

فرزکاری

تعریف فرزکاری

ماشین‌های فرز

ماشین فرز افقی

ماشین فرز عمودی

ماشین فرز انیورسال

ماشین فرز کپی تراش

ماشین فرز دروازه‌ای

تیغه فرزها

لوازم بستن تیغه فرزها

لوازم بستن قطعه کار

سرعت برشی

تکنیکهای براده‌برداری در فرزکاری

انواع روش‌های فرزکاری

دستگاه تقسیم

تقسیم مستقیم

تقسیم غیرمستقیم

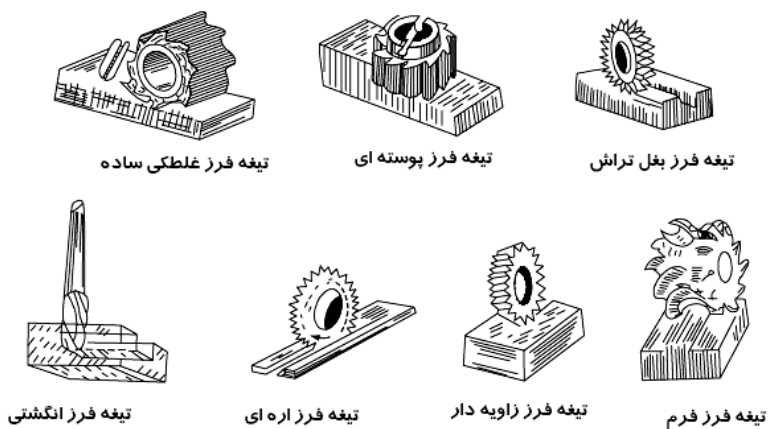
ایمنی در فرزکاری

فرزکاری

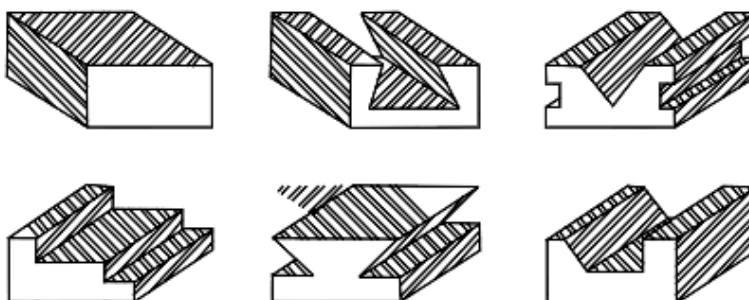
فرزکاری

فرزکاری یکی از مهمترین عملیات براده برداری می باشد. فرزکاری عبارت است از ماشینکاری انواع سطوح خارجی، داخلی و فرم دار و قطعات مختلف و... با استفاده از ابزارهای برشی چند لبه می باشد که در آن ابزار (تیغه فرز) حرکت اصلی (دورانی) را داشته و قطعه کار حرکت های پیشروی و تنظیم بار را انجام می دهد.

فرزکاری بر روی قطعات مسطح و یا بلوکها انجام می شود. برعکس تراشکاری که قطعات استوانه ای توسط آن براده برداری می شود. برای ایجاد شیارها، پاکت ها، بغل زنی، پله تراشی و غیره از فرزکاری استفاده می شود عمل فرزکاری در واقع مکمل تراشکاری می باشد و قطعاتی را که توسط تراش نمی توان ایجاد کرد با استفاده از فرزکاری به راحتی قابل براده برداری می باشند. در شکل زیر تعدادی از قطعاتی که به روش فرزکاری تولید شده اند دیده می شود.



شکل ۱-۵ عملیات فرزکاری



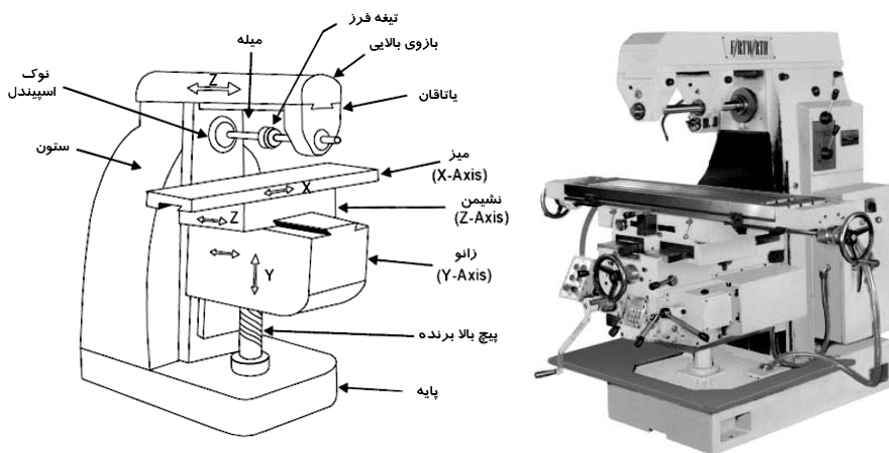
شکل ۲-۳ قطعاتی که توسط فرزکاری تولید می شوند.

ماشین های فرز

همانطور که عمل تراشکاری توسط ماشین های مختلف تراش انجام می شود عمل فرزکاری هم توسط ماشین های مختلف فرزکاری صورت می گیرد. ماشین های فرز در انواع مختلف ساخته می شوند که مهمترین آنها، ماشین های فرز افقی، عمودی، اونیورسال و ماشین های فرز مخصوص از قبیل ماشین های چرخ دنده زنی، کپی تراشی، دروازه ای، CNC و... می باشند که در ادامه، هر یک به طور اختصار توضیح داده می شوند.

ماشین‌های فرز افقی

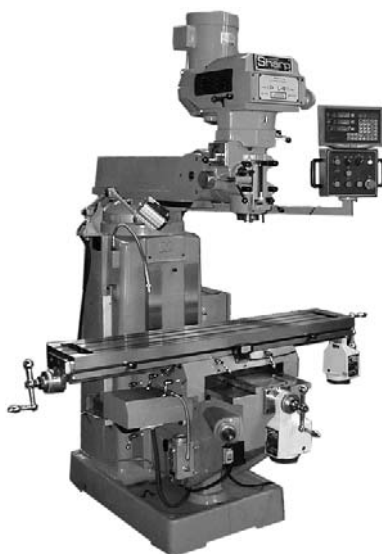
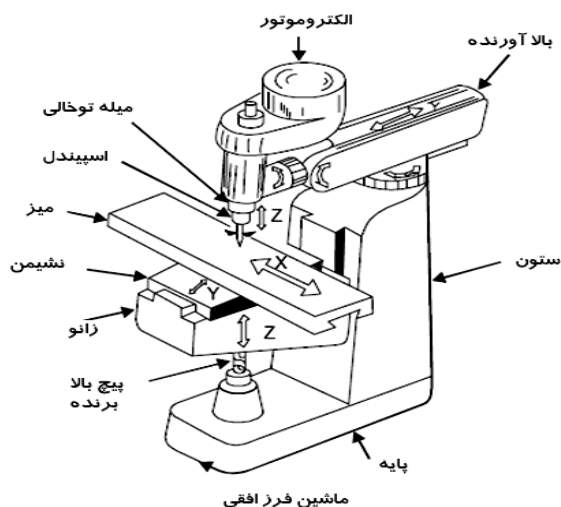
محور اصلی این ماشین‌ها به صورت افقی یا تا قان‌بندی شده و در داخل آن سوراخ مخروطی جهت سوار کردن میل‌ه فرزگیر تعبیه گردیده است. میل‌ه فرزگیر که ابزار برشی (تیغه فرز) در روی آن قرار گرفته و محکم می‌شود از یک طرف توسط پیچ به محور اصلی ماشین متصل شده و از طرف دیگر توسط یاتاقانی که به کمک راهنماهای دم چلچله‌ای در سر ماشین حرکت لغزشی دارد نگهداری می‌شود. محور اصلی حرکت خودش را از جعبه دنده اصلی که دارای دورهای مختلفی است می‌گیرد. این جعبه دنده حرکت خود را از یک الکتروموتور دریافت می‌کند. حرکت پیشروی میز ماشین توسط جعبه دنده پیشروی که حرکت خودش را از الکتروموتور اصلی ماشین و یا از الکتروموتور جداگانه‌ای می‌گیرد تأمین می‌شود. مکانیزم حرکت‌های طولی، عرضی و عمودی معمولاً براساس پیچ و مهره بوده و به طور دستی و اتوماتیک می‌توانند حرکت‌های لازم را انجام دهند. ماشین‌های فرز افقی کاربرد بسیار زیادی دارند و معمولاً برای کف‌تراشی، بغل‌تراشی، شیار و برش و غیره از آنها استفاده می‌شود. تیغه فرزهای مورد استفاده در این نوع ماشین دارای سوراخی در وسط می‌باشند که میل‌ه فرزگیر از سوراخ آن عبور کرده و توسط بوشها از دو طرف محکم می‌شود. شکل شماتیک ماشین فرز افقی در شکل زیر دیده می‌شود.



