



Namatek
True Education

Modern Cutting Tools

www.namatek.com

مرجع ابزارهای برشی مدرن

فهرست مطالب

۱. معرفی تکنولوژی براده برداری
۲. انواع عملیات براده برداری
۳. پارامترهای انتخاب ابزار برشی
۴. قابلیت ماشینکاری
۵. ابزارهای سنتی از جنس فولاد تندبر
۶. ابزارهای برشی مدرن از دیدگاه متريال
۷. ابزارهای مدرن تراشکاری
۸. ابزارهای مدرن فرزکاری
۹. ابزارهای مدرن سوراخکاری
۱۰. ابزارگیرها
۱۱. سیستم های مدرن گیرش
۱۲. رشته مرتبط و بازار کار

مهم‌ترین و تاثیرگذارترین عامل در نگارش مقاله مرجع ابزارهای برشی مدرن این بود که ساخت و تولید به روش ماشینکاری یکی از متداول‌ترین و پر کاربردترین روش‌های ساخت قطعات می‌باشد.

در واقع با توجه به رقابت شدید در صنعت ساخت و تولید و همچنین گران قیمت بودن ماشین‌های ابزار CNC، تولید کننده ای موفق خواهد بود که محصولی با کیفیت بالاتر، در زمان کمتر و با قیمت مناسب به بازار عرضه کند.

طبق تحقیقات انجام شده در کشورهای صنعتی، هزینه ابزار حدود ۳ درصد قیمت تمام شده قطعات را تشکیل می‌دهد.

بنابراین ما اگر شناخت کافی از ابزارهای مدرن برشی داشته باشیم، می‌توانیم با انتخاب ابزار مناسب و تنظیم صحیح پارامترهای وابسته به آن، با بالا بردن سرعت تولید، قیمت تمام شده قطعه را به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش دهیم.

این بالا بردن سرعت تولید، از طریق پارامترهای مرتبط با ابزارهای برش، حتی اگر باعث کاهش عمر ابزار شود، باز هم صرفه اقتصادی دارد.

بنابراین می‌توان دریافت که داشتن اطلاعات کافی در خصوص ابزارهای مدرن برشی و پارامترهای وابسته به آن تاثیر شگرفی در افزایش راندمان تولید دارد.

ما در مقاله مرجع ابزارهای برشی مدرن قصد داریم شما را با دنیای ابزارهای برشی و پارامترهای وابسته به آن در فرآیند تولید آشنا کنیم. در ادامه مقاله مرجع ابزارهای برشی مدرن همراه ما باشید.

معرفی تکنولوژی براده برداری



همیشه استانداردها منابع خوب و قابل اعتمادی برای مطالعه هستند پس اجازه دهید آغاز بحث ما با استاندارد DIN ۸۵۸۹ باشد. استاندارد DIN ۸۵۸۹ به تقسیم بندی روش‌های تولید پرداخته است. یکی از روش‌های تولید که استاندارد از آن نام برده، روش جداسازی است. در این روش با جداسازی بخش‌هایی از یک قطعه خام، قطعه جدیدی ساخته می‌شود.

روش جداسازی، به دو دسته کلی تقسیم بندی می‌شود.

- بار برداری بدون تشکیل براده (Chipless metal removal)
- براده برداری (Chip removal)

بار برداری بدون تشکیل براده

در روش بار برداری بدون تشکیل براده، بخش‌هایی از مواد از روی قطعه کار جدا می‌شوند؛ اما این بخش‌های جدا شده به شکل براده (Chip) نیستند، بلکه بسیار ظریف‌تر از براده هستند.

در ضمن در این روش ابزار به صورت مستقیم با قطعه کار در تماس نخواهد بود.

مهم‌ترین متدهای بار برداری بدون تشکیل براده عبارتند از:

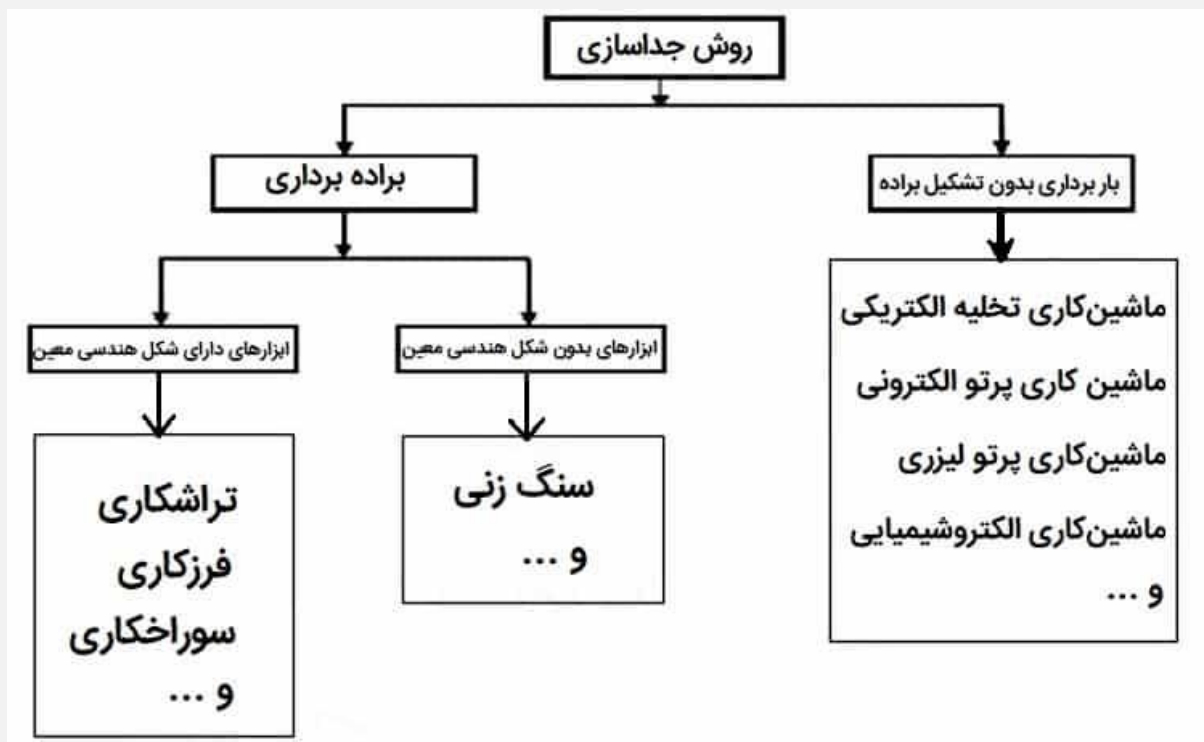
- ماشینکاری تخلیه الکتریکی (Electrical discharge machining)
- ماشینکاری پرتو الکترونی (Electron Beam Machining)
- ماشینکاری پرتو لیزری (Laser beam machining)
- ماشینکاری الکتروشیمیایی (Electrochemical machining)

براده برداری

در روش براده برداری، ابزار به صورت مستقیم و مکانیکی با قطعه کار درگیر می‌شود و با سرعت معینی بخش‌هایی از مواد قطعه کار را به شکل براده (Chip) در آورده و از قطعه کار جدا می‌کند.

روش براده برداری، برحسب ابزار مورد استفاده در این روش به دو دسته کلی تقسیم بندی می‌شود:

- Geometry Undefined Tools: ابزارهای به کار رفته در این روش از نظر هندسی شکل معینی ندارند. (مانند: سنگ زنی)
- Geometry Defined Tools: ابزارهای به کار رفته در این روش از نظر هندسی شکل معینی دارند. (مانند: تراشکاری)



ما در این مقاله به مطالعه براده برداری با ابزارهایی که شکل هندسی معین دارند، خواهیم پرداخت.

انواع عملیات براده برداری

یکی از بهترین روش‌های حل یک مسئله بزرگ، تقسیم آن مسئله به چندین مسئله کوچک و سپس حل مسائل کوچک است.

بنابراین برای شناخت بهتر براده برداری به وسیله ابزارهای با شکل هندسی معین، آن‌ها را به سه دسته کلی تقسیم بندی می‌کنیم.

مبنای این تقسیم بندی، نوع حرکت قطعه کار و ابزار می‌باشد.

۱. عملیات هایی که طی آن قطعه کار دوران دارد.

۲. انواع عملیاتی که طی آن ابزار دوران دارد.

۳. عملیات هایی که طی آن ابزار حرکت خطی دارد.

به آن دسته از عملیاتی که طی آن قطعه کار در حال دوران است، تراشکاری (Turning) می‌گویند.

روتراشی، داخل تراشی، رزوه کاری، شیارزنی و برش جزء عملیات تراشکاری می‌باشند.

دسته دوم که در آن ابزار حرکت دورانی دارد شامل: فرزکاری، بورینگ، مته کاری، برقو کاری و قلاویز کاری می‌باشد.

البته گاهی اوقات هر سه عملیات مته کاری، برقوکاری و قلاویزکاری، چون بهم وابسته هستند، تحت عنوان Drilling یا Hole Making (سوراخ کاری) مطرح می‌شوند.

نکته جالب در خصوص این سه عملیات این است که می‌توان این عملیات ها را به وسیله ماشین تراش هم انجام داد.

البته به شرطی این کار شدنی است که محور سوراخی که می‌خواهد ایجاد شود یا برقو و قلاویز بخورد، منطبق بر محور چرخش قطعه کار باشد.

دسته سوم یعنی عملیات هایی که ابزار حرکت خطی می‌کند، شامل عملیات هایی مانند: صفحه تراشی و خانکشی می‌باشد.

صفحه تراشی عملیاتی قدیمی است که به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. خانکشی برای ساخت جای خارها کاربرد دارد و هنوز هم استفاده زیادی از این عملیات می‌شود.

پارامترهای انتخاب ابزار برشی

همان طور که در اول مقاله گفته شد، انتخاب ابزار مناسب یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری است.

حال سوال اصلی این است که چگونه یک ابزار مناسب انتخاب کنیم؟ یا به عبارت بهتر، معیار انتخاب ابزار مناسب چیست؟ در این بخش از مرجع ابزارهای برشی مدرن به جواب این سوالات مهم خواهیم پرداخت. قطعاً توجه به سه پارامتر مهم زیر، در هنگام انتخاب ابزار برشی، می‌تواند منجر به انتخابی مناسب و افزایش بهره‌وری شود. این سه پارامتر مهم و اساسی عبارتند از:

- جنس (متریال) ابزار

- هندسه ابزار

- پارامترهای برش

در ادامه مرجع ابزارهای برشی مدرن به بررسی هر یک از این سه پارامتر می‌پردازیم.

