بسم الله الرحمن الرحیم

محاسبات فنی (۲)
(صنایع چوب)

رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۱۹۵۰

۶۷۴ اسدی، محمود
/۰۴۲ محاسبات فنی (۲) (صنایع چوب)/مؤلفان : محمود اسدی، علی‌اکبر فرخ‌نیا همدانی.
م ۴۹۹الف ــ[ویرایش دوم]/ بازسازی و تجدیدنظر : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ صنایع چوب و
۱۳۹۵ کاغذ. ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵
۱۰۸ص. : مصور. ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۱۹۵۰)
متون درسی رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ، زمینهٔ صنعت.
۱. ریاضیات مهندسی. ۲. آنالیز عددی. ۳. چوب ــ صنعت و تجارت.
الف. فرخ‌نیا همدانی، علی‌اکبر. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی
و تألیف رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۹۵

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار(ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

این کتاب در سال ۱۳۸۸ توسط کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ بازسازی و به وسیلهٔ حبیب نوری تجدیدنظر گردید.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

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

مؤلفان : **محمود اسدی، علی‌اکبر فرخ‌نیاهمدانی**

اعضای کمیسیون تـخصصی : **محمد غفرانی، محمد لطفی‌نیا، محمدعلی نیکنام، امیر نظری و حبیب نوری**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع موادآموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش وپرورش(شهید موسوی)

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

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : **طرفه سهائی**

طراح جلد : **محمدحسن معماری**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)**

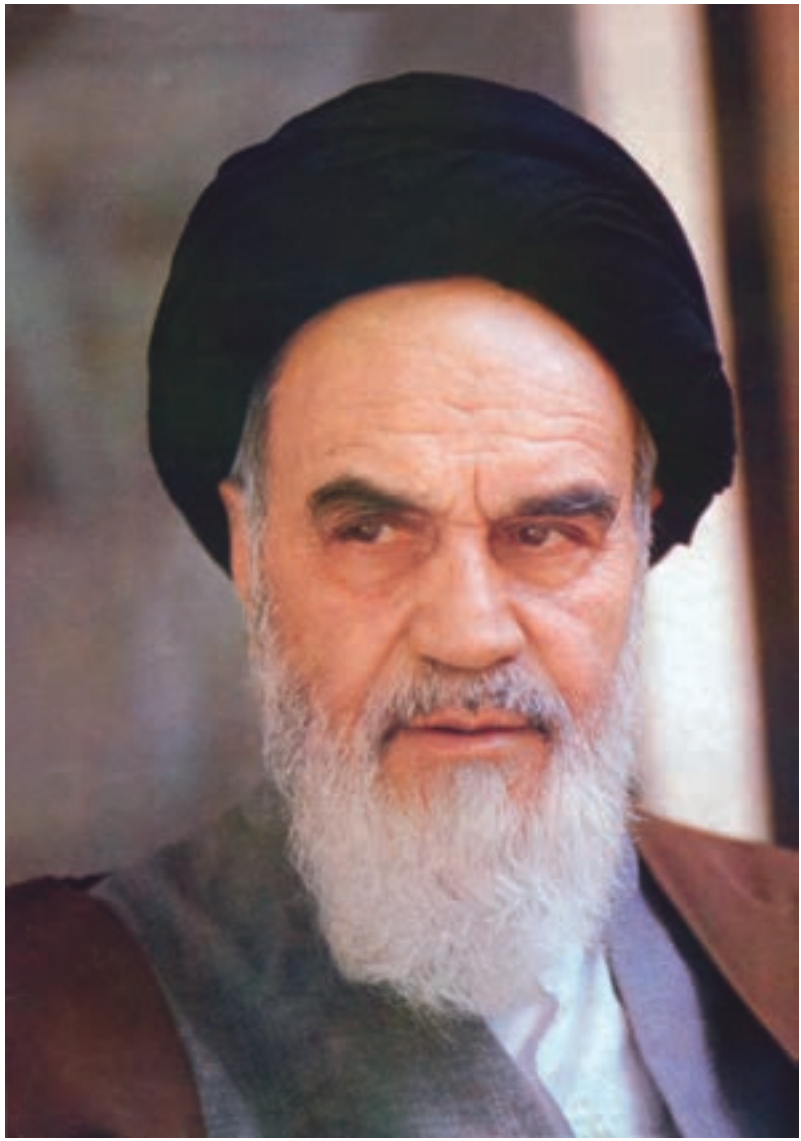
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار : **۱۳۹۵**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۸-۰۲۸۹-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-0289-8**



اول باید اخلاصتـــان را قوی بکنید،ایمانتان را قـــوی بکنید،... و این اخلاص و ایمان،شما را تقویت می‌کند و روحیهٔ شما را بالا می‌برد و نیروی شما جوری می‌شود که هیچ قدرتی نمی‌تواند (با شما) مقابله کند.

امام خمینی (ره)

فهرست

فصل اول : حرکت ۱

۱ـ۱ـ حرکت و انواع آن ۱

۱ـ۲ـ سرعت و انواع آن ۲

۱ـ۳ـ پیشبرد کار در ماشین‌های صنایع چوب ۹

۱ـ۴ـ مقدار برش هر دندانه اره یا تیغه رنده ۱۳

فصل دوم : انتقال حرکت و نیرو در ماشین‌های عمومی صنایع چوب ۲۸

۲ـ۱ـ تسمه و چرخ تسمه ۲۸

۲ـ۲ـ محاسبه تعداد دور چرخ تسمه ۳۶

۲ـ۳ـ محاسبات چرخ دنده و چرخ زنجیر ۳۹

فصل سوم : کار مکانیکی ۴۴

۳ـ۱ ـ تعریف کار مکانیکی ۴۵

۳ـ۲ـ توان مکانیکی ۴۹

۳ـ۳ـ راندمان ۵۲

۳ـ۴ـ تعیین نیروی محیطی و رابطه توان با گشتاور ۵۴

۳ـ۵ـ بالابرهای ساده (ماشین‌های ساده) ۵۶

۳ـ۶ـ اصطکاک ۶۱

فصل چهارم : محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشین‌های صنایع چوب ۷۳
۴ـ۱ـ الکتروموتور ۷۳
۴ـ۲ـ توان الکتریکی ۷۴
۴ـ۳ـ انرژی الکتریکی ۷۶
۴ـ۴ـ محاسبهٔ بهای برق مصرفی ۷۶

فصل پنجم : تعیین زمان انجام کار ۸۰
۵ـ۱ـ مقدمه ۸۰
۵ـ۲ـ زمان سنجی ۸۱
۵ـ۳ـ روش‌های مشاهده مستقیم ۸۴
۵ـ۴ـ روش‌های ترکیبی ۹۶
نمونه ارزشیابی نهایی کتاب ۱۰۱
جدول‌های ضمیمه ۱۰۳

فهرست منابع ۱۰۸

به نام خدا

سخنی با همکاران

سپاس از خداوند منان که توفیق عنایت فرمود تا در تهیه کتاب‌های نظام جدید، در رشتهٔ 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، امّا نمی‌توان ادعا کرد که بدون نقص است؛ از این‌رو 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 :

۱ــ انواع حرکت را تعریف کند ؛

۲ــ سرعت و انواع آن را شرح دهد ؛

۳ــ محاسبات مربوط به سرعت را انجام دهد ؛

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

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

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

زمان تدریس : ۱۲ ساعت

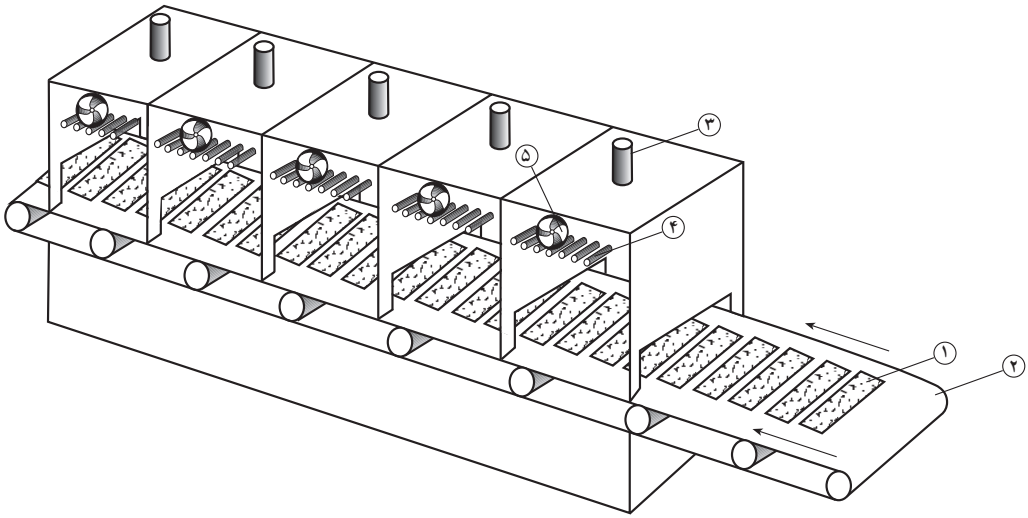
۱ــ حرکت

۱ــ۱ــ حرکت و انواع آن

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

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

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



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

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

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

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

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

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

۲ ــ۱ــ سرعت و انواع آن

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

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

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

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

علایم اختصاری:

v : سرعت

s : مسافت

t : زمان

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

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

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

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

$$v = ۰/۱۲۵\,m/s$$

طول سه اتاقک $s = ۳m \times ۳ = ۹m$

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

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

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

حل:

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

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

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

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

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

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

تمرین

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

علایم اختصاری:

v : سرعت محیطی (m/s)

d : قطر چرخ (m)

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

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

$$d = ۹۰mm \div ۱۰۰۰ = ۰/۰۹۰m$$

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

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

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

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

$$d = ۴۵۰ \div ۱۰۰۰ = ۰/۴۵m$$

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

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

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

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

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

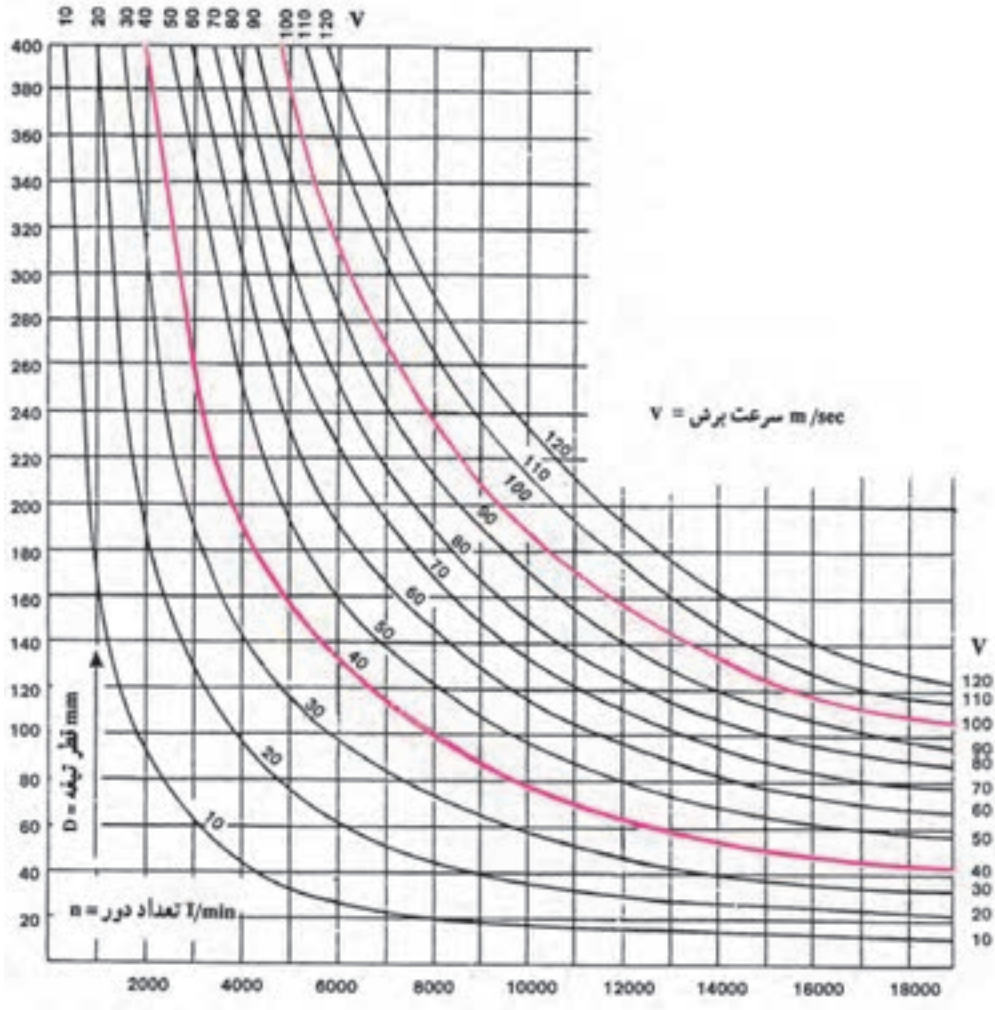
$$d = ۸mm \div ۱۰۰۰ = ۰/۰۰۸m$$

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

انتخاب می‌شود.

شکل ۲ــ۱ــ دریل برقی دستی

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



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

روش استفاده از نمودار سرعت برش

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

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

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

جدول ۱ــ۱ــ جدول سرعت برش

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

تمرین

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

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

$d_۱ = ۱۵mm$ $d_۳ = ۲۵mm$

$d_۲ = ۱۸mm$ $d_۴ = ۳۰mm$

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

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

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

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

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

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

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

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

۳ــ۱ــ پیشبرد کار در ماشین‌های صنایع چوب

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

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

علایم اختصاری:

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

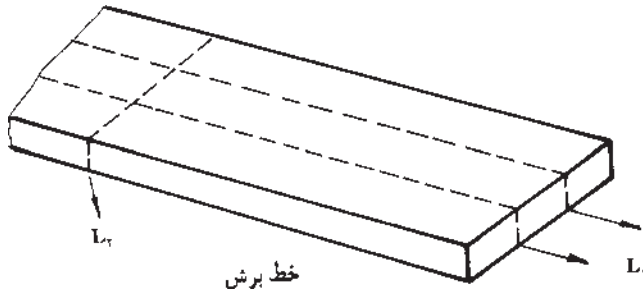
L : طول برش بر حسب متر (m)

t : زمان انجام برش بر حسب دقیقه (min)

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

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

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



شکل ۳ــ۱

حل:

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

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

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

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

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

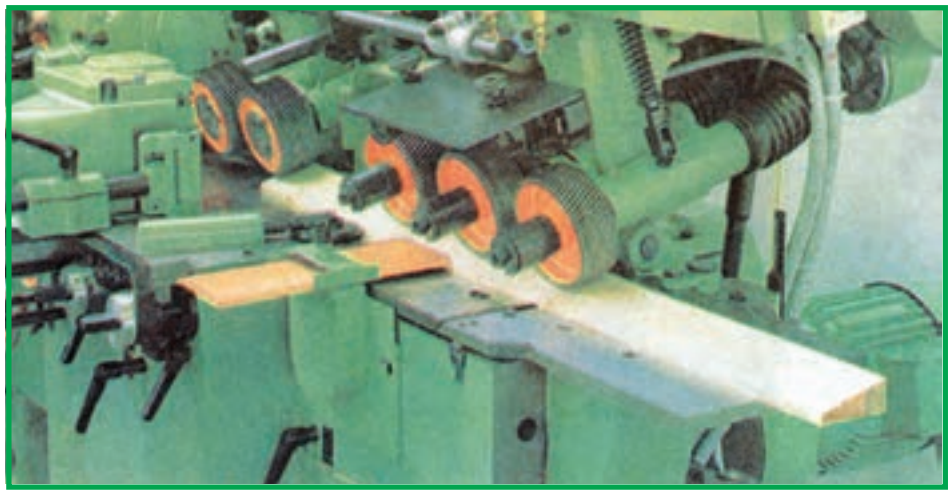
تمرین

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

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

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

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



شکل ۴ــ۱ــ دستگاه فرز اتوماتیک

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

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

شکل ۵ــ۱ــ مقطع قطعات پوششی

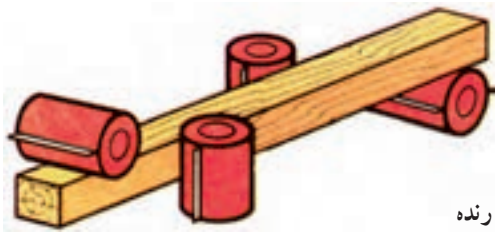
الف) ۴۰ متر برش توسط اره نواری با سرعت پیشبرد ۱۰ متر بر دقیقه ؛

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

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

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

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



شکل ۶ ــ۱ــ چهار طرف رنده

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

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

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

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

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

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

شکل ۷ــ۱ــ پنجره

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

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

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

شکل ۸ ــ ۱

۴ــ۱ــ مقدار برش هر دندانه اره یا تیغه رنده

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

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

$$l=\frac{S\times ۱۰۰۰}{n.z}$$

علایم اختصاری:

l : مقدار برش هر دندانه (mm)

S : سرعت پیشبرد کار (m/min)

z : تعداد دندانه

n : تعداد دور دستگاه (۱/min)

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

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

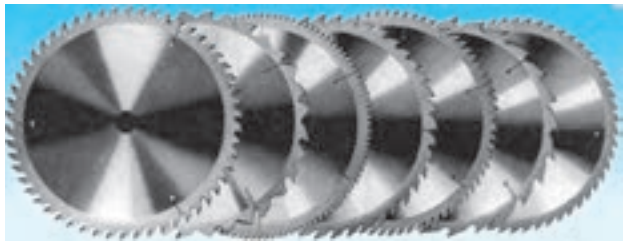
مقدار برش هر دندانه باید نسبت به نوع ماده اولیه انتخاب شود تا کیفیت برش به حد مطلوب برسد. در جدول ۲ــ۱ مقدار برش تعدادی از ماده اولیه‌ی چوبی نمایان است.

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

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

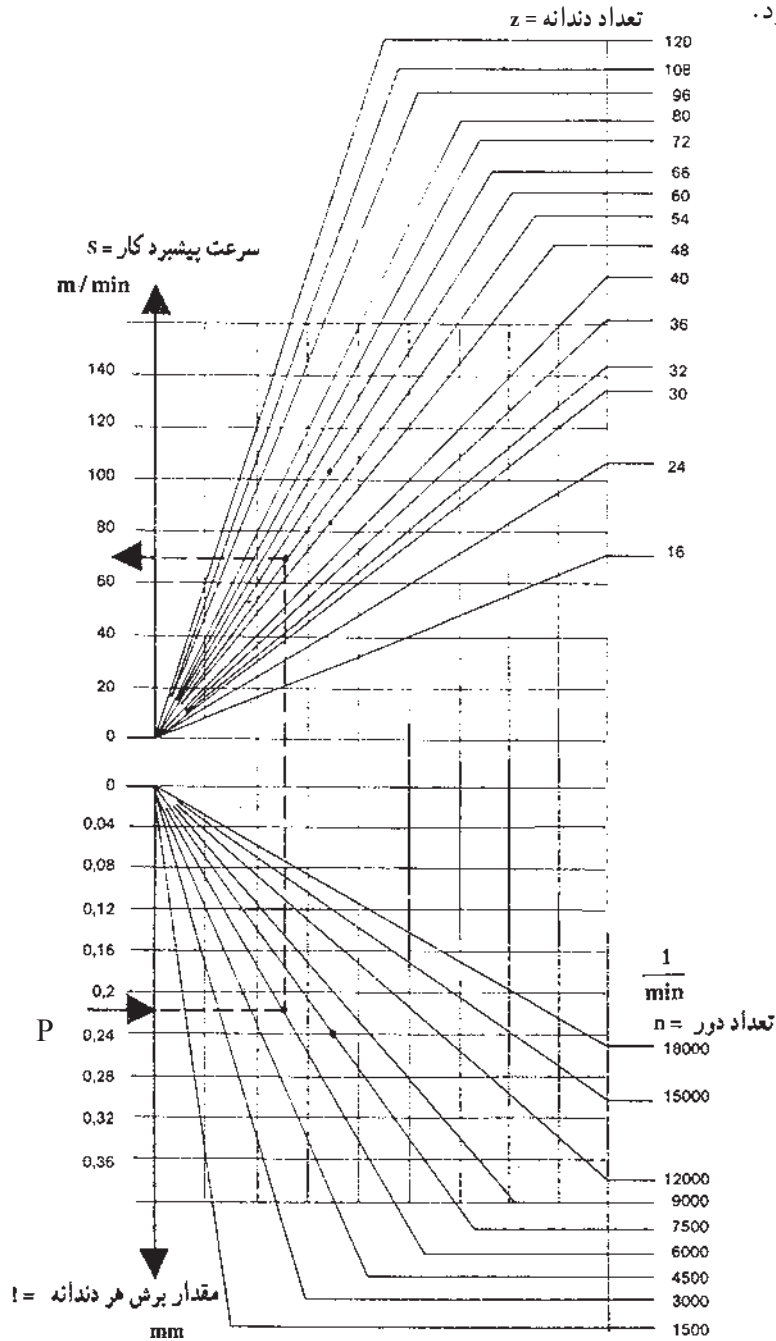
مثال نمونه «۲» : دستگاه اره گردی با تعداد دور $n = ۴۵۰۰$ ۱/min موجود است. قرار است صفحات تخته خرده چوبی را با سرعت پیشبرد کار $S = ۶۰$ m/min برش بزنیم. اگر مقدار برش هر دندانه $l = ۰/۲۴$ mm در نظر گرفته شود، تعداد دندانه‌های تیغه اره را محاسبه نمایید.

