روشهای تولید

دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران
حبیب اله اکبری

بسم الله الرحمن الرحيم

تولید وانواع روشهای آن

- تغییر شکل ماندگاربرروی قطعه خام که مطابق یک طرح وبرنامه تعریف شده باشد را تولید می گویند
- تولید به دو صورت کلی انجام می شود:
- 1-**با روش براده برداری**
- 1-1-با روش دستی
- 2-1-باروش ماشینی
- 2- **باروش بدون براده برداری**
- 1-2-با روش شکل دهی
- 1-1-2-مانند انواع قالبها
- 2-1-2-مانند فرج
- 2-2-باروش شکل پذیری
- 1-2-2-مانندانواع ریخته گری
- 2-2-2-مانند تزریق
- 3-2-2-مانند دایکاست

مشخصه های تولید

- هر تولیدی دارای چند مشخصه می باشد که تولید کننده باید آنها را در نظر بگیرد در غیر اینصورت نمی تواند در چرخه تولید باقی بماند
- 1- کمیت تولید
- 2-کیفیت تولید
- 3-تنوع تولید
- 4-قیمت تمام شده
- 5- قابل رقابت بودن تولید
- حال باتوجه به موارد فوق می توان نتیجه گرفت که ضروریست بهترین و مناسب ترین روش تولید شناسایی وبکار گرفته شود

خط تولید

برای تولید یک محصول ممکن است به طرح و عملیات وماشین آلات وتجهیزات مختلفی نیاز باشدکه به آن پروسه تولید می گویند

حال اگر با توجه به توالی وتقدم و تاخر عملیات مختلف -دستگاهها وتجهیزات مطابق یک نظم خاصی چیده شود که دارای ورودی و خروجی باشد به آن خط تولید گویند

زمان تولید

- زمان تولید را می شود به دو قسمت تقسیم نمود
- 1-**زمانهای خالص تولیدی**
- 2-**زمانهای غیر تولیدی**
- 2-1-زمانهای تنظیم دستگاه و قطعه کار
- 2-2-زمانهای حمل ونقل وجابجایی
- 2-3-زمانهای تلف شده
- معمولا زمانهای تنظیم یا SETUP وحمل ونقل بیش از 60%زمان تولید رابه خود اختصاص می دهد که می تواند در تعیین قیمت نقش اساسی داشته باشد
- می توان با بکار گیری سیستم های مدرن تولیدی این زمان را به حد اقل ممکن رساند ودر عوض تعدا د تولید را افزایش داد

انواع سیستم های تولیدی

1 -سیستم های تولیدی دستی (غیر اتوماسیونی)

2- سیستم های اتوماسیونی سخت ویا غیر قابل تغییر

3- سیستم های اتوماسیونی انعطاف پذیر (FMS) Flexible manufacturing system

4- سیستم های تولیدی یکپارچه (INTEGRAT) یا Computer integrated manufacturing

مزایای یک سیستم تولیدی انعطاف پذیرویکپارچه

Approach	**Flexibility meaning**
Manufacturing	• The capability of producing different parts without major retooling • A measure of how fast the company converts its process (es) from making an old line of products to produce a new product • The ability to change a production schedule, to modify a part, or to handle multiple parts
Operational	• The ability to efficiently produce highly customized and unique products
Customer	• The ability to exploit various dimension of speed of delivery
Strategic	• The ability of a company to offer a wide variety of products to its customers
Capacity	• The ability to rapidly increase or decrease production levels or to shift capacity quickly from one product or service to another

انواع هزینه های تولید

1- هزینه های ثابت (C_f) مانند : اجاره محل –نگهداری و تعمیرات-آب و برق و تلفن –حقوق ودستمزد – سرمایه گذاری اولیه و..

2-هزینه های متغییر (C_v) مانند :مواد خام -دستمزد-و...

$C_T=C_f+C_v$ هزینه کل

مراحل تولید

1-تولید اولیه Prototype

نمونه اولیه به صورت دستی ساخته می شود

2-تولید نیمه صنعتی Manufacturing

بعد از رفع اشکالات نمونه اولیه ساخته شده و انتخاب فرآیند تولیدو بکارگیری ماشین آلات ، تعداد بیشتری از محصول ساخته می شود

3-تولید صنعتی (انبوه) Production

در این مرحله سیستم تولیدی پیشنهاد وبرآن اساس خط تولیدوتجهیزات مورد نیاز تهیه وچیده شده تا تولید انبوه امکان پذیر شود

انتخاب بهترین روش تولید

روشهای مختلفی برای تولید وجود دارد واینکه کدام روش از نظر اقتصادی وتکنولوژیکی وقیمت تمام شده وکیفیت و...مقرون به صرفه می باشدمهم است که بااستفاده از تکنیکهای علمی مانند تحقیق در عملیات (برنامه ریزی خطی)می توان از بین راه حل های مختلف یک راه حل را انتخاب نمود

تحقیق در عملیات

کاربرد روش علمی برای گزینه ها در حل یک مسئله بر اساس مقادیر کمی جهت رسیدن به بهترین راه حل برحسب هدف های مورد نظرمیباشد. به عبارت دیگر ممکن است شعور کمی خوانده شود

مراحل کار

فرموله کردن مسئله ، ایجاد یک مدل ریاضی ، استخراج راه حل از مدل ، آزمون مدل ، کنترل مدل و راه حل ، استفاده از راه حل

برنامه ریزی خطی

- برنامه ریزی خطی می تواند در زمینه های مختلف مورد مطالعه و استفاده قرار گیرد.
- برنامه ریزی خطی به طور عمده در موقعیت های تجاری و اقتصادی مورد استفاده بیشتری قرار می گیرد اما برای بعضی از مسائل مهندسی نیز می تواند به کار برده شود.
- بعضی از صنعت ها که برنامه ریزی خطی را مورد استفاده قرار می دهند عبارتند از حمل و نقل، انرژی، مخابرات و کارخانه ها و ... . همچنین در مدل کردن مسائلی از قبیل برنامه ریزی، مسیریابی، زمانبندی، تخصیص و طراحی مفید است.
- یک ارزیابی انجام شده از 500 شرکت بزرگ دنیا، نشان داد که 85% درصد آنها از برنامه ریزی خطی استفاده نموده اند.

The linear program is:

Minimize $Z = 3x_1 + 9x_2$

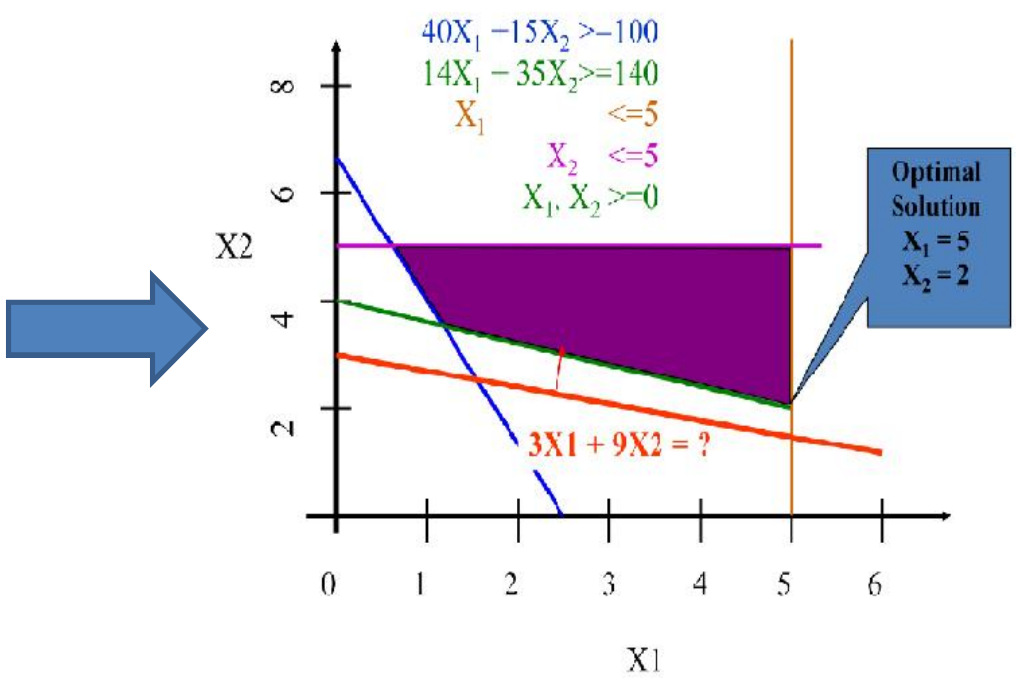
subject to: $40x_1 + 15x_2 \geq 100$

$14x_1 + 35x_2 \geq 140$

$x_1 \leq 5$

$x_2 \leq 5$

$x_1, x_2 \geq 0$

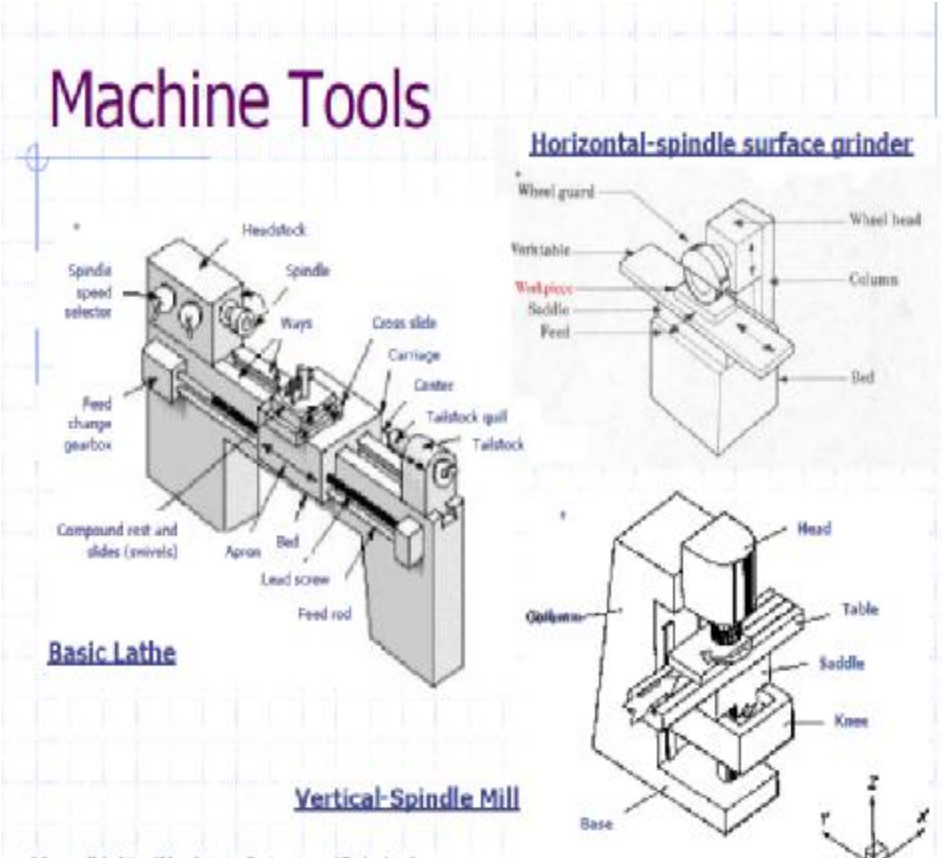


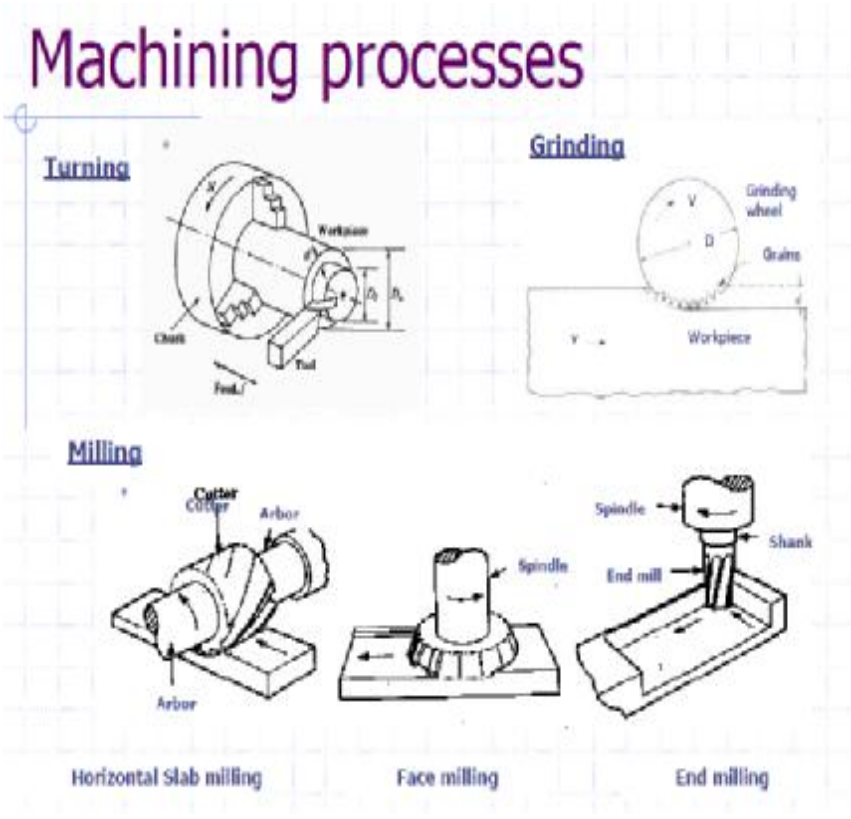
نرخ تولید را به روش های زیر می توان زیاد کرد:

1. افزایش سرعت ماشین ابزار و نرخ پیشروی
2. افزایش توان ماشین ابزار
3. استفاده از ابزار های بیشتر یا قطعه کار های بیشتر بطور همزمان
4. افزایش سرعت برگشت ابزار برای کاهش زمان غیر ماشینکاری
5. افزایش سطح اتوماسیون ماشین ابزار
6. استفاده از کنترلرهای تطبیقی در ماشین های کنترل عددی
7. انتخاب پارامتر های ماشینکاری مناسب بر اساس جنس، پیچیدگی قطعه، دقت و زبری سطح
8 .استفاده از قید و بند های مناسب برای کاهش زمان setup

ماشین ابزار

- انواع ماشین ابزار
- 1-ماشین تراش 2-ماشین فرز 3-ماشین صفحه تراش 4-ماشین دریل 5 - ماشین سنگ 6 - ماشین های CNC 7- ماشین اسپارکEDM 8-ماشین الکترو شیمی ECM و...





اجزای یک ماشین ابزار عبارتند از:

1. بدنه که شامل میز، ستون و یا قاب می باشد.
2. ریل ها و متعلقات ابزار نگهدار
3. اسپیندل و یاتاقان اسپیندل 4. سیستم محرک (واحد قدرت) 5. قطعه نگهدار 6. سیستم کنترل 7 . اتصالات

ویژگی های بدنه ماشین ابزار

1. توانایی بدنه یا میز برای مقاومت در مقابل تغییرشکل های ناشی از
بارهای استاتیکی و دینامیکی
2. پایداری و دقت اجزای حرکتی
3. مقاومت فرسایش ریلها
4. بدون تنش های پسماند
5. استهلاک ارتعاشات

نیروهاییکه که در حین ماشینکاری تولید شده و باعث تغییر شکل در ابزار و قطعه کار می شوند

1. بار استاتیکی که شامل وزن ماشین و دیگر قطعات می باشد.
2. بار دینامیکی که ناشی از قطعات چرخان و لنگ می باشد.
3. نیروی برشی که در حین براده برداری تولید می شود.

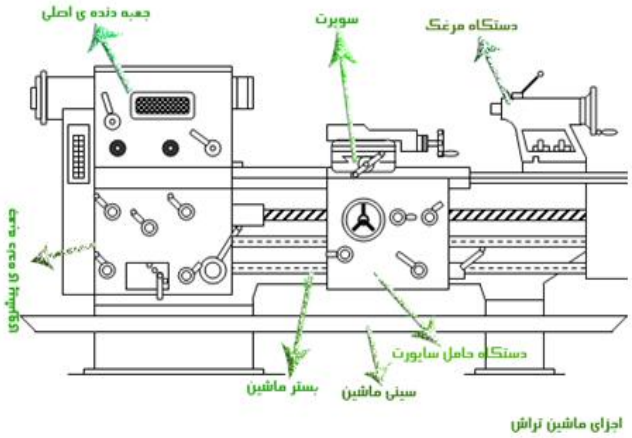
بارهای استاتیکی و دینامیکی بر سطح پرداخت قطعه کار تاثیر می گذارند. در حالیکه درجه دقت که از تغییر شکل ها ایجاد می شود متاثر از
نیروهای برشی هستند

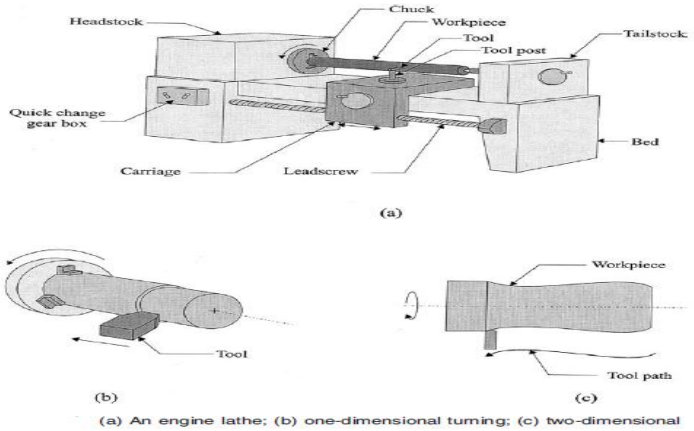
ماشین تراش

این دستگاه چند منظوره بوده وعملیات مختلفی انجام می دهد از جمله:

رو تراشی-پله تراشی –پیچ تراشی –آج زنی –سوراخ زنی –مخروط تراشی –فورم تراشی –داخل تراشی –رینگ تراشی و...

انواع آن بر مبنای طول کار گیر دستگاه (فاصله بین نوک مرغک وسه نظام) ، و اندازه قطر دهنه سه نظام تعیین می شود مانند دستگاه یک متری، دستگاه دو متری و...



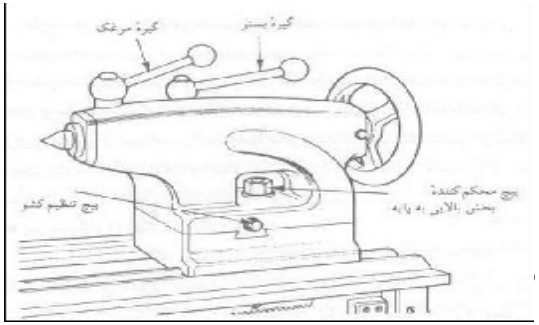


(a) An engine lathe; (b) one-dimensional turning; (c) two-dimensional

2-دستگاه مرغک

دستگاه مرغک که جنس آن از چدن می‌باشد، می‌تواند بر روی میز حرکت کرده و در هر نقطه که لازم باشد آنرا ثابت کرده و سپس عملیات تراشکاری را انجام داد. این دستگاه دارای محوری توخالی است که داخل آن به شکل مخروطی تراشیده شده‌است سطح آن کاملا دقیق تراشیده شده و به صورت اینچی و یا میلیمتری در جهت طولی مدرج شده که بوسیله پیچی می‌توان دستگاه مرغک را از محل اصلی خود منحرف کرد. بعلاوه به وسیله پیچ و مهره و بست می‌توان دستگاه مرغک را در روی میز ماشین در هر محل که لازم باشد ثابت کرد. ضمنا هنگام برقوکاری و یا سوراخکاری بوسیله ماشین تراش می‌توان برقو هائیکه دارای دنباله مخروطی هستند رامستقیما در داخل محور دستگاه مرغک قرار داده و عمل برقوکاری راانجام داد. از طرفی برای سوراخکاری نیز می توان از مته‌های دنباله مخروطی و یا سه نظام مته که دارای دنباله مخروطی است استفاده کرد. برای تراشکاری بین دو مرغک باید مرغک ثابت و یا مرغک بلبرینگی (متحرک) را در داخل محور قرار داده و تراشکاری را انجام داد.

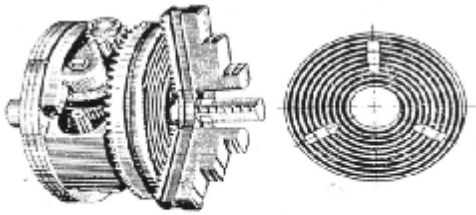
از دستگاه مرغک برای مرکز کردن قلم نیز استفاده می شود

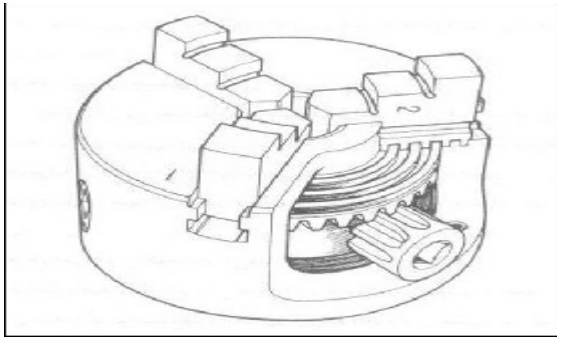


3-سه نظام و انواع آن (نگهدار قطعه)

سه نظام وسیله ای است که قطعه کار را نگه داشته و باعث دوران آن می شود.سه نظام به ارشمیدسی طراحی شده است،کار می کند و به اسپیندل متصل است.

- سه نظام که هر سه زبانه با هم هماهنگ حرکت می کنند برای گرفتن قطعات مدور
- چهار نظام که چهار زبانه می توانند تک رو یا هماهنگ حرکت کنند برای گرفتن قطعات غیر مدور و نا مشخص





4-دستگاه حامل سوپرت

دستگاه حامل سوپرت که در شکل مشخص شده‌است سوپرت عرضی و قلم گیر و رنده تراش در روی آن بسته می‌شود. این دستگاه بصورت طولی بین مرغک و محور اصلی حرکتی خطی دارد.
این دستگاه از دو قسمت عمده تشکیل می‌شود. زین که فرمی صلیبی دارد. بر روی آن کشوهایی قرار گرفته‌است که بخوبی سنگ زده شده‌اند و دقیقا روی راهنماهای میز قرار می‌گیرند دوم قوطی حرکت بار که در جلو زین قرار گرفته‌است و دارای چرخ دنده‌های مختلف است این دستگاه بکمک چرخ دنده‌ها دارای حرکتی طولی و عرضی می‌باشد بوسیله دسته مخصوصی می‌توان دستگاه حامل سو پرت را بصورت طولی حرکت خطی داد. بعلاوه سوپرت عرضی که روی دستگاه حامل سوپرت قرار گرفته می‌توان بطریق عرضی حرکت کند یعنی بسمت تراشکار نزدیک و یا از او دور شود. بکمک چرخاندن دسته؛ سو پرت عرضی را می‌توان در عرض حرکت عرضی داد.

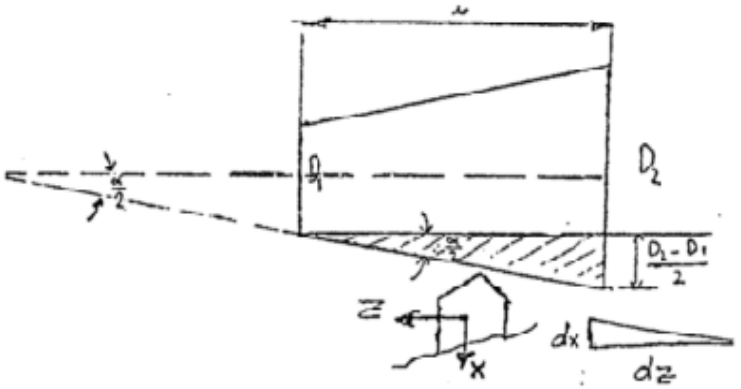
5- سوپرت عرضی (دستی)

سوپرت دستی که روی سوپرت عرضی قرار دارد بوسیله دست قابل کنترل و بار دادن است از طرفی در زیر آن صفحه صاف و مدوری قرار دارد که محیط آن بین صفر تا 180 درجه مدرج شده‌است. با باز کردن پیچهای آن می‌شود سوپرت دستی را حول محور خود 360 درجه چرخاند. با این دستگاه می‌توان مخروطهای کوتاه داخلی وخارجی و مخروطهای کامل را نیز تراشید، و در ضمن جهت روتراشی هم از آن استفاده کرد. روی پیچ این دستگاه حلقه مدرجی وجود دارد که برای تنظیم بار دقیق مورد استفاه قرار می‌گیرد. با این طریق در صورتیکه بار بسیار کمی برای پرداخت کاری مورد نیاز باشد قابل تنظیم است. البته در پیچ تراشی، خشن تراشی و برداشتن بار زیاد نیز از آن استفاده می‌شود.

مخروط تراشي

یکی از کارهایی که می توان با ماشین تراش انجام دادمخروط تراشی می باشدکه در صنعت معمولا از مخروط به منظور های مختلف ازجمله برای کوپلینگهای اصطکاکی ویامخروط دنباله مرغک ها ومته ها وکلاهک ها و...استفاده می شود که با سه روش میتوان آنراایجاد نمود

1- با ساپرت دستی2- باانحراف دادن به مرغک3



$\frac{dx}{dz} = cent$

$$Tg\frac{\alpha}{2} = \frac{D2 - D1}{2l}$$

D2 قطر بزرگ مخروط بر حسب mm

D1 قطر کوچک مخروط بر حسب mm

L طول مخروط بر حسب mm

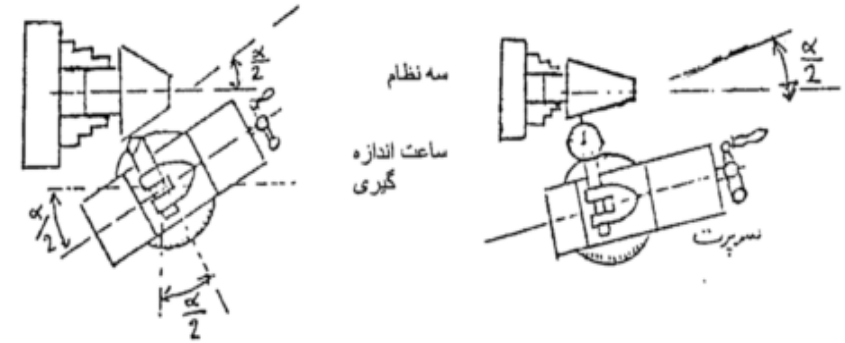
α /2 نصف زاویه راس مخروط

مخروط تراشی توسط سوپرت دستی

بعداز محاسبه زاویه راس مخروط ، دستگاه سوپرت را [illegible] α/2 [illegible]

سوپرت در جهت شیب مخروط تنظیم شودسپس با [illegible]

برای مخروط های کوتاه استفاده می شود



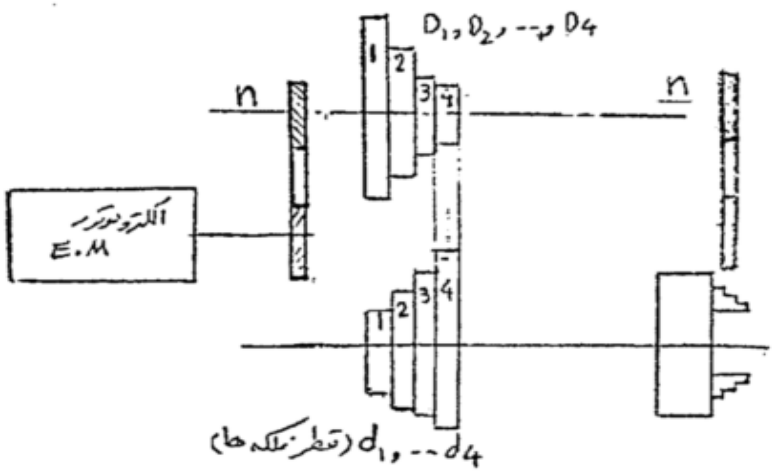
سیستم های مختلف برای ایجاد دور های متعدد در ماشینهای افزار :

چنانکه در انتخاب سرعت برش گفته شد باید ماشینهای افزار دارای دورهای مختلفی باشند . تا بتوان نسبت به شرایط مختلف کار دور های مناسبی اختیار شود لذا در این ماشینها هرچقدر تعداد دورها زیاد باشد دامنه عملکرد ماشین وسیع خواهد بود .

معمولاً برای ایجاد دور های مختلف از سیستم تسمه و فلکه یا سیستم گیربکسی (چرخدنده ای) استفاده می نمایند .

۱- سیستم چرخ تسمه ای برای ایجاد دور های مختلف .

این روش ساده ترین سیستمی است که می توان بوسیله آن تعداد دور های مورد لزوم را در ماشینهای افزار بوجود آورد که توسط یک الکترو موتور و بوسیله تسمه دور مورد لزوم را می توانیم در محور سه نظام یا گیرنده قطعه کار و یا ابزار داشته باشیم .



محور سه نظام n^1, n^2, n^3, n_4

در این حالت هشت دور مختلف بدست می آید که چهار دور اولی ازطریق محورهای واسطی ، چون چرخدنده های واسطی باعث کم شدن دور می شوند و چهار دور بعدی مثل حالتی خواهد بود که از چرخدنده های واسطی استفاده نشود .

$$i_{1,2} = \frac{z2}{z1} \quad , \quad i_{3,4} = \frac{z4}{z3}$$

$$I = i_{1,2} \times i_{3,4} = \frac{Z2 \times Z4}{Z1 \times Z3}$$ نسبت کل تغییر دور

$$n_1 = \frac{n5}{I} = n_5 \times \frac{Z1 \times Z3}{Z2 \times Z4}$$

$$n_2 = \frac{n6}{I} = n_6 \times \frac{Z1 \times Z3}{Z2 \times Z4}$$

$$n_3 = \frac{n7}{I} = n_7 \times \frac{Z1 \times Z3}{Z2 \times Z4}$$

$$n_4 = \frac{n8}{I} = n_8 \times \frac{Z1 \times Z3}{Z2 \times Z4}$$

پس بطور کلی می توان نوشت :

چون n_1 حداقل دور و n_8 حداکثر دور خواهد بود . لذا با توجه به اقطار چرخ تسمه ها داریم :

$$n_8 = n \frac{D1}{d1} \quad , n_7 = n \frac{D2}{d2} \quad , n_6 = n \frac{D3}{d3} \quad , n_5 = n \frac{D4}{d4}$$

از طرف دیگر چون فاصله بین محور سه نظام و محور چرخدنده های واسطی ثابت می باشد در نتیجه می توان نوشت .

$$\text{فاصله دومحور} = \frac{m(Z1+Z2)}{2} = \frac{m(Z4+Z3)}{2}$$

پس خواهیم داشت $(Z_1+Z_2+Z_3+Z_4)$.

با توجه به روابط نوشته شده می توان قطر های چرخ تسمه و تعداد دندانه چرخ دنده های واسطی را با معلوم بودن دورها بدست آورد .

بطور کلی منظور از محاسبه یک گیربکس برای ماشینهای افزار عبارت است از محاسبه تمام مشخصات محورها و چرخ دنده ها و بقیه اجزاء دیگر می باشد که در اینجا فقط به محاسبه تعداد دنده ها اشاره می شود .

با توجه به قطر چرخ دنده ها مطابق شکل دورهای حاصله از درگیری دنده های ذکر شده بدست خواهد آمد .

حداقل دور n_1 (3,4 - 9,10)

n_2 (5,6 - 9,10)

n_3 (1,2 – 9,10)

n_4 (3,4 – 7,8)

n_5 (5,6 – 7,8)

n_6 (1,2 – 7,8)

اگر نسبت تبدیل دور ها را بنویسیم خواهیم داشت

$$i_{1\&2} = \frac{D1}{d1}$$

$$i_{2,3} = \frac{Z3}{Z2} \quad , \quad i_{3,4} = \frac{Z4}{Z3} \quad , \quad i_{5,6} = \frac{Z6}{Z5} \quad , \quad i_{7,8} = \frac{Z8}{Z7} \quad , \quad i_{9,10} = \frac{Z10}{Z9}$$

نسبت تبدیل دور کلی برای هر یک از دورها برابر خواهد بود با :

$$I_1 = i_{3,4} \times i_{9,10} = \frac{Z4}{Z3} \times \frac{Z10}{Z9}$$

$$I_2 = i_{5,6} \times i_{9,10} = \frac{Z6}{Z5} \times \frac{Z10}{Z9}$$

$$I_3 = i_{1,2} \times i_{9,10} = \frac{Z2}{Z1} \times \frac{Z10}{Z9}$$

$$I_4 = i_{3,4} \times i_{7,8} = \frac{Z4}{Z3} \times \frac{Z8}{Z7}$$

$$I_5 = i_{5,6} \times i_{7,8} = \frac{Z6}{Z5} \times \frac{Z8}{Z7}$$

$$I_6 = i_{1,2} \times i_{7,8} = \frac{Z2}{Z1} \times \frac{Z8}{Z7}$$

در این حالت دور ها برابر خواهد بود با :

$$n_1 = \frac{n}{I1} = n \times \frac{Z3 \times Z9}{Z4 \times Z10} \quad (1)$$

$$n_2 = \frac{n}{I2} = n \times \frac{Z5 \times Z9}{Z6 \times Z10} \quad (2)$$

$$n_3 = \frac{n}{I3} = n \times \frac{Z1 \times Z9}{Z2 \times Z10} \quad (3)$$

$$n_4 = \frac{n}{I4} = n \times \frac{Z3 \times Z7}{Z4 \times Z8} \quad (4)$$

$$n_5 = \frac{n}{I5} = n \times \frac{Z5 \times Z7}{Z6 \times Z8} \quad (5)$$

$$n_6 = \frac{n}{I6} = n \times \frac{Z1 \times Z7}{Z2 \times Z8} \quad (6)$$

از طرف دیگر چون باید فاصله محور ها ثابت بماند لذا می توانیم بنویسیم

$$\text{فاصله محور I,II} = \frac{m(Z1+Z2)}{2} = \frac{m(Z3_Z4)}{2} = \frac{m(Z5+Z6)}{2}$$

$$\text{فاصله محور II , III} = \frac{m(Z7+Z8)}{2} = \frac{m(Z9+Z10)}{2}$$

با توجه به روابط نوشته شده سه معادله دیگر بدست می آید :

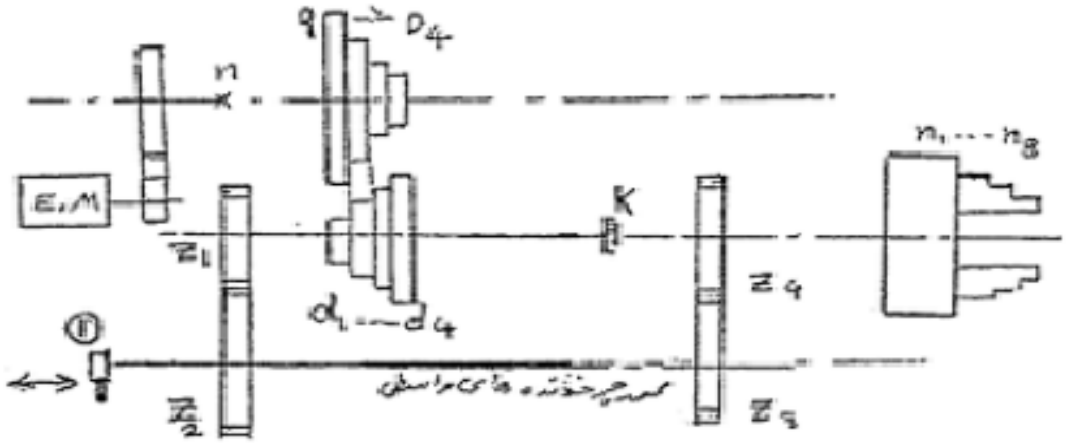
$$Z_1+Z_2=Z_3+Z_4 \quad (7)$$

$$Z_1+Z_2=Z_5+Z_6 \quad (8)$$

$$Z_7+Z_8=Z_9+Z_{10} \quad (9)$$

بطور کلی ۹ معادله و ۱۰ مجهول خواهیم داشت که با انتخاب یکی از چرخدنده ها بطور اختیاری از حل کردن ۹ معادله ۹ مجهولی تعداد دندانه چرخدنده ها محاسبه می گردد . ولی چون حل این معادلات بسادگی امکان ندارد لذا معمولاً از روش ترسیمی شبکه دور استفاده می نمایند که در قسمت دیگر توضیح داده خواهد شد.

