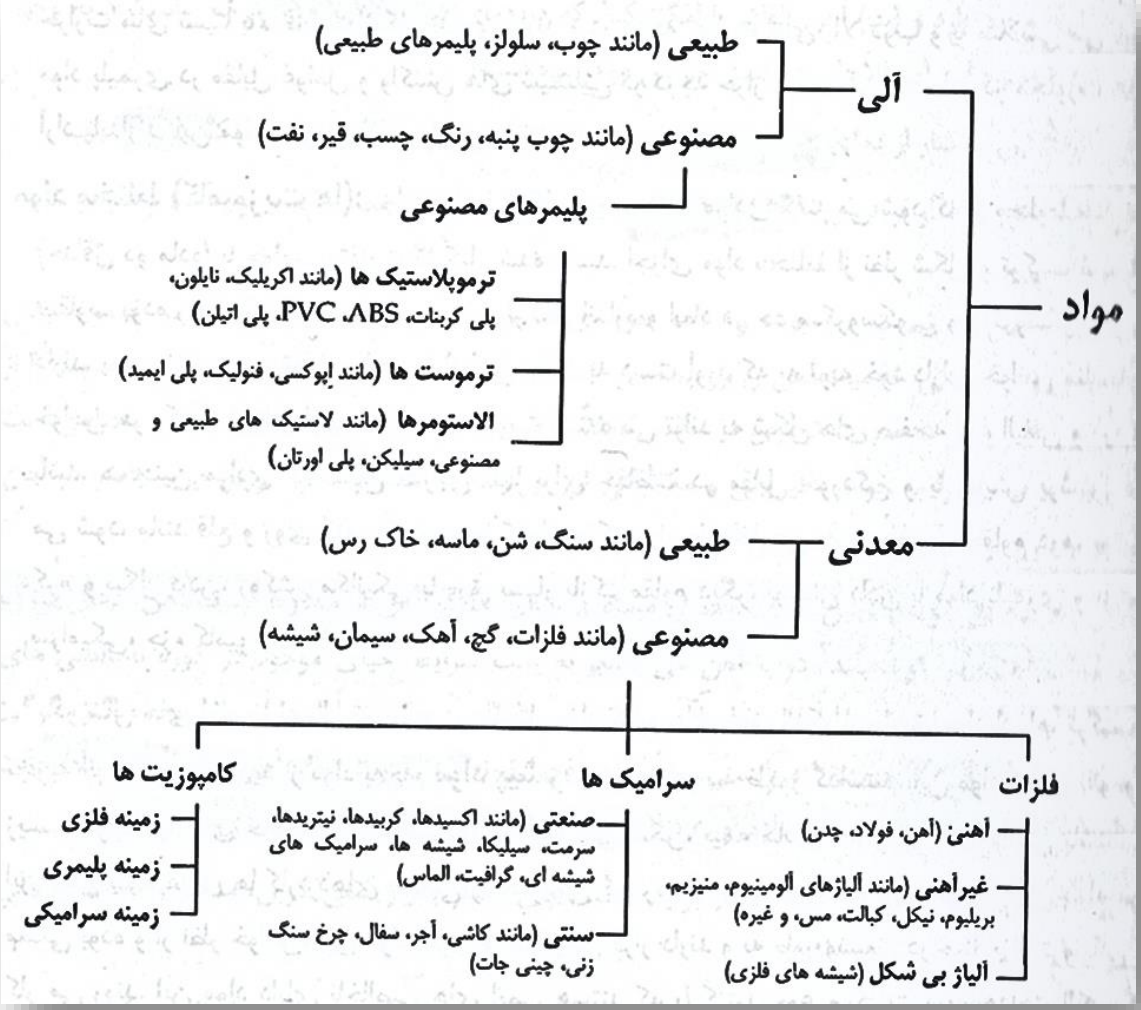
به نام خدا

درس روش های ساخت

جلسه اول: معرفی درس و سرفصل ها

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 زنی، چینی جات)
کامپوزیت ها
زمینه فلزی
زمینه پلیمری
زمینه سرامیکی

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 0.1 تا 0.25 درصد کربن دارند. فولادهای با 0.1 درصد کربن برای ساخت ورق هایی که در کشش عمیق، برش و خمش مورد استفاده قرار می گیرند، استفاده می شود.
  - فولادهای با 0.2 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 0.25 تا 0.6 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 0.6 تا 1.3 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**
  - 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 10-12 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

انواع مواد-چدن

چدن

- چدن با داشتن 2 تا 4 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 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.

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 5 تا 10 برابر استحکام کششی آن هاست (نمونه: پیزوالکتریک)
- **سرامیک های تک عنصری:**
  - 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 (Al2O3) 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.

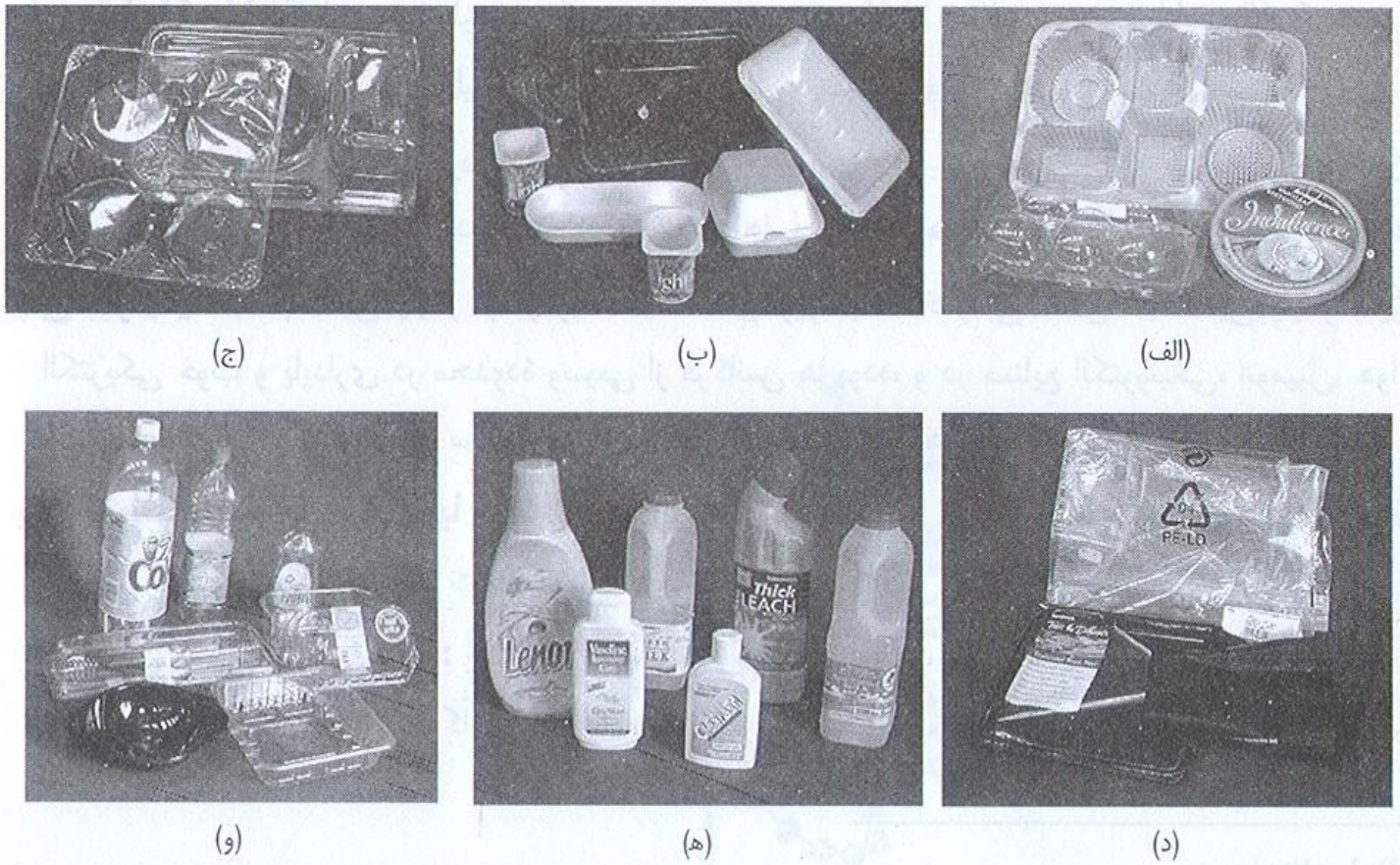
انواع مواد-سرامیک ها

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 نیتراید هستند. نیترید بور مکعبی دومین ماده سخت پس از الماس است. این ماده به طور طبیعی یافت نمی شود و در دهه 70 میلادی با فرایندی مشابه فرایند تولید الماس مصنوعی تولید شد.

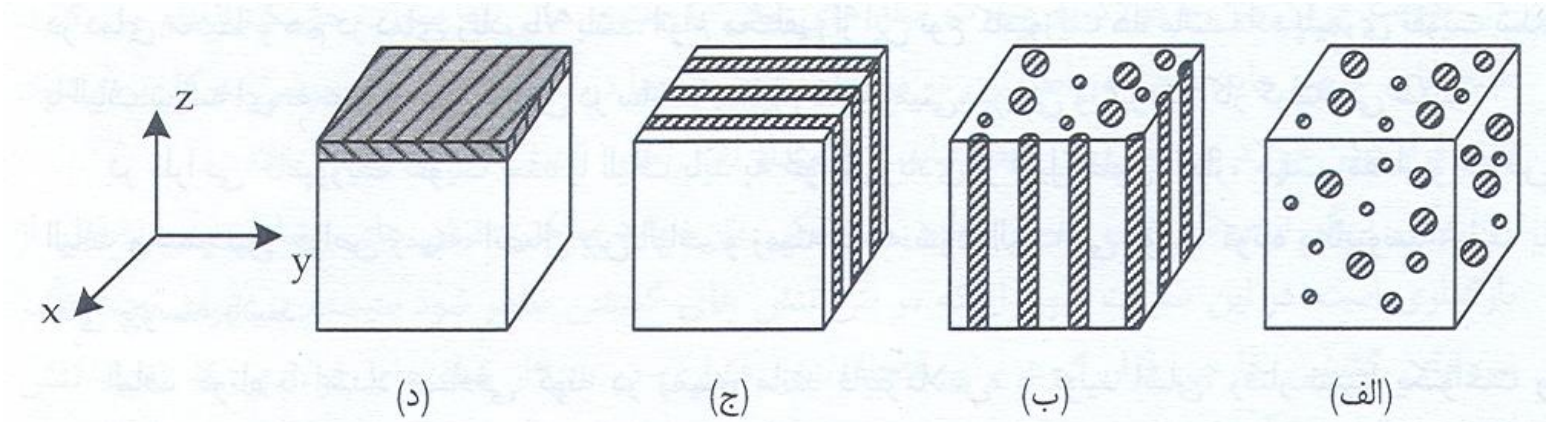
- سیمان و شیشه از دیگر سرامیک ها هستند.

انواع مواد- پلیمرها



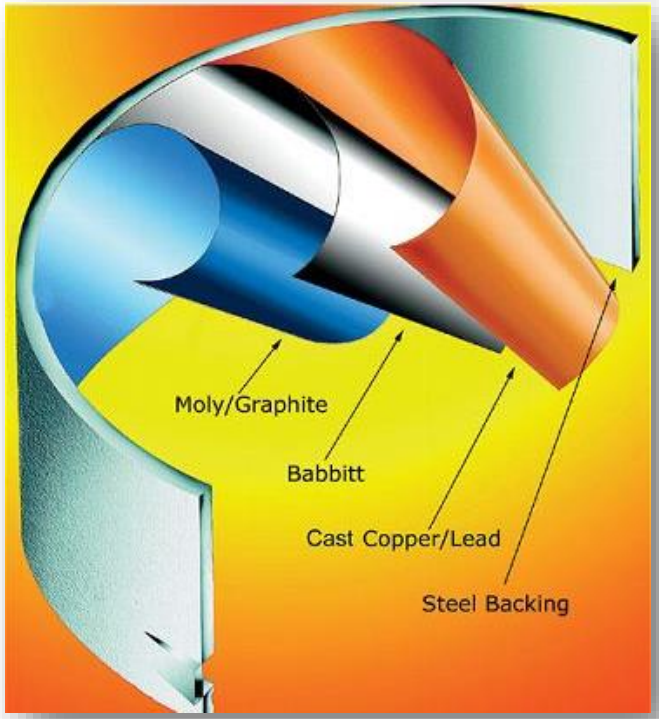
نمونه هایی از پلیمرهای مورد استفاده در زندگی روزمره: (الف) پلی پروپیلن (PP)؛ (ب) پلی استیرن (PS)؛ (ج) پلی وینیل کلراید (PVC)؛ (د) پلی اتیلن با چگالی پایین (LDPE)؛ (ه) پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE)؛ (و) پلی اتیلن تِرِفتالات (PET).

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.

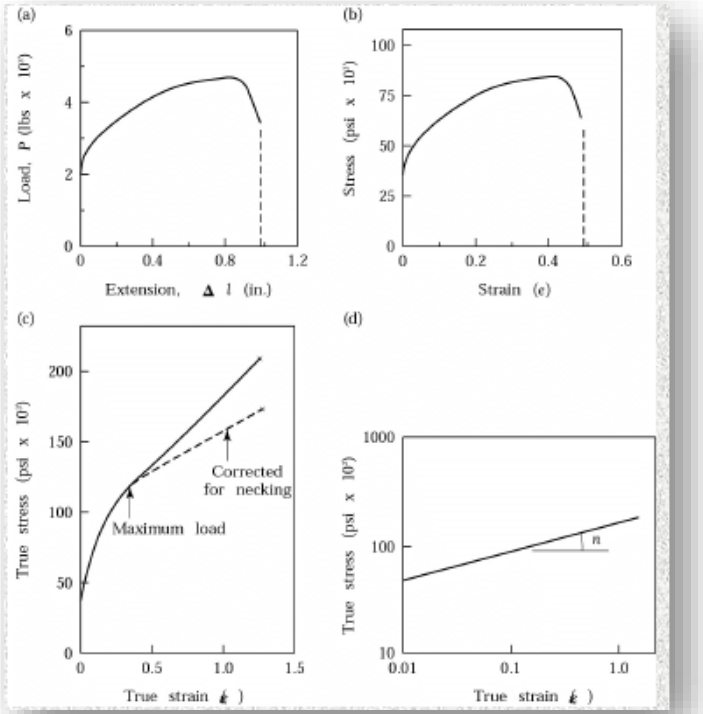
•کاربرد مواد مرکب در یاتاقان پوسته ای



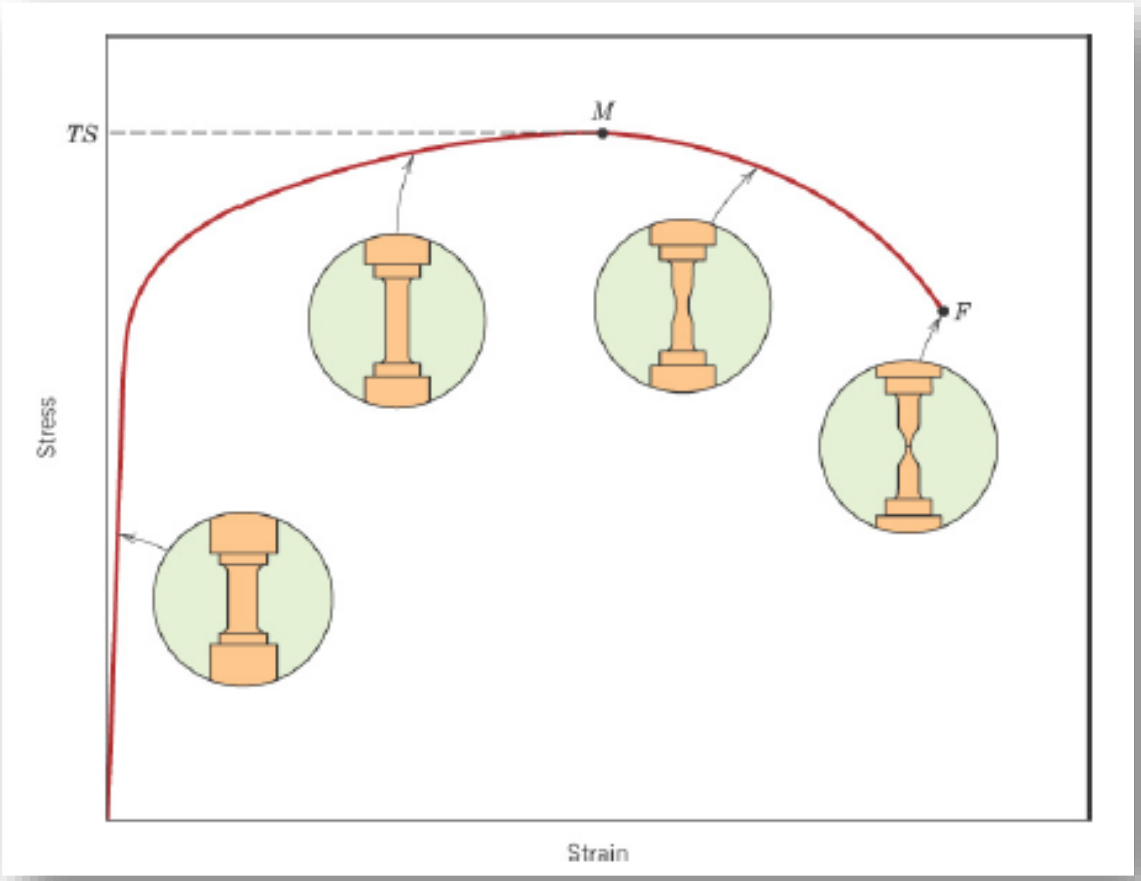
خواص مکانیکی

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



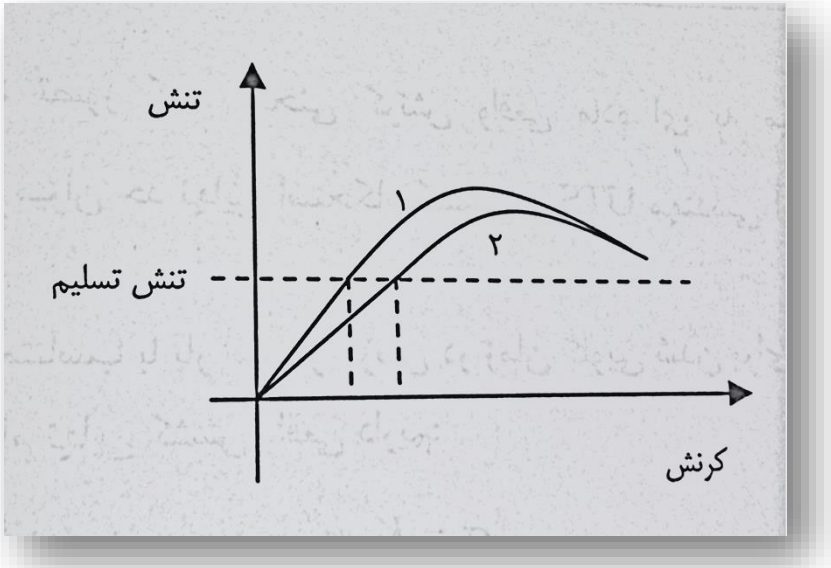
خواص مکانیکی



خواص مکانیکی

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.

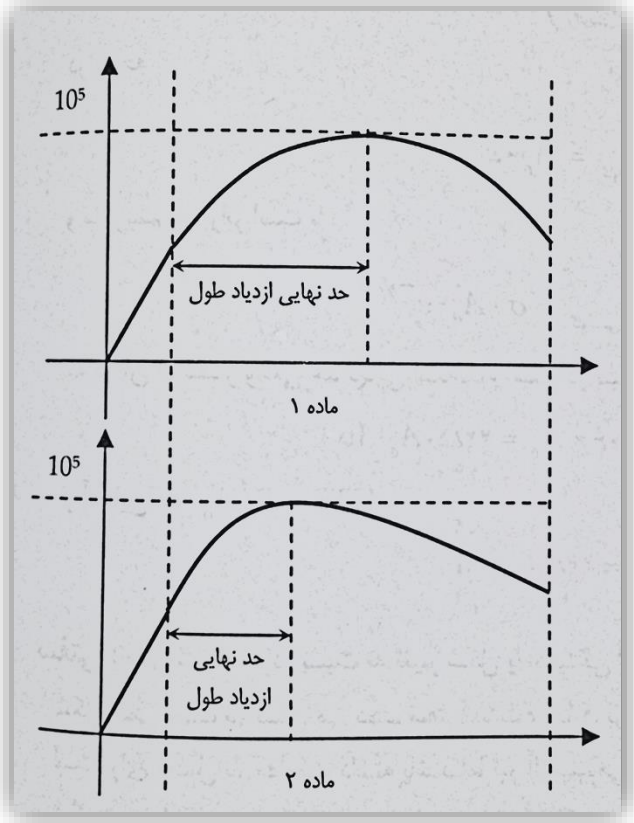
معیار تعیین: مدول یانگ (E)



ماده 1 از ماده 2 سفت تر است چون در بار یکسان، تغییر شکل کمتری داده است.