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



شکل ۹ــ۱ــ انواع تیغه اره گرد

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



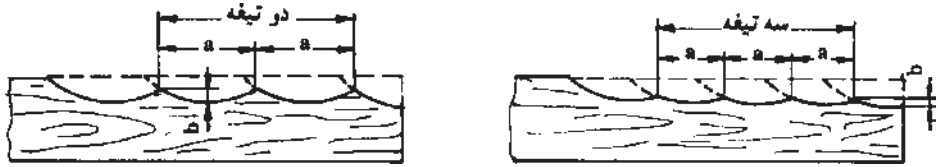
نمودار ۲ــ۱ــ نمودار مقدار برش هر دندانه

روش استفاده از نمودار (۲ــ۱)

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

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

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



شکل ۱۰ــ۱ــ اثر تیغه رنده

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

الف) عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب :

رابطه :

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

علایم اختصاری:

a : عرض اثر تیغه رنده (mm)

S : پیشبرد کار (m/min)

n : تعداد دور دستگاه(۱ /min)

z : تعداد تیغه

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

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

عرض اثر هر تیغه روی چوب

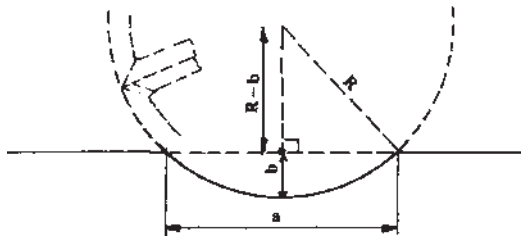
$$a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z} \qquad a = \frac{۱۶ \times ۱۰۰۰}{۴۰۰۰ \times ۲} = ۲mm$$

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

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

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

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



شکل ۱۱ــ۱ــ اثر تیغه رنده تنظیم شده

رابطه :

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

علایم اختصاری:

b : عمق اثر هر تیغه رنده (mm)

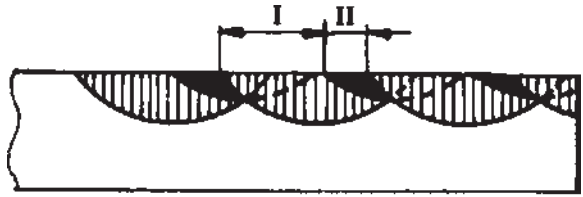
R : شعاع برنده‌ی توپی ماشین رنده (mm)

a : عرض اثر هر تیغه رنده (mm)

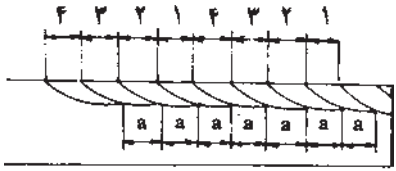
مثال نمونه «۱» : اگر عرض اثر تیغه رنده روی چوب $a = ۱/۵mm$ و شعاع دایره برنده توپی $R = ۶۰mm$ باشد، عمق اثر تیغه رنده را روی چوب به‌دست آورید.

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

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



شکل ۱۲ــ۱ــ اثر تیغه رنده تنظیم نشده

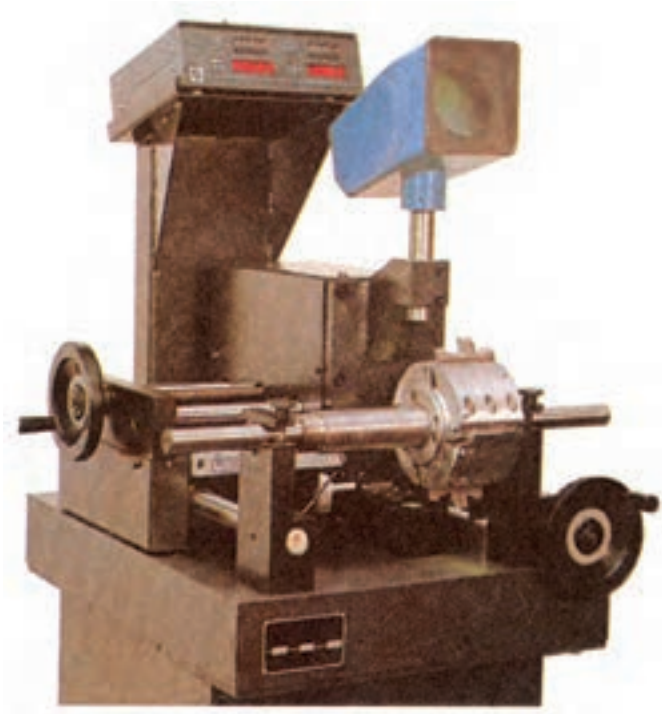


شکل ۱۳ــ۱ــ اثر تیغه رنده تنظیم شده

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

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

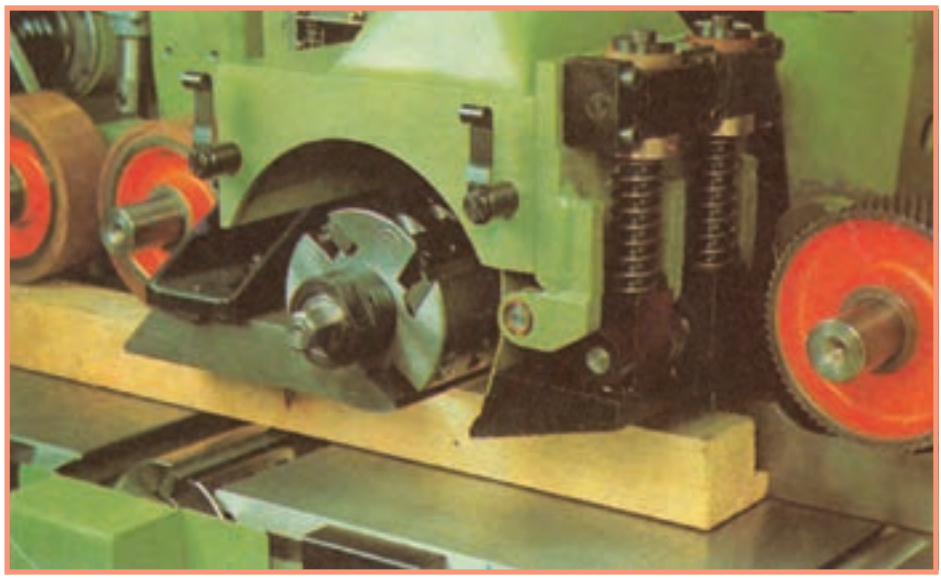
شکل ۱۴ــ۱ــ دستگاه تنظیم تیغه رنده با دست



شکل ۱۵ــ۱ــ دستگاه تنظیم تیغه رنده دیجیتالی

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

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



شکل ۱۶ــ۱ــ دستگاه رنده

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

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

حل:

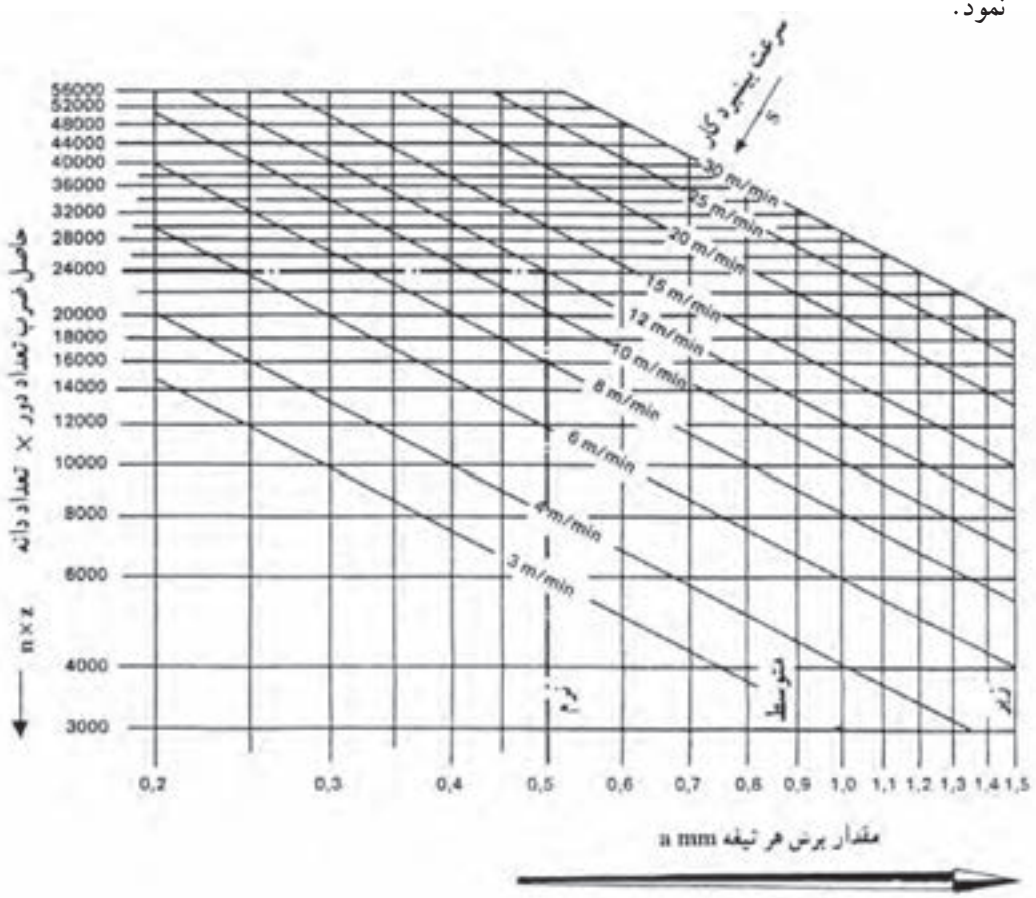
الف) $S = \frac{S \times z \times n}{۱۰۰۰} \qquad a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n \times z}$

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

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

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

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



نمودار ۳ــ۱ــ تعیین مقدار برش هر تیغه

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

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

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

جدول ۳ــ۱ــ کیفیت سطح رنده شده

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

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

$$n = ۵۰۰۰ \ 1/min \qquad z = ۴$$

حل: طول تخته‌ها

$$۲۰۰ \times ۴/۵ m = ۹۰۰ m$$

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

عرض اثر تیغه

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

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

تمرین

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

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

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

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

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

مقایسه کنید و نتیجه بگیرید.

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

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

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

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

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

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

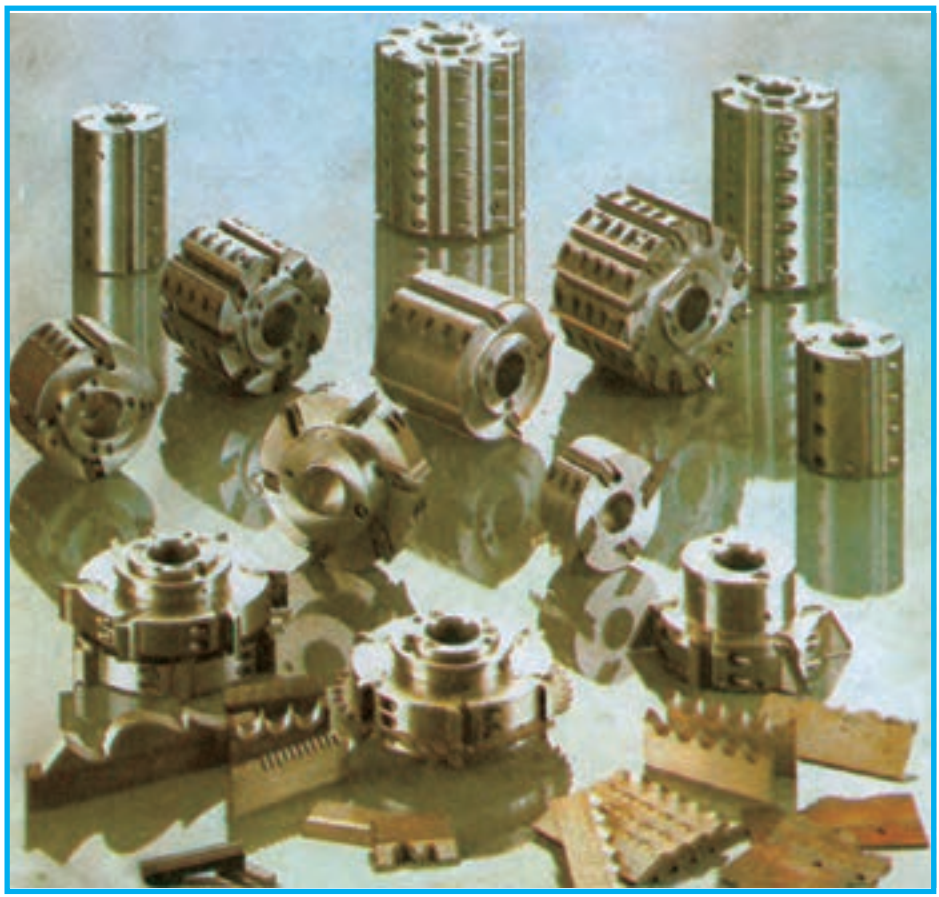
د) اگر قطر توپی دستگاه ۱۲ سانتی‌متر باشد عمق اثر تیغه رنده را به‌دست آورید.

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

شکل ۱۷ــ۱ــ ماشین سنباده غلتکی

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

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



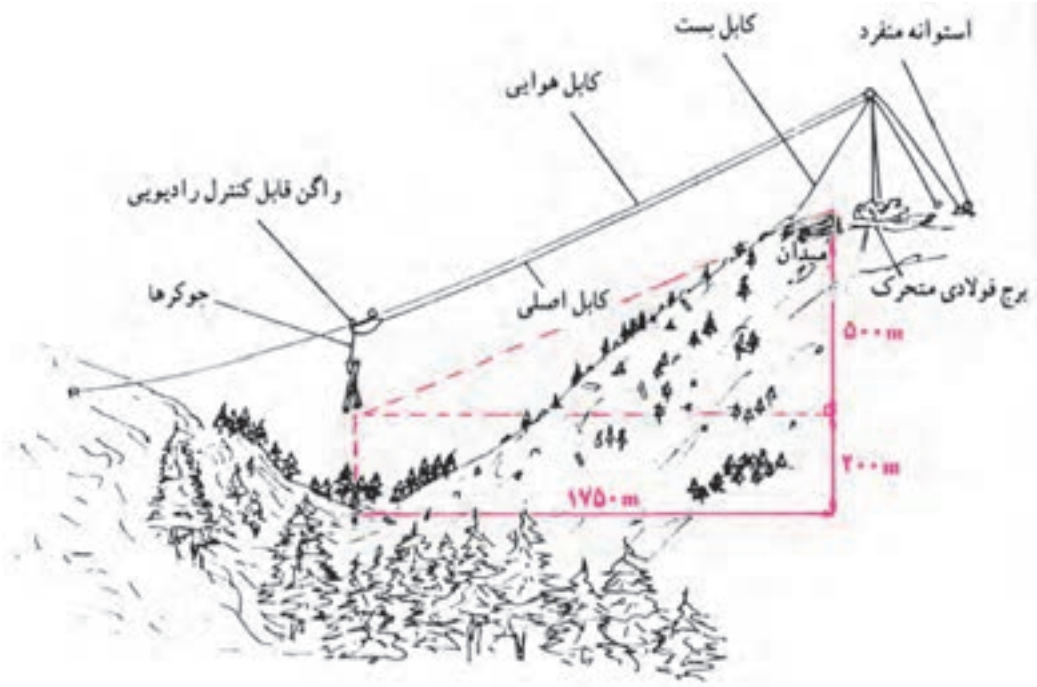
شکل ۱۸ــ۱ــ انواع تویی با تیغه‌های متفاوت

سؤالات آزمون پایان فصل اول

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

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

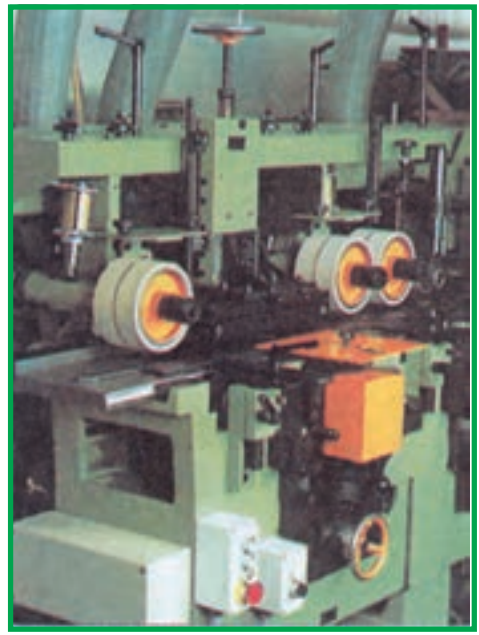
ب) حرکت در مسیر کابل هوایی با سرعت ۶۰ متر بر دقیقه.



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

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

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



شکل ۲۰ــ۱ــ دستگاه فرزاتوماتیک

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

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

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

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

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

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

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

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

شکل ۲۱ــ۱ــ دستگاه تمام اتوماتیک برش صفحات MDF

فصل دوم

انتقال حرکت و نیرو در ماشین‌های عمومی صنایع چوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :
۱ــ متداول‌ترین روش‌های انتقال حرکت را نام ببرد ؛
۲ــ نمونه‌های مختلف تسمه را بشناسد و ویژگی‌های آن‌ها را شرح دهد ؛
۳ــ طول تسمه را محاسبه نماید ؛
۴ــ تعداد دور چرخ تسمه را محاسبه کند ؛
۵ــ محاسبات مربوط به‌چرخ‌دنده و چرخ زنجیر را انجام دهد.

زمان تدریس : ۱۲ ساعت

۲ــ 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.

۱ــ۲ــ تسمه و چرخ تسمه

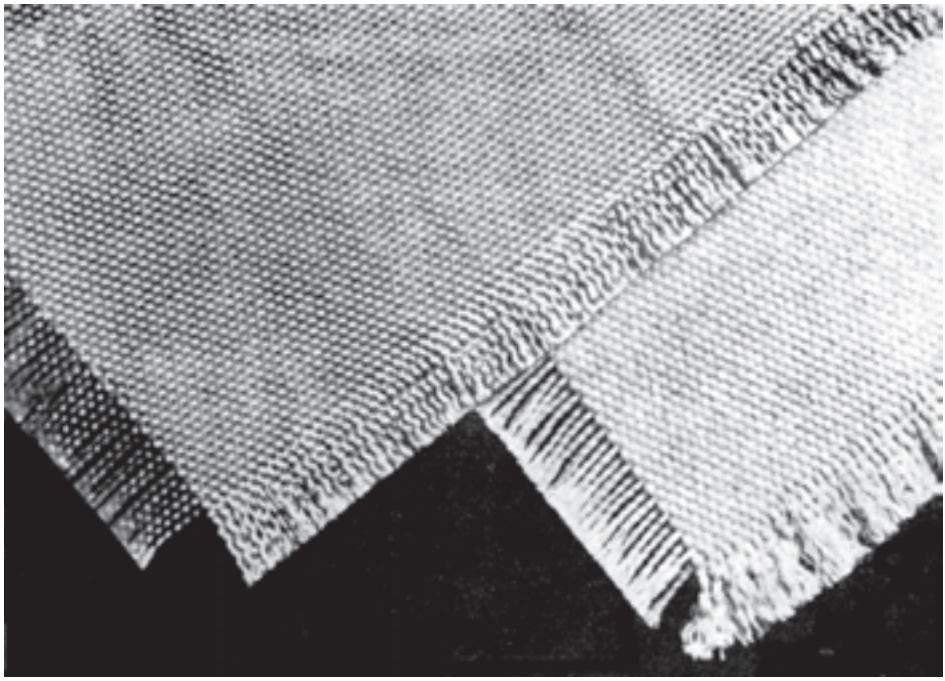
متداول‌ترین روش انتقال حرکت و نیرو تسمه و چرخ تسمه است که اطلاعات کاربردی در این زمینه ارائه خواهد شد.

