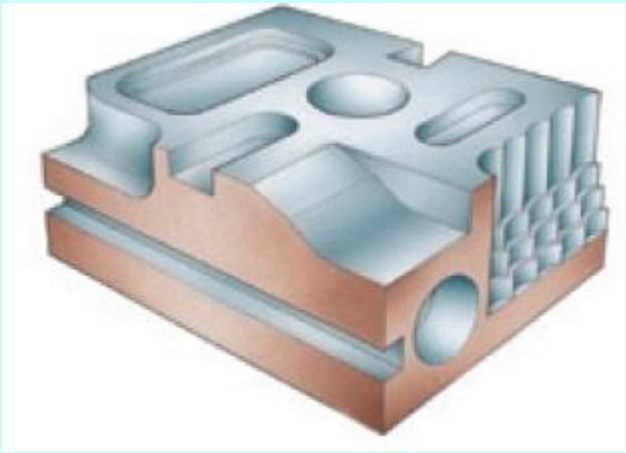
به نام خدا

درس روش های ساخت

آشنایی با حرفه کاری

جلسه دوم: فرزکاري و سوراخکاري



فرزكاري

- فرزكاري يكي از معمولترين فرايندهاي توليد دسته اي در ماشينكاري است.

- در فرزكاري به كمک يک ابزار چندلبه عمل براده برداري از طريق حركت چرخشي ابزار و حركت خطي قطعه كار انجام مي شود.

- بر خلاف فرايند تراشكاري در فرزكاري براده برداري به كمک يک ابزار چند لبه انجام مي شود و تماس دائمي بين ابزار و قطعه كار در فرايند وجود ندارد.

تفاوت های تراش و فرز

تراش	فرز
حرکت ابزار خطی	حرکت ابزار چرخشی
تماس دائم ابزار و قطعه کار در حین تراشکاری	تماس منقطع ابزار و قطعه کار در حین تراشکاری
ابزار تک لبه برنده	ابزار چند لبه برنده
هندسه قطعه کار به صورت گرد	قطعه کار چهارگوش یا با شکل بیرونی سه بعدی

•فیکسچر نوعی گیره است که برای مقید کردن قطعه کار در موقعیت مشخصی طراحی و در تولید استفاده می شود.

کلت-گیرش از داخل

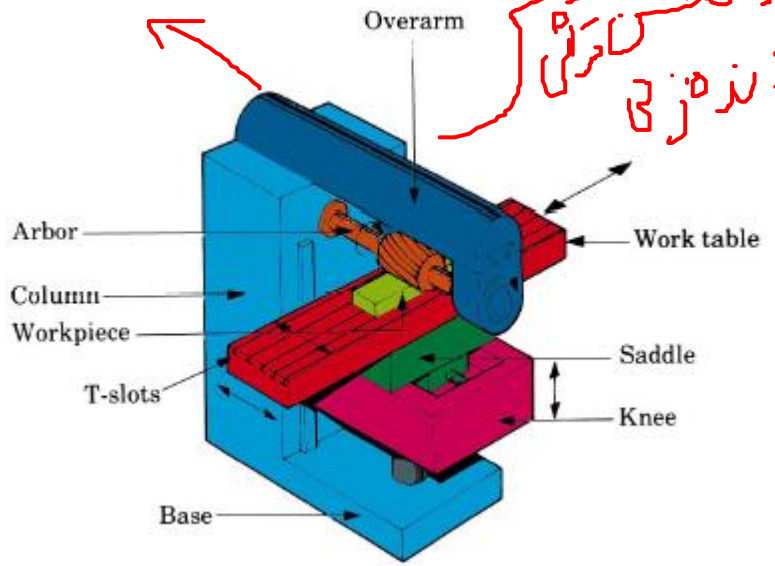
۳ نظام

۴ نظام

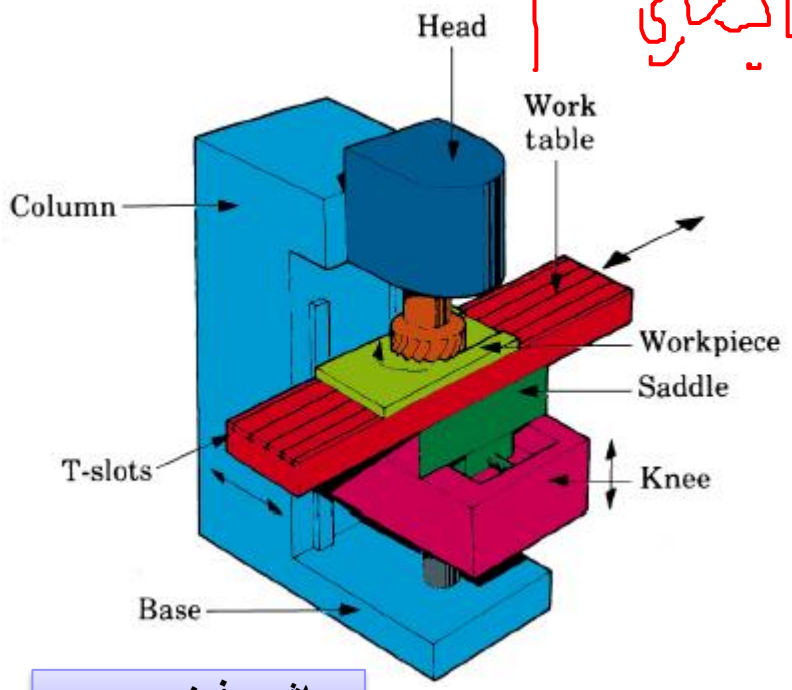
تفاوت های تراش و فرز

نمونه قطعه با شکل بیرونی سه بعدی که برای ماشینکاری کف و سوراخکاری نمی توان از دستگاه تراش معمول براحتی استفاده نمود

انواع دستگاه هاي فرز



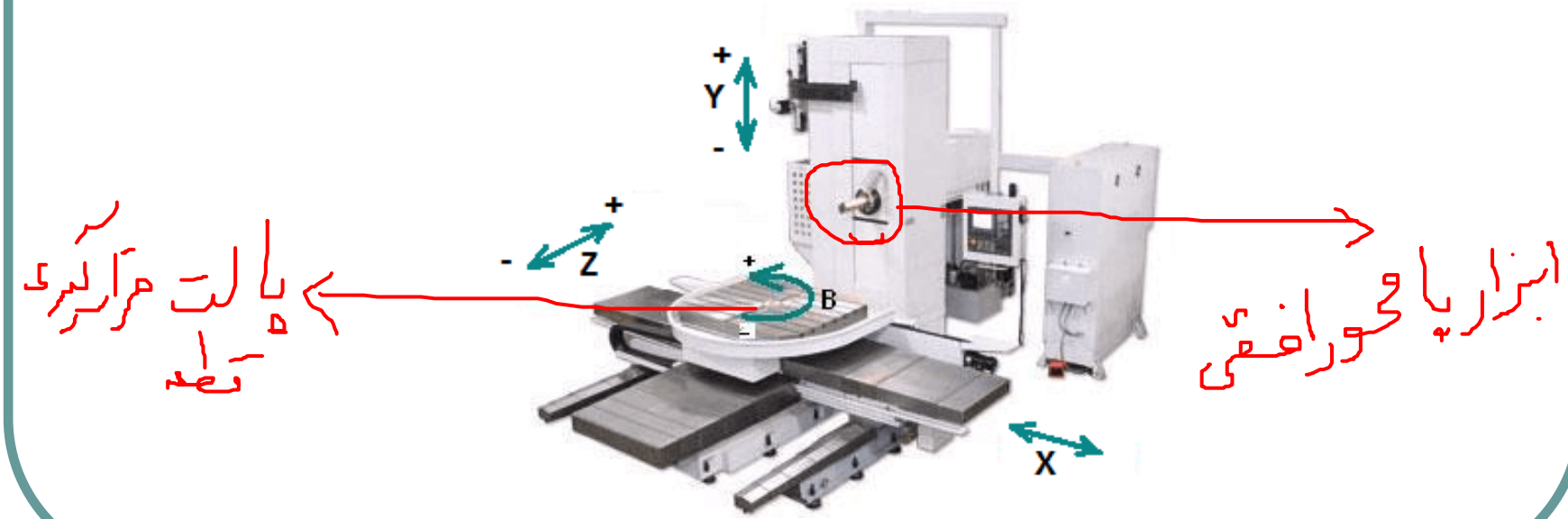
ماشين فرز افقي



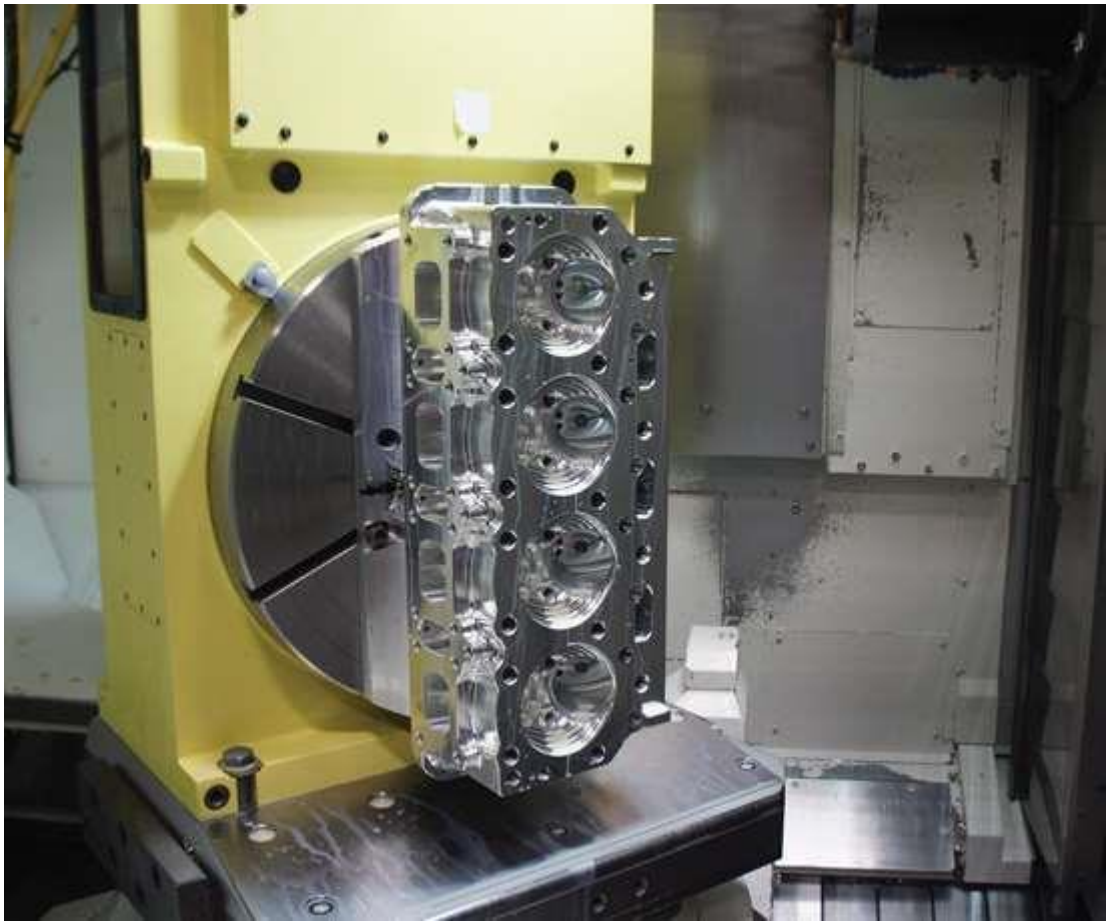
ماشين فرز عمودي

فرق بین ساخت و تولید

•وقتی قطعه ای ساخته می شود، معمولا تیراژ و هزینه خیلی اهمیتی ندارد و معمولا از دستگاههای عمومی و دستی برای این کار استفاده می شود. ولی وقتی از تولید صحبت به میان می آید یعنی فرایندی که از مراحل و دستگاههای زیاد استفاده می شود و قیمت تمام شده بسیار پر اهمیت است و لازم است قطعه با حداکثر کیفیت و حداقل قیمت ساخته شود.

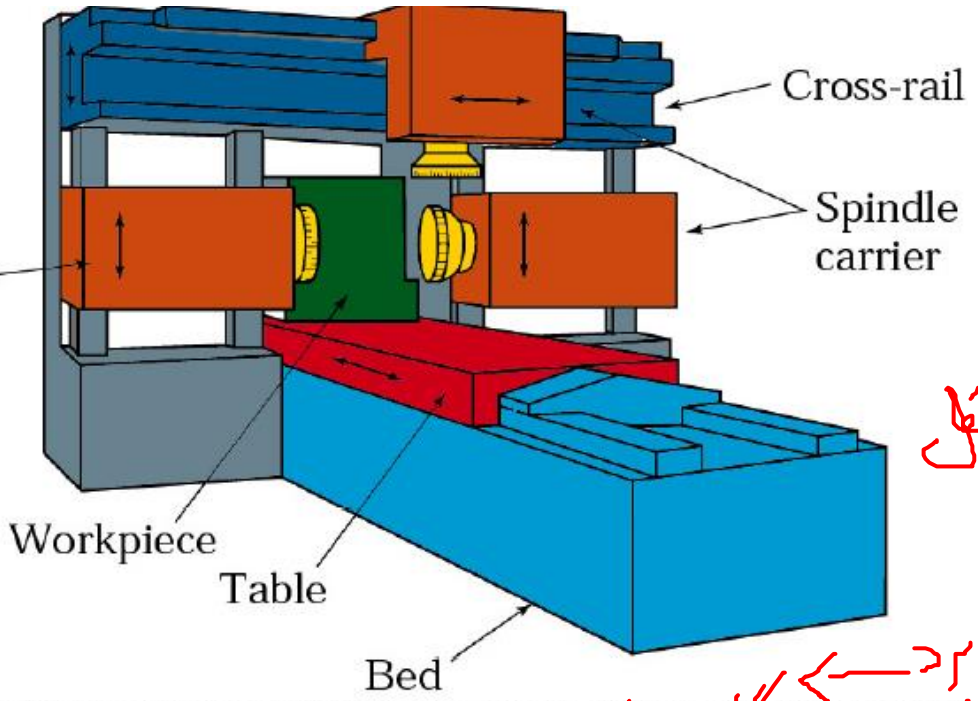


دستگاه فرز با محور افقی جهت تولید سرسیلندر



دستگاه فرز با محور افقی جهت تولید سرسیلندر

انواع دستگاه هاي فرز



ماشین فرز بستر مانند

دروازه‌ای

بستر ثابت

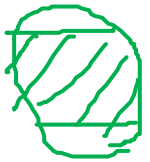
سه‌تیغ گیربدنه

دستگاه‌سازی

Gantry

یا دروازه‌ای

دستگاههای فرز مخصوص



فرز کف تراش دو طرفه

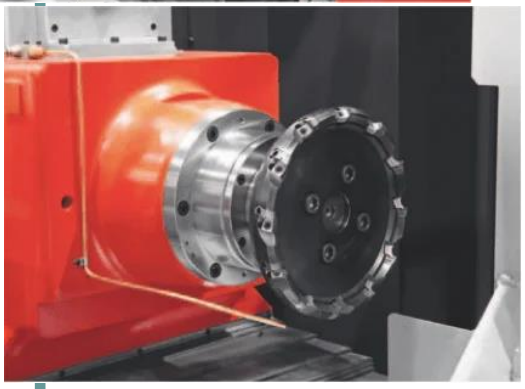
کاربرد: ایجاد پخ بوش سیلندر

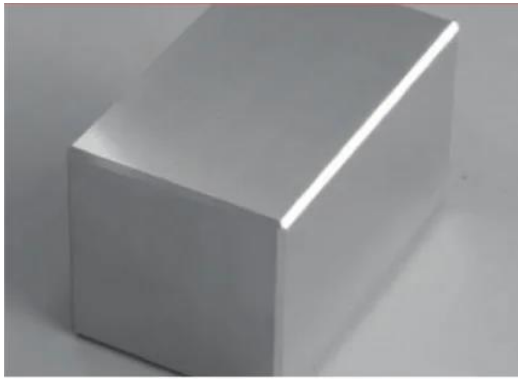
دستگاههای فرز مخصوص

این دستگاه یک نمونه از دستگاه فرز کف تراش دو کله میباشد که این دستگاه خارجی است و در داخل ایران مورد استفاده قرار میگیرد و همچنین این دستگاه یکی از ماشین های ابزاری میباشد که میتواند به صورت کنترل عددی مورد استفاده قرار گیرد که موجب دقت ابعادی بسیار خوب این دستگاه میشئد.

برای جاهایی که چهار طرف یک قطعه بخواهد در زمان بسیار کم (یک پنجم حالت معمولی)کف تراشی شود مورد استفاده قرار میگیرد لازم به ذکر است که این روش صافی سطح بسیار مناسبی میدهد.