جنس ابزار برشی (Cutting Tools Material)

برای انتخاب یک ابزار با جنس مناسب باید به پارامترهای زیر توجه ویژه کرد:

- سختی (Hardness)

- گرم سختی (Red Hardness)

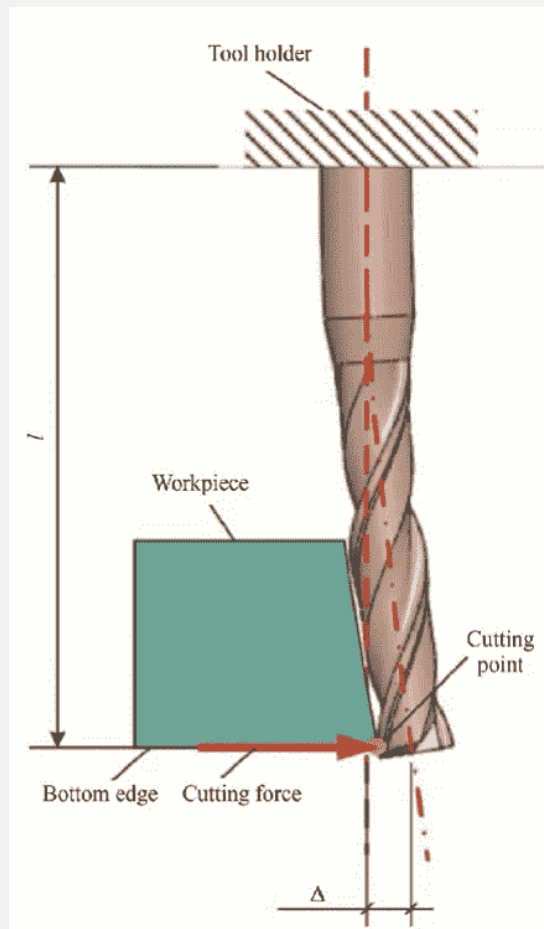
- چقرمگی (Toughness)

- مدول الاستیسیته یا مدول یانگ (Elastic Modulus)

- ضریب انبساط حرارتی (Thermal expansion)

سختی: مهم‌ترین عامل در انتخاب جنس ابزار، سختی می‌باشد. سختی ماده را می‌توان به دو صورت زیر تعریف کرد:

- میزان مقاومت ماده در برابر تغییر فرم دائمی، تحت نیروی خارجی.
 - میزان مقاومت ماده در برابر سایش.
- به طور کلی می‌توان گفت سختی ابزار باید حدود ۲ یا ۳ برابر قطعه کار باشد.
- گرم سختی:** به سختی ماده در دماهای بالا (دمای سرخ شدن)، گرم سختی می‌گویند.
- در هنگام ماشینکاری موادی که گرمای زیادی تولید می‌کنند (مانند فولادها)، این خصوصیات ابزار بسیار مهم و با اهمیت می‌شود.
- چقرمگی:** این خصوصیت دقیقاً نقطه مقابل سختی است. چقرمگی، میزان انرژی لازم برای رسیدن یک جسم به نقطه **شکست** (Rupture) می‌باشد. می‌توان چقرمگی را مقاومت در برابر ضربه و چکش خواری نیز تعبیر کرد. هرگاه ابزار در هنگام برش با سطحی ناپیوسته (یا توأم با ضربه) رو به رو باشد، باید از ابزاری با چقرمگی بالا استفاده کرد.
- مدول الاستیسیته:** به زاویه منحنی تغییرات **تنش** و **کرنش** در محدوده الاستیک، مدول الاستیسیته یا مدول یانگ می‌گویند. مدول الاستیسیته برای هر فلز مقدار ثابتی است. فلزاتی که دارای مدول الاستیسیته بزرگتری هستند، در مقابل نیروهای وارده تغییر فرم کمتری نشان خواهند داد. این ویژگی ماده تاثیر به سزایی در میزان پس زدن (Deflection) ابزار، هنگام عملیات ماشینکاری خواهد داشت.



ضریب انبساط حرارتی: به افزایش حجم مواد وقتی در معرض حرارت قرار می‌گیرند، ضریب انبساط حرارتی گفته می‌شود. هر چقدر این ضریب کمتر باشد، بهتر است، زیرا در دماهای بالا ابزار، کمتر منبسط می‌شود و دقت بیشتری خواهد داشت.

هندسه ابزار برشی (Cutting Tools Geometry)

دو بخش مهم در هندسه ابزارهای برشی وجود دارند:

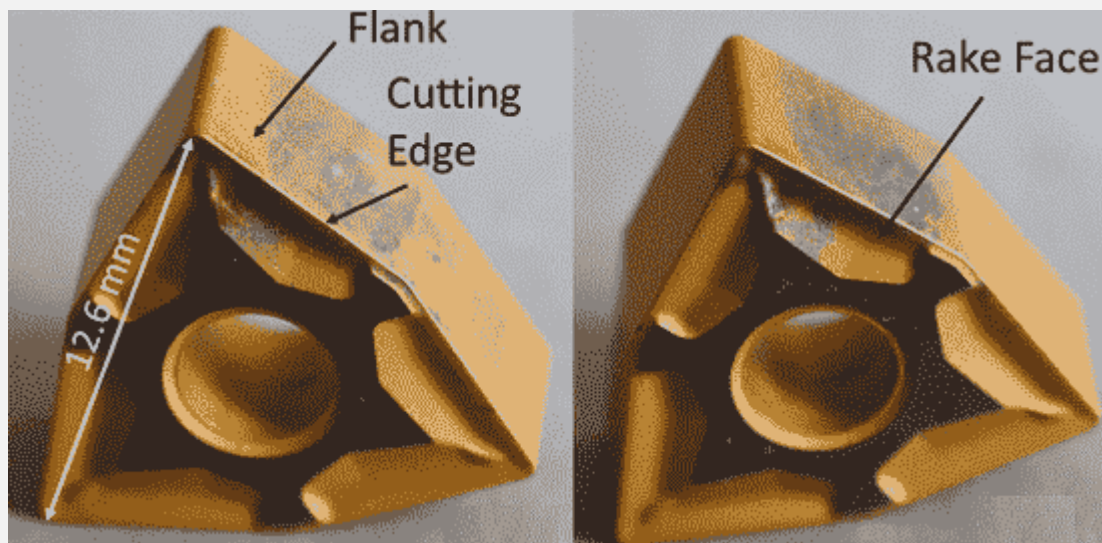
- بخش اول: سطوح اصلی
- بخش دوم: زوایا

سطوح اصلی در ابزارهای برشی: باید بدانید که عنصر اصلی برش در ابزارهای برشی، گُوه (Wedge) می‌باشد.

هر ابزار برشی، دارای حداقل یک گوه می‌باشد و این گوه است که وظیفه نفوذ به داخل قطعه کار را بر عهده دارد.

گوه شامل سه عضو می‌باشد که عبارتند از:

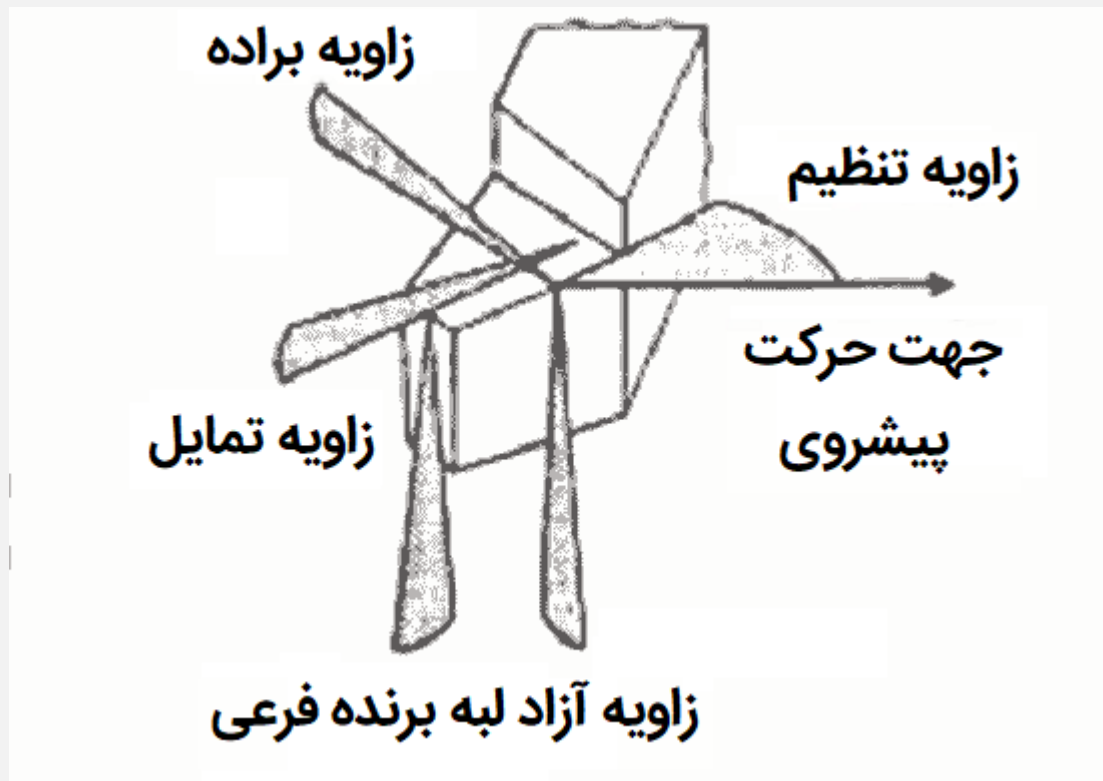
- سطح براده (Rake Face)
- سطح جانبی (Flank)
- لبه برنده (Cutting Edge)



زوایا در ابزارهای برشی: در یک ابزار برشی با توجه به تعداد لبه‌های برنده، زوایای مختلفی ایجاد می‌گردد.

در لیست زیر نام برخی از این زوایا را مشاهده می‌فرمایید:

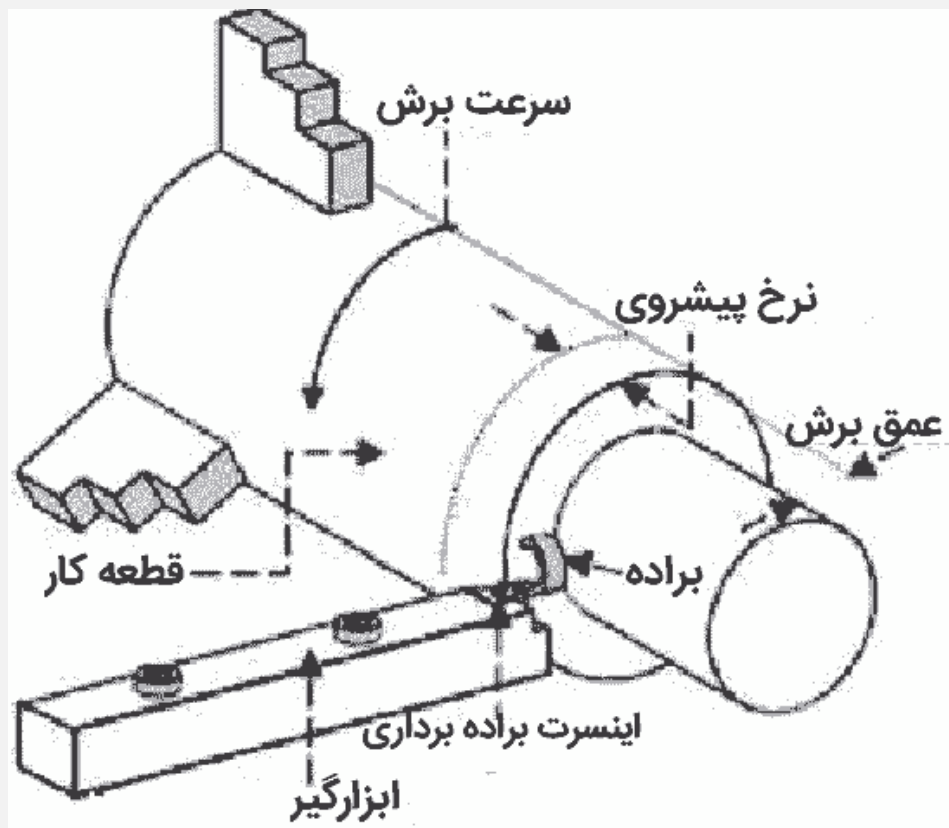
- زاویه براده
- زاویه تنظیم
- زاویه تمایل
- زاویه آزاد اصلی
- زاویه آزاد لبه بنده فرعی