شکل ۳-۵ ماشین فرز افقی

ماشین‌های فرز عمودی

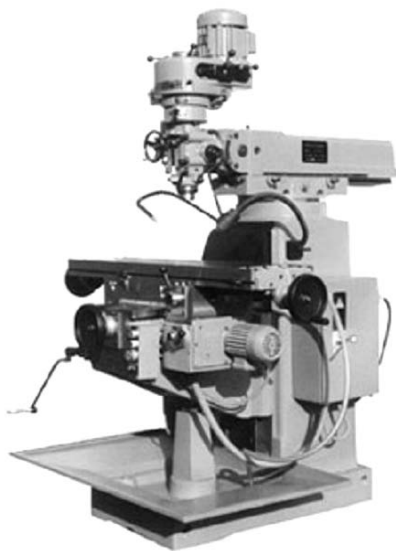
محور اصلی این ماشین‌ها به‌طور قائم بوده و محور فرزگیر توسط پیچ از قسمت مخروطی به روی گله‌گی ماشین بسته می‌شود. از این ماشین‌ها بیشتر برای کارهای پیشانی تراشی، شیار زنی (توسط فرزهای انگشتی) و سوراخکاری و داخل تراشی استفاده می‌شود. شکل ۴-۵ نمای ماشین فرز عمودی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵ ماشین فرز عمودی

ماشین فرز انیورسال

ماشین فرز انیورسال در واقع تلفیقی از ماشین‌های فرز عمودی و افقی می‌باشد که می‌تواند با تنظیم کردن کار هر دو ماشین را انجام دهد. ماشین فرز انیورسال مجهز به یک سری وسایل و دستگاه‌های اضافی بوده (از قبیل میله کار عمودی و افقی) و قادر است عملیات متعددی را انجام دهد و می‌تواند حول محور Z در صفحه افقی بگردد و تحت زوایای مختلفی قرار گیرد. همچنین در اینگونه ماشین‌ها حرکت پیچ‌های میز ماشین از طریق چرخنده‌های تعویضی به دستگاه تقسیم منتقل شده و حرکت دورانی قطعه کار را امکان‌پذیر می‌سازد بدین ترتیب می‌توان علاوه بر کارهای ماشین‌های فرز افقی و عمودی، شیارها، چرخنده‌ها، تیغه فرزها، برقوها و مته‌های مارپیچ و پیچ‌ها و چرخ حلزون را به کمک آن ماشینکاری کرد.

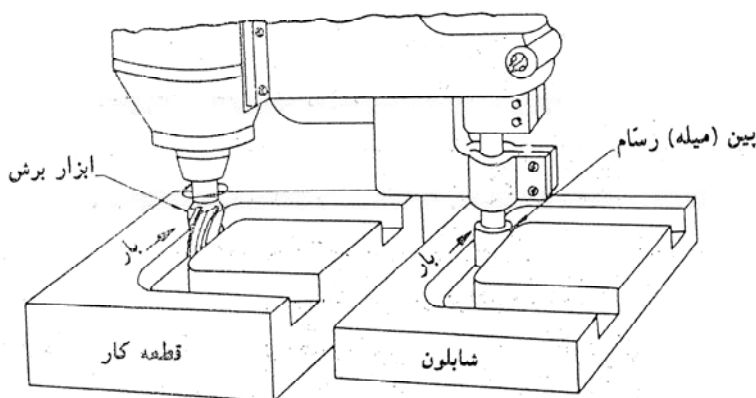


شکل ۵-۵ ماشین فرز انیورسال

ماشین‌های فرز کپی تراش

در نبود ماشین‌های کنترل عددی (CNC) ماشین‌های فرز کپی بسیار کارساز و مورد توجه بودند چرا که می‌توانستند قطعه کار پیچیده‌ای را با دقت بسیار خوبی تولید کنند. همچنین در تولید قطعات به تعداد زیاد جهت کاهش زمان ماشینکاری نیز از ماشین‌های

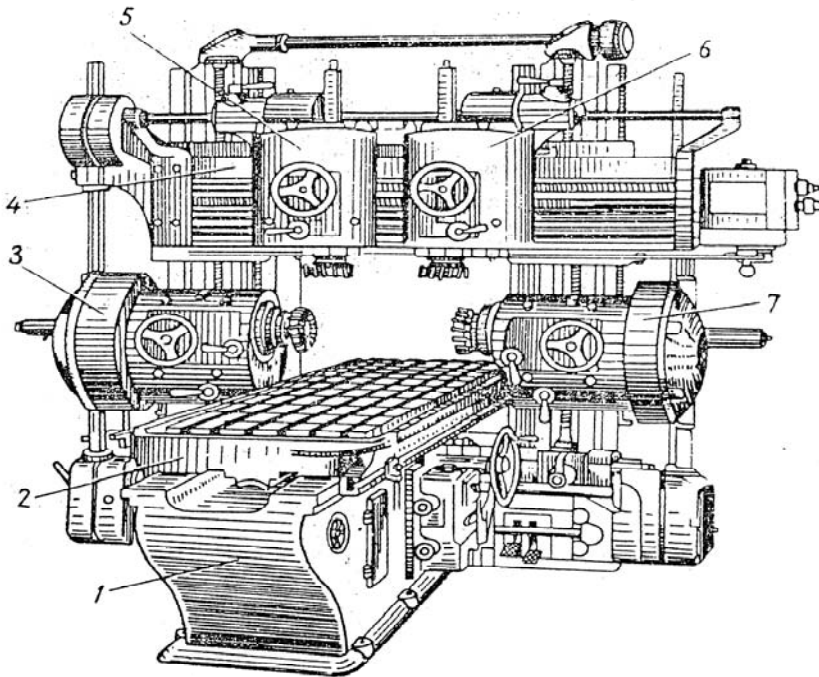
فرز کپی استفاده می‌شود. در ماشین‌های کپی تراشی مکانیزم سیستم کپی تراش ممکن است هیدرولیکی، مکانیکی و یا الکتریکی باشد که در آن ماده خام به یک طرف میز ماشین و قطعه کار نمونه (مدل) به طرف دیگر بسته می‌شود و حرکت توسط رسام (حس کننده) که در روی مدل اصلی قطعه کار حرکت می‌کند به ابزار منتقل می‌گردد و در نتیجه از ماده خام، قطعه کاری مانند مدل ساخته می‌شود. ماشین‌های فرز کپی هنوز هم در بسیاری از مجتمع‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۵-۶ ماشین فرز کپی تراش

ماشین فرز دروازه‌ای

از ماشین‌های فرز دروازه‌ای برای ماشینکاری قطعات سنگین با حجم براده‌برداری زیاد در سری سازی و تولید انبوه استفاده می‌شود. این ماشین‌ها بیشتر در کارخانجات بزرگ صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و کاربرد آنها نسبت به ماشین‌های فرز افقی و عمودی کمتر هست. ماشین‌های فرز دروازه‌ای در واقع جز ماشین‌های مخصوص به حساب می‌آیند که بسته به کاری که در یک شرکت انجام می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این ماشین‌ها قطعه کار به روی میز بسته شده و از میان دروازه‌ای که در طرفین و بالای آن ابزارهای مختلفی قرار می‌گیرد گذشته و ماشینکاری می‌شود.



