به نام خدا

درس روش های ساخت

جلسه اول: معرفی درس و سرفصل ها

اهداف درس

- آشنایی با روش های تولید
- شناخت دقیق محدودیت ها و مزیت های هر روش تولید
- آشنایی با روش های نوین تولید قطعات
- آشنایی با مباحث علمی مرتبط با روشهای ساخت و متغیرهای اثرگذار

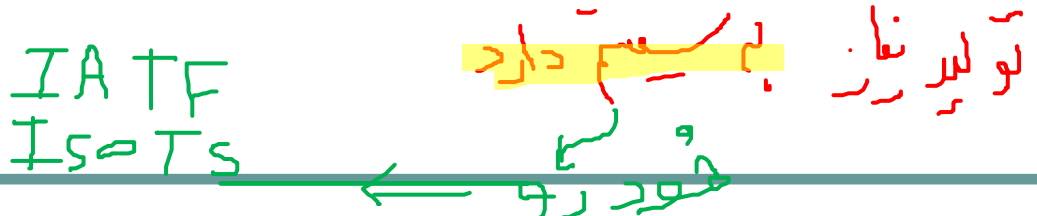
تفاوت ساخت و تولید

ساخت

- تیراژ کم است (یک یا تعداد کم)
- از ماشین آلات عمومی برای تولید استفاده می شود
- عدم توجه به اصول ساخت زیان زیادی را موجب نمی شود
- اپراتور ساخت در حوزه های مختلف تخصص نسبی دارد

تولید

- تیراژ زیاد است.
- از ماشین آلات مخصوص استفاده می شود.
- عدم توجه به اصول تولید باعث زیان زیادی می شود.
- اپراتور تولیدی در مورد فرایند یا دستگاه مربوطه تسلط و تخصص زیادی دارد.



سرفصل های درس

شماره جلسه	موضوع اصلی	جزئیات هر موضوع
۱	آشنایی با سرفصل‌های درس	– معرفی سرفصل‌های درس و ارائه کلیاتی از آنها – ذکر اهمیت و لزوم فراگیری روش های تولید
۲	خواص مواد	آشنایی با مواد متداول در قطعات تولیدی مرور خواص مکانیکی مواد و مفاهیم مرتبط با آن
۳	فرایند های ماشینکاری	– تراشکاری– معرفی فرآیند، متغیرهای تاثیرگذار –تئوری شکل گیری براده و عوامل موثر بر آن در فرآیندهای براده‌برداری – تعریف رواداشت های هندسی و ذکر اهمیت آن ها در تولید
۴	فرایند های ماشینکاری	–فرزکاری– معرفی فرآیند، متغیرهای تاثیرگذار – سنگ زنی – معرفی فرآیند، متغیرهای تاثیرگذار
۵	فرایند های ماشینکاری	– سوراخکاری، تئوری روش و متغیرهای تاثیر گذار – فرآیندهای ماشینکاری تکمیلی ، انواع روش های پرداخت کاری (برقو کاری و قلاویزکاری) مورد استفاده در تولید قطعات موتور ،کاربردهای فرآیندهای ماشینکاری در ساخت قطعات
۶	فرآیندهای شکل دهی	– آهنگری، معرفی روش، متغیرهای تاثیرگذار، تجهیزات مورد استفاده – کاربرد فرایندهای آهنگری در تولید قطعات
۷	فرآیندهای شکل دهی	– تزریق پلاستیک، انواع روش ها، کاربردها، تجهیزات مورد استفاده – کاربرد فرایندهای تزریق پلاستیک در تولید قطعات
۸	فرآیندهای شکل دهی	– ریخته گری ماسه ای، معرفی روش سنتی، متغیرهای موثر و طراحی فرآیند – ریخته گری کم فشار و گریز از مرکز، متغیرهای موثر و کاربردها

سرفصل های درس

۹	فرآیندهای شکل دهی	– ریخته گری تحت فشار با قالب فلزی، متغیرهای موثر و کاربردها – کاربرد روش های ریخته گری در تولید قطعات موتور
۱۰	فرآیندهای شکل دهی	– انواع روش های شکل دهی ورق و کاربرد آن ها در تولید قطعات موتور (خودرو) – تئوری شکل دهی ورق، متغیرهای تاثیر گذار – انواع روش های خمکاری، تجهیزات و کاربردها
۱۱	فرآیندهای شکل دهی	– متالورژی پودر، معرفی فرایند، متغیرهای موثر و تجهیزات و مواد مصرفی – کاربردهای فرایند متالورژی پودر
۱۲	فرآیندهای شکل دهی	– کشش عمیق، پارامترهای فرایند، اساس عملکرد – معرفی فرآیند فرم دهی به کمک فشار سیال (Hydro forming) و کاربردهای آن
۱۳	عملیات حرارتی و پوشش دهی	– آنیل کردن، آستمپرینگ و مارتمپرینگ – انواع روش های پوشش دهی، کاربرد روش های پوشش دهی در فرآیند تولید قطعات
۱۴	فرآیندهای اتصال	– جوشکاری قوس الکتریکی، تئوری فرآیند و تجهیزات مورد استفاده – جوشکاری زیر پودری – جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ
۱۵	روش های نوین تولید	– دلایل رویکرد به روش های نوین تولید– معرفی انواع روش های نوین تولید – روش ماشینکاری لیزر، تئوری روش، متغیرها – کاربرد روش های ماشینکاری لیزر در نمونه سازی و تولید قطعات

سرفصل های درس

۱۶	روش های نوین تولید	– جوشکاری اولتراسونیک، تئوری فرآیند، کاربرد ها – فرایند ماشینکاری روش تخلیه الکتریکی (EDM)، تئوری فرآیند، کاربردها
۱۷	روش های نمونه سازی	– معرفی انواع روش های نمونه سازی – کاربرد روش های نمونه سازی در فرآیند توسعه

نمره نهایی

۱- آزمون میان ترم-۵ نمره
۲- آزمون پایان ترم- ۱۳ نمره
۳-تکلیف و پروژه درس- ۲ نمره
۴- حضور منظم، فعالیت ها و تحقیق های جانبی- ۱ نمره

❊حداکثر زمان تعیین موضوع پروژه ۲۰ فروردین

- تحویل پروژه یک هفه بعد از آزمون پایان ترم
- نماینده:

مراجع

منابع و مراجع:

1) Manufacturing engineering and technology, S. Kalpakjian,Addison-Wesley Publishing Company, Third Edition, 1995

۲) فناوری ها و فرایندهای تولید، الیپس مسیحی، مریم رونق، انتشارات فرمنش، چاپ دوم، ۱۳۸۹

۳) دانش و فناوری موتور ملی پایه گازسوز، زیر نظر سید مصطفی میرسلیم و مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو، شابک: ۷-۶۳۱۴-۰۴-۹۶۴-۹۷۸، انتشارات ارشاد، سال ۱۳۸۹

۴) **تحلیل ماشینکاری و ماشین های ابزار، علیرضا حاجی علی محمدی، ایمان فاطمی، علی رحمتی، ۱۳۹۸، انتشارات دانشگاه سمنان**

4) K.G. Swift, J.D. Booker, Process selection from design to manufacture, Butterworth-Heinemann, UK, 2003

5) H. Yamagata, The science and technology of materials in automotive engines, Woodhead Publishing Limited Cambridge, UK, 2005

6) Schuler GmbH, Metal forming handbook, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 1998

7) H. El-Hofy, Advanced machining processes: nontraditional and hybrid machining process, Mc-Graw Hill, 2005

8) M.P Groover, Fundamentals of modern manufacturing, John Wiley & Sons, US, 2007

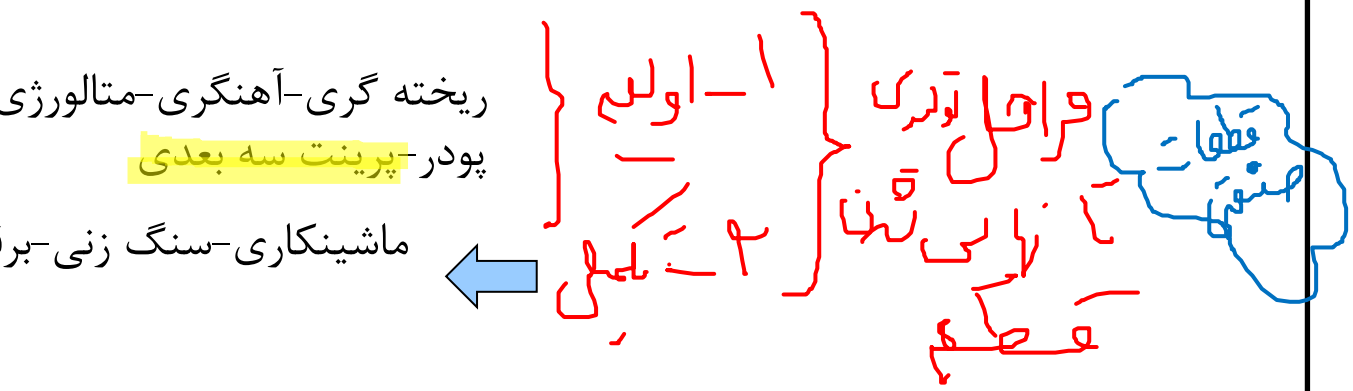
استفاده از روش های ساخت برای تولید قطعات موتور

نام قطعه	مواد معمول	روش های ساخت معمول	جنس قطعه در موتور نمونه (EF7)	روش ساخت در موتور نمونه (EF7)
بدنه	چدن خاکستری، چدن گرافیتی فشرده، آلیاژ ریختگی آلومینیوم	ریخته گری	چدن خاکستری	ریخته گری ماسه ای
سمبه	آلیاژهای آلومینیوم JIS-AC8A و AFP1	ریخته گری - آهنگری - متالورژی پودر	الیاژ آلومینیوم	ریخته گری در قالب دائمی
حلقه ها	فولاد (فنری (SWOSC) و ضد زنگ (SUS304))و چدن (چدن ورقه ای گرافیتی(FC) و چدن نقطه ای گرافیتی(FCD))	ریخته گری - نورد، برش و سنگ زنی	چدن	ریخته گری
میل بادامک	چدن کرم ۰دار و چدن قابل سخت شدن، فولاد کروم مولیبدن (SCM420)	ریخته گری ماسه ای، متالورژی پودر برای میل بادامک های مونتاژی و هیدروفرمینگ	چدن معمولی	ریخته گری در قالب فلزی خنک شونده
دریچه	فولاد ضد زنگ مارتنزیتی (SUH3) و استنیتی (SUH35)، سوپر آلیاژهای نیکل دار (Inconel 751) و سرامیک ها	آهنگری - متالورژی پودر	فولاد	شکل دهی (جوشکاری، آهنگری سرد)
بستار	آلومینیوم (Al-Si-Cu)	ریخته گری ثقلی یا کم فشار در قالب های ماسه ای یا دائمی	GAlSi8Cu3 226.10	ریخته گری ثقلی در قالب دائمی (فلزی)
میل لنگ	فولاد و چدن	ریخته گری، آهنگری و ماشینکاری	چدن	ریخته گری
دسته سمبه	فولاد کروم مولیبدن (SCM435)	آهنگری داغ	فولاد C70	آهنگری داغ
چندراهه هوا	پلاستیک (PA) آلومینیوم	تزریق پلاستیک، ریخته گری	آلومینیوم	ریخته گری
چند راهه دود	چدن با شبکه آستنیتی (niresist) و فولاد آلیاژی	ریخته گری، شکل دهی ورق و هیدروفرمینگ	چدن	ریخته گری

انواع رو شهای تولید

ریخته گری-آهنگری-متالورژی پودر-پرینت سه بعدی

ماشینکاری-سنگ زنی-برقو-هونینگ و ...



روش های پرینت سه بعدی می توانند جایگزین روش های اولیه تولید شوند.

دسته بندی روش های ساخت

از نظر تعداد قطعه تولیدی:

- تولید تکی (نمونه ای)
- تولید دسته ای
- تولید انبوه

از نظر فناوری ساخت:

- روش های سنتی
- روش های مدرن

در سنتی از نیروی مکانیکی استفاده می شود و در مدرن از انرژی حرارتی، الکتریکی، الکتروشیمیایی و ...

فهرست

- تاریخچه روش های ساخت
- ساختار مواد
- انواع مواد
- خواص مواد
- دسته بندی روش های ساخت

تاریخچه روش های ساخت

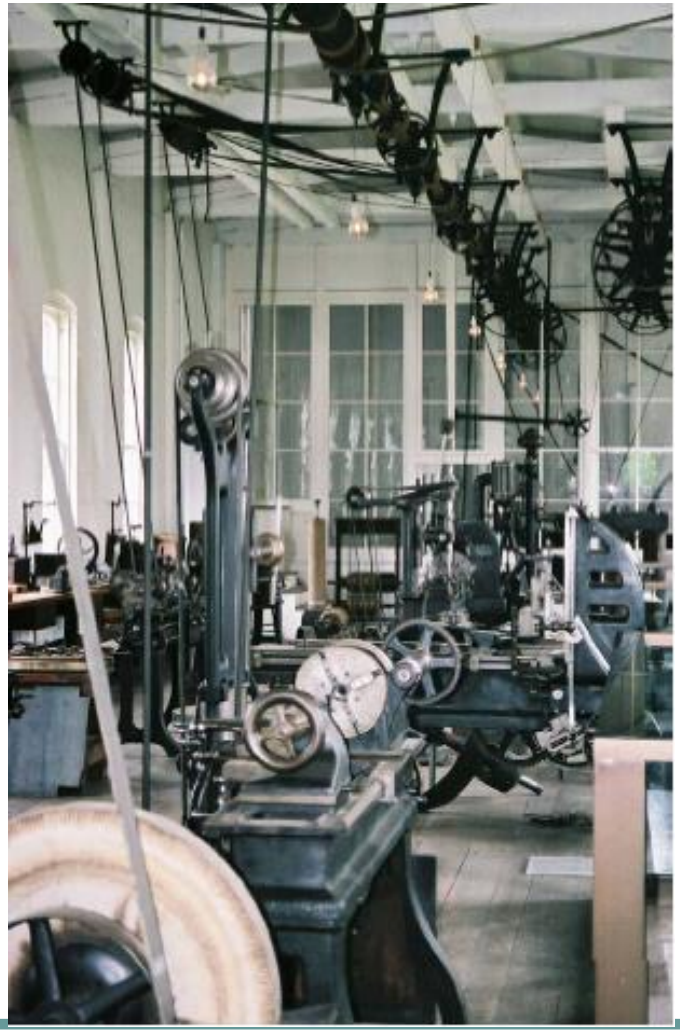
- از هزاران سال قبل انسان از ابزارهایی از استخوان و سنگ برای برش فلزات استفاده می نمود.
- با استفاده از منابعی مانند آب, بخار و الکتریسیته به تدریج ابزارهای ماشینی جایگزین ابزارهای دستی شدند.
- جان ویلکینسون در سال ۱۷۷۴ ماشینی برای برقوکاری دقیق موتورهای بخار اختراع نمود.
- ویتنی در سال ۱۸۱۸ اولین ماشین فرز را اختراع نمود.
- در اواسط قرن نوزدهم ماشین تراش با انباره ابزار برای تولید انبوه پیچ مورد استفاده قرار گرفت.
- در اواخر قرن نوزدهم ماشین سنگ زنی اختراع شد.

تاریخچه روش های ساخت

- با بکارگیری الکتریسیته به عنوان منبع انرژی در قرن بیستم دستگاه های تولیدی توسعه زیادی یافتند و انواع دستگاه ها برای ساخت قطعات مختلف مورد استفاده قرار گرفت.
- با اختراع رایانه و اختراع ماشینهای CNC در سال ۱۹۵۳ دقت ساخت قطعات دچار تحول زیادی شد و امروزه ساخت قطعاتی با دقت ۱ میکرومتر از طریق روش های فوق دقیق ممکن است.

- با ورود رایانه ها و تلفن های هوشمند و بحث انقلاب صنعتی چهارم، روش های تولید هوشمندتر شدند

تاریخچه روش های ساخت



کارگاه ماشینکاری- آزمایشگاه ادیسون

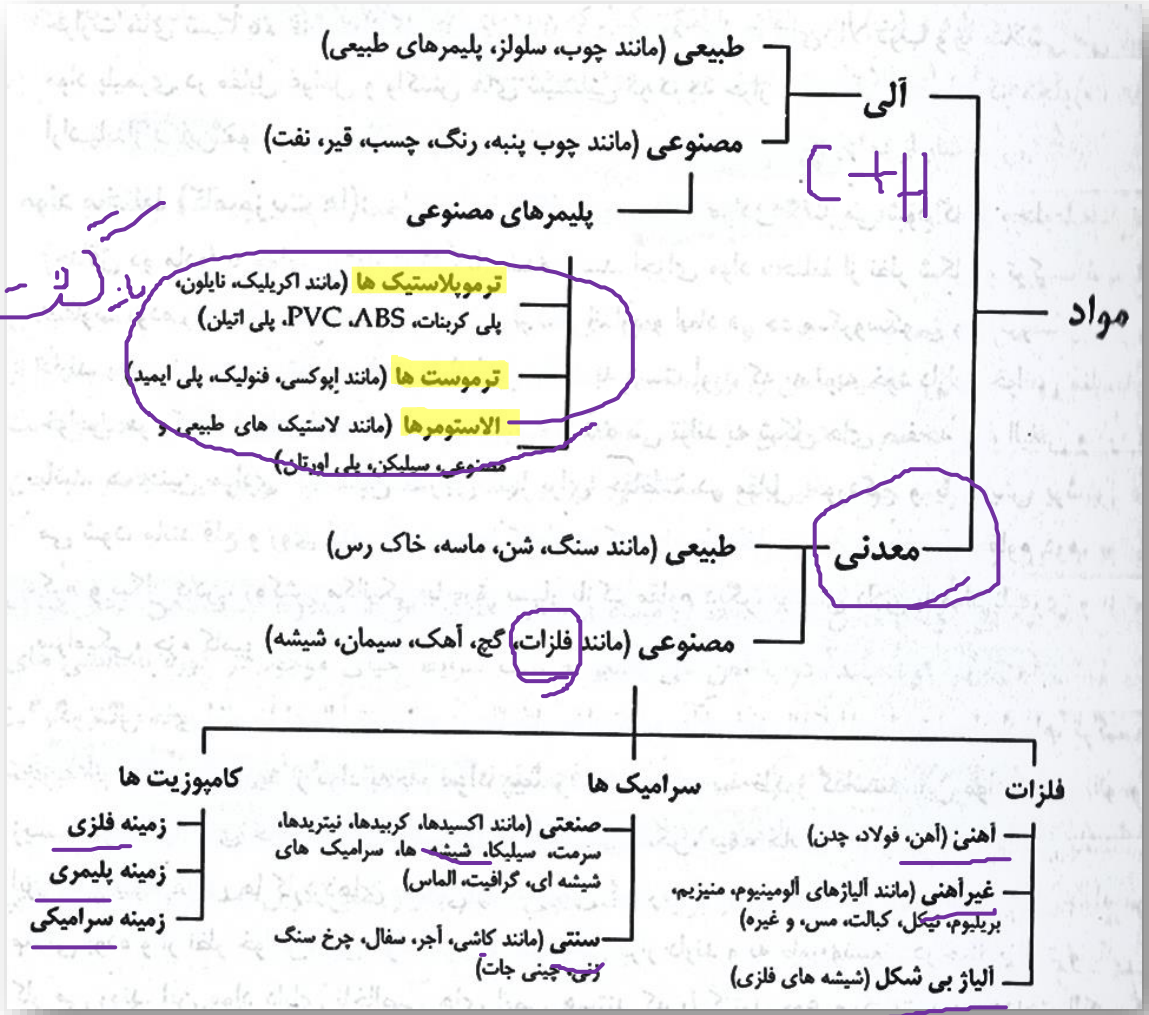
فهرست

- تاریخچه روش های ساخت
- ساختار مواد
- انواع مواد
- خواص مواد
- دسته بندی روش های ساخت

فهرست

- تاریخچه روش های ساخت
- ساختار مواد
- انواع مواد
- خواص مواد
- دسته بندی روش های ساخت

انواع مواد


مواد
آلی
طبیعی (مانند چوب، سلولز، پلیمرهای طبیعی)
مصنوعی (مانند چوب پنبه، رنگ، چسب، قیر، نفت)
پلیمرهای مصنوعی
ترموپلاستیک ها (مانند اکریلیک، نایلون، پلی کربنات، ABS، PVC، پلی اتیلن)
ترموست ها (مانند اپوکسی، فنولیک، پلی ایمید)
الاستومرها (مانند لاستیک های طبیعی و مصنوعی، سیلیکن، پلی اورتان)
معدنی
طبیعی (مانند سنگ، شن، ماسه، خاک رس)
مصنوعی (مانند فلزات، گچ، آهک، سیمان، شیشه)
فلزات
آهنی (آهن، فولاد، چدن)
غیرآهنی (مانند آلیاژهای آلومینیوم، منیزیم، بریلیوم، نیکل، کبالت، مس، و غیره)
آلیاژ بی شکل (شیشه های فلزی)
سرامیک ها
صنعتی (مانند اکسیدها، کربیدها، نیتریدها، سرمت، سیلیکا، شیشه ها، سرامیک های شیشه ای، گرافیت، الماس)
سنتی (مانند کاشی، آجر، سفال، چرخ سنگ نی، چینی جات)
کامپوزیت ها
زمینه فلزی
زمینه پلیمری
زمینه سرامیکی

انواع مواد-آهن

- آهن از فراوانترین عناصر طبیعت است که به صورت سنگ آهن در معادن یافت می شود.

ساختارهای کریستالی آهن

- **آهن آلفا:** این ساختار از دمای طبیعی تا ۹۱۰ درجه سانتی گراد به دست آمده است و دارای شبکه BCC است.
- **آهن گاما:** این ساختار از دمای ۹۱۰ تا ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد به دست آمده است و دارای شبکه FCC است.
- **آهن دلتا:** این ساختار از دمای ۱۴۰۰تا ۱۵۳۹ درجه سانتی گراد به دست آمده است و دارای شبکه BCC است.

انواع مواد-فولاد

- فولاد برای اولین بار در چین و ژاپن در حدود ۶۰۰ تا ۸۰۰ سال پیش از میلاد مسیح ایجاد شد.
- فولادها بیشترین کاربرد را در صنعت و تجارت دارند چون می توان با روش های مختلف تولید و عملیات حرارتی خواص متفاوتی را در آن ها بوجود آورد.

- فولاد برای آلیاژهای آهن که بین ۰.۱ تا حدود ۲ درصد کربن دارند بکار می‌رود فولادهای آلیاژی غالبا با فلزهای دیگری نیز همراهند. خواص فولاد به درصد کربن موجود در آن، عملیات حرارتی انجام شده بر روی آن و فلزهای آلیاژ دهنده موجود در آن بستگی دارد.

انواع مواد-فولاد

انواع فولادها

- فولاد های کربنی ساده (غیر آلیاژی)
- فولادهای ضد زنگ
- فولادهای ابزار

- فولاد های کربنی ساده (غیر آلیاژی)
  - **فولادهای با درصد کربن کم:** این فولادها بین ۰.۱ تا ۰.۲۵ درصد کربن دارند.
فولادهای با ۰.۱ درصد کربن برای ساخت ورق هایی که در کشش عمیق، برش و خمش مورد استفاده قرار می گیرند، استفاده می شود.
  - فولادهای با ۰.۲ درصد کربن برای تیرآهن ها، میلگردها و ورق ها مورد استفاده قرار می گیرند. این فولادهای ارزان قیمت به ندرت عملیات حرارتی می شوند.

انواع مواد-فولاد

- **فولاد های کربنی ساده (غیر آلیاژی)**
  - **فولادهای با درصد کربن متوسط:** این فولادها بین ۰.۲۵ تا ۰.۶ درصد کربن دارند. این نوع فولاد ها دارای قابلیت ریخته گری بهتری از فولاد های کم کربن بوده ،سیال تر و تمایل کمتری به ایجاد ترک های گرم در قطعات ریختگی دارند.
  - مصرف اصلی این نوع فولاد ها در صنعت ماشین سازی و در تولید قطعات ریختگی کوچک، متوسط و بزرگ،صنایع حمل و نقل،دستگاههای نورد و ماشین های راهسازی و ساختمانی است.در میان انواع فولاد های ساده کربنی این نوع فولاد ها بیشترین مقدار مصرف را دارا می باشند.
  - **فولادهای با درصد کربن زیاد :** این فولادها بین ۰.۶ تا ۱.۳ درصد کربن دارند. این فولادها پس از انجام عملیات حرارتی سختی و مقاومت سایش زیادی پیدا می کنند. این نوع فولاد ها در تولید قطعاتی نظیر غلتک های نورد گرم،چرخ دنده ها ،قالبهای اکستروژن قطعات مقاوم در مقابل سایش است.

انواع مواد-فولاد

•در سال ۱۹۱۳، یک متخصص متالورژی انگلیسی به نام هری بریلی، در حال کار بر روی پروژه ای بود تا کارآیی لوله های تفنگ را افزایش دهد که به طور اتفاقی متوجه شد که افزودن کروم به فولادی حاوی مقدار کمی کربن، آن فولاد را ضد زنگ می کند

- **فولاد های ضدزنگ** ← عنصر اصلی کروم
- این فولادها با خواص استحکام و داکتیلیته زیاد و مقاومت به خوردگی مشخص می شوند. مقدار زیاد کروم این فولادها را از بقیه فولادها متمایز می کند.
- در تماس با اکسیژن این فولادها تولید اکسید کروم می کنند که آن ها را از خوردگی حفاظت می نماید.
- برای حفاظت در برابر خوردگی باید مقدار کروم حداقل ۱۰-۱۲ درصد وزنی باشد.
- هر چقدر میزان کربن فولاد بیشتر باشد مقاومت به خوردگی کاهش می یابد چون کربن با کروم واکنش داده و تولید کاربید کروم می کند و از میزان کروم کاسته می شود.

انواع مواد-فولاد

انواع فولاد های ضدزنگ

•**فولادهای ضدزنگ آستنیتی:**
فولادهای آستنیتی به عنوان فاز اولیه خود (کریستال FCC) دارای آستنیت هستند. آنها آلیاژ هایی هستند که حاوی کروم و نیکل (بعضی مواقع هم منگنز و نیتروژن) هستند. رایج ترین فولاد ضد زنگ نوع ۳۰۴ است. غیرمغناطیسی یا نگیر هستند . قابلیت شکل پذیری خوبی دارند. نمونه کاربرد این نوع فولادهای ضد زنگ در چندراهه های دود ورقه ای است.

•**فولادهای ضدزنگ فریتی:**
فولاد های فریتی به عنوان فاز اولیه خود (کریستال BCC) دارای فریت هستند. آنها آلیاژهایی هستند که بر اساس ترکیب نوع ۴۳۰ با ۱۷٪ کروم، حاوی آهن و کروم می باشند. بنابراین این نوع فولادها دارای درصد کروم زیادی هستند. فولادهای فریتی در مقایسه با فولادهای آستنیتی کمتر شکل پذیر هستند. معمولا فولادهای ضد زنگ فریتی بخاطر قیمت پایین آن نسبت به نوع زمینه آستنیتی (مقدار نیکل به کار رفته) ، در انتخاب مواد ترجیح داده می شود .

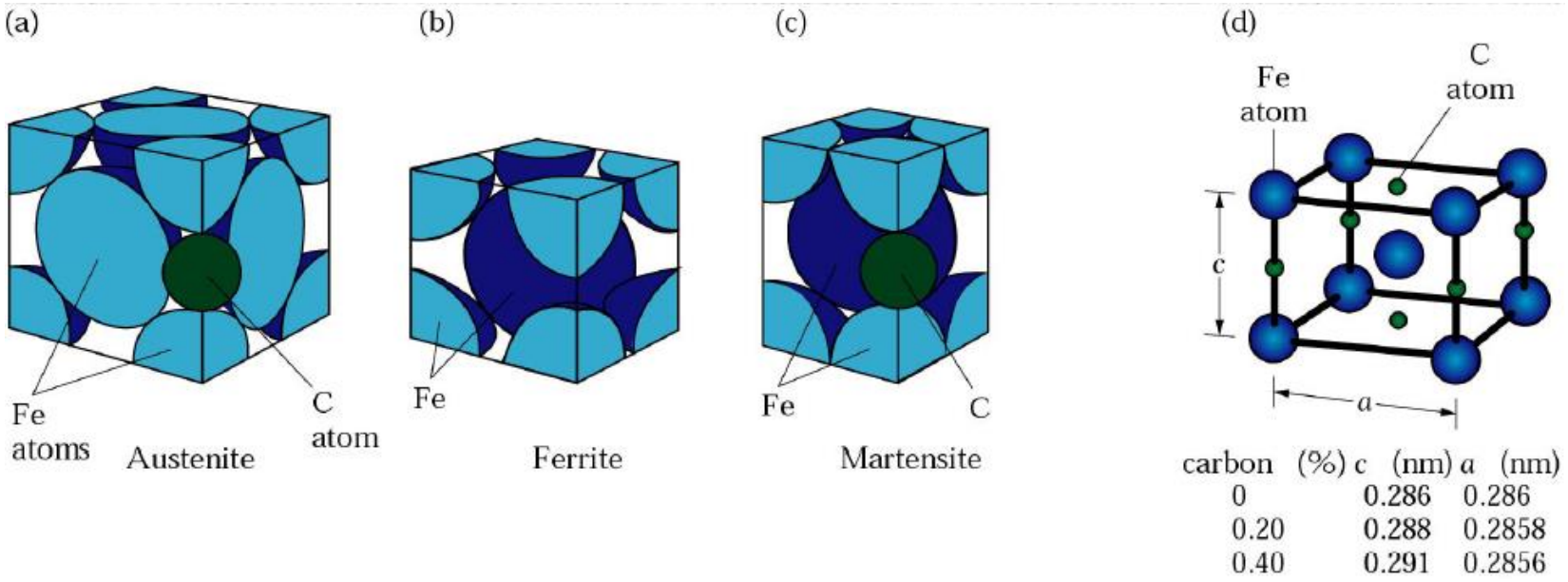
•**فولادهای ضدزنگ مارتنزیتی:**
فولاد های مارتنزیتی حاوی فولاد کربن زیادی نیستند و به دلیل عدم زمانی کافی در تبدیل شبکه FCC به شبکه BCC ساختار مخصوصی دارند که به ساختار BCT معروف اند. مارتنزیت به فولاد قدرت سختی زیادی می دهد، اما دوام آن را کاهش می دهد و آن را شکننده می کند،

ترکیب شیمیایی فولادهای ضد زنگ

نام آلیاژ(AISI)	استاندارد معادل DIN	شماره ماده Mat.No	C (%)	Si(%)	Ni(%)	Cr(%)	Others(%)	Fe(%)	Matrix
409	X6CrTi12	1.4512	0.08max	1 max	0.5 max	11	Ti=6*c min to 0.75 max	Base	Ferrite
439	X3CrTi17	1.4510	0.07	1 max	0.5	18	Ti=6*c min to 0.75 max	Base	Ferrite
444	X2CrMoTi18-2	1.4521	0.02	1 max	0.4	18	2Mo,0.02N	Base	Ferrite
441		1.4509	0.02	1 max	0.3	18	0.7Nb,0.3Ti	Base	Ferrite
468			0.009	1 max	0.22	18.25	0.25Cb[2],0.1Ti	Base	Ferrite
304(L[1])	X2CrNi19-11 GX2CrNiN18-9	1.4306	0.03	1 max	10	19	2Mn1Si,P,S	Base	Austenite
309	X7CrNi23 14 X12CrNi24 12	1.4833	0.06	1 max	13	23	1.75Mn0.5Si 0.02P,0.002S	Base	Austenite
321	X6CrNiTi18-10	1.4541	0.08	1 max	10	18	Ti=5*C min to 0.7 max	Base	Austenite
Inconell601	Ni Cr 23 Fe	2.4851	0.05	0.5 max	60.5	23	1.4Al Cu 1 max	14.4	Ni Base

[1]Low Carbon
[2]Columbium

ساختارهای فولاد



carbon (%)	c (nm)	a (nm)
0	0.286	0.286
0.20	0.288	0.2858
0.40	0.291	0.2856

انواع مواد-فولاد

فولاد های ابزار

این نوع فولادها معمولا فولادهای آلیاژی هستند که دارای استحکام زیاد، مقاومت در برابر ضربه و مقاومت به سایش در دماهای محیط و دماهای کاری زیاد هستند. این فولادها عموما برای ماشینکاری فلزات مورد استفاده قرار می گیرند. میزان کربن این فولادها ۰.۷ تا ۱.۵ درصد می باشد.

- **فولادهای تندبر (HSS):**

فولادهای تندبر علاوه بر سختی زیاد دارای مقاومت فوق العاده ای در دماهای زیاد هستند و می توانند تا دمای ۶۰۰ درجه سختی و توان برشی خود را حفظ کنند. سری M این فولادها دارای ۱۰ درصد مولیبدن و عناصر دیگر شامل کروم، وانادیم، تنگستن و کبالت هستند.

- سری T حاوی ۱۲ تا ۱۸ درصد تنگستن و عناصر دیگر شامل کروم، وانادیم و کبالت هستند. فولادهای سری M بیش از ۹۵ درصد فولادهای ابزاری تولید شده در آمریکا را شامل می شوند.

- **فولادهای گرم کار (سری H):**

این فولادها برای استفاده در دماهای بالا طراحی شده اند و دارای چقرمگی و مقاومت در برابر سایش و ترک زیادی هستند. تنگستن، مولیبدن، کروم و وانادیم عناصر آلیاژی این فولادها هستند.

- **فولادهای سرد کار (سری A, D, O) :**

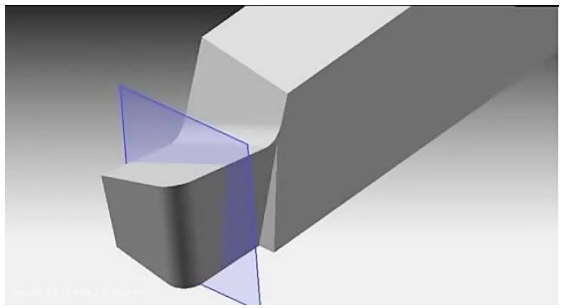
این فولادها برای استفاده در دماهای پایین طراحی شده اند و دارای مقاومت در برابر سایش و ترک زیادی هستند.

- **فولادهای ضد شوک (سری S) :**

این فولادها مقاومت به ضربه خوبی دارند و در سنبه و ماتریس ها مورد استفاده قرار می گیرند.

ابزارهای از جنس HSS

قلم یا تیغچه با ابزار تراشکاری

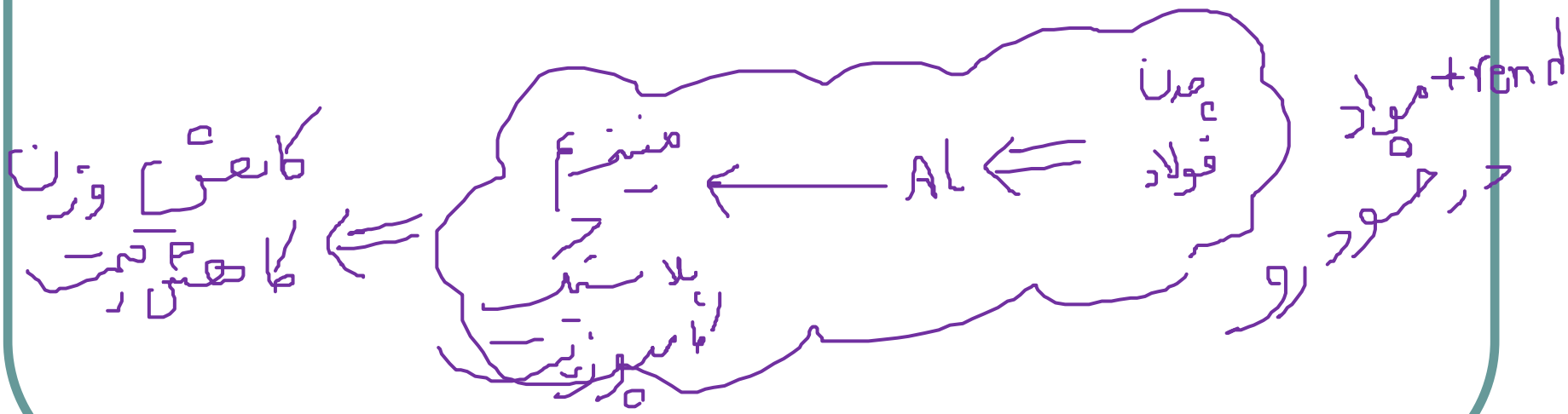


تیغه برش

انواع مواد-چدن

چدن

- چدن با داشتن ۲ تا ۴ درصد کربن از فولاد متمایز می شود.
- از چدن به خاطر خاصیت جذب ارتعاشات در بسیاری از قطعات سنگین ماشین الات مانند بسترها و بدنه ماشین ابزارها استفاده می شود. بدنه موتورهای احتراقی معمولا از جنس چدن می باشد.
- نقطه ذوب کم، سیالیت زیاد (قابلیت ریخته گری و ماشینکاری خوب)، قابلیت جذب ارتعاشات و مقاومت به سایش خوب از ویژگی های چدن در مقایسه با فولاد است.
- مقاومت چدن به ضربه و انعطاف پذیری آن از فولادها کمتر است.



