	زمان آموزش	
توانایی کف تراشی، گونیا کاری، پیشانی تراشی و پله تراشی در فرزکاری	نظری	عملی
	چهار ساعت و ۰۳ دقیقه	۰۰۱ ساعت
ارزشیابی ورودی و پایانی توسط هنرآموز و ثبت در برگه ارزشیابی	۳۰ دقیقه	یک ساعت
جمع	۱۰۶ساعت	

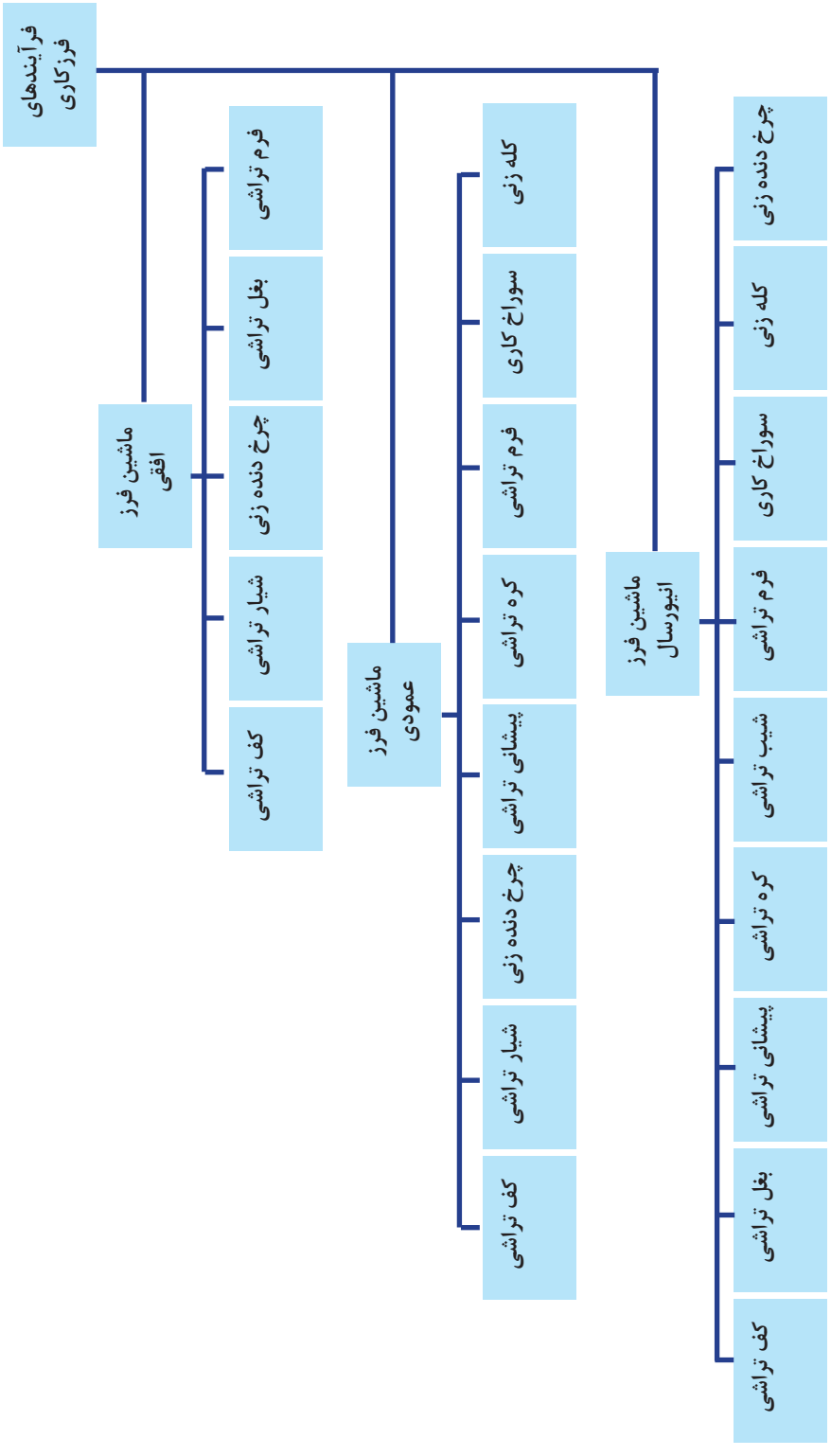
پیش آزمون: (۱۵ دقیقه)

۱- آیا با تیغه فرزهایی که آشـــنا شـــده اید می توان هم کف و هم دیواره قطعه کار را فرزکاری کرد؟

۲- عمود بودن دو سطح نسبت به هم را چگونه کنترل کنیم؟

۳- آیا ترتیب ماشین کاری شش وجه یک مکعب مهم است؟

۴- آیا تعداد دور تیغه فرز در کیفیت سطح ماشین کاری شده تاثیر دارد؟


فرآیندهای فرزکاری
ماشین فرز افقی
فرم تراشی
بغل تراشی
چرخ دنده زنی
شیار تراشی
کف تراشی
ماشین فرز عمودی
کله زنی
سوراخ کاری
فرم تراشی
کره تراشی
پیشانی تراشی
چرخ دنده زنی
شیار تراشی
کف تراشی
ماشین فرز انیورسال
چرخ دنده زنی
کله زنی
سوراخ کاری
فرم تراشی
شیب تراشی
کره تراشی
پیشانی تراشی
بغل تراشی
کف تراشی

۳-۱- اصول کف تراشی، گونیاکاری، پیشانی تراشی، بغل تراشی و پله تراشی

کف تراشی با تیغه فرز غلطکی و با استفاده از ماشین فرز افقی

همان طور که اشـــاره شـــد کارایی بالای ماشین فرز، عملیات مختلف را روی آن انجام پذیر می ســـازد. با مطالعه دقیق نقشـــه کار، می‌توان روش فرزکاری و نوع ابزار مناســـب را تعیین کرد. عملیـــات مختلفی را می‌توان جهت ایجاد قطعات بر روی ماشین فرز انجام داد. سطوح تخت، شیب دار، سطوح منحنی و انواع شیارها با استفاده از ماشین فرز تولید می‌شوند.

۱-۱-۳- کف تراشی [۱]

معمولاً قبل از شکل دهی به یک قطعه کار، سطوح آن را صاف و عاری از ناصافی می‌کنند. براده‌برداری از سطوح رویی قطعه کار را کف‌تراشی گویند. این فرایند می‌تواند با ماشین فرز عمودی، افقی و انیور سال صورت گیرد.

۱- کف‌تراشی با ماشین فرز افقی

همان‌گونه که گفته شـــد با اســـتفاده از ماشین فرز افقی می‌توان سطوح قطعه را کف‌تراشـــی کرد. برای این کار پیش نیازهایی را می بایســـت فراهم کرد از جمله تنظیمات دستگاه و قطعه کار.

در دســـتور کار شـــماره یک مراحل کف تراشـــی یک قطعه آورده شده که شامل ملزومات اولیه و تنظیمات لازم جهت فرایند کف تراشی می باشد.

۲- کف تراشی با ماشین فرز عمودی

نمونه ای از تیغه فرز تیغچه دار

همان‌طور که گفته شد عملیات کف تراشی علاوه بر ماشین فرز افقی با استفاده از ماشـــین فرز عمودی نیز امکان پذیر است. ابزارهای کف‌تراشی در ماشین فرز عمودی شامل ابزار کف تراش تیغچه‌دار و تیغه فرزهای انگشتی می‌باشد.

نکات قابل توجه در کف تراشی با ماشین‌های فرز عمودی:

در فرایند کف تراشـــی با اســـتفاده از تیغه فرزهای پیشانی تراش در ماشین‌های فـــرز عمودی، باید دقت کنیم که بیشـــترین حجم براده با لبه‌های محیطی تیغه فرز برداشته می‌شود و لبه‌های کف تیغه فرز عموماً براده‌های کمی را برداشته و جهت تمیز کاری سطح و دور کردن براده ها به کار می‌روند.