۱ــ ۱ــ ۲ــ انواع تسمه: با توجه به‌نوع 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 ۱ــ ۲) استفاده نمود.

تسمه‌ها هم به‌صورت آماده در اندازه‌های مختلفی وجود دارد و هم به‌صورت متریک موجود است که به‌اندازه موردنظر بریده و با روش‌های خاص اتصال داده می‌شود.

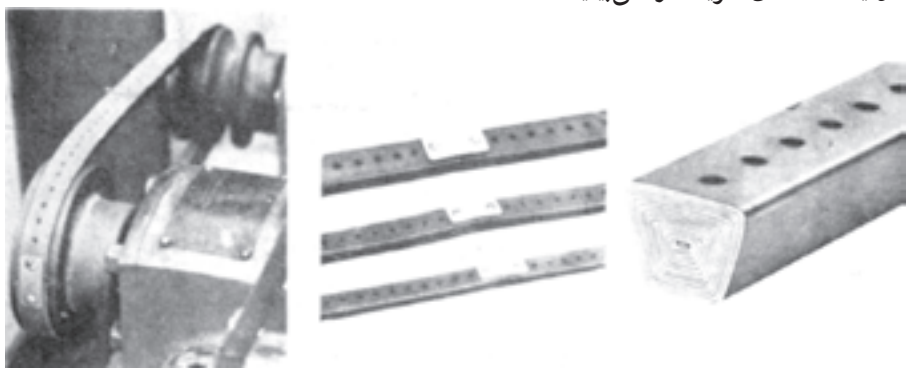
شکل ۱ــ ۲ــ نمونه‌های مختلف تسمه



شکل ۲ــ ۲ــ برزنت مورد مصرف در تسمه‌های برزنتی

برای نمونه در شکل ۲ــ 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 به‌نیاز تغییرپذیر است.

اتصال در تسمه‌های متریک با توجه به‌نوع تسمه متفاوت است که در شکل ۳ــ۲ نمونه‌ای از اتصال یک تسمه‌ی متریک را می‌بینید.



شکل۳ــ۲ــ نمونه‌ای از اتصال درتسمه‌های متریک

معمولی‌ترین نمونه تسمه با توجه به‌شکل ۱ــ ۲ تسمه‌های با مقاطع تخت و یا ذوزنقه‌ای است که در ماشین‌آلات صنایع چوب تسمه با مقطع ذوزنقه کاربرد بیشتری دارد. برای انتخاب نوع تسمه باید این نکات را در نظر داشت :

۱ــ میزان دور موتور ؛

۲ــ قدرت موتور ؛

۳ــ تعداد شیارهای پولی ؛

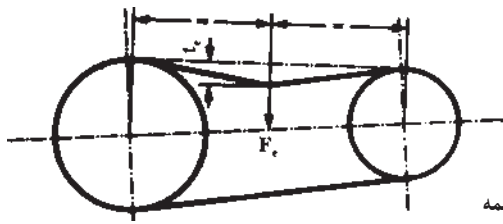
۴ــ شرایط فیزیکی و شیمیایی محل مورد مصرف.

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

مواردی‌که در طولانی شدن کاربرد تسمه مؤثر می‌افتد عبارتند از :

۱ــ 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 به‌گونه‌ای باشد که در مقابل حرارت مقاوم و فشار وارد برآن در اثر کشش تسمه در آن پارگی ایجاد ننماید ؛ علاوه برآن، در مقابل فشارهای نیروی گریز از مرکز ــ که در اثر چرخش سریع به‌وجود می‌آید ــ استحکام کافی داشته باشد.

۲ــ هنگام استفاده از تسمه باید فاصله چرخ‌ها به‌گونه‌ای 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 ۴ــ۲ نمایان است.



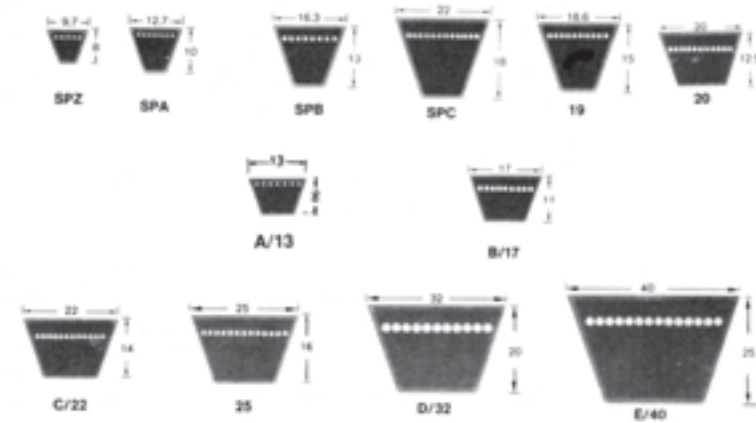
شکل ۴ــ ۲ــ درجه‌آزادی تسمه

۳ــ زاویه تسمه و زاویه شیار پولی در تسمه‌هایی از نوع ذوزنقه باید یکسان باشد.

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

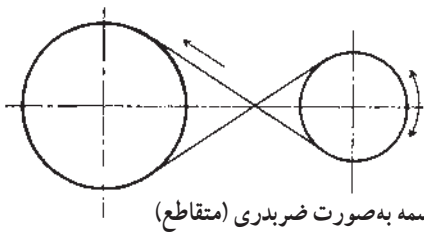
در تسمه‌های ذوزنقه‌ای، عرض تسمه نسبت به‌شیار پولی از گروه مربوط انتخاب و طول تسمه نیز از روابط مربوط محاسبه می‌گردد.

تاکنون تسمه‌هایی در کشور تولید می‌شود که دارای ۲۰ گروه مختلف و ۱۰۰۰ شماره طول می‌باشد. برای انتخاب تسمه باید گروه آن ــ که نشان دهنده عرض تسمه است ــ و طول آن را در نظر داشت. در شکل ۵ــ۲ چند گروه از تسمه‌ها نشان داده شده است؛ همچنین برای اطلاعات بیشتر به‌جدول‌های ضمیمه پایان کتاب، شماره‌های طولی تسمه که براساس قطر و ضخامت تسمه می‌باشد، رجوع شود.

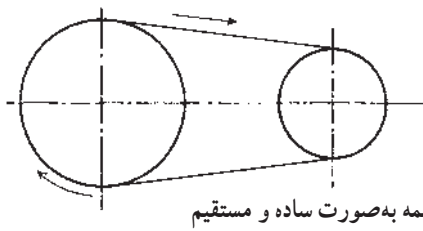


شکل ۵ــ ۲ــ گروه‌های مختلف تسمه

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 به‌هم تغییر دهیم تسمه را به صورت متقاطع (ضربدری) قرار می‌دهیم (شکل ۶ــ۲) که در ماشین‌های صنایع چوب جدید کاربردی ندارد.



تسمه به‌صورت ضربدری (متقاطع)



تسمه به‌صورت ساده و مستقیم

شکل ۶ــ ۲ــ روش قرار گرفتن تسمه روی پولی‌ها

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

الف) قطر چرخ محرک (d_1)

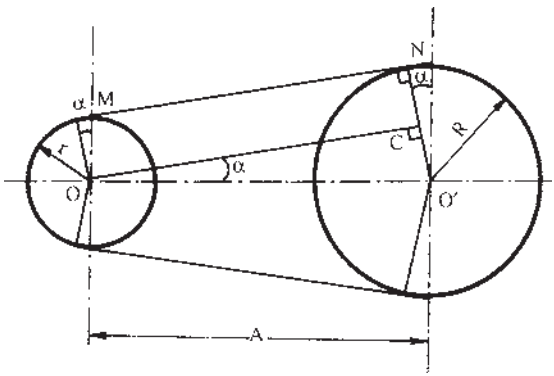
ب) قطر چرخ متحرک (d_2)

ج) فاصله‌ی دو محور (A)

د) زاویه تماس (α)

رابطه‌ی محاسبه طول تسمه:

تسمه به‌صورت ساده و مستقیم:



شکل ۷ــ ۲ــ تسمه ساده و مستقیم

برای محاسبه زاویه α در مثلث قائم‌الزاویه OCO' با استفاده از روابط مثلثاتی به شرح زیر عمل می‌شود :

$$O'C = R - r$$

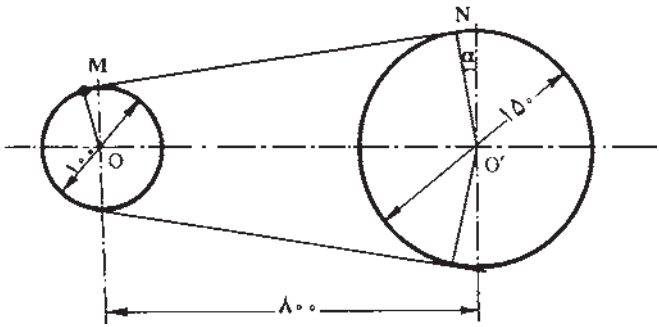
(α را می‌توان از جدول مثلثاتی یا ماشین حساب به‌دست آورد)

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

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

$$L = 2MN + \frac{D\pi(180^\circ + 2\alpha)}{360^\circ} + \frac{d\pi(180^\circ - 2\alpha)}{360^\circ}$$

مثال نمونه «۱»: مطلوب است محاسبه‌ی طول تسمه از نوع تخت در یک ماشین کف رند به‌طوری که قطر چرخ محرک ۱۰۰ میلی‌متر و قطر چرخ متحرک ۱۵۰ میلی‌متر و فاصله دو محور ۸۰۰ میلی‌متر باشد.



شکل ۸ــ ۲ــ تسمه تخت ساده

حل مثال نمونه ۱:

$$R=\frac{D}{۲}=\frac{۱۵۰}{۲}=۷۵mm$$

$$r=\frac{d}{۲}=\frac{۱۰۰}{۲}=۵۰mm$$

$$O'C=R-r=۷۵-۵۰=۲۵mm$$

$$\sin\alpha=\frac{۲۵}{۸۰۰}=۰/۰۳۱۲۵$$

$$\alpha=۱/۷۹^\circ \text{ یا } ۱^\circ \text{ و } ۴۷'$$

$$MN=OC=\sqrt{A^۲-(R-r)^۲}\Rightarrow\sqrt{(۸۰۰)^۲-(۲۵)^۲}$$

$$MN=\sqrt{۶۳۹۳۷۵}=۷۹۹/۶mm$$

$$L=۲MN+\frac{D\pi(۱۸۰^\circ+۲\alpha)}{۳۶۰^\circ}+\frac{d\pi(۱۸۰^\circ-۲\alpha)}{۳۶۰^\circ}$$

$$L=۱۵۹۹/۲۱+\frac{۱۵۰\times۳/۱۴(۱۸۰+(۲\times۱/۷۹))}{۳۶۰}+\frac{۱۰۰\times۳/۱۴(۱۸۰-(۲\times۱/۷۹))}{۳۶۰}$$

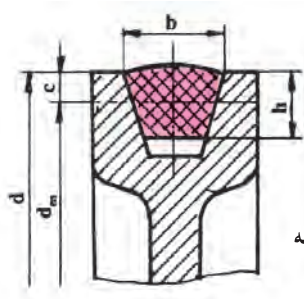
$$L=۱۵۹۹/۲۱+\frac{۴۷۱\times۱۸۲/۷۹}{۳۶۰}+\frac{۳۱۴\times۱۷۶/۴۲}{۳۶۰}$$

$$L=۱۵۹۹/۲۱+۲۳۹/۱۵+۱۵۳/۸۷=۱۹۹۲/۲mm$$

$$\boxed{L=۱۹۹۲/۲mm}$$

یادآوری می‌شود برای محاسبه طول تسمه‌های ذوزنقه‌ای، به‌جای قطر خارجی (d)، قطر مؤثر (d_m) را در رابطه‌های مربوطه قرار می‌دهیم (شکل ۹ــ ۲).

$$\boxed{d_m=d-۲c}$$



شکل ۹ــ ۲ــ تسمه ذوزنقه

d_m : قطر مؤثر

d : قطر خارجی

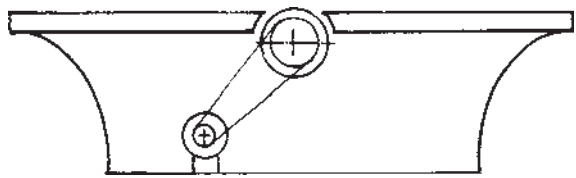
c : فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی

h : ارتفاع تسمه

b : عرض تسمه

تمرین

۱ــ در ماشین کف‌رندی مطابق شکل ۱۰ــ۲ قطر چرخ محرک ۱۲ سانتی‌متر، قطر چرخ متحرک ۲۵ سانتی‌متر و فاصله‌ی دو محور ۶۰ سانتیمتر است. اگر تسمه به‌صورت ساده و مستقیم و اتصال سربه‌سر باشد، طول تسمه‌ی این ماشین را محاسبه نمایید.



شکل ۱۰ــ ۲ــ دستگاه کف رند

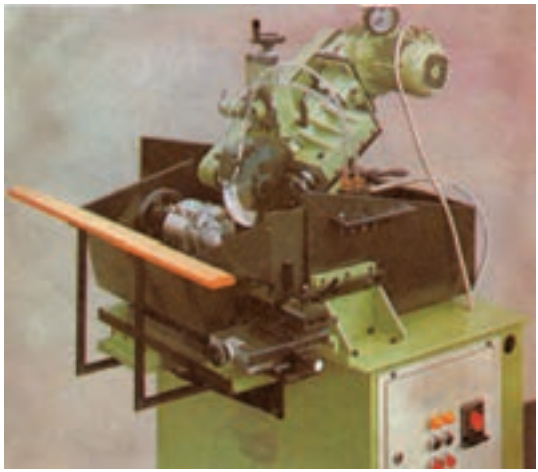
۲ــ در دستگاه تیغه تیزکن مطابق شکل ۱۱ــ۲ طول تسمه‌ی آن را با توجه به ویژگی‌های آن به‌دست آورید.

d_1 : ۱۶ سانتی‌متر

d_2 : ۸ سانتی‌متر

A : ۶۵ سانتی‌متر

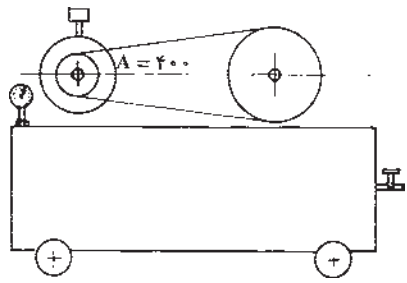
c : ۱۰ میلی‌متر



شکل ۱۱ــ ۲ــ دستگاه تیغه تیزکنی

۳ــ برای به‌حرکت درآوردن یک ماشین فرز، از تسمه‌ای به‌صورت ساده و از نوع ذوزنقه‌ای استفاده شده است. اگر قطر چرخ محرک ۱۰ سانتی‌متر، قطر چرخ متحرک ۱۵ سانتی‌متر، فاصله‌ی دو محور ۵۰ سانتی‌متر و اختلاف قطر مؤثر و قطر خارجی ۸ میلی‌متر باشد طول تسمه این ماشین را به‌دست آورید.

۴ــ در پمپ باد مطابق شکل ۱۲ــ ۲ قطر چرخ محرک ۸ سانتی‌متر، قطر چرخ متحرک ۱۶ سانتی‌متر می‌باشد، طول تسمه را محاسبه کنید.

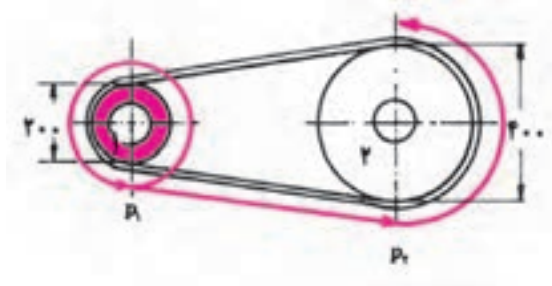


شکل ۱۲ــ ۲ــ پمپ باد

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

۲ــ ۲ــ محاسبه تعداد دور چرخ تسمه

چون تعداد دور و قطر چرخ محرک ثابت فرض می‌شود، از این رو باید برای تنظیم تعداد دور چرخ متحرک، قطر چرخ متحرک را تغییر داد ؛ همچنین تسمه و چرخ‌تسمه‌ها، علاوه برانتقال حرکت، تغییر تعداد دوران چرخ متحرک را نیز انجام می‌دهد، که مقدار آن به‌نسبت انتقال (i)بین دو محور بستگی خواهد داشت (شکل ۱۳ــ ۲).



شکل ۱۳ــ ۲ــ انتقال تعداد دور

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

در محاسبات چرخ تسمه قطر آن‌ها را به d (برحسب میلی‌متر) و تعداد دور آن‌ها را به n (دور در دقیقه) نمایش داده در کلیه محاسبات این رابطه‌ها برقرار است :

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

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

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

$$n_1 = ۱۲۰۰ \ 1/min \quad و \quad d_1 = ۱۵cm$$

$$d_2 = ۵cm \qquad \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad . \quad \frac{۱۲۰۰}{n_2} = \frac{۵}{۱۵}$$

$$. \quad n_2 = \frac{۱۲۰۰ \cdot ۱۵}{۵} = ۳۶۰۰ \ 1/min$$

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

$$n_1 = ۴۰۰۰ \ 1/min$$

$$n_2 = ۲۰۰۰ \ 1/min \quad و \quad d_2 = ۱۲۰mm$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad . \quad d_1 = \frac{d_2 \cdot n_2}{n_1} \quad . \quad d_1 = \frac{۱۲۰ \cdot ۲۰۰۰}{۴۰۰۰}$$

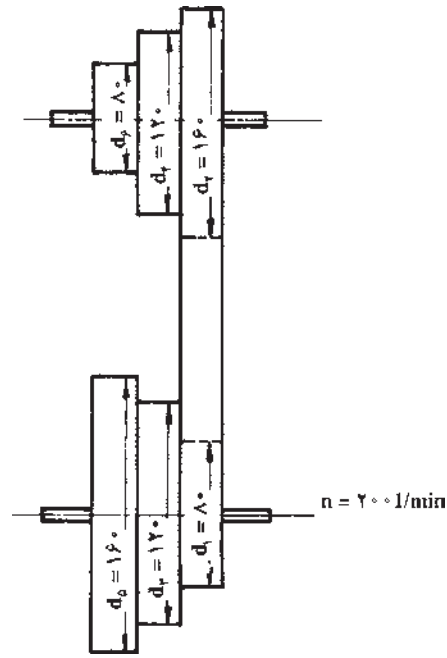
$$d_1 = ۶۰mm$$

تمرین

۱ــ الکتروموتوری با تعداد دور ۳۶۰۰ دور در دقیقه و قطر چرخ تسمه ۵۰ میلی‌متر موجود است، این الکتروموتور یک ماشین سنباده با قطر پولی ۱۰۰ میلی‌متر را به‌حرکت درمی‌آورد. تعداد دور دستگاه را محاسبه کنید.

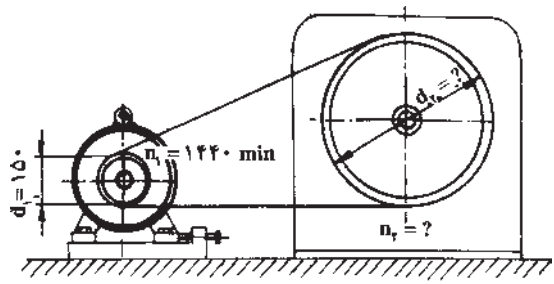
۲ــ الکتروموتور یک ماشین رنده ۱۵۰۰ دور در دقیقه می‌زند. هرگاه چرخ متحرک ماشین ۱۲۰ میلی‌متر و تعداد دوری معادل ۴۰۰۰ دور در دقیقه داشته باشد، قطر چرخ محرک را معلوم کنید.

۳ــ در یک ماشین خراطی، الکتروموتوری با تعداد دوران ۲۰۰ دور در دقیقه و قطر پولی‌های ۸۰ و ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر نصب شده است ــ در صورتی که قطر پولی‌های دستگاه به‌صورت قرینه باشد ــ تعداد دورهای آن را حساب کنید (شکل ۱۴ــ ۲).



شکل ۱۴ــ ۲ــ چرخ‌های پله‌ای

۴ــ در دستگاه مطابق شکل ۱۵ــ۲ اگر نسبت انتقال ۳ باشد، مطلوب است مقادیر n_2 و d_2 .

