مدرسان شریف

فصل اول

معرفی سیستم‌های کنترل عددی

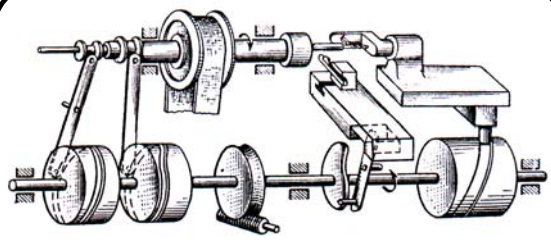
با توجه به آن‌که در قرن حاضر وجود کامپیوتر قابلیت پیشرفت انسان را افزایش داده است، در نتیجه بکارگیری آن در فرآیندهای طراحی و تولید یکی از مهمترین پیشرفت‌های بشر در عصر جدید تلقی می‌شود که جنبه‌های مختلف این کاربرد و تاثیر فراوان آن در وضعیت کنونی بر هیچ‌کس پوشیده نیست.

عرضه‌ی کالاهای متنوع و تنوع در تولید محصولات و همچنین رقابت در دستیابی به بازار، سرعت تولید و ارزانی کالا و کنترل کیفیت نیازی است که یک کنترل‌کننده و تولیدکننده را وادار به دستیابی به تکنولوژی برتر و سیستم‌های تولیدی مناسب با این تکنولوژی می‌کند.

سیستم‌های اتوماسیون

۱) سیستم‌های اتوماسیون مکانیکی:

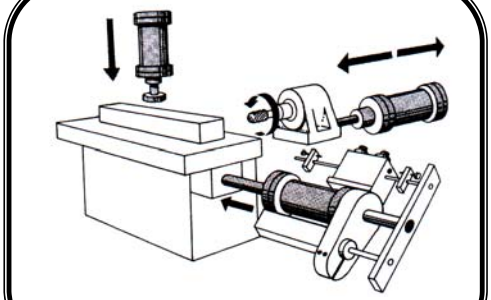
در این نوع خودکارسازی فرمان‌دهی به کمک اجزای مکانیکی مانند بادامک‌ها، طبلک‌ها، صفحات منحنی (دو بعدی یا سه‌بعدی) و ..... صورت می‌گیرد. تنظیم این‌گونه سیستم‌ها نیاز به دقت بالایی داشته و کاری بسیار وقت‌گیر می‌باشد و در ضمن کار نیز احتیاج به کنترل و مراقبت دقیق دائمی دارد، لذا استفاده از این فرمان‌ها فقط در سری‌سازی و تولید انبوه قطعات مقرون به صرفه است.



سیستم خودکار مکانیکی در یک ماشین تراش اتوماتیک

۲) سیستم‌های اتوماسیون پنوماتیکی:

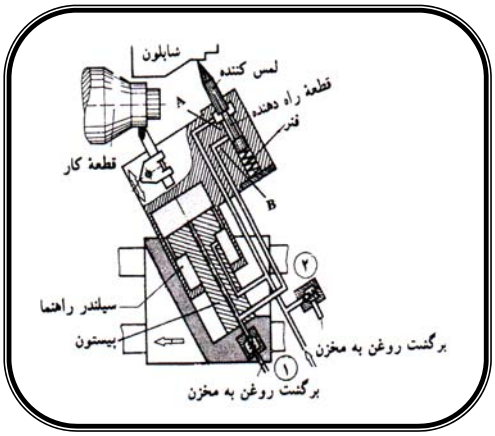
در این نوع خودکارسازی فرمان‌دهی از طریق شیرهای پنوماتیکی جریان، صورت می‌گیرد. بهره‌گیری از سیال ارزان، سرعت بالا، قیمت پایین، تعمیر نگهداری ارزان و تمیزی از جمله مزایای سیستم‌های پنوماتیکی نسبت به سیستم‌های هیدرولیکی می‌باشد، همچنین راندمان پایین، ایجاد سروصدای زیاد، عدم ایجاد سرعت یکنواخت (بعلت قابلیت تراکم هوا) از معایب سیستم‌های پنوماتیکی محسوب می‌شود.



سیستم خودکار پنوماتیکی در یک ماشین فرز

۳) سیستم‌های اتوماسیون هیدرولیکی:

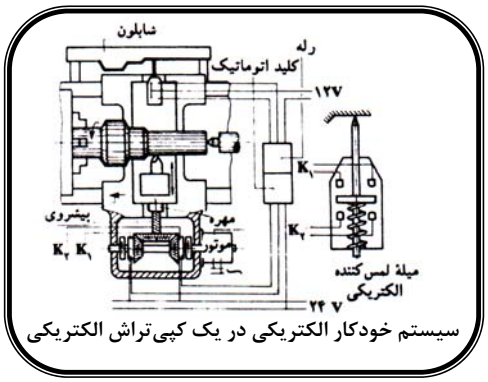
در این نوع خودکارسازی فرمان‌دهی از طریق شیرهای هیدرولیکی جریان، صورت می‌گیرد. راندمان بالا، دقت زیاد، سادگی کنترل سرعت و نیرو به‌طور غیرپله‌ای از مزایایی سیستم‌های هیدرولیکی نسبت به سیستم‌های مکانیکی می‌باشد. همچنین نیاز به بست‌های قوی بعلت بالا بودن فشار، احتیاج به سرویس‌های خاص، حساسیت به گردوغبار، زنگ‌زدگی و حرارت زیاد که باعث افت شدید راندمان سیستم می‌شود، از معایب سیستم‌های هیدرولیکی محسوب می‌شود.



www.modaresanesharif.ac.ir

۴) سیستم‌های اتوماسیون الکتریکی:

در این نوع خودکارسازی، فرمان‌دهی از طریق کنتاکتورها صورت می‌گیرد. سرعت و دقت بالا از جمله مشخصه‌های سیستم‌های کنترل الکتریکی می‌باشد.