۱-Plane milling

نحوه مماس کردن ابزار با سطح قطعه کار

پس از اطمینان از انجام صحیح بستن گیره و تنظیم دستگاه فرز و کنترل نکات ایمنی با روشن کردن ماشین می‌توان به روش زیر ابزار را با سطح قطعه کار مماس کرد:

استفاده از کاغذی نازک(مثلاً کاربن) بین سطح مورد نظر و تیغه فرز و نزدیک کردن آهسته تیغه فرز به سطح کار، که به محض تماس تیغه فرز با کاغذ می‌توان گفت که تیغه فرز با کار مماس شده است و یا حداقل فاصله که به اندازه ضخامت کاغذ می‌باشد وجود دارد.

روش مماس کردن ابزار با سطح قطعه کار

۲-۳- روش‌های براده‌برداری

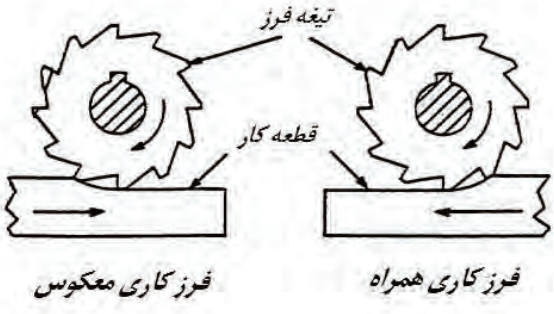
در عملیات فرزکاری جهت حرکت ابزار بر روی قطعه کار، باعث ایجاد روش‌های براده‌برداری می‌شود. این روش‌ها عبارتند از:

۱- همراه (نوع فشاری)

۲- معکوس (مخالف)

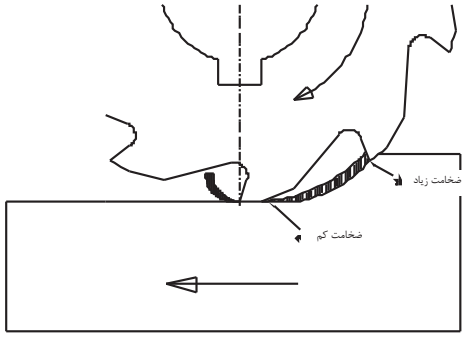
۱-۲-۳- روش براده‌برداری همراه

شکل زیر براده برداری معکوس و همراه را نشان می‌دهد.



نمایش براده برداری معکوس و همراه

در این روش جهت حرکت پیش روی میز دستگاه (قطعه کار) و دوران تیغه فرز هم جهت با هم می‌باشد. در روش همراه، براده‌ها با ضخامت زیاد از سطح قطعه کار شـــروع به جدا شدن کرده و در انتها با حداقل ضخامت از کار جدا می‌شوند. نیروی برشی در این حالت سعی در چسباندن قطعه به میز ماشین را دارد.



براده برداری همراه

مزایا:

۱- عدم سُر خوردن لبه های برنده تیغه فرز که باعث صافی سطح بهتری نسبت به روش معکوس می‌شود.

۲- به علت فشرده شدن قطعه به سطح میز می توان قطعات نازک را براده‌برداری نمود

۳- در ایـــن روش بدلیل هم جهت بودن حرکت میز و تیغه فرزکاهش حدود ۲۰ درصد در توان مصرفی به منظور براده‌برداری را خواهیم داشت.

معایب:

۱- این روش براده‌برداری در ماشـــین هایی که لقی میز گرفته نشده است، قابل اســـتفاده نیست و ممکن اســـت تیغه فرز به علت کشیده شدن قطعه کار به زیر لبه‌های برنده آن و افزایش سطح براده بشکند.

۲- ایـــن روش در براده‌بـــرداری از قطعات ریخته‌گری شـــده و قطعاتی که دارای سطح سخت کاری شده هستند استفاده نمی‌شود.

۲-۲-۳- روش براده‌برداری معکوس

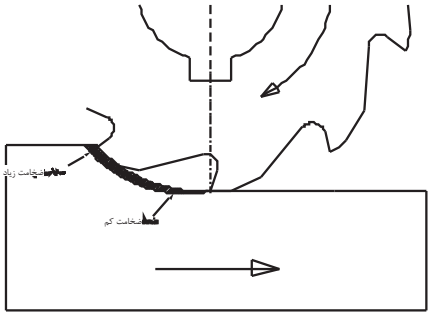
در ایـــن روش جهت پیشـــروی قطعه کار مخالف جهـــت دوران تیغه فرز بوده و نیروی برشـــی ســـعی در جدا کردن قطعه کار از میز را دارد بنابراین سطح قطعه کار کمی موج دار خواهد شد.

ایـــن روش باعث می‌شـــود، لقی بین پیچ و مهره میز دســـتگاه گرفته شـــود. در ماشین‌های فرز معمولی باید از روش براده‌برداری معکوس استفاده کرد.

معایب:

۱- در شروع کار، براده برداشته شده به قدری نازک است که تیغه فرز تمایل به سر خوردن بر روی قطعه کار را دارد.

۲- سـر خوردن‌های پی در پی در سـطح کار علائمی را ایجاد می‌کند(خطوط برجسته) که بعد از اتمام فرزکاری با چشم قابل مشاهده است.



براده برداری معکوس

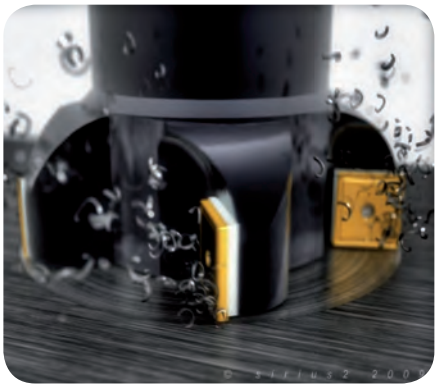
تصویر واقعی از براده برداری معکوس

جهت گـردش ابزار در هر دو روش معکـوس و همراه ثابت اسـت و نحوه حرکـت قطعه نسـبت به ابزار نـوع معکوس یا همراه بـودن را تعیین می کند.

در مورد تیغه فرزهای غلطکی جهـت قرارگرفتـن آن‌هـا روی میله فرزگیر بایسـتی به گونه‌ای باشد تا با جهت دوران میلـه فرزگیر هماهنگ شـود در غیر این صورت پشت تیغه فرز با کار درگیر شـده و ابزار آسیب می بیند.

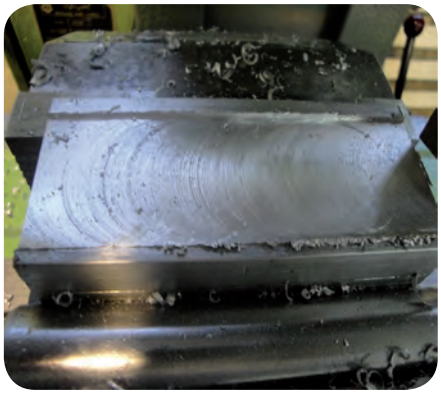
با تنظیم صحیـح اهرم‌های محکـم کننـده میز ماشـین می‌توان کیفیت سـطح ایجاد شـده (خطوط برجسـته) در روش معکـوس را بـه حداقل رسانید.

در مورد تراشیدن سطوح به وسیله تیغه فرز کف تراش اگر تیغه فرز را در مرکز سطح مورد تراش قرار دهیم و کل ابزار با قطعه درگیر باشد، سطح کار نامطلوب خواهد شد.علت این امر در ادامه توضیح داده خواهد شد.