طرح جعبه سرعت با هشت دور مختلف :



مطابق شکل دوازده عدد چرخدنده روی سه محور موازی هشت دور مختلف در سه تنظام ایجاد می کنند که دورها به ترتیب از درگیری دنده های زیر حاصل می شود . (با توجه به شکل)

			حداقل دور
در این حالت	n 5(7,8)	کوپلینگ K باز	n 1 (7,8-9,10-11,12)
کوپلینگ K بسته	n 6(3,4)	محور چرخدنده های واسطی	n 2 (3,4-9,10-11,12)
محور چرخدنده های	n 7(5,6)	درگیر	n 3 (5,6-9,10-11,12)
واسطی خلاص	n 8(1,2)		n 4 (1,2-9,10-11,12)

اگر نسبت تبدیل دورها را بنویسیم خواهیم داشت :

$$i_{1,2}=\frac{Z2}{Z1} \quad , \quad i_{3,4}=\frac{Z4}{Z3} \quad , \quad i_{5,6}=\frac{Z6}{Z5} \quad , \quad i_{7,8}=\frac{Z8}{Z7} \quad , \quad i_{9,10}=\frac{Z10}{Z9} \quad , \quad i_{11,12}=\frac{Z12}{Z11}$$

چون دور محور اول n فرض می شود لذا با توجه به رابطه $n = \frac{n}{I}$ دورهای بدست آمده در سه نظام برابر خواهد بود با :

$$n\,1 = \frac{n}{I1} = n \times \frac{Z7 \times Z9 \times Z11}{Z8 \times Z10 \times Z12}$$

$$n\,2 = \frac{n}{I2} = n \times \frac{Z3 \times Z9 \times Z11}{Z4 \times Z10 \times Z12}$$

$$n\,3 = \frac{n}{I3} = n \times \frac{Z5 \times Z9 \times Z11}{Z6 \times Z10 \times Z12}$$

$$n\,4 = \frac{n}{I4} = n \times \frac{Z1 \times Z9 \times Z11}{Z2 \times Z10 \times Z11}$$

$$n\,5 = \frac{n}{I5} = n \times \frac{Z7}{Z8}$$

$$n\,6 = \frac{n}{I6} = n \times \frac{Z3}{Z4}$$

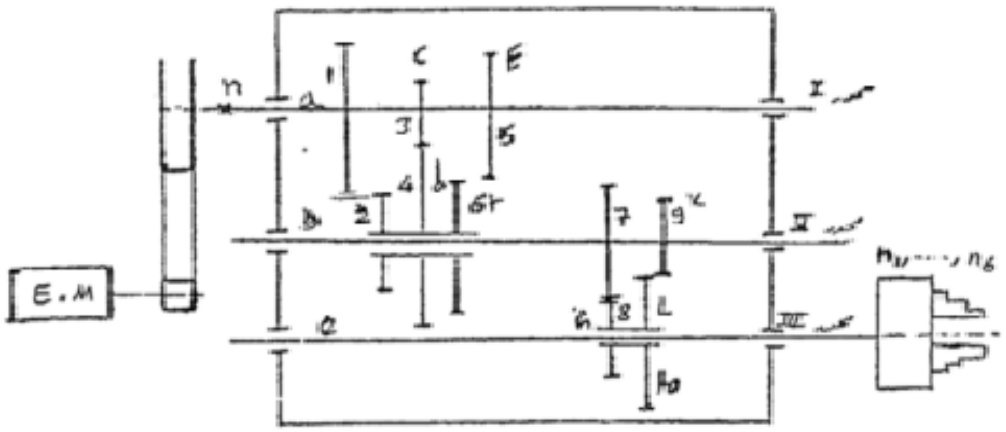
$$n\,7 = \frac{n}{I7} = n \times \frac{Z5}{Z6}$$

$$n\,8 = \frac{n}{I8} = n \times \frac{Z1}{Z2}$$

سیستم ایجاد دور های مختلف توسط چرخدنده (جعبه دنده) :

امروز با پیشرفت علم و تکنولوژی اکثراً از دستگاه های انتقال حرکت با جعبه دنده استفاده می شود و سیستم قبلی یعنی چرخ تسمه ای زیاد مورد استفاده قرار نمی گیرد مگر در بعضی ماشینهای مته ، با قرار دادن چرخ دنده ها روی محور های متعدد و با جابجا کردن آنها توسط اهرم های مکانیکی یا هیدرولیکی می توان دورهای مختلفی بدست آورد .

مطابق شکل با قرار دادن دو عدد چرخ دنده روی سه محور موازی می توان شش دور مختلف در محور سه نظام بدست آورد .



دور محور (I) برابر n دور در دقیقه فرض می شود و چنانکه گفته شد مشخصات چرخ دنده ها باید طوری حساب شوند که دور های بدست آمده به تصاعد هندسی باشند .

چون از این گیربکس حداکثر می توان شش دور مختلف گرفت لذا قدر نسبت این تصاعد برابر است با :

$$\varphi = \sqrt[5]{\frac{n6}{n1}}$$

در این حالت n1 حداقل دور و n6 حداکثر دور خواهد بود .

محاسبه جعبه دنده با روش شبکه طرح :

چنانکه گفته شد محاسبات جعبه دنده برای ماشینهای افزار طبق روش های قبلی توام با اشکالات زیادی از نظر محاسبات ریاضی می باشد . لذا یک جعبه دنده را می توان به سادگی از روی شبکه ای طرح نمود . بطور کلی دراین روش محور های جعبه دنده را بصورت خطوط موازی رسم می کنند و سپس در روی محورها دورهای مورد لزوم را منتقل می نمایند . در این صورت خطوطی که این نقاط را به هم وصل می کنند برابر خواهد بود با نسبت جفت چرخ دنده ها ئیکه دور مورد لزوم را ایجاد می نمایند.

هر گاه برای درج دورهای مختلف از تقسیم بندی لگاریتمی استفاده شود . در این حالت تعداد دورها از هم به اندازه فاکتور تصاعد هندسی φ خواهد بود که نصف این فاصله برابر $\sqrt{\varphi}$ می شود . در این دیاگرام شبکه

خطوط عمودی نسبت i=1 را مشخص می نمایند . اگر این خطوط به طرف چپ تمایل داشته باشند در این صورت تمام دورها نسبت به اولی (محرک) کمتر یعنی $i = \%$ خواهد بود.

بطور کلی در این روش اگر n دور محور محرک را در روی محور I و در وسط این محور قرار دهیم یک سیستم قرینه ای ایجاد می شود که آن را به شبکه طرح می نامند .

مثال : یک جعبه دنده دو محور با حد اقل دور $n_1=45RPM$ با چهار دور مختلف و با تصاعد هندسی با قدر نسبت $\varphi = 1,41$ را از روش شبکه دور طرح می نمایند .

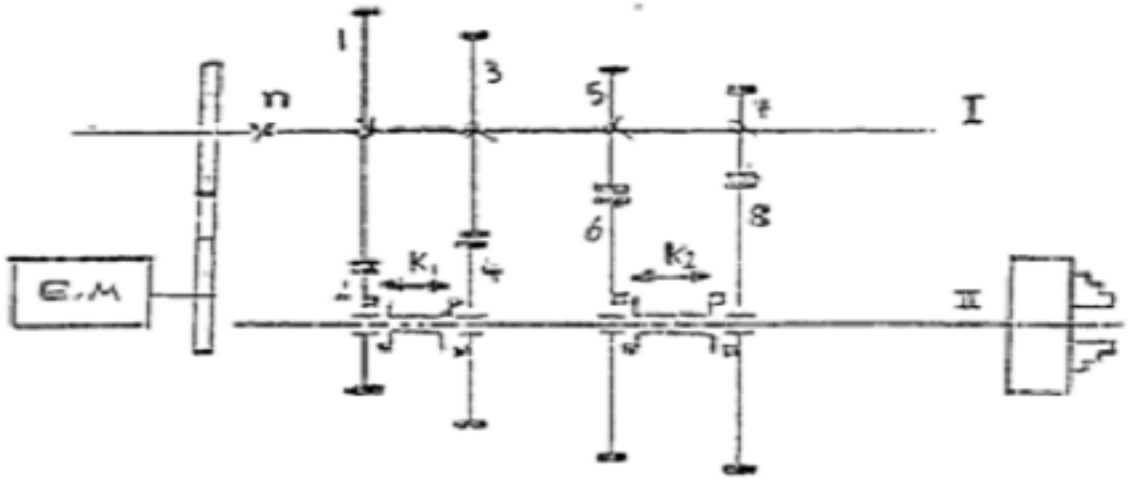
n 1 = 45

n 2 = 45 × 1,41=63,5

n 3 = 63,5 × 1,41= 90

n 4 = 90 × 1,41 =127-1,27

جعبه دنده چهار سرعتی



زوایای قلم افزار :

برای سهولت در عمل براده برداری زوایایی به نوک قلم افزار می دهند که هریک از این زوایا نقش مهمی در کیفیت عمل براده برداری خواهد داشت

۱- زاویه آزاد اصلی :α

این زاویه عبارت است از زاویه شیب لبه برش اصلی به طرف پائین ، با دادن این زاویه به قلم افزار اصطکاک بین پهلوی قلم افزار و قطعه کار کم می شود . در نتیجه حرارت ایجاد شده در نوک قلم افزار کم می شود و عمل برش و پیشروی قلم افزار به خوبی صورت می گیرد مقدار این زاویه بستگی به جنس قطعه کار واستحکا م وسختی آن در سو قع ترا ش دارد.هر چقدر ماده ایکه باید تراشیده شود سخت تر باشد نیروی زیادتری برای جداشدن ذرات آن لازم است. که در نتیجه فشار بیشتری به لبه برش وارد می شود بدین جهت زاویه آزاداصلی باید کم باشد تااستحکام قلم افزار زیادتر شود از طارف دیگر جنس قلم افزار نیز در مقدار این زاویه موثر خواهد بود، از افرازهای برش فولادهای تند پر دارای استقامت به ضربه خوبی هستند که می توان زاویه آزاد اصلی را زیاد انتخاب نمود ، برعکس برای قلم افزارهای کاربیدی (الماسه) چون استقامت به ضربه کم است باید زاویه را کمتر انتخاب نمود . از طرف دیگر هر چقدر این زاویه کمتر باشد قلم نمی تواند به خوبی در قطعه کار وارد شود ودر اثر اصطحکاک حرارت بالارفته ودر نتیجه سختی قلم افزارکم می شود. درجدول مربوطه مقدار این زاویه (clearance angle) برای انواع قلم افزارها وبرای مواد مختلف داده شده است.این زاویه نیز می نامند.

۲ - زاویه گوه β:

این زاویه عبارت است از زاویه بین سطح براده و سطح آزاد اصلی ، مقدار این زاویه نیز به جنس قلم افزاروجنس قطعه کار دارد .

۳- زاویه برش یا زاویه کلی: δ

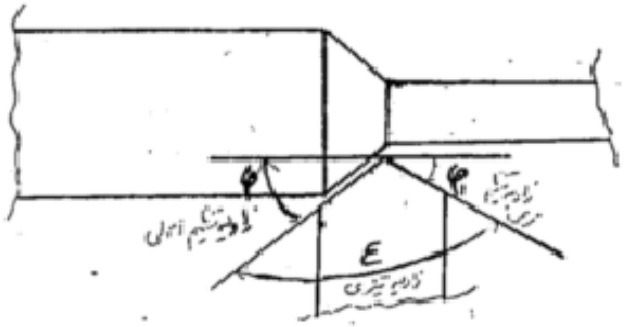
این زاویه ازاد اصلی وزاویه گوه β می باشد.

$\delta=\alpha+\beta$

اگر زاویه براده هشت باشد در این حالت خواهیم داشت :

$\alpha+\beta+\chi=90°$

علا وه بر زوایای ذکر شده زاویه های تنظیم فرعی (φ') و زاویه تنظیم اصلی (φ) وزاویه تیزی قلم افزار (ε) نیز وجود دارد که تاثیر این زوایا در بدست آ وردن سطح صاف در قطعه کار خواهد بود



باز زوایای دیگر که در قلم افزار می باشد زاویه شیب λ میباشد که برای فولاد وچدن مثبت وبرای فلزات سبک و آلیاژهای آن منفی خواهد بود

معمولا" در موقع عمل براده برداری نوک قلم افزار باید در محور قطعه کار قرارگیرد ولی درتراش قطعا ت بلند که قطرشان کم می باشد با قرار گرفتن قلم درمرکز کارانشکالاتی از قبیل تولید سروصدا وارتعاشات بوجود می آید لذا برای رفع این اشکال باید نوک قلم افزار به اندازه دو درصد قطرقطعه کاربالاتر از مرکز قرارگیرد.

مقادیر تجربی این زوایا در جدول بر حسب مواد مختلف و انواع قلم افزارها داده شده است .

۴- زاویه براده : δ

این زاویه عبارت است از زاویه بین سطح براده قلم و صفحه ایکه عمود بر صفحه برش نبوده و از لبه برنده اصلی می گذرد . این زاویه برای عبور براده و کنترل پیچش آن در نظر گرفته می شوند . لذا برای سهولت عبور براده ، زاویه براده را باید تا آنجایی که ممکن است بیشتر در نظر گرفت ، ولی بزرگی این زاویه تا حدی باشد که زاویه گوه قلم و استقامت آن کم شود .

عواملی که در این زاویه موثرند ، سختی قطعه کار و جنس قلم افزار می باشد لذا اگر قلم از فولاد تندبر(HSS) باشد می توان این زاویه را بدلیل استقامت قلم زیاد در نظر گرفت ، ازطرف دیگر در تراش فلزات سخت زاویه براده را کمتر در انتخاب می نمایند .

در مورد تراش آلیاژ برنج زاویه سواله (براده) را صفر انتخاب می نمایند .

در حالتی که زاویه براده کوچک انتخاب شود براده موقع جدا شدن از قطعه کار می شکند و اگر بزرگتر انتخاب شود براده بصورت یک سره برداشته می شود .

در بعضی مواد که قابلیت ماشینکاری خوبی ندارند در موقع براده برداری تولید ضربه می نماید که این ضربه باعث خرابی لبه برش می شود لذا باید در تراش چنین موادی زاویه براده را منفی انتخاب نموده و جنس قلم افزار را نیز باید مناسب انتخاب شود .

بهترین مقدار زاویه براده منفی مقداریست برابر با زاویه آزاد(∝) که در نتیجه زاویه گوه ß برابر ۹۰ درجه خواهد بود .

زاویه های براده اگر مثبت باشد ، براده بطور عمودی از سطح کار دور می شود و در حالت عکس براده بطرف قطعه کار هدایت می شود . و در حالتی که این زاویه صفر باشد براده به موازات سطح کار حرکت خواهد نمود .

دومین اثر مهم این زاویه ، در مورد تراش میله های بلند می باشد که طول این میله ها نسبت به قطرشان خیلی زیاد است .

زوایای قلم و جنس قطعه کار

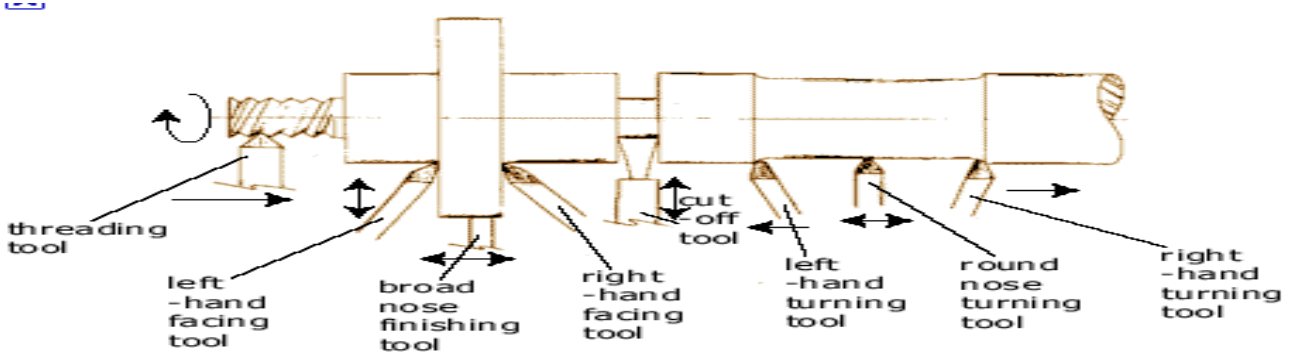
در شکل (a) ابزار برشی پایین تر از محور کار قرار گرفته است که در نتیجه زاویه آزاد ∝ بزرگتر می شود واصطکاک کم می گردد و از طرف دیگر زاویه براده ؟؟؟ کوچکتر شده و نتیجه براده برداری خوب انجام نمی گیرد . و ممکن است ابزار برشی داخل کار کشیده شود .

در شکل (b) ابزار برشی و قطعه کار ایجاد می گردد ولی بعلت بزرگتر شدن زاویه براده ∝ براده برداری بهتر انجام می شود لذا بهتر است در موقع براده برداری قلم افزار به اندازه 2٪ قطر کار بالاتر از مرکز کار قرار گیرد .

در جدول زیر مقدار زوایای قلم افزار داده شده است :

جنس قطعه	ابزار های برش HSS , WSO			ابزار های برش HS		
	δ°	ß°	∝°	δ°	ß°	∝°
فولاد و فولاد ریخته	15 °	68	7	10-12	72-76	4-6
فولاد کروم و نیکل آلیاژی	15	67	8	12-14	68-73	6-8
چدن خاکستری سخت	0-8	76-84	6	0-5	80-85	5
برنج و برنز ...	0-6	78-86	6	0-5	80-85	5
آلومینیوم و آلیاژهای نرم	38	35-42	12	35-35	47-52	8
آلومینیوم سخت و آلیاژهای آن	10-16	66-76	6	10-15	70-75	5
مس و برنز نرم	16-26	50-60	0-14	18-20	60-62	10
فلزات سبک برنج و روی نرم	0-5	75-85	6-10	0-5	84-77	8-6
فولاد افزر	8	71	6	4	80	6
فولاد با استحکام 50-70 kg/mm2	8	68	14	5	75	10
فولاد با استحکام 70-85 kg/mm2	8	68	14	5	75	10
مواد سخت فشرده و پلاستیک	18-30	52-66	6-8	15-25	58-69	6-8
شیشه و سخت ترین فولاد				10	39-94	4-6

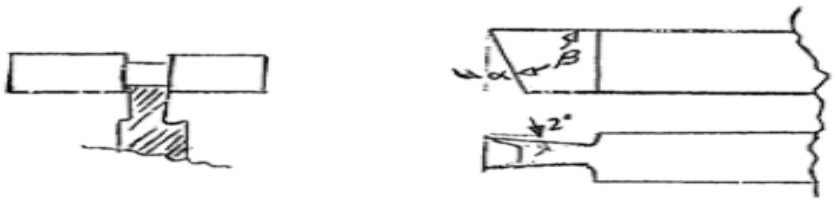
Material to be worked	Angle of clearance	Cutting-wedge angle	Rake angle[1)]
	(indication of angles in °)		
Steel	8	62 - 68	14 - 20
Alloyed steel	8	68 - 74	8 - 14
Tool steel	8	72	10
Grey cast iron	8	80	2
Copper	10	55	25
Brass	8	74	8
Bronze	8	74	8
Aluminium	10	60	20



رنده برشي :

رنده های برش رنده یا ابزار های برشی هستند که معمولاً برای در آوردن شکاف در سطح خارجی یا داخلی یک قطعه کار و یا برای بریدن سریع قطعات بکار برده می شوند . جنس این رنده ها می تواند تیغچه های برشی تند بر و یا الماسه باشد.

رنده های برشي الماسه اکثراً برای تولید انبوه بکار برده می شوند ، و یا برای حالتهایی که عرض شکاف خیلی دقیق باید باشد چون نوک این ابزار ها زود سائیده نمی شوند .



زاویه آزاد α بین 3° الی 8° متغیر بوده و برای مواد ترد مانند برنج برتز وچدن زاویه براده δ برابر صفر و در غیر این حالت زاویه δ=12° می باشد .

بطور کلی براي اینکه لبه برنده اصلی در داخل شکاف هنگام پیشروی اصطکاک نداشته باشد باید سرافزار را معمولاً تا 2° به طرف عقب قلم شیب دار نمود .

در حالتی که از این ابزارها برای بریدن استفاده می کنند ، ضخامت تیغچه برش را معمولاً کم انتخاب می نمایند که در ضخامت های استاندارد 5,3,2 میلی متری بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند .

سرعت برشی :

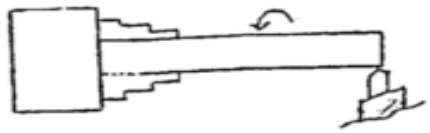
در عملیات تراشکاری سرعت برش عبارت است از طول راهی که نوک قلم افزار روی قطعه کار در یک دقیقه طی می کند ، یا به عبارت دیگر طول براده ای است (طول گسترده) که قلم در یک دقیقه از روی کار می تراشد . واحد برش متر بر دقیقه است .

عواملی که در سرعت بر دخالت دارند :

این عوامل عبارتند از جنس قطعه کار – جنس قلم افزار – مقدار بار – قطر قطعه کار – مایع خنک کن – مقدار نا صافی سطوح و عمر قلم افزار

در عمل تراشکاری اگر سرعت برش بیش از حد مجاز انتخاب شود باعث مي شود که در اثر حرارت زیاد بدست آمده از اصطکاک نوک قلم افزار زود تر کند شده و از بین می رود که برای تیز کاری دوباره احتیاج به صرف زمان خواهد بود لذا باید سرعت برش با توجه به عواملی که ذکر گردید در حد مناسبی انتخاب شود .

لازم به تذکر است که اگر جنس قلم افزار از مواد کاربیدی (الماسه) باشد می توان سرعت برش را بیشتر انتخاب نمود .



$\pi \times d$ در یکدور(طول طي شده قلم افزار)

$\pi \times d \times n$ در n دور (طول طی شده قلم افزار)

لذا سرعت برش برابر خواهد بود با : $v = \frac{n \times d \times \pi}{1000}$

در این رابطه : d قطر قطعه کار بر حسب میلی متر

n تعداد دور در دقیقه RPM

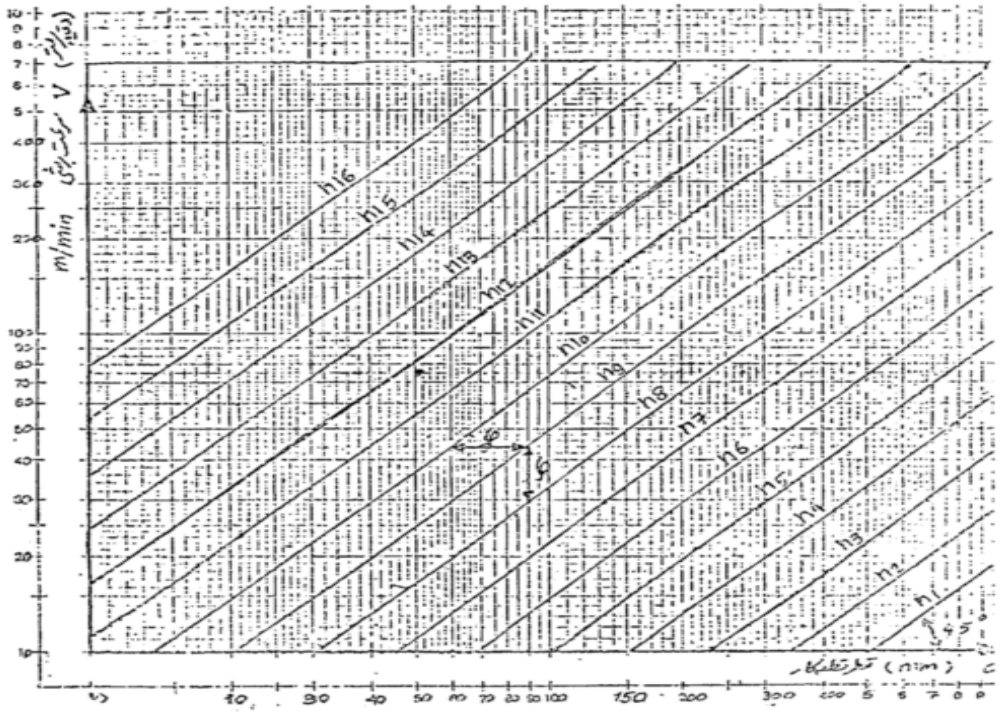
v سرعت برش بر حسب متر بر دقیقه m/min

در جدول تعداد سرعت برش در شرایط مختلف داده شده است که می توان انتخاب نمود بطور کلی اگر جنس موادسخت تر باشد باید سرعت برش کم انتخاب شود و اگر مقدار بار کم باشد می توان سرعت برش را زیاد انتخاب نمود و اگر از مایع خنک کن نیز استفاده شود می توان سرعت برش را زیاد در نظر گرفت .

جنس فلز	سرعت محیطی برحسب Vm/min						بار عه می بر حسب میلیمتر در هر دور Smm/n					
	فولاد افزار		فولاد تندبر		الماسه		فولاد ابزار		فولاد تندبر		الماسه	
	∆	∆∆	∆	∆∆	∆	∆∆	∆	∆∆	∆	∆∆	∆	∆∆
فولاد 34-11	14	25	20	32	180	250	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	1 – 1.5	0.1 – 0.2
فولاد 60-11	10	18	16	28	100	160	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	1 – 1.5	0.1 – 0.2
فولادزنجنگی	8	14	15	25	90	120	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	1 – 1.5	0.1 – 0.2
چدن سیاه	10	16	20	28	70	110	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	1 – 1.5	0.1 – 0.2
مس	36	40	42	68	250	320	0.1 – 2	0.1 – 0.2	0.5 – 2	0.1 – 0.2	1 – 2	0.1 – 0.2
برنج	25	32	40	65	200	300	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	1 – 1.5	0.1 – 0.2
برنز	16	24	28	42	140	200	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	0.5 – 1.5	0.1 – 0.2	1 – 1.5	0.1 – 0.2
فلزهای سبک	—	—	60	100	1000	1200	1 – 3	0.1 – 0.2	1 – 3	0.1 – 0.2	1 – 3	0.1 – 0.2
مواد مصنوعی	—	—	25	35	100	200	0.5 – 2	0.1 – 0.2	0.3 – 2	0.1 – 0.2	1 – 2	0.1 – 0.2

چنانچه گفته شد سرعت برش بستگی به عوامل زیادي دارد که مقادیر تجربی به صورت زیر می باشد .

بطور کلی در کارخانجات برای تولید سری از نظر اقتصادی بودن استهلاک ابزار و زمان کار سعی می کنند سرعت های برش را در نظر بگیرند که استهلاک ابزار و زمان تیز و سنگ زدن دوباره ابزار کم بوده لذا اکثراً از تیغچه الماسه های کاربیدی که دوام بیشتری دارند استفاده می نمایند .

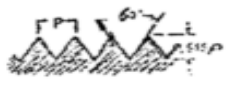


(نموگراف سرعت برش در روی محورهای لگاریتمی)

انواع مختلف پیچ ها و مهره ها و طریقه ساخت آنها :

بطور کلی در طبقه بندی پیچ و مهره های استاندارد از دو سیستم متریک و اینچی استفاده می شود. که خود سیستم اینچی یکنواخت خود شامل سه حالت دنده خیلی ریز (UNEF) و دنده ریز (UNF) و دنده درشت (UNC) مشخص می شوند .

از طرف دیگر از نظر فورم ظاهری دنده ها نسبت به موارد استعمال پیچها دارای اشکال مختلفی نیز مي باشند



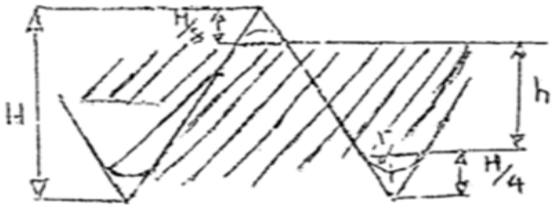
دنده متریک مثلثی

دنده مثلثی متریک ساده

دنده ذوزنقه ای

دنده متریک :

دنده های متریک بصورت V شکل بوده و در برش جانبی بصورت مثلث متساوی الاضلاع می باشند . که این دنده نیز می توانند ، دنده ریز و یا درشت باشند و به علت داشتن ارتفاع کم دنده ها مقطع پیچ کمتر ضعیف می شوند و برای محور های توخالی و برای حالاتهایی که باز و بسته شدن راحت تری مورد احتیاج می باشد بکار می روند . در اندازه گذاری و نمایش این پیچها معمولاً گام را که فاصله



لذا در موقع پیچ تراشی برای پیچ های متریک بعد از آنکه قطر پیچ به اندازه قطر خارجی تراشیده شده در حالت پیچ بری باید به اندازه گودی دنده یعنی 0/6495xp پیچ را عمق تراشی نمود زاویه دنده برای این پیچ ها 60 درجه می باشد .

قطر متوسط پیچ برابر خواهد بود با d0=d-0.6495xp d قطر خارجی پیچ است

قطر مته پیچ برابر است با d1=d-1/299xp

بطور کلی می توان برای قطر های مختلف خارجی گام های مختلف در نظر گرفت و پیچ تراشی کرد ولی برای یک نواخت نمودن پیچ ها گام ها را برای قطر های مختلف استاندارد نموده اند که در جدول صفحه بعد داده شده است .

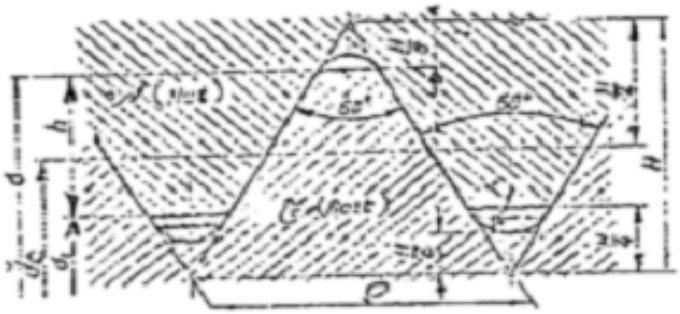
r=0.1082 p

بین دو دنده متوالی می باشد همراه قطر خارجی می نویسند . برای مثال پیچ M 12 × 1/5 نشان دهنده پیچ متریک با قطر خارجی 12 میلیمتری و گام 1/5 میلیمتر می باشد .

زاویه راس این پیچ ها برابر60 درجه بوده

بنا براین برای تراش این پیچ ها زاویه راس

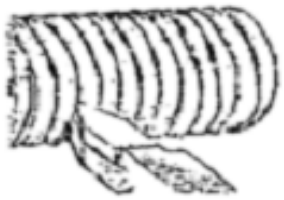
ابزار برش باید برابر60 درجه باشد .



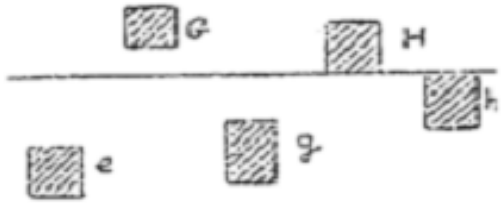
(d قطر خارجی ، d1 قطر مته پیچ ،do قطر متوسط پیچ)

در موقع بستن ابزار برشی باید توجه

داشت که عمود بر سطح کار بسته شود .



در ساختن این پیچ ها بسته به دقت مورد احتیاج از سه منطقه تلرانس h,g,e برای پیچ ها از دو منطقه تلراین G,H برای مهره ها استفاده نمود که درجه تلرانس معمولاً از 4 الی 8 می باشد . بطور کلی اگر در ساختن پیچ و مهره ها تلرانس ذکر شود از تلرانسهای 6H,6g استفاده می نمایند.

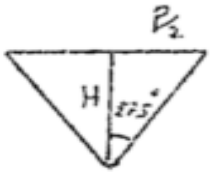


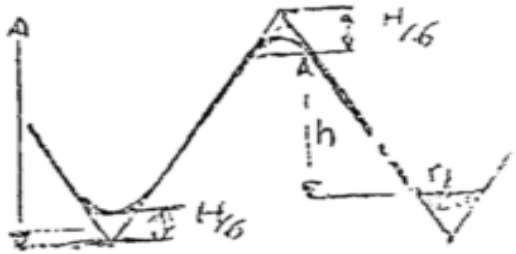
منطقه تلرانس برای مهره

منطقه تلرانس برای پیچ

دنده های اینچی :

این پیچ ها داری زاویه راس 55° درجه بوده و بجای گام از تعداد دندانه در یک اینچ استفاده می نمایند موارد استعمال این پیچ ها مانند پیچ های متریک بوده و در ضمن برای لوله ها نیز مورد استفاده قرار می گیرد . که می تواند بصورت راست گرد و یا چپ گرد باشند که در روی سطح استوانه ای و یا مخروطی ایجاد می شوند . برای مثال پیچ ($3/8'' \times 16g/1''$)دارای قطر خارجی $3/8''$ اینچ بوده و 16 دندانه در یک اینچ دارد .





$$tg\frac{55}{2} = \frac{P/2}{H} \Rightarrow H = 0/96 \times P$$

$$\eta = H/7 = \frac{0/36P}{7} = 0.137 \times P$$

عمود بر پیچ $H = -(\frac{H}{6} + \frac{H}{6}) = \frac{ZH}{3} - \frac{2 \times 0/36P}{3}$

عمق دنده پیچ $= 0.64033 \times P$

زاویه راس 55° درجه می باشد .