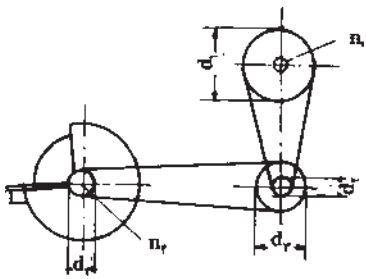


شکل ۱۵ــ ۲

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

الف) نسبت کل انتقال دستگاه را (i)

ب) عده دوران سنگ سنباده را در هر دقیقه.



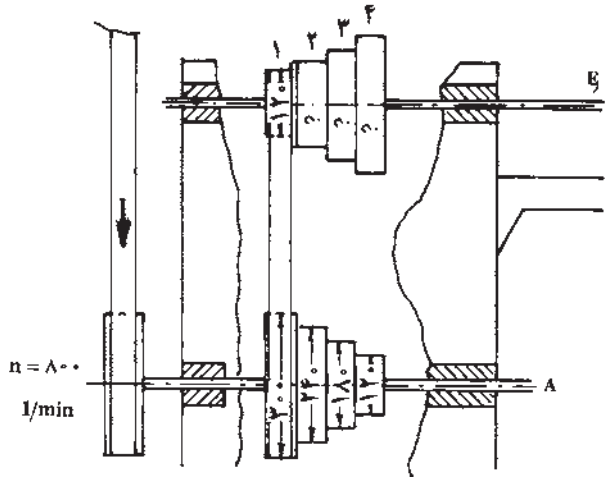
$d_1 = ۱۵۰mm$ $d_2 = ۶۵mm$

$d_3 = ۶۵\,mm$ $n_1 = ۹۲۵\,l/min$

$d_4 = ۱۳۰mm$

شکل ۱۶ــ ۲ــ سنگ سنباده

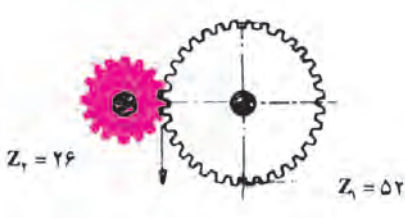
۶ــ در ماشین خراطی شکل ۱۷ــ۲ تعداد دور میله متحرک را در هر یک از چرخ‌های تسمه حساب کنید.



شکل ۱۷ــ۲ــ انتقال حرکت ماشین خراطی

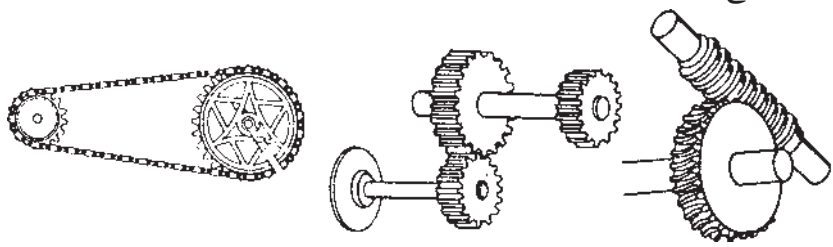
۳ــ ۲ــ محاسبات چرخ‌دنده و چرخ زنجیر

چرخ دنده وسیله‌ای است که حرکت را از محوری به‌محور دیگری منتقل می‌کند. هنگامی از چرخ دنده استفاده می‌شود که باید نیرو به‌تمامی از چرخ محرک (الکتروموتور) به‌چرخ متحرک (ماشین کار) منتقل شود ؛ همچنین فاصله دو چرخ به‌یکدیگر نزدیک



شکل ۱۸ــ ۲

باشد (شکل ۱۸ــ ۲). چنانچه فاصله زیاد باشد می‌توان از زنجیر و چرخ زنجیر استفاده نمود که در این صورت نیز نیرو به‌تمامی از چرخ محرک به‌چرخ متحرک منتقل می‌گردد. 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 می‌دهد و از لحاظ قطر و تعداد دور و تعداد دندانه هیچ اثری ندارد (شکل ۱۹ــ ۲).



حلزون و چرخ حلزون　　دنده و چرخ دنده　　زنجیر و چرخ زنجیر

شکل ۱۹ــ۲

دنده‌های دو چرخ دنده‌ای که با یکدیگر درگیر هستند باید کاملاً مشابه بوده در غیر این‌صورت هنگام گردش چرخ دنده‌ها یکدیگر را خرد می‌کنند.

با انتخاب چرخ‌دنده به‌قطرهای مختلف می‌توان 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 چرخ‌دنده متحرک را کم کنیم، سرعت آن زیادتر خواهد شد.

از آن‌جایی که دندانه چرخ دنده‌هایی که با هم کار می‌کنند باید مشابه و یکنواخت باشند ؛ از این رو برای افزایش تعداد دندانه در چرخ متحرک باید محیط چرخ‌دنده، یعنی قطر چرخ دنده را نیز بزرگتر انتخاب نمود.

برای محاسبات تعداد دور در چرخ‌دنده‌ها همان قواعدی که در چرخ تسمه‌ها ذکر شد مورد استفاده قرار می‌گیرند. فقط به‌جای قطر (d)تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده (z)را قرار می‌دهند ؛ بنابراین روابط محاسبه چرخ‌دنده عبارت است از :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = i \qquad n_1 . z_1 = n_2 . z_2$$

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

حل:

$n_۱ = ?$

$z_۱ = ۳۳$

$n_۲ = ۴۴۰ \ ۱/min$

$z_۲ = ۱۵$

$$n_۱ = \frac{n_۲ . z_۲}{z_۱} = \frac{۴۴۰ . ۱۵}{۳۳} = ۲۰۰$$

$n_۱ = ۲۰۰ \ ۱/min$

مثال نمونه «۲»: تعداد دور چرخ دنده محرکی ۴۰۰ دور در دقیقه و تعداد دندانه‌های آن ۲۴ عدد است. چنانچه بخواهیم تعداد دور چرخ متحرک ۳۰۰ دور در دقیقه باشد، مطلوب است محاسبه تعداد دندانه‌های چرخ دنده متحرک.

$n_۱ = ۴۰۰ \ ۱/min$

$z_۱ = ۲۴$

$n_۲ = ۳۰۰ \ ۱/min$

$z_۲ = ?$

$$z_۲ = \frac{n_۱ . z_۱}{n_۲} = \frac{۴۰۰ . ۲۴}{۳۰۰} = ۳۲ \qquad z_۲ = ۳۲$$

تمرین

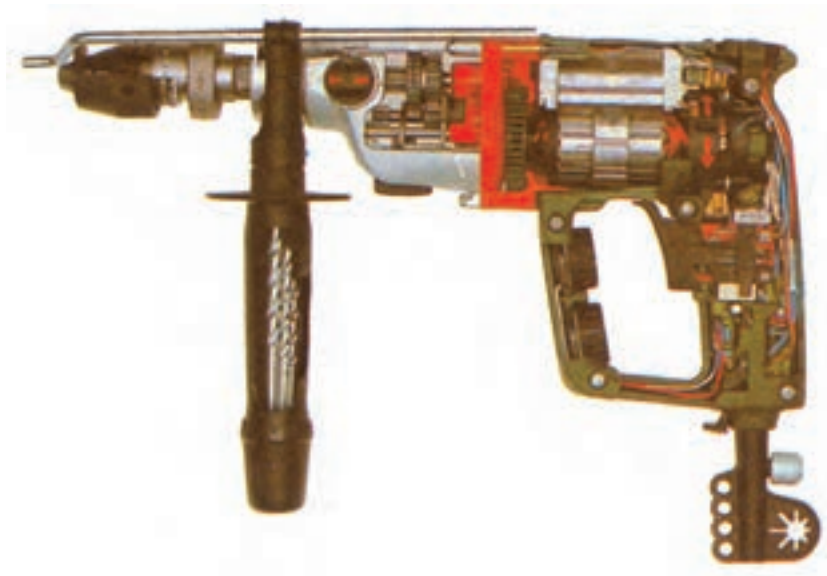
۱ــ تعداد دور چرخ محرک را حساب کنید (اگر تعداد دنده آن ۴۰، تعداد دور چرخ متحرک ۶۴۰ دور بر دقیقه و تعداد دنده چرخ متحرک ۲۵ دنده باشد).

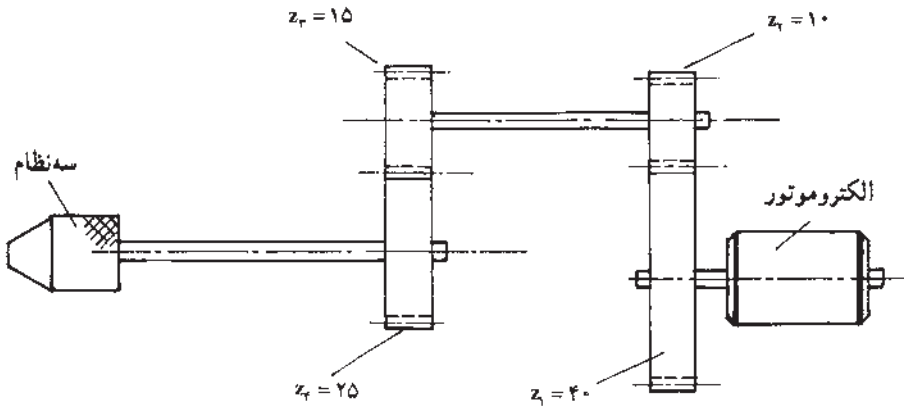
۲ــ الکتروموتوری با تعداد دور ۹۰۰ دور بر دقیقه و با چرخ دنده‌ای که ۱۵ دنده داشته باشد یک چرخ متحرک را با تعداد دور آن ۲۲۵ دور بر دقیقه به‌حرکت درمی‌آورد، تعداد دنده‌های چرخ متحرک را حساب کنید.

۳ــ تعداد دور الکتروموتور را در شکل ۲۰ــ ۲ حساب کنید ؛ در صورتی که تعداد دور سه‌نظام ۲۵۰۰ دور بر دقیقه باشد.

۴ــ در شکل ۲۰ــ۲ اگر تعداد دور الکتروموتور ۱۰۰۰ دور بر دقیقه باشد، تعداد دندانه‌های چرخ شماره ۳ چه تغییری خواهد کرد ؛ در صورتی که تعداد دور سه‌نظام همان ۲۵۰۰ دور بر دقیقه باشد.

۵ــ نسبت کل انتقال را در شکل ۲۰ــ۲ به‌دست آورید، اگر تعداد دور الکتروموتور ۱۰۰۰ دور بر دقیقه و تعداد دور سه‌نظام ۲۴۰۰ دور بر دقیقه باشد.

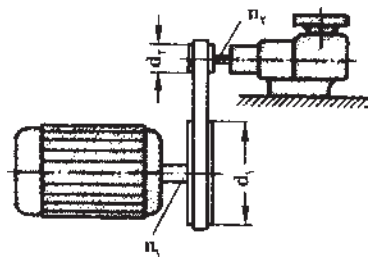




شکل ۲۰ــ ۲ــ دریل برقی دستی

سؤالات آزمون پایان فصل دوم

۱ــ در شکل ۲۱ــ ۲ طــول تسمه را بــه‌صورت ســاده و سربــه‌سر بــه‌دست آورید.
$(d_1 = ۲۵cm \ , \ d_2 = ۱۲cm \ , \ A = ۵۵cm)$.



شکل ۲۱ــ ۲ــ تسمه و انتقال حرکت

۲ــ در شکل ۲۱ــ ۲ اگر تعداد دور الکتروموتور $n_1 = ۲۵۰۰ \ 1/min$ باشد، تعداد دور ماشین و نسبت انتقال آن را به‌دست آورید $(d_2 = ۱۲cm$ و $d_1 = ۲۵cm)$.

۳ــ به‌منظور انتقال حرکت دستگاهی از دنده و چرخ دنده استفاده شده است، اگر نسبت انتقال $i = ۴$ ، $n_1 = ۱۰۰۰ \ 1/min$ و $z_1 = ۲۵$ باشد، n_2 و z_2 را محاسبه کنید.

۴ــ 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 به‌دست آورید.

۵ــ در یک دستگاه خراطی سه پله‌ای متقارن قطر چرخ تسمه‌های آن به ترتیب $d_5 = ۱۰۰mm$ و $d_3 = ۸۰mm$ و $d_1 = ۶۰mm$ است و تعداد دور الکتروموتور دستگاه ۲۵۰۰ دور بر دقیقه می‌باشد، اگر بخواهیم پایه‌ی میزی به قطر ۷۵ میلی‌متر را خراطی کنیم سرعت برش تیغه را در مراحل مختلف انجام کار محاسبه کنید.

فصل سوم

کار مکانیکی

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

۱ــ کار مکانیکی را تعریف کند ؛

۲ــ کار مکانیکی را محاسبه نماید ؛

۳ــ توان مکانیکی ماشین‌آلات را محاسبه کند ؛

۴ــ راندمان را تعریف نماید ؛

۵ــ راندمان ماشین‌آلات را محاسبه کند ؛

۶ــ رابطه توان را با گشتاور نیروی محیطی تعیین کند ؛

۷ــ محاسبات مربوط به باربرهای ساده (ماشین‌های ساده) را انجام دهد ؛

۸ــ اصطکاک را تعریف کند ؛

۹ــ انواع اصطکاک را بیان کند ؛

۱۰ــ اصطکاک لغزشی را محاسبه نماید ؛

۱۱ــ 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 ــ 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 :

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

علم فیزیک چه عملی انجام می‌شود؟

ــ برای به حرکت درآوردن توپی دستگاه چه انرژی مصرف شده و از کجا پدید می‌آید؟

ــ آیا مرکز مبدل انرژی یا الکتروموتور، توانایی انجام این کار را تا آخرین مرحله خواهد داشت؟

ــ آیا این دستگاه مبدل انرژی بازده یا راندمان مطلوبی دارد و یا از نظر اقتصادی به صرفه است؟

ــ در هنگام تبدیل انرژی چه مقداری از توان دستگاه صرف اصطکاک و یا دیگر مقاومت‌ها می‌شود؟

ــ 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 به‌درستی می‌دانید. شما هنرجویان در سال‌های پیش با این کلمات به گونه‌ای ساده و ابتدایی آشنا شدید، امّا این فصل را با دیدی که جنبه علمی، فنی و کاربردی بیشتری دارد دنبال خواهید کرد.

۳ــ کار مکانیکی

۱ــ۳ــ 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 آن‌را 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، امّا کاری انجام نمی‌دهیم ؛ بنابراین کار وقتی انجام می‌شود که نیرویی سبب جابه‌جا شدن نقطه‌ی اثر خود شود ؛ بنابراین، توجه به این امر، مهم است که اگر نیرویی نتواند نقطه‌ی 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

برروی 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 ۱ــ۳ــ اشکال مختلف کار

۱ــ۱ــ۳ــ محاسبه کار مکانیکی: بنابرآنچه 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 دراندازه‌ی 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 می‌باشد به اندازه‌ی یک متر از زمین بلند کند.

عامل به وجود آورنده‌ی کار را «انرژی» گویند که به صورت‌های مختلف یافت می‌شود، 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 می‌کنیم.

چون انرژی‌های موجود در طبیعت به یکدیگر تبدیل می‌گردند، از این‌رو واحدهای انرژی را به نحوی انتخاب می‌کنند که در عمل معادل یکدیگر باشند تا بتوان به‌سهولت آن‌ها را باهم مقایسه کرد.

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

$$1kWh = ۳۶۰۰۰۰۰Nm = ۳۶۰۰kJ$$

چون در بعضی از وسایل حرارتی واحد کالری و یا کیلوکالری به کار می‌برند، از این‌رو از یک ضریب تبدیل استفاده می‌کنیم.

$$1J = ۰/۲۴cal$$
$$1cal = ۴/۲J$$

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 هربار جرثقیل چند تخته را می‌تواند جابه‌جا نماید؟

جواب:

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

$F = \frac{۶۴۰۰۰J}{۴m} \quad F = ۱۶۰۰۰ \ N$

تعداد تخته‌ها $n = ۱۶۰۰۰ \div ۱۶۰ = ۱۰۰$ عدد

تمرین

۱ــ برای انتقال یک دستگاه ارّه تا فاصله‌ی ۲ متری، نیروی افقی معادل ۲۵۰ نیوتن لازم است. محاسبه کنید چند ژول کار انجام گرفته است؟

۲ــ برای جابه‌جایی پمپ باد در سطح کارگاه به وسیله طنابی که با سطح افق زاویه‌ی ۴۵ دارد، ۵۰ نیوتن نیرو لازم است. پس از ۱۰ متر جابه‌جایی چقدر کار انجام شده است؟

۳ــ حداکثر کار انجام شده یک لیفتراک مطابق شکل ۲ــ۳ برای بالا بردن پالت‌های روکش تا ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متری معادل ۲۵۰۰۰J می‌باشد، اگر جرم هر پالت روکش ۸۰۰ کیلوگرم باشد، لیفتراک هربار چند پالت را می‌تواند جابه‌جا کند؟

شکل ۲ــ۳ــ لیفتراک

۲ــ ۳ــ توان مکانیکی

اغلب لازم می‌شود که علاوه برتعیین کار انجام شده، بدانیم کار در چه زمانی انجام گرفته است ؛ بنابراین، مقدار کار انجام شده رادر 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 :

روابط :

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

$$W = F \cdot S$$

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

$$P = F \cdot V$$

علایم اختصاری:

P : توان متوسط دستگاه برحسب وات

W : کار انجام شده برحسب ژول

T : زمان برحسب ثانیه

F : نیروی وارد بر جسم برحسب نیوتن

V : سرعت برحسب متر برثانیه

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

$$۱Nm/s = ۱W = ۱J/s$$
$$۱J/s = ۰/۲۴cal/s$$

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 :

$$۱kW = ۱/۳۶P_S$$
$$۱P_S = ۰/۷۳۶kW$$

مثال نمونه«۱»: توان موتور پمپی که ۲۰۰ کیلوگرم آب را در ۱۰ ثانیه به ارتفاع ۶ متر بالا می‌برد (به ازای $g = ۹/۸ m/s^۲$) بر حسب کیلووات چنین حساب می‌شود :

$$F = ۲۰۰kgf = ۲۰۰ . ۹/۸N = ۱۹۶۰N$$

$$W = F . S$$

$$W = ۱۹۶۰ . ۶ = ۱۱۷۶۰J$$

$$P = \frac{W}{T} . \quad P = \frac{۱۱۷۶۰}{۱۰} = ۱۱۷۶W = ۱/۱۷۶kW$$

مثال نمونه «۲»: یک موتور مکنده درهر دقیقه یک متر مکعب خرده چوب (چیپس) مطابق شکل ۳ــ 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 :

$$m = ۲۰۰kg$$

$$F = ۲۰۰ . ۱۰ = ۲۰۰۰N$$

$$P = \frac{F . S}{t} = \frac{۲۰۰۰ . ۱۲}{۱ . ۶۰} = ۴۰۰Nm/s$$

$$۱Nm/s = ۱W$$

$$P_{KW} = \frac{۴۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۴kW$$

$$P_{P_S} = ۰/۴ . ۱/۳۶ = ۰/۵۴۴P_s$$

شکل ۳ــ۳ــ خرده‌چوب (چیپس) دپوشده

تمرین

۱ــ در یک دستگاه اگر تعداد دوران چرخ تسمه $n = ۷۲۰\ 1/min$ و قطر چرخ تسمه $d = ۲۰cm$ و نیروی کشش تسمه $F = ۳۶۰N$ باشد توان انتقالی را حساب کنید.

۲ــ موتور پمپی در مدت ۱۰ ثانیه ۲۰۰ لیتر آب[۱] را ۱۰ متر بالا می‌برد، توان موتور پمپ را برحسب قوه اسب بخار به دست آورید.

۳ــ گرده بینه‌ای با قطر متوسط ۶۵ سانتی‌متر و به طول ۷ متر و جرم ویژه[۲] ۰/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب با یک جرثقیل ۱۰ متر بالا برده می شود، این موارد را محاسبه کنید :

الف) کار انجام شده،

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

۴ــ تخته‌ای را به ابعاد $۲/۱m \times ۲۰cm \times ۵۰mm$ از روی زمین بلند کرده روی صفحه ماشین رنده قرار می‌دهیم. اگر جرم ویژه این گونه ۰/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و زمان انجام کار ۱۰ ثانیه و ارتفاع دستگاه ۷۰ سانتی‌متر باشد، کار انجام شده و توان مصرفی چقدر است؟

۵ــ کار مکانیکی و توان انجام شده دستگاه جرثقیل را مطابق شکل ۴ــ۳ محاسبه کنید ؛ در صورتی که :

- جرم متوسط هر گرده‌بینه ۸۰ کیلوگرم ؛
- ارتفاع حمل ۲/۵ متر ؛
- زمان انجام کار ۴۰ ثانیه است.