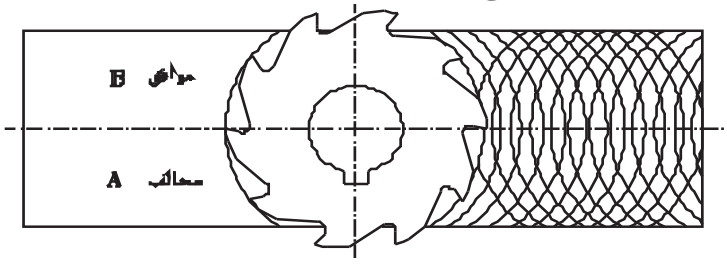
کف تراشی یک تیغه فرز تیغچه دار

کف تراشی یک تیغه فرز تیغچه دار



نا مطلوب بودن سطح قطعه به دلیل درگیری کل ابزار با قطعه کار

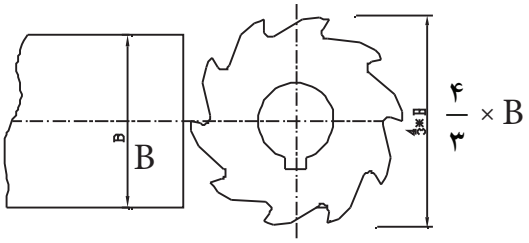
همان‌طور که در شکل دیده می‌شود تیغه فرز و جهت پیشروی میز در قسمت A به روش معکوس و در قسمت B به روش همراه خواهد بود و چون در قسمت B گردش تیغه فرز باعث کشـــیدن میز به طرف خود می‌شود اثرات نامطلوبی برای کار و تیغه فرز به وجود می‌آورد.



نمایش علت نا مطلوب بودن سطح قطعه به دلیل درگیری کل ابزار با قطعه کار

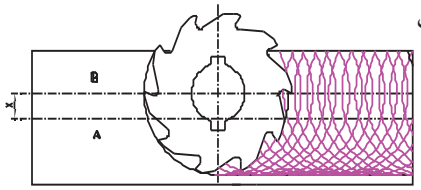
برای رفع این مشکل دو راه حل وجود دارد:

الـف- در صـورت امکان قطر تیغه فرز بزرگ تر از پهنای کار و حداقل $\frac{۴}{۳}$ عرض سطح قطعه کار انتخاب گردد.



بزرگتر بودن قطر ابزار از پهنای قطعه کار؛ یک روش برای بهبود کیفیت سطح

ب- تیغه فرز را طوری روی سـطح کار قـرار می‌دهیم که $\frac{۲}{۳}$ قطر تیغه فرز یک طرف خط مرکز قطعه و $\frac{۱}{۳}$ دیگر در طرف مقابل قرار گیرد.($\frac{۲}{۳}$ در قسـمت A و $\frac{۱}{۳}$ در قسمت B باشد) با این کار تمامی سطح درگیر لبه‌ی تیغه فرز به صورت موافق با جهت پیشروی میز خواهد شد.



کلیه مراحل محاسـباتی و تنظیمی قطعه و تیغه فرز مانند فرایند ماشین‌کاری با ماشین فرز افقی می‌باشد.

جهت آشنایی با عملیات کف تراشی توسط ماشین فرز عمودی دستور کار شماره ۳ را پیگیری می‌کنیم.

روشی دیگر برای بهبود کیفیت سطح

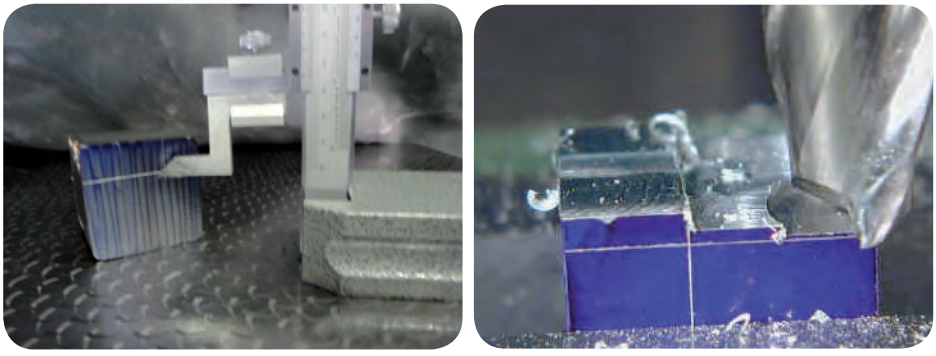
پس از تراشـیدن هر سـطح ضرورت دارد لبه‌های قطعه را پلیسه‌گیری کنیم تا در تماس با فک‌های گیره فاصله ایجاد نشـود و همچنین در اندازه‌گیری دچار خطا نشوید.

اسـتفاده از مواد خنک کننده در مراحل مختلف فرزکاری علاوه بر افزایش عمر ابزار، کیفیت سطح را نیز بالاتر می‌برد.

رعایت کلیه موارد ایمنی و نکات فنی در مورد دستگاه الزامی است.

نحوه خط‌کشی قطعه کار

به منظور دقت بیشـــتر در فرز کاری ســـطوح می‌توان با استفاده از صفحه صافی، کولیس پایه‌دار و به طریق زیر قطعه را خط‌کشی نمود. رنگی کردن سطح قطعه کار با موادی چون کات کبود، دوده و یا ماژیک باعث مشـــخص‌تر شـــدن خطوط سطح قطعه می‌شود.



خط کشی قطعه کار جهت کنترل بهتر در هنگام براده برداری

۳-۳- تنظیم حرکت پیشروی و تعداد دور ماشین فرز

جهت عملیات فرزکاری، دو مشـــخصه مهم بایســـتی محاسبه و بر روی دستگاه تنظیم گردد:

۱- پیشروی (سرعت حرکت خطی قطعه کار)

۲- عده دوران (تعداد گردش تیغه فرز)

همان‌طور که اشاره شد حرکات طولی و عرضی و باردهی (حرکات خطی) به دو شکل دستی و اتوماتیک انجام می‌گیرد. در حالت دستی، با چرخش فلکه حرکت میز توسط فرزکار اتفاق می‌افتد.

فلکه‌های دستگاه برای جابجایی دستی

حرکت چرخش فلکه توسط دست بایستی پیوسته و به آرامی صورت گیرد در غیر این صورت احتمال شکستن ابزار وجود دارد.

در استفاده از اهرم‌های حرکت اتوماتیک، میزان جابجایی بر حسب میلی‌متر بر دقیقه قابل تنظیم می‌باشد.

اهرم حرکت اتوماتیک، فلکه‌های دستی و قفل کننده

نرخ پیشروی[1]

با حرکت چرخشی ابزار قطعه کار آرام آرام به آن نزدیک می‌شود.

مقدار حرکت قطعه از مقابل ابزار به ازای یک دور گردش ابزار را پیشروی می‌گویند.

تعیین مقدار پیشروی وابسته به چندین عامل است:

الف- جنس ابزار

ب- جنس قطعه کار

ج- قطر تیغه فرز

د-عمق و پهنای برش

ه-نوع ابزار

و- کیفیت سطح

ز- توان ماشین

میزان جابجایی میز (قطعه کار) در واحد زمان را نرخ پیشروی می‌گویند. معمولاً نرخ پیشروی را بر حسب میلی متر در دقیقه بیان می‌کنند.

هر کدام از موارد فوق در میزان پیشروی تعیین کننده‌اند که بعضی از آن‌ها در روابط ریاضی گنجانده شده و برخی نیز در جداول مربوطه در نظر گرفته می‌شوند.

نرخ پیشروی میز ماشین را می‌توان بر اساس عده دوران، مقدار پیشروی به ازای هر دندانه و تعداد دندانه‌های تیغه فرز محاسبه کرد:

$$S=Sz\times Z\times n$$

که در آن S نرخ پیشروی تیغه فرز در واحد زمان(دقیقه)، Sz مقدار پیشروی به ازای هر دندانه تیغه فرز و Z تعداد دندانه تیغه فرز و n تعداد دوران تیغه فرز در دقیقه می‌باشد.

۱-Feed Rate

در صورتیکه تیغه فرز کند باشد بایستی مقدار پیشروی را از حد معمولی (نرمال) کمتر انتخاب کنیم.

عده دوران[1]

همان‌طور که می‌دانیم آنچه که بر روی ماشین فرز یا هر نوع ماشین ابزاری قابل تنظیم است، سرعت پیشروی و عده دوران می باشد.

به تعداد چرخش ابزار در واحد زمان (بر حسب دقیقه) عده دوران گفته می‌شود. واحد آن دور بر دقیقه (RPM[2]) $\frac{u}{\min}$ می باشد.

عواملی که با توجه به آن‌ها تعداد دور ماشین را تعیین می‌کنیم عبارتند از:

الف- قطر ابزار

ب- جنس ابزار

ج- جنس قطعه کار

د- سرعت برش

سرعت برش[3]

منظور از سرعت برش در فرزکاری عبارتست از مقدار راهی که لبه برنده تیغه فرز در یک دقیقه بر حسب متر طی می‌کند.