سیستم خودکار الکتریکی در یک کپی‌تراش الکتریکی

☆برخی از سیستم‌های اتوماسیون تلفیقی از سیستم‌های مکانیکی، هیدرولیکی یا پنوماتیکی با فرمان‌های الکتریکی می‌باشد نظیر سیستم‌های خودکار الکترومکانیکی، الکتروهیدرولیکی و الکتروپنوماتیکی.

۵) سیستم‌های کنترل عددی(NC): Numerical Control

در این سیستم‌ها فرمان‌دهی توسط یک سری حروف، اعداد و علائم رمزبندی شده که برای واحد کنترل قابل درک و فهم است، انجام می‌پذیرد. در حقیقت کنترل عددی را می‌توان بصورت یک نوع اتوماسیون با برنامه‌ریزی تعریف نمود که در آن فرایند توسط اعداد، حروف و سنبل‌ها کنترل می‌شود. اعداد، حروف و علائم که بطور منطقی برای هدایت یک ماشین خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد، **برنامه** نامیده می‌شود.
کدهای رمزبندی شده (برنامه) بر روی کارت‌ها، نوارهای سوراخ‌دار، نوار یا دیسک مغناطیسی تهیه می‌شوند.

مثال۱: کدامیک از گزینه‌های زیر از محاسن سیستم‌های هیدرولیکی محسوب نمی‌شود؟

۱) راندمان بالا ۲) دقت بالا ۳) قدرت زیاد ۴) سرعت زیاد

☑ **پاسخ: گزینه «۴»** از معایب سیستم‌های هیدرولیکی می‌توان به سرعت‌های پایین آن‌ها اشاره نمود.

مثال ۲: در کدامیک از سیستم‌های کنترلی زیر از دیسک مغناطیسی یا نوار پانچ شده استفاده می‌شود؟

۱) هیدرولیکی ۲) کنترل عددی ۳) پنوماتیکی ۴) الکتریکی

☑ **پاسخ: گزینه «۲»** در سیستم‌های کنترل عددی علایم رمزبندی شده بر روی نوارهای سوراخ‌دار یا دیسک‌های مغناطیسی تهیه می‌شوند.

کنترل عددی کامپیوتری Computer Numerical Control (CNC)

کنترل عددی کامپیوتری (CNC) یک سیستم (NC) مبتنی بر استفاده از کامپیوتر بعنوان واحد کنترل است. در کنترل عددی کامپیوتری بدلیل استفاده از کامپیوتر، سرعت پردازش اطلاعات بالاست و برخلاف ماشین‌های (NC) که برنامه را خط به خط می‌خواند، قادر است تمام خطوط برنامه را بخواند، چک کند و سپس اجرا نماید.

مزایای ماشین‌های CNC

- سرعت بالا و کاهش زمان ماشینکاری
- دقت و کیفیت بالای قطعات
- توانایی ساخت قطعات پیچیده
- انعطاف‌پذیری بالا در تعویض یا ارتقای تولید
- استفاده بهینه از نیروی انسانی
- کاهش زمان اندازه‌گیری و کنترل
- افزایش سرعت مونتاژکاری قطعات
- امکان دستیابی به دقت‌های مورد نیاز و قابلیت تکرار تولرانس‌ها
- امکان شبیه‌سازی و تست نمودن برنامه قبل از اجرای آن
- امکان کنترل از راه دور ماشین و متصل شدن به سیستم‌های CIMS[1] ,CAD/CAM FMS ,

---

۱. طراحی به کمک کامپیوتر
ساخت به کمک کامپیوتر
سیستم‌های تولید یکپارچه کامپیوتری
سیستم تولید انعطاف‌پذیر

CAD (Computer Aided Design)
CAM (Computer Aided Manufacturing)
CIMS (Computer Integrated Manufacturing System)
FMS (Flexible Manufacturing System)

www.modaresanesharif.ac.ir

معایب ماشین‌های (CNC)

ـ سرمایه‌ی بالا برای خرید و راه‌اندازی

ـ نیاز به آموزش اولیه در زمینه‌ی برنامه‌نویسی و اپراتوری

ـ تعمیر و نگهداری پیچیده و گران‌قیمت

مثال۳: طراحی به کمک کامپیوتر چه نام دارد؟

۱) CAM ۲) CAD ۳) CAD/CAM ۴) FMS

☑ **پاسخ: گزینه «۲»** طراحی به کمک کامپیوتر CAD: Computer Aided Design نام دارد.