پارامترهای برش (Cutting Data)

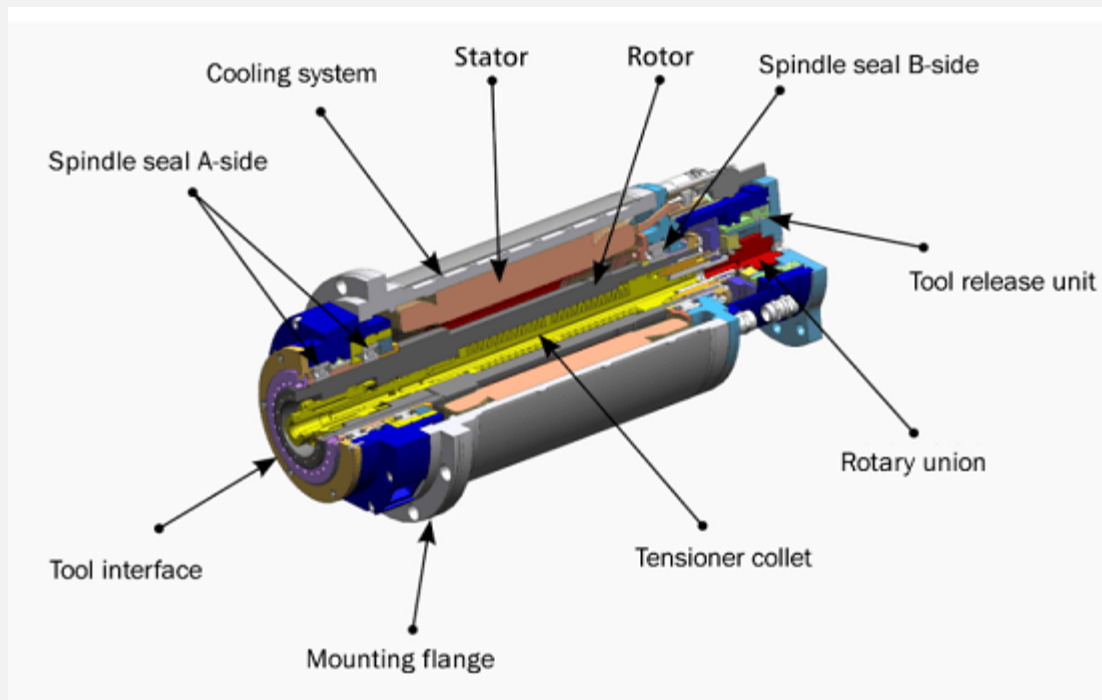
در حقیقت پارامترهای برش نشان دهنده شرایط اجرای برنامه ماشینکاری و شرایط استفاده از ابزارهای برشی در ماشینکاری می‌باشند. در بین پارامترهای برش، سه پارامتر نسبت به سایر پارامترها اهمیت ویژه‌تری دارند. این سه پارامتر عبارتند از:

- سرعت برش (Cutting Speed)
- نرخ پیشروی (Feed Rate)
- عمق برش (Depth of Cut)

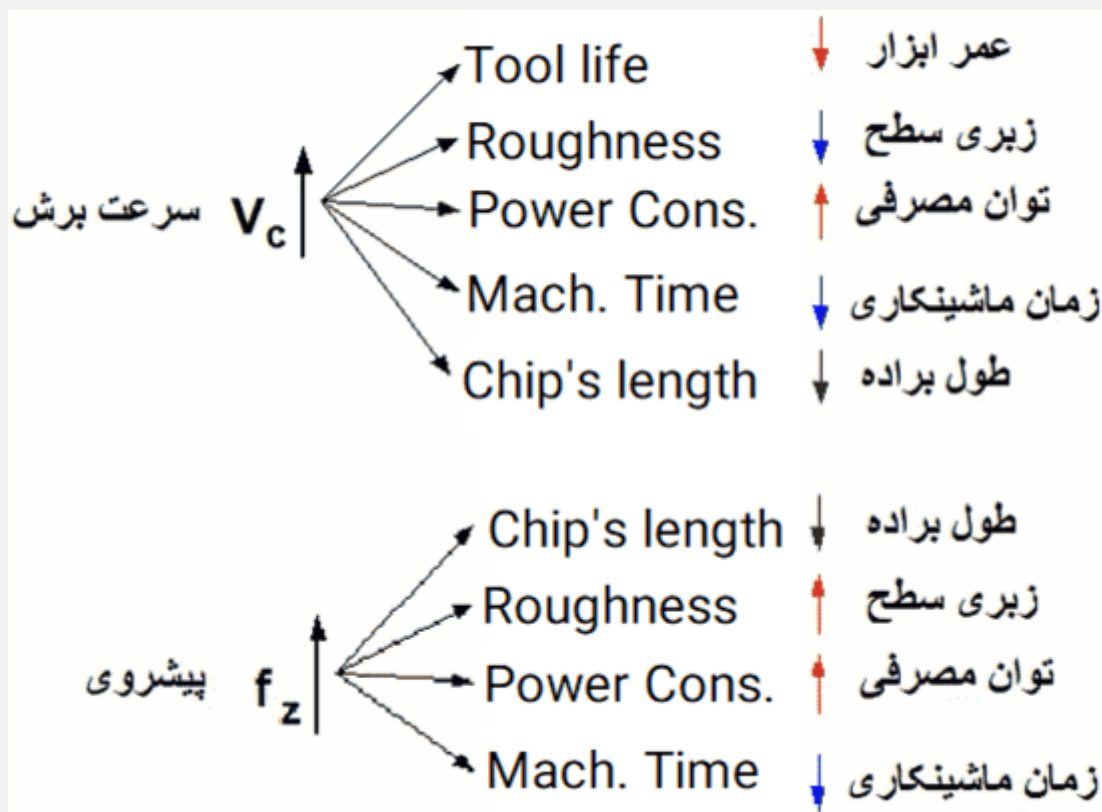


سرعت برش: به سرعت خطی (محیطی) لبه برنده ابزار، نسبت به قطعه کار سرعت برش می‌گویند که مهم‌ترین پارامتر در میان تمامی پارامترهای برشی به حساب می‌آید. نحوه تعیین سرعت برشی مناسب برای هر ابزار، بر اساس اطلاعات و پیشنهادات شرکت سازنده ابزار و با توجه به جنس قطعه کار، جنس (گرید) ابزار و شرایط عملیات انجام می‌شود.

پیشروی: میزان جابجایی ابزار در هر دور چرخش اسپیندل به ازای یک لبه برنده را پیشروی می‌نامند. برای آشنایی بیشتر شما با اسپیندل، در تصویر زیر عکس اسپیندل آورده شده است.



نرخ پیشروی مناسب بر اساس اطلاعات و پیشنهادات شرکت سازنده ابزار، جنس قطعه کار، جنس ابزار، هندسه ابزار و کیفیت سطح مورد نیاز تعیین می‌شود. در تصویر زیر می‌توانید تاثیر افزایش سرعت برش و سرعت پیشروی را به روی سایر پارامترهای ماشینکاری ملاحظه بفرمایید.



عمق برش: میزان نفوذ ابزار به داخل قطعه کار در هر مرحله از برش را عمق برش می‌نامند.

عمق برش مناسب بر اساس شکل هندسی مناسب و حداکثر توان خروجی موتور اسپیندل انتخاب می‌شود. نکته مهم در خصوص عمق برش این است که با افزایش عمق برش، میزان پس زدن ابزار افزایش خواهد یافت و در نتیجه دقت عملیات کم می‌شود.

به عنوان نتیجه گیری نهایی در تصویر زیر می‌توانید تاثیر افزایش سرعت برش، سرعت پیشروی و عمق برش را بر روی عمر ابزار، توان مصرفی، کیفیت سطح و زمان تولید ملاحظه کنید.

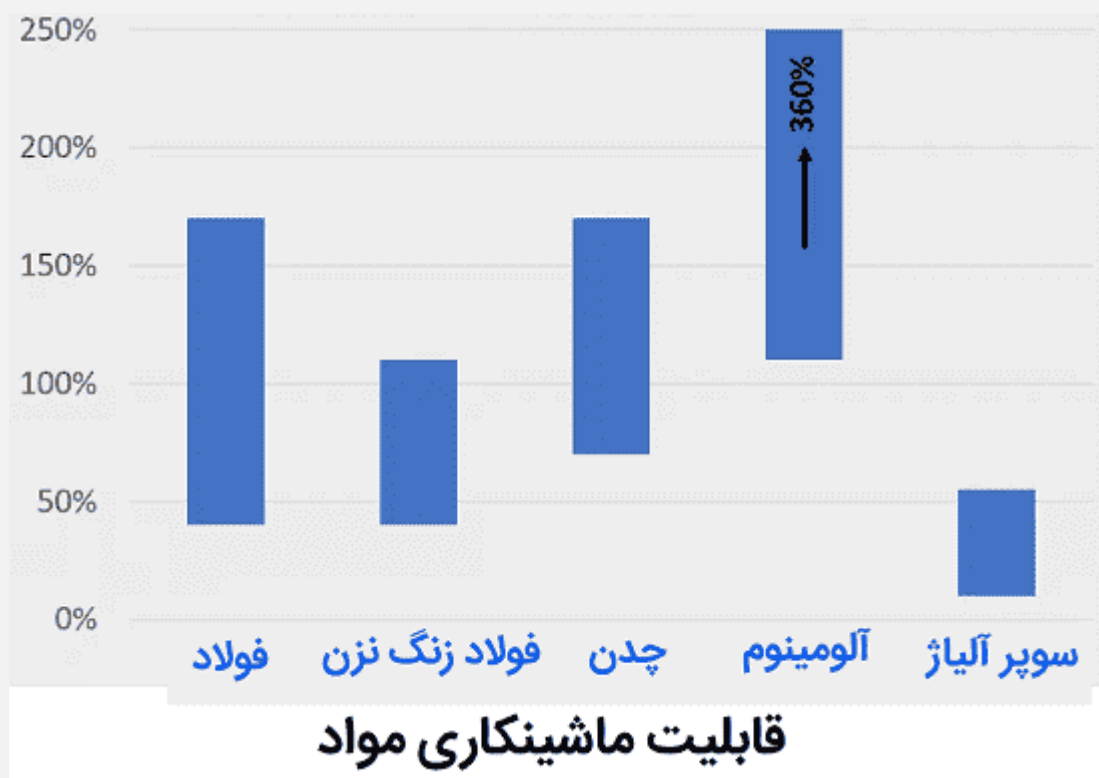
زمان تولید	کیفیت سطح	توان مصرفی	عمر ابزار	پارامتر تولید برش
↓	↑	↑	↓	افزایش سرعت برشی
↓	↓	↑	↓	افزایش نرخ پیشروی
↓	↓	↑	↓	افزایش عمق نفوذ

قابلیت ماشینکاری

شناخت قابلیت ماشینکاری مواد، اثر مهمی بر انتخاب ابزار و استراتژی ماشینکاری خواهد داشت. به همین دلیل در این بخش از مرجع ابزارهای

برشی مدرن می‌خواهیم به تفسیر و بررسی قابلیت ماشینکاری مواد پردازیم. برای شروع بهتر است که ابتدا با تعریف قابلیت ماشینکاری آشنا شویم. به میزان سهولت براده‌برداری از یک ماده قابلیت ماشینکاری گفته می‌شود.

برای تعیین عدد قابلیت ماشینکاری، فلزات مختلف را با فولاد AISI No.1112 مقایسه می‌کنند. در این مقایسه، قابلیت ماشینکاری فولاد AISI No.1112 را صد در صد در نظر می‌گیرند.