رابطه سرعت برش در عملیات فرزکاری عبارتست از:

$$v = \frac{d \times \pi \times n}{1000}$$

d: قطر تیغه فرز بر حسب میلیمتر

n: عده دوران قابل تنظیم بر حسب دور بر دقیقه

V: سرعت برش بر حسب متر بر دقیقه

مثال ۱:

در فرزکاری یک قطعه فولاد معمولی با تیغه فرز انگشتی به قطر ۱۰ میلیمتر،

۱-Number of revolution
۲-Revolution Per Minute
۳-Cutting speed

عده دوران محاسباتی و تنظیمی را مشخص کنید. اگر بر روی دستگاه امکان تنظیم عده دوران‌های زیر وجود داشته باشد. سرعت برشی ابزار را $V = 17 \, {}^{m}/_{min}$ در نظر بگیرید.

۱۰۰۰-۷۱۰-۵۵۰-۵۰۰-۳۵۵-۲۵۰-۲۰۰-۰۵۱

$$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000}$$
$$\Rightarrow n = \frac{v \times 1000}{\pi \times d}$$
$$\Rightarrow n = \frac{17 \times 1000}{3.4 \times 10} = 541.40$$

n = ۵۵۰ انتخابی

پس از انجام محاسبات و یا انتخاب دو عامل پیشروی و عده دوران توسط نمودارها از طریق اهرم‌ها یا فلکه‌های روی دستگاه آن‌ها را تنظیم می‌کنیم.

نکته اینکه مقادیر به دست آمده توسط رابطه ریاضی برای تعداد دور دستگاه تقریبی بوده و بایستی نزدیک ترین عده دوران قابل تنظیم را به عدد حاصل بر روی دستگاه معین و تنظیم کنیم.

فلکه تنظیم پیشروی

فلکه تنظیم عده دوران

جداول داده شده در صفحات بعد مقادیر سرعت برش، عده دوران و سرعت پیشروی را با توجه به عوامل دیگر در اختیارمان قرار می دهد. پس از تعیین V بر اساس رابطه بالا، باید در نظر داشت که ابزارها هم دارای یک حداکثر سرعت برش قابل تحملی می باشند که در انتخاب ابزار باید لحاظ شود.

مثال ۲:

حداکثر حد تحمل سرعت برش یک ابزار $v=۱۵ \frac{m}{min}$ می‌باشد. در صورت استفاده از تیغه فرزی به قطر ۳۰ میلیمتر عده دوران لازم را حساب می‌کنیم.

$$V=\frac{d\times\pi\times n}{1000}$$
$$\Rightarrow=\frac{3.14\times30\times n}{1000}\Rightarrow n=159\frac{u}{min}$$

همانطور که مشاهده کردید در محاسبات معمولاً مقدار سرعت برش با توجه به عده دوران و قطر ابزار حاصل می‌شود و با تغییر این دو عامل، مقدار آن را با مقدار سرعت برش موجود در جدول که بر اساس جنس قطعه کار است، یکی کرده و یا به آن نزدیک می‌کنیم. در عمل قاعده کلی به این ترتیب است که برای ماشین‌کاری مواد سخت، خورنده، پر آلیاژ و همچنین برای براده‌برداری‌های عمیق از سرعت برش کمتر استفاده می‌کنند و برای ماشین‌کاری فلزات نرم و براده‌برداری‌های سطحی و همچنین برای پرداخت‌کاری از سرعت برش زیادتر استفاده می‌کنند. از این قاعده دو نتیجه کاربردی نیز می‌توان گرفت:

الف- در انتخاب جنس تیغه فرز سرعت برش عامل مهمی محسوب می‌شود. به طور مثال هنگامی که سرعت برش کم مورد استفاده است. تیغه فرزهایی با جنس SS برای انجام کار کافی است و در صورت انتخاب سرعت برش بالا، تیغه فرز با جنس سخت‌تر (تیغچه دار) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

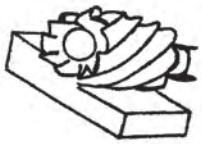
ب- چون سرعت برش با تعداد دور تیغه فرز رابطه مستقیم دارد لذا برای پرداخت سطح بایستی سرعت برش بالا در نتیجه عده دوران بالا انتخاب گردد و بالعکس.(دراین حالت نرخ پیشروی را حداقل در نظر می‌گیرند)

حال به رابطه بین سرعت برش و تعداد دور تیغه فرز می پردازیم. برای تعیین عده دوران به جز سرعت برش ابزار عوامل دیگری نیز وجود دارد.

سرعت برش با توجه به جنس قطعه کار و سایر شرایط براده‌برداری تعیین می‌شود و برای هر جنس مقداری ثابت است.

باید توجه داشت در صورتیکه مقدار عمق برش و نیز مقدار پیشروی بیش از حد ممکن باشد محور تیغه فرز به صورت خمیده در می آید و سبب می‌شود که در هر دور گردش تیغه فرز یک ضربه به کار وارد شود و امکان شکستن دندانه تیغه فرز و ناصافی سطح کار وجود دارد دیگر اینکه حرکت ابزار بر سطح قطعه کار باید پیوسته باشد و متوقف کردن آن در حین عمل براده‌برداری ایجاد گودی در قطعه می‌کند. اگر پس از رسیدن تیغه فرز به انتهای کار بدون دادن بار تیغه فرز را بر روی کار حرکت دهیم این عمل اشتباه بوده و موجب ناهموار شدن سطح قطعه خواهد شد.

جدول ۱ــ ۴ــ مقادیر مبنا برای سرعت برش، پیشروی و عمق برش

	فرز غلتکی				پیشانی‌تراش غلتکی				فرز پولکی			
												
عرض فرز b	b=100 mm				b=70 mm				b=20 mm			
	خشن		پرداخت		خشن		پرداخت		خشن		پرداخت	
عمق برش a	a=5mm		a=0.5mm		a=5mm		a=0.5mm					
	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min
فولاد ساده 65kg/mm²	۱۷	۱۰۰	۲۲	۶۰	۱۷	۱۰۰	۲۲	۷۰	۱۸	۰۰	۲۲	۴۰
فولاد آلیاژ تابانده 75kg/mm²	۱۴	۸۰	۱۸	۵۰	۱۴	۹۰	۱۸	۵۵	۱۴	۸۰	۱۸	۳۰
فولاد آلیاژ احیا 100kg/mm²	۱۰	۵۰	۱۴	۳۶	۱۰	۵۵	۱۴	۴۲	۱۲	۵۰	۱۴	۲۰
چدن سیاه تا ۱۸۰ برینل	۱۲	۱۲۰	۱۸	۶۰	۱۲	۱۴۰	۱۸	۷۰	۱۴	۱۲۰	۱۸	۴۰
برنج Ms 58	۳۵	۷۰	۳۵	۵۰	۳۶	۱۹۰	۵۵	۱۵۰	۳۶	۱۵۰	۵۵	۷۵
فلزات سبک	۲۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۱۱۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۰۰

مثال:

با استفاده از جدول بالا مقدار پیشروی و سرعت برش برای پرداخت سطح قطعه ای از جنس فولاد با استحکام کششی ۶۵ kg/mm۲ با تیغه فرز غلطکی و در فرآیند خشن کاری چقدر است؟