خواص مکانیکی

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

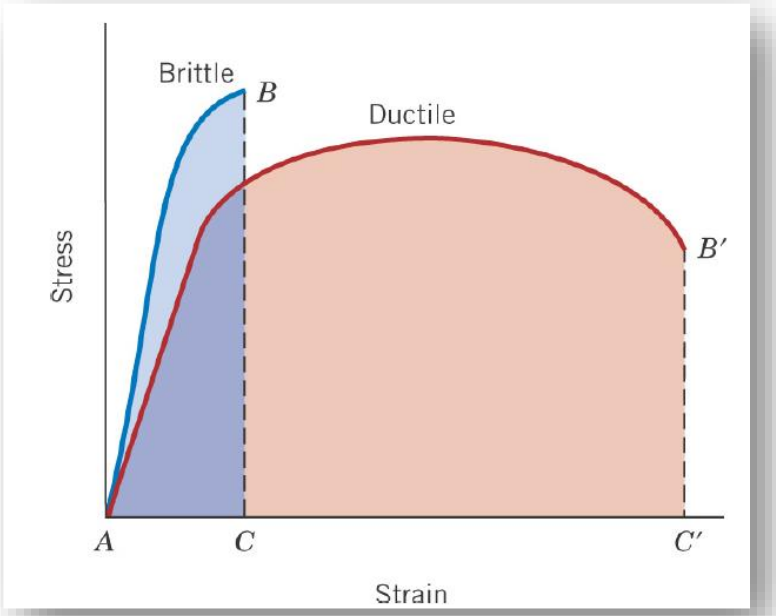


ماده 1 از ماده 2 پلاستیک تر است چون تغییر شکل بیشتری پیش از گلویی شدن داده است.

خواص مکانیکی

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

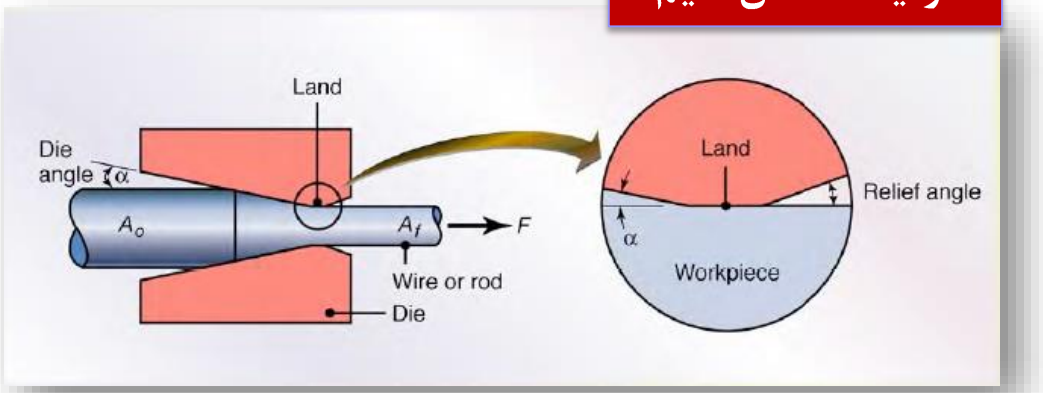
شکنندگی یا تردی یک ماده قابلیت شکستن آن بدون تغییر شکل زیاد می باشد.



داکتیلیته ⟺ **تردی**

چکش خوری

فرآیند کشش سیم

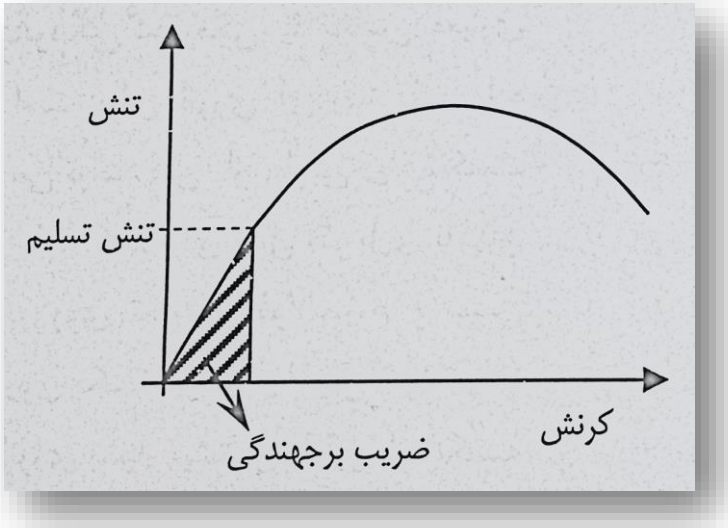


معیار پذیرش

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

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

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

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

آلومینیوم و سرب تورق پذیرند ولی چکش خوار نیستند.

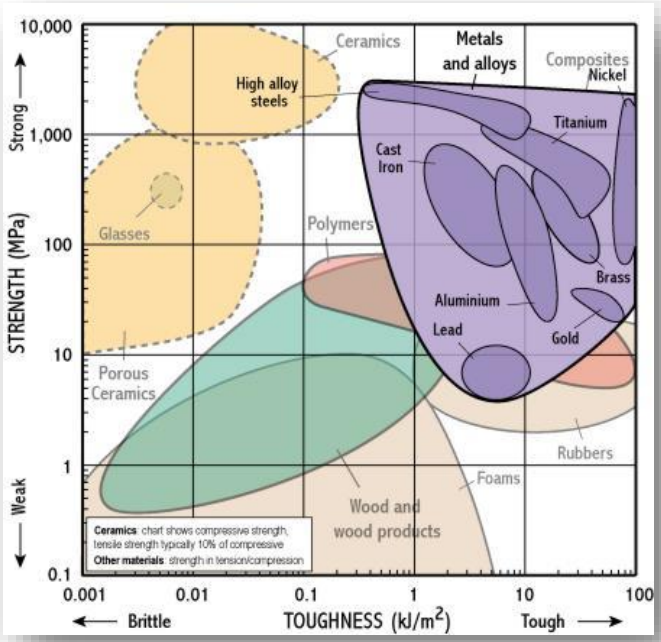
Aluminum

Gold

خواص مکانیکی

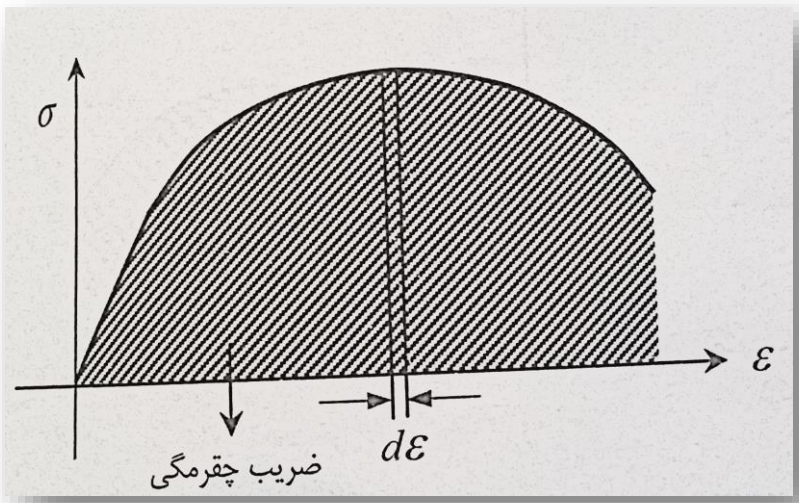
- چقرمگی (Toughness) مقدار انرژی که ماده قبل از شکست جذب میکند.
قابلیت یک ماده برای تحمل تغییر شکل های الاستیک و پلاستیک.

❑ فولاد از شیشه چقرمه تر است



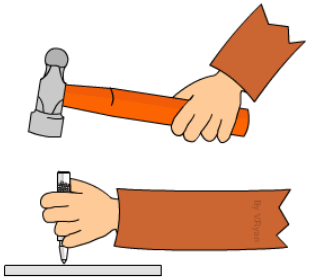
خواص مکانیکی

ضریب چقرمگی (Toughness)

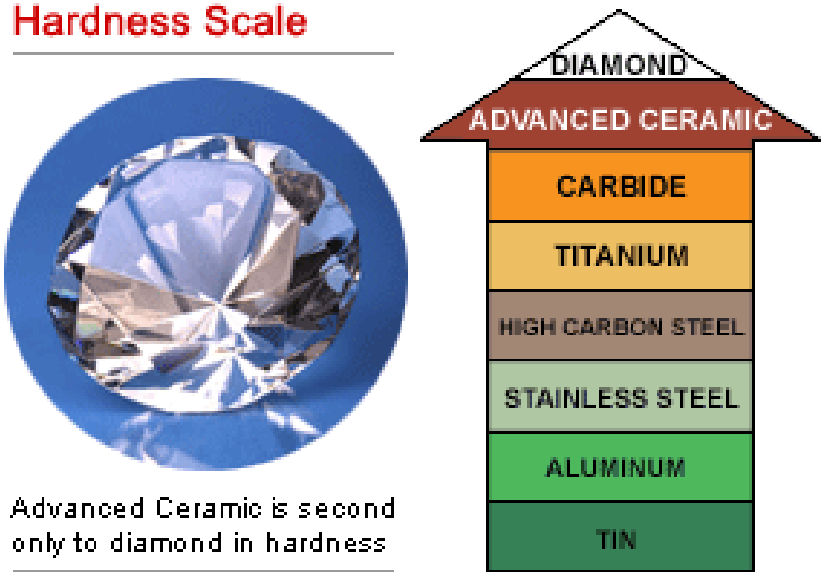


$$\text{ضریب چقرمگی} = T = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma_T \cdot d\varepsilon$$

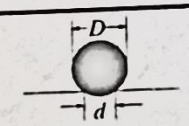
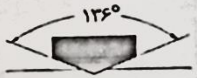
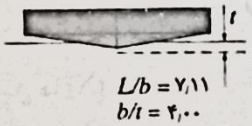
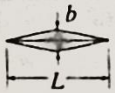
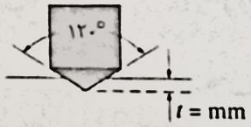
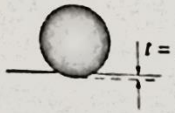
خواص مکانیکی



سختی (Hardness):
قابلیت ماده در برابر برش، نفوذ، خراش و ساییدگی سختی آن ماده است.



خواص مکانیکی

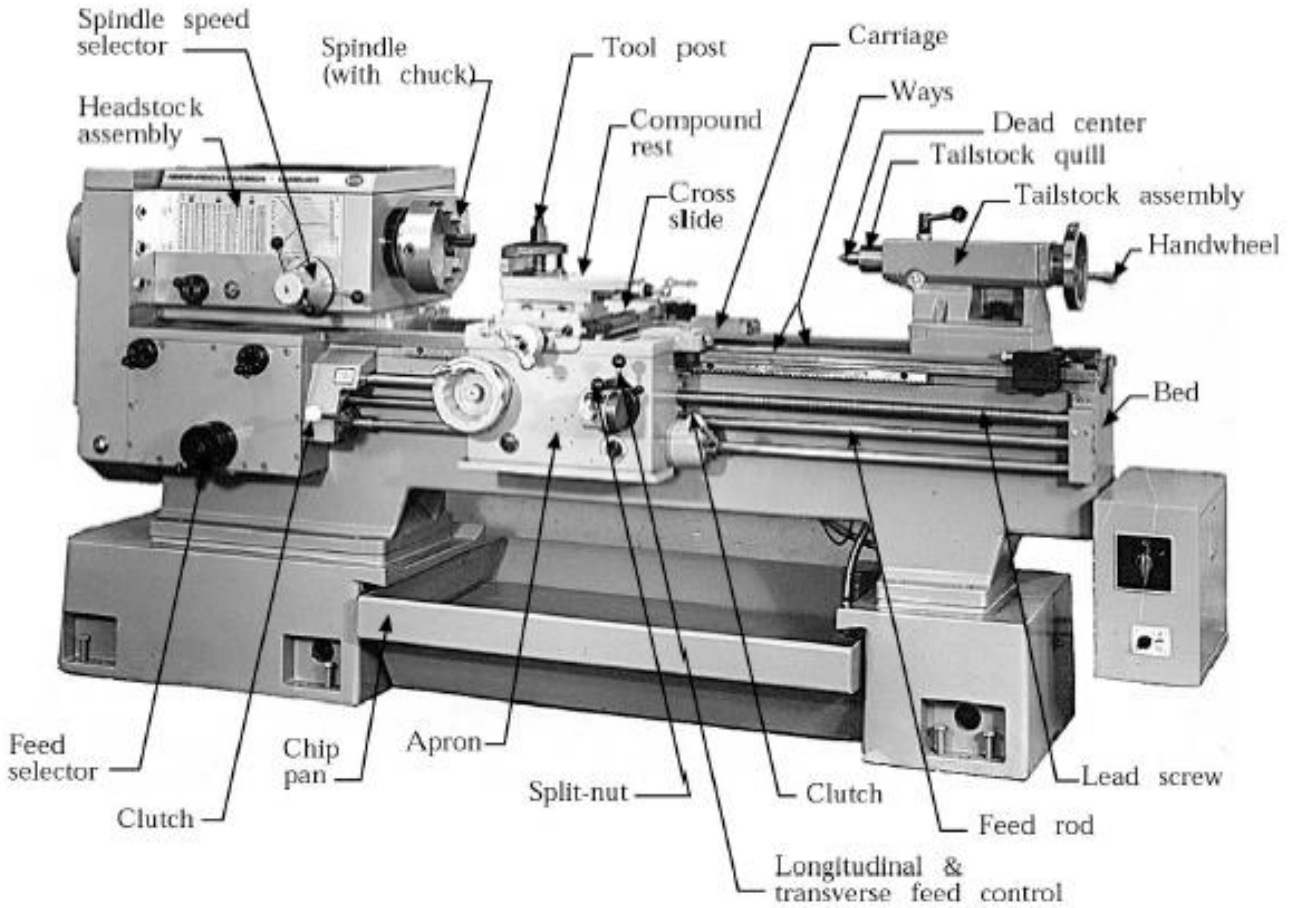
تست	سنجه	نمای بغل سنجه	نمای بالای سنجه	بار (P)	عدد سختی
برینل	ساچمه ای با قطر ۱۰ میلیمتر از جنس فولاد یا کاربید تنگستن			۵۰۰ ۱۵۰۰ ۳۰۰۰	$HB = \frac{2P}{(\pi D)\left(D-\sqrt{D^2-d^2}\right)}$
ویکرز	هرم الماسی			۱ تا ۱۲۰	$HV = \frac{1.854P}{L^2}$
نوب	هرم الماسی			۰٫۰۲۵ تا ۵	$HK = \frac{14.2P}{L^2}$
راکول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

به نام خدا

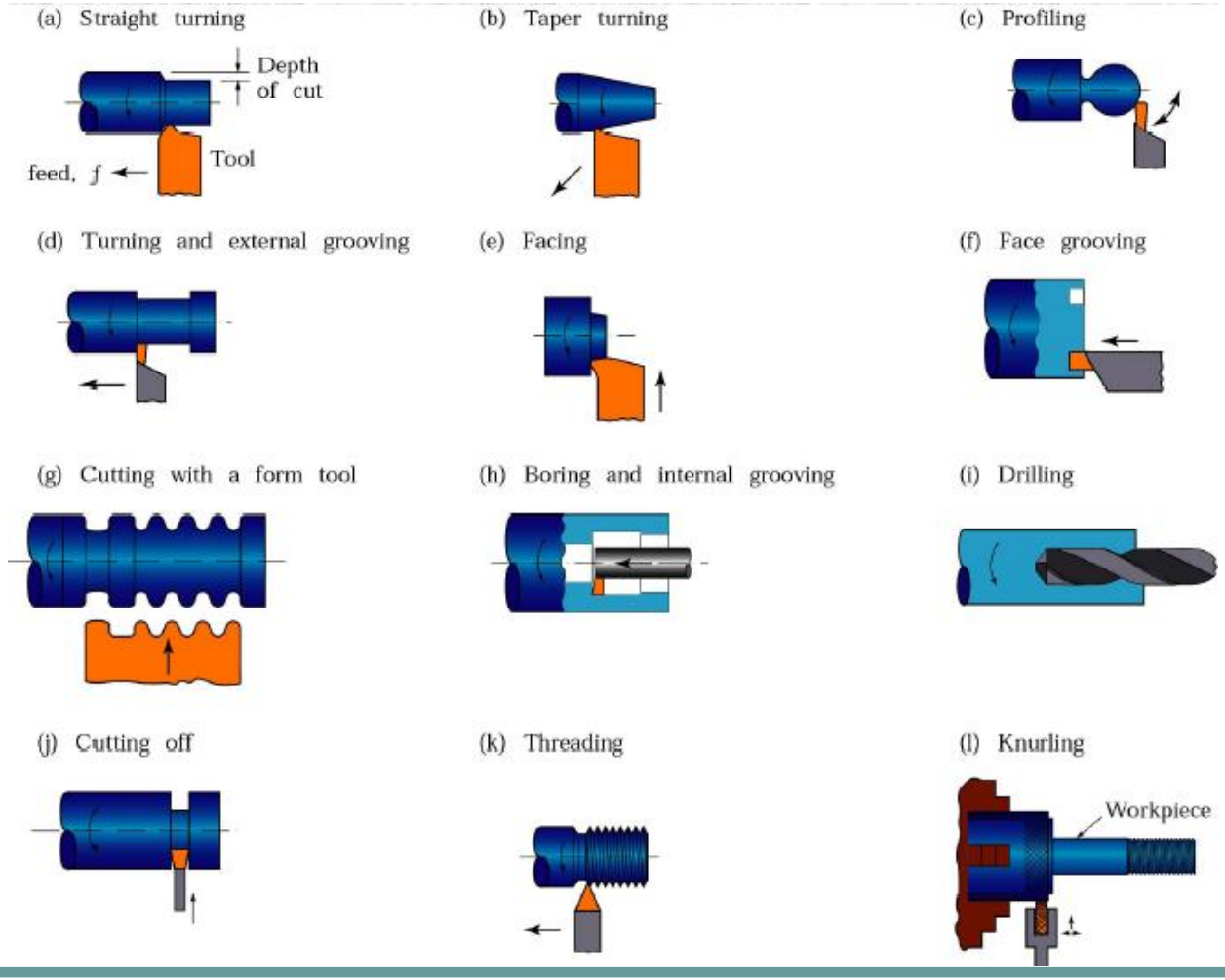
درس روش های ساخت

جلسه دوم: تراشکاری

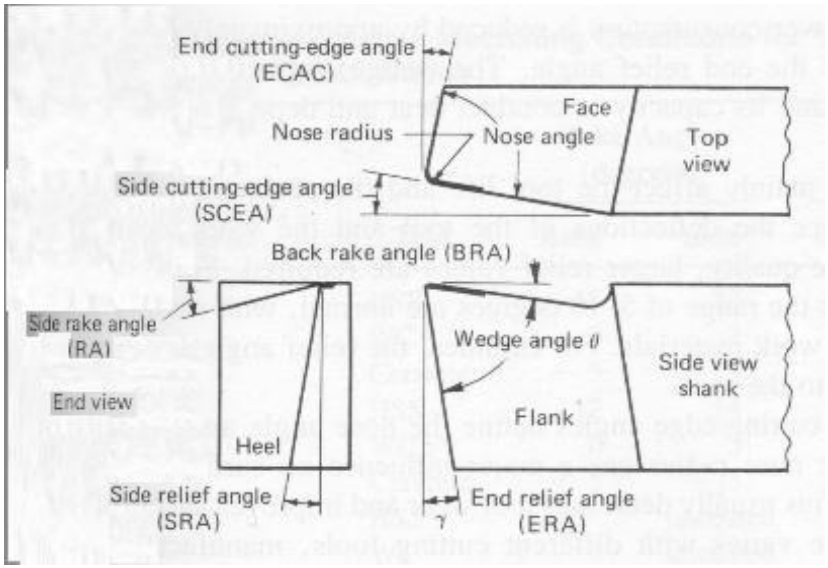
قسمت های مختلف یک ماشین تراش



انواع فرایندهای تراشکاری



زوایای ابزار



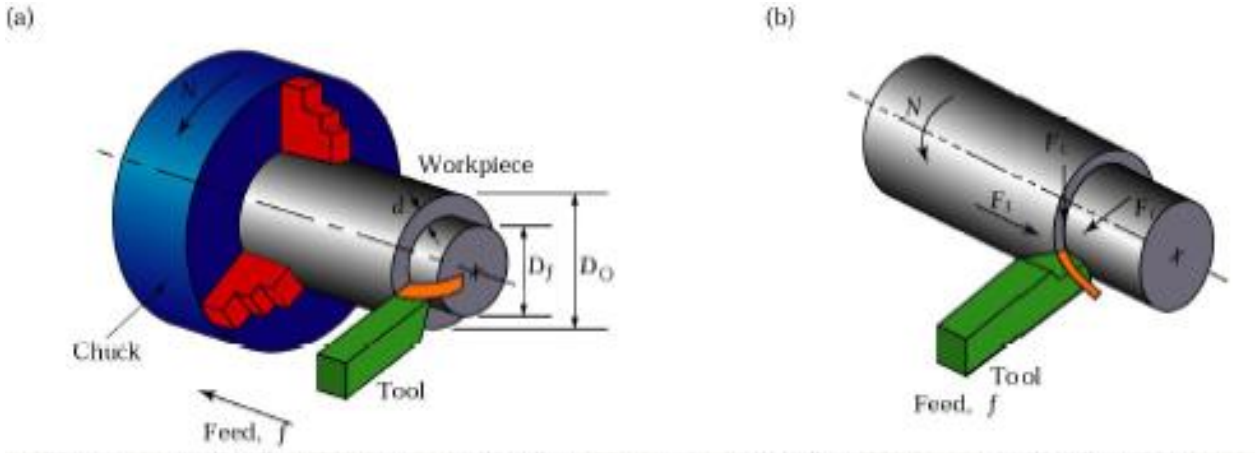
•زاویه براده (rake angle): شیب سطح جلوی قلم (ابزار) است که یکی از متغیرهای مهم در تراش می باشد.

