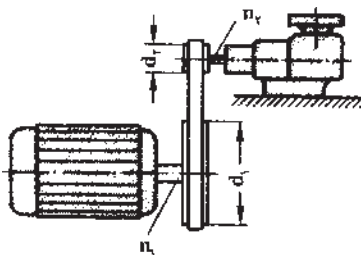
۵- نسبت کل انتقال را در شکل ۲-۲۰ به دست آورید، اگر تعداد دور الکتروموتور ۱۰۰۰ دور بر دقیقه و تعداد دور سه نظام ۲۴۰۰ دور بر دقیقه باشد.



شکل ۲-۲۰- دریل برقی دستی

سوالات آزمون پایان فصل دوم

- ۱- در شکل ۲۱-۲ طول تسمه را به صورت ساده و سربه سر به دست آورید.
 $(d_1 = 25\text{cm} , d_2 = 12\text{cm} , A = 55\text{cm})$



شکل ۲۱-۲ تسمه و انتقال حرکت

- ۲- در شکل ۲۱-۲ اگر تعداد دور الکتروموتور $n_1 = 2500 \text{ 1/min}$ باشد، تعداد دور ماشین و نسبت انتقال آن را به دست آورید $(d_1 = 25\text{cm}$ و $d_2 = 12\text{cm})$.
- ۳- به منظور انتقال حرکت دستگاهی از دنده و چرخ دنده استفاده شده است، اگر نسبت انتقال $i = 4$ ، $n_1 = 1000 \text{ 1/min}$ و $z_1 = 25$ باشد، n_2 و z_2 را محاسبه کنید.
- ۴- اگر نسبت انتقال چرخ اول و دوم ۳ باشد و نسبت انتقال چرخ سوم و چهارم ۴ باشد نسبت کل انتقال را در چنین دستگاهی به دست آورید.
- ۵- در یک دستگاه خراطی سه پله ای متقارن قطر چرخ تسمه های آن به ترتیب $d_5 = 100\text{mm}$ و $d_4 = 80\text{mm}$ و $d_1 = 60\text{mm}$ است و تعداد دور الکتروموتور دستگاه 2500 دور بر دقیقه می باشد، اگر بخواهیم پایه ی میزی به قطر ۷۵ میلی متر را خراطی کنیم سرعت برش تیغه را در مراحل مختلف انجام کار محاسبه کنید.

کار مکانیکی

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

- ۱- کار مکانیکی را تعریف کند؛
- ۲- کار مکانیکی را محاسبه نماید؛
- ۳- توان مکانیکی ماشین‌آلات را محاسبه کند؛
- ۴- راندمان را تعریف نماید؛
- ۵- راندمان ماشین‌آلات را محاسبه کند؛
- ۶- رابطه توان را با گشتاور نیروی محیطی تعیین کند؛
- ۷- محاسبات مربوط به باربرهای ساده (ماشین‌های ساده) را انجام دهد؛
- ۸- اصطکاک را تعریف کند؛
- ۹- انواع اصطکاک را بیان کند؛
- ۱۰- اصطکاک لغزشی را محاسبه نماید؛
- ۱۱- اصطکاک غلتشی را محاسبه کند.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

مقدمه

در گفتگوهای روزانه کلمه‌ی «کار» تقریباً به یک نوع فعالیت بدنی یا فکری نسبت داده می‌شود، اما در دانش فیزیک - مکانیک، کار معنای ویژه‌ای دارد و هنگامی انجام می‌گیرد که نیرویی سبب حرکت جسمی شود.

آیا تاکنون به شخصی که الواری را رنده می‌کند، نگاه کرده‌اید؟ حال به این پرسش‌ها فکر کنید:

- چه نیرویی باید به الوار وارد شود تا الوار روی صفحه‌ی دستگاه به حرکت درآید و از نظر

علم فیزیک چه عملی انجام می‌شود؟

- برای به حرکت درآوردن تویی دستگاه چه انرژی مصرف شده و از کجا پدید می‌آید؟
- آیا مرکز مبدل انرژی یا الکتروموتور، توانایی انجام این کار را تا آخرین مرحله خواهد داشت؟
- آیا این دستگاه مبدل انرژی بازده یا راندمان مطلوبی دارد و یا از نظر اقتصادی به صرفه است؟
- در هنگام تبدیل انرژی چه مقداری از توان دستگاه صرف اصطکاک و یا دیگر مقاومت‌ها می‌شود؟

– آیا اصطکاک همیشه باعث کاهش توان دستگاه می‌شود؟ آیا اصطکاک همیشه عمل منفی انجام می‌دهد؟

پیش از آن که به بررسی این پرسش‌ها و پاسخ دادن به آن‌ها بپردازید باید مطمئن شوید که مفهوم فیزیکی کلمات کار، توان، راندمان و اصطکاک را به درستی می‌دانید. شما هنرجویان در سال‌های پیش با این کلمات به گونه‌ای ساده و ابتدایی آشنا شدید، اما این فصل را با دیدی که جنبه علمی، فنی و کاربردی بیشتری دارد دنبال خواهید کرد.

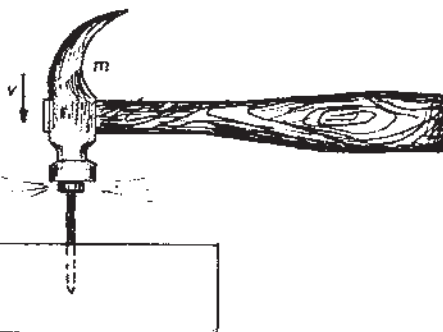
۳- کار مکانیکی

۱-۳- تعریف کار مکانیکی

در صورتی که نیرویی بر جسمی وارد شود و آن جسم به حرکت درآید می‌گوییم «کار» انجام گرفته است. مثلاً وقتی که تخته‌ای را از روی زمین برمی‌داریم و آن را بالا می‌بریم تا روی میز کار بگذاریم نیروی مساوی و مخالف جهت نیروی جاذبه زمین بر آن وارد می‌سازیم و آگاهیم که برای جابه‌جا کردن آن تخته، «انرژی» مصرف کرده‌ایم و کاری انجام داده‌ایم، اما هنگامی که تلاش می‌کنیم تا گرده بینه بزرگی را جابه‌جا کنیم و موفق نمی‌شویم، گرچه انرژی مصرف می‌کنیم، اما کاری انجام نمی‌دهیم؛ بنابراین کار وقتی انجام می‌شود که نیرویی سبب جابه‌جا شدن نقطه‌ای اثر خود شود؛ بنابراین، توجه به این امر، مهم است که اگر نیرویی نتواند نقطه‌ای اثر خود را جابه‌جا کند کار صورت نمی‌گیرد.

اغلب، برای انجام دادن کار باید بر یک نیروی مقاوم غلبه کرد. این نیروی مقاوم ممکن است، نیروی جاذبه هنگام بالا بردن یک وزنه باشد یا نیروی اصطکاک هنگام کشیدن یا راندن یک جسم

بر روی یک سطح یا نیروهای چسبندگی و پیوستگی بین مولکول‌ها هنگام جدا کردن دو جسم از یکدیگر باشد؛ همچنین اعمالی مانند شکستن و پاره کردن، سوهان زدن، اره کردن یک جسم و نظایر آن.



شکل ۱-۳- اشکال مختلف کار

۱-۳-۱- محاسبه کار مکانیکی: بنا بر آنچه گفته شد، دو عامل در اندازه‌ی کار مؤثر است: یکی نیرو و دیگری اندازه‌ی جابه‌جایی نقطه اثر نیرو و بنا به تعریف، کار برابر است با حاصل ضرب نیرو در اندازه‌ی جابه‌جایی نقطه‌ی اثر نیرو در راستایی که نیرو اثر می‌کند.

تغییر مکان . نیرو = کار مکانیکی

$$W = F \cdot S$$

$$1Nm = 1J$$

علایم اختصاری:

F : نیرو بر حسب نیوتن

S : تغییر مکان بر حسب متر

W : کار بر حسب نیوتن متر (ژول)

یک ژول مقدار کاری است که بتواند جسمی را که نیروی وزن آن برابر یک نیوتن می باشد به اندازه‌ی یک متر از زمین بلند کند.

عامل به وجود آورنده‌ی کار را «انرژی» گویند که به صورت‌های مختلف یافت می شود، یعنی :

الف) انرژی مکانیکی ؛

ب) انرژی حرارتی ؛

ج) انرژی الکتریکی.

واحد سنجش انرژی حرارتی و مکانیکی ژول (J) و یا کیلوژول (kJ) است. برای سنجش

کار الکتریکی از واحد سنجش وات ثانیه (Ws) یا کیلو وات ساعت (kWh) استفاده می کنیم.

چون انرژی‌های موجود در طبیعت به یکدیگر تبدیل می گردند، از این رو واحدهای انرژی را

به نحوی انتخاب می کنند که در عمل معادل یکدیگر باشند تا بتوان به سهولت آن ها را باهم مقایسه کرد.

$$1Nm = 1J = 1Ws$$

$$1kWh = 3600000Nm = 3600kJ$$

چون در بعضی از وسایل حرارتی واحد کالری و یا کیلو کالری به کار می برند، از این رو از یک

ضریب تبدیل استفاده می کنیم.

$$1J = 0.24cal$$

$$1cal = 0.24J$$

مثال نمونه: کار انجام شده با یک جرثقیل برای بالا بردن تخته‌های بریده شده تا ارتفاع ۴ متری

معادل ۶۴kJ است. اگر هر تخته ۱۶۰ نیوتن وزن داشته باشد هر بار جرثقیل چند تخته را می تواند

جابه‌جا نماید؟

جواب:

$$W = F \cdot S \quad F = \frac{W}{S}$$

$$F = \frac{64000 \text{ J}}{4 \text{ m}} \quad F = 16000 \text{ N}$$

عدد $n = 16000 \div 160 = 100$ تعداد تخته‌ها

تمرین

- ۱- برای انتقال یک دستگاه ارّه تا فاصله‌ی ۲ متری، نیروی افقی معادل 25° نیوتن لازم است. محاسبه کنید چند ژول کار انجام گرفته است؟
- ۲- برای جابه‌جایی پمپ باد در سطح کارگاه به وسیله طنابی که با سطح افق زاویه‌ی 45° دارد، 5° نیوتن نیرو لازم است. پس از 1° متر جابه‌جایی چقدر کار انجام شده است؟
- ۳- حداکثر کار انجام شده یک لیفتراک مطابق شکل ۲-۳ برای بالا بردن پالت‌های روکش تا ارتفاع 15° سانتی‌متری معادل 25000 J می‌باشد، اگر جرم هر پالت روکش 800 کیلوگرم باشد، لیفتراک هر بار چند پالت را می‌تواند جابه‌جا کند؟



شکل ۲-۳- لیفتراک

۲-۳- توان مکانیکی

اغلب لازم می‌شود که علاوه بر تعیین کار انجام شده، بدانیم کار در چه زمانی انجام گرفته است؛ بنابراین، مقدار کار انجام شده را در واحد زمان «توان» گویند.

برای تعیین توان متوسط یک دستگاه یا یک ماشین کافی است کاری را که دستگاه انجام می‌دهد بر زمان انجام آن تقسیم کنیم:

$$P = \frac{W}{T}$$

روابط:

$$W = F \cdot S$$

$$V = \frac{S}{T}$$

$$P = F \cdot V$$

علامت اختصاری:

P : توان متوسط دستگاه بر حسب وات

W : کار انجام شده بر حسب ژول

T : زمان بر حسب ثانیه

F : نیروی وارد بر جسم بر حسب نیوتن

V : سرعت بر حسب متر بر ثانیه

واحد توان از روابط فوق بر حسب Nm/s به دست می‌آید که در دستگاه بین‌المللی واحدها «وات» است و با علامت اختصاری W نمایش داده می‌شود. (یک وات برابر یک ژول کار است که در مدت یک ثانیه انجام گرفته است.)

$$\begin{aligned} 1 \text{ Nm/s} &= 1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} \\ 1 \text{ J/s} &= 0.239 \text{ cal/s} \end{aligned}$$

برای سنجش توان مکانیکی قبلاً از واحد دیگری به نام «اسب بخار» (P_S) استفاده می‌شد که امروزه متداول نیست، بلکه توان مکانیکی را بر حسب وات و یا کیلووات می‌سنجند و برای تبدیل کیلووات به اسب بخار و برعکس، از این ضرایب تبدیل می‌توان استفاده کرد:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kW} &= 1.36 P_S \\ 1 P_S &= 0.736 \text{ kW} \end{aligned}$$

مثال نمونه «۱»: توان موتور پمپی که ۲۰۰ کیلوگرم آب را در ۱۰ ثانیه به ارتفاع ۶ متر بالا می‌برد (به ازای $g = 9.8 \text{ m/s}^2$) بر حسب کیلووات چنین حساب می‌شود:

$$F = 200 \text{ kgf} = 200 \cdot 9.8 \text{ N} = 1960 \text{ N}$$

$$W = F \cdot S$$

$$W = 1960 \cdot 6 = 11760 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{T} \cdot P = \frac{11760}{10} = 1176 \text{ W} = 1.176 \text{ kW}$$

مثال نمونه «۲»: یک موتور مکنده در هر دقیقه یک متر مکعب خرده چوب (چیپس) مطابق شکل ۳-۳ تا ارتفاع ۱۲ متری به درون سیلوی ذخیره انتقال می‌دهد. اگر جرم هر متر مکعب چیپس ۲۰۰ کیلوگرم باشد، توان موتور فوق را بر حسب نیوتن متر بر ثانیه، کیلووات و اسب بخار حساب کنید:

$$m = 200 \text{ kg}$$

$$F = 200 \cdot 10 = 2000 \text{ N}$$

$$P = \frac{F \cdot S}{t} = \frac{2000 \cdot 12}{10} = 2400 \text{ Nm/s}$$

$$1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ W}$$

$$P_{\text{KW}} = \frac{2400}{1000} = 2.4 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Ps}} = 2.4 / 3.6 = 0.667 \text{ Ps}$$



شکل ۳-۳- خرده چوب (چیپس) دپوشده

۱- در یک دستگاه اگر تعداد دوران چرخ تسمه $n = 720 \text{ 1/min}$ و قطر چرخ تسمه $d = 20 \text{ cm}$ و نیروی کشش تسمه $F = 360 \text{ N}$ باشد توان انتقالی را حساب کنید.

۲- موتور پمپی در مدت 10 ثانیه 200 لیتر آب^۱ را 10 متر بالا می برد، توان موتور پمپ را بر حسب قوه اسب بخار به دست آورید.

۳- گرده بینه ای با قطر متوسط 65 سانتی متر و به طول 7 متر و جرم ویژه 600 kg/m^3 گرم بر سانتی متر مکعب با یک جرثقیل 10 متر بالا برده می شود، این موارد را محاسبه کنید :

الف) کار انجام شده،

ب) توان مصرفی (در صورتی که زمان بردن گرده بینه یک دقیقه باشد).

۴- تخته ای را به ابعاد $20 \text{ cm} \times 50 \text{ mm} \times 21 \text{ m}$ از روی زمین بلند کرده روی صفحه ماشین رنده قرار می دهیم. اگر جرم ویژه این گونه 650 kg/m^3 گرم بر سانتی متر مکعب و زمان انجام کار 10 ثانیه و ارتفاع دستگاه 70 سانتی متر باشد، کار انجام شده و توان مصرفی چقدر است؟

۵- کار مکانیکی و توان انجام شده دستگاه جرثقیل را مطابق شکل ۴-۳ محاسبه کنید ؛ در صورتی که :



- جرم متوسط هر گرده بینه 80 کیلوگرم ؛
- ارتفاع حمل $2/5$ متر ؛
- زمان انجام کار 40 ثانیه است.

شکل ۴-۳- جرثقیل حمل گرده بینه

۱ - جگالی آب $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$

$$P = \frac{m}{V}$$

۳-۳- راندمان

در ماشین‌های مبدل انرژی و یا در وسایل انتقال حرکت، مقداری از توان گرفته شده صرف برطرف کردن عواملی مثل اصطکاک، مقاومت الکتریکی و غیره می‌شود یا بخشی از آن تبدیل به حرارت می‌گردد و بقیه را به صورت توان بازده – که آن را «توان مفید» نیز می‌گویند – پس می‌دهند (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵- افزایشده، کاهشده

بنابراین در کلیه این گونه وسایل، توان بازده کمتر از توان گرفته شده است و نسبت توان بازده را به توان گرفته شده «راندمان» یا «ضریب بهره» گویند.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

علایم اختصاری:

η : راندمان یا ضریب بهره

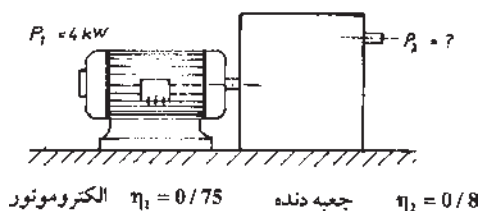
P_1 : توان گرفته شده

P_2 : توان بازده (توان مفید)

در این رابطه می‌توان مقدار توان را بر حسب هریک از واحدهای توان مکانیکی، توان الکتریکی و حرارتی قرار داد، اما باید توجه داشت که واحد هر دو از یک جنس باشد.
مسئله نمونه «۱»: راندمان الکتروموتوری را حساب کنید که توان گرفته شده آن از شبکه برق معادل $P_1 = 4\text{ kW}$ و توان بازده آن $P_2 = 3\text{ kW}$ باشد.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3}{4} = 0.75 = 75\%$$

مسئله نمونه «۲»: در دستگاه انتقال حرکت شکل ۳-۶ که از یک الکتروموتور و یک جعبه‌دنده



تشکیل شده است این موارد را حساب کنید :

الف) توان بازده موتور،

ب) توان بازده جعبه دنده،

ج) راندمان کل دستگاه.

$$\eta_M = \frac{P_{2M}}{P_{1M}} \quad \text{الف)}$$

$$P_{2M} = \eta_M \times P_{1M} = 0.75 \times 4 = 3 \text{ kW}$$

$$\text{ب) } P_{2M} = P_{1G}$$

$$\eta_G = \frac{P_{2G}}{P_{1G}} \Rightarrow P_{2G} = \eta_G \times P_{1G} = 0.8 \times 3 = 2.4 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{2G}}{P_{1M}} = \frac{2.4}{4} = 0.6$$

یا

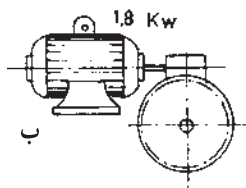
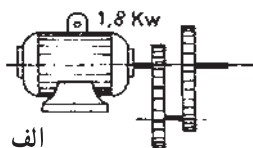
$$\eta = \eta_M \times \eta_G = 0.75 \times 0.8 = 0.6$$

بنابراین، راندمان کل یک دستگاه برابر حاصلضرب راندمان‌های موجود در آن است.