مقایسه وزن و ضریب انتقال حرارت

فلز	چگالی	درصد چگالی نسبت به چدن	ضریب انتقال حرارت $(W/m*k)$
چدن	۸۰۰۰	۱۰۰٪	۵۵
فولاد	۷۸۵۰	۹۸٪	۲۰
آلومینیوم	۲۷۰۰	۳۳.۷۵٪	۲۵۰
منیزیم	۱۷۳۸	۲۱.۷۲٪	۱۵۶

انواع مواد-سرامیک ها

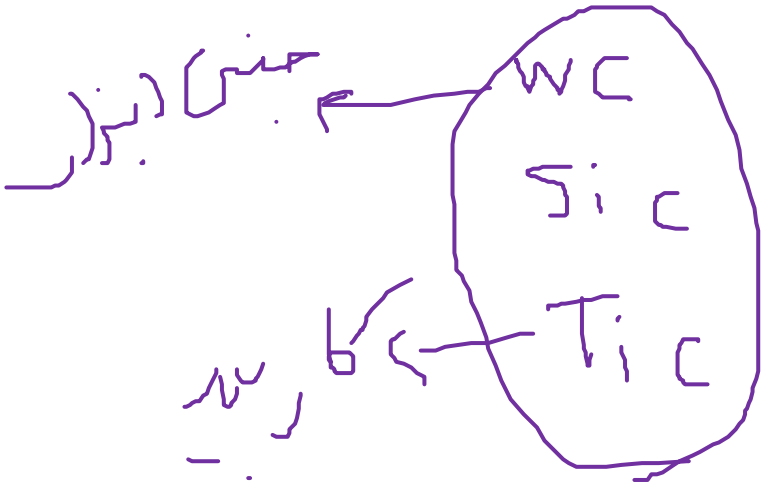
سرامیک ها

- سرامیک ها از مواد معدنی غیرفلزی هستند.
- مواد سرامیکی سخت و ترد هستند، نقطه ذوب و پایداری زیادی در برابر واکنش های شیمیایی دارند و غالبا هدایت حرارتی و الکتریکی کمی دارند.
- استحکام فشاری آن ها ۵ تا ۱۰ برابر استحکام کششی آن هاست (نمونه: پیزوالکتریک)
- سرامیک های تک عنصری: ← مواد خالص کمتر
  - مواد سرامیکی تک عنصری بیشتر شامل اتم های کربن، سیلیسیم (Si یا همان سیلیکون) و ژرمانیوم هستند. سیلیسیم و ژرمانیوم برای ساخت نیمه هادی ها به کار می روند و کربن هم به صورت گرافیت به عنوان ماده روانکار مورد استفاده قرار می گیرد.
- سرامیک های اکسیدی:
  - این مواد از اکسیدهای فلزی تشکیل شده اند. نمونه این اکسیدهای فلزی آلومینا (Al_2O_3) است. این ماده سختی زیادی دارد و به عنوان ماده ساینده مورد استفاده قرار می گیرد.
  - نمونه دیگر سرامیک های اکسیدی، اکسید زیرکونیوم است که مقاومت خوبی در برابر ضربه و خوردگی دارد و ضریب انبساط حرارتی و ضریب اصطکاک کمی دارد. این ماده به عنوان جنس قالب ها در فرایند روزنرانی گرم مورد استفاده قرار می گیرد.

انواع مواد-سرامیک ها

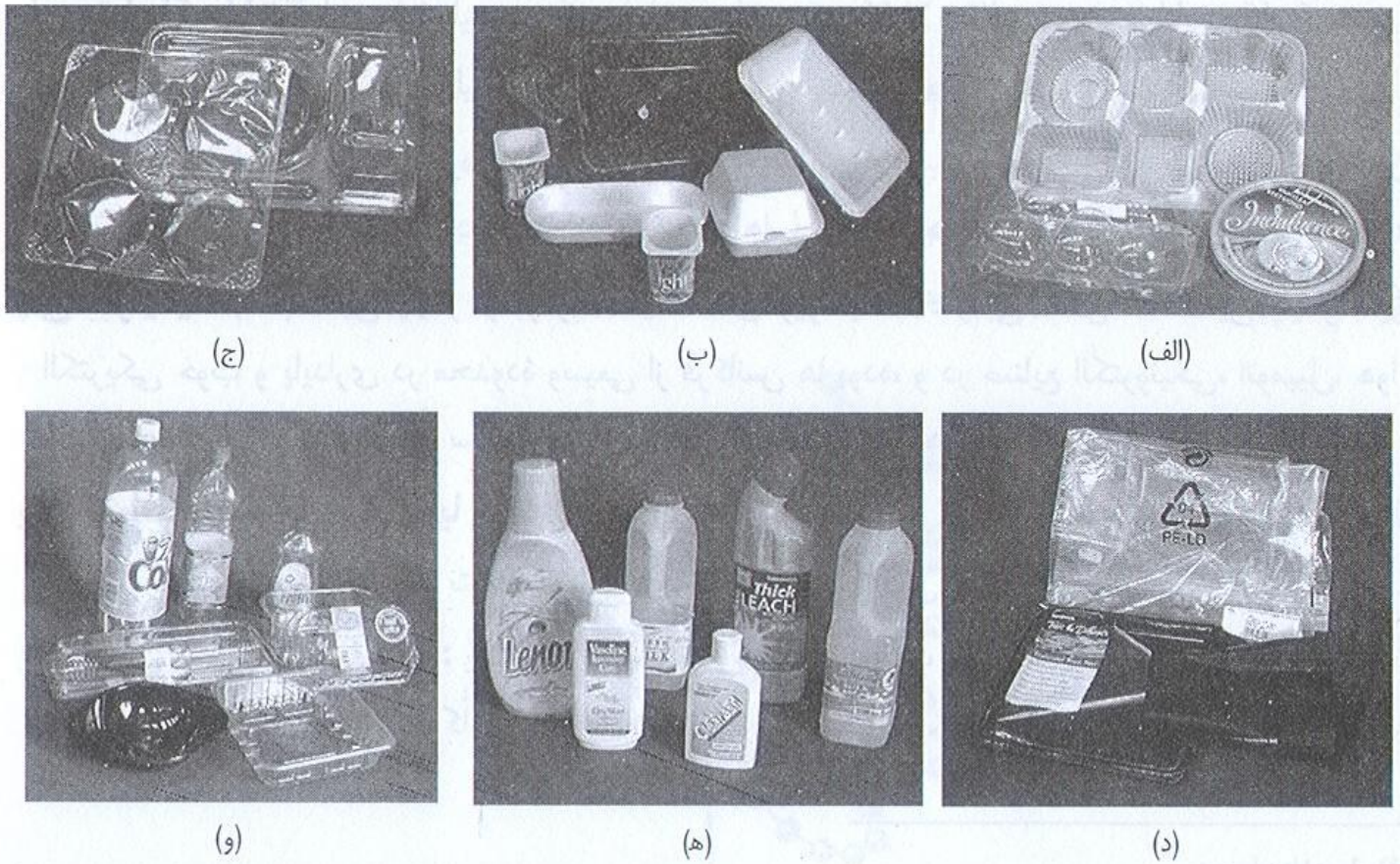
سرامیک ها

- سرامیک های غیر اکسیدی:
  - این مواد شامل کاربایدها و نیترایدها هستند. تنگستن کارباید و تیتانیوم کارباید دو نمونه از کاربایدها هستند که به عنوان جنس ابزار و قالب مورد استفاده قرار می گیرند. نیترایدها هم شامل نیترید بور مکعبی، تیتانیوم نیترید و سیلیکون نیترایدهستند. نیترید بور مکعبی دومین ماده سخت پس از الماس است. این ماده به طور طبیعی یافت نمی شود و در دهه ۷۰ میلادی با فرایندی مشابه فرایند تولید الماس مصنوعی تولید شد.



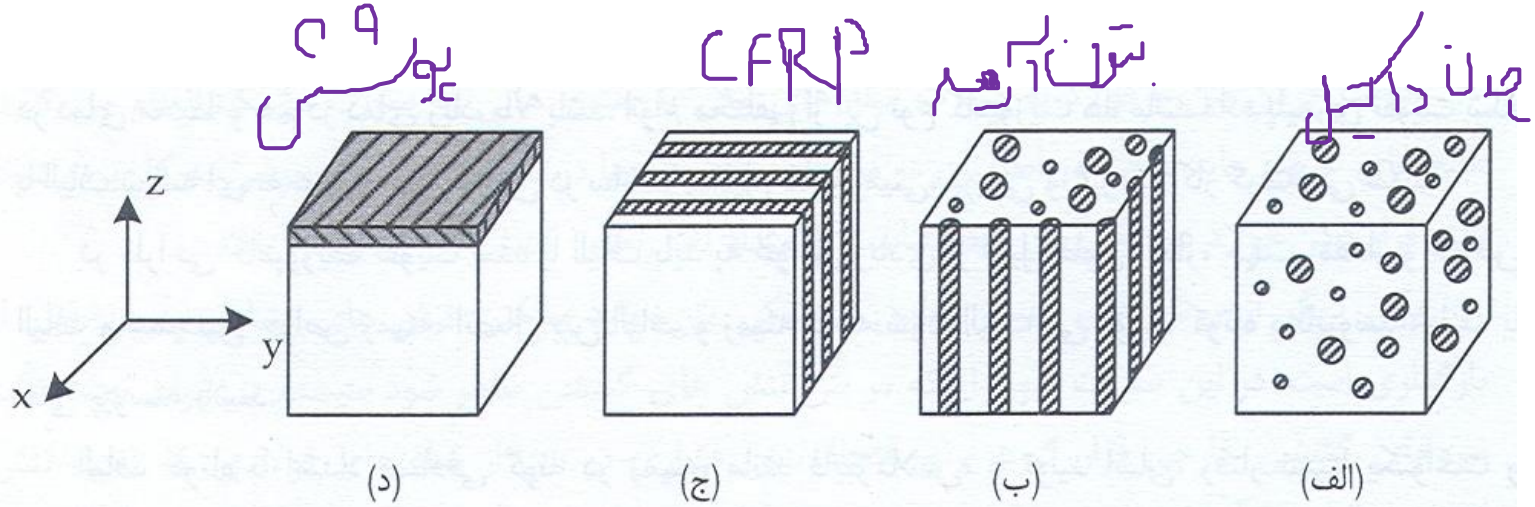
- سیمان و شیشه از دیگر سرامیک ها هستند.

انواع مواد-پلیمرها



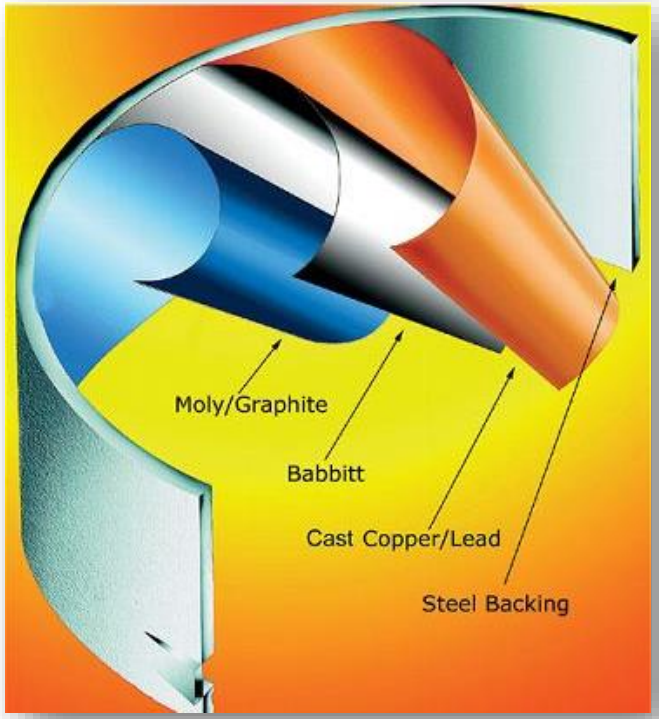
نمونه هایی از پلیمرهای مورد استفاده در زندگی روزمره: (الف) پلی پروپیلن (PP)؛ (ب) پلی استیرن (PS)؛ (ج) پلی وینیل کلراید (PVC)؛ (د) پلی اتیلن با چگالی پایین (LDPE)؛ (ه) پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE)؛ (و) پلی اتیلن تِرِفتالات (PET).

انواع مواد-کامپوزیت ها



شکل ۲-۹. فرم های مختلف ساختارهای کامپوزیت دو فازی: (الف) ذره ای کروی شکل؛ (ب) الیافی به صورت میله هایی در جهت z؛ (ج) لایه ای به صورت صفحاتی در جهت yz؛ (د) پوشش سطحی.

•کاربرد مواد مرکب در یاتاقان پوسته ای



فهرست

تاریخچه روش های ساخت

ساختار مواد

انواع مواد

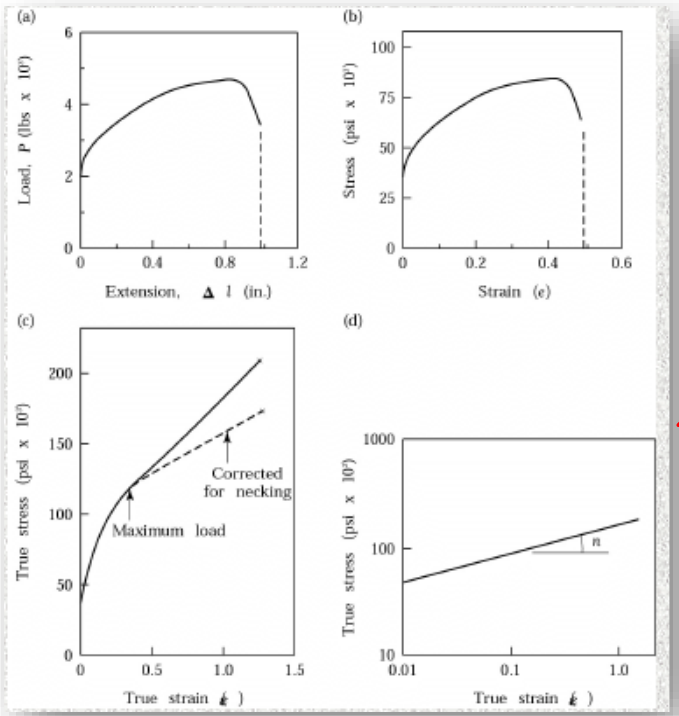
خواص مواد

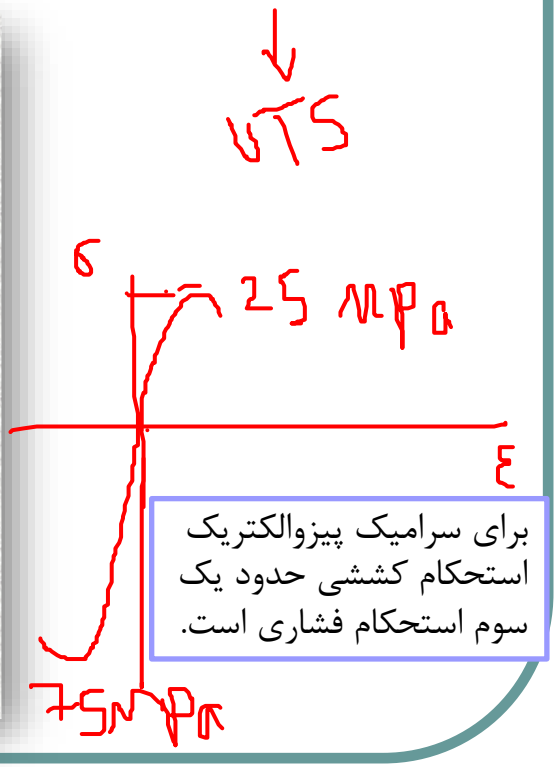
دسته بندی روش های ساخت

خواص مکانیکی

خواص مکانیکی

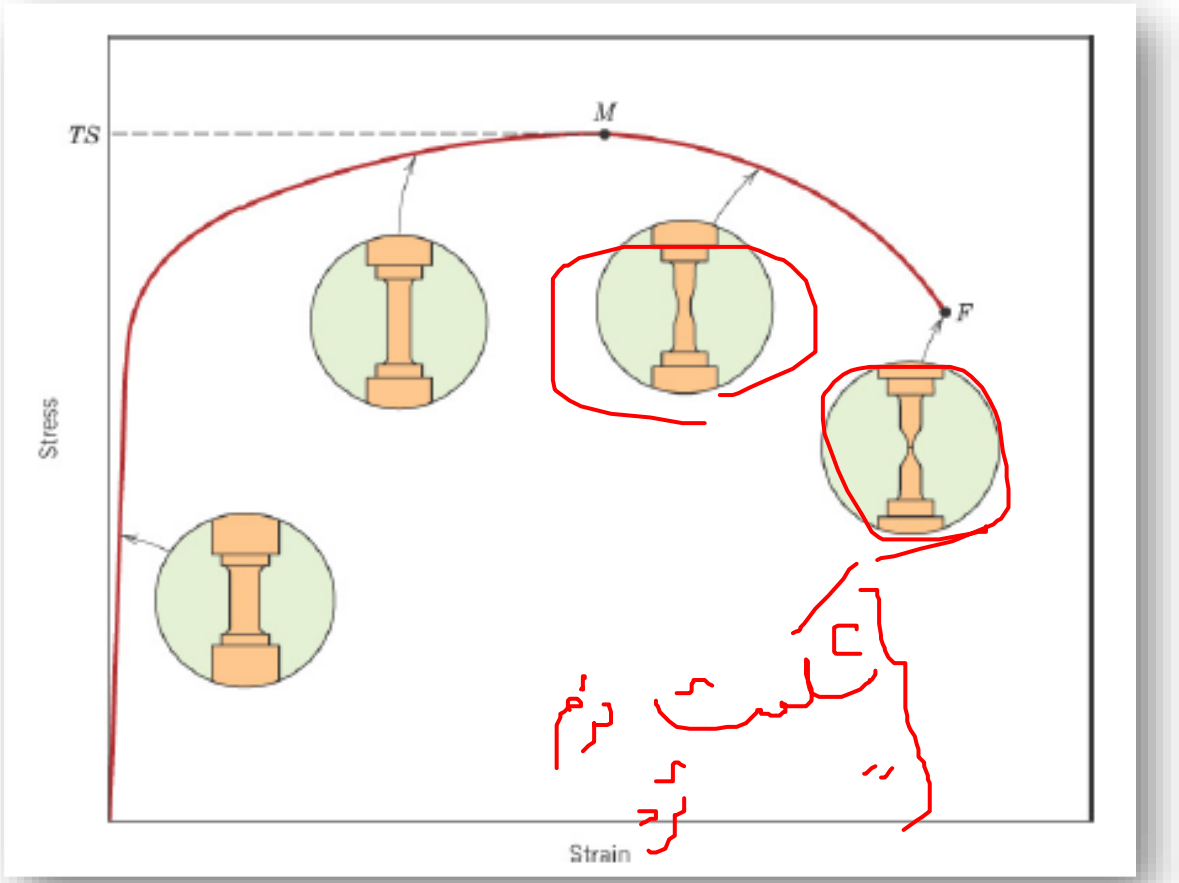
استحکام کششی: میزان تنش کششی که ماده می تواند تا شکست تحمل کند.
استحکام فشاری: میزان تنش فشاری که ماده می تواند تا شکست تحمل کند.
معیار تعیین: منحنی تنش کرنش





برای سرامیک پیزوالکتریک استحکام کششی حدود یک سوم استحکام فشاری است.

خواص مکانیکی

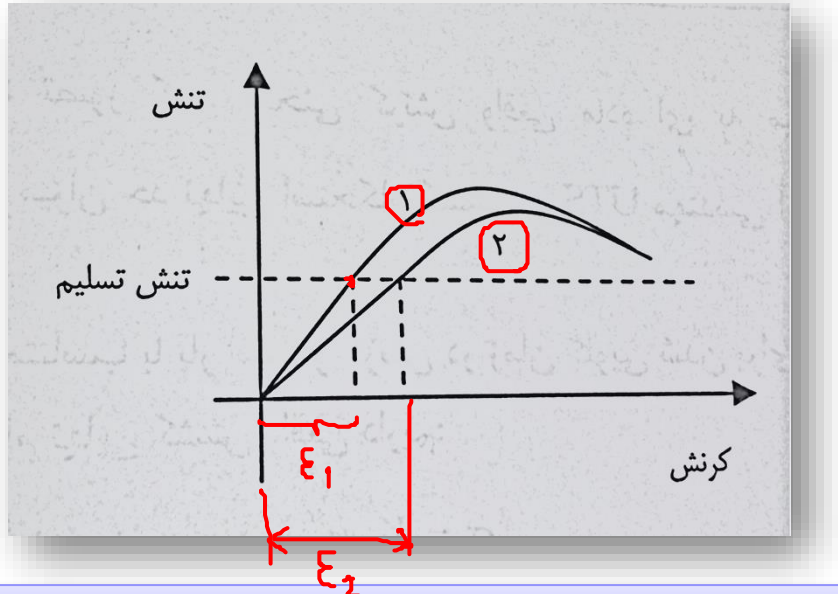


خواص مکانیکی

Stiffness

سفتی: مقاومت یک ماده نسبت به تغییر شکل الاستیک. ماده ای که تغییر شکل کمتری تحت بار از خود نشان می دهد, سفتی بیشتری دارد.

معیار تعیین: مدول یانگ (E)



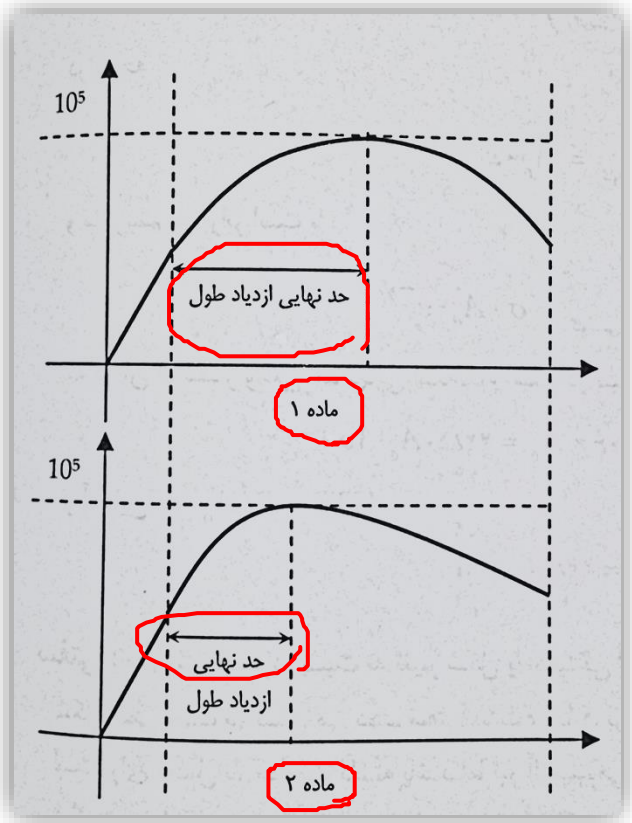
$\varepsilon_1 < \varepsilon_2$

ماده ۱ از ماده ۲ سفت تر است چون در بار یکسان، تغییر شکل کمتری داده است.

خواص مکانیکی

Plasticity

پلاستیسیته: مقاومت یک ماده در مقابل تغییر شکل پلاستیک پیش از شکست.

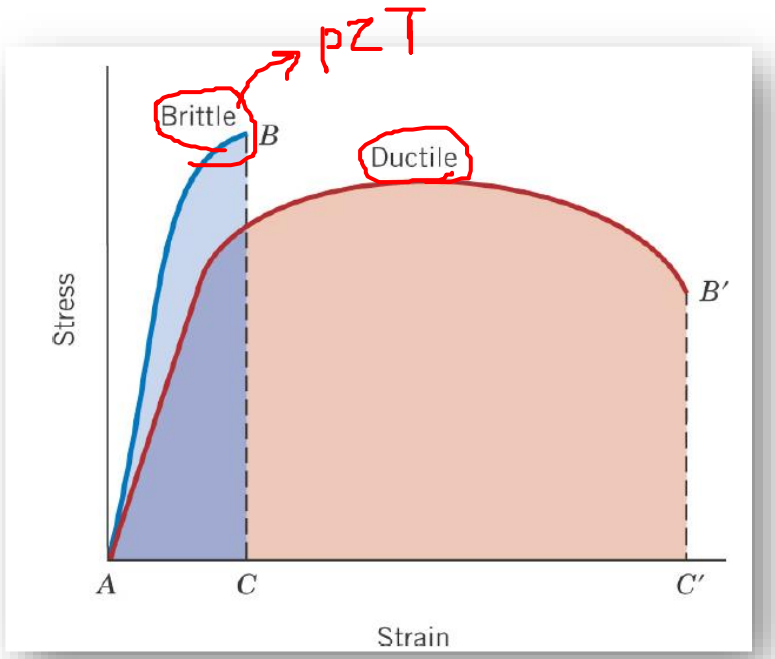


ماده ۱ از ماده ۲ پلاستیک تر است چون تغییر شکل بیشتری پیش از گلویی شدن داده است.

خواص مکانیکی

چکش خوری (Ductility): خاصیتی است که به ماده امکان می دهد به قدری کشیده شود که به صورت یک سیم نازک درآید.

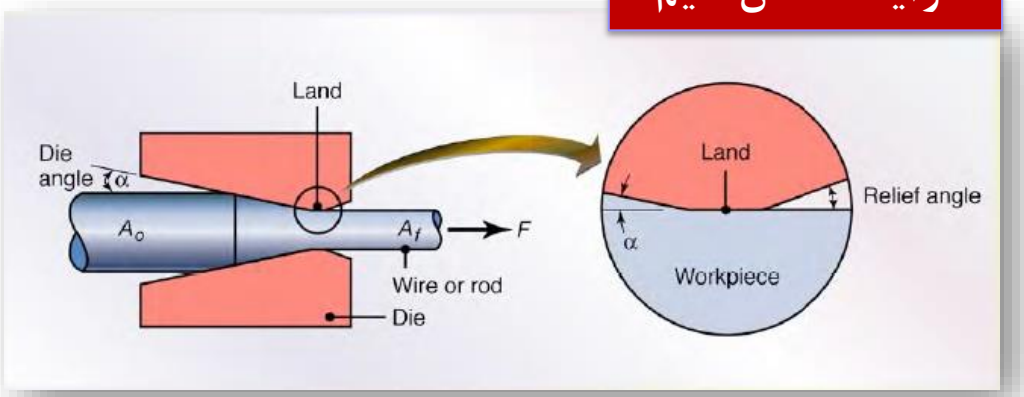
شکنندگی یا تردی یک ماده قابلیت شکستن آن بدون تغییر شکل زیاد می باشد.



داکتیلیته ⟷ تردی

چکش خوری

فرآیند کشش سیم



معیار پذیرش

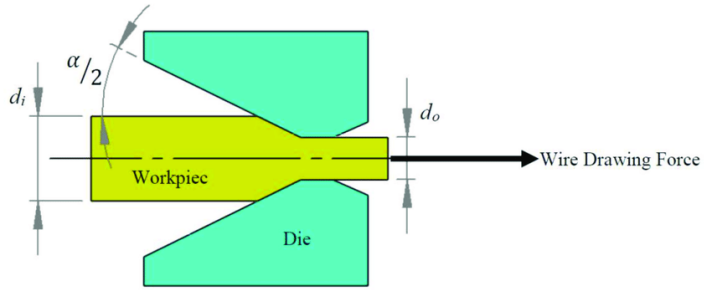
$$\text{درصد افزایش طول} = \frac{l_f - l_o}{l_o} \times 100$$

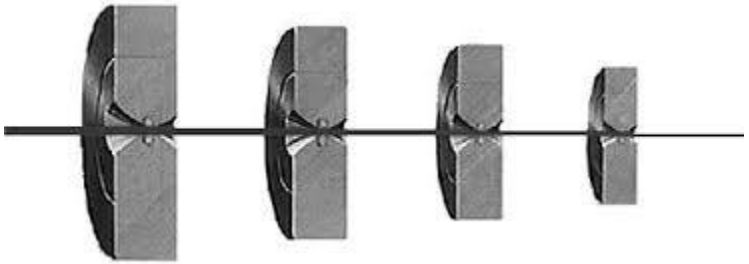
$$\text{درصد کاهش سطح مقطع} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

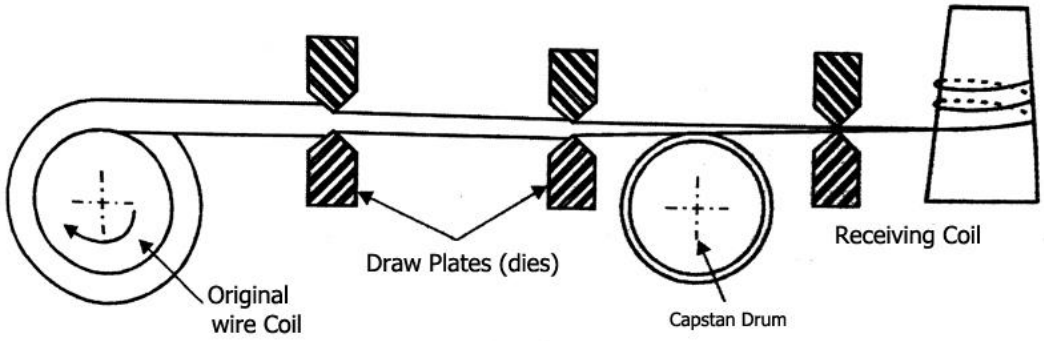
elongation

Lf قبل از شکست را بیان می کند

کشش سیم


$\alpha/2$
d_i
d_o
Workpiece
Wire Drawing Force
Die




Original
wire Coil
Draw Plates (dies)
Capstan Drum
Receiving Coil

خواص مکانیکی

تورق پذیری(Malleability): قابلیت ماده برای تبدیل به ورق های نازک، بدون ترک برداشتن.

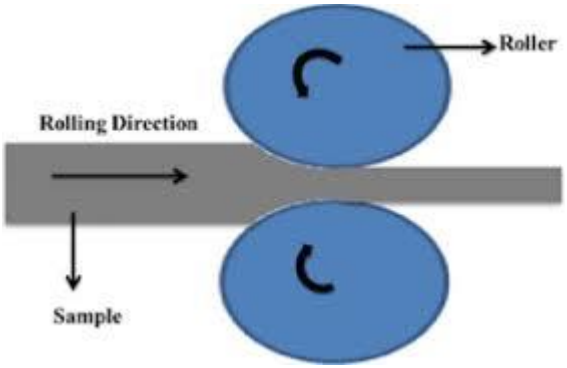
آلومینیوم و سرب تورق پذیرند ولی چکش خوار نیستند.

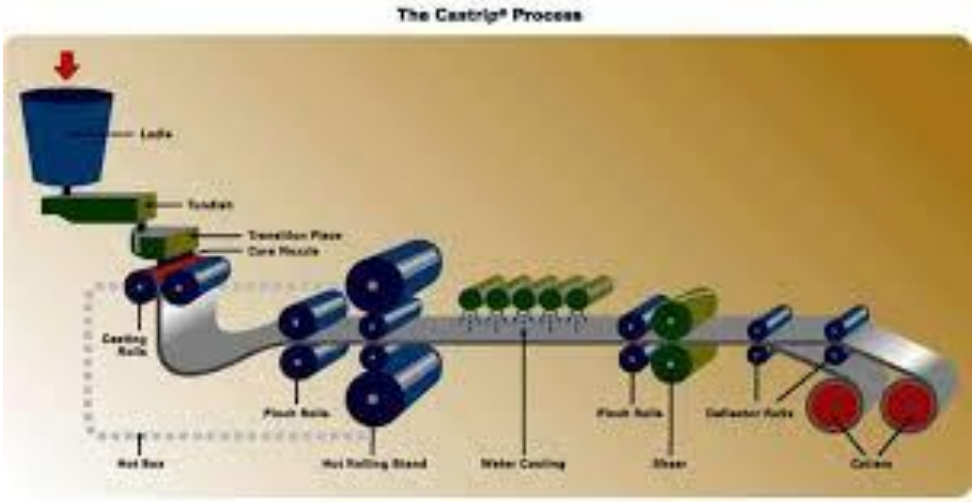
Aluminum

Gold

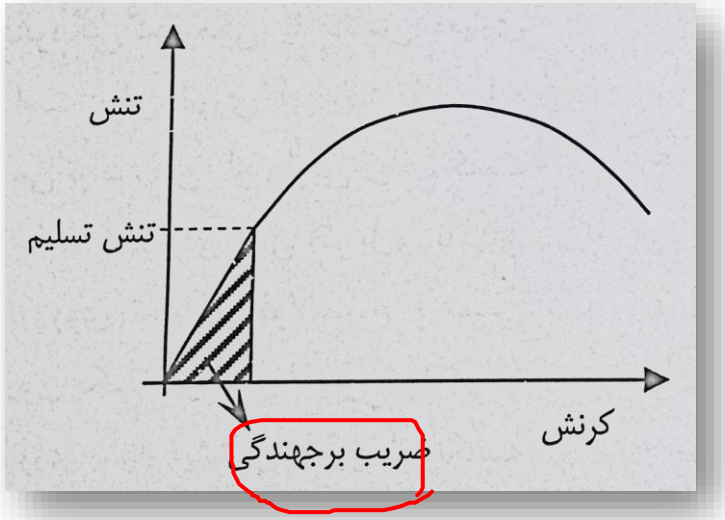
فرآیند نورد (Rolling)

•چکش خواری یک خاصیت کششی است در حالی که تورق پذیری یک خاصیت فشاری محسوب می شود.





خواص مکانیکی



برجهندگی(Resilience): ظرفیت ماده برای جذب انرژی به صورت الاستیک

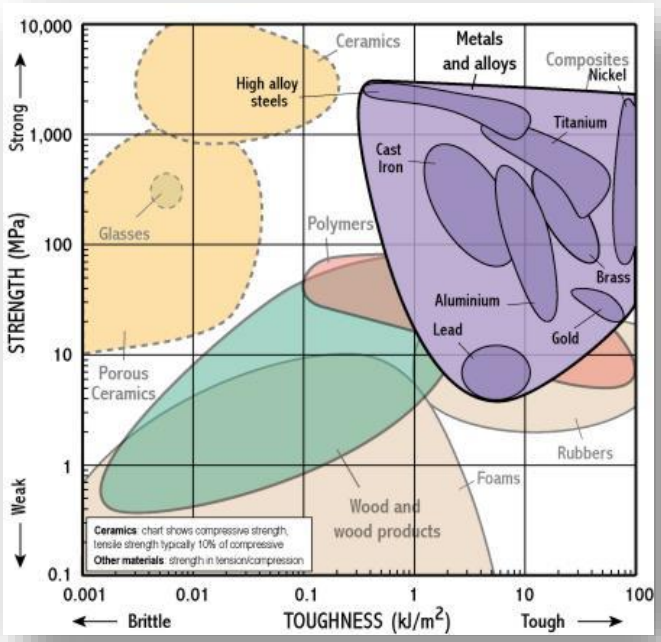
این ویژگی بیانگر ظرفیت تحمل در برابر شوک ها و ارتعاشات یک جنس است.

$$U_r = \int_0^{\varepsilon_y} \sigma \, d\varepsilon \quad \Rightarrow \quad U_r = \frac{1}{2}\sigma_y \varepsilon_y = \frac{\sigma_y^2}{2E}$$

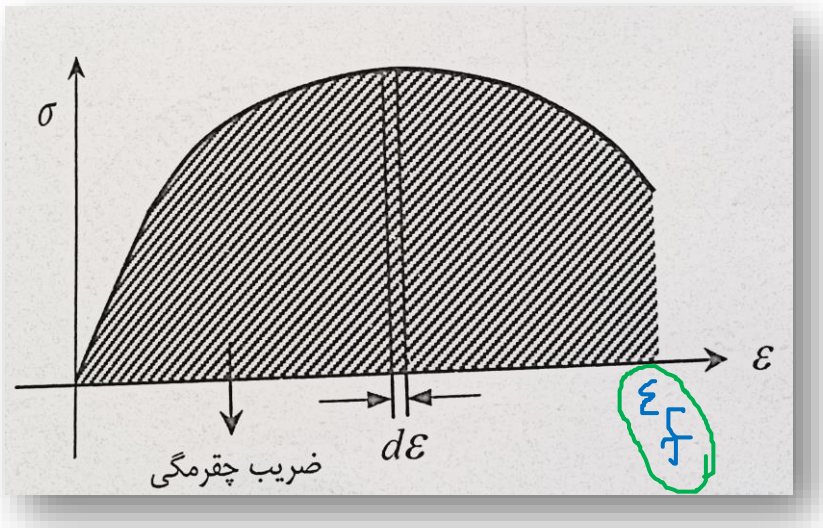
خواص مکانیکی

- چقرمگی (Toughness) مقدار انرژی که ماده قبل از شکست جذب میکند.
قابلیت یک ماده برای تحمل تغییر شکل های الاستیک و پلاستیک.