•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

نیروهای ماشینکاری و متغیرهای برش



f: پیشروی (میلی متر بر دور)

N: سرعت دورانی محور نگهدارنده قطعه کار

d: عمق برش

D_f: قطر نهایی قطعه کار

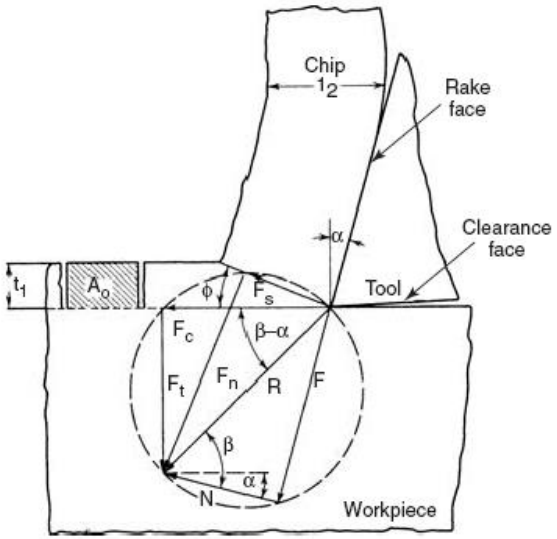
D_0: قطر اولیه قطعه کار

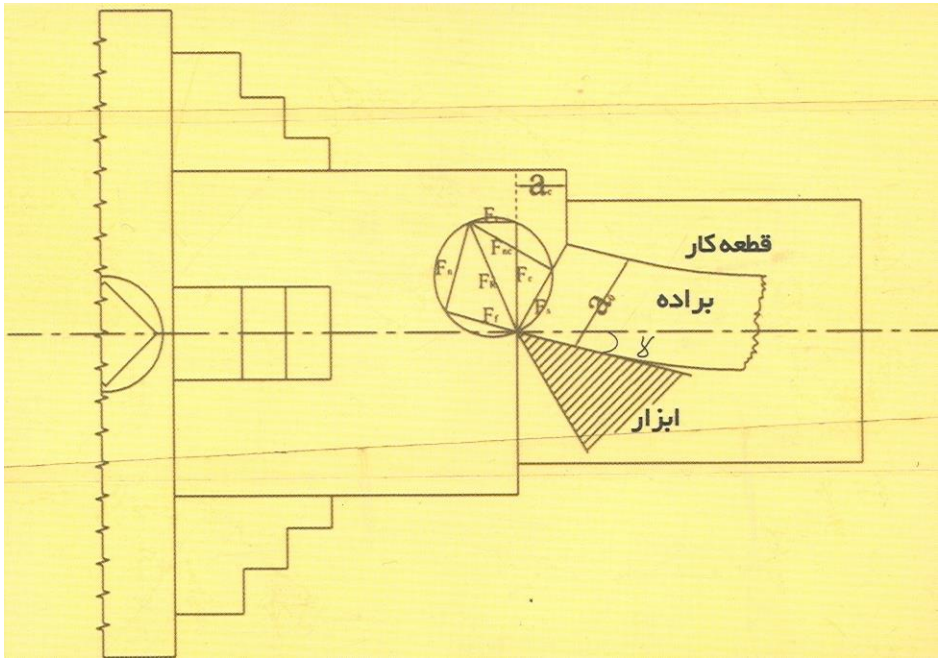
Fc: نیروی برشی

Ft : نیروی جانبی (پیشروی)

Fr: نیروی شعاعی(گریز از مرکز)

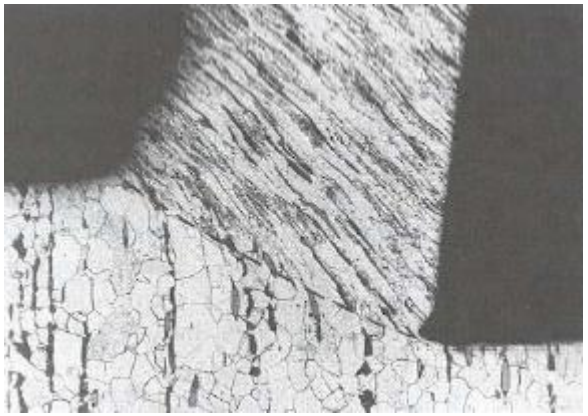
دیاگرام ازاد نیروهای ماشینکاری

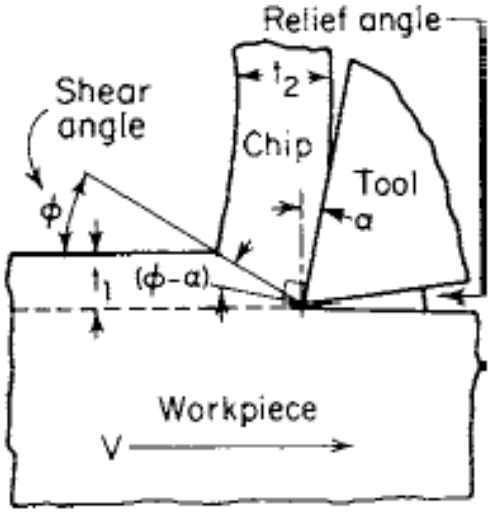




صفحه برش

- 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.

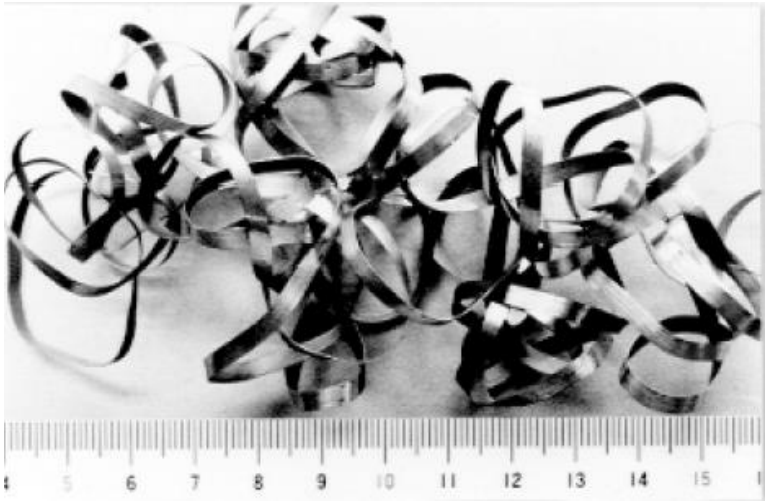


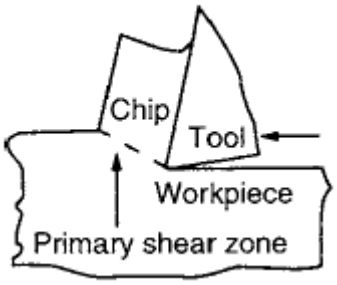


انواع براده

1 – براده پیوسته

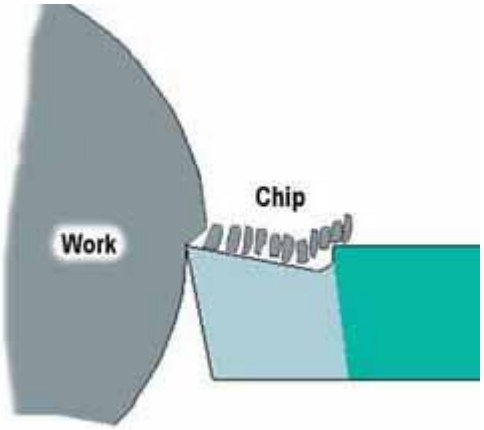
از برش فلزات نرم در دورهای تند براده پیوسته حاصل می شود.





انواع براده

2– براده منقطع

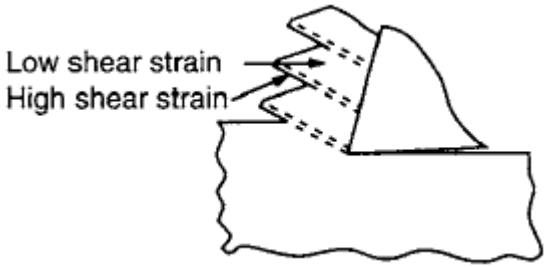


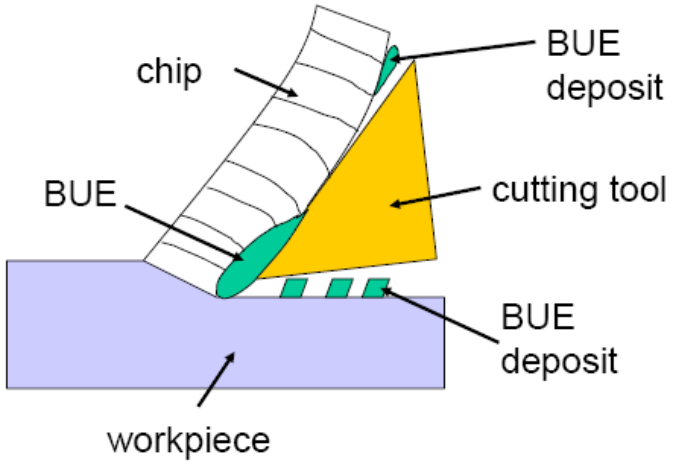
براده های منقطع از تکه های ریز فلز قطعه کار تشکیل شده اند که معمولا از برش فلزات ترد مانند چدن، برنز و برنج حاصل می شوند. در سرعت های برشی کند و زاویه های براده کوچک و منفی برای مواد نرم مانند فولاد نیز می توانند ایجاد شوند.

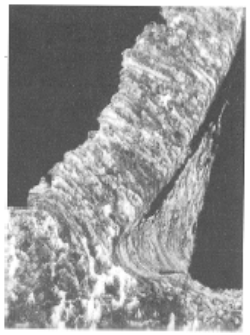
انواع براده

3- براده لبه انباشته

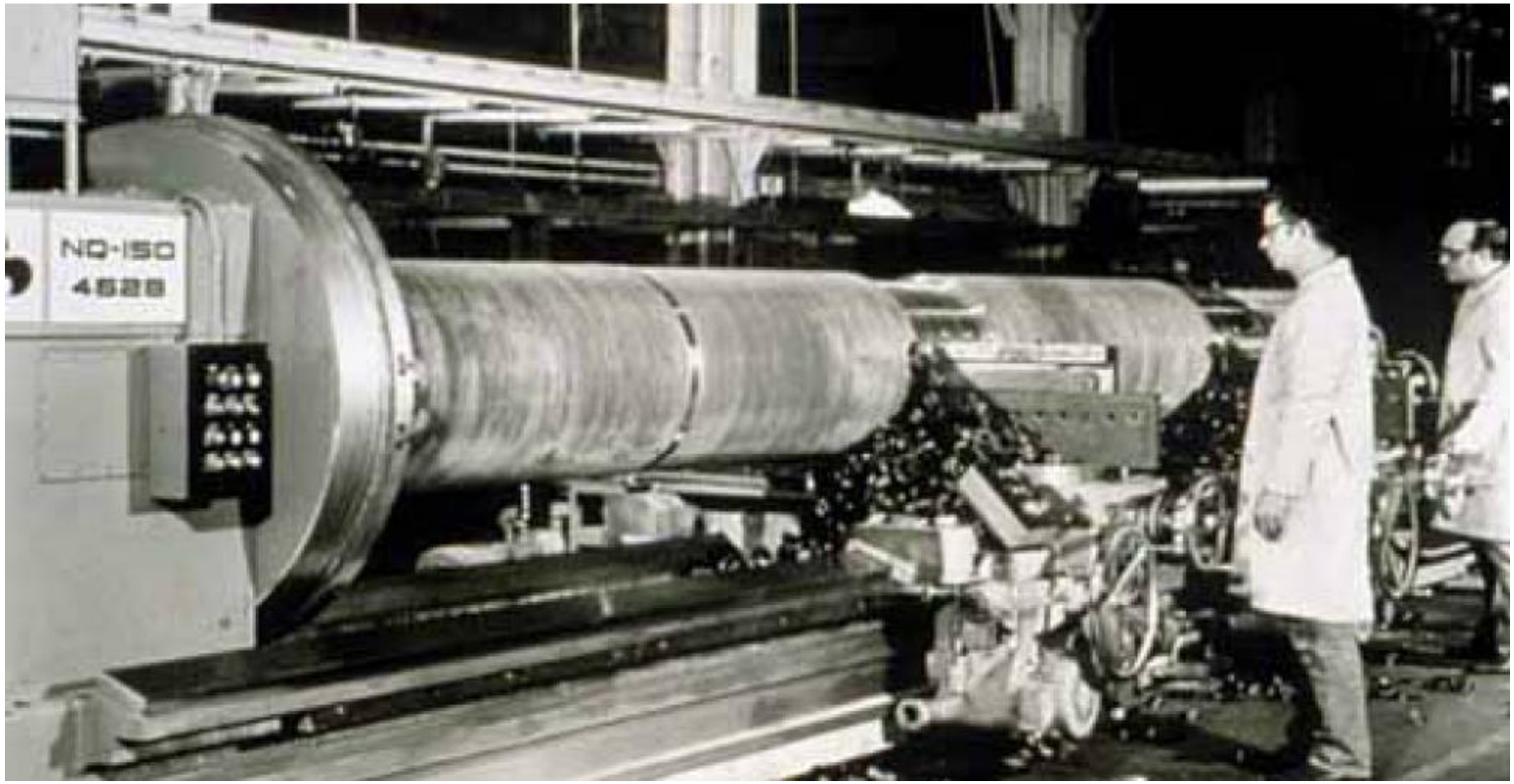
در هنگام ماشینکاری با سرعت های کند (20-10 متر بر دقیقه) که شرایط چسبیدن قسمتی از براده به سطح ابزار فراهم شود لبه انباشته تشکیل می شود و صافی سطح قطعه کار را کاهش می دهد.



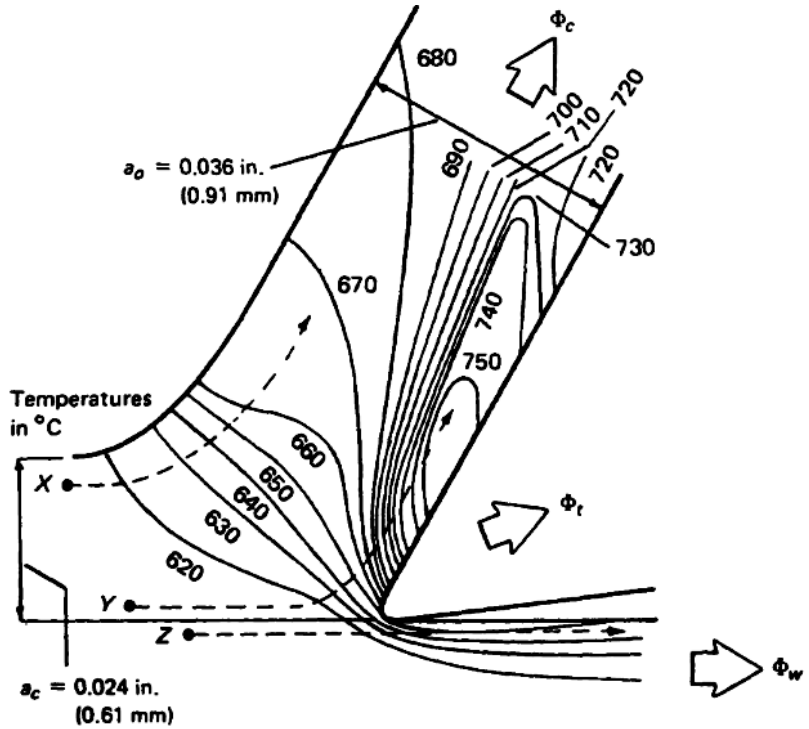




لزوم کنترل براده



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 ابزارهای برشی

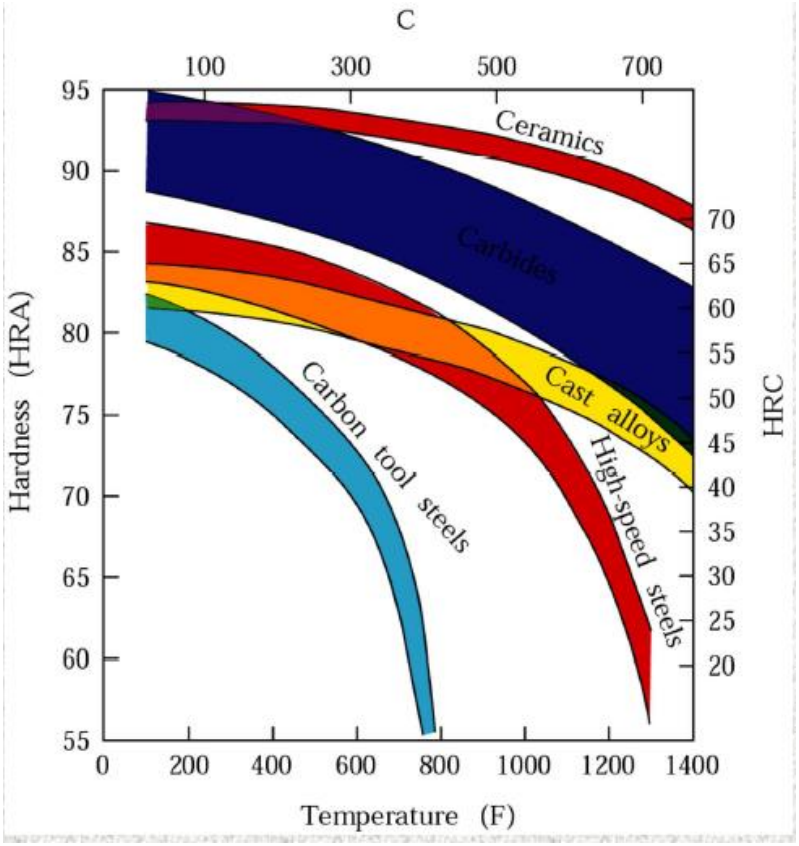
مقاومت به سایش: این ویژگی ابزار را قادر می سازد کارایی، دقت ماشینکاری و شکل اصلی خود را حفظ کند.

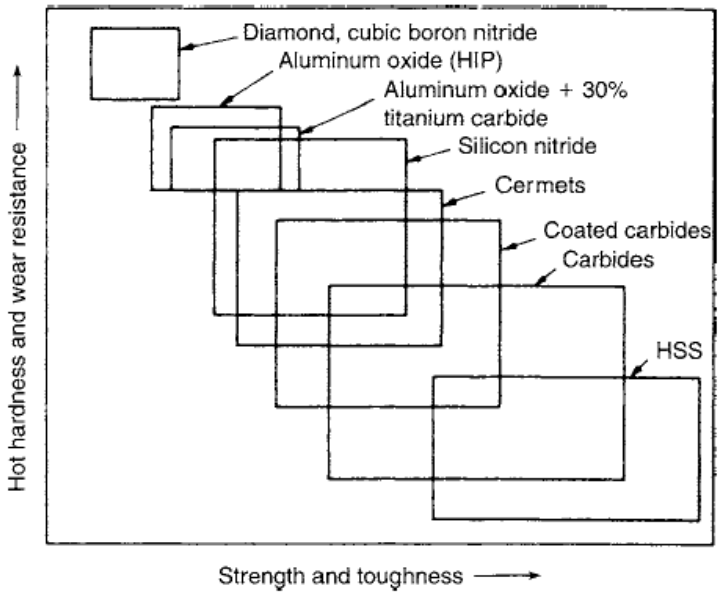
گرما سختی: ابزار را قادر می سازد تا در دمای بالا توانایی برش داشته باشد و سختی خود را حفظ کند.