مثال۴: کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد مزایای ماشین‌های CNC صحیح نمی‌باشد؟

۱) دقت و کیفیت بالا ۲) توانایی ساخت قطعات پیچیده ۳) افزایش زمان ماشینکاری ۴) افزایش سرعت مونتاژکاری

☑ **پاسخ: گزینه «۳»** از مزایای ماشین‌های CNC می‌توان به سرعت بالا و کاهش زمان ماشینکاری قطعات اشاره نمود.

عملیات اجرایی ماشین‌های(CNC)

عملیات اجرایی CNC عملیاتی هستند که معمولاً انجام آن‌ها توسط NC غیرممکن و یا بسیار مشکل خواهد بود و لذا فقط ماشین‌های CNC قادر به انجام این عملیات می‌باشند که به چند مورد اشاره می‌شود:

ـ خواندن برنامه

ـ تست نمودن برنامه

ـ اصلاح برنامه و جبران خطا

ـ جبران شعاع ابزار

ـ کیفیت بهتر برنامه‌نویسی

تذکر: در ماشین‌های CNC امکان انتقال برنامه مستقیماً از کامپیوتر مرکزی (Direct Numerical Control) DNC وجود دارد و امکان نصب ربات برروی این ماشین‌ها فراهم است، لذا CNC در سیستم‌های FMS و CIMS مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سیستم‌های تولیدی و جایگاه ماشین‌های کنترل عددی

تقسیم‌بندی سیستم‌های تولیدی بصورت زیر می‌باشد:

۱) مراکز تولید تکی یا کارگاهی (Job Shop Production)

در این‌گونه مراکز تعداد قطعات تولیدی کم و تنوع آنها بسیار زیاد است، لذا در این مراکز نیاز به ماشین‌آلات اونیورسال و اپراتورهای ماهر احساس می‌شود.

۲) مراکز تولید دسته‌ای یا نیمه‌انبوه (Batch Production)

این‌گونه مراکز دارای تیراژهای متوسط در تولید قطعات می‌باشند.

۳) مراکز تولید انبوه (Mass Production)

این‌گونه مراکز دارای تیراژهای تولید بالایی هستند و در چنین مراکزی ماشین‌های خاص و اپراتورهای ساده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نتیجه: کاربرد CNC در تولید قطعات تکی و دسته‌ای با عملیات متنوع، پیچیده و دقت بالا می‌باشد.

مثال۵: در مواردی که تعداد قطعات تولید کم و تنوع آنها بالاست، کدامیک از سیستم‌های تولیدی زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

۱) Job Shop Production ۲) Batch Production

۳) Mass Production ۴) Continuous Production

☑ **پاسخ: گزینه «۱»** در مراکز تولید تکی (کارگاهی) تعداد قطعات تولیدی کم و تنوع محصولات بالا است.

www.modaresanesharif.ac.ir

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ استفاده از ماشین‌های NC و CNC وقتی اقتصادی خواهد بود که: (کارشناسی ارشد ـ ۷۱)

۱) تولید انبوه باشد و قطعات پیچیده نباشند.
۲) حجم تولید زیاد بوده ولی قطعات متوسط باشند.
۳) تولید تکی قطعات پیچیده در تناوب زمانی طولانی لازم باشد.
۴) حجم تولید زیاد بوده ولی تنوع و پیچیدگی قطعات کم باشد.

۲ـ ماشین‌های کنترل عددی از نظر اقتصادی بیشتر برای تولید کدام محصولات بکار می‌روند؟ (کارشناسی ارشد ـ ۷۴)

۱) تولید هر نوع محصول با این نوع ماشین‌ها اقتصادی است و محدودیتی ندارد.
۲) دارای شکل پیچیده هستند و تعداد آن‌ها از ۱۰۰۰۰عدد بیشتر است و دقت در آن‌ها یک فاکتور اساسی است.
۳) غالباً به آن‌ها نیاز است. تعداد آن‌ها در هر مرتبه تولید کمتر یا مساوی ۵۰عدد است. دارای دقت بالا و شکل هندسی پیچیده هستند.
۴) تعداد آن‌ها بیش از ۵۰عدد است و دارای شکل هندسی ساده هستند. بعضی اوقات مورد استفاده قرار می‌گیرند و دارای تولرانس بالا می‌باشند.

۳ـ تفاوت اصلی بین ماشین‌های NC و CNC در چیست؟ (کارشناسی ارشد ـ ۷۵)

۱) در ماشین‌هایNC از سخت‌افزارهای کنترل‌کننده استفاده می‌شود و از کامپیوتر به صورت Off line استفاده می‌گردد. در صورتی که در ماشین‌هایCNC بجای سخت‌افزارهای کنترل‌کننده از کامپیوتر استفاده می‌شود.
۲) در ماشین‌هایNC از کامپیوتر استفاده نمی‌شود ولی در ماشین‌های CNC از کامپیوتر استفاده می‌شود.
۳) در ماشین‌های NC از سخت‌افزارهای کنترل‌کننده استفاده می‌شود در صورتی که بجای آن در ماشین‌های CNC از کامپیوتر استفاده می‌شود.
۴) در ماشین‌هایNC کامپیوتر از بدنه ماشین جدا است ولی در ماشین‌های CNC کامپیوتر جزء بدنه ماشین است.