چنانکه گفته شد پیچهای اینچی درسه سیستم دنده ریز UNEF و دنده متوسط UNF و دنده درشت UNC وجود دارد که زاویه راس دنده برای هر کدام برابر 55 می باشد .

عمق دنده پیچ =0064033×P_{mm}

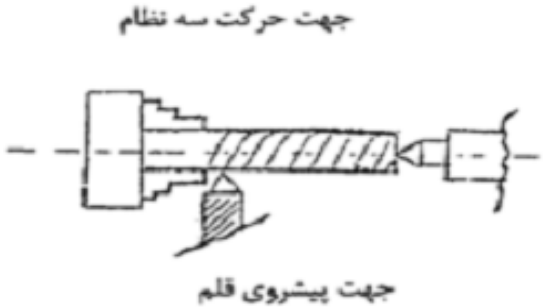
گردی ته پیچ =0.137× P_{mm}

$$p = \frac{25/4}{Z}$$

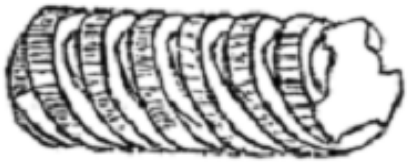
mm تعداد دنده در اینچ

مقدار بار در آوردن دنده پیچ برابر 0.64033xp خواهد بود .

پیچ های چند راهه



تراش پیچ های چند راهه



پیچ سه راهه

این پیچ ها عبارتند از پیچ هایی که به جای یک تواز مارپیچی در محیط خارجی خودشان دارای چندین تواز باشند .

بعلت چند برابر بودن این پیچها انتقال قدرت خیلی سریع خواهد بود زیرا اگر فرض شود که یک پیچ یک راهه بوده و گام آن 2 میلی متر باشد بازاء هر درو گردش پیچ به اندازه 2 میلی متر در مهره پیشرفت می کند ولی اگر همین پیچ دو راهه باشد به اندازه 4 میلیمتر و در حالت سه راهه بودن به اندازه 6 میلی متر در مهره پیشروی خواهد کرد . لذا ملاحظه می شود که چند راهه بودن پیچ باعث حرکت سریع خواهد شد لذا در صنعت و در مواردی که سریع باز و بسته شدن اهمیت زیادی داشته باشد از این نوع پیچ ها استفاده می شود.

دنده ساده اینچی

دنده گرد

دنده مربعی

دنده اره ای

تمامی این پیچ ها با ماشین تراش قابل ساخت بوده که برای هر کدام باید قلم فورم مخصوص بکار برده شود . این پیچ ها می توانند راست گرد و یا چپ گرد بوده و یا چند راهه باشد .

برای تراش ابتداء باید مشخصات دنده پیچ از قبیل گام در پیچ های متریک و یا تعداد دندانه در یک اینچ ، برای پیچ های اینچی یا مدول و یا دیا متراال پیچ را مشخص نموده سپس قلم فورم پیچ بری را سنگ زده و آماده تراش می نماییم ، و بعد از اینکه پیچ را با قطر خارجی تراشیدیم برای بوجود آوردن دنده ها به اندازه ارتفاع دنده در چندین مرحله بار می دهیم و عمل پیچ تراشی را انجام می دهیم . دور مناسب برای پیچ بری تقریباً برابر نصف و یا کمتر از نصف دور درحالت تراش انتخاب می شود .

بطور کلی در یک پیچ یک راهه گام ظاهری و گام حقیقی با هم برابر بوده ولی در پیچ دو راهه اندازه گام حقیقی دو برابر گام ظاهری و در حالت سه راهه سه برابر گام ظاهری خواهد بود .

گام ظاهری × n = گام حقیقی

n عبارت است از تعداد راه های پیچ

گام ظاهری همان گامی است که توسط شابلون دنده (دنده سنج) اندازه گیری می شود

برای تراش این پیچ ها دستگاه تراش را به اندازه گام حقیقی تنظیم می کنند . یعنی اینکه اگر گام ظاهری را بدست آوریم با ضرب نمودن در راه ها گام حقیقی را بدست می آوریم بعد از تراش راه اول با همین گام مثل

پیچ های یک راهه می تراشیم بعد از ان و تمام شدن راه اول قطعه کار را به اندازه $\frac{1}{n}$ بدون اینکه پیچ هادی بچرخد می چرخانیم . کلاً در مورد پیچ های دوراهه به اندازه 180 درجه و در مورد پیچ های سه راهه به تعداد 120 درجه می چرخانیم و راه بعدی را با همان گام می تراشیم اگر تعداد راه ها زیاد باشد همین عمل راانجام می دهیم تا پیچ کامل گردد .

روش دیگری که برای چرخاندن قطعه کار وجود دارد این است که چرخدنده پشت ماشین تراش را از چرخهای دیگر آزاد کرده و محور کار را به اندازه مناسب با شمارش تعداد دندانه چرخ دنده گردانیده و بعد می توانیم چرخها را درگیر نمائیم .

باز روش دیگری که وجود دارد این است که بعد از اتمام راه اول سوپرت بالایی دستگاه را به اندازه نصف گام حقیقی که برای پیچ های دوراهه برابر گام ظاهری است می چرخانیم و راه بعدی را می تراشیم و همین عمل را ادامه می دهیم تا تراش پیچ کامل گردد .

برای مثال اگر یک پیچ سه راهه را بخواهیم بتراشیم که گام ظاهری آن برابر2 میلیمتر باشد (گامی که توسط شابلون دنده اندازه گیری شده) دستگاه را روی گام 2 × 3 که برابر با6 میلیمتر است تنظیم نموده و راه اول را با همین گام می تراشیم برای راه بعدی سوپرت را به اندازه 2 میلی متر بطرف جلو حرکت داده و راه بعدی را با همان گام قبلی می تراشیم و برای راه سوم دوباره سوپرت را به اندازه 2 میلی متر به طرف جلو رانده و راه سوم را می تراشیم تا پیچ کامل گردد .

Milling machine

ماشین فرز

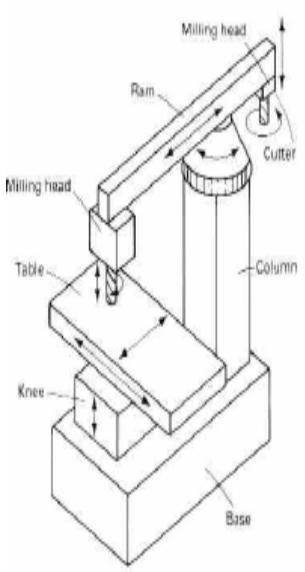


Fig. 5 Principal components of a turret-type knee-and-column milling machine

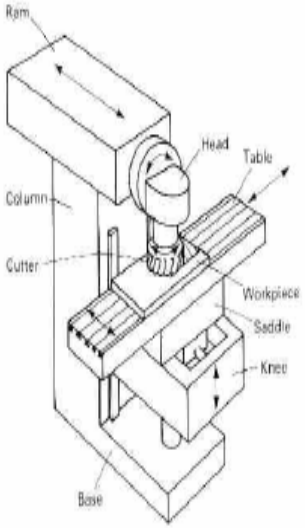


Fig. 6 Principal components of the ram-type knee-and-column milling machine. This ram can be moved in a direction parallel to the saddle movement.

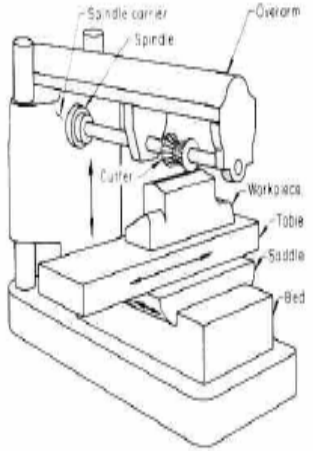
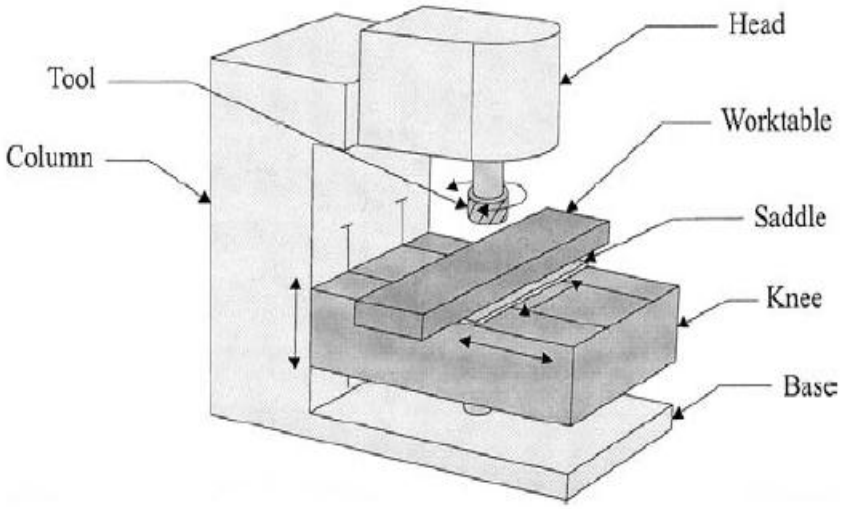


Fig. 7 Principal components of a horizontal-spindle bed-type milling machine

a given size of machine as compared to the movement of the knee. In addition, spindle overhang is reduced by as much as 75%



Knee-and-column milling machine.

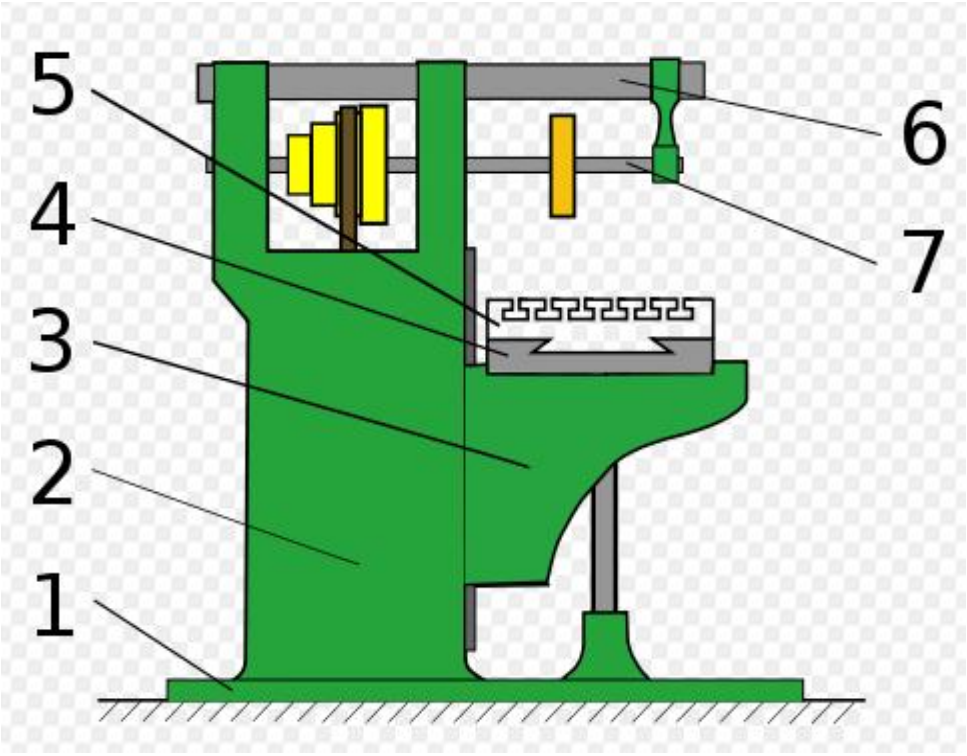
فرزکاری

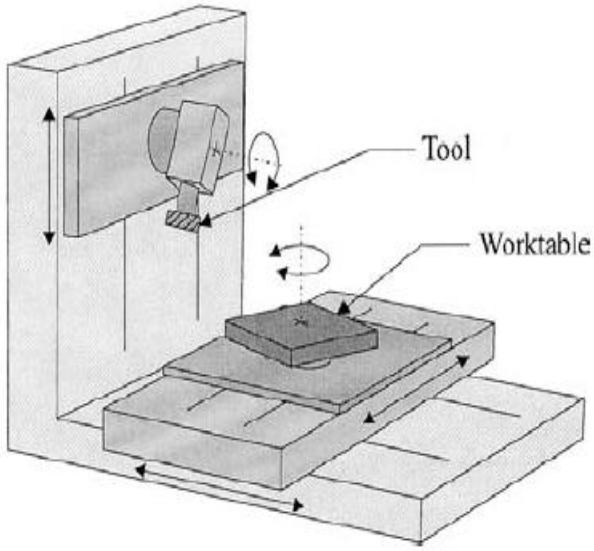
فرزکاری یک فرآیند ماشین کاری است که در آن براده‌برداری با چرخش یک تیغه چند دندانه ای انجام می‌شود. هر دندانه مقدار کمی از براده را در هر چرخش spindleبرمی‌دارد. از آنجا که هم قطعه کار و هم محور برش می‌توانند در یک زمان در بیش از یک جهت حرکت کنند سطوح در هر جهتی قابل ماشین کاری است. (شکل 1). تفاوت فرزکاری با دیگر فرآیندهای ماشین‌کاری عبارتند از:

تیغه به طور متناوب از قطعه کار، جدا و مجددا درگیر می‌شود در برش دچار وقفه می‌شود.

اندازه کوچک براده‌ها در فرزکاری

متنوع بودن ضخامت براده‌ها





Five-axis milling.

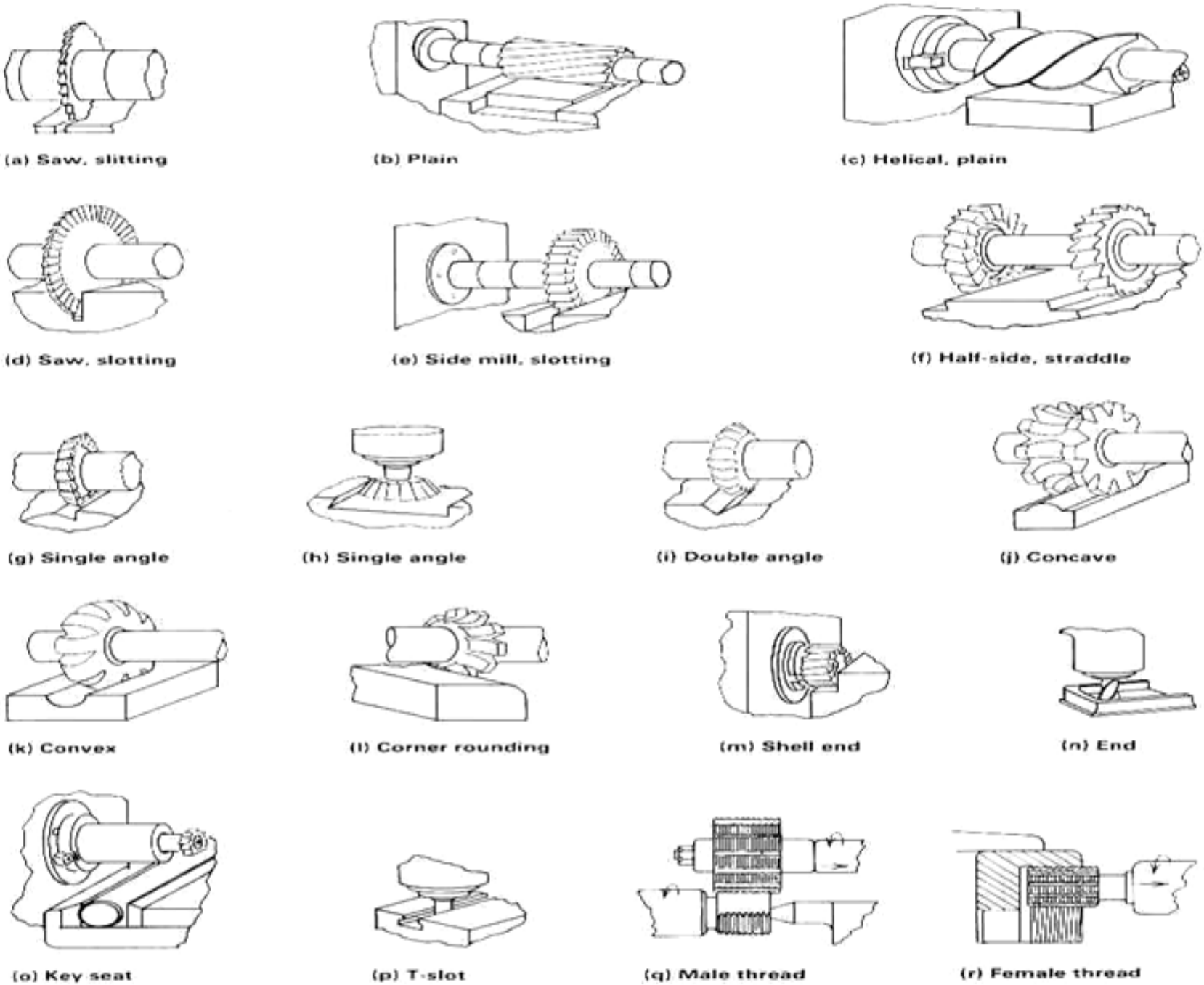


Fig. 1 Basic milling operations and cutters illustrating the variety of surfaces and surface combinations that can be generated

خصوصیات ماشینهای فرز

- الکترو موتور با سرعت قابل تغییر
- بستر حرکتی ویاتاقان‌های Ball- Screw یا هیدرواستاتیکی
- کنترل عددی (NC) و یا کنترل‌های عددی کامپیوتری (CNC)
- محرک‌های اتوماتیک
- تعویض اتوماتیک ابزار

جهت حرکت spindle و نوع ساختمان دو معیاری است که دسته‌بندی ماشین‌های فرز براساس آن انجام می‌شود. ماشین‌هائی که spindle آن ها به صورت افقی حرکت می کند، بسیار متداول‌ترند. اما ماشین‌های با spindle عمودی نیز به طور گسترده استفاده می‌شوند. بعضی از ماشین‌هائی که برای اهداف خاص طراحی شده اند دارای spindle هائی با حرکت‌های افقی، عمودی، و زاویه‌ای می‌باشند که می‌تواند به طور همزمان یا متوالی و یا هر دو عمل کنند. ماشین‌های Tape- Control می‌توانند تا پنج محور متحرک داشته باشند.

ساختمان ماشین معیاری برای طبقه‌بندی آن‌ها به صورت زیر است:

1- فرز اونیورسال

2-فرزنوع عمودی

3- فرز نوع افقی

4- فرز نوع ویژه

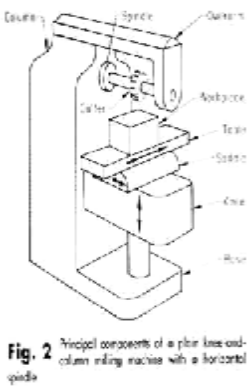


Fig. 2 Principal components of a plain knee-and-column milling machine with a horizontal spindle

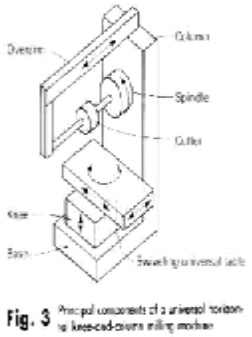


Fig. 3 Principal components of a universal horizontal knee-and-column milling machine

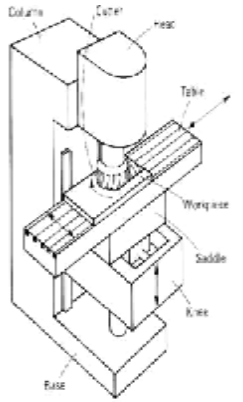


Fig. 4 Principal components of a vertical-spindle knee-and-column milling machine

سه نوع اول دارای قابلیت‌های گسترده و امکانات زیادی می‌باشد. ماشین‌های انواع ویژه به صورت جداگانه و برای نیازهای خاص طراحی و ساخته می‌شوند.

اجزاء ماشین

ماشین ها ی فرز (شکل شماره 2)، شامل شش قسمت اصلی زیر است:

1- پایه که موجب نگهداری قسمت های دیگرمی‌شود.

2- ستون که شامل spindle و مکانیزم محرک می‌باشد.

3- کله گی عمودی وافقی که موجب نگهداشتن محور تیغه است

4- میز گونیا (Knee) قسمت جداگانه‌ای که به ستون متصل می‌شود و به صورت عمودی روی ستون حرکت می‌کند.

5- میزکشویی (saddle) که توسط میز گونیا نگه داشته می‌شود و به صورت افقی (به سمت درون و بیرون) روی آن حرکت می کند.

6- میزاصلی که قطعه کار را نگه می دارد و می تواند به صورت افقی و عمودی بر زین حرکت کند

ماشین های یونیورسال:

این نوع ماشین فرز نه تنها برای همه نوع کار طراحی شده و نه فقط برای فرزکاری مستقیم در سطوح و منحنی بلکه برای برش دنده ، رزوه ، سوراخکاری و کنار تراشی هم به کار می‌رود

مانند ماشین‌های ساده است با این تفاوت که میز درون پوششی (غلافی) قرار گرفته که می تواند در صفحه افقی چرخانده شود (شکل شماره 3). این ماشین به ویژه برای فرزکاری زاویه ها و مارپیچ ها در چرخدنده‌های مارپیچ مناسب هستند. زین از دو قسمت ساخته شده است. قسمت بالائی بر روی قسمت پائین می چرخد و میز را با خود حرکت می دهد (تا زاویه 45 درجه)، برخی از انواع ماشین‌های یونیورسال خصوصیاتی اضافه دارند. مثلا زانوئی می تواند با چرخیدن موجب کج شدن میز شود و spindle در کنار ستون به هر زاویه‌ای بچرخد.

این نوع طراحی استحکام را برای قطعه کارهای سنگین مهیا می‌کند و انعطاف لازم برای ماشین‌های فرز چند منظوره را ایجاد می‌کند.

بیشتر ماشین‌های زانوئی ستونی دارای کله‌گی (هد) قابل تعویض هستند که به ستون متصل می‌شوند و ماشین را به ماشین با spindle عمودی تبدیل می‌کند. برخی از این هدها می‌توانند تا 180 درجه بچرخند.

ماشین های زانوئی و ستونی با spindle عمودی نیز استفاده می‌شوند (شکل شماره 4). ماشین ها با spindle عمودی بزرگ دارای spindle و مکانیزم محرک روی بازو که به تیر (overhang)روی ستون متصل شده هستند. در ماشین های کوچک spindle عمودی و قسمت های متحرک به لغزنده (اسلاید) افقی در بالای ستون متصل است.

انواع ماشین‌های ویژه:

ماشین‌های فرز مخصوص بیشماری ساخته شده‌اند. معمولا برای استفاده قطعه کارهای خاص اما بیشتر برای تولید انبوه قسمت‌های ویژه به کار می‌روند. این ماشین‌ها معمولا ترکیب دو نوع یا بیشتر از ماشین‌هائی هستند که پیش از این توضیح داده شد.

هزینه این نوع ماشین ها تنها برای تولید انبوه قطعه کار های یکسان توجیه پذیر است، یا چند عمل با هم ترکیب شوند تا هزینه ها کاهش یابد. این ماشین‌های مخصوص معمولا به صورت اتوماتیک طراحی می‌شوند. انواع ماشین‌های مخصوص عبارتند از:

فرم تراش

ماشین فرز کپی

فرزهای گردان

فرز اقماری

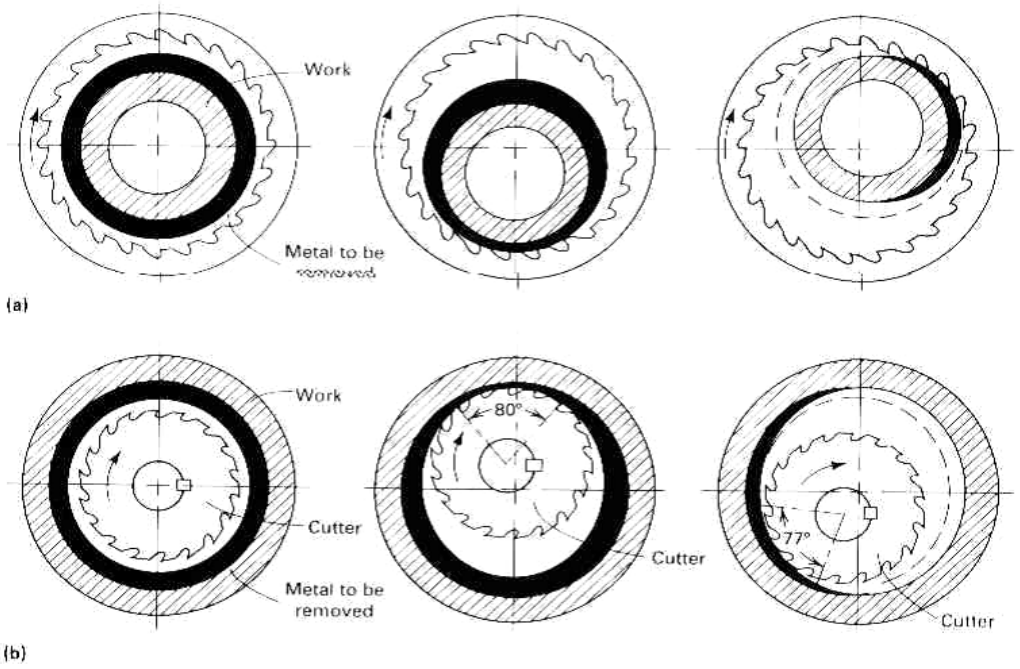


Fig. 14 Planetary action and cutter path of an eccentric-drum miller. (a) Internal work. (b) External work. Cutter is shown in neutral position for loading (left), in radial feed to depth (center), and in planetary feed around work (right).

تیغه‌های فرز:

تیغه های فرز درا نواع و اندازه متفاوت هستند، و به انواع: فرز های محیطی، فرزهای پیشانی‌تراش، فرزهای انگشتی و فرزهای مخصوص تقسیم می‌شوند. تیغه‌های بزرگ معمولا دندانه‌هائی با مواد گران قیمت دارند.

فرز های محیطی به این دلیل نامگذاری شده‌اند که برای ایجاد سطوح مورد نیاز از دندانه‌هائی واقع بر پیرامون تیغه استفاده می‌کنند. فرز جانبی معمولا در روی میله فرز با محوری موازی با سطحی که فرز می‌شود قرار می‌گیرد.

فرز های محیطی در دامنه وسیعی از قطر ها، عرض ها و نسبت طول به عرض های مختلف موجودند و دارای لبه های مستقیم یا مار پیچ نیز موجود می‌باشند. قطر های بیش از 102 تا 457 میلیمتر بیش از اندازه های دیگر در دسترس هستند.

فرز های پیشانی تراش: به این دلیل نامگذاری می‌شوند زیرا که سطح قطعه کار با سطح تیغه ایجاد می‌شوند. هر چند که قطر خارجی یا لبه مورب آن بیشتر براده ها را بر می دارد. تیغه با یک spindle بر روی محوری عمود بر سطح فرزکاری شده به حرکت در می آید. فرز های پیشانی تراش تقریبا به هر اندازه ای ساخته می‌شود ولی معمولا از قطر 70 تا 508 میلی متر ساخته می‌شوند. فرزهای پیشانی تراش با اندازه کوچکتر از 70 میلیمتر به ندرت مورد نیاز است و توان ماشین و استحکام با استفاده از تیغه با قطر بیش از 508 میلیمتر را محدود می‌شود.

فرزهای انگشتی:

لبه‌هایی برنده در هر دوقسمت جانبی و سطح انتهائی خود دارند، بنابراین می‌توانند برای پیشانی تراشی، پیرامون تراشی ویا هر دو استفاده شوند. به عنوان تیغه های محیطی می توانند برای ایجاد هر دو سطح ساده یا غیر معمول استفاده شوند. فرزهای انگشتی معمولا در اندازه های 6/1 تا 102 میلیمتر موجودند.

تیغه های مخصوص فرز می‌توانند به هر شکلی درست شوند. تیغه می تواند برای قرار گرفتن روی محور یا قرار گرفتن روی دماغه spindle طراحی شود. ملاحظات مربوط به زاویه و مواد که در مورد تیغه‌های استاندارد در نظر گرفته می‌شود، در طراحی های مخصوص هم استفاده می‌شوند.

فهرست تیغه های فرز در شکل شماره 17 نشان داده شده ودر زیر آمده است. این اصطلاحات اصولا برای تیغه های فرز ساده به کار می‌روند:

قطر خارجی، قطر دایره ایست که پیرامون لبه‌های تیغه قرار گرفته است وبرای محاسبه سرعت سطح نسبت به spindle استفاده می‌شود.

قطر ریشه، قسمتی از تیغه است که از بدنه شروع شده و به لبه پیرامونی تیغه ختم می‌شود.

دندانه‌های سطحی، سطح دندانه بین پین فیلت و لبه تیغه است.

کفی (land)، محلی است پشت لبه تیغه روی دندانه که موجب جلوگیری از تداخل می‌شود.

شکاف(Flute) ، فضائی است برای براده ها بین دندانه‌ها.

گوشه (Fillet)، شعاعی است در انتهای شکاف برای بهتر کردن حرکت براده‌ها.

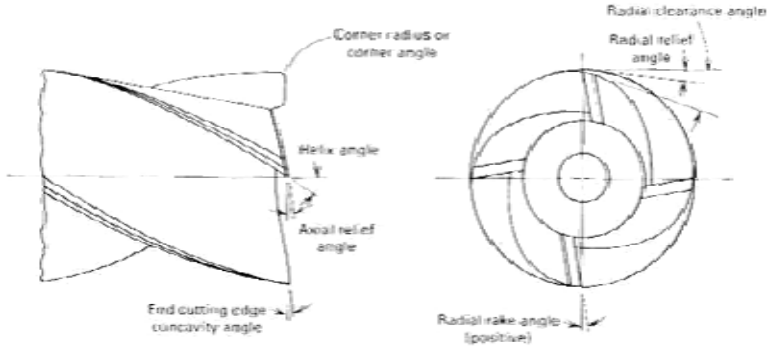
جنس وروش ساخت تیغه فرز:

سه روش ساخت برای تیغه فرز وجود دارد: Indexable Insert, Inserted Blade, Solid.

-نوع Solid وBlade قابل تیز شدن مجدد هستند و معمولا به عنوان تیغه های دروازه‌ای شناخته می‌شوند. اگر چه تیغه‌های Indexable Insertبه طور گسترده استفاده می‌شوند ولی نوع دروازه‌ای نیز هنوز برای برخی کاربردها مورد نیاز است.

Table 3 Tool geometry for high-speed steel end mills for the peripheral and slot milling of ferrous and nonferrous alloys

Nominal cutter diameter, mm	Nominal cutter diameter, in.	General purpose—30–35° helix: steels, cast irons, copper alloys, titanium alloys, nickel alloys, high-temperature alloys, and zinc alloys: Radial primary relief angle, degrees	Primary land width, mm	Primary land width, in.	Radial secondary clearance angle, degrees	35–45° helix: aluminum and magnesium alloys: Radial primary relief angle, degrees	Primary land width, mm	Primary land width, in.	Radial secondary clearance angle, degrees
1.6	1/16	20–21	0.18–0.25	0.007–0.010	30–35	20–22	0.18–0.25	0.007–0.010	30–35
3	1/8	12–13	0.25–0.38	0.010–0.015	22–28	14–18	0.25–0.38	0.010–0.015	25–30
4	5/32	12–13	0.25–0.51	0.010–0.020	20–25	14–18	0.25–0.51	0.010–0.020	25–30
6	1/4	10–11	0.25–0.51	0.010–0.020	20–25	12–15	0.25–0.51	0.010–0.020	22–28
7	9/32	10–11	0.38–0.64	0.015–0.025	20–25	12–14	0.38–0.64	0.015–0.025	21–28
8	5/16	10–11	0.38–0.64	0.015–0.025	17–20	12–14	0.38–0.64	0.015–0.025	19–26
10	3/8	9–10	0.51–0.76	0.020–0.030	17–20	11–13	0.51–0.76	0.020–0.030	18–25
12	15/32	9–10	0.51–0.76	0.020–0.030	17–20	11–13	0.51–0.76	0.020–0.030	18–25
14	9/16	9–10	0.64–0.89	0.025–0.035	17–20	11–13	0.64–0.89	0.025–0.035	18–25
16	5/8	8–9	0.76–1.00	0.030–0.040	15–18	10–12	0.76–1.00	0.030–0.040	17–24
20	3/4	8–9	0.76–1.00	0.030–0.040	15–18	10–12	0.76–1.00	0.030–0.040	17–24
22	7/8	8–9	0.89–1.27	0.035–0.050	15–18	10–12	0.89–1.27	0.035–0.050	16–23
25	1	7–8	1.00–1.52	0.040–0.060	13–18	9–11	1.00–1.52	0.040–0.060	14–22
32	1 1/4	7–8	1.00–1.52	0.040–0.060	11–17	9–11	1.00–1.52	0.040–0.060	13–21
40	1 1/2	7–8	1.00–1.52	0.040–0.060	10–16	8–10	1.00–1.52	0.040–0.060	12–20
45	2	6–7	1.00–1.52	0.040–0.060	9–15	8–10	1.00–1.52	0.040–0.060	12–20



Source: Metcut Research Associates Inc.