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



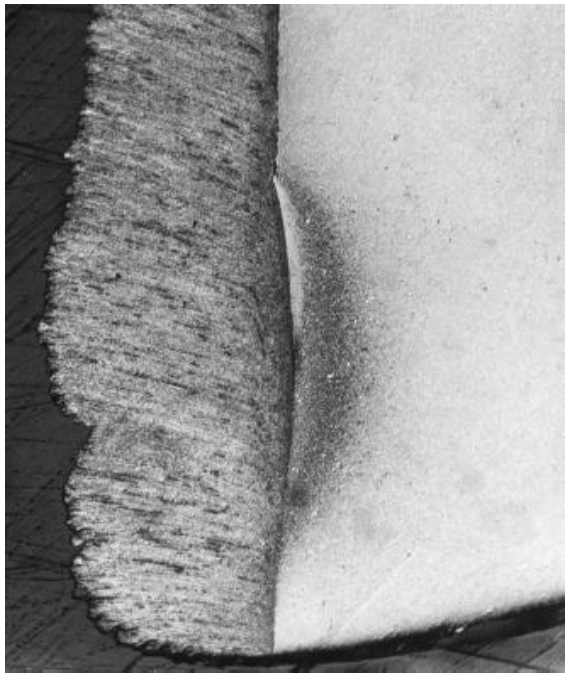


سایش ابزار

- 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

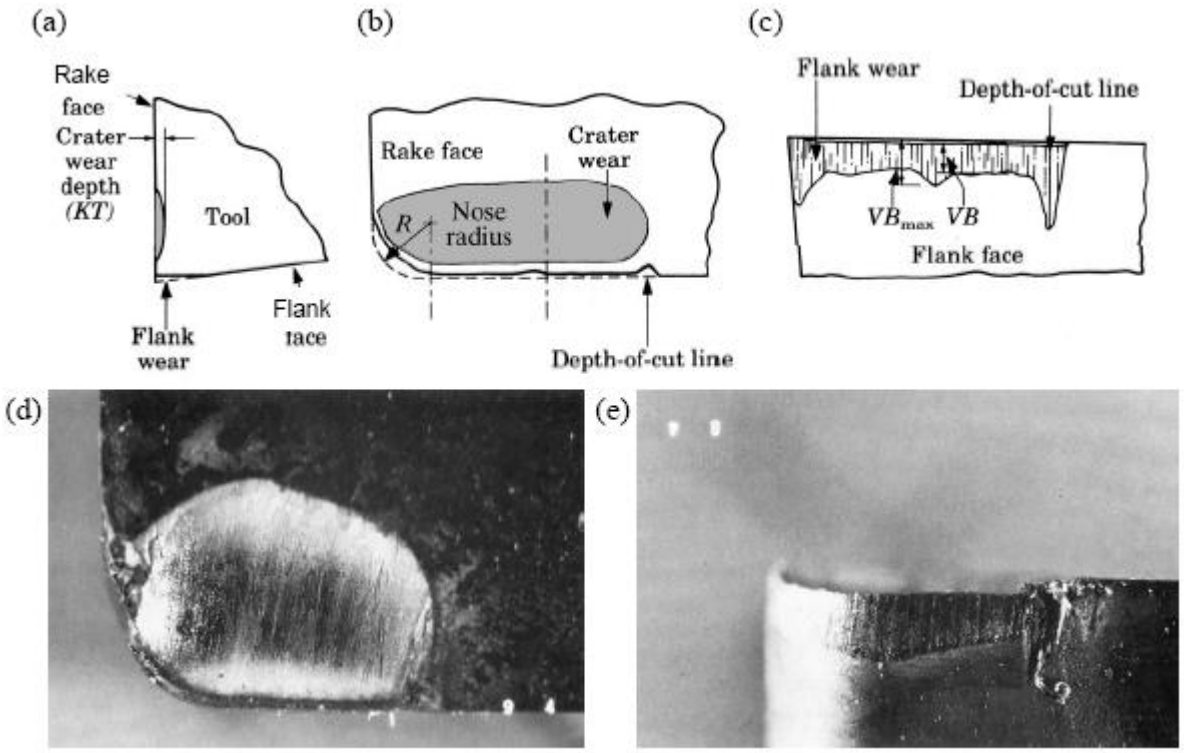
سایش ابزار



•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


(a)
Rake face
Crater wear depth (KT)
Tool
Flank wear
Flank face
(b)
Rake face
Crater wear
R
Nose radius
Depth-of-cut line
(c)
Flank wear
Depth-of-cut line
VB_{max}
VB
Flank face
(d)
(e)

سیالات برش

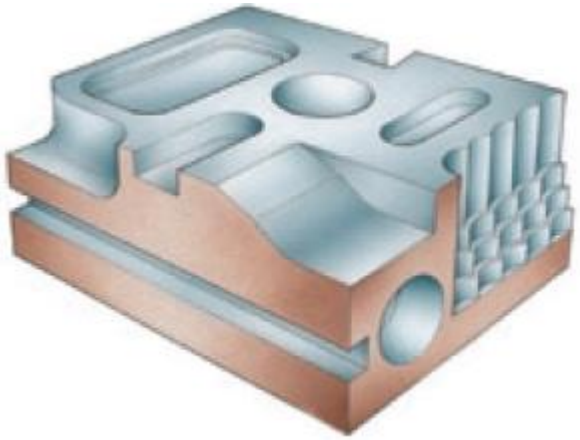
وظایف سیالات برش:

- 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

به نام خدا

درس روش های ساخت

جلسه دوم: فرزکاری و سوراخکاری



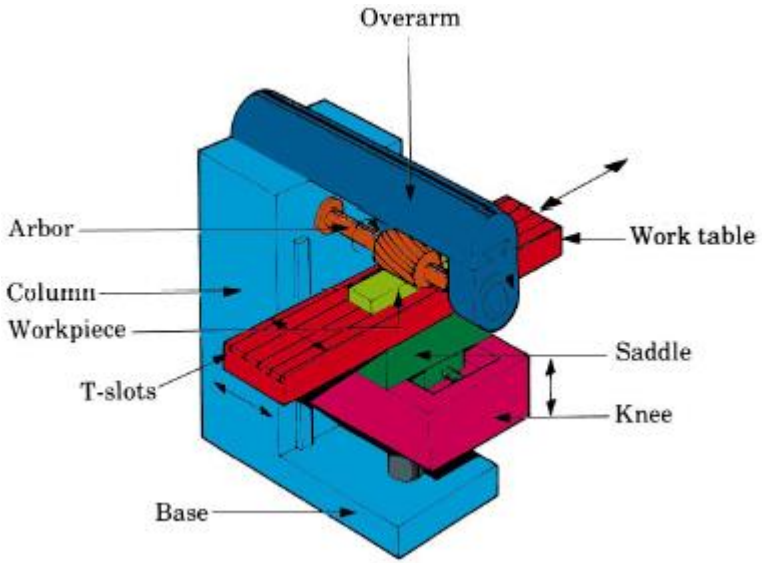
فرزکاری

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

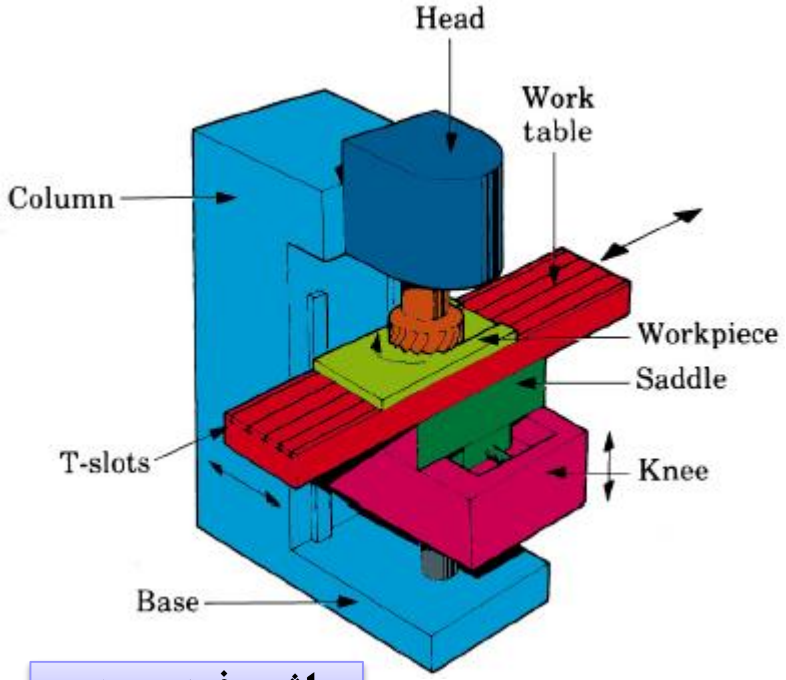
- در فرزکاری به کمک یک ابزار چندلبه عمل براده برداری از طریق حرکت چرخشی ابزار و حرکت خطی قطعه کار انجام می شود.

- 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.

انواع دستگاه های فرز



ماشین فرز افقی



ماشین فرز عمودی

انواع روش های فرزکاری

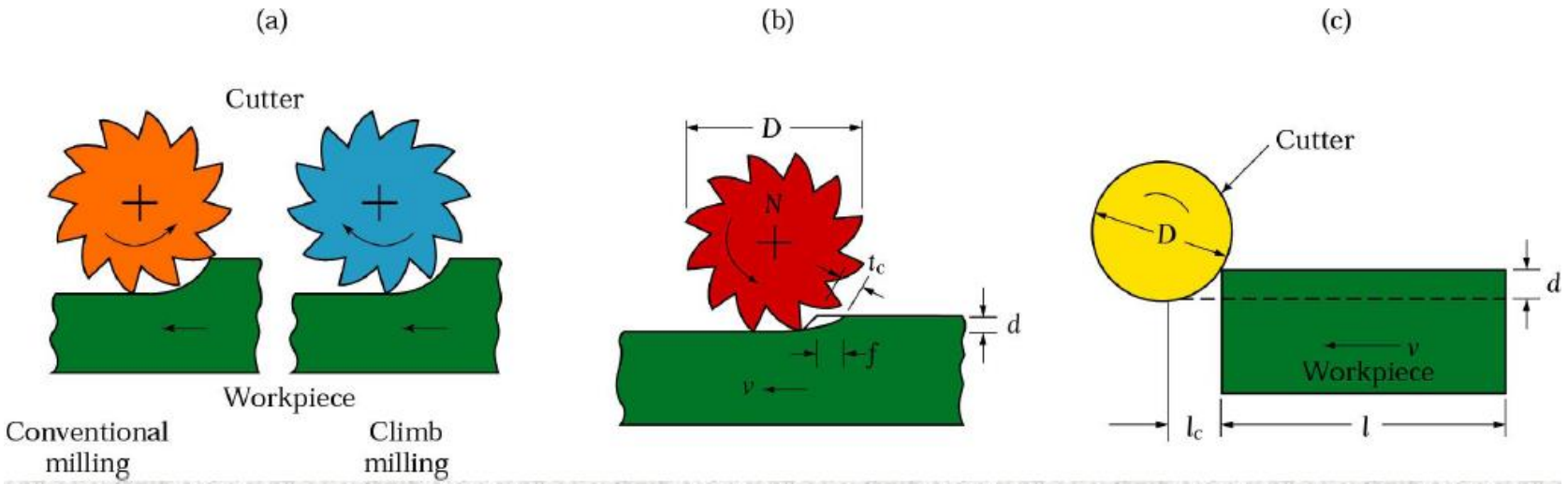
ابزار کف تراش

ابزار انگشتی

ابزار پولکی

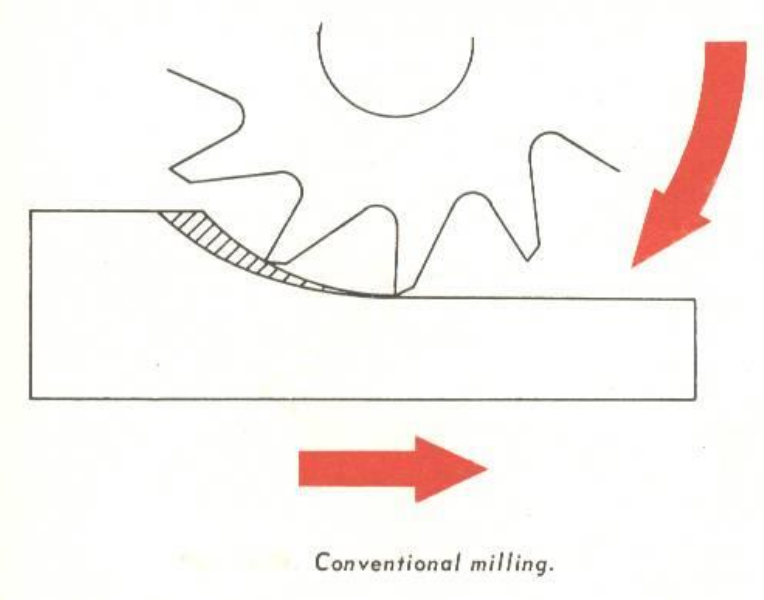
انواع روش های فرزکاری

1. فرزکاری مخالف
2. 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.

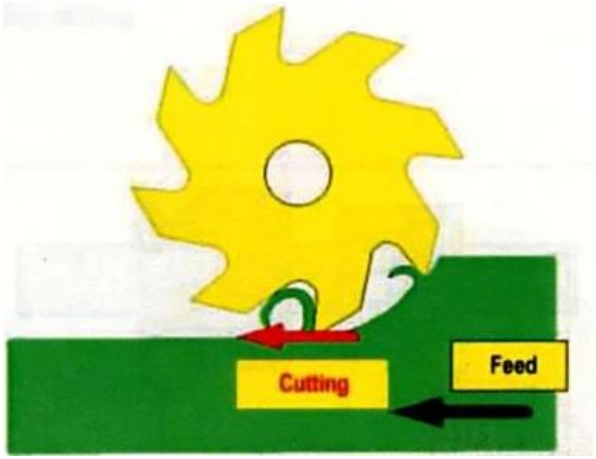
•ممکن است ابزار تمایل به چتر داشته باشد.

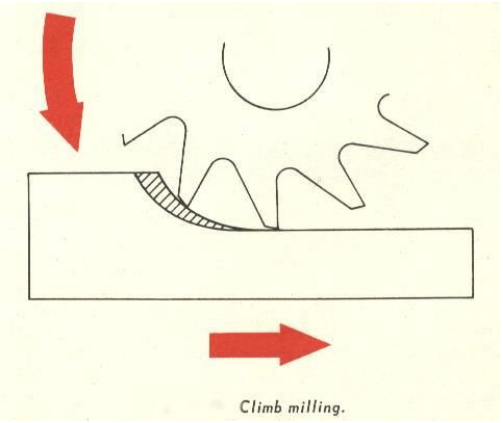
انواع روش های فرزکاری

•**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.

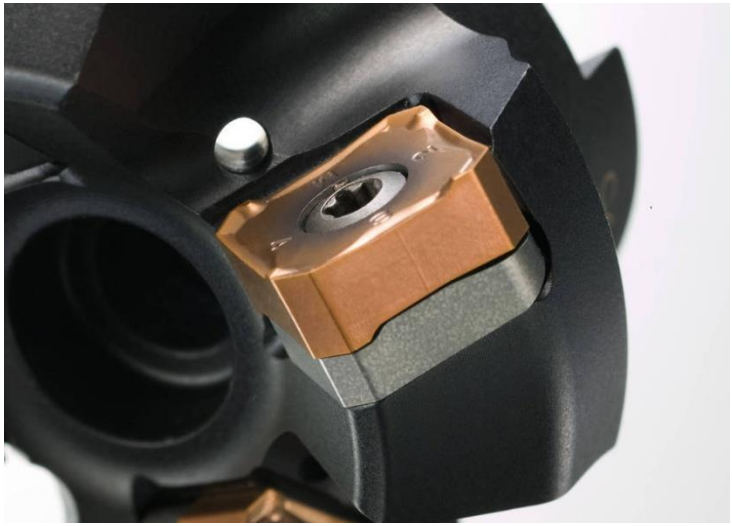
•کاربرد معمول : پرداخت کاری قطعات آلومینیومی



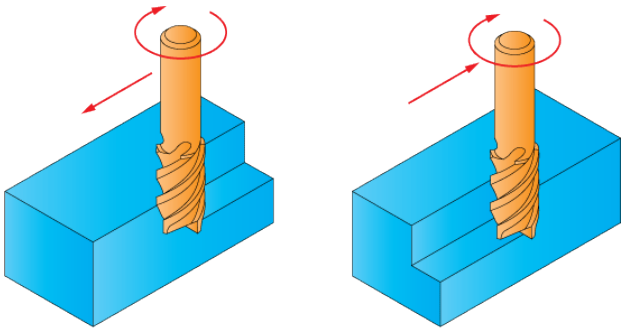


کف تراشی

ابزارهای جازدنی



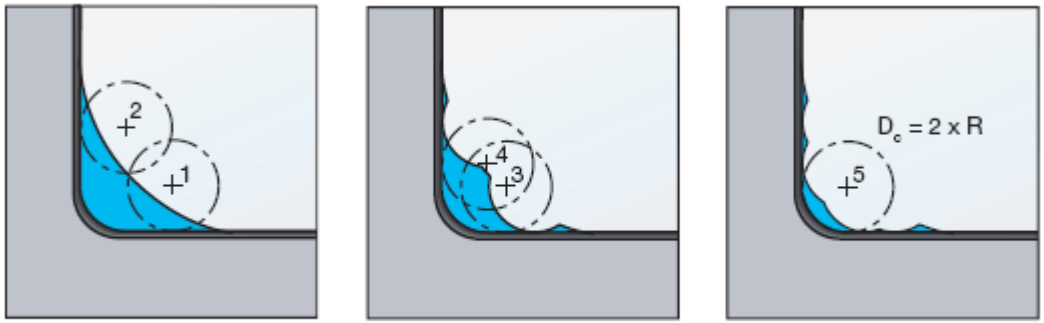
End milling



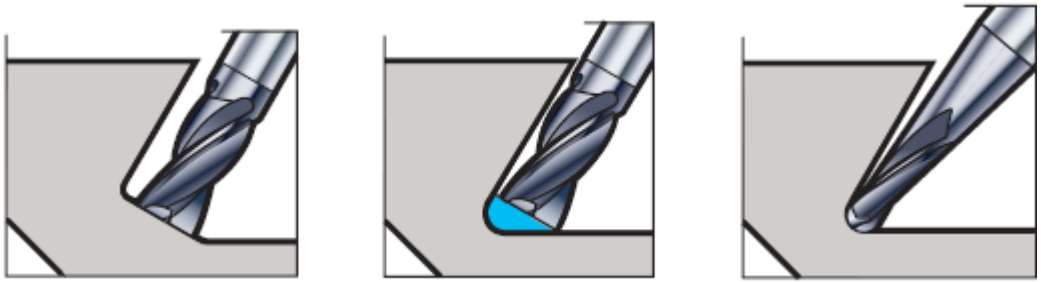
فرزکاری موافق و مخالف

انواع انگشتی

فرزکاری گوشه ها با استفاده از ابزارهای مختلف

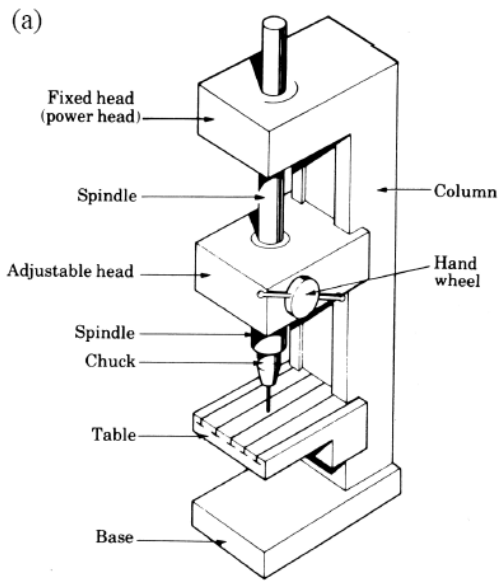


Machining sequence 1 to 5.