❑ فولاد از شیشه چقرمه تر است



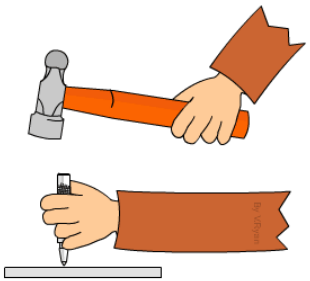
ضریب چقرمگی (Toughness)



مساحت

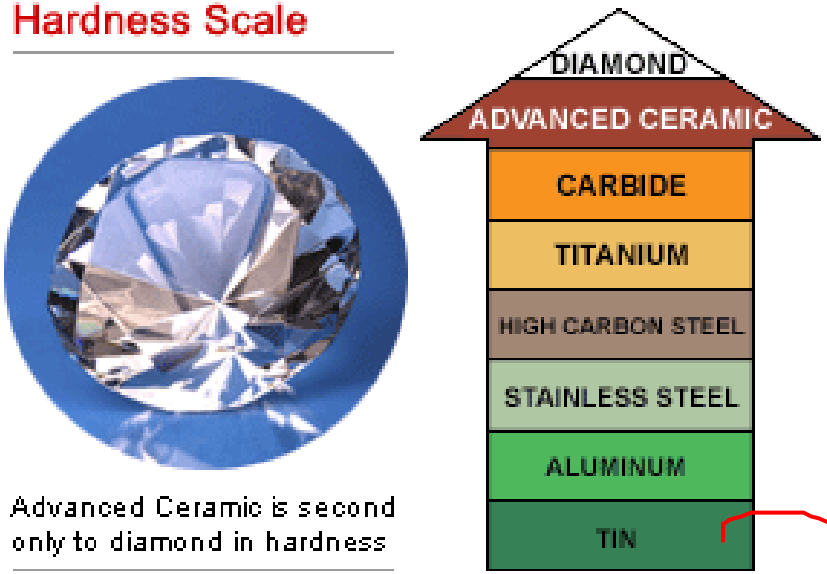
$$\text{ضریب چقرمگی} = T = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma_T \cdot d\varepsilon$$

خواص مکانیکی



سختی (Hardness):

قابلیت ماده در برابر برش، نفوذ، خراش و ساییدگی، سختی آن ماده است.



خواص مکانیکی

تست	سنجه	نمای بغل سنجه	نمای بالای سنجه	بار (P)	عدد سختی
برینل	ساچمه ای با قطر ۱۰ میلیمتر از جنس فولاد یا کاربید تنگستن	D, d	d	۵۰۰ ۱۵۰۰ ۳۰۰۰	$HB = \frac{2P}{(\pi D)\left(D-\sqrt{D^2-d^2}\right)}$
ویکرز	هرم الماسی	۱۳۶°	L	۱ تا ۱۲۰	$HV = \frac{1.854P}{L^2}$
نوپ	هرم الماسی	t $L/b = ۷٫۱۱$ $b/t = ۴٫۰۰$	b, L	۰٫۰۲۵ تا ۵	$HK = \frac{14.2P}{L^2}$
راکول A راکول C راکول D	مخروط الماسی	۱۲۰°		۶۰ ۱۵۰ ۱۰۰	HRA HRC HRD $= 100 - 500t$
راکول B راکول F راکول G	ساچمه فولادی به قطر ۱/۱۶ اینچ	t = mm		۱۰۰ ۶۰ ۱۵۰	HRB HRF HRG $= 130 - 500t$
راکول E	ساچمه فولادی به قطر ۱/۸ اینچ			۱۰۰	HRE

مواد نرم

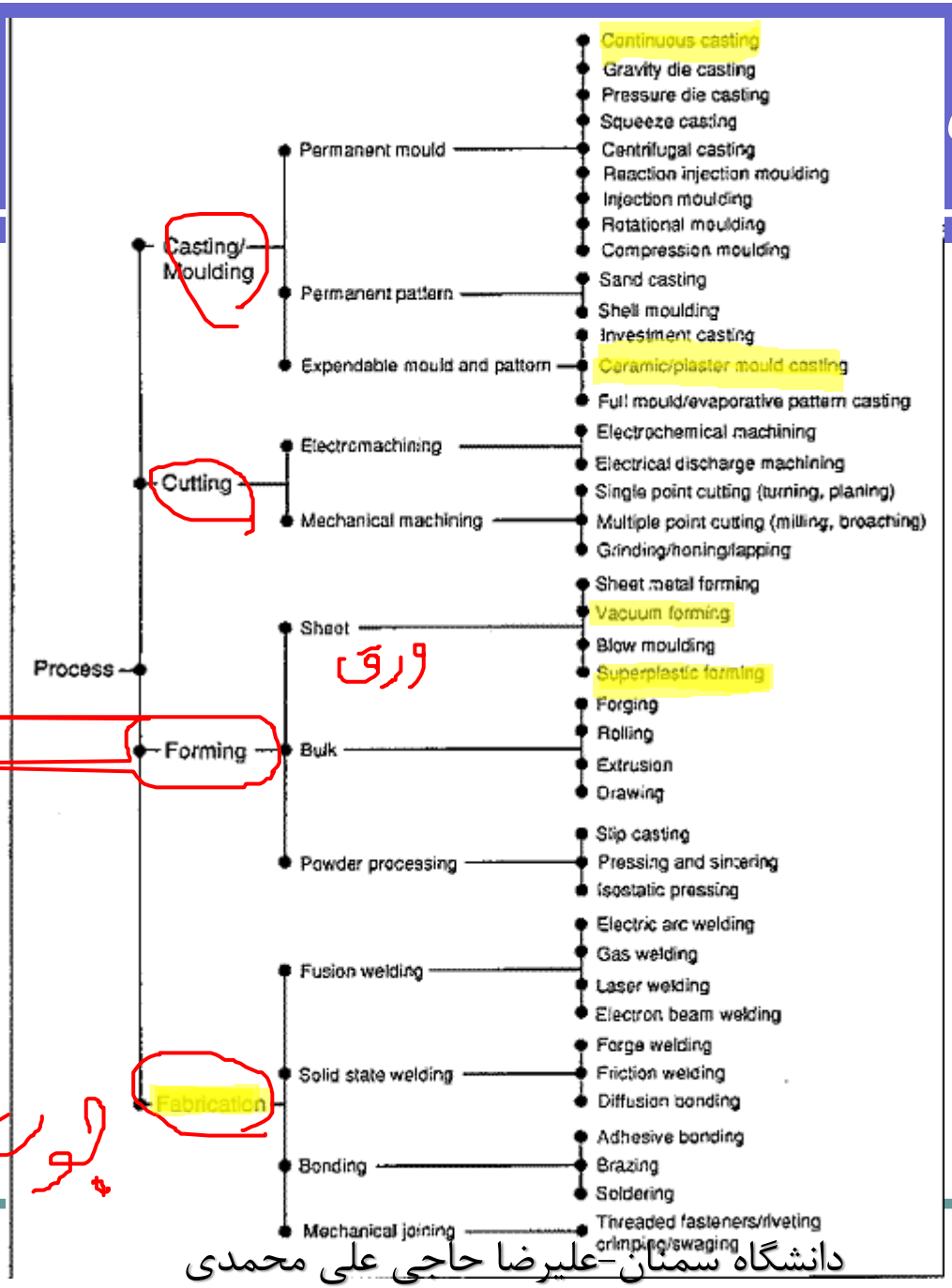
سختی سطحی

مواد سخت

فهرست

- تاریخچه روش های ساخت
- ساختار مواد
- انواع مواد
- خواص مواد
- دسته بندی روش های ساخت

روش های

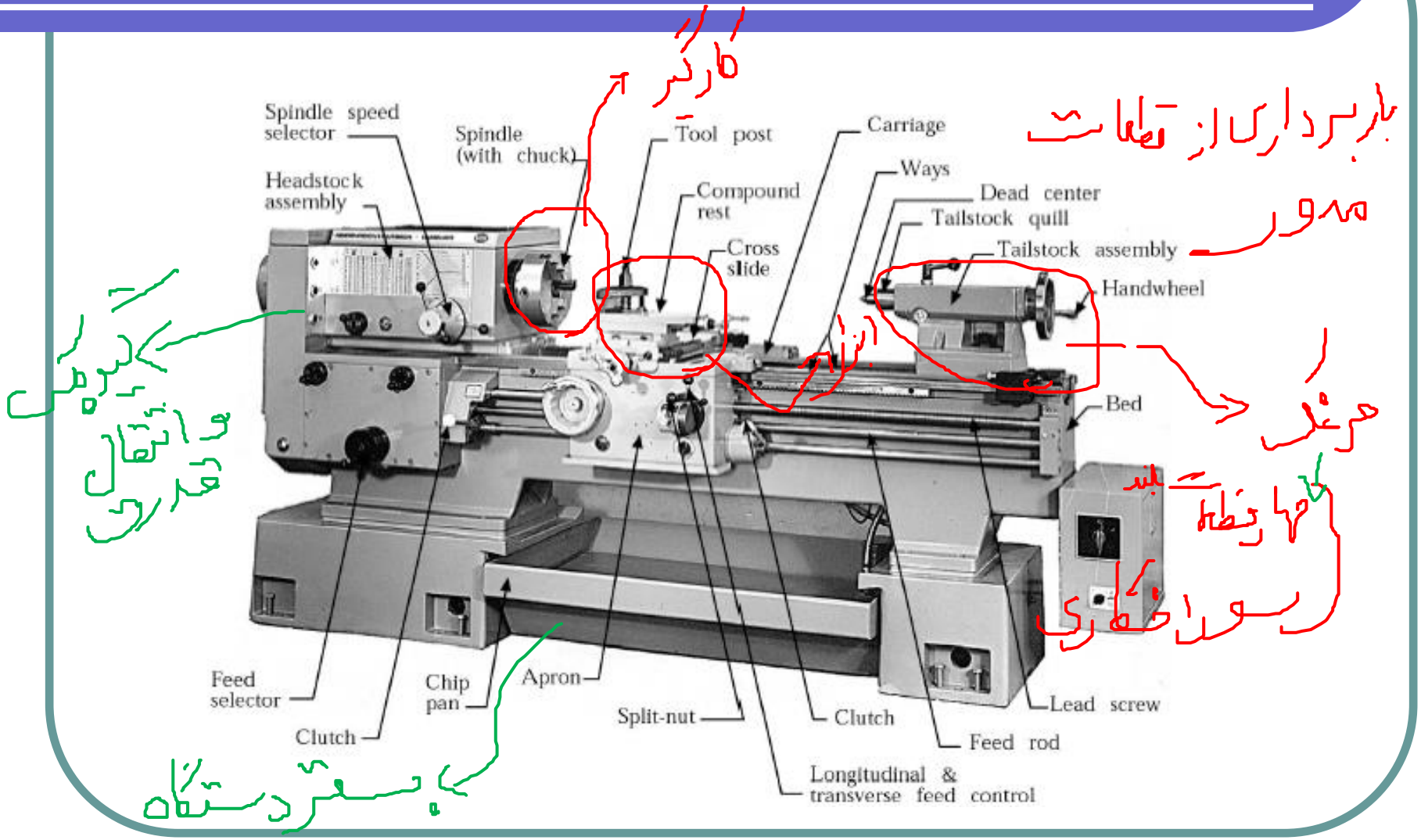

Process
Casting/Moulding
Permanent mould
Permanent pattern
Expendable mould and pattern
Continuous casting
Gravity die casting
Pressure die casting
Squeeze casting
Centrifugal casting
Reaction injection moulding
Injection moulding
Rotational moulding
Compression moulding
Sand casting
Shell moulding
Investment casting
Ceramic/plaster mould casting
Full mould/evaporative pattern casting
Cutting
Electromachining
Mechanical machining
Electrochemical machining
Electrical discharge machining
Single point cutting (turning, planing)
Multiple point cutting (milling, broaching)
Grinding/honing/lapping
Forming
Sheet
Bulk
Powder processing
Sheet metal forming
Vacuum forming
Blow moulding
Superplastic forming
Forging
Rolling
Extrusion
Drawing
Slip casting
Pressing and sintering
Isostatic pressing
Fabrication
Fusion welding
Solid state welding
Bonding
Mechanical joining
Electric arc welding
Gas welding
Laser welding
Electron beam welding
Forge welding
Friction welding
Diffusion bonding
Adhesive bonding
Brazing
Soldering
Threaded fasteners/riveting
crimping/swaging

به نام خدا

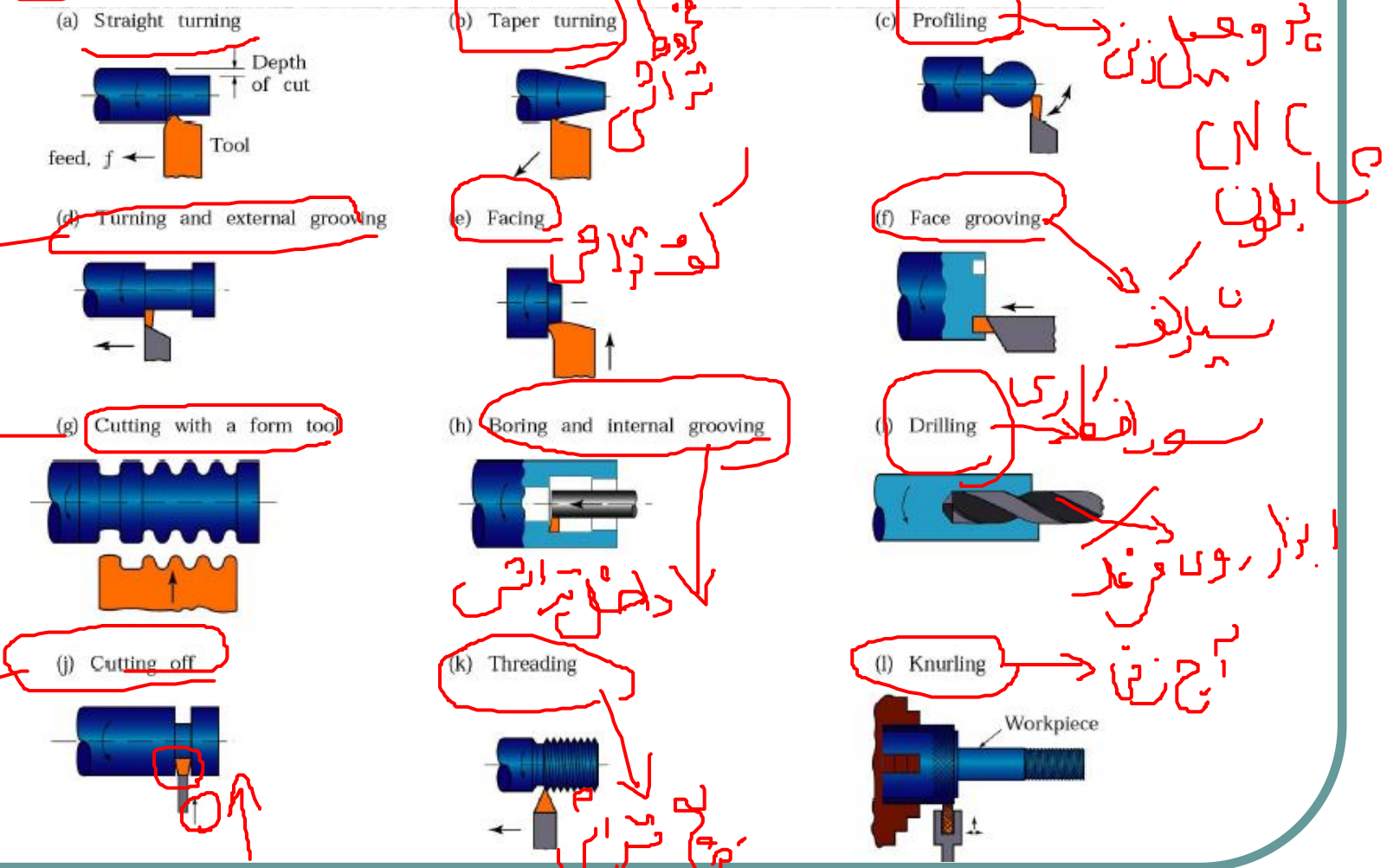
درس روش های ساخت

جلسه دوم: ماشینکاری

قسمت های مختلف یک ماشین تراش

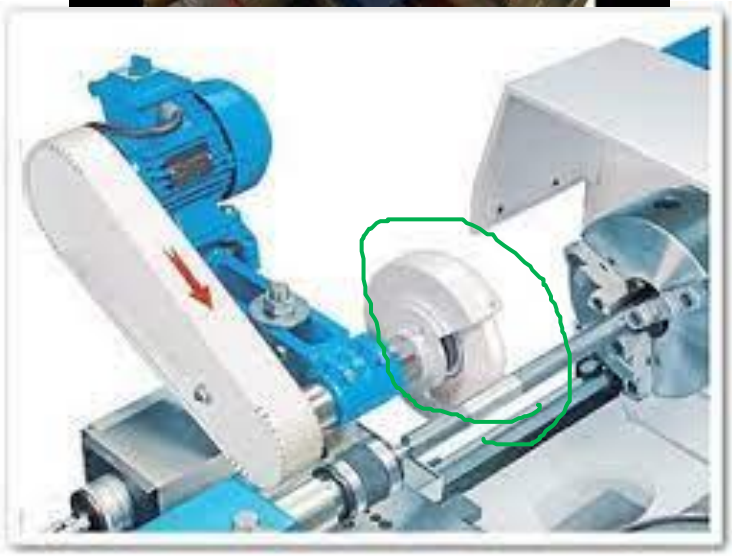


انواع فرایندهای تراشکاری

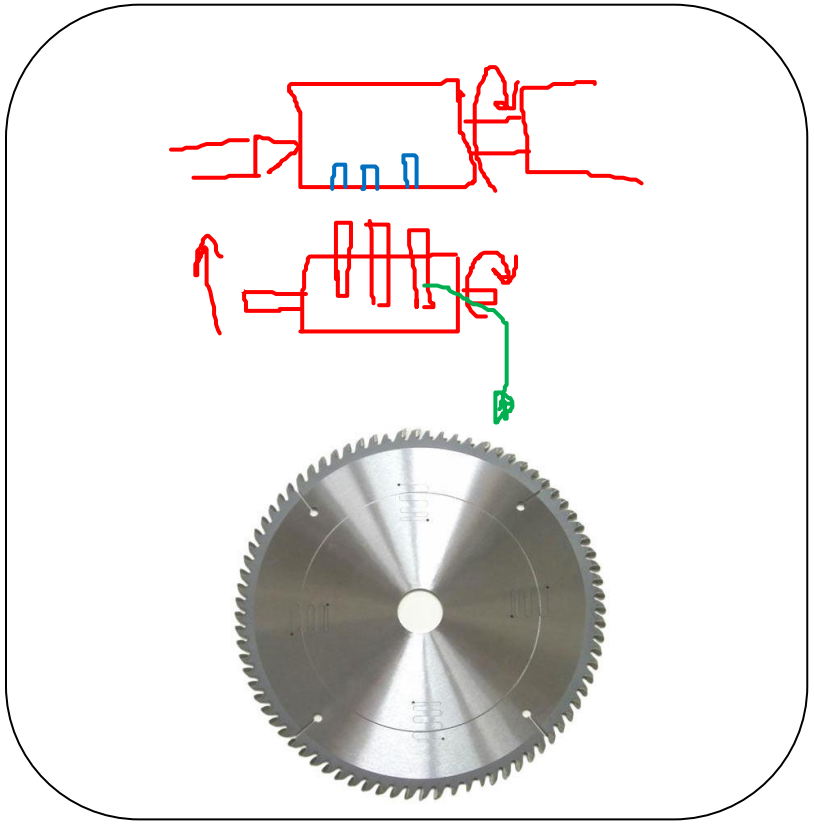


https://www.dideo.ir/v/yt/SvlZHHDXCZs/lathe-machine-operation-facing%2C-turning%2C-grooving

انواع فرایندهای تراشکاری

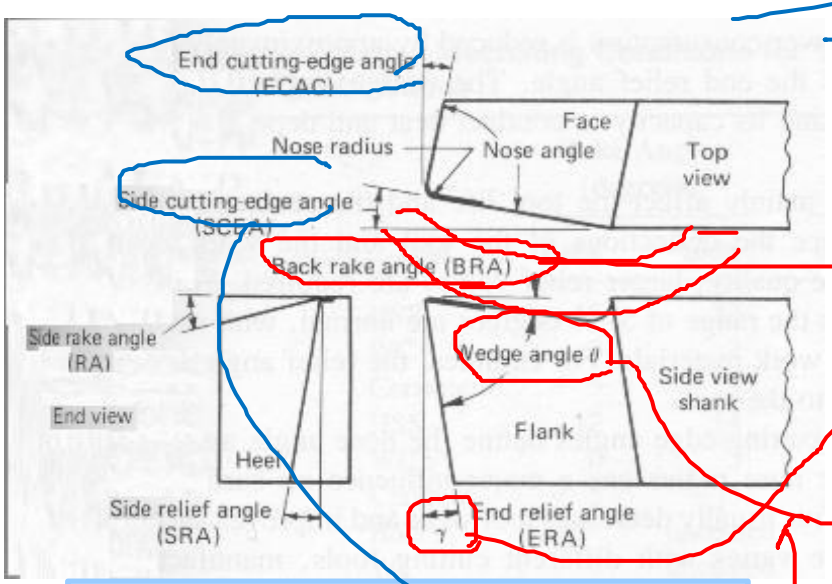


سنگ زنی با استفاده از دستگاه تراش
با استفاده از تجهیزات اضافی



شیار زنی با استفاده از دستگاه تراش
با استفاده از تجهیزات اضافی

زوایای ابزار

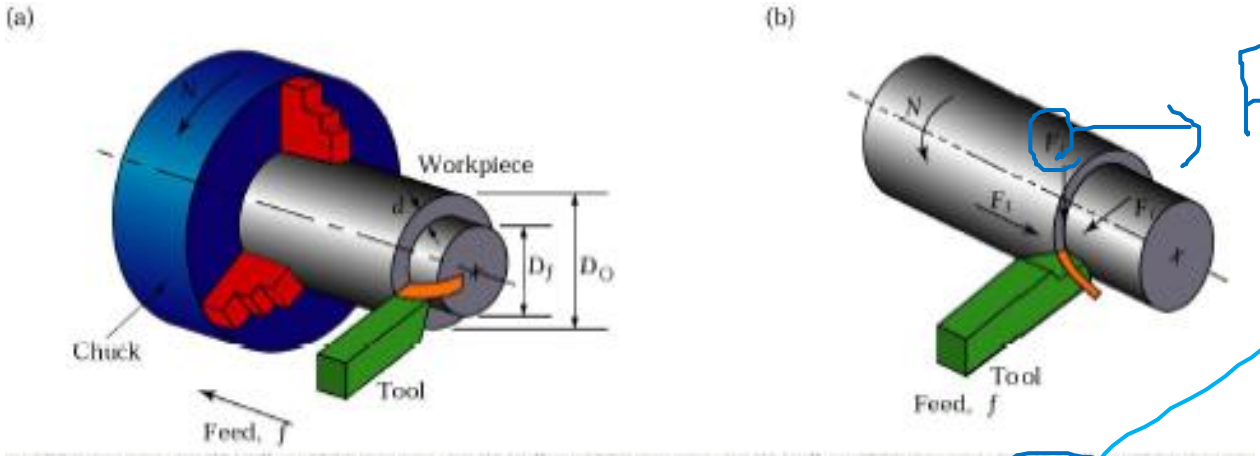


- زاویه براده (**rake angle**): شیب سطح جلوی قلم (ابزار) است که یکی از متغیرهای مهم در تراش می باشد.
- زاویه آزاد (**relief angle**): زاویه بین سطح آزاد ابزار و سطح تراشیده شده است و تاثیر مستقیم روی فرسودگی ابزار دارد.
- زاویه گوه (**wedge angle**): زاویه ای است که توسط سطوح براده و آزاد تشکیل می شود.

زاویه تنظیم (**cutting edge angle**): زاویه بین لبه برنده و محور قطعه کار

- ابزار باید از قطعه کار سخت تر باشد تا عمل برش انجام شود
- جنس ابزار معمولا از فولادهای آلیاژی، کاربایدها یا سرامیک ها می باشد

نیروهای ماشینکاری و متغیرهای برش



f: پیشروی (میلی متر بر دور)

N: سرعت دورانی محور نگهدارنده قطعه کار

d: عمق برش

Df: قطر نهایی قطعه کار

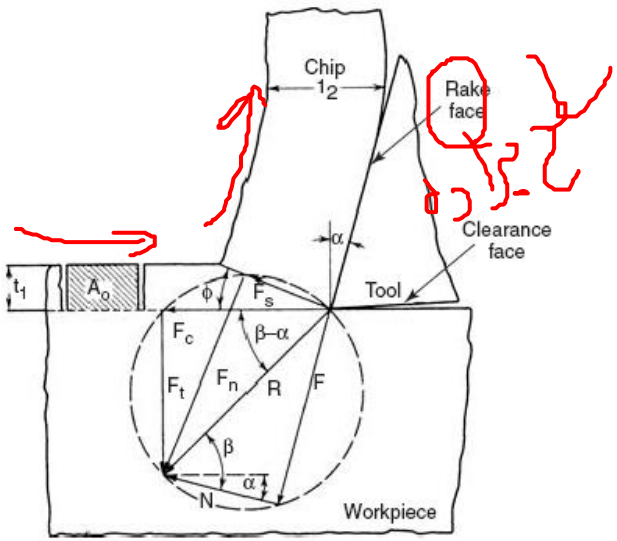
D_0: قطر اولیه قطعه کار

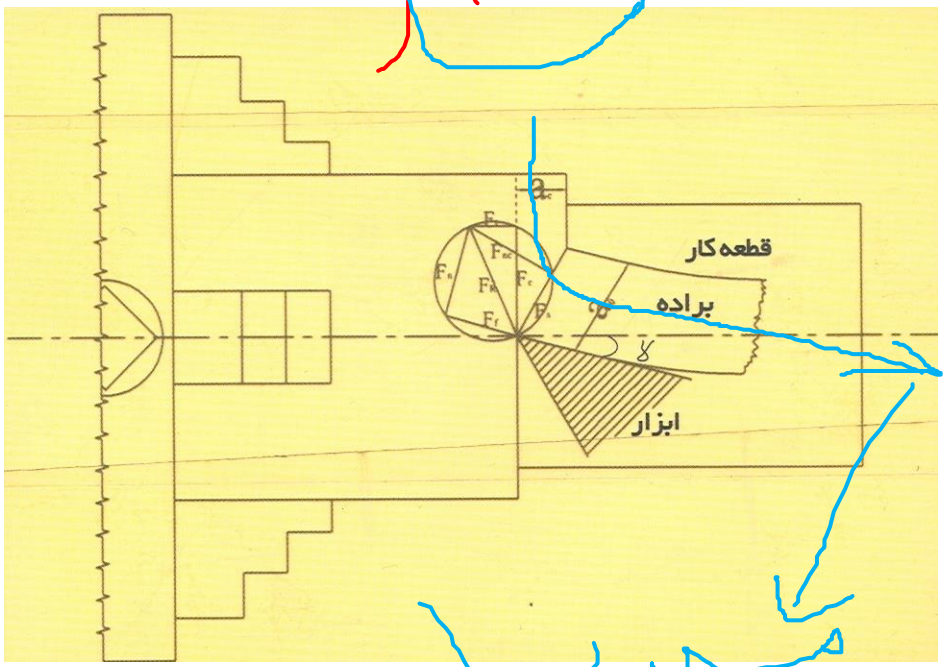
Fc: نیروی برشی

Ft : نیروی جانبی (پیشروی)

Fr: نیروی شعاعی(گریز از مرکز)

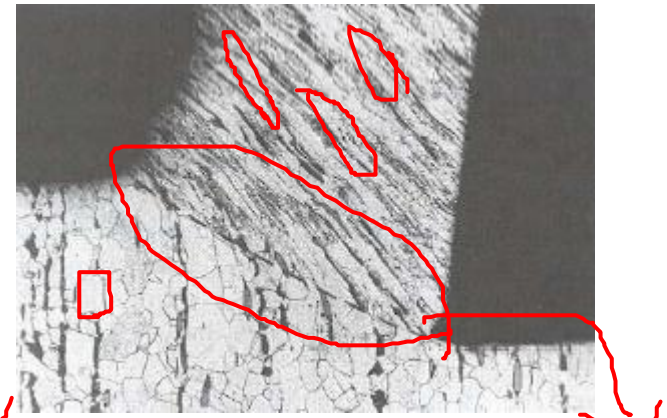
دیاگرام ازاد نیروهای ماشینکاری

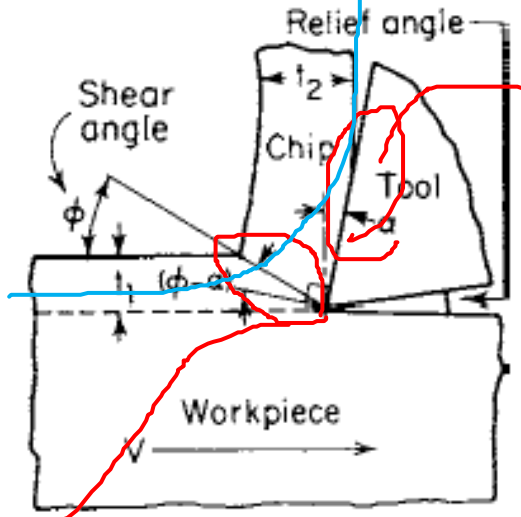




صفحه برش

- همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است, صفحه برش صفحه ای است که تغییر شکل پلاستیک براده پس از عبور از آن انجام می گیرد.
- زوایای برش و براده ضخامت براده تغییر شکل یافته را در ماشینکاری تعیین می کنند.

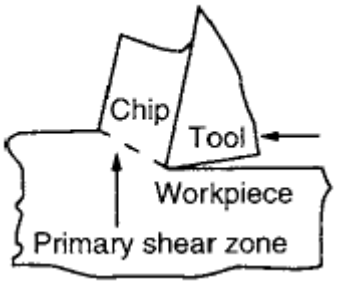


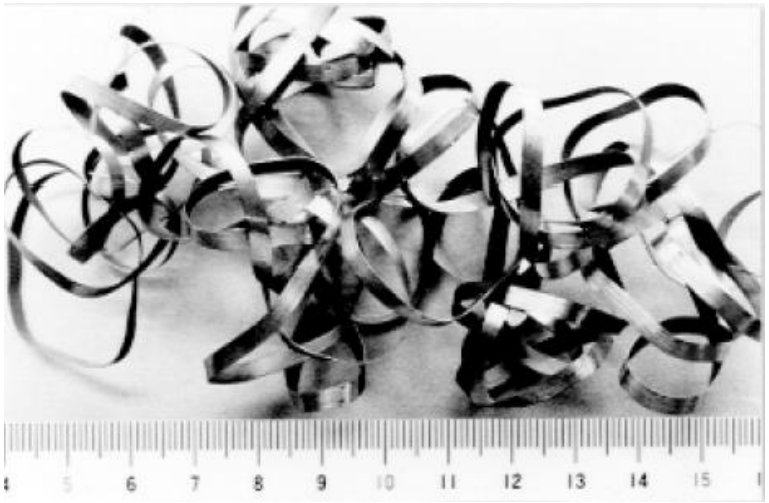


انواع براده

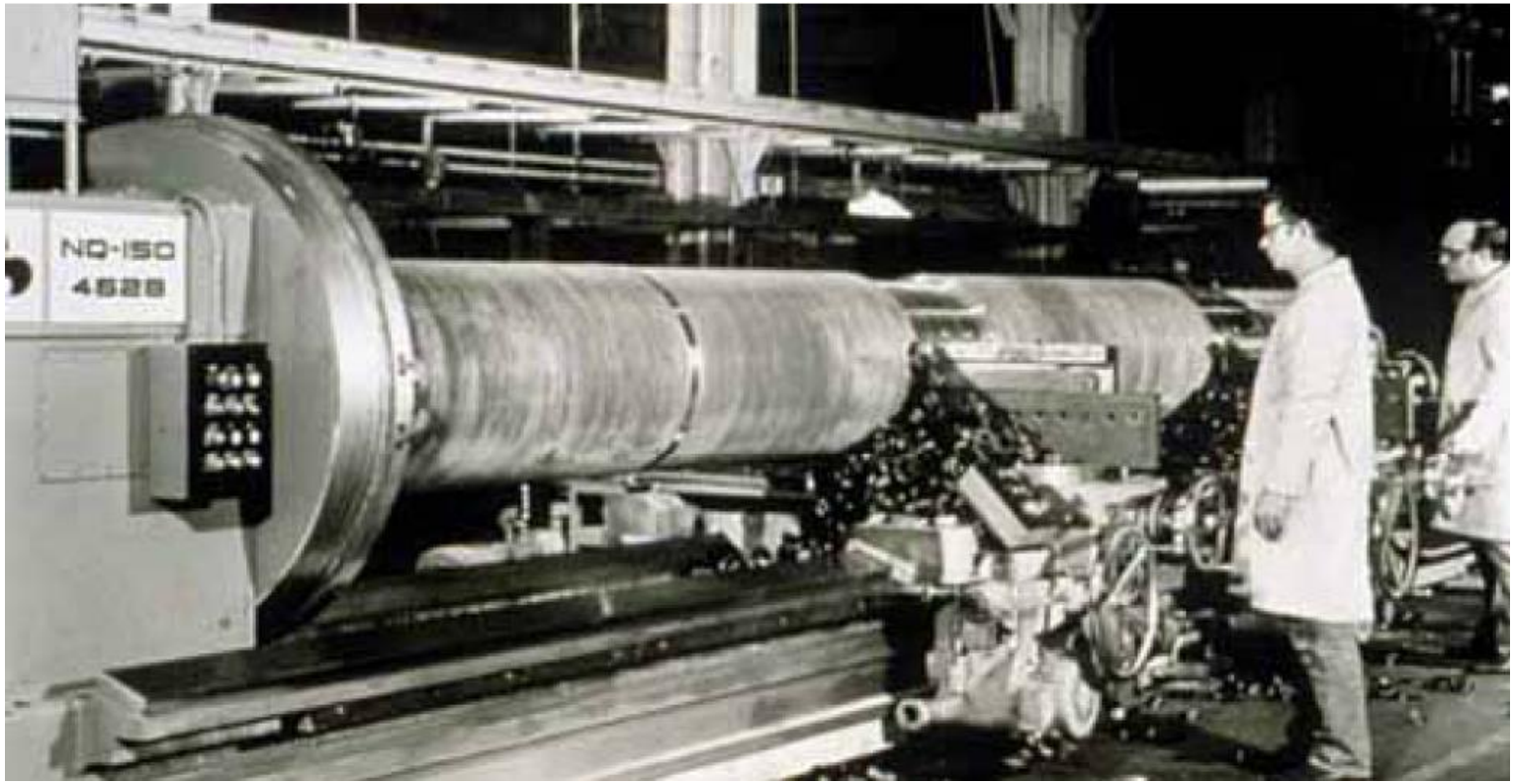
۱– براده پیوسته

از برش فلزات نرم در دورهای تند براده پیوسته حاصل می شود.