تیغه های فولادی :

تیغه های فرز فولادی (معمولا ازفولاد تندبر) ساخته می‌شوند. تیغه‌ها می‌توانند از آلیاژهای ریخته‌گری نیز ساخته شوند. تیغه‌های فولادی معمولا کمترین هزینه اولیه را بسته به سایز دارند و بنابراین برای استفاده در کوتاه مدت و یا ساخت ابزار برای استفاده‌های ساده بهترین هستند. فولاد تندبر به طور گسترده‌ای در همه نوع تیغه‌ی فرز استفاده می‌شوند. بدنه تیغه و دندانه‌ها می توانند به هم پیوسته باشند. شکل های مورد نیاز تیغه ابتدا با ماشین کاری فولاد تندبر آنیل شده، به دست می‌آیند و سپس سخت‌کاری شده و تیز می‌شود تا تیغه نهائی حاصل شود. بسیاری از تیغه‌های بزرگ با طراحی ساده، ساخته شده از فولاد تندبر برای قطعه‌هائی استفاده می‌شوند که از آلیاژ های فولاد عملیات حرارتی شده ساخته شده‌اند. اگر چه با پیچیده‌تر شدن شکل تیغه، استفاده از تیغه‌های مجزا دشوارتر می‌شود. بنابراین تیغه‌های پیچیده بعضی وقت‌ها از فولاد Solid تندبر ساخته می‌شوند، بدون توجه به سایز. عمر تیغه‌های فرز فولاد تندبر M10, M1, T1 ، به سرعت کاهش می یابد، اگر سختی بیش از 35 HRC شود از آلیاژ های فولاد تندبر درجه بالا برای برش از 35 تا 50 HRC استفاده می‌شود. برای کارهائی که سختی آن‌ها از 50 HRC بیشتر است. تیغه ها از جنس فولاد تندبر عمر محدودی دارندکه در شکل شماره 19b نشان داده شده است

تیغه های کاربیدی :برای کارهای با سختی بیش از 50HRC استفاده می‌شود. تیغه‌های کاربیدی در کل بهتر هستند، زیرا سرعت برش آنها 3 تا 6 برابر بیشتراز سرعت برش تیغه ها با جنس فولاد تندبر است. کوچکترین تیغه (به ویژه برای فرز انگشتی) معمولا از کاربید جامد ساخته می‌شود. اما هزینه‌ی بالا و امکان شکستن آن، استفاده از کاربید جامد را محدود به کار بردهای خاص می‌کند.

برای بسیاری از آلیاژهای نیکل و کبالت دما بالا مانند U-500 و HS-25 تیغه‌های فرز کاربیدی توصیه نمی‌شودشده . ترکیب تیغه ها با سرعت برش کم و تیغه کبالت سرعت بالا برای فرزکاری این آلیاژ ها لازم است. شکل 19c مزایای فولاد تندبر T15 را نسبت به T1 به علاوه تاثیر سرعت برش بر عمر هر دو ابزار را در فرزکاری پیشانی‌تراش U-500 نشان می‌دهد. عملکرد تیغه‌های سرعت بالا شامل نوع با کبالت زیاد با افزودن پوشش تیتانیوم – نیترید بسیار پیشرفت می‌کند

تیغه های سرامیکی: سرامیکها مواد جدیدی هستند و محاسن زیادی دارند و از جمله می توان از مواد ارزان قیمت استفاده کرد مانند اکسید آلومینیوم ((Al_2O_3که در نظر است جایگزین کاربیدها شود.

تیغه های Indexable Insert :تیغه های Indexable Insert روشی برای تولید تیغه های فرز است که به تازگی معرفی شده و به طور گسترده استفاده می‌شود (شکل شماره 20). این تیغه ها از مغزی (Insert) برنده ای استفاده می‌کنند که معمولا از جنس کاربید، سرامیک یا الماس جاسازی شده در لایه کاربیدی استفاده می‌شود. از مغزی (Insert) یک یا چند لبه برنده دارد که معمولا در قسمت‌های مختلفی قرار می‌گیرند.

مزایای تیغه‌های Indexable Insert شامل حذف سایش، هزینه کم برای هر لبه برش، و در دسترس بودن آن‌ها در طیف گسترده ای از انواع هندسه و مواد مختلف، معایب آن شامل نیروی برش بیشتر و امکان تولید سطح ناهموار است.

•

فاکتورهای ثانویه ای که در انتخاب مواد ابزار سازی تاثیر گذار است

فاکتورهای دیگری که در انتخاب مواد ابزار باید توجه شود به شرح زیر است:

استحکام دستگاه

قدرت در دسترس

وسایل تیز کننده تیغه

استحکام دستگاه. به ویژه هنگامی که از تیغه‌های فرز کاربید استفاده می‌شود اهمیت پیدا می‌کند. لقی موجود در یاتاقان‌ها و لغزنده‌های ماشین می‌تواند منجر به ارتعاشاتی شود که کاهش عمر تیغه را همراه داشته باشد. اگر استحکام دستگاه قابل افزایش نباشد، تیغه‌های فولادی تندبر باید استفاده شوند.

توان موجود. تیغه‌های کاربیدی نتیجه بهینه‌ای را هنگام استفاده در سرعت‌های بالا می‌دهند هرچه سرعت بالاتر رود توان بیشتری مورد نیاز است. بنابراین هنگام استفاده از تیغه کاربیدی قدرت کافی در دسترس باید در نظر گرفته شود.

وسایل تیز کننده. تیغه های کاربیدی نسبت به فولاد تندبر دشوارتر تیز می‌شوند. چرخ الماسه معمولا استفاده می‌شود، اگر چه برخی از ماشین‌های سنگ‌زنی از کاربید سیلیکون برای سنگ‌زنی تیغه‌های کار بیدی استفاده می‌شود.

تاثیر طراحی تیغه بر بازده:

روابط زاویه‌ای لبه برش بسیار بر بازده تاثیرگذار است. موارد مهم در این روابط به همراه تاثیر آن ها در زیر بحث شده است:

شیب شعاعی بر بازده توان براده برداشته شده و عمر تیغه تاثیر دارد. به طور کلی زوایای شیب شعاعی از صفر تا مقداری مثبت برای تیغه با فولاد تندبر استفاده می‌شوند و زوایای شیب منفی برای تیغه کاربیدی، شیب منفی بازده کمتری دارد. اما معمولا برای عمر کار دستگاه لازم است. زیرا لبه‌های کاربیدی شکننده هستند

تعداد دندانه‌ها. تیغه فرز باید به تعداد کافی دندانه داشته باشد تا تماسی بدون جدائی را با فلز را برقرار کند. همچنین نباید آن قدر زیاد باشد که فضای کم بین دندانه‌ها برای تخلیه براده‌ها شود. شکل شماره 27a دندانه‌های تیغه را بسیار نزدیک به هم نشان می دهد که تداخل بین براده‌ها امکان‌پذیر است. این موجب افزایش مصرف توان و همچنین آسیب یه تیغه، قطعه کار یا هردو می‌شود. شکل 27b دندانه‌ها را جدا از هم نشان می‌دهد و یک دندانه کار را ترک می کند قبل از آنکه دندانه دیگر درگیر شود. این موجب ارتعاش و لرزش می‌شود که نتیجه آن پرداخت ضعیف، عدم دقت در ابعاد و سائیدگی اضافی ابزار است. نوع مناسب و بهینه در شکل شماره 27c نشان داده شده است.خصوصیات فلزی که فرزکاری می‌شود هم بر تعداد دندانه‌های تیغه تاثیرگذار است.

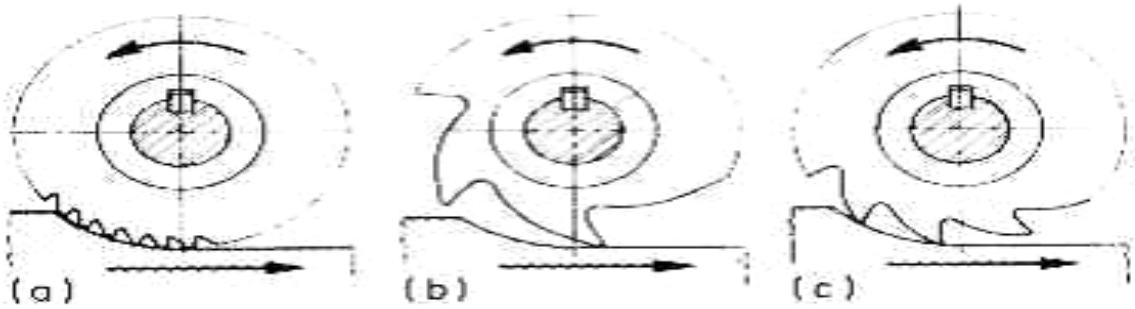


Fig. 27 Effect of number of teeth on a milling cutter. (a) Too many teeth, resulting in chip crowding and interference. (b) Too few teeth, resulting in intermittent contact. (c) Compromise for satisfactory milling

محدودیت های توان و سرعت میز نیز می تواند بر تعداد دندانه‌های تیغه اثرگذار باشد. دو برابر شدن تعداد دندانه‌ها نیاز مند دو برابر شدن سرعت میز است، تا پیشروی در هر دندانه ثابت بماند. این تخلیه براده‌ها مصرف توان را دو برابر می کند. هر چند اگر توان در دسترس باشد و براده ها تخلیه شوند. افزایش تعداد دندانه‌های تیغه، تولید را بیشتر می‌کند. در فرزکاری پیشانی‌تراش تماس دندانه‌ها طولانی تر از فرز پیشانی تراش است. بنابراین دندانه‌های کمتری هنگامی که فضای بیشتری برای براده‌ها مورد نیاز باشد یا محدودیت توان وجود داشته باشد، می‌توانند استفاده شوند.

سرعت spindle برای بیشتر کارهای مقرون به صرفه، قطر هر تیغه و جنس تیغه و قطعه کار مهم است. تعداد براده ها در دقیقه می‌تواند با تغییر تعداد دندانه‌ها تغییر کند. حاصلضرب پیشروی در هر دندانه در براده در دقیقه برابر سرعت میز است. بنابراین برای همراهی با محدودیت‌های توان هنگام فرزکاری در سرعت بالا تعداد دندانه‌ها در تیغه می‌تواند کاهش یابد. این موجب کاهش تعداد براده در هر دقیقه می‌شود که کاهش سرعت میز را به همراه دارد.

توان مورد نیاز:توان مورد نیاز معمولا از سرعت برداشتن براده ازقطعه کارواز رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_n = uvdw \quad (1)$$

که P_nتوان مورد نیاز برای تیغه، u انرژی ویژه ($hp/in^3 / min$ ، v سرعت میز in/min)، dعمق برش (به $in.$)، w عرض برش (به $in.$) است.

معادله 1 مقدار میانگین توان مصرفی را می‌دهد. سرعت انجام کار با تغییر ضخامت براده تغییر خواهد کرد و ممکن است به میزان قابل توجهی بیش از مقداری باشد که در معادله 1 محاسبه شده. هرچند قسمت های دوار ماشین و تیغه، مانند چرخ لنگر توان گرفته شده از موتور را یکنواخت می‌کند. بنابراین سرعت براده‌برداری برای فرزکاری می‌تواند بر پایه محاسبه توان مصرفی میانگین باشد. به طور کلی فرزکاری بیشتر آهن ها و فلزها به(hp/in^3) $4.6*10^5 \ kw/m^3$ براده‌برداری نیاز دارد.

مقایسه فرزکاری هم جهت و مخالف جهت:

روابط بین چرخش و پیشروی در فرزکاری مخالف‌جهت و هم‌جهت در شکل 28 نشان داده شده است در فرزکاری همجهت تیغه تمایل به حرکت به سمت بالای قطعه‌کار دارد. فرزکاری هم‌جهت هم چنین فرزکاری به سمت پایین و فرزکاری مخالف‌جهت فرزکاری به سمت بالا نیز نامیده می‌شوند

فرزکاری هم‌جهت براده‌ها ابتدا با حداکثر ضخامت در درگیری اولیه دندانه‌های تیغه و قطعه‌کار بریده می‌شوند و سپس در انتهای درگیری ضخامتشان به صفر می‌رسد. در فرزکاری مخالف جهت بر عکس آن اتفاق می‌افتد براده‌برداری با ضخامت کمی از براده آغاز می‌شود و در طول برش ضخامت آن افزایش می‌یابد.

تکنیک‌های فرزکاری هم‌جهت در بسیاری از کاربردها استفاده می‌شود. فرزکاری هم‌جهت مزایای بسیاری نسبت به مخالف جهت دارد:

فیکسچرها و ابزار نگهدارنده ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر هستند، زیرا فرزکاری هم‌جهت نیرو را به سمت پایین وارد می‌کند.

براده کمتر توسط دندانه حمل می‌شود که این موجب کاهش احتمال آسیب به سطح ماشین‌کاری شده می‌شود.

تخلیه براده آسان‌تر است زیرا براده در پشت تیغه جمع می‌شود به جای جلوی آن

سایش تیغه کمتر است زیرا بیشترین ضخامت براده در ابتدای برش است

در موارد زیر فرزکاری مخالف جهت به هم‌جهت ترجیح داده می‌شود:

هنگامی که در مکانیزم پیشروی لقی وجود داشته باشد

عمق برش سطح فرزکاری زیاد تغییر کند (برای مثال 20%)

فرزکاری سطوح ریخته‌گری و فرج شده

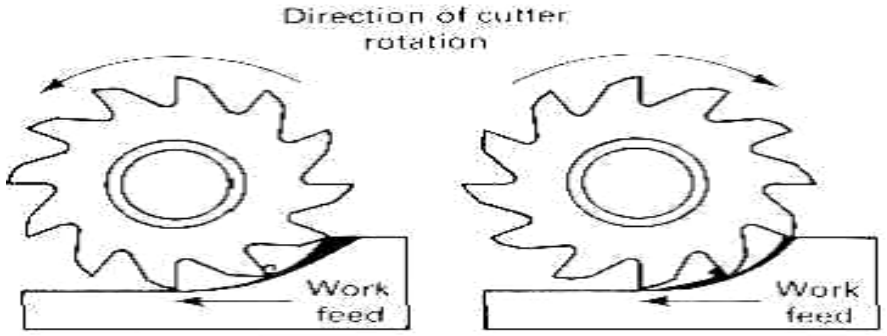


Fig. 28 Schematics of conventional (a) and climb (b) milling

روش های فرزکاری:

روش های اصلی فرزکاری شامل، محیطی، پیشانی‌تراش و انگشتی هستند، این عبارت‌ها مربوط به نوع تیغه است که مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل 16). در برخی از موارد تفاوت بین سه روش کاملا مشخص است، اما در برخی دیگر عملیات فرز ترکیبی از دوروش است. این موضوع در مورد فرز انگشتی که ترکیبی از فرز پیشانی‌تراش و محیطی است، درست می‌باشد.

روش فرزکاری که برای کاربری خاص انتخاب می‌شود، مقدار زیادی به مقدار براده‌ای که برداشته می‌شود، اندازه قطعه‌کار و شکل بستگی دارد. مقدار کلی که باید تولید شود، کار سختی فلز و هزینه بیشتر فلز بر روی اصلاح یک روش تاثیرگذار است تا انتخاب آن.

فرزکاری محیطی:فرزکاری محیطی روشی است که سطح ماشین کاری شده با برش دندانه‌هائی که در محیط تیغه قرار دارند و محور آن موازی سطح فرزکاری شده انجام می‌شود. این کار معمولا در ماشین های فرزکاری افقی که در آن‌ها یک یا بیشتر تیغه دارد، انجام می گیرد.

در ساده‌ترین نوع فرزکاری محیطی، برش تنها با دندانه‌های روی محیط تیغه انجام می‌شود.

قابلیت ها: فرزکاری محیطی می‌تواند برای برداشتن براده از روی سطح ساده و مسطح انجام شود. برای برش شیار ها و سطوح برجسته که سطوحی پیچیده دارند مناسب است. برش شیارهای طولانی با فرز محیطی سریع‌تر انجام می‌شود، تا با فرز انگشتی، علاوه بر این، عرض شیار ها دقیق تر می‌شود زیرا در فرز محیطی سایش تیغه بین تعداد بیشتری از دندانه‌ها نسبت به فرز انگشتی توزیع می‌شود.

ساخت چرخ‌دنده:

چرخ‌دنده‌ها جزئی از ماشین هستند که حرکت چرخشی و توان را با درگیری متناوب دندانه‌های روی محیطشان منتقل می‌کنند. چرخ‌دنده‌ها روشی اقتصادی را برای چنین انتقالی ایجاد کرده‌اند، به ویژه اگر نیاز به سطح توان و دقت زیاد باشد. چرخ‌دنده‌ها اصولا اصلاح شده دیسک‌های اصطکاکی هستند، دندانه‌ها برای جلوگیری از لغزش و تضمین حرکت نسبی ثابت بین آن‌ها اضافه شده‌اند. اگرچه، باید یادآور شد که اضافه کردن دندانه‌ها موجب تغییر سرعت نسبی دندانه‌ها و شفت ها نمی‌شود، نسبت سرعت با قطر دیسک‌ها تعیین می‌شود. اگر چه دندانه‌های چوبی یا میخ برای ساختن چرخ‌دنده در گذشته به دیسک متصل می شده است. اما دندانه‌های چرخ‌دنده‌های جدید با برش‌هائی بر روی دیسک که به اندازه کافی برای در بر داشتن قسمت خارجی دندانه‌ها بزرگ هستند یا با فرآیندهای شکل دهی که موجب می‌شود که فلز در دندانه به صورت خمیری به سمت بیرون از دیسک جریان یابد، ایجاد می‌شود.

چرخ‌دنده‌ها به طور تجاری با ریخته‌گری ماسه، ریخته‌گری تحت فشار، مهر زنی، متالورژی پودر می‌تواند تولید شود. همه این فرآیندها برای چرخ‌دنده‌ها با سایش کم، انتقال قدرت پائین (بجز ریخته‌گری ماسه بزرگ) و دقت نسبتا کم حرکت انتقالی مناسب هستند. هنگامی که کاربرد چرخ‌دنده شامل یک یا چند تا از این ویژگی‌ها باشد، از چرخ‌دنده‌های ماشین شده یا تراشیده

شده استفاده می‌شود ▪

روش‌های تراش چرخ‌دنده به فرآیندهای شکل تراشی و تولید تقسیم می‌شوند. شکل دندانه روی شکل‌دهنده با ابزار برش شکل، حاصل می‌شود. این ابزار می تواند تیغه چند نقطه در ماشین های فرز یا ماشین‌های دندانه‌زنی باشد. تغییر در روش فرم‌تراشی بر پایه انتقال بر پروفایل قالب است. این روش در تراشیدن دندانه‌های بزرگ و دندانه‌های روی چرخ‌دنده مخروطی استفاده می‌شود. در تمام این فرآیندها، قطعه کار تا پایان دندانه‌زنی ثابت است، سپس قطعه برای دندانه‌های متوالی index می‌شود. در فرآیند تولید، پروفیل دندانه با استفاده از ابزاری که یک یا چند دندانه را از یک چرخ‌دنده مولد فرضی شبیه سازی می کند، انجام می‌شود. حرکت غلتشی نسبی ابزار به همراه قطعه، سطح دندانه را ایجاد می‌کند. این روش در فر آیندهای شانه‌زنی(hobbing) شکل‌دهی، و فرآیندهای فرزکاری برای تولید چرخ‌دنده‌های مارپیچ (هلیکال) و ساده و در فرزکاری پیشانی چرخ‌دنده‌های مخروطی به کار می‌رود.

ماشین‌های گوناگونی برای تراشیدن دندانه چرخ‌دنده به کار می رود. همان طور که در شکل شماره 1 نشان داده شده چهار راه متمایز یا کمتر برای برش صفحه چرخ‌دنده و تبدیل آن به چرخ‌دنده وجود دارد. ابتدا، ابزار برش می تواند رزوه دار و شکاف دار باشد. اگر چنین باشد، روش شانه زنی (hob) است. دوم :هنگامی که ابزار برش شکلی مانند پینیون یا مقطعی از Rack باشد از روش شکل دهی استفاده می‌شود

سوم :در فرآیند فرز کاری، ابزار برش دیسکی دندانه دار با شکل دندانه چرخ‌دنده است که به طرفین دندانه سائیده می‌شود. روش چهارم :از ابزار (یا تعدادی ابزار) استفاده می‌کند که اطراف چرخ‌دنده پیچیده می‌شود و همچنین دندانه‌ها را در یک زمان ایجاد می‌کند. روش های این نوع دندانه زنی، سوراخ کاری یا قیچی برش نامیده می‌شود.

چرخ‌دنده‌ها هنگامی که انتقال حرکت ها یا توان های زیر مورد نیاز باشد مفید است:

تغییر در سرعت چرخش

کاهش یا افزایش گشتاور یا اندازه چرخش

تغییر در جهت چرخش

تبدیل حرکت چرخشی به خطی (چرخ‌دنده شانه ای)

تغییر در جهت سرعت زاویه ای (چرخ دنده مخروطی)

تغییر در محل حرکت چرخشی

چرخ‌دنده‌های انتقال دهنده توان معمولا دارای گام‌های بزرگ هستند و می‌توانند بزرگ باشند. چرخ‌دنده‌های نیروگاه تا 3/7 متر ساخته شده اند. آن ها می توانند ده ها هزار اسب بخار را انتقال دهند. در مقابل این ها گام‌های بسیار ریز ابزارهای کوچک و چرخ‌دنده‌های ساعت با اندازه 2 میلیمتر در قطر گام است. معمولا این چرخ دنده‌های کوچک، حرکت را فقط انتقال می‌دهد و توان انتقالیشان قابل صرفنظر کردن است.

چرخ‌دنده‌ها با گام قطری 20 یا درشت‌تر به عنوان چرخ‌دنده با گام درشت طبقه بندی می‌شوند. چرخ‌دنده‌های با گام ریز دارای گام قطری بزرگتر از 20 می‌باشند. بیشترین مقدار معمول ریزی، 120 است. اگر چه چرخ‌دنده‌های دندانه اینولوت به اندازه 200 و چرخ‌دنده سیکلوئیدی دارای گام قطری تا 350 هستند.

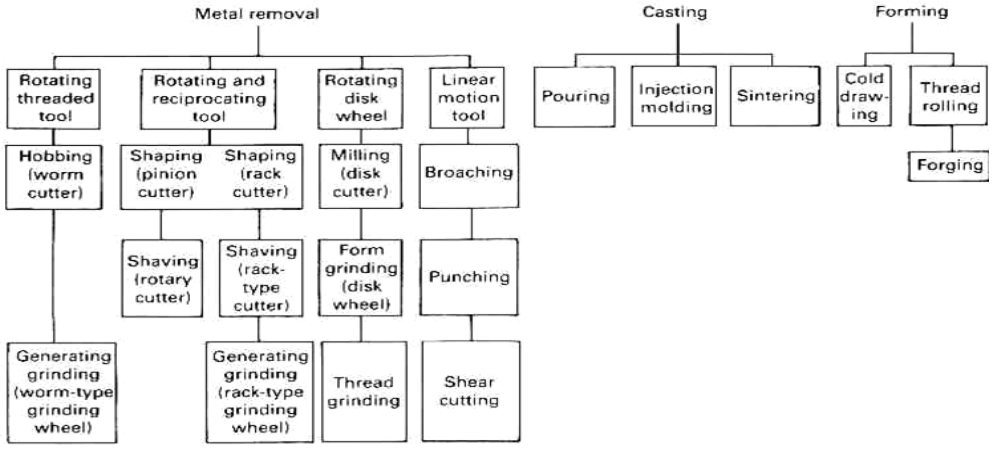


Fig. 1 Outline of methods of producing gear teeth

اصطلاحات چرخ دنده :

اصطلاحات زیادی معمولا در توصیف چرخ‌دنده‌ها استفاده می‌شوند و به صورت زیر تعریف می‌شوند:

ادندم: ارتفاع دندانه بالای دایره گام

دایره مبنا: دایره ای که از آن با پروفیل دندانه اینولوت ایجاد می‌شود.

دیدندم: عمق دندانه زیر دایره گام.

گام قطری: اندازه دندانه در سیستم انگلیسی. تعداد دندانه در هر اینچ قطر گام. هر چه اندازه دندانه بزرگتر باشد، گام قطری کاهش می‌یابد. قطر گامی معمولا دارای محدوده ای از 25 تا 1 است.

پهنا: طول دندانه در صفحه محوری.

مدول: اندازه متریک قطر گام به میلیمتر، در هر دندانه است. هر چه اندازه دندانه بزرگ‌تر شود مدول بیشتر می‌شود. مدول بین 1 تا 25 تغییر می‌کند.

دایره گام: شعاع دایره‌ای برابر فاصله محور چرخ‌دنده تا نقطه گام است.

قطر گام: قطر دایره گام است.

نقطه گام: نقطه تماس دایره های گام در دو چرخ‌دنده کنار هم است.

زاویه فشار: زاویه بین پروفیل دندانه و خط شعاعی در نقطه گام است.

این اصطلاحات به طور شماتیک در شکل شماره 2 نشان داده شده است.

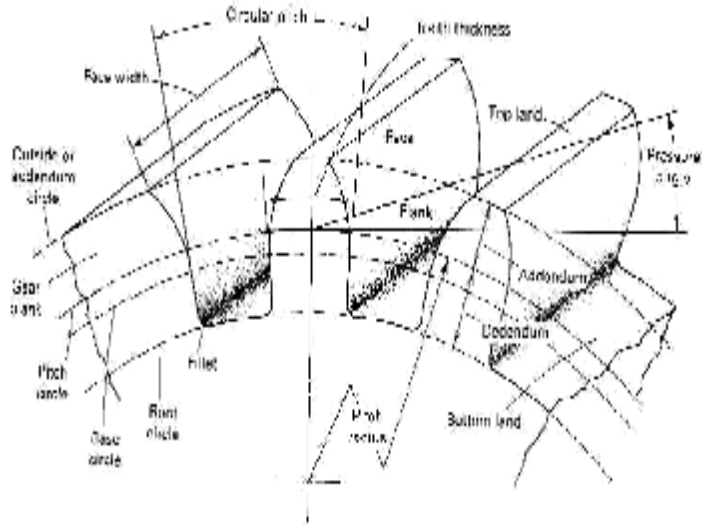


Fig. 2 Schematic of typical gear tooth nomenclature

سرعت، پیشروی و عمق برش:

معمولا در فرزکاری برخی از فلزات که دارای ماشینکاری سخت میباشند ازسرعت های کم 1 mm/minو از تیغه‌هائی از جنس فولادتندبر استفاده می‌شوند.وبرای فرزکاری آلومینیم یا منیزیم از سرعت‌های زیاد مانند 6000mm/min واز تیغه‌های کاربیدی استفاده میشود

هنگامی که استحکام دستگاه اجازه دهد تیغه‌های نوک کاربیدی می توانند از 3 تا 10 برابر سریع‌تر از تیغه‌ها با فولاد تندبرعمل کنند. استحکام دستگاه تاثیر مهمی بر سرعت حد اکثر که موجب لرزش نشود دارد. لرزش حالتی است که در آن تیغه و قطعه کار در فرکانسی که معمولا با فرکانس طبیعی یک یا چند جزء ماشین تعیین می‌شود شروع به ارتعاش می کند. لرزش به طور ناسازگاری بر تحمل دستگاه و عمر ابزار تاثیر می‌گذارد. ابزار های کاربیدی به ویژه مستعد لرزش هستند. هنگامی که افزایش استحکام غیرممکن است، سرعت‌های پائین و فولاد تندبر برای تیغه باید استفاده شوند.

سرعت همچنین تحت تاثیر نرخ پیشروی نیز قرار می‌گیرد. اگر نرخ پیشروی بالا باشد لازم است که به دلیل توان ثابت سرعت پائین بیاید، یا از تیغه‌ای با تعداد دندانه‌های کمتری استفاده شود، تا با توان بکارگرفته شده هماهنگی داشته باشد. معمولا بایدبین سرعت بالا که موجب نرخ بالای براده برداری می‌شود با تولید کیفی که نتیچه سرعت پائین است هماهنگی وچود داشته باشدکه رعایت آن موجب عمر مطلوب ابزار می‌شود.

پیشروی به صورت نرخی که قطعه کار از تیغه گذر می‌کند(یا برعکس) در واحد میلیمتر در دقیقه ، یا میلیمتر در دندانه عنوان می‌شود. پیشروی در دندانه فاصله خطی پیشروی دندانه‌ها برای هر گردش تیغه است، بنا براین، پیشروی در هر دور تیغه حاصل‌ضرب پیشروی در هر دندانه و تعداد دنده است.

برای بالاترین بازده براده‌برداری و کمترین امکان لرزش، پیشروی در هر دندانه باید تا جای ممکن در هر عمل باشد. اگر چه عوامل بسیاری بر نرخ پیشروی تاثیر می‌گذارد یا آن را محدود می‌کند، مانند: نوع فرزکاری بالا تیغه، تعداد دندانه، جنس تیغه، ترکیبات فلز ماشین کاری شده و سختی، عمق برش، عرض برش، سرعت دستگاه و توان در دسترس

Table 4 Recommended speeds and feeds for the face milling of ferrous and nonferrous alloys with both high-speed steel and carbide cutters

Material (hardness)			Condition	Depth of cut (a), mm (in.)	High-speed steel tool: Speed, m/min (sfm)	High-speed steel tool: Feed per tooth, mm (in.)	High-speed steel tool: Tool material, ISO (AISI)	Carbide tool: Uncoated: Speed: Brazed, m/min (sfm)	Carbide tool: Uncoated: Speed: Indexable, m/min (sfm)	Carbide tool: Uncoated: Feed per tooth, mm (in.)	Carbide tool: Uncoated: Tool material grade, ISO (C)	Carbide tool: Coated: Speed, m/min (sfm)	Carbide tool: Coated: Feed per tooth, mm (in.)	Carbide tool: Coated: Tool material grade, ISO (C)
Wrought aluminum alloys (30–80 HB, 500 kg)														
EC	3003	6066	Cold drawn	1 (0.040)	365 (1200)	0.25 (0.010)	S4, S2 (M2, M7)	610 (2000)	Max	0.25 (0.010)	K10, M20 (C-2)	...	...	...
1060	4032	6070		4 (0.150)	245 (800)	0.40 (0.015)	S4, S2 (M2, M7)	550 (1800)	Max	0.50 (0.020)	K10, M20 (C-2)	...	...	...
1100	5005	6101		8 (0.300)	200 (650)	0.50 (0.020)	S4, S2 (M2, M7)	365 (1200)	Max	0.65 (0.025)	K20, M30 (C-2)	...	...	...
1145	5050	6151												
1175	5052	6253												
1235	5056	6262												
2011	5083	6463												
2014	5086	6951												
2017	5154	7001												
2018	5252	7004												
2021	5254	7005												
2024	5454	7039												
2025	5456	7049												
2117	5457	7050												
2218	5652	7075												
2219	5653	7149												
2618	6053	7175												
3003	6061	7178												
3004	6063													
Wrought copper alloys (60–100 HRB)														
145	342	377	Cold drawn	1 (0.040)	185 (600)	0.25 (0.010)	S4, S2 (M2, M7)	395 (1300)	430 (1410)	0.25 (0.010)	K10, M20 (C-2)	...	...	...
147	349	385		4 (0.150)	150 (500)	0.36 (0.014)	S4, S2 (M2, M7)	305 (1000)	335 (1100)	0.40 (0.015)	K20, M30 (C-2)	...	...	...
173	359	482		8 (0.300)	120 (400)	0.45 (0.018)	S4, S2 (M2, M7)	215 (700)	260 (850)	0.50 (0.020)	K30, M40 (C-2)	...	...	...
187	353	485												
191	336	544												
314	360	623												
316	365	624												
330	366	638												
332	367	642												
335	368	752												
340	370													
Gray cast irons (pearlitic + free carbides) (220–260 HB)														
ASTM A48, Classes 45, 50; SAE J431c Grades G3500, G4000			As-cast	1 (0.040)	28 (85)	0.15 (0.006)	S4, S2 (M2, M7)	120 (400)	135 (440)	0.18 (0.007)	K10, M20 (C-2)	200 (650)	0.18 (0.007)	CK10, CM20 (CC-2)
				4 (0.150)	20 (65)	0.25 (0.010)	S4, S2 (M2, M7)	90 (300)	100 (330)	0.25 (0.010)	K20, M30 (C-2)	150 (425)	0.25 (0.010)	CK20, CM30 (CC-2)
				8 (0.300)	15 (50)	0.36 (0.014)	S4, S2 (M2, M7)	62 (205)	76 (250)	0.36 (0.014)	K30, M40 (C-2)	100 (325)	0.36 (0.014)	CK30, CM40 (CC-2)
Wrought carbon steels (225–275 HB)														
Low carbon														
1015	1010	1020	Annealed or	1 (0.040)	49 (160)	0.15 (0.006)	S4, S2 (M2, M7)	145 (475)	160 (525)	0.18 (0.007)	P20 (C-6)	240 (790)	0.18 (0.007)	CP20 (CC-6)
1006	1012	1025	cold drawn	4 (0.150)	35 (115)	0.25 (0.010)	S4, S2 (M2, M7)	120 (400)	135 (440)	0.25 (0.010)	P30 (C-6)	175 (570)	0.25 (0.010)	CP30 (CC-6)
1008	1015	1025		8 (0.300)	27 (90)	0.36 (0.014)	S4, S2 (M2, M7)	85 (280)	105 (345)	0.36 (0.014)	P40 (C-5)	135 (450)	0.36 (0.014)	CP40 (CC-5)
1009	1017													
Medium carbon														
1030	1042	1053	Hot rolled,	1 (0.040)	58 (125)	0.15 (0.006)	S4, S2 (M2, M7)	135 (450)	150 (500)	0.18 (0.007)	P20 (C-6)	230 (750)	0.18 (0.007)	CP20 (CC-6)
1035	1043	1055	normalized,	4 (0.150)	30 (100)	0.25 (0.010)	S4, S2 (M2, M7)	115 (375)	125 (415)	0.25 (0.010)	P30 (C-6)	165 (540)	0.25 (0.010)	CP30 (CC-6)
1035	1044	1525	annealed,	8 (0.300)	24 (80)	0.36 (0.014)	S4, S2 (M2, M7)	81 (265)	100 (325)	0.36 (0.014)	P40 (C-5)	130 (420)	0.36 (0.014)	CP40 (CC-5)
1037	1045	1526	cold drawn,											
1038	1046	1527	or quenched											
1039	1049		and tempered											
1040	1050													
Wrought medium-carbon alloy steels (275–325 HB)														
1330	4135	8625	Normalized, or	1 (0.040)	50 (100)	0.15 (0.006)	S9, S1(b) (T15, M42(b))	115 (375)	140 (460)	0.15 (0.006)	P20 (C-6)	215 (700)	0.15 (0.006)	CP20 (CC-6)
1335	4137	8627	quenched and	4 (0.150)	24 (80)	0.23 (0.009)	S9, S1(b) (T15, M42(b))	90 (300)	110 (365)	0.20 (0.008)	P30 (C-6)	145 (475)	0.18 (0.007)	CP30 (CC-6)
4027	4427	8630	tempered	8 (0.300)	18 (60)	0.30 (0.012)	S9, S1(b) (T15, M42(b))	72 (235)	87 (285)	0.25 (0.010)	P40 (C-5)	115 (375)	0.23 (0.009)	CP40 (CC-5)
4028	4626	8637												