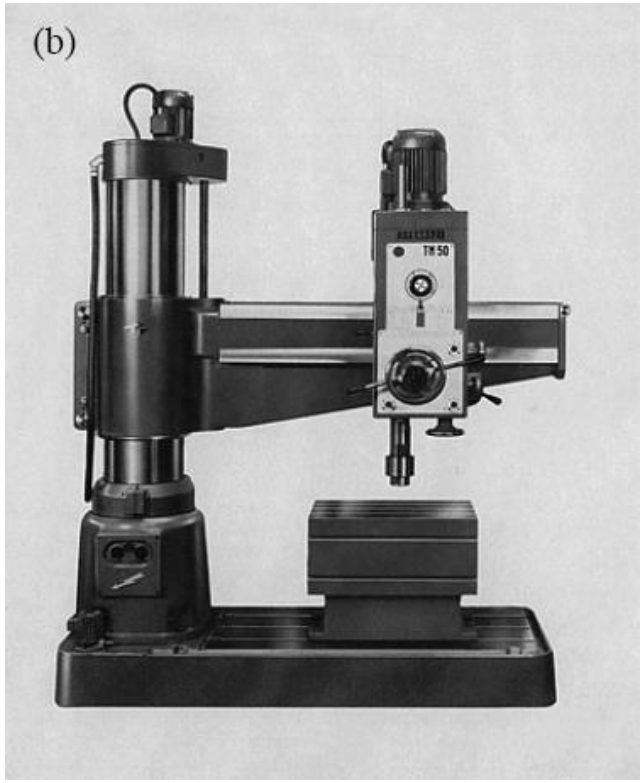


فرزکاری شکل های آزاد

مته کاری



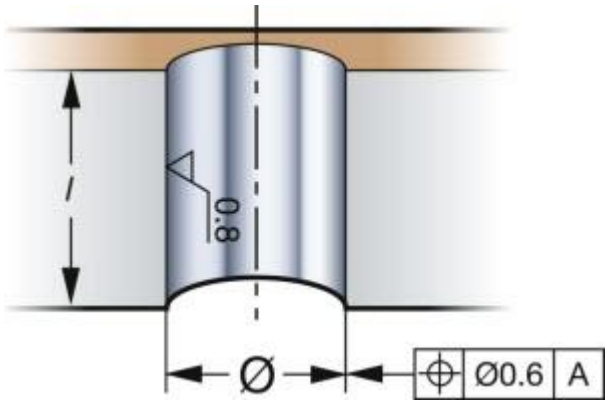
دستگاه مته کاری عمودی

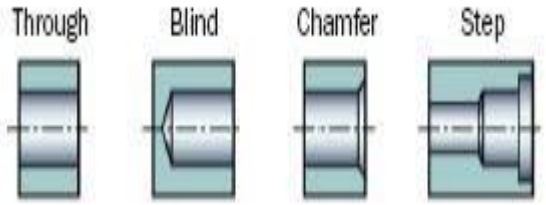


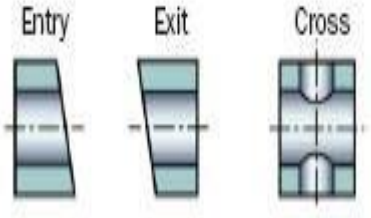
دستگاه مته کاری شعاعی

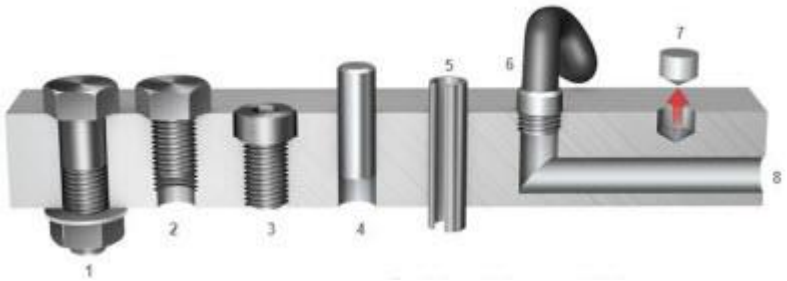
انتخاب ابزار و روش ایجاد سوراخ

- قطر سوراخ
- عمق سوراخ
- کیفیت سوراخ
- نوع سوراخ



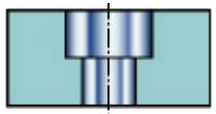


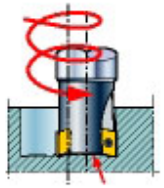




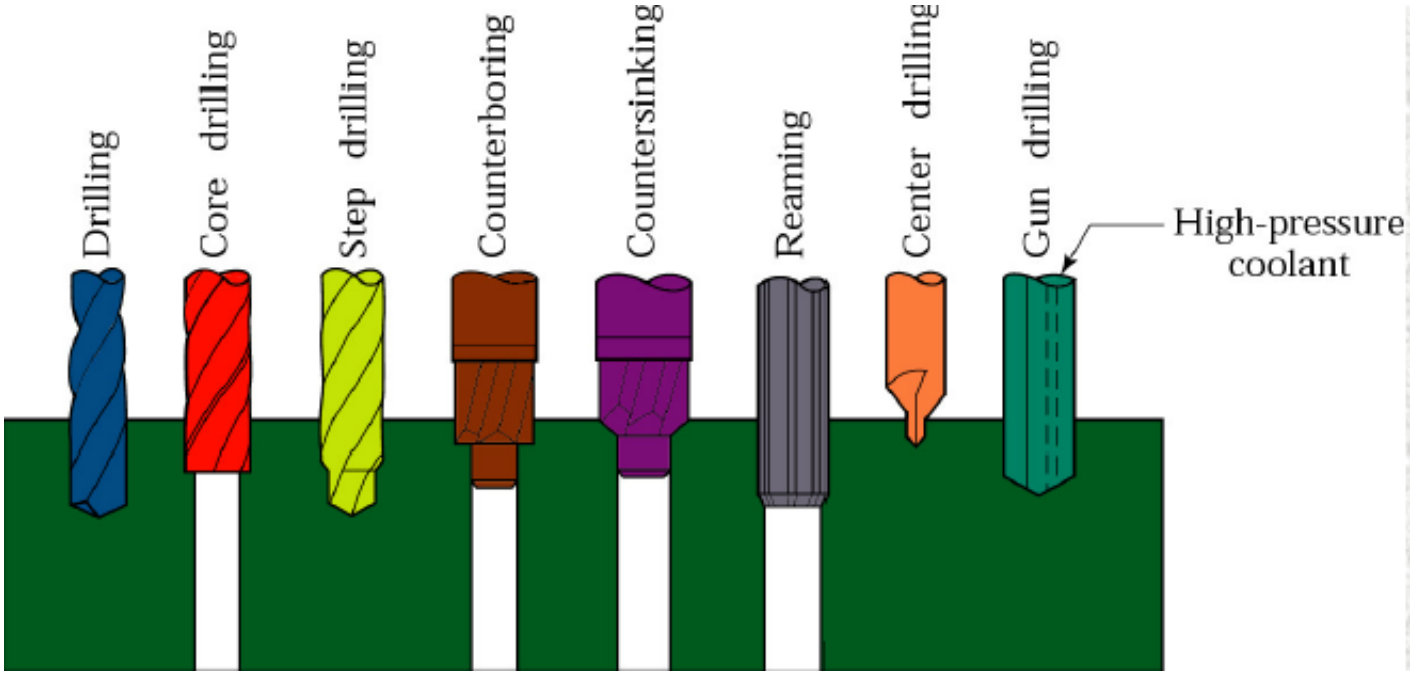
مثال

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

انواع فرآیندهای سوراخکاری



قابلیت های انواع فرایندهای سوراخکاری

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

انواع ابزار با لبه برنده قابل تعویض

CoroDrill 880

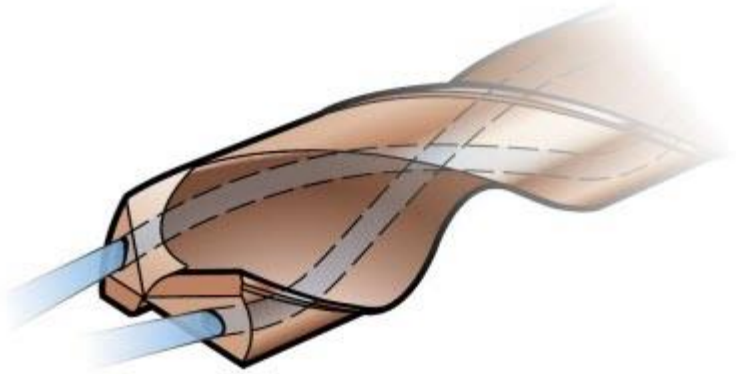
Coromant U drill R416.2

T-Max U large-diameter drill R416.9

T-Max U stack drill R416.01

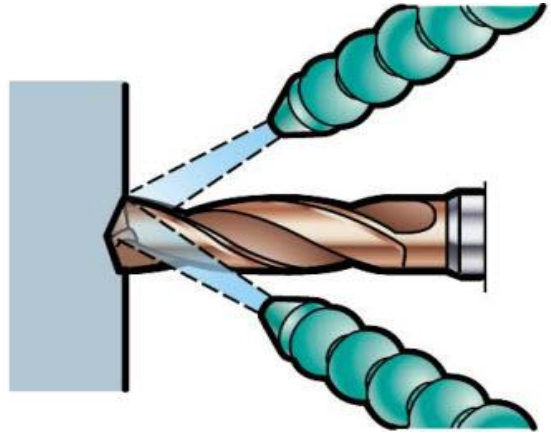
T-Max U trepanning tool R416.7

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).
- برای نسبت های طول به قطر بزرگتر از 3 مورد استفاده قرار می گیرد.

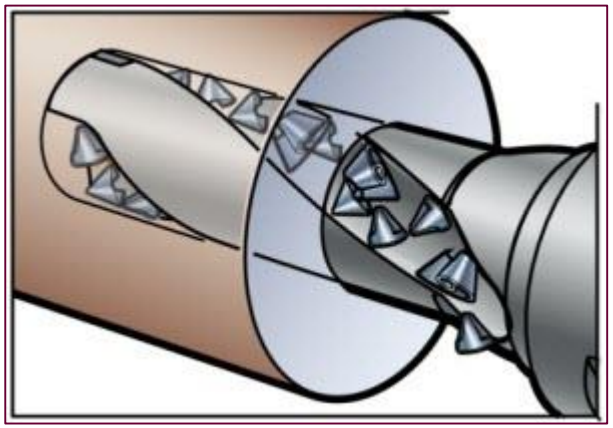


سیال برش خارجی

- 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 12-5 درصد برای حالت های معمول و 15-10 درصد برای قطعه کار از جنس فولاد ضدزنگ و آلیاژهای مقاوم در برابر گرما

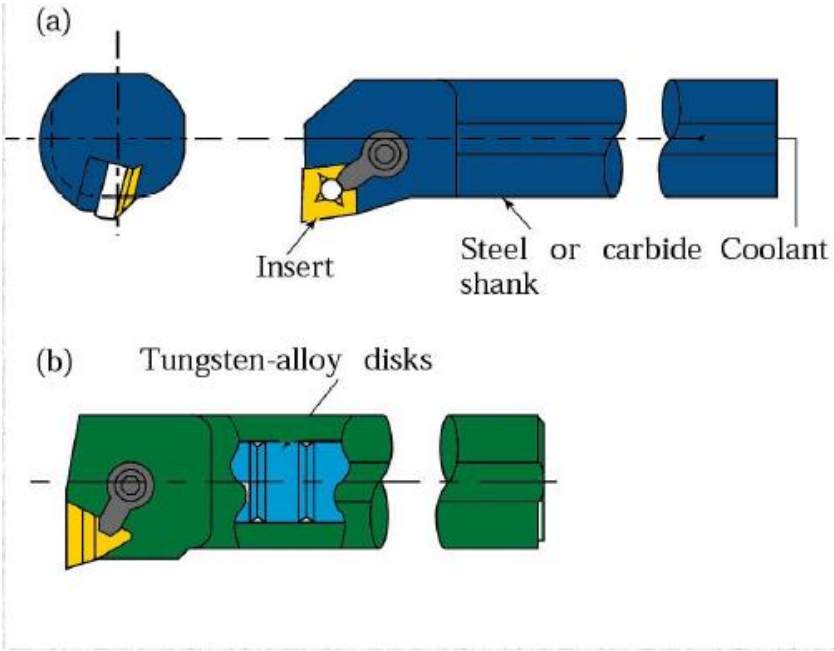


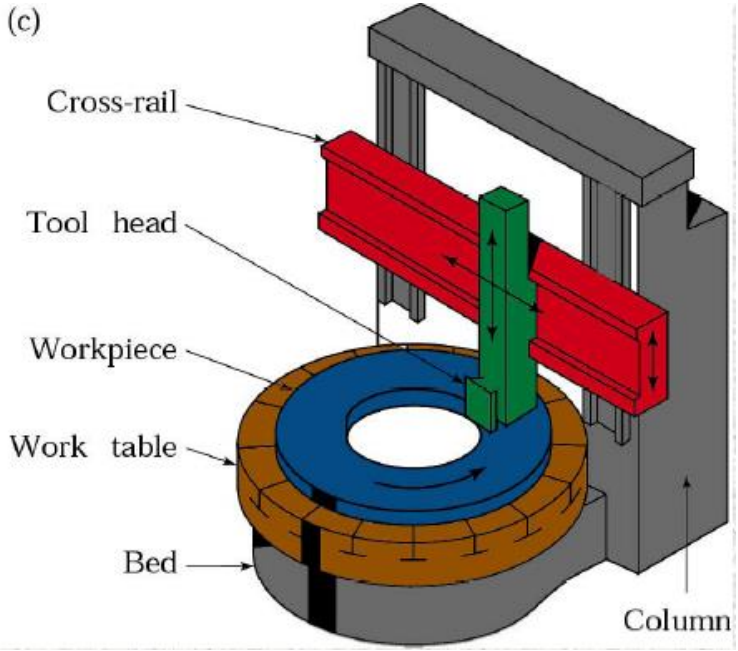
- گاهی اوقات سوراخکاری برای مواد ترد که براده تکه تکه ایجاد می کنند بدون سیال برش انجام می گیرد

- استفاده از سیال برش با فشار بسیار زیاد (70 اتمسفر) می تواند باعث بهبود تخلیه براده ها و افزایش عمر ابزار شود.

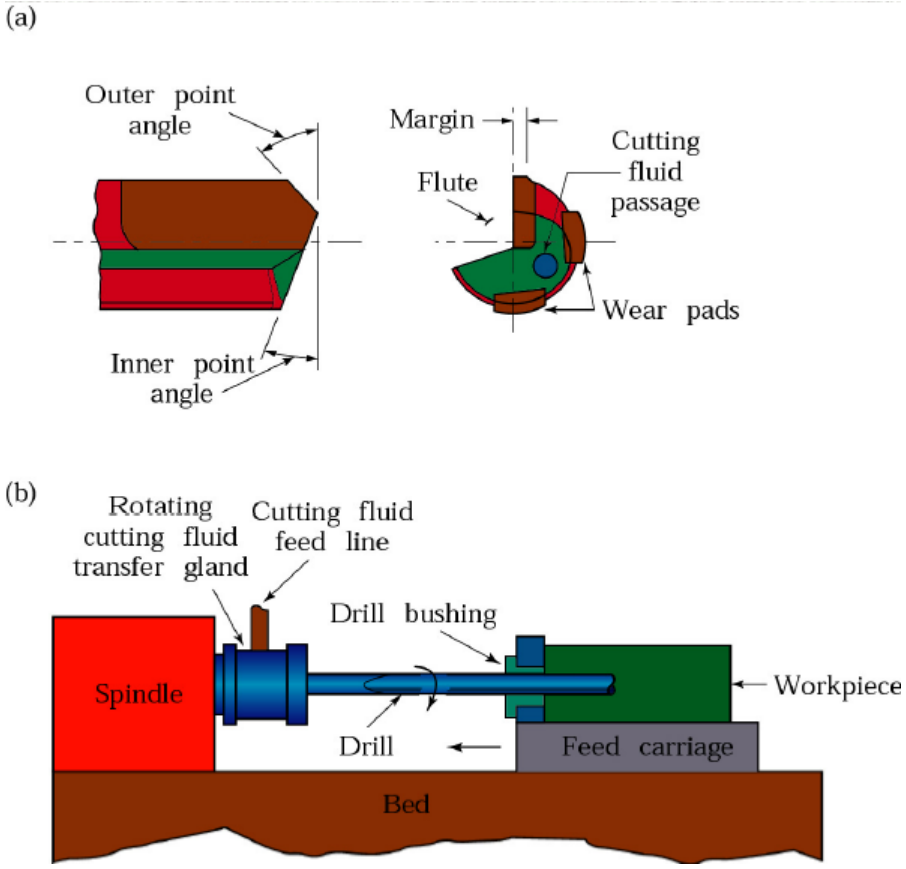
بورینگ

•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.



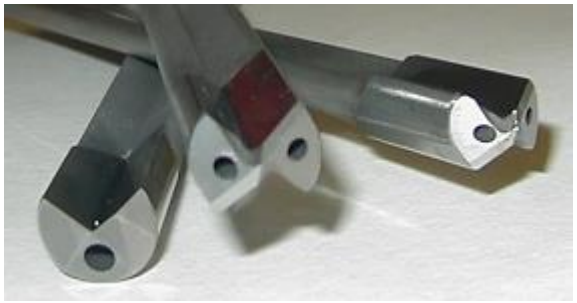


سوراخکاری عمیق (Gun Drilling)

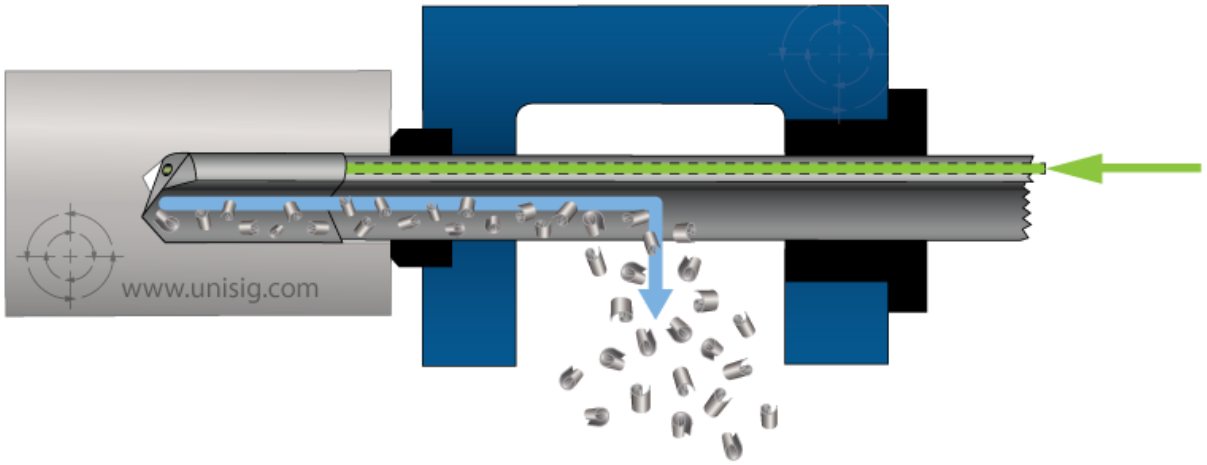


- از این روش در ابتدا برای سوراخکاری لوله تفنگ استفاده می شد.
- عمل متعادل سازی نیروهای جانبی که به مته وارد می شود توسط صفحات یاتاقانی جانبی که به مته متصل می شوند انجام می شود.
- سیال برش با فشار زیاد از مرکز ابزار به محل ماشینکاری جریان می یابد.

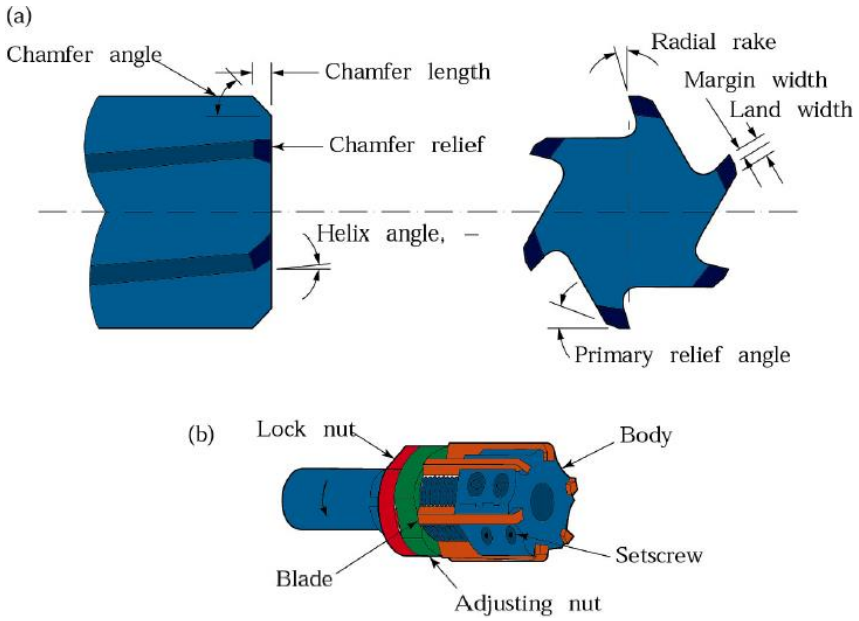
سوراخکاری عمیق (Gun Drilling)



- برای نسبت های طول به قطر 300 و بیشتر مورد استفاده قرار میگیرد.
- سرعت های برش تند و پیشروی های کم در این فرایند مورد استفاده قرار می گیرند.



برقوکاری با ابزار چندلبه (Reaming)



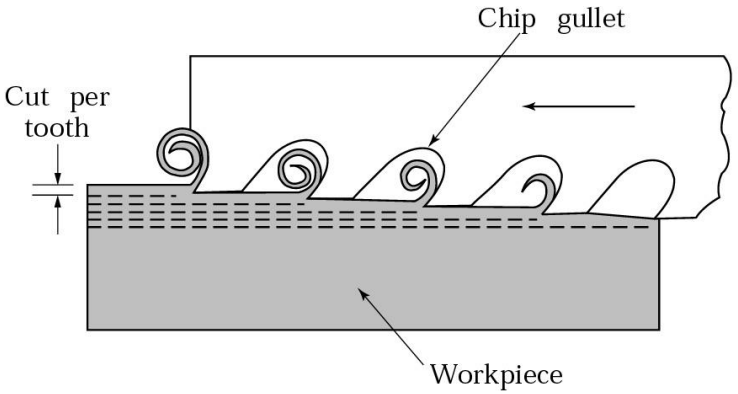
- فرایند سوراخکاری تکمیلی است که برای افزایش دقت سوراخ های ایجاد شده مورد استفاده قرار می یگرد.
- ابزار استفاده شده ابزار چند لبه با شیارهای مستقیم یا مارپیچ است.
- حداقل قطر برداشت از قطعات نرم 0.2 و قطعات سخت 0.13 میلی متر است. برای کمتر از آن از هونینگ استفاده می شود.

خان کشی

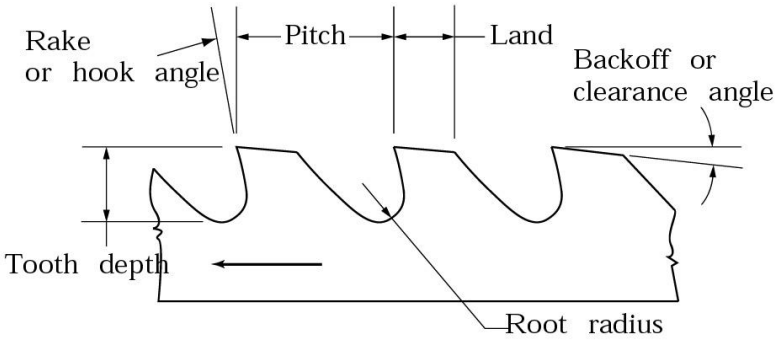
•فرآیندی است که در ان به کمک یک ابزار چندلبه که لبه های برنده به شکل پله ای قرار گرفته اند، براده برداری انجام می شود. این فرآیند برای ایجاد شیارهای داخلی و جای خار مورد استفاده قرار می گیرد.

