

هدف کلی: توانایی کف تراشی، گونیا کاری، پیشانی تراشی و پله تراشی در فرز کاری

اهداف رفتاری:

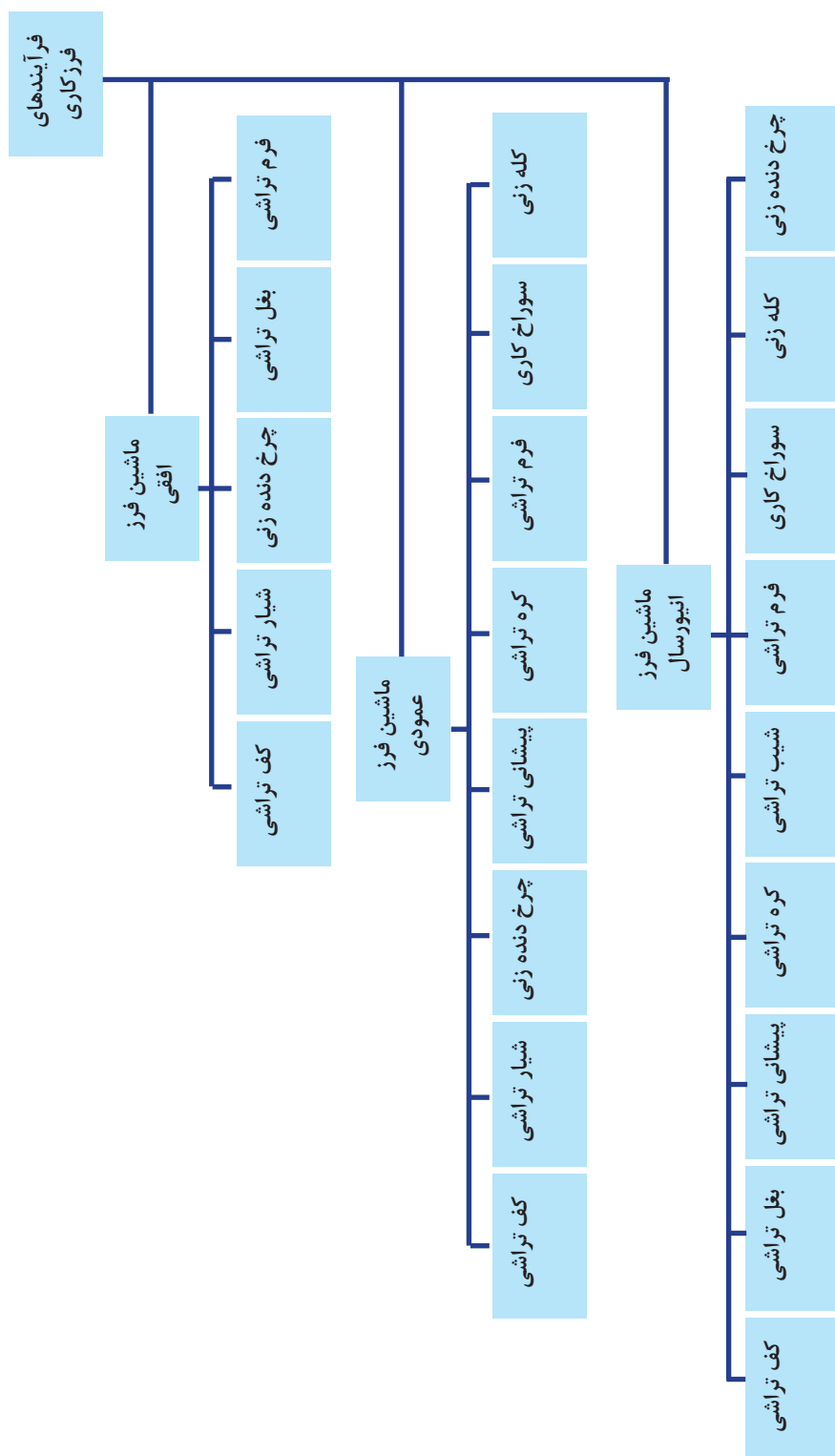
پس از آموزش این واحد کار از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- انواع عملیات‌های قابل انجام بر روی ماشین‌های فرز را نام ببرد.
- ۲- مناسب‌ترین ابزار را برای انجام فرایندهای فرز کاری انتخاب کند.
- ۳- تنظیم دور و پیشروی بر روی ماشین فرز را انجام دهد.
- ۴- نوع مایع خنک کننده را بر مبنای جنس قطعه کار انتخاب کند.
- ۵- کف تراشی با ماشین فرز افقی را انجام دهد.
- ۶- کف تراشی با ماشین فرز عمودی را انجام دهد.
- ۷- گونیا کاری با ماشین فرز افقی را انجام دهد.
- ۸- گونیا کاری با ماشین فرز عمودی را انجام دهد.
- ۹- پیشانی تراشی با ماشین فرز افقی را انجام دهد.
- ۱۰- پیشانی تراشی با ماشین فرز عمودی را انجام دهد.
- ۱۱- پله تراشی با ماشین فرز افقی را انجام دهد.
- ۱۲- پله تراشی با ماشین فرز عمودی را انجام دهد.