سرعت برشی ومیزان پیشروی

بطور کلی در ماشین فرز تیغ فرزها دارای حرکت دورانی بوده قطعه کار روی میز بسته می شود ودارای حرکت طولی یا عرضی یا تواما می باشد

سرعت برشی همان سرعت دورانی ماشین فرزدرطی براده برداری برحسب دور بر دقیقه می باشد که دور های آن توسط گیربکس تنظیم می شودکه بر مبنای تصاعد هندسی است که بستگی به جنس قطعه کاروتیغ فرز،عمق براده،

$V = \pi DN /1000$

v= سرعت برشی m/min

D= قطر تیغ فرز mm

N= دور در دقیقه تیغ فرز rpm

سرعت پیشروی : سرعت حرکت میزدر موقع براده برداری را سرعت پیشروی نامندوبر حسب S(mm/min) معین می شود هرگاه مقدار پیشروی وتعداددندانه های آن معلوم باشدمیتوان از رابطه $S_z = S/(n \cdot z)$ مقدار پیشروی بازاء یک لبه برنده از تیغ فرز را بدست آورد (n =تعداد دور و z = تعداد لبه تیغه)

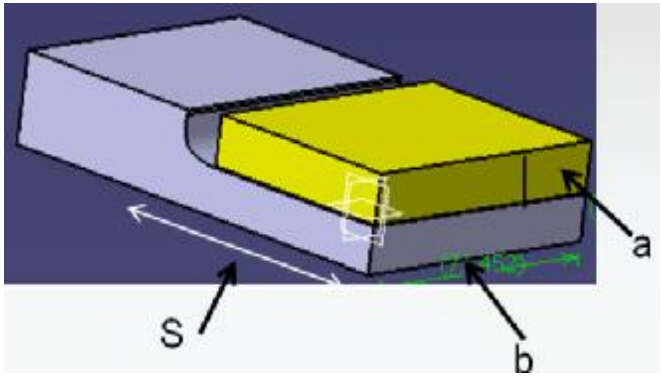
براي محاسبه مقدار پيشروي كه بستگي به عمق براده-جنس قطعه كار و تيغه –دورتيغ فرز-نوع مايع خنك كن و... دارد مطابق شكل زير داريم:

a عمق بار -mm)(

b- عرض بارmm))

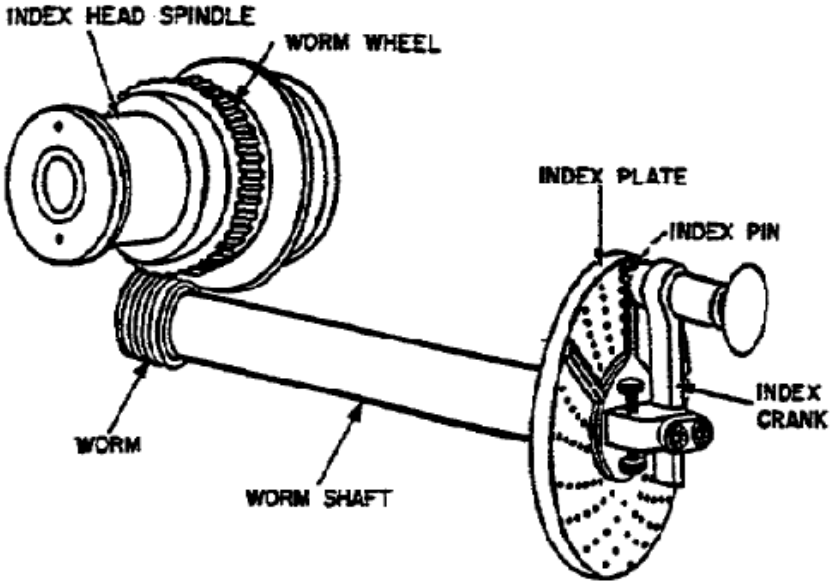
S مقدار پيشروي -mm/min

V=a ˊ b ˊ S/1000حجم مجاز براده برداشته شدهcm^3/min) (



دستگاه تقسیم

یکی از متعلقات ماشین فرز می باشد که برای تقسیم نمودن محیط یک قطعه کار ویا سوراخکاری وشیار زنی تحت یک زاویه معین وچرخدنده زنی مورد استفاده قرار می گیرد
اساس کار دستگاه تقسیم بدین صورت است که با حرکت دسته تقسیم پیچ حلزون دوران یافته درنتیجه محور دستگاه می چرخد و در نتیجه قطعه کار دوران می یابد
چرخ دنده حلزون دارای 40 یا 60 دنده می باشدو در محور عمود بر محور اصلی با پیچ حلزون در گیر است
اگر دسته تقسیم یک دور بچرخد چرخ دنده حلزون ودر نتیجه قطعه کار به اندازه 1/40یا 1/60دور خواهد چرخید



is impossible as an indexing result. For example, let it be required to index for 6 equal spaces; then $40/6$ equals $6\frac{4}{6}$ turns. If 14 equal

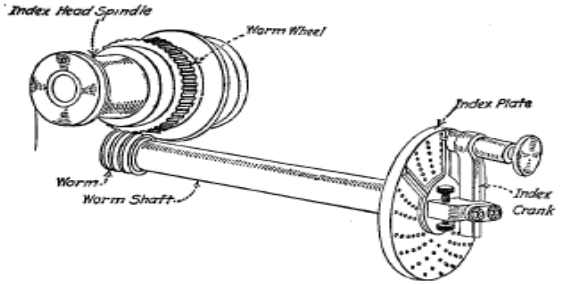


Fig. 9-14. Simple indexing mechanism.

spaces are required, then $40/14$ equals $2\frac{6}{7}$ turns. In these examples, the answer was a mixed number.

RULE FOR CALCULATING THE NUMBER OF TURNS OF THE INDEX CRANK

To obtain the number of turns (whole or fractional) of the index crank for one division of any desired number of equal divisions on the work, divide the number of turns for one revolution of the spindle (usually 40) by the number of equal divisions desired.

The formula to find the number of turns is

$$T = \frac{40}{N}$$

where T = number of turns or parts of a turn and N = number of divisions required.

EXAMPLE 1: Index for 5 divisions.

SOLUTION: Using the formula above and substituting 5 for N, we get $40/5$ or 8 turns.

EXAMPLE 2: Index for 7 divisions.

SOLUTION: Using the above formula and substituting 7 for N, we get $40/7$ or $5\frac{5}{7}$ turns.

EXAMPLE 3: Index for 48 divisions.

SOLUTION: Using the above formula and substituting 48 for N, we get $40/48$ or $5/6$ turn.

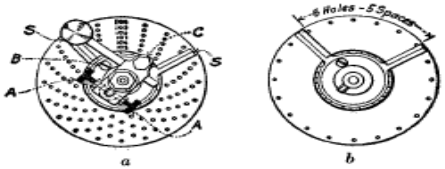


Fig. 9-15. Index plate and sector.

INDEX PLATE AND SECTOR. The fractional parts of a turn involve the use of an index plate and a sector. Referring to Fig. 9-14, it will be observed that the index pin at the end of the index handle enters a hole in the index plate. If only full turns were used in indexing, one hole only would be necessary; if only turns and half turns were required, two holes in opposite sides of the plate would answer; but a great number of different fractional parts of a turn are required for different spacings, and in order to measure them accurately and easily, the index plates and the sector are provided.

The *index plate* (Fig. 9-15) is a circular plate, arranged in front of the index handle, provided with a series of six or more circles of equally spaced holes.

The Brown & Sharpe Manufacturing Company regularly furnish index plates with circles of holes as follows:

Plate 1	15–16–17–18–19–20
Plate 2	21–23–27–29–31–33
Plate 3	37–39–41–43–47–49

For divisions which cannot be obtained with any of these circles differential indexing is used.

محاسبات

اگر بخواهیم قطعه کاری را به Z قسمت مساوی تقسیم کنیم در این صورت مقدار چرخش دسته تقسیم برابراست با :

$$n = 40/Z$$

مثال :برای تقسیم محیط یک قطعه کار به 10 قسمت مساوی مقدار گردش دسته تقسیم برابر است با

$n=40/z = 40/10=4$ دور

صفحات تقسیم در دسته های

{(15-16-17-19-21)-(23-25-27-29-31)-(33-35-37-39-41)}

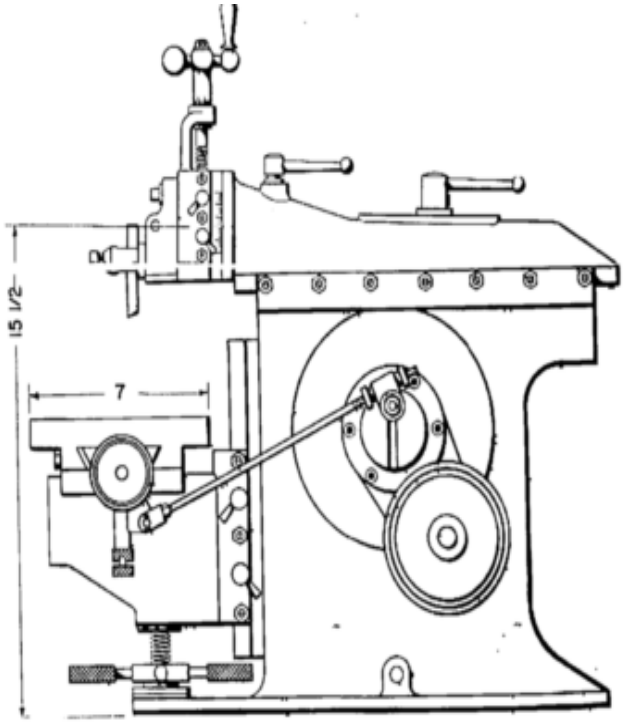
قرار دارند

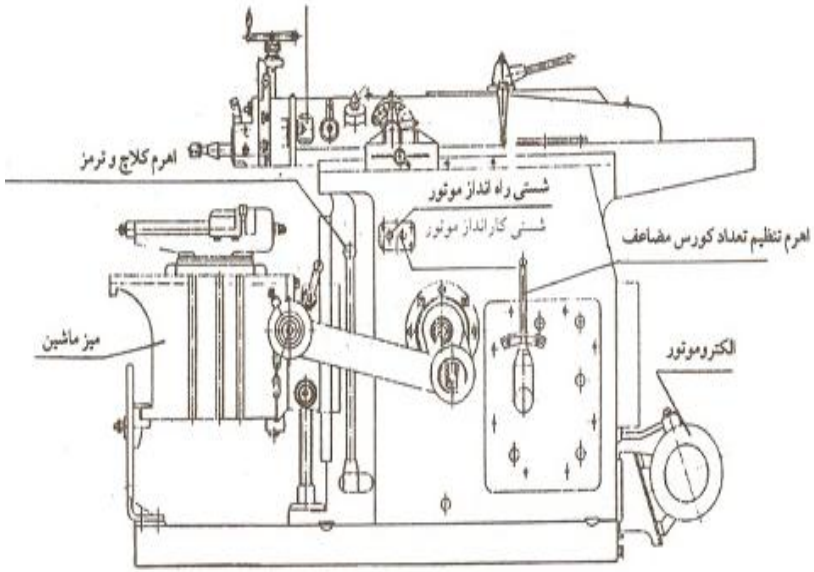
مثال : نوع صفحه تقسیم ومیزان گردش دسته تقسیم را برای چرخدنده ایکه دارای 35 دنده باشدعبارتست از

$n= 40/35=1\ 5/35 =1\ 1/7=1\ 3/21$

یعنی از صفحه تقسیم دارای 21 سوراخی استفاده شده ودر هر بار 1دور و 3 سوراخ از ردیف 21 سوراخی گردش میکند

ماشین صفحه تراش





ماشین صفحه تراش

حرکت اصلی این ماشین ها رفت وبرگشتی بوده که به قلم و یامیز داده می شود البته در ماشینهای کوچک قلم و در ماشینهای بزرگ قطعه کار دارای حرکت رفت وبرگشت می باشد وبرای تراش سطوح مسطح (افقی وقائم) ویا تحت زاویه وایجاد شیارهای مختلف وجای خار های داخلی وخارجی بکار می رود

ماشینهای کوچک که در کارگاهها مورد استفاده قرار میگیرند دارای ماکزیمم کورس 800mmبوده وحرکت توسط مکانیزم لنک ویا هیدرولیک انجام میگیرد

ماشینهای صفحه تراش بزرگ برای ماشینکاری قطعات بزرگ مناسب ترین بوده که حداکثر طول قابل رفت وبرگشت تا 3000mm می باشد

اجزاء ماشین صفحه تراش

انواع ماشین های صفحه تراش:

ا- مکانیکی 2- هیدرولیکی 3- کپی تراش 4- دروازه ای

ماشینهای صفحه تراش مکانیکی

دراین ماشینها قلم ابزار حرکت رفت و برگشتی داشته وقطعه کار حرکت پیشروی عرضی دارد که اساس حرکت خطی در این نوع ماشینها ناشی از مکانیزم لنک می باشد که حرکت دورانی را به حرکت خطی تبدیل می کند

نیروی محرک دورانی توسط الکترو موتوربه یک چرخ طیار که روی محیط آن دنده شده است منتقل وآنرا به چرخش در می آورد در وسط این چرخ طیار شکافی وجوددارد‌که بازوی لنک می تواندمیتواند در داخل این شکاف حرکت کرده واز مرکز چرخ فاصله بگیرد‌که به معنای ایجاد سیستم لنگ میباشدو میتواند حرکت چرخشی را به حرکت خطی(رفت و برگشتی) تبدیل کند

مقدار طول کورس رفت وبرگشت بستگی به فاصله لنک نسبت به مرکز چرخ دارد

$$L= l_a + l + l_x$$

که l_aپیش کورس وl_x پس کورس نامیده می شودو معمولا مقدار آنها 20 و10 میلیمتر میباشد در انهای کورس سرعت صفر ودر وسط سرعت به حد اکثر میرسد

محاسبه سرعت برشی به شرح زیر میباشد

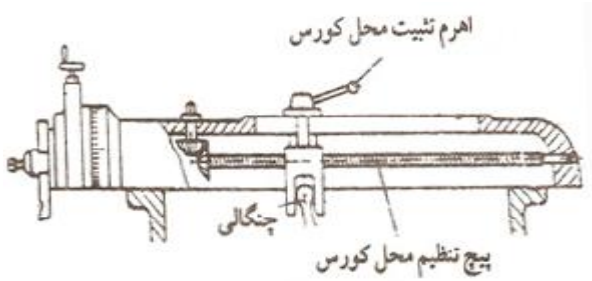
$$V=2L*n/1000$$

Lطول کورس بر حسب میلیمتر وnتعدادکورس مضاعف در دقیقه میباشدواندازه سرعت برشی به جنس قلم وقطعه کارومقدار باربستگی دارد مثلا برای فولاد 10m/minوبرای چدن 12m/minوبرای برنج 20m/min میباشد

اجزاء ماشین صفحه تراش

1-بدنه دستگاه که از جنس چدن ساخته شده وسایر اجزاء روی آن قرار می گیرند

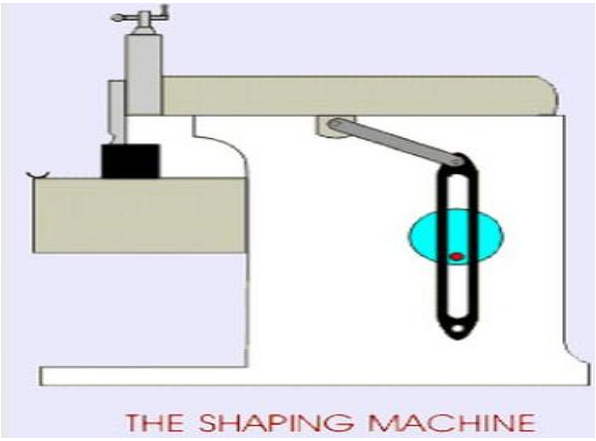
2-کشویی طولی که روی بدنه ودر شیارهای ساده یا دم چلچله ای قرار گرفته وحرکت رفت وبرگشتی داشته ودر انتهای آن قلم گیر نصب می شود



3- میزچدنی که قطعه کار روی آن نصب میشود از دو قسمت تشکیل شده قسمتی که حرکت قائم دارد وتوسط پیچ ومهره حرکت می کند وقسمت دیگر که کشویی عرضی نام داردوتوسط سیستم لنک حرکت می کند وقطعه کار روی آن نصب میشود کشویی عرضی نامیده می شود وحرکت عرضی قطعه کار میشود

4- سیستم قدرت وحرکت که از الکترو موتور و گیر بکس تشکیل شده وحرکت زاویه ای چرخ طیار ورقاصک در نهایت حرکت خطی لنک را ایجاد می کند

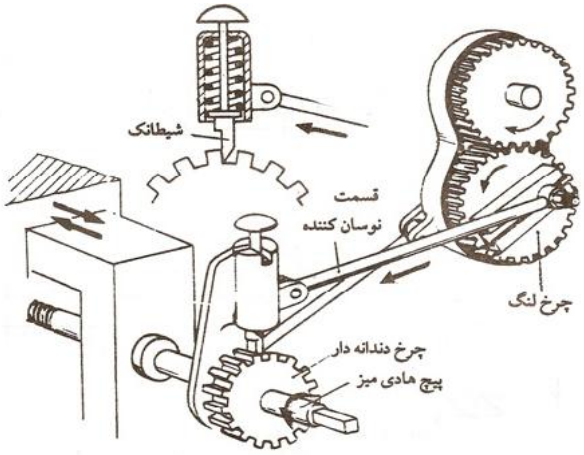
اساس عملکرد ماشین



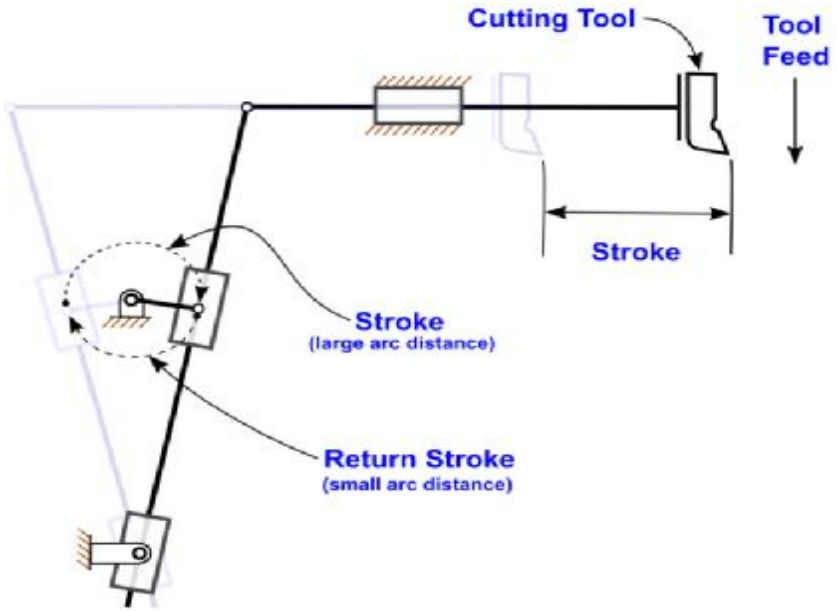
مکانیزم رقاصک : که از یک بازوی چدنی تشکیل شده که از یک طرف روی محور ثابت لولا شده وانتهای آن به کشویی طولی متصل وبه وسیله پیچ ومهره تنظیم می شود چرخ طیاربا واسطه توسط الکتروموتور به چرخش درآمده ودر اثر این چرخش سرآزاد رقاصک حرکت رفت و برگشتی انجام میدهد

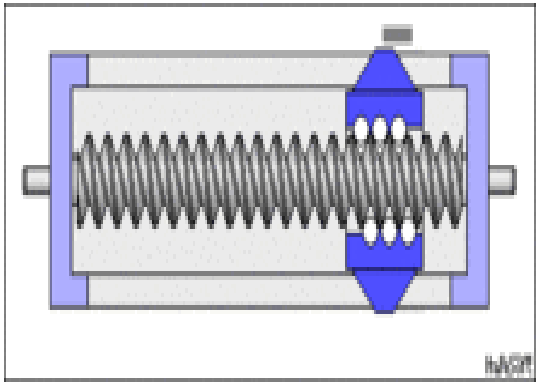
حرکت عرضی میز

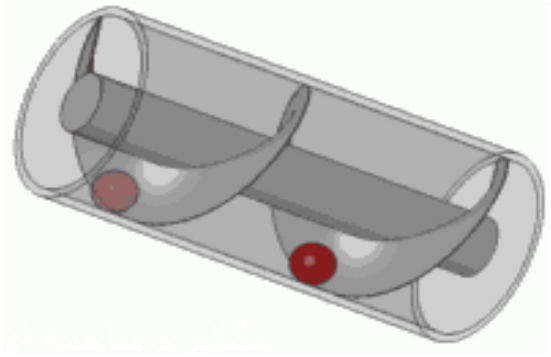
حرکت میز بوسیله چرخ دنده محرک وبازو انجام میشود چرخ دنده متحرک چرخش را از چرخ دنده محرک گرفته ودر شیاری که درمرکز آن ایجاد شده یک کشویی که به سر بازو نصب شده قرار دارد وسردیگر بازو به انگشتانه وصل بوده وآنرا به حرکت درمی آوردونهایتا انگشتانه نیز چرخ دنده متصل به میله میز رابه حرکت دراورده که مجب حرکت خطی می شودکه پیشروی میز را موجب میشود



مکانیزم های مختلف حرکت خطی

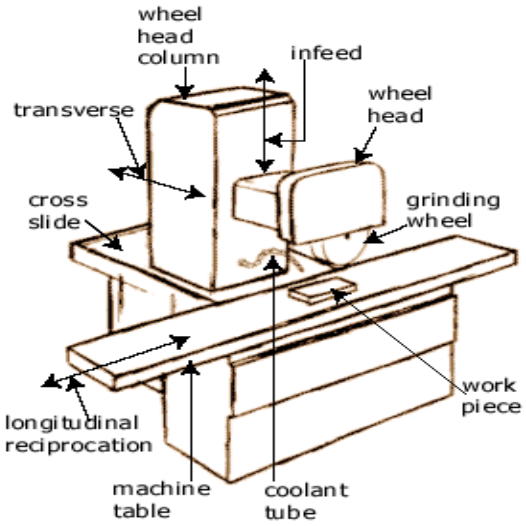


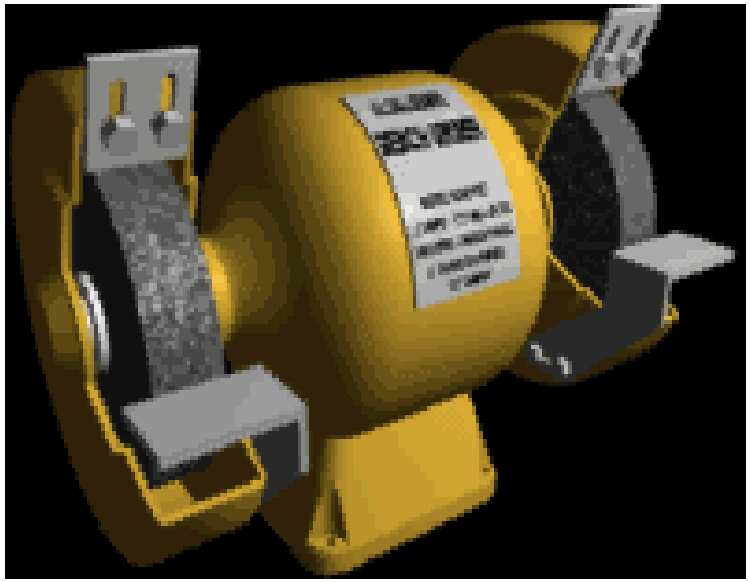




صفحه تراش دروازهای

ماشین سنگ زنی





عملیات سنگ زنی

سنگ زنی عبارت است از عمل براده برداری با دقت بسیار زیاد از سطح قطعه کارتوسط چرخ سنباده که محیط آن از ذرات ساینده بسیار سخت پوشانده شده تشکیل شده است

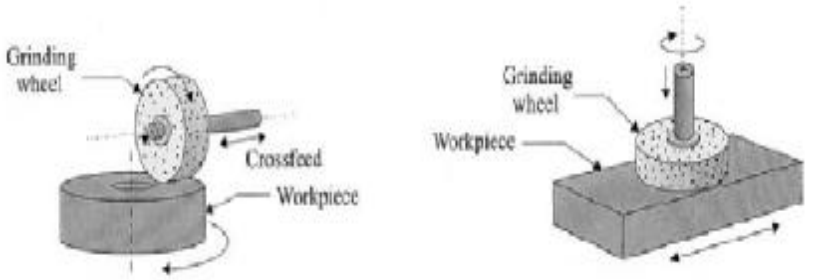
معمولا عمل سنگ زنی یک عمل ثانویه است که بعد از ماشینکاری وبرای ایجاد دقت بالا روی قطعاتیکه دارای درجه انطباقی حساس ودقیق هستند انجام می گیرد

سنگ زنی درجات مختلف دارد مطابق جدول پیوست

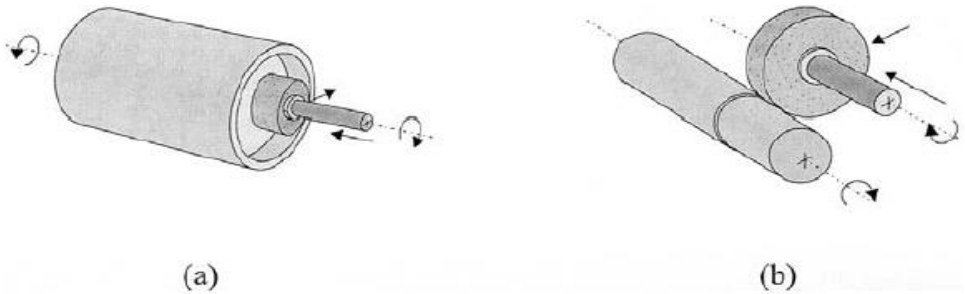
جنس ذرات سنگ:معمولا جنس ذرات تشکیل دهنده سنگ باید از جنس قطعه کاری که تراشیده شود خیلی سخت تر باشدکه عبارتند از

- اکسید آلومنیوم ،کاربید سیلیسیم ،زیرکونیا آلومنیا

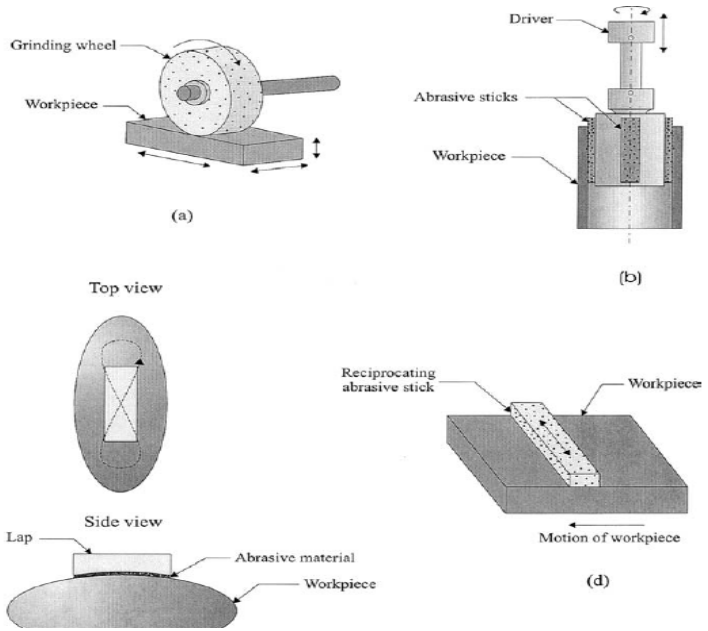
Grinding



Surface grinding with (a) a horizontal spindle; (b) a vertical spindle.



Cylindrical (a) internal and (b) external grinding.

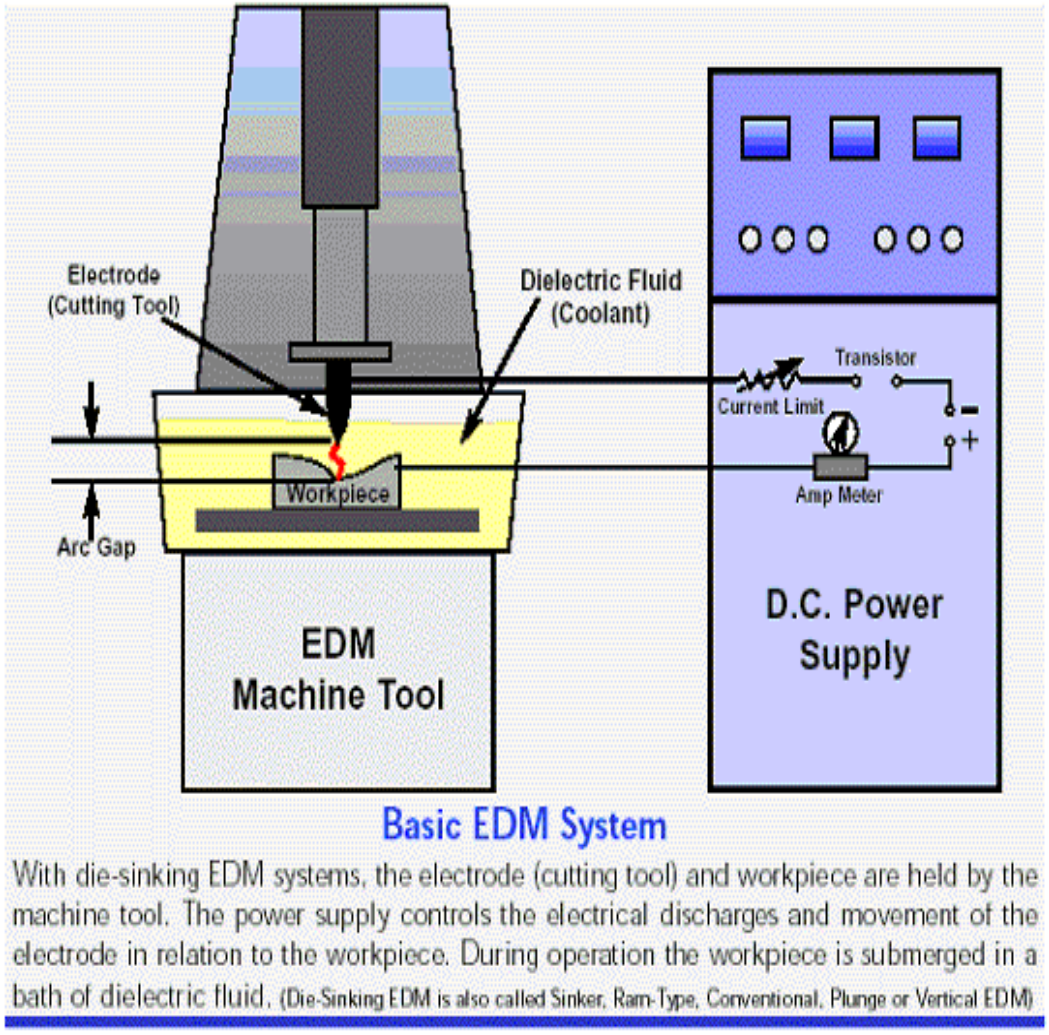


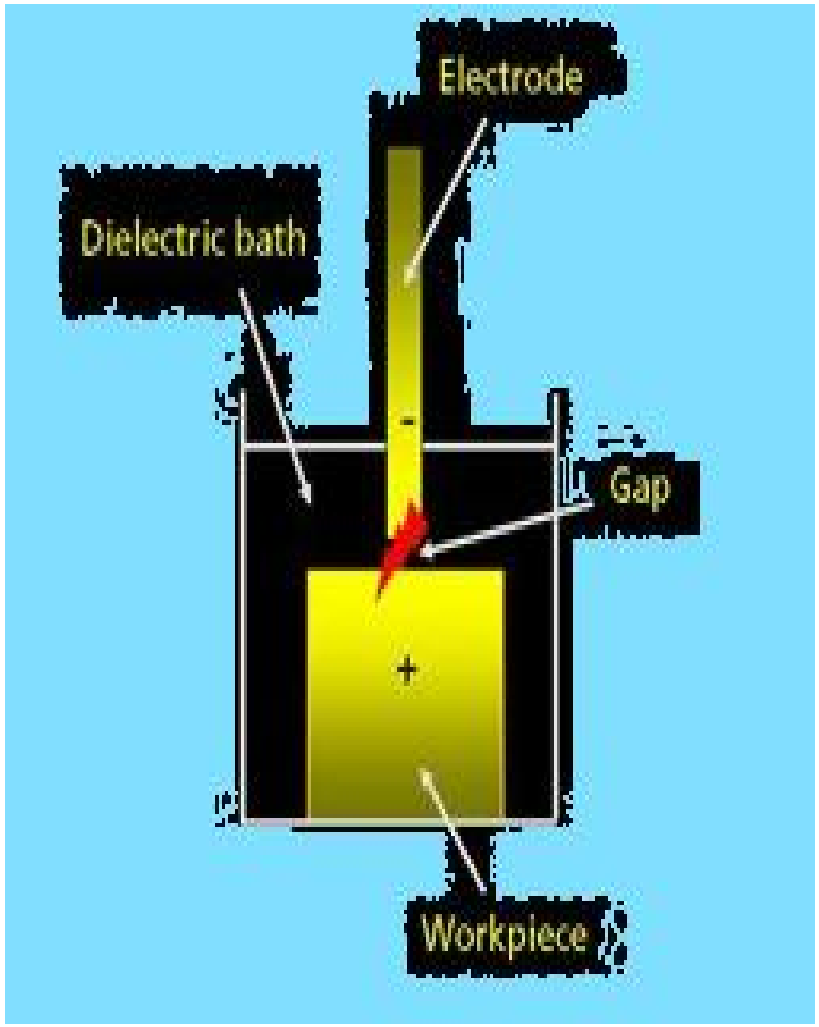
ماشین های براده برداری غیر سنتی

1- ماشین های براده برداری با روش تخلیه الکتریکی EDM

2- ماشین های براده برداری باروش الکتروشیمیایی ECM

ماشین های براده برداری با روش تخلیه الکتریکی (EDM)