(۱) بستر ماشین (۲) میز ماشین (۳، ۷) الکترو و مکانیزم باردهی افقی (۵، ۶) الکترو و مکانیزم باردهی عمودی

شکل ۵-۷ ماشین فرز دروازه ای

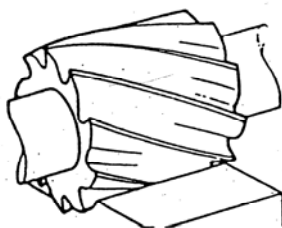
تیغه فرزها

تیغه فرزها ابزارهای براده برداری در ماشین های فرز می باشند که با استفاده از آنها براده برداری انجام شده و از روی قطعه کار براده برداشته می شود. تعداد تیغه فرزها بسیار زیاد است و بسته به کاری که باید انجام دهند تولید شده اند. جنس تیغه فرزها باید سخت تر از جنس قطعه کار باشد و بتوانند در درجه حرارت های بالا مقاوم باشند. جنس اولیه تیغه فرزها از فولاد ابزارسازی بود اما تیغه فرزهایی که از فولاد تند بر ساخته می شوند متداول ترین نوع تیغه ها هستند که در صنعت به منظور صرفه جویی در هزینه از آن استفاده می شود. در جنس این فولادها علاوه بر آهن و کربن، عناصری مانند وانادیم، مولیبدن، تنگستن و کروم به میزان زیاد آلیاژ شده، از این رو قدرت تحمل و برش زیاد دارد و تا ۶۰۰ درجه حرارت را می تواند تحمل کند. نوع دیگر فولاد

آلیاژی که آلیاژ فولاد و کربن فولفرام و کبالت به نام HSS است و تا حدود ۹۰۰ درجه توانایی تحمل در مقابل حرارت را دارد. همان‌طور که گفته شد تیغه فرزها انواع بسیار زیادی دارند اما تعدادی از آنها که کاربریشان زیاد می‌باشد در پایین توضیح داده می‌شود.

تیغه فرز غلطکی (cylindrical cutter)

این تیغ فرزها استوانه‌ای شکل بوده و دارای یکسری دندانه راست و یا مارپیچی در محیط خود می‌باشند و از آنها برای فرزکاری سطوح تخت استفاده می‌گردد. همان‌طور که گفته شد سطوحی که با تیغه فرزهای غلطکی مارپیچی ماشینکاری می‌شوند صاف‌تر و یکنواخت‌تر از سطوحی است که با تیغ فرزهای دنده مستقیم فرزکاری می‌شوند. زیرا تیغه فرز مارپیچی در شروع کار (هنگام درگیر شدن با قطعه) تولید ضربه نمی‌کند از تیغ فرزهای با تعداد دنده نسبتاً کم و زاویه مارپیچ بزرگ (جهت کاهش نیروی محوری) که دنده درشت نامیده می‌شوند برای خشن کاری استفاده می‌گردد. این تیغه فرزها در هنگام کار تولید نیروی محوری می‌کنند لذا باید یا تا قانبدی خوبی شوند تا نیروی محوری حذف گردد.

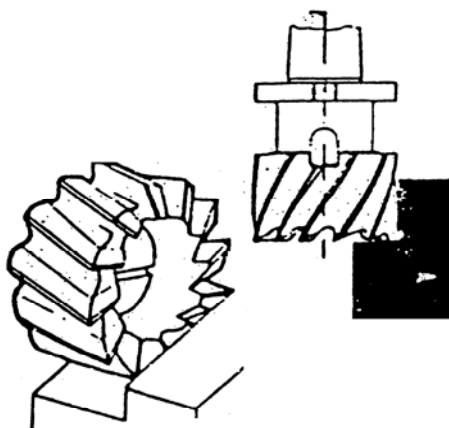


شکل ۵-۸ تیغه فرز غلطکی

تیغه فرز پیشانی تراش (shell end – milling cutter)

این تیغه فرز به شکل استوانه بوده و در محیط و پیشانی آن لبه‌های برنده وجود دارند و قطر آنها معمولاً مابین ۴۰-۱۶۰ میلی‌متر می‌باشد و از آنها برای فرزکاری سطوح هموار و پله‌ها استفاده می‌گردد. سرعت براده‌برداری متوسط این تیغه فرز در حدود ۲۰ درصد بیشتر از تیغه فرز غلطکی می‌باشد. سطوح ماشینکاری شده نسبت به فرزکاری با تیغه

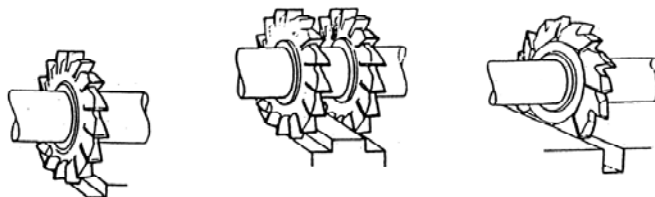
فرزهای غلطکی صاف‌تر می‌باشد زیرا تیغ فرزهای پیشانی تراشی لنگی محیطی را به سطح برش منتقل نمی‌کنند.



شکل ۹-۵ تیغه فرز پیشانی تراش

تیغه فرز شیار تراش (side-and-face cutter)

تیغه فرزها در محیط و دوپیشانی دارای لبه‌های برنده می‌باشند و برای ماشینکاری شیارها و جای خارها از آنها استفاده می‌شود. اگر دو عدد از این تیغه فرزها با هم روی فرز بسته شود آن را فرزکاری هم زمان (straddle) گویند. این تیغ فرزها در قطرهای عرض‌های متنوع تا قطر ۲۰۰mm و عرض ۳۲mm ساخته می‌شوند. تیغه فرز شیارتراش و برش راپولکی نیز می‌گویند.

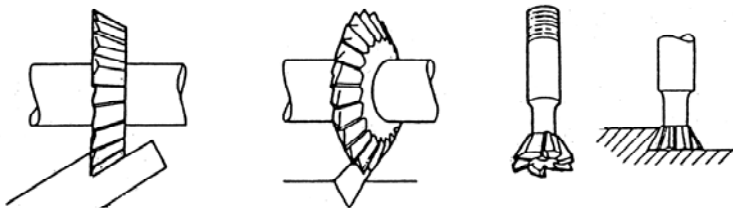


شکل ۱۰-۵ تیغه فرز شیار تراش

تیغه فرز زاویه‌دار (angle-milling cutter)

لبه برنده این تیغه فرزها در یک طرف و یا دو طرف آن دارای زاویه می‌باشند و از آنها

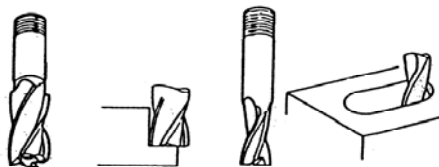
برای ایجاد سطوح و شیارهای ۷ و دم چلچله‌ای شکل استفاده می‌شود. تیغه فرزهای زاویه دار یک طرفه در زوایای ۶۰ الی ۸۵ (با نمو ۵ تایی) و دو طرفه ۴۵، ۶۰، ۹۰ درجه ساخته می‌شوند. در صورت نیاز قبل از استفاده از تیغه فرزهای زاویه دار با تیغ فرز انگشتی آن را خشن کاری می‌کنند.



شکل ۱۱-۵ تیغه فرز زاویه دار

تیغه فرز انگشتی (end-milling cutter)

این تیغه فرزها در محیط و پیشانی دارای لبه‌های مارپیچی و راست بوده و برای کارهای سبک مانند شیار تراشی، پله، جای خار و... استفاده می‌شوند. این تیغه فرزها دارای دنباله استوانه‌ای و یا مخروطی بوده و آنها را توسط سه نظام و یا کلاhek به محور اصلی ماشین سوار می‌کنند. در تیغه فرزهای راست بر مارپیچی راست برای اینکه در اثر نیروی محور از کله‌گی ماشین جدا نشود آنها توسط پیچ به محور اصلی محکم می‌کنند. توسط تیغه فرزهای دو لبه که مثل مته هستند برای ایجاد سوراخ و شکاف استفاده می‌گردد.