۴ـ ساخت به کمک کامپیوتر چه نام دارد؟ (سراسری ۸۱)

۱) CAD ۲) CAM ۳) DNC ۴) CAD / CAM

۵ـ CNC جزء کدام نوع اتوماسیون است؟ (سراسری ۸۱،۸۳)

۱) CIM ۲) ثابت ۳) انعطاف‌پذیر ۴) قابل برنامه‌ریزی

۶ـ از نظر اقتصادی بیشترین کاربرد دستگاه‌های CNC در کدام نوع تولید است؟ (سراسری ـ ۸۳)

۱) دسته‌ای کوچک و قطعات تکی با عملیات متنوع پیچیده
۲) تولید قطعات بزرگ و دارای فرم و اشکال پیچیده
۳) قطعات با جنس سخت
۴) تولید انبوه

۷ـ استفاده از ماشین‌های NC و CNC وقتی اقتصادی خواهد بود که: (کارشناسی ارشد ـ ۸۴)

۱) تولید تک قطعات پیچیده در تناوب زمانی طولانی لازم باشد.
۲) حجم تولید زیاد بوده ولی تنوع و پیچیدگی قطعات کم باشد.
۳) حجم تولید زیاد بوده ولی تنوع قطعات متوسط باشد.
۴) تولید انبوه باشد و قطعات پیچیده نباشند.

۸ـ در کدامیک از سیستم‌های زیر تنوع قطعات تولیدی زیاد و تعداد آنها کم بوده و نیاز به اپراتور ماهر می‌باشد؟ (مؤلف)

۱) مراکز تولید پیوسته ۲) مراکز تولید دسته‌ای ۳) مراکز تولید کارگاهی ۴) مراکز تولید انبوه

۹ـ کدامیک از جملات زیر در مورد ماشین‌های CNC درست نیست؟ (مؤلف)

۱) برای حجم تولید کم بکار برده می‌شود.
۲) دارای انعطاف‌پذیری می‌باشند.
۳) زمان تولید را کاهش می‌دهند
۴) رمزبندی اطلاعات در آنها در مبنای ده می‌باشند.

۱۰ـ کدامیک از موارد زیر در مورد سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر (FMS) صحیح است؟ (مؤلف)

۱) تنوع از نظر کمیت تولید ۲) تنوع از نظر نوع فرآیند ۳) جوابگویی نوسانات بازار ۴) هر سه مورد صحیح می‌باشد.

www.modaresanesharif.ac.ir

مدرسان شریف

فصل چهارم

برنامه‌نویسی ماشین‌های تراش CNC

روش‌های برنامه نویسی ماشین‌های CNC

روش‌های مختلف برنامه‌نویسی ماشین‌های CNC عبارتند از:

۱ـ برنامه‌نویسی دستی:

در این روش با استفاده از مختصات نقاط و نقشه کار، برنامه‌نویس بصورت دستی برنامه قطعه کار را آماده می‌کند.

۲ـ برنامه‌نویسی دستی با استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی:

در این روش با استفاده از یک زبان برنامه‌نویسی کامپیوتری و معادلات ریاضی مربوط به قطعه‌کار که توسط برنامه‌نویس یا طراح قطعه تعریف می‌شود، توسط برنامه‌نویس برنامه قطعه آماده می‌شود.

۳ـ برنامه‌نویسی به کمک نرم‌افزارهای کامپیوتری:

در این نوع برنامه‌نویسی ابتدا مدل هندسی قطعه کار تهیه شده و توسط نرم‌افزارهای کامپیوتری CAM مانند: Catia، Surf cam، Edge cam، Mastercam، Powermill، Pro E و ..... برنامه قطعه کار ایجاد می‌شود.

۴ـ برنامه‌نویسی هندسی یا پارامتریک (زبان APT)

در این برنامه‌نویسی با استفاده از یک سری دستورات حرکتی و کمکی و همچنین تعریف اجزای هندسی برنامه قطعه کار تهیه می‌گردد.

توضیح: هر برنامه از یک سری خطوط تشکیل شده است که به هریک از خطوط اصطلاحاً «بلوک» گفته می‌شود و هر بلوک از چند Word و هر Word از حروف و اعداد تشکیل شده‌اند. به‌عنوان مثال سطری از یک برنامه بصورت (N02 G01 X18 Z32 F50) می‌باشد.

برنامه‌نویسی ماشین‌های تراش CNC

طبق قانون دست راست، اغلب ماشین‌های تراش دارای دو محور کنترل X و Z می‌باشند که محور Z در راستای محور اسپیندل و محور X در راستای شعاعی می‌باشد. ساختار کلی برنامه‌های دستی ماشین‌های تراش CNC بصورت زیر می‌باشد:

شماره جمله	اطلاعات هندسی			اطلاعات فنی			
	شرط مسیر	محورهای مختصات	پارامترهای میان‌یابی دایره‌ای	پیشروی	دور محور	اطلاعات ابزار	توابع کمکی
N	G	X , Z U,W	I , K , R	F	S	T	M

لذا هر برنامه شامل دو نوع اطلاعات هندسی و فنی است.