$V=۱۷\frac{m}{min}$

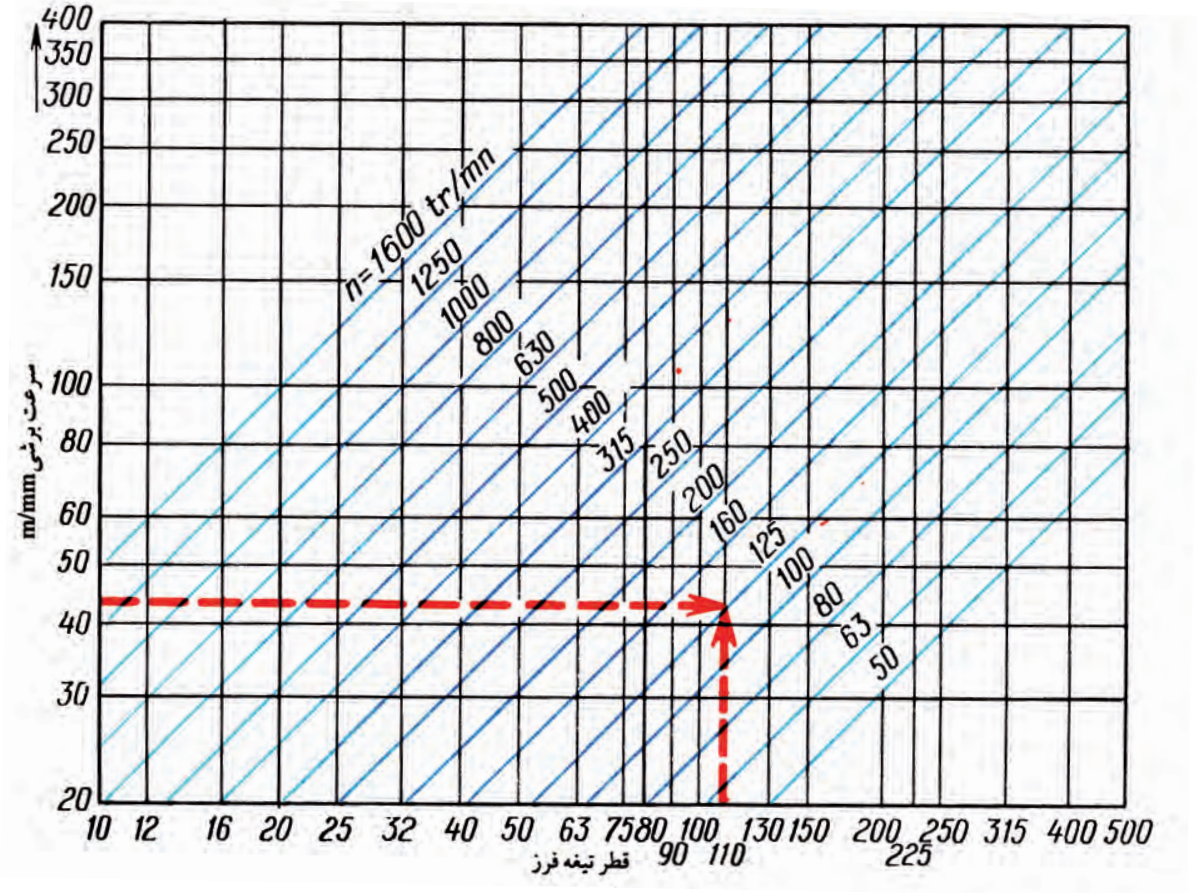
$S=۱۰۰\frac{m}{min}$

	تیغه فرز انگشتی				تیغه فرز تیغچه‌دار نوع کف‌تراش				تیغه فرز اره‌ای		
عرض فرز b	b=25mm										
	خشن		پرداخت		خشن		پرداخت		خشن		
عمق برش a	a=5mm		a=$\frac{1}{2}$mm		a=5mm		a=$\frac{1}{2}$mm		a=10mm		
	سرعت u m/min	بار s $\frac{mm}{min}$	سرعت u m/min	بار s $\frac{mm}{min}$	سرعت u m/min	بار s $\frac{mm}{min}$	سرعت u m/min	بار s $\frac{mm}{min}$	سرعت u m/min	بار s $\frac{mm}{min}$	
فولاد ساده تا 65kg/mm²	۱۷	۵۰	۲۲	۱۲۰	۲۰	۶۵	۳۰	۵۰	۴۵	۵۰	
فولاد آلیاژ تابانده تا 100kg/mm²	۱۵	۴۰	۱۹	۱۰۰	۱۶	۳۶	۲۳	۴۰	۳۵	۴۰	
فولاد آلیاژ احیا تا 100kg/mm²	۱۳	۲۰	۱۷	۶۵	۱۴	۲۰	۱۸	۳۰	۲۵	۳۰	
چدن سیاه تا ۱۸۰ برینل	۱۵	۶۰	۱۹	۱۲۰	۱۶	۱۰۰	۲۴	۹۰	۱۴	۳۵	
برنج Ms 58	۳۵	۸۰	۵۵	۱۲۰	۵۰	۲۰۰	۶۰	۱۲۰	۳۵۰	۲۰۰	
فلزات سبک	۱۶۰	۹۰	۱۸۰	۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۰۰	۹۰	۳۲۰	۱۸۰	

مثال : با استفاده از جدول فوق برای پرداخت قطعه ای چدنی با سختی ۱۸۰ برینل با استفاده از تیغه فرز تیغچه دار سرعت برش و مقدار پیشروی را به دست آورید.

$V=۱۴\ \frac{m}{min}$

$S=۲۰\ \frac{mm}{min}$



مثال:

قطر تیغه فرزی ۱۱۰ mm و با سرعت برش $\frac{m}{\min}$ ۴۲ عملیات فرزکاری را انجام می دهد. با توجه به دیاگرام فوق ،تعداد دوران مناسب برای آن را به دست آورید.

$$N=۱۲۵\ \frac{u}{\min}\ (RPM)$$

مقدار سرعت برش بر حسب $\frac{m}{min}$ و پیشروی به ازای هر دندانه تیغه فرز در فرزکاری

مقدار سرعت برش برحسب $\frac{m}{min}$ و پیشروی به‌ازای هر دندانه تیغه فرز در فرزکاری

استحکام قطعه کار	سرعت برش $\frac{m}{min}$ — تیغه فرز SS			سرعت برش $\frac{m}{min}$ — تیغه فرز تیغچه‌دار HM			Sz = مقدار پیشروی برحسب mm — تیغه قرز تیغچه‌دار				
	∇ $\sqrt{Rz100}$	∇∇ $\sqrt{Rz25}$	∇∇∇ $\sqrt{Rz6/3}$	∇ $\sqrt{Rz100}$	∇∇ $\sqrt{Rz25}$	∇∇∇ $\sqrt{Rz6/3}$	تیغه‌فرز غلتکی SS	تیغه‌فرز پیشانی تراش SS	تیغه‌فرز پولکی و انگشتی وفرم SS	HM ∇ $\sqrt{Rz100}$	∇∇ $\sqrt{Rz25}$
فولاد به استحکام ۵۰۰_۶۰۰ $\frac{N}{mm^2}$	۱۶	۲۵	۳۲	۱۵۰	۱۸۰	۲۰۰	۰/۲	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۴	۰/۰۸
فولاد به استحکام ۶۰۰_۷۰۰ $\frac{N}{mm^2}$	۱۸	۲۲	۲۸	۱۱۰	۱۴۰	۱۸۰	۰/۱۵	۰/۱	۰/۰۶	۰/۳	۰/۰۸
فولاد به استحکام ۷۰۰_۸۰۰ $\frac{N}{mm^2}$	۱۳	۲۰	۲۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۶۰	۰/۱	۰/۱	۰/۰۶	۰/۳	۰/۰۸
فولاد به استحکام ۸۰۰_۱۱۰۰ $\frac{N}{mm^2}$	۱۰	۱۶	۲۰	۵۰	۸۰	۱۰۰	۰/۱	۰/۱	۰/۰۶	۰/۲	۰/۰۸
فولاد به استحکام بیشتر از ۱۱۰۰ $\frac{N}{mm^2}$	۱۰	۱۲	۱۴	۵۰	۷۰	۹۰	۰/۱	۰/۱	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۰۸
چدن ۱۵	۱۳	۲۰	۲۵	۵۰	۶۳	۸۰	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۵	۰/۱
چدن ۲۵	۱۰	۱۶	۲۰	۴۰	۵۰	۶۳	۰/۲	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۴	۰/۱
آلیاژهای مس و روی	۳۲	۴۰	۵۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۰/۲	۰/۲	۰/۰۷	۰/۵	۰/۰۷
فلزات سبک	۲۰۰	۳۱۵	۴۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۳۰	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵	۰/۲	۰/۱

مثال:

در صورتی‌که بخواهیم چدن ۲۵ را با استفاده از تیغه فرز SS با کیفیت سطح ۲۵ =R_Z فرزکاری کنیم. در محاسبات مقدار V سرعت برش را چقدر در نظر بگیریم؟

$V=16\ \frac{m}{min}$

۴-۳- روش گونیا کاری یک بلوک

معمولاً به منظور خط کشی دقیق یک قطعه کار و برای ایجاد شکل های خاص نیاز است. ابتدا چهار سطح قطعه نسبت به هم گونیا (متعامد) باشند. برای گونیا کاری چهار سطح قطعه کار ترتیب کف تراشی سطوح و نحوه قرار دادن آن بر روی گیره حائز اهمیت است.