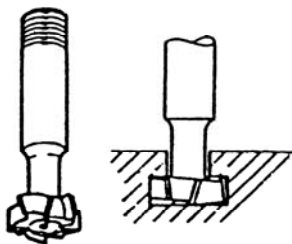


شکل ۱۲-۵ تیغه فرز انگشتی

تیغه فرز شیار تراش T شکل (tee-slot-cutter)

این تیغه فرز در پیشانی و محیط دارای لبه برنده بوده و برای ایجاد شیارهای T شکل

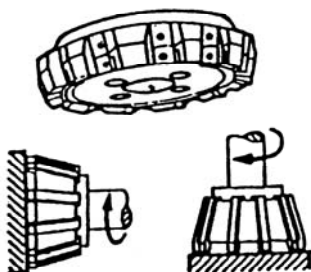
در قطعات صنعتی به کار می‌روند و برای اینکه ارتعاش را کمتر کنند لبه‌های برنده به صورت متوالی چپ و راست می‌باشد.



شکل ۱۳-۵ تیغه فرز شیار تراش

تیغه فرز تیغه‌دار

از این تیغه فرزها برای سطوح بزرگ استفاده می‌شود. جنس تیغه‌ها ممکن است از HSS و یا کاربیدی (الماسه) باشد. قابل تعویض بودن تیغه‌ها سبب می‌شود هزینه ماشینکاری کمتر گردد. این ابزارها از قطرهای ۱۰۰-۴۵۰ میلی‌متر در دسترس بوده و توان مصرفی گاه‌به‌گاه ۷۵ کیلو وات می‌رسد. در این روش تغییرات نیروی وارده نسبت به فرزکاری محیطی کمتر و به‌طور هم‌زمان تعداد لبه‌های بیشتری با قطعه کار در گیر بوده و در نتیجه صافی سطح قطعه کار بهتر و حجم براده‌برداری بیشتر می‌شود.

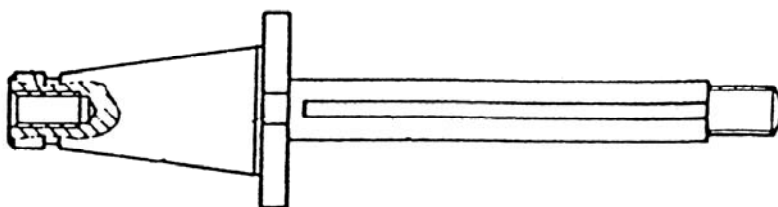


شکل ۱۴-۵ تیغه فرز تیغه‌دار

لوازم بستن تیغه فرزها

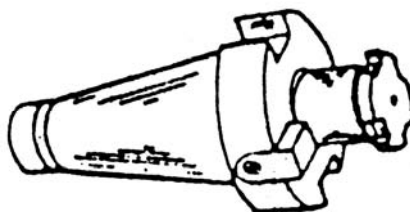
برای بستن تیغه فرزهای مختلف به محور اصلی ماشین‌های فرز از انواع میله فرزگیرها

استفاده می‌گردد. دنباله میله فرزگیرها را به منظور سوار کردن در سوراخ مخروطی محور اصلی ماشین فرز به فرم مخروطی می‌سازند. دنباله مخروطی میله فرزگیرها در دو نوع با نسبت مخروطی زیاد و یا با نسبت مخروطی کم (۱:۲۰) ساخته می‌شوند. میله فرزگیرها را به‌طور کلی می‌توان به دو نوع دو طرفه و یک طرفه تقسیم نمود. میله فرزگیرهای دو طرفه برای بستن تیغه فرزهای سوراخ دار روی ماشین‌های فرز افقی به‌کار می‌روند.



شکل ۱۵-۵ میله فرزگیر دو طرفه

میله فرزگیرهای یک طرفه معمولاً برای بستن تیغه فرزهای پیشانی تراش، انگشتی و پولکی در محور اصلی ماشین‌های فرز عمودی و یا افقی به‌کار می‌روند. این میله فرزگیرها دارای خار طولی و یا پیشانی می‌باشند که برحسب نوع جای خار تیغه فرز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

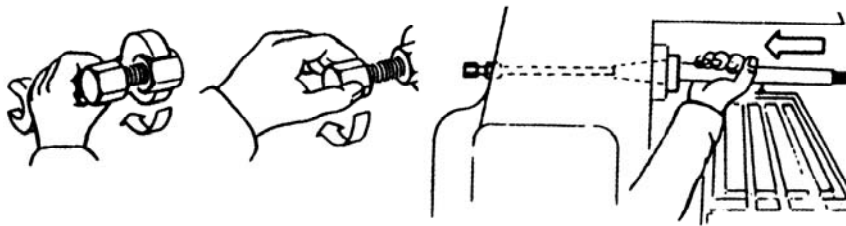


شکل ۱۶-۵ میله فرز یک طرفه

سوار کردن میله فرزگیرها

برای سوار کردن میله فرزگیرهای دو طرفه ابتدا قسمت مخروطی میله فرزگیر و همچنین سوراخ مخروطی محور ماشین را تمیز کرده سپس با دقت دنباله میله فرزگیر را در داخل سوراخ مخروطی به نحوی قرار می‌دهند که شکاف میله فرزگیر در زبانه

مربوطه به خود روی محور ماشین قرار گیرد (شکل ۱۷-۵ الف...) سپس با پیچاندن پیچ کشش میله فرزگیر، دندانهای آن را با دندانهای میله فرزگیر در گیر می‌کنند (شکل ۱۷-۵ ب.) حال با سفت کردن مهره، میله فرزگیر به طرف سوراخ مخروطی کشیده شده و در اثر اصطکاک در آن محکم می‌شود. (شکل ۱۷-۵ ج)



شکل ج

شکل ب

شکل الف

شکل ۱۷-۵ روش سوار کردن میله فرزگیرها

بستن تیغه فرزها

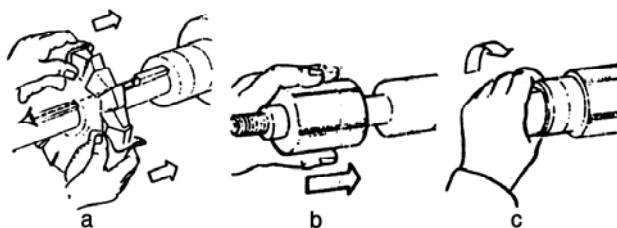
تیغه فرزها بایستی روی میله فرزگیرها به نحوی مطمئن و محکم بسته شوند، که بدون لنگی گردش کنند. در غیر این صورت لبه برنده دندانهای آنها به سختی سائیده شده و عمر آنها کم می‌گردد. علاوه بر این روی سطح کار موج‌های ناموزونی ایجاد خواهد شد. لذا لازم است که در بستن تیغه فرزها نهایت دقت را به کار برد. برای سوار کردن تیغه فرزهای سوراخدار، برحسب مورد می‌توان از میله فرزگیرهای یکطرفه و یا دو طرفه کمک گرفت. تیغه فرزهای پیشانی تراشی را روی میله فرزگیرهای یک طرفه سوار می‌کنند. برای این منظور ابتدا میله فرزگیر را روی سوراخ مخروطی محور اصلی ماشین فرز سوار کرده و سپس تیغه فرز را با پارچه‌ای در دست گرفته و بر روی میله فرزگیر به نحوی سوار می‌کنند که جای خار تیغه فرز در امتداد خار میله فرز قرار گیرد (شکل ۱۸-۵ الف) حال با یک دست تیغه فرز را گرفته و با دست دیگر پیچ نگهدارنده را روی سوراخ قلاویز شده میله فرزگیر می‌پیچانند (شکل ۱۸-۵ ب) و در خاتمه به کمک آچار مخصوص، پیچ نگهدارنده را کاملاً محکم می‌کنند. (شکل ۱۸-۵ ج)



شکل ۱۸-۵ روش بستن تیغه فرزاها

لازم به ذکر است که در موقع سفت کردن پیچ، برای جلوگیری از گردش بایستی محور ماشین را قفل کرده و یا ماشین را روی تعداد دور حداقل قرار داد. تیغه فرزهای غلطکی و پولکی را روی میله فرزگیرهای دو طرفه سوار می‌کنند. برای این منظور پس از سوار کردن میله فرزگیر روی محور افقی ماشین به ترتیب زیر عمل می‌شود:

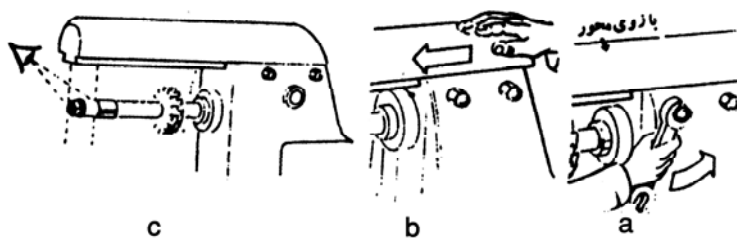
۱. محل استقرار تیغه فرز را تعیین کرده و تعدادی از بوش‌ها را روی میله فرزگیر سوار می‌کنند. سپس خار مورد نظر را روی جای خار میله فرزگیر به نحوی سوار می‌کنند که با جای خار بوش آخری درگیر باشد. حال تیغه فرز را با پارچه ای در دست گرفته و آن را به آرامی روی میله فرزگیر به جلو رانده و روی خار سوار می‌کنند. سپس بقیه بوش‌ها را روی میله فرزگیر سوار نموده و بوش ثابت را به نحوی روی میله فرزگیر قرار می‌دهند که پیچ انتهایی میله فرزگیر از انتهای بوش خارج بماند. بالاخره مهره میله فرزگیر را با دست محکم می‌کنند.



شکل ۱۹-۵ بستن تیغه فرزاها

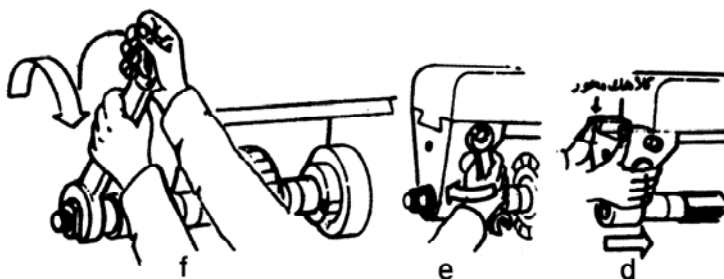
۲. مهره‌های بازوی یاتاقان گیر را شل کرده و آن را به کمک دست جلو می‌رانند

به نحوی که انتهای آن از بوش ثابت بگذرد.



شکل ۲۰-۵ بستن تیغه فرزها

حال یاتاقان سر میله فرز گیر را پس از روغن کاری روی بازوی یاتاقان گیر به نحوی سوار می کنند که سوراخ آن روی بوش ثابت قرار گیرد. اینک مهره مربوط به تثبیت یاتاقان و همچنین مهره های بازوی یاتاقان گیر و بالاخره مهره انتهای فرز گیر را به کمک آچار تختی محکم می کنند.



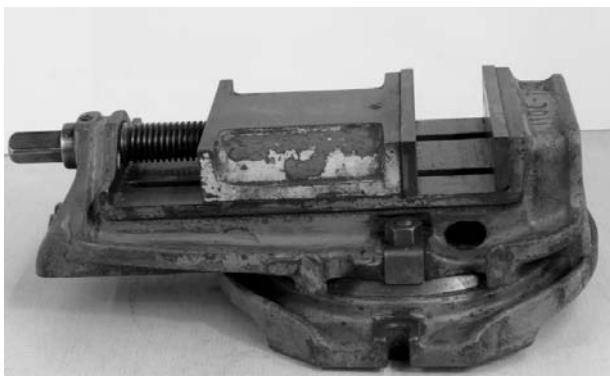
شکل ۲۱-۵ بستن تیغه فرزها

۳. تیغه فرز را از نظر لنگی کنترل می کنند. لازم به تذکر است که تیغه فرزها می توانند حداکثر تا ۰/۵ میلی متر لنگی داشته باشند. برای کنترل از ساعت اندازه گیر استفاده کرده و میله فرز گیر را به وسیله دست و در جهت عکس برش می گردانند.

لوازم بستن قطعه کار

قطعه کار بایستی به طور مطمئن و محکم بسته شود. در غیر این صورت قطعه کار ضمن فرزکاری ایجاد لرزش کرده و تغییر مکان پیدا خواهد کرد و در مواقعی نیز به دلیل وجود نیروهای برشی زیاد از جا کنده شده و خطرهای پیش بینی نشده ای را باعث خواهد شد.

برای بستن قطعات کوچک از گیره‌های ماشینی و دستگاه‌های تقسیم استفاده می‌شود. دستگاه‌های تقسیم بیشتر در دنده زنی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در قسمت‌های بعدی توضیح داده خواهد شد. اما گیره‌ها مهم‌ترین وسایلی هستند که در فرزکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای بستن قطعه کار در روی گیره، گیره را در روی میز ماشین قرار داده و توسط شیارهایی که در روی میز وجود دارد به وسیله پیچ‌های مخصوص آن در روی میز محکم می‌کنند. سپس قطعه کار را روی گیره بسته و عمل فرزکاری را انجام می‌دهند. انواع گیره‌ها بسیار زیاد می‌باشند که از جمله آنها به گیره‌های معمولی، انیورسال و گیره‌های مغناطیسی می‌توان اشاره کرد.



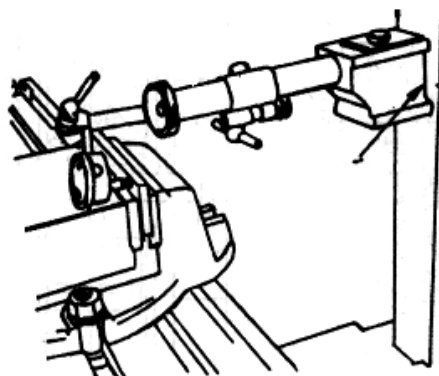
شکل ۲۲-۵ گیره برای بستن قطعه کار

بستن و گونیا کردن گیره روی ماشین

برای بستن گیره ابتدا گیره را روی میز ماشین فرز گذاشته و پیچ‌های محکم‌کننده آن را تا اندازه‌ای سفت می‌کنیم و سپس ساعت اندیکاتور با پایه مغناطیسی را به بدنه عمودی فرز چسبانده و نوک ساعت اندیکاتور را به فک ثابت گیره مماس کرده و میز طولی به صورت طولی جابجا می‌کنیم تا اختلاف اندازه مشخص شود و با جابجایی اندازه مشخص شده گیره را گونیا کرده و پیچ‌های گیره را محکم می‌کنیم.

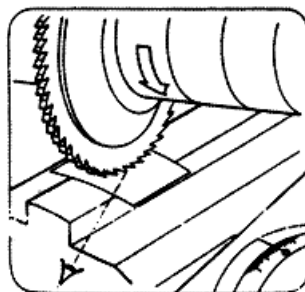
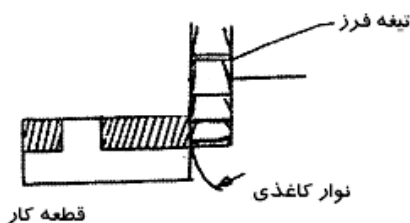
مماس کردن تیغه فرز با قطعه کار

برای مماس کردن تیغه فرز را روی قطعه کار آورده (شکل ۲۴-۵) و یک نوار کاغذی تهیه کرده و آن را طوری بگیرید که سر آزاد آن بین تیغه فرز و قطعه کار قرار گیرد. میز را



شکل ۲۳-۵ گونیا کردن گیره

آنقدر بالا بیاورید که تیغه فرز کاغذ را از دست شما بکشد. بعد در آن حالت نگه دارید و ورنیه دسته میز فرز را روی عدد صفر تنظیم کرده و بعد از این کار تیغه فرز را که به فاصله‌ای از قطعه بوده به مقدار لازم میز را بالا بیاورید و بار دهید. با استفاده از نوار کاغذی همچنین می‌توان تیغه فرز بغل تراش را هم روی قطعه کار مماس کرد. که برای آن بهتر است از یک کاغذ دراز استفاده شود تا انگشتها دورتر قرار بگیرند. سپس تیغه فرز یا میز را به اندازه مجموع ضخامت کاغذ و فاصله مطلوب حرکت می‌دهیم و در این صورت مماس انجام خواهد شد.