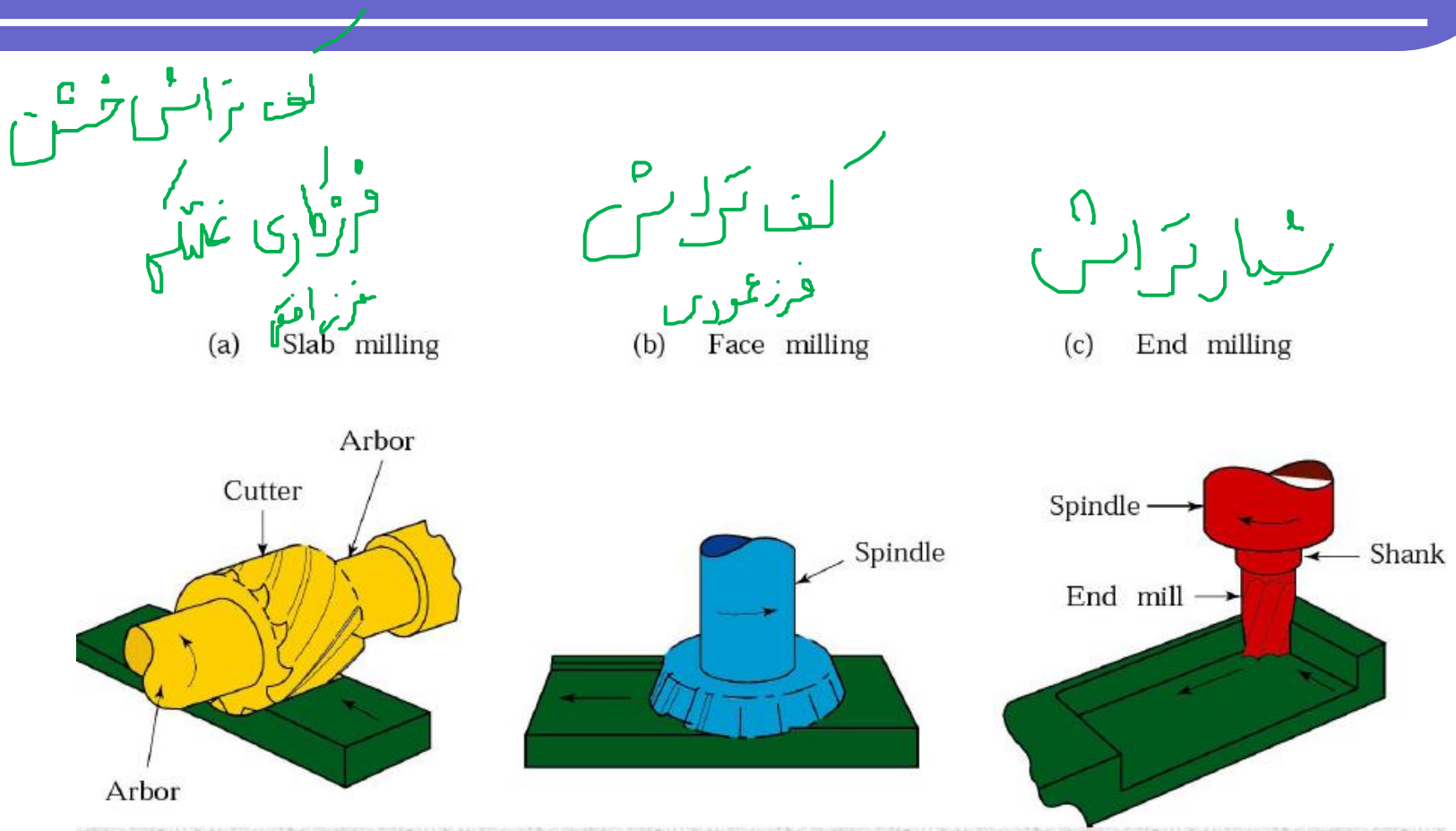
فرز کف تراش چند جهته CNC





دستگاههای فرز مخصوص-Jig Boring

انواع روش هاي فرزكاري



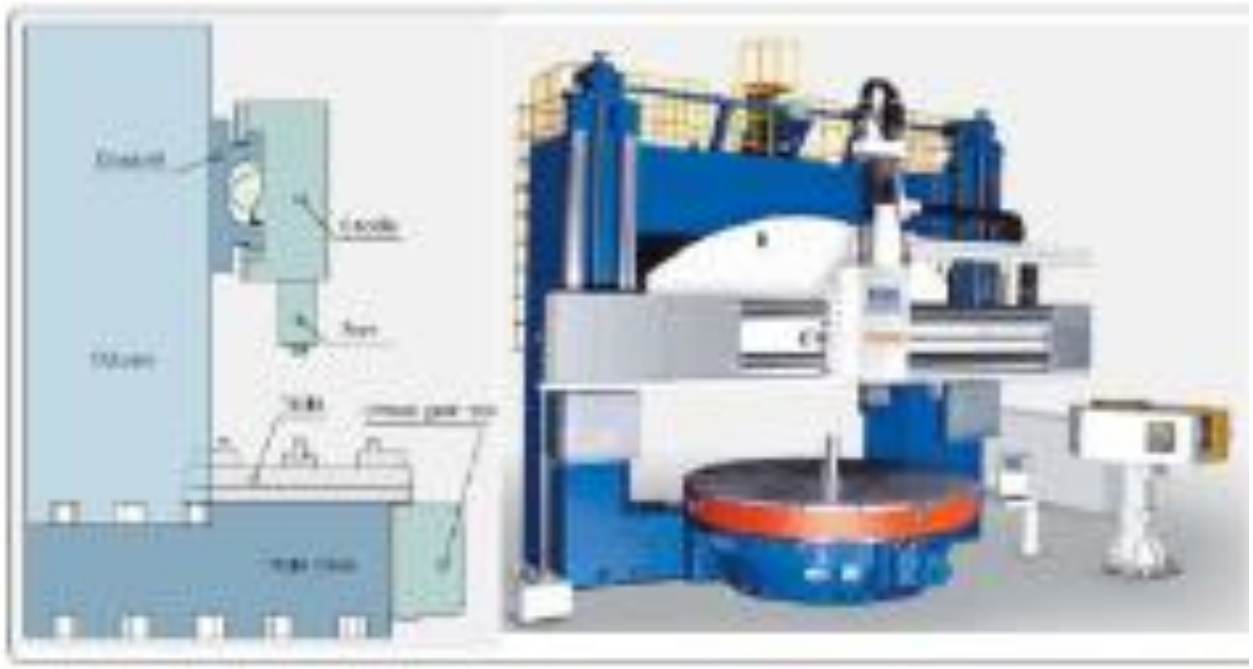
انواع روش هاي فرزكاري

ابزار كف تراش

ابزار انگشتي

ابزار پولكي

تفاوت تراش عمودی و فرز

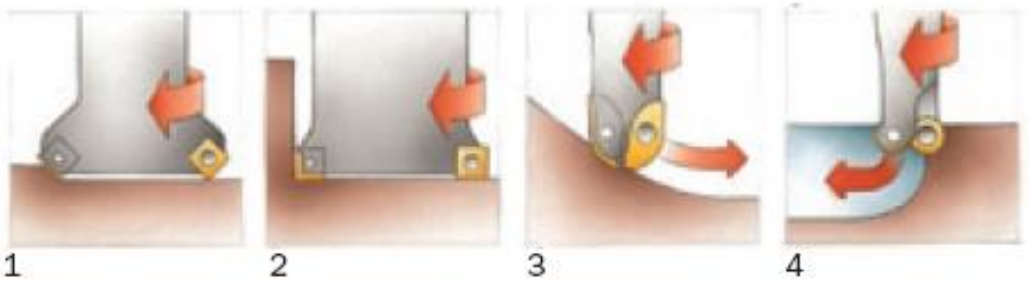


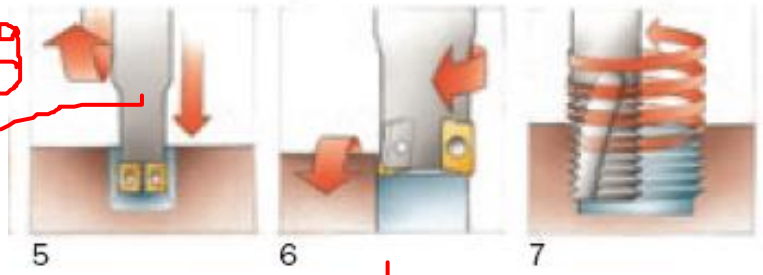
تراش عمودی معکوس

تراش عمودی

کاربردهاي فرزکاري

1 facemilling
2 square-shoulder milling
3 profile milling
4 cavity milling
5 slot milling
6 turn milling
7 thread milling

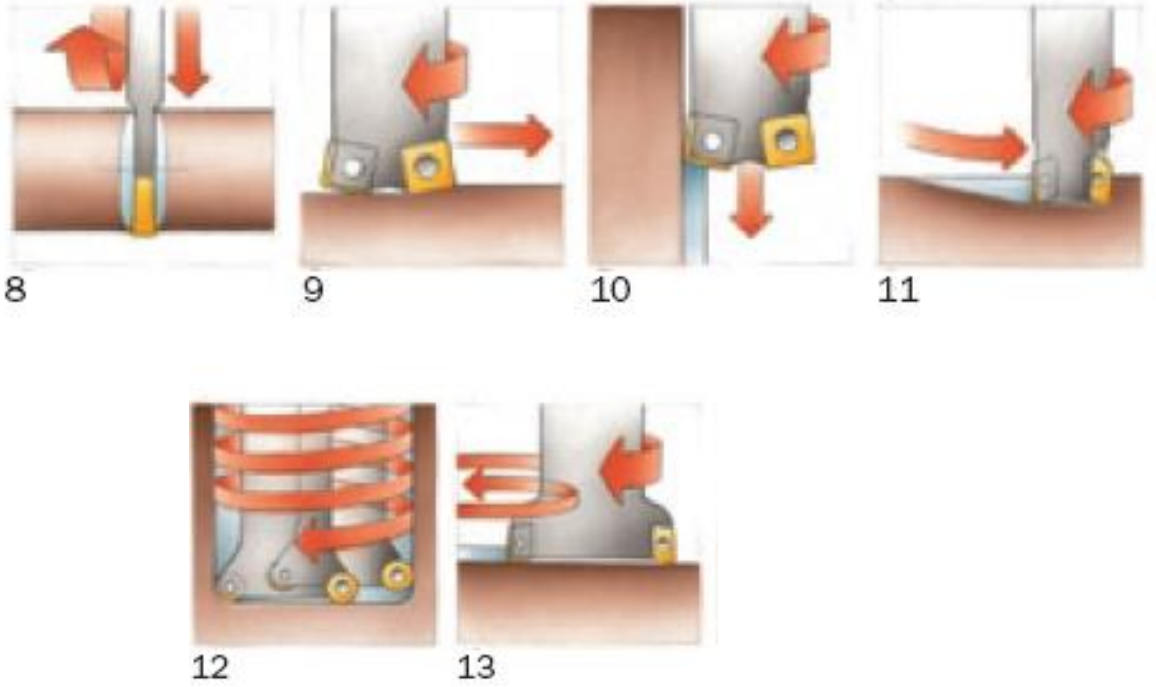




کاربردهاي فرزکاري

برش

8 cutting off
9 high-feed milling
10 plunge milling
11 ramping
12 helical interpolation
13 circular interpolation

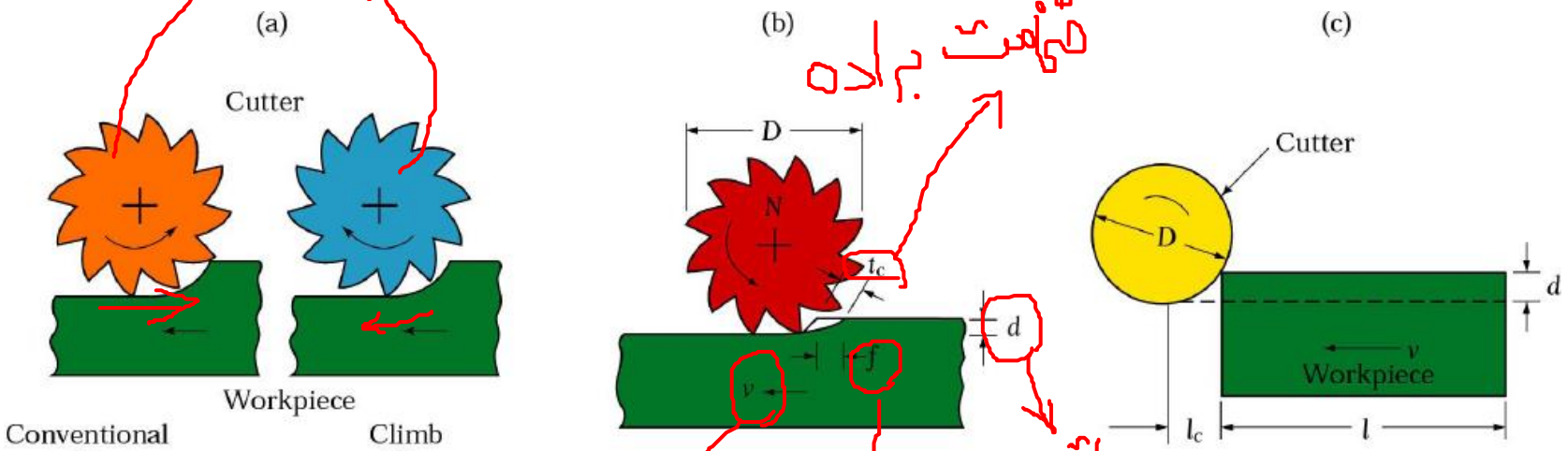


دستگاه فرز

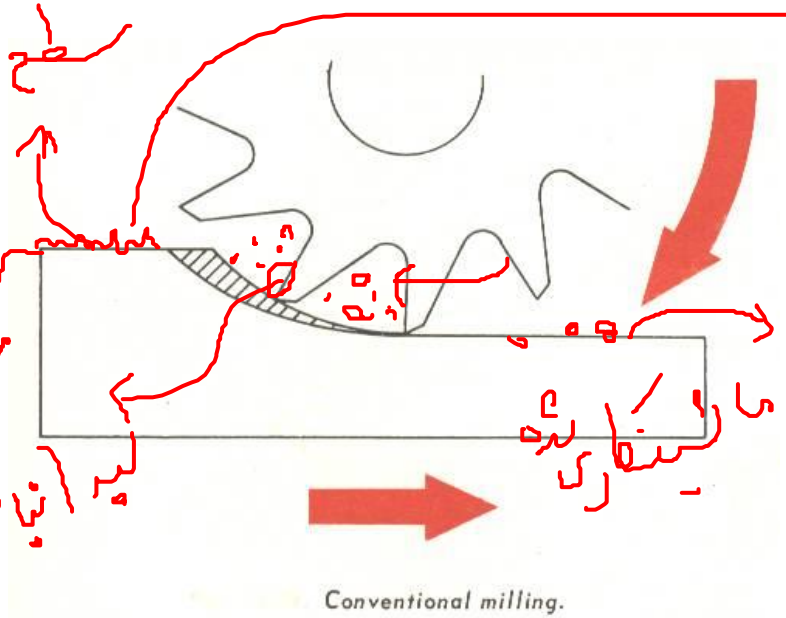
ویدئو

انواع روش هاي فرزكاري

1. فرزكاري مخالف
2. فرزكاري موافق



•**فرزكاري مخالف:** با توجه به اينكه ضخامت براده از مقدار حداقل خود تا مقدار حداكثر تغيير مي كند, براده برداري مستقل از سطح است. سطح ماشينكاري نشده قطعه كار آخرين نقطه درگيري است. فرايند براده برداري هموار و تدريجي است. نيروي وارده از طرف ابزار به قطعه كار آن را به سمت بالا مي فشرد.



Conventional milling.

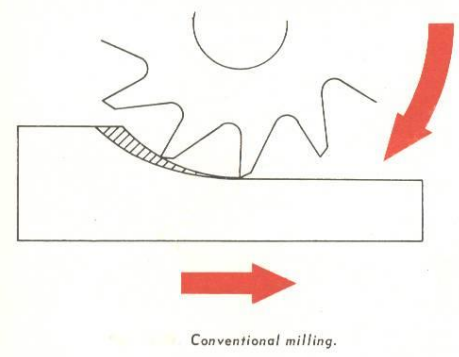
•براده برداري در اين روش مستقل از خصوصيات سطح قطعه است و ناخالصي ها و زبري هاي سطحي تاثيري روي عمر ابزار و نيروها ندارند.