•در این فرایند ابزار حرکت خطی ساده انجام می دهد و قطعه کار ثابت است.

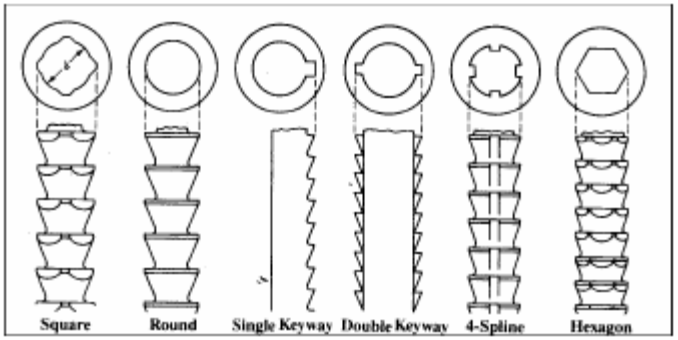
(a)

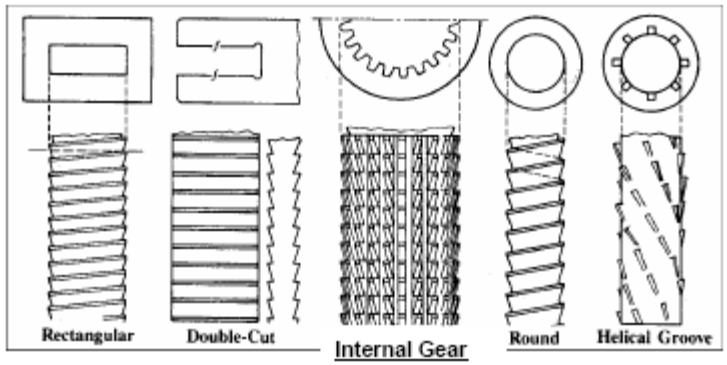


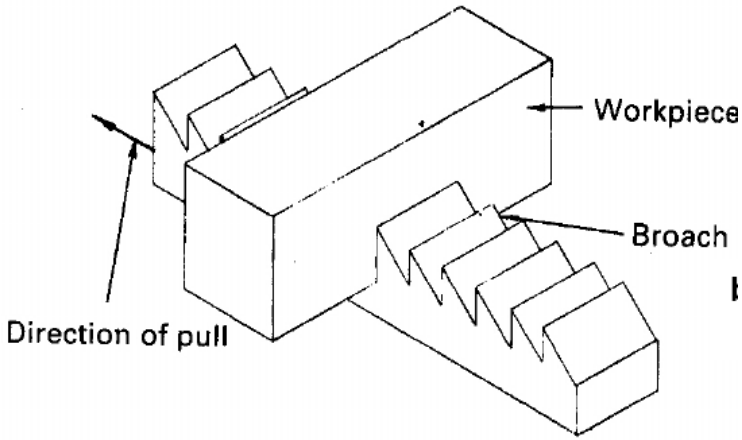
(b)



خان کشی







شکل های مختلف قطعات و
ابزارهای خان کشی مورد استفاده

به نام خدا

درس روش های ساخت

جلسه چهارم: فرایندهای پرداخت کاری

سنگ زنی

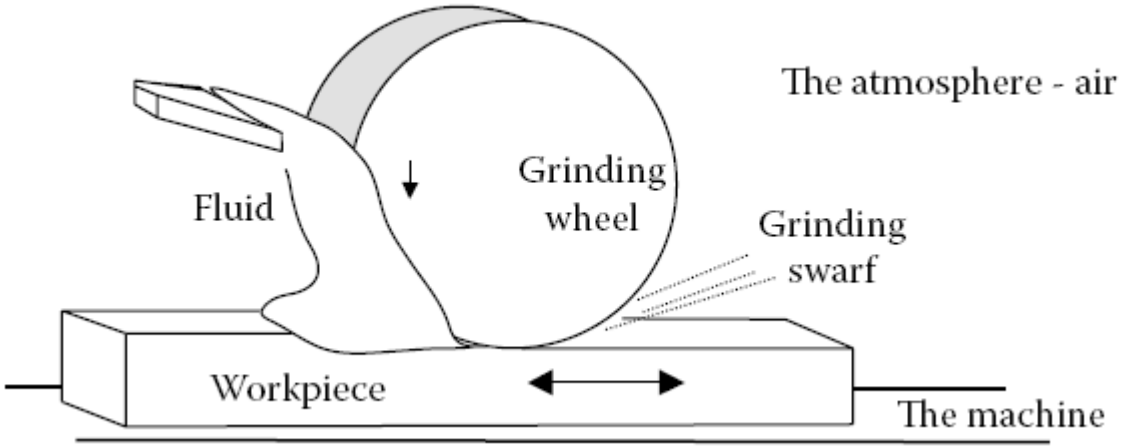
•سنگ زنی یکی از فرآیندهای پرداخت کاری است که در آن از یک ابزار با بی نهایت لبه برنده برای براده برداری استفاده می شود.

•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.

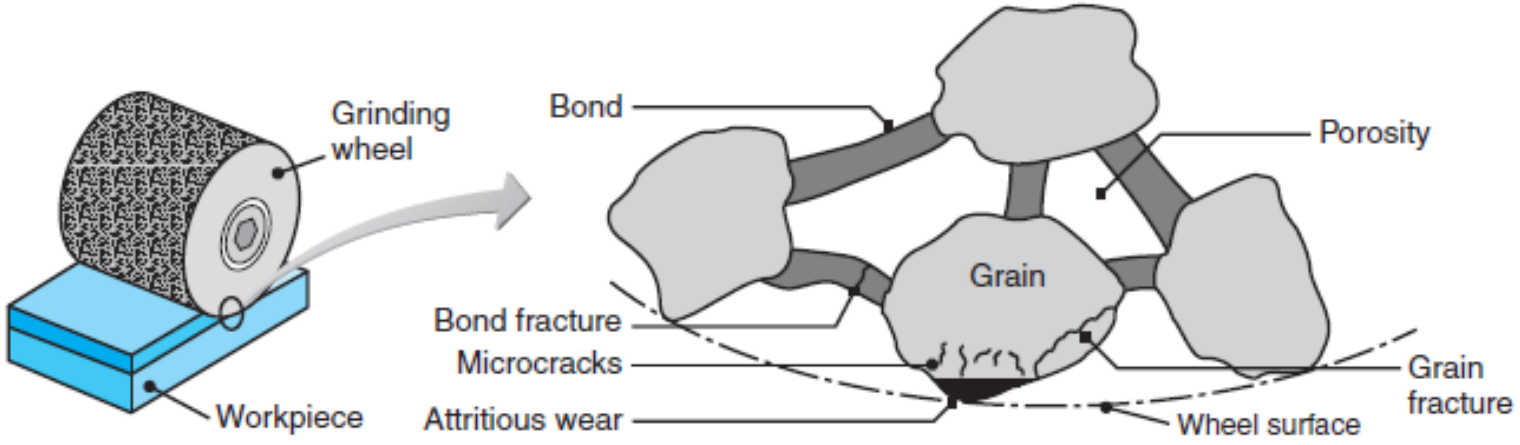
شش جزء اصلی فرآیند سنگ زنی

•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.



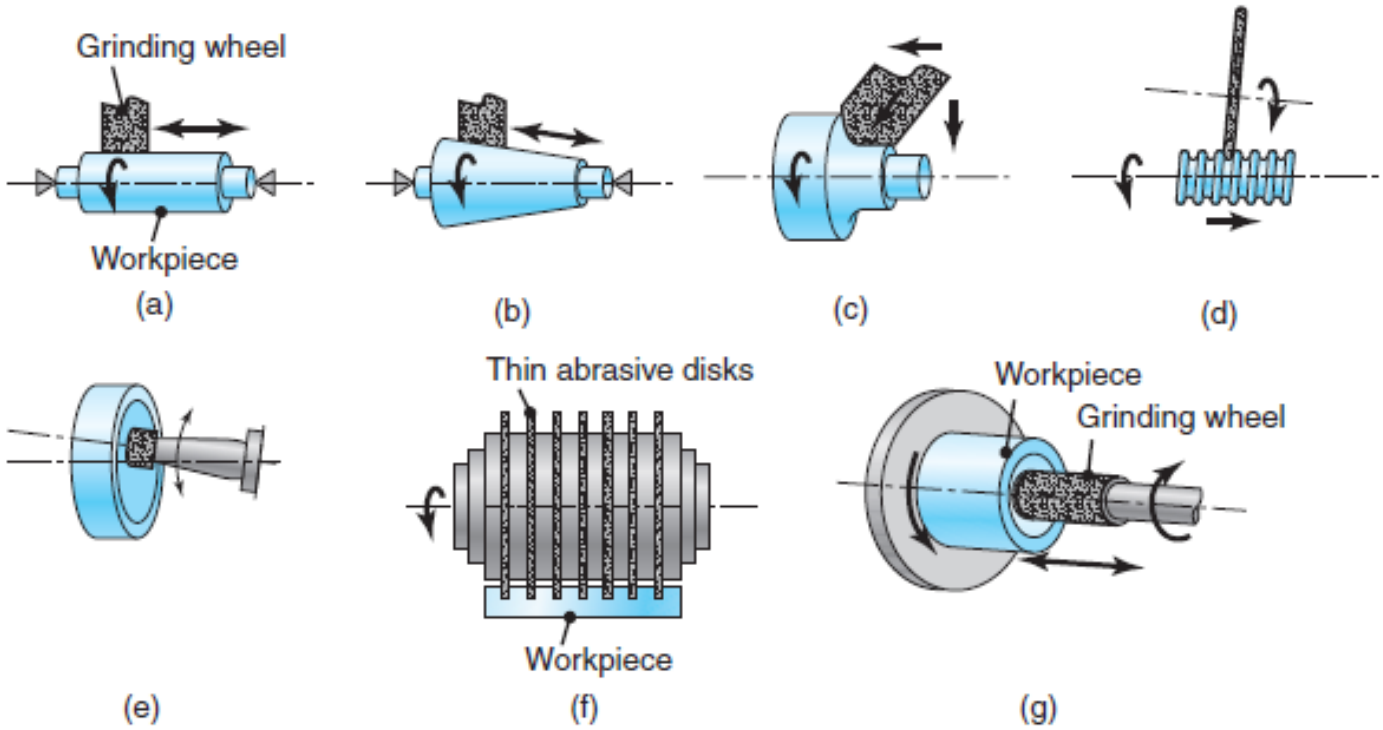
چرخ سنگ

- 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

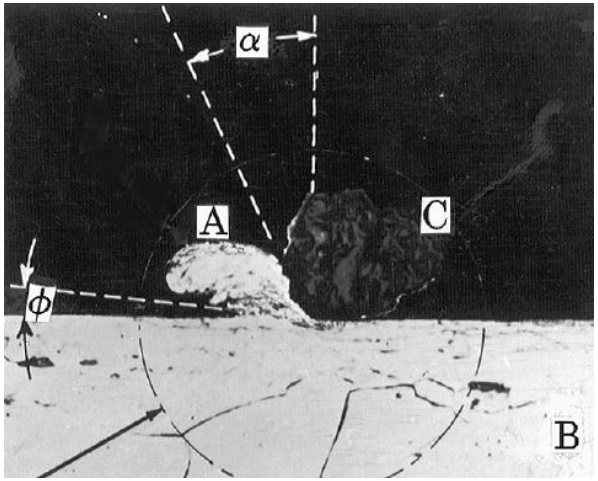
سنگ زنی هندسه های مختلف قطعه کار

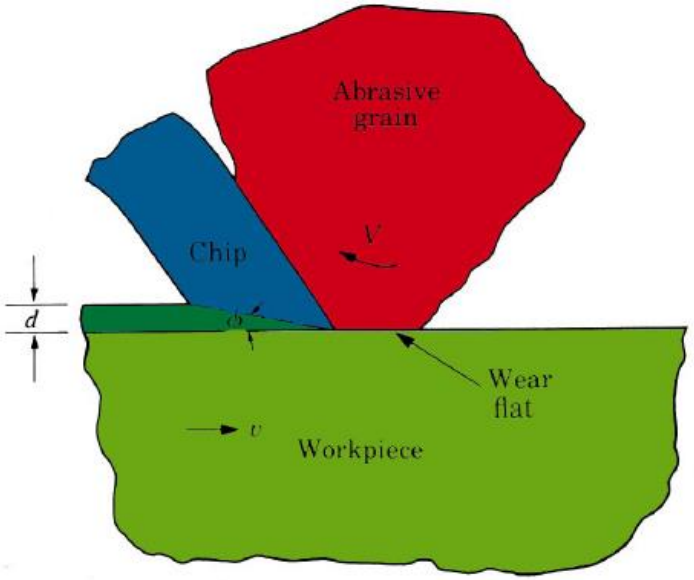


سازوکار شکل گیری براده

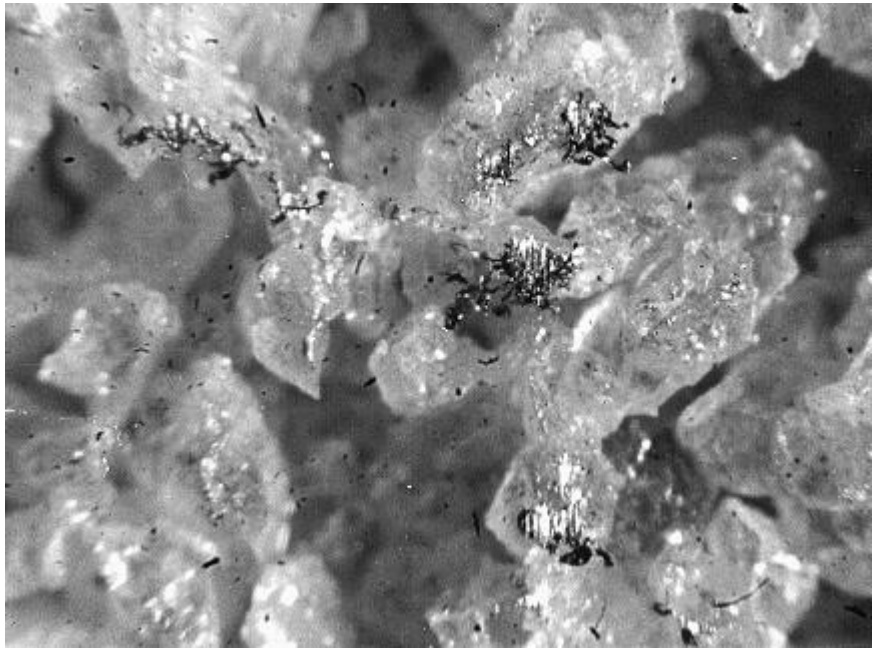
•تفاوت سنگ زنی و ماشینکاری با ابزار تک لبه این است که در سنگ زنی هر یک از لبه های برنده شکل های نامشخصی دارند و به صورت تصادفی در اطراف چرخ سنگ چیده شده اند.

•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

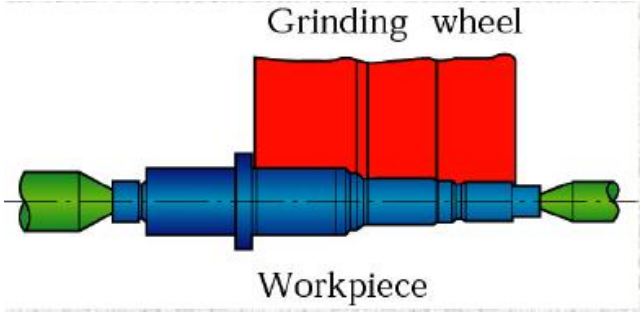


چرخ سنگ با بزرگنمایی 50 برابر

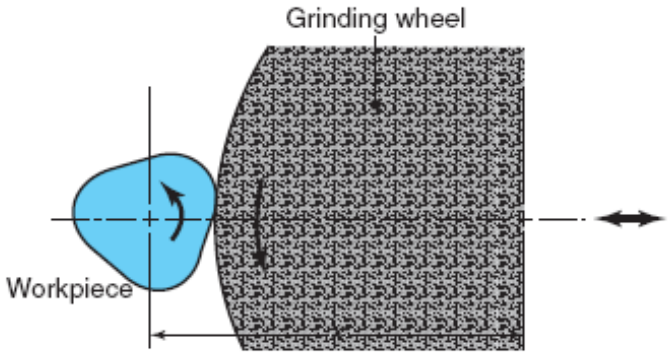
سطح یک چرخ سنگ که در آن ذرات ساینده، فضاهای خالی، سطوح سایشی روی ذرات ساینده و براده های جدا شده از سطح قطعه کار نشان داده شده است.

انواع فرآیندهای سنگ زنی-سنگ زنی استوانه ای

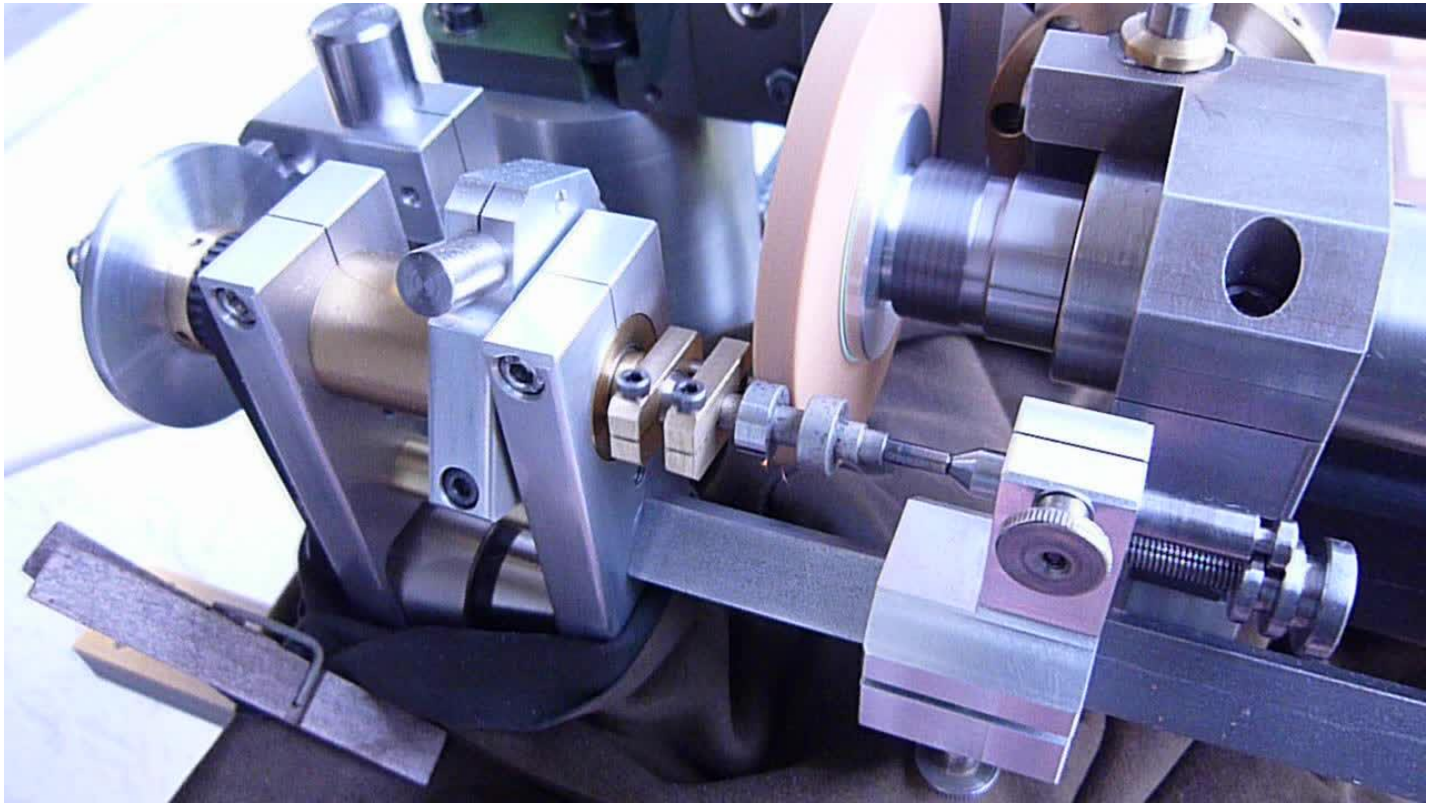
- با ایجاد هندسه قطعه روی چرخ سنگ می توان یک پروفایل را سنگ زنی نمود.



- 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.