شکل ۴ــ۳ــ جرثقیل حمل گرده‌بینه

---

۱ ــ چگالی آب $\rho = ۱۰۰۰ Kg/m^3$

۲ــ $p = \frac{m}{V}$

۳ــ۳ــ 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 ــ که آن‌را «توان مفید» نیز می‌گویند ــ پس می‌دهند (شکل ۵ــ۳).

شکل ۵ــ۳ــ افزاینده، کاهنده

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[1] : 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 هردو از یک جنس باشد.

مسأله نمونه «۱»: راندمان الکتروموتوری را حساب کنید که توان گرفته شده آن از شبکه برق معادل $P_1 = 4kW$ و توان بازده آن $P_2 = 3kW$ باشد.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3}{4} = 0/75 = \%75$$

مسأله نمونه «۲»: در دستگاه انتقال حرکت شکل ۶ــ۳ که از یک الکتروموتور و یک‌جعبه‌دنده

---

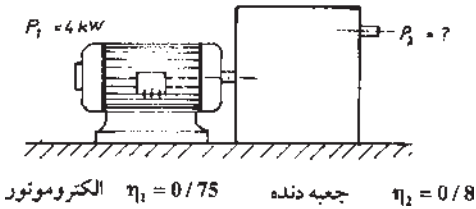
۱ ــ اِتا (حرف یونانی)

تشکیل شده است این موارد را حساب کنید :

الف) توان بازده موتور،

ب) توان بازده جعبه دنده،

ج) راندمان کل دستگاه.



شکل ۶ــ۳ ــ دستگاه انتقال حرکت

الف) $\eta_M = \frac{P_{2M}}{P_{1M}}$

$P_{2M} = \eta_M \times P_{1M} = ۰/۷۵ \times ۴ = ۳kW$

ب) $P_{2M} = P_{1G}$

$\eta_G = \frac{P_{2G}}{P_{1G}} \Rightarrow P_{2G} = \eta_G \times P_{1G} = ۰/۸ \times ۳ = ۲/۴kW$

$\eta = \frac{P_{2G}}{P_{1M}} = \frac{۲/۴}{۴} = ۰/۶۰$

یا

$\eta = \eta_M \times \eta_G = ۰/۷۵ \times ۰/۸ = ۰/۶۰$

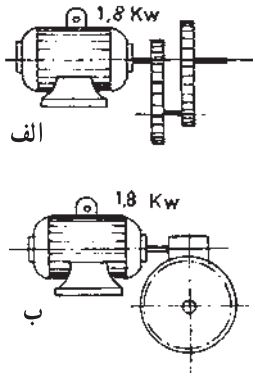
بنابراین، راندمان کل یک دستگاه برابر حاصلضرب راندمان‌های موجود در آن است.

$\eta = \eta_۱ \times \eta_۲ \times \ldots$

و از رابطه $\eta = \frac{P_۲}{P_۱}$ نتیجه می‌گیریم که راندمان هر دستگاهی همیشه کوچکتر از یک است، و هردستگاهی که راندمان آن به عدد یک نزدیکتر باشد از نظر اقتصادی باصرفه‌تر است.

تمرین

۱ــ توان الکتروموتورهای مطابق شکل ۷ــ۳، ۱/۸ کیلووات است. حساب کنید توان بازده محور متحرک هر یک را در صورتی که راندمان چرخ دنده ساده $\eta = ۰/۹۵$ و راندمان حلزون و چرخ حلزون $\eta = ۰/۶۵$ باشد.

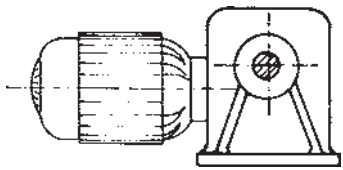


شکل ۷ــ۳

۲ــ توان گرفته شده الکتروموتور دستگاهی مطابق شکل ۸ــ۳، $P_1E = ۰/۹۱$ کیلووات و راندمان آن $\eta_E = ۰/۹۰$ می‌باشد. اگر این توان از طریق حلزون و چرخ حلزونی با راندمان $\eta = ۰/۸۰$ منتقل شود، این موارد را حساب کنید.

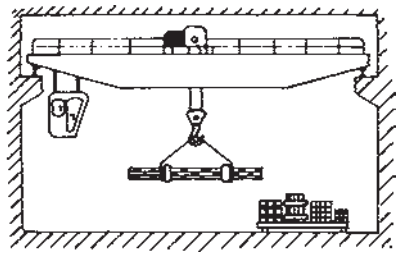
الف) راندمان کل دستگاه،

ب) توان محور متحرک.



شکل ۸ــ۳

۳ــ نیروی موجود در قلاب جرثقیلی مطابق شکل ۹ــ۳ $F = ۰/۵MN$ بوده و سرعت حرکت بار $V = ۳/۳ \frac{m}{min}$ و راندمان جرثقیل $\eta = ۰/۸۰$ می‌باشد. توان لازم را بر حسب کیلووات حساب کنید.

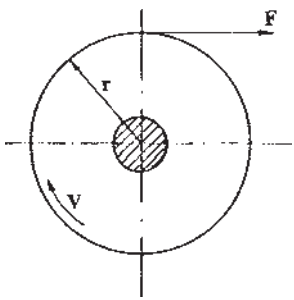


شکل ۹ــ۳

۴ــ۳ــ تعیین نیروی محیطی و رابطه توان با گشتاور

در بعضی از موارد لازم می‌شود که با داشتن توان، گشتاور انتقال‌پذیر دستگاه محاسبه شود یا آن که با داشتن تعداد دَوَران و نیروی محیطی و توان بخواهیم قطر چرخ تسمه و یا چرخ دنده و یا قطر محوری را محاسبه کنیم (شکل ۱۰ ــ۳).

رابطه موجود بین عوامل یاد شده بدین شرح محاسبه می‌شود :



شکل ۱۰ــ۳

علایم اختصاری:

F : نیروی محیطی بر حسب نیوتن

r : شعاع چرخ یا محور برحسب متر

M : گشتاور چرخ یا محور برحسب نیوتن متر.

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

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

رابطه توان برحسب نیرو و سرعت برابراست با : $\boxed{P = F \times V}$

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

$$V = \frac{۲ \times r \times \pi \times n}{۶۰}$$

$$P = F \times V \Rightarrow P = F \times \frac{۲ \times r \times \pi \times n}{۶۰} \Rightarrow P = \frac{F \times r \times n}{۱} \times \frac{۲ \times \pi}{۶۰}$$

$$P = \frac{F \times r \times n}{۱} \times \frac{۱}{۹/۵۵۵}$$

$$P = \frac{F \times r \times n}{۹/۵۵۵} \text{ Nm/s یا } W$$

توان بر حسب کیلووات برابر است با $\boxed{P_{(KW)} = \frac{F \times r \times n}{۹۵۵۵}}$

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

$$\boxed{P_{(KW)} = \frac{M \times n}{۹۵۵۵}} \Rightarrow \boxed{M = F \times r = ۹۵۵۵ \frac{P_{(KW)}}{n}}$$

مسأله نمونه: الکتروموتور دستگاهی که توان بازده آن ۵ کیلووات است دارای تعداد دوران $n = ۱۴۴۰ \ ۱/\min$ است. حساب کنید : اولاً، گشتاوری را که به‌وسیله آن می‌توان‌منتقل کرد ؛ ثانیاً، اگر نیروی کشش لازم در تسمه‌ای که به وسیله الکتروموتور می‌گردد $F = ۳۳۱/۷N$ باشد قطر چرخ تسمه آن را حساب کنید.

$$M = \frac{P_{(KW)} \times ۹۵۵۵}{n} = \frac{۵ \times ۹۵۵۵}{۱۴۴۰} = ۳۳/۱۷Nm$$

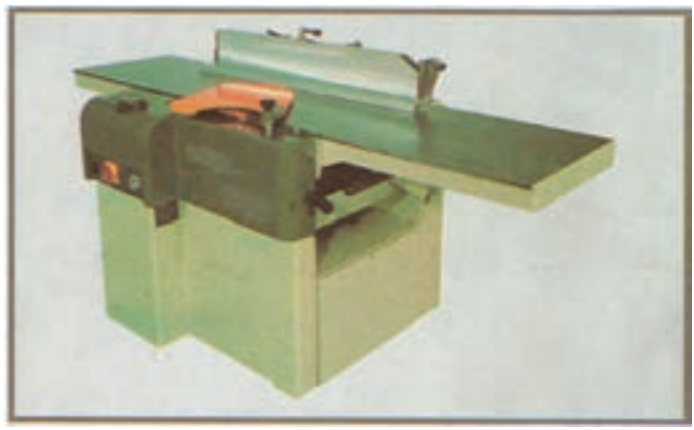
$$M = F \times r \Rightarrow r = \frac{M}{F} = \frac{۳۳/۱۷}{۳۳۱/۷} = ۰/۱m$$

$$d = ۲ \times r = ۲ \times ۰/۱ = ۰/۲m = ۲۰۰mm$$

تمرین

۱ــ یک اره مجموعه‌ای به قطر $D = ۳۶۰mm$ به وسیله الکتروموتوری که توان بازده آن ۲/۲ کیلووات و تعداد دوران آن ۲۸۲۰ دور در هر دقیقه است، کار می‌کند، نیروی محیطی اره را حساب کنید.

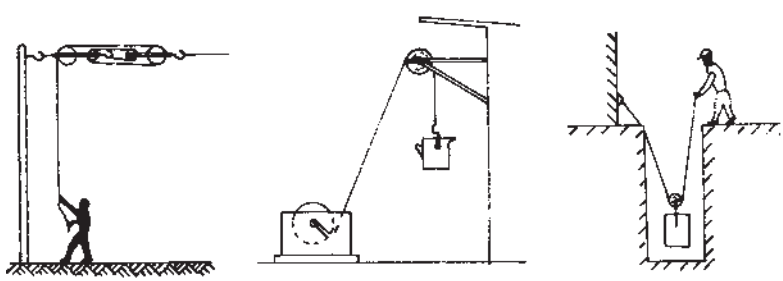
۲ــ الکتروموتور ماشین کف‌رندی، مطابق شکل ۱۱ــ۳ با ۳۰۰۰ دور در هر دقیقه، توانی معادل $P_۱ = ۳/۵kW$ از شبکه برق می‌گیرد، اگر راندمان الکتروموتور $_E = ۰/۹۰$. و راندمان ماشین $_M = ۰/۷$. باشد، نیروی محیطی را حساب کنید اگر قطر پولی $d = ۱۲۰mm$ باشد.



شکل ۱۱ــ۳ــ ماشین کف‌رند

۵ــ۳ــ بالابرهای ساده (ماشین‌های ساده)

تعریف: ماشین‌های ساده، وسایلی هستند که بدون تغییر در مقدار کار، انجام آن را آسان نموده انسان را قادر می سازد با نیروی کم، اجسام سنگین‌تری را جابه‌جا نماید ؛ مانند : قرقره‌ها، جرثقیل‌ها و غیره (شکل ۱۲ــ۳).



جرثقیل　　قرقره ثابت　　قرقره متحرک

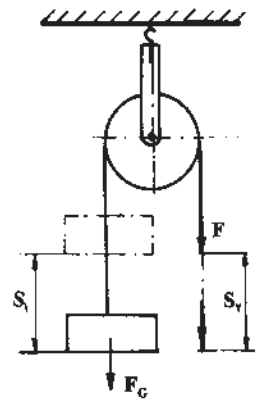
شکل ۱۲ــ۳ــ انواع بالابرهای ساده

۱ــ ۵ ــ۳ــ قرقره‌ها: برای حمل بار از قرقره‌ها به دو روش می‌توان استفاده کرد ؛

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

$S_۲ = S_۱$

$F = F_G$



شکل ۱۳ــ۳

علایم اختصاری:

$S_۱$: مقدار جابه‌جایی بار (جابه‌جایی حمل شونده)

$S_۲$: مقدار جابه‌جایی که باید انجام داد (جابه‌جایی حمل کننده)

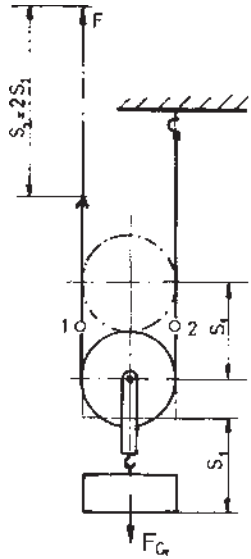
F : نیروی حمل کننده (نیرویی که باید اعمال شود تا بار جابه‌جا شود)

F_G : وزن نیروی بار

ب) قرقره‌های متحرک: این قرقره‌ها همراه بار تغییرمکان پیدا کرده در مقدار نیرو تغییری ایجاد می‌کنند (شکل ۱۴ــ۳).

$S_۲ = ۲S_۱$

$F = \frac{F_G}{۲}$

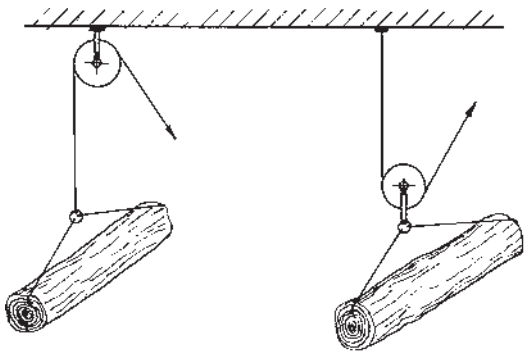


شکل ۱۴ــ۳

مسأله نمونه: یک الوار به وزن $F_G = ۱۲۰۰N$ را می‌خواهیم به اندازه ۸۰ سانتی‌متر 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 ۱۵ــ۳).

الف) اگر از قرقره ثابت استفاده شود.

ب) اگر از قرقره متحرک استفاده شود.



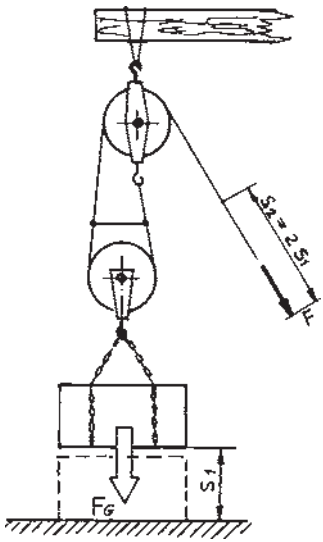
شکل ۱۵ــ۳ــ قرقره ساده و متحرک

حل:

الف) $F = F_G = ۱۲۰۰N$ و $S_۲ = S_۱ = ۸۰cm$

ب) $F = \frac{F_G}{۲} = \frac{۱۲۰۰}{۲} = ۶۰۰N$ و $S_۲ = ۲S_۱$. $S_۲ = ۲ . ۸۰ = ۱۶۰cm$

۲ــ۵ــ۳ــ جرثقیل‌های قرقره‌دار: برای این که بتوان با نیروی کم بارهای بسیار سنگینی را بلند کرد، از جرثقیل‌های مرکبی ــ که در ساختمان آن‌ها تعدادی قرقره ثابت و متحرک به کار رفته است ــ استفاده می‌گردد (شکل ۱۶ــ۳).



شکل ۱۶ــ۳

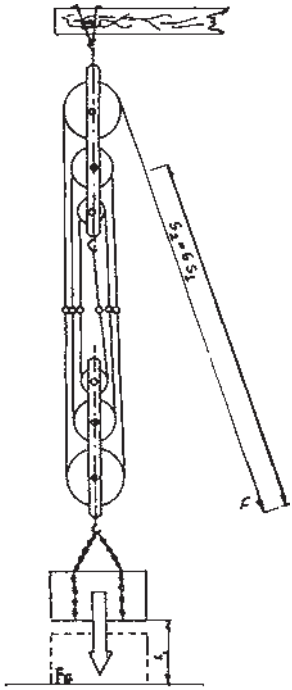
دوحالت کلی برای این نوع جرثقیل‌ها وجود دارد :

الف) چند قرقره ثابت و متحرک با تعداد مساوی (شکل ۱۷ــ۳)،

$$S_۲ = nS_۱$$

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

n = تعداد کل قرقره‌ها (ثابت و متحرک)

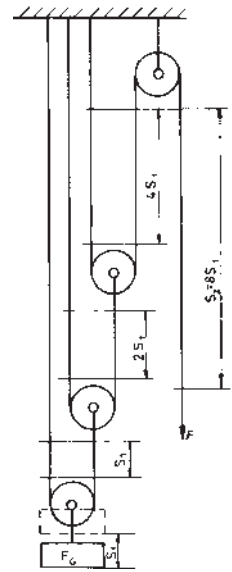


شکل ۱۷ــ۳ــ چند قرقره ثابت و متحرک با تعداد مساوی

ب) چند قرقره متحرک و یک قرقره ثابت (شکل ۱۸ــ۳).

$$S_۲ = ۲^{(n.\,۱)} \cdot S_۱$$

$$F = \frac{F_G}{۲^{(n.\,۱)}}$$



شکل ۱۸ــ۳ــ چند قرقره متحرک و یک قرقره ثابت

مثال ۱: برای شکل ۱۷ــ۳ محاسبه نمایید، اگر یک بار ۳۰۰ کیلوگرمی را بخواهیم ۲ متر بالا ببریم، الف) حداقل چه نیرویی را باید وارد نماییم. ب) چقدر ریسمان را باید بکشیم.

الف) $F = \frac{F_G}{n}$. $F = \frac{۳۰۰۰}{۶} = ۵۰۰N$

ب) $S_۲ = nS_۱$. $S_۲ = ۶(۲) = ۱۲m$

مثال ۲: اگر یک بار ۳۰۰ کیلوگرمی را بخواهیم با استفاده از سیستم شکل ۱۸ــ۳ ، ۲ متر بالا ببریم الف) حداقل چه نیرویی را باید وارد نماییم؟ ب) چقدر ریسمان را باید بکشیم؟

الف) $F = \frac{F_G}{۲^{n.۱}}$. $F = \frac{۳۰۰۰}{۸} = ۳۷۵N$

ب) $S_۲ = ۲^{(n.۱)}$. $S_۱$. $S_۲ = ۸(۲) = ۱۶m$

تمرین

۱ــ خرپایی از جنس LVL[۱] مطابق شکل ۱۹ــ۳ به جرم ۵۰۰kg را باید تا ارتفاع ۸ متری از زمین بلند کنیم. حال، این موارد را حساب کنید :

شکل ۱۹ــ۳

الف) مقدار جابه‌جایی و نیروی لازم اگر از یک قرقره متحرک استفاده شود.

ب) مقدار جابه‌جایی و نیروی لازم اگر از یک قرقره متحرک و یک قرقره ثابت استفاده شود.

ج) کار انجام شده در هر دو مورد یاد شده.

۲ــ برای بالا بردن باری به جرم یک تن فقط توانایی به کار بردن ۲۵۰۰ نیوتن نیرو وجود دارد.

۱ــ Laminated Veneer Lumber

تعداد قرقره‌های مورد نیاز و نسبت جابه‌جایی ($\frac{S_2}{S_1}$) را دراین 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.

۳ــ برای بالا بردن باری به جرم ۱۲۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۵ 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 هرمتر جابه‌جایی (S_2) ۱۰ ثانیه وقت لازم باشد توان مکانیکی دستگاه را به دست آورید.

۴ــ 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 ۶۰ کیلوگرم باشد.)

۵ــ درتمرین شماره ۲ اگر لازم باشد مقدار بار، ۳ متر بلند شود (S_1) و برای هر متر جابه‌جایی (S_2) ۲۰ ثانیه وقت لازم باشد، توان مکانیکی باربرها را در هر دو حالت حساب کنید.

۶ــ۳ــ اصطکاک

هرگاه جسمی بر روی سطح جسم دیگری بلغزد هریک از دو سطح بریکدیگر 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 برروی 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 درنخواهد 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 ۲۰ــ۳).