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \dots$$

و از رابطه $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ نتیجه می‌گیریم که راندمان هر دستگاهی همیشه کوچکتر از یک است، و هر دستگاهی

که راندمان آن به عدد یک نزدیکتر باشد از نظر اقتصادی باصرفه‌تر است.



تمرین

۱- توان الکتریکی و موتورهای مطابق شکل ۳-۷، ۳/۸،

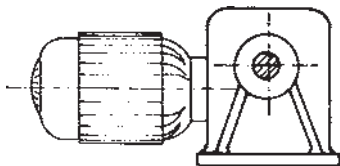
کیلووات است. حساب کنید توان بازده محور متحرک هر یک

را در صورتی که راندمان چرخ دنده ساده $\eta = 0.95$ و راندمان

حلزون و چرخ حلزون $\eta = 0.65$ باشد.

شکل ۳-۷

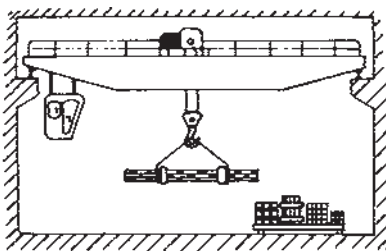
۲- توان گرفته شده الکتروموتور دستگاهی مطابق شکل ۸-۳، $P_E = 0.91$ کیلووات و راندمان آن $\eta_E = 0.90$ می باشد. اگر این توان از طریق حلزون و چرخ حلزونی با راندمان $\eta = 0.80$ منتقل شود، این موارد را حساب کنید.



شکل ۸-۳

الف) راندمان کل دستگاه،
ب) توان محور متحرک.

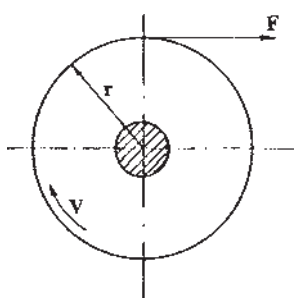
۳- نیروی موجود در قلاب جرثقیلی مطابق شکل ۹-۳ $F = 0.5 MN$ بوده و سرعت حرکت بار $V = 3/3 \frac{m}{min}$ و راندمان جرثقیل $\eta = 0.80$ می باشد. توان لازم را بر حسب کیلووات حساب کنید.



شکل ۹-۳

۳-۴ تعیین نیروی محیطی و رابطه توان با گشتاور

در بعضی از موارد لازم می شود که با داشتن توان، گشتاور انتقال پذیر دستگاه محاسبه شود یا آن که با داشتن تعداد دوران و نیروی محیطی و توان بخواهیم قطر چرخ تسمه و یا چرخ دنده و یا قطر محوری را محاسبه کنیم (شکل ۱۰-۳).



شکل ۱۰-۳

رابطه موجود بین عوامل یاد شده بدین شرح محاسبه می شود:

علامت اختصاری:

F : نیروی محیطی بر حسب نیوتن

r : شعاع چرخ یا محور بر حسب متر

M : گشتاور چرخ یا محور بر حسب نیوتن متر.

n : تعداد دوران چرخ یا محور بر حسب دور در هر دقیقه.

V : سرعت محیطی چرخ یا محور بر حسب متر بر ثانیه.

$$P = F \times V$$

رابطه توان بر حسب نیرو و سرعت برابر است با:

اگر در این فرمول به جای سرعت محیطی مقدار آن را قرار دهیم، خواهیم داشت:

$$V = \frac{2 \times r \times \pi \times n}{60}$$

$$P = F \times V \Rightarrow P = F \times \frac{2 \times r \times \pi \times n}{60} \Rightarrow P = \frac{F \times r \times n}{1} \times \frac{2 \times \pi}{60}$$

$$P = \frac{F \times r \times n}{1} \times \frac{1}{9555}$$

$$P = \frac{F \times r \times n}{9555} \text{ Nm/s یا W}$$

$$P_{(KW)} = \frac{F \times r \times n}{9555}$$

توان بر حسب کیلووات برابر است با

اگر در رابطه یادشده به جای $F \times r$ مقدار آن، یعنی گشتاور را قرار دهیم خواهیم داشت:

$$P_{(KW)} = \frac{M \times n}{9555} \Rightarrow M = F \times r = 9555 \frac{P_{(KW)}}{n}$$

مسئله نمونه: الکتروموتور دستگاهی که توان بازده آن ۵ کیلووات است دارای تعداد دوران

$n = 1440 \text{ } 1/\text{min}$ است. حساب کنید: اولاً، گشتاوری را که به وسیله آن می‌توان منتقل کرد؛

ثانیاً، اگر نیروی کشش لازم در تسمه‌ای که به وسیله الکتروموتور می‌گردد $F = 331/7 \text{ N}$ باشد قطر

چرخ تسمه آن را حساب کنید.

$$M = \frac{P_{(KW)} \times 9555}{n} = \frac{5 \times 9555}{1440} = 331/7 \text{ Nm}$$

$$M = F \times r \Rightarrow r = \frac{M}{F} = \frac{331/7}{331/7} = 0/1 \text{ m}$$

$$d = 2 \times r = 2 \times 0/1 = 0/2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$$

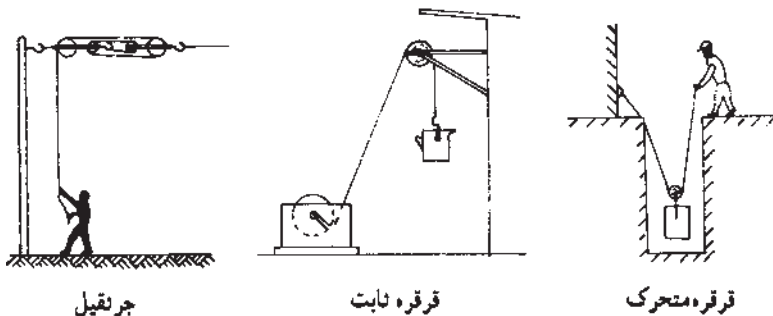
- ۱- یک اره مجموعه‌ای به قطر $D = 360 \text{ mm}$ به وسیله الکتروموتوری که توان بازده آن $2/2$ کیلووات و تعداد دوران آن 2820 دور در هر دقیقه است، کار می‌کند، نیروی محیطی اره را حساب کنید.
- ۲- الکتروموتور ماشین کفرندی، مطابق شکل ۱۱-۳ با 3000 دور در هر دقیقه، توانی معادل $P_1 = 3/5 \text{ kW}$ از شبکه برق می‌گیرد، اگر راندمان الکتروموتور $\eta_E = 0/90$ و راندمان ماشین $\eta_M = 0/7$ باشد، نیروی محیطی را حساب کنید اگر قطر پولی $d = 120 \text{ mm}$ باشد.



شکل ۱۱-۳- ماشین کفرند

۳-۵- بالابرهای ساده (ماشین‌های ساده)

تعریف: ماشین‌های ساده، وسایلی هستند که بدون تغییر در مقدار کار، انجام آن را آسان نموده انسان را قادر می‌سازد با نیروی کم، اجسام سنگین‌تری را جابه‌جا نماید؛ مانند: قرقره‌ها، جرثقیل‌ها و غیره (شکل ۱۲-۳).



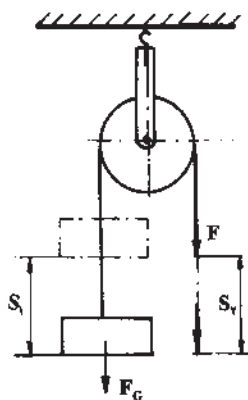
شکل ۱۲-۳- انواع بالابرهای ساده

۱-۵-۳- قرقره‌ها: برای حمل بار از قرقره‌ها به دو روش می‌توان استفاده کرد؛

الف) قرقره‌های ثابت: این نوع قرقره‌ها در مقدار نیرو تغییر ایجاد نکرده فقط جهت نیرو را عوض می‌کنند (شکل ۳-۱۳).

$$S_F = S_1$$

$$F = F_G$$



شکل ۳-۱۳

علامیم اختصاری:

S_1 : مقدار جابه‌جایی بار (جابه‌جایی حمل شونده)

S_F : مقدار جابه‌جایی که باید انجام داد (جابه‌جایی حمل کننده)

F : نیروی حمل کننده (نیروی که باید اعمال شود تا بار جابه‌جا شود)

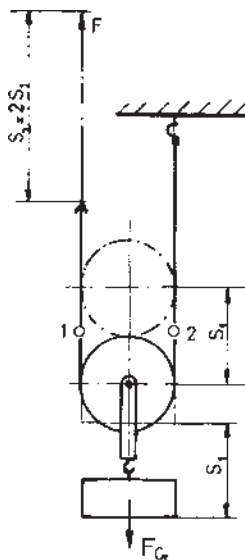
F_G : وزن نیروی بار

ب) قرقره‌های متحرک: این قرقره‌ها همراه بار تغییر مکان پیدا کرده در مقدار نیرو تغییر ایجاد

می‌کنند (شکل ۳-۱۴).

$$S_F = 2S_1$$

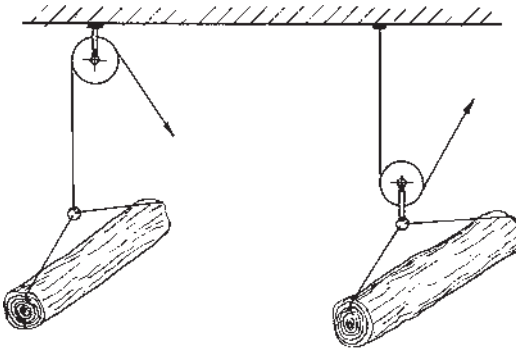
$$F = \frac{F_G}{2}$$



شکل ۳-۱۴

مسئله نمونه: یک الوار به وزن $F_G = 1200 \text{ N}$ را می‌خواهیم به اندازه 8° سانتی متر از زمین بلند کرده روی دستگاه اره رام قرار دهیم. نیروی لازم و مقدار تغییر مکان زنجیر را در این دو مورد حساب کنید (شکل ۳-۱۵).

الف) اگر از قرقره ثابت استفاده شود.
ب) اگر از قرقره متحرک استفاده شود.



شکل ۳-۱۵- قرقره ساده و متحرک

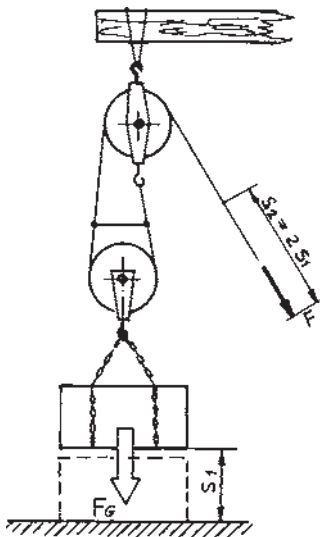
حل:

الف) $F = F_G = 1200 \text{ N}$ و $S_F = S_L = 8^\circ \text{ cm}$

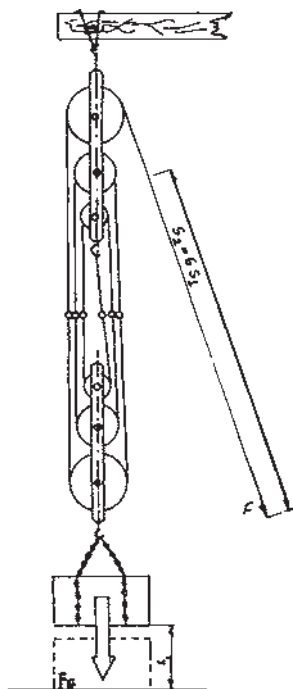
ب) $F = \frac{F_G}{2} = \frac{1200}{2} = 600 \text{ N}$ و $S_F = 2S_L$. $S_F = 2 \cdot 8^\circ = 16^\circ \text{ cm}$

۲-۵-۳- جرثقیل‌های قرقره‌دار: برای این که بتوان

با نیروی کم بارهای بسیار سنگینی را بلند کرد، از جرثقیل‌های مرکبی - که در ساختمان آن‌ها تعدادی قرقره ثابت و متحرک به کار رفته است - استفاده می‌گردد (شکل ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶



دو حالت کلی برای این نوع جرثقیل ها وجود دارد :
الف) چند قرقره ثابت و متحرک با تعداد مساوی (شکل ۱۷-۳)،

$$S_T = n S_1$$

$$F = \frac{F_G}{n}$$

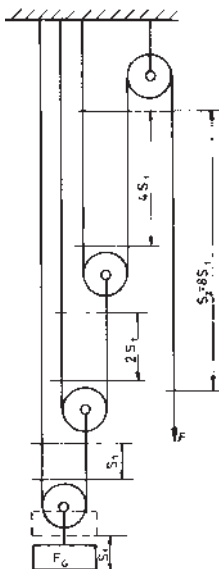
n = تعداد کل قرقره ها (ثابت و متحرک)

شکل ۱۷-۳. چند قرقره ثابت و متحرک با تعداد مساوی

ب) چند قرقره متحرک و یک قرقره ثابت (شکل ۱۸-۳).

$$S_T = 2^{(n-1)} \cdot S_1$$

$$F = \frac{F_G}{2^{(n-1)}}$$



شکل ۱۸-۳. چند قرقره متحرک و یک قرقره ثابت

مثال ۱: برای شکل ۱۷-۳ محاسبه نمایید، اگر یک بار 300 کیلوگرمی را بخواهیم 2 متر بالا ببریم، الف) حداقل چه نیرویی را باید وارد نماییم. ب) چقدر ریسمان را باید بکشیم.

$$\text{الف) } F = \frac{F_G}{n} \quad F = \frac{3000}{6} = 500 \text{ N}$$

$$\text{ب) } S_2 = n S_1 \quad S_2 = 6(2) = 12 \text{ m}$$

مثال ۲: اگر یک بار 300 کیلوگرمی را بخواهیم با استفاده از سیستم شکل ۱۸-۳، 2 متر بالا ببریم الف) حداقل چه نیرویی را باید وارد نماییم؟ ب) چقدر ریسمان را باید بکشیم؟

$$\text{الف) } F = \frac{F_G}{2^{n-1}} \quad F = \frac{3000}{8} = 375 \text{ N}$$

$$\text{ب) } S_2 = 2^{(n-1)} \cdot S_1 \quad S_2 = 8(2) = 16 \text{ m}$$

تمرین

۱- خرابایی از جنس LVL^۱ مطابق شکل ۱۹-۳ به جرم 500 kg را باید تا ارتفاع 8 متری از زمین بلند کنیم. حال، این موارد را حساب کنید:



شکل ۱۹-۳

- الف) مقدار جابه‌جایی و نیروی لازم اگر از یک قرقه متحرک استفاده شود.
- ب) مقدار جابه‌جایی و نیروی لازم اگر از یک قرقه متحرک و یک قرقه ثابت استفاده شود.
- ج) کار انجام شده در هر دو مورد یاد شده.
- ۲- برای بالا بردن باری به جرم یک تن فقط توانایی به کار بردن 2500 نیوتن وجود دارد.

^۱ Laminated Veneer Lumber

تعداد قرقره‌های مورد نیاز و نسبت جابه‌جایی ($\frac{S_2}{S_1}$) را در این دو حالت به دست آورید :

الف) از چند قرقره ثابت و متحرک به طور مساوی استفاده شود.

ب) از یک قرقره ثابت و چند قرقره متحرک استفاده شود.

۳- برای بالا بردن باری به جرم 1200 کیلوگرم در ارتفاع 5 متری، اگر از چهار جفت قرقره ثابت و متحرک استفاده شود، چه نیرویی (F) و چه مقدار جابه‌جایی (S_2) لازم است؟ و اگر برای هر متر جابه‌جایی (S_2) 10 ثانیه وقت لازم باشد توان مکانیکی دستگاه را به دست آورید.

۴- برای تعمیر الکتروموتور دستگاهی می‌خواهیم آن را از زمین بلند کنیم. اگر از بالابری که یک قرقره ثابت و سه قرقره متحرک دارد، استفاده نماییم، چه نیرویی باید به دستگاه وارد شود؟ (در صورتی که جرم الکتروموتور 60 کیلوگرم باشد.)

۵- در تمرین شماره ۲ اگر لازم باشد مقدار بار، 3 متر بلند شود (S_1) و برای هر متر جابه‌جایی (S_2) 20 ثانیه وقت لازم باشد، توان مکانیکی باربرها را در هر دو حالت حساب کنید.