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

پیش آزمون: (۱۵ دقیقه)

- ۱- آیا با تیغه فرزهایی که آشنا شده 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؟



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

همان طور که اشاره شد کارایی بالای ماشین فرز، عملیات مختلف را روی آن انجام پذیر می سازد. با مطالعه دقیق نقشه کار، می توان روش فرزکاری و نوع ابزار مناسب را تعیین کرد. عملیات مختلفی را می توان جهت ایجاد قطعات بر روی ماشین فرز انجام داد. سطوح تخت، شیب دار، سطوح منحنی و انواع شیارها با استفاده از ماشین فرز تولید می شوند.



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

۱-۳- کف تراشی^۱

معمولاً قبل از شکل دهی به یک قطعه کار، سطوح آن را صاف و عاری از ناصافی می کنند. براده برداری از سطوح رویی قطعه کار را کف تراشی گویند. این فرایند می تواند با ماشین فرز عمودی، افقی و انیور سال صورت گیرد.

۱- کف تراشی با ماشین فرز افقی

همان گونه که گفته شد با استفاده از ماشین فرز افقی می توان سطوح قطعه را کف تراشی کرد. برای این کار پیش نیازهایی را می بایست فراهم کرد از جمله تنظیمات دستگاه و قطعه کار.

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

۲- کف تراشی با ماشین فرز عمودی

همان طور که گفته شد عملیات کف تراشی علاوه بر ماشین فرز افقی با استفاده از ماشین فرز عمودی نیز امکان پذیر است. ابزارهای کف تراشی در ماشین فرز عمودی شامل ابزار کف تراش تیغه دار و تیغه فرزهای انگشتی می باشد.



نمونه ای از تیغه فرز تیغه دار

نکات قابل توجه در کف تراشی با ماشینهای فرز عمودی:

در فرایند کف تراشی با استفاده از تیغه فرزهای پیشانی تراش در ماشینهای فرز عمودی، باید دقت کنیم که بیشترین حجم براده با لبه های محیطی تیغه فرز برداشته می شود و لبه های کف تیغه فرز عموماً براده های کمی را برداشته و جهت تمیز کاری سطح و دور کردن براده ها به کار می روند.

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

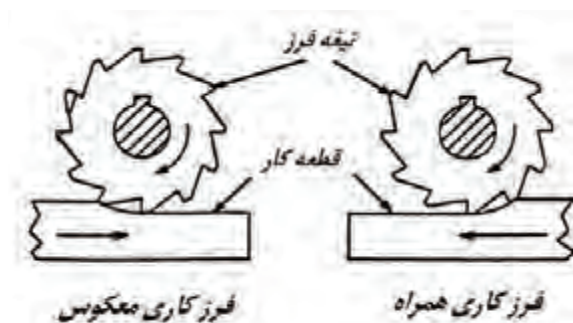
در عملیات فرزکاری جهت حرکت ابزار بر روی قطعه کار، باعث ایجاد روش‌های براده‌برداری می‌شود. این روش‌ها عبارتند از:

۱- همراه (نوع فشاری)

۲- معکوس (مخالف)

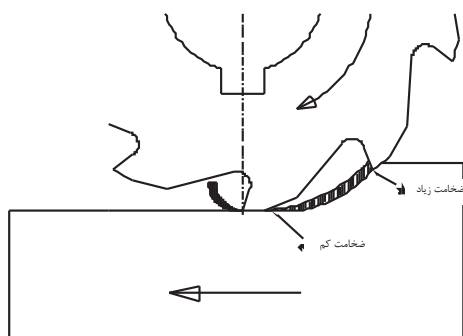
۱-۲-۳- روش براده‌برداری همراه

شکل زیر براده‌برداری معکوس و همراه را نشان می‌دهد.



نمایش براده‌برداری 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 شروع 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.



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 می‌توان قطعات نازک را براده برداری نمود
- ۳- در این روش بدلیل هم جهت بودن حرکت میز و تیغه فرز کاهش حدود ۲۰ درصد در توان مصرفی به منظور براده برداری را خواهیم داشت.

معایب:

- ۱- این روش براده برداری در ماشین هایی که لقی میز گرفته نشده است، قابل استفاده نیست و ممکن است تیغه فرز به علت کشیده شدن قطعه کار به زیر لبه های برنده آن و افزایش سطح براده بشکند.
- ۲- این روش در براده برداری از قطعات ریخته گری شده و قطعاتی که دارای سطح سخت کاری شده هستند استفاده نمی‌شود.

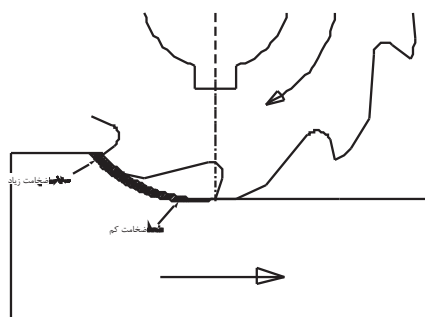
۲-۲-۳- روش براده برداری معکوس

در این روش جهت پیشروی قطعه کار مخالف جهت دوران تیغه فرز بوده و نیروی برشی سعی در جدا کردن قطعه کار از میز را دارد بنابراین سطح قطعه کار کمی موج دار خواهد شد.