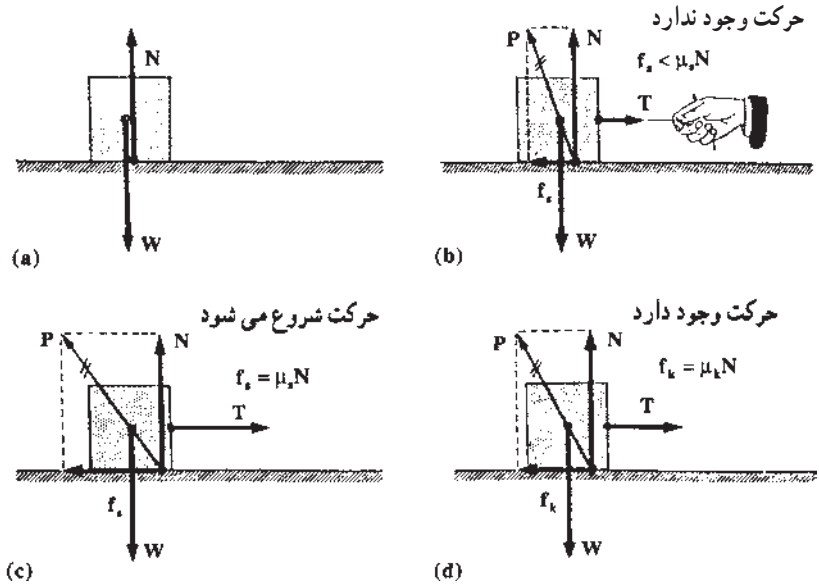
نیروی اصطکاک به این عوامل بستگی دارد :

۱ــ نیروی عمود بر سطح تماس ؛
۲ــ صافی یا زبری سطح تماس ؛
۳ــ جنس دو قطعه در سطح تماس ؛
۴ــ 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 ۲۰ــ۳ــ 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.

۱ــ۶ــ۳ــ انواع اصطکاک جنبشی: اصطکاک لغزشی مانند اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه چرخ دراتومبیل ــ 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 :

$$f_K = \mu_K . N \qquad f_S = \mu_S . N$$

علایم 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 وماهیت 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 ۱ــ۳ نوشته شده که مقادیر مربوط به ضریب اصطکاک جنبشی آن‌ها حدود ۲۵ درصد کوچکتر است.

جدول ۱ــ۳

نام جسم	ضریب اصطکاک
فلز روی فلز	۰/۱۵ــ۰/۶۰
فلز روی چوب	۰/۲۰ــ۰/۶۰
فلز روی سنگ	۰/۳۰ــ۰/۷۰
فلز روی چرم	۰/۳۰ــ۰/۶۰
چوب روی چوب	۰/۲۵ــ۰/۵۰
چوب روی چرم	۰/۲۵ــ۰/۵۰
سنگ روی سنگ	۰/۴۰ــ۰/۷۰
خاک روی خاک	۰/۲۰ــ۱/۰۰
لاستیک روی سیمان	۰/۶۰ــ۰/۹۰

مثال نمونه «۱»: نیروی لازم برای جابه‌جا کردن دستگاهی را که نیروی وزن آن برابر $W = ۸۰۰۰N$ است به دست آورید ؛ در صورتی که ضریب اصطکاک در حال سکون ۰/۵ درنظر گرفته شود.

$$N = W = ۸۰۰۰N$$

$$f_S = \mu_S \times N = ۰/۵ \times ۸۰۰۰ = ۴۰۰۰ \ N$$

مثال نمونه «۲»: قطعه‌ای مطابق شکل ۲۱ــ۳ 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 مؤلفه‌قائم نیروی W)

$$F = f_S$$

$$f_S = \mu_S \times N$$

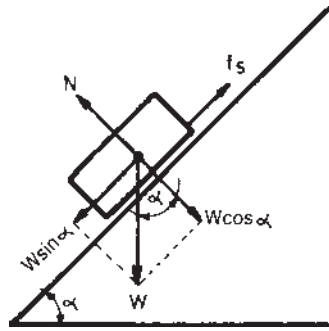
$$N = W \times \cos\alpha$$

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

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

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

$$\boxed{\mu = \tan\alpha}$$



شکل ۲۱ــ۳

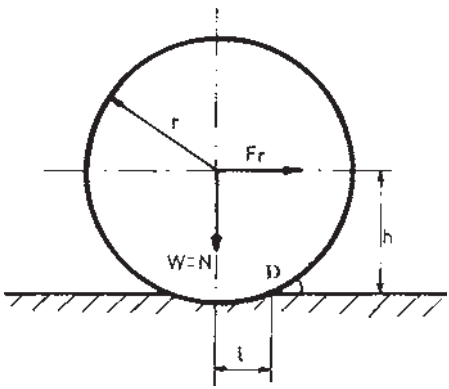
از حل این مسأله نتیجه می‌گیریم که اگر ضریب اصطکاک دو قطعه روی هم، برابر با تانژانت زاویه سطح شیب‌دار باشد جسم در حال تعادل است، اما هنگامی که تانژانت زاویه سطح شیب‌دار کوچکتر از ضریب اصطکاک باشد، جسم در محل خود در حال سکون بوده و اگر تانژانت زاویه سطح شیب‌دار بزرگتر از ضریب اصطکاک باشد جسم با یک شتاب 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 هردو تغییر شکل می‌دهند. مقدار این تغییر شکل‌ها به جنس چرخ و سطح اتکاء بستگی دارد.

چنانچه در شکل (۲۲ــ۳) مشاهده می‌شود 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 می‌نویسیم.



شکل ۲۲ــ۳

علایم اختصاری:

F_r : نیروی اصطکاک غلتشی برحسب نیوتن

h : طول مؤثر گشتاور محرک برحسب cm

N : نیروی عمود بر سطح برحسب نیوتن

l : طول مؤثر گشتاور مقاوم بر حسب cm

$\sum M_D = 0$

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

$F_r \times h = N \times l$

چون در عمل اختلاف اندازه r و h بسیار ناچیز است می‌توان 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، می‌توان 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

دراین‌جا داده شده است.

چوب صنوبر روی چوب کاج $l = ۰/۰۸cm$

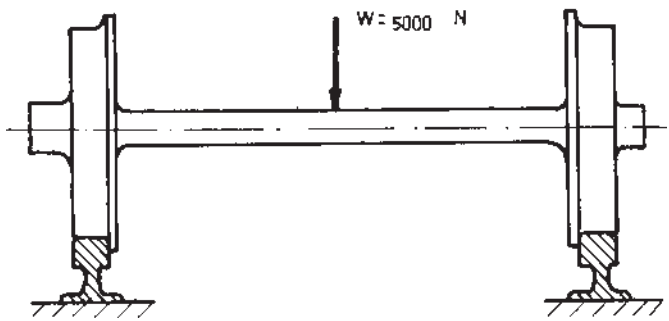
(چدن ــ فولاد ریختگی ــ فولاد) روی فولاد $l = ۰/۰۵ \ldots ۰/۱cm$

در بلبرینگ‌ها چون قطر آن‌ها استاندارد است، در عمل به جای $\frac{l}{r}$ که در اصل ضریب اصطکاک غلتشی است معادل آن μ_i را قرار می‌دهند که مقدار آن با درنظر گرفتن سایر عوامل ۰/۰۰۳ ... ۰/۰۰۱ درنظر گرفته می‌شود ؛ بنابراین، رابطه یاد شده در بلبرینگ‌ها به این صورت خواهد بود :

$$F_r = \mu_i \cdot N$$

مسأله نمونه «۱»: نیروی لازم را برای به حرکت درآوردن یک واگن کوره چوب خشک‌کنی، مطابق شکل ۲۳ــ۳ حساب کنید ؛ اگر نیروی وزن آن $W = ۵۰۰۰N$ و قطر چرخ‌های آن ۱۶ سانتی‌متر و طول مؤثر گشتاور مقاوم آن $l = ۰/۰۵$ سانتی‌متر باشد،

$$N = W = ۵۰۰۰N$$



شکل ۲۳ــ۳

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

$$F_r = \frac{۰/۰۵}{۸} \cdot ۵۰۰۰ = ۳۱/۲۵N$$

مسأله نمونه «۲»: لکوموتیو باری جهت انتقال گرده بینه از جنگل به کارخانه مطابق شکل ۲۴ــ۳ چه توانی باید داشته باشد تا نیروی وزن $W = ۱MN$ را با سرعتی معادل ۷۲ کیلومتر در ساعت به حرکت درآورد ؛ در صورتی که ضریب اصطکاک $\mu_i = ۰/۰۰۵$ و نیروی مقاومت باد $F_W = ۸۰۰۰N$ به حساب آید.

شکل ۲۴ــ۳ــ لکوموتیو حمل گرده بینه

حل:

$$N = W = ۱MN = ۱۰۰۰۰۰۰N$$

$$F_r = N \times \mu_i = ۱۰۰۰۰۰۰ \times ۰/۰۰۵ = ۵۰۰۰N$$

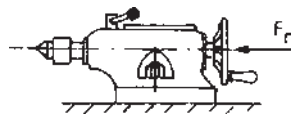
$$F = F_r + F_W = ۵۰۰۰ + ۸۰۰۰ = ۱۳۰۰۰N$$

$$V = \frac{۷۲ \times ۱۰۰۰}{۳۶۰۰} = ۲۰m/s$$

$$P = \frac{F \times V}{۱۰۰۰} = \frac{۱۳۰۰۰ \times ۲۰}{۱۰۰۰} = ۲۶۰kW$$

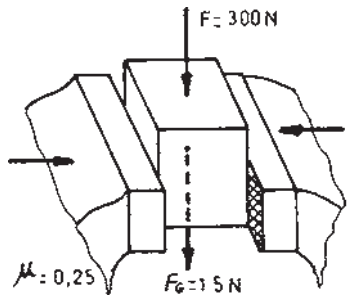
تمرین

۱ــ مقدارنیروی لازم را برای به حرکت درآوردن دستگاه مرغک روی میز ماشین خراطی مطابق شکل ۲۵ــ۳ حساب کنید، اگر نیروی وزن آن $W = ۲۰۰N$ و ضریب اصطکاک $\mu = ۰/۱۵$ باشد.



شکل ۲۵ــ۳

۲ــ قطعه‌کاری که نیروی وزن آن $W = ۱۵N$ است به وسیله گیره‌ای مطابق شکل ۲۶ــ۳ محکم شده است. حساب کنید، نیروی وارد ازطرف فک‌های گیره به سطح کار را اگر نیروی عمودی وارد بر قطعه کار ۳۰۰N و ضریب اصطکاک سطح $\mu = ۰/۲۵$ باشد.



شکل ۲۶ــ۳

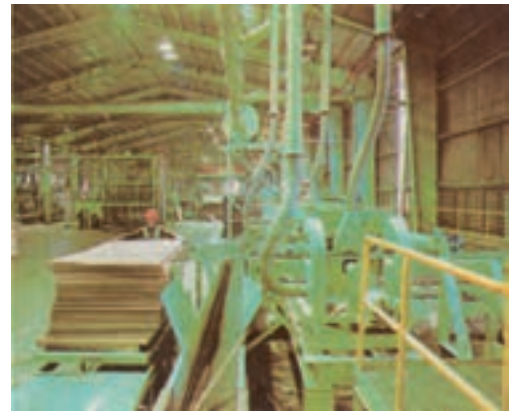
۳ــ برای رنده کردن الواری روی دستگاه کف‌رند در صورتی که وزن الوار $W = ۴۵۰N$ ، $\mu_s = ۰/۳۰$ ، $\mu_k = ۰/۲۲$ باشد، نیروهای لازم داده شده را محاسبه نمایید.

الف) مقدار نیروی لازم برای شروع حرکت ؛

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

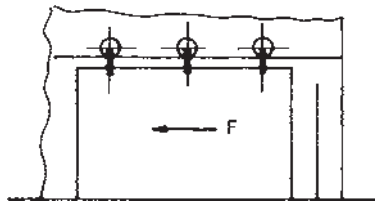
ج) مقدار نیروی لازم در حال رنده شدن ؛ در صورتی که تیغه نیرویی افقی معادل $F = ۲۰N$ به الوار وارد نماید.

۴ــ بعد از تولید تخته خرده چوب، برای مرتب چیده شدن آن‌ها مطابق شکل ۲۷ــ۳ لازم است که صفحات روی هم کشیده شوند. اگر جرم یک ورق $m = ۶۰kg$ و ضریب اصطکاک $\mu_S = ۰/۵$ باشد، نیروی لازم را برای کشیدن و جابه‌جا کردن یک ورق به دست آورید.



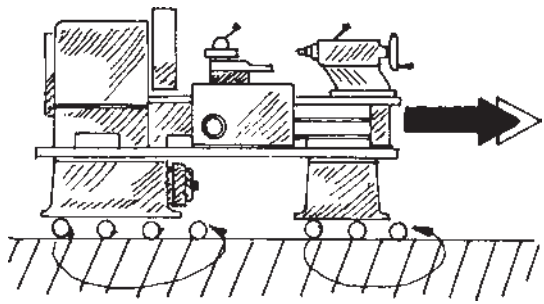
شکل ۲۷ــ۳ــ چیدن صفحات تخته خرده چوب

۵ــ درب انباری به وسیله بلبرینگ مطابق شکل ۲۸ــ۳ حرکت می‌کند. نیروی لازم باز و بسته شدن آن را حساب کنید اگر نیروی وزن آن $W = ۴۰۰۰N$ و ضریب اصطکاک $\mu_i = ۰/۰۰۵$ باشد.



شکل ۲۸ــ۳

۶ــ برای جابه‌جا کردن دستگاهی مطابق شکل ۲۹ــ۳ نیروی لازم آن را در دو حالت محاسبه کنید (اگر نیروی وزن آن $W = ۸۰۰۰N$ باشد) :



شکل ۲۹ــ۳

الف) اگر بخواهیم آن را روی کف کارگاه به حرکت درآوریم ؛ در صورتی که ضریب اصطکاک آن $\mu = ۰/۵$ باشد.

ب) اگر برای همین منظور، زیر آن غلتک‌هایی به قطر $d = ۱۲۰$ میلی‌متر قرار دهیم ؛ در حالی که طول مؤثر گشتاور مقاوم $l = ۰/۰۵$ سانتی‌متر باشد.

۷ــ در یاتاقان‌بندی میله ترانسمیسیونی که نیرویی برابر $F = ۲۰۰۰N$ بر آن وارد می‌آید، اگر از یاتاقان‌بندی لغزشی با ضریب اصطکاک $\mu = ۰/۱$ و یا از یاتاقان‌بندی غلتشی با ضریب اصطکاک $\mu_i = ۰/۰۰۲$ استفاده کنیم، نیروهای اصطکاک را با هم مقایسه کنید.

۸ــ صندوق مخصوص حمل قطعات چوبی با جرم ۷۵ کیلوگرم را روی کف افقی کارگاه

بانیرویی معادل ۳۵۰ نیوتن به وسیله یک طناب که امتداد آن با راستای افقی زاویه ۳۷° می‌سازد با سرعت ثابت کشیده می‌شود. ضریب اصطکاک بین کف کارگاه و صندوق را حساب کنید.

۹ــ الواری به جرم ۶۰ کیلوگرم را می‌خواهیم به وسیله اره نواری برش بزنیم ؛ در صورتی که ضرایب اصطکاک بین الوار و صفحه دستگاه به ترتیب $\mu_s = ۰/۳۵$ و $\mu_k = ۰/۲۵$ باشد، محاسبه کنید :

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

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

ج) اگر در هنگام برش الوار نیرویی عمودی معادل ۱۰۰ نیوتن و نیرویی افقی معادل ۸۰ نیوتن ازطرف اره به الوار وارد شود، برای حرکت الوار روی دستگاه مقدار نیروی لازم را با سرعت ثابت به دست آورید.

۱۰ــ نیرویی که به یک واگن حمل چوب می‌توان وارد نمود حدود ۷۰۰ نیوتن است. حساب کنید حداکثر باری را که به وسیله این واگن می توان حمل کرد ؛ در صورتی که نیروی وزن خود واگن ۴۰۰ نیوتن و ضریب اصطکاک غلتشی $F_i = ۰/۲۵$ باشد.

سؤالات آزمون پایان فصل سوم

۱ــ کار مکانیکی را تعریف کنید.
۲ــ 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.
۳ــ یک ژول کار را تعریف کنید.
۴ــ صور مختلف انرژی را نام ببرید.
۵ــ توان مکانیکی را تعریف کنید.
۶ــ منظور از راندمان دستگاه چیست؟
۷ ــ نیروی اصطکاک را تعریف نمایید.
۸ ــ منظور از نیروی اصطکاک در حال سکون چیست؟
۹ ــ نیروی اصطکاک جنبشی را تعریف کنید.
۱۰ ــ نیروی اصطکاک به چه عواملی بستگی دارد؟
۱۱ــ تفاوت اصطکاک لغزشی را با اصطکاک غلتشی بنویسید.

تمرین

۱ــ ظرفیت بالابری ۵۴ کیلوژول است. اگر لازم باشد از این بالابر برای حمل صندوق روکش استفاده شود، درهر دفعه چند صندوق را می‌توان تا ارتفاع ۳ متری بالا برد ؛ در صورتی که هر صندوق ۶۰۰ کیلوگرم جرم داشته باشد.

۲ــ نقاله‌ی زنجیره‌ای برای حمل گرده‌بینه تا ارتفاع ۱/۵ متری موجود است. اگر زمان حمل ۳۰ ثانیه و مشخصات گرده‌بینه با قطر ۷۰cm طول ۲/۲m و جرم ویژه ۰/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد، توان موتور این نقاله رابرحسب کیلووات و اسب بخار به دست آورید.

۳ــ توان گرفته شده الکتروموتور دستگاهی $P_1 = 800W$ وراندمان آن $\eta_E = 0/85$ می‌باشد، اگر این توان به وسیله چرخ دنده‌ای با راندمان $\eta = 0/75$ منتقل شود، این موارد را حساب کنید :
الف) راندمان کل دستگاه ؛
ب) توان محور متحرک.

۴ــ دستگاه فرزی با قطر پولی ۱۰۰ میلی‌متر موجود است، اگر دارای الکتروموتوری با این مشخصات باشد، نیروی محیطی آن را حساب کنید :

ــ تعداد دور موتور $۶۰۰۰ \mathrm{I/min}$

ــ توانی معادل $P_۱ = ۳/۵ \mathrm{kW}$

ــ راندمان الکتروموتور $\eta_E = ۰/۹۰$.

ــ راندمان ماشینی $\eta_M = ۰/۷۵$.

فصل چهارم

محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشین‌های صنایع چوب

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

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

۲ــ کار الکتریکی دستگاه‌های صنعتی را محاسبه نماید ؛

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

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

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

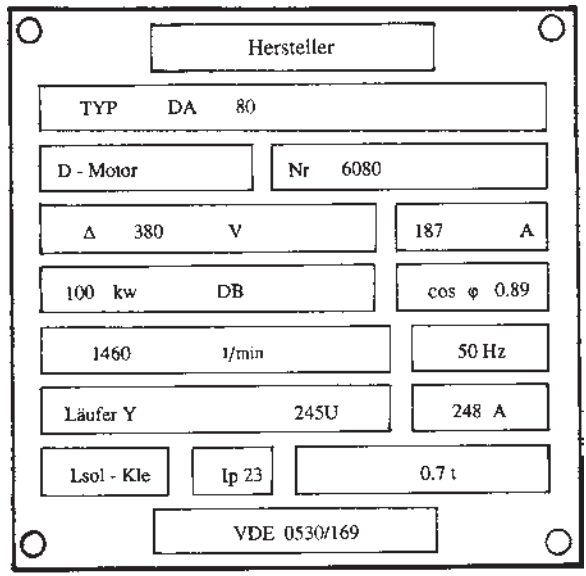
۱ــ۴ــ الکتروموتور

امروزه برای به‌حرکت درآوردن ماشین‌های صنعتی از الکتروموتورها استفاده می‌شود. الکتروموتورها دستگاه‌هایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند (شکل ۱ــ۴).

شکل ۱ ــ ۴ ــ الکتروموتور

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

هر الکتروموتور دارای مشخصاتی است که بر روی آن، این مشخصات درج شده است. برای مثال در شکل ۲ــ۴ 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.



شکل ۲ ــ ۴ ــ پلاک روی الکتروموتور

۲ــ۴ــ توان الکتریکی

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

روابط :

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

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

علایم اختصاری:

P : توان برحسب وات

u : اختلاف سطح برحسب ولت

I : شدت جریان برحسب آمپر

R : مقاومت برحسب 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 تک‌فاز کار می‌کنند از این رابطه استفاده می‌شود :

$$P = u.I.\cos\varphi$$

$\cos\varphi$: ضریب توان

امّا الکتروموتورهایی که از جریان سه‌فاز استفاده می‌کنند رابطه توان الکتریکی آن‌ها عبارت است از :

$$P = \sqrt{3}.u_L.I_L.\cos\varphi$$

مسأله نمونه «۱»: برای آن‌که بتوانیم سریشم را در حرارت ۶۰ الی ۷۰ درجه نگهداری کنیم از یک ظرف سریشم الکتریکی ۲۲۰ ولتی استفاده می‌کنیم. اگر شدت جریان ۱/۵ آمپر باشد توان مصرفی دستگاه چقدر است؟

$$P = U.I$$

$$P = ۲۲۰ \times ۱/۵ = ۳۳۰W$$

مسأله نمونه «۲»: در یک دستگاه اره برقی که با برق ۲۲۰ ولت کار می‌کند اگر شدت جریان ۶ آمپر و ضریب توان $\cos\varphi = ۰/۸$ باشد توان مصرفی دستگاه چند وات است؟

$$P = u.I.\cos\varphi$$

$$P = ۲۲۰ \times ۶ \times ۰/۸ = ۱۰۵۶W$$

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

$$۱(P_S) = ۷۳۶(W)$$

$$۱(kW) = ۱/۳۶(P_S)$$

۳ــ۴ــ انرژی الکتریکی

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

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

علایم 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 به‌دست آورد، بنابراین، از این رابطه می‌توان استفاده کرد :

$$1kWh = 3/6 . 10^{6} Ws$$

۴ــ۴ــ محاسبه‌ی بهای برق مصرفی

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

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

مسأله نمونه: یک وسیله‌ی برقی با توان ۲۰۰۰W 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.