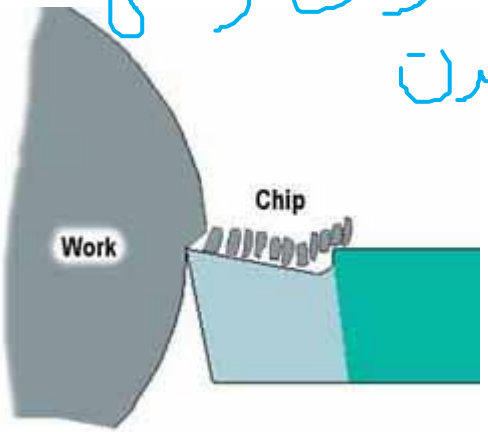
لزوم کنترل براده-براده پیوسته

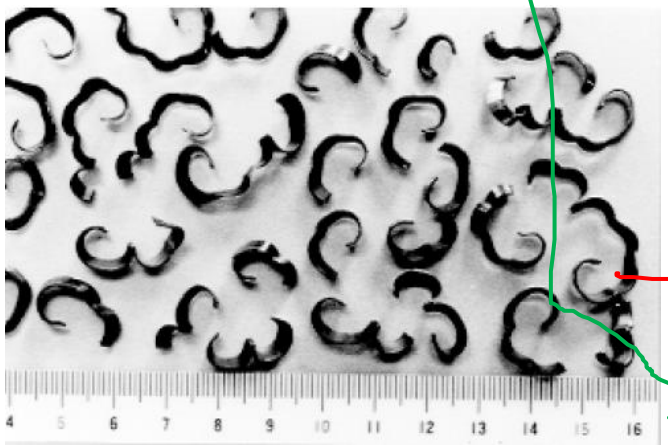


انواع براده

۲– براده منقطع

براده های منقطع از تکه های ریز فلز قطعه کار تشکیل شده اند که معمولا از برش فلزات ترد مانند چدن، برنز و برنج حاصل می شوند. در سرعت های برشی کند و زاویه های براده کوچک و منفی برای مواد نرم مانند فولاد نیز می توانند ایجاد شوند.





براده پیوسته و منقطع

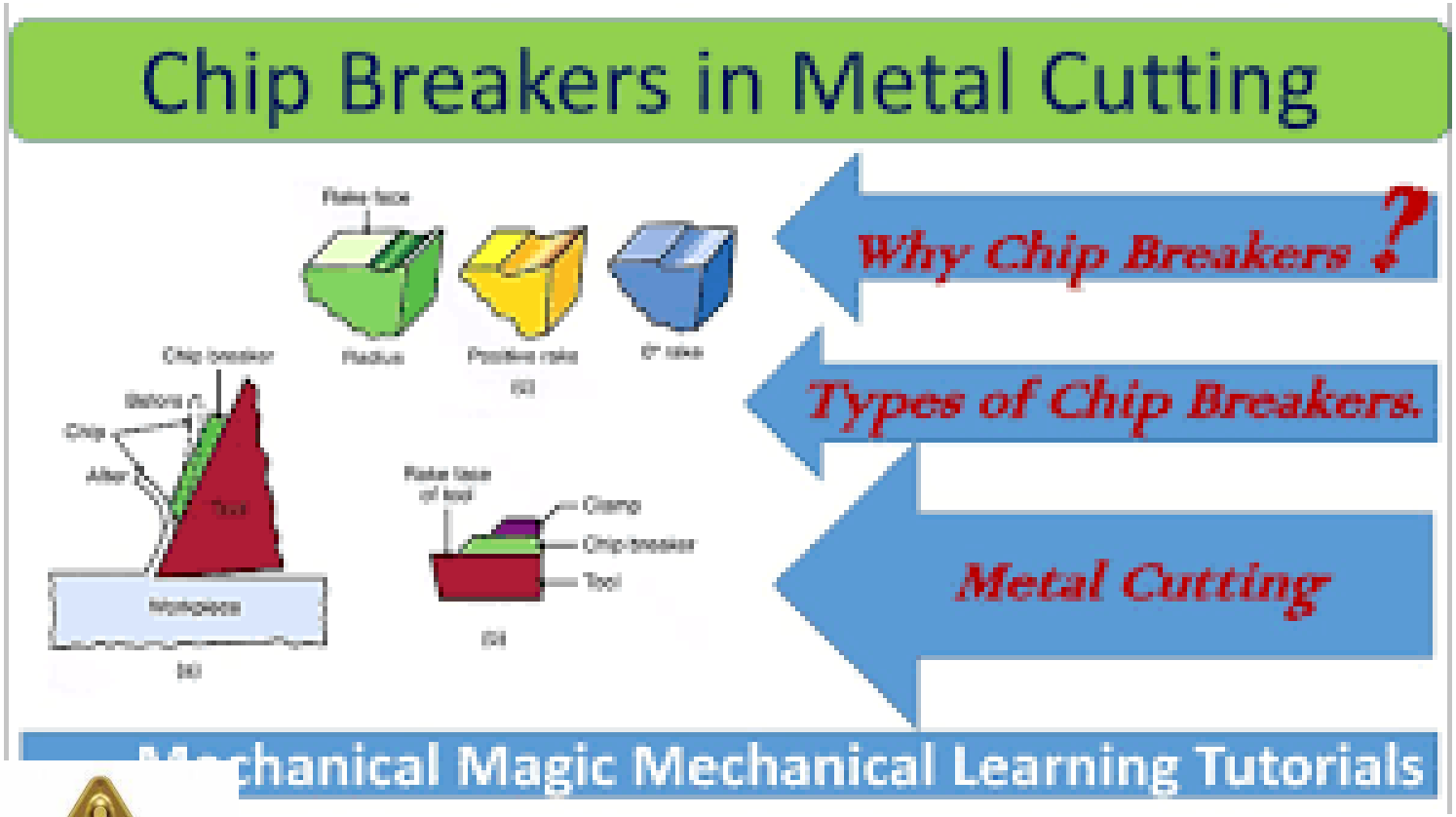
براده پیوسته

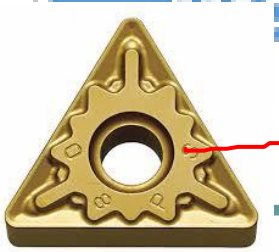
- نیاز به براده شکن وجود دارد
- تراشکاری را مشکل می کند
- ممکن است خطراتی برای دستگاه و اپراتور داشته باشه
- صافی سطح قطعه را کاهش می دهد
- ممکن است باعث ایجاد ارتعاش شود.
- با عث افزایش دمای ماشینکاری می شود و استفاده از سیال خنک کار ضرورت دارد

براده منقطع

- به دلیل ترد بودن قطعه کار امکان شکست ابزار وجود دارد
- فضای کمتری نسبت به براده پیوسته اشغال می کند
- خرابی دستگاه را افزایش می دهد
- به دلیل پرتاب شدن برای اپراتور ممکن است خطرناک باشد.

براده شکن

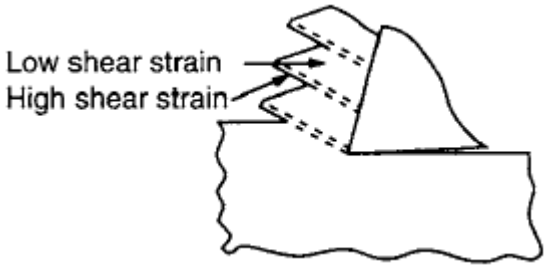

Chip Breakers in Metal Cutting
Why Chip Breakers ?
Types of Chip Breakers.
Metal Cutting
Mechanical Magic Mechanical Learning Tutorials

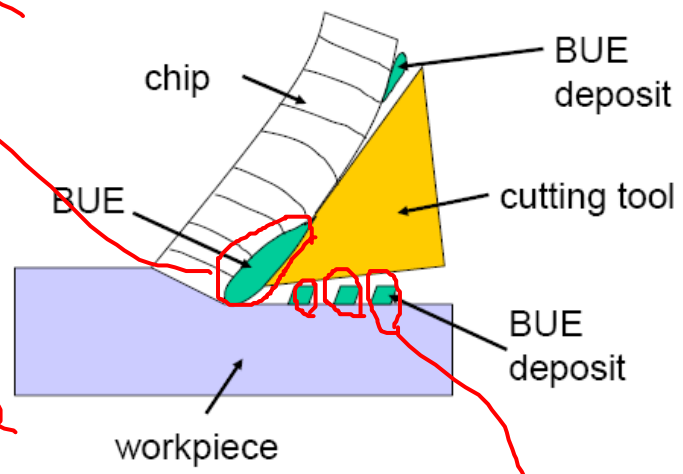


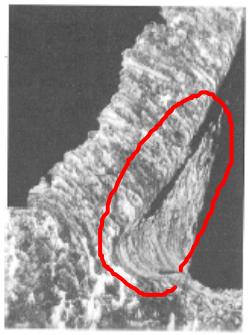
انواع براده

۳- براده لبه انباشته

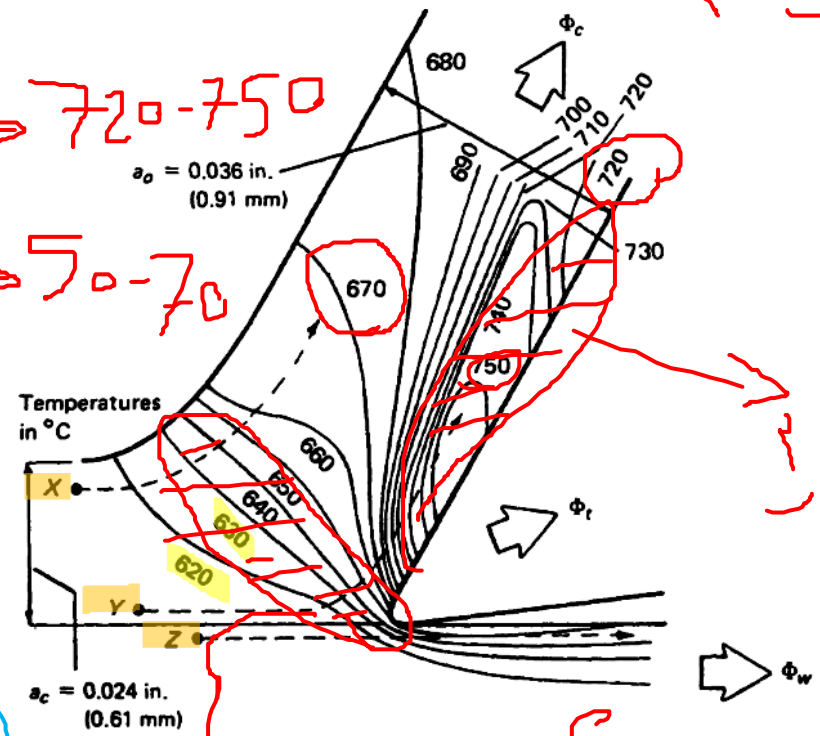
در هنگام ماشینکاری با سرعت های کند (۲۰-۱۰ متر بر دقیقه) که شرایط چسبیدن قسمتی از براده به سطح ابزار فراهم شود لبه انباشته تشکیل می شود و صافی سطح قطعه کار را کاهش می دهد.







حرارت در ماشینکاری



بیشتر توان مصرف شده در براده برداری به صورت گرما توسط براده حمل می شود و بخشی از آن به ابزار و بخشی به قطعه کار منتقل می شود.

نیازمندی های جنس ابزارهای برشی

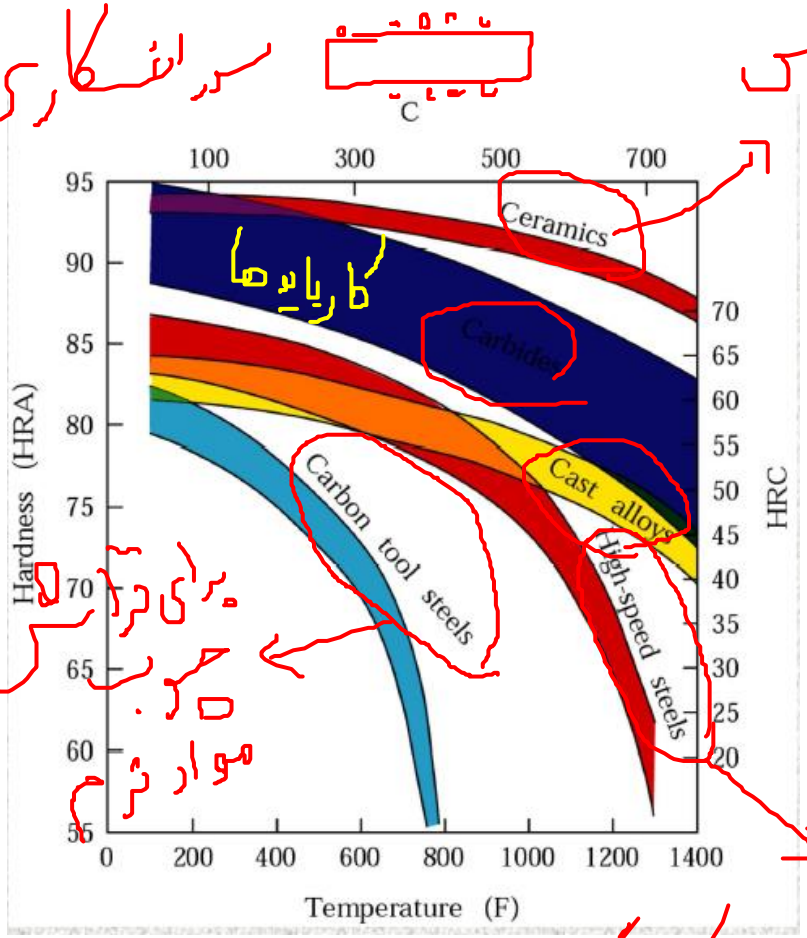
مقاومت به سایش: این ویژگی ابزار را قادر می سازد کارایی, دقت ماشینکاری و شکل اصلی خود را حفظ کند.

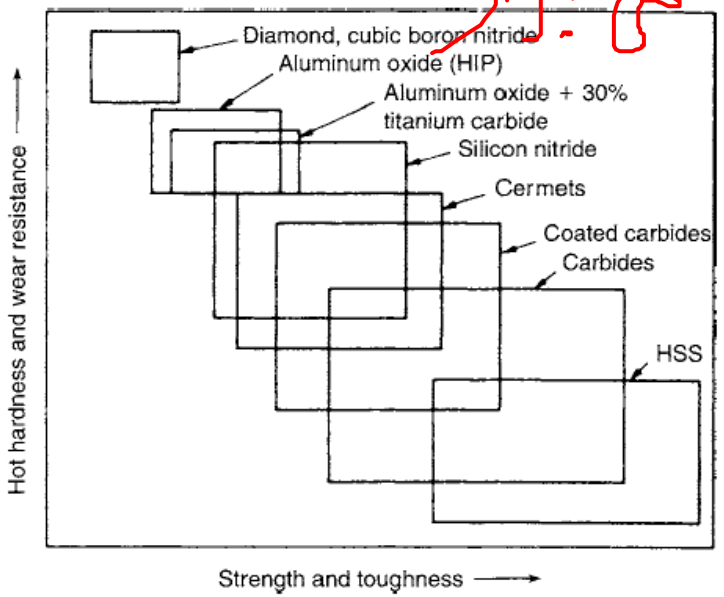
گرما سختی: ابزار را قادر می سازد تا در دمای بالا توانایی برش داشته باشد و سختی خود را حفظ کند.

چقرمگی: ابزار را قادر می سازد تا نیروها و شوک های حاصل از برش قطعه کار را مستهلک سازد. ابزار باید در برابر شوک های حرارتی و مکانیکی ماشینکاری مقاوم باشد.

پایداری شیمیایی: ابزار برشی باید از نظر شیمیایی خنثی بوده و با جنس قطعه کار واکنش شیمیایی ندهد.

مقایسه سختی جنس های ابزار

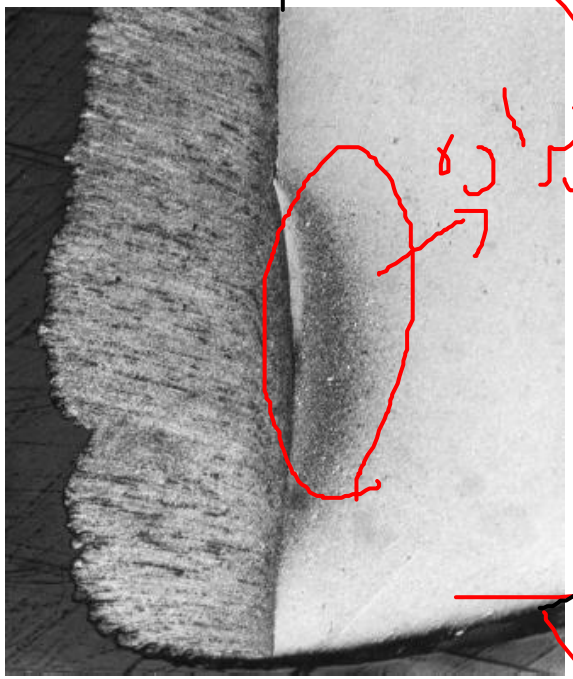




سایش ابزار

- سازوکارهای فرسایش ابزار:
  - تغییر شکل پلاستیک لبه برنده در اثر تنش های فشاری ناشی از نیروی عمودی سطح
  - فرسایش ابزار در اثر چسبندگی سطح ابزار و براده
  - فرسایش ابزار در اثر ساییدگی
  - فرسایش ابزار در اثر نفوذ اتم های ابزار به قطعه کار در دماهای زیاد
  - فرسایش ابزار در اثر خستگی

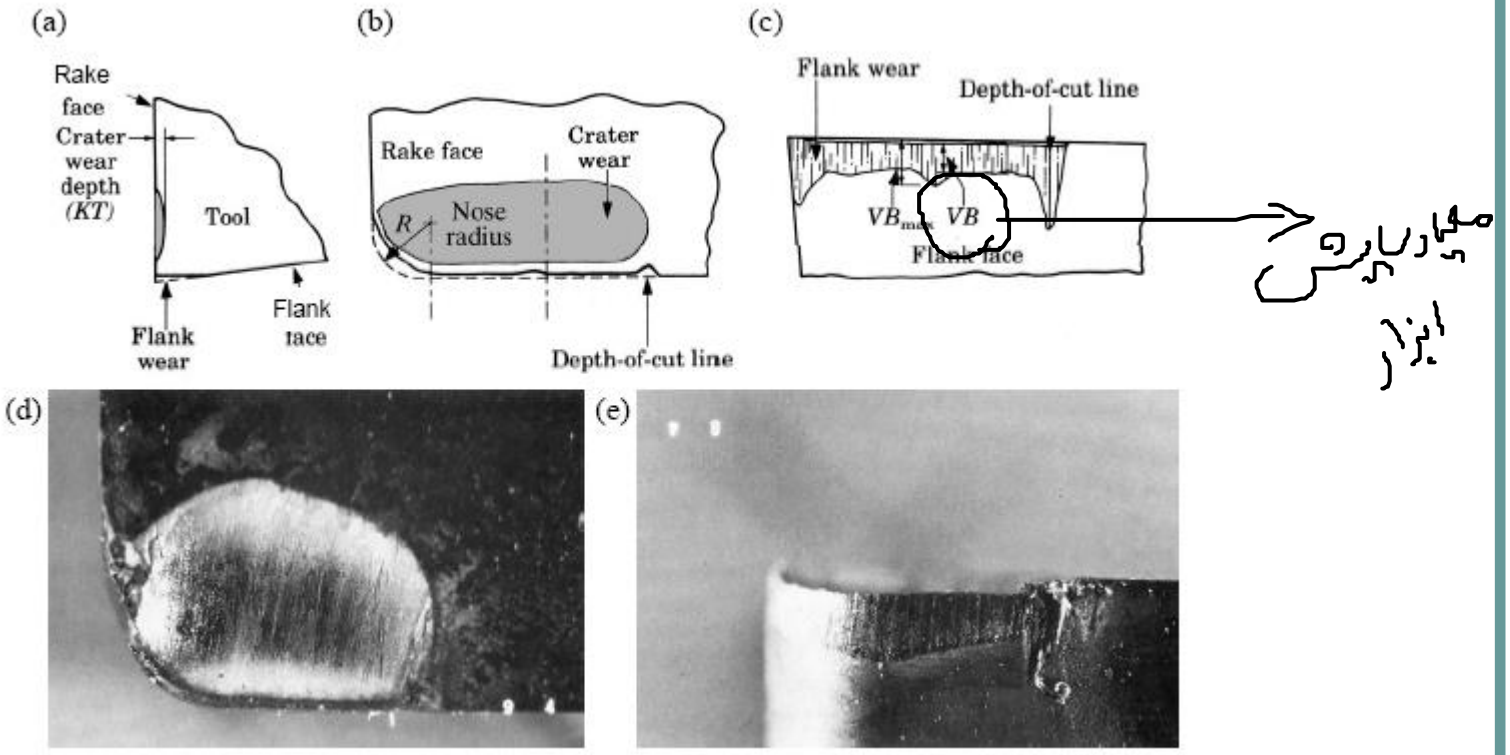
سایش ابزار



- سایش در سطح آزاد (**flank wear**): فرسایش در سطح ازاد در اثر سایش سطح ماشینکاری شده قطعه کار با ابزار بوجود می اید.

- سایش در سطح براده (**crater wear**): در اثر حرکت براده در سطح ابزار بوجود می آید و مهمترین دلیل ایجاد آن پدیده نفوذ است.

سایش ابزار



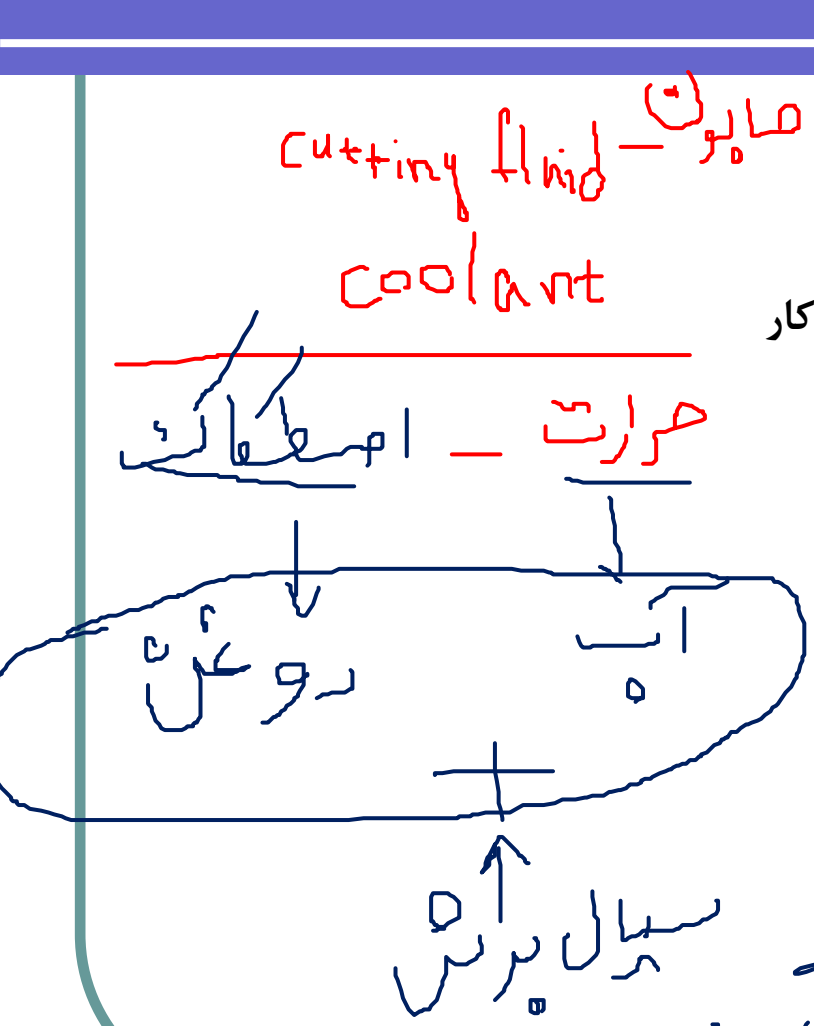
•**Cutting Forces and Tool Wear Investigation for Face Milling of Bimetallic Composite Parts Made of Aluminum and Cast Iron Alloys**

http://www.ije.ir/article_107814.html

سیالات برش

وظایف سیالات برش:

- کاهش اصطکاک (کاهش نیروهای برشی و توان مصرفی)
- کاهش درجه حرارت و در نتیجه کاهش تغییر شکل قطعه کار
- افزایش عمر ابزار
- بهبود کیفیت سطح قطعه کار
- راحت جدا شدن براده
- کاهش تشکیل لبه انباشته
- دفع براده ها از ناحیه سطح ابزار

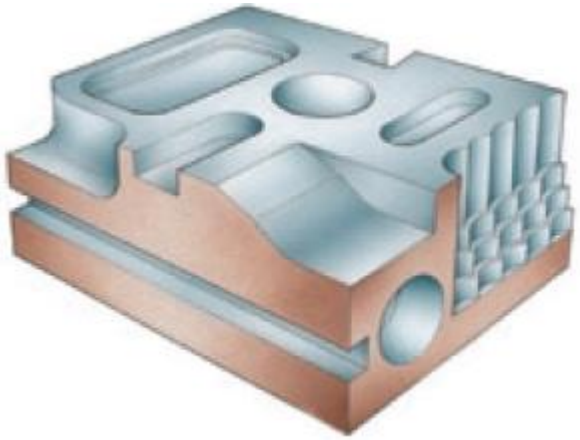


پایان جلسه دوم

به نام خدا

درس روش های ساخت

جلسه سوم: فرزکاری و سوراخکاری



فرزکاری

- فرزکاری یکی از معمولترین فرایندهای تولید دسته ای در ماشینکاری است.

- در فرزکاری به کمک یک ابزار چندلبه عمل براده برداری از طریق حرکت چرخشی ابزار و حرکت خطی قطعه کار انجام می شود.

- بر خلاف فرایند تراشکاری در فرزکاری براده برداری به کمک یک ابزار چند لبه انجام می شود و تماس دائمی بین ابزار و قطعه کار در فرایند وجود ندارد.

تفاوت های فرزکاری و تراشکاری

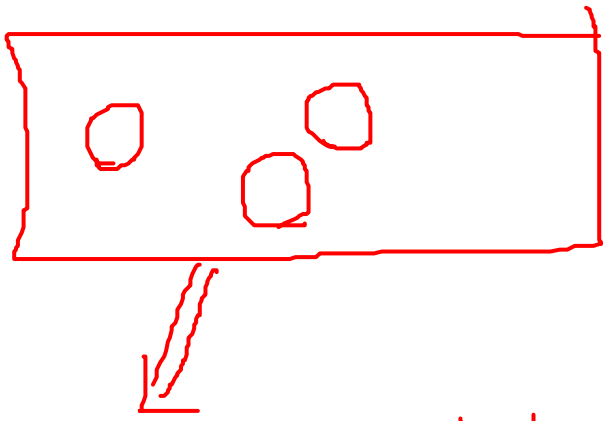
۳

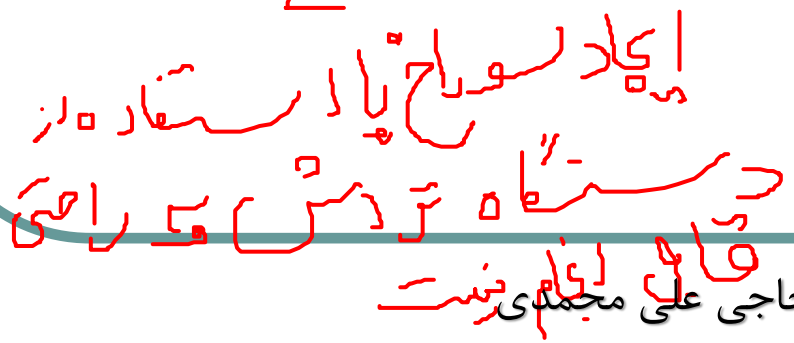
- در فرزکاری با ماشین دستی (manual) امکان جابجایی ابزار یا قطعه کار در راستای محور z وجود دارد. در حالیکه در تراشکاری امکان تغییر ارتفاع وجود ندارد.

۴

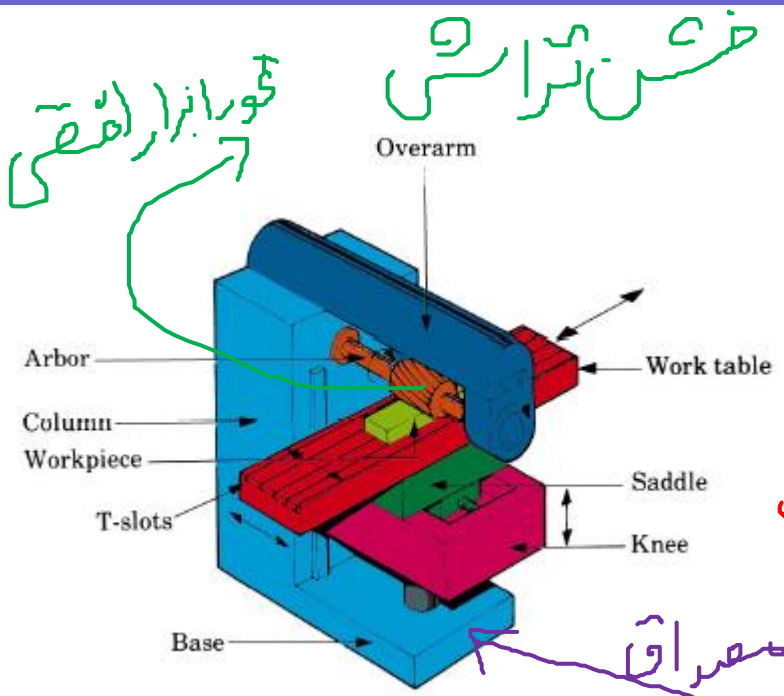
- قطعات چهارگوش با فرز قابل ماشینکاری هستند و با تراش به راحتی قابل ماشینکاری نیستند.

ایجاد سوراخ با استفاده از تراش دستی امکان پذیر نمی باشد

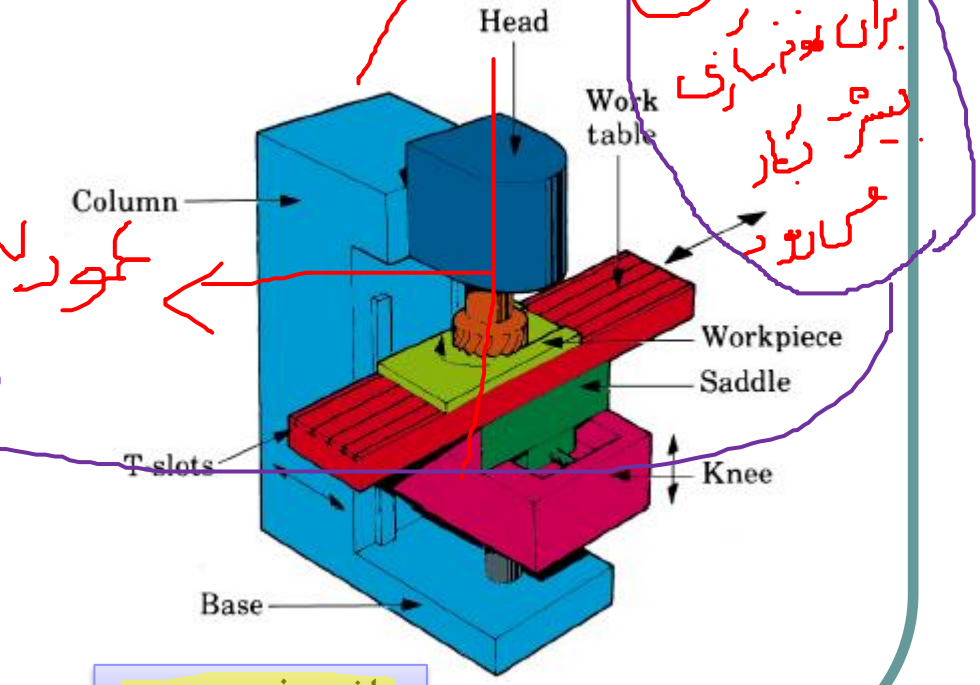




انواع دستگاه های فرز



ماشین فرز افقی



ماشین فرز عمودی

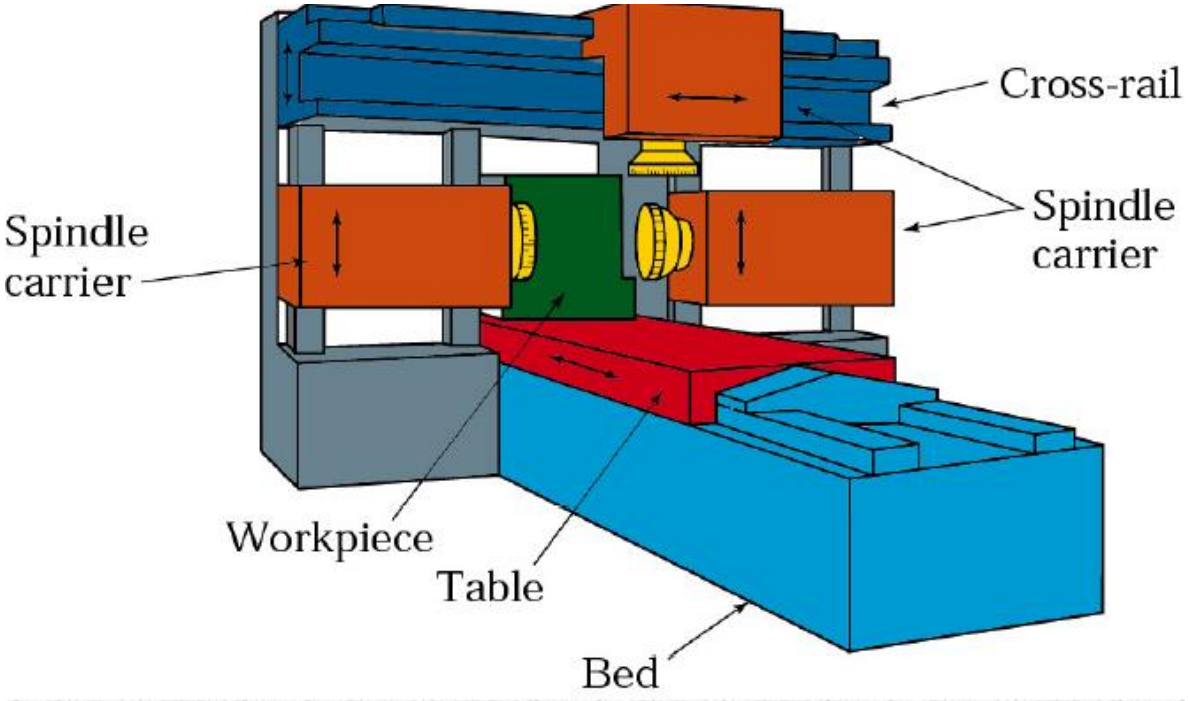
انواع دستگاه های فرز

ماشین فرز دروازه ای

قطعات بزرگ
مثل بدنه کشتی
تراش

انواع دستگاه های فرز

ماشین فرز دروازه ای



انواع روش های فرزکاری

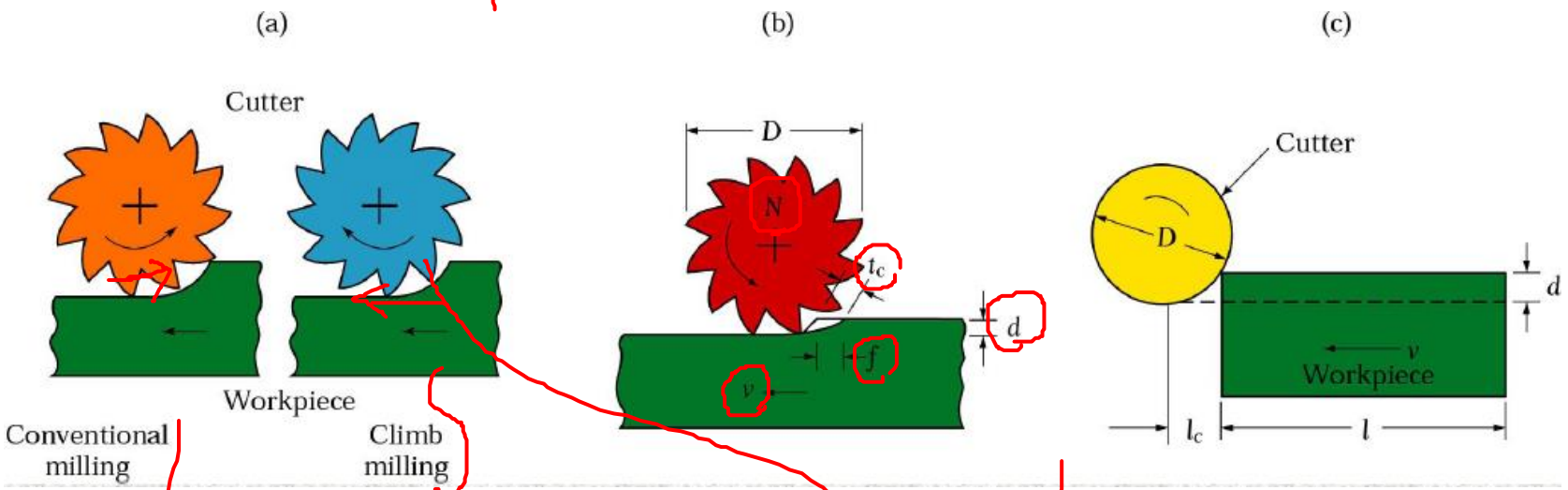
ابزار کف تراش

ابزار پولکی

ابزار انگشتی

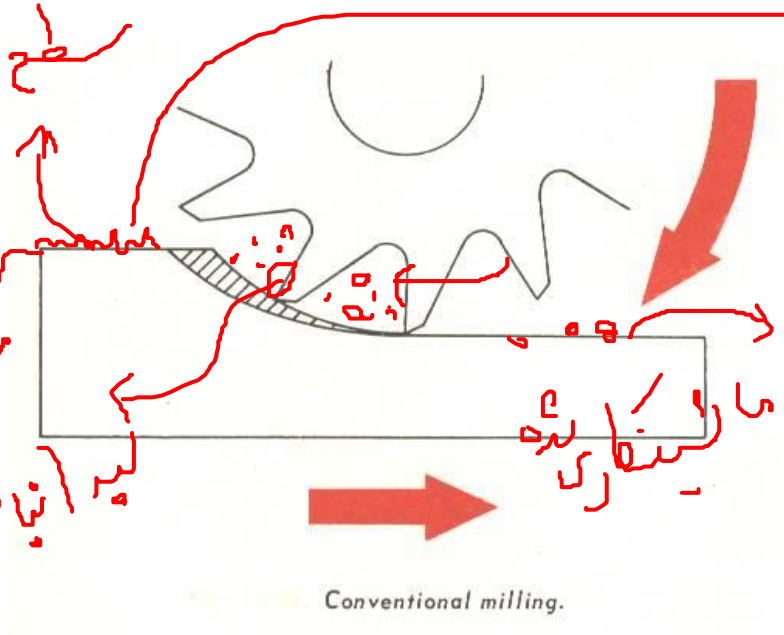
انواع روش های فرزکاری

۱. فرزکاری مخالف
۲. فرزکاری موافق



انواع روش های فرزکاری

•**فرزکاری مخالف:** با توجه به اینکه ضخامت براده از مقدار حداقل خود تا مقدار حداکثر تغییر می کند, براده برداری مستقل از سطح است. سطح ماشینکاری نشده قطعه کار آخرین نقطه درگیری است. فرایند براده برداری هموار و تدریجی است. نیروی وارده از طرف ابزار به قطعه کار آن را به سمت بالا می فشرد.