•قطعه كار تمايل دارد به سمت بالا حركت كند بنابراين در طراحي گيره بندي بايد دقت نمود.

•ممكن است ابزار تمايل 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.

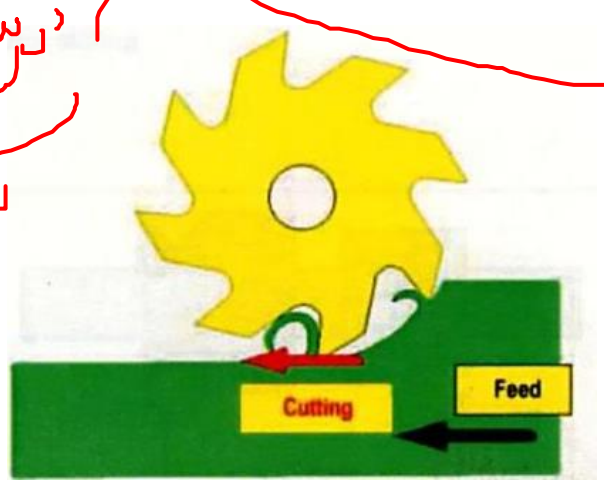


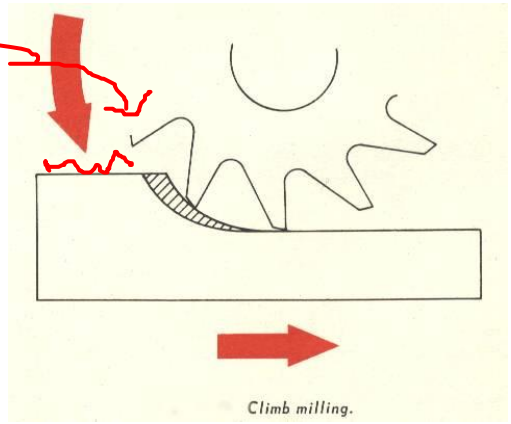
انواع روش هاي فرزكاري

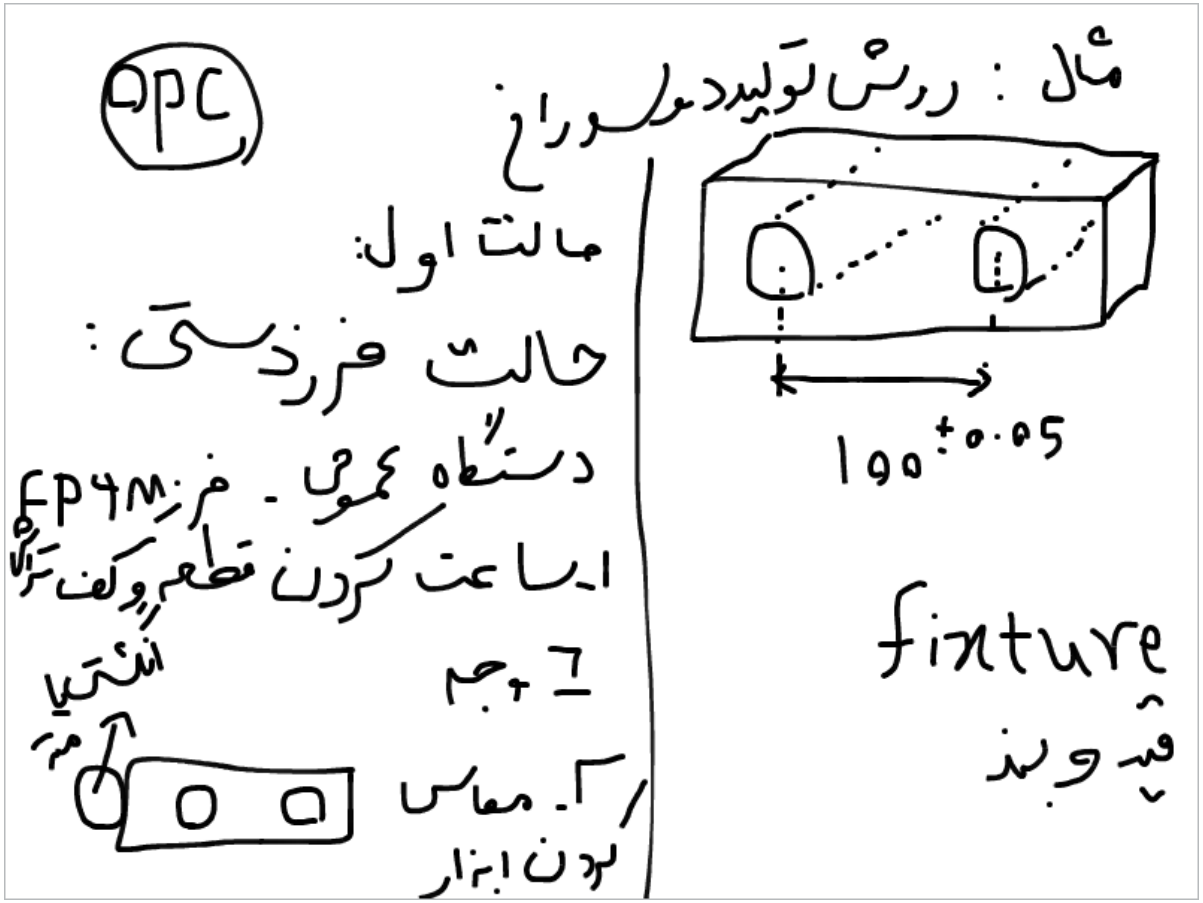
- **فرزكاري موافق:** با توجه به اينكه ضخامت براده از مقدار حداكثر خود تا مقدار حداقل تغيير مي كند, مولفه رو به پايين نيروي ماشينكاري قطعه كار را به سمت پايين فشار مي دهد و براي ماشينكاري قطعات نازك مناسب است. به خاطر ضربه هايي كه به ابزار و قطعه كار وارد مي شود, قطعه كار بايد محكم نگه داشته شود و لقي محورهاي حركتي حداقل باشد.

- براي ماشينكاري قطعات با سطح زبر مانند قطعات ريخته گري و اهنگري مناسب نيست.

- كاربرد معمول : پرداخت كاري قطعات آلومينيومي





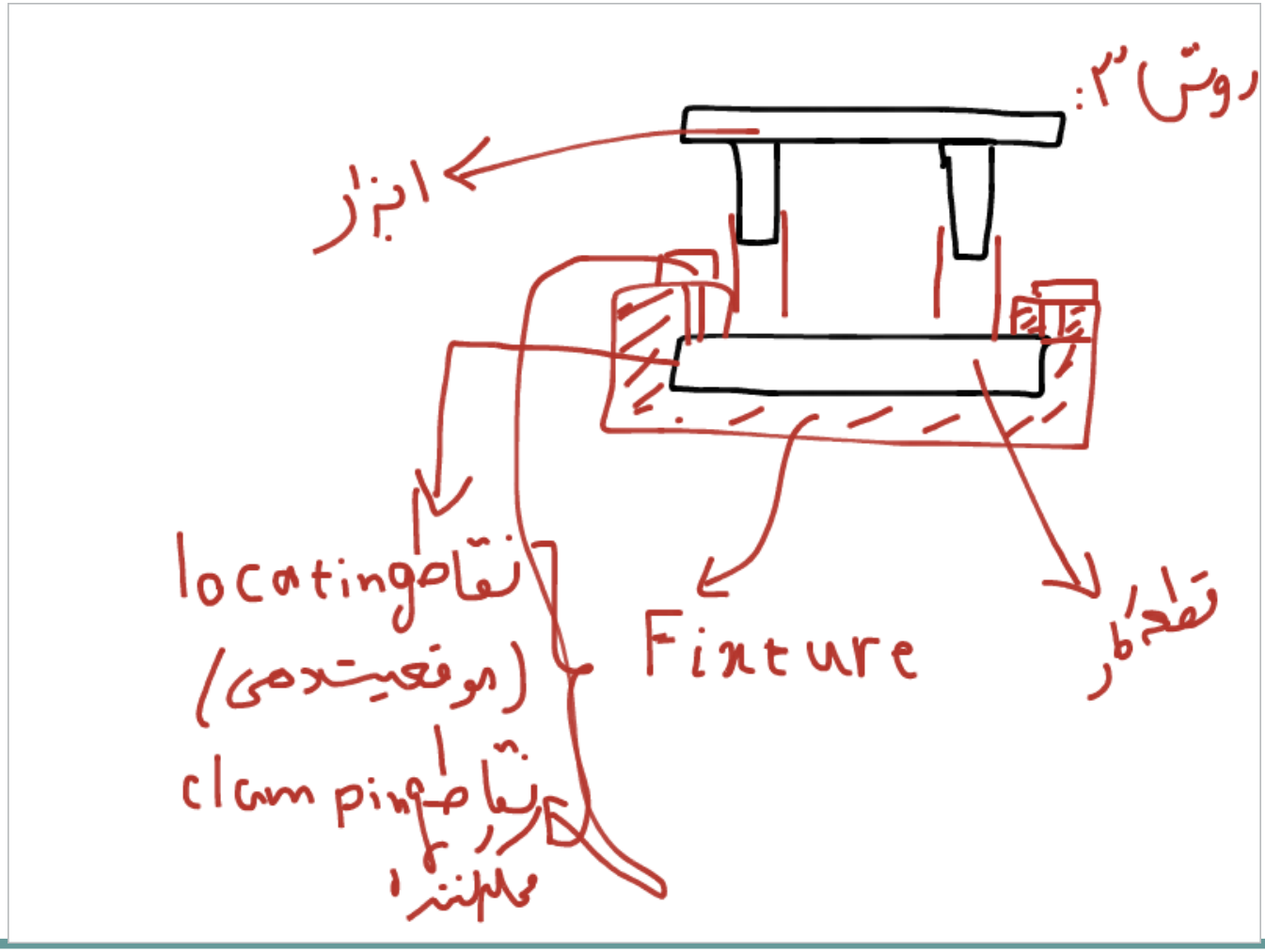

مثال : روش تولید در سوراخ
$190^{+0.05}$
fixture
مالت اول:
حالت فرزی:
دستگاه عمودی - فرز FP6M
ایجاد کردن قطعه و کف تراش
انتخاب
۲. معاس
بدون ابزار

۳- ایجاد سوراخ اول

۴- ایجاد سوراخ دوم قطعه کار در گیره قرار می گیرد

روش دوم : استفاده از دستگاه مرز CNC
دقت در این روش بالاتر است ولی زمان تولید هم نیز بالا است.

استفاده از ابزار مولتی اسپیندل



چرخ دنده تراشي با دستگاه هاب

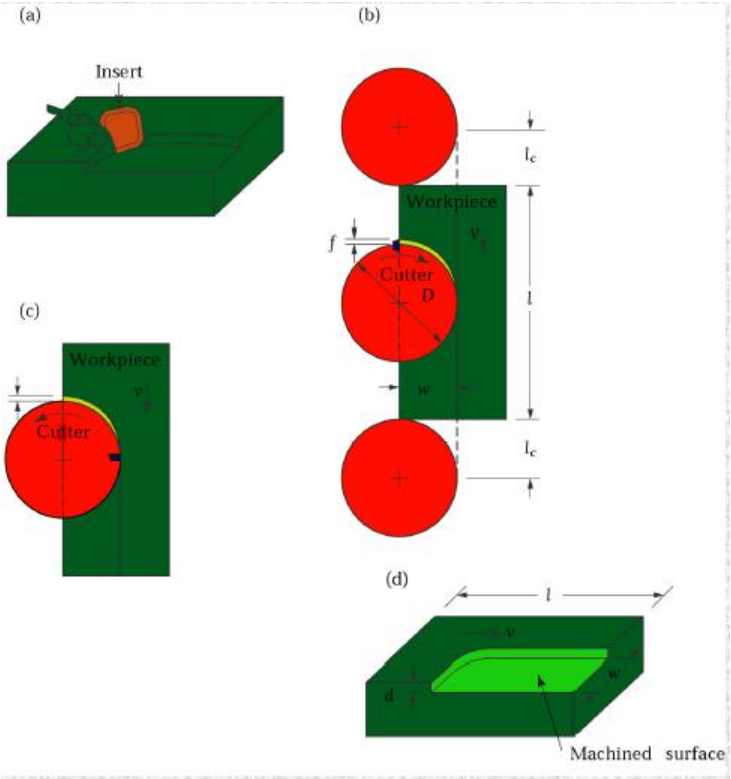
ويدئو

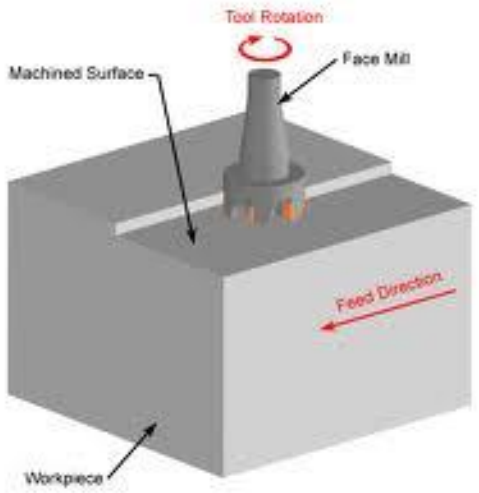
چرخ دنده تراشي با ابزار انگشتي

ويدئو

كف تراشي

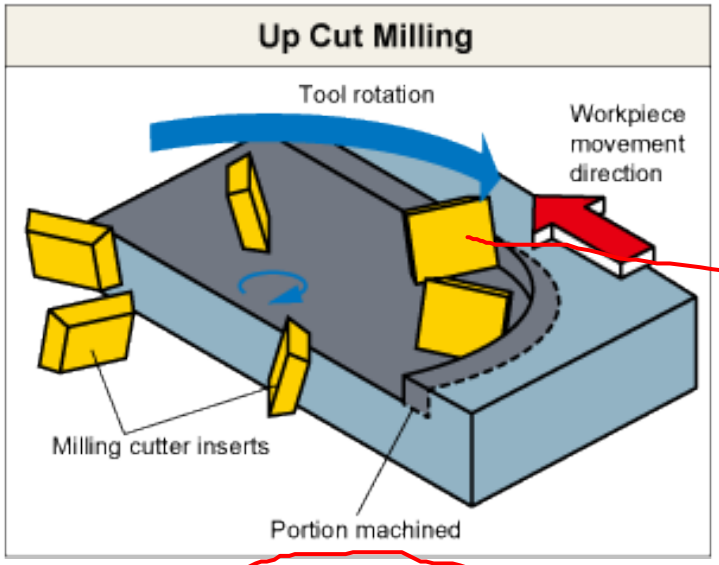
•در اين فرايند محور چرخشي ابزار عمود بر سطح قطعه كار است و براي كم كردن ارتفاع قطعات مورد استفاده قرار مي گيرد.