$P = 2000W = 2kW$

$t = 30 . 5 = 150$ ساعت در ماه

$W = P . t = 2 . 150 = 300kWh$

بهای برق مصرفی $= (300 . 10) . 300 = 3300$ ریال

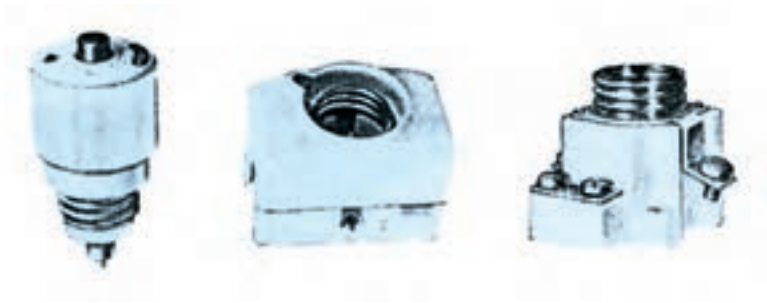
تمرین

۱ــ روی پلاک الکتروموتور یک دستگاه رنده اختلاف سطح ۳۸۰ ولت، توان الکتریکی ۵/۵ کیلووات و ضریب توان $\cos\varphi = ۰/۸۵$ قید شده است، مطلوب است شدت جریانی که از دستگاه در حال کار کردن عبور می‌کند.

۲ــ در فیوز اتوماتیک ۱۰ آمپری مطابق شکل ۳ــ۴ تعیین کنید :

الف) حداکثر توان قابل استفاده، اگر اختلاف سطح شبکه ۲۲۰ ولت باشد و مصرف‌کننده اُهمی باشد.

ب) در صورتی‌که یک فرز برقی با توان ۱/۵ کیلووات در مدار باشد، آیا می‌توان یک اره برقی با توان ۹۰۰ وات را نیز در مدار قرار داد؟ $\cos\varphi = ۰/۸$



شکل ۳ ــ ۴

۳ــ حساب کنید شدت جریانی را که الکتروموتور جریان متناوب ۳ فاز از شبکه می‌گیرد ؛ در صورتی که توان جذب شده آن ۶ کیلووات و ضریب توان $\cos\varphi = ۰/۸$ و ولتاژ خطی آن ۳۸۰ ولت باشد.

۴ــ دستگاه چهار طرف رنده اتوماتیکی مانند شکل ۴ــ۴ دارای سه الکتروموتور یکسان با این مشخصات می‌باشد.

۳۸۰ ولت ــ ۶/۵ آمپر ــ ضریب توان $\cos\varphi = ۰/۸۵$

شکل ۴ ــ ۴ ــ 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 به‌دست آورید.

۵ ــ 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.

۶ــ در یک کارگاه صنایع چوبی که از جریان سه فاز استفاده می‌شود سه دستگاه با الکتروموتورهای $۱/۵P_s$ و $۲P_s$ و $۲/۵P_s$ موجود است. اگر به‌طور متوسط هر دستگاه در روز چهار ساعت کار کند، مطلوب است :

الف) توان کلی دستگاه‌های کارگاه فوق به‌کیلووات

ب) انرژی الکتریکی مصرفی کل دستگاه‌ها

۷ــ در یک کارگاه صنعتی از شبکه برق این‌گونه استفاده می‌شود :

الف) از شبکه‌ی ۲۲۰ ولت: ۱۶ عدد لامپ ۱۰۰ وات و یک الکتروموتور ماشین مته‌رومیزی ۴۰۰ وات با ضریب توان $\cos\varphi = ۰/۸$

ب) از شبکه‌ی ۳۸۰ ولت: ۲ الکتروموتور با مشخصات ۵/۶ آمپر و ضریب توان $\cos\varphi = ۰/۸$ برای راه انداختن ماشین‌های اره و رنده و یک الکتروموتور با مشخصات ۴ آمپر و $\cos\varphi = ۰/۸$ برای ماشین فرز استفاده می‌کند. حساب کنید : بهای برق مصرفی ماهانه را، در صورتی که کارگاه در هر ماه ۲۶ روز برق مصرف کند. ساعات کار روزانه ماشین‌های 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.

سؤالات آزمون پایان فصل چهارم

۱ــ برای این وسایل برقی یک کنتور ۲۵ آمپری کافی است :

یک دستگاه سه کاره نجاری به‌توان ۲/۴kW ، سه عدد لامپ ۱۰۰W ، یک دستگاه فرز برقی دستی ۸۰۰W ، اگر اختلاف سطح شبکه ۲۲۰V باشد : $\cos\varphi = ۰/۸$

الف) آیا می‌شود یک پروژکتور ۸۰۰W را نیز در مدار قرار داد؟

ب) بهای برق مصرفی یک ماه را حساب کنید ؛ اگر از وسایل فوق ۲۶ روز در ماه و هر روز به‌مدت ۴ ساعت استفاده شود و هر کیلووات ساعت برق ۶۰ ریال و حق اشتراک ماهانه ۳۰۰ ریال باشد.

۲ــ در یک کارگاه صنایع چوبی ۲ دستگاه ماشین فرز ۳kW به‌مدت ۵ ساعت و یک دستگاه ماشین مته ۱/۲kW به‌مدت ۴ ساعت کار می‌کنند و برای روشنایی از ۱۰ عدد لامپ مهتابی ۴۰W به‌مدت ۸ ساعت استفاده می‌شود. مطلوب است بهای برق مصرفی ماهانه کارگاه، در صورتی که بهای هر کیلووات ساعت برق ۳۰ ریال و حق اشتراک ماهانه ۵۰۰ ریال و زمان کار ۲۶ روز در ماه در نظر گرفته شود.

۳ــ در یک کارگاه صنعتی از شبکه برق این‌گونه استفاده می‌شود :

الف) ۸ عدد لامپ ۱۰۰ وات، یک دریل برقی دستی ۳۰۰ وات، یک رنده برقی دستی ۵۰۰ وات که از شبکه‌ی ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود.

ب) ۳ الکتروموتور با مشخصات $۱/۵P_S$ و $۲P_S$ و $۳P_S$ برای راه انداختن ماشین‌های اره و رنده و فرز از شبکه‌ی سه فاز استفاده می‌شوند.

اگر از لامپ‌های روشنایی ۸ ساعت در روز و وسایل برقی دستی به‌طور متوسط هر کدام یک ساعت در روز و دستگاه‌ها هر کدام ۳ ساعت در روز استفاده شود، و بهای برق مصرفی ۳۰ ریال و و حق‌اشتراک ماهانه ۹۰۰ ریال باشد، بهای برق مصرفی این کارگاه را برای مدت یک ماه (۲۶ روز کاری) و یک سال حساب کنید.

فصل پنجم

تعیین زمان انجام کار

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

۱ــ روش‌های مختلف انجام کار را توضیح دهد ؛

۲ــ زمان‌سنجی را تعریف کند ؛

۳ــ روش‌های مشاهده مستقیم زمان‌سنجی را توضیح دهد ؛

۴ــ اجزای زمان انجام کار را تعیین کند ؛

۵ــ زمان کار را برای هر قطعه محاسبه کند ؛

۶ــ زمان کار را برای چند قطعه مشابه تعیین کند ؛

۷ــ زمان‌تجهیز (اصل تجهیز و جزء تجهیز) را محاسبه کند ؛

۸ــ زمان جزء و زمان مبنا را تعیین نماید ؛

۹ــ زمان فرعی و زمان اصلی انجام کار را محاسبه کند ؛

۱۰ــ روش‌های ترکیبی زمان‌سنجی را توضیح دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

۵ــ تعیین زمان انجام کار

۱ــ۵ــ 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 بهره جست.

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، کرنومتر یا سایر روش‌ها می‌توان زمان لازم را برای انجام کار ــ با درنظر گرفتن زمان استراحت و رویدادهای احتمالی ــ تعیین نمود.

۲ــ۵ــ زمان‌سنجی

یکی از عوامل مهم تعیین کننده 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، زمان سنجی، زمان‌های استاندارد از قبل تعیین شده و غیره استفاده می‌کنند.

۱ــ۲ــ۵ــ 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 ۱ــ۵ سفارش داده می‌شود، سازنده باید با توجه به چگونگی تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه و انتخاب روش انجام کار، همچنین با درنظر 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 ۱ــ۵ ــ 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 درنظر گرفته شده

ساعت زمان عملیات ۲ . ۱/۵ . ۳ . ۵/۵ . ۲ . ۴ = ۱۸

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

ساعت کل زمانی که برای ساخت تخمین زده می‌شود. ۱۸ . ۵/۴ = ۲۳/۴

۲ــ۲ــ۵ــ 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 این‌گونه 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 زمان سنجی نسبت به گستردگی آن به دو گروه عمده تقسیم می شود که در قسمت‌های بعدی این فصل به توضیح هر یک از آن‌ها می‌پردازیم.

تمرین

۱ــ برای ساخت طبقه‌بندی بایگانی مطابق شکل ۲ــ۵ 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 ۲ــ۵ــ طبقه‌بندی بایگانی

۲ــ برای نصب پارکت کف سالنی، مطابق شکل ۳ــ۵، این عملیات حدس زده می‌شود. زمان آماده شدن آن را به دست آورید.

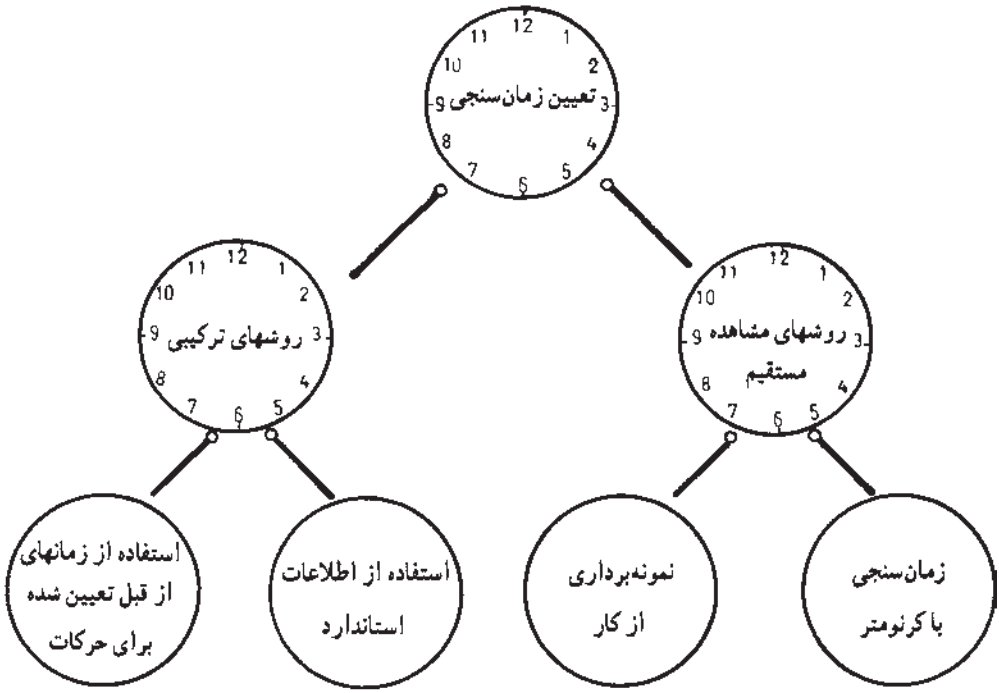
الف) زیرسازی : ۶ ساعت، ب)پل‌بندی : ۱۰ ساعت، پ)نصب پارکت : ۱۲ ساعت، ت)قرنیز اطراف سالن : ۴ ساعت، ث)پرداخت : ۳ ساعت، ج)رنگ‌کاری : ۵ ساعت، چ)زمان حوادث احتمالی ۳۰ درصد زمان‌های ذکر شده می‌باشد.

شکل ۳ــ۵ــ طریقه زیرسازی جهت نصب پارکت

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

۳ــ۵ــ روش‌های مشاهده مستقیم

برای سنجش زمان چهار روش معمول و متداول است (شکل ۴ــ۵) که آن‌ها را می‌توان در دو گروه خلاصه کرد.



شکل ۴ــ۵ــ روش‌های زمان‌سنجی

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.

۱ــ۳ــ ۵ ــ زمان سنجی با کُرنومتر: 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 بخواهیم زمان اندازه‌گیری شده دقیق باشد از کُرنومتر مطابق شکل ۵ــ۵ استفاده می‌کنیم. این کار مبنای یکی از روش‌های تعیین زمان استاندارد است که برای رسیدن به یک نتیجه مطلوب باید مسائل دیگری را درنظر گرفت. از جمله این‌که 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 کُرنومتر زمان‌سنجی 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 ــ که نشان‌دهنده‌ی سرعت طبیعی انجام کار است ــ باید تعدیل در زمان مشاهده داشته باشیم و این تعدیل را به وسیله‌ی ضریبی به نام «ضریب عملکرد »انجام می‌دهیم و از این رابطه برای به دست آوردن زمان نرمال استفاده می‌کنیم :

شکل ۵ــ۵ــ کرنومتر

$$T = \frac{\cdot\ ti}{n} \cdot \frac{A}{۱۰۰}$$

در صورتی که فقط یک مشاهده داشته باشیم :

$$T = ti \cdot \frac{A}{۱۰۰}$$

T : زمان نرمال

ti . . : مجموع زمان‌های اندازه‌گیری شده یک عمل

n : تعداد دفعات اندازه‌گیری

A : ضریب عملکرد

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

۱ــ باید روش کار ماشین را بداند ؛

۲ــ باید طریق انجام کار را بداند ؛

۳ــ از درجه مهارت کارگران اطلاع کامل داشته باشد ؛

۴ــ نظریات و تفکرات کارگران را بداند ؛

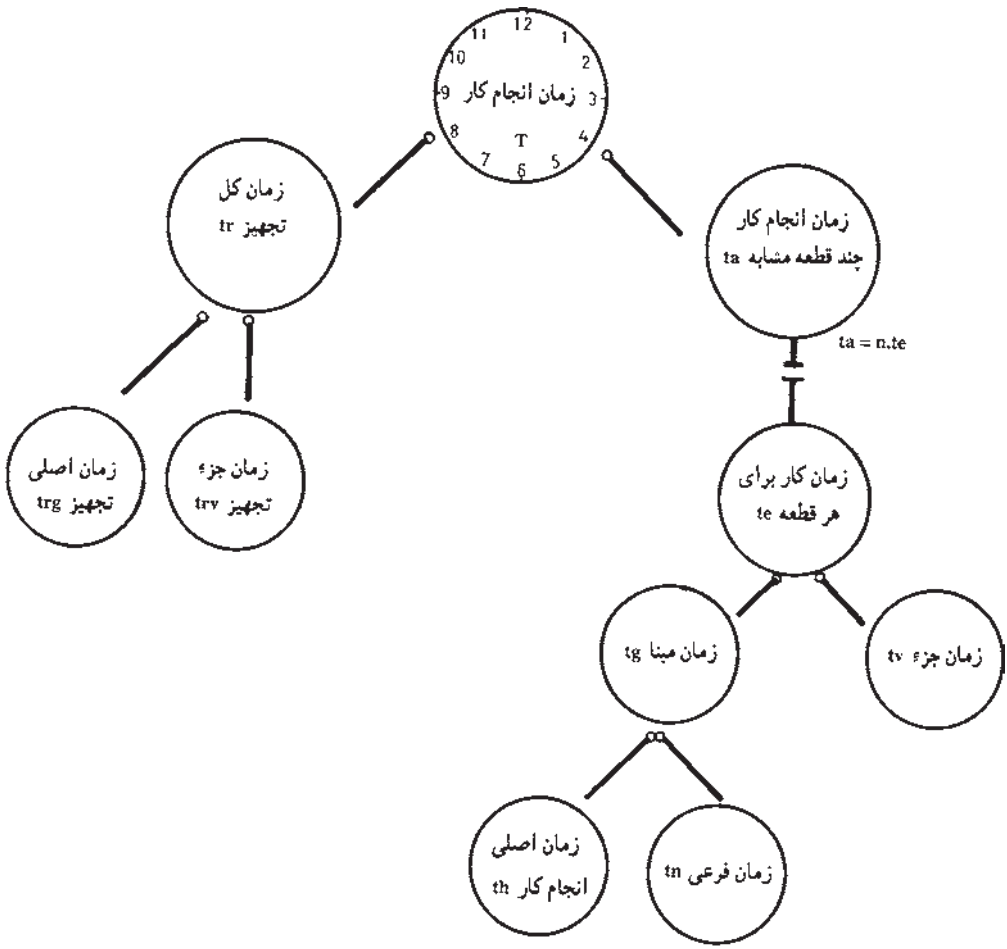
۵ــ وضعیت محیط کار و درجه کیفیت کار را بداند.

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 (شکل۶ــ۵). اینک به شرح هریک از زمان‌ها می‌پردازیم.

ــ **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.

ــ **زمان اصلی تجهیز (trg)**: این زمان صرف تدارک و تنظیم ماشین و ابزار خواهد شد ؛ مثلاً تنظیم گونیاها برای افزار زدن یا تنظیم مرغک‌های خراطی، تنظیم دستگاه گندگی مطابق شکل ۷ــ۵ و غیره.



شکل ۶ــ ۵ــ قسمت‌های مختلف زمان انجام کار

شکل ۷ــ۵ــ تنظیم دستگاه گندگی

ــ 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.

ــ زمان انجام کار برای چند قطعه مشابه بدون درنظر 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.

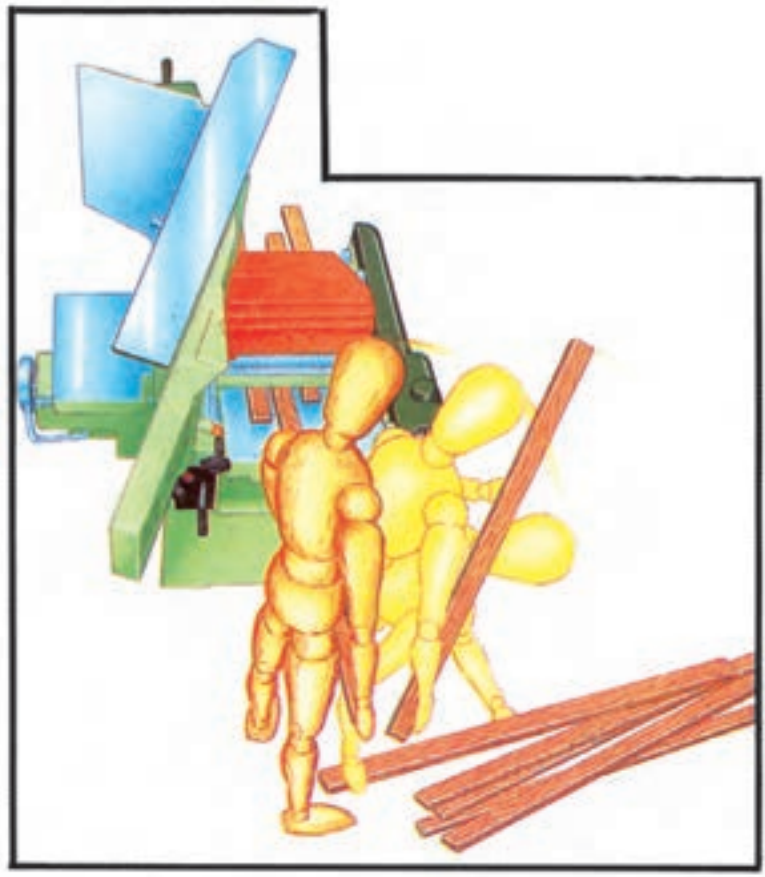
ــ تعداد قطعات مشابه (n): تعداد قطعات مشابهی است که عملیات روی آن‌ها به وسیله یک ماشین صورت می‌گیرد.