شکل ۲۴-۵ مماس کردن تیغه فرز

تعیین پارامترهای مهم ماشینکاری در عملیات فرزکاری

برای اینکه عملیات فرزکاری با راندمان ایده‌آل به عمل آید لازم است پارامترهای برش (width of cut)، عمق برش (depth of cut) و سرعت برش و سرعت پیشروی به‌طور

مناسب انتخاب گردد. در ادامه هر یک مختصراً توضیح داده می‌شود.

عرض و عمق برش (width and depth of cut)

عرض برش برابر عرض سطحی است که ماشین‌کاری می‌گردد و عمق برش ضخامت لایه‌ای است که در یک مرحله از روی فلز برداشته می‌شود. عمق بار به اختلاف ضخامت تمام شده و قطعه خام بستگی دارد و اگر از یک حدی بیشتر باشد عمق بار در چند مرحله داده می‌شود معمولاً مقدار عمق بار در مرحله آخر کم بوده و اصطلاحاً به پرداخت کاری معروف می‌باشد.

سرعت برشی: سرعت برشی عبارت است از سرعت محیطی لبه برنده ابزار در روی قطعه کار و برابر مسافتی است که نوک ابزار در یک دقیقه می‌پیماید و برحسب متر بر دقیقه بیان می‌گردد. اگر سرعت برشی از حد مجاز تجاوز کند باعث خراب شدن ماشین و ابزار شده و موجب کند شدن سریع ابزار و جدا شدن قطعه کار از گیره می‌گردد. مقدار مناسب سرعت برشی در جدولهای تکنولوژیکی سازندگان ابزار پیشنهاد می‌گردد. بین سرعت با قطر ابزار و دور آن رابطه زیر برقرار می‌باشد.

$$V = \frac{D \times \pi \times N}{1000}$$

$$V = \frac{D \times \pi \times N}{1000}$$

V : سرعت برشی (m/min)

n : دور ابزار (rpm)

D : قطر ابزار (mm)

مثال: اگر دور ابزار در فرزکاری ۱۴۰ rpm و قطر ابزار ۱۰۰ mm باشد سرعت

برشی را پیدا کنید.

$$v = \frac{D \times \pi \times N}{1000} = \frac{3.14 \times 100 \times 140}{1000} = \frac{m}{min}$$

سرعت پیشروی (feed)

در ماشین‌های فرز سرعت پیشروی در جهت طولی و یا عرضی و عمودی به صورت دستی و اتوماتیک اعمال می‌گردد. سه نوع سرعت پیشروی عبارتند از:

سرعت پیشروی در دقیقه (feed per minute): (s)

سرعت پیشروی به ازاء یک دور ابزار (feed per revolution n): (S_n)

سرعت پیشروی به ازاء یک لبه برنده (feed per tooth): (S_{tooth})

$$S = S_n \times n \left(\frac{mm}{min} \right)$$

$$S = S_{tooth} \times z \left(\frac{mm}{rev} \right)$$

$$S_{tooth} = \frac{S}{Z} = \frac{S}{n \times Z} \left(\frac{mm}{tooth} \right)$$

تکنیکهای براده برداری در فرز کاری

در فرآیند فرزکاری دو روش متداول مورد استفاده قرار می گیرد:

۱. فرزکاری موافق

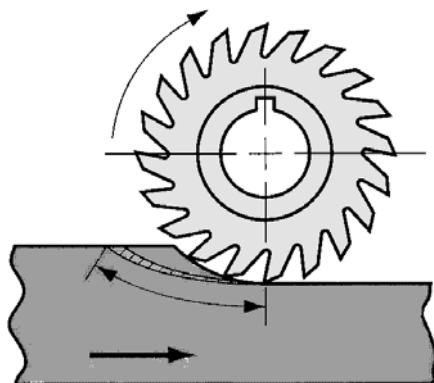
۲. فرزکاری مخالف

فرزکاری مخالف: در فرزکاری مخالف وقتی که قطعه کار زیر تیغه فرز قرار می گیرد جهت پیشروی قطعه کار با مولفه ی سرعت خطی لبه ابزار (تیغه فرز) که در اثر دوران ابزار به وجود می آید یکسان نیست. شکل ۲۵-۵ و دندانه های تیغه فرز در پایین ترین سطح با قطعه کار در گیر شده و درگیری لبه ابزار با قطعه کار تا لحظه خارج شدن از قطعه کار به تدریج بیشتر می شود و رفته رفته بر ضخامت براده افزوده می شود. در این روش جهت اعمال لقی مابین پیچ و مهره بعد از خارج شدن هر کدام از لبه های ابزار از درگیری با قطعه کار عوض نمی شود و لذا احتمال شکستن ابزار یا خراب شدن قطعه کار ناشی از زیاد بودن لقی بین پیچ و مهره و کشیده شدن قطعه کار به زیر ابزار منتقی است و همچنین توان مصرفی ماشین به تدریج زیاد می شود.

از معایب این روش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

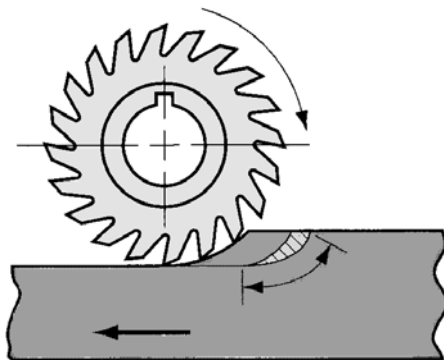
۱. گرایش ابزار به بلند کردن قطعه کار از روی میز ماشین

۲. افزایش توان مصرفی ماشین، به جهت این که حرکت ابزار با قطعه کار مخالف هم هستند لذا نیروی اضافی علاوه بر نیروی برش برای غلبه بر نیروی پیشروی لازم است.



شکل ۲۵-۵ فرزکاری مخالف

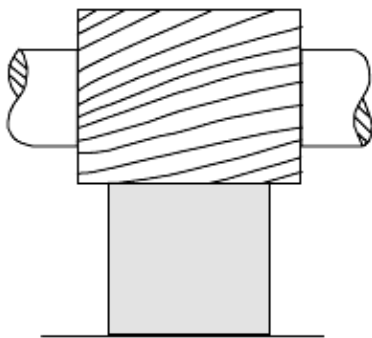
فرزکاری موافق: در این روش هر کدام از دندانه‌های تیغه فرز از بالاترین سطح با قطعه کار درگیر می‌شوند و براده‌برداری با بیشترین ضخامت شروع شده و در هنگام خروج از قطعه کار عمق بار به صفر میل می‌کند. به علت اینکه جهت حرکت میز با مؤلفه خطی سرعت در لبه ابزار در حال چرخش یکسان است لذا توان مصرفی در این روش کاهش خواهد یافت. در مقایسه با روش قبلی هیچ توان اضافی برای غلبه بر نیروی پیشروی میز وجود ندارد. علاوه بر آن جهت چرخش ابزار و نوع درگیری آن با قطعه کار به نگهداری قطعه کار بر روی میز ماشین کمک می‌کند و مانع پرتاب شدن آن به بیرون از سطح میز ماشین می‌گردد. به علت متفاوت بودن نحوه درگیری و خروج ابزار در حالت موافق و مخالف صافی سطح تمام شده در روش موافق بهتر از روش مخالف بوده و سایش ابزار در روش مخالف بیشتر است.



شکل ۲۶-۵ فرزکاری موافق

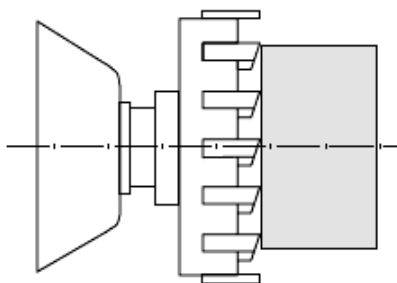
انواع روش‌های فرزکاری

۱. فرزکاری ساده: در این عمل قطعه کار بر روی ماشین فرز افقی بسته می‌شود و با استفاده از تیغه فرز غلطکی براده‌برداری بر روی آن انجام می‌شود.