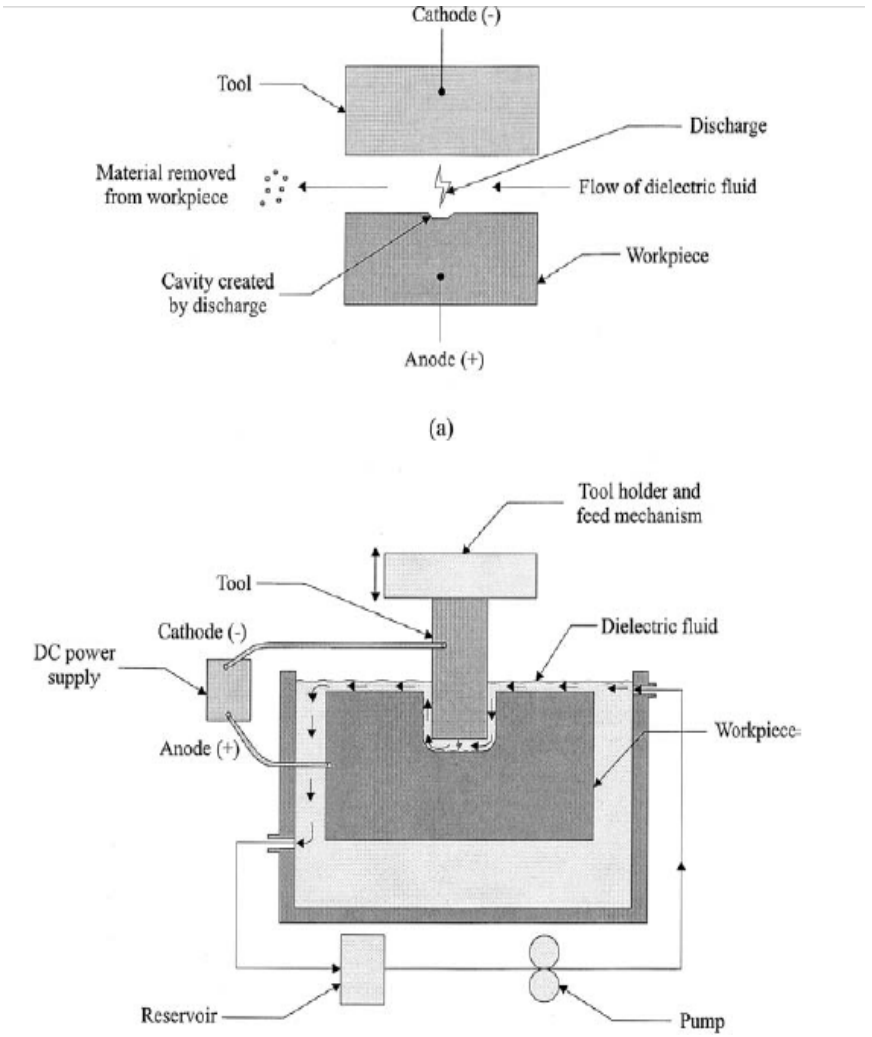


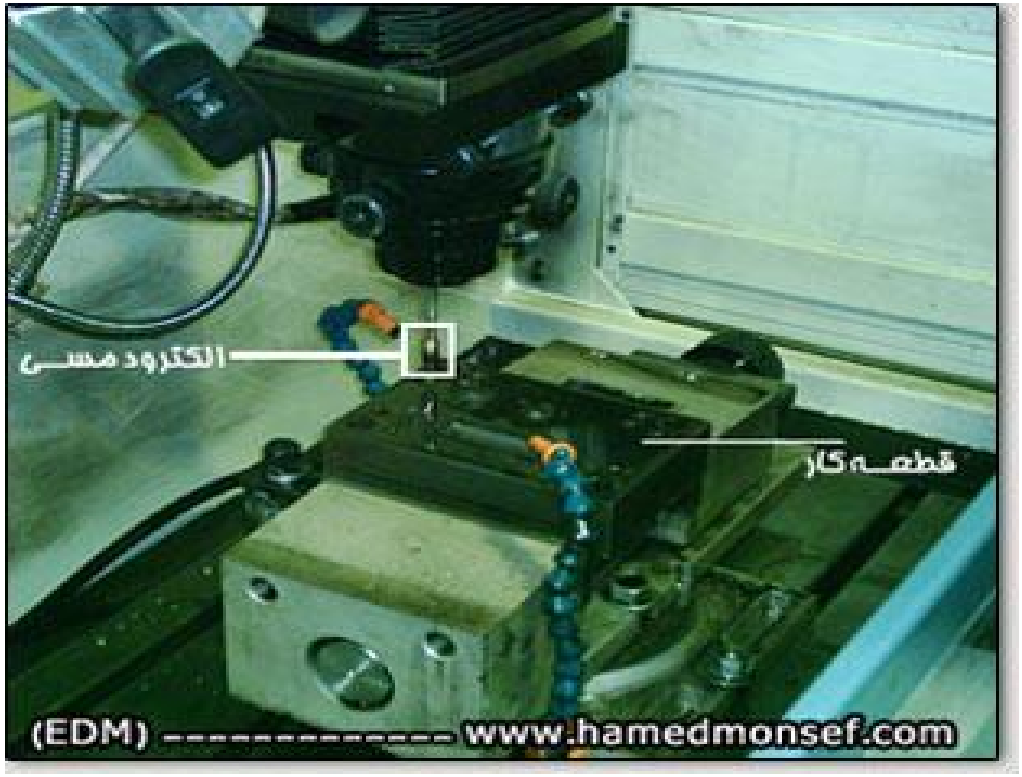
FIGURE 6 EDM (a) die sinking and (b) wire cutting.

اسپارک E.D.M

اسپارک (Electro discharge machining E.D.M)

یک روش ماشینکاری غیر سنتی است که در آن فلز توسط جرقه های الکتریکی از سطح کنده میشود. جرقه ها بین الکترود (که معمولا مسی یا گرافیتی است) و قطعه کار که فاصله کم و کنترل شده ای با هم دارند ایجاد می شوند. الکترود به فرم مورد نظر ساخته میشود و با پیشروی آن در قطعه کار در نهایت حفرهای ایجاد میشود

در این روش هیچ تماس مستقیمی بین الکترود و قطعه کار وجود ندارد. یک مایع دی الکتریک (غالبا از مواد نفتی سبک) فاصله بین الکترود و قطعه کار را پر کرده و محیط مناسبی برای تولید جرقه ها ایجاد می کند. هم الکترود و هم قطعه کار الزاما باید هادی الکتریسیته باشند.



مزایای اسپارک

از مزایای زیاد دستگاه اسپارک میتوان به موارد‌زیر اشاره کرد:

1-یک فرآیند ساختی غیرتماسی است بنابراین با این روش هیچ یک از تنش‌های روش‌های سنتی ایجاد نمی‌گردد و می‌توان کارهایی را انجام داد که با ابزارهای رایج امکان آن وجود ندارد.

2-یک ماشین E.D.Mفولاد سخت را به راحتی فولاد نرم ماشینکاری می کند. کارآیی این روش در مورد ماشینکاری فلزات سخت ، کاربیدها ، فولادهای سخت شده و آلیاژهای سختی که در صنایع هوا فضایی به کار می رود بی رقیب است.

3-بر خلاف سطوح حاصل از ماشین کاری سنتی , اثری بر جای نمی گذارد

4-دارای دقت زیاد می‌باشد و سطح ایجاد شده با این روش صافی مناسبی دارد.

5-چون تماس بین قطعه کار و الکترود وجود ندارد ایجاد دیواره های نازک و اشکال ظریف امکان پذیر است .

6-این دستگاه ها قادرند در بدترین شرایط ماشینکاری فاصله الکترود از کار را به سرعت و بدون نوسان تنظیم کنند.

7-ثبات ماشین بخصوص در پرداخت کاری که فاصله الکترود از کار به چند میکرون می رسد، باعث عدم فرسودگی الکترود و پایین آمدن فوق العاده زمان ماشین کاری می شود.

8-ماشین کاری بدون پلیسه است

کاربردهای EDM

قالب های کششی، قالب های ریخته گری در صنایع پلاستیک، قالب های فرم خارجی (اکستروژن)، قالب های ریخته گری و کوره کاری(قالب های راهنما)

تراشیدن ابزارها ، سوراخ کاری سوراخ های کم قطر ، ساخت قطعه برای ورقکاری ، بریدن میله های کاربایدی یا فلزاتی که قابلیت تراش کمی دارند ، سنگ زدن سطوح مسطح و سطوح فرم دار

تکنولوژی کار

در ماشینکاری توسط دستگاه اسپارک چهار عامل اصلی وجود دارد که باید برای هر کدام کاری در نظر گرفته شود:

قطب کار Polarity ، شدت جریان Intensity ، زمان دوام جرقه On time ، شستشو Flushing

فرآیند EDM شش مرحله دارد

1- الکترود به قطعه کار نزدیک شده.هر دو بار دار میشوند(معمولا قطعه کار مثبت و الکترود منفی)

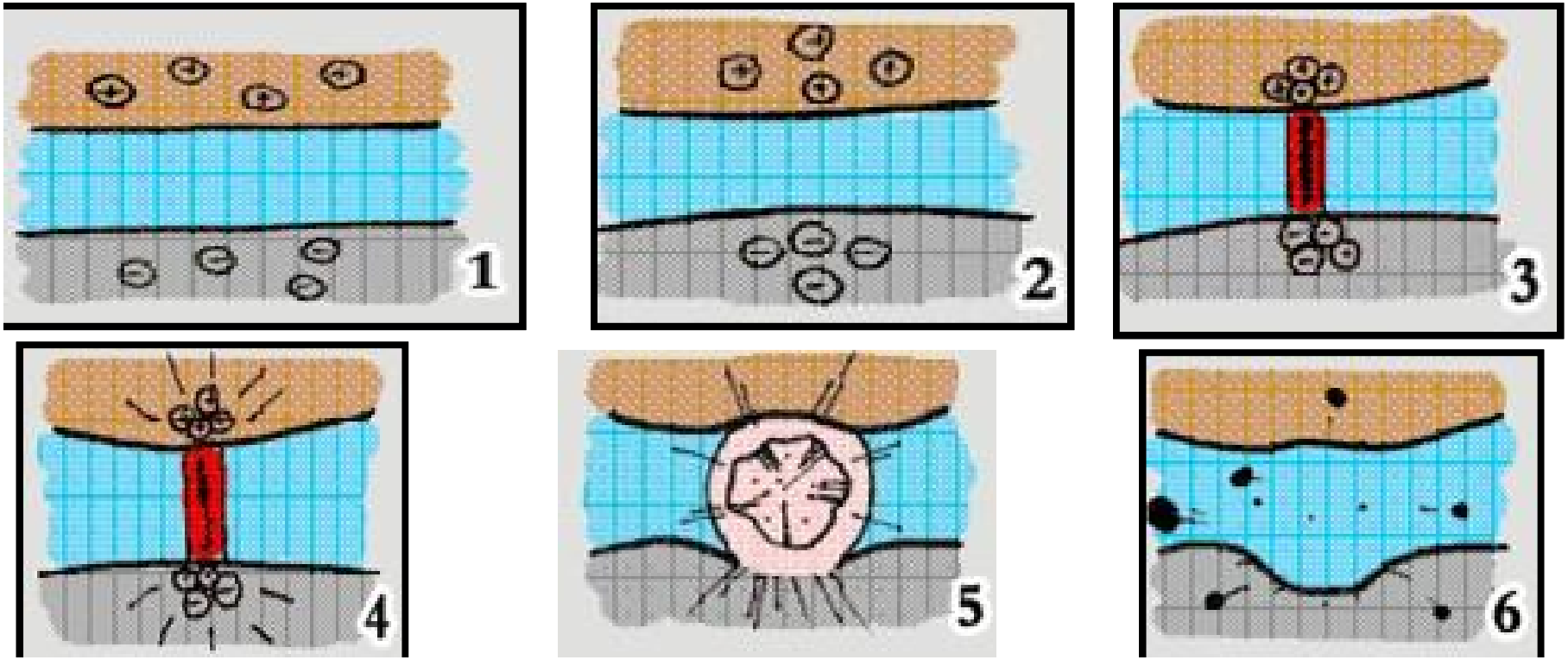
2- چون سطح الکترود و قطعه کار هر دو در اشل میکرونی دارای پستی و بلندی می باشند بنابراین بین دو نقطه که نزدیکترین فاصله را نسبت به جاهای دیگر با هم دارند جرقه الکترونی شکل می گیرد.

3- چنانچه بین دو الکترود (قطعه کار و الکترود) اختلاف پتانسیلی اعمال شوددراثر برخورد شدید الکترون ها به دی الکتریک بین دوالکترود مولکول های دی الکتریک یونیزه می شوند و کانالی از یون بین دو الکترود به وجود می آید که به آن کانال پلاسما گویند.

4- در اثر تمرکز بالای کانال پلاسما چاله ای از قطعه کار ذوب می کند .

5- فشار کانال پلاسما بسیار بالا است .با قطع شدن جرقه و در پی آن قطع شدن کانال پلاسما چون مذاب در آن دما و فشار نمی تواند دوام داشته باشد به یکباره با حالت انفجاری به اطراف پراکنده می شود.

6- دی الکتریک با شستشوی خود ذرات پراکنده شده را جمع آوری می‌کند



مهم

- صافی سطح به ابعاد جرقه تولیدی بستگی دارد.
- هر چه جرقه قوی تر باشد سطح خشن تر ولی سرعت ماشین کاری خیلی بیشتر خواهد بود.با این روش به صافی Ra 0.10می توان رسید، سطحی که مثل آینه عمل می کند.
- بسته به انرژی جرقه سرعت بار برداری از 1 تا چند صد میلیمتر مکعب بر دقیقه می‌باشد.

وایر کات

وایرکات فرم خاصی از E.D.M است که درآن الکترود , سیمی هادی است که دائماً حرکت کرده و دور قرقره پیچیده می شود سیم نسبت به قطعه کار توسط یك میز N.C تغییر موقعیت می دهد . در نتیجه در مسیر حرکت سیم برش دقیقی ایجاد می شود . در صورت طی یك مسیر بسته در داخل قطعه کار , هم از قطعه داخلی (به عنوان ماتریس) ممکن است استفاده شود .دستگاه های وایرکات حداقل دو محور حرکت کنترل شده (x.y) دارند . در بیشتر دستگاه ها می توان با استفاده از محور افقی کمکی (به اسم v.u) به سیم زاویه داد تا سطوح مایل برش کاری شود . دستگاه هایی هم با محور عمودی و گردان کنترل شده موجود است . سیم ممکن است یك بار مصرف یعنی از قرقره ای باز وپس از عبور از قطعه کار و برش کاری به قرقره ای دیگر بسته شود ویا برای چندین بار در یك سیکل گردشی مورد استفاده قرار گیرد.

سیستم کنترل شبیه ماشین های C.N.C عمودی است . گاهی ممکن است بدلیل اختلال در فلاش دی الکتریك یا خرابی قطعه کار برش متوقف شود و به موقعیت اولیه برگشت . کنترل دستگاه باید به تواند سیم را از مسیر رفته برگرداند .

وایرکات های معمولی تا ضخامت 150 میلی متر را می برد ولی برخی لز آن ها تا ضخامت 420 میلی متر برش میزند .

پاشش دی الکتریك از طریق نازل هایی است که در بالا وپایین قرارداشته و راهنمای سیم نیز هستند . دی الکتریك معمولاً آب دی یونیزه شده است . ذرات براده با فیلتر کردن و ته نشینی از دی الکتریك جدا می شوند . دقت معمول +_013/0 mm است . در دستگاه های دقیق تر تا

+_005/0mm می تواند باشد . کنترل دقیق دما صورت می گیرد و مسیر چند بار طی می شود . هر بار قدرت الکتریکی را کم می کنند تا (مثل اسپارك معمولی) تا

مناسب کشش تابع جنس و قطر کار است راهنماهای سیم از مواد سختی مثل یاقوت یا الماس ساخته می شوند تا سایش آنها حداقل باشد راهنماها برای عمودی نگه داشتن سیم لازمند تا دیواره های قطعه برش خورده مستقیم باشند .
سرو مکانیزم های هیدرولیکی در وایرکات کاربرد ندارند . حرکت ها توسط سرو موتورهای AC یا DC انجام می شود . متغییر کنترل شده در سیستم کنترل , ولتاژ بین الکترود و قطعه کار است اگر از سوراخ شروع کار استفاده نشود و سیم وایرکات از خارج وارد قطعه کار شود , در انتهای برش قطعه بیرونی شبیه قابی است که یك گوشه آن به هم متصل نیست . تنش های داخلی در قاب موجب اعوجاج سطح برش کاری شده و دقت را کاهش می دهد . هر چه قطعه بیرونی بزرگتر از قطعه داخلی باشد اثر فوق کمتر است . غالباً از یك تسمه یا به اصطلاح نوار چسب جهت اتصال قاب بیرونی و داخلی استفاده می شود . هدف از این کار نگه داشتن قطعه داخلی و ممانعت از سقوط آن در انتهای برش کاری . همچنین حفظ پیوستگی الکتریکی است .
1- کاربردهای وایرکات :
سنبه و ماتریس های برش , ابزار تراش کاری , شابلون های مورد نیاز در کپی تراشی ابزار خانکشی و قالب های اکسترود مواردی از کاربرد وایرکات می باشند .
وایرکات در متالوژی هم کاربردهای زیادی دارد مثل برش نمونه تست از مغز قطعه ریختگی برای تعیین ترکیب شیمیایی آن , مقطع زدن جوش ها برای متالوگرافی و ساخت نمونه های تست خواص مکانیکی .
2- منابع تغذیه :
مثل اسپارك های عمودی , جریان و طول روشن پالس متغیر های عمده ای هستند که انرژی جرقه ها به آن وابسته است . در منابع مدرن تولید پالس , این متغیرها و زمان خاموش بودن پالس را می توان مستقل از هم تنظیم کرد .
ظرفیت عبور جریان سیم وایرکات محدود است بنابراین حد جریان منبع تغذیه بندرت از 30 آمپر تجاوز می کند . ولتاژ بین سیم و قطعه کار معمولا 55 الی 60 ولت است

. چون سایش الکترود اهمیت چندانی ندارد پلاریته متصل به سیم همیشه منفی است تا سرعت برش کاری بیشتر شود . سیم قطورتر توانایی تحمل انرژی بیشتری داشته و بنابراین سرعت برش کاری به آن بیشتر است .

3- پرداخت سطح :

وضعیت سطح وایرکات شده شبیه سطح اسپارك شده است . کم بودن انرژی جرقه ها موجب ایجاد سطحی با پرداخت بهتر می شود درجه پرداخت سطح بین 1/25µmRa-2/. است .

برای افزایش پرداخت سطح می توان مسیر را چند بار رفت و هر بار انرژی جرقه ها را کاهش داد . تنظیم پارامتر های اسپارك باید با توجه به جنس و ضخامت قطعه کار باشد .

مقدار کمی از مواد سیم روی سطح قطعه کار رسوب می کند . تجربه نشان داده حتی در سیم مولیبدونی با پوشش گرافیت نیز کربن و مولیبدون روی سطح قطعه کار رسوب می کنند .

رسوب مس و روی از سیم برنجی در جوش کاری سطوح برش شده مزاحمت ایجاد می کند ولی با اسید نیتریك قابل زدودن است .

برش کاربیدهای سمانته تنگستن با توجه به تقدم خوردگی چسب کبالت و ایجاد ترك مشکل است .

4- دی الکتریك و پاشش آن :

پاشش مناسب دی الکتریك مثل اسپارك در وایرکات هم اهمیت دارد . نازل ها باید تا حد امکان به قطعه کار نزدیك تر باشند . اگر ضخامت قطعه کار متغیر باشد این امر مقدور نیست و بنابراین برش کاری آن ها به راحتی مقدور نیست . فلاش ناکافی دی الکتریك موجب پاره شدن سیم می شود . برای ممانعت از این امر زمان قطع پالس را افزایش می دهند هرچند سرعت برش کم می شود . دلیل تغییر زمان قطع پالس آن

است که انرژی اسپارك باید ثابت باشد تا پرداخت سطح و عرض شکاف که تأثیر عمده ای در دقت کار دارد تغییر نکند .

5- سیم :

پرکاربردترین سیم سیم برنجی است . سیم برنجی دارای مشخصاتی مثل استحکام کشش و هدایت الکتریکی بالا است . قابلیت کشش و فرم دهی آن نیز زیاد است و تلرانس قطر سیم های تولیدی کم است . تمایل به استفاده از سیم های روکش دار با مواد مختلف وجود دارد . مثل سیم فولادی دارای استحکام کشش که یك لایه روکش مسی برای افزایش هدایت الکتریکی و یك لایه سطحی گرافیت برای افزایش سرعت ماشین کاری دارد . لایه خارجی را می توان با توجه به نوع کار انتخاب کرد . این سیم ها گرچه گران ترند ولی سرعت برش کاری آن ها از سیم برنجی بیشتر است بنابر این ممکن است کم هزینه تر باشند .

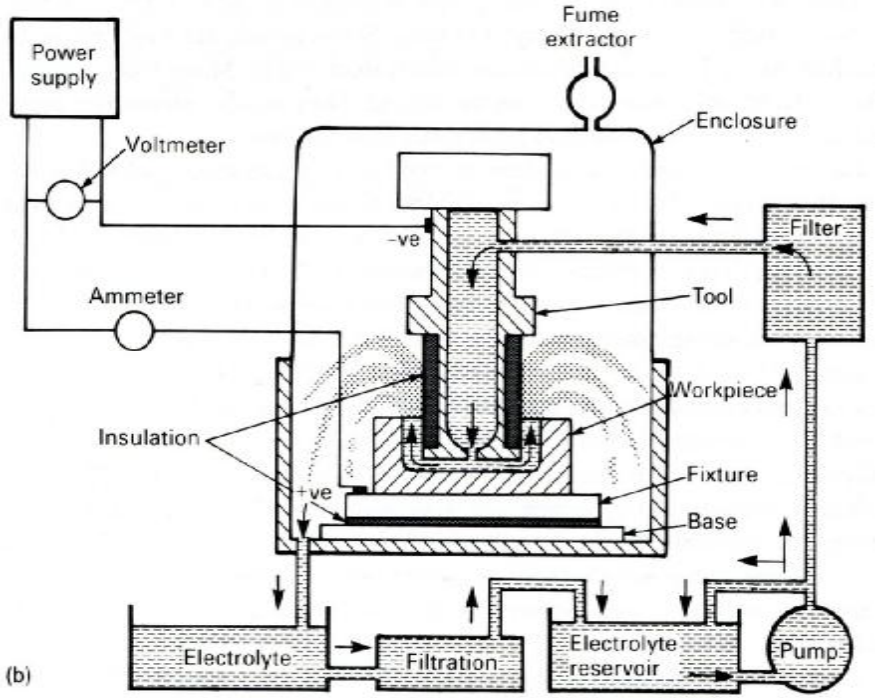
سیم مغز مولیبدنی و سیم با روش روی بیز موجود است . سیم هایی که استحکام کشش بالایی دارند خصوصاً وقتی ایجاد لبه های با شعاع کم مد نظر است مناسب ترند .

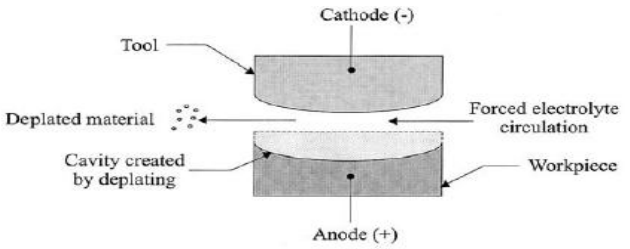
ضخامت سیم ها بین 05/0 تا 3/0 میلی متر است .

6- سرعت برش :

استاندارد صنعتی رسمی سرعت برش عبارت است از : سرعت خطی برش ورق ضخامت 25 میلی متری از جنس فولاد ابزاری D2 و بر حسب سطح برش کار شده در ساعت بیان می شود سرعت برش کاری در وایرکات های قدیمی حدود 1300mm/h است . سرعت ملشین های جدید بیش از ده برابر این مقدار است . بیشتر پیشرفتی که حاصل شده از تکامل منابع تغذیه بوده است . فلاش دی الکتریك در سرعت های برش بالا باید ایده آل باشد .

براده برداری باروش الکتروشیمیایی ECM





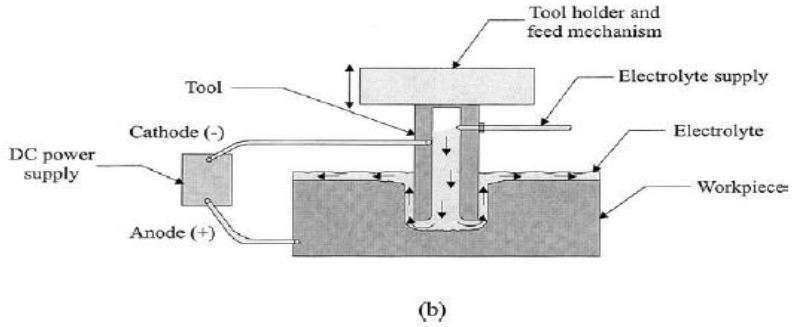


FIGURE 3 Electrochemical machining (a) process and (b) device.

معرفی ECM

الکترولیز به طور موفقیت آمیزی درفرآیندهای آبکاری برقی، شکل دهی برقی و پرداختکاری برقی بکار گرفته شده است.فرآیند برداشت ماده توسط تجزیه یا حل شدن شیمیایی از سال 1780 میلادی کشف شده است ، اما در طی چند دهه گذشته این روش بهتر مورد استفاده قرار گرفته است.این فرآیند همچنین به عنوان فرآیند شکل دهی الکتروشیمیایی غیر تماسی نیز شناخته میشود.مشخصه قابل توجه لکترولیز این است که انرژی الکتریکی برای تولید واکنش شیمیایی مورد استفاده قرار میگیرد. **این** فرآیند مدرن براده برداری بر پایه اثر الکترولیتی که باعث حل شدن مواد رسانا و نیمه رسانای قطعه کار می شود است. انحلال با تبادل بار برقی و مواد بین قطعه کار به عنوان آند و ابزار به عنوان کاتد و با توان جریان الکتریکی در الکترولیت به عنوان محیط موثر انجام می شود.
(عدم سخت کاری سطح،عدم سایش الکترودها و سرعت براده EDMاین روش امتیاز هایی تسبت به فرایند برداری زیاد)داشته ولی ضعفهای جدی نیز در آن وجود دارند .تجهیزات بسیار گران هستند و از آنجا که در ساخت آند زمان و هزینه زیادی صرف می شود فقط برای ساخت تعداد زیادی محصول هم شکل مناسب هستند که چنین حالتی به ندت در ساخت حفره قالبها ی ترزیق پیش می آیدبددن
تلرانسهای قابل دسترسی 5 برابر بزرگتر از تلرانسهای فرآیند EDM هستند.

اصول کار ECM

ECMعکس آبکاری برقی است.درآبکاری برقی عمل الکترولیز انجام میشود که درآن حرکت ماده را داریم.ماده ازروی الکترود کنده میشود وروی الکترود دیگری رسوب میکند، اما در ECM عکس آن است که قطعه کار به قطب مثبت وابزار به قطب منفی متصل است.ضمناقطعه کار باید رسانا باشد.ماشینکاری الکتروشیمیایی براده برداری الکتریکی مواد هادی بوسیله تجزیه مواد درقطب مثبت(آند)با جریان سریع الکترولیت که قطعه کار را از الکترود شکل دار جدا میکند صورت میگیرد.الکترولیت فیلترشده با درجه حرارت کنترل شده با فشارپمپ میشود تا سیال با هدایت الکتریکی کنترل شده رابه فاصله باریک وکوچک ماشینکاری گپ برساندا ین فرآیند مدرن براده برداری بر پایه اثر الکترولیتی که باعث حل شدن مواد رسانا و نیمه رسانای قطعه کار می شود است. انحلال با تبادل بار برقی و مواد بین قطعه کار به عنوان آند و ابزار به عنوان کاتد و با توان جریان الکتریکی در الکترولیت به عنوان محیط موثر انجام می شود.

این روش امتیاز هایی نسبت به فرایند EDM (عدم سخت کاری سطح،عدم سایش الکترودها و سرعت براده برداری زیاد)داشته ولی ضعفهای جدی نیز در آن وجود دارند .تجهیزات بسیار گران هستند و از آنجا که در ساخت آند زمان و هزینه زیادی صرف می شود فقط برای ساخت تعداد زیادی محصول هم شکل مناسب هستند که چنین حالتی به ندرت در ساخت حفره قالبها ی ترزیق پیش می آید. علاوه بر این تلرانسهای قابل دسترسی 5 برابر بزرگتر از تلرانسهای فرآیند EDM هستند.

در ECM اختلاف پتانسیل الکتریکی DC کمی (25-5) ولت به دو الکترود یا به عبارت دیگر به کاتد و آندی (آند قطعه کار است و کاتد ابزار) که در الکترولیت قراردارند اعمال میشود انتقال الکترونها بین یونها و الکترودها مدار الکتریکی را کامل میسازد.

فلز به صورت اتم های منفرد از سطح آند جدا میشود و در الکترولیت به صورت یونهای مثبت ظاهر میشود.در ماشینکاری الکتروشیمیایی فلز جدا شده به صورت هیدروکسیدهای فلزی جامد رسوب میکند.الکترولیتهای مورد استفاده در ECM حاوی اسیدها یا در حالت کلی تر، نمکهای قلیایی محلول در آب میباشند.وقتی که الکترولیت با سرعت زیاد در حد فاصل بین دو الکترود حرکت میکند چندین کار را انجام میدهد.این الکترولیت محصولات واکنش الکتروشیمیایی را رقیق میکند و آنها را از این فاصله خارج میسازد، حرارت را با سرعت بیشتر وبه مقدار زیادتری منتقل میکند و تمرکز یونها را بر روی سطح الکترود محدود میکند تا نرخ های ماشینکاری بیشتری حاصل شود. دبی حجمی الکترولیت بر اساس سرعت جریان الکترولیت ، فاصله بین دو الکترود و سایز قطعه ای که ماشینکاری میشود تعیین میگردد. خواص الکترولیت (ترکیب،غلظت،مقدارPH،دما و غلظت عناصر خارجی) همراه با شکل ابزار به دلیل اینکه متغیرهای مهمی هستند که شکل قطعه ماشینکاری شده (پروفیل آند) را تعیین میکنند باید دقیقا کنترل شوند

الکترولیت

انتخاب الکترولیت بسیار مهم است. اغلب از کلرید سدیم(نمک معمولی)به عنوان ماده ای که ارزان و به راحتی موجود میباشد استفاده میشود.به منظور حفظ MRR مطلوب لازم است الکترولیت تحت فشار بالایی یه فاصله بین دوالکترود پمپاژ گردد. بنابراین، شکلی که قراراست در آند ایجاد شود به عوامل زیادی بستگی دارد اما این عوامل را میتوان فقط به چگالی شدت جریان و شکل کاتد محدود کرد

سیستم های اصلی

ماشین ابزار ECM شامل چهار زیر سیستم اصلی میشود:

1- مولد قدرت

2- سیستم تغذیه و تمیز کردن الکترولیت

3- سیستم ابزار و تغذیه آن

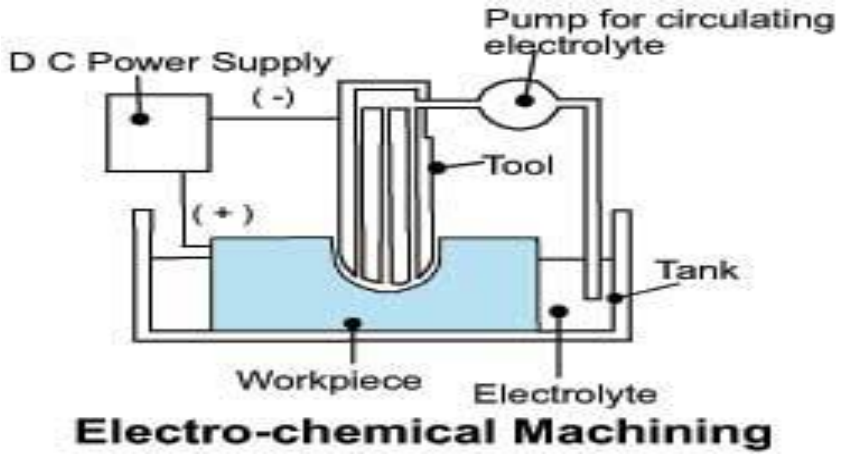
4- قطعه کار و سیستم نگهداری آن

مولد قدرت:در حین فرآیند ECM یک جریان مستقیم بالا (ممکن است تا 40000 آمپر نیز باشد) و یک اختلاف پتانسیل الکتریکی پایین (در حدود 5-25ولت) در حد فاصل بین دو الکترود مطلوب است تا کنون بالاترین چگالی جریان بدست آمده در حدود $20000A/Cm^2$ بوده است. بنابراین جریان متناوب سه فاز به کمک یک رکتیفایر و یک ترانس به یک جریان بالای مستقیم با ولتاژ پایین تبدیل میشود.

رکتیفایرهای کنترل شده سیلیکونی (SCR) به خاطر عکس العمل سریع در برابر تغیرات به وجودآمده درحین فرآیند و کوچک بودن ، جهت انجام عمل یکسوکنندگی و همچنین تنظیم ولتاژ، مورد استفاده قرار میگیرند.

سیستم تغذیه و تمیز کردن الکترولیت:

سیستم تغذیه و تمیزکاری الکترولیت شامل یک پمپ،فیلترها، لوله ها، شیرهای کنترل ، سیم پیچهای گرم کننده یا سرد کننده ، فشارسنجها و مخزن ذخیره میباشد.دریچه های تغذیه الکترولیت ممکن است در ابزاریا قطعه کار یا فیکسچربا توجه به نوع حرکت مورد نیاز الکترولیت ساخته شوند.



Electro-chemical Machining

جهت بدست آوردن MRR زیاد و دقت بالا معمولا فاصله بین دو الکترود باید کمتر از یک mm باشد،جریان آرام الکترولیت باید حفظ گردد و به این منظور باید از هر نوع انسداد این فاصله کم توسط ذراتی که الکترولیت با خود حمل میکند جلوگیری به عمل آید. بنابراین تمیزی الکترولیت ضروری میباشد معمولا الکترولیت به کمک فیلترهایی از جنس فولاد زنگ نزن ، مونل یا هر ماده مقاومدر برابر خوردگی تمیز میشود،جهت عملکرد مناسب ، این فیلترها باید به طور متناوب تمیز گردند. بمنظوربدست آوردن نتایج مطلوب میتوان فیلترها را در لوله تغذیه الکترولیت درست قبل از ظرفی که قطعه کار درآن قرارگرفته است نصب نمود.