☆اطلاعات هندسی شامل: Gکدها (شرط مسیر ـ وظایف مقدماتی)، محورهای مختصات $\begin{cases} x,z \\ u,w \end{cases}$، پارامترهای قوس‌زنی (R,K,I) می‌باشند.

☆اطلاعات فنی شامل: Mکدها (توابع کمکی ـ وظایف متفرقه)، سرعت اسپیندل (دور محور) (S) ، حافظه اطلاعات ابزار (T) و پیشروی (F) می‌باشند.

مثال۱: کدام گزینه زیر در گروه اطلاعات فنی برنامه دستی ماشین‌تراش CNC قرار ندارد؟

۱) توابع کمکی ۲) سرعت اسپیندل ۳) شرط مسیر ۴) پیشروی

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» G کدها، در گروه اطلاعات هندسی برنامه دستی ماشین‌تراش CNC قرار دارند.

www.modaresanesharif.ac.ir

کدهای عملیاتی اصلی (G - Code)

G کدها، دستوراتی هستند که عمدتاً برای جابجایی محورها، تعریف سرعت‌ها و واحدهای آن‌ها و تعریف دستگاه مختصات قطعه کار بکار می‌روند.

G کدهای ماشین تراش CNC		
کد	**کاربرد**	**نوع کد**
G00	حرکت سریع خطی	پایدار
G01	حرکت میان‌یابی آهسته	
G02	حرکت میان‌یابی دایره‌ای در جهت موافق عقربه‌های ساعت	
G03	حرکت میان‌یابی دایره‌ای در جهت مخالف عقربه‌های ساعت	
G04	تعریف زمان مکث	ناپایدار
G17	انتخاب صفحه کاری XY	پایدار
G18	انتخاب صفحه کاری XZ	
G19	انتخاب صفحه کاری YZ	
G20	تعریف واحد اندازه‌گیری اینچی	پایدار
G21	تعریف واحد اندازه‌گیری متریک	
G28	حرکت اتوماتیک ابزار به طرف نقطه مرجع	ناپایدار
G29	برگشت اتوماتیک ابزار از نقطه مرجع به نقطه قبلی	
G40	لغوکننده کدهای G42 و G41	پایدار
G41	تصحیح کننده شعاع ابزار (چپ)	
G42	تصحیح کننده شعاع ابزار (راست)	
G50	تعریف نقطه صفر ـ تعریف ماکزیمم سرعت اسپیندل	پایدار
G65	فراخوانی ماکرو	ناپایدار
G66	فراخوانی ماکرو پایدار	پایدار
G67	لغوکننده ماکرو پایدار	پایدار
G90	سیستم اندازه‌دهی مطلق	پایدار
G91	سیستم اندازه‌دهی نسبی	
G92	انتقال نقطه صفر قطعه‌کار	پایدار
G96	سرعت برشی ثابت (عده دوران متغیر)	پایدار
G97	سرعت برشی متغیر (عده دوران ثابت)	
G98	تعریف میزان پیشروی برحسب میلی‌متر بر دقیقه	پایدار
G99	تعریف میزان پیشروی برحسب میلی‌متر بر دور	

ـ کدهای پایدار (Modal)

دستوراتی هستند که پس از فعال شدن در یک خط، پایدار باقی می‌مانند و تا زمانی‌که با دستور دیگری لغو نشوند، عمل می‌کنند، مانند G00, G01, G02, G03, ...

ـ کدهای ناپایدار (Non Modal)

دستوراتی هستند که فقط در بلوکی که برنامه‌نویسی شده‌اند، فعال می‌باشند و خودبخود در سطر بعدی لغو می‌شوند و چنانچه بخواهیم در خطوط بعدی نیز فعال شوند حتماً بایستی دوباره نوشته شوند مانند: G04, G28, G29, ...

مثال ۲: کدامیک از G کدهای زیر ناپایدار است؟

۱) G01 ۲) G02 ۳) G03 ۴) G04

☑ **پاسخ: گزینه «۴»** کد G04 (مکث زمانی) از انواع کدهای ناپایدار است.

www.modaresanesharif.ac.ir

کدهای عملیاتی متفرقه(M کدها)

کاربرد	کد
توقف اجباری برنامه	M00
توقف اختیاری برنامه	M01
پایان برنامه و برگشت به ابتدای برنامه	M02
روشن‌شدن اسپیندل در جهت موافق عقربه‌های ساعت	M03
روشن شدن اسپیندل در جهت مخالف عقربه‌های ساعت	M04
خاموش کردن اسپیندل	M05
تعویض ابزار	M06
روشن کردن آب صابون (در بعضی از ماشین‌ها علاوه بر M08)	M07
خاموش کردن آب صابون	M09
بستن گیره‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی	M10
باز کردن گیره‌ها	M11
پایان زیر برنامه	M17
توقف اسپیندل در زاویه تعیین شده با دقت ۰/۵ درجه	M19
حرکت سیستم مرغک به سمت جلو	M20
حرکت سیستم مرغک به سمت عقب	M21
حرکت سیستم تخلیه پلیسه به سمت جلو	M23
حرکت سیستم تخلیه پلیسه به سمت عقب	M24
باز شدن سه نظام	M25
بسته شدن سه نظام	M26
پایان برنامه و برگشت به ابتدای برنامه جهت ماشینکاری قطعه بعدی در تولید انبوه	M30
فراخوانی زیربرنامه	M98
پایان برنامه در صورتی‌که در هنگام نوشتن برنامه تغییرات احتمالی لازم باشد.	M99