حال که با قابلیت ماشینکاری آشنا شدیم به معرفی پارامترهای تاثیرگذار بر قابلیت ماشینکاری مواد در مرجع ابزارهای مدرن برشی می‌پردازیم.

این پارامترهای موثر بر قابلیت ماشینکاری عبارتند از:

- سختی و مقاومت کششی
- چقرمگی
- قابلیت هدایت حرارتی

- مدول الاستیسیته
- تمایل به کار سختی

سختی و مقاومت کششی

معمولاً پایین بودن مقدار سختی و استحکام ماده، اثر مثبتی بر قابلیت ماشینکاری آن ماده خواهد داشت. البته باید توجه داشت که کاهش سختی به مقدار زیاد که منجر به تشکیل لبه انباشته شود، اثر معکوسی خواهد داشت.

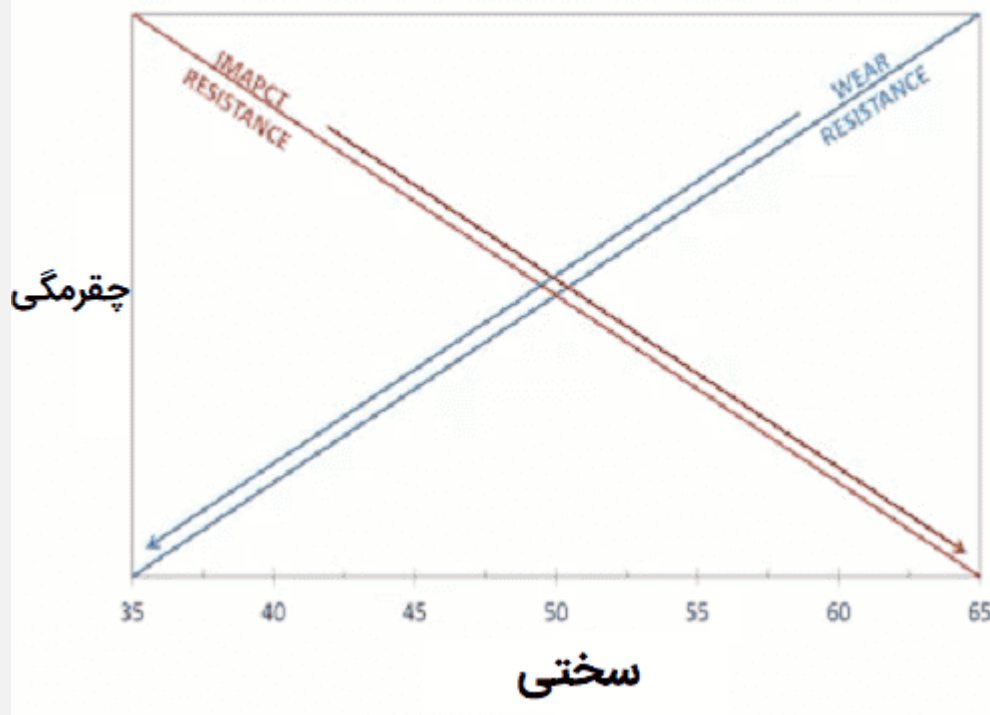
به عبارت دیگر، کاهش شدید سختی که باعث تشکیل لبه انباشته شود، قابلیت ماشینکاری را کاهش خواهد داد.

چقرمگی

افزایش چقرمگی، که نقطه مقابل سختی محسوب می‌شود، اثر منفی بر قابلیت ماشینکاری خواهد داشت زیرا باعث می‌شود که شکل‌گیری براده خیلی سخت انجام شود.

در واقع می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که قابلیت ماشینکاری خوب، زمانی به دست می‌آید که تعادلی بین سختی و چقرمگی برقرار باشد.

رابطه معکوس سختی و چقرمگی

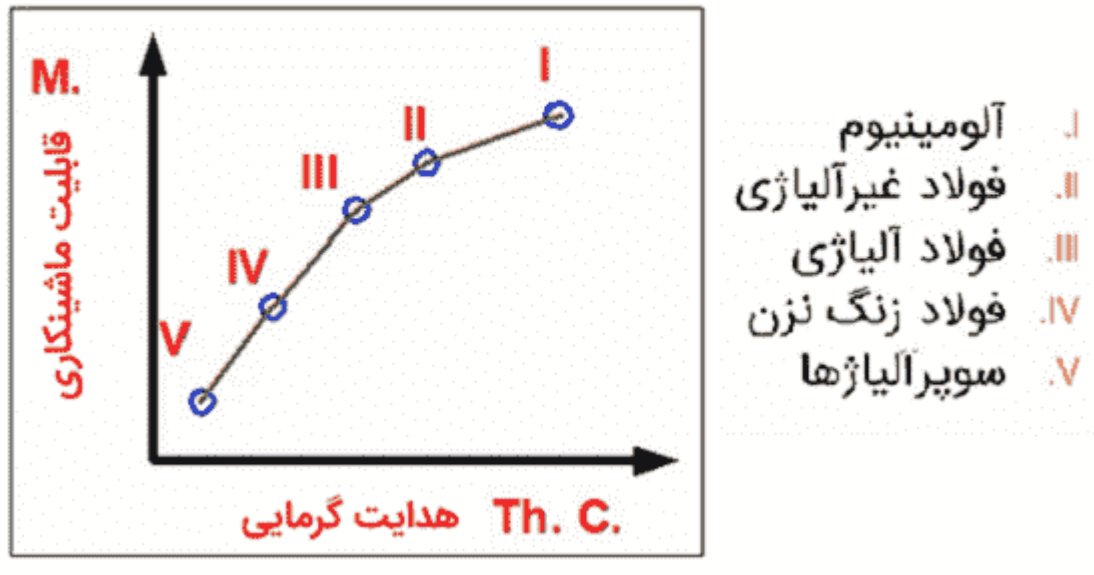


قابلیت هدایت حرارتی

فلزاتی که قابلیت هدایت حرارتی بیشتری دارند، گرمای ناشی از ماشینکاری را بهتر از محیط دور کرده و راندمان برش و به تبع آن قابلیت ماشینکاری را افزایش خواهند داد.

در شکل زیر می‌توانید تغییرات قابلیت ماشینکاری (M) را در برابر تغییرات هدایت گرمایی (Th.C) برای برخی مواد مشاهده کنید.

تغییرات قابلیت ماشینکاری در برابر تغییرات هدایت گرمایی



مدول الاستیسیته

با افزایش مدول الاستیسیته، نیروی لازم برای رساندن لایه فلز به حد تسلیم، افزایش می‌یابد.

به زبان ساده‌تر، افزایش مدول الاستیسیته به معنای مشکل‌تر شدن براده برداری و در نتیجه کاهش قابلیت ماشینکاری است. از سوی دیگر اگر مدول الاستیسیته ماده خیلی پایین باشد (مانند تیتانیوم)، مقدار خیز (deflection) زیاد شده و پدیده لرزش (Chatter) اتفاق می‌افتد. این پدیده لرزش یا (Chatter)، باعث کاهش کیفیت کار خواهد شد. در نتیجه مدول الاستیسیته نیز باید در حد متعادلی باشد.

تمایل به کار سختی

ابتدا لازم است با تعریف کار سختی آشنا شویم. افزایش سریع مقاومت مکانیکی، در هنگام تغییر شکل پلاستیک را کار سختی (Work Hardening) می‌گویند. بالا بودن تمایل به کارسختی، باعث کاهش قابلیت ماشینکاری می‌شود. در ضمن بد نیست بدانید برای ماشینکاری مواد با کار سختی بالا باید از مقادیر کافی مایع خنک کننده استفاده شود.

ابزارهای سنتی از جنس فولاد تندبر



فولاد تندبر (High Speed Steel)، در دهه اول قرن بیستم به دنیای صنعت معرفی شد.

این فولاد توسط دو مهندس به نام‌های تیلور و وایت ابداع گردید. این ابزار یک نوع فولاد پر آلیاژ بود که می‌توانست با سرعت برشی بالا (نسبت به فولادهای کربنی) براده برداری کند.

اولین نوع این ابزار دارای ۱/۸۵ درصد کربن، ۳/۸ درصد کروم و ۸ درصد تنگستن بود که در دمای ۱۰۱۰ درجه سلسیوس عملیات حرارتی شده بود. در سال ۱۹۱۲، تحقیقاتی در آلمان نشان داد که افزودن ۳/۵ درصد کبالت به فولاد تندبر، کیفیت آن را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. همچنین افزایش کبالت، باعث افزایش گرم سختی نیز می‌شد. این ابداع تحول عظیمی در صنعت ساخت و تولید ابزار ایجاد کرد. فولادهای تندبر در مقایسه با ابزارهای برشی مدرن از چقرمگی بالاتری برخوردار هستند ولی سختی و گرم سختی آنها به مراتب پایین‌تر از ابزارهای مدرن برشی هستند. قیمت این ابزارها تقریباً ارزان است، به راحتی تیز کاری می‌شوند و دسترسی به آنها به سادگی امکان پذیر است. جالب است بدانید، مته و قلاویزهای HSS در داخل ایران نیز تولید می‌شوند.

مته (Drilling)



مته‌ها ابزارهایی برای ایجاد سوراخ‌های استوانه‌ای هستند. عمل سوراخکاری را می‌توان ترکیب پیچیده‌ای از اکستروژن و براده برداری دانست. این ابزارها جزو ابزارهای گردان (Rotating Tools) هستند ولی روی ماشین‌های تراش نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. به صورت تخمینی می‌توان گفت، عملیات سوراخکاری حدود ۲۳ درصد از کل عملیات ماشینکاری را دربرمی‌گیرد.

مته‌ها معمولاً دارای دو لبه برنده می‌باشند و برای ایجاد سوراخ‌های به قطر ۰/۱ میلیمتر تا ۶۰ میلیمتر استفاده می‌شوند. برای قطرهای بالاتر استفاده از عملیات بورینگ و فرزکاری (پس از سوراخکاری اولیه) پیشنهاد می‌شود. مته‌ها در انواع پوشش دار و با مجرای خنک کاری داخلی نیز تولید می‌شود. برخی از انواع مته‌های عبارتند از:

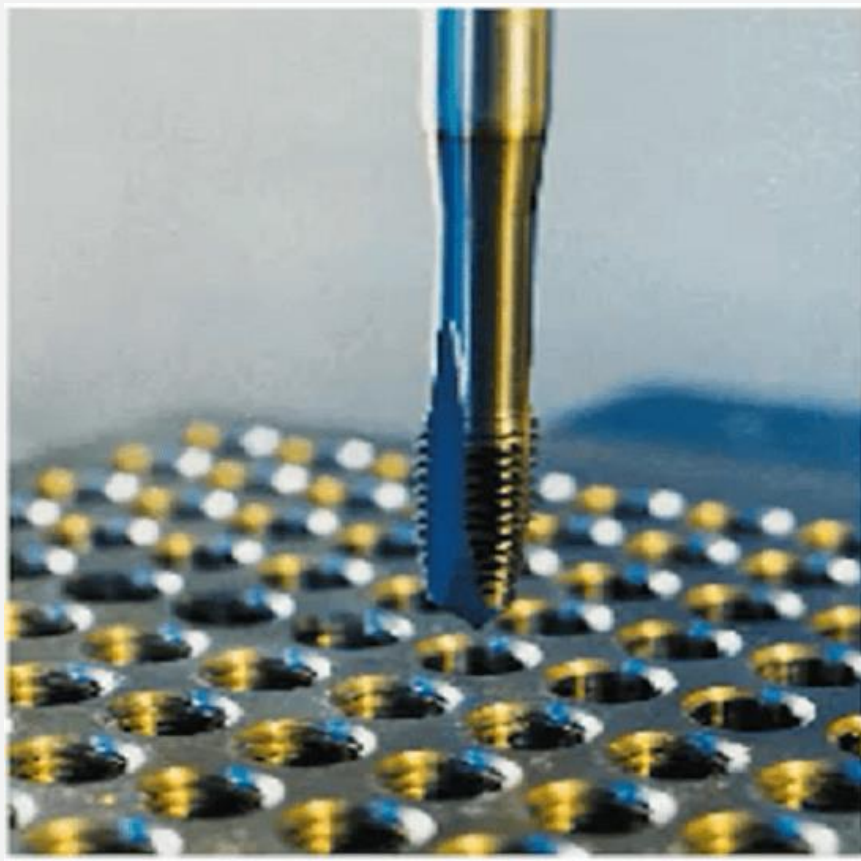
- مته مارپیچ (Twist Drill)
- مته مرغک (Center Drill)
- مته خزینه (Countersink or Counterbore)

برقو (Reamer)



برقو ابزاری است که برای پرداختکاری سوراخ‌های ایجاد شده توسط مته به کار می‌رود. به علاوه برقو کاری باعث دقیق شدن سایز، افزایش کیفیت سطح و رفع اشکال دو پهنی سوراخ می‌شود.