۳-۶- اصطکاک

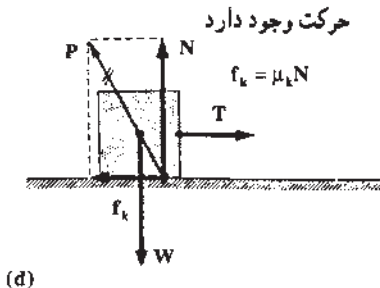
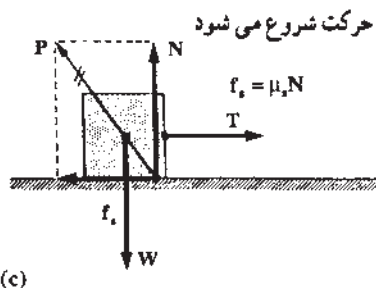
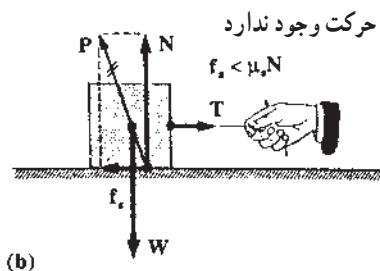
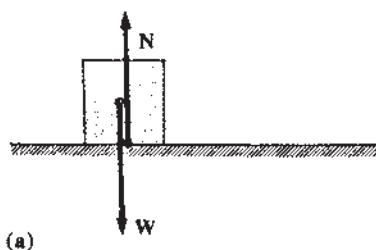
هرگاه جسمی بر روی سطح جسم دیگری بلغزد هر یک از دو سطح بر یکدیگر نیرویی وارد می‌کند که اولاً: این نیرو در امتداد سطح است، ثانیاً: مانع حرکت دو جسم بر روی یکدیگر می‌شود. این نیرو را «نیروی اصطکاک» می‌نامند؛ مثلاً اگر جسمی بر روی میزی به طرف چپ به حرکت درآید نیروی اصطکاک وارد بر آن به طرف راست است. این نیرو (نیروی اصطکاک) مانع حرکت جسم می‌شود. حتی وقتی که جسم ساکن است ممکن است بر آن نیروی اصطکاکی وارد شود؛ مثلاً اگر جسم سنگینی را روی زمین با نیروی کمی در امتداد افقی بکشیم این نیرو برای به حرکت درآوردن جسم کافی نیست و جسم به حال سکون باقی می‌ماند. در این حال، حتماً نیرویی مساوی و مخالف نیروی خارجی وارد بر جسم آن را خنثی کرده است، این نیروی اخیر همان «نیروی اصطکاک در حال سکون» است. به طور کلی تا هنگامی که نیروی وارد بر یک جسم کمتر از نیروی اصطکاک باشد جسم به حرکت در نخواهد آمد. هرگاه نیروی وارد بر جسم بیشتر از نیروی اصطکاک باشد جسم به حرکت درمی‌آید و در این حالت نیروی اصطکاک را که با نیروی خارجی وارد بر جسم مقابله می‌کند «نیروی اصطکاک در حال حرکت یا اصطکاک جنبشی» نامند (شکل ۲-۳).

نیروی اصطکاک به این عوامل بستگی دارد :

- ۱- نیروی عمود بر سطح تماس؛
 - ۲- صافی یا زبری سطح تماس؛
 - ۳- جنس دو قطعه در سطح تماس؛
 - ۴- استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل اصطکاک می‌شود؛ مثل روغن و مانند آن.
- * تذکر:

الف) نیروی اصطکاک در لحظه شروع به حرکت (اصطکاک در حال سکون) بیشتر از نیروی اصطکاک در حین حرکت (اصطکاک جنبشی) است.

ب) مقدار نیروی اصطکاک به اندازه‌ی سطح تماس بستگی ندارد.



شکل ۲-۳- اندازه نیروی اصطکاک وقتی حرکت وجود نداشته باشد کوچکتر یا مساوی $\mu_s N$ و وقتی حرکت وجود داشته باشد برابر $\mu_k N$ است.

۱-۶-۳- انواع اصطکاک جنبشی: اصطکاک لغزشی مانند اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه چرخ در اتومبیل - حرکت جسم سطحی روی سطح افق یا سطح شیب‌دار که خود نیز بر دو نوع است اصطکاک در حال سکون و اصطکاک غلتشی مانند اصطکاک چرخ با سطح تماس در وسایط نقلیه، اصطکاک در بلبرینگ‌ها و غیره.

الف) اصطکاک لغزشی

رابطه‌های اصطکاک لغزشی :

$$f_s = \mu_s \cdot N$$

$$f_K = \mu_K \cdot N$$

علائم اختصاری:

f_s : نیروی اصطکاک در حال سکون

μ_s : ضریب اصطکاک در حال سکون

N : نیروی عکس‌العمل سطح بر جسم

f_K : نیروی اصطکاک در حال حرکت

μ_K : ضریب اصطکاک در حال حرکت

ضرایب اصطکاک μ_s و μ_K بستگی به اندازه‌های سطوح تماس نداشته هر دو ضریب به طور محسوس تابع نوع و جنس و ماهیت مواد، درجه صیقلی بودن سطوح، دما و غیره است. مقادیر آن‌ها را با دقت بسیار زیاد حدود پنج درصد تقریب می‌توان محاسبه نمود.

جدول تقریبی مقادیر ضرایب اصطکاک در حال سکون برای سطوح مختلف اجسام خشک در جدول ۳-۱ نوشته شده که مقادیر مربوط به ضریب اصطکاک جنبشی آن‌ها حدود ۲۵ درصد کوچکتر است.

جدول ۳-۱

نام جسم	ضریب اصطکاک
فلز روی فلز	$0.15 - 0.60$
فلز روی چوب	$0.20 - 0.60$
فلز روی سنگ	$0.30 - 0.70$
فلز روی چرم	$0.30 - 0.60$
چوب روی چوب	$0.25 - 0.50$
چوب روی چرم	$0.25 - 0.50$
سنگ روی سنگ	$0.40 - 0.70$
خاک روی خاک	$0.20 - 1.00$
لاستیک روی سیمان	$0.60 - 0.90$

مثال نمونه «۱»: نیروی لازم برای جابه‌جا کردن دستگاهی را که نیروی وزن آن برابر $W = 8000 \text{ N}$ است به دست آورید؛ در صورتی که ضریب اصطکاک در حال سکون 0.5 در نظر گرفته شود.

$$N = W = 8000 \text{ N}$$

$$f_s = \mu_s \times N = 0.5 \times 8000 = 4000 \text{ N}$$

مثال نمونه «۲»: قطعه‌ای مطابق شکل ۳-۲۱ روی سطح شیب‌داری قرار گرفته است. حساب کنید زاویه سطح شیب‌دار را برای لحظه‌ای که جسم بخواهد به سمت پایین به حرکت درآید (لحظه تعادل).

حل: در این حالت اگر جسم به سمت پایین حرکت کند، نیروی اصطکاک (f_s) به سمت بالا اثر کرده در لحظه تعادل این نیرو باید برابر مؤلفه نیروی وزن در امتداد سطح شیب‌دار (F) باشد (N مؤلفه قائم نیروی W)

$$F = f_s$$

$$f_s = \mu_s \times N$$

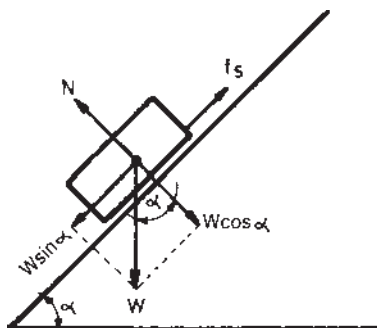
$$N = W \times \cos \alpha$$

$$F = W \times \sin \alpha$$

با جانشین کردن مقادیر محاسبه شده برای (F) و (f_s) خواهیم داشت :

$$W \times \sin \alpha = \mu_s \times W \cos \alpha \Rightarrow \mu = \frac{W \sin \alpha}{W \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

$$\mu = \tan \alpha$$



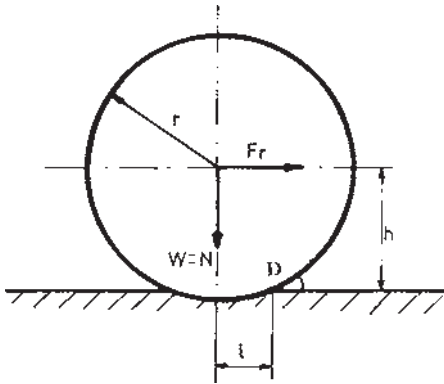
شکل ۳-۲۱

از حل این مسأله نتیجه می‌گیریم که اگر ضریب اصطکاک دو قطعه روی هم، برابر با تانژانت زاویه سطح شیب‌دار باشد جسم در حال تعادل است، اما هنگامی که تانژانت زاویه سطح شیب‌دار کوچکتر از ضریب اصطکاک باشد، جسم در محل خود در حال سکون بوده و اگر تانژانت زاویه سطح شیب‌دار بزرگتر از ضریب اصطکاک باشد جسم با یک شتاب تندشونده به سمت پایین به حرکت درمی‌آید.

بنابراین :

$\mu = \tan \alpha$	تعادل
$\mu > \tan \alpha$	سکون
$\mu < \tan \alpha$	حرکت

ب) اصطکاک غلتشی: وقتی یک چرخ یا یک استوانه روی سطحی بغلتد چون جسم صلب مطلوب وجود ندارد چرخ یا سطح و یا هر دو تغییر شکل می دهند. مقدار این تغییر شکل ها به جنس چرخ و سطح اتکاء بستگی دارد.



شکل ۳-۲۲

چنانچه در شکل (۳-۲۲) مشاهده می شود برای ایجاد حرکت غلتشی یک چرخ روی سطح بایستی چرخ بتواند برجستگی حاصل از تغییر شکل را خنثی نماید. برای محاسبه نیروی محرک لازم برای این کار نقطه D (مرکز دوران) گشتاور گرفته، شرط تعادل را برای آن می نویسیم.

علایم اختصاری:

$$\sum M_D = 0$$

$$F_r \times h - N \times l = 0$$

$$F_r \times h = N \times l$$

F_r : نیروی اصطکاک غلتشی بر حسب نیوتن

h : طول مؤثر گشتاور محرک بر حسب cm

N : نیروی عمود بر سطح بر حسب نیوتن

l : طول مؤثر گشتاور مقاوم بر حسب cm

چون در عمل اختلاف اندازه r و h بسیار ناچیز است می توان به جای h مقدار r را قرار

داد :

$F_r \times r = N \times l$

حال اگر از این رابطه مقدار نیروی اصطکاک مورد نظر باشد، می توان آن را بدین صورت به

دست آورد :

$F_r = \frac{l}{r} \times N$

مقدار طول مؤثر گشتاور مقاوم (l) به جنس چرخ و جنس سطح اتکا بستگی دارد که مقدار آن

در این جا داده شده است.

$$l = 0.08 \text{ cm}$$

چوب صنوبر روی چوب کاج

$$l = 0.05 \cdot 0.1 \text{ cm}$$

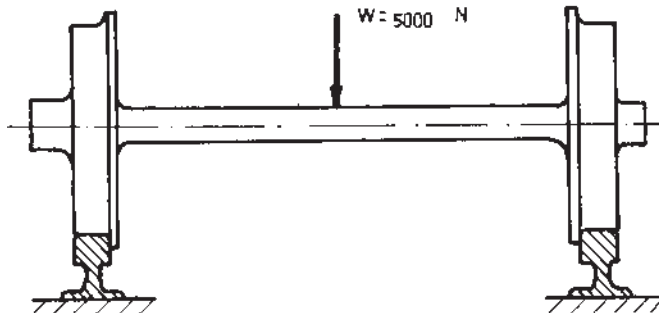
(چدن - فولاد ریختگی - فولاد) روی فولاد

در بلبرینگ‌ها چون قطر آن‌ها استاندارد است، در عمل به جای $\frac{1}{r}$ که در اصل ضریب اصطکاک غلتشی است معادل آن i را قرار می‌دهند که مقدار آن با در نظر گرفتن سایر عوامل $0.003 \cdot 0.001 \cdot 0.003$ در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، رابطه یاد شده در بلبرینگ‌ها به این صورت خواهد بود:

$$F_r = i \cdot N$$

مسئله نمونه «۱»: نیروی لازم را برای به حرکت درآوردن یک واگن کوره چوب خشک کنی، مطابق شکل ۳-۲۳ حساب کنید؛ اگر نیروی وزن آن $W = 5000 \text{ N}$ و قطر چرخ‌های آن ۱۶ سانتی متر و طول مؤثر گشتاور مقاوم آن $l = 0.05$ سانتی متر باشد،

$$N = W = 5000 \text{ N}$$



شکل ۳-۲۳

$$F_r = \frac{1}{r} \cdot N$$

$$F_r = \frac{0.05}{8} \cdot 5000 = 31.25 \text{ N}$$

مسئله نمونه «۲»: لکوموتیو باری جهت انتقال گرده بینه از جنگل به کارخانه مطابق شکل ۳-۲۴ چه توانی باید داشته باشد تا نیروی وزن $W = 1 \text{ MN}$ را با سرعتی معادل ۷۲ کیلومتر در ساعت به حرکت درآورد؛ در صورتی که ضریب اصطکاک $i = 0.005$ و نیروی مقاومت باد $F_W = 8000 \text{ N}$ به حساب آید.



شکل ۲۴-۳- لکوموتیو حمل گرده بینه

حل:

$$N = W = 1 \text{ MN} = 1000000 \text{ N}$$

$$F_r = N \times \mu_i = 1000000 \times 0/005 = 5000 \text{ N}$$

$$F = F_r + F_w = 5000 + 8000 = 13000 \text{ N}$$

$$V = \frac{72 \times 1000}{3600} = 20 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{F \times V}{1000} = \frac{13000 \times 20}{1000} = 260 \text{ kW}$$

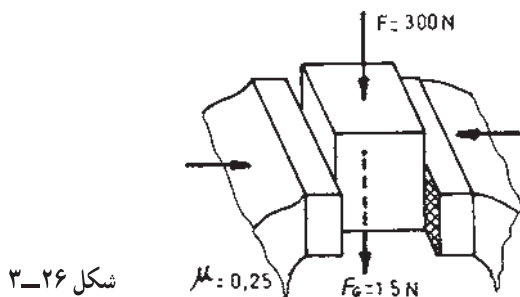
تمرین

۱- مقدار نیروی لازم را برای به حرکت درآوردن دستگاه مرغک روی میز ماشین خراطی مطابق شکل ۲۵-۳ حساب کنید، اگر نیروی وزن آن $W = 200 \text{ N}$ و ضریب اصطکاک $\mu = 0/15$ باشد.



شکل ۲۵-۳

۲- قطعه کاری که نیروی وزن آن $W = 15\text{ N}$ است به وسیله گیره ای مطابق شکل ۳-۲۶ محکم شده است. حساب کنید، نیروی وارد از طرف فک های گیره به سطح کار را اگر نیروی عمودی وارد بر قطعه کار 300 N و ضریب اصطکاک سطح $\mu = 0.25$ باشد.



۳- برای رنده کردن الواری روی دستگاه کفرند در صورتی که وزن الوار $W = 450\text{ N}$ ، $\mu_s = 0.3$ ، $\mu_k = 0.22$ باشد، نیروهای لازم داده شده را محاسبه نمایید.

الف) مقدار نیروی لازم برای شروع حرکت؛

ب) مقدار نیروی لازم در حال حرکت قبل از رنده شدن؛

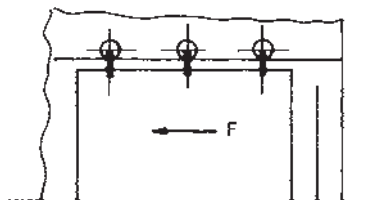
ج) مقدار نیروی لازم در حال رنده شدن؛ در صورتی که تیغه نیرویی افقی معادل $F = 20\text{ N}$ به الوار وارد نماید.

۴- بعد از تولید تخته خرده چوب، برای مرتب چیده شدن آنها مطابق شکل ۳-۲۷ لازم است که صفحات روی هم کشیده شوند. اگر جرم یک ورق $m = 6\text{ kg}$ و ضریب اصطکاک $\mu_s = 0.5$ باشد، نیروی لازم را برای کشیدن و جابه جا کردن یک ورق به دست آورید.



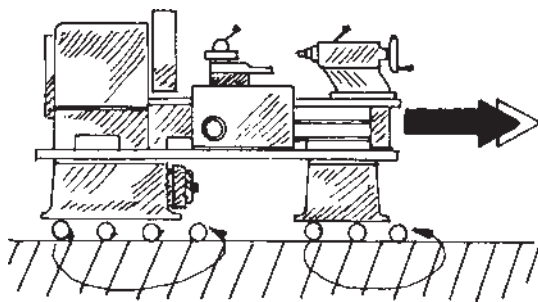
شکل ۳-۲۷- چیدن صفحات تخته خرده چوب

۵- درب انباری به وسیله بلبرینگ مطابق شکل ۳-۲۸ حرکت می کند. نیروی لازم باز و بسته شدن آن را حساب کنید اگر نیروی وزن آن $W = 4000\text{ N}$ و ضریب اصطکاک $\mu_i = 0.005$ باشد.



شکل ۳-۲۸

۶- برای جابه جا کردن دستگاهی مطابق شکل ۳-۲۹ نیروی لازم آن را در دو حالت محاسبه کنید (اگر نیروی وزن آن $W = 8000\text{ N}$ باشد) :



شکل ۳-۲۹

الف) اگر بخواهیم آن را روی کف کارگاه به حرکت درآوریم؛ در صورتی که ضریب اصطکاک آن $\mu = 0.5$ باشد.

ب) اگر برای همین منظور، زیر آن غلتک هایی به قطر $d = 120$ میلی متر قرار دهیم؛ در حالی که طول مؤثر گشتاور مقاوم $l = 0.05$ سانتی متر باشد.

۷- در یاتاقان بندی میله ترانسیمیسیونی که نیرویی برابر $F = 2000\text{ N}$ بر آن وارد می آید، اگر از یاتاقان بندی لغزشی با ضریب اصطکاک $\mu = 0.1$ و یا از یاتاقان بندی غلتشی با ضریب اصطکاک $\mu_i = 0.002$ استفاده کنیم، نیروهای اصطکاک را با هم مقایسه کنید.

۸- صندوق مخصوص حمل قطعات چوبی با جرم 75 کیلوگرم را روی کف افقی کارگاه

بانیریوی معادل 35° نیوتن به وسیله یک طناب که امتداد آن با راستای افقی زاویه 37° می‌سازد با سرعت ثابت کشیده می‌شود. ضریب اصطکاک بین کف کارگاه و صندوق را حساب کنید.

۹- الواری به جرم 6° کیلوگرم را می‌خواهیم به وسیله اره نواری برش بزنیم؛ در صورتی که ضرایب اصطکاک بین الوار و صفحه دستگاه به ترتیب $s = 0/35$ و $k = 0/25$ باشد، محاسبه کنید:

الف) حداقل نیرویی که باعث شروع حرکت الوار روی صفحه‌ی دستگاه می‌شود؛

ب) مقدار نیرویی که باعث خشی نمودن نیروی اصطکاک جنبشی می‌شود؛

ج) اگر در هنگام برش الوار نیرویی عمودی معادل 10° نیوتن و نیرویی افقی معادل 8° نیوتن از طرف اره به الوار وارد شود، برای حرکت الوار روی دستگاه مقدار نیروی لازم را با سرعت ثابت به دست آورید.