این روش باعث می‌شود، لقی بین پیچ و مهره میز دستگاه گرفته شود. در ماشین های فرز معمولی باید از روش براده برداری 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- سر خوردن‌های پی در پی در سطح 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

با تنظیم صحیح اهرم‌های محکم کننده میز ماشین می‌توان کیفیت سطح ایجاد شده (خطوط برجسته) در روش معکوس را به حداقل رسانید.

در مورد تیغه فرزهای غلطکی جهت قرارگرفتن آن‌ها روی میله فرزگیر بایستی به گونه‌ای باشد تا با جهت دوران میله فرزگیر هماهنگ شود در غیر این صورت پشت تیغه فرز با کار درگیر شده و ابزار آسیب می‌بیند.

جهت گردش ابزار در هر دو روش معکوس و همراه ثابت است و نحوه حرکت قطعه نسبت به ابزار نوع معکوس یا همراه بودن را تعیین می‌کند.

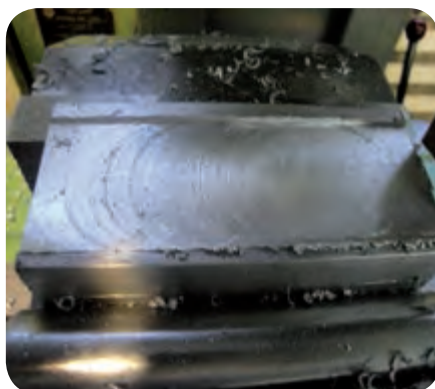
در مورد تراشیدن سطوح به وسیله تیغه فرز کف تراش اگر تیغه فرز را در مرکز سطح مورد تراش قرار دهیم و کل ابزار با قطعه درگیر باشد، سطح کار نامطلوب خواهد شد. علت این امر در ادامه توضیح داده خواهد شد.



کف تراشی یک تیغه فرز تیغچه دار



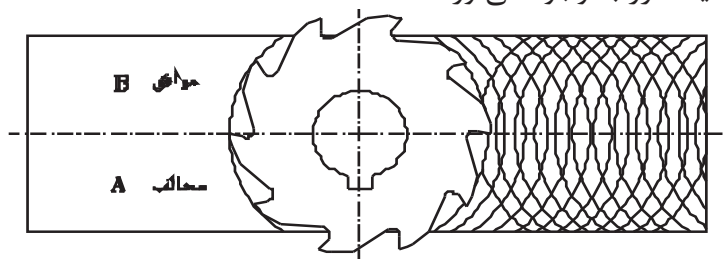
کف تراشی یک تیغه فرز تیغچه دار



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



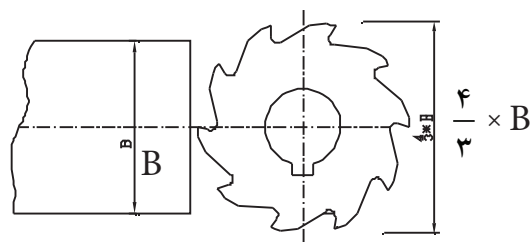
همان طور که در شکل دیده می شود تیغه فرز و جهت پیشروی میز در قسمت A به روش معکوس و در قسمت B به روش همراه خواهد بود و چون در قسمت B گردش تیغه فرز باعث کشیدن میز به طرف خود می شود اثرات نامطلوبی برای کار و تیغه فرز به وجود می آورد.



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

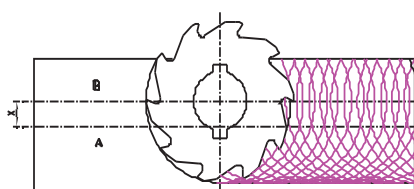
برای رفع این مشکل دو راه حل وجود دارد:

الف- در صورت امکان قطر تیغه فرز بزرگ تر از پهنای کار و حداقل $\frac{4}{3}$ 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 سطح کار قرار می‌دهیم که $\frac{2}{3}$ قطر تیغه فرز یک طرف خط مرکز قطعه و $\frac{1}{3}$ دیگر در طرف مقابل قرار گیرد. ($\frac{2}{3}$ در قسمت A و $\frac{1}{3}$ در قسمت B باشد) با این کار تمامی سطح در گیر لبه‌ی تیغه فرز به صورت $\frac{3}{3}$ موافق با جهت پیشروی میز خواهد شد.



روشی دیگر برای بهبود کیفیت سطح

کلیه مراحل محاسباتی و تنظیمی قطعه و تیغه فرز مانند فرایند ماشین کاری با ماشین فرز افقی می‌باشد.

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

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

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

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

نحوه خط کشی قطعه کار

به منظور دقت بیشتر در فرز کاری سطوح می توان با استفاده از صفحه صافی، کولیس پایه دار و به طریق زیر قطعه را خط کشی نمود. رنگی کردن سطح قطعه کار با موادی چون کات کبود، دوده و یا ماژیک باعث مشخص تر شدن خطوط سطح قطعه می شود.