کدهای مورد نیاز برای شروع برنامه

۱ـ انتخاب واحد اندازه‌گیری

G20 انتخاب واحد اینچی، G21 انتخاب واحد متریک

کدهای واحد اندازه‌گیری در ابتدای هر برنامه تعریف می‌شود و چنان‌چه دائم از یک واحد اندازه‌گیری استفاده شود می‌توان G کد آن سیستم را برای واحد کنترل تعریف کرد تا واحد کنترل آن را بصورت پیش‌فرض بشناسد تا نیاز به نوشتن آن در ابتدای برنامه نداشته باشیم.

۲ـ انتخاب نوع برنامه‌نویسی

در برنامه‌نویسی مطلق (Abs)[۱] تمام اندازه‌ها نسبت به نقطه صفر قطعه‌کار داده می‌شود اما در برنامه‌نویسی نسبی (Inc)[۲] تمامی اندازه‌ها نسبت به آخرین موقعیت ابزار داده می‌شود.

در ماشین‌های فرز از کد G90 برای برنامه‌نویسی مطلق و از G91 برای برنامه‌نویسی نسبی استفاده می‌شود اما معمولاً در ماشین‌های تراش کدهای خاصی برای این منظور استفاده نمی‌شود و هرگاه برنامه‌نویسی مطلق مدنظر باشد، مختصات را در X و Z وارد می‌کنیم و چنانچه برنامه‌نویسی نسبی مدنظر باشد، مختصات را در U و W وارد می‌کنیم.

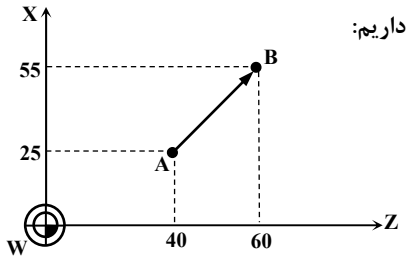
---

۱. برنامه‌نویسی مطلق
۲. برنامه‌نویسی زنجیره‌ای (نسبی ـ افزایشی)

Abs: Absolute
Inc: Incremental

www.modaresanesharif.ac.ir

مثال ۳: در شکل مقابل ابزار در نقطه A مستقر است. برای حرکت از نقطه A به نقطه B داریم:



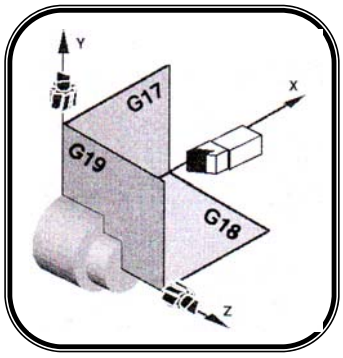
G00 X55 Z60 برنامه‌نویسی مطلق

G00 U30 W20 برنامه‌نویسی نسبی

۳ـ تعیین نقطه صفر

در ماشین‌های تراش CNC به کمک کد G50 می‌توان نقطه صفر قطعه کار را در هر نقطه دلخواهی برروی قطعه کار تنظیم نمود.

۴ـ انتخاب صفحه



در ماشین‌های تراش CNC با دو محور کنترل همیشه در صفحه XZ برنامه‌نویسی می‌کنیم ولی در ماشین‌های تراش CNC با محورهای کنترلی بیشتر به صفحات کاری مناسب نیاز داریم که بصورت شکل مقابل تعریف می‌شود:

۵ـ تعیین دور محور (سرعت اسپیندل) "S"

برای تعیین سرعت محور در ماشین‌های تراش CNC از دو کد G96,G97 استفاده می‌شود. در G96 سرعت برش ثابت و عده دوران متغیر است و در G97 عده دوران ثابت و سرعت برش متغیر است.

بعنوان مثال: (عده دوران ثابت و $450\frac{1}{\min}$ می‌باشد) G97 S450 و (سرعت برش ثابت و $220\frac{mm}{min}$ می‌باشد) G96 S220

☆در ماشین‌های سنتی به دلیل آن‌که از سیستم‌های محرکه پله‌ای استفاده می‌شود لذا عده دوران ثابت بوده و در عملیاتی نظیر پیشانی‌تراشی، قوس‌تراشی، شیارتراشی، مخروط‌تراشی و ..... که در هر لحظه از فرایند براده‌برداری قطر قطعه‌کار متغیر است نمی‌توان عده دوران را تغییر داد تا سرعت برشی ثابت باقی بماند اما در ماشین‌های CNC بدلیل استفاده از سیستم‌های محرکه غیرپله‌ای براحتی می‌توان عده دوران را برای ثابت نگه‌داشتن سرعت برشی، تغییر داد. این مهم با کد G96 محقق می‌شود به نحوی‌که در کد G96 هرچقدر ابزار به مرکز کار نزدیک‌تر می‌شود، عده دوران بیشتر می‌شود تا سرعت برش ثابت باقی بماند.