پس از بستن تیغه فرز و تنظیمات لازم، طی مراحل زیر می‌توان عملیات گونیا کاری یک قطعه را انجام داد:

۱- قطعه را طبق اصول گفته شده در گیره مناسب می‌ببندیم.(استفاده از زیرسری و قطعه استوانه‌ای)

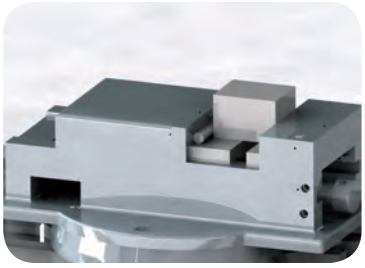
۲- اولین سطح را فرز کاری می‌کنیم و براده‌های روی آن را کاملا تمیز می‌کنیم. سپس قطعه را طوری برگردانیم که سطح فرزکاری شده به فک ثابت گیره تکیه دهد. بین فک متحرک و قطعه کار، میله استوانه ای قرار می‌دهیم.

۳- سطح دوم را فرز کاری می‌کنیم.

۴- سپس قطعه را طوری می‌چرخانیم که سطح دوم به فک ثابت تکیه داده شوده و سطح اول به کف گیره بچسبد. برای براده‌برداری سطح سوم نیاز است، قبلاً قطعه را اندازه‌گیری کنیم تا میزان بار برای براده‌برداری مشخص شود.

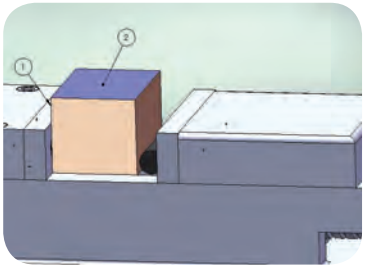
۵- قطعه را دوران داده و سطح چهارم را ماشین‌کاری می‌کنیم. اندازه گیری بین سطح چهارم و دوم مقدار بار را در این مرحله مشخص می‌کند.

۶- برای ماشین‌کاری سطح پنجم و ششم قطعه می‌توان آن را به طور عمودی و با استفاده از گونیا بین گیره بست و ماشین‌کاری کرد. در صورت بلند بودن طول قطعه، می‌توان قطعه را از پهلو با استفاده از تیغه فرز بغل تراش(پولکی) فرزکاری کرد.

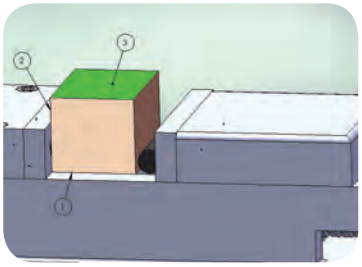


بستن قطعه در گیره

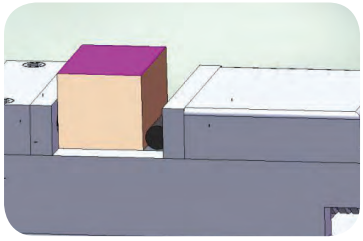
نحوه دور کردن براده ها



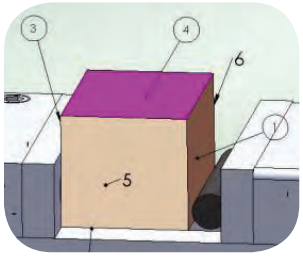
موقعیت سطح دوم نسبت به سطح اول



موقعیت سطح سوم نسبت به سطح دوم



سطح چهارم مقابل سطح دوم می باشد



موقعیت سطح پنجم و ششم

در صورت نیاز پس از ماشین‌کاری هر سطح به صورت خشن می‌توان سطح مورد نظر را فرز کاری ظریف نیز انجام داد.

برای تمرین بیشتر گونیا کاری قطعات، مربیان محترم می‌توانند در صورت صلاحدید، قطعه‌ای با طول بلندتر برای گونیا کاری به هنرجویان ارائه دهند تا در فرزکاری سطوح ۵ و ۶ از تیغه فرز بغل تراش نیز استفاده کنند.

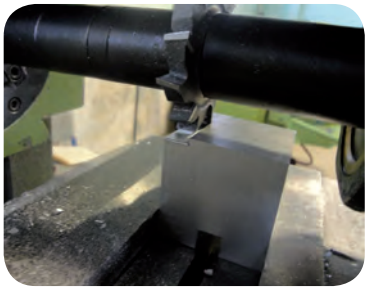
۵-۳- پیشانی تراشی[۱]

اگر سطوح جانبی قطعه کار را با ماشین فرز براده‌برداری کنیم می‌گوییم پیشانی تراشی انجام داده‌ایم. در این فرایند فرزکاری، سطح تراشیده شده موازی با ستون ماشین می‌باشد. عمل پیشانی تراشی با ماشین فرزهای عمودی و ماشین فرزهای خاص پیشانی تراشی[۲] انجام می‌گیرد. این فرایند در ماشین فرزهای عمودی، می‌تواند با استفاده از لبه‌های برنده محیطی تیغه فرزهای انگشتی صورت گیرد و در ماشین‌های مخصوص پیشانی تراش با تیغه فرزهای پیشانی تراش انجام می‌شود. عمل پیشانی تراشی به خاطر وارد آمدن بار یکسان به سطح کار بسیار آرام و بی صدا انجام می‌گیرد. توان براده‌برداری در این روش در حدود ۲۰ درصد بیشتر از روش غلطکی می باشد. در ماشین فرزهای عمودی محور تیغه فرز باید وضعیتی کاملاً عمود نسبت به سطح قطعه داشته باشد، در غیر این‌صورت سطح قطعه کار صاف تراشیده نمی‌شود. لازم به ذکر است که یکی از قابلیت‌های ماشین فرز دروازه‌ای پیشانی تراشی است.

ماشین پیشانی تراش دروازه‌ای

۱-Face milling
۲-Boring

۶-۳- بغل تراشی[۱]



بغل تراشی با ماشین فرز افقی

عمل بغل تراشی معمولاً با ماشین فرز افقی و با استفاده از تیغه فرز پولکی انجام می گیرد. در این روش تیغه فرز پولکی از پهلو قطعه کار را می تراشد، تیغه فرز پولکی به کار گرفته شده دارای سه لبه برنده می باشد.

بغل تراشی را می‌توان با استفاده از دو تیغه فرز انجام داد به طوری‌که تیغه فرزها دارای فاصله‌ای از یکدیگر هستند.

بغل تراشی با استفاده از دو تیغه فرز را استرادل[۲] می‌گویند.

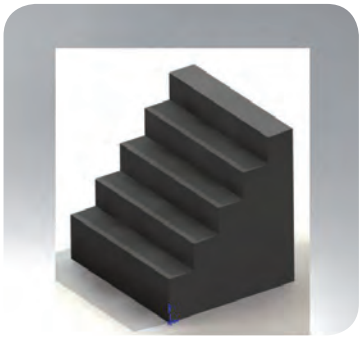
زدن دو سطح بغل به صورت هم زمان (استرادل)

به دلیل احتمال برخورد قطعه کار با میله فرزگیر، بغل تراشی با تیغه فرز پولکی دامنه حرکت محدودی دارد.در دستور کار شماره ۴، در صورت بلند بودن طول قطعه کار می‌توان سطوح ۵ و ۶ را بغل تراشی کرد.

در دستور کار شماره ۵ مراحل بغل تراشی یک قطعه کار را پیگیری می‌کنیم.

برای این فرایند از ابزار تیغه فرز انگشتی نیز می‌توانیم استفاده کنیم.