خط کشی قطعه کار جهت کنترل بهتر در هنگام براده برداری

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

جهت عملیات فرز کاری، دو مشخصه مهم بایستی محاسبه و بر روی دستگاه تنظیم گردد:

۱- پیشروی (سرعت حرکت خطی قطعه کار)

۲- عده دوران (تعداد گردش تیغه فرز)

همان طور که اشاره شد حرکات طولی و عرضی و باردهی (حرکات خطی) به دو شکل دستی و اتوماتیک انجام می گیرد. در حالت دستی، با چرخش فلکه حرکت میز توسط فرز کار اتفاق می افتد.



فلکه های دستگاه برای جابجایی دستی



اهرم حرکت اتوماتیک، فلکه‌های دستی و قفل کننده

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.

نرخ پیشروی^۱

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 میلی‌متر 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:

$$S = S_z \times Z \times n$$

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

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

عده دوران^۱

همان طور که می دانیم 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 می شود. واحد آن دور بر دقیقه (RPM) $\frac{u}{min}$ می باشد.

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

الف- قطر ابزار

ب- جنس ابزار

ج- جنس قطعه کار

د- سرعت برش

سرعت برش^۳

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

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 $V = 17 \text{ m/min}$ در نظر بگیرید.

۱۰۰۰-۷۱۰-۵۵۰-۵۰۰-۳۵۵-۲۵۰-۲۰۰-۰۵۱

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

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

$$\Rightarrow n = \frac{17 \times 1000}{3.4 \times 10} = 541.40$$

انتخابی $n = 550$

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 می‌دهد. پس از تعیین V بر اساس رابطه بالا، باید در نظر داشت که ابزارها هم دارای یک حداکثر سرعت برش قابل تحملی می‌باشند که در انتخاب ابزار باید لحاظ شود.

مثال ۲:

حداکثر حد تحمل سرعت برش یک ابزار $15 \frac{m}{min}$ می‌باشد. در صورت استفاده از تیغه فرزی به قطر ۳۰ میلیمتر عده دوران لازم را حساب می‌کنیم.

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

$$\Rightarrow \frac{3.14 \times 30 \times n}{1000} \Rightarrow n = 159 \frac{u}{min}$$

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 ماشین کاری مواد سخت، خورنده، پر آلیاژ و همچنین برای براده‌برداری‌های عمیق از سرعت برش کمتر استفاده می‌کنند و برای ماشین کاری فلزات نرم و براده‌برداری‌های سطحی و همچنین برای پرداخت کاری 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 (تیغه 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. (در این حالت نرخ پیشروی را حداقل در نظر می‌گیرند)

حال به رابطه بین سرعت برش و تعداد دور تیغه فرز می‌پردازیم. 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 می‌آید 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 ۱-۴- مقادیر مبنا برای سرعت برش، پیشروی و عمق برش

فرز بولکنی	پیشانی تراش غلظتی		فرز غلظتی	
				
عرض فرز b	b=70 mm		b=100 mm	
پردها	خشن		پردها	
	a=0.5mm		a=5mm	
عمق برش a	پار	سرعت	پار	سرعت
	$\frac{mm}{min}$	$\frac{m/min}{mm}$	$\frac{mm}{min}$	$\frac{m/min}{mm}$
فولاد ساده 65kg/mm ²	۲۲	۴۰	۲۲	۶۰
	۱۸	۷۰	۱۷	۱۰۰
فولاد آلیاژ نایب 75kg/mm ²	۱۸	۳۰	۱۴	۹۰
	۱۴	۸۰	۱۸	۵۰
فولاد آلیاژ احیا 100kg/mm ²	۱۴	۲۰	۱۴	۵۵
	۱۲	۵۰	۱۰	۳۶
چدن سیاه تا ۱۸۰ بریتل	۱۸	۴۰	۱۲	۱۴۰
	۱۴	۷۰	۱۲	۱۲۰
برنج MS 58	۵۵	۷۵	۲۶	۱۹۰
	۳۶	۱۵۰	۲۵	۷۰
فلزات سبک	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۲۰۰
	۲۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۲۵۰

مثال:

با استفاده از جدول بالا مقدار پیشروی و سرعت برش برای پرداخت سطح قطعه ای از جنس فولاد با استحکام کششی ۶۵ kg/mm² با تیغه فرز غلظتی و در فرآیند خشن کاری چقدر است؟