۱۰- نیرویی که به یک واگن حمل چوب می‌توان وارد نمود حدود 70° نیوتن است. حساب کنید حداکثر باری را که به وسیله این واگن می‌توان حمل کرد؛ در صورتی که نیروی وزن خود واگن 40° نیوتن و ضریب اصطکاک غلشی $F_i = 0/25$ باشد.

سوالات آزمون پایان فصل سوم

- ۱- کار مکانیکی را تعریف کنید.
- ۲- در کدام یک از این موارد کار انجام می‌گیرد؟
(الف) بلند کردن یک الوار بر روی دست.
(ب) حرکت کردن در صورتی که الوار روی دست قرار دارد.
- ۳- یک ژول کار را تعریف کنید.
- ۴- صور مختلف انرژی را نام ببرید.
- ۵- توان مکانیکی را تعریف کنید.
- ۶- منظور از راندمان دستگاه چیست؟
- ۷- نیروی اصطکاک را تعریف نمایید.
- ۸- منظور از نیروی اصطکاک در حال سکون چیست؟
- ۹- نیروی اصطکاک جنبشی را تعریف کنید.
- ۱۰- نیروی اصطکاک به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۱۱- تفاوت اصطکاک لغزشی را با اصطکاک غلشی بنویسید.

تمرین

- ۱- ظرفیت بالابری ۵۴ کیلوژول است. اگر لازم باشد از این بالابر برای حمل صندوق روکش استفاده شود، در هر دفعه چند صندوق را می‌توان تا ارتفاع ۳ متری بالا برد؛ در صورتی که هر صندوق ۶۰۰ کیلوگرم جرم داشته باشد.
- ۲- نقاله‌ی زنجیره‌ای برای حمل گرده‌بینه تا ارتفاع ۱/۵ متری موجود است. اگر زمان حمل ۳۰ ثانیه و مشخصات گرده‌بینه با قطر ۷ cm طول ۲/۲ m و جرم ویژه ۶۵ / ° گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد، توان موتور این نقاله را برحسب کیلووات و اسب بخار به دست آورید.
- ۳- توان گرفته شده الکتروموتور دستگاهی $P_1 = 800 \text{ W}$ و راندمان آن $\eta_E = 85\%$ می‌باشد، اگر این توان به وسیله چرخ دنده‌ای با راندمان $\eta = 75\%$ منتقل شود، این موارد را حساب کنید:
(الف) راندمان کل دستگاه؛
(ب) توان محور متحرک.

۴- دستگاه فرزی با قطر بولی 100 میلی متر موجود است، اگر دارای الکتروموتوری با این مشخصات باشد، نیروی محیطی آن را حساب کنید :

– تعداد دور موتور 6000 I/min

– توانی معادل $P_1 = 3/5 \text{ kW}$

– راندمان الکتروموتور $\eta_E = 0/90$

– راندمان ماشینی $\eta_M = 0/75$

فصل چهارم

محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشین‌های صنایع چوب

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

۱- توان الکتریکی وسایل برقی، به‌ویژه دستگاه‌های عمومی صنایع چوب را محاسبه نماید؛

۲- کار الکتریکی دستگاه‌های صنعتی را محاسبه نماید؛

۳- بهای برق مصرفی دستگاه‌ها و وسایل برقی را محاسبه کند.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

۴- محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشین‌های عمومی صنایع چوب

۴-۱- الکتروموتور

امروزه برای به‌حرکت درآوردن ماشین‌های صنعتی از الکتروموتورها استفاده می‌شود.

الکتروموتورها دستگاه‌هایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱ - الکتروموتور

الکتروموتورها در نوع‌ها و اندازه‌های مختلف با قدرت‌های متفاوت وجود دارند که توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشین‌های صنعتی به قدرت و نوع آن‌ها بستگی دارد.

هر الکتروموتور دارای مشخصاتی است که بر روی آن، این مشخصات درج شده است. برای مثال در شکل ۲-۴ مشخصات درج شده یک الکتروموتور را می‌بینید که مشخصات عبارتند از: نام الکتروموتور، نوع آن، توانایی کار کردن به صورت دائم، شماره ساخت، ولت، آمپر، توان، ضریب توان، تعداد دور و غیره.

Hersteller		
TYP	DA	80
D - Motor	Nr	6080
Δ	380 V	187 A
100 kw	DB	$\cos \varphi$ 0.89
1460	1/min	50 Hz
Läufer Y	245U	248 A
Lsol - Kle	I_p 23	0.7 t
VDE 0530/169		

شکل ۲-۴ - پلاک روی الکتروموتور

۲-۴- توان الکتریکی

توان الکتریکی وسایل برقی به اختلاف سطح و شدت جریان آن‌ها بستگی دارد و این گونه محاسبه می‌گردد.

روابط:

$$P = u \cdot I \quad \text{و} \quad u = I \cdot R$$

$$P = I^2 \cdot R \quad \text{یا} \quad P = \frac{u^2}{R}$$

علایم / اختصاری:

P : توان بر حسب وات

u : اختلاف سطح بر حسب ولت

I : شدت جریان بر حسب آمپر

R : مقاومت بر حسب اهم

رابطه مذکور برای محاسبه‌ی توان در جریان مستقیم و در جریان متناوب بدون بار القایی معتبر است. توان الکتروموتورها و وسایل برقی که دارای بار القایی هستند و با جریان تک فاز کار می کنند از این رابطه استفاده می شود :

$$P = u \cdot I \cdot \cos \phi$$

$\cos \phi$: ضریب توان

اما الکتروموتورهایی که از جریان سه فاز استفاده می کنند رابطه توان الکتریکی آنها عبارت است از :

$$P = \sqrt{3} \cdot u_L \cdot I_L \cdot \cos \phi$$

مسئله نمونه «۱»: برای آن که بتوانیم سریشم را در حرارت 60° الی 70° درجه نگهداری کنیم از یک ظرف سریشم الکتریکی 22° ولتی استفاده می کنیم. اگر شدت جریان $1/5$ آمپر باشد توان مصرفی دستگاه چقدر است؟

$$P = U \cdot I$$

$$P = 220 \times 1/5 = 330 \text{ W}$$

مسئله نمونه «۲»: در یک دستگاه اره برقی که با برق 220° ولت کار می کند اگر شدت جریان ۶ آمپر و ضریب توان $\cos \phi = 0/8$ باشد توان مصرفی دستگاه چند وات است؟

$$P = u \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$P = 220 \times 6 \times 0/8 = 1056 \text{ W}$$

توجه: در اکثر موارد توان مصرفی الکتروموتورها با قوه اسب (P_S) بیان می گردد که رابطه تبدیل آن به وات و کیلووات عبارت است از :

$$1(P_S) = 736(W)$$

$$1(kW) = 1/36(P_S)$$

۳-۴- انرژی الکتریکی

از تعریف کلی توان که برابر است با کار انجام شده در واحد زمان، می‌توان رابطه‌ی انرژی الکتریکی را نیز نتیجه گرفت :

$$P = \frac{W}{t} \quad . \quad W = P \cdot t$$

علامت اختصاری:

W : انرژی الکتریکی برحسب وات ثانیه (Ws)

P : توان برحسب وات (W)

t : زمان برحسب ثانیه (s)

چون لازم است انرژی الکتریکی را برحسب کیلووات ساعت نیز به دست آورد، بنابراین، از این رابطه می‌توان استفاده کرد :

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$$

۴-۴- محاسبه‌ی بهای برق مصرفی

هزینه‌ی برق مصرفی از حاصل ضرب انرژی الکتریکی مصرف شده در قیمت هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تعیین می‌گردد.

اغلب به غیر از هزینه‌ی برق مصرفی، یک مبلغ ثابت ماهانه به نام «اشتراک» نیز در نظر گرفته می‌شود که حاصل جمع دو مقدار فوق مبلغی است که از مشترکین دریافت می‌گردد.

مسئله نمونه: یک وسیله‌ی برقی با توان 2000 W در هر روز ۵ ساعت کار می‌کند، حساب کنید جمع پول برق ماهیانه را در صورتی که بهای برق برای هر کیلووات ساعت ۱۰ ریال و حق اشتراک ماهیانه ۳۰۰ ریال باشد.

$$P = 2000 \text{ W} = 2 \text{ kW}$$

$$t = 30 \cdot 5 = 150 \text{ ساعت در ماه}$$

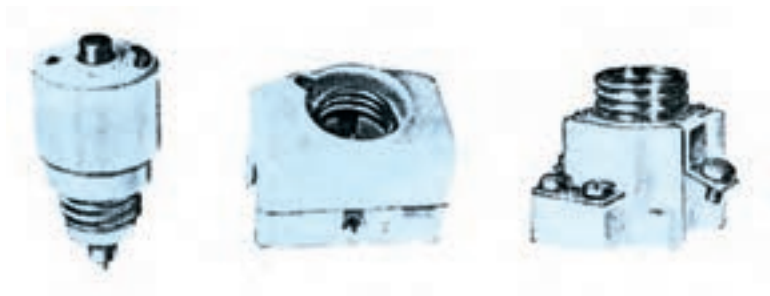
$$W = P \cdot t = 2 \cdot 150 = 300 \text{ kWh}$$

$$\text{ریال } 3300 = 300 \cdot (3000 \cdot 10) = \text{بهای برق مصرفی}$$

۱- روی پلاک الکتروموتور یک دستگاه رنده اختلاف سطح 38° ولت، توان الکتریکی ۵/۵ کیلووات و ضریب توان $\cos \varphi = 0.85$ قید شده است، مطلوب است شدت جریانی که از دستگاه در حال کار کردن عبور می کند.

۲- در فیوز اتوماتیک 10 آمپری مطابق شکل ۳-۴ تعیین کنید :
الف) حداکثر توان قابل استفاده، اگر اختلاف سطح شبکه 220 ولت باشد و مصرف کننده اُهمی باشد.

ب) در صورتی که یک فرز برقی با توان ۱/۵ کیلووات در مدار باشد، آیا می توان یک اِره برقی با توان 900 وات را نیز در مدار قرار داد؟ $\cos \varphi = 0.8$



شکل ۳-۴

۳- حساب کنید شدت جریانی را که الکتروموتور جریان متناوب ۳ فاز از شبکه می گیرد ؛ در صورتی که توان جذب شده آن ۶ کیلووات و ضریب توان $\cos \varphi = 0.8$ و ولتاژ خطی آن 380 ولت باشد.



۴- دستگاه چهار طرف رنده اتوماتیکی مانند شکل ۴-۴ دارای سه الکتروموتور یکسان با این مشخصات می باشد.

380° ولت — $6/5$ آمپر — ضریب توان $\cos \varphi = 0.85$

شکل ۴-۴ — الکتروموتورهای یک دستگاه چهار طرف رنده

مطلوب است کل توان الکتریکی دستگاه برحسب کیلووات و قوه اسب؛ اگر ۱۲ ساعت در روز کار کند کل انرژی الکتریکی مصرف شده دستگاه را در روز به دست آورید.

۵- در مسأله شماره ۴ اگر ماهانه ۲۶ روز کار و هر کیلووات ساعت برق ۶۰ ریال منظور شود بهای برق مصرفی دستگاه مذکور را در یک ماه و در یک سال حساب کنید.

۶- در یک کارگاه صنایع چوبی که از جریان سه فاز استفاده می شود سه دستگاه با الکتروموتورهای $1/5 P_s$ و $2 P_s$ و $2/5 P_s$ موجود است. اگر به طور متوسط هر دستگاه در روز چهار ساعت کار کند، مطلوب است:

الف) توان کلی دستگاه های کارگاه فوق به کیلووات

ب) انرژی الکتریکی مصرفی کل دستگاه ها

۷- در یک کارگاه صنعتی از شبکه برق این گونه استفاده می شود:

الف) از شبکه ی ۲۲۰ ولت: ۱۶ عدد لامپ ۱۰۰ وات و یک الکتروموتور ماشین مته رومیزی ۴۰۰ وات با ضریب توان $\cos \varphi = 0.8$

ب) از شبکه ی ۳۸۰ ولت: ۲ الکتروموتور با مشخصات ۵/۶ آمپر و ضریب توان $\cos \varphi = 0.8$ برای راه انداختن ماشین های اره و رنده و یک الکتروموتور با مشخصات ۴ آمپر و $\cos \varphi = 0.8$ برای ماشین فرز استفاده می کند. حساب کنید: بهای برق مصرفی ماهانه را، در صورتی که کارگاه در هر ماه ۲۶ روز برق مصرف کند. ساعات کار روزانه ماشین های اره، رنده و فرز ۸ ساعت، مته رومیزی ۶ ساعت و روشنایی ۵ ساعت بوده هزینه هر کیلووات ساعت برق مصرفی از شبکه ۱۰ ریال و حق اشتراک ماهانه ۱۲۰۰ ریال باشد.

سوالات آزمون پایان فصل چهارم

۱- برای این وسایل برقی یک کنتور ۲۵ آمپری کافی است :
یک دستگاه سه کاره نجاری به توان $2/4 \text{ kW}$ ، سه عدد لامپ 100 W ، یک دستگاه فرز برقی دستی 800 W ، اگر اختلاف سطح شبکه 220 V باشد : $\cos \varphi = 0/8$
الف) آیا می شود یک پروژکتور 800 W را نیز در مدار قرار داد؟
ب) بهای برق مصرفی یک ماه را حساب کنید ؛ اگر از وسایل فوق 26 روز در ماه و هر روز به مدت 4 ساعت استفاده شود و هر کیلووات ساعت برق 60 ریال و حق اشتراک ماهانه 300 ریال باشد.

۲- در یک کارگاه صنایع چوبی ۲ دستگاه ماشین فرز 3 kW به مدت 5 ساعت و یک دستگاه ماشین مته $1/2 \text{ kW}$ به مدت 4 ساعت کار می کنند و برای روشنایی از 10 عدد لامپ مهتابی 40 W به مدت 8 ساعت استفاده می شود. مطلوب است بهای برق مصرفی ماهانه کارگاه، در صورتی که بهای هر کیلووات ساعت برق 30 ریال و حق اشتراک ماهانه 500 ریال و زمان کار 26 روز در ماه در نظر گرفته شود.

۳- در یک کارگاه صنعتی از شبکه برق این گونه استفاده می شود :
الف) 8 عدد لامپ 100 وات، یک دریل برقی دستی 300 وات، یک رنده برقی دستی 500 وات که از شبکه ی 220 ولت استفاده می شود.
ب) 3 الکتروموتور با مشخصات $1/5 \text{ P}_S$ و 2 P_S و 3 P_S برای راه انداختن ماشین های اره و رنده و فرز از شبکه ی سه فاز استفاده می شوند.

اگر از لامپ های روشنایی 8 ساعت در روز و وسایل برقی دستی به طور متوسط هر کدام یک ساعت در روز و دستگاه ها هر کدام 3 ساعت در روز استفاده شود، و بهای برق مصرفی 30 ریال و حق اشتراک ماهانه 900 ریال باشد، بهای برق مصرفی این کارگاه را برای مدت یک ماه (26 روز کاری) و یک سال حساب کنید.

تعیین زمان انجام کار

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

- ۱- روش‌های مختلف انجام کار را توضیح دهد؛
- ۲- زمان‌سنجی را تعریف کند؛
- ۳- روش‌های مشاهده مستقیم زمان‌سنجی را توضیح دهد؛
- ۴- اجزای زمان انجام کار را تعیین کند؛
- ۵- زمان کار را برای هر قطعه محاسبه کند؛
- ۶- زمان کار را برای چند قطعه مشابه تعیین کند؛
- ۷- زمان تجهیز (اصل تجهیز و جزء تجهیز) را محاسبه کند؛
- ۸- زمان جزء و زمان مبنا را تعیین نماید؛
- ۹- زمان فرعی و زمان اصلی انجام کار را محاسبه کند؛
- ۱۰- روش‌های ترکیبی زمان‌سنجی را توضیح دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

۵- تعیین زمان انجام کار

۵-۱- مقدمه

تکنیک زمان‌سنجی از روش‌های دقیق کارسنجی است و در صنایع و مدیریت صنعتی کاربردی گسترده دارد.

با استفاده از روش‌های مختلف زمان‌سنجی و تعیین استانداردهای زمانی می‌توان در تعیین نیازمندی‌های نیروی انسانی، برنامه ریزی و تولید کار، مقایسه‌ی عملکرد واحدها و افراد، تعیین

هزینه‌ها و تهیه‌ی مبنایی برای پرداخت حقوق، مزد تشویقی و پاداش بهره‌جست. اولین گام در زمان‌سنجی، تقسیم کار به عوامل اساسی بوده لذا با مشاهده و ثبت زمان صرف شده برای انجام هر یک از عوامل به وسیله ساعت، کرونومتر یا سایر روش‌ها می‌توان زمان لازم را برای انجام کار - با در نظر گرفتن زمان استراحت و رویدادهای احتمالی - تعیین نمود.

۵-۲- زمان‌سنجی

یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده هزینه تولید، زمانی است که برای ساخت آن مصرف می‌شود. بدین سبب باید این زمان را حتی المقدور، به طور دقیق تعیین نمود. برای این منظور از روش‌های مختلفی مثل حدس زدن، زمان‌سنجی، زمان‌های استاندارد از قبل تعیین شده و غیره استفاده می‌کنند. ۵-۲-۱- روش حدس زدن: در این روش مراحل مختلف انجام کار را تعیین می‌کنند و از راه تجربه، زمانی را که در هر مرحله ساخت لازم است حدس می‌زنند و از مجموع زمان‌های تعیین شده زمان انجام کار را به دست می‌آورند. عواملی که در این روش مؤثرند، عبارتند از: نوع کار، چگونگی روش انجام کار، توانایی و تجربه کاری، تجهیزات و وسایل مورد استفاده، وضعیت محل کار، مواد اولیه مورد مصرف و نظایر آن.

مثلاً: یک میز کامپیوتر مطابق با نوع مشخص شکل ۵-۱ سفارش داده می‌شود، سازنده باید با توجه به چگونگی تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه و انتخاب روش انجام کار، همچنین با در نظر گرفتن نوع تجهیزات و وسایل مورد استفاده تخمین زند که چه زمانی طول خواهد کشید تا میز کامپیوتر مورد نظر را بسازد و زمان تحویل سفارش را مشخص کند و با توجه به زمان ساخت، هزینه دستمزد را برآورد نماید.