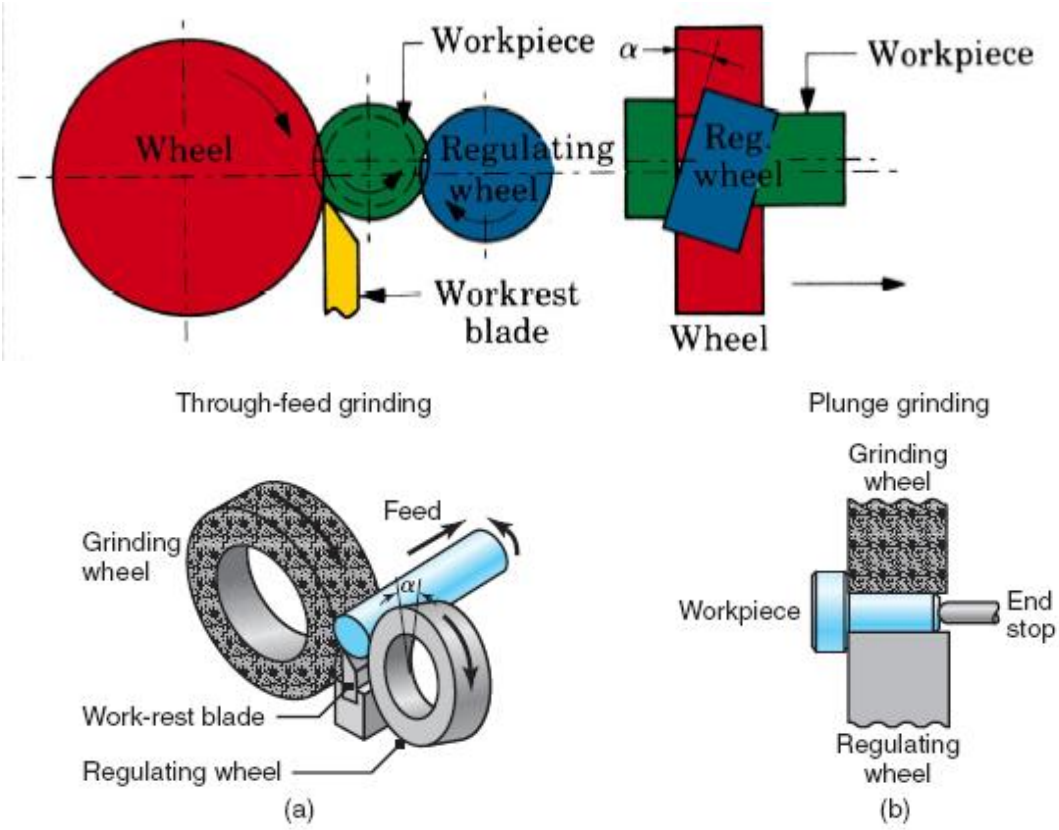


انواع فرآیندهای سنگ زنی-سنگ زنی استوانه ای



سنگ زنی میل بادامک

سنگ زنی بدون مرغک



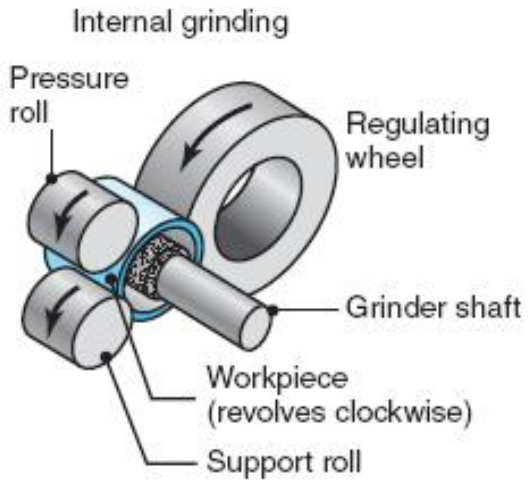
- در این روش که برای تولید انبوه قطعات مورد استفاده قرار می گیرد قطعه کار بین دو مرغک مقید نمی شود بلکه بوسیله یک تیغه سر جای خود نگه داشته می شود.

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

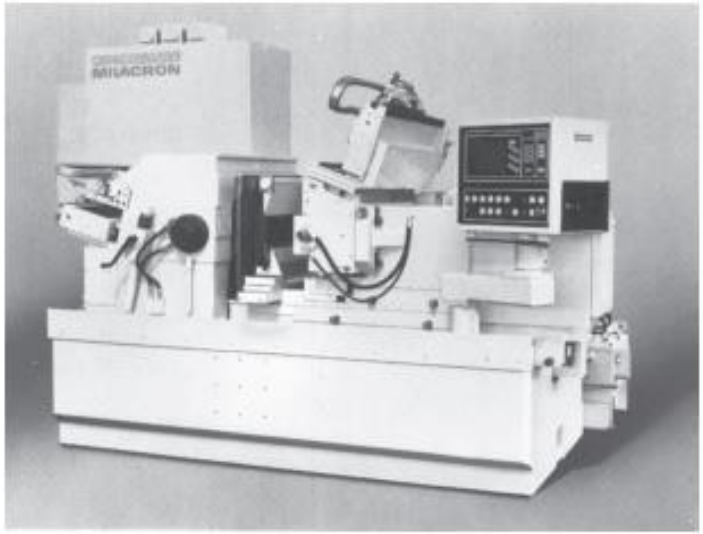
سنگ زنی بدون مرغک

- 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 $1/20$ چرخ سنگ اصلی است.

- برای سطوح داخلی هم از 3 چرخ برای مقید نمودن قطعه کار استفاده می شود.

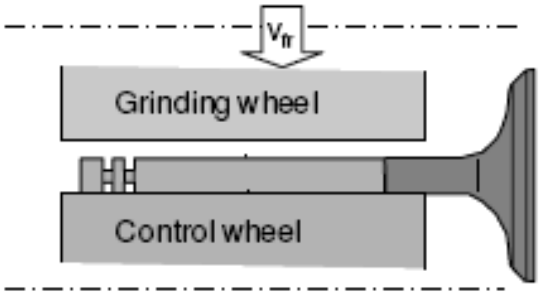


(c)



(d)

سنگ زنی بدون مرغک -کاربردها



سنگ زنی بدون مرغک دریچه موتور

ویدئو 1

ویدئو2

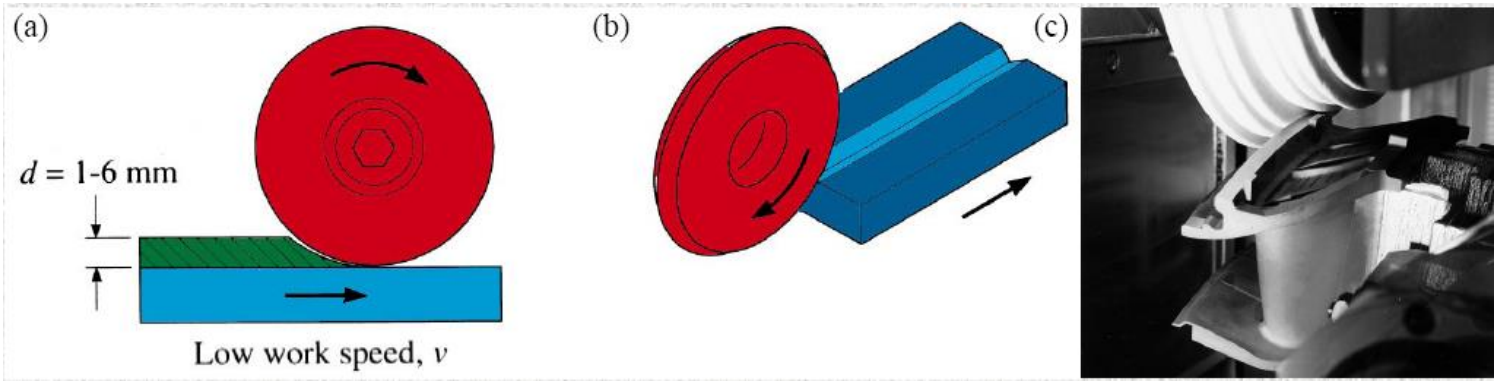
مزایای سنگ زنی بدون مرغک

- 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 6 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.



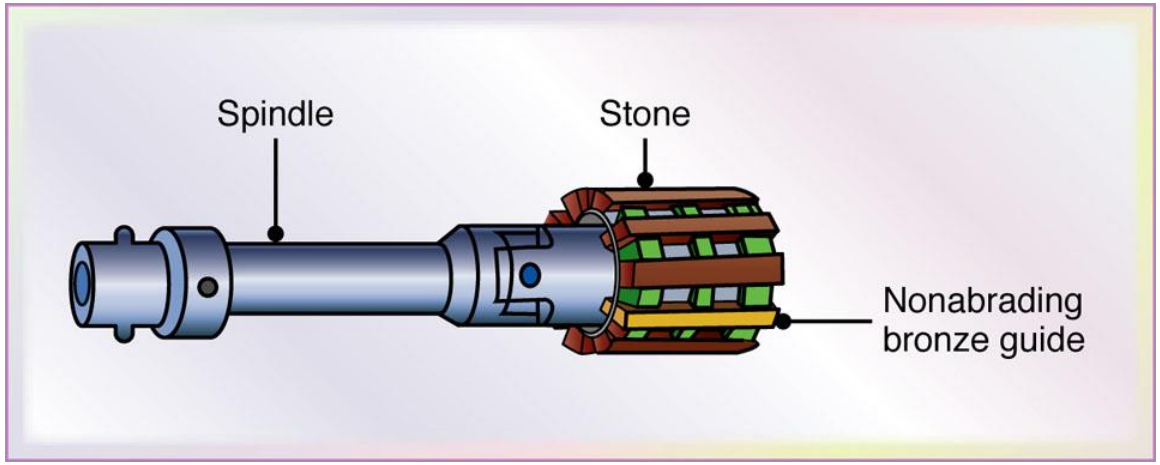
ویدئو

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.

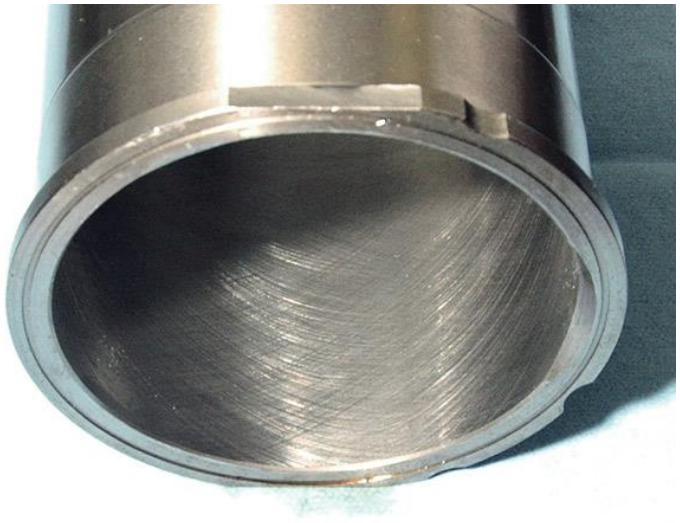
- حرکات چرخشی و رفت و برگشتی ابزار باعث ایجاد اثار با زاویه خاصی (با توجه به سرعت خطی و چرخشی) روی سطح می شود. وجود این خراش ها در استوانه موتور برای نگهداری روغن و جلوگیری از سایش سمبه و حلقه ضروری است.

- چشم های بزرگ دسته سمبه هم هونینگ می شوند.



ویدئو

ابزار هونینگ



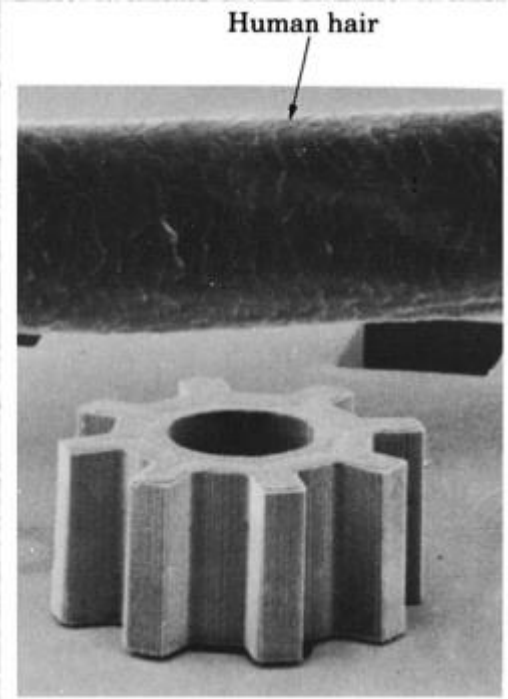
بنام خدا

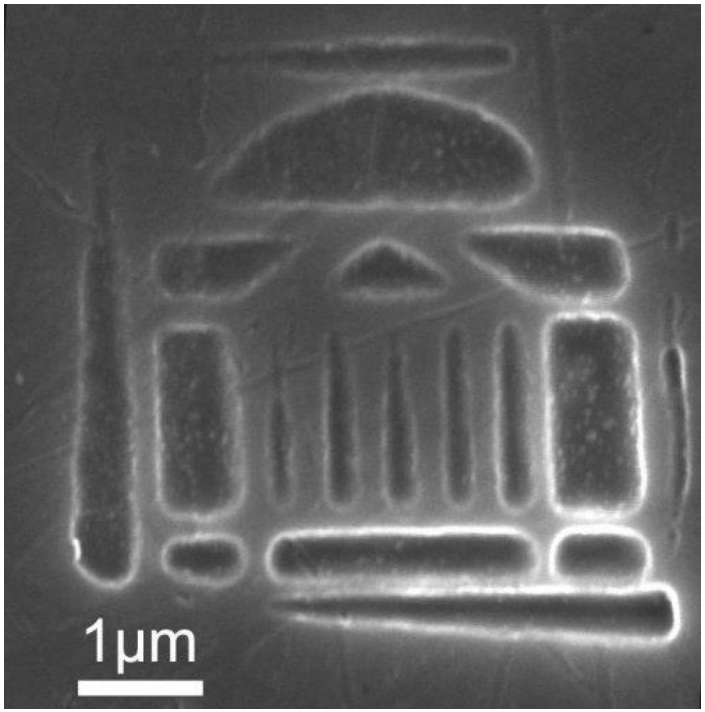
درس روش های ساخت

جلسه پنجم: روش های نوین ساخت

روش های مخصوص تولید

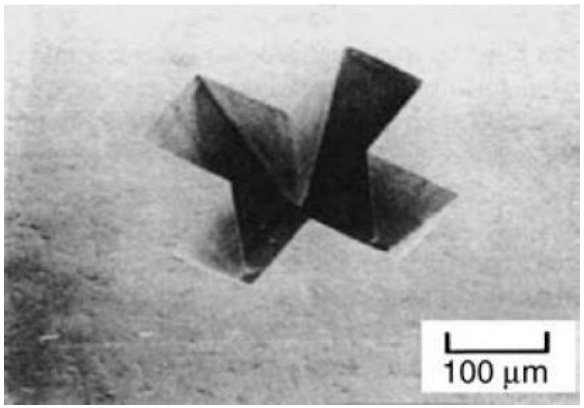
- تا اینجا روش هایی که در آن ها براده برداری با تکیه بر نیروهای مکانیکی زیاد انجام می شوند، ارائه شد.
- روش های مخصوص تولید روش هایی هستند که در آن ها به جای استفاده از نیروهای مکانیکی زیاد، از روش های فیزیکی دیگر مانند شیمیایی، الکتریکی، حرارتی و ... استفاده می شود.



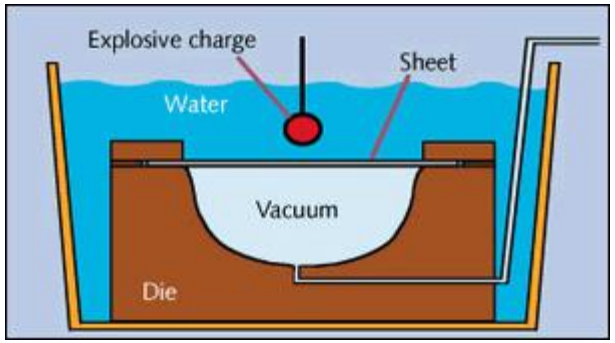


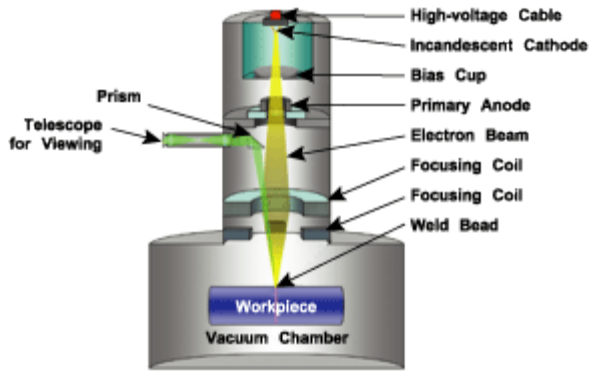
دلایل رویکرد به روش های مخصوص تولید

- ماشینکاری مواد مستحکم که نیاز به نیروی مکانیکی زیادی دارند. موادی مانند سرامیک ها و ابرآلیاژها
- انجام اعمالی که به هیچ وجه توسط روش های سنتی قابل انجام نیستند، مثلا ایجاد گوشه های تیز در سوراخ
- ساخت شکل های پیچیده- مثلا سوراخی که مقطع آن از دایره به چهارگوش تبدیل می شود.
- انجام فرایند بر روی قطعات ظریف و کوچک- مثال سوراخ نازل افشانه
- زمانی که رواداشت های هندسی بسته مورد نیاز است.



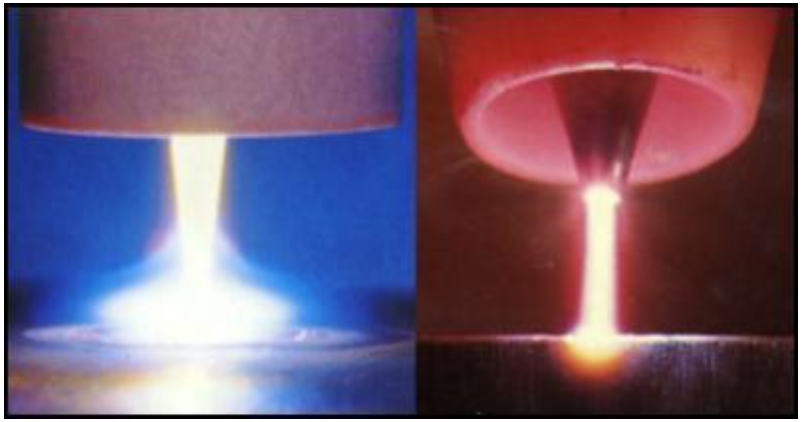
انواع روش های مخصوص تولید





*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)

انواع روش های مخصوص تولید



ماشینکاری با قوس پلاسما (PAM)

ماشینکاری تخلیه الکتریکی

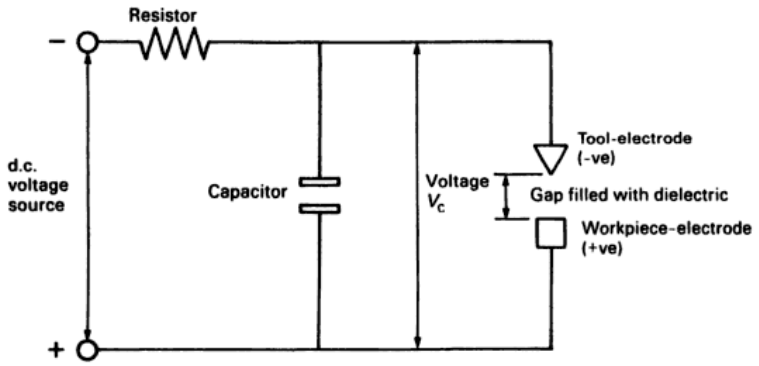
- **تاریخچه**
- در سال 1768 جوزف پریسلی در حین تولید الکتریسیته ساکن از نور سفید جرقه هایی را مشاهده کرد. این جرقه ها آثار ماندگاری روی الکترودها بر جای می گذاشتند.
- در سال 1930 لازارنکو با مطالعه یادداشت های پریسلی به فکر ابداع روشی برای براده برداری مبتنی بر این اصل افتاد.
- در سال 1943 در خلال جنگ جهانی دوم اولین ماشین اسپارک توسط لازارنکو ساخته شد.

ماشین کاری تخلیه الکتریکی

- 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.