قلاویز (Taps)



برای آشنایی با قلاویز، ابتدا باید با [رزوه](#) آشنا شویم. رزوه، شکاری با سطح مقطع (پروفیل) معین است که به صورت مارپیچ روی محیط استوانه ای قرار گرفته است. رزوه اگر روی محیط خارجی استوانه قرار گیرد، پیچ (Bolt or Screw) نامیده می‌شود و اگر روی محیط داخلی استوانه قرار گیرد، مهره (Nut) نامیده می‌شود.

الان که با رزوه آشنا شدیم، می‌توان سراغ قلاویز برویم. از قلاویز برای ایجاد رزوه‌های داخلی (Internal Threads) استفاده می‌شود. قلاویزها جزو ابزارهای گردان (Rotating Tools) هستند ولی روی ماشین‌های تراش نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ابزارهای فرزکاری (Milling Tools)



ابزارهای فرزکاری دارای چند لبه برنده (Multipoint Cutting Tools) هستند.

لبه‌های برنده به ترتیب با قطعه کار درگیر می‌شوند و هر کدام معمولاً براده‌ای به شکل ۹ بر می‌دارند.

لبه‌های برنده ابزار فرزکاری به طور پیوسته تحت فشار نیستند، به همین دلیل جنس ابزارهای فرزکاری نسبت به ابزارهای تراش، باید چقرمه تر انتخاب شوند.

تیغه های فرزکاری را می‌توان در انواع زیر دسته بندی کرد:

- غلتکی
- دیسکی
- انگشتی
- کف تراش
- فرم دار

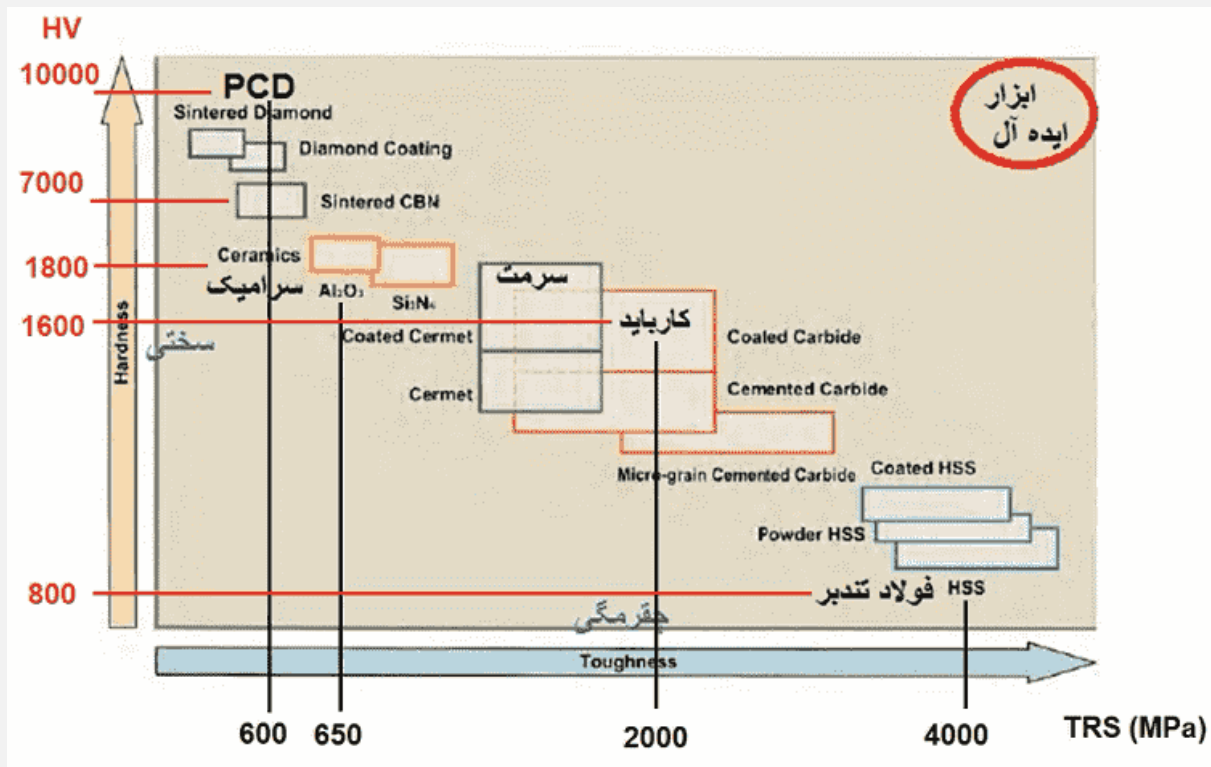
فرزهای انگشتی پر مصرف ترین نوع از فرزها هستند.

این ابزارها دارای لبه برنده روی سطح جانبی و قاعده می‌باشند، در نتیجه می‌توانند از روی دو سطح متعامد براده برداری کنند. از فرزهای انگشتی برای فرزکاری کانتورها، شیارها، حفره‌ها و سطوح جانبی قالب‌ها استفاده می‌شود.

برای انتخاب مناسب فرزهای انگشتی باید به موارد زیر توجه ویژه کرد:

- نوع (تیپ) فرز
- نوع عملیات
- نفوذ محوری
- تعداد لبه برنده
- طول لبه برنده

ابزارهای برشی مدرن از دیدگاه متریال



هر چیزی که تا قبل از این قسمت از مقاله گفته شد، مقدمه ای بر مبحث اصلی، یعنی ابزارهای مدرن برشی بوده است. حالا می‌خواهیم به سراغ مبحث اصلی در مرجع ابزارهای برشی مدرن برویم. ابتدا سراغ تاریخچه ابزارهای برشی مدرن می‌رویم. در اوایل قرن بیستم، در آلمان فردی به صورت اتفاقی به ترکیبی از فلز تنگستن و کربن دست پیدا کرد که دارای سختی بالایی بود. این فرد، ماده به دست آمده را برای ساخت ابزارهای برشی استفاده کرد و نتایج بسیار خوبی به دست آورد.

به این ترتیب در سال‌های ۱۹۳۰ ابزار جدیدی وارد صنعت ساخت و تولید شد که نقطه عطفی در ساخت ابزارهای برشی ایجاد کرد. این ابزارها که به نام‌های سمنتت کارباید، تنگستن کارباید و هارد متال معروف هستند،

توانستند جایگاه خوبی در صنعت ساخت و تولید پیدا کنند. مواد تشکیل دهنده ابزارهای برشی مدرن به شرح زیر می‌باشد:

- تنگستن کارباید

- سرامیک

- سرمت

- CBN

- PCD

در ادامه مرجع ابزارهای برشی مدرن به بررسی تمامی این ابزارها می‌پردازیم.

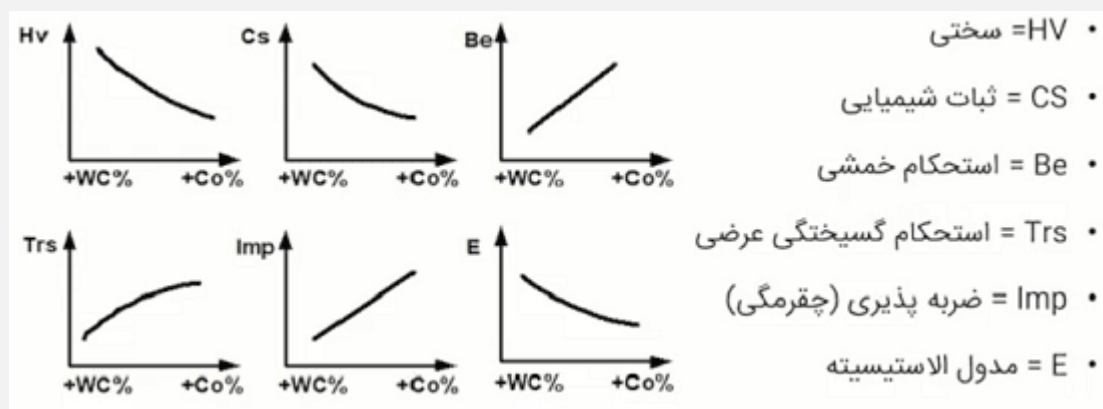
ابزارهای کاربیدی (Carbide tools)



مواد اصلی تشکیل دهنده ابزارهای کاربیدی، تنگستن کارباید (WC) و کبالت (Co) می‌باشد.

پودر تنگستن کارباید به عنوان اصلی‌ترین ماده تشکیل دهنده این ابزار به میزان ۶۰ تا ۹۰ درصد و در اندازه‌های ۱، ۲/۵، ۵ و ۸ میکرون مورد استفاده قرار می‌گیرد. پودر کبالت به عنوان چسب (Binder) به پودر تنگستن کارباید اضافه می‌شود. ابزارهای کاربایدی از سختی بالا و چقرمگی مناسب برخوردار می‌باشند.

در ماشین‌های CNC در اغلب موارد از ابزارهای کاربایدی استفاده می‌شود. این ابزارها در ماشین‌های دستی و مخصوص نیز کاربردهای قابل توجهی دارند. ابزارهای کاربایدی برای ماشینکاری مواد تا سختی HRC۴۰ مناسب می‌باشند. شرکت‌های سازنده ابزار، می‌توانند با تغییر درصد تنگستن کارباید و کبالت، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن را تغییر دهند. برای درک بهتر تاثیر تغییرات درصد تنگستن کارباید و کبالت، به تصویر زیر توجه کنید:



روش تولید ابزارهای کاربایدی، [متالورژی پودر](#) است که شامل ۳ مرحله اصلی زیر می‌باشد:

- آماده سازی پودر و گرانول سازی
- پرس کردن
- زینتر

البته بنابر ضرورت ممکن است دو مرحله دیگر نیز انجام شود که این دو مرحله عبارتند از:

- سنگ زنی و هونینگ

- پوشش دهی

در ضمن باید توجه داشت که در هنگام انجام کلیه مراحل، کنترل ساختاری و ابعادی، با دقت زیادی صورت گیرد.