Conventional milling.

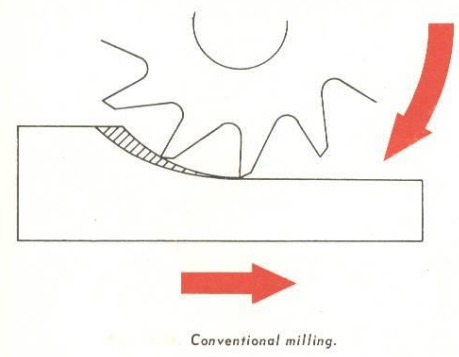
•براده برداری در این روش مستقل از خصوصیات سطح قطعه است و ناخالصی ها و زبری های سطحی تاثیری روی عمر ابزار و نیروها ندارند.

•قطعه کار تمایل دارد به سمت بالا حرکت کند بنابراین در طراحی گیره بندی باید دقت نمود.

•ممکن است ابزار تمایل به چتر داشته باشد.

فرزکاری مخالف

•چون ضخامت براده از حداقل شروع می شود حرارت بیشتر به قطعه منتقل شده و در اثر کارسختی قطعه سخت تر می شود و سایش ابزار در این روش بیشتر است. کلا به نسبت روش موافق کمتر مورد استفاده قرار می گیرد و بیشتر موافق مورد استفاده قرار می گیرد. چون براده ها جلوی دندانه های براده بعدی می افتد امکان چسبیدن براده ها به سطح لبه برنده و ایجاد براده با لبه انباشته وجود دارد. از طرف دیگر لبه های برنده بعدی براده های ایجاد شده را دوباره می برند و این خود در کاهش عمر ابزار موثر است. عامل اصلی در عمر افتادن براده ها جلوی ابزار است و لبه انباشته باعث کاهش صافی سطح می شود. بنابراین صافی سطح کمتری در این روش اتفاق می افتد. برای قطعات ریخته گری و آهنگری شده که سطوح سختی دارند از این روش استفاده می شود که با سطح ماشینکاری شده در انتهای فرایند درگیر می شود و مثل روش موافق نیست که اول با سطح ماشینکاری نشده درگیر شود.

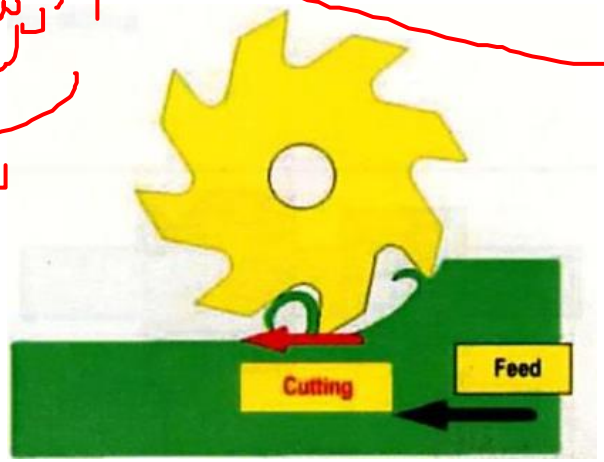

Conventional milling.

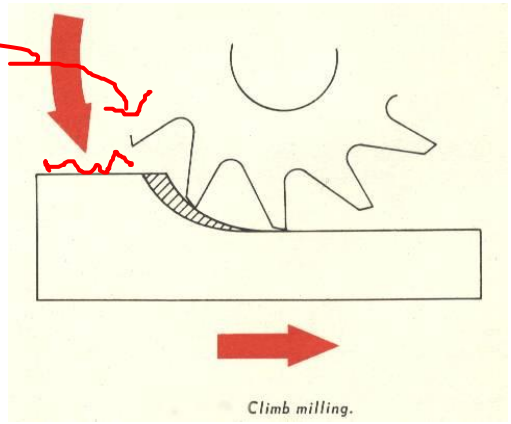
انواع روش های فرزکاری

•**فرزکاری موافق:** با توجه به اینکه ضخامت براده از مقدار حداکثر خود تا مقدار حداقل تغییر می کند, مولفه رو به پایین نیروی ماشینکاری قطعه کار را به سمت پایین فشار می دهد و برای ماشینکاری قطعات نازک مناسب است. به خاطر ضربه هایی که به ابزار و قطعه کار وارد می شود, قطعه کار باید محکم نگه داشته شود و لقی محورهای حرکتی حداقل باشد.

•برای ماشینکاری قطعات با سطح زبر مانند قطعات ریخته گری و اهنگری مناسب نیست.

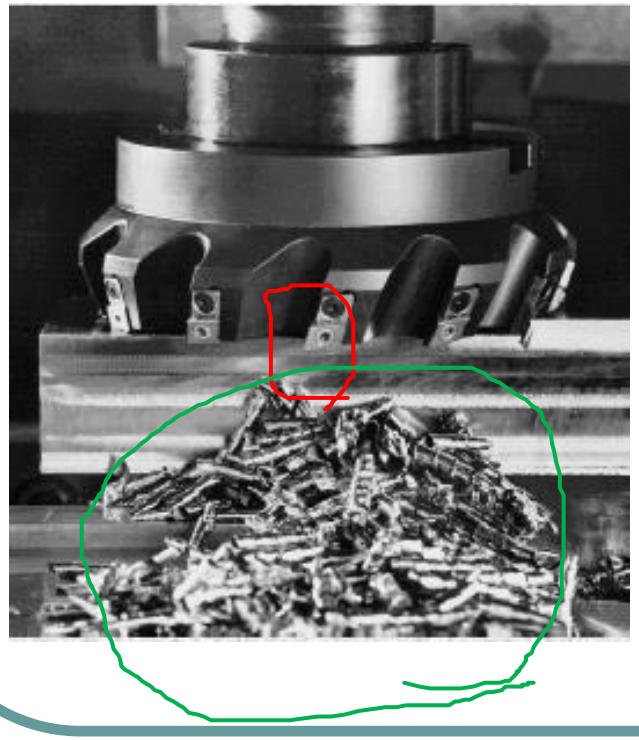
•کاربرد معمول : پرداخت کاری قطعات آلومینیومی

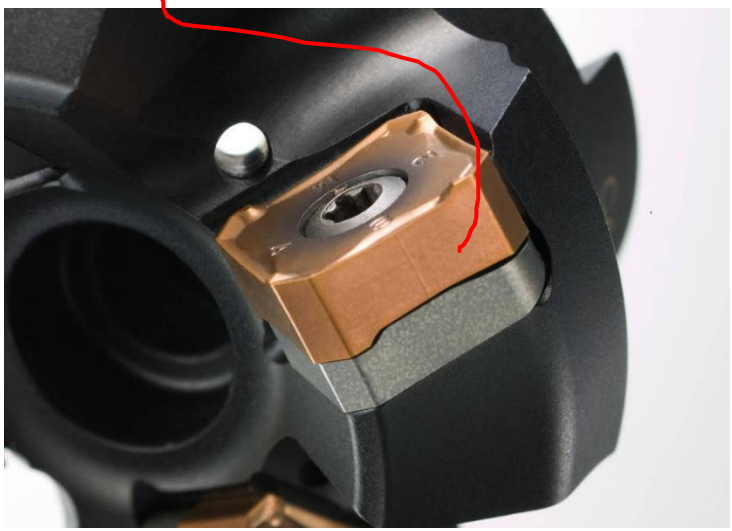




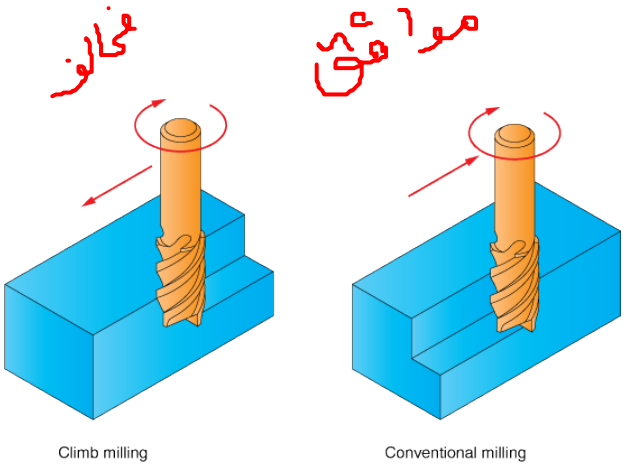
کف تراشی

ابزارهای جازدنی

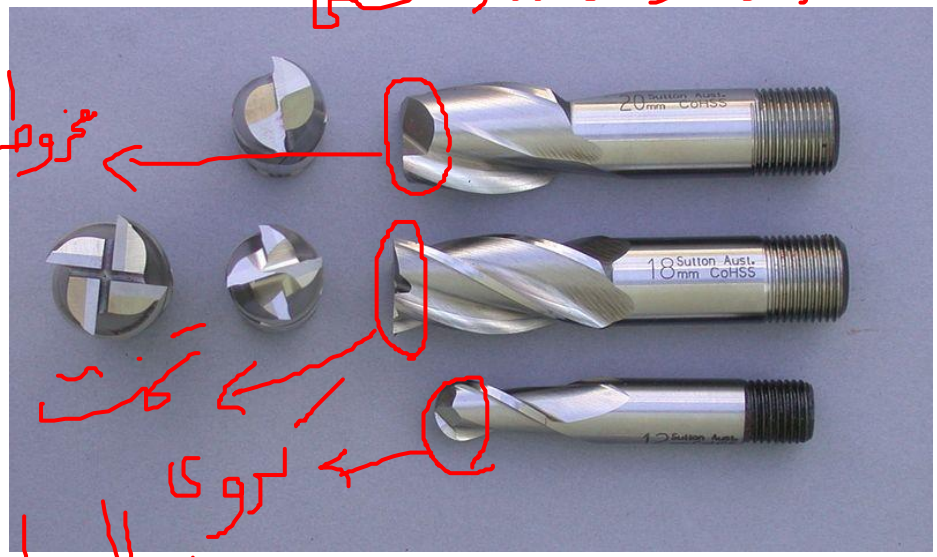




End milling

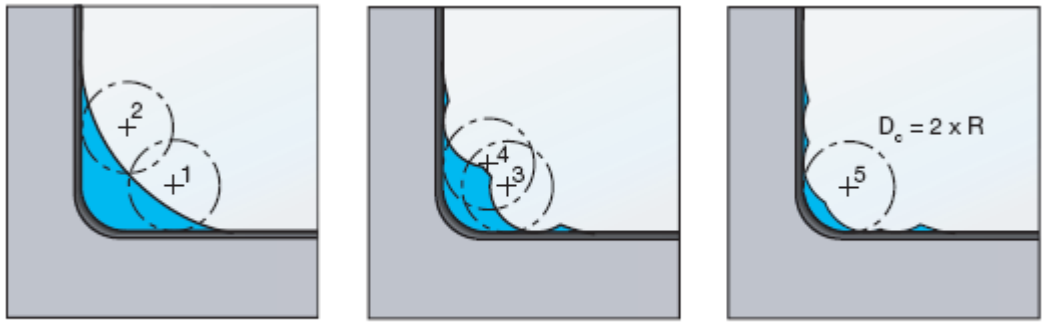


فرزکاری موافق و مخالف

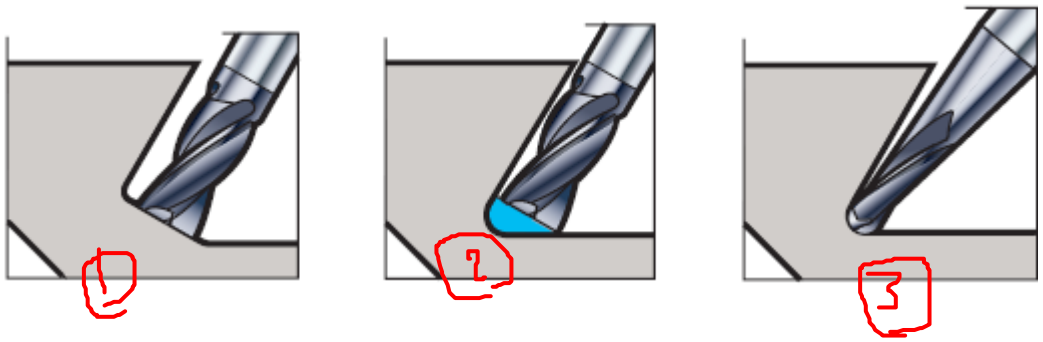


انواع انگشتی

فرزکاری گوشه ها با استفاده از ابزارهای مختلف



Machining sequence 1 to 5.



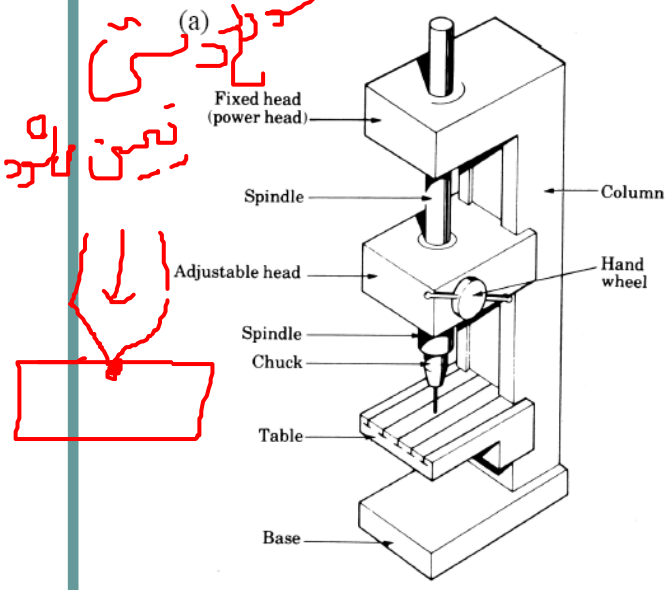
قالب سازی

Free form

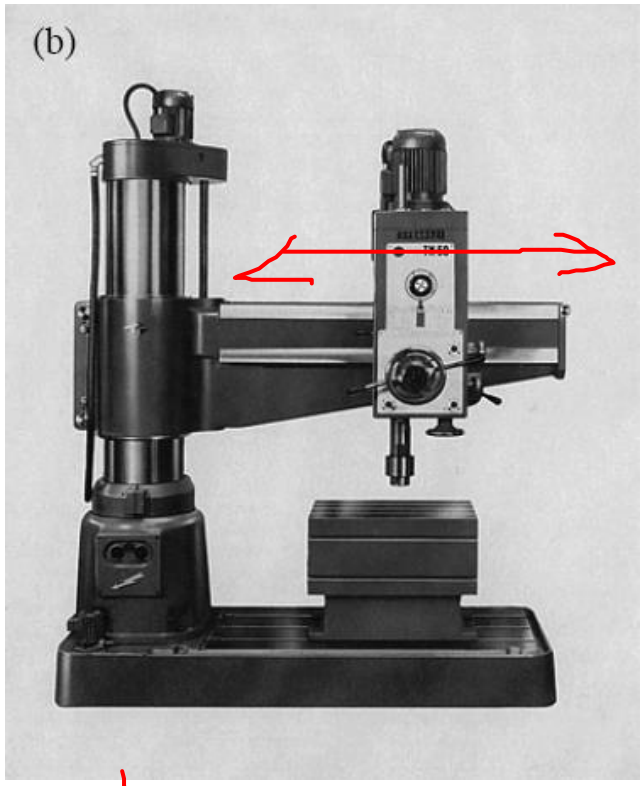
https://www.aparat.com/v/pg16h

https://www.aparat.com/v/jfm2w/%D8%A2%D8%B4%D9%86%D8%A7%DB%8C%DB%8C_%D8%A8%D8%A7_%D8%AF%D8%B3%D8%AA%DA%AF%D8%A7%D9%87_%D9%81%D8%B1%D8%B2

مته کاری



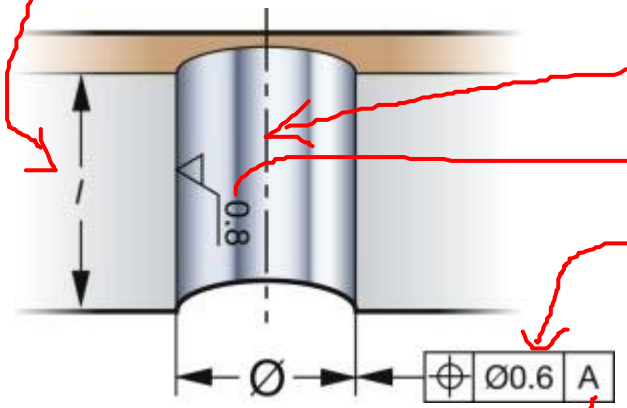
دستگاه مته کاری عمودی

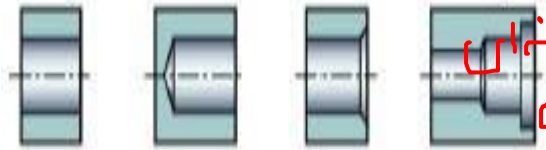


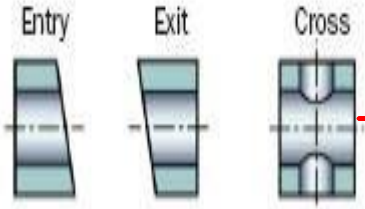
دستگاه مته کاری شعاعی

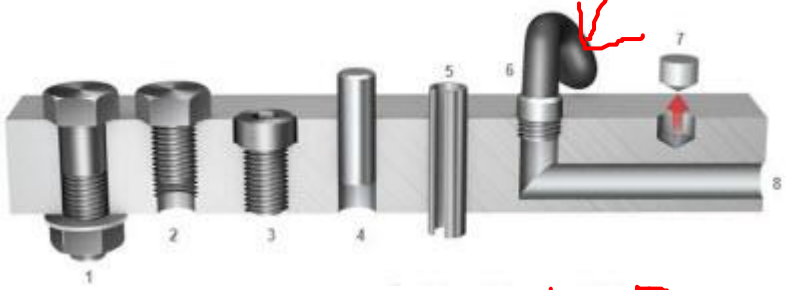
انتخاب ابزار و روش ایجاد سوراخ

- قطر سوراخ
- عمق سوراخ
- صافی سطح سوراخ
- نوع سوراخ
- دقت موقعیت سوراخ



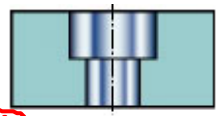


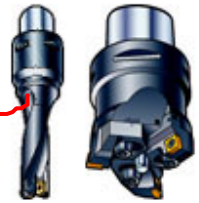
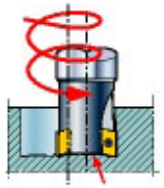




مثال: ایجاد سوراخ پله‌ای به روش‌های مرسوم ماشین‌کاری

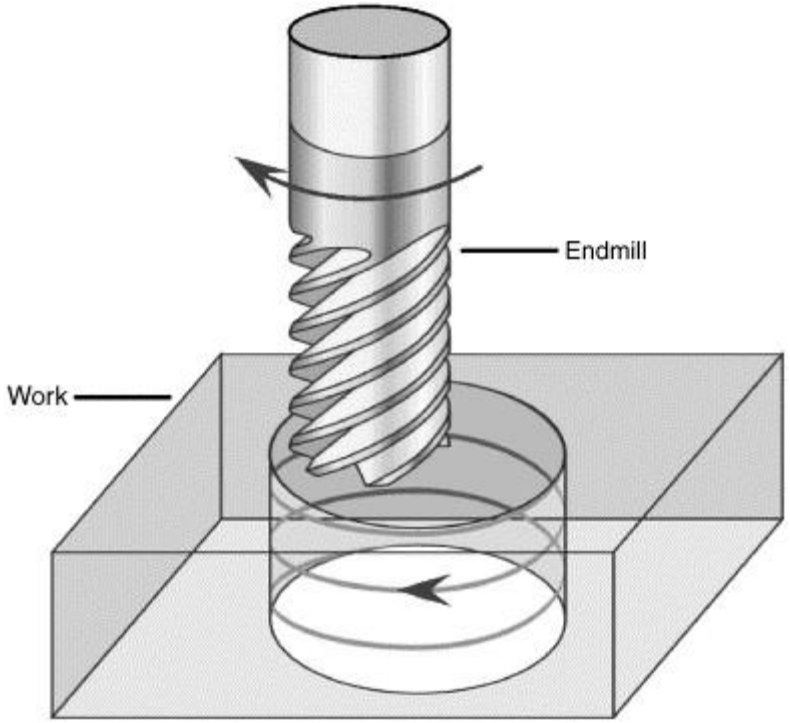
The hole to be produced:



Drilling & Boring	Step drilling	Milling, helical interpolation
		
Advantages	**Advantages**	**Advantages**
+ Standard tools	+ Tailor Made tools	+ Standard tools
+ Relatively flexible	+ Fast way to make a hole	+ Very flexible
Disadvantages	**Disadvantages**	+ Low cutting forces
– Two tools, adaptors and basic holders	– Requires more power and stability	**Disadvantages**
– Requires two tool positions	– Less flexibility	– Longer cycle times

Tailor made: بسیار مناسب برای کاربرد خاص

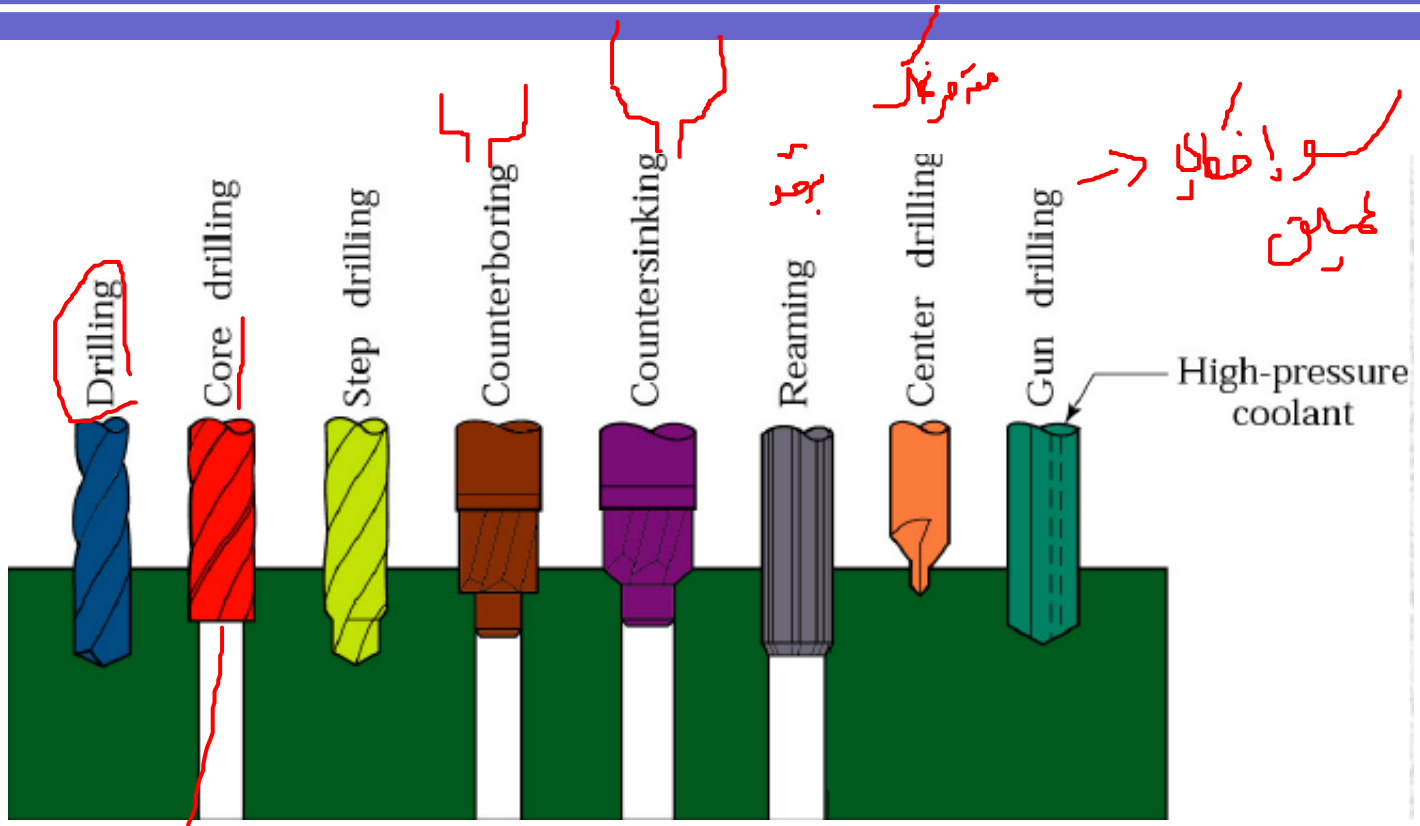
درونیابی مارپیچ



https://www.dideo.ir/v/yt/5LCAi3u4dYs/evh-helical-drilling

https://www.dideo.ir/v/yt/21qmzQ59Uzg/helical-interpolation

انواع فرآیندهای سوراخکاری



Core drill برای گشاد کردن سوراخ موجود استفاده می شود.

TABLE 22.11

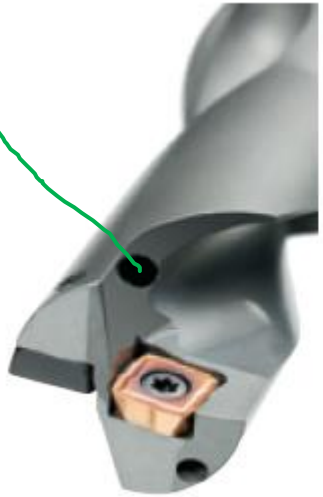
Tool type	Diameter range (mm)	Hole depth/diameter	
		Typical	Maximum
Twist	0.5–150	8	50
Spade	25–150	30	100
Gun	2–50	100	300
Trepanning	40–250	10	100
Boring	3–1200	5	8

(d) Spade drill

Spade drill از لبه های برنده اینسرتی تشکیل شده و برای سوراخکاری سوراخ های گشاد و عمیق بکار کی رود. سفتی زیادی دارد چون **flute** (شیار ندارند)

انواع ابزار با لبه برنده قابل تعویض

HSS



CoroDrill 880

Coromant U drill R416.2

T-Max U large-diameter drill R416.9

T-Max U stack drill R416.01

T-Max U trepanning tool R416.7

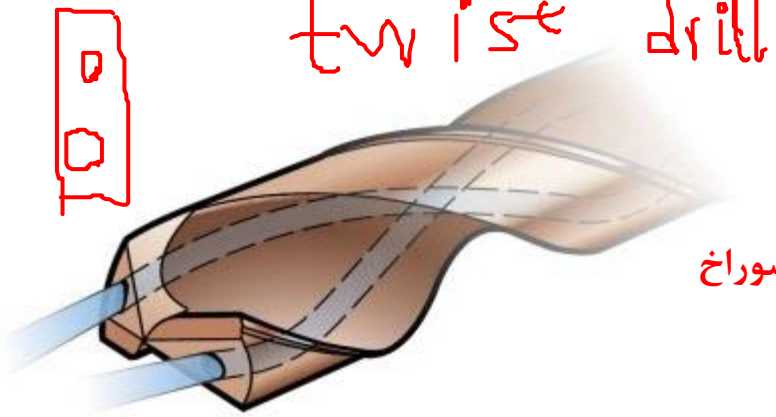
تیزکاری مته

•برای تیز کردن مته، دو لبه برنده ابتدای مته لازم است تیز شوند و نیازی به تیز کردن شیار مارپیچ نیست چرا که اساسا بر خلاف ابزار انگشتی، در مته شیار مارپیچ فقط در هدایت و خارج کردن براده ها نقش دارد و در براده برداری نقشی ایفا نمی کند.

•پس از هر مرحله تیزکاری مته کوتاهتر می شود تا جایی که عمق سوراخ را نتواند پاسخگو باشد.

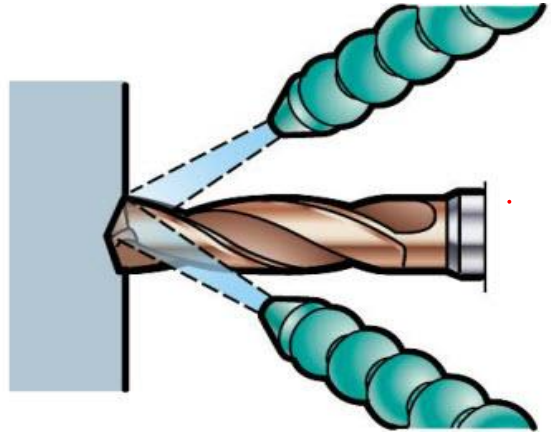
https://www.dideo.ir/v/yt/y0SQkzScQk0/how-to-hand-sharpen-a-twist-drill

انواع روش های استفاده از سیال برش



سیال برش داخلی

- در جاهایی از این روش استفاده می شود که احتمال تشکیل براده فشرده وجود دارد (Chip jamming).
  - شکستن مته
  - کاهش دقت سوراخ
- برای نسبت های طول به قطر بزرگتر از ۳ مورد استفاده قرار می گیرد.

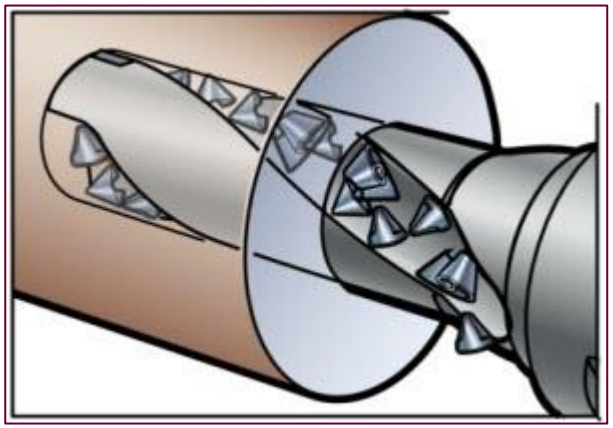


سیال برش خارجی

- برای سوراخ های کم عمق و قطعاتی که براده مطلوب تولید می کنند.
- باعث کاهش تشکیل لبه برنده می شود.
- در مته های ساکن باید از دو فواره سیال خنک کن استفاده نمود.

انواع روش های استفاده از سیال برش

- از امولوسیون روغن و آب با درصد روغن ۱۲-۵ درصد برای حالت های معمول و ۱۵-۱۰ درصد برای قطعه کار از جنس فولاد ضدزنگ و آلیاژهای مقاوم در برابر گرما



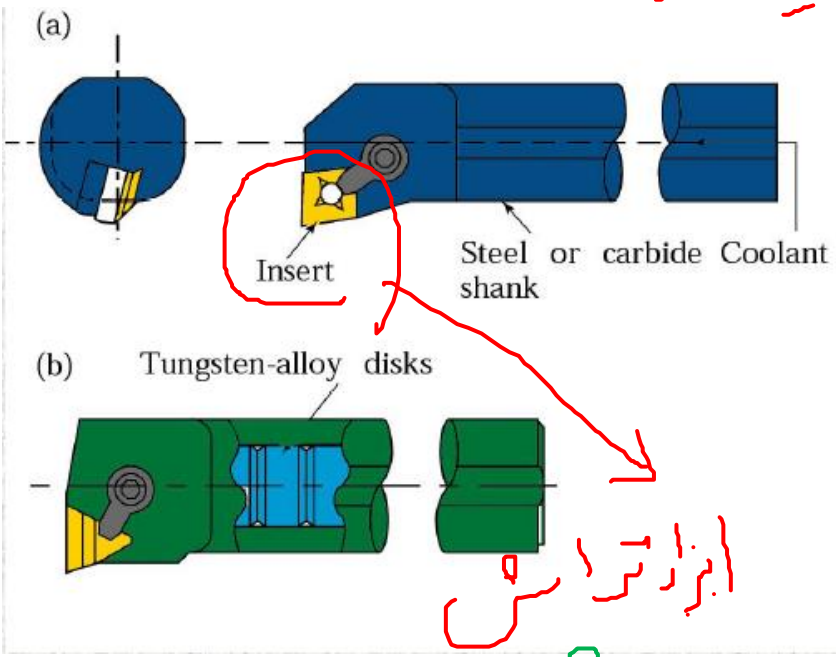
- گاهی اوقات سوراخکاری برای مواد ترد که براده تکه تکه ایجاد می کنند بدون سیال برش انجام می گیرد

- استفاده از سیال برش با فشار بسیار زیاد (۷۰ اتمسفر) می تواند باعث بهبود تخلیه براده ها و افزایش عمر ابزار شود.