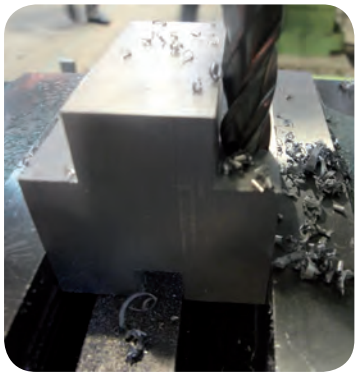
۷-۳- پله تراشی



نمونه‌ای از یک قطعه پله‌ای شکل

پله تراشی یکی از فرایندهای فرزکاری است که در آن با استفاده از تیغه فرز بر روی سطح اختلاف ارتفاع ایجاد می‌کنند. به بیان دیگر اختلاف ارتفاع دو سطح کنار هم را پله می‌گویند. پله تراشی را با ماشین‌های فرز عمودی و افقی می‌توان انجام داد.

۱-۷-۳- پله تراشی با ماشین فرز عمودی

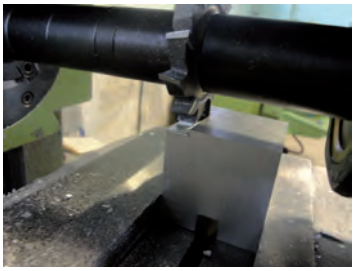


پله تراشی با تیغه فرز انگشتی

پله تراشی با ماشین فرز های عمودی و توسط تیغه فرز های انگشتی انجام می‌شود به طوریکه از لبه‌های برنده محیطی و لبه های برنده پیشانی تیغه فرز انگشتی در این عمل استفاده می گردد.

۱-Side milling
۲-Straddle

۲-۷-۳- پله تراشی با ماشین فرز افقی



پله تراشی با ماشین فرز افقی

با استفاده از تیغه فرزهای غلطکی و یا پولکی سوار شده بر روی ماشین فرز افقی می‌توان عملیات پله تراشی را انجام داد. با ترکیب کردن چند تیغه فرز[۱] می‌توان چندین پله را هم زمان بر سطح کار ایجاد کرد[۲].

۸-۳- مواد خنک کننده

نحوه پاشش صحیح مواد خنک کننده

مواد خنک کننده موادی هستند که در هنگام عملیات براده‌برداری و یا تغییر شکل فلزات با روش‌های بدون براده‌برداری وظیفه خنک کردن و روغن کاری را به عهده دارند. بدین ترتیب وظایف مواد خنک کننده را می‌توان چنین بیان کرد:

الف- جلوگیری از چسبیدن براده به تیغه فرز

ب-کاهش حرارت حاصل از عملیات ماشین‌کاری

ج- روغن کاری بین ابزار و قطعه کار که نتیجه آن کم کردن مقاومت اصطکاکی و در نتیجه کاهش نیروی تلف شده می‌باشد.

د- افزایش دوام ابزار

ه- تاثیر در کیفیت سطح ماشین‌کاری شده

و- جلوگیری از زنگ زدن قطعه کار، ابزار و ماشین

در انتخاب مواد خنک کننده بایستی جنس ابزار، جنس قطعه کار و نحوه براده‌برداری را مورد توجه قرار دهیم. نحوه صحیح پاشش مواد خنک کننده بر روی منطقه ماشین‌کاری باید به گونه‌ای باشد که مایع خنک کننده دقیقاً بر روی ابزار برنده، اعمال شده و موجب دور شدن براده از محل فرزکاری نیز بشود. مایع خنک کننده باید به وفور و به طور مداوم بر روی منطقه ماشین‌کاری جریان داشته باشد.

مهم ترین موادی که به عنوان مواد خنک کننده به کار می روند به شرح ذیل می باشند:

۱-روغن‌های برش:

این روغن ها ممکن است از روغن های معدنی، حیوانی و یا گیاهی و در بعضی مواقع ترکیبی از آن‌ها باشد. این مواد در آب حل نمی‌شوند ولی برای افزایش قدرت چرب کاری به آن‌ها گوگرد اضافه می‌کنند.

۱- Gang milling

۲- Couple

۲- روغن های مته:

ایــن روغن هــا که نقش خنک کنندگــی و روان کاری را با هم بــه عهده دارند محلول‌هایی از صابون و روغن‌های معدنی هســتند. نســبت اختلاط بســتگی به مورد اســتفاده داشته و ممکن اســت ۵ تا ۲۵ درصد آن‌ها از مواد صابونی باشد. این مقدار بســتگی دارد به این که نقش خنک‌کنندکی بیشتر مورد نظر باشد یا نقش چرب کاری.

۳-آب صابون :

این مایع که در صنایع فلزکاری ایران به همین نام (آب صابون) معروف است در حقیقت امولسیونی از ۱۰ تا ۱۲ درصد روغن مته در آب است و به علت مقدار آب زیادی که دارد قابلیت خنک کنندگی بالا و چرب کاری پایین دارد. برای درست کردن آن باید از آبی استفاده نمود که املاح معدنی کمی داشته و همچنین نباید از آب خیلی ســرد و یا خیلی گرم نیز استفاده نمود. همیشه باید آب را به روغن اضافه کرد و نه بالعکس. ماده خنک کننده نباید کثیف شود و به دلیل بیماری‌های پوســتی که ممکن است بوجودآورد نبایستی دســت را با آن شست. روغنی که بــرای تهیه آب صابــون به کار مــی‌رود در ایران بنام روغن Z۱ معروف اســت.

۴-محلول سود:

این محلول اگر چه جزء روغن ها نمی‌باشد، ولی از آنجایی که در سنگ کاری به عنوان مایع خنک کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای اهمیت زیادی بوده و از مخلوط۳ تا ۵ درصد ســود در آب تهیه می‌شود. وجود سود مانع از زنگ زدن قطعات ماشین و قطعه کار می شود.

نوع مایع خنک کننده	جنس قطعات متناسب با آن
خشک - هوای فشرده	چدن
نفت سفید	آلومینیوم
آب صابون- محلول سود	فولاد

نــکات ایمنی مربوط به مواد خنک کننده :

۱- بخشی از مواد خنک کننده ممکن است به دلیل حرارت بالا به صورت بخار در محیط وجود داشته باشــد که برای فرد مضر می باشد، لذا استفاده از ماسک در حین کار الزامی است.

۲- ترکیبــات مــورد اســتفاده به عنــوان مایع خنــک کننده ممکن است با سطح ابزار، گیره و میز دستگاه ترکیب و موجب خوردگی و زنگ زدگی ســطوح فلزی شــود. لــذا در پایان کار حتما" سطوح را خشک کنیم.

هیچگاه از مواد خنک کننده به عنوان مواد پاک کننده استفاده نکنید.

مواد خنک کننده پس از مدتی خاصیت خود را از دست می‌دهند و باید تخلیه شوند. تغییر رنگ و به‌صورت لجن درآمدن از نشانه‌های فاسدشدن آن می‌باشد.

معمولا در ماشـــین‌ها از فضای خالی داخل پایه ماشـــین به عنوان محل ذخیره مایع خنک کننده استفاده می‌شود.

پایه ماشین محلی
برای ذخیره مایع خنک کننده

درهنـــگام کار از این خطرات بزرگ اجتناب کنیم و این نکات ایمنی را به خاطر داشته باشیم.

ماشـــین‌های فرز ایمن هستند، اما با وجود ایمن بودن،خطر هم دارند که این خطرات بیشـــتر مربوط به رعایت نکردن نکات ایمنی توسط کاربر و برخی نیز مربوط به ماشـــین اســـت. از جمله چرخش ســـریع ابزار، پرتاب براده، درست نبستن قطعه کار که می‌تواند موجب پرتاب شدن قطعه یا شکستن ابزار شود. در این جا بایست اشتباهاتی که ممکن است ایجاد خطر کند را متذکر شویم. این موارد جدای از خطرات ناشی از بریدن انگشت، آسیب دیدن چشم در اثر عینک نزدن و نظایر آن است.