شکل ۵-۱ - میز کامپیوتر

حل:

الف) برش اولیه	۲ ساعت
ب) اندازه بری	۱/۵ ساعت
پ) اتصالات	۳ ساعت
ت) مونتاژ	۵/۵ ساعت
ث) پرداخت	۲ ساعت
ج) رنگ	۴ ساعت

چ) زمان احتمالی ۳۰٪ زمان‌های در نظر گرفته شده

$$۱۸ = ۲. ۴ + ۵/۵. ۳ + ۱/۵. ۲ \quad \text{ساعت زمان عملیات}$$

$$۱۸. \frac{۳۰}{۱۰۰} = ۵/۴ \quad \text{ساعت زمان احتمالی}$$

$$۱۸. ۵/۴ = ۲۳/۴ \quad \text{ساعت کل زمانی که برای ساخت تخمین زده می‌شود.}$$

۲-۵-۲- روش زمان‌سنجی: به منظور برنامه ریزی دقیق و واقع‌بینانه برای تولید، باید بتوانیم به گونه‌ای دقیق میزان تولید بالقوه یک عملیات معین را تخمین بزنیم. روش تخمین را می‌توان بر پایه نظرات اشخاص مختلفی که زمان را حدس می‌زنند و براساس تجربه صورت گیرد، انجام داد. البته ممکن است در موارد خاص نتایج خوبی به دست آید، اما همیشه این گونه نیست، زیرا بیشتر اوقات حتی تخمینی که دو نفر می‌زنند یکسان نیست، به همین دلیل داشتن یک روش منظم و اصولی برای تخمین مقدار بالقوه تولید در یک فاصله‌ی زمانی معین، بسیار ضروری است؛ بنابراین، به بررسی روش‌های دقیق‌تری به نام «روش‌های زمان‌سنجی» می‌پردازیم. «زمان‌سنجی» عبارت است از تعیین زمان انجام عملیات برای کارگر کارآزموده؛ به گونه‌ای که بتواند کار را در سطح عملکرد مطلوب و مشخص انجام داده در نهایت زمان کل عملیات برای تولید انبوه قطعات تعیین گردد. روش‌های زمان‌سنجی نسبت به گسترده‌گی آن به دو گروه عمده تقسیم می‌شود که در قسمت‌های بعدی این فصل به توضیح هر یک از آن‌ها می‌پردازیم.

تمرین

۱- برای ساخت طبقه‌بندی بایگانی مطابق شکل ۲-۵ این عملیات تخمین زده می‌شود، زمان ساخت آن را محاسبه کنید.

الف) برش اولیه : ۲ ساعت، ب) اندازه‌بری : ۲ ساعت، پ) اتصالات : ۳ ساعت، ت) مونتاژ : ۵ ساعت، ث) پرداخت : ۳ ساعت، ج) رنگ : ۴ ساعت، چ) نصب : ۲ ساعت، ح) برای حوادث احتمالی ۳۰ درصد زمان‌های یاد شده منظور گردد.



شکل ۵-۲ طبقه‌بندی بایگانی

۲- برای نصب پارکت کف سالنی، مطابق شکل ۵-۳، این عملیات حدس زده می‌شود. زمان آماده شدن آن را به دست آورید.

الف) زیرسازی : ۶ ساعت، ب) پل‌بندی : ۱۰ ساعت، پ) نصب پارکت : ۱۲ ساعت، ت) قرنیز اطراف سالن : ۴ ساعت، ث) پرداخت : ۳ ساعت، ج) رنگ‌کاری : ۵ ساعت، چ) زمان حوادث احتمالی ۳۰ درصد زمان‌های ذکر شده می‌باشد.

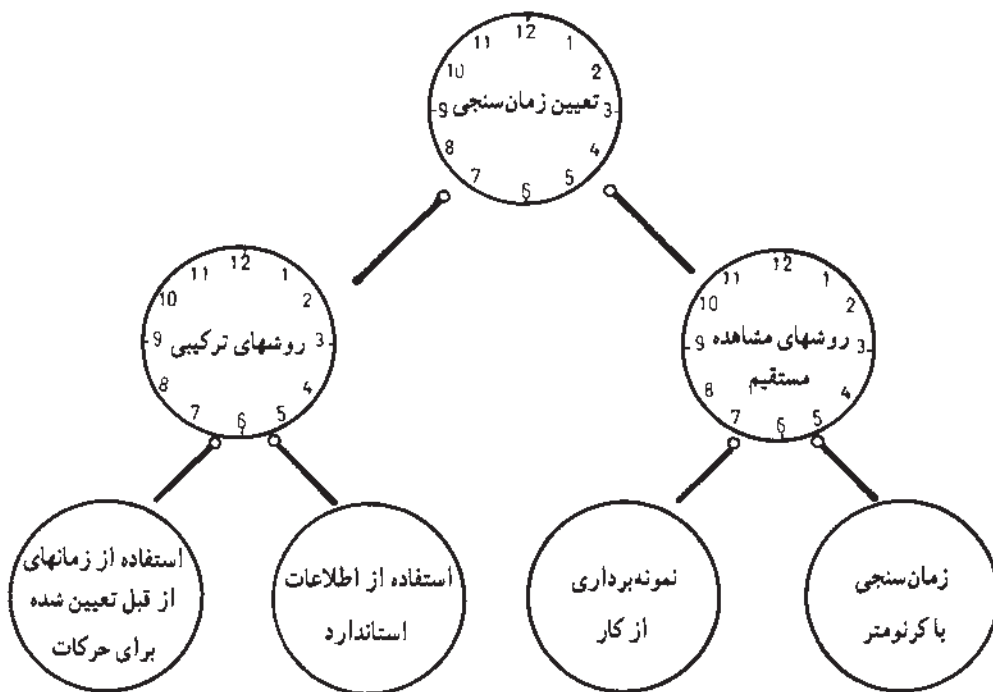


شکل ۵-۳ طریقه زیرسازی جهت نصب پارکت

- ۳- نقش زمان انجام کار را در هزینه‌ی تولید بیان کنید.
- ۴- اصول تعیین زمان انجام کار بر چه پایه‌هایی است؟
- ۵- روش حدس زدن را در زمان انجام کار توضیح دهید.
- ۶- چه عواملی در روش حدس زدن برای تعیین زمان انجام کار مؤثرند؟
- ۷- به چه دلیل روش حدس زدن نمی‌تواند همیشه در تعیین زمان انجام کار مؤثر باشد؟
- ۸- زمان سنجی را تعریف کنید.

۳-۵- روش‌های مشاهده مستقیم

برای سنجش زمان چهار روش معمول و متداول است (شکل ۴-۵) که آن‌ها را می‌توان در دو گروه خلاصه کرد.



شکل ۴-۵- روش‌های زمان سنجی

روش‌های مشاهده مستقیم مستلزم دیدن کار در حین انجام آن می‌باشد، اما در روش‌های ترکیبی، زمان سنجی بدون مشاهده کار انجام می‌گیرد. باید توجه داشت که در صورت استفاده از هر

یک از روش‌های مذکور برای زمان سنجی، روش انجام کار، وضعیت انجام کار و غیره باید کاملاً مشخص باشد.

۱-۳-۵- زمان سنجی با کرنومتر: این سنجش با روشی ساده برای تعیین زمان انجام

کار صورت می‌گیرد؛ یعنی کار و اندازه‌گیری زمان انجام آن به وسیله ساعت انجام می‌گیرد. اگر



شکل ۵-۵- کرنومتر

بخواهیم زمان اندازه‌گیری شده دقیق باشد از کرنومتر مطابق شکل ۵-۵ استفاده می‌کنیم. این کار مبنای یکی از روش‌های تعیین زمان استاندارد است که برای رسیدن به یک نتیجه مطلوب باید مسائل دیگری را در نظر گرفت. از جمله این که زمان صحیح زمانی است که از میانگین چند زمان به دست آمده باشد؛ بنابراین زمان هر عمل را در چند بار ثبت نموده از آن‌ها میانگین می‌گیریم و از طرفی، کاری را که چند بار در حین عمل مشاهده کرده با کرنومتر زمان سنجی می‌کنیم، احتمالاً زمان‌های هر دفعه ممکن است با توجه به سرعت عمل کارگر با یکدیگر تفاوت بسیاری داشته باشد؛ زیرا هنگامی که کارگر سریع

کار می‌کند زمان کوتاه‌تر از هنگامی است که آرام کار می‌کند، به ناچار ما برای تعیین زمان — که نشان‌دهنده‌ی سرعت طبیعی انجام کار است — باید تعدیل در زمان مشاهده داشته باشیم و این تعدیل را به وسیله‌ی ضربی به نام «ضرب عملکرد» انجام می‌دهیم و از این رابطه برای به دست آوردن زمان نرمال استفاده می‌کنیم:

$$T = \frac{ti}{n} \cdot \frac{A}{100}$$

در صورتی که فقط یک مشاهده داشته باشیم:

$$T = ti \cdot \frac{A}{100}$$

T: زمان نرمال

ti: مجموع زمان‌های اندازه‌گیری شده یک عمل

n: تعداد دفعات اندازه‌گیری

A: ضرب عملکرد

ضرب عملکرد مقیاسی از صفر تا ۱۰۰ است. صفر برای عدم انجام هرگونه کار و ۱۰۰

نشان‌دهنده‌ی سرعت طبیعی انجام کار است. برای سرعت‌های بیش از حد معمول عددی بیش از عدد ۱۰۰ قرار می‌دهیم؛ به طوری که وقتی کاری را مشاهده می‌کنیم؛ سرعت انجام آن را برحسب یکی از شماره‌های این مقیاس، یعنی اگر سرعت خیلی کم باشد حدود ۵۰ و اگر سرعت بیش از حد معمول باشد حدود ۱۲۵ تعیین می‌کنیم.

برای نتیجه‌گیری بهتر از این روش باید شخص زمان سنج، این اطلاعات را دارا بوده توانایی برقراری ارتباط صحیح را داشته باشد.

۱- باید روش کار ماشین را بداند؛

۲- باید طریق انجام کار را بداند؛

۳- از درجه مهارت کارگران اطلاع کامل داشته باشد؛

۴- نظریات و تفکرات کارگران را بداند؛

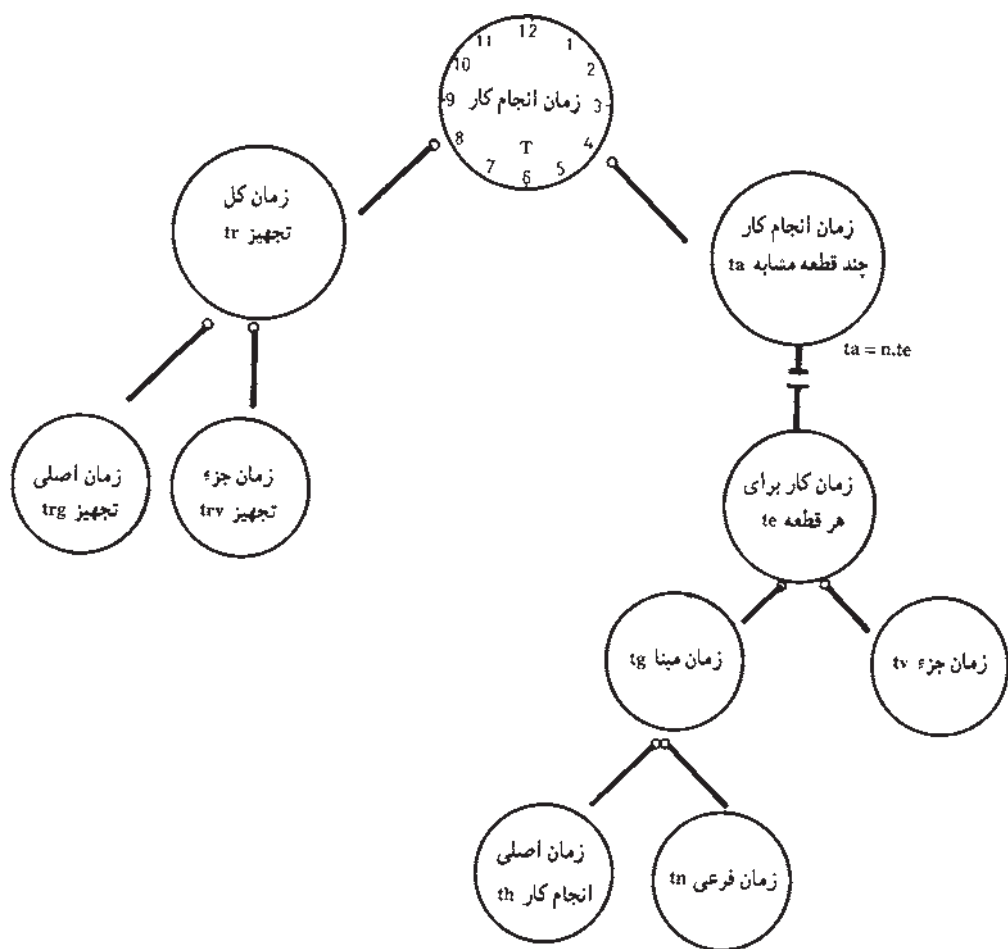
۵- وضعیت محیط کار و درجه کیفیت کار را بداند.

و شخص زمان سنج باید بداند که یک عملیات از چند فعالیت مختلف تشکیل می‌شود و هر کار را به اجزای کوچک‌تر تقسیم نموده برای هر جزء کوچک ضریب عملکردی را تعیین کند و با توجه به بیکاری‌های مجاز هر زمان را جداگانه مشخص نماید. سرانجام، زمان‌های هر مرحله از ساخت را مانند: اره، رنده، اتصالات، فرزکاری، مونتاژ و غیره را که به طور جداگانه به دست آورده است، با هم ترکیب کند و زمان اصلی انجام یک کار را به دست آورد.

برای محاسبه زمان انجام کار سازمان رفاه (مجمع مطالعه کار) روشی را تعیین نموده، به طوری که زمان هر مرحله را به اجزای کوچک‌تری تقسیم می‌کنیم (شکل ۶-۵). اینک به شرح هریک از زمان‌ها می‌پردازیم.

— زمان کل تجهیز (tr): زمان کل تجهیز، زمانی است که ابتدا برای آماده کردن قبل از شروع کار و پس از پایان کار برای جمع و جور کردن محیط کار لازم است؛ مثلاً نقشه خوانی، مذاکره با سرپرست قسمت، تنظیم ماشین، فراهم کردن قطعات ماشینی و امثال آن، و پس از انجام کار، تغییر ماشینی به حالت اولیه، زمان تجهیز از دو زمان یعنی زمان اصلی تجهیز و زمان جزء تجهیز به دست می‌آید.

— زمان اصلی تجهیز (trg): این زمان صرف تدارک و تنظیم ماشین و ابزار خواهد شد؛ مثلاً تنظیم گونیاهای ابزار زدن یا تنظیم مرغک‌های خراطی، تنظیم دستگاه گندگی مطابق شکل ۷-۵ و غیره.



شکل ۶-۵- قسمت‌های مختلف زمان انجام کار



شکل ۷-۵- تنظیم دستگاه گندگی

— زمان جزء تجهیز (trv): این زمان بیشتر برای مسائل پیش‌بینی‌ناپذیر صرف می‌شود که در هنگام تجهیز پیش می‌آید و می‌توان گفت که این زمان تا حدودی به شخص کارگر بستگی دارد، مثلاً یک کارگر ورزیده و کارآمد زمان کمتری برای نقشه‌خوانی نیاز داشته ممکن است که برای ساخت قطعه کار نیازی به مذاکره با سرپرست قسمت برای راهنمایی شدن نداشته باشد.

— زمان انجام کار برای چند قطعه مشابه بدون در نظر گرفتن زمان تجهیز (ta): این زمان صرف ساختن چند قطعه مشابهی خواهد شد که زمان تجهیز برای آن‌ها مقدار معینی است (چون تقریباً زمان تجهیز برای ساختن چند قطعه کار مشابه مقدار ثابتی است)؛ مثلاً زمان رنگ پاشی چند قطعه‌ی مشابه برابر است با حاصل ضرب زمان محاسبه شده یک قطعه در تعداد آن‌ها تا زمان انجام کار برای چند قطعه مشابه به دست آید.

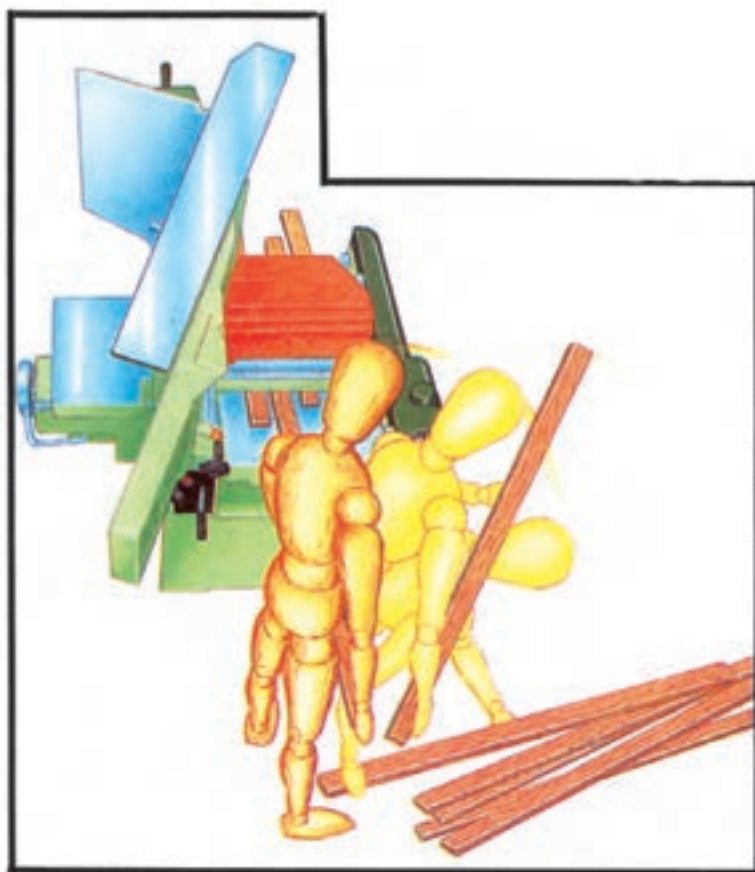
— تعداد قطعات مشابه (n): تعداد قطعات مشابهی است که عملیات روی آن‌ها به وسیله یک ماشین صورت می‌گیرد.