مکانیزم عملکرد

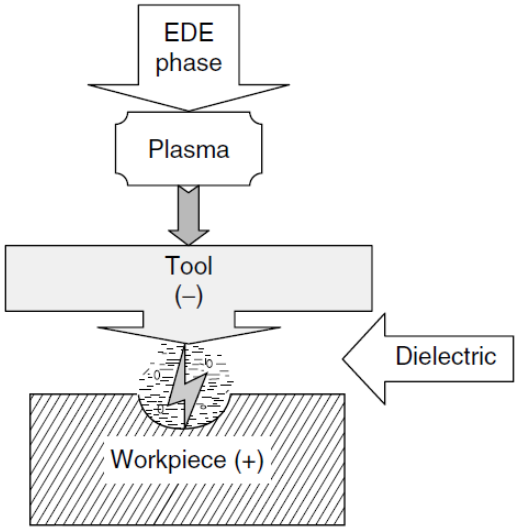
- الکترود ابزار و قطعه کار در مایع دی الکتریک غوطه ور می شوند و یک منبع تغذیه جریان مستقیم خازن را شارژ می کند تا ولتاژ دو سر خازن به ولتاژ شکست مایع دی الکتریک برسد در این حالت تخلیه الکتریکی اتفاق افتاده (در الکتریک رسانا می شود) و کانال پلاسمای ایجاد شده باعث هجوم الکترونها به سطح قطعه کار و براده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



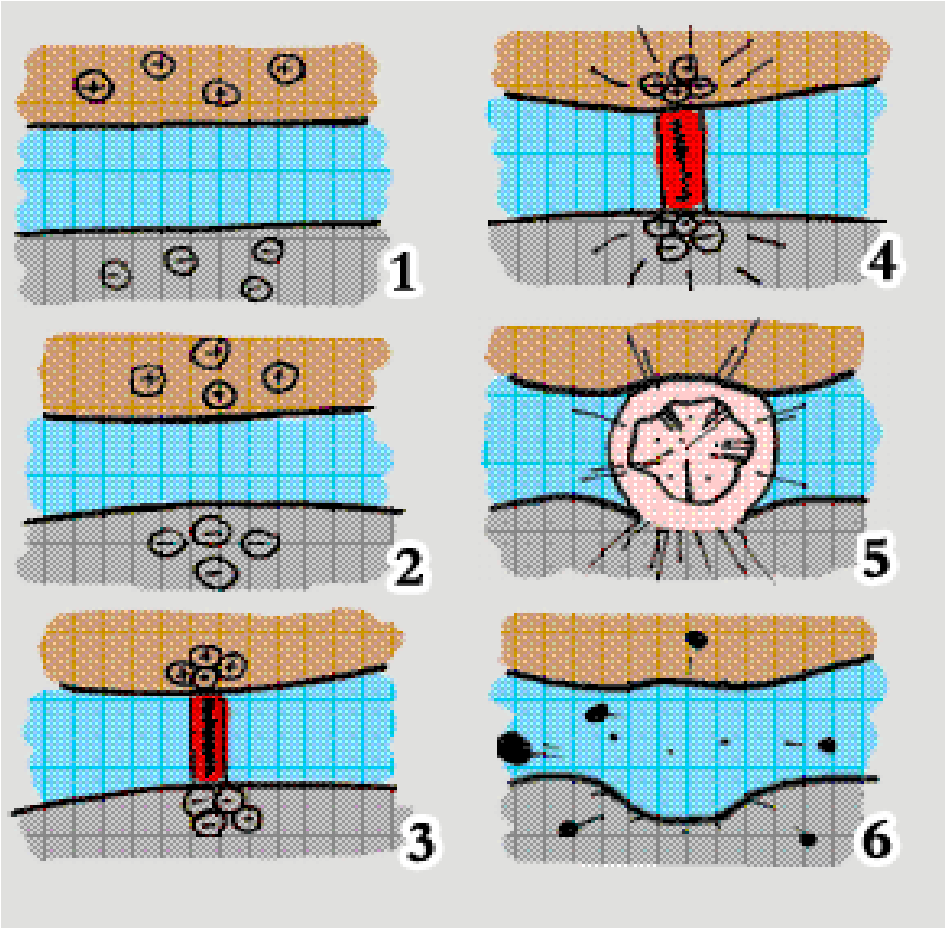
مدار لازارنکو (RC)

مکانیزم براده برداری

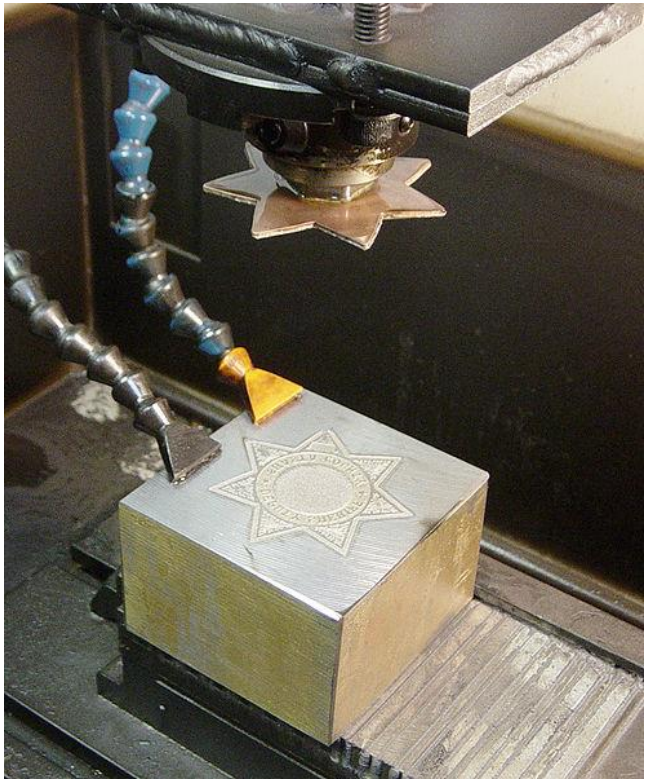
- در اثر شکست الکتریکی جرقه هایی ایجاد می شوند و این جرقه ها حرارت بالا ایجاد می کنند که ناحیه مذاب بسیار کوچکی را روی سطح قطعه کار بوجود می آورند و چاله بسیار کوچکی را در سطح قطعه ایجاد می کنند.

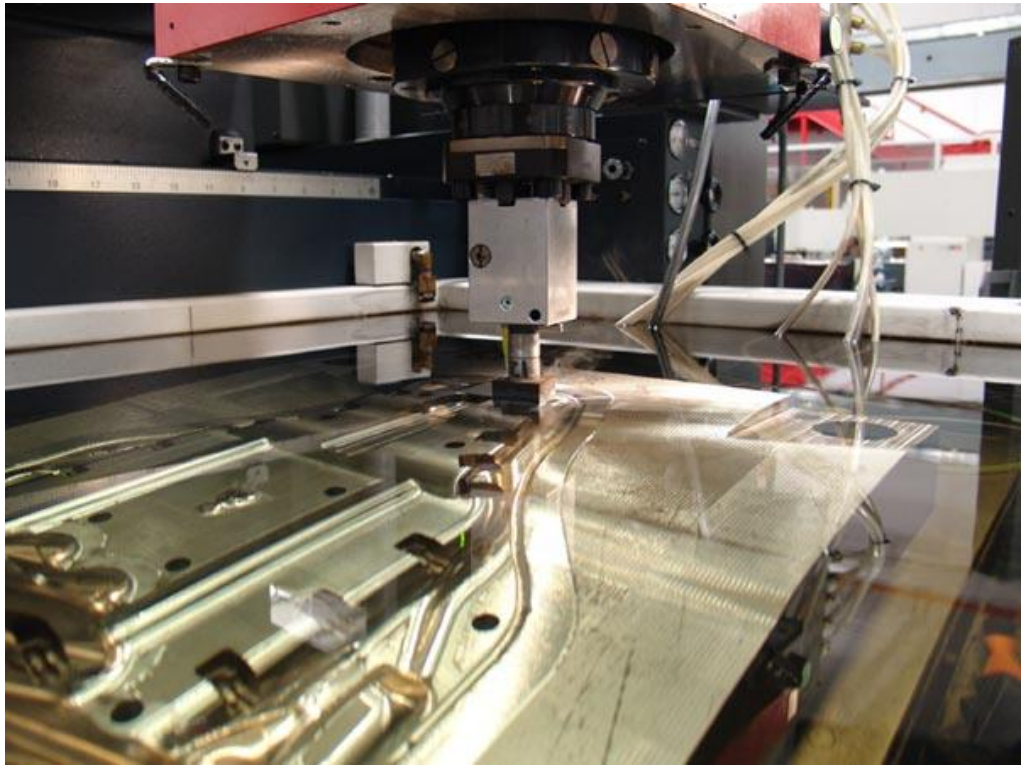


مراحل مختلف ماشینکاری EDM

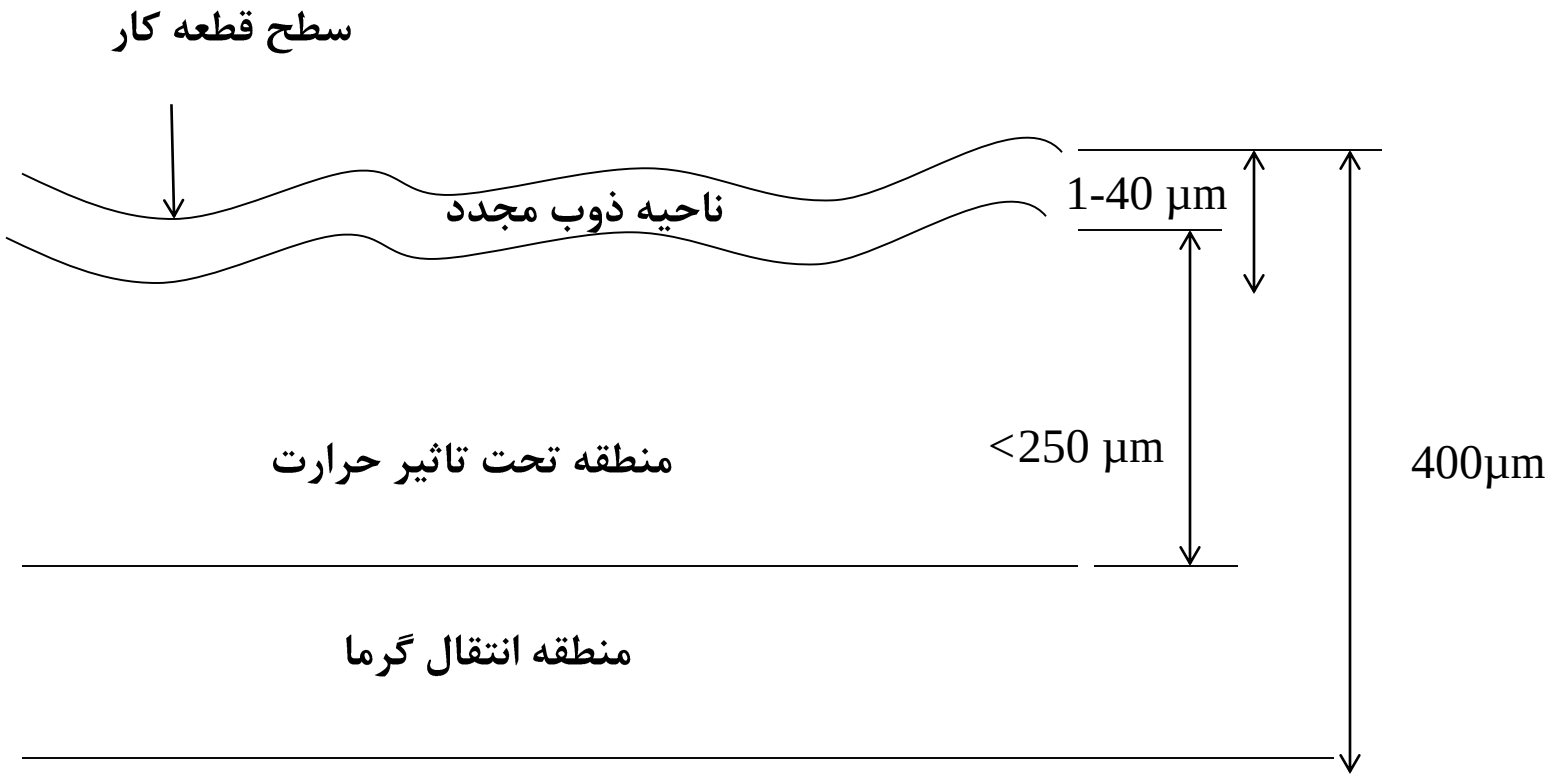


ماشین EDM



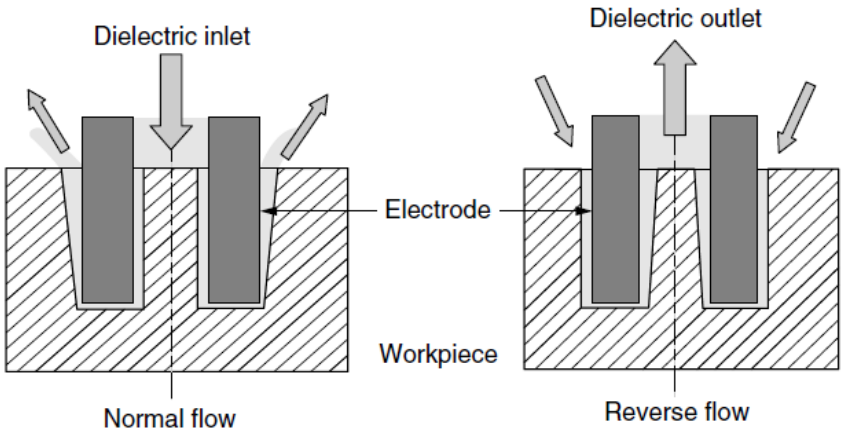


نواحی مختلف سطح قطعه کار پس از ماشینکاری



سوراخکاری

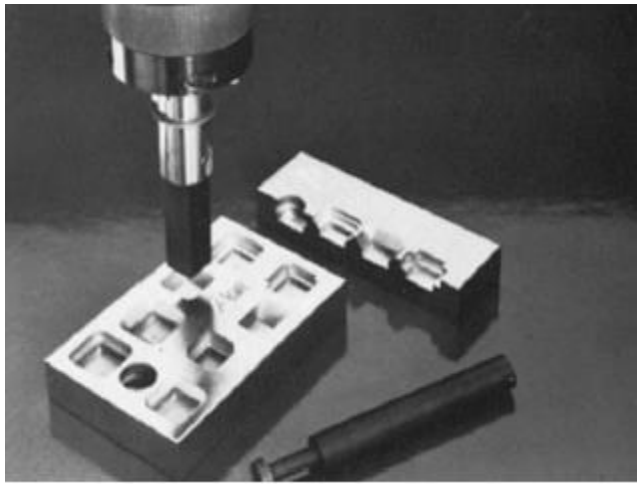
- معمولا از الکترودهای توخالی استفاده می شود.
- در صورت استفاده از ابزار غیرتوخالی، سوراخی برای عبور دی الکتریک در قطعه کار ایجاد می شود
- سوراخ های مورب و غیر معمول به این روش قابل تولید است.
- برای سوراخکاری پره های آلیاژ نیکل توربین از این روش استفاده می شود



سوراخکاری

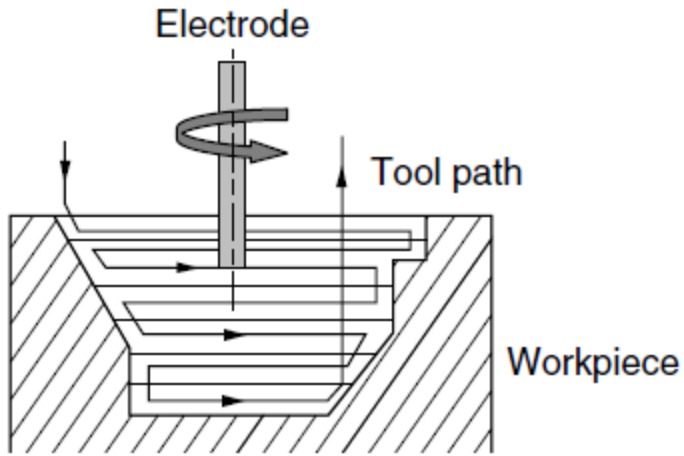
- در اثر عبور ضایعات از دیواره های کناری جرقه ایجاد شده و باعث گرد شدن لبه ها و مخروطی شدن سوراخ می شود

- 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.



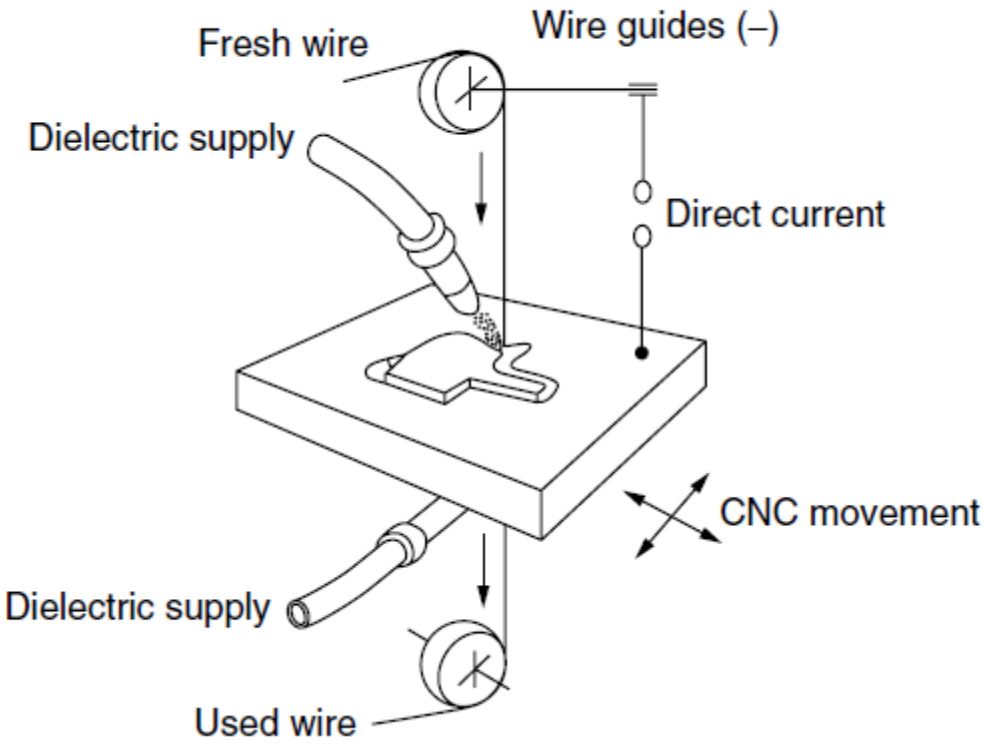
مزایا:

•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 الکترولیت به دلیل اغتشاش حاصل از حرکت الکترود

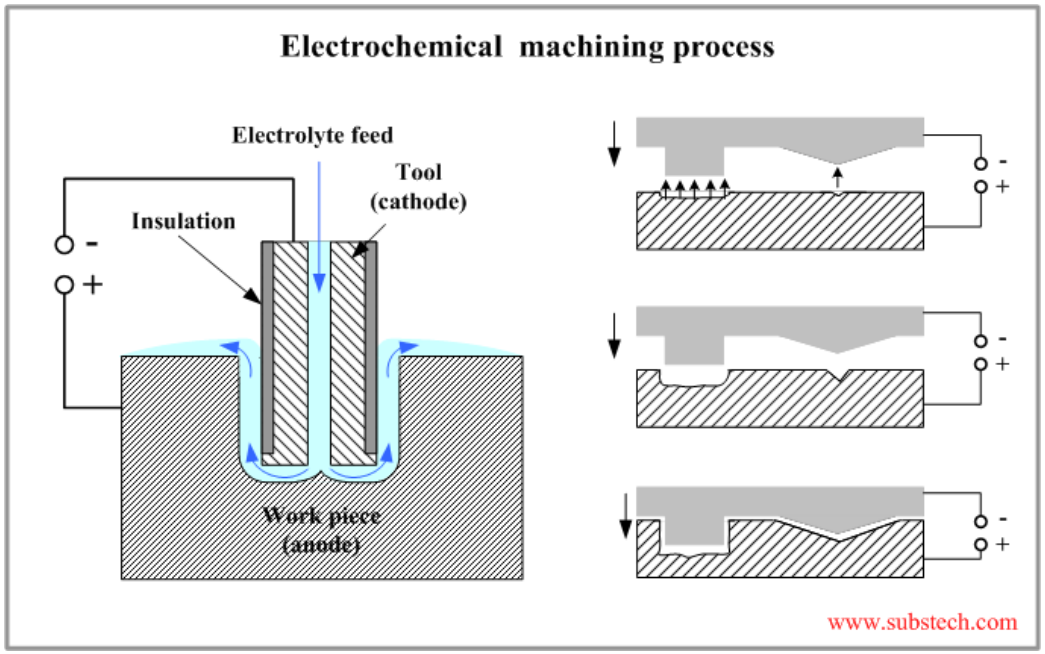
برش سیمی (Wire Cut)



قطعات تولید شده به روش برش سیمی

ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM)

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



ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM)

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

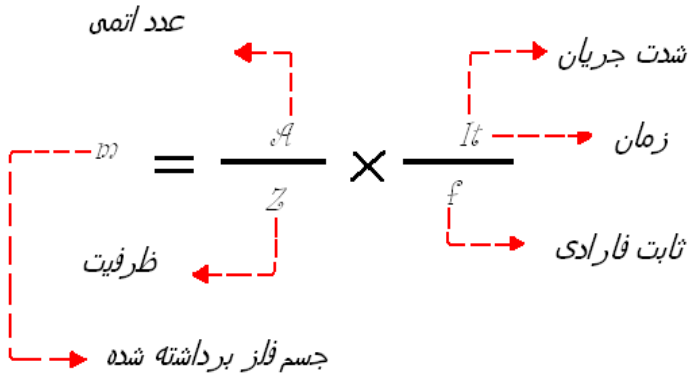
واکنش کاتدی $2\mathrm{H_2O} + 2e \rightarrow \mathrm{H_2} + 2(\mathrm{OH})^-$

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.**

کاربردهای روش ECM

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 0.84 میلی متر ، قطر انتهایی 0.85 میلی متر و عمق 133 میلی متر مورد استفاده قرار می گیرد.
- قطر ابزار در این حالت 0.58 میلی متر است.