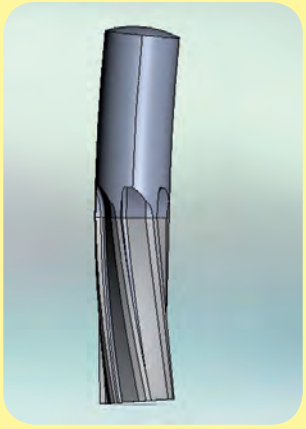
۱-لقی در ماشین که می‌تواند در براده‌برداری همراه موجب شکستن ابزار شود.

۲- خـــم شـــدن ابزار در اثر نیروهـــای وارده که می‌تواند موجـــب پایین آمدن کیفیت سطح و یا شکستن ابزار شود

۳- عدم اســـتفاده صحیـــح بلوک هایی که در رو بنده ها به عنوان زیر ســـری (تکیه گاه) استفاده می شود.

۴- صلبیت(عدم تغییر شکل در اثر نیروی وارده)، که می‌تواند مربوط به ابزار، قطعه کار و سیستم گیره بندی باشد.

۵- ســـطح گیـــره باید عـــاری از براده بوده و قطعه را به طـــور مطمئنی در بر بگیرد. محلی که به عنوان نشـــیمنگاه قطعه محســـوب می‌شود نیز باید کاملاً تمیز و یکنواخت باشد.



ابزاری که در اثر اعمال نیرو خم شده است

۹-۳- مشکلاتی که در هنگام ماشین‌کاری ممکن است رخ دهد و روش برطرف کردن آن‌ها

۱- جابه‌جایی قطعه درحین فرزکاری.

علت:

۱- قطعه کار به طور مطمئن بسته نشده است

۲- فشار بیش از حد ابزار به قطعه کار

۳- محکم نکردن کامل قطعه به دلیل شکل قطعه

راه حل:

۱- استفاده از گیره‌ای که فک‌ها به طور موازی سطوح قطعه را در برمی‌گیرد.

۲- استفاده از رو بنده‌های پله‌ای.

۲- انتخاب نادرست ابزار:

بلندی و بیرون‌زدگی زیاد ابزار از فشنگی:

عیوب:

۱- چرخش ابزار در داخل فشنگی (کُلِت) هنگام تماس با قطعه کار

۲- پدید چتر[۱] یا کِرِنْجِه شدن سطح

۳- شکستن ابزار

راه‌حل:

۱- همیشه از ابزارکوتاه‌تر استفاده کنیم. چرا که خم شدن ابزار کمتر اتفاق می‌افتد.

۲- با استفاده از آچار مخصوص مهره نگهدارنده ابزار را محکم کنیم.

۳- میله کشش ابزار را در حین کار دوباره بازرسی شود.

۳- انتخاب نادرست سرعت ابزار:

عیوب : نتایج حاصل از انتخاب دور بالاتر:

۱- چتر(مُضَرَّس شدن سطح) ۲-فرسایش ابزار ۳- سخت شدن سطح قطعه.

۱-Chatter

نتایــج حاصــل از پایین بودن دور: ۱- عدم کیفیت ســطح۲- صدمه دیدن ابزار، ۳- انبساط حرارتی.

راه‌حل: ۱- همیشــه عــده دوران را محاســبه کنید. ۲- از مایــع خنک کننده استفاده کنید.

۴- کند بودن ابزار:

عیوب:

۱- حرارت بالا و وجود براده‌های داغ که می‌تواند فرزکار را بسوزاند.

۲- سخت شدن سطح قطعات در اثر افزایش حرارت.

۳- محبوس شدن براده در داخل ابزار مخصوصاً آلومینیوم.

راه‌حل:

۱- کنترل ابزار قبل از استفاده.

۲- استفاده از مایع خنک کننده.

۳- استفاده صحیح از سرعت و پیشروی.

۴- دیدن فرایند و شنیدن صداهای غیرعادی در حین کار.

۵- عملکرد نادرست فرزکار:

خطا در حرکت دادن و خطا در زمان

عیوب:

۱- جابجایی نادرســت ابزار و تماس با قطعاتی مثل گیره، میز ماشین و بستن ناصحیح فیکسچرها بر سر راه ابزار و شاید شکستن و آسیب ابزار.

۲- عدم چرخش صحیح ابزار که عمدتاً اتفاق می‌افتد.

راه‌حل:

۱- شناخت و مرور عملکرد کنترلی هر ماشین

۲- تفکر قبل از عمل

۳- اطلاع از نحوه توقف اضطراری ماشین.

۶- سرعت پیشروی بالا:

عیوب:

۱- سطح خشن قطعات.

۲- شکستن یا جابجایی ابزار. از محل قرارگیری آن

راه‌حل:

۱-آگاهی بیشتر در خصوص سرعت پیشروی مناسب.

۲- حرکت کردن آهسته و بعد افزایش سرعت حرکت قطعه به صورت پیوسته.

۷- اعمال روش براده‌برداری همراه بدون در نظر گرفتن شرایط

عیوب:

۱- شکستن ابزار.

۲- کشیده شدن قطعه زیر ابزار.

راه حل:

۱- قفل کردن جا بجایی‌های گیره و میز.

۲- گرفتن لقی‌ها.

۸- جا ماندن آچار بر روی میله کشش:

عیوب:

پرتاب شدن آچار و ایجاد خطر.

راه‌حل:

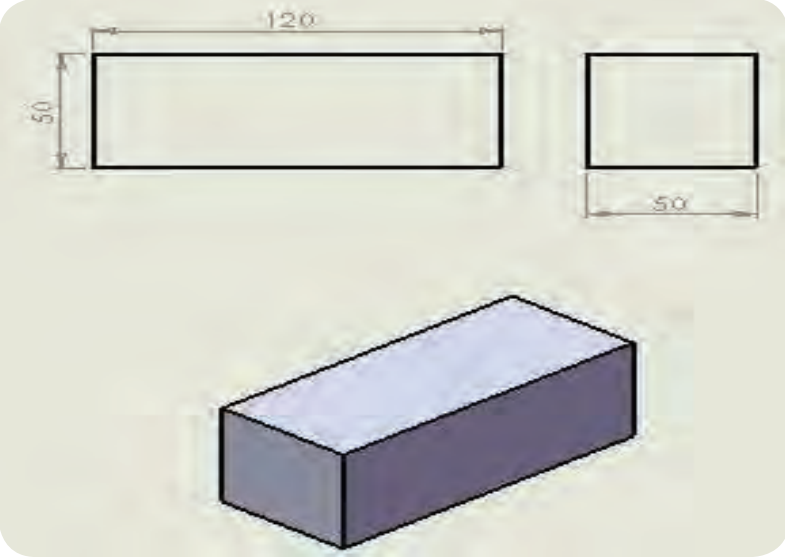
۱- هرگز دست خود را از آچاری که بر روی ماشین است برنداریم.

۲- همیشه کنترل کنیم قبل از روشن شدن ماشین ابزار جانمانده باشد.

۳- از تجمع ابزار بر روی میز ماشین حین کار خودداری کنیم.

کف‌تراشی

به دلیل اهمیت این واحد کار و زمان مناسب آن، پیشنهاد می‌شود فعالیت‌های ردیف ۱ تا ۵ به صورت فردی و یا گروه‌های با تعداد کمتر صورت پذیرد.



جدول DIN ISO ۷۱۶۸ تولرانس های آزاد را در سه کیفیت سطح نشان می دهد که لازم است در کلیه نقشه ها مد نظر قرار گیرد.

جدول DIN ISO 7168

اندازه / درجه تولرانس	از 0.5 تا 3 میلی‌متر	از 3 تا 6 میلی‌متر	از 6 تا 30 میلی‌متر	از 30 تا 120 میلی‌متر	از 210 تا 400 میلی‌متر
f (ظریف)	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2
m (متوسط)	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5
g (خشن)	± 0.15	± 0.2	± 0.5	± 0.8	± 1.2

شماره‌کار عملی	شماره واحد کار	جنس ماده‌ی اولیه	اندازه ماده اولیه	مشخصات قطعه	تعداد	شماره
۱	۳	St ۳۷	۱۲۵×۵۵×۵۵	شمش مکعبی	۱	-------
زمان:۴ ساعت	هدف آموزشی: کف تراشی			مقیاس:۱:۱		
درجه تولرانس: خشن				استاندارد:ISO		