شکل ۲۷-۵ فرزکاری ساده

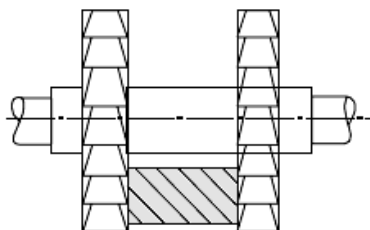
۲. فرزکاری پیشانی: در این روش که منحصرآکار پیشانی تراشی انجام می‌شود تیغه فرز مخصوص پیشانی تراشی بر روی ماشین فرز عمودی و یا افقی (در هنگام پیشانی تراشی توسط ماشین فرز افقی باید از میله فرز گیر یک طرفه استفاده کرد) بسته می‌شود و کار براده‌برداری انجام می‌شود.



شکل ۲۸-۵ فرزکاری پیشانی

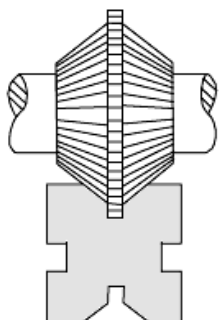
۳. بغل تراشی: در این روش که با استفاده از تیغه فرزهای بغل‌زنی انجام می‌شود، تیغه فرز از بغل به قطعه کار مماس می‌شود و براده‌برداری انجام می‌شود. بعضی مواقع برای بغل‌زنی می‌توان از دو تیغه فرز همزمان (تیغه فرز مرکب) استفاده

کرد. هدف از بغل تراشی ایجاد سطح صاف در سطوح کناری قطعه کار می‌باشد



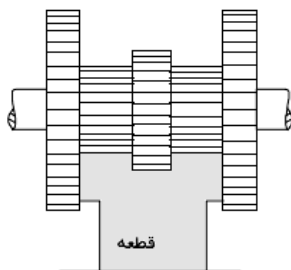
شکل ۲۹-۵ بغل تراشی

۴. فرزکاری زاویه دار: برای ایجاد اشکال V شکل و یا زوایای مختلف بر روی قطعه کار و یا ایجاد زاویه بر روی یکی از سطوح، تیغه فرز زاویه دار را بر روی ماشین می‌بندند و زاویه مورد نظر را ایجاد می‌کنند.



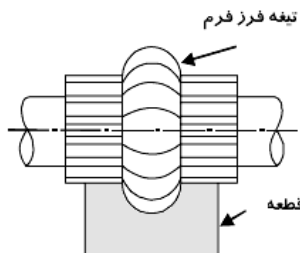
شکل ۳۰-۵ فرزکاری زاویه دار

۵. فرزکاری مرکب: در بعضی مواقع برای فرزکاری با راندمان بالا از چند نوع تیغه فرز استفاده می‌کنند و همزمان براده‌برداری توسط این تیغه‌ها انجام می‌شود.



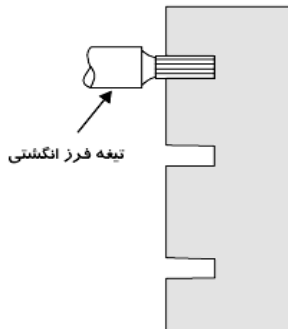
شکل ۳۱-۵ فرزکاری مرکب

۶. فرزکاری فرم: برای ایجاد سطوح فرم دار و دایروی و منحنی از تیغه فرزهای فرم استفاده می کنند و سطح مورد نظر را ایجاد می کنند.



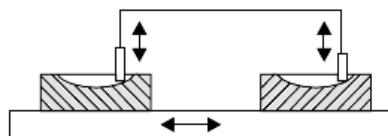
شکل ۳۲-۵ فرزکاری فرم

۷. فرزکاری با استفاده از انگشتی: برای فرزکاری پاکت‌ها شیارها و سطوح صاف تیغه فرز انگشتی یکی از پرکاربردترین تیغه فرزها می باشد. که با استفاده از آن این نوع عملیات انجام می شود.



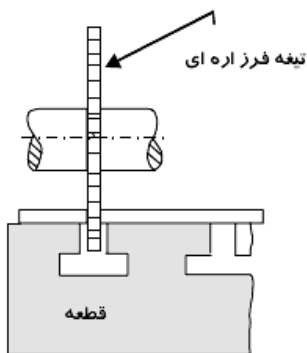
شکل ۳۳-۵ فرزکاری با استفاده از انگشتی

۸. کپی تراشی: در این روش همانطور که پیشتر گفته شد با استفاده از دستگاه فرز کپی تراش یک پروفیل بر روی یک قطعه کار از طریق سنسورهای مخصوص منتقل شده و کپی می شود.



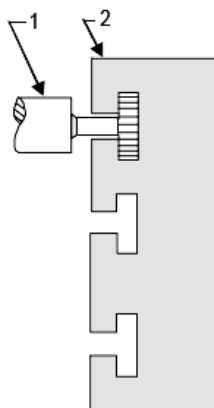
شکل ۳۴-۵ کپی تراش

۹. برش با استفاده از فرزکاری: در این روش تیغه فرز اهر ای بر روی قطعه کار بسته می شود این تیغه فرز ضخامت بسیار نازکی دارد و برای بریدن قطعات کار مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۳۵-۵ تیغه فرز اهر ای

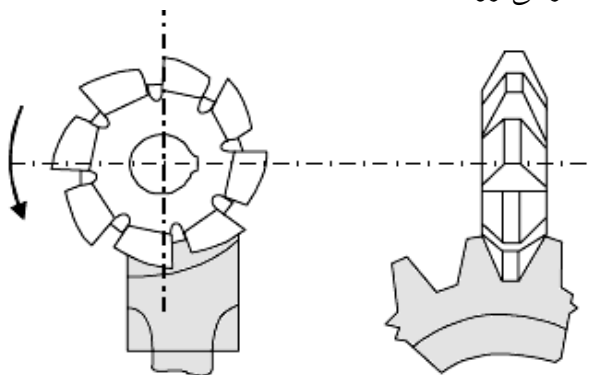
۱۰. فرزکاری شیار T شکل: با توجه به اینکه شیارهای T شکل کاربردهای زیادی در صنعت دارند لذا تیغه فرزهای مخصوص وجود دارند که می توانند این نوع شیارها را ایجاد کنند.



شکل ۳۶-۵ فرزکاری شیار تراش

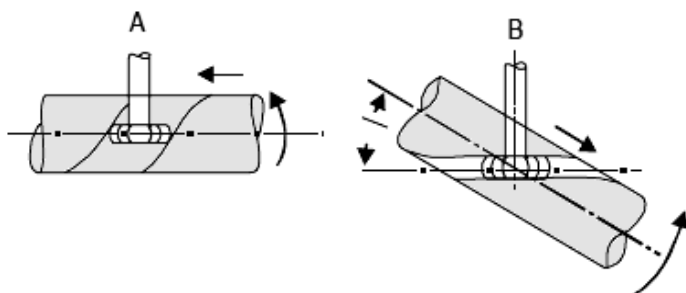
۱۱. دنده زنی: برای دنده تراشی از تیغه فرزهای مدولی استفاده می شود که این نوع تیغه فرزها با منحنی دنده ها مطابقت دارند و به صورت استاندارد ساخته می شوند و

برای دنده زنی به کار می روند.



شکل ۳۷-۵ دنده زنی

۱۲. **مارپیچ زنی:** با استفاده از دستگاه تقسیم بر روی ماشین‌های فرز می‌توان شیارهای مارپیچی ایجاد کرد مثلاً مت‌ها، برقوها و غیره با استفاده از ماشین فرز امکان پذیر است.