$$V = 17 \frac{m}{min}$$

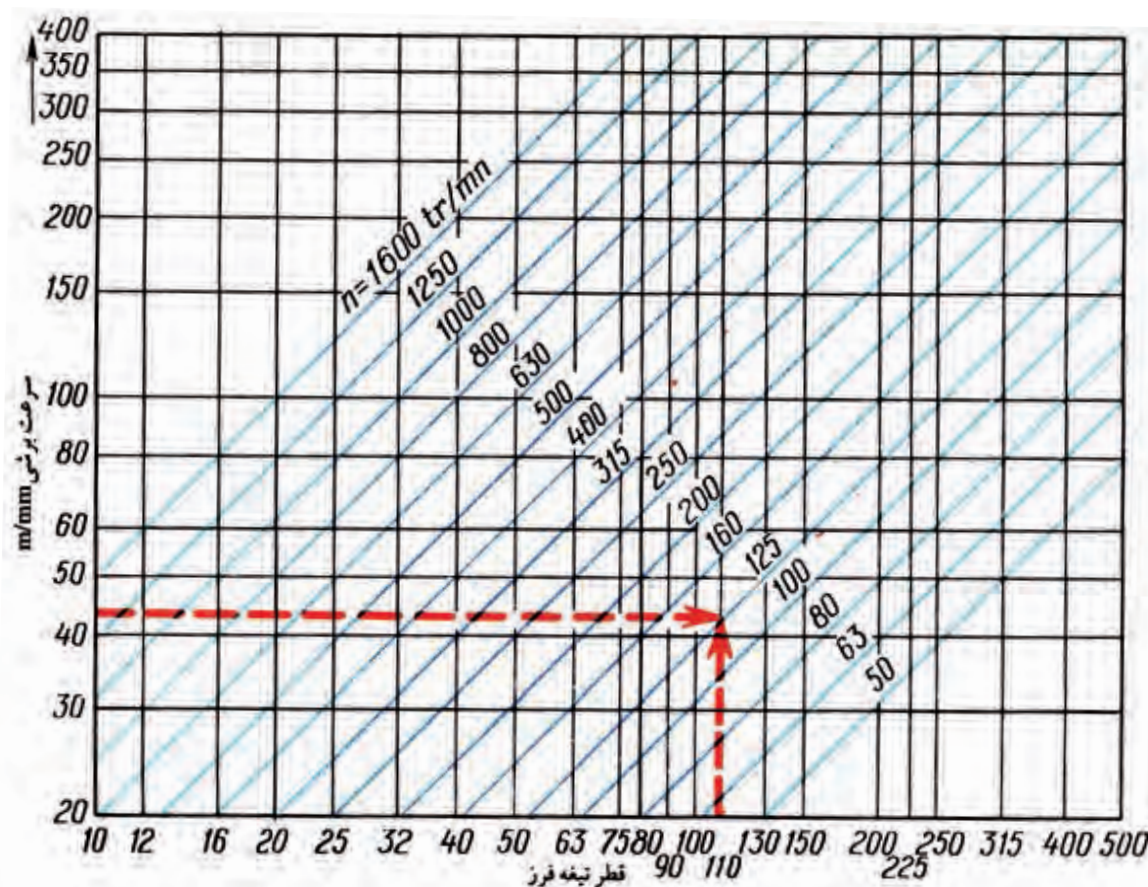
$$S = 100 \frac{m}{min}$$

	تیغه فرز انگشتی		تیغه فرز تیغه‌دار نوع کف تراش		تیغه فرز اره‌ای	
						
عرض فرز b	$b=25\text{mm}$					
	خشن		پر داخت		خشن	
عمق برش a	$a=5\text{mm}$		$a=\frac{1}{2}\text{mm}$		$a=\frac{1}{2}\text{mm}$	
	سرعت u m/min	پار s mm/min	سرعت u m/min	پار s mm/min	سرعت u m/min	پار s mm/min
فولاد ساده تا 65kg/mm^2	۱۷	۵۰	۲۲	۱۲۰	۲۰	۹۵
فولاد آلیاژ تابانده تا 100kg/mm^2	۱۵	۴۰	۱۹	۱۰۰	۱۶	۳۶
فولاد آلیاژ احیا تا 100kg/mm^2	۱۳	۴۰	۱۷	۹۵	۱۴	۲۰
چدن سیاه تا ۱۸۰ برینل	۱۵	۶۰	۱۹	۱۲۰	۱۶	۱۰۰
برنج Ms 58	۳۵	۸۰	۵۵	۱۲۰	۵۰	۲۰۰
فلزات سبک	۱۶۰	۹۰	۱۸۰	۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰

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

$$V=14 \frac{m}{min}$$

$$S=20 \frac{mm}{min}$$



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.

$$N = 125 \frac{u}{min} \text{ (RPM)}$$

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 به ازای هر دندان تیغه فرز در فرزکاری											
استحکام قطعه کار	سرعت برش $\frac{m}{min}$						مقدار پیشروی S_z برحسب mm				
	تیغه فرز SS			تیغه فرز تیغه دار HBM			تیغه فرز تیغه دار				
	▽	▽▽	▽▽▽	▽	▽▽	▽▽▽	تیغه فرز فلکی SS	تیغه فرز پستانی SS	تیغه فرز پوکنی و انگشتی و فرم SS	HBM ▽	▽▽
	$\sqrt{Rz100}$	$\sqrt{Rz25}$	$\sqrt{Rz12.5}$	$\sqrt{Rz100}$	$\sqrt{Rz25}$	$\sqrt{Rz12.5}$				$\sqrt{Ra100}$	$\sqrt{Ra25}$
$\frac{N}{mm^2}$ فولاد به استحکام ۵۰۰-۶۰۰	۱۶	۲۵	۳۲	۱۵۰	۱۸۰	۲۰۰	۰/۲	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۴	۰/۰۸
$\frac{N}{mm^2}$ فولاد به استحکام ۶۰۰-۷۰۰	۱۸	۲۲	۲۸	۱۱۰	۱۴۰	۱۸۰	۰/۱۵	۰/۱	۰/۰۶	۰/۳	۰/۰۸
$\frac{N}{mm^2}$ فولاد به استحکام ۷۰۰-۸۰۰	۱۳	۲۰	۲۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۶۰	۰/۱	۰/۱	۰/۰۶	۰/۳	۰/۰۸
$\frac{N}{mm^2}$ فولاد به استحکام ۸۰۰-۱۱۰۰	۱۰	۱۶	۲۰	۵۰	۸۰	۱۰۰	۰/۱	۰/۱	۰/۰۶	۰/۲	۰/۰۸
$\frac{N}{mm^2}$ فولاد به استحکام بیشتر از ۱۱۰۰	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 صورتی که بخواهیم چدن ۲۵ را با استفاده از تیغه فرز SS با کیفیت سطح $R_z = 25$ فرز کاری کنیم. در محاسبات مقدار V سرعت برش را چقدر در نظر بگیریم؟