— زمان کار برای هر قطعه (te): زمانی که برای هر قطعه صرف می‌شود شامل دو قسمت زمان جزء و زمان مبنا خواهد بود که در این جا به شرح آن‌ها می‌پردازیم:

— زمان جزء (tv): زمانی است که برخلاف میل کارگر بدون پیش‌بینی صرف می‌شود، مثل روغنکاری، تعویض یا تیز کردن تیغه‌ها، رفع احتیاجات شخصی و غیره.

— زمان مبنا (tg): زمان مبنا نیز به دو قسمت زمان اصلی انجام کار و زمان فرعی تقسیم می‌شود.

— زمان فرعی (tn): زمانی است که بدون پیشرفت مستقیم برای انجام کار لازم است؛ مانند: اندازه‌گیری و کنترل قطعه کار، جابه‌جا کردن قطعه کار، مانند بلند کردن و روی دستگاه قرار دادن و به عکس (شکل ۸-۵). در هنگام کم‌کنی زمان بستن هر قطعه روی دستگاه و باز کردن آن.



شکل ۸-۵- مراحل حرکت برای گندگی کردن قطعات

— زمان اصلی انجام کار (th): زمانی است که منحصرأً عملیات مربوطه انجام می‌شود (بدون در نظر گرفتن کلیه زمان‌های اضافی و فرعی و غیره).

به‌طور خلاصه با توجه به مطالب یاد شده می‌توان گفت: تعیین زمان استاندارد به روش زمان‌سنجی با کرنومتر در چهار مرحله انجام می‌گیرد:

۱- تقسیم کار به اجزای کوچک؛

۲- تعیین زمان هر جزء با توجه به ضریب عملکرد مربوط به آن؛

۳- تبدیل زمان مشاهده‌ای هر جزء به زمان نرمال؛

۴- جمع کردن زمان نرمال اجزای مختلف کار و اضافه کردن بیکاری‌های مجاز به آن‌ها.

مثال:

زمان نرمال عملیات فاق‌زنی ۴۰۰ پایه متعلق به ۱۰۰ عدد میز عسلی را به دست آورید؛ در صورتی که:

— عملیات به وسیله‌ی ماشین کُن (شکل ۹-۵) با دسته‌های اهرمی با کارگر مربوط صورت می‌گیرد.



شکل ۹-۵

— زمان‌های ارائه شده با کرنومتر برای ۱۰ نمونه انجام گردیده و میانگین هر مرحله به این صورت گزارش شده است.

— هر پایه چهار عدد فاق لازم دارد و برای هر فاق یک بار باید قطعه کار روی دستگاه بسته شود.

- زمان اصلی تجهیز (trg) یا تنظیم دستگاه ۸ دقیقه ؛
- زمان جزء تجهیز (trv) ۱۰ درصد زمان اصلی تجهیز ؛
- زمان اصلی انجام کار (th) صرفاً عمل ایجاد یک فاق، ۱۰ ثانیه با ضریب عملکرد ۹۰ ؛
- زمان فرعی (tn) تنظیم هر بار قطعه کار برای عمل یک فاق ۱۰ ثانیه با ضریب عملکرد ۷۰ ؛
- زمان جزء (tv) زمان غیر پیش‌بینی یا بیکاری مجاز هر ۱۰ عدد پایه ۱ دقیقه.

$$\text{trg} = 8 \text{ min}$$

$$\text{trv} = 8 \cdot \frac{10}{100} = 0.8 \text{ min} \quad \therefore \quad \text{tr} = \text{trg} \cdot \text{trv} = 8 \cdot 0.8 = 6.4 \text{ min}$$

$$\text{th} = \frac{10}{60} \cdot \frac{90}{100} \cdot 4 = 0.6 \text{ min} \quad \therefore \quad \text{tg} = \text{th} \cdot \text{tn} = 0.6 \cdot 0.47 = 0.282 \text{ min}$$

$$\text{tn} = \frac{10}{60} \cdot \frac{70}{100} \cdot 4 = 0.47 \text{ min}$$

$$\text{tv} = 1 \cdot 10 = 0.1 \text{ min} \quad \therefore \quad \text{te} = \text{tg} \cdot \text{tv} = 0.282 \cdot 0.1 = 0.0282 \text{ min}$$

$$\text{ta} = n \cdot \text{te} \quad \therefore \quad \text{ta} = 400 \cdot 0.0282 = 11.28 \text{ min}$$

$$T = \text{ta} \cdot \text{tr} \quad \therefore \quad T = 11.28 \cdot 0.8 = 9.024 \text{ min}$$

$$T = 9.024 / 0.6 \approx 15.04 \text{ h} \quad \text{یا} \quad 9 \text{ h} \quad \text{و} \quad 54 \text{ min}$$

تمرین

- ۱- زمان انجام کار برای رنگ‌پاشی ۲۰ عدد قاب عکس مشابه را تعیین کنید ؛ در صورتی که زمان انجام کار یک قطعه (te) ۱۰ دقیقه و زمان کل تجهیز (tr) ۲۵ دقیقه باشد.
 - ۲- زمان آماده نمودن دستگاه منگنه‌ی بادی برای رویه کوبی کف صندلی را تعیین کنید، در صورتی که زمان اصلی تجهیز ۲۰ دقیقه و زمان جزء تجهیز ۲۰ درصد زمان اصلی تجهیز باشد.
 - ۳- زمان تجهیز برای مونتاژ کردن صندلی‌هایی که قطعات آن‌ها از قبل تهیه شده است، در این جا گزارش شده، زمان اصلی تجهیز، زمان جزء تجهیز و زمان کل تجهیز را تعیین کنید.
- تحويل وسایل دستی از انبار : ۱۰ دقیقه، تنظیم گیره‌های پنوماتیک : ۱۵ دقیقه، مطالعه‌ی نقشه کار : ۸ دقیقه، هماهنگی با سرپرست کارگاه : ۷ دقیقه، هماهنگی و آماده

نمودن قطعه کار : ۱۶ دقیقه.

۴- برای رنگ کردن یک قفسه کتاب لازم است تمام سطوح (دوطرف) آن با دست سنباده و پرداخت شود، اگر این قفسه از ۵ طبقه به ابعاد ۲۵ . ۹۰ سانتی متر و دو بدنه به ابعاد ۲۵ . ۲۲۰ سانتی متر تشکیل شده باشد و برای هر مترمربع ۸ دقیقه صرفاً زمان پرداخت لازم باشد. زمان اصلی انجام کار سنباده زدن این قفسه کتاب را به دست آورید و در صورتی که ضریب عملکرد ۱۱۰ درنظر گرفته شود زمان نرمال را تعیین کنید.

۵- برای رنده نمودن ۵۰ قطعه تخته به ابعاد ۱۵ . ۱۲۰ سانتی متر به وسیله دستگاه گندگی پیشبرد کار دستگاه ۵ متر بر دقیقه باشد، زمان اصلی انجام کار را تعیین نمایید.

۶- برای زبانه زدن ۴۰ عدد قید صندلی، زمان فرعی، زمان اصلی و زمان مبنا را محاسبه کنید ؛ در صورتی که زمان برداشتن و روی دستگاه قرار دادن هر قطعه ۴ ثانیه، زمان زبانه زدن هر قطعه ۴ ثانیه، زمان انتقال از دستگاه به میز کار برای هر قطعه ۳ ثانیه باشد.

۷- اگر برای نصب کابینت با پیچ و رول پلاک، زمان اصلی سوراخ کاری و محکم کردن هر پیچ ۳۵ ثانیه و زمان فرعی ۷۰ ثانیه و زمان جزء ۹۰ درصد زمان مبنا باشد، در صورتی که کابینت به وسیله ۱۰ پیچ محکم شود زمان انجام کار نصب کابینت را محاسبه کنید.

۸- زمان انجام کاری را که برای ساخت ۱۰ قطعه به کار می رود، محاسبه کنید ؛ در صورتی که زمان های ساخت یک قطعه بدین شرح باشد :

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| (الف) زمان اصلی تجهیز ۱۵ دقیقه، | (ب) زمان اصلی انجام کار ۱۰ دقیقه، |
| (ج) زمان فرعی انجام کار ۶ دقیقه، | (د) زمان جزئی تجهیز ۳ دقیقه، |
| (هـ) زمان جزء ۵ دقیقه. | |

۹- الوارهایی به طول ۲/۵ متر موجود است. اگر بخواهیم به هر الوار ۵ برش طولی بزنیم ؛ در صورتی که سرعت پیشبرد کار ۵ متر بر دقیقه باشد، با توجه به زمان های گزارش شده زمان برش ۱۵ عدد الوار را محاسبه کنید :

- (الف) زمان تنظیم دستگاه (زمان اصلی تجهیز) ۵ دقیقه.
- (ب) زمان جزئی تجهیز ۱۰ درصد زمان اصلی تجهیز.
- (ج) زمان تلف شده بین هر برش طولی ۸ ثانیه و زمان تلف شده بین هر الوار ۳ دقیقه (زمان فرعی انجام کار).

د) ۱۰ درصد زمان اصلی انجام کار برای زمانی که نمی توان پیش بینی کرد (زمان جزء).
 ۱۰- به وسیله دستگاه مثبت کاری اتوماتیک (شکل های ۱۰-۵ و ۱۱-۵) قرار است قطعاتی
 مانند یکی از اشکال داده شده تهیه شود. زمان تهیه ۱۱۲۰ عدد از این نوع قطعه را محاسبه کنید؛
 در صورتی که :

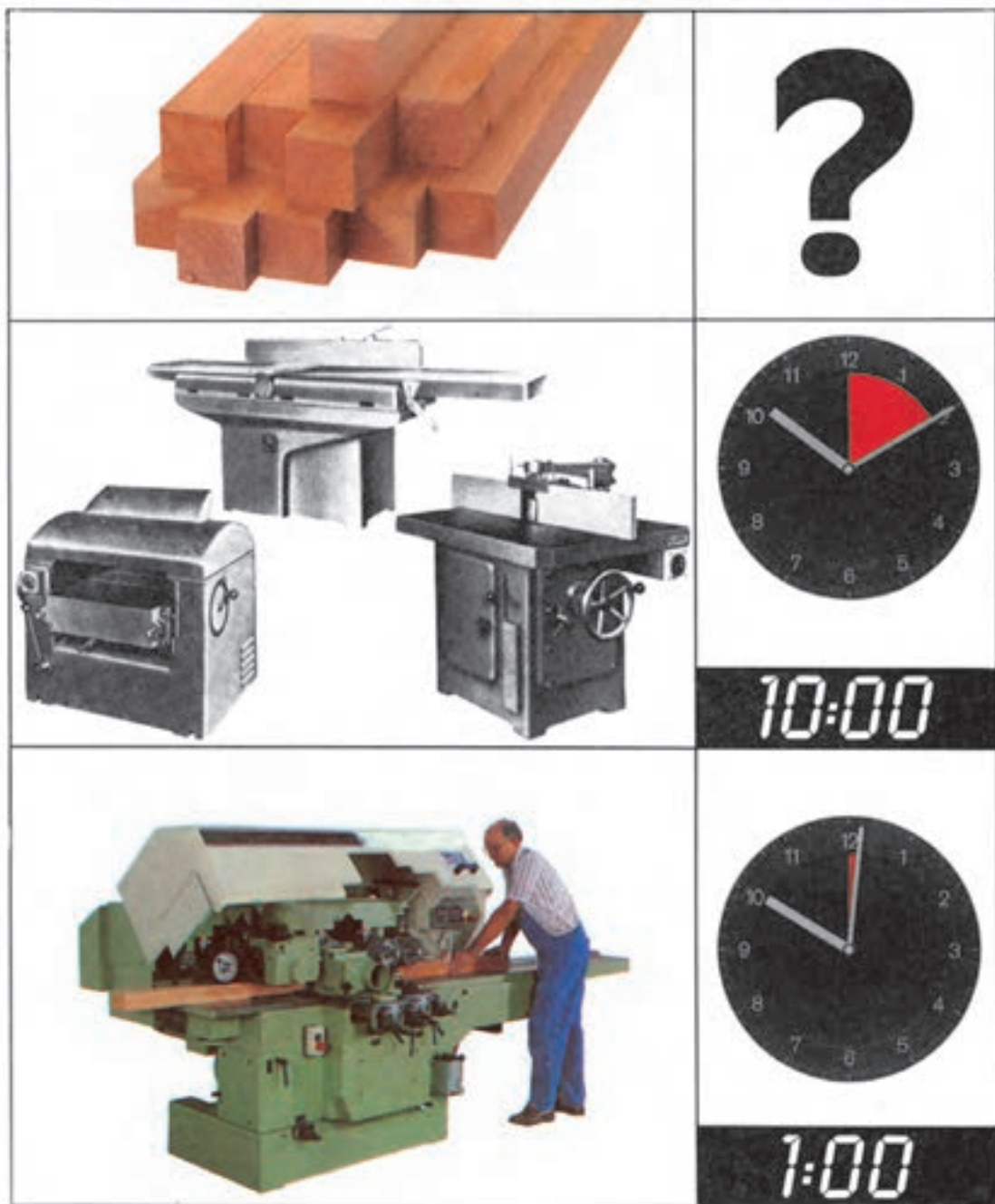
- الف) زمان تنظیم دستگاه (زمان اصلی تجهیز) ۲۰ دقیقه.
 ب) زمان جزئی تجهیز ۱۰ درصد زمان اصلی تجهیز.
 ج) زمان قرار دادن و برداشتن هر قطعه از روی دستگاه (زمان فرعی انجام کار) ۱۰ ثانیه.
 د) زمان ایجاد مثبت روی قطعه مربوطه (زمان اصلی انجام کار) ۲۲ ثانیه.
 هـ) زمان قابل پیش بینی ناپذیر (زمان جزء) ۳۰ درصد زمان اصلی انجام کار فرض شود.



شکل ۱۰-۵- قطعات مثبت شده با دستگاه اتوماتیک

۲-۳-۵- زمان سنجی به وسیله‌ی نمونه برداری از کار: زمان سنجی با کرنومتر در بعضی از کارها مناسب نیست، زیرا برای زمان‌سنجی با کرنومتر به مشاهده‌کننده ماهر نیازمندیم؛ به ویژه بعضی از کارها به مشاهده‌ی پیوسته به مدت زیادی احتیاج دارند که باعث خستگی و اتلاف وقت زیادی می‌شود. یکی از روش‌های مشاهده‌ای به نام «نمونه‌برداری از کار» دارای مزیتی است که احتیاج به مشاهده پیوسته ندارد، از کرنومتر استفاده نمی‌شود و مشاهده‌کننده کم تجربه نیز می‌تواند آن را انجام دهد.

در این روش ما از مشاهداتی که به صورت تصادفی در یک دوره زمانی انجام می‌دهیم برای تعیین چگونگی زمان انجام کار استفاده می‌کنیم؛ بنابراین، اگر بخواهیم مقداری از وقت کارگر را تعیین کنیم که صرف کار با ماشین یا صرف کارهای دیگر می‌شود، از قبیل آماده‌سازی ماشین یا گرفتن ابزار از انبار، در طول چند روز چند مرتبه کارهایی را که وی انجام می‌دهد مشاهده کرده انتظار داریم که نسبت هریک از فعالیت‌ها در نمونه‌های تصادفی مشاهده شده؛ همچنین برای تعیین نسبت آن‌ها در تمام طول روز، راهنما باشد. همچنین هرچه مشاهدات بیشتر باشد نتایج به دست آمده مطمئن‌تر بوده راهنمای بهتری برای تعیین زمان انجام فعالیت‌های مختلف در تمام طول روز به شمار می‌آید، این روش زمان‌سنجی را می‌توان برای انواع مختلف فعالیت‌ها به کار برد؛ به علاوه برای ارزیابی بین گروه‌های مختلف کارگران، همچنین ارزیابی بین ماشین‌آلات و در نتیجه انتخاب صحیح کارگر یا ماشین‌آلات مناسب می‌توان به کار برد.



شکل ۱۱-۵- ارتباط زمان کار و نوع دستگاه

- ۱- گروه‌های تعیین زمان‌سنجی را بنویسید.
- ۲- پایه و اساس روش‌های مشاهده مستقیم در زمان‌سنجی بر چه چیزی استوار است؟
- ۳- روش‌های مشاهده مستقیم را بیان کنید.
- ۴- منظور از زمان‌سنجی با کرنومتر چیست؟
- ۵- هدف از زمان‌نرمال انجام کار چیست؟
- ۶- ضریب عملکرد در تعیین زمان‌نرمال انجام کار چه چیزی را بیان می‌کند؟
- ۷- شخص زمان‌سنج با کرنومتر چه اطلاعاتی باید داشته باشد؟
- ۸- زمان‌سنجی به وسیله‌ی نمونه‌برداری از کار چگونه است؟
- ۹- زمان‌سنجی به وسیله‌ی نمونه‌برداری از کار نسبت به زمان‌سنجی با کرنومتر چه مزیتی دارد؟

۱۰- به چه دلیل روش زمان‌سنجی به وسیله‌ی نمونه‌برداری از کار برای ارزیابی بین گروه‌های مختلف کارگران یا ماشین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

۱۱- برای ساخت یک کتابخانه از صفحات تخته خرده چوب روکش شده عملیات زیر صورت گرفته است. زمان ساخت را محاسبه کنید :

برش اولیه : ۱/۵ ساعت، اندازه بری : ۱ ساعت، ساخت اتصالات : ۳ ساعت، مونتاژ قطعات : ۳ ساعت، پرداخت : ۲ ساعت، رنگ‌کاری : ۳ ساعت.

برای پیش‌آمدهای احتمالی نیز ۳۰ درصد زمان یاد شده را منظور کنید.