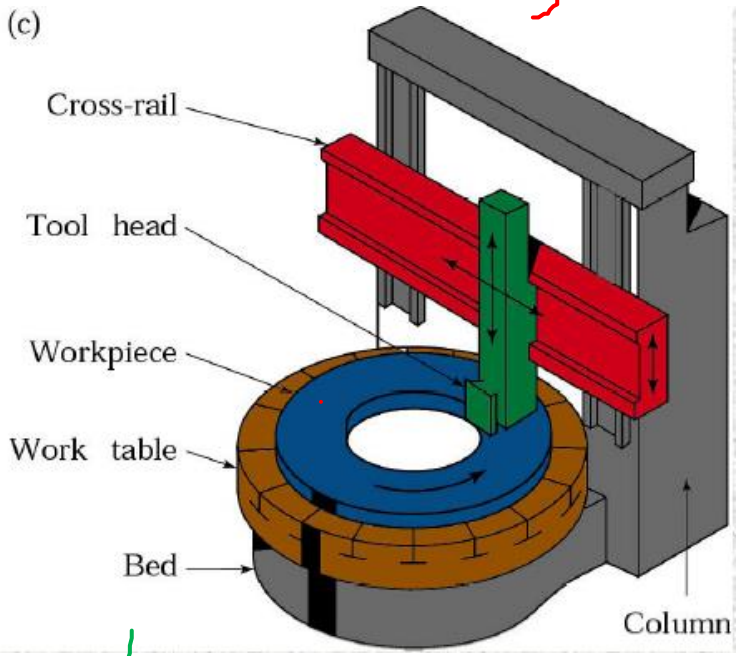
بورینگ داخل تراشی

•فرایندی است که برای افزایش قطر سوراخ با استفاده از ابزار تک لبه مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به بلندی طول دسته ابزار خمش آن باید مدنظر قرار بگیرد.

تراشی محسوب می شود برای حفظات بلند با سنگین یا بزرگ



ابزار تراش

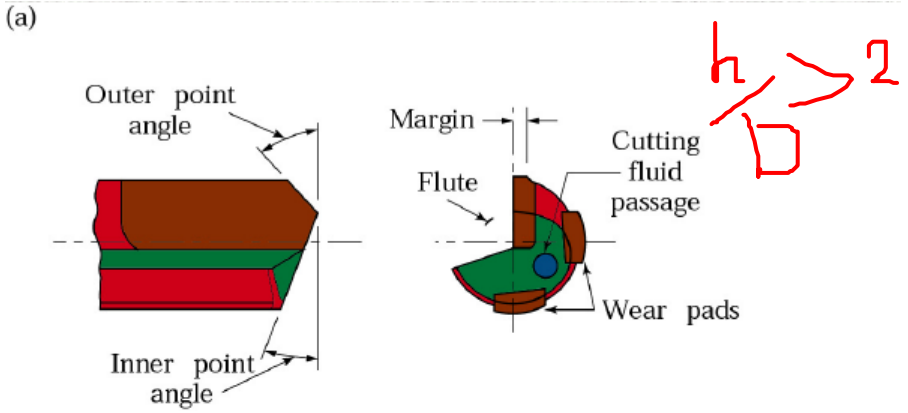


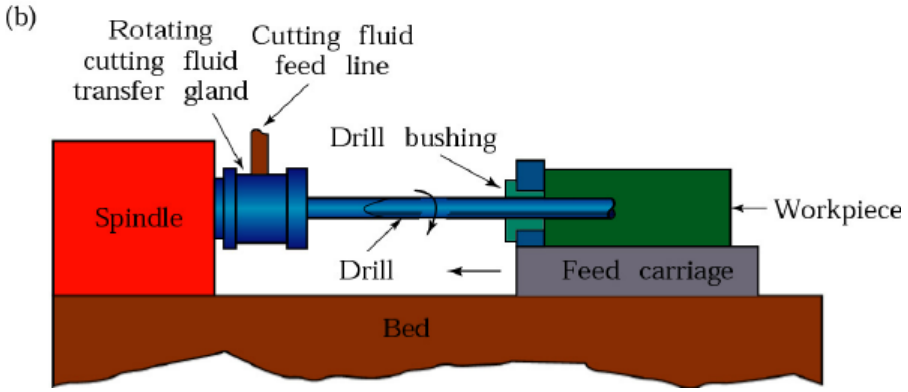
نوعی تراشکاری محسوب می شود

بورینگ

- https://www.dideo.ir/v/yt/J38Fu6i7a5g/metal-lathe-112-operation-basics%2C-boring-holes
- https://www.dideo.ir/v/yt/J58dpuZVMJE/cnc-vtl-retainer-ring-rough-and-finish-turning

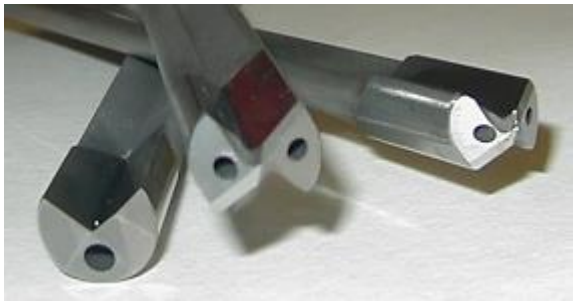
سوراخکاری عمیق (Gun Drilling)



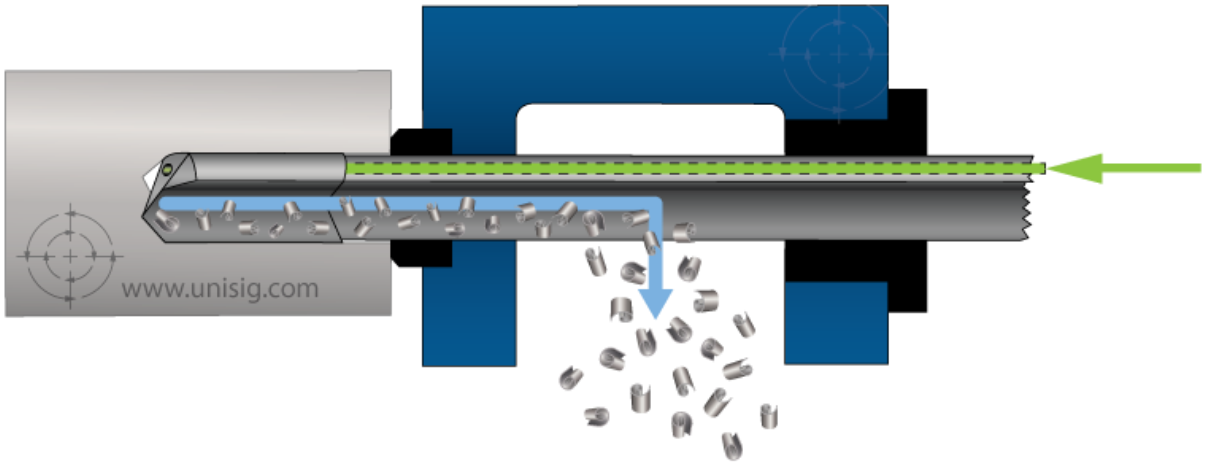


- از این روش در ابتدا برای سوراخکاری لوله تفنگ استفاده می شد.
- عمل متعادل سازی نیروهای جانبی که به مته وارد می شود توسط صفحات یاتاقانی جانبی که به مته متصل می شوند انجام می شود.
- سیال برش با فشار زیاد از مرکز ابزار به محل ماشینکاری جریان می یابد.

سوراخکاری عمیق (Gun Drilling)



- برای نسبت های طول به قطر ۳۰۰ و بیشتر مورد استفاده قرار میگیرد.
- سرعت های برش تند و پیشروی های کم در این فرایند مورد استفاده قرار می گیرند.



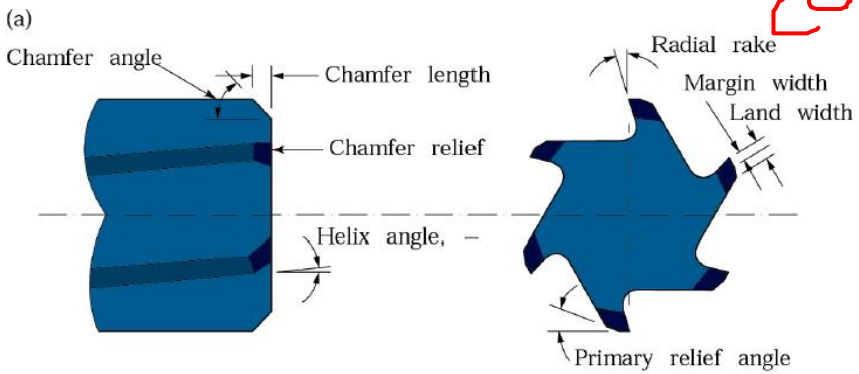
تفاوت های سوراخکاری عمیق با سوراخکاری معمول با مته مارپیچ

- ابزار سوراخکاری عمیق شیار مستقیم است که باعث افزایش استحکام مته می شود. خیلی از اوقات انحراف و شکستن مته در اثر شیار مارپیچ آن و کاهش استحکام حاصل از آن است.
- هم ابزار و هم قطعه کار در این فرایند می چرخند واین دقت ماشینکاری را بسیار افزایش می دهد.
- از سیال پرفشار در گاندرل برای سوراخکاری استفاه می شود که پدیده **chip jamming** را به حداقل می رساند.
- مته گاندال سوراخدار است.

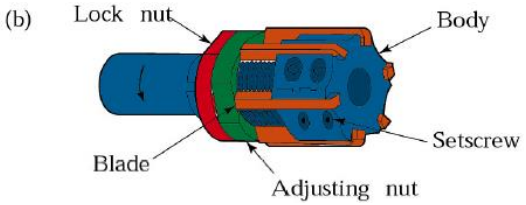
https://www.dideo.ir/v/yt/4rMxTC0OwiY/unisig-une-gundrilling-machines-compact-footprint

برقوکاری با ابزار چندلبه (Reaming)

- فرایند سوراخکاری تکمیلی است که برای افزایش دقت سوراخ های ایجاد شده مورد استفاده قرار می یگرد.



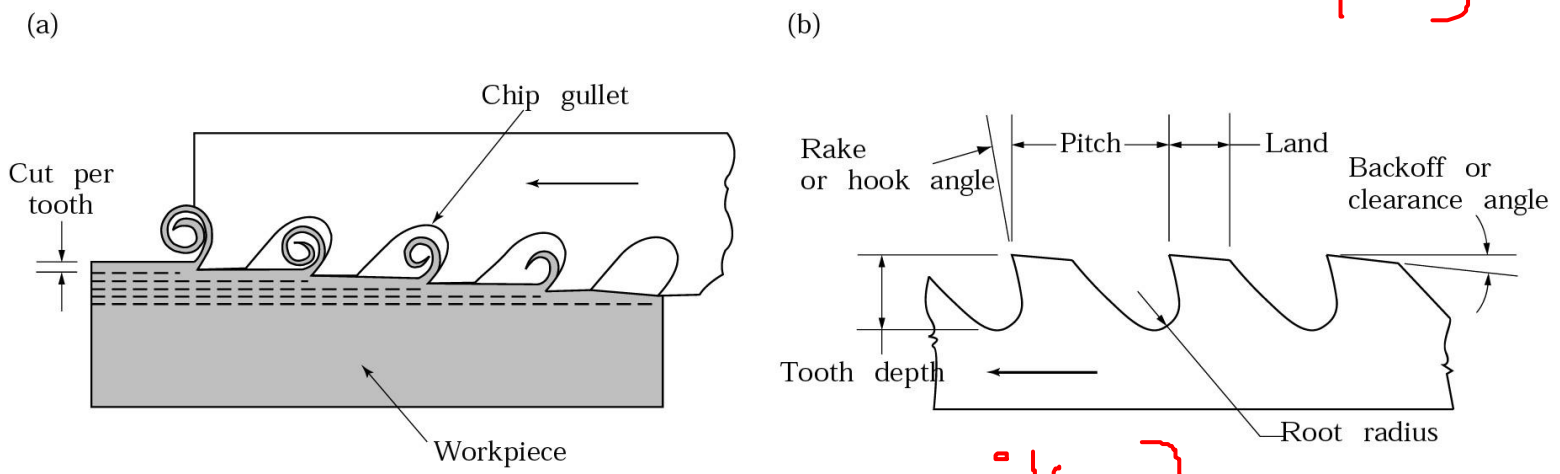
- ابزار استفاده شده ابزار چند لبه با شیارهای مستقیم یا مارپیچ است.



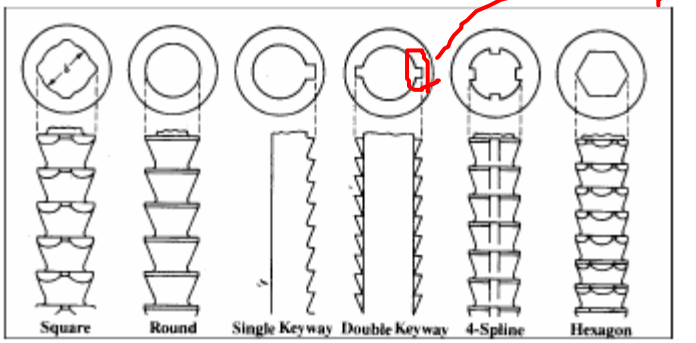
- حداقل قطر برداشت از قطعات نرم ۰.۲ و قطعات سخت ۰.۱۳ میلی متر است. برای کمتر از آن از هونینگ استفاده می شود.

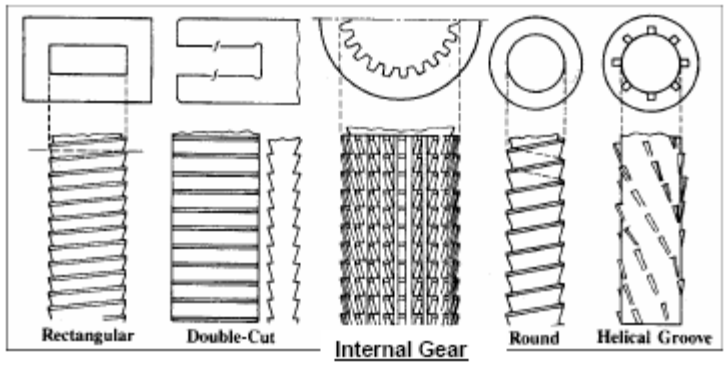
خان کشی

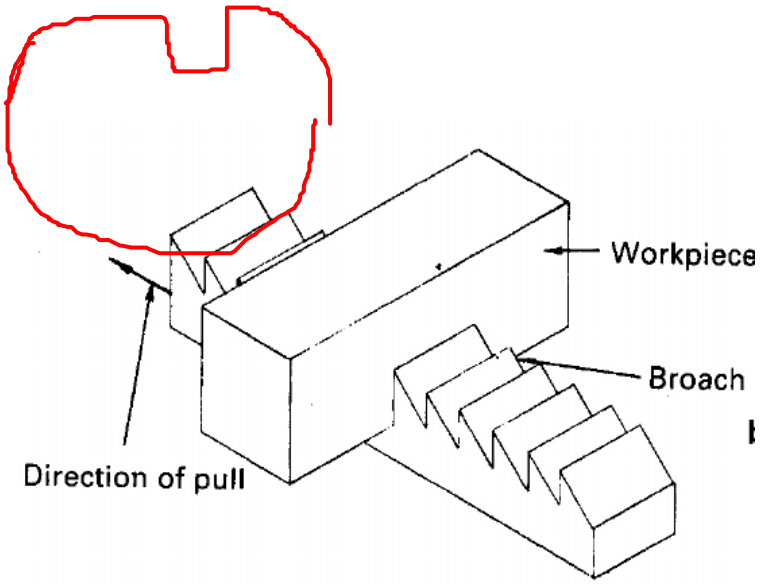
- فرآیندی است که در ان به کمک یک ابزار چندلبه که لبه های برنده به شکل پله ای قرار گرفته اند, براده برداری انجام می شود. این فرآیند برای ایجاد شیارهای داخلی و جای خار مورد استفاده قرار می گیرد.
- در این فرایند ابزار حرکت خطی ساده انجام می دهد و قطعه کار ثابت است.



خان کشی







شکل های مختلف قطعات و ابزارهای خان کشی مورد استفاده

پایان

به نام خدا

درس روش های ساخت

جلسه چهارم: فرایندهای پرداخت کاری

سنگ زنی

در چه مواردی نیاز به سنگ زنی یا پرداخت کاری وجود دارد:

۱-جایی که اب بندی مورد نیاز است (سطوح بستار و بدنه موتورکه توسط واشر آب بند می شوند.

۲-در جایی که نیاز به ایجاد پوشش روی سطح وجود دارد

۳-جایی که به دلیل عبور سیال نیاز به صافی سطح بالاست

۴-سطوح روانکاری (سطوح یاتاقان و بلبرینگ)

سنگ زنی

•سنگ زنی یکی از فرآیندهای پرداخت کاری است که در آن از یک ابزار با بی نهایت لبه برنده برای براده برداری استفاده می شود.

•از آنجا که ابعاد لبه های برنده بسیار کوچک است با استفاده از این روش می توان به دقت های ابعادی و صافی سطوحی رسید که در هیچ یک از روش های ماشینکاری به دست نمی آیند.

•جنس لبه های برنده از مواد ساینده غیر فلزی است.

سنگ زنی

دلایل استفاده از روش سنگ زنی:

۱- صافی سطح و دقت ابعادی زیاد

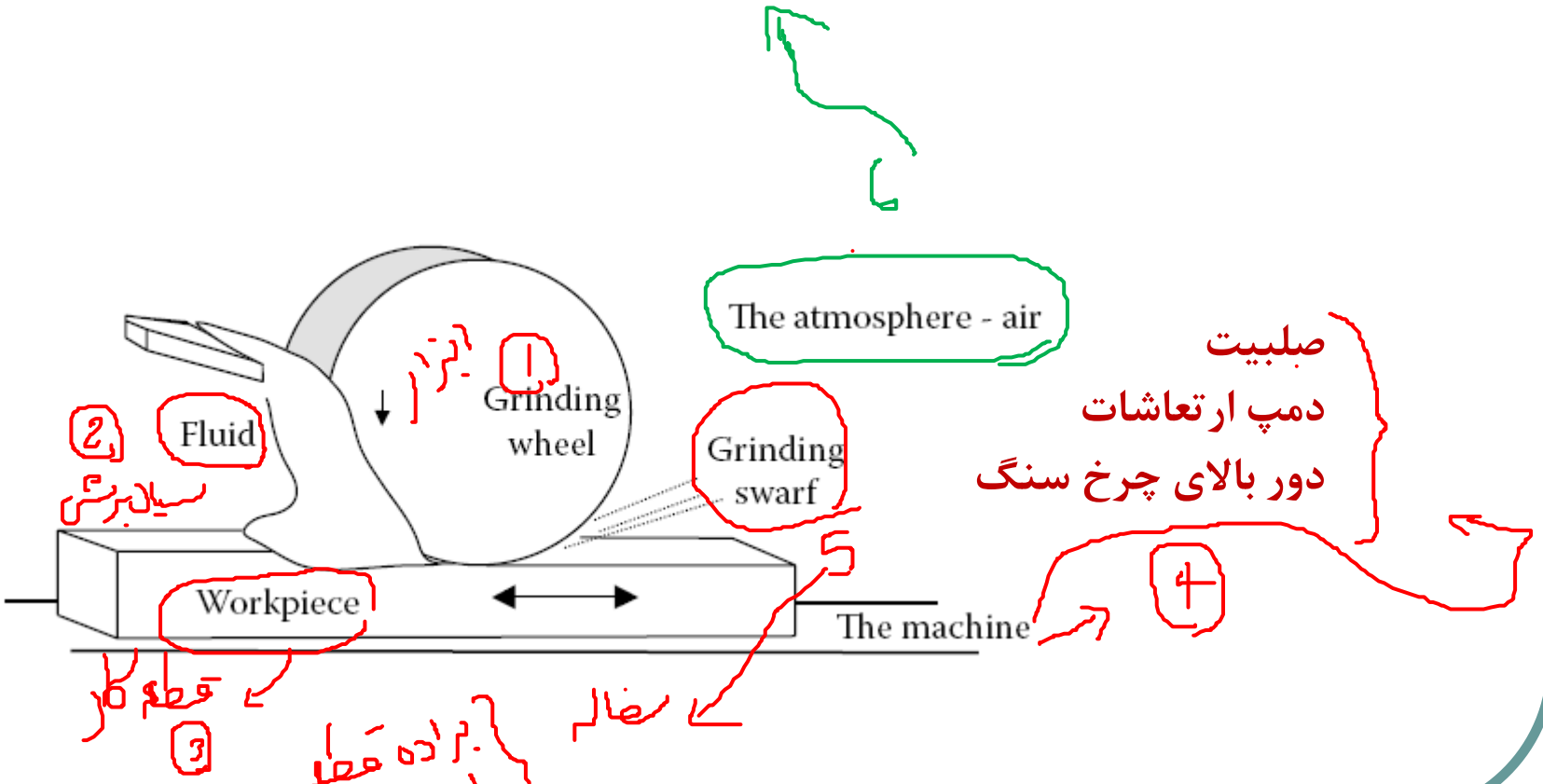
۲- حجم باربرداری زیاد: مثلا شیار روی مته و یا ریشه پره توربین

۳- ماشینکاری قطعات بسیار سخت مانند پره توربین

هدف براده برداری است نه بهبود صافی سطح

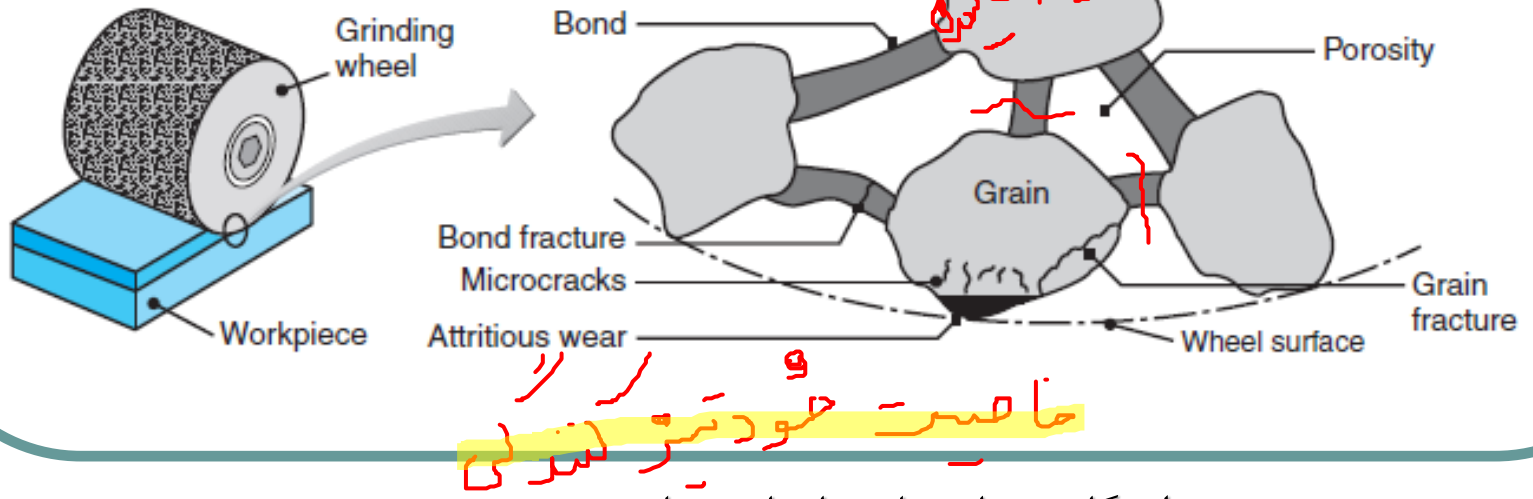
شش جزء اصلی فرآیند سنگ زنی

- وجود اتمسفر برای فرایند سنگ زنی ضروری است. وجود اتمسفر باعث تشکیل لایه اکسید در سطح فلز در دماهای زیاد می شود. این لایه اکسید نقش روانکاری دارد.



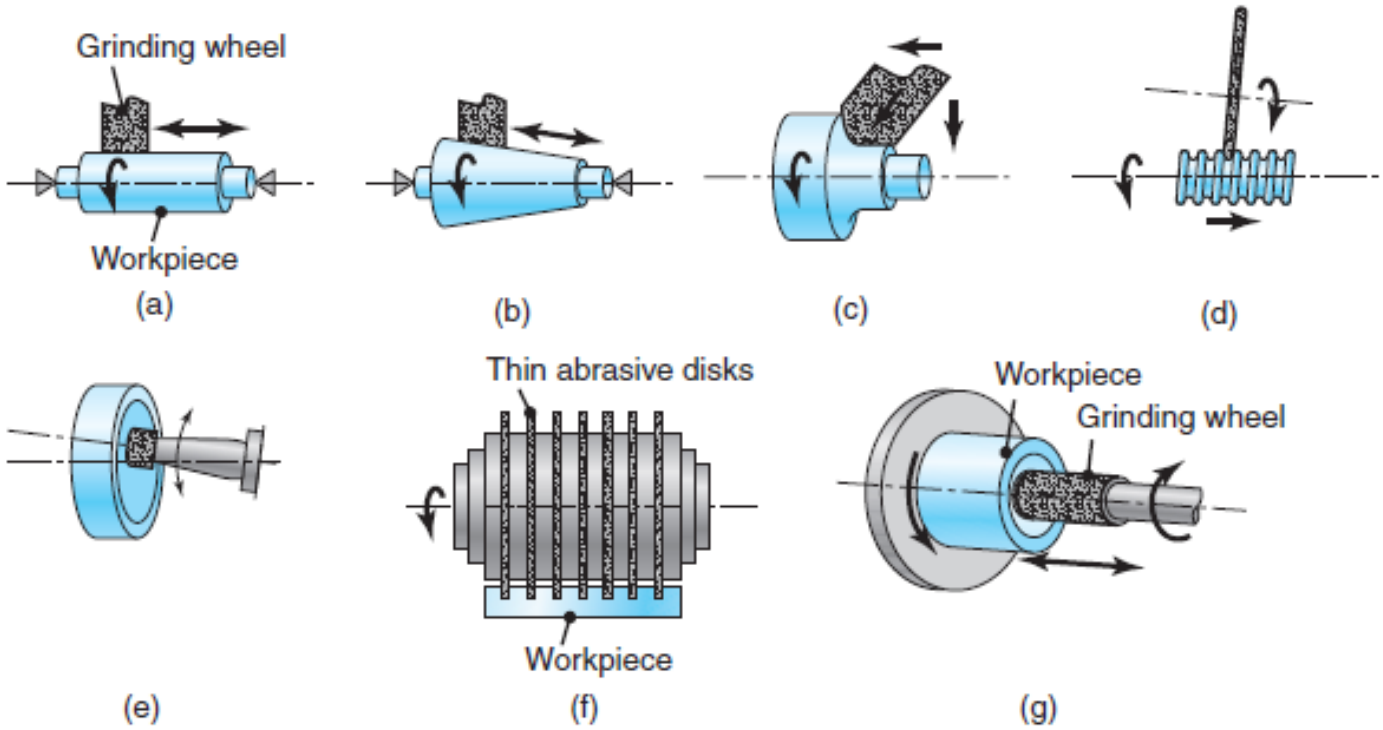
چرخ سنگ

- چون هر ذره ساینده فقط مقدار کمی از سطح قطعه کار را به صورت براده جدا می کند برای افزایش نرخ براده برداری باید تعداد زیادی از ذرات ساینده را به هم چسباند.
- چرخ سنگ از ماده ساینده, چسبی که مواد ساینده را به هم می چسباند و فضاهای خالی تشکیل شده است.
- وجود فضاهای خالی برای تشکیل براده و کمک به خنک کاری ضروری است.



چرخ سنگ

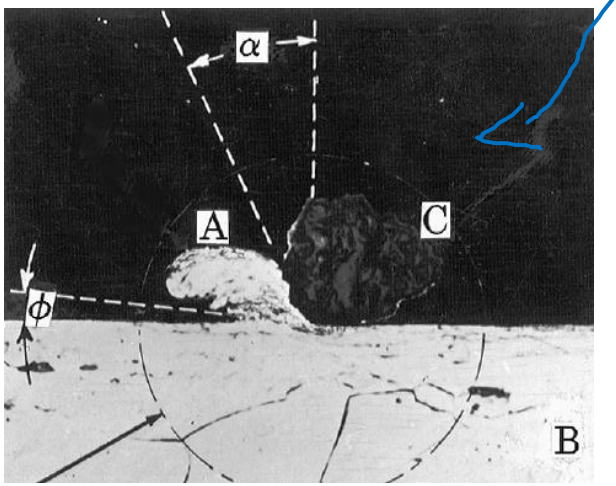
سنگ زنی هندسه های مختلف قطعه کار

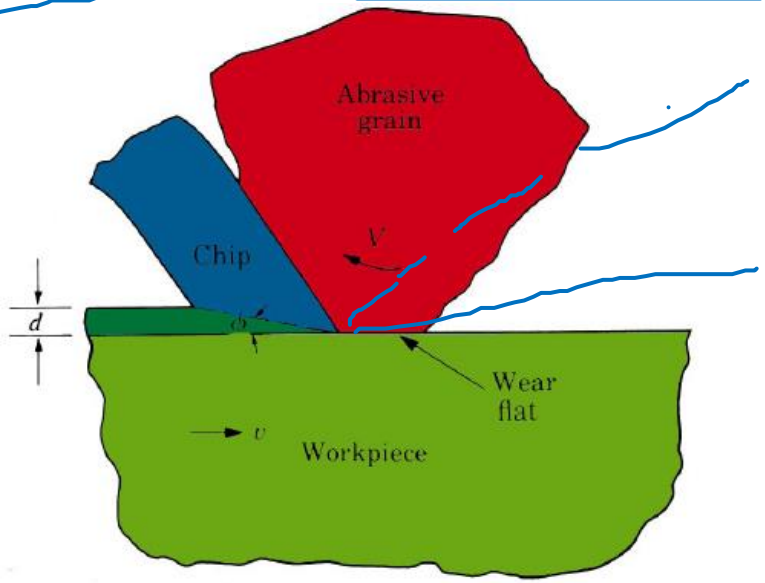


سازوکار شکل گیری براده

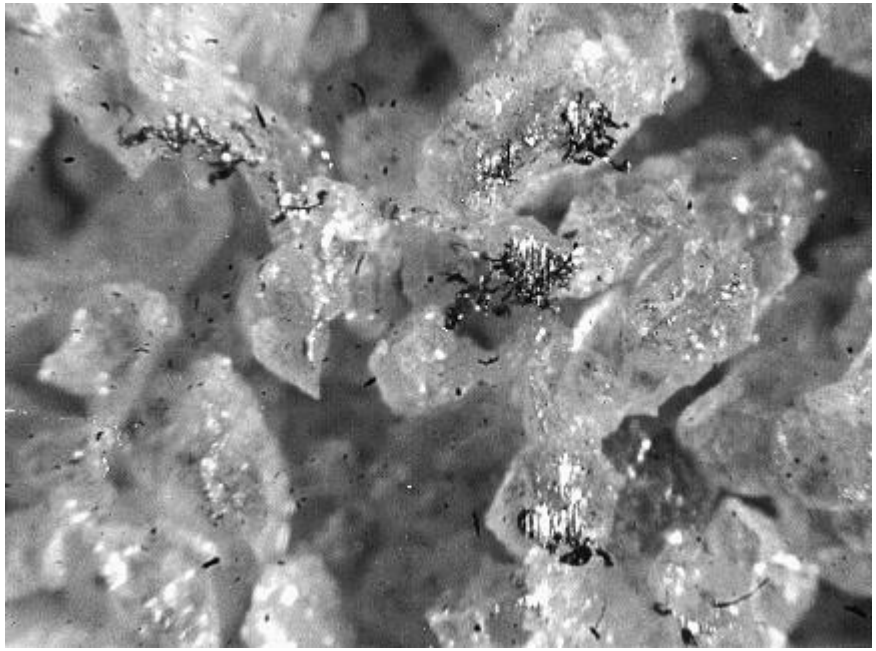
•تفاوت سنگ زنی و ماشینکاری با ابزار تک لبه این است که در سنگ زنی هر یک از لبه های برنده شکل های نامشخصی دارند و به صورت تصادفی در اطراف چرخ سنگ چیده شده اند.

•زاویه براده میانگین در چرخ سنگ منفی است بنابراین در مقایسه با روش های دیگر براده برداری, براده ها تحت تغییر شکل زیادی قرار می گیرند و زایه صفحه برش بسیار کوچک است.





سازوکار شکل گیری براده



چرخ سنگ با بزرگنمایی ۵۰ برابر

سطح یک چرخ سنگ که در آن ذرات ساینده, فضاهای خالی, سطوح سایشی روی ذرات ساینده و براده های جدا شده از سطح قطعه کار نشان داده شده است.