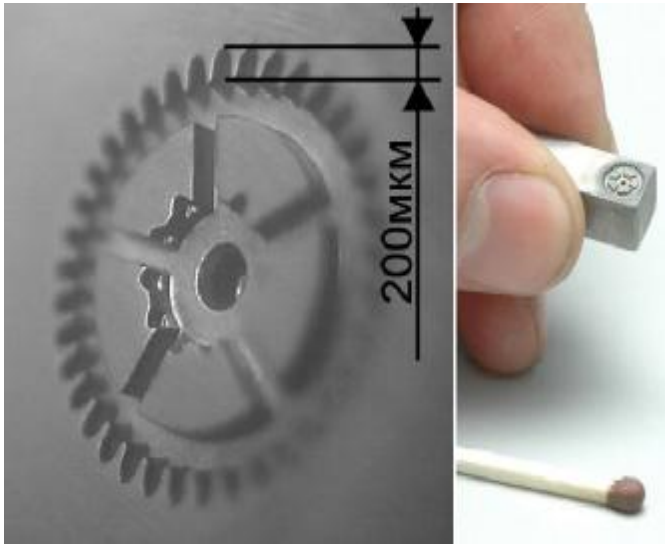
3- **ابزار و سیستم پیشروی آن**:

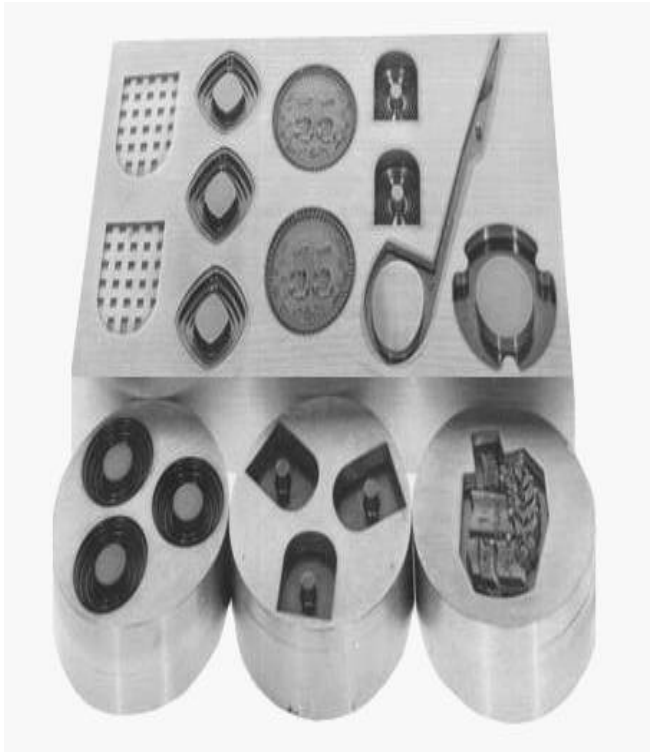
نظر به اینکه ابزار و فیکسچرها باید برای مدت زمانی طولانی در یک محیط خورنده بکار گرفته شوند استفاده از موادی که در برابر خوردگی مقاوم باشند در این محیط ضروری است. هدایت حرارتی و الکتریکی بالای ابزار نیز از ضروریات اصلی میباشد. ماشینکاری آسان ابزار نیز به همین اندازه مهم است به این دلیل که دقت ابعادی و پرداخت سطح ابزار بطور مستقیم بر دقت و پرداخت سطح قطعه تاثیر میگذارد. آلومینیم ، برنج ، برنز ، مس ، کربن ، فولاد زنگ نزن و مونل از موادی هستند که برای این منظور استفاده میشوند،علاوه براین قسمتهایی از ابزار که عمل ECM در آنجا مورد نیاز نیست باید عایق کاری شوند

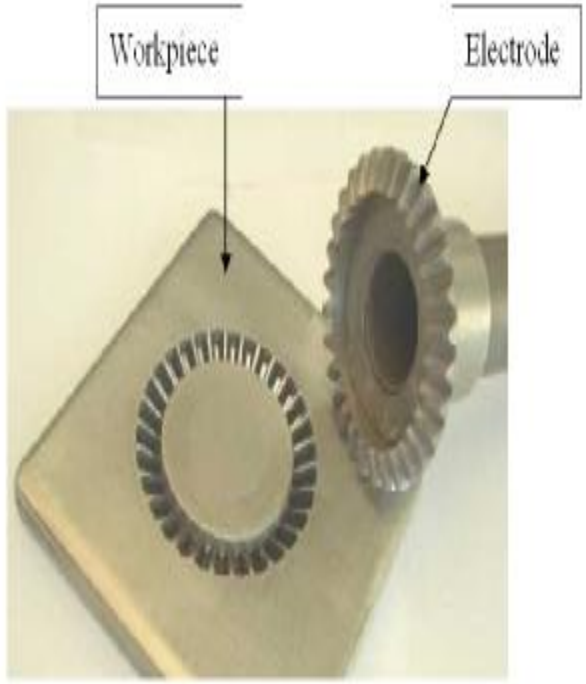
برای مثال ، عدم عایق کاری دیواره های جانبی ابزار قالبسازی باعث ماشینکاری ناخواسته قطعه در نتیجه از بین رفتن دقت قطعه ماشینکاری شده میشود. برای ساخت فیکسچرها استفاده از مواد غیر خورنده و مواد نارسانای الکتریکی توصیه مشود. همچنین فیکسچرها و ابزار باید به اندازه کافی صلب باشند تا وقتی تحت نیروهای بالای هیدرولیکی قرار میگیرند مرتعش یا خم نشوند.

4- **قطعه کار و سیستم نگهداری آن** :با این فرآیند تنها قطعات کاری که از لحاظ الکتریکی رسانا باشند را میتوان ماشینکاری نمود،خواص شیمیایی جنس آند (قطعه) به مقدار زیادی بر نرخ برداشت ماده (MRR) تاثیر میگذارد. وسایل نگهدارنده قطعه کار از موادی که از لحاظ الکتریکی نارسانا باشند ساخته میشود و دارای خواص پایداری حرارتی خوب و جذب رطوبت پایین میباشند. برای مثال پلاستیک های تقویت شده با گرافیت ، پلاستیکها ، پرپلکس و... موادی هستند که برای ساخت وسایل نگهدارنده قطعه کار مورد استفاده قرار میگیرند.

نمونه هایی از قطعات ساخته شده به روش ECM







انواع تولید و جایگاه *CNC*

تولید از لحاظ تعداد به سه دسته تقسیم می شود:

۱- تولید انبوه[۳]

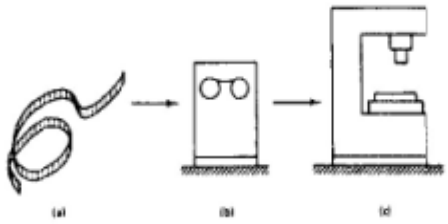
۲- تولید دسته ای[۴]

۳- تولید تک[۵]

استفاده از ماشینهای *CNC* در تولید انبوه به هیچ وجه توجیه اقتصادی ندارد و در تولید انبوه از ماشینهای مخصوص که برای کاربرد خاصی طراحی شده اند استفاده می‌شود.

اجزای ماشینهای *CNC*

- برنامه ماشین
- واحد کنترل ماشین *Machine Control Unit (MCU)*
- ماشین افزار
- موتورها
- اجزای مکانیکی
- سیستم اندازه گیری



اجزای اصلی یک ماشین NC

۱-۹-۱ برنامه ماشین (واحد ورودی)

برنامه شامل مجموعه ای از اعداد، حروف و نشانه هایی است که به ماشین می گوید چه عملی را باید انجام دهد. مجموعه این اعداد، حروف و علائم که به صورت کدهای رمزبندی شده می باشند توسط واحد کنترل ماشین *(MCU)* تفسیر می شوند. این برنامه علاوه بر اطلاعات مسیر قطعه کار شامل اطلاعات تکنولوژی (مقادیر سرعت و پیشروی) و اطلاعات کمکی (مثل روشن و خاموش کردن سه نظام، قطع و وصل جریان سیال خنک کننده) نیز می باشد.

برنامه می تواند علاوه بر تایپ مستقیم از طریق صفحه کلید دستگاه *(MDI)*[۱] از طریق نوار سوراخدار، نوار مغناطیسی، دیسک مغناطیسی و کامپیوتری *(DNC)* به ماشین ارسال شود.

وارد نمودن برنامه از طریق نوار سوراخدار، نوار مغناطیسی و DNC

[۱] وارد کردن اطلاعات به صورت دستی *Manual Data Input (MDI)*

۲-۹-۱ واحد کنترل ماشین

CNC نوعی کنترل است که بر روی ماشینهای افزار به منظور اتوماسیون استفاده شده و هر سیستم کنترل دارای سه جز اصلی واحد ورودی، واحد پردازشگر و واحد خروجی می باشد.

پیچیده ترین سیستم کنترلی را انسان دارد که در آن حواس پنجگانه به عنوان واحد ورودی، مغز انسان به عنوان پردازشگر و ماهیچه ها و کلام انسان به عنوان واحد خروجی عمل می کنند.

در *CNC* نیز سه جزء اصلی نام برده شده به عنوان واحد ورودی، واحد پردازشگر و واحد خروجی عمل می نمایند. اجزای واحد کنترل عبارتند از: نوار خوان، میکروپروسسور، *CPU*، حافظه *RAM*، حافظه *ROM*، *PLC*، *Buffers*، تقویت کننده، تابلوی کنترل و...

انجام برخی اعمال که برای انسان بسیار ساده هستند از قبیل خواندن اندازه، تمایز بین اعداد، حروف و علائم مختلف برای تجهیزات الکترونیکی و کامپیوتری بسیار مشکل می‌باشد. در نتیجه اطلاعات ورودی به ماشین به منظور شناخت سریع و آسان آنها باید رمزبندی شوند.

سیگنال های اطلاعاتی دارای یکی از چهار حالت زیر می باشند:

۱- سیگنال آنالوگ یا پیوسته

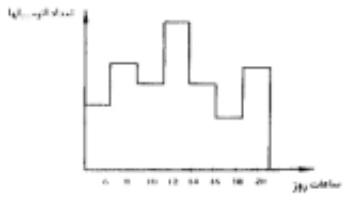
سیگنال کلامی انسان، دماسنج، فشار سنج از این قبیل سیگنال ها می باشند و کار با این سیگنال ها بسیار مشکل است.

سیگنال پیوسته

شکل ۱۱-۱

۲- سیگنال دیسکریت یا گسسته

سیگنالی است که مقادیر آن در محدوده زمانهای مساوی مقادیر ثابتی را دارا می باشد. این مقادیر هیچ گونه نسبتی با یکدیگر ندارند. بهترین مثال برای سیگنال های فوق مثالهای آماری می باشند.



سیگنال گسسته

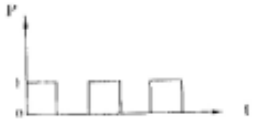
شکل ۱۲-۱

۳- سیگنال دیجیتال یا پله ای

نوعی سیگنال دیسکریت یا گسسته است با این تفاوت که مقادیر آن با نسبت مشخصی تغییر می کند سیستمهای مخابراتی با سیگنال دیجیتال کار می کنند

۴- سیگنال باینری یا دودویی

نوعی سیگنال دیجیتال است با این تفاوت که مقادیر آن فقط بین دو محدوده صفر و یک تغییر می کند. مانند کلید که دارای دو حالت باز یا بسته می باشد که در حالت باز صفر و در حالت بسته یک در نظر می شود.



سیگنال باینری

شکل ۱۳-۱

سیگنال هایی که در مهندسی کنترل بیشتر از همه مورد استفاده قرار می گیرند سیگنال های دیجیتالی می باشند که اغلب آنها جزءسیگنال های باینری محسوب می شوند. سیگنال های باینری در ارائه اطلاعات دارای ارزش بسیار هستند چون در کنترل می توان آنها را به سادگی نمایش و همچنین عملیات ریاضی را به راحتی با آنها انجام داد. اعداد، حروف و نشانه ها را می توان به راحتی با این سیگنال ها رمزبندی کرد. در جبربول که فقط از دو عدد صفر و یک استفاده شده است برخلاف جبر عمومی که از طیف وسیعی از اعداد استفاده نشده می توان عملیات منطقی

NAND,NOR,AND,OR,NOT را بـه زبـان ریاضـی نوشـت و در تکنولـوژی کنتـرل اسـتفاده کـرد. کامپیوتر یک وسیله برقی است که با ولتاژ کار می کند. اگر کامپیوتر براساس اعداد اعشاری (آنـالوگ) ساخته می شد نیاز به ده نوع ولتاژ مختلف برای شناسایی اعداد ۰، ۱، ۲، ...، ۹ داشت که انجام چنین کاری بسیار پرهزینه و مشکل است. با استفاده از اعداد باینری نیاز به یک ولتاژ داریم که می توانـد دو حالت وجود ولتاژ (یک) و عدم وجود ولتاژ (صفر) را داشته باشد.

اعداد در سیستم بـاینری بـه شـکل زنجیـره ای از صـفر و یـک مـی باشـد کـه در دو نـوع *EIA,ISO* (استاندارد آمریکایی) استاندارد شده اند.

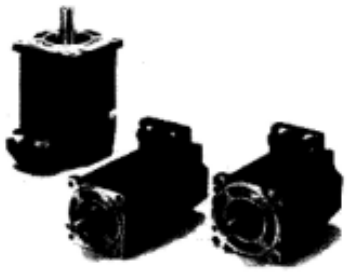
همان طور که مشاهده می شود، اعداد، حروف و نشانه ها به وسیله زنجیره ای هشت تایی از موقعیـت های سوراخ شده (یک) و سوراخ نشده (صفر) رمزبندی شده است.

مثلا حرف *G* دارای عدد باینری ۰۱۰۰۰۱۱۱ می باشد. هر یک از موقعیتهای هشت تایی یک بیت نام دارد و هر هشت بیت یک بایت نامیده می شود. با توجه به اینکه هر بیت دو حالت مـی توانـد داشـته باشد (صفر یا یک)، در مجموع کد رمزبندی شده می توانیم داشته باشیم. دراسـتاندارد *ISO* ۶۶ کـد رمزبندی شده است (کل اعداد، حروف و نشانه ها از ۶۶ تجاوز نمـی کنـد. ۱۰ عـدد، ۲۶ حـرف و ۳۰ نشانه) و به دلیل همین رمزبندی عددی است که این کنترلها به نام کنترل عددی معروفند.

از کداسکی *(ASCII)* نیز که دارای هفت بیت می باشد در بیشتر کامپیوترها استفاده شده است. برنامه های تهیه شده بر روی نوار سوراخدار توسط نوار خوانهای نوری (پنوماتیکی یا مکانیکی) خوانده شده و به واحد کنترل ارسال می شوند. همان طور که قبلا ذکـر شـد برنامـه نیـز مـی توانـد از طریـق نـوار مغناطیسی ،دیسک مغناطیسی یا *DNC* به واحد کنتـرل ارسـال شـود. واحـد کنتـرل روی اطلاعـات ورودی کار کرده برنامه را رمزگشایی و تفسیر می کند و آن را به زبان ماشین تبدیل می نماید. سپس آن را در حافظه ذخیره نموده و محاسبات لازم را انجام مـی دهـد و در نهایـت خروجـی را بـه شـکل اطلاعات مسیر، تکنولوژی و کمکی به سیگنال‌های کنترلی (اطلاعات قطع و وصل) تبدیل و سپس آنها را تقویت کرده و به محرکه‌ها (موتورها) ارسال می دارد.

واحد کنترل ماشین در دو نوع مدار باز *(Open Loop)* و مدار بسته *(Closed Loop)* وجود دارد.

سرو موتور



در کاربردهـای مـدرن ، واژه سـرو یـا مکانیـسم سرو به یـک سیـستم کنـترلی فیدبک که متغیر کنترل شونده ، موقعیـت یا مشتق موقعیت مکانیکی به عنوان سرعت و شتاب است، محدود می شود.

یک سیستم کنترلی فیدبک ، سیـستم کنـترلی است که به نگهـداشتن یک رابطـه مقـروض بین یک کمیت کنـترل شده و یک کمیـت مرجع ، با مقایسـه توابع آنها و اسـتفاده از اختلاف به عنوان وسیله کنترل منجر می شود.

سیستم کنـترلی فیدبک الکتریکی ، عموما برای کار به انـرژی الکتـریکی تکیـه مـی کنـد . مشخصـات مهمی که معمولا برای چنین کنترلی مورد نیاز است ، عبارتند از :

۱- پاسخ سریع ،

۲- دقت بالا ،

۳- کنترل بدون مراقبت و

۴- کارکرد از راه دور .

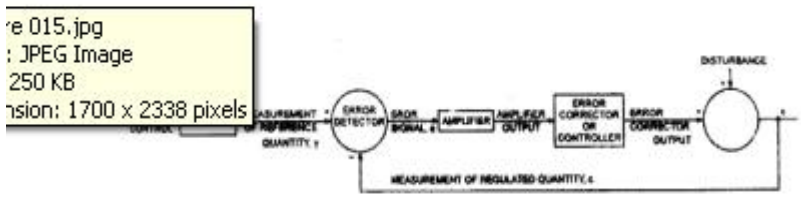
نیاز های چنین کنترلی عبارتست از :

۱- وسیله آشکار سازی خطا ،

۲- تقویت کننده

۳- وسیله تصحیح خطا ،

که در شکل ۱ نشان داده شده است .



شکل (۱)

هر عنصر هدف ویژه ای در هماهنگ کردن کمیت مرجع با کمیت کنترل شده ایفا می کند . وسیله آشکارسازی خطا هنگامی که کمیت تنظیم شده متفاوت از کمیت مرجع است ، خطا را آشکار می کند . سپس یک سیگنال خطا به تقویت کننده ای که قدرت وسیله تصحیح خطا را فراهم می کند می فرستد . با این توان وسیله تصحیح خطا ، کمیت کنترل شده را آنچنان تغییر می دهد که با ورودی مرجع هماهنگ گردد .

به موتورهایی که به سرعت به سیگنال خطا پاسخ می دهند و سریعا به بار شتاب می دهند سرو موتور گفته می شود . نسبت گشتاور به اینرسی (T/J) یک جنبه بسیار مهم یک سرو موتور است ، زیرا موتور با این فاکتور شتاب می گیرد .

مشخصات اصلی که در هر سرو موتور دیده می شود عبارتست از :

۱- گشتاور خروجی موتور باید متناسب با ولتاژ بکار گرفته شده آن باشد .

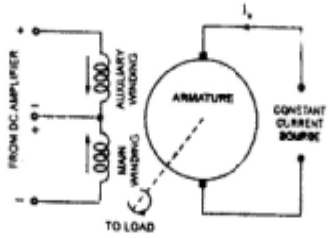
۲- جهت گشتاور سرو موتور باید به پلاریته لحظه ای ولتاژ کنترل بستگی داشته باشد .

سرو موتورهای **AC** عموما به سرو موتورهای **DC** ترجیح داده می شوند ، بجز برای استفاده در سیستمهای با قدرت خیلی بالا، سرو موتورهای **AC** به دلیل اینکه نسبت به سرو موتورهای **DC** دارای بازده بیشتری هستند ترجیح داده می شوند . اگر چه تلفات توان نگرانی اصلی در سرومکانیسمها نیستند ، یک موتور پربازده از تلفات بیش از اندازه توان جلوگیری می کند .

سرو موتورهای DC :

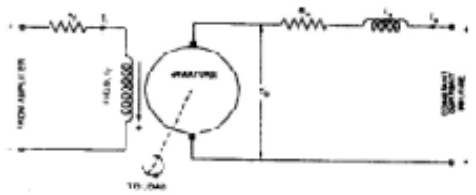
در بین سرو موتورهای **DC** مختلف ، موتورهای سری ، موتورهای سری چاکدار ، موتور کنترل موازی ، و موتور موازی مغناطیس دائم (تحریک ثابت) قرار دارند . این واحدها توان خروجی بالایی نسبت به اندازه آنها تحویل می دهند و در مورد موتور موازی با تحریک کنترل شده ، توان کنترلی کمی مورد نیاز است .

موتور سری دارای گشتاور راه اندازی بالایی است و جریان زیادی می کشد و تنظیم سرعت کمی دارد . کارکرد معکوس می تواند با معکوس کردن پلاریته ولتاژ میدان با سیم پیچ میدان سری (یعنی یک سیم پیچ برای هرجهت چرخش) به دست آید . مورد اخیر بازده موتور را کاهش می دهد . موتور سری چاکدار می تواند به عنوان یک موتور تحریک مستقل با میدان کنترل شده به کار گرفته شود ، آنچنانکه در شکل (۲) نشان داده شده است . آرمیچر باید از یک منبع جریان ثابت تغذیه شود .



یک منحنی گشتاور سرعت نوعی ، گشتاور ایستای بالا و کاهش سریع گشتاور با افزایش سرعت را نشان می دهد . این امر میرایی خوب و خطای سرعت بالا را نتیجه می دهد .

نوع موازی سروموتور DC از سایر موتورهای موازی برای کارکرد عمومی متفاوت نیست . این موتور دو سیم پیچی مجزا (سیم پیچی میدان که روی استاتور قرار داده شده و سیم پیچی آرمیچر که روی روتور قرار داده شده) دارد . هر دو سیم پیچی به یک منبع تغذیه DC متصل شده اند . در یک موتور DC موازی معمولی ، دو سیم پیچی به صورت موازی به تغذیه DC اصلی متصل شده اند . اما در یک کارکرد سرو ، سیم پیچی ها با منابع DC جداگانه ای تغذیه می شوند ، همانطور که در شکلهای (۳) و (۴) مشاهده می شود .

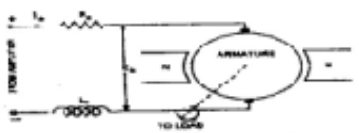


Schematic Diagram For Field Controlled DC Motor

شکل (۳)

شکل (۳) دیاگرام مداری یک موتور DC با میدان کنترل شده را نشان می دهد . در این موتور ، میدان با سیگنال تقویت شده خطا تحریک شده و سیم پیچی آرمیچر از یک منبع جریان ثابت نیرو می گیرد . گشتاور تحویلی تا اشباع متناسب با جریان میدان است .

این ترکیب که در شکل (۴) نشان داده شده است، در سروموتورهای کوچک بکار می رود، زیرا پاسخ دینامیکی آن از موتور DC با آرمیچر کنترل شده آهسته تر است .

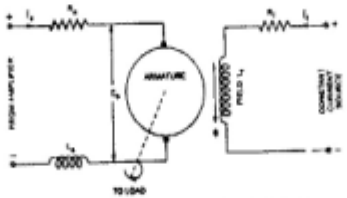


جهت چرخش موتور اگر پلاریته میدان معکوس شود عکس می شود.آرمیچر موتور با سیگنال تقویت شده خطا و میدان از یک منبع جریان ثابت تغذیه می شوند .

میدان این موتور عموما بالاتر از زانوی مشخصه اشباع کار می‌کند (جهت حفظ گشتاور با حساسیت کمتر نسبت به تغییرات جزیی در جریان میدان) . همچنین چگالی شار میدان بالا ، حساسیت گشتاور موتور را افزایش می‌دهد ، زیرا برای تغییرات کوچک در جریان آرمیچر، گشتاور با حاصلضرب جریان در شار متناسب است .

پاسخ دینامیکی درموتور نوع کنترل شده میدان سریعتر است ، زیرا مدار آرمیچر لزوما یک مدار مقاومتی است وثابت زمانی کوتاهتری دارد . اگر پلاریته سیگنال خطا معکوس گردد ، موتور در جهت معکوس می چرخد .

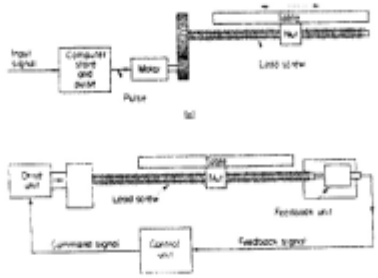
موتور مغناطیس دائم یک موتور تحریک ثابت موازی است که میدان همانطور که در شکل (۵) نشان داده شده است، با یک مغناطیس دائم تغذیه می شود. کارکرد شبیه به موتور با میدان ثابت و آرمیچر کنترل شده است.



Schematic Diagram For Armature Controlled DC Motor

می گردد. سیستمهای کنترل مدار بسته که سرعت و موقعیت را کنترل می کند سرومکانیزم نام دارد و به موتورهایی که در این سیستم به کار می روند سروموتور می گویند. کنترل مدار بسته از دقت بالایی برخوردار می باشد.

شکل ۱۵-۱ تصویری از کنترل مدار باز و کنترل مدار بسته را نمایش می دهد.



۳-۹-۱ ماشین افزار

برنامه *NC* پس از رمزگشایی و تبدیل به زبان ماشین در حافظه ذخیره می‌شود، محاسبات لازم انجام می پذیرد و سپس به شکل اطلاعات مسیر و اطلاعات فنی به سیگنال‌های خروجی قطع و وصل تبدیل و به موتورها فرمان می دهد، موتورها حرکت چرخشی را به پیچهای ساچمه ای منتقل کرده و پیچهای ساچمه ای حرکت دورانی را به حرکت خطی تبدیل می کنند. در نهایت حرکت خطی از طریق کشویی و راهنماها تحت کنترل سیستم اندازه گیری به ابزار منتقل می شود. واحد خروجی مربوط به سخت افزار ماشین است و دارای سه جزء اصلی می باشد.

۱- محرکه ها (موتورها)

۲- اجزای مکانیکی

۳- سیستم اندازه گیری

۱-۳-۹-۱ محرکه ها (موتورها)

در ماشینهای *CNC* از سه نوع سیستم محرکه الکتریکی، هیدرولیکی و پنومائیکی استفاده می شود. از محرکه های پنومائیکی به دلیل قدرت و دقت کم آنها امروزه استفاده نمی شود. در اینجا دو نوع الکتریکی و هیدرولیکی آنها را تشریح می کنیم.

محرکه های الکتریکی

موتورهای پله ای[1]

[1] *Stepping Motors*

کنترل قدرتهای زیاد با نیروی کم، سادگی کنترل سرعت و نیرو به طور غیر پله‌ای و عکس العمل سریع در برابر تغییر جهت از ویژگی های محرکه های هیدرولیکی می باشند. از معایب آنها نشتی و گران قیمت بودنشان را می توان نام برد و نیز این سیستمها دارای سرعت عمل کمتری نسبت به محرکه های الکتریکی می باشند. از محرکه های هیدرولیکی بیشتر در کنترلهای مدار بسته استفاده می گردد. محرکه های هیدرولیکی در دو نوع دورانی (موتورها) و رفت و برگشتی (سیلندر و پیستونها) مورد استفاده واقع می شوند. برای حرکتهای طولی کم از سیلندر و پیستون وبرای حرکتهای طولی بلند از موتورهای هیدرولیکی به همراه پیچهای ساچمه ای استفاده می شود.

۲-۳-۹-۱ اجزای مکانیکی

دسترسی به دقتهای بالا و قابلیت تکرار این دقتها با تلرانس های محدود و اطمینان بالا از انجام عملیات خواسته شده از جمله مواردی است که در طراحی ماشینهای *CNC* باید در نظر گرفته شود. از این رو ساختار فیزیکی و مکانیکی ماشینهای *CNC* با ماشینهای سنتی دارای تفاوتهایی می باشد. در ماشینهای سنتی مهارت ماشین کار نقص طراحی و عدم دقت ماشین را جبران می کند اما در ماشینهای *CNC* به دلیل عدم حضور مستقیم اپراتور در فرآیند ماشین کاری حرکات باید با دقت و اطمینان بالا انجام شود. اجزای مکانیکی خود شامل بستر ماشین، بلبرینگ ها، پیچهای ساچمه ای، کشویی، راهنماها، نگهدارنده ابزار *(Turret, Tool Changer)* وغیره می باشد.

ارائه تفاوتهای طراحی مکانیکی ماشینهای *CNC* با ماشینهای سنتی دراین کتاب امکان پذیر نمی باشد در اینجا تنها به شرح مختصری از پیچهای ساچمه ای که از مهم ترین قسمتهای ماشینهای *CNC* می باشند، می پردازیم.

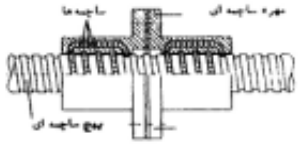
پیچهای ساچمه ای[1]

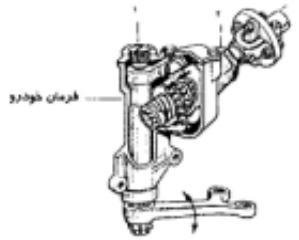
در ماشینهای سنتی معمولا از پیچهای دنده ذوزنقه ای برای تامین حرکت پیشروی کشویی و میز استفاده می شود ولی در ماشینهای *CNC* از پیچهای ساچمه ای استفاده می گردد. قلب یک سیستم پیشروی در ماشینهای *CNC* پیچ و مهره ساچمه ای می باشد. هنگامی که حرکت دورانی از موتور به پیچ منتقل می شود، میز ماشین از طریق مهره حرکت خطی دارد. پیچهای ساچمه ای نسبت به پیچهای معمولی دارای راندمان بسیار بالاتری می باشند که این راندمان معمولا به ۹۰٪ می رسد و این به دلیل وجود ساچمه در بین پیچ و مهره است. در پیچ و مهره های معمولی حرکت به صورت لغزشی صورت می‌گیرد، اما در پیچهای ساچمه ای حرکت به صورت غلطشی می باشد وچون سطح تماس در این پیچها به صورت نقطه ای است حداقل اصطکاک به وجود می آید. در پیچ و مهره‌های دنده ذوزنقه ای و مثلثی تماس سطحی می باشد و در نتیجه اصطکاک و سایش زیاد بوده و روان نیستند.

[1] *Ball Screw*

علاوه بر اصطکاک کم و راندمان بالا، این ماشینها دارای خصوصیاتی چون گشتاور کم در هنگام شروع حرکت، انتقال سرعتهای بالا، موقعیت دهی دقیق و قابلیت تکرار موقعیت می باشند. از پیچهای ساچمه ای در محورهای پیشروی ماشینهای *CNC*، بازوی روبات ها و جعبه فرمان خودروها استفاده می شود.

این پیچها در انواع مختلفی ساخته می شوند که یک نمونه از این پیچها در شکل ۱۶-۱ نمایش داده شده است.





نمایش پیچهای ساچمه‌ای

۳-۳-۹-۱ سیستم اندازه گیری

برای کنترل عملیات ماشین کاری در ماشینهای *CNC*، پارامترهای موقعیت، سرعت ونیرو اندازه گیری می گردد. موقعیت توسط انکودرها، سرعت توسط تاکومترها یا انکودرها و نیرو توسط سلول های بار[1] اندازه گیری می گردد. پارامترهای موقعیت و سرعت لبه برنده ابزار را کنترل می کنند و نیرو شرایط براده برداری را مشخص می‌کند.

سنسورهای موقعیت دیجیتالی در سه نوع انکودر[2] زاویه ای، انکودر چرخشی و انکودر خطی ساخته می شوند و انکودرها معمولا در یکی از سه محل زیر نصب می‌شوند.

---

[1] *Load Cells*
[2] *Encoders*

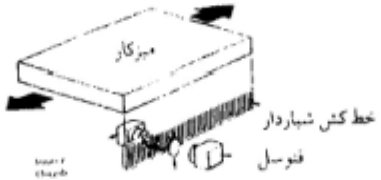
۱- انتهای محور موتور
۲- انتهای محور پیچ ساچمه ای
۳- میز ماشین

اندازه گیری در ماشینهای *CNC* بسته به محل نصب انکودرها به دو نوع کلی تقسیم می شوند.

۱- اندازه گیری مستقیم فاصله
۲- اندازه گیری غیر مستقیم فاصله

اندازه گیری مستقیم

در روش اندازه گیری مستقیم انکودر خطی (خط کشهای دیجیتالی) مستقیما بر روی میز ماشین یا کشویی نصب می شود و فاصله به طور مستقیم از طریق شمارش خطوط تیره به دست می آید. لقی محورها و نامیزانی موتورها و یا تاقانها بر روی نتایج اندازه گیری اثر ندارد، در نتیجه این نوع اندازه گیری از دقت بالایی برخوردار می باشد.



نمایش اندازه‌گیری مستقیم

شکل ۱۷-۱

اندازه گیری غیر مستقیم

در اندازه گیری غیر مستقیم انکودرهای زاویه ای یا چرخشی در انتهای محور موتور یا انتهای پیچ ساچمه ای نصب می شوند. در این روش، اندازه گیری از طریق تبدیل میزان جابه جایی میز یا کشویی به یک کمیت فیزیکی دیگر یعنی زاویه ای یا چرخشی و تبدیل آن به پالس های الکتریکی صورت می گیرد. لقی محورها و نامیزانی موتورها و یا تاقانها بر روی نتایج اندازه گیری اثر می گذارد، در نتیجه این نوع اندازه گیری از دقت بالایی برخوردار نمی باشد.

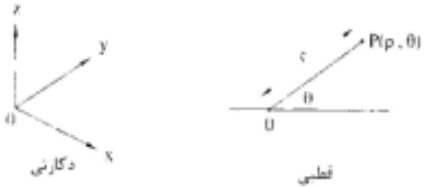
شکل۱۸-۱ نوعی از اندازه گیری غیر مستقیم با استفاده از انکودر چرخشی را نشان می دهد.

فصل دوم: مبانی برنامه نویسی ماشینهای کنترل عددی

۲-۱ سیستم مختصات

در ریاضیات و ترسیمات هندسی به منظور تعریف و ترسیم اشکال مختلف هندسی اعم از نقطه، خط، منحنی، صفحه و حجم به سیستم مختصات نیاز داریم. در ریاضیات از مختصات دکارتی، قطبی، استوانه ای و کره ای استفاده شده است و بدین ترتیب تمامی نقاط فضا را در قالب نقطه، خط، منحنی، صفحه و حجم می توان شناسایی و تعریف کرد. در ماشینهای *CNC* نیز باید تمامی نقاط فضای محدوده ماشین کاری برای ماشین شناخته شده باشد. تا حرکت ابزار بر روی قطعه کار به صورت مختصات شناخته شده ای *(x,y,...)* قابل تعریف باشد.

شکل ۲-۱ دو نوع دستگاه مختصات دکارتی و قطبی را نمایش می دهد.