۴-۵- روش‌های ترکیبی

تا این جا هر دو روش ذکر شده مستلزم مشاهده کار در حین عمل بوده است. مواردی پیش می‌آید که مشاهده در عمل امکان‌پذیر نیست ؛ مثلاً ممکن است بخواهیم تولید یک محصول جدید را برنامه‌ریزی کنیم که در این حالت می‌توانیم از زمان استاندارد که براساس تجربیات گذشته در کارهای مشابه تهیه شده، استفاده کرده تخمین بزنیم. این زمان‌ها چون می‌توانند ترکیبی از زمان‌های مختلف باشند که روش ترکیبی نامیده می‌شوند.

۱-۴-۵- استفاده از اطلاعات استاندارد: در روش زمان‌سنجی با کرنومتر زمان فعالیت را می‌توانیم مشخص کنیم که در حال عمل باشد. حال اگر این زمان‌ها با توجه به نوع فعالیت و مشخصات

قطعه کار و دستگاه، یادداشت شود و جدول‌هایی تنظیم گردد، برای زمان‌سنجی کار جدیدی که تنها شامل فعالیت‌هایی است که ما اطلاعات مربوط به آن‌ها را در اختیار داریم، می‌توانیم زمان استاندارد آن کار را با استفاده از جداول و یا فرمول‌هایی که قبلاً به این منظور تهیه کرده‌ایم به دست آوریم.

بدیهی است که اجرای این روش تنها هنگامی امکان‌پذیر خواهد بود که ما اطلاعات مفیدی را که با زمان‌سنجی صحیح به دست آمده است در مجموعه‌ی اطلاعات زمان‌سنجی خود داشته باشیم. معمولاً استفاده از اطلاعاتی که در کارخانه دیگری جمع‌آوری شده، ایجاد اشکال می‌کند، چون غالباً وضعیت موجود در هر کارخانه کاملاً متفاوت با کارخانه دیگر است.

۲-۴-۵- استفاده از زمان‌های از قبل تعیین شده برای حرکات: هدف اصلی از این روش این است که بتوانیم زمان‌سنجی عملیاتی را انجام دهیم که با دست صورت می‌گیرد. مطالعات اولیه زمان‌سنجی به وسیله فیلمبرداری از عملیات مختلف نشانگر این است که بیشتر حرکات مختلف گاه به اجزاء خیلی کوچک مانند دراز کردن دست، حرکت دادن دست، چرخاندن، گرفتن و غیره تقسیم می‌شوند؛ همچنین معلوم شده است که عوامل گوناگونی بر روی زمان انجام هر جزء اثر می‌گذارند؛ مثلاً دراز کردن دست، تحت تأثیر فاصله‌ای که دست باید طی کند و نوع و چگونگی دست دراز کردن قرار دارد.

با انجام این مطالعات، جدول‌های اطلاعات زمان‌سنجی برای نشان دادن زمان مورد نیاز برای انجام هر جزء کاری در موقعیت مناسب تهیه شده‌اند. این جدول‌ها برای تخمین زمان اجرای عملیات مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ به گونه‌ای که برحسب نوع حرکت و وضعیتی که حاکم بر انجام آن است، ارزش‌های مختلف زمانی به آن‌ها تخصیص می‌یابد (جدول ۱-۵).

علاوه بر تعیین استانداردهای زمانی برای مشاغل جاری در کارخانه، استفاده از سیستم‌های ارزش‌های زمانی از پیش تعیین شده، امکان محاسبات زمان لازم انجام شغل را قبل از تولید بالفعل، فراهم می‌سازد. این امکانات محسنات فراوانی به شکل انجام برآوردهای نسبتاً دقیق در زمینه‌های کار، بهسازی، برآوردهای شغلی، و کمک در طراحی محصول و همچنین ابزار کار در اختیار مدیریت قرار می‌دهد. در هر مورد می‌توان الگوی کار را مجسم نمود، ارزش‌های زمانی بدان‌ها تخصیص داد و طراحی بهتری از رویه‌ها و تولیدات براساس ارزش زمانی را قبل از شروع کار ارائه نمود. این نکته را در عین حال نباید ناگفته گذاشت که استفاده انحصاری از این سیستم‌ها به جای زمان‌سنجی و نمونه‌برداری مورد تأیید تمامی صاحب‌نظران نیست. در هر صورت برای استفاده از این جدول‌ها باید نکاتی را در نظر داشت که روش کار بدین شرح است:

جدول ۱-۵- جدول بین‌المللی زمان‌بندی حرکت دست مطابق با روش (MTM)

فاصله	زمان				حرکت دست		شرح و علت
	A	B	C یا D	E	A	B	
۲ یا کمتر	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۱/۶	۱/۶	A رساندن موضوع و در محل قرار دادن یا در دست دیگر یا دست دیگران قرار دادن
۴	۳/۴	۳/۴	۵/۱	۳/۲	۳/۰	۲/۴	
۶	۴/۵	۴/۵	۶/۵	۴/۴	۳/۹	۳/۱	
۸	۵/۵	۵/۵	۷/۵	۵/۵	۴/۶	۳/۷	
۱۰	۶/۱	۶/۳	۸/۴	۶/۸	۴/۹	۴/۳	
۱۲	۶/۴	۷/۴	۹/۱	۷/۳	۵/۲	۴/۸	B رساندن موضوعی مفرد در محلی که امکان گردش وجود دارد.
۱۴	۶/۸	۸/۲	۹/۷	۷/۸	۵/۵	۵/۴	
۱۶	۷/۱	۸/۸	۱۰/۳	۸/۲	۵/۸	۵/۹	
۱۸	۵/۵	۹/۴	۱۰/۸	۸/۷	۶/۱	۶/۵	
۲۰	۷/۸	۱۰/۰	۱۱/۴	۹/۲	۶/۵	۷/۱	
۲۲	۸/۱	۱۰/۵	۱۱/۹	۹/۷	۶/۸	۷/۷	C رساندن موضوعی به محلی که انتخاب لازم دارد.
۲۴	۸/۵	۱۱/۱	۱۲/۵	۱۰/۲	۷/۱	۸/۲	
۲۶	۸/۸	۱۱/۷	۱۳/۰	۱۰/۷	۷/۴	۸/۸	
۲۸	۹/۲	۱۲/۲	۱۳/۶	۱۱/۲	۷/۷	۹/۴	
۳۰	۹/۵	۱۲/۸	۱۴/۱	۱۱/۷	۸/۰	۹/۹	
۳۵	۱۰/۴	۱۴/۲	۱۵/۵	۱۲/۹	۸/۸	۱۱/۴	D رساندن موضوعی که بسیار کوچک و باید خیلی دقیق گرفته شود.
۴۰	۱۱/۳	۱۵/۶	۱۶/۸	۱۴/۱	۹/۶	۱۲/۸	
۴۵	۱۲/۱	۱۷/۰	۱۸/۲	۱۵/۳	۱۰/۴	۱۴/۲	
۵۰	۱۳/۰	۱۸/۴	۱۹/۶	۱۶/۵	۱۱/۲	۱۵/۷	
۵۵	۱۳/۹	۱۹/۸	۲۰/۹	۱۷/۸	۱۲/۰	۱۷/۱	
۶۰	۱۴/۷	۲۱/۲	۲۲/۳	۱۹/۰	۱۲/۸	۱۸/۵	E رساندن موضوعی به محلی که لازم است بدن حرکت داشته باشد.
۶۵	۱۵/۶	۲۲/۶	۲۳/۶	۲۰/۲	۱۳/۵	۱۹/۹	
۷۰	۱۶/۵	۲۴/۱	۲۵/۰	۲۱/۴	۱۴/۳	۲۱/۴	
۷۵	۱۷/۳	۲۵/۵	۲۶/۴	۲۲/۶	۱۵/۱	۲۲/۸	
۸۰	۱۸/۲	۲۶/۹	۲۷/۷	۲۳/۹	۱۵/۹	۲۴/۲	

- ۱- تقسیم عملیات به اجزای مناسب؛ به طوری که شامل بیش از دوازده نوع حرکت نباشد.
 - ۲- تشخیص نوع هر یک از حرکات و به دست آوردن زمان آن‌ها از جدول‌های مربوط به آن.
 - ۳- تعیین زمان کلی (با جمع کردن زمان‌های به دست آمده از جدول‌ها).
- این روش‌ها دائماً در حال پیشرفت بوده و اصلاحاتی روی آن‌ها انجام گرفته است. تا جایی که

امروزه این سیستم‌ها شامل حرکات بدن مانند حرکات پا، قسمتی از تنه و حتی استفاده از چشم نیز می‌گردند.

علاوه بر مزایایی که سایر روش‌های ترکیبی دارند، این روش برای استفاده در کارخانه‌های مختلف است، اما در خور توجه است که در این روش کارکنان باید برنامه‌های آموزشی داشته باشند.

سوالات آزمون پایان فصل پنجم

- ۱- تفاوت کلی روش‌های مشاهده مستقیم با روش‌های ترکیبی در زمان‌سنجی چیست؟
- ۲- برای تعیین زمان انجام کار یک محصول جدید، چه روش کلی را مناسب می‌دانید؟ چرا؟
- ۳- انواع روش‌های ترکیبی را نام ببرید.
- ۴- روش استفاده از اطلاعات استاندارد را در تعیین زمان انجام کار توضیح دهید.
- ۵- هدف اصلی از روش استفاده از زمان‌های از قبل تعیین شده برای حرکات چیست؟
- ۶- استفاده از سیستم‌های ارزش‌های زمانی از پیش تعیین شده چه امکاناتی و چه محسناتی در بردارد؟
- ۷- برای استفاده از جدول‌های زمانی حرکات از پیش تعیین شده چه نکاتی را باید در نظر داشت؟
- ۸- سازمان رفاه (مجمع مطالعه کار) زمان انجام کار را به چه اجزایی تقسیم‌بندی نموده است؟
- ۹- منظور از زمان کل تجهیز چیست؟ مثال بزنید.
- ۱۰- زمان اصلی تجهیز را تعریف کرده مثالی بزنید.
- ۱۱- زمان جزء تجهیز چه زمانی است؟ با مثالی مطلب را کامل کنید.
- ۱۲- منظور از زمان انجام کار برای چند قطعه مشابه چیست؟
- ۱۳- شرح دهید زمان کار برای هر قطعه به چند جزء کوچک‌تر تقسیم می‌شود؟
- ۱۴- زمان جزء کار چه زمانی است؟
- ۱۵- اجزای کوچک‌تر زمان مینا را نام ببرید.
- ۱۶- زمان فرعی چه زمانی است؟ با مثالی مطلب را کامل کنید.
- ۱۷- زمان اصلی انجام کار را توضیح داده، مثالی بزنید.

۱- برای برش قطعاتی از جنس تخته لایه نیاز به سرعت برشی معادل 80 متر بر ثانیه می باشد.
 اگر تعداد دور دستگاه اره گرد 5000 دور در دقیقه باشد، تیغه اره گرد چه قطری باید داشته باشد؟
 ۲- سرعت پیشبرد دستگاه رنده ای 10 متر بر دقیقه است، اگر 20 درصد اتلاف وقت در نظر بگیریم، این دستگاه در هر ساعت چند متر کار را رنده می زند؟

۳- دستگاه گندگی با مشخصات زیر موجود است، سرعت پیشبرد و عمق اثر هر تیغه ای آن را روی چوب به دست آورید. $a = 0.6 \text{ mm}$ $z = 6$ $n = 5000 \text{ 1/min}$

$$R = 6 \text{ cm}$$

۴- طول تسمه ای را به دست آورید که قطر چرخ محرک 12 cm و قطر چرخ متحرک 18 cm و فاصله خط المرکزین 45 cm باشد (تسمه به صورت ساده و مستقیم قرار گرفته است).
 ۵- تعداد دور چرخ دنده محرکی 150 دور بر دقیقه و تعداد دندانه های آن 20 عدد است. اگر تعداد دور چرخ متحرک 250 دور در دقیقه لازم باشد، تعداد دندانه های آن را به دست آورید.
 ۶- کار مکانیکی و توان انجام شده بالابری را به دست آورید که جرم بار 100 کیلوگرم، ارتفاع حمل 3 متر و زمان انجام کار یک دقیقه می باشد.

۷- الکتروموتور دستگاهی که توان بازده آن 4 کیلووات است دارای تعداد دوران $n = 1500 \text{ 1/min}$ می باشد، حساب کنید اولاً: گشتاوری را که به وسیله آن می توان منتقل کرد. ثانیاً: اگر نیروی کشش لازم در تسمه ای که به وسیله الکتروموتور می گردد $F = 254/8 \text{ N}$ باشد، قطر چرخ تسمه آن را حساب کنید.

۸- باری به جرم 150 کیلوگرم را می بایست با بالابر ساده ای که دارای یک قرقره ثابت و 2 قرقره متحرک است، بالا ببریم، محاسبه کنید حداقل چه نیرویی باید به دستگاه وارد شود.

۹- واگن حمل چوبی به جرم 50 کیلوگرم و ضریب اصطکاک غلتشی $i = 0.25$. چه مقدار چوبی را می تواند حمل کند، اگر نیروی افقی وارد بر آن حداقل 400 نیوتن باشد.

۱۰- در کارگاهی سه الکتروموتور با توان های $2P_s$ و $1/5 P_s$ و $1P_s$ به طور متوسط 3 ساعت در روز کار می کند، کار الکتریکی کل دستگاه ها را در یک روز به دست آورید.

۱۱- زمان انجام کاری را که برای ساخت 200 قطعه به کار می رود، محاسبه نمایید در صورتی

که زمان‌های ساخت یک قطعه به این شرح است :

الف) زمان اصلی تجهیز : ۱۸ دقیقه

ب) زمان اصلی انجام کار : ۱۲ دقیقه

ج) زمان فرعی انجام کار : ۸ دقیقه

د) زمان جزئی تجهیز : ۵ دقیقه

هـ) زمان جزء : ۷ دقیقه

۱۲ - مراحل انجام زمان‌سنجی را با کرنومتر بنویسید.

ضمیمه

نمونه تسمه‌های گروه A که عرض و عمق تسمه ثابت (۸ . ۱۳) اما طول آن‌ها متفاوت است.

ردیف NO	نام NAME	سایز SIZE	BP	ردیف NO	نام NAME	سایز SIZE	BP
1	A57	13 x 1440	136	38	A94	13 x 2390	228
2	A58	13 x 1470	140	39	A95	13 x 2410	229
3	A59	13 x 1500	142	40	A96	13 x 2440	232
4	A60	13 x 1530	144	41	A97	13 x 2460	234
5	A61	13 x 1550	147	42	A98	13 x 2490	237
6	A62	13 x 1570	149	43	A99	13 x 2510	238
7	A63	13 x 1600	152	44	A100	13 x 2540	241
8	A64	13 x 1620	154	45	A101	13 x 2560	243
9	A65	13 x 1650	157	46	A102	13 x 2590	246
10	A66	13 x 1670	159	47	A103	13 x 2610	248
11	A67	13 x 1700	162	48	A104	13 x 2640	251
12	A68	13 x 1720	163	49	A105	13 x 2660	253
13	A69	13 x 1750	166	50	A106	13 x 2690	256
14	A70	13 x 1770	167	51	A107	13 x 2710	257
15	A71	13 x 1800	171	52	A108	13 x 2740	260
16	A72	13 x 1820	173	53	A109	13 x 2760	262
17	A73	13 x 1850	176	54	A110	13 x 2790	265
18	A74	13 x 1880	179	55	A111	13 x 2810	267
19	A75	13 x 1900	181	56	A112	13 x 2840	270
20	A76	13 x 1920	184	57	A113	13 x 2870	273
21	A77	13 x 1950	186	58	A114	13 x 2890	275
22	A78	13 x 1980	188	59	A115	13 x 2920	277
23	A79	13 x 2000	190	60	A116	13 x 2940	279
24	A80	13 x 2030	193	61	A117	13 x 2970	282
25	A81	13 x 2050	195	62	A118	13 x 3000	285
26	A82	13 x 2080	198	63	A119	13 x 3020	287
27	A83	13 x 2100	200	64	A120	13 x 3050	290
28	A84	13 x 2120	202	65	A121	13 x 3070	292
29	A85	13 x 2160	205	66	A122	13 x 3100	295
30	A86	13 x 2180	207	67	A123	13 x 3120	296
31	A87	13 x 2210	210	68	A124	13 x 3150	299
32	A88	13 x 2230	212	69	A125	13 x 3180	302
33	A89	13 x 2260	215	70	A126	13 x 3200	304
34	A90	13 x 2280	217	71	A127	13 x 3230	307
35	A91	13 x 2310	219	72	A128	13 x 3250	309
36	A92	13 x 2330	221	73	A129	13 x 3280	312
37	A93	13 x 2360	224	74	A130	13 x 3300	314

ردیف NO	نام NAME	سایز SIZE	BP	ردیف NO	نام NAME	سایز SIZE	BP
75	A131	13 x 3320	316	98	A154	13 x 3910	371
76	A132	13 x 3350	318	99	A155	13 x 3930	373
77	A133	13 x 3380	321	100	A156	13 x 3960	376
78	A134	13 x 3400	322	101	A157	13 x 3990	378
79	A135	13 x 3430	326	102	A158	13 x 4010	381
80	A136	13 x 3460	328	103	A159	13 x 4030	383
81	A137	13 x 3480	331	104	A160	13 x 4060	386
82	A138	13 x 3500	333	105	A161	13 x 4080	388
83	A139	13 x 3530	335	106	A162	13 x 4110	390
84	A140	13 x 3550	337	107	A163	13 x 4140	393
85	A141	13 x 3580	340	108	A164	13 x 4160	395
86	A142	13 x 3600	342	109	A165	13 x 4190	398
87	A143	13 x 3630	345	110	A166	13 x 4210	400
88	A144	13 x 3650	347	111	A167	13 x 4240	403
89	A145	13 x 3680	350	112	A168	13 x 4260	405
90	A146	13 x 3700	352	113	A169	13 x 4290	408
91	A147	13 x 3730	354	114	A170	13 x 4310	409
92	A148	13 x 3750	356	115	A171	13 x 4340	412
93	A149	13 x 3780	359	116	A172	13 x 4360	414
94	A150	13 x 3810	362	117	A173	13 x 4390	417
95	A151	13 x 3830	364	118	A174	13 x 4410	419
96	A152	13 x 3850	367	119	A175	13 x 4440	422
97	A153	13 x 3880	369				