كف تراشي

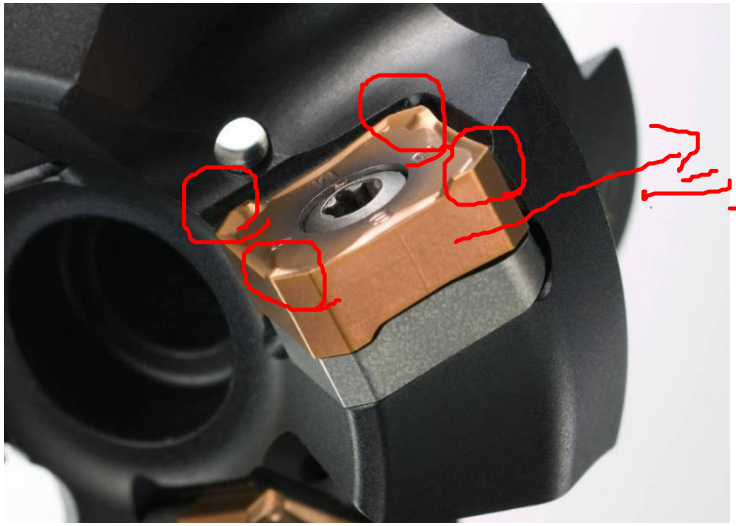
سازوكار براده برداري



فرزكاري مخالف

كف تراشي

ابزارهاي جازدني



اطلاع از پایان عمر ابزار

روش های اطلاع از پایان عمر ابزار:

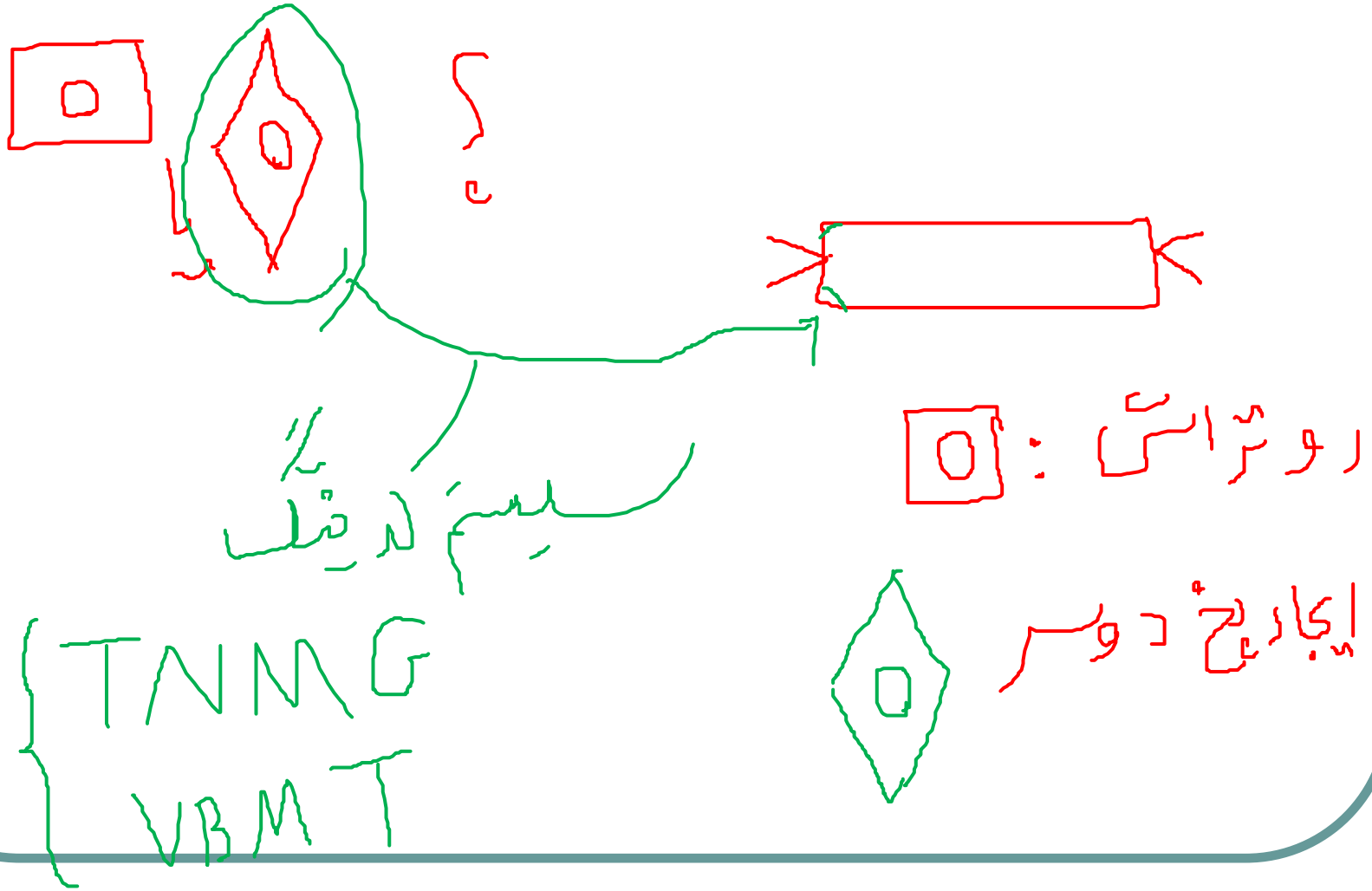
۱-اگر هندسه یا صافی سطح قطعه کار حاصل، خارج از محدوده مشخص شده در نقشه باشد.

۲-اندازه گیری آستانه فرسایش

۳-سروصدای غیرعادی و حرارت زیاد ابزار

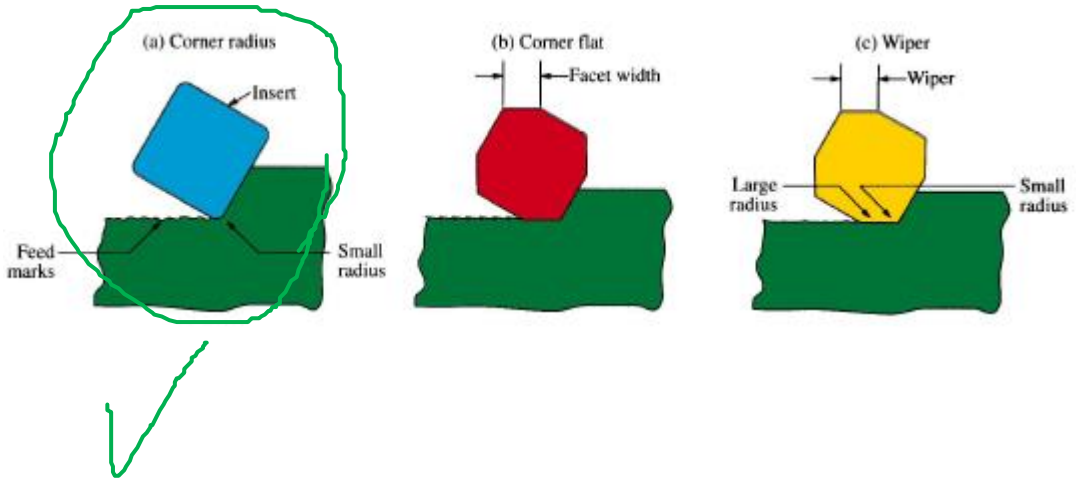
۴-نیروهای زیادی به ابزار یا قطعه کار وارد می شود. به روشی می توان این نیروها را اندازه گیری نمود.

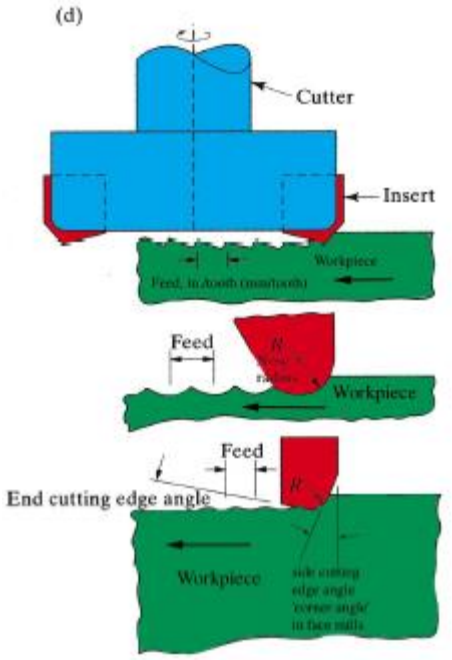
انتخاب هندسه و جنس اینسرت در ماشینکاری



صافي سطح در كف تراشي

تاثير شعاع لبه ابزار روي صافي سطح

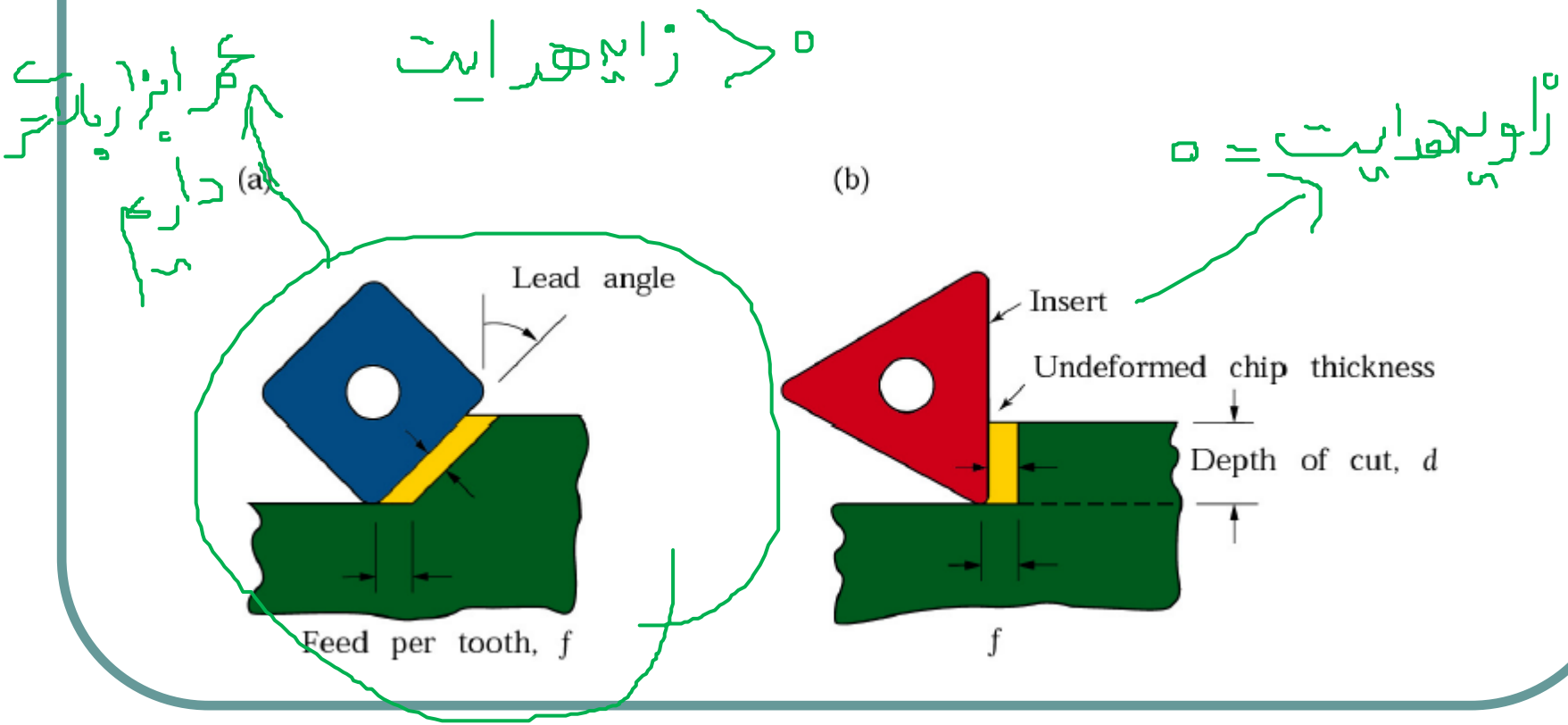




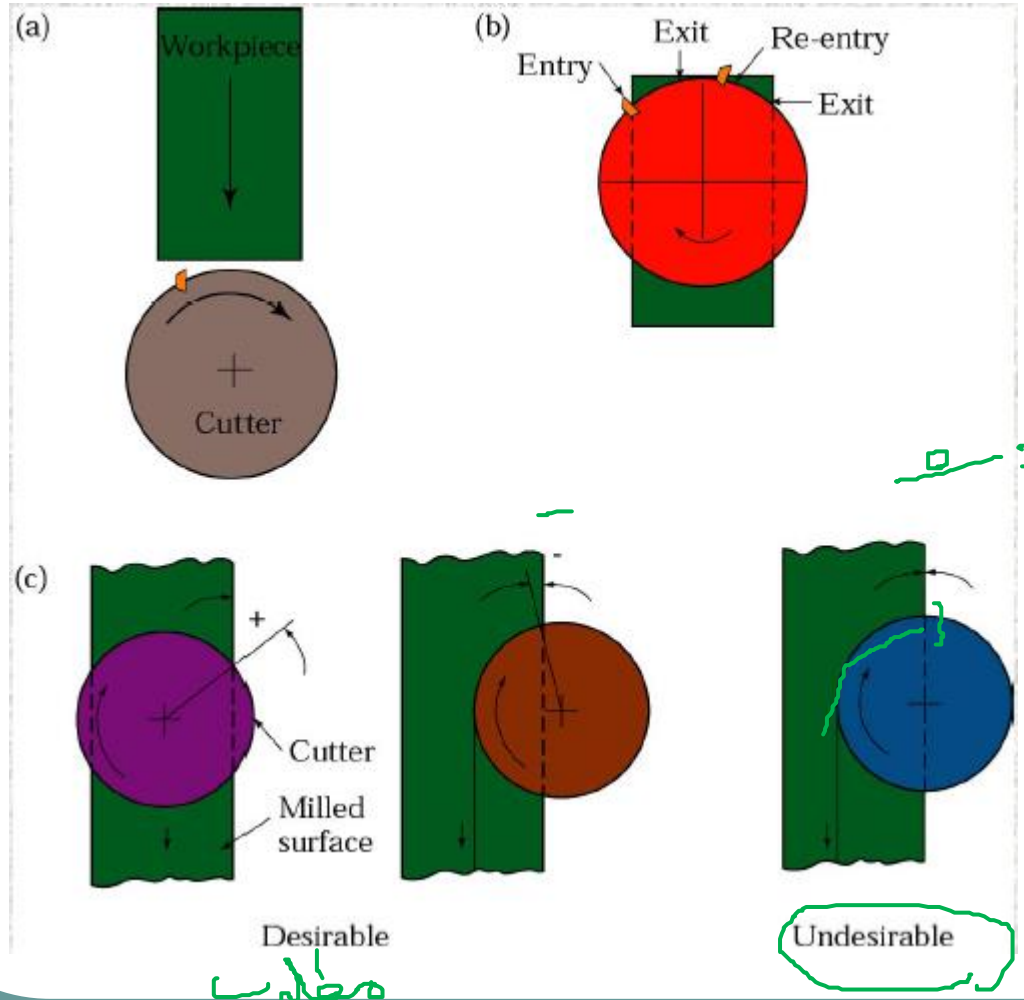
تاثير پيشروي روي صافي سطح

تاثیر زاویه هدایت

با افزایش زاویه هدایت ضخامت براده تغییر شکل نیافته کاهش و طول ناحیه تماس بین ابزار و براده افزایش مي یابد.

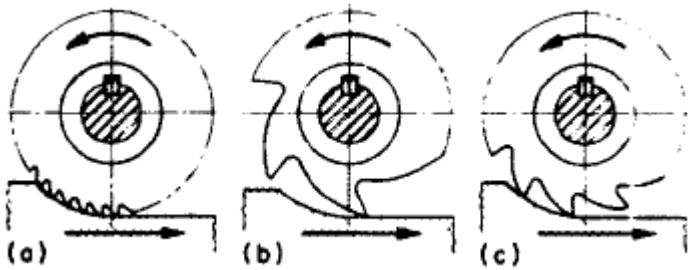


انتخاب قطر ابزار



- در حالتي كه زاويه خروج صفر است, تيغه ابزار قطعه كار را در حداكثر ضخامت براده ترک مي كند و حداكثر ضربه به ابزار وارد مي شود.

اثر تعداد تيغه ابزار



- افزايش تعداد تيغه ها در ابزار باعث مي شود فضاي كافي براي خروج براده ها وجود نداشته باشد و توان مصرفي افزايش يابد.

- كم بودن تيغه ها باعث ايجاد ارتعاشات (Chatter) , كاهش دقت ابعادي, صافي سطح و سايش ابزار مي شود.

- خصوصيات جنس قطعه كار در انتخاب تعداد تيغه ها موثر هستند. براي جنس هاي ترد مانند چدن مي توان از تعداد زياد تيغه استفاده نمود.

تیغه فرزهای پولکی

- معمولا از جنس HSS هستند و پوشش دهی نمی شوند.

M 42 جنس تیغه: جلا - فولاد

3. AISI M42 Tool Steel Chemical Composition Properties Comparison

ASTM A600	C		Mn		P	S	Si		Cr		V		Mo		W		Co	
M42	1.05	1.15	0.15	0.40	0.03	0.03	0.15	0.65	3.50	4.25	0.95	1.35	9.00	10.00	1.15	1.85	7.75	8.75
DIN ISO 4957	C		Mn		P	S	Si		Cr		V		Mo		W		Co	
1.3247/HS2-9-1-8	1.05	1.15	...	...	...	...	...	0.70	3.50	4.50	0.90	1.30	9.00	10.00	1.20	1.90	7.50	8.50
JIS G4403	C		Mn		P	S	Si		Cr		V		Mo		W		Co	

تیغه فرزهای پولکی

- معمولا از جنس HSS ستند و پوشش دهی نمی شوند.