انواع فرآیندهای سنگ زنی

۱- سنگ زنی مسطح (سنگ تخت)
۲- سنگ زنی استوانه ای (سنگ محور)
۳- سنگ زنی بدون مرغک (سنترلس)
۴-سنگ زنی خزشی

۱-سنگ زنی مسطح

عمق براده برداری در فرایند سنگ تخت معمولا کمتر از ۰.۱ میلی متر است

سنگ تخت

انواع:

- سنگ مغناطیس
- سنگ پاندولی
- سنگ رفت و برگشتی

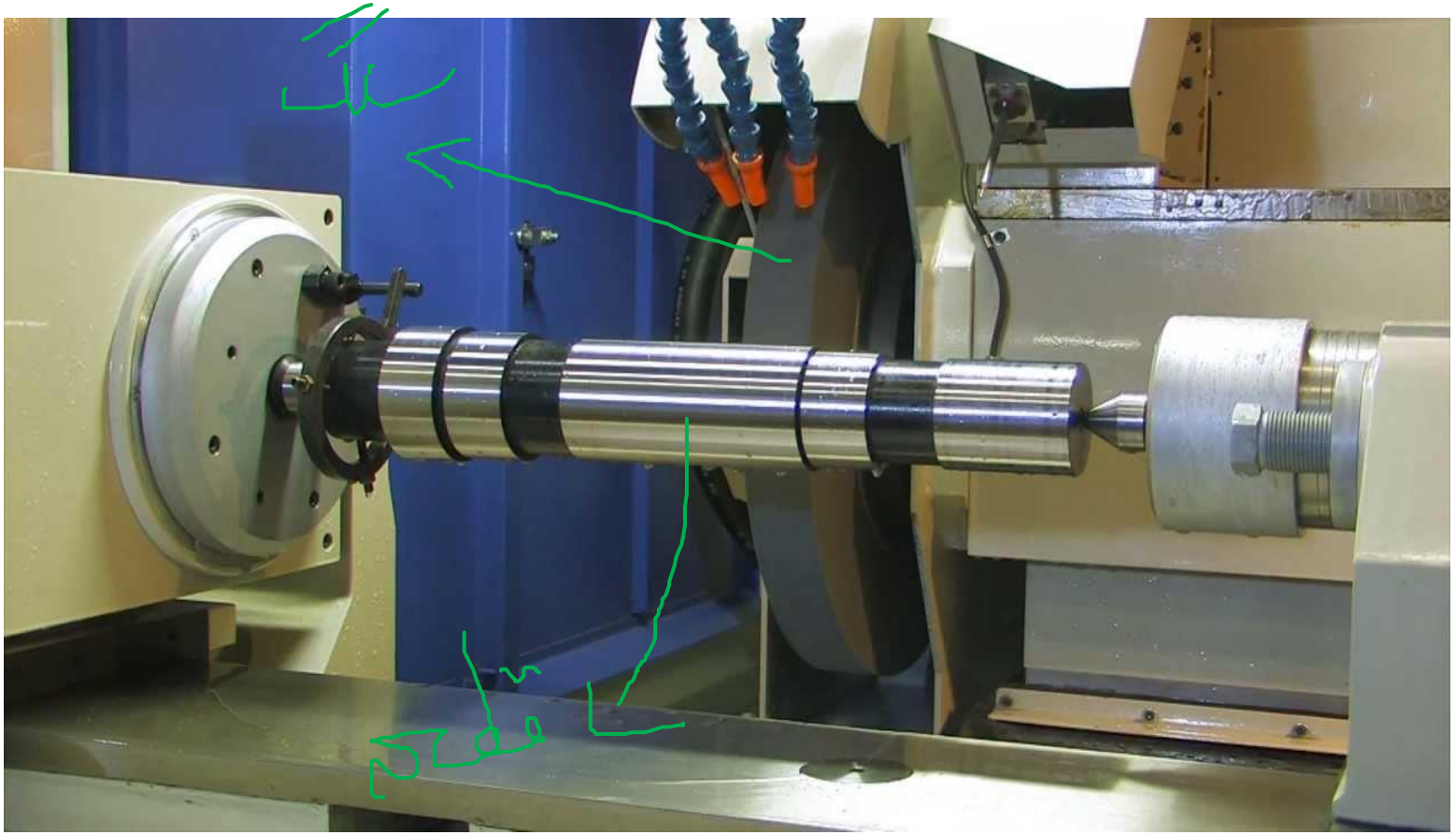
ابزار بایست

میز به صورت پاندولی حرکت می کند

۲-سنگ محور(Cylindrical grinding)

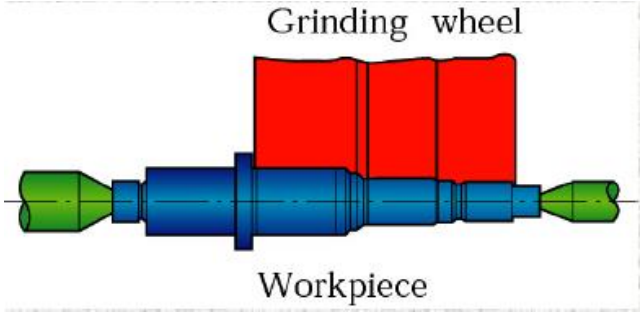
https://www.dideo.ir/v/yt/GIZubRz706U/ge4i-cylindrical-grinding-machine

۲-سنگ محور

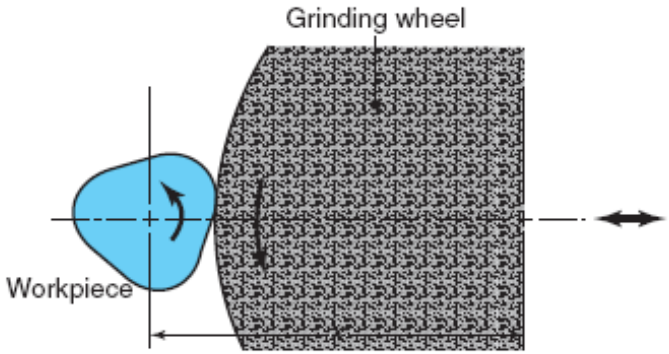


۲-سنگ زنی استوانه ای

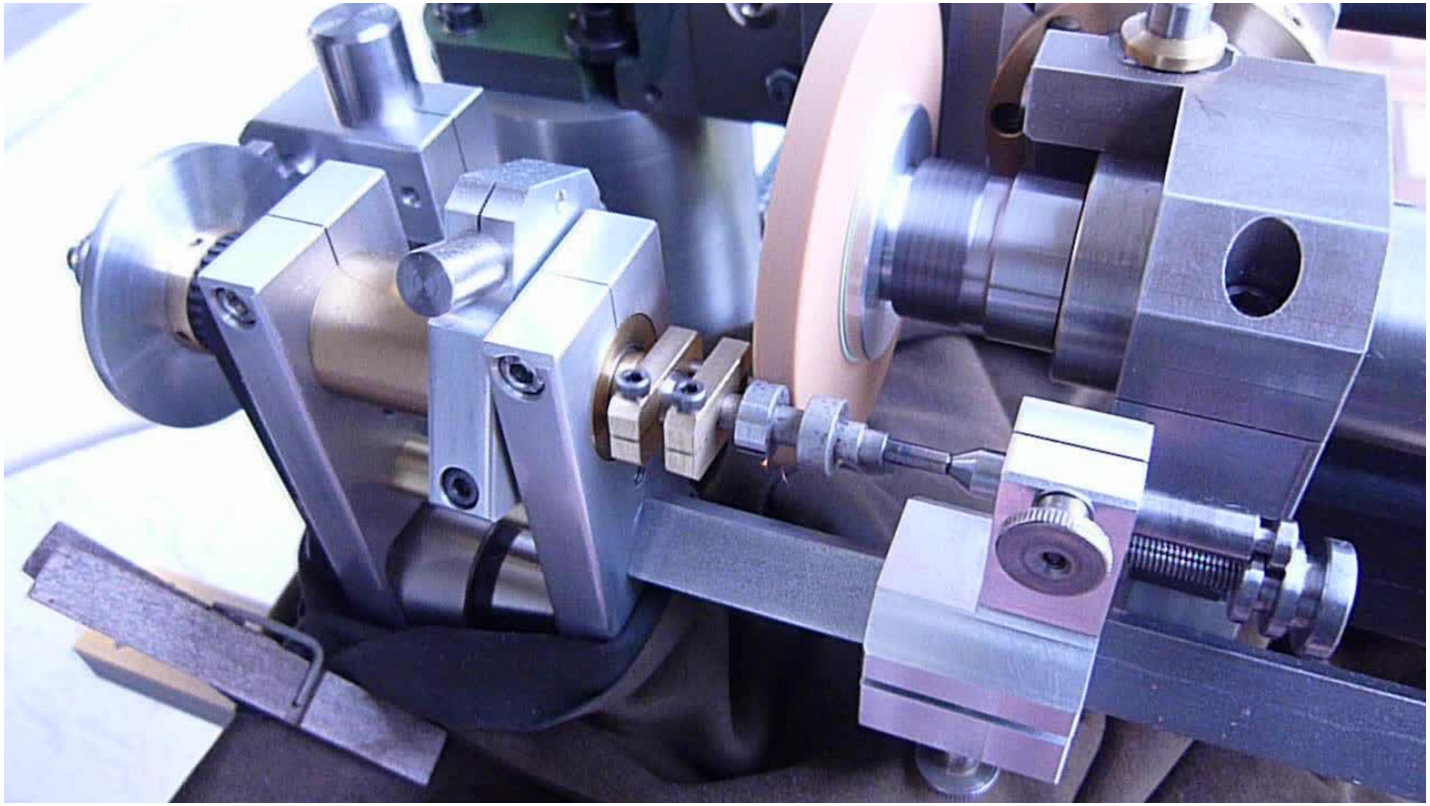
- با ایجاد هندسه قطعه روی چرخ سنگ می توان یک پروفایل را سنگ زنی نمود.



- با استفاده از این روش و تنظیم حرکت خطی چرخ سنگ نسبت به سرعت دورانی محور قطعه کار می توان شکل های غیر متقارن مانند بادامک را سنگ زنی نمود.



انواع فرآیندهای سنگ زنی-سنگ زنی استوانه ای

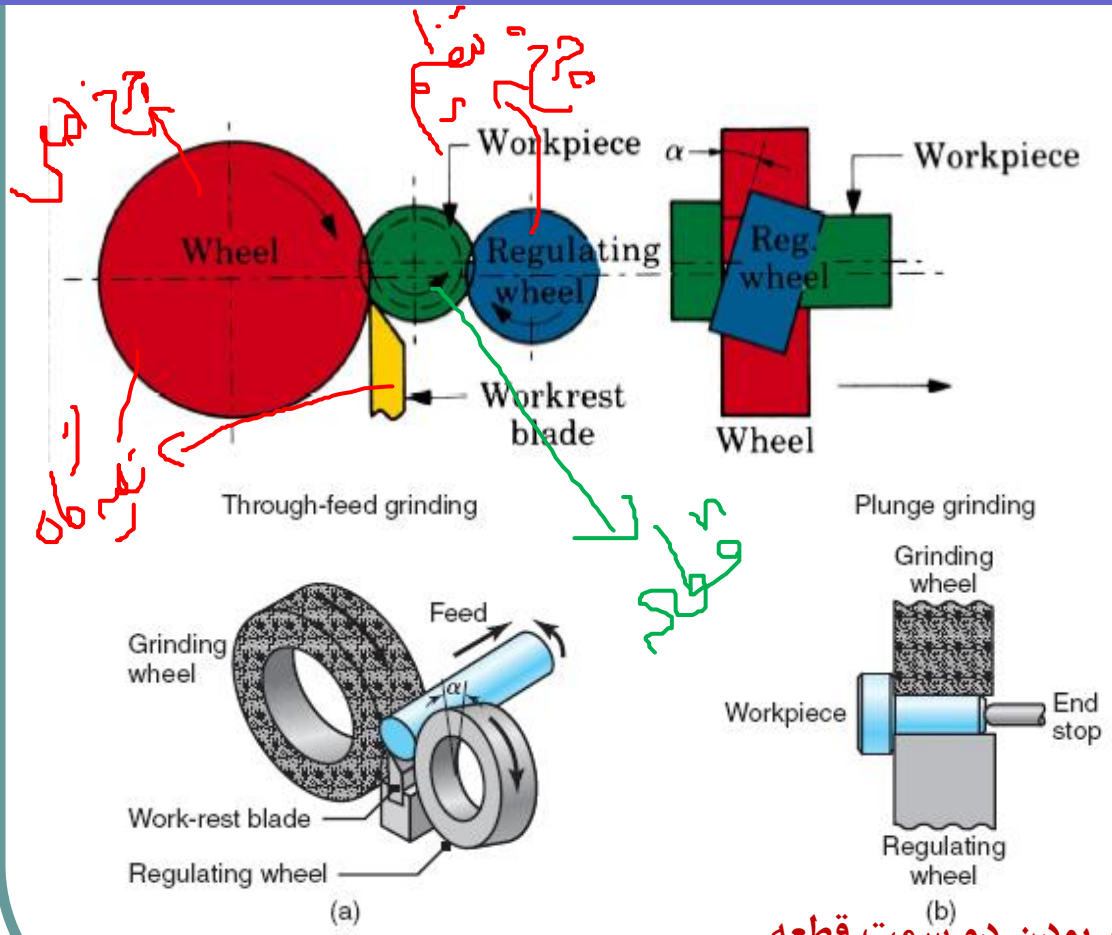


سنگ زنی میل بادامک

انواع فرآیندهای سنگ زنی-سنگ زنی استوانه ای

سنگ زنی چرخ دنده با ابزار سنگ پروفیل

سنگ زنی بدون مرغک



- در این روش که برای تولید انبوه قطعات مورد استفاده قرار می گیرد قطعه کار بین دو مرغک مقید نمی شود بلکه بوسیله یک تیغه سر جای خود نگه داشته می شود.

- از دو چرخ سنگ برای مقید کردن و سنگ زنی استفاده می شود که قطعه کار بین این دو چرخ سنگ قرار می گیرد.

با توجه به گیردار بودن دو سمت قطعه
و نیروی وارده باعث خیز برداشتن قطعه و کاهش دقت می شود
دو محور مرغک و سه نظام خطای هم محوری

مشکلات سنگ محور

۱-با توجه به گیردار بودن دو سمت قطعه و نیروی وارده باعث خیز برداشتن قطعه و کاهش دقت می شود

۲- دو محور مرغک و سه نظام خطای هم محوری دارند و این باعث کاهش دقت ابعادی قطعه تولیدی می شود

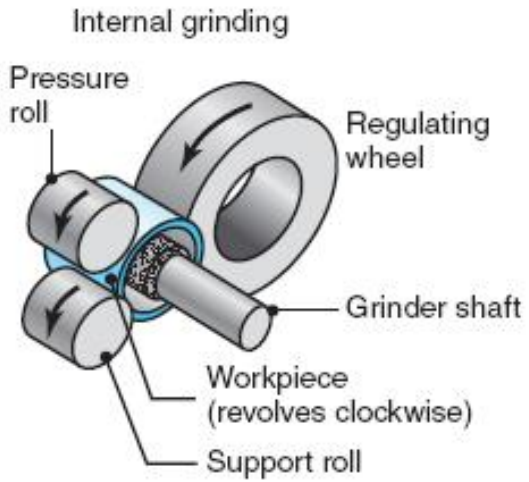
۳-باز و بست قطعه در سنگ محور زمان بر است و این دستگاه برای تولید مناسب نیست

https://www.dideo.ir/v/yt/1Z_NAIGXE8k/centerless-grinding-%7C-centerless-grinding-machine

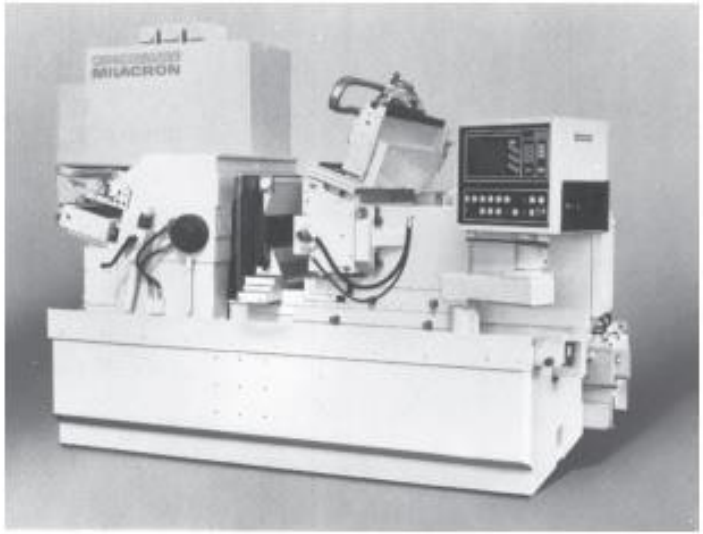
سنگ زنی بدون مرغک

- چرخ سنگ بزرگتر برای سنگ زنی و چرخ سنگ کوچکتر برای تنظیم حرکت خطی قطعه کار مورد استفاده قرار می گیرند. چرخ سنگ کوچکتر از جنس چسب لاستیکی است و سرعت چرخش آن ۱/۲۰ چرخ سنگ اصلی است.

- برای سطوح داخلی هم از ۳ چرخ برای مقید نمودن قطعه کار استفاده می شود.

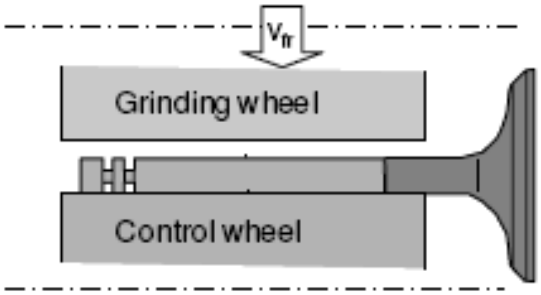


(c)



(d)

سنگ زنی بدون مرغک -کاربردها



سنگ زنی بدون مرغک دریچه موتور

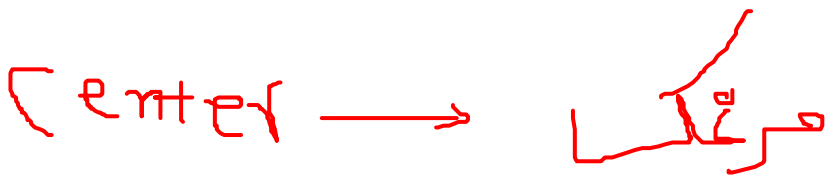
ویدئو ۱

ویدئو۲

مزایای سنگ زنی بدون مرغک

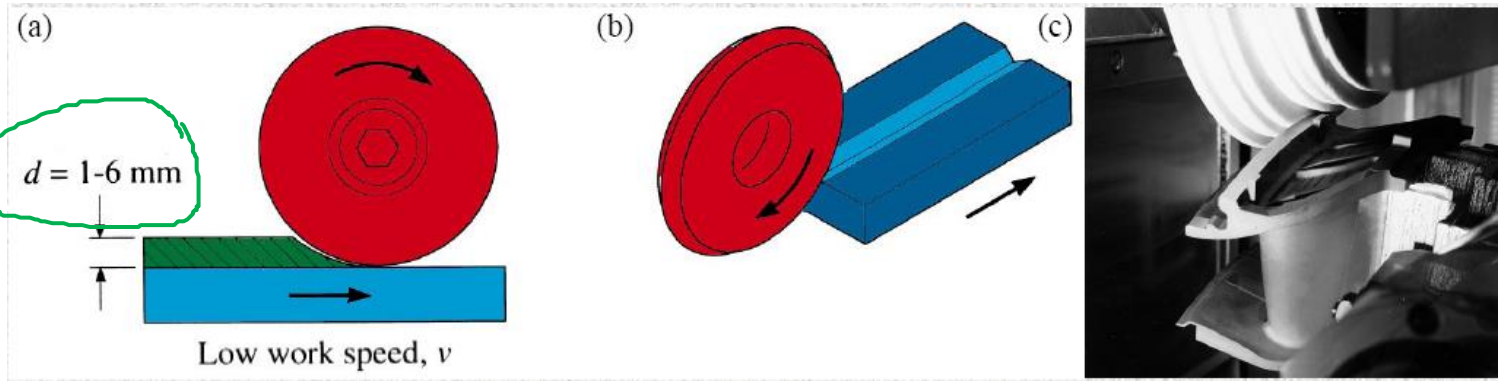
- فرایند سنگ زنی یک فرایند پیوسته است و زمان زیادی صرف مقید نمودن قطعه کار نمی شود.
- به دلیل عدم استفاده از مرغک در محکم کردن, قطعه کار تحت خمش قرار نمی گیرد.
- خطای هم مرکز کردن مرغک ها در این فرایند حذف می شود.

اگر ماشین به دقت تنظیم شود و فرآیند تیز کردن ابزار به درستی و به موقع انجام شود, این فرایند قابلیت دستیابی به دقت های رواداشت های هندسی گردی و استوانه ای کمتر از یک میکرون را دارست



سنگ زنی خزشی

- در این فرایند سازوکار براده برداری مانند روش سنگ زنی است با این تفاوت که عمق های برشی تا ۶ میلی متر را می توان با استفاده از این روش ماشینکاری نمود.
- در این روش سرعت خطی قطعه کار کم است و از چرخ سنگ نرم تر با چسب رزینی استفاده می شود.
- تخلخل چرخ سنگ انتخاب شده بالاست تا دمای قطعه کار کمتر شده و صافی سطح بهبود یابد.
- ماشینی که برای این فرآیند مورد استفاده قرار می گیرد قابلیت های خاصی دارد.



ویدئو

سنگ زنی خزشی

- **قابلیت های مورد نیاز ماشین عبارتند از: توان بالا تا ۲۲۵ کیلو وات, سفتی و صلبیت زیاد برای دمپ ارتعاشات, قابلیت کنترل سرعت محورها و گردش اسپیندل و جای زیاد برای مایع خنک کار**

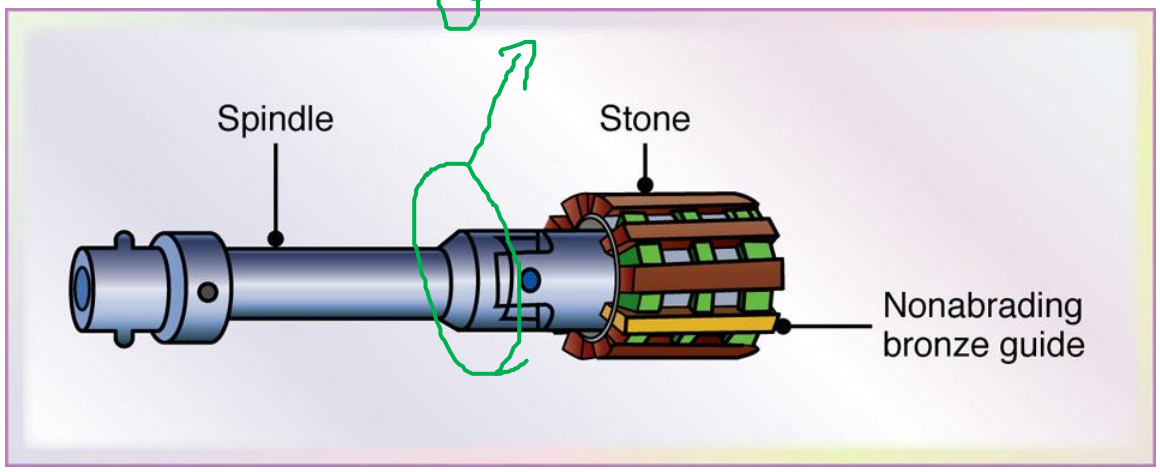
- https://www.dideo.ir/v/yt/SfVv2KNzfmo/creep-feed-grinding
- https://www.dideo.ir/v/yt/MK1zpYdwzfM/jsg-520nx-creep-feed-grinding-machine

هونینگ

- در این فرآیند از ابزاری استفاده می شود که دورتادور آن سنگ های از جنس آلومینا یا CBN قرار داده شده است و برای پرداخت کاری مورد استفاده قرار می گیرد.

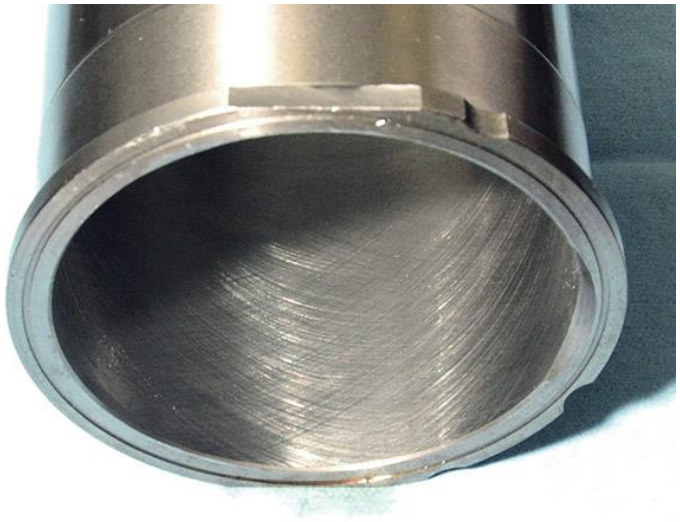
- حرکات چرخشی و رفت و برگشتی ابزار باعث ایجاد اثار با زاویه خاصی (با توجه به سرعت خطی و چرخشی) روی سطح می شود. وجود این خراش ها در استوانه موتور برای نگهداری روغن و جلوگیری از سایش سمبه و حلقه ضروری است.

- چشم های بزرگ دسته سمبه هم هونینگ می شوند.



ویدئو

ابزار هونینگ



Cross hatch
برای نمای روغن

ابزار هونینگ

پایان

بنام خدا

درس روش های ساخت

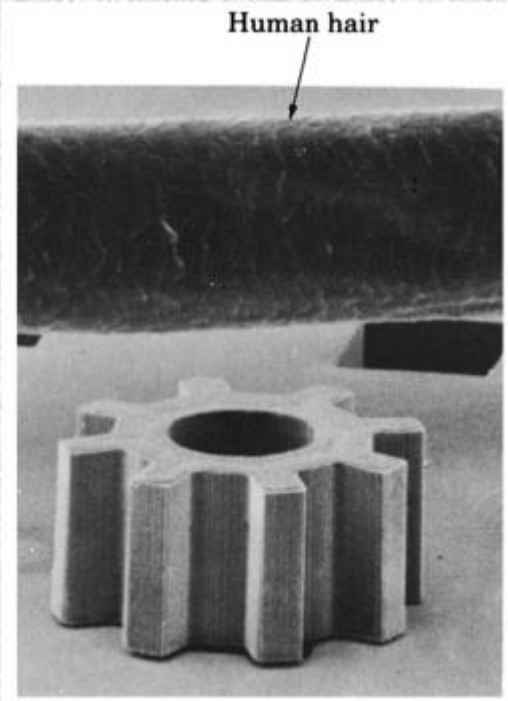
جلسه پنجم: روش های نوین ساخت

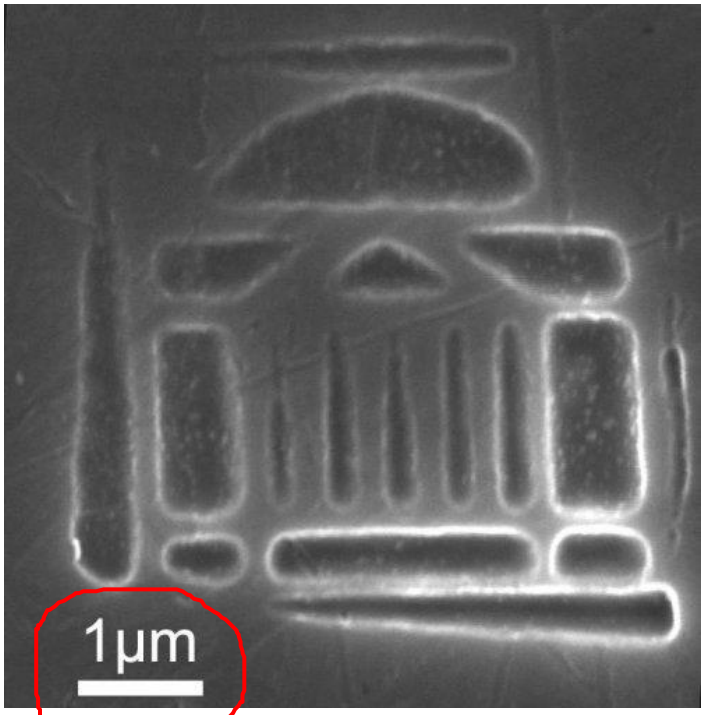
جدید
مدرن

Advanced manufacturing methods

روش های مخصوص تولید

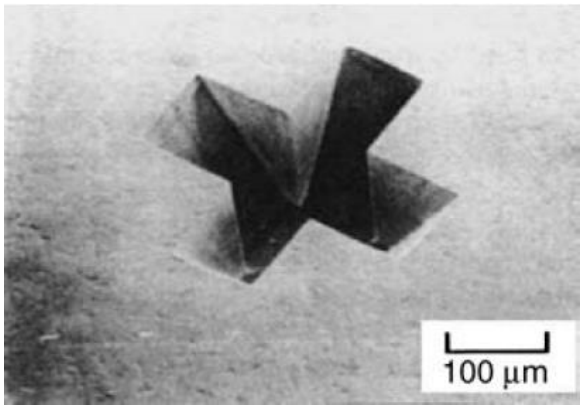
- تا اینجا روش هایی که در آن ها براده برداری با تکیه بر نیروهای مکانیکی زیاد انجام می شوند, ارائه شد.
- روش های مخصوص تولید روش هایی هستند که در آن ها به جای استفاده از نیروهای مکانیکی زیاد, از روش های فیزیکی دیگر مانند شیمیایی, الکتریکی, حرارتی و ... استفاده می شود.





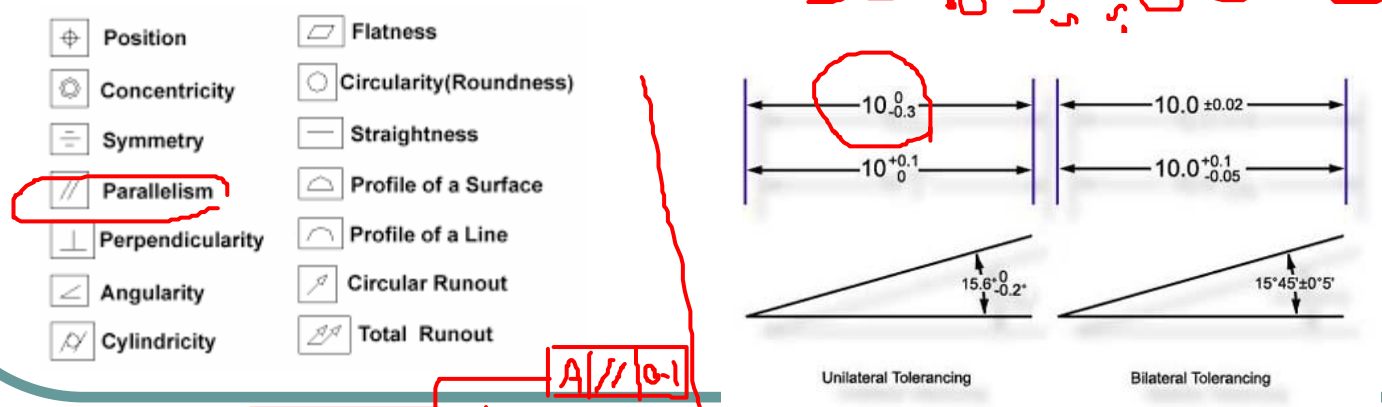
دلایل رویکرد به روش هاي مخصوص تولید

- ماشینکاري مواد مستحکم که نیاز به نیروي مکانیکي زیادي دارند. موادي مانند سرامیک ها و ابرآلیاژها
- انجام اعمالي که به هیچ وجه توسط روش هاي سنتي قابل انجام نیستند، مثلا ایجاد گوشه هاي تیز در سوراخ
- ساخت شکل هاي پیچیده- مثلا سوراخي که مقطع آن از دایره به چهارگوش تبدیل مي شود.
- انجام فرایند بر روي قطعات ظریف و کوچک- مثال سوراخ نازل افشانه
- زمانی که رواداشت های هندسی بسته مورد نیاز است.

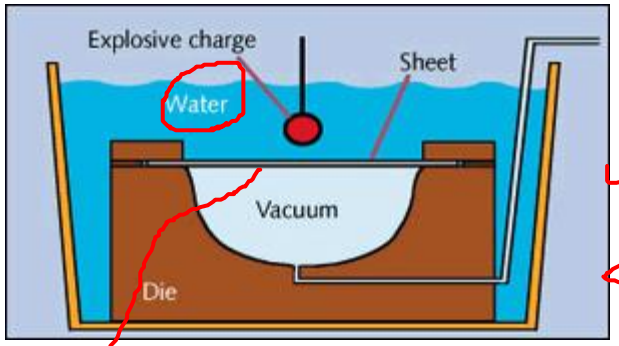


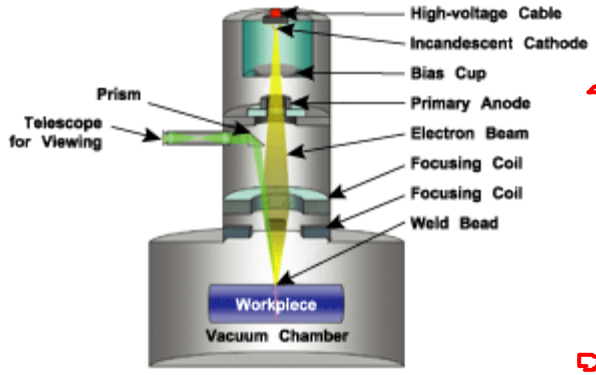
تعریف و اهمیت تلرانس در تولید

- محدوده قابل قبول برای هر اندازه قطعه درتولید با عنوان تلرانس مشخص می شود و در موارد زیرکاربرد دارد:
- برای تولید و اطلاع از محدوده پذیرش تولیدی قطعه
- برای کنترل کیفی محصول تولید شده

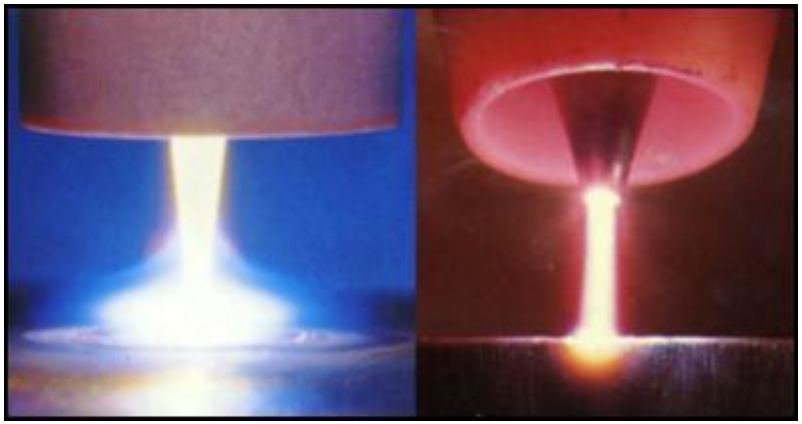


انواع روش های مخصوص تولید





- *ماشینکاری با امواج ماورای صوت (USM)
- ماشینکاری شیمیایی (CHM)
- *ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM)
- *ماشینکاری تخلیه الکتریکی (EDM)
- *ماشینکاری با اشعه لیزر (LBM)
- ماشینکاری با قوس پلاسما (PAM)
- ماشینکاری با پرتو الکترونی (EBM)
- ماشینکاری با اشعه یونی (IBM)
- ماشینکاری با جت ذرات ساینده (WJM)
- فرم دهی انفجاری (EF)



•ماشینکاری با قوس پلاسما (PAM)

•شکل دهی انفجاری

•https://www.dideo.ir/v/ap/g4Gty/%D9%81%D8%B1%D8%A2%DB%8C%D9%86%D8%AF%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D8%B4%DA%A9%D9%84%D8%AF%D9%87%DB%8C-%D9%81%D9%84%D8%B2%D8%A7%D8%AA-%D9%82%D8%B3%D9%85%D8%AA14-%D8%B4%DA%A9%D9%84%D8%AF%D9%87%DB%8C-%D8%A7%D9%86%D9%81%D8%AC%D8%A7%D8%B1%DB%8C

ماشینکاری تخلیه الکتریکی

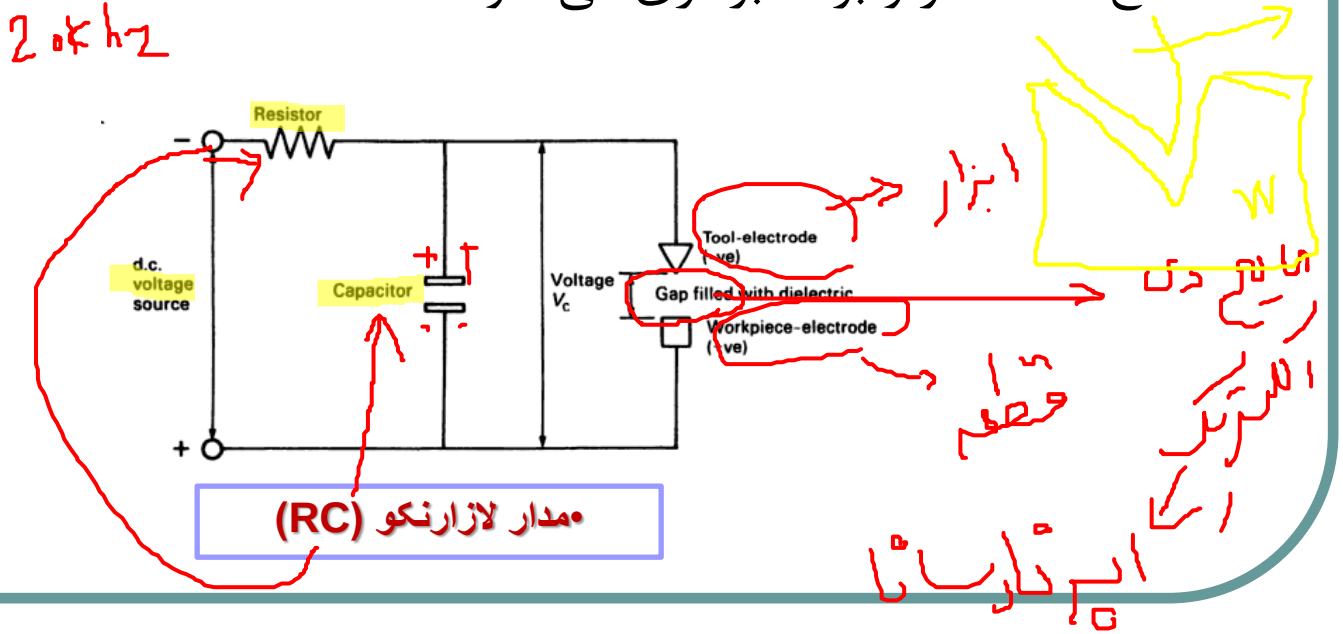
- تاریخچه
- در سال ۱۷۶۸ جوزف پریسلی در حین تولید الکتریسیته ساکن از نور سفید جرقه هایی را مشاهده کرد. این جرقه ها آثار ماندگاری روی الکترودها بر جای می گذاشتند.
- در سال ۱۹۳۰ لازارنکو با مطالعه یادداشت های پریسلی به فکر ابداع روشی برای براده برداری مبتنی بر این اصل افتاد.
- در سال ۱۹۴۳ در خلال جنگ جهانی دوم اولین ماشین اسپارک توسط لازارنکو ساخته شد.