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

۴-۳- روش گونیا کاری یک بلوک



بستن قطعه در گیره

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 می توان عملیات گونیا کاری یک قطعه را انجام داد:

۱- قطعه را طبق اصول گفته شده در گیره مناسب می بیندیم. (استفاده از زیرسری و قطعه استوانه ای)

۲- اولین سطح را فرز کاری می کنیم و براده های روی آن را کاملاً تمیز می کنیم. سپس قطعه را طوری برگردانیم که سطح فرز کاری شده به فک ثابت گیره تکیه دهد. بین فک متحرک و قطعه کار، میله استوانه ای قرار می دهیم.

۳- سطح دوم را فرز کاری می کنیم.

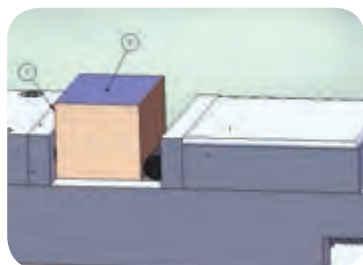
۴- سپس قطعه را طوری می چرخانیم که سطح دوم به فک ثابت تکیه داده شود و سطح اول به کف گیره بچسبد. برای براده برداری سطح سوم نیاز است، قبلاً قطعه را اندازه گیری کنیم تا میزان بار برای براده برداری مشخص شود.

۵- قطعه را دوران داده و سطح چهارم را ماشین کاری می کنیم. اندازه گیری بین سطح چهارم و دوم مقدار بار را در این مرحله مشخص می کند.

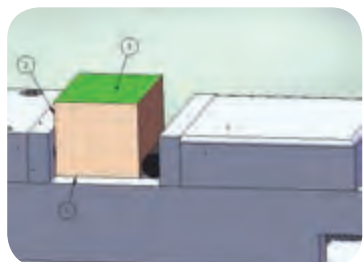
۶- برای ماشین کاری سطح پنجم و ششم قطعه می توان آن را به طور عمودی و با استفاده از گونیا بین گیره بست و ماشین کاری کرد. در صورت بلند بودن طول قطعه، می توان قطعه را از پهلوی با استفاده از تیغه فرز بغل تراش (پولکی) فرز کاری کرد.



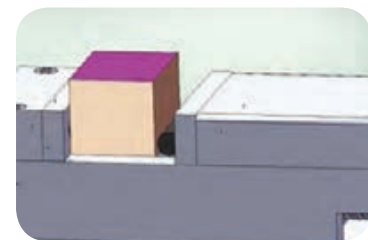
نحوه دور کردن براده ها



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 ماشین کاری هر سطح به صورت خشن می توان سطح مورد نظر را فرز کاری ظریف نیز انجام داد.

برای تمرین بیشتر گونیا کاری قطعات، مربیان محترم می توانند در صورت صلاحدید، قطعه ای 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 براده برداری کنیم می گوییم پیشانی تراشی انجام داده ایم. در این فرایند فرزکاری، سطح تراشیده شده موازی با ستون ماشین می باشد. عمل پیشانی تراشی با ماشین فرزهای عمودی و ماشین فرزهای خاص پیشانی تراشی^۲ انجام می گیرد. این فرایند در ماشین فرزهای عمودی، می تواند با استفاده از لبه های برنده محیطی تیغه فرزهای انگشتی صورت گیرد و در ماشین های مخصوص پیشانی تراش با تیغه فرزهای پیشانی تراش انجام می شود. عمل پیشانی تراشی به خاطر وارد آمدن بار یکسان به سطح کار بسیار آرام و بی صدا انجام می گیرد. توان براده برداری 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 این صورت سطح قطعه کار صاف تراشیده نمی شود. لازم به ذکر است که یکی از قابلیت های ماشین فرز دروازه ای پیشانی تراشی است.



ماشین پیشانی تراش دروازه ای

^۱-Face milling

^۲-Boring

۳-۶- 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 می‌گیرد. در این روش تیغه فرز پولکی از پهلوی قطعه کار را می‌تراشد، تیغه فرز پولکی به کار گرفته شده دارای سه لبه برنده می‌باشد. بغل تراشی را می‌توان با استفاده از دو تیغه فرز انجام داد به طوری که 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.