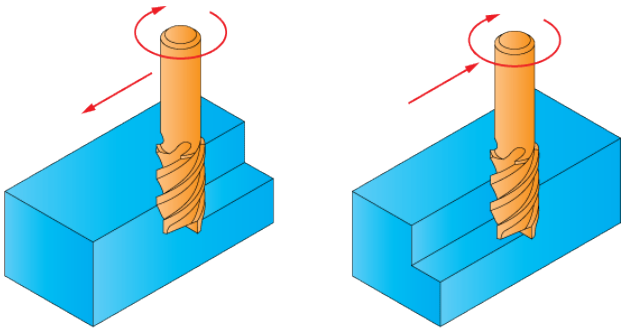
کل پیرامون ابزار
از جنس کارباید
است

مقایسه تیغه فرزهای پولکی HSS و کارباید

مزیت های کارباید	معایب کارباید
عمر بالاتر	شکننده بودن
قابلیت ایجاد شیار و برش قطعات سخت و پوششکاری شده	امکان تیزکاری ندارند
	قیمت بالاتر

ابزار دقیق برای دستگاه دقیق مناسب است

End milling



فرزکاری موافق و مخالف

انواع انگشتی

End milling

THERE ARE MANY TYPES OF STANDARD MILLING CUTTERS SOME OF THEM ARE:-

1) Plain milling cutter
- Light duty plain milling cutter
- Heavy duty plain milling cutter
- Helical plain milling cutter

2) Side milling cutter
- Plain side milling cutter
- Staggered teeth side milling cutter
- Half side milling cutter
- Interlocking side milling cutter

3) Metal slitting saw
- Plain metal slitting saw
- Staggered teeth metal slitting saw

4) Angle milling cutter
- Single angle milling cutter
- Double angle milling cutter

5) End mill
- Taper shank end mill
- Straight shank end mill
- Shell end mill

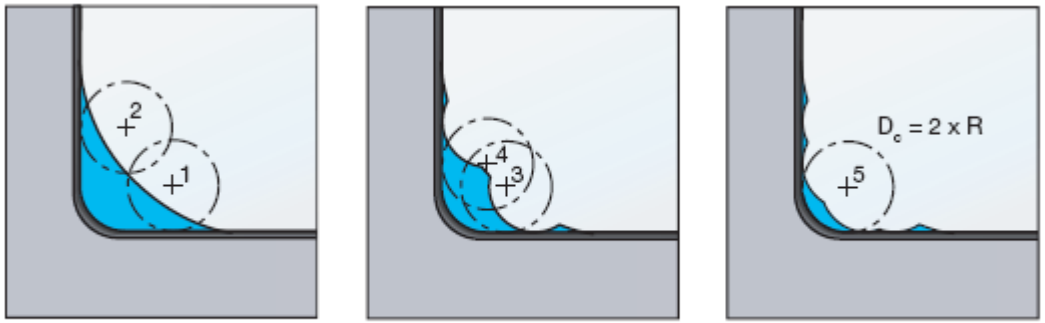
6) T-slot milling cutter

7) Woodruff key slot milling cutter

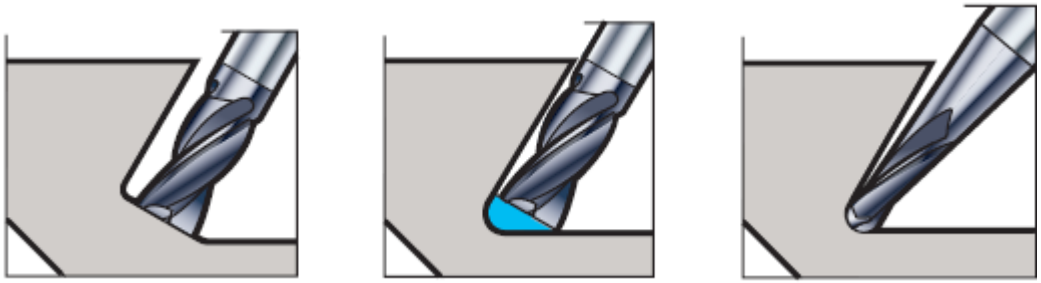
8) Fly cutter

9) Formed cutter
- Convex milling cutter
- Concave milling cutter

فرزكاري گوشه ها با استفاده از ابزارهاي مختلف



Machining sequence 1 to 5.



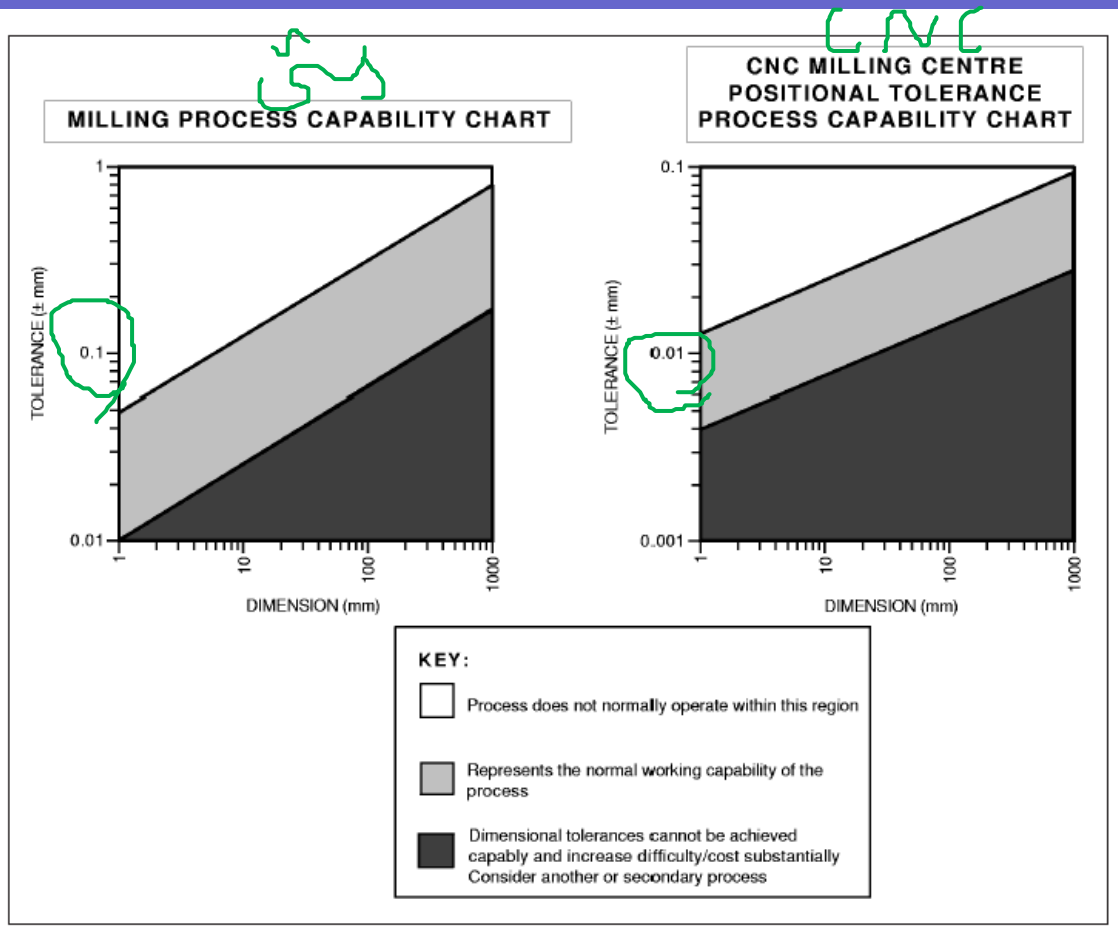
فرزکاري شکل هاي آزاد

free form machining

توليد عالي

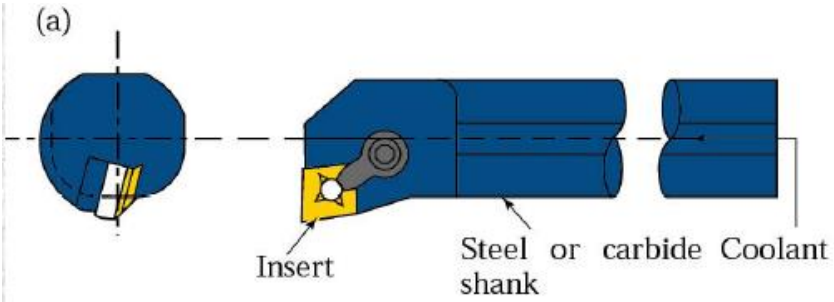
با دستگاه CNC امکان
ايجاد و وجود دارد

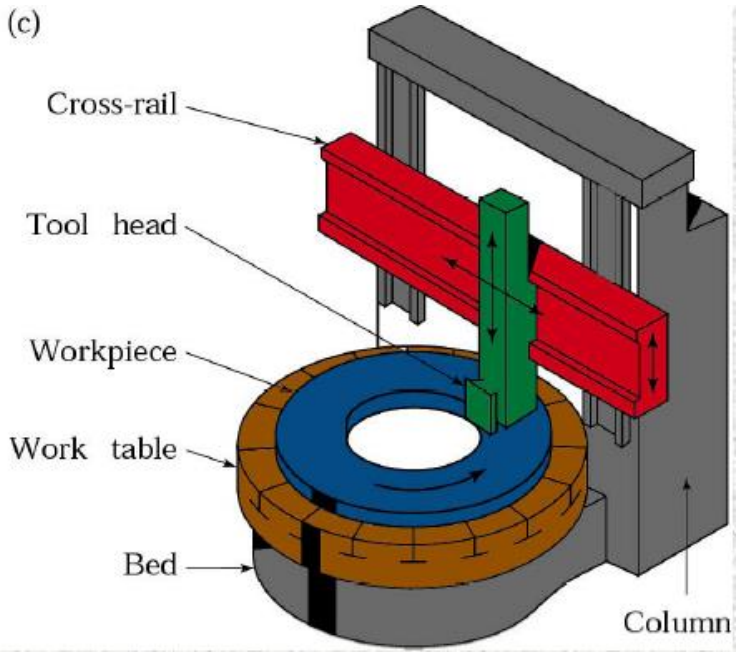
قابليت فرآيند فرزكاري از نظر دقت ابعادي



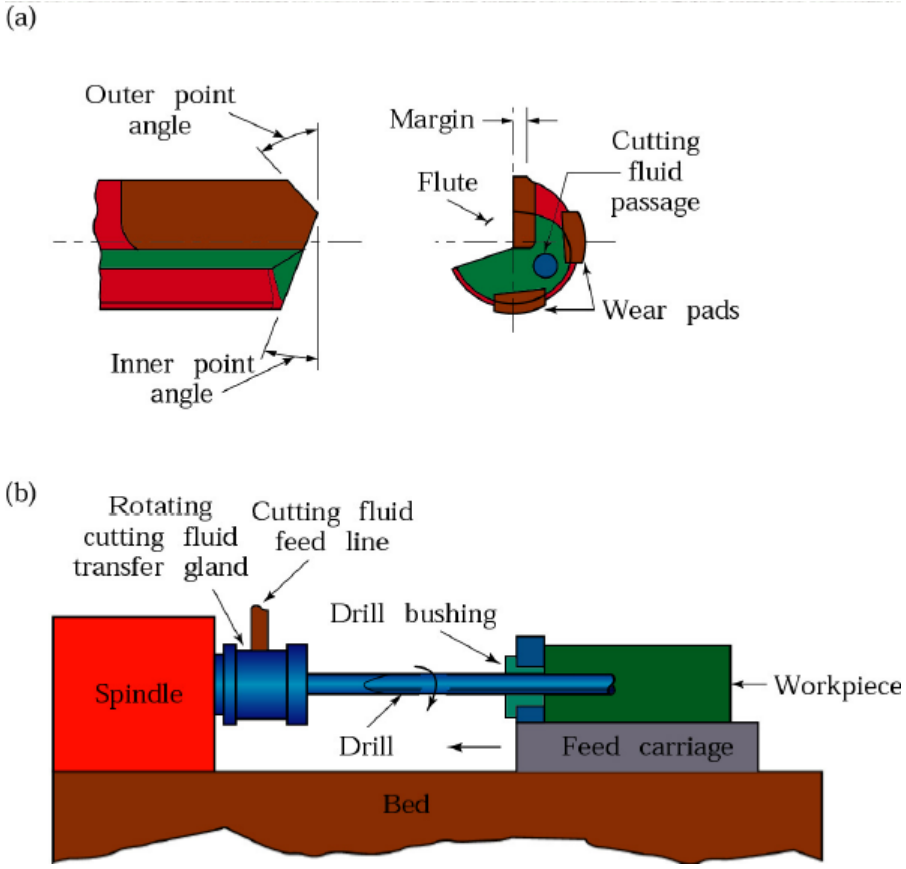
بورینگ

•فرايندي است كه براي افزايش قطر سوراخ با استفاده از ابزار تک لبه مورد استفاده قرار مي گيرد. با توجه به بلندي طول دسته ابزار خمش آن بايد مدنظر قرار بگيرد.



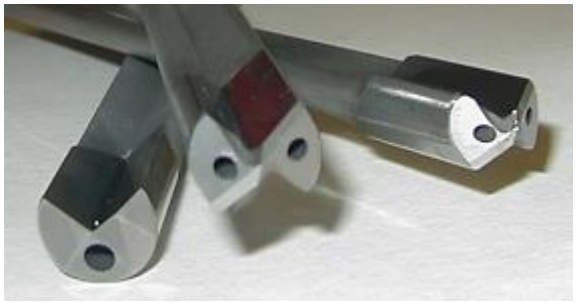


سوراخكاري عميق (Gun Drilling)

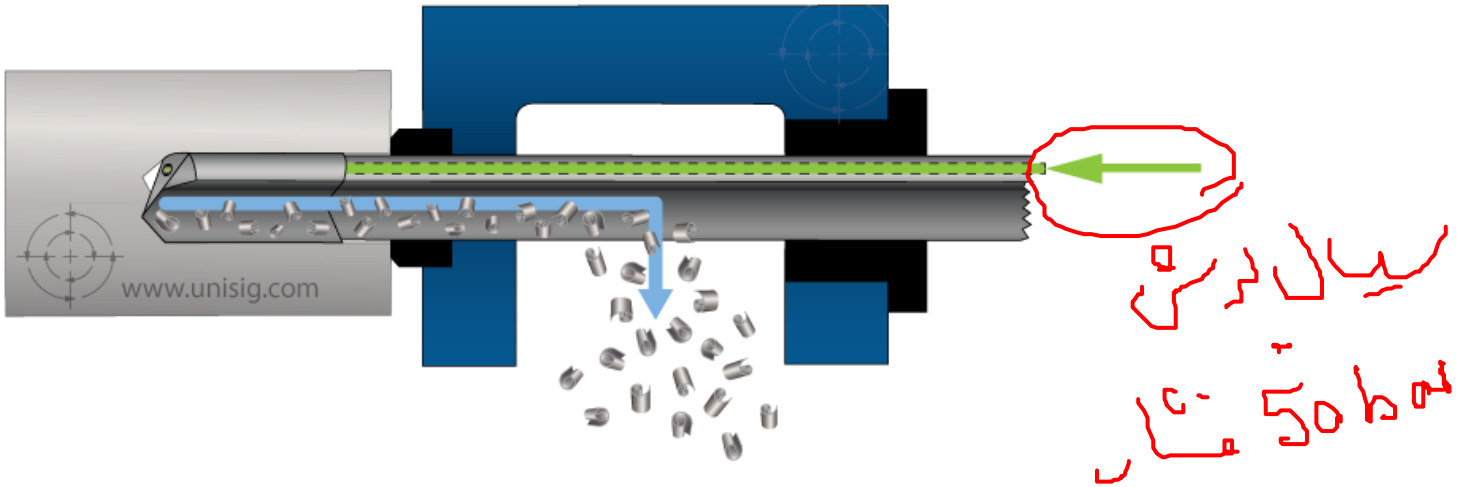


- از اين روش در ابتدا براي سوراخكاري لوله تفنگ استفاده مي شد.
- عمل متعادل سازي نيروهاي جانبي كه به مته وارد مي شود توسط صفحات ياتاقاني جانبي كه به مته متصل مي شوند انجام مي شود.
- سيال برش با فشار زياد از مركز ابزار به محل ماشينكاري جريان مي يابد.

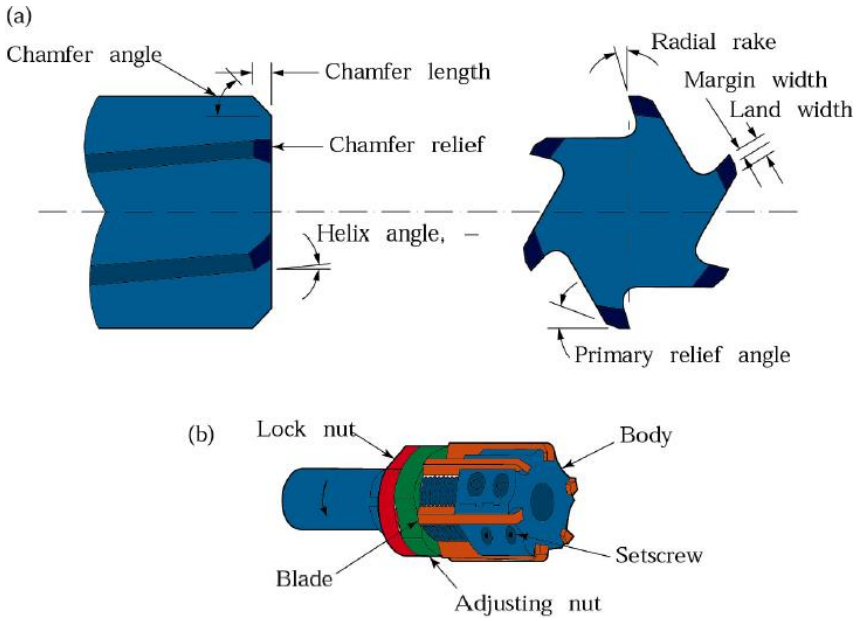
سوراخكاري عميق (Gun Drilling)



- براي نسبت هاي طول به قطر 300 و بيشتر مورد استفاده قرار ميگيرد.
- سرعت هاي برش تند و پيشروي هاي كم در اين فرايند مورد استفاده قرار مي گيرند.