ماشين كاري تخليه الكتريكي

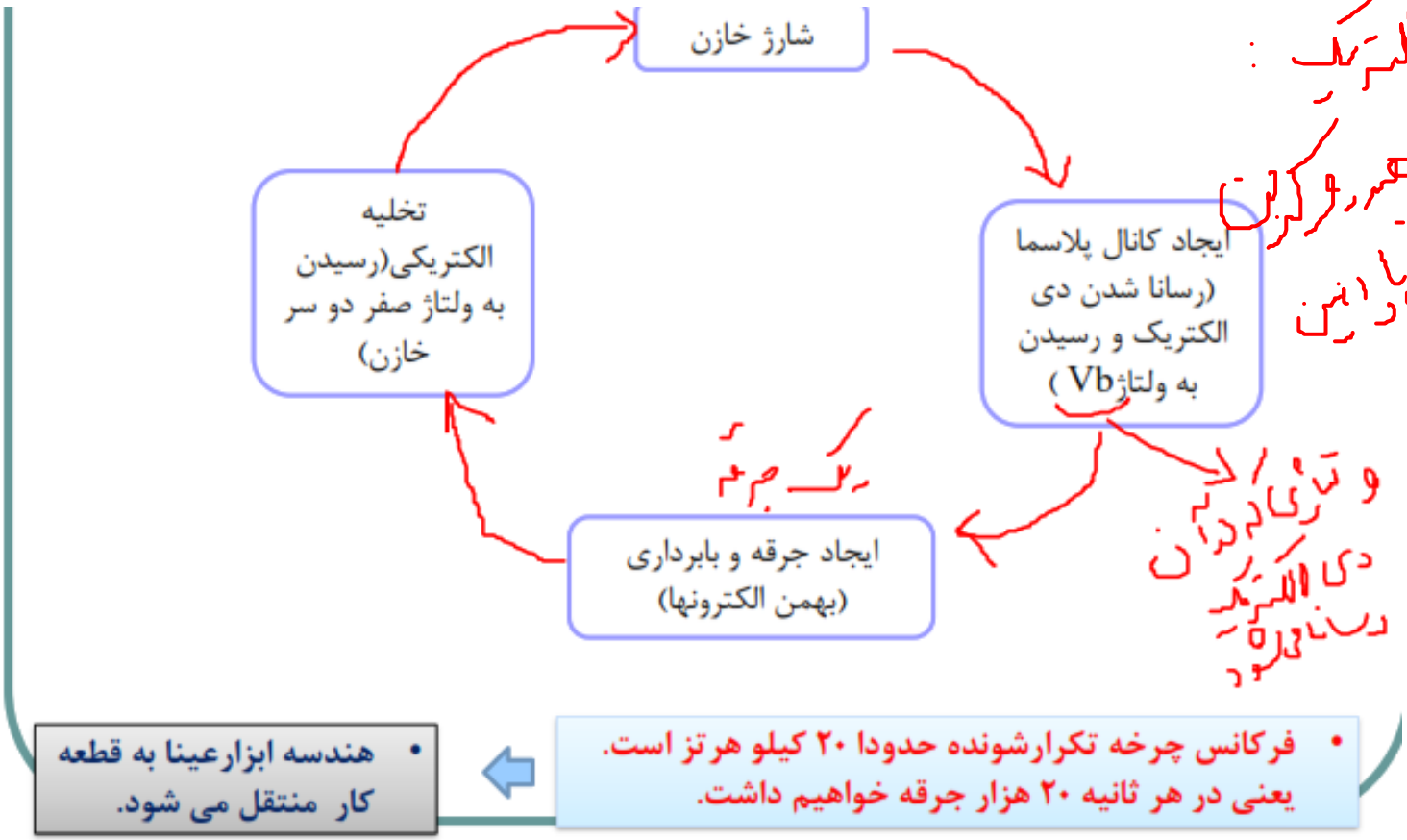
- در فرایند ماشین کاری تخلیه الکتریکی بر خلاف ماشین کاری مکانیکی فلز ابزار می تواند از فلز قطعه کار نرمتر باشد و براده برداری نیز هیچ ارتباطی به سختی مکانیکی قطعه کار ندارد بلکه به نقطه ذوب و خصوصیات حرارتی قطعه وابسته است.
- این فرآیند هیچ پلیسه ای روی سطح قطعه بر جای نمی گذارد.
- برای هندسه های پیچیده می توان از این روش بهره برد.
- برای تولید حفره های با دیواره نازک و اشکال هندسی ظریف می توان از آن استفاده نمود.
- چون روش غیر تماسی است نیروهای ماشینکاری بسیار کم است

مکانیزم عملکرد

- الکترود ابزار و قطعه کار در مایع دی الکتریک غوطه ور می شوند و یک منبع تغذیه جریان مستقیم خازن را شارژ می کند تا ولتاژ دو سر خازن به ولتاژ شکست مایع دی الکتریک برسد در این حالت تخلیه الکتریکی اتفاق افتاده (در الکتریک رسانا می شود) و کانال پلاسمای ایجاد شده باعث هجوم الکترونها به سطح قطعه کار و براده برداری می شود.



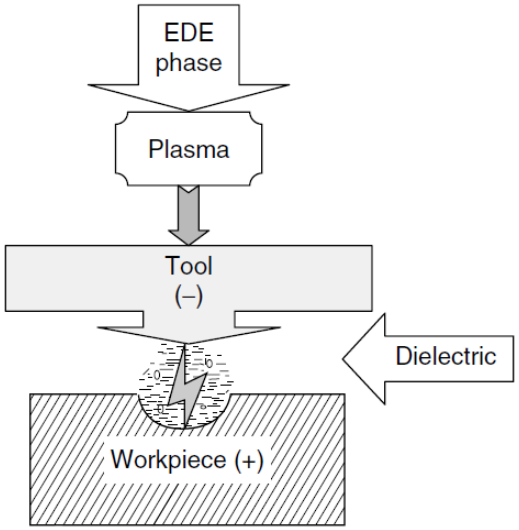
مکانیزم عملکرد



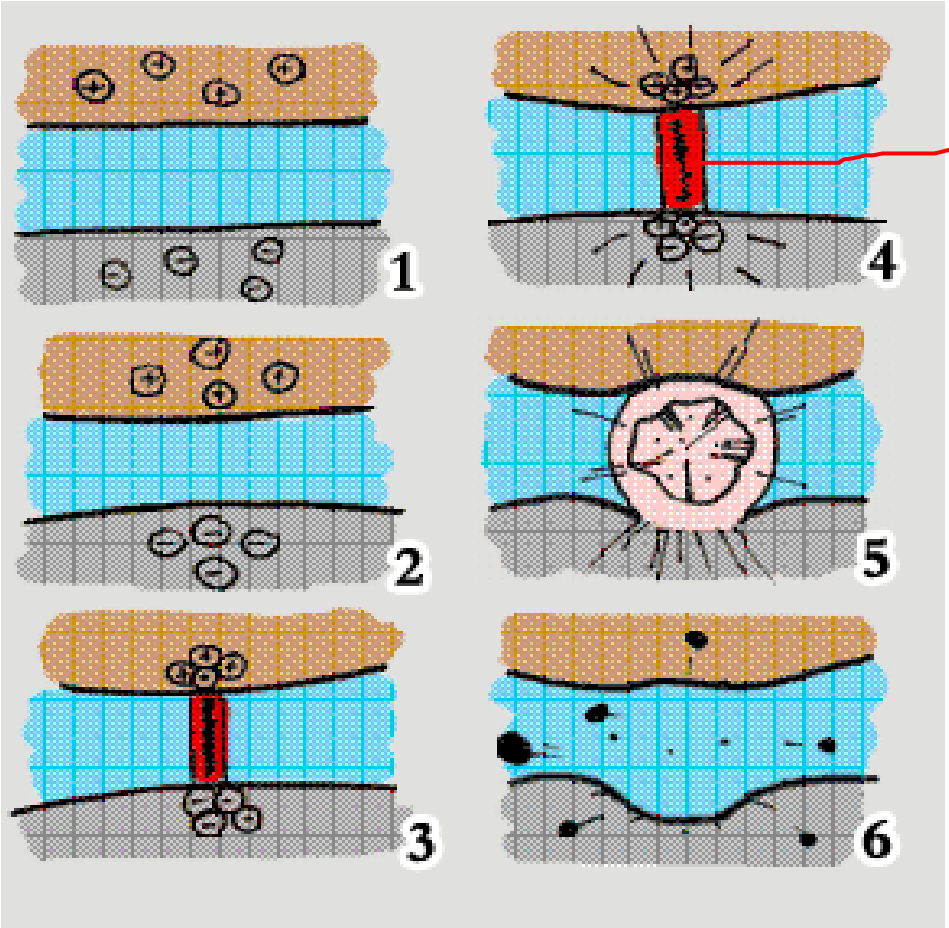
- فرکانس چرخه تکرارشونده حدودا ۲۰ کیلو هرتز است. یعنی در هر ثانیه ۲۰ هزار جرقه خواهیم داشت.
- هندسه ابزارعینا به قطعه کار منتقل می شود.

مکانیزم براده برداري

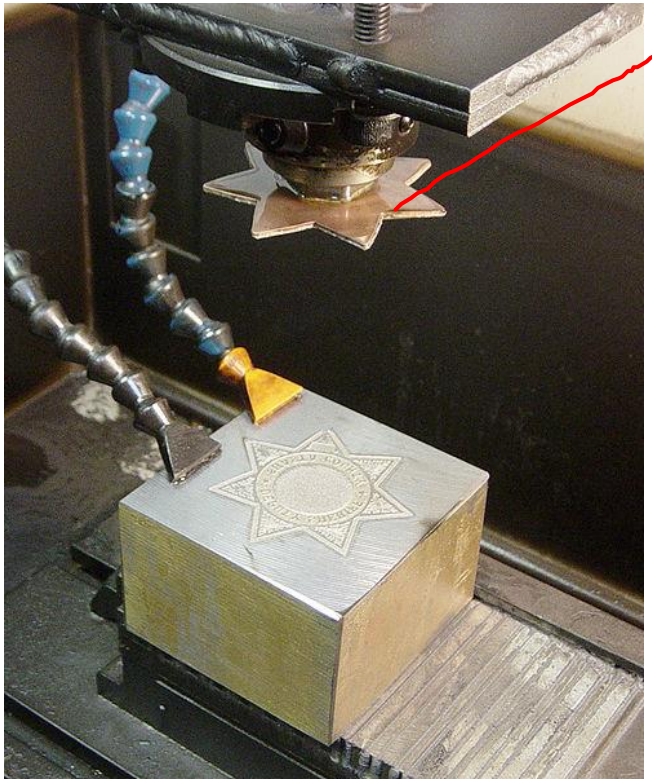
- در اثر شکست الکتریکی جرقه هایی ایجاد می شوند و این جرقه ها حرارت بالا ایجاد می کنند که ناحیه مذاب بسیار کوچکی را روی سطح قطعه کار بوجود می آورند و چاله بسیار کوچکی را در سطح قطعه ایجاد می کنند.

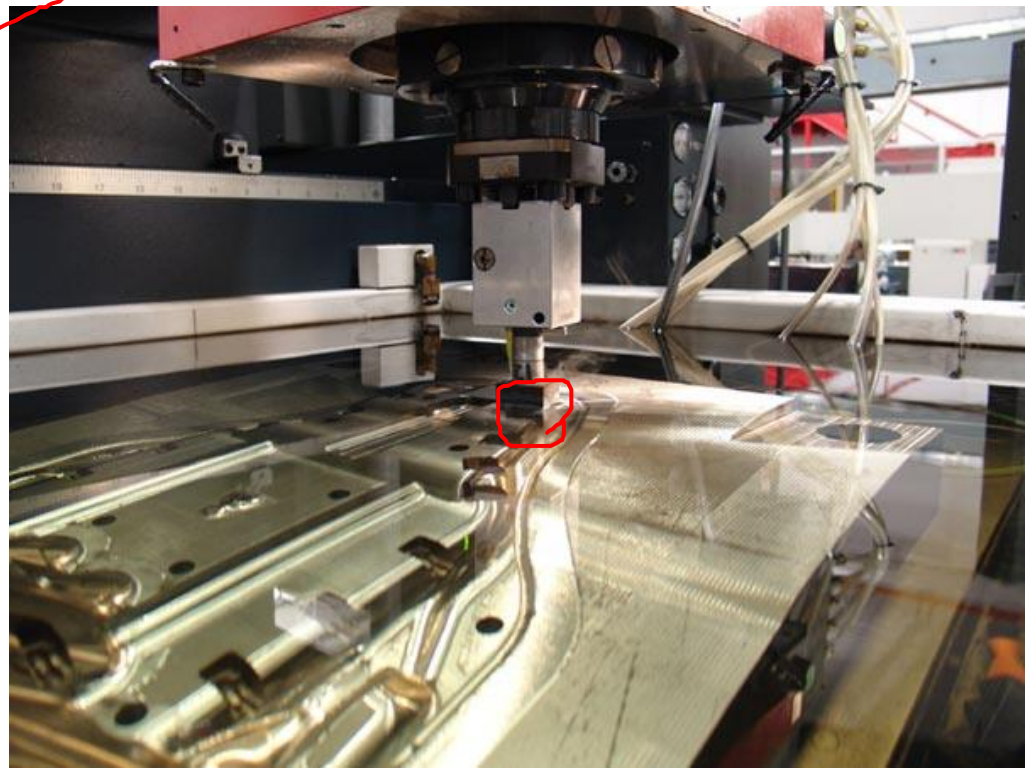


مراحل مختلف ماشینکاري EDM

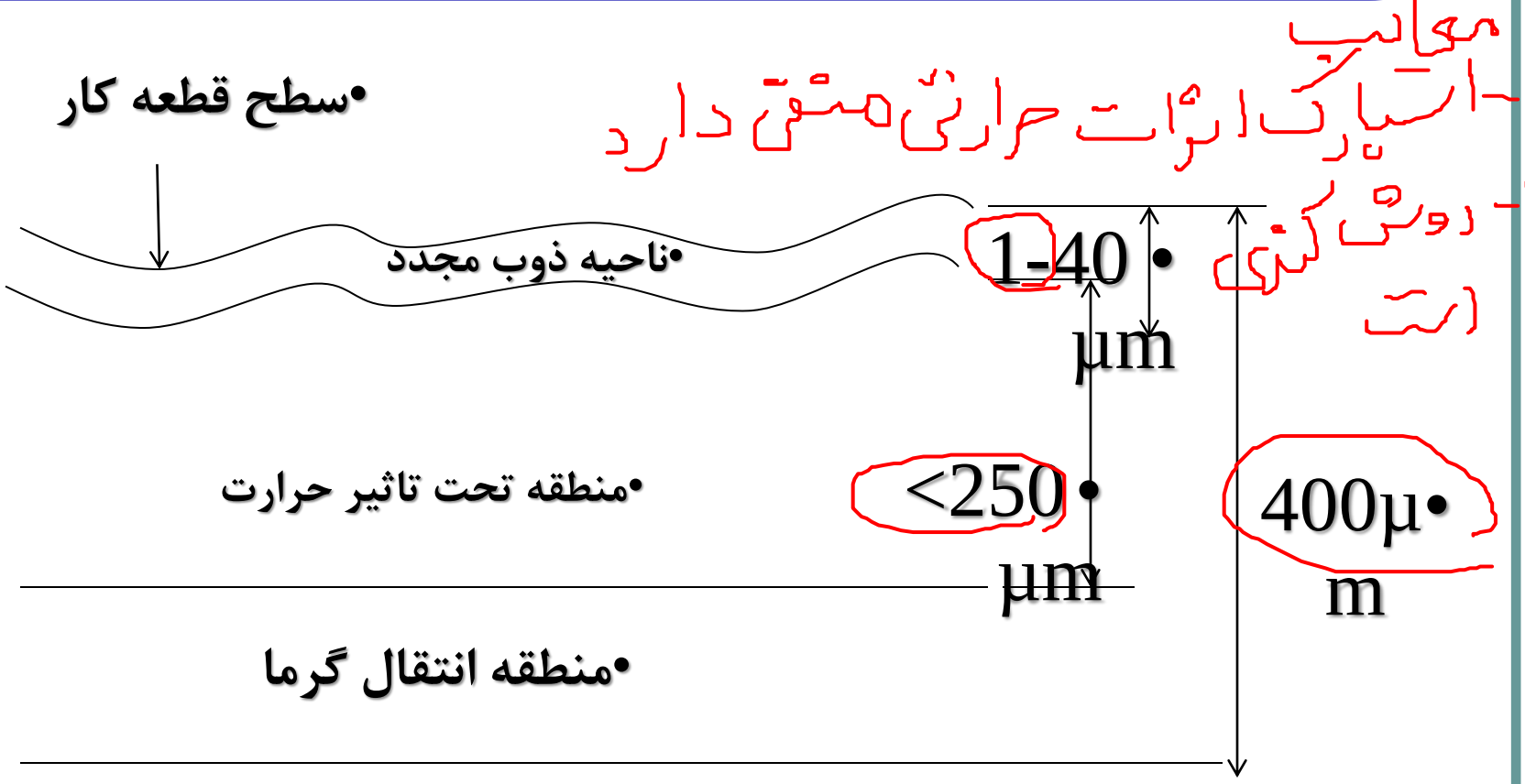


ماشین EDM





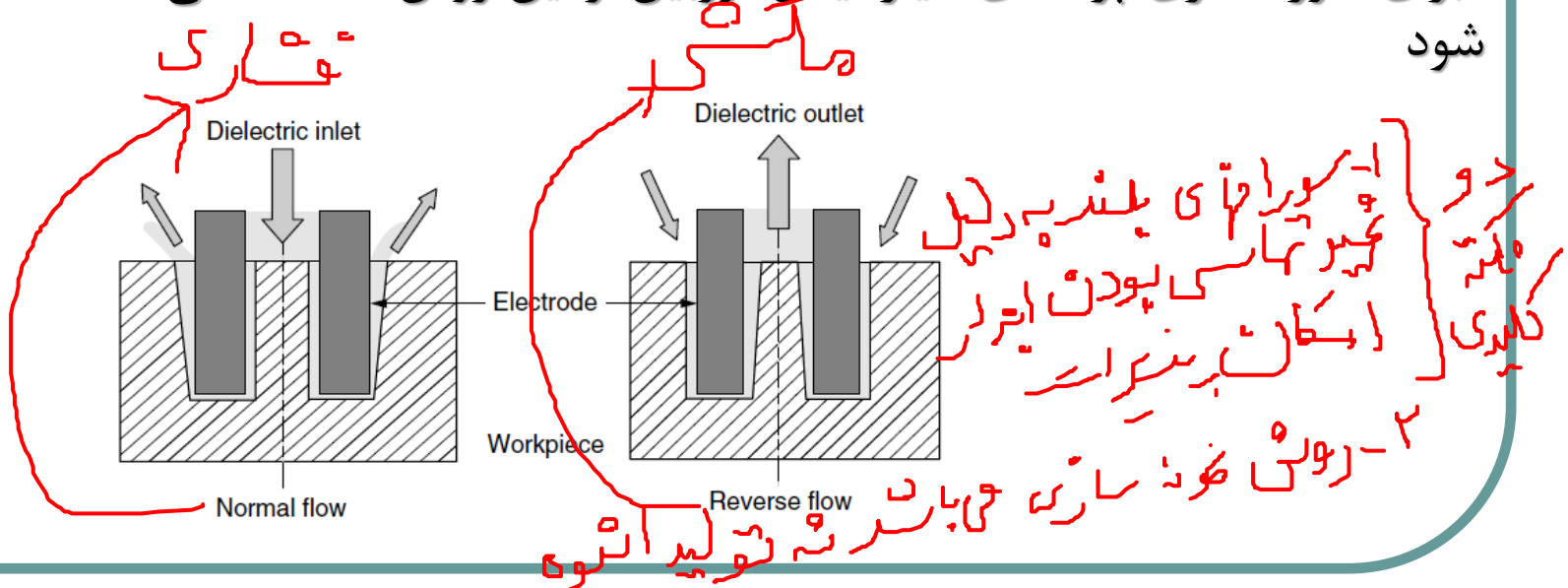
نواحی مختلف سطح قطعه کار پس از ماشینکاری



- حداکثر دمای جرقه ۸۰۰۰-۱۲۰۰۰ درجه سانتی گراد و نرخ رهایی گرما 10^{10} درجه در هر ثانیه است. نرخ برداده برداری ۰.۱ تا ۱۰ میلی متر مکعب بر دقیقه بر امپر

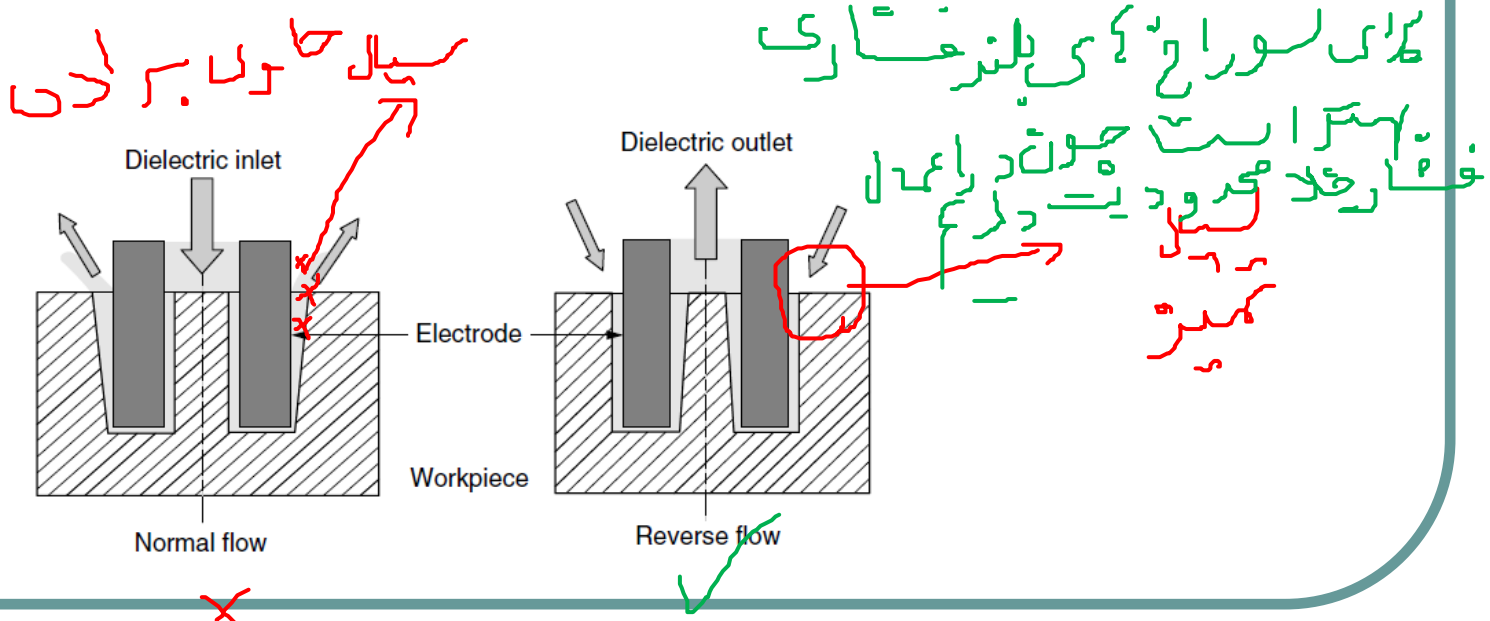
سوراخکاری

- معمولا از الکترودهای توخالی استفاده می شود.
- در صورت استفاده از ابزار توخالی، سوراخی برای عبور دی الکتریک در قطعه کار ایجاد می شود
- سوراخ های مورب و غیر معمول به این روش قابل تولید است.
- برای سوراخکاری پره های آلیاژ نیکل توربین از این روش استفاده می شود



سوراخکاری

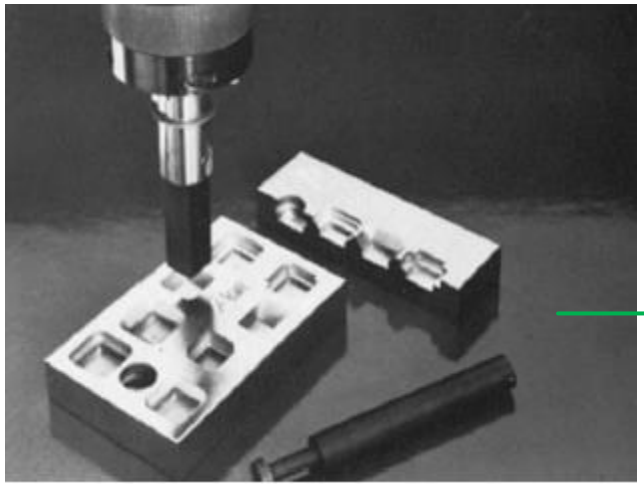
- **سوال: از بین دو روش فشاری و مکشی اولا کدامیک دقت ابعادی بهتری را ایجاد می کند؟ از نظر امکان پذیری کاربرد ساخت کدام بهتر است؟ برای سوراخهای بلند کدام را توصیه می نمایید؟**



سوراخکاری

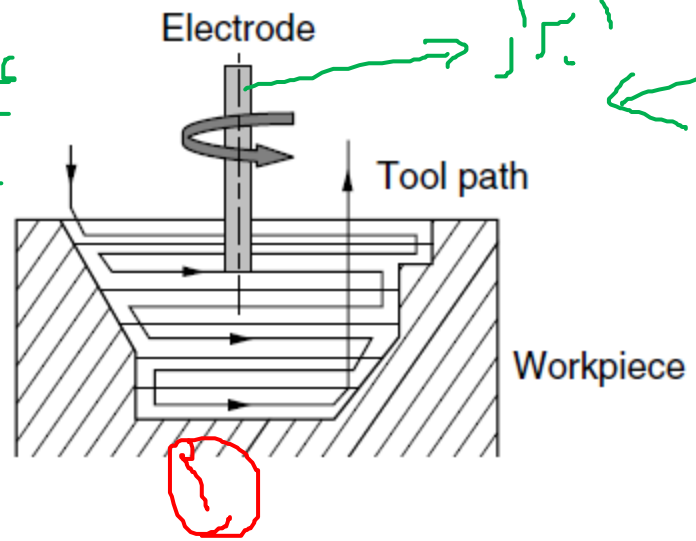
- در اثر عبور ضایعات از دیواره های کناری جرقه ایجاد شده و باعث گرد شدن لبه ها و مخروطی شدن سوراخ می شود

- با استفاده از CNC می توان تعداد زیادی سوراخ به این روش ایجاد کرد.



تولید قالب و ماتریس

- در این روش از چرخش ابزار برای ماشینکاری حفره های پیچیده استفاده می شود.
- مسیر ابزار بوسیله برنامه CNC کنترل می شود.



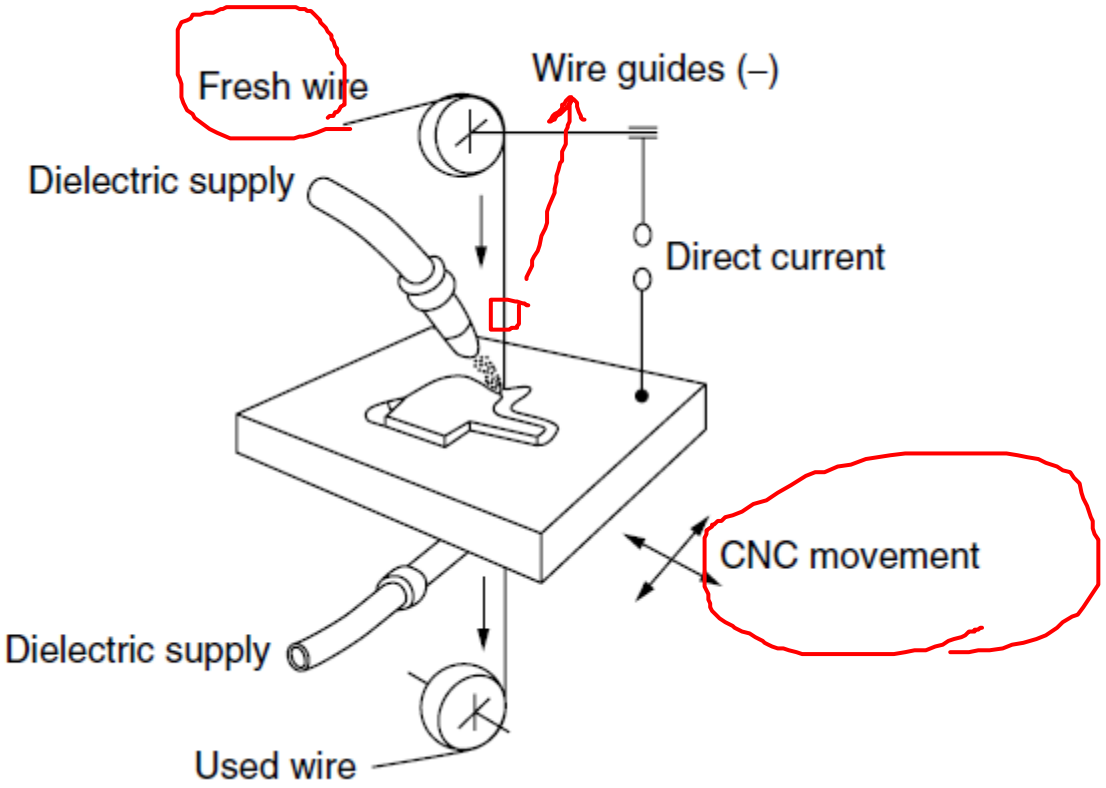
•مزایا:

•نیاز به ساخت ابزار قرینه قطعه کار را حذف می کند

•سایش ابزار روی سطح الکترود پخش می شود و مصرف الکترود کمتر می شود

•حرکت موثر دی الکتریک به دلیل اغتشاش حاصل از حرکت الکترود

برش سيمي (Wire Cut)

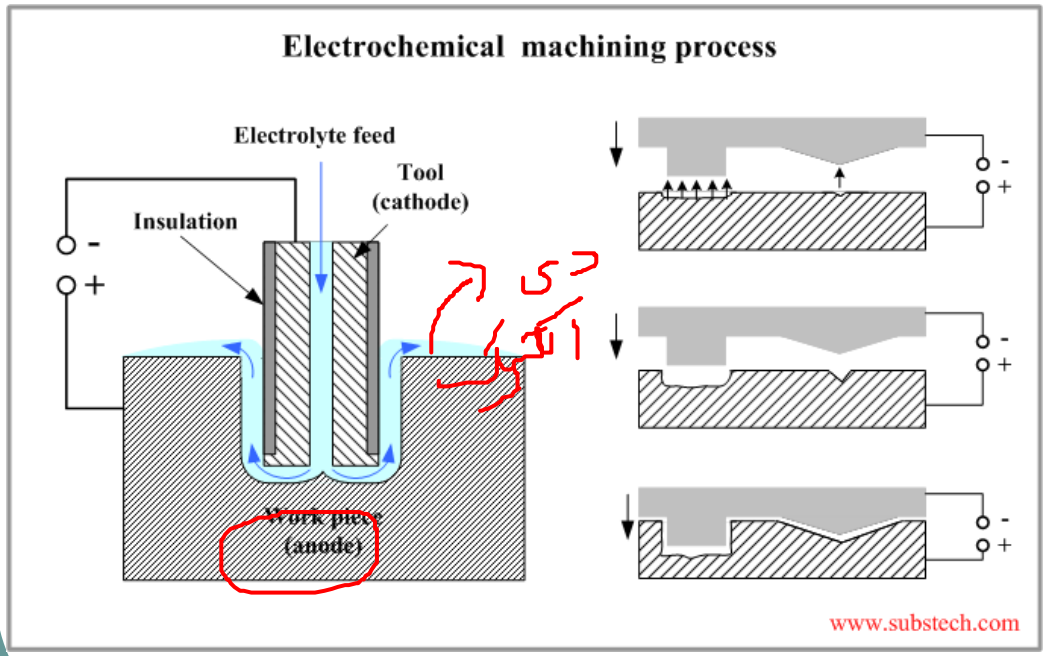


قطعات تولید شده به روش برش سیمی

- در برش قطعات رسانای سخت مثل قطعات از جنس تنگستن و تگستن کارباید بسیار کاربرد دارد.

Electro chemical machining

ECM یک فرایند انحلال آندی است که در آن قطعه کار قطب مثبت (آند) و ابزار قطب منفی (کاتد) می باشد.



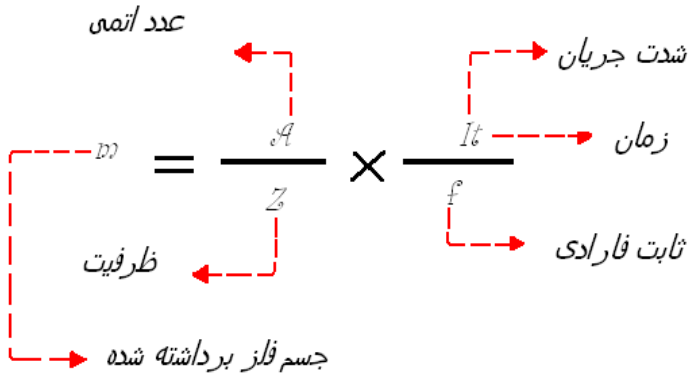
واکنش آندی $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e$

واکنش کاتدی $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2(OH)^-$

- **کاربردها**
  - مواد سخت و مستحکم (فولاد های آلیاژی و سوپر آلیاژی)
  - شکل های هندسی و پیچیده-پره توربین
  - سوراخ های عمیق و کوچک

ویژگی های ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM)

- نرخ براده برداری مستقل از سختی و جنس قطعه کار
- در روش ECMخوردگی ابزار وجود ندارد و باید به طریقی گاز هیدروژن تولید شده در آند آن را از موضع ماشینکاری دور کرد.
- ماشینکاری با حرارت کم (در مقایسه با روش تخلیه الکتریکی)



وظایف الکترولیت

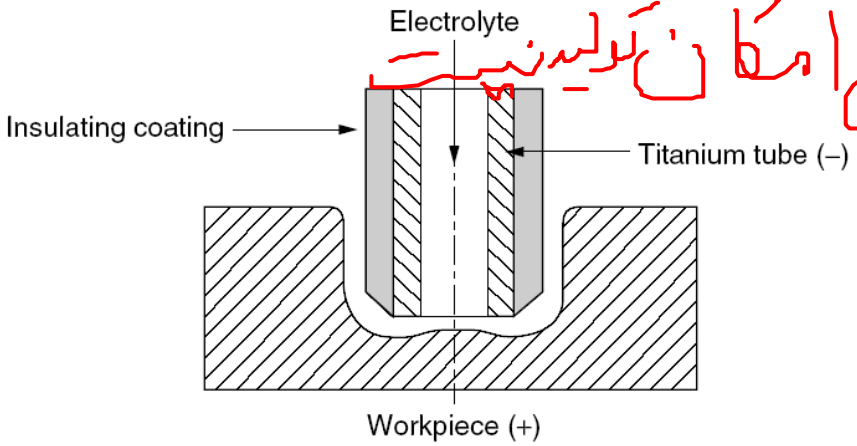
- یونیزه می شود و جریان الکتریکی را بین ابزار و قطعه کار برقرار می کند.
- ذرات یون فلزی جدا شده از سطح قطعه کار (براده) را از فاصله ماشینکاری دور می کند.
- حرارات تولید شده را از سیستم خارج می کند و باعث خنک کاری می شود.

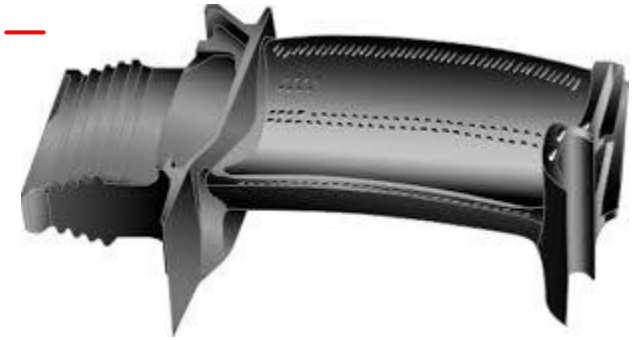
ویژگی های مورد نیاز ابزار در روش ECM

- ***استحکام کافی و قابلیت ماشینکاری داشته باشد.***
- ***هادی الکتریسیته و گرما باشد.***
- ***در مقابل خوردگی مقاوم باشد.***
- ***سطح الکترود ابزار کاملا تخت (صاف) باشد چون هر گونه زبری سطح ابزار عینا به قطعه کار منتقل می شود.***
- **در طراحی ابزار باید دقت شود که گپ کناری کوچک تر در نظر**
- **گرفته شود.**
- **طول ابزار باید عایق بندی شود.**

سوراخکاری STEM

- در این فرایند از یک ابزار لوله شکل از جنس تیتانیوم با قطر کم برای سوراخکاری استفاده می شود. الکترولیت مورد استفاده اسید نیتریک یا اسید سولفوریک است.
- برای ایجاد سوراخ های خنک کاری پره توربین با قطر ابتدایی ۰.۸۴ میلی متر ، قطر انتهایی ۰.۸۵ میلی متر و عمق ۱۳۳ میلی متر مورد استفاده قرار می گیرد.
- قطر ابزار در این حالت ۰.۵۸ میلی متر است.





بسم الله الرحمن الرحیم

ماشین برش با آب

(Water Jet Machine)

((Rahsaz Industrial School))

پایان