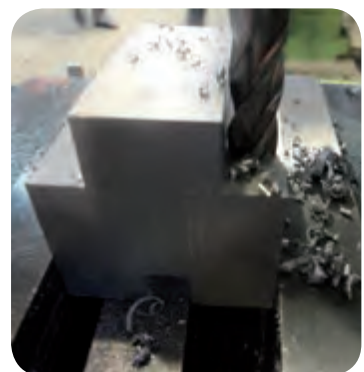
۳-۷- پله تراشی



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.

۳-۷-۱- 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 می‌گردد.

۱-Side milling
۲-Straddle

۲-۷-۳- 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.



پله تراشی با ماشین فرز افقی

۸-۳- 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:



نحوه پاشش صحیح مواد خنک کننده

الف- جلوگیری از چسبیدن براده به تیغه فرز

ب- کاهش حرارت حاصل از عملیات ماشین کاری

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 ماشین کاری 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 ماشین کاری باید به گونه‌ای باشد که مایع خنک کننده دقیقاً بر روی ابزار برنده، اعمال شده و موجب دور شدن براده از محل فرز کاری نیز بشود. مایع خنک کننده باید به وفور و به طور مداوم بر روی منطقه ماشین کاری جریان داشته باشد.

مهم ترین موادی که به عنوان مواد خنک کننده به کار می‌روند به شرح ذیل می‌باشند:

۱- روغن‌های برش:

این روغن‌ها ممکن است از روغن‌های 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:

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

این روغن ها که نقش خنک کنندگی و روان کاری را با هم به عهده دارند محلول هایی از صابون و روغن های معدنی هستند. نسبت اختلاط بستگی به مورد استفاده داشته و ممکن است ۵ تا ۲۵ درصد آن ها از مواد صابونی باشد. این مقدار بستگی دارد به این که نقش خنک کنندگی 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 امولسیون 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 سرد 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 بیماری های پوستی که ممکن است بوجود آورد نبایستی دست را با آن شست. روغنی که برای تهیه آب صابون به کار می رود در ایران بنام روغن Z۱ معروف است.

۴- محلول سود:

این محلول اگر چه جزء روغن ها نمی باشد، ولی از آنجایی که در سنگ کاری به عنوان مایع خنک کننده مورد استفاده قرار می گیرد دارای اهمیت زیادی بوده و از مخلوط ۳ تا ۵ درصد سود در آب تهیه می شود. وجود سود مانع از زنگ زدن قطعات ماشین و قطعه کار می شود.

نکات 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 باشد که برای فرد مضر می باشد، لذا استفاده از ماسک در حین کار الزامی است.
- ۲- ترکیبات مورد استفاده به عنوان مایع خنک کننده ممکن است با سطح ابزار، گیره و میز دستگاه ترکیب و موجب خوردگی و زنگ زدگی سطوح فلزی شود. لذا در پایان کار حتماً 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 می دهند و باید تخلیه شوند. تغییر رنگ و به صورت لجن در آمدن از نشانه های فاسد شدن آن می باشد.

معمولاً در ماشین‌ها از فضای خالی داخل پایه ماشین به عنوان محل ذخیره مایع خنک کننده استفاده می‌شود.



پایه ماشین محلی
برای ذخیره مایع خنک کننده

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

ماشین‌های فرز ایمن هستند، اما با وجود ایمن بودن، خطر هم دارند که این خطرات بیشتر مربوط به رعایت نکردن نکات ایمنی توسط کاربر و برخی نیز مربوط به ماشین است. از جمله چرخش سریع 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- خم شدن ابزار در اثر نیروهای وارده که می‌تواند موجب پایین آمدن کیفیت سطح و یا شکستن ابزار شود
- ۳- عدم استفاده صحیح بلوک‌هایی که در رو بنده‌ها به عنوان زیر سری (تکیه گاه) استفاده می‌شود.
- ۴- صلبیت (عدم تغییر شکل در اثر نیروی وارده)، که می‌تواند مربوط به ابزار، قطعه کار و سیستم گیره بندی باشد.
- ۵- سطح گیره باید عاری از براده بوده و قطعه را به طور مطمئنی در بر بگیرد. محلی که به عنوان نشیمنگاه قطعه محسوب می‌شود نیز باید کاملاً تمیز و یکنواخت باشد.



ابزاری که در اثر اعمال نیرو خم شده است

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

۱- جابه جایی قطعه در حین 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 برمی گیرد.

۲- استفاده از رو بنده‌های پله‌ای.

۲- انتخاب نادرست ابزار:

بلندی و بیرون زدگی زیاد ابزار از فشنگی:

عیوب:

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

۲- پدید چتر^۱ یا کِرَنجِه شدن سطح

۳- شکستن ابزار

راه حل:

۱- همیشه از ابزار کوتاه‌تر استفاده کنیم. چرا که خم شدن

ابزار کمتر اتفاق می افتد.

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 (مُضَرَس شدن سطح) ۲- فرسایش ابزار ۳- سخت شدن سطح قطعه.