ابزارهای سرامیکی (Ceramic tools)



بعد از بررسی ابزارهای کاربایدی، به سراغ ابزارهای سرامیکی می‌رویم. ابزارهای سرامیکی گروه دیگری از ابزارهای پیشرفته را تشکیل می‌دهند که دارای ویژگی‌های زیر می‌باشند:

- سختی خیلی خوب (تا حدود HV2200)

- چقرمگی ضعیف

- مقاومت فشاری خیلی خوب
 - مقاومت کششی ضعیف
 - گرم سختی بالا
 - ضعف در برابر شوک‌های گرمایی
 - عدم واکنش شیمیایی با سایر مواد
 - زیاد بود منابع رو زمینی
 - ضریب الاستیسیته متوسط (حدود ۴۰۰)
 - سبک بودن (چگالی آن‌ها برابر ۲/۵ است)
- سرامیک‌ها به دو گروه اصلی زیر تقسیم بندی می‌شوند:
- سرامیک‌های با پایه Al_2O_3
 - سرامیک‌های با پایه Si_3N_4
- سرامیک‌ها برای ماشینکاری مواد تا حدود ۵۰ HRC مناسب هستند. تصویر زیر مقایسه ای بین خواص ابزارهای از جنس فولاد تندبر، تنگستن کارباید و سرامیک می‌باشد.

جنس ابزار	مدول یانگ (GPa)	ضریب انبساط حرارتی
فولاد تند بر	200	12 - 17
تنگستن کارباید	600	5
سرامیک	400	8

ابزارهای سرمت (Cermets tools)



سرمت از ترکیب دو کلمه سرامیک و متال به دست آمده و معرف سرامیک‌های فلزی است. در حال حاضر به موادی که اجزای اصلی تشکیل دهنده آن‌ها TiN ، TiC ، $TiCN$ و فلز نگهدارنده آن‌ها، نیکل باشد، عنوان سرمت اطلاق می‌شود.

مهم‌ترین ویژگی‌های سرمت‌ها عبارتند از:

- مقاومت سایشی بالا در سطوح براده و جانبی
- گرم سختی بالا
- پایداری شیمیایی
- تمایل کم به ایجاد لبه انباشته
- تمایل کم به اکسیداسیون

- مدول الاستیسیته متوسط (۴۰۰ الی ۴۵۰)

- چگالی پایین (حدود ۵/۵)

از مقایسه سرمته‌ها با تنگستن کارباید به نتایج زیر می‌رسیم:

- پرداخت بهتر و عمر بالاتر

- ظرفیت بالاتر برای سرعت‌های برشی بالا

- نتایج بهتر در ماشینکاری مواد نشکن و چسبنده

- تمایل کمتر به ایجاد لبه انباشته

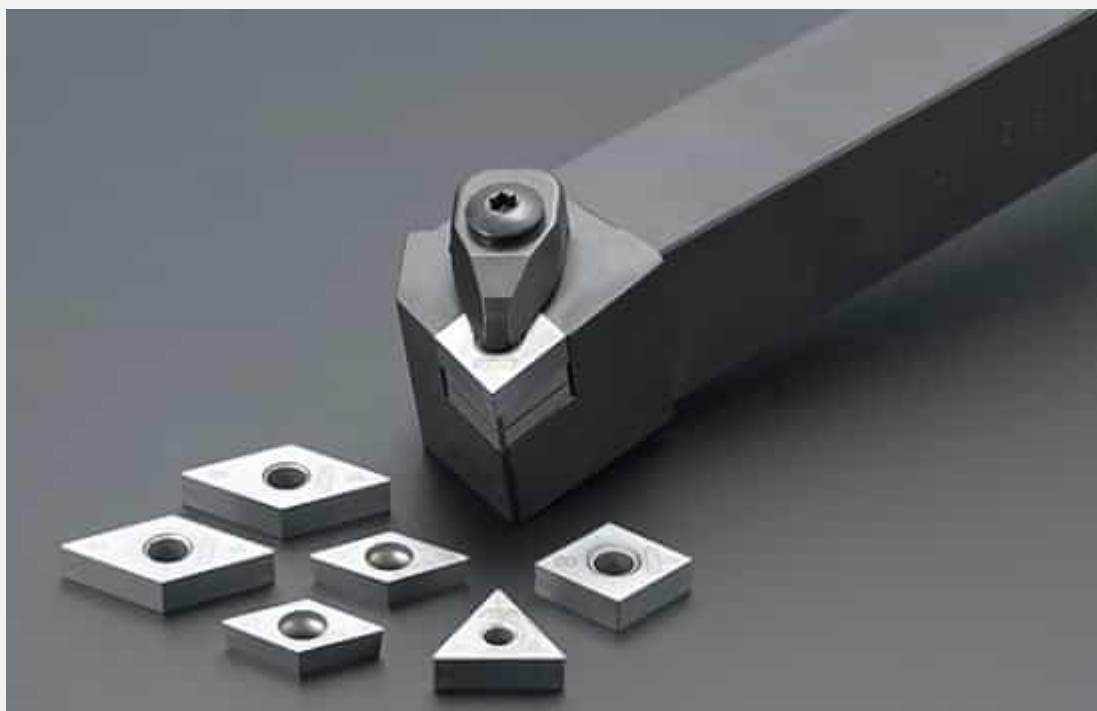
- قیمت بالاتر

موارد کاربرد سرمته‌ها در ماشینکاری خشک و عملیات پرداخت می‌باشد. در

ضمن باید توجه کرد که سرمته‌ها در عملیات خشن، در مقایسه با عملیات

پرداخت، کیفیت پایین‌تری دارند.

ابزارهای CBN



ماده اصلی این ابزار Cubic Boron Nitride است که به روش پرس داغ پودر، همراه با یک چسب سرامیکی یا فلزی تولید می‌شود. ابزارهای CBN به صورت یک نوک (Tip) روی یک پایه از جنس تنگستن کارباید، لحیم سخت (Braze) می‌شوند. به طور کلی ویژگی ابزارهای CBN عبارتند از:

- سختی بسیار بالا
 - گرم سختی بسیار پایین
 - مقاومت سایشی عالی
- همچنین از مقایسه ابزارهای CBN با سرامیک در می‌یابیم:
- ابزارهای CBN مقاومت کمتری در برابر شوک‌های حرارتی دارند.
 - ثبات شیمیایی ابزارهای CBN کمتر از سرامیک‌ها می‌باشد.
 - موارد کاربرد ابزارهای CBN در ماشینکاری قطعات زیر می‌باشد:
 - فولاد فورج شده
 - فولاد سخت کاری شده
 - قطعات با سخت کاری سطحی
 - آلیاژهای مقاوم در برابر گرما
 - چدن خاکستری و سفید
 - قطعاتی از جنس کبالت و آهن که به روش متالورژی پودر تولید شده باشند
- ابزارهای CBN برای ماشینکاری مواد سخت‌تر از HRC ۴۵ مناسب می‌باشد. تصویر زیر مقایسه ای بین خواص ابزارهای از جنس سمنتت کارباید، سرامیک و CBN می‌باشد.

Black ceramic (Al ₂ O ₃ + TiC)	Cemented carbide (ISO K10 grade)	CBN (DBC80)	جنس ابزار خواص
4.28	14.7	3.52	چگالی [g cm ⁻³] Density
17	17	30	سختی [GPa]
390	593	649	مدول الاستیسیته [GPa]
2.94	10.48	5.90	چقرمگی شکست [MPam ^{3/2}]
7.8	5.4	4.6	انبساط حرارتی [10 ⁻⁴ K ⁻¹]
9.0	100	85	هدایت حرارتی [Wm ⁻¹ K ⁻¹]

ابزارهای PCD



سخت‌ترین ماده شناخته شده در جهان، الماس طبیعی تک کریستال است. الماس مصنوعی چند کریستالی (Poly Crystalline Diamond) که به اختصار به آن PCD می‌گویند، تقریباً دارای همان سختی الماس طبیعی تک

کریستال است. در هنگام ساخت این ماده، کریستال‌های ریز الماس، طی مرحله زینترینگ، تحت فشار و دمای بالا به یکدیگر متصل می‌شوند. جهت گیری اتفاقی این کریستال‌ها باعث جلوگیری از هرگونه رشد و گسترش ترک شده و سختی و مقاومت سایشی یکنواختی را در کلیه جهات ایجاد خواهد کرد.

ابزار PCD به صورت یک لبه برنده کوچک روی پایه ای از تنگستن کارباید، لحیم سخت می‌شود.

عمر این ابزار تقریباً ۱۰۰ برابر بیشتر از ابزارهای کاربایدی است.

پایداری شیمیایی بالای این ابزار باعث می‌شود که پدیده لبه انباشته، در پایین‌ترین حد ممکن اتفاق بیفتد.

در کنار خصوصیات فوق العاده ابزارهای PCD، باید به معایب این ابزار نیز توجه داشت که عبارتند از:

- این ابزار برای کار در دمای بالا مناسب نیست. (دمای منطقه برش نباید از ۶۰۰ درجه سلسیوس تجاوز کند)
- نباید این ابزار را برای ماشینکاری فلزات آهنی به کار برد.
- بخاطر شکنندگی بالای PCD، استفاده از این ماده برای مواد چقرمه و استحکام بالا مناسب نیست.
- در هنگام استفاده از این ابزار، ماشین و ابزارگیر باید بدون ارتعاش باشند. موارد کاربرد ابزارهای PCD به شرح زیر می‌باشد:
- ماشینکاری مرحله پرداخت و مرحله پرداخت عالی

- ماشینکاری آلومینیوم با درصد بالای Si ، غیر فلزات، کامپوزیت‌ها، پلاستیک‌های ساینده، فلزات سنگین، سرامیک، کربن مصنوعی، شیشه و فرم دادن سنگ‌ها.

تصاویر زیر دید خوبی نسبت به انواع مواد تشکیل دهنده ابزارهای برشی به شما می‌دهند:

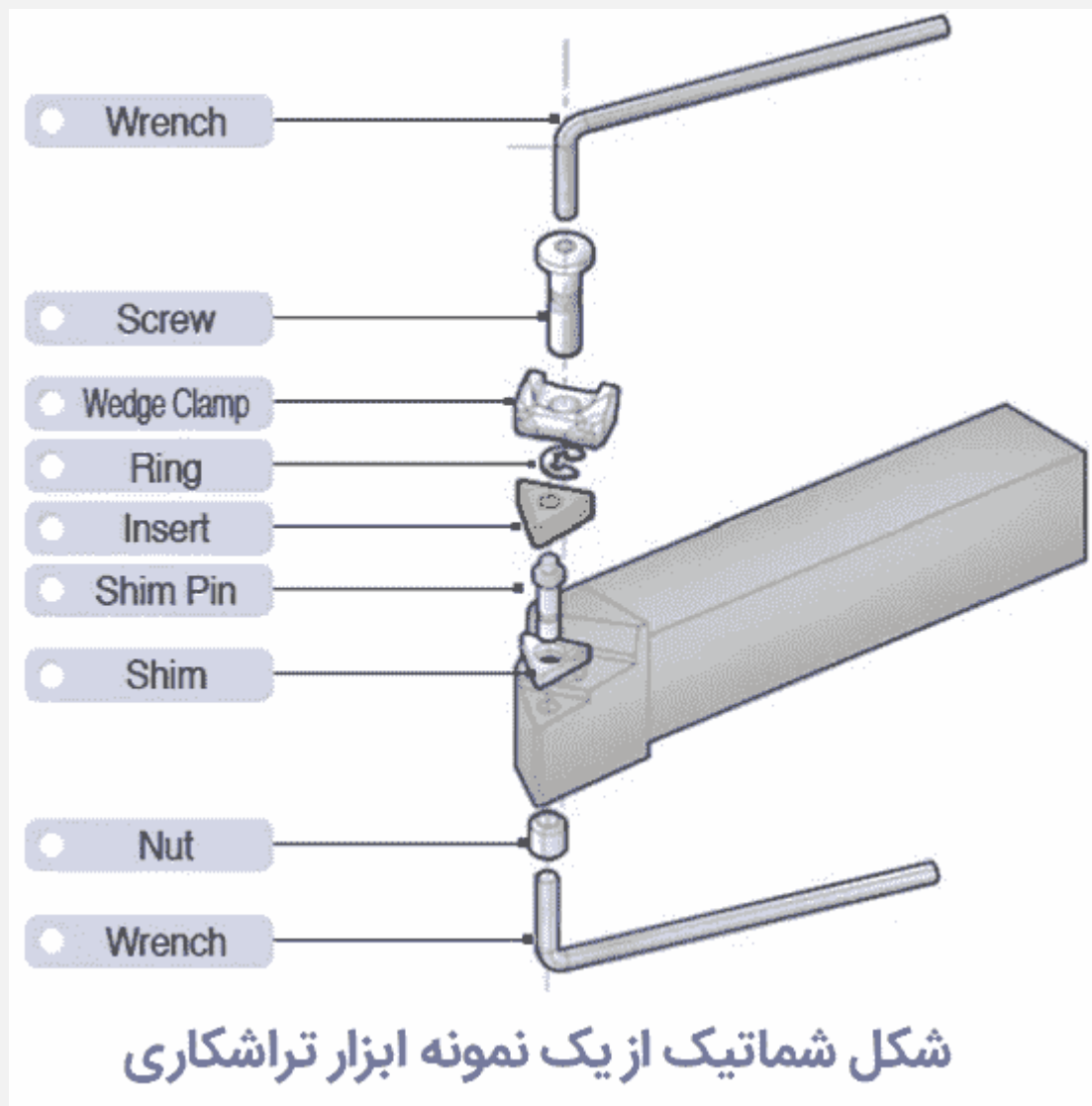
نوع ابزار	قیمت	تنوع گرید	امکان دسترسی در داخل کشور
فولاد تند بر	پائین	کم	زیاد
تنگستن کار باید	متوسط	زیاد	متوسط
سرامیک ، سرمت	بالا	کم	کم
PCD و CBN	خیلی بالا	کم	کم

جنس ابزار	ماده اصلی	سختی	کاربرد
فولاد تندبر	فولاد آلیاژی	کم	مواد با سختی کم حداکثر 25 HRC
سمتند کار باید (الماسه)	تنگستن کار باید	زیاد	ماشین CNC اکثر فلزات تا سختی بالا حداکثر 50 HRC
سرمت	TiN/TiC	زیاد	عملیات پرداخت فلزات با سختی بالا
سرامیک	اکسید آلومینیوم	خیلی زیاد	ماشینکاری مواد با سختی بالا
CBN	Cubic Boron Nitride	بسیار زیاد	ماشینکاری مواد با سختی بسیار بالا HRC بالاتر از 45
PCD	Poly Crystalline Diamond	فوق العاده زیاد	ماشینکاری فلزات غیر آهنی، غیر فلزات

ابزارهای مدرن تراشکاری



معمولاً بدنه اصلی ابزارهای مدرن تراشکاری، از جنس فولاد است و روی این بدنه، الماسه ای از نوع مواد مدرن برشکاری قرار می‌گیرد. می‌توان گفت که الماسه یا اینسرت ابزار تراشکاری، مهم‌ترین بخش ابزار تراشکاری محسوب می‌شود.



در این بخش از مرجع ابزارهای مدرن برشی به بررسی اینسرت‌های تراشکاری از نگاه [استاندارد ISO](#) می‌پردازیم.

استاندارد ISO برای شناسایی بهتر اینسرت‌های تراشکاری، به کدگذاری این اینسرت‌ها پرداخته است. استاندارد ISO در این کدگذاری، در مورد ویژگی‌های متریال ابزار، هیچ صحبتی نکرده است.

ما در بخش ششم از مرجع ابزارهای برشی مدرن، به طور مفصل ابزارهای مدرن ماشینکاری را از دیدگاه متریال مورد بررسی قرار دادیم.

با شناخت کد استاندارد ISO می‌توانیم ویژگی‌های فیریکی ابزار مدرن تراشکاری را به طور کامل شناسایی بکنیم.

این کد استاندارد از ۱۰ بخش تشکیل شده است که ۷ بخش آن الزامی و ۳ بخش آن اختیاری است و در صورت لزوم ذکر می‌شود:

۱. شکل هندسی اینسرت (Insert Shape)
 ۲. زاویه آزاد اینسرت (Clearance Angle)
 ۳. کلاس تolerانس تولید اینسرت (Tolerance Class)
 ۴. ویژگی‌های اینسرت (Insert Features) از قبیل؛ روش گرفتن الماسه روی ابزارگیر، داشتن یا نداشتن برده‌ها شکن و یک رویه یا دو رویه بودن اینسرت
 ۵. طول لبه برنده (Size of Index-able Inserts)
 ۶. ضخامت اینسرت (Insert Thickness)
 ۷. شعاع نوک قوس اینسرت (Cutting Corner)
 ۸. تغییرات معین اعمالی بر روی لبه برنده از طرف سازنده ابزار (Cutting Edge)
 ۹. مسیر برش، یعنی چپ تراش بودن، راست تراش بودن یا خنثی بودن اینسرت (Cutting Direction)
 ۱۰. تعریف یک ویژگی خاص از نظر سازنده، برای مثال؛ نوع برده شکن (Manufacturers type Designation: Chip Breaker Design Turning)
- در تصویر زیر می‌توانید یک نمونه از کدگذاری اینسرت تراشکاری را مشاهده کنید.



ابزارهای مدرن فرزکاری



مانند ابزارهای مدرن تراشکاری، در ابزارهای مدرن فرزکاری نیز، می‌توان با قطعیت زیادی گفت که مهم‌ترین بخش این ابزارها، اینسرت‌ها هستند. الماسه (اینسرت) فرزکاری عموماً دارای ۲ لبه برنده (لبه محوری و لبه شعاعی) است. لبه برنده شعاعی، سطح عمود بر محور دوران را ماشینکاری می‌کند که به آن، Parallel Land گفته می‌شود. کیفیت سطح قطعه کار وابسته به طول این لبه (لبه برنده شعاعی) می‌باشد. اینسرت‌های ابزار فرزکاری به دو شکل ساخته می‌شوند. دسته اول اینسرت‌هایی هستند که طبق استاندارد ISO طراحی می‌شوند و دسته دوم اینسرت‌های غیر استاندارد می‌باشند.

در این بخش از مرجع ابزارهای مدرن برشی، به کدگذاری استاندارد ISO برای شناسایی اینسرت های فرزکاری می پردازیم.

کدگذاری این اینسرت ها شبیه به اینسرت های تراشکاری می باشد و همانند آن ها از ۱۰ بخش تشکیل شده است. از این ۱۰ بخش، ۷ بخش اول الزامی و ۳ بخش آخر اختیاری می باشد.

همان طور که ذکر شد این کدگذاری بسیار شبیه به کدگذاری اینسرت های تراشکاری است، تنها بخش هفتم از این کدگذاری نسبت به کدگذاری اینسرت های تراشکاری متفاوت است.

در این سیستم کدگذاری، بخش هفتم نشان دهنده ویژگی های لبه برنده شعاعی اینسرت می باشد.

در شکل زیر می توانید انواع ابزارهای فرزکاری را مشاهده کنید.



ابزارهای مدرن مدرن سوراخکاری



عملیات سوراخکاری از عملیات های بسیار پر مصرف و پر کاربرد در صنعت است.

در صورت استفاده از ابزارهای سنتی در عملیات سوراخکاری، زمانی طولانی از لحاظ اجرا از ما گرفته می شود.

علت طولانی شدن زمان اجرای سوراخکاری این است که قبل از اجرای عملیات سوراخکاری باید مته مرغک و مته راهنما زده شود.

مشکل بعدی این است که اگر قطر سوراخها زیاد باشد، مته های سنتی معمولاً جوابگوی انجام این عملیات در یک مرحله نیستند.

همچنین سرعت های برشی در مته های سنتی بسیار کم است و خود این موضوع باعث اتلاف زیاد زمان و انرژی می شود.

ابزارهای مدرن سوراخکاری به راحتی می توانند تمامی این مشکلات را حل کنند و باعث افزایش راندمان کار شوند.

در این بخش از مرجع ابزارهای برشی مدرن، به بررسی دو نوع از ابزارهای مدرن سوراخکاری، یعنی مته‌های اینسرتی و مته‌های کاربایدی می‌پردازیم.

مته‌های اینسرتی



بدنه این مته‌ها از جنس فولاد است و بر روی آن‌ها دو یا چند لبه برنده، از جنس مواد مدرن ماشینکاری تعبیه شده است. این مته‌ها برای سوراخکاری قطرهای متوسط به بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مته‌های اینسرتی به دو دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند:

- مته‌های کوتاه (مانند U Drill و Drill Fix)

- مته‌های بلند (مانند STS و Ejector)

بخشی از ویژگی‌های فنی این مته‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- این مته‌ها به پیش مته نیازی ندارند.
- می‌توانند روی ماشین‌های فرز، دریل و تراش مورد استفاده قرار بگیرند.
- سطح قطعه کار در محل سوراخکاری باید کاملاً مسطح بوده و نباید شیبدار یا فرم دار باشد.
- از این ابزار نباید برای سوراخکاری قطعات (ورق‌های) روی هم چیده شده (Stack) استفاده شود.

مته‌های سالیید کارباید



نوع دیگر مته‌های مدرن، مته‌های سالیید کارباید هستند. مشخصات عمومی این ابزارها که به صورت یک تکه از کارباید ساخته شده اند به شرح زیر است:

- بخاطر طراحی خاص Chisel نیازی به مته راهنما ندارند.
- سرعت برشی و پیشروی این مته‌ها بسیار بالاتر از مته‌های HSS است.
- امکان تیزکاری مجدد این مته‌ها وجود دارد.
- در برخی از این مته‌ها مجرای خنک کاری داخلی پیش بینی شده تا علاوه بر افزایش عمر ابزار، به تخلیه براده نیز کمک کند.
- صافی سطح به دست آمده با این مته‌ها، ۵ برابر بهتر از مته‌های سنتی است.
- تلرانس گردی سوراخ ایجاد شده با این مته‌ها حدود ۴ میلیمتر خواهد بود.
- این مته‌ها به علت لقی در محورها و گلویی اسپیندل، برای استفاده روی ماشین‌های دستی مناسب نیستند.
- سیستم گیرش این مته‌ها در ماشین CNC باید دارای حداقل لقی (Runout) باشد.

ابزارگیرها



برای اینکه بتوانیم از ابزار برشی بر روی ماشین ابزار استفاده کنیم، باید آن را در محل مناسب خود (تارت، گلویی اسپیندل و...) تثبیت کنیم. برای دستیابی به این منظور به اجزایی مانند ساقه، آداپتور و... احتیاج داریم. بعضی از این عناصر با ابزار یک تکه هستند. (مانند: ساقه مته‌ها یا فرزها) بعضی دیگر از این عناصر با ابزار یک تکه نیستند و به عنوان واسطه عمل می‌کنند. (مانند: هولدرها و آداپتورها) برای انتخاب این قطعات باید به انطباق آن‌ها با ابزار و ماشین ابزار، توجه کرد.

در این بخش به بررسی ساقه‌ها (که با ابزار یک تکه هستند) و هولدرها (که با ابزار یک تکه نیستند) خواهیم پرداخت.
در ادامه مرجع ابزارهای برشی مدرن همراه ما باشید.