ــ 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 این‌جا به شرح آن‌ها می‌پردازیم :

ــ **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.

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

ــ **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 (شکل۸ــ۵). در هنگام کم کنی زمان بستن هر قطعه روی دستگاه و باز کردن آن.



شکل ۸ــ ۵ــ مراحل حرکت برای گندگی کردن قطعات

ــ **زمان اصلی انجام کار (th):** زمانی است که منحصراً عملیات مربوطه انجام می‌شود (بدون درنظر 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 :

۱ــ تقسیم کار به اجزای کوچک ؛

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

۳ــ تبدیل زمان مشاهده‌ای هر جزء به زمان نرمال ؛

۴ــ 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 :

ــ عملیات به وسیله‌ی ماشین کُم‌کن (شکل ۹ــ۵) با دسته‌های اهرمی با کارگر مربوط صورت می‌گیرد.

شکل ۹ــ ۵

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

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

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

$$trg = ۸\,min$$

$$trv = ۸ . \frac{۱۰}{۱۰۰} = ۰/۸\,min \quad \therefore \quad tr = trg + trv = ۸ + ۰/۸ = ۸/۸\,min$$

$$th = \frac{۱۰}{۶۰} . \frac{۹۰}{۱۰۰} . ۴ = ۰/۶\,min$$

$$tn = \frac{۱۰}{۶۰} . \frac{۷۰}{۱۰۰} . ۴ = ۰/۴۷\,min \quad \therefore \quad tg = th + tn = ۰/۶ + ۰/۴۷ = ۱/۰۷\,min$$

$$tv = ۱ . ۱۰ = ۰/۱\,min \quad . \qquad te = tg + tv = ۱/۰۷ + ۰/۱ = ۱/۱۷\,min$$

$$ta = n . te \quad . \qquad ta = ۴۰۰ . ۱/۱۷ = ۴۶۸\,min$$

$$T = ta + tr \quad . \qquad T = ۴۶۸ + ۸/۸ = ۴۷۶/۸\,min$$

$$T = ۴۷۶/۸ . ۶۰ \simeq ۷/۹h \text{ یا } = ۷h \text{ و } ۵۴\,min$$

تمرین

۱ـ زمان انجام کار برای رنگ‌پاشی ۲۰ عدد قاب عکس مشابه را تعیین کنید ؛ درصورتی که زمان انجام کار یک قطعه (te) ۱۰ دقیقه و زمان کل تجهیز (tr) ۲۵ دقیقه باشد.

۲ـ 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.

۳ـ زمان تجهیز برای مونتاژ کردن صندلی‌هایی که قطعات آن‌ها از قبل تهیه شده است، در این‌جا گزارش شده، زمان اصلی تجهیز، زمان جزء تجهیز و زمان کل تجهیز را تعیین کنید.

تحویل وسایل دستی از انبار : ۱۰ دقیقه، تنظیم گیره‌های پنوماتیک : ۱۵ دقیقه، مطالعه‌ی نقشه کار : ۸ دقیقه، هماهنگی با سرپرست کارگاه : ۷ دقیقه، هماهنگ و آماده

نمودن قطعه کار : ۱۶ دقیقه.

۴ــ 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 سانتی‌متر و دو بدنه به ابعاد ۲۵ . ۲۲۰ سانتی‌متر 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.

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

۶ــ برای زبانه زدن ۴۰ عدد قید صندلی، زمان فرعی، زمان اصلی و زمان مبنا را محاسبه کنید ؛ درصورتی 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.

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

۸ــ زمان انجام کاری را که برای ساخت ۱۰ قطعه به کار می‌رود، محاسبه کنید ؛ درصورتی که زمان‌های 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.

۹ــ 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 زمان‌های 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) ۱۰درصد زمان اصلی انجام کار برای زمانی که نمی‌توان پیش‌بینی کرد (زمان جزء).

۱۰ــ به وسیله دستگاه منبت کاری اتوماتیک (شکل‌های ۱۰ــ۵ و ۱۱ــ۵) قرار است قطعاتی مانند یکی از اشکال داده شده تهیه شود. زمان تهیه ۱۱۲۰ عدد از این نوع قطعه را محاسبه کنید؛ درصورتی که :

الف) زمان تنظیم دستگاه (زمان اصلی تجهیز) ۲۰دقیقه.

ب) زمان جزئی تجهیز ۱۰درصد زمان اصلی تجهیز.

ج) زمان قرار دادن و برداشتن هر قطعه از روی دستگاه (زمان فرعی انجام کار) ۱۰ ثانیه.

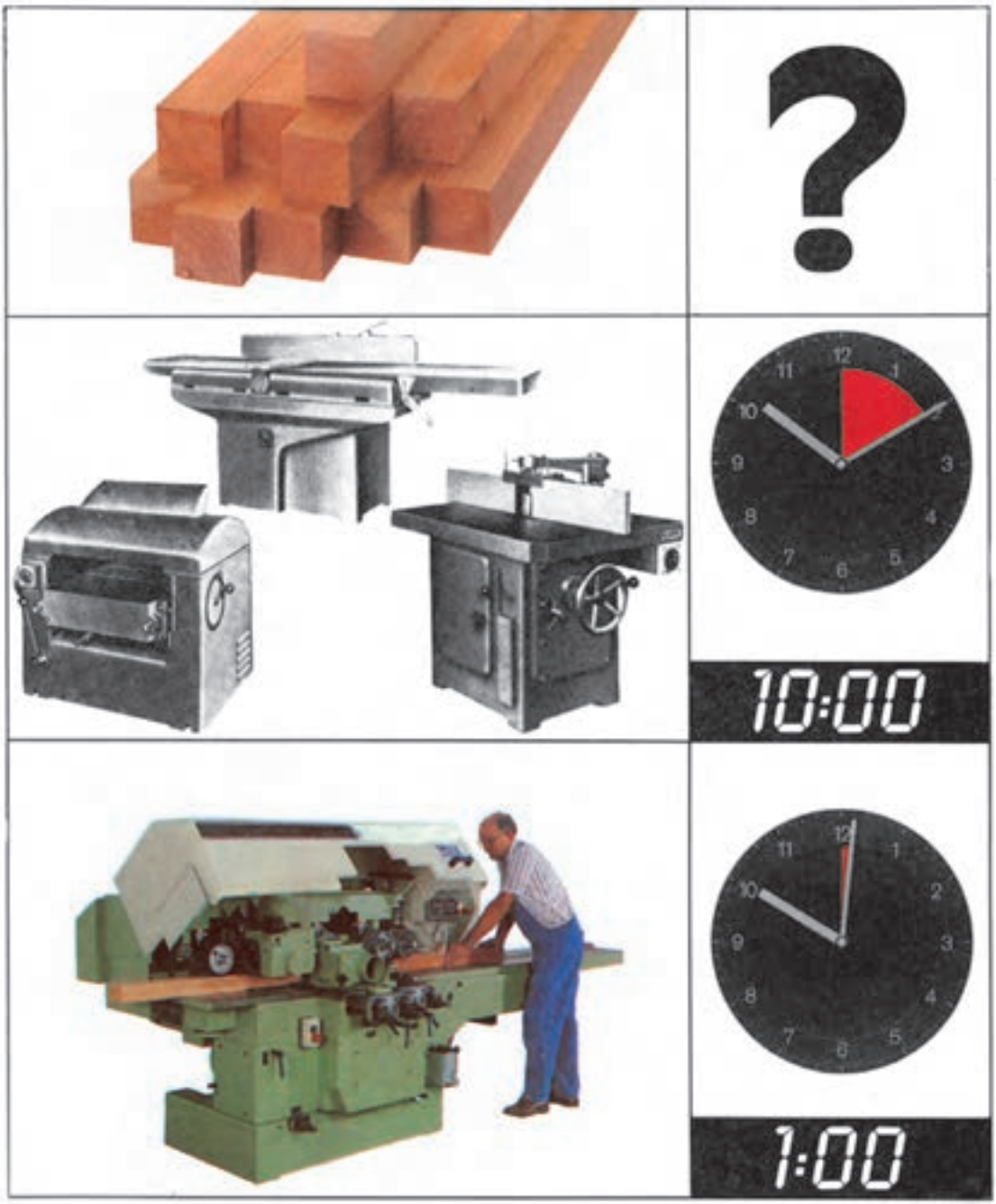
د) زمان ایجاد منبت روی قطعه مربوطه (زمان اصلی انجام کار) ۲۲ ثانیه.

هـ) زمان قابل پیش‌بینی‌ناپذیر (زمان جزء) ۳۰ درصد زمان اصلی انجام کار فرض شود.

شکل ۱۰ــ۵ ــ قطعات منبت‌شده با دستگاه اتوماتیک

۲ــ ۳ــ ۵ــ زمان سنجی به وسیله‌ی نمونه برداری از کار: زمان سنجی با کرنومتر در بعضی از کارها مناسب نیست، زیرا برای زمان‌سنجی با کرنومتر به مشاهده کننده ماهری 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 مشاهده کننده 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 درنتیجه انتخاب صحیح کارگر یا ماشین‌آلات مناسب می‌توان به کار برد.



شکل ۱۱ــ۵ــ ارتباط زمان کار و نوع دستگاه

پرسش

۱ــ گروه‌های تعیین زمان‌سنجی را بنویسید.

۲ــ پایه و اساس روش‌های مشاهده مستقیم در زمان‌سنجی بر چه چیزی استوار است؟

۳ ــ روش‌های مشاهده مستقیم را بیان کنید.

۴ــ منظور از زمان سنجی با کُرنومتر چیست؟

۵ــ هدف از زمان نرمال انجام کار چیست؟

۶ــ ضریب عملکرد در تعیین زمان نرمال انجام کار چه چیزی را بیان می‌کند؟

۷ــ شخص زمان سنج با کُرنومتر چه اطلاعاتی باید داشته باشد؟

۸ــ زمان‌سنجی به وسیله‌ی نمونه‌برداری از کار چگونه است؟

۹ــ زمان سنجی به وسیله‌ی نمونه‌برداری از کار نسبت به زمان‌سنجی با کُرنومتر چه مزیتی دارد؟

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

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

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

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

۴ــ۵ــ 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 استانداردی 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.

۱ــ۴ــ۵ ــ استفاده از اطلاعات استاندارد: در روش زمان‌سنجی با کُرنومتر زمان فعالیتی را می‌توانیم مشخص کنیم که درحال 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 زمان سنجی 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.

۲ــ۴ــ ۵ــ 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 (جدول۱ــ 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 درنظر داشت که روش کار بدین شرح است :

جدول ۱ــ۵ــ جدول بین‌المللی زمان‌بندی حرکت دست مطابق با روش (MTM)

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

۱ــ تقسیم عملیات به اجزای مناسب ؛ به طوری که شامل بیش از دوازده نوع حرکت نباشد.

۲ــ تشخیص نوع هر یک از حرکات و به دست آوردن زمان آن‌ها از جدول‌های مربوط به آن.

۳ــ 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.

سؤالات آزمون پایان فصل پنجم

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

۱ــ برای برش قطعاتی از جنس تخته لایه نیاز به سرعت برشی معادل ۸۰ متر بر ثانیه می‌باشد. اگر تعداد دور دستگاه اره گرد ۵۰۰۰ دور در دقیقه باشد، تیغه اره گرد چه قطری باید داشته باشد؟

۲ــ سرعت پیشبرد دستگاه رنده‌ای ۱۰متر بر دقیقه است، اگر ۲۰درصد اتلاف وقت درنظر بگیریم، این دستگاه در هر ساعت چند متر کار را رنده می‌زند؟

۳ــ دستگاه گندگی با مشخصات زیر موجود است، سرعت پیشبرد و عمق اثر هر تیغه‌ی آن را روی چوب به دست آورید. $a = ۰/۶\ mm$ $z = ۶$ $n = ۵۰۰۰\ ۱/min$ $R = ۶\ cm$

۴ــ طول تسمه‌ای را به دست آورید که قطر چرخ محرک ۱۲cm و قطر چرخ متحرک ۱۸cmو فاصله خط المرکزین ۴۵cm باشد (تسمه به صورت ساده و مستقیم قرار گرفته است).

۵ــ تعداد دور چرخ دنده محرکی ۱۵۰ دور بردقیقه و تعداد دندانه‌های آن ۲۰ عدد است. اگر تعداد دور چرخ متحرک ۲۵۰ دور در دقیقه لازم باشد، تعداد دندانه‌های آن را به دست آورید.

۶ــ کار مکانیکی و توان انجام شده بالابری را به دست آورید که جرم بار ۱۰۰ کیلوگرم، ارتفاع حمل۳ متر و زمان انجام کار یک دقیقه می‌باشد.

۷ــ الکتروموتور دستگاهی که توان بازده آن ۴ کیلووات است دارای تعداد دوران $n = ۱۵۰۰ \frac{۱}{min}$ می‌باشد، حساب کنید اولاً : گشتاوری را که به وسیله آن می‌توان منتقل کرد. ثانیاً : اگر نیروی کشش لازم در تسمه‌ای که به وسیله الکتروموتور می‌گردد $F = ۲۵۴/۸\ N$ باشد، قطر چرخ تسمه آن را حساب کنید.

۸ ــ باری به جرم ۱۵۰ کیلوگرم را می‌بایست با بالابر ساده‌ای که دارای یک قرقره ثابت و ۲ قرقره متحرک است، بالا ببریم، محاسبه کنید حداقل چه نیرویی باید به دستگاه وارد شود.

۹ــ واگن حمل چوبی به جرم ۵۰ کیلوگرم و ضریب اصطکاک غلتشی $i = ۰/۰۲۵$. چه مقدار چوبی را می تواند حمل کند، اگر نیروی افقی وارد بر آن حداقل ۴۰۰ نیوتن باشد.

۱۰ــ در کارگاهی سه الکتروموتور با توان‌های $۲P_s$ و $۱/۵P_s$ و $۱P_s$ به طور متوسط ۳ساعت در روز کار می‌کند، کار الکتریکی کل دستگاه‌ها را در یک روز به دست آورید.

۱۱ــ زمان انجام کاری را که برای ساخت ۲۰۰ قطعه به کار می‌رود، محاسبه نمایید درصورتی

که زمان‌های ساخت یک قطعه به این شرح است :

الف) زمان اصلی تجهیز : ۱۸دقیقه

ب) زمان اصلی انجام کار : ۱۲ دقیقه

ج) زمان فرعی انجام کار : ۸ دقیقه

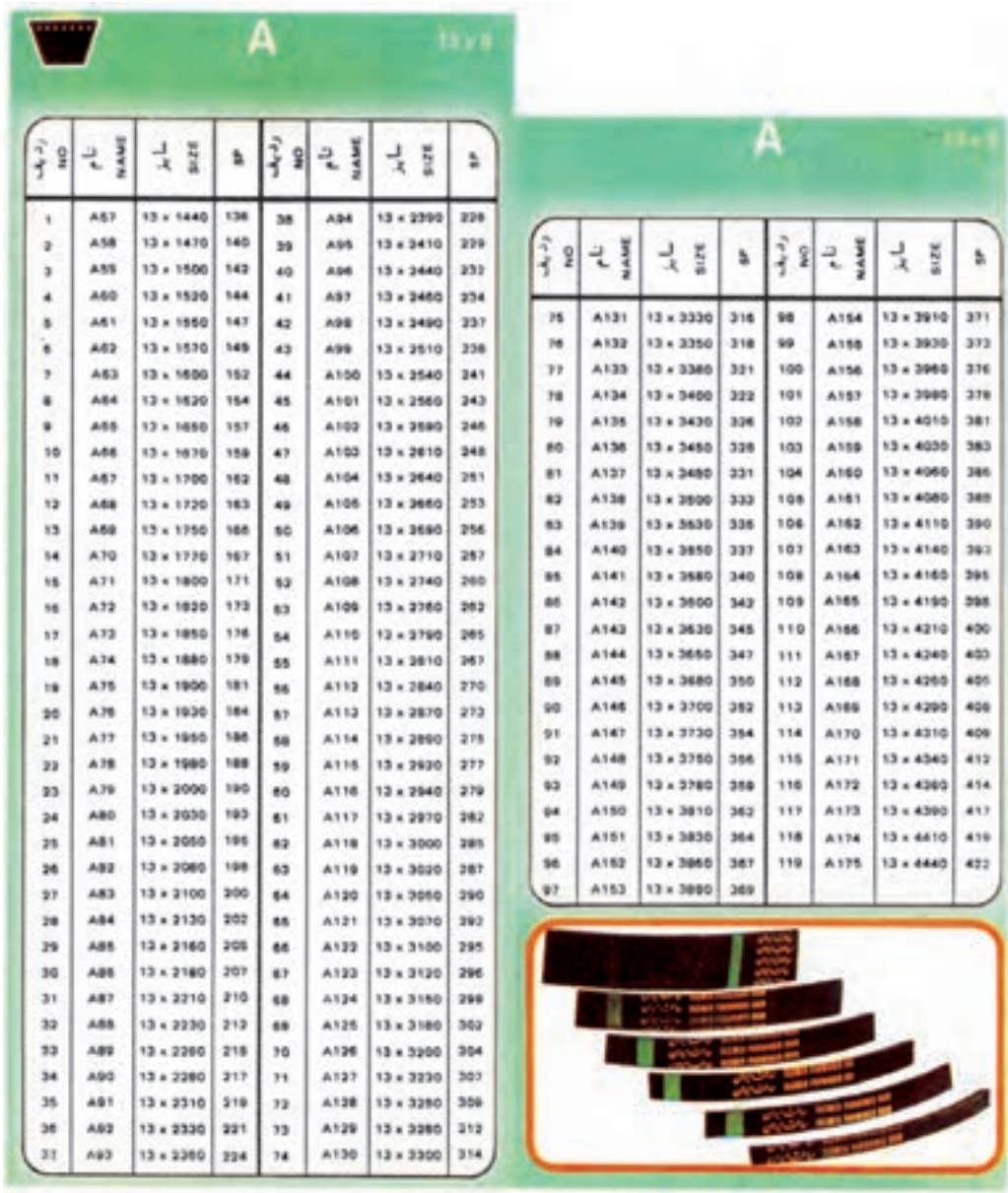
د) زمان جزئی تجهیز : ۵دقیقه

هـ) زمان جزء : ۷دقیقه

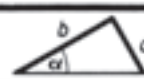
۱۲ ــ مراحل انجام زمان‌سنجی را با کرنومتر بنویسید.

ضمیمه

نمونه تسمه‌های گروه Aکه عرض و عمق تسمه ثابت (۸ . ۱۳) امّا طول آن‌ها متفاوت است.

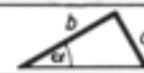


تانژانت 45 ... 90°



درجه	دقیقه 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	2,3559	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
درجه	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	درجه

دقیقه



کتانژانت 0 ... 45°

تانژانت

کتانژانت

تانژانت 0 ... 45°

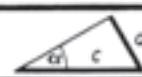
$\tan \alpha = \frac{a}{b}$; $a = b \tan \alpha$; $b = \frac{a}{\tan \alpha}$

درجه	دقیقه							
	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	71
18	0,3249	0,3281	0,3314	0,3346	0,3378	0,3411	0,3443	70
19	0,3443	0,3476	0,3508	0,3541	0,3574	0,3607	0,3640	
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	,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′	درجه
	دقیقه							

$\cot \alpha = \frac{b}{a}$; $b = a \cdot \cot \alpha$; $a = \frac{b}{\cot \alpha}$

کتانژانت 45 ... 90°

سینوس 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
	دقیقه							

کسینوس 0 ... 45°

سینوس 0 ... 45°

$\sin\alpha = \frac{a}{c}$; $a = c \cdot \sin\alpha$; $c = \frac{a}{\sin\alpha}$

درجه	دقیقه 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′	درجه
	دقیقه							

$\cos\alpha = \frac{b}{c}$; $b = c \cdot \cos\alpha$; $c = \frac{b}{\cos\alpha}$

کسینوس 45 ... 90°

فهرست منابع

۱ــ دکتر ابطحی ــ سیدحسین ــ آرش مهراوژان ــ مهندسی‌روش‌ها ــ نشر قموس، ۱۳۷۲.

۲ــ حسین پروین ــ منوچهر زهره ــ حسین بهروزیان ــ محمد کاشی‌ها ــ حساب فنی سال سوم ــ وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۷۱.

۳ــ بهروز نصیری زنوزی ــ صمد خادمی اَقدم ــ حساب فنی سال اول ــ ۱۳۷۰، وزارت آموزش و پرورش.

۴ــ مجله صنایع چوب و کاغذ شماره ۱۹، ۱۳۸۴.