لذا در ماشین‌های تراش CNC در عملیات پیشانی‌تراشی، مخروط‌تراشی، قوس‌تراشی و..... از کد G96 و در عملیات سوراخکاری، برقوکاری و ..... از کد G97 استفاده می‌شود.

مثال ۴: برای تعیین سرعت اسپیندل ماشین‌تراش CNC از کدامیک از کدهای زیر استفاده می‌شود؟

۱) G90 ۲) G91 ۳) G96 ۴) G98

☑ **پاسخ: گزینه «۳»** برای تعیین سرعت محور در ماشین‌های تراش CNC از کدهای G96 و G97 استفاده می‌شود.

نکته۱: استفاده از کد G96 باعث کاهش زمان تولید، افزایش عمر ابزار و بهبود کیفیت سطح تولیدی می‌گردد.

مثال ۵: در کدامیک از عملیات براده‌برداری زیر کد G97 را پیشنهاد می‌کنید؟

۱) سوراخکاری ۲) مخروط‌تراشی ۳) قوس‌تراشی ۴) پیشانی‌تراشی

☑ **پاسخ: گزینه «۱»** مخروط‌تراشی، پیشانی‌تراشی و قوس‌تراشی توسط ماشین‌تراش CNC بهتر است با کد G96 صورت گیرد.

تذکر: با توجه به آن‌که در کد G96 سرعت برش ثابت و عده دوران متغیر است با نزدیک شدن ابزار به مرکز قطعه‌کار، عده دوران نیز افزایش می‌یابد، لذا در مرکز قطعه کار که $(d \to 0)$ بایستی $(n \to \infty)$. این عده دوران برای ماشین غیرممکن است در نتیجه با کد G50 محدودکننده‌ی دور برای ماشین تعریف می‌شود، بعنوان مثال: G50 S2500 بدین معنی که ماکزیمم سرعت اسپیندل ۲۵۰۰ دور بر دقیقه می‌باشد.

مثال ۶: در عبارت N200 G96 S180 ..... .

۱) عده دوران ثابت و مقدار آن 180 دور بر دقیقه می‌باشد.
۲) سرعت برش ثابت و مقدار آن 180 میلی‌متر بر دقیقه می‌باشد.
۳) سرعت برش ثابت و عده دوران 180 دور بر دقیقه می‌باشد.
۴) عده دوران متغیر و حداقل آن 180 دور بر دقیقه می‌باشد.

☑ **پاسخ: گزینه «۲»**

www.modaresanesharif.ac.ir

۶ـ تعیین میزان پیشروی "F"

برای تعیین میزان پیشروی ابزار از کدهای G98 و G99 استفاده می‌شود.

با کد G98 پیشروی برحسب میلی‌متر بر دقیقه و با کد G99 پیشروی برحسب میلی‌متر بر دور بیان می‌شود،لازم به توضیح است که با توجه به آن‌که در تراشکاری معمولاً مقدار پیشروی ابزار برحسب میلی‌متر بر دور مطرح می‌شود اکثراً از کد G99 استفاده می‌گردد.

دستورات اصلی جابجایی ابزار

به منظور جابجایی ابزار در مسیرهای ساده شامل خط و کمان معمولاً از چهار دستور G03, G02, G01, G00 استفاده می‌شود.

" G00 " حرکت سریع (خرگوشی) بدون براده‌برداری

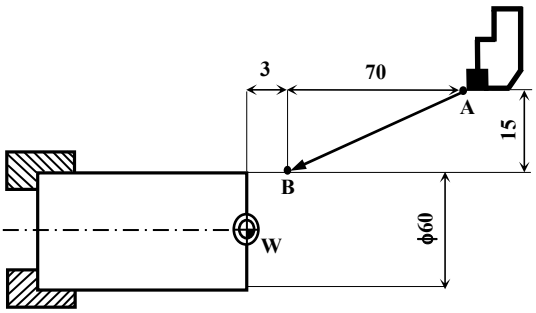
توسط دستور G00 ابزار بین نقطه استقرار فعلی و نقطه هدف با حداکثر سرعت پیشروی تعیین شده، روی یک خط راست جابجا خواهد شد و از آن در مواقعی استفاده می‌شود که بخواهیم ابزار را با یک حرکت سریع خطی بدون براده‌برداری به محل تراشکاری نزدیک و یا از آن دور نماییم.