نمایش مختصات به صورت قطبی و دکارتی

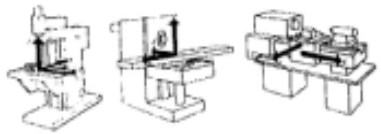
شکل ۲-۱

۲-۲ محورهای کنترل

منظور از محور در ماشینهای *CNC* راستای حرکتی میز یا ابزار در مسیرهای خطی یا چرخشی است که تحت کنترل *CNC* قابل برنامه نویسی می باشد.

۲-۲-۱* محورهای اصلی

یک ماشین تراش *CNC* معمولا دارای دو محور کنترل *(x,z)* می باشد زیرا حرکت ابزار معمولا در دو جهت طولی و عرضی یا ترکیبی از این دو میسر است. در ماشینهای فرز معمولا سه حرکت طولی، عرضی و عمقی *(x,y,z)* داریم. در نتیجه بعضی از ماشینهای فرز دارای سه محور کنترل می باشند.



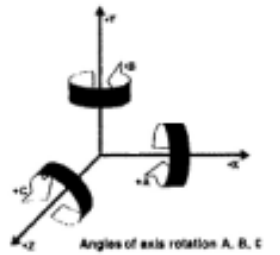
شکل ۲-۲

۲-۲-۲ محورهای کمکی

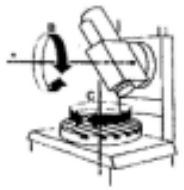
محورهای کمکی با نامهای *U,V,W* می باشند و در راستای همان سه محور متعامد *Z,Y,X* قرار دارند. این محورها محورهای مستقل محسوب نمی شوند. مثلا در یک ماشین تراش معمولی راستای حرکت سوپرت فوقانی (در حالت صفر درجه) دقیقا در راستای حرکت سوپرت اصلی (سوپرت طولی) می باشد و زمانی که سوپرت اصلی محدودیت حرکت داشته باشد از سوپرت فوقانی می توان دقیقا درهمان راستا استفاده نمود.

۲-۲-۳ محورهای چرخشی

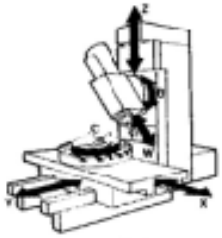
علاوه بر سه محور متعامد *Z,Y,X* سه محور چرخشی حول محورهای *Z,Y,X* داریم که به ترتیب با *C,B,A* نامگذاری می شوند.



نمایش محورهای چرخشی



Axis of rotation on worktable and spindle hea



Machining center with 6 axes

شکل ۲-۳

۲-۶ نقاط صفر و مرجع

در ماشینهای *CNC* به منظور حرکتهای دقیق بین ابزار و قطعه کار نیاز به تعریف نقاط صفر و مرجع داریم که این نقاط به منظور تعریف مبدا سیستم مختصات، شناسایی، تست و تنظیم سیستم اندازه گیری و ساده تر شدن برنامه نویسی قرار داده شده اند.

این نقاط عبارتند از:

۱- نقطه صفر ماشین[۲] *(M)*

۲- نقطه صفر قطعه کار[۱] *(W)*

۳- نقطه صفر ابزارگیر[۳] *(S)*

۴- نقطه مرجع[۴] *(R)*

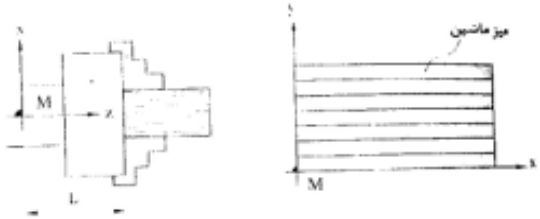
۵- نقطه تعویض ابزار[۴] *(N)*

چهار نقطه اول مهم ترین این نقاط می باشند و درک آن در مباحث مختلف *CNC* از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد که به تشریح مفصل آنها می پردازیم.

۲-۶-۱ نقطه صفر ماشین *(M)*

این نقطه توسط شرکت سازنده بر روی دستگاه تعریف می شود، قابلیت جابه جایی نداشته و ثابت می باشد و وقتی که ماشین روشن می شود ماشین موقعیت خود را از این نقطه می شناسد. این نقطه در ماشینهای تراش در روی محور Z و در گلویی دستگاه تعریف می شود.

نقطه صفر ماشین در ماشینهای فرز معمولا در گوشه سمت چپ و پایین میز تعریف می شود. این نقطه در ماشینهای فرز متفاوت است و برای اطمینان از موقعیت آن حتما باید به کتاب راهنمای ماشین مراجعه کرد. نقطه صفر ماشین با حرف *M* و علامت ⊕ نمایش داده می شود.



شکل ۲۴-۲

۲-۶-۲ نقطه صفر قطعه کار *(W)*

این نقطه به منظور سهولت در برنامه نویسی تعریف می شود و توسط برنامه نویس تعیین می گردد. بدون تعریف این نقطه نوشتن برنامه نسبت به نقطه صفر ماشین صورت می پذیرد. اما زمانی که برنامه را نسبت به نقطه صفر ماشین می نویسیم، سه مشکل خواهیم داشت:

۱- برنامه نوشته شده گویا نیست (اعداد برنامه مطابق با اندازه های نقشه نمی‌باشد).

۲- برنامه نویسی مشکل می شود (محاسبات بیشتری لازم است).

۳- چنان چه قطعه یا قطعات بعدی در موقعیت پیش بینی شده قرار نگیرند نیاز به تغییر برنامه خواهیم داشت.

برای درک مطالب عنوان شده به مثال زیر توجه کنید.

مثال: مختصات نقاط *P7* تا *P0* را نسبت به دو نقطه *M* و ⊕ *W* ⊕ بنویسید.

(الف)

Point	X	Y
P_0	۰	۰
P_1	۳۰	۰
P_2	۳۰	۱۰
P_3	۲۰	۱۰
P_4	۲۰	۲۰
P_5	۱۰	۲۰
P_6	۱۰	۳۰
P_7	۰	۳۰

(ب)

Point	X	Y
P_0	۱۴	۱۳
P_1	۴۴	۱۳
P_2	۴۴	۲۳
P_3	۳۴	۲۳
P_4	۳۴	۳۳
P_5	۲۴	۳۳
P_6	۲۴	۴۳
P_7	۱۴	۴۳

---

[۱] *Work Part Zero Point*
[۲] *Tool Reference Point*
[۳] *Reference Point*
[۴] *Tool change Point*

۲-۶-۴ نقطه مرجع *(R)*

نقطه مرجع به منظور کالیبره کردن سیستم اندازه گیری ماشین *CNC* تعریف شده است. برای فهم این مطلب به مثال زیر توجه کنید:

فرض کنید با اتومبیل شخصی خود از یک جاده فرعی به جاده اصلی (به سمت تهران) وارد می شوید و مسافت خود را تا مقصد یعنی تهران نمی دانید (با وجود درست کار کردن کیلومتر شمار). شما برای تشخیص فاصله خود تا مقصد نیاز به مرجعی دارید. در طول مسیر به تابلوی اطلاعات مسیر تهران *۲۰km* برخورد می کنید. دراین لحظه کیلومتر شمار ماشین را صفر می کنید و از این به بعد در تمامی نقاط قادر به اندازه گیری فاصله اتومبیل خود تا مقصد خواهید بود.

در این مثال مقصد به عنوان نقطه صفر ماشین و تابلوی اطلاعات مسیر به عنوان نقطه مرجع تلقی می شود و نقطه صفر ابزارگیر به صورت ثابت در نقطه ای از اتومبیل (متحرک) می تواند لحاظ شود. توجه کنید دو نقطه صفر ماشین و مرجع نقاط ثابت می‌باشند ولی نقطه صفر ابزارگیر نسبت به این دو نقطه متحرک است و فاصله و میزان جابه جایی را نسبت به صفر ماشین درهر لحظه نمایش می دهد.

ماشین *CNC* نیز درابتدا که روشن می شود چه در ابتدای روز و چه پس از قطع برق قادر به شناسایی موقعیت نمی باشد.[1] به عبارتی فاصله ابزار تا قطعه کار را به نحو صحیحی نمایش نمی دهد و نیاز به تنظیم دارد که این کار را اصطلاحا رفرنس کردن دستگاه می گویند.

دکمه ای خاص بر روی ماشین به نام *Reference* وجود دارد که از آن بدین منظور استفاده می شود. هرگاه دستور رفرنس اجرا شود میز یا ابزارگیر در راستای تک تک محورها به طور جداگانه (یا همراه با هم) به طرف نقطه مرجع حرکت کرده و در یک موقعیت خاص قرار می گیرند. این نقطه خاص نقطه مرجع یا رفرنس نام دارد و اعدادی را که مانیتور دستگاه در نقطه رفرنس نمایش می دهد فاصله بین دو نقطه *M,N* یعنی صفر ابزارگیر تا صفر ماشین می باشد. هنگام حرکت ابزارگیر به سمت نقطه مرجع، ابتدا حرکت محورها سریع بوده و در انتها حرکت آهسته و در یک جهت انجام می شود تا دقت لازم را داشته باشد. نقطه صفر مرجع معمولا در منتهی الیه محدوده کاری ماشین تعریف می شود (در ماشینهای فرز نزدیک به *ATC*[2] تعریف می شود.) در ماشینهایی که دارای سیستم اندازه گیری مطلق می باشند نقطه مرجع وجود ندارد، زیرا سرسره ها درهر موقعیتی که متوقف شده باشند موقعیتش برای ماشین شناخته شده می باشد. البته اکثر ماشینهای *CNC* به دلیل هزینه کمتر دارای اندازه گیری افزایش می باشند.

شکل۲۹-۲ موقعیت ونحوه ارتباط چهار نقطه مهم را در ماشین تراش و فرز *CNC* نمایش میدهد.

---

[1] علت اصلی این عدم شناخت استفاده از خط کشیهای نسبی به جای خط کشیهای مطلق می باشد.

[2] تعویض ابزار اتوماتیک *Automatic Tool Changer (ATC)*

فصل سوم: زبان های عمده برنامه نویسی ماشین های افزار

۳-۱ زبان های عمده برنامه نویسی

زبان های عمده برنامه نویسی برای ماشین های افزار به صورت زیر تقسیم می شوند:

- زبان برنامه نویسی *APT (Automatic Programmed Tool)*
- زبان برنامه نویسی *NEL Apt (National Engineering Laboratory)*
- زبان برنامه نویسی *2CL (2 Continue Linear)*
- زبان برنامه نویسی *PC APT*
- زبان برنامه نویسی *AD APT (Adaptation of APT)*
- زبان برنامه نویسی *Miturn (Metal Research Instite Turning)*
- زبان برنامه نویسی *BATCHCURVE*
- زبان برنامه نویسی *AUTOSPOT*
- زبان برنامه نویسی *Compact*

زبان برنامه نویسی *APT*

APT مادر خیلی از زبان های دیگر است و از آن می توان روی همه انواع ماشین های ابزار استفاده کرد. *APT* می تواند برای قطعات سه بعدی، قطعاتی با سطوح و با معادله مشخصی نظیر استوانه- مذلولی- مخروط- سطوح بیضوی- سطوح سهمی و غیره به کار رود. *APT* همچنین قادر است ماشین های افزار با پنج محور را کنترل نماید ولی برنامه لازم را فقط می توان روی کامپیوترهای بسیار بزرگ وارد ساخت. از این رو استفاده کنندگان *APT* بایستی به یک کامپیوتر بزرگ دسترسی داشته باشند.

زبان برنامه نویسی *NEL APT*

NEL APT یک زبان شبیه به *APT* ولی کوچکتر از آن است که توسط آزمایشگاه مهندسی ملی انگلستان *(National Engineering Laboratory)* ایجاد شد. برنامه این زبان کوچکتر از *APT* بوده و می توان آن را به کامپیوترهای متوسط وارد ساخت.

زبان برنامه نویسی *2CL*

این زبان برای مصرف در ماشین های افزار *CNC NC* در آمریکا و انگلستان بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. طریقه برنامه نویسی شبیه برنامه نویسی *APT* می باشد.

زبان برنامه نویسی *PC APT*

۳-۱۰ اجزاء یک برنامه *CNC*

یک برنامه *CNC* از قسمت های زیر تشکیل می شود.

- شماره برنامه

شماره برنامه از ۰۰۰۰ تا ۹۹۹۹ تعیین می شود. شماره برنامه با یکی از حروف *P ,% ,O ,S ,R* نوشته می شود مثل *O0010* یا *%0001*.

- شماره بلوک یا خطوط برنامه

شماره بلوک یا خطوط برنامه با حرف *N* نوشته می شود مثل *N000* یا *N150*

- پایان برنامه

پایان برنامه با کد *M30* مشخص می شود.

۳-۱۱ ترتیب نوشتن یک برنامه *CNC*

جهت نوشتن یک برنامه *CNC* به ترتیب زیر عمل می شود.

۱- تعیین شماره برنامه
۲- نوشتن کدهای گروه کنسل کننده ها
۳- نوشتن کدهای گروه انتقال دهنده ها
۴- نوشتن کدهای گروه کنترل کننده سرعت ها
۵- نوشتن کدهای گروه انتخاب ابزارها
۶- نوشتن برنامه عملیاتی

فصل چهارم: برنامه نویسی تراش *CNC*

۴-۱ توابع عملیاتی

توابع عملیاتی توابع ضبط شده در حافظه کامپیوتر می باشند که سرعت، نحوه براده برداری، نحوه حرکت، چگونگی مماس دو دایره بر هم، یا مماس یک دایره بر دو خط و .. را مشخص می کنند و غیر قابل تغییر می باشند.

۴-۲ کدهای عملیاتی

برای دست یابی به توابع ضبط شده در حافظه کامپیوتر از کدهای عملیاتی استفاده می کنیم و به طور کلی ارتباط اپراتور با ماشین افزار از طریق تعیین کدهای عملیاتی می باشد و کامپیوتر رابطی بین اپراتور و ماشین می باشد که وظیفه اش فرمان دادن به ماشین متناسب با کدهای عملیاتی است.

۴-۲-۱ انواع کدهای عملیاتی

کدهای عملیاتی به سه دسته تقسیم می شوند.

- کدهای اصلی یا عملیات *G*

عملیات *G* به عملیاتی گفته می شود که در براده برداری نقشی اساسی دارند. به عبارت دیگر عملیات ماشین کاری را کدهای *G* انجام می دهند.

- کدهای فرعی یا عملیات *M*

عملیات *M* به عملیاتی گفته می شود که نقش توابع کمکی برای عملیات *G* دارند. برای مثال باز شدن آب صابون با استفاده از عملیات *M* انجام می شود.

- متغیرهای وابسته

این متغیرها به خودی خود معنا ندارند بلکه به همراه کدهای اصلی معنی پیدا می کنند. مثل پارامتر *D5* زمانی که در سیکل پیچ بری *(G85)* به کار می رود پارامتر معرفی زاویه پیچ است. و زمانی که در سیکل شیار تراشی *(G86)* به کار می رود به عنوان رنده شیار تعریف می شود.

گروه کدهای G

کـــد	نـــوع عملکرد	گروه
G00	حرکت سریع بدون کنترل پیشروی	0
G01	حرکت خطی با کنترل پیشروی	
G02	حرکت قوسی در جهت عقربه های ساعت	
G03	حرکت قوسی در جهت خلاف عقربه های ساعت	
G04	مکث زمانی	
G33	پیچ تراشی یک مرحله ای	
G84	سیکل روتراشی و کف تراشی (پیشانی تراشی)	
G85	سیکل پیچ بری	
G86	سیکل شیار تراشی	
G87	سیکل سوراخکاری همراه با خرد کردن براده	
G88	سیکل سوراخکاری همراه با برگشت به ابتدای قطعه کار	
G96	سرعت برشی ثابت ثابت = V_C	1
G97	سرعت اسپیندل ثابت ثابت = N	
G94	سرعت تغذیه بر حسب $\frac{inch}{min}$ یا $\frac{mm}{min}$	2
G95	سرعت تغذیه برحسب $\frac{inch}{rev}$ یا $\frac{\mu m}{rev}$	
G53	کنسل کننده کدهای G54 و G55	3
G54	انتقال نقطه صفر ماشین	
G55	انتقال نقطه صفر ماشین	
G92	محدود کننده سرعت محوری انتقال نقطه صفر	4
G56	کنسل کننده کدهای G57 و G58 و G59	5
G57	انتقال نقطه صفر به قطعه کار	
G58	انتقال نقطه صفر به قطعه کار	
G59	انتقال نقطه صفر به قطعه کار	
G25	معرفی برنامه فرعی	6
G27	معرفی پرش غیر شرطی	
G70	سیستم اندازه گیری برحسب inch	7
G71	سیستم اندازه گیری برحسب mm	
G40	کنسل کننده کدهای G41 و G42	8
G41	جبران شعاع ابزار در صورتیکه مسیر حرکت ابزار از سه نظام به سمت مرغک باشد	
G42	جبران شعاع ابزار در صورتیکه مسیر حرکت ابزار از مرغک به سمت سه نظام باشد	

گروه کدهای M

کـــد	نـــوع عملکرد	گروه
M03	چرخش اسپیندل در جهت عقربه های ساعت	0
M04	چرخش اسپیندل در جهت خلاف عقربه های ساعت	
M05	توقف کامل اسپیندل	
M19	توقف محور اصلی در یک وضعیت دقیق	
M38	فعال نمودن توقف در وضعیت دقیق	1
M39	خاموش نمودن توقف در وضعیت دقیق	
M00	توقف موقت برنامه نوشته شده	2
M17	پایان برنامه فرعی و برگشت به برنامه اصلی	
M30	پایان برنامه اصلی و برگشت به ابتدای برنامه	
M08	روشن نمودن آب صابون	3
M09	خاموش نمودن آب صابون	
M25	بازشدن سه نظام	5
M26	بستن سه نظام	
M20	بسته شدن مرغک	6
M21	باز شدن مرغک	
M23	بسته شدن فشنگی سه نظام	7
M24	باز شدن فشنگی سه نظام	
M50	خاموش نمودن انباره ابزار (TOOL MAGAZIN)	8
M51	فعال نمودن انباره ابزار (TOOL MAGAZIN)	
M52	فعال نبودن اتوماتیک درب دستگاه	9
M53	فعال بودن اتوماتیک درب دستگاه	

۴-۳ گروه کدهای متغیرهای وابسته

همان طور که گفته شد این کدها به خودی خود معنا ندارند بلکه زمانی که با کدهای اصلی به کار می روند معنی پیدا می کنند. این متغیرها به متغیرهای نوع P و D تقسیم می شوند.

در جدول زیر عملکرد هر متغیر به همراه کد اصلی نوشته شده است.

گروه کدهای P

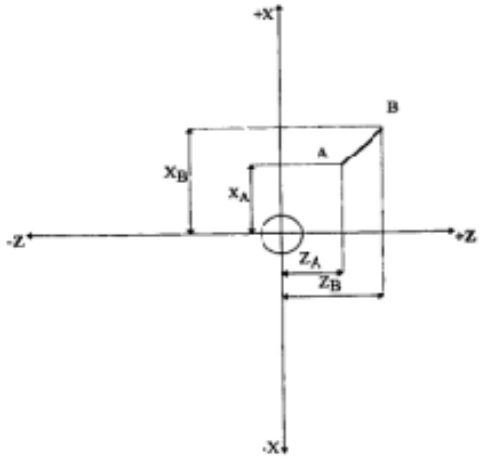
متغیر وابسته	کاربرد در کد اصلی	عملکرد متغیر وابسته در کد اصلی
P0	G84 G85	ضلع مخروط در جهت محور X ضلع مخروط
P2	G84 G85	ضلع مخروط در جهت محور Z مقدار پس روی ابزار پیچ تراش

گروه کدهای D

متغیر وابسته	کاربرد در کد اصلی	عملکرد متغیر وابسته در کد اصلی
D0	G84	اضافه اندازه باقیمانده جهت پرداخت درجهت مخروط
D2	G84	اضافه اندازه باقیمانده جهت پرداخت درجهت مخروط
D3	G84 G85 G86 G87 G88	عمق هر بار برش بر حسب (µm) عمق برش (µm) یا تعداد برش مقدار پیشروی عمقی در هر مرحله برحسب(µm) عمق اولین مرحله براده برداری برحسب (µm) عمق اولین مرحله براده برداری برحسب (µm)
D4	G04 G85 G86 G87 G88	پارامتر تعیین زمان مکث ($1/10$ ثانیه) تعداد مراحل بدون پیچ بری جهت پرداخت پارامتر تعیین زمان مکث($1/10$ثانیه) پارامتر تعیین زمان مکث درنقطه هدف($1/10$ثانیه) پارامتر تعیین زمان مکث درنقطه هدف($1/10$ثانیه)
D5	G85 G86 G87 G88	زاویه پیچ برحسب درجه عرض ابزار برش (µm) درصد کاهش عمق برش درصد کاهش عمق برش
D6	G85 G87 G88	ارتفاع دنده (µm) حداقل عمق باقیمانده سوراخکاری (µm) حداقل عمق باقیمانده سوراخکاری (µm)
D7	G85	پارامتر کمکی که تعیین کننده D3 است

۴-۴ محورهای دستگاه تراش *CNC*

جهت محورها بستگی به نحوه تعریف محورها در حافظه کامپیوتر دارد و برای ماشین تراش *CNC* دو محور خطی X و Z تعریف می شود که Z در راستای نوک مرغک و مرکز سه نظام (طول قطعه کار) و X در راستای قطر قطعه کار می باشد.



شکل ۱-۴

۴-۵ انتقال نقطه صفر ماشین به صورت صوری

انتقال نقطه صفر ماشین به منظور منطبق کردن نقطه صفر قطعه کار و نقطه صفر نقشه بر روی هم انجام می شود.

انتقال نقطه صفر ماشین به دو صورت انجام می گیرد.

۱- انتقال نقطه صفر ماشین به لبه فک های سه نظام.

۲- انتقال نقطه صفر ماشین از لبه فک های سه نظام به روی قطعه کار یا خارج از آن.

۴-۵-۱ انتقال نقطه صفر ماشین به لبه فک های سه نظام

جهت انتقال نقطه صفر ماشین به لبه فک های سه نظام از دو کد *G54* و *G55* استفاده می شود که مراحل انتقال به صورت زیر می باشد.

الف) ابزار مسا را انتخاب نموده و با لبه فک های سه نظام مماس می نماییم طریقه مماس ممکن است با یک قطره آب، یا ضخامت یک ورق کاغذ یا استفاده از سنسورهای الکترونیکی و یا نوری باشد. با پس از مماس شدن ابزار مسا با لبه فک های سه نظام که البته این کار در مود *Manuel* صورت می پذیرد عدد مربوط به محور Z در روی صفحه مانیتور ثبت می شود.

۴-۶ حرکت خطی بدون براده برداری و کنترل پیشروی

N10	G00	±43 X U	±43 Z W
		(mm)	(mm)

N: شماره خط

G00: کد حرکتی به صورت خطی بدون کنترل سرعت پیشروی

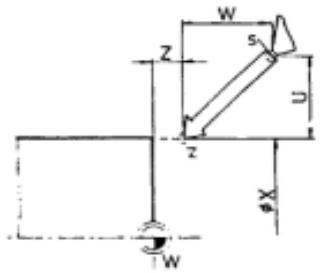
X, Z: مختصات نقطه هدف در سیستم مطلق

U, W: مختصات نقطه هدف در سیستم افزایشی

توجه: هیچ گونه تقدم و تاخر نسبت به x و z وجود ندارد.

S: نقطه شروع

Z: نقطه هدف



شکل ۴-۴

۴-۷ موارد استفاده از کد G00

۱- بعد از هر تعویض ابزار استفاده از این کد الزامی می باشد.

۲- به منظور کاهش زمان برنامه نویسی بهتر است زمانی که ابزار با قطعه کار در تماس نیست از این کد استفاده شود.

۳- معمولا جهت دور کردن ابزارگیر از قطعه کار به منظور تعویض ابزار از این کد استفاده می شود.

۴- به منظور استفاده از کدهای جبران شعاع ابزار از این کد استفاده می شود.

۴-۹ حرکت قوسی

N10	G02 G03	±43 X U	±43 Z W	I ± 15.00	K ± 15.00	F100
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$(\frac{mm}{min}$ or $\frac{\mu m}{rev})$

N: شماره خط

G02: حرکت قوسی موافق با جهت حرکت عقربه های ساعت

G03: حرکت قوسی مخالف با جهت حرکت عقربه های ساعت

I: فاصله نقطه مرکز قوس تا نقطه شروع در جهت محور X

K: فاصله نقطه مرکز قوس تا نقطه شروع در جهت محور Z

X,Z: مختصات انتهای قوس در سیستم مطلق

U,W: مختصات انتهای قوس در سیستم افزایشی

F: سرعت پیشروی

اگر مختصات مرکز قوس نسبت به نقطه شروع قوس در پایین نقطه شروع واقع شود I منفی خواهد شد.

اگر مختصات مرکز قوس نسبت به نقطه شروع قوس بالاتر از نقطه شروع واقع شود I مثبت خواهد شد.

اگر مختصات نقطه مرکز قوس نسبت به نقطه شروع قوس در سمت چپ واقع شود K منفی خواهد شد.

۴-۱۰ جهت چرخش

چرخش در خلاف عقربه های ساعت (G03)　　چرخش در جهت عقربه های ساعت (G02)

شکل ۴-۶

دریک خط برنامه قوس ها را تا حداکثر ۱۸۰ درجه می توان برنامه نویسی کرد.

۴-۱۱ زمان مکث یا زمان وقفه

N10	G04	D_4 20

(1/10 Sec)

N: شماره خط

G04: کد مربوط به زمان مکث

D_4: پارامتر تعیین زمان مکث بر حسب ۱/۱۰ ثانیه

موارد کاربرد

کد مربوط به زمان مکث در موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرد.

۱- جهت تخلیه براده

۲- جهت خنک شدن ابزار و قطعه کار

۳- نفوذ آب صابون

مثال:

N50 G04 D_4 20

N60 G01 X30.00 Z-20.00 F100

با به کار بردن این کد برای این که خط N60 اجراء شود ۲ ثانیه وقت لازم است.

در این زمان براده تخلیه و یا ابزار و قطعه کار خنک می گردند.

۴-۱۲ جبران شعاع ابزار

در روی محیط نوک ابزار برشی بی نهایت نقطه وجود دارد که ممکن است به قطعه کار مماس شود. به عنوان مثال وقتی که فرمان G00 X26.00 Z-40.00 صادر می شود، ابزار برشی به سرعت حرکت می کند. در این حالت کدام نقطه نوک ابزار به قطعه کار در مختصات داده شده مماس می شود. در صورتی که بی نهایت نقطه روی محیط نوک ابزار وجود دارد

در اینجاست که بحث جبران شعاع ابزار مطرح می شود.

اگر نوک ابزار برشی را به صورت زیر در نظر بگیریم نقطه ای به نام نقطه P تعریف می کنیم که این نقطه، نقطه برشی تئوریک نوک ابزار می باشد که بیرون از محیط نوک ابزار قرار دارد که به روش برخورد امتداد مماس های جانبی ابزار به دست می آید و به روش اپتیک (عدسی) به ماشین معرفی و در حافظه ابزار (TOOL DATA) ذخیره می گردد.

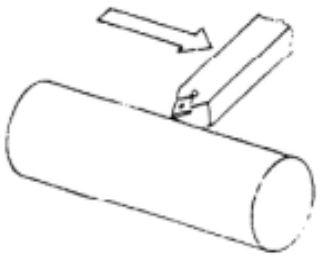
مثال: منظور از T02 02 چیست؟

T02 02
- 02: مربوط به شماره ابزار در روی ابزار گیر
- T02: اطلاعات نقطه تئوریک ابزار در ردیف دوم حافظه اطلاعت ابزار

۴-۱۵ کدهای جبران شعاع ابزار (G40, G42, G41)

کد G41: اگر مسیر حرکت ابزار از سمت سه نظام به سمت مرغک باشد از کد G41 استفاده می شود.

به عبارت دیگر جایگاه خودتان را روی قطعه کار فرض کرده و به جهت پیشروی ابزار نگاه کنید، در صورتی که ابزار در طرف چپ قطعه کار قرار داشت از کد G41 استفاده می گردد.



شکل ۱۴-۴

کد G42: اگر مسیر حرکت ابزار از سمت مرغک به سمت سه نظام باشد از کد G42 استفاده می شود.

به عبارت دیگر جایگاه خودتان را روی قطعه کار فرض کرده و به جهت پیشروی ابزار نگاه کنید، در صورتی که ابزار در طرف راست قطعه کار قرار داشت از کد G42 استفاده می شود.

N50	G25	Lxxyy

N: شماره خط

G25: کد مربوط به معرفی برنامه فرعی

L: آدرس

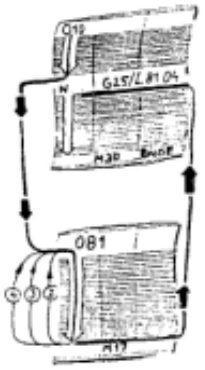
XX: شماره برنامه فرعی که می تواند از ۸۰ تا ۹۹ باشد.

YY: تعداد تکرار برنامه فرعی که می تواند از ۱ تا ۹۹ باشد.

یک برنامه اصلی می تواند تا ۱۰ عدد برنامه فرعی داشته باشد و هر برنامه فرعی هم می تواند ۱۰ عدد برنامه فرعی داشته باشد.

M17: کد پایان برنامه فرعی و برگشت به برنامه اصلی.

مثال: برای برنامه فرعی با چهار بار تکرار در شکل رو به رو O10 برنامه اصلی و O81 برنامه فرعی می باشد.

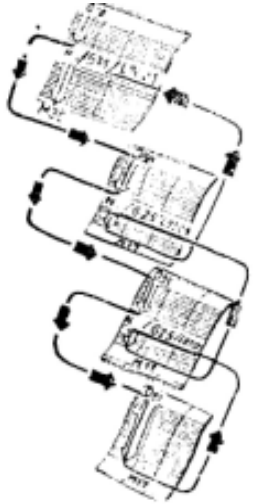


شکل ۱۷-۴

با فراخوانی برنامه با کد G25 L8104 اجرای برنامه اصلی متوقف و برنامه فرعی O81 چهار بار اجرا می گردد و در انتها ادامه برنامه اصلی اجرا می شود.

۲-۱۸-۴ برنامه های فرعی متوالی

از برنامه های فرعی نیز می توان برنامه های دیگری را نیز فرا خواند (برنامه های فرعی متوالی) در ماشین های EMCO می توانیم تا ۱۰ برنامه فرعی متوالی داشته باشیم.



شکل ۱۸-۴

در برنامه فرعی داده شده با فراخوانی برنامه فرعی شماره O80 با کد G25 اجرا برنامه اصلی شماره O10 متوقف و برنامه فرعی شماره O80 یک بار اجرا می گردد.

۱۹- ۴ پرش غیر شرطی

N10	G27	L50

N: شماره خط

G27: کد مربوط به پرش غیر شرطی

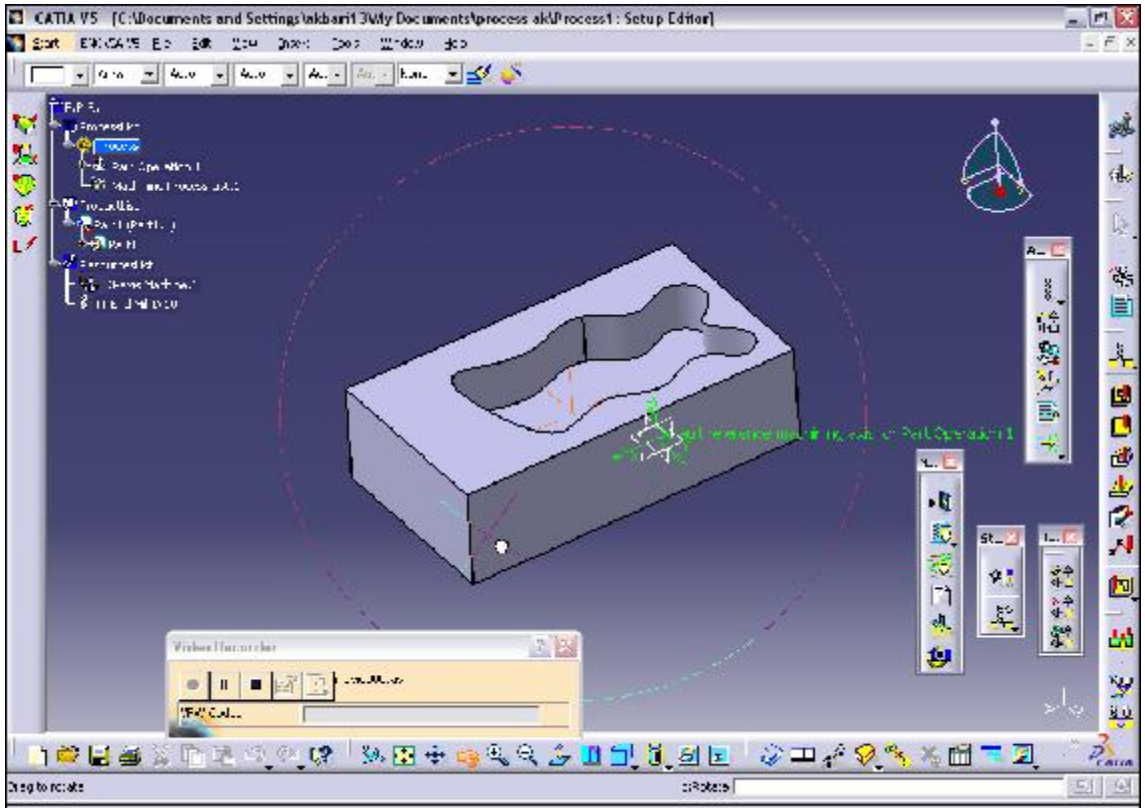
L: آدرس

با استفاده از این دستور می توان از یک خط برنامه به خط دیگر برنامه پرش نمود. جهت این منظور می بایست شماره خط برنامه ای را که می خواهیم روی آن پرش نمائیم تحت آدرس L مشخص کنیم.

مثال:

N100 G27 L250

در این مثال برنامه از خط شماره N100 به خط N250 پرش می نماید و خطوط بین N100 تا N250 اجرا نخواهد شد.



movie000.avi

منابع

1- عبدا... ولی نژاد : طراحی وساخت قالب وقیود ،موسسه نشر علوم نوین 1376

2- علی اکبر قاری نیت ،تئوری وعملی متالورژی :انتشارات باستان

3-حبیب ا... اکبری جزوه روشهای تولید

4- ASME Metas Handbook volume 16 machining processes