۱- Chatter

نتایج حاصل از پایین بودن دور: ۱- عدم کیفیت سطح ۲- صدمه دیدن ابزار،
 ۳- انبساط حرارتی.
راه حل: ۱- همیشه عده دوران را محاسبه کنید. ۲- از مایع 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.

راه حل:

- 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 نادرست 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.

راه حل:

- 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

راه حل:

۱- آگاهی بیشتر در خصوص سرعت پیشروی مناسب.

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

۷- اعمال روش براده برداری همراه بدون در نظر گرفتن شرایط

عیوب:

۱- شکستن ابزار.

۲- کشیده شدن قطعه زیر ابزار.

راه حل:

۱- قفل کردن جا بجایی های گیره و میز.

۲- گرفتن لقی ها.

۸- جا ماندن آچار بر روی میله کشش:

عیوب:

پرتاب شدن آچار و ایجاد خطر.

راه حل:

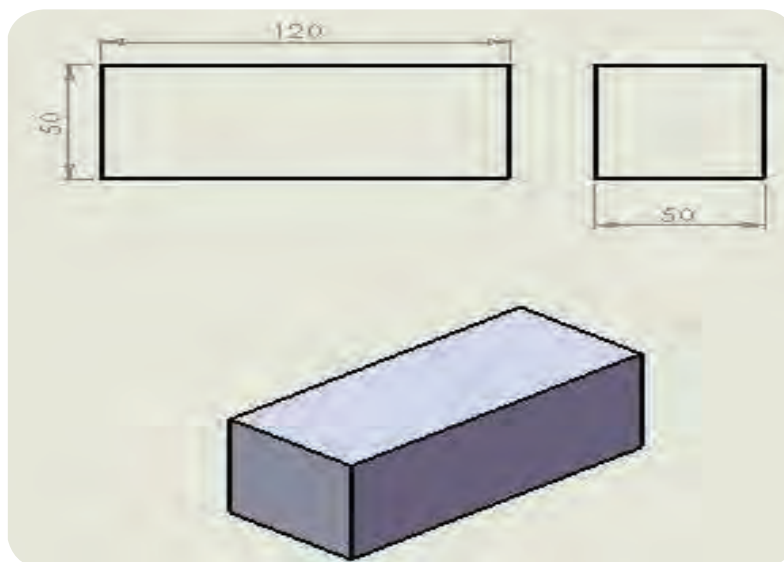
۱- هرگز دست خود را از آچاری که بر روی ماشین است برنداریم.

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

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

کف تراشی

به دلیل اهمیت این واحد کار و زمان مناسب آن، پیشنهاد می شود فعالیت های ردیف ۱ تا ۵ به صورت فردی و یا گروه های با تعداد کمتر صورت پذیرد.



جدول DIN ISO ۷۱۶۸ توالرانس 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 میلی متر	از 3 تا 6 میلی متر	از 6 تا 30 میلی متر	از 30 تا 120 میلی متر	از 120 تا 400 میلی متر
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

شماره کار عملی	شماره واحد کار	جنس ماده ی 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		

جدول تجهیزات و ابزار

تعداد	مشخصات فنی	ابزارهای لازم
۱	افقی، عمودی یا انیورسال	۱- ماشین فرز
۱	متناسب با میله فرزگیر یا کلت	۲- تیغه فرز تیغچه‌دار یا انگشتی یا غلطکی
۱	آچار تخت و آچار آلن	۳- آچارهای باز کردن و بستن
۱	دقت ۰,۰۱ میلیمتر	۴- ساعت اندازه‌گیری یا صفحه صافی

مراحل انجام کار

ردیف	شرح مراحل کار	شکل
۱	طبق نقشه قطعه کار را خط‌کشی کنید.	
۲	تیغه فرز مناسب را انتخاب کرده و بر روی دستگاه فرز ببندید.	
۳	قطعه کار را بر روری میز ماشین، توسط گیره یا روبنده محکم کنید	

	<p>تعداد دور تیغه فرز را انتخاب کرده و بر روی دستگاه تنظیم کنید. در این دستور کار مقدار عده دوران را هنر آموز محترم تعیین می کند.</p>	<p>۴</p>
	<p>حرکت دادن میز به طور دستی و کنترل عدم برخورد ابزار با گیره یا روبنده.</p>	<p>۵</p>
	<p>قفل کردن محورهایی که نیاز به جابه جایی آن ها نیست.</p>	<p>۶</p>
	<p>کنترل کردن مخزن آب صابون و سیستم مایع خنک کننده قبل از براده برداری.</p>	<p>۷</p>
	<p>دستگاه فرز را روشن کنید و ابزار را با سطح کار مماس کنید. روشن کردن دستگاه و مماس کردن تیغه فرز با قطعه کار جهت صفر کردن فلکه بار دهی است. (پیشروی میز توسط دست انجام شود.)</p>	<p>۸</p>
	<p>بیرون آوردن تیغه فرز از روی کار و بار دهی و سپس انجام عملیات ماشین کاری. با توجه به مشخص نمودن عمق بار از سطح کار براده برداری کنید. در حین انجام فرایند نکات ایمنی را رعایت کنید.</p>	<p>۹</p>