شکل ۲۸-۵ مارپیچ زنی

دستگاه تقسیم (dividing head)

برای تقسیم دقیق محیط قطعات استوانه‌ای در تقسیمات مشخص و دلخواه مانند فرزکاری چرخنده‌ها، ایجاد شیار و سوراخ در محیط قطعه کار و برخی عملیات دیگر از دستگاه تقسیم استفاده می‌شود. دستگاه تقسیم بر روی میز ماشین بسته می‌شود. مهم‌ترین قسمت‌های آن صفحه سوراخدار، پیچ حلزون و چرخ حلزون می‌باشند. با حرکت دادن صفحه سوراخدار پیچ حلزون حرکت دورانی کرده و حرکت آن از طریق

مثال: محیط قطعه ای را می خواهیم به ۸ قسمت تقسیم کنیم مطلوب است تعداد تقسیمات دستگاه به روش مستقیم

$$n = \frac{16}{8} = 2$$

تقسیم غیرمستقیم

در اکثر کارگاه های صنعتی و قطعه سازی از دستگاه تقسیم اونیورسال (مستقیم و غیرمستقیم) که اجزای اصلی آن پیچ حلزون و چرخ دنده حلزون (با نسبت تبدیل 1:40 یا 1:160) می باشد استفاده می شود. حرکت دسته دستگاه تقسیم از طریق پیچ حلزون یکراهه به چرخ دنده حلزونی (۴۰ یا ۶۰ دندانه) که هم محور با قطعه کار می باشد منتقل می شود. اگر $i=40$ به ازاء گردش یک دور کامل دسته تقسیم که به پیچ حلزون متصل می باشد، قطعه کار (که هم محور با چرخ دنده حلزونی می باشد) به اندازه $\frac{1}{40}$ دور خواهد چرخید و به ازاء چهل دور دسته تقسیم قطعه کار یکدور کامل خواهد زد بنابراین مقدار گردش دسته تقسیم برابر خواهد بود با:

$$n_k = \frac{40}{T} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3}$$

$$i = \frac{n_k}{n_w} = \frac{z}{k} = \frac{40}{1} = 40 \quad \text{نسبت دستگاه تقسیم}$$

$$n_w = \frac{1}{T} \rightarrow n_k = \frac{40}{T}$$

n_k : دور دسته تقسیم به ازاء هر یک از تقسیمات n_w : دور قطعه کار به ازاء هر یک از تقسیمات

Z : تعداد دندانه چرخ حلزون k : تعداد راه های پیچ حلزون

T : تعداد تقسیمات محیط کار i : نسبت تبدیل دستگاه تقسیم

مثال: مقدار گردش دسته دستگاه تقسیمی را که نسبت انتقال حرکت آن

$i = \frac{140}{1}$ است برای فرزکاری یک چرخ دنده 60 دنده ای حساب کرده و روش کار را شرح دهید:

$$n_k = \frac{40}{T} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3}$$

چون مقدار گردش دسته تقسیم عدد صحیحی نیست برای تشخیص و انجام دقیق مقدار گردش دسته تقسیم به اندازه $\frac{2}{3}$ دور از صفحه سوراخدار استفاده می‌شود. صفحه سوراخدار صفحه‌ای است مدور که در روی دایره‌های متحد‌المرکز آن سوراخهایی با فواصل معینی وجود دارد. و هر دستگاه تقسیم ممکن است دارای سه صفحه سوراخدار هر کدام با شش ردیف سوراخ به صورت زیر باشد.

صفحه سوراخدار شماره یک: دارای سوراخ‌های 15,16,17,18,19,20

صفحه سوراخدار شماره دو: دارای سوراخ‌های 21,23,27,29,31,33

صفحه سوراخدار شماره سه: دارای سوراخ‌های 37,39,41,43,47,49

برای انجام حرکتهایی که کسری از یک دور داشته باشد صورت و مخرج کسر را در عدد مناسب طوری ضرب می‌کنیم که به تعداد عدد مخرج کسر روی صفحه سوراخ دار، ردیف سوراخ داشته باشیم مثلاً

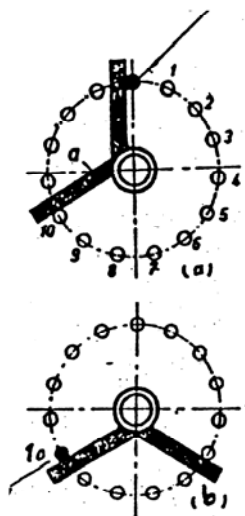
$$n_k = \frac{2}{3} = \frac{2 \times 5}{3 \times 5} = \frac{10}{15}$$

صفحه سوراخدار شماره یک دارای ردیف سوراخ ۱۵ تایی می‌باشد بنابراین برای

دوران دسته تقسیم به اندازه $\frac{2}{3}$ دور صفحه سوراخدار شماره یک را روی دستگاه سوار کرده و بازوهای قیچی را به اندازه یازده سوراخ (ده فاصله) نسبت به هم باز کرده و توسط پین ضامن دسته، دستگاه را تنظیم می‌کنیم.

کافی است پس از ماشینکاری هر شیار ضامن دسته را کشیده و به اندازه فاصله دو بازوی قیچی آن را چرخانده و در سوراخ مربوطه قرار داد و سپس قیچی را روی صفحه دوران داده و بازوی اولی آن را با پین دسته مماس کرد (شکل‌های ۳۱a-۵ و

(۵-۳۱b)



شکل ۳۱-۵ صفحه تقسیم

مثال: مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم با نسبت $i = \frac{40}{1}$ را برای فرزکاری چرخدنده ۱۲۰ دندانه ای حساب کنید:

$$n_k = \frac{40}{T} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} = \frac{13}{39}$$

بایستی از صفحه شماره ۳ و از ردیف سوراخ ۳۹ تایی استفاده نمود و بازوهای قیچی را به فاصله ۱۴ سوراخ (۱۳ فاصله) تنظیم نمود و به ازاء هر تقسیم باندازه ۱۳ فاصله دسته را دوران داد.

مثال: برای تراشیدن یک چرخدنده ۳۲ دندانه ای مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را حساب کنید: ($i = 40$)

$$n_k = \frac{40}{T} = \frac{40}{32} = \frac{5}{4} = 1\frac{1}{4} = 1\frac{4}{16}$$

پس برای اجرای تقسیمات بایستی بازاء هر تقسیم (دنده) دسته تقسیم به اندازه یک دور کامل باضافه ۴ فاصله روی ردیف ۱۶ سوراخی حرکت کند.

مثال: مطلوبست محاسبه مقدار گردش دسته تقسیم برای تراش چرخدنده ای که دارای ۵۷ دندانه باشد:

$$n_k = \frac{40}{T} = \frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19} = \frac{21+19}{3 \times 19} = \frac{21}{3 \times 19} + \frac{19}{3 \times 19} = \frac{7}{19} + \frac{7}{21}$$

هرگاه مخرج کسر عددی باشد که در ردیف سوراخ‌های صفحه تقسیم موجود نبوده، ولی قابل تجزیه به دو عدد می‌باشد که جمع و یا تفاضل مضربی از آنها در صورت کسر ۴۰ باشد در این صورت می‌توان آن را به دو کسر تجزیه نموده و از سوراخ‌های دو ردیف متفاوت استفاده کرد. به‌طوریکه در مثال بالا مشاهده می‌گردد مقدار چرخش دسته تقسیم تابع دو ردیف سوراخ ۲۱، ۱۹ بوده لذا ابتدا در ردیف ۱۹ سوراخ به اندازه ۷ فاصله دسته را دوران داده و سپس در ردیف ۲۱ سوراخ به اندازه ۷ فاصله دسته را در همان جهت دوران می‌دهیم.

ایمنی در فرزکاری

در فرزکاری نیز همچون سایر ماشین‌های براده‌برداری اول باید به نکات ایمنی توجه کرد. چرا که عدم آگاهی از نکات ایمنی ممکن است باعث بوجود آمدن خسارات جانی در کارگاه می‌گردد:

۱. بستن و باز کردن قطعه کار را فقط در حالت توقف ماشین انجام دهید.
۲. در هنگام سوار کردن تجهیزات و قسمت‌های تعویضی ماشین، کلید اصلی آن را حتما در وضعیت قطع جریان برق قرار دهید.
۳. اندازه‌گیری و کنترل را فقط در حالت خاموشی ماشین انجام دهید.
۴. محدود کننده‌های حرکت خودکار میز ماشین را در محل‌هائی تنظیم کنید که در صورت غفلت، امکان ایجاد آسیب به ماشین وجود نداشته باشد.
۵. از نزدیک کردن دست به تیغه فرز در حال گردش جدا خودداری نموده و در این حال حتی اقدام به دور کردن براده‌ها از سطح کار نیز ننمائید.
۶. از قرار دادن وسایل اندازه‌گیری، چکش و سایر وسایل اضافی در روی میز ماشین جدا پرهیز کنید.