☆فرمت کلی این کد بصورت زیر می‌باشد:

G00 X Z	**X,Z : مختصات نقطه هدف در برنامه‌نویسی مطلق**
(U , W)	**U,W : مختصات نقطه هدف در برنامه‌نویسی نسبی**

مثال۷: در شکل مقابل برای حرکت ابزار از نقطه A به نقطه B داریم:

پاسخ:



برنامه‌نویسی مطلق	G00	X60	Z3
برنامه‌نویسی نسبی	G00	U−15	W−70

توضیح: ***در برنامه‌نویسی مطلق ماشین‌تراش CNC اندازه‌ها در راستای محور X به‌صورت قطری برنامه‌نویسی می‌شوند.***

" G01 " حرکت میان‌یابی خطی با سرعت پیشروی تعیین شده

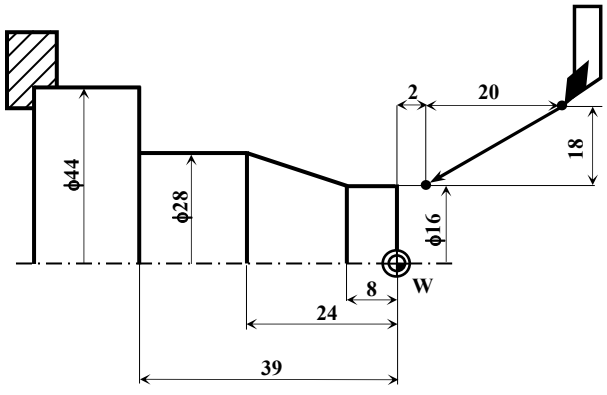
درصورتی‌که بخواهیم ابزار را در حین براده‌برداری روی یک خط مستقیم مانند پیشانی‌تراشی، روتراشی، مخروط‌تراشی و ..... جابجا کنیم، از دستور G01 استفاده می‌کنیم.

☆فرمت کلی این کد بصورت زیر می‌باشد:

	X,Z : مختصات نقطه هدف در برنامه‌نویسی مطلق
G01 X Z F	**U,W : مختصات نقطه هدف دربرنامه‌نویسی نسبی**
(U,W)	**F : سرعت پیشروی برحسب میلی‌متر بر دور**

مثال۸: در تراشکاری شکل مقابل داریم:

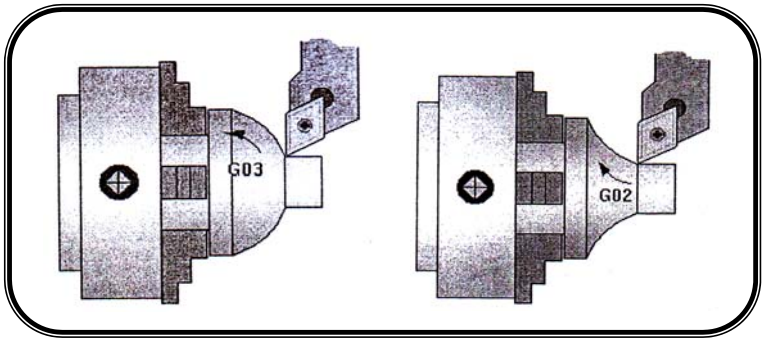
پاسخ:



برنامه‌نویسی نسبی				برنامه‌نویسی مطلق			
⋮				⋮			
⋮				⋮			
G00	U−18	W−20		G00	X16	Z+2	
G01		W−10	F0·2	G01		Z−8	F0·2
	U+6	W−16			X28	Z−24	
		W−15				Z−39	
	U+8				X44		
G00	U−5	W+66		G00	X34	Z+61	

www.modaresanesharif.ac.ir

" G02 " و " G03 " حرکت میان‌یابی دایره‌ای

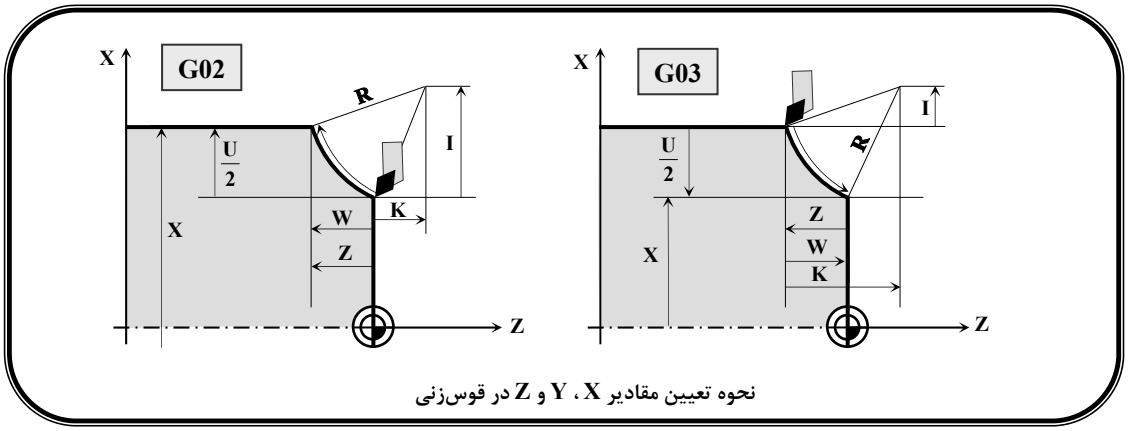


با استفاده از دستور G02 ابزار با سرعت معین درجهت موافق عقربه‌های ساعت و کمانی از دایره حرکت خواهد کرد و کد G03 حرکت دایره‌ای ابزار با پیشروی مشخص در جهت خلاف عقربه‌های ساعت