45 ... 90°



درجه	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	درجه
45	1,0000	1,0058	1,0117	1,0176	1,0235	1,0295	1,0355	44
46	1,0355	1,0416	1,0477	1,0538	1,0599	1,0661	1,0724	43
47	1,0724	1,0786	1,0850	1,0913	1,0977	1,1041	1,1106	42
48	1,1106	1,1171	1,1237	1,1303	1,1369	1,1436	1,1504	41
49	1,1504	1,1571	1,1640	1,1708	1,1778	1,1847	1,1918	40
50	1,1918	1,1988	1,2059	1,2131	1,2203	1,2276	1,2349	39
51	1,2349	1,2423	1,2497	1,2572	1,2647	1,2723	1,2799	38
52	1,2799	1,2876	1,2954	1,3032	1,3111	1,3190	1,3270	37
53	1,3270	1,3351	1,3432	1,3514	1,3597	1,3680	1,3764	36
54	1,3764	1,3848	1,3934	1,4019	1,4106	1,4193	1,4281	35
55	1,4281	1,4370	1,4460	1,4550	1,4641	1,4733	1,4826	34
56	1,4826	1,4919	1,5013	1,5108	1,5204	1,5301	1,5399	33
57	1,5399	1,5497	1,5597	1,5697	1,5798	1,5900	1,6003	32
58	1,6003	1,6107	1,6213	1,6318	1,6426	1,6534	1,6643	31
59	1,6643	1,6753	1,6864	1,6977	1,7090	1,7205	1,7321	30
60	1,7321	1,7438	1,7556	1,7675	1,7796	1,7917	1,8041	29
61	1,8041	1,8165	1,8291	1,8418	1,8546	1,8676	1,8807	28
62	1,8807	1,8940	1,9074	1,9210	1,9347	1,9486	1,9626	27
63	1,9626	1,9768	1,9912	2,0057	2,0204	2,0353	2,0503	26
64	2,0503	2,0655	2,0809	2,0965	2,1123	2,1283	2,1445	25
65	2,1445	2,1609	2,1775	2,1943	2,2113	2,2286	2,2460	24
66	2,2460	2,2637	2,2817	2,2998	2,3183	2,3369	2,3558	23
67	2,3558	2,3750	2,3945	2,4142	2,4342	2,4545	2,4751	22
68	2,4751	2,4960	2,5172	2,5387	2,5605	2,5826	2,6051	21
69	2,6051	2,6279	2,6511	2,6746	2,6985	2,7228	2,7475	20
70	2,7475	2,7725	2,7980	2,8239	2,8502	2,8770	2,9042	19
71	2,9042	2,9319	2,9600	2,9887	3,0178	3,0475	3,0777	18
72	3,0777	3,1084	3,1397	3,1716	3,2041	3,2371	3,2709	17
73	3,2709	3,3052	3,3402	3,3759	3,4124	3,4495	3,4874	16
74	3,4874	3,5261	3,5656	3,6059	3,6470	3,6891	3,7321	15
75	3,7321	3,7760	3,8208	3,8667	3,9136	3,9617	4,0108	14
76	4,0108	4,0611	4,1126	4,1653	4,2193	4,2747	4,3315	13
77	4,3315	4,3897	4,4494	4,5107	4,5736	4,6383	4,7046	12
78	4,7046	4,7729	4,8430	4,9152	4,9894	5,0658	5,1446	11
79	5,1446	5,2257	5,3093	5,3955	5,4845	5,5764	5,6713	10
80	5,6713	5,7694	5,8708	5,9758	6,0844	6,1970	6,3138	9
81	6,3138	6,4348	6,5605	6,6912	6,8269	6,9682	7,1154	8
82	7,1154	7,2687	7,4287	7,5958	7,7704	7,9530	8,1444	7
83	8,1444	8,3450	8,5556	8,7769	9,0098	9,2553	9,5144	6
84	9,5144	9,7882	10,0780	10,3854	10,7019	11,0594	11,4301	5
85	11,4301	11,8262	12,2505	12,7062	13,1969	13,7267	14,3007	4
86	14,3007	14,9244	15,6048	16,3499	17,1693	18,0750	19,0811	3
87	19,0811	20,2056	21,4704	22,9038	24,5418	26,4316	28,6363	2
88	28,6363	31,2416	34,3678	38,1885	42,9641	49,1039	57,2900	1
89	57,2900	68,7501	85,9398	114,5887	171,885	343,774	∞	0
	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	درجه



0 ... 45°

0 ... 45°		$\tan \alpha = \frac{a}{b}; \quad a = b \cdot \tan \alpha; \quad b = \frac{a}{\tan \alpha}$						
درجہ	دقیقہ							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0.0000	0.0029	0.0058	0.0087	0.0116	0.0145	0.0175	89
1	0.0175	0.0204	0.0233	0.0262	0.0291	0.0320	0.0349	88
2	0.0349	0.0378	0.0407	0.0437	0.0466	0.0495	0.0524	87
3	0.0524	0.0553	0.0582	0.0612	0.0641	0.0670	0.0699	86
4	0.0699	0.0729	0.0758	0.0787	0.0816	0.0846	0.0875	85
5	0.0875	0.0904	0.0934	0.0963	0.0992	0.1022	0.1051	84
6	0.1051	0.1080	0.1110	0.1139	0.1169	0.1198	0.1228	83
7	0.1228	0.1257	0.1287	0.1317	0.1346	0.1376	0.1405	82
8	0.1405	0.1435	0.1465	0.1495	0.1524	0.1554	0.1584	81
9	0.1584	0.1614	0.1644	0.1673	0.1703	0.1733	0.1763	80
10	0.1763	0.1793	0.1823	0.1853	0.1883	0.1914	0.1944	79
11	0.1944	0.1974	0.2004	0.2035	0.2065	0.2095	0.2126	78
12	0.2126	0.2156	0.2186	0.2217	0.2247	0.2278	0.2309	77
13	0.2309	0.2339	0.2370	0.2401	0.2432	0.2462	0.2493	76
14	0.2493	0.2524	0.2555	0.2586	0.2617	0.2648	0.2679	75
15	0.2679	0.2711	0.2742	0.2773	0.2805	0.2836	0.2867	74
16	0.2867	0.2899	0.2931	0.2962	0.2994	0.3026	0.3057	73
17	0.3057	0.3089	0.3121	0.3153	0.3185	0.3217	0.3249	72
18	0.3249	0.3281	0.3314	0.3346	0.3378	0.3411	0.3443	71
19	0.3443	0.3476	0.3508	0.3541	0.3574	0.3607	0.3640	70
20	0.3640	0.3673	0.3706	0.3739	0.3772	0.3805	0.3839	69
21	0.3839	0.3872	0.3906	0.3939	0.3973	0.4006	0.4040	68
22	0.4040	0.4074	0.4108	0.4142	0.4176	0.4210	0.4245	67
23	0.4245	0.4279	0.4314	0.4348	0.4383	0.4417	0.4452	66
24	0.4452	0.4487	0.4522	0.4557	0.4592	0.4628	0.4663	65
25	0.4663	0.4699	0.4734	0.4770	0.4806	0.4841	0.4877	64
26	0.4877	0.4913	0.4950	0.4986	0.5022	0.5059	0.5095	63
27	0.5095	0.5132	0.5169	0.5206	0.5243	0.5280	0.5317	62
28	0.5317	0.5354	0.5392	0.5430	0.5467	0.5505	0.5543	61
29	0.5543	0.5581	0.5619	0.5658	0.5696	0.5735	0.5774	60
30	0.5774	0.5812	0.5851	0.5890	0.5930	0.5969	0.6009	59
31	0.6009	0.6048	0.6088	0.6128	0.6168	0.6208	0.6249	58
32	0.6249	0.6289	0.6330	0.6371	0.6412	0.6453	0.6494	57
33	0.6494	0.6536	0.6577	0.6619	0.6661	0.6703	0.6745	56
34	0.6745	0.6787	0.6830	0.6873	0.6916	0.6959	0.7002	55
35	0.7002	0.7046	0.7089	0.7133	0.7177	0.7221	0.7265	54
36	0.7265	0.7310	0.7355	0.7400	0.7445	0.7490	0.7536	53
37	0.7536	0.7581	0.7627	0.7673	0.7720	0.7766	0.7813	52
38	0.7813	0.7860	0.7907	0.7954	0.8002	0.8050	0.8098	51
39	0.8098	0.8146	0.8195	0.8243	0.8292	0.8342	0.8391	50
40	0.8391	0.8441	0.8491	0.8541	0.8591	0.8642	0.8693	49
41	0.8693	0.8744	0.8796	0.8847	0.8899	0.8952	0.9004	48
42	0.9004	0.9057	0.9110	0.9163	0.9217	0.9271	0.9325	47
43	0.9325	0.9380	0.9435	0.9490	0.9545	0.9601	0.9657	46
44	0.9657	0.9713	0.9770	0.9827	0.9884	0.9942	1.0000	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	درجہ
دقیقہ								
$\cot \alpha = \frac{b}{a}; \quad b = a \cdot \cot \alpha; \quad a = \frac{b}{\cot \alpha}$								
45 ... 90° کتانہانت								



45... 90°



درجه	دقیقه							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
45	0,7071	0,7092	0,7112	0,7133	0,7153	0,7173	0,7193	44
46	0,7193	0,7214	0,7234	0,7254	0,7274	0,7294	0,7314	43
47	0,7314	0,7333	0,7353	0,7373	0,7392	0,7412	0,7431	42
48	0,7431	0,7451	0,7470	0,7490	0,7509	0,7528	0,7547	41
49	0,7547	0,7566	0,7585	0,7604	0,7623	0,7642	0,7660	40
50	0,7660	0,7679	0,7698	0,7716	0,7735	0,7753	0,7771	39
51	0,7771	0,7790	0,7808	0,7826	0,7844	0,7862	0,7880	38
52	0,7880	0,7898	0,7916	0,7934	0,7951	0,7969	0,7986	37
53	0,7986	0,8004	0,8021	0,8039	0,8056	0,8073	0,8090	36
54	0,8090	0,8107	0,8124	0,8141	0,8158	0,8175	0,8192	35
55	0,8192	0,8208	0,8225	0,8241	0,8258	0,8274	0,8290	34
56	0,8290	0,8307	0,8323	0,8339	0,8355	0,8371	0,8387	33
57	0,8387	0,8403	0,8418	0,8434	0,8450	0,8465	0,8480	32
58	0,8480	0,8496	0,8511	0,8526	0,8542	0,8557	0,8572	31
59	0,8572	0,8587	0,8601	0,8616	0,8631	0,8646	0,8660	30
60	0,8660	0,8675	0,8689	0,8704	0,8718	0,8732	0,8746	29
61	0,8746	0,8760	0,8774	0,8788	0,8802	0,8816	0,8829	28
62	0,8829	0,8843	0,8857	0,8870	0,8884	0,8897	0,8910	27
63	0,8910	0,8923	0,8936	0,8949	0,8962	0,8975	0,8988	26
64	0,8988	0,9001	0,9013	0,9026	0,9038	0,9051	0,9063	25
65	0,9063	0,9075	0,9088	0,9100	0,9112	0,9124	0,9135	24
66	0,9135	0,9147	0,9159	0,9171	0,9182	0,9194	0,9205	23
67	0,9205	0,9216	0,9228	0,9239	0,9250	0,9261	0,9272	22
68	0,9272	0,9283	0,9293	0,9304	0,9315	0,9325	0,9336	21
69	0,9336	0,9346	0,9356	0,9367	0,9377	0,9387	0,9397	20
70	0,9397	0,9407	0,9417	0,9426	0,9436	0,9446	0,9455	19
71	0,9455	0,9465	0,9474	0,9483	0,9492	0,9502	0,9511	18
72	0,9511	0,9520	0,9528	0,9537	0,9546	0,9555	0,9563	17
73	0,9563	0,9572	0,9580	0,9588	0,9596	0,9605	0,9613	16
74	0,9613	0,9621	0,9628	0,9636	0,9644	0,9652	0,9659	15
75	0,9659	0,9667	0,9674	0,9681	0,9689	0,9696	0,9703	14
76	0,9703	0,9710	0,9717	0,9724	0,9730	0,9737	0,9744	13
77	0,9744	0,9750	0,9757	0,9763	0,9769	0,9775	0,9781	12
78	0,9781	0,9787	0,9793	0,9799	0,9805	0,9811	0,9816	11
79	0,9816	0,9822	0,9827	0,9833	0,9838	0,9843	0,9848	10
80	0,9848	0,9853	0,9858	0,9863	0,9868	0,9872	0,9877	9
81	0,9877	0,9881	0,9886	0,9890	0,9894	0,9899	0,9903	8
82	0,9903	0,9907	0,9911	0,9914	0,9918	0,9922	0,9925	7
83	0,9925	0,9929	0,9932	0,9936	0,9939	0,9942	0,9945	6
84	0,9945	0,9948	0,9951	0,9954	0,9957	0,9959	0,9962	5
85	0,9962	0,9964	0,9967	0,9969	0,9971	0,9974	0,9976	4
86	0,9976	0,9978	0,9980	0,9981	0,9983	0,9985	0,9986	3
87	0,9986	0,9988	0,9989	0,9990	0,9992	0,9993	0,9994	2
88	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9997	0,9998	0,99985	1
89	0,99985	0,99989	0,99993	0,99996	0,99998	0,99999	1,0000	0
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	درجه



0... 45° کسینوس

0 ... 45°		$\sin \alpha$ $\frac{a}{c}$ b $c = \frac{a}{\sin \alpha}$ c $\frac{a}{\cos \alpha}$						
درجہ	دقیقہ							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	0,0523	87
3	0,0523	0,0552	0,0581	0,0610	0,0640	0,0669	0,0698	86
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	0,0872	85
5	0,0872	0,0901	0,0929	0,0958	0,0987	0,1016	0,1045	84
6	0,1045	0,1074	0,1103	0,1132	0,1161	0,1190	0,1219	83
7	0,1219	0,1248	0,1276	0,1305	0,1334	0,1363	0,1392	82
8	0,1392	0,1421	0,1449	0,1478	0,1507	0,1536	0,1564	81
9	0,1564	0,1593	0,1622	0,1650	0,1679	0,1708	0,1736	80
10	0,1736	0,1765	0,1794	0,1822	0,1851	0,1880	0,1908	79
11	0,1908	0,1937	0,1965	0,1994	0,2022	0,2051	0,2079	78
12	0,2079	0,2108	0,2136	0,2164	0,2193	0,2221	0,2250	77
13	0,2250	0,2278	0,2306	0,2334	0,2363	0,2391	0,2419	76
14	0,2419	0,2447	0,2476	0,2504	0,2532	0,2560	0,2588	75
15	0,2588	0,2616	0,2644	0,2672	0,2700	0,2728	0,2756	74
16	0,2756	0,2784	0,2812	0,2840	0,2868	0,2896	0,2924	73
17	0,2924	0,2952	0,2979	0,3007	0,3035	0,3062	0,3090	72
18	0,3090	0,3118	0,3145	0,3173	0,3201	0,3228	0,3256	71
19	0,3256	0,3283	0,3311	0,3338	0,3365	0,3393	0,3420	70
20	0,3420	0,3448	0,3475	0,3502	0,3529	0,3557	0,3584	69
21	0,3584	0,3611	0,3638	0,3665	0,3692	0,3719	0,3746	68
22	0,3746	0,3773	0,3800	0,3827	0,3854	0,3881	0,3907	67
23	0,3907	0,3934	0,3961	0,3987	0,4014	0,4041	0,4067	66
24	0,4067	0,4094	0,4120	0,4147	0,4173	0,4200	0,4226	65
25	0,4226	0,4253	0,4279	0,4305	0,4331	0,4358	0,4384	64
26	0,4384	0,4410	0,4436	0,4462	0,4488	0,4514	0,4540	63
27	0,4540	0,4566	0,4592	0,4617	0,4643	0,4669	0,4695	62
28	0,4695	0,4720	0,4746	0,4772	0,4797	0,4823	0,4848	61
29	0,4848	0,4874	0,4899	0,4924	0,4950	0,4975	0,5000	60
30	0,5000	0,5025	0,5050	0,5075	0,5100	0,5125	0,5150	59
31	0,5150	0,5175	0,5200	0,5225	0,5250	0,5275	0,5299	58
32	0,5299	0,5324	0,5348	0,5373	0,5398	0,5422	0,5446	57
33	0,5446	0,5471	0,5495	0,5519	0,5544	0,5568	0,5592	56
34	0,5592	0,5616	0,5640	0,5664	0,5688	0,5712	0,5736	55
35	0,5736	0,5760	0,5783	0,5807	0,5831	0,5854	0,5878	54
36	0,5878	0,5901	0,5925	0,5948	0,5972	0,5995	0,6018	53
37	0,6018	0,6041	0,6065	0,6088	0,6111	0,6134	0,6157	52
38	0,6157	0,6180	0,6202	0,6225	0,6248	0,6271	0,6293	51
39	0,6293	0,6316	0,6338	0,6361	0,6383	0,6406	0,6428	50
40	0,6428	0,6450	0,6472	0,6494	0,6517	0,6539	0,6561	49
41	0,6561	0,6583	0,6604	0,6626	0,6648	0,6670	0,6691	48
42	0,6691	0,6713	0,6734	0,6756	0,6777	0,6799	0,6820	47
43	0,6820	0,6841	0,6862	0,6884	0,6905	0,6926	0,6947	46
44	0,6947	0,6967	0,6988	0,7009	0,7030	0,7050	0,7071	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	درجہ
دقیقہ								
$\cos \alpha = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \cos \alpha$ $c = \frac{b}{\cos \alpha}$								
45 ... 90° کسینوس								

فهرست منابع

- ۱- دکتر ابطحی - سیدحسین- آرش مهراوژان- مهندسی روش‌ها- نشر قموس، ۱۳۷۲.
- ۲- حسین پروین- منوچهر زهره- حسین بهروزیان- محمد کاشی‌ها- حساب فنی سال سوم- وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۷۱.
- ۳- بهروز نصیری زنوزی- صمد خادمی آقدم- حساب فنی سال اول- ۱۳۷۰، وزارت آموزش و پرورش.
- ۴- مجله صنایع چوب و کاغذ شماره ۱۹، ۱۳۸۴.