برقوكاري با ابزار چندلبه (Reaming)



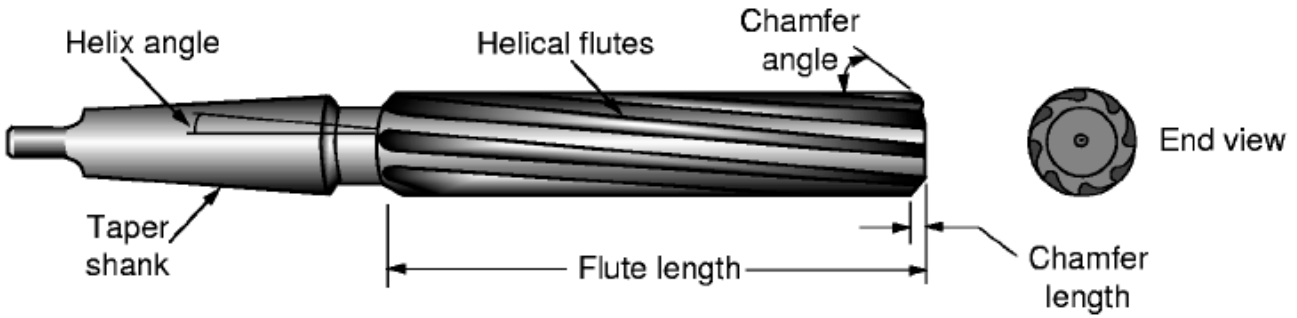
- فرايند سوراخكاري تكميلي است كه براي افزايش دقت سوراخ هاي ايجاد شده مورد استفاده قرار مي يگرد.
- ابزار استفاده شده ابزار چند لبه با شيارهاي مستقيم يا مارپيچ است.
- حداقل قطر برداشت از قطعات نرم 0.2 و قطعات سخت 0.13 ميلي متر است. براي كمتر از آن از هونينگ استفاده مي شود.

برقوكاري با ابزار چندلبه (Reaming)

برقوكاري دستي

برقوكاري با ابزار چندلبه (Reaming)

انواع ابزار



Typical taper shank spiral flute reamer

Straight fluted hand reamer

Shell reamer

Taper reamer

Combination spiral reamer with pilot drill

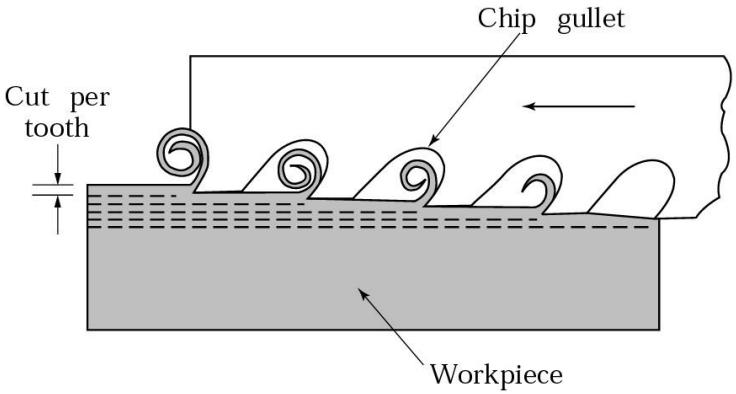
Adjustable insert reamer

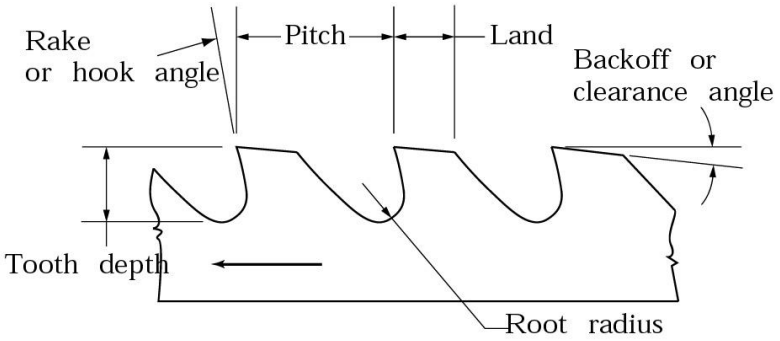
خان كشي

•فرآيندي است كه در ان به كمك يک ابزار چندلبه كه لبه هاي برنده به شكل پله اي قرار گرفته اند, براده برداري انجام مي شود. اين فرآيند براي ايجاد شيارهاي داخلي و جاي خار مورد استفاده قرار مي گيرد.

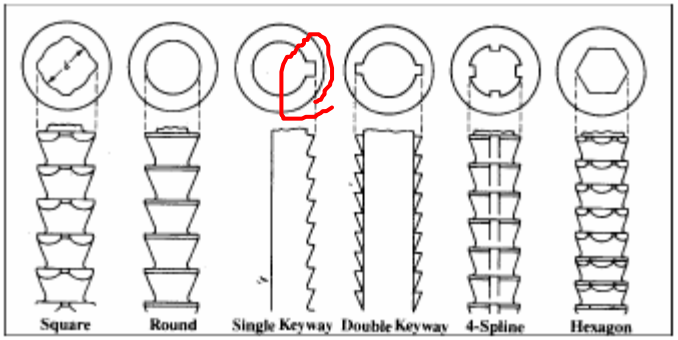
•در اين فرايند ابزار حركت خطي ساده انجام مي دهد و قطعه كار ثابت است.

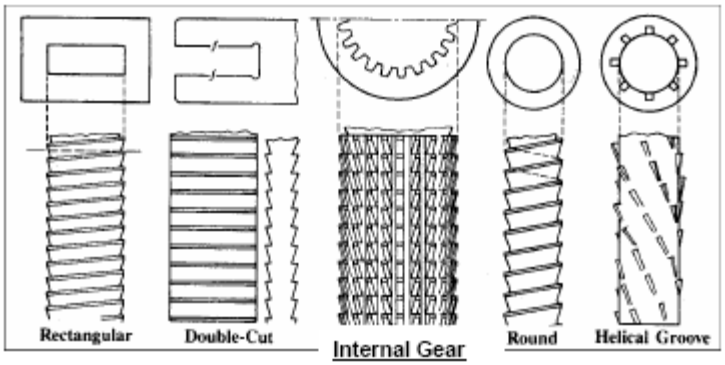
(a)

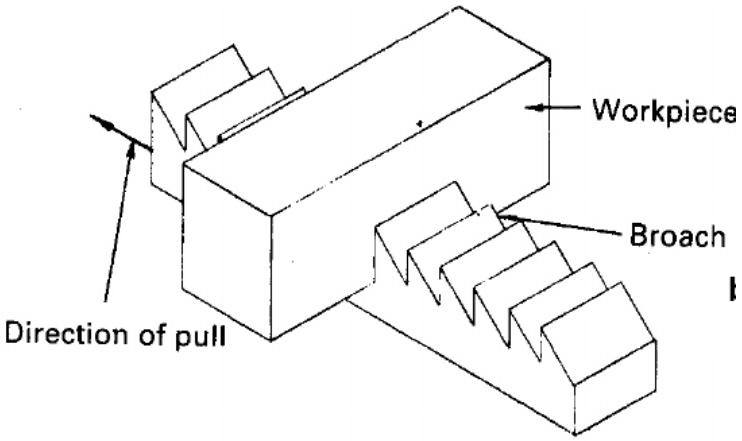




خان كشي

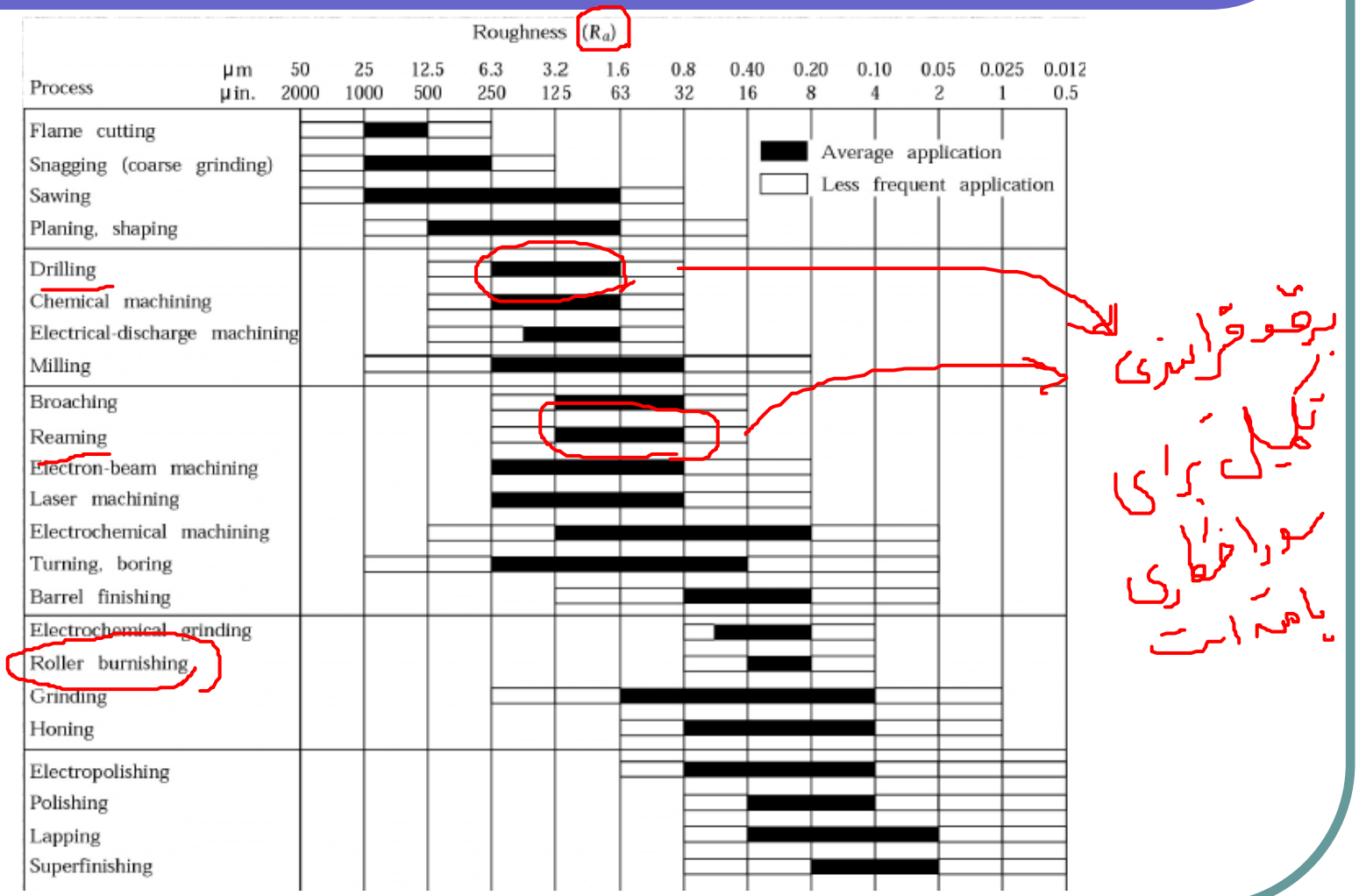






شكل هاي مختلف قطعات و
ابزارهاي خان كشي مورد استفاده

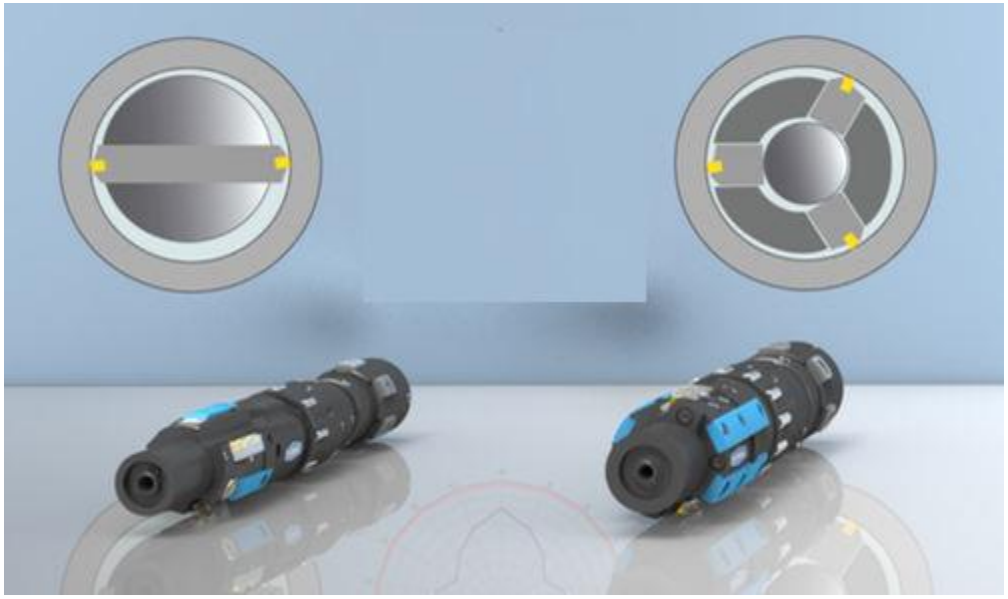
مقايسه صافي سطح فرايندهاي مختلف ماشينكاري



فرآیند Burnishing

برای افزایش صافی سطح سوراخ از این روش استفاده می شود.

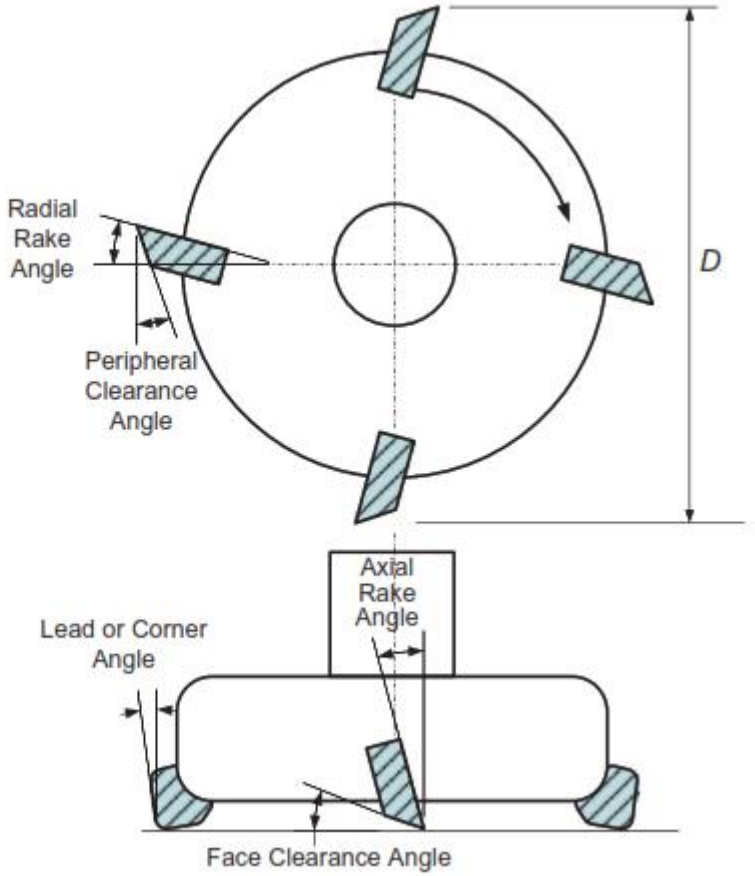
فرآیند Burnishing



آخرین مرحله ایجاد سوراخ بسیار دقیق گژن پین استفاده از فرآیند Burnishing است.