ساقه‌ها (Shanks)

ابزارهایی مثل مته، برقو، قلاویز و فرزهای انگشتی، دارای ساقه (دنباله) هایی هستند که توسط آن‌ها گرفته می‌شوند. این دنباله‌ها دارای اشکال مختلفی هستند که هر کدام با وسیله مناسبی گرفته می‌شوند.

حال می‌خواهیم به معرفی برخی از دنباله‌ها بپردازیم:

دنباله‌های استوانه‌ای ساده: ابزارهایی که دارای این نوع دنباله باشند، به وسیله سیستم‌های فشنگی (کولت)، هیدرولیک یا گرمایی گرفته می‌شوند. این نوع دنباله‌ها برای عملیات خشن کاری مناسب نیستند.

دنباله‌های Weldon: این ساقه‌ها نیز استوانه‌ای هستند اما یک یا دو سطح تخت روی آن‌ها ایجاد شده است. یک پیچ روی این سطوح تخت قرار گرفته و مانع از چرخش ابزار در ابزارگیر خواهد شد. این سیستم برای موارد خشن‌تر به کار می‌رود.

دنباله‌های Whistle Notch: این دنباله‌ها نیز استوانه‌ای هستند اما یک سطح تخت با زاویه ۲ درجه، روی آن ایجاد شده است. این سطح تخت علاوه بر ممانعت از چرخش، از حرکت محوری ابزار هم جلوگیری می‌کند. در ضمن محل قرار گرفتن پیچ روی هولدر نیز دارای همین زاویه خواهد بود.

دنباله‌های Morse: این دنباله‌ها مخروطی و از نوع قفل شونده هستند. این سیستم امروزه کمتر استفاده می‌شود.

دنباله‌های ISO: این دنباله‌های مخروطی اساساً برای هولدرها طراحی شده اند اما در دنباله بعضی ابزارهای خشن نیز، از همین سیستم استفاده شده است.

هولدرها (Holders)

برای نگه داشتن ابزار روی ماشین نیاز به یک هولدر (آداپتور) خواهیم داشت. هولدر (آداپتور) واسطه ای است که از یک طرف ابزار را نگه می‌دارد و از طرف دیگر قابل نصب روی ماشین است.

در این قسمت به بررسی هولدرهای فرز (Milling Cutter Basic Holder) خواهیم پرداخت.

هولدرهای فرز (Milling Cutter Basic Holder) باید از دو جنبه مورد بررسی قرار گیرند که این دو بخش عبارتند از:

- بخش ابزارگیر که باید متناسب با نوع دنباله ابزار باشد.
 - بخش استقرار در گلویی اسپیندل که باید متناسب با سیستم گیرش ماشین باشد. وظیفه این بخش ایجاد هم محوری بین اسپیندل و ابزار و همچنین انتقال دوران به ابزار است.
- حال می‌خواهیم برای آشنایی بیشتر شما با سیستم‌های گیرش، به مطالعه سیستم گیرش ISO و سیستم HSK بپردازیم.
- سیستم گیرش ISO: یک دنباله مخروطی توپر با شیب $7/24$ که قفل شونده نیست و در آن برای گرفتن مجموعه از Pull Stud استفاده می‌شود.

در این سیستم برای انتقال دوران از یک یا دو خار روی اسپیندل که در داخل جای خارهای هولدر قرار می‌گیرند، استفاده می‌شود.

سیستم ISO برای کارهای مختلف در سرعت‌های دوران کمتر از ۱۰۰۰۰ rpm مناسب است.

این هولدرها در چندین سایز ساخته می‌شوند که ISO ۴۰ و ISO ۵۰ متداول‌ترین آن‌ها هستند.

سیستم گیرش HSK: دنباله (ساقه) این سیستم مخروطی است.

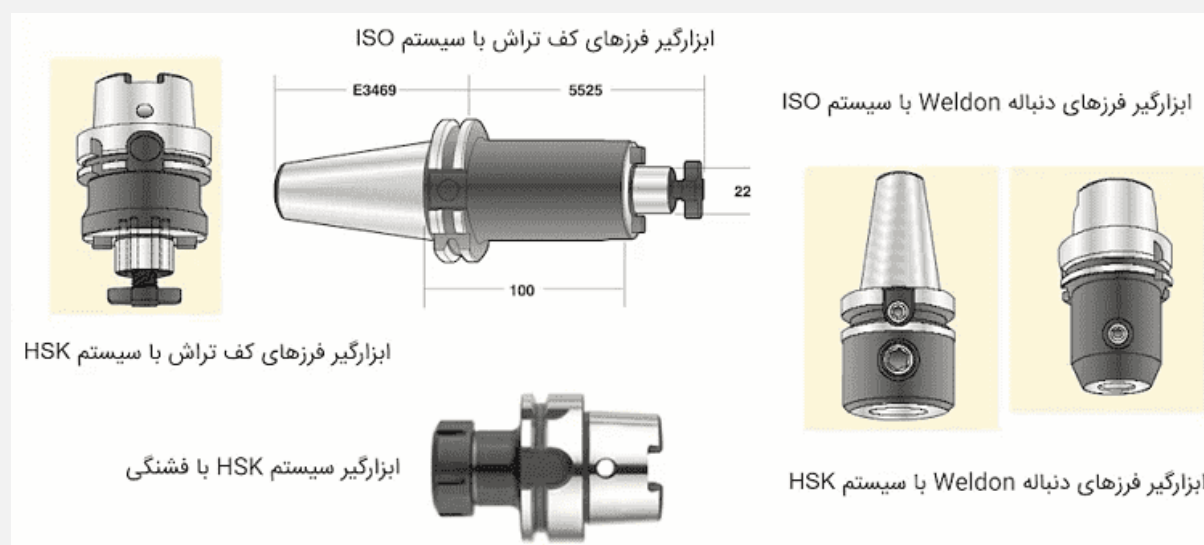
شیب و طول دنباله سیستم HSK نسبت به سیستم ISO کمتر است.

در این سیستم، گیرش ابزارگیر توسط اسپیندل، از داخل مخروط انجام می‌شود.

این روش نسبت به روش ISO دقیق‌تر است و در دورهای بالای ۱۰۰۰۰ rpm انحراف بسیار کمتری دارد.

با استفاده از این نوع ابزارگیر، عملیات ماشینکاری با سرعت‌های بالا (High Speed Machining) میسر خواهد بود.

در ادامه توجه شما را به تصویر از چند نوع ابزارگیر جلب می‌کنیم:



سیستم‌های مدرن گیرش

در هنگام ماشینکاری در دوره‌های بالا، کوچک‌ترین لنگی (Run Out) در مجموعه ابزار و ابزارگیر، منجر به نیروی گریز از مرکز زیادی می‌شود. ارتعاش ناشی از این نیروی گریز از مرکز، باعث کاهش کیفیت سطح، کاهش دقت و افزایش سایش ابزار خواهد شد.

برای کاهش این لنگی‌ها دو اقدام ضروری است:

- استفاده از سیستم گیرش با حداقل لنگی
- بالانس کردن مجموعه با دستگاه بالانسر

حال وقت آن رسیده که در مرجع ابزارهای مدرن برشی به بررسی دو سیستم مدرن گیرش که دارای حداقل لنگی هستند، بپردازیم. این دو سیستم، یعنی سیستم گیرش هیدرولیکی و سیستم گیرش گرمایی دارای حداقل لنگی (۳ تا ۴ میکرون) هستند.

سیستم گیرش هیدرولیکی: در این مکانیزم یک محفظه روغن، دور تا دور قسمت گیرش ساقه را احاطه کرده است. در این سیستم گیرش، با چرخاندن یک پیچ می‌توان فشار روغن را بالا برد. افزایش فشار روغن باعث انقباض غلاف گیرنده ساقه ابزار شده و آن را محکم می‌گیرد.

در سیستم گیرش هیدرولیکی، ساقه ابزار باید از نوع استوانه ای باشد. در ضمن، در صورت لزوم می‌توان از فشنگی (کولت) مناسب برای انطباق قطر ساقه با ابزارگیر استفاده کرد.

سیستم گیرش گرمایی: در این سیستم ابتدا ابزارگیر داخل یک میدان مغناطیسی قرار گرفته و کاملاً داغ می‌شود. افزایش دما باعث افزایش قطر داخلی قسمت گیرش ابزار می‌شود. در این هنگام، ابزار در قسمت گیرش،

قرار می‌گیرد و سپس ابزارگیر سرد می‌شود. انقباض قسمت گیرش، باعث محکم شدن ابزار در محل خود می‌شود. برای خارج کردن ابزار، باید مراحل گفته شده را تکرار کرد.



رشته مرتبط و بازار کار

در خصوص رشته‌های مرتبط با ابزارهای برشی مدرن، می‌توان به رشته‌های زیر که جزو رشته‌های کار و دانش (بخش صنعت) هستند، اشاره کرد:

- فرزکاری
- تراشکاری
- فرزکاری CNC
- تراشکاری CNC
- تراشکاری-فرزکاری
- ماشین ابزار

البته باید توجه داشته باشید که رشته ماشین ابزار، در بین رشته‌های فنی و حرفه ای نیز وجود دارد.

در ادامه به عنوان نمونه به معرفی رشته ماشین ابزار که جزو رشته‌های فنی و حرفه ای هست، می‌پردازیم.

ماشین ابزار (زیر شاخه فنی و حرفه ای)

ماشین ابزار رشته ای بی انتهاست.

اثر رشته ماشین ابزار تقریباً در تمام صنایع پیداست.

به صورت کلی می‌توان گفت که در این رشته، روند ساخت و تولید قطعات کوچک تا بسیار بزرگ توضیح داده می‌شود. در واقع زمینه کاربردی رشته ماشین ابزار، شکل دادن فلزات، طراحی قالب‌ها و ساخت قطعات گوناگون است.

ویژگی‌ها و مهارت‌های مورد نیاز رشته ماشین ابزار عبارتند از:

- روحیه کار گروهی
 - دقت و صبر زیاد
 - توانایی و علاقه لازم برای راه اندازی خطوط تولید
 - درک خوب از ریاضی و فیزیک
- عناوین درسی ماشین ابزار عبارتند از:
- فیزیک (پایه دهم)
 - نقشه کشی فنی رایانه ای - گروه مکانیک (پایه دهم)
 - دانش فنی پایه - ماشین ابزار (پایه دهم)
 - تولید به روش تغییر فرم دستی و ماشینی (پایه دهم)

- همراه هنرجو - ماشین ابزار (پایه دهم)
- تولید به روش مونتاژکاری (پایه دهم)
- شیمی (پایه یازدهم)
- مدیریت تولید (پایه یازدهم)
- تولید قطعات به روش تراشکاری (پایه یازدهم)
- تولید قطعات به روش فرزکاری و سنگ زنی (پایه یازدهم)
- ریاضی ۳ (پایه دوازدهم)
- دانش فنی تخصصی - ماشین ابزار (پایه دوازدهم)
- تولید قطعات به روش تراشکاری و CNC (پایه دوازدهم)
- پروژه ساخت (پایه دوازدهم)

بازار کار

افراد تحصیل کرده در رشته‌های ذکر شده در ابتدای بخش دوازدهم مقاله مرجع ابزارهای برشی مدرن، می‌توانند پس از فارغ التحصیلی، در کارگاه‌ها و شرکت‌های صنعتی در زمینه تراشکاری، فرزکاری، قالب سازی، سنگ زنی، ابزار تیزکنی و اپراتوری دستگاه‌های سی ان سی مشغول به کار شوند.