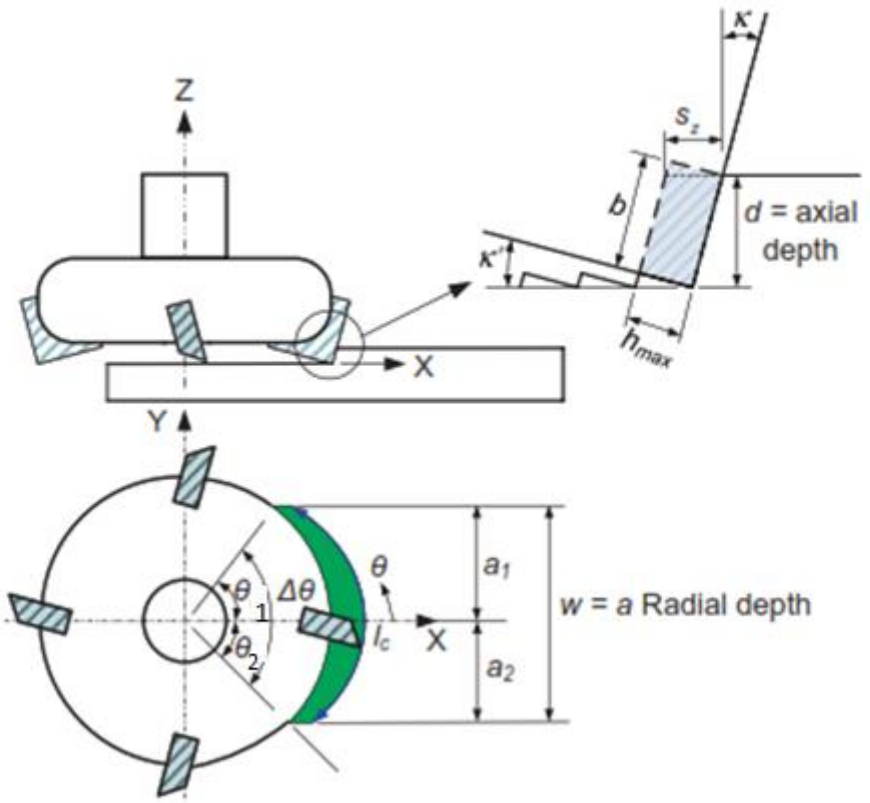
محاسبات مربوط به فرزکاری-کف تراشی

Fig. 3.3 Geometry of a face mill



محاسبات مربوط به فرزکاری-کف تراشی

Fig. 3.4 Chip thickness, contact length, and surface roughness in face milling



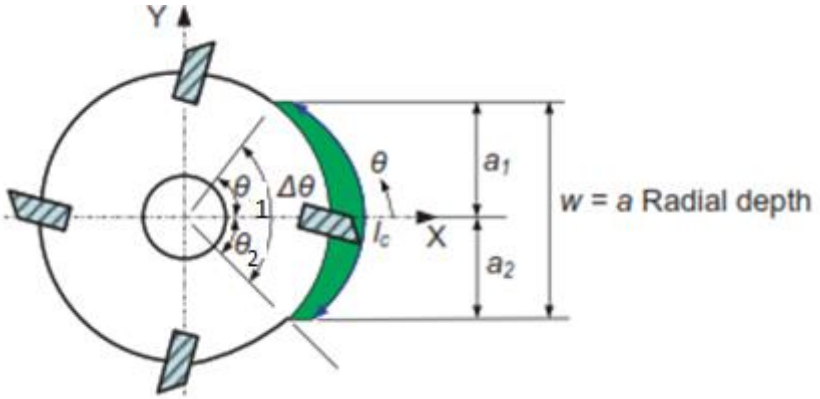
$$b = \frac{d}{\cos\kappa}$$

$$h_{\max} = s_z \cos\kappa$$

$$h(\theta) = h_{\max} \cos\theta = s_z \cos\kappa \cos\theta$$

$$l_c = \frac{D\Delta\theta}{2} = \frac{D}{2}\left[\sin^{-1}\left(\frac{2a_1}{D}\right) + \sin^{-1}\left(\frac{2a_2}{D}\right)\right]$$

محاسبات مربوط به فرزکاری-کف تراشی



$$h_{ave} = \frac{\int_{-\theta_2}^{\theta_1} h(\theta)\frac{D}{2}d\theta}{l_c} = \frac{Dh_{\max}}{2l_c}\int_{-\theta_2}^{\theta_1}\cos\theta\, d\theta = \frac{Dh_{\max}}{2l_c}(\sin\theta_2 + \sin\theta_1)$$

$$= \frac{s_z \cos\kappa[2(a_1 + a_2)]}{D\left[\sin^{-1}\left(\frac{2a_2}{D}\right) + \sin^{-1}\left(\frac{2a_1}{D}\right)\right]}.$$

$$P_m = p_s Z_{w,ave} n$$

$$Z_{w,ave} = ads_z NN_t$$

محاسبات مربوط به فرزکاری-کف تراشی

R=0

$$R_t = \frac{s_z}{\tan\kappa + \cot\kappa'}$$

$$R_a = \frac{s_z}{4(\tan\kappa + \cot\kappa')}$$

محاسبات مربوط به فرزکاری-کف تراشی

R≠0

$$R_t = (1-\cos\kappa')R + s_z \sin\kappa' \cos\kappa' - \sqrt{2s_z R \sin^3\kappa' - s_z^2 \sin^4\kappa'}$$

$$\approx \frac{s_z^2}{8R}, \text{ for } \frac{s_z}{2} \le R\sin\kappa'$$

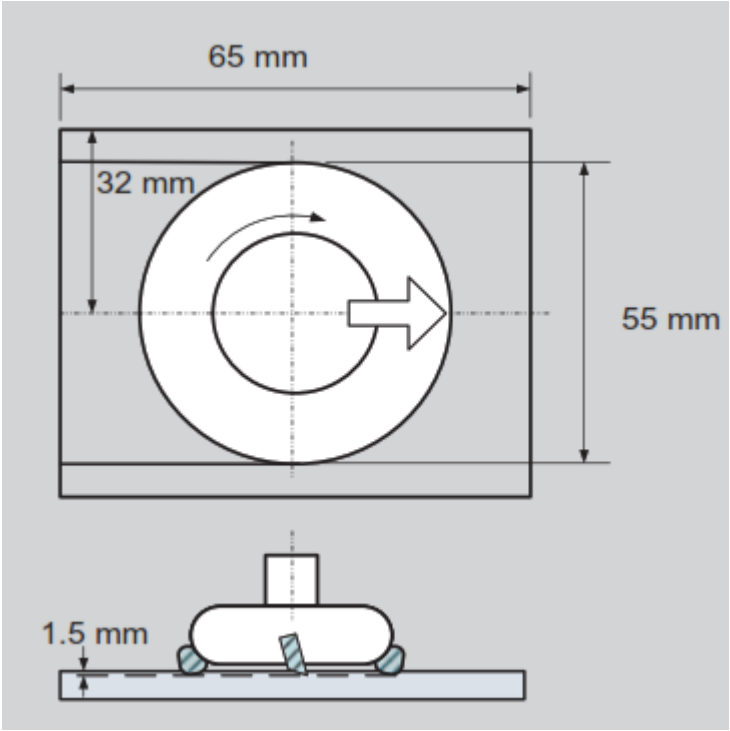
$$R_a \approx \frac{s_z^2}{32R}, \text{ for } \frac{s_z}{2} \le R\sin\kappa'.$$

$$t = \frac{L + \frac{D}{2}\left(1-\cos\left(\max[\theta_1,\theta_2]\right)\right)}{s_z N N_t}.$$

مثال۱

قرار است در یک قطعهٔ چدنی، یک شیار با طول ۵۵ میلی‌متر با یک ابزار چهارشیاره[1] که در شکل زیر نشان داده شده است، ایجاد شود. ابزار برشی دارای زاویه گوشه ۲۰ درجه، زاویه صفحه برشی ۱۰ درجه و شعاع گوشه ۱.۵ میلی‌متر است. ماشین فرز می‌تواند بیشترین توان ۱۶۰۰ وات را به اسپیندل بدهد. نیازمندی ماشین‌کاری، رسیدن به کیفیت سطح بهتر از ۰.۲ میکرون به‌عنوان R_a است. حداقل زمان ماشین‌کاری مورد نیاز برای یک شیار در کل قطعه با عمق محوری برش برابر ۱.۵ میلی‌متر را محاسبه کنید. توجه داشته باشید که پرداخت سطحی باید با ضریب ایمنی ۲.۵ تعریف شود.

مثال۱



مثال۱

حل:

طبق فرمول ۳-۹

$$s_z^2 \le 32RR_a = 32(1.5)\left(\frac{0.0002}{2.5}\right) = 0.061^2$$

$$s_z = 0.06\ mm$$

عبارت بالا زمانی صحیح است که: $s_z < 2(1.5)\sin 10° = 0.5\ mm$

$$Z_{w,ave} = ads_zNN_t = (55)(1.5)(0.06)(4)N = 19.8N$$

$$h_{ave} = \frac{s_z \cos\kappa\,[2(a_1 + a_2)]}{D\left[\sin^{-1}\left(\frac{2a_2}{D}\right) + \sin^{-1}\left(\frac{2a_1}{D}\right)\right]} = s_z\frac{2}{\pi}\cos\kappa$$

$$= 0.036mm(\text{چون } \theta_1 = \theta_2 = 90°)$$

از شکل ۲-۴ $p_s = 5.06\ \mathrm{J}/mm^3$

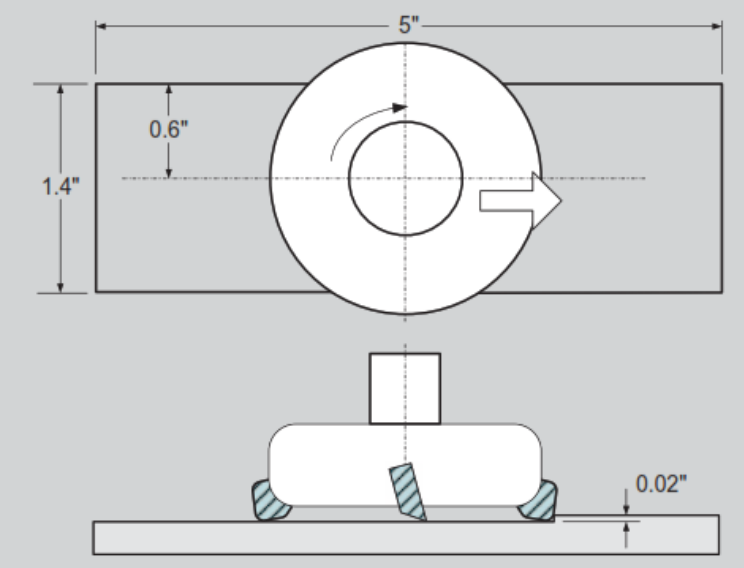
$$\text{بیشترین توان} = \frac{1600}{\text{فاکتور ایمنی} = 2.5} > p_s Z_w \times \left(\text{ضریب اصلاح } max\ Z_w = 1.5\right)$$

$$\rightarrow N \le 4.26\ rps$$

$$\text{زمان ماشین کاری } t = \frac{L + D/2}{s_zNN_t} = \frac{65 + 55/2}{0.06(4)(4.26)} = 90.5\ s.$$

مثال ۲

یک بلوک از قطعه کار چدنی با طول ۵ اینچ با یک ابزار چهارشیاره (یا چهار دندانه) به قطر ۲ اینچ با اینسرت‌های کاربایدی مطابق شکل زیر تحت عملیات کف‌تراشی قرار می‌گیرد. تمام اینسرت‌های برشی دارای زاویه هادی ۴۵ درجه و زاویه لبه برشی ۸ درجه هستند. نیاز است تمام بلوک ۵ اینچی در ۲۰ ثانیه در یک پاس ماشین‌کاری شود، به طوری که زبری سطح (R_a) بیشتر از 10^{-4} اینچ نشود. مرز بالا و پایین قابل قبول برای سرعت اسپیندل (برحسب rps) چقدر است؟ در این محدوده سرعت، مقدار متوسط توان برشی چقدر است؟ فرض کنید اینسرت‌های برشی، گوشه‌های تیز دارند.



مثال ۲

حل:

از رابطه ۳-۷:

$$s_z = 4R_a(\tan\kappa + \cot\kappa')$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{0.6}{2/2}\right) = 37°$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1.4 - 0.6}{2/2}\right) = 53°$$

از معادله ۳-۱۰

$$t = \frac{L + \frac{D}{2}(1 - \cos(max[\theta_1.\theta_2]))}{(v_f = s_z N N_t)} \Rightarrow N = \frac{L + \frac{D}{2}(1 - \cos 53°)}{4R_a(\tan\kappa + \cot\kappa')tN_t}$$

$$= \frac{5 + 2/2(0.4)}{(10^{-4})4(\tan 45° + \cot 8°)20(4)} = 20.8\ rps.$$

که محدودهٔ پایینی برای سرعت اسپیندل است و با توجه به اینکه توان موتور ذکر نشده، هیچ محدودهٔ بالایی برای این مورد قابل محاسبه نیست.

مثال ۲

در این سرعت،

$$s_z = (10^{-4})4(\tan 45° + \cot 8°) = 3.24 \times 10^{-3} in$$

از معادله ۳-۵:

$$h_{ave} = \frac{s_z \cos\kappa [2(a_1 + a_2)]}{D[\theta_1 + \theta_2]} = \frac{(3.24 \times 10^{-3}) \cos 45°(2)1.4}{2(37° + 53°)}$$
$$= 2.04 \times 10^{-3}\ in = 0.052\ mm$$

از شکل ۲-۴ انرژی مخصوص تراش برابر است با: $4.27\ GJ/m^3$ (یا $\frac{J}{mm^3}$)

$$p_m = p_s Z_w = \left(4.27 \frac{GJ}{m^3}\right)[0.02(1.4)3.24 \times 10^{-3}(4)20.8(0.0254^{\ 3})]$$
$$= 528\ W.$$

$Z_{w,ave} = ads_z NN_t$:

a=1.4 in

D=0.02 in

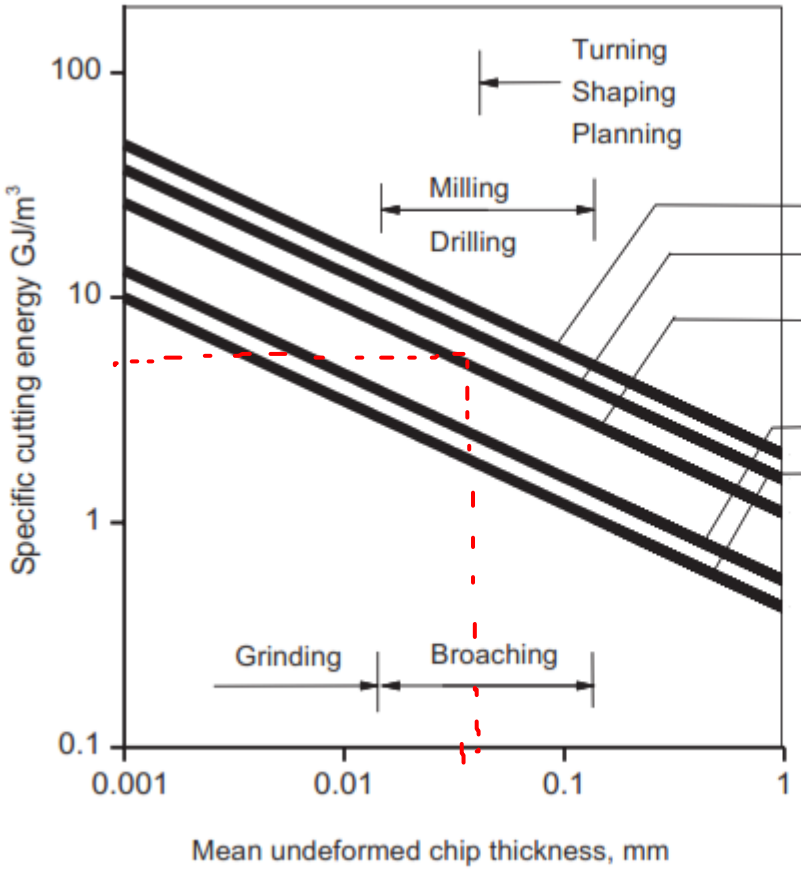
Sz=3.24*10^{-3} in

Nt=4

N=20.8 دور بر ثانیه

$1in^3 = 25.4\ mm = (0.025\ 4\ m)^3$

مثال ۲



Alloy steels $\log p_s = 0.30\text{-}0.46\log a_c$

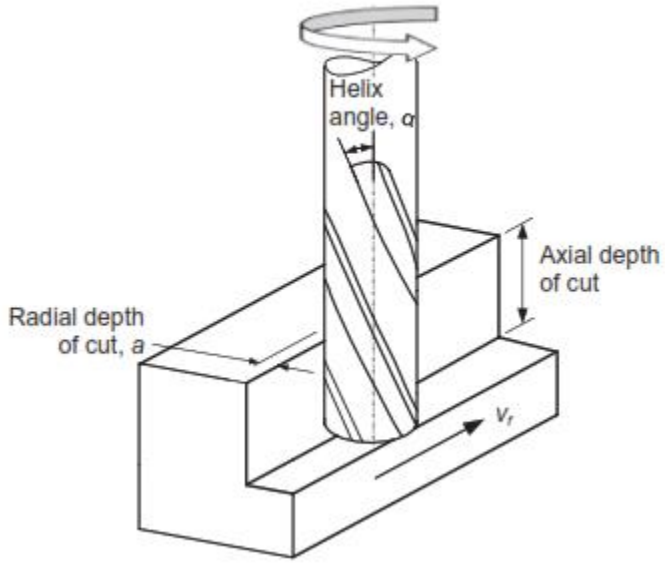
Carbon steels $\log p_s = 0.19\text{-}0.46\log a_c$

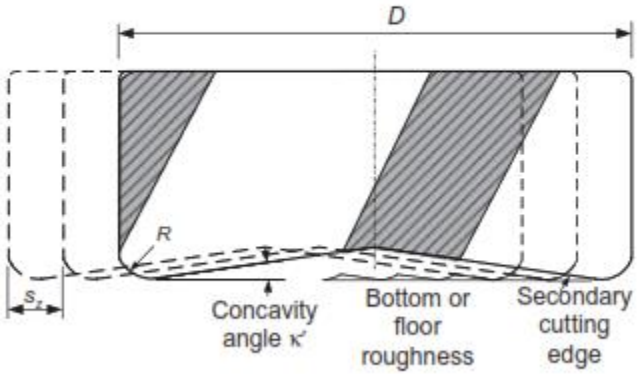
Cast irons $\log p_s = 0.04\text{-}0.46\log a_c$

Copper alloys $\log p_s = -0.26\text{-}0.46\log a_c$

Aluminum alloys $\log p_s = -0.38\text{-}0.46\log a_c$

محاسبات مربوط به فرزکاری-فرزکاری دیواره با ابزار انگشتی





محاسبات مربوط به فرزکاری-فرزکاری دیواره با ابزار انگشتی

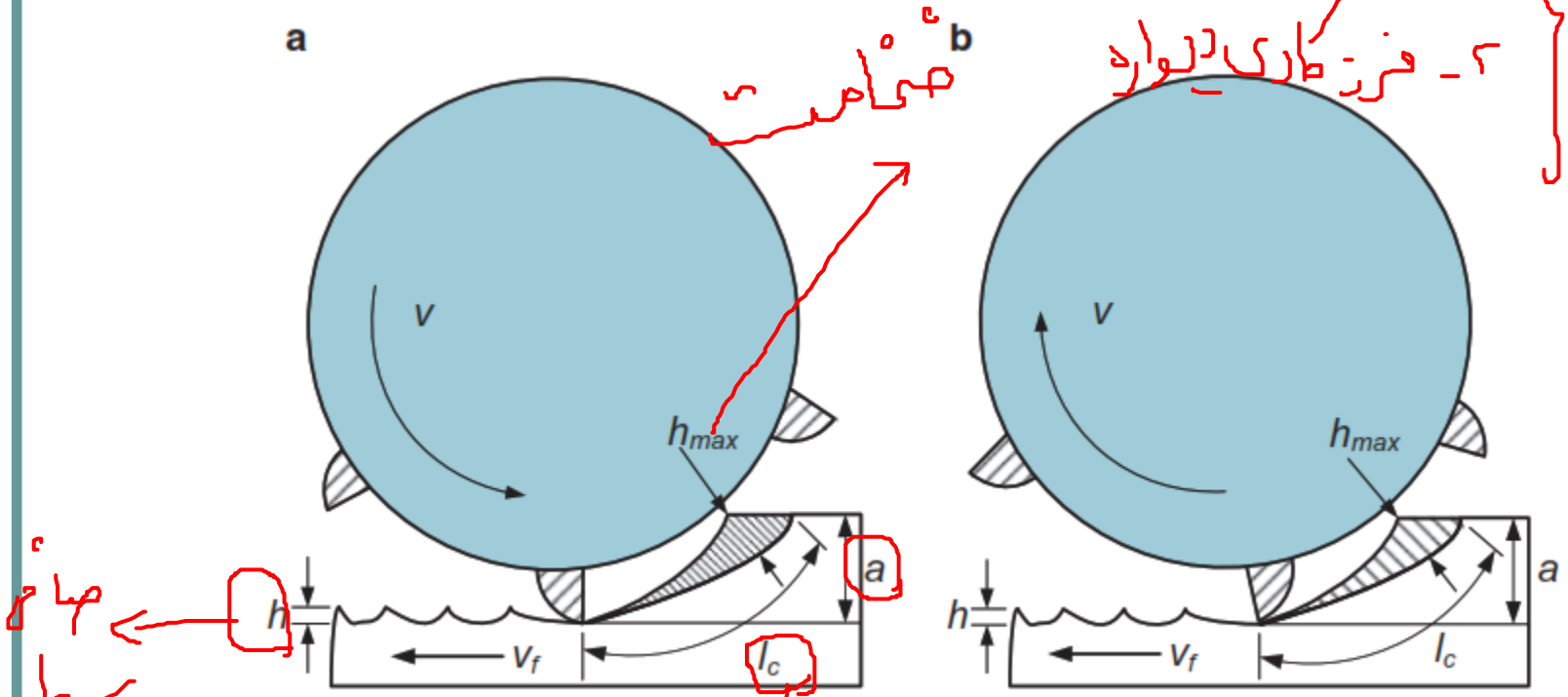


Fig. 3.6 Difference between **a** up milling and **b** down milling

محاسبات مربوط به فرزکاری-فرزکاری دیواره با ابزار انگشتی

$$l_c = D\frac{\Delta\theta}{2}$$

$$\Delta\theta = \cos^{-1}\left(1-\frac{a}{D/2}\right)$$

$$h_{\max} = s_z \sin\Delta\theta = s_z \sin\left[\cos^{-1}\left(1-\frac{2a}{D}\right)\right]$$

$$h_{ave}l_c = (h_{max}l_c)/2$$

$$h_{ave} = \frac{h_{\max}}{2}$$

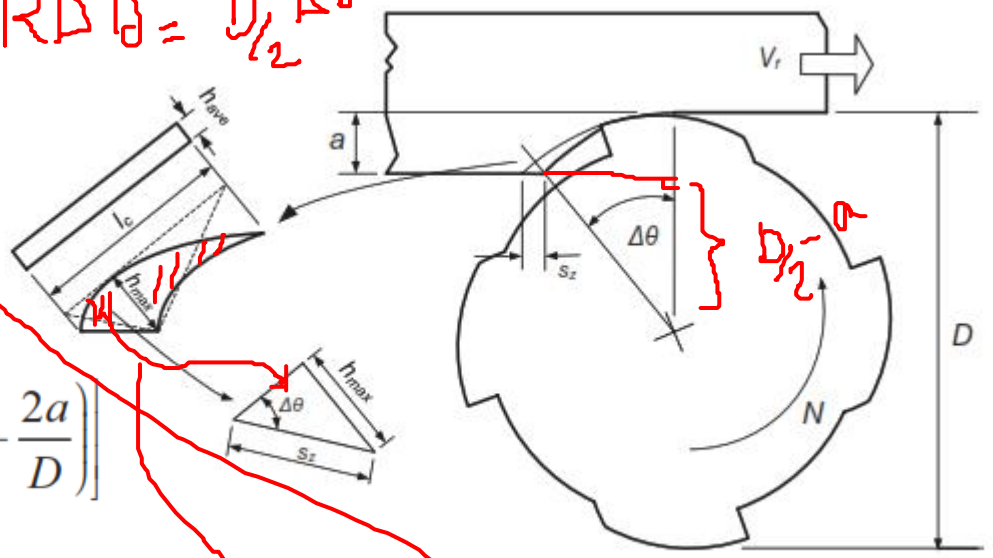
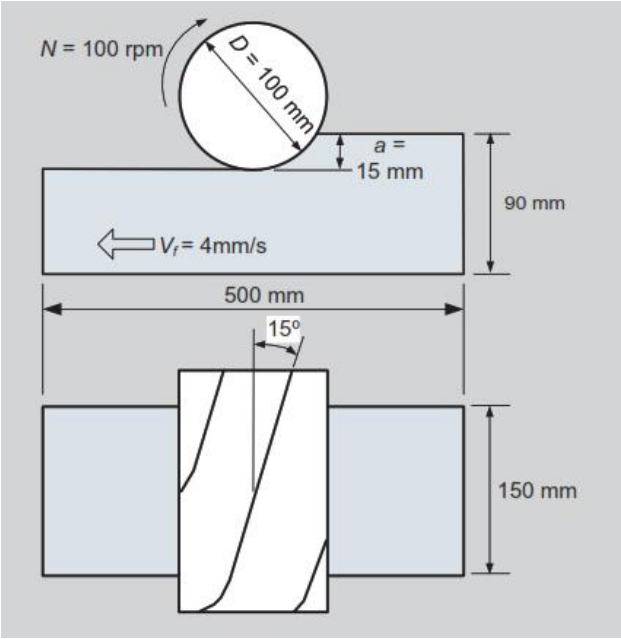


Fig. 3.7 Chip geometry in end milling

مثال ۳

مثال

در یک عملیات فرزکاری غلتکی با مشخصات: ابزار با قطر ۱۰۰ میلی‌متر و دارای ۱۰ شیار و جنس ابزار HSS. قطعه کار: فولاد ۱۰۴۵ به عرض ۱۵۰ میلی‌متر، نوع فرایند: فرزکاری موافق با N=100 rev/min، a=15 mm و v_f=4 mm/s، مقدار متوسط توان مورد نیاز برحسب w را برای ایجاد برش با ابزار نو محاسبه کنید.



مثال ۳-حل

$$s_z = \frac{v_f}{NN_t} = \frac{4}{\frac{100}{60}(10)} = 0.24\ mm$$

$$\Delta\theta = \cos^{-1}\left(1 - \frac{a}{D/2}\right) = \cos^{-1}\left(1 - \frac{15}{100/2}\right) = 45.6°$$

$$h_{ave} = \frac{1}{2} s_z \sin\Delta\theta = \frac{1}{2}(0.24)(\sin 45.6°) = 0.086\ mm$$

از شکل ۲-۴ $p_s = 4.8\ GJ/m^3$ با ضخامت براده تغییرشکل نیافته $0.086mm$ است .

$$Z_w = awv_f = 15(150)4 = 9000\frac{mm^3}{s} = 9 \times 10^{-6}\ \frac{m^3}{s}$$

متوسط توان مورد نیاز برابر است با:

$$P_s = p_s z_w = (4.8 \times 10^9)(9 \times 10^{-6}) = 43.2\ kw.$$

$v_f = s_z N N_t$

محاسبات مربوط به صافی سطح-فرزکاری دیواره با ابزار انگشتی

R=0

$$R_t = \frac{s_z}{\cot \kappa'}$$

$$R_a = \frac{s_z}{4\cot \kappa'}.$$

گوشه تیز

محاسبات مربوط به صافی سطح-فرزکاری دیواره با ابزار انگشتی

R≠0

$$R_t = (1-\cos\kappa')R + s_z \sin\kappa' \cos\kappa' - \sqrt{2s_z R\sin^3\kappa' - s_Z^2 \sin^4\kappa'}$$

$$\approx \frac{s_z^2}{8R}, \text{ for } \frac{s_z}{2} \le R\sin\kappa'.$$

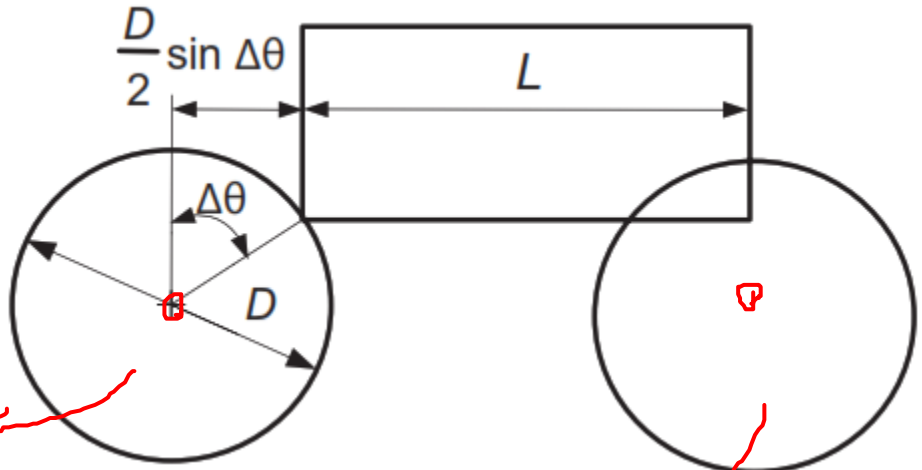
$$R_a \approx \frac{s_z^2}{32R}, \text{ for } \frac{s_z}{2} \le R\sin\kappa'.$$

$$R_t \approx \frac{s_z^2}{8\left(\frac{D}{2} \pm \frac{s_z N_t}{\pi}\right)}$$

$$R_a \approx \frac{s_z^2}{32\left(\frac{D}{2} \pm \frac{s_z N_t}{\pi}\right)}.$$

محاسبات مربوط به زمان ماشینکاری-فرزکاری دیواره با ابزار انگشتی

$$t = \frac{\frac{D}{2}\sin\Delta\theta + L}{v_f}$$



مثال ۴

مثال

در یک عملیات فرزکاری گوشه‌ای مخالف از ابزار چهارشیاره به قطر ۲۰ میلی‌متر برای ماشین‌کاری چدن استفاده می‌شود. عمق برش شعاعی برابر ۰.۵ میلی‌متر و عمق برش محوری برابر ۳۵ میلی‌متر است. هدف این است که یک برش مستطیلی در طول قطعه به طول ۲۰۰ میلی‌متر در یک مرحله (پاس) در کمتر از ۳۰ ثانیه با زبری سطح (R_a) کمتر از ۲ میکرون در راستای پیرامون دیواره‌های ابزار برنده ایجاد شود.

سرعت مورد نیاز اسپیندل را برحسب دور بر دقیقه (rpm) تعیین کنید. آیا این نیازمندی، کمترین مقدار قابل قبول یا بیشترین مقدار قابل قبول برای سرعت اسپیندل است؟ اگر ماشین‌کاری این سرعت دورانی اسپیندل مشخص انجام شود، مقدار متوسط توان مورد نیاز برحسب W برای برش چقدر است؟

مثال ۴

حل: از معادله ۳-۲۰

$$R_a < \frac{s_z^2}{32\left(\frac{D}{2}+\frac{s_z N_t}{\pi}\right)} \Rightarrow 0.002 < \frac{s_z^2}{32\left(\frac{20}{2}+\frac{s_z(4)}{\pi}\right)} \Rightarrow s_z < 0.829 \frac{\text{میلیمتر}}{\text{دندانه}}$$

$$\Delta\theta = \cos^{-1}\left(1-\frac{a}{\frac{D}{2}}\right) = \cos^{-1}\left(1-\frac{0.5}{\frac{20}{2}}\right) = 18.2°$$

از معادله ۳-۲۱

$$t < \frac{\frac{D}{2}\sin\Delta\theta + L}{s_z N_t N} \Rightarrow 0.5 < \frac{\left(\frac{20}{2}\right)\sin 18.2° + 200}{(0.829)(4)N} \Rightarrow N > 122.5\ rpm$$

کمترین سرعت اسپیندل قابل قبول، مورد نیاز است. اگر مقدار سرعت کمتر اسپیندل به کار برده شود، زمان کل ماشین‌کاری بیشتر می‌شود.

از معادلات ۳-۱۳ و ۳-۱۴

$$h_{ave} = \frac{1}{2}s_z \sin\left(\cos^{-1}\left(1-\frac{a}{D/2}\right)\right)$$

$$= \frac{1}{2}(0.829)\sin\left(\cos^{-1}\left(1-\frac{0.5}{20/2}\right)\right) = 0.128\ mm$$

با توجه به شکل ۲-۴ برای قطعه کار چدنی به ضخامت متوسط براده $0.128\ mm$،

$$p_s = 2.8\ J/mm^3$$

$$\text{توان متوسط} = p_s Z_w = p_s a d s_z N_t N = (2.8)(0.5)(35)(0.829)(4)(122.5)$$

$$= 19904\frac{J}{min} = 331\ W.$$

پایان

یاداوری جلسه 8/8/1400

- آقای ثانوی تجربه خود در مورد برش و ایجاد شیار با جنس آبکاری شده را توضیح دهند-تفاوت آنالیزهای M42-M35 و جنس HSCO را با ارائه جدول توضیح دهند.
- یکی از دانشجویان انواع تیغه فرزهای اشاره شده را در قالب یک اسلاید با نام بیارند (آقای وران)
- در مورد roller burnishing دو اسلاید ایجاد شود و فرایند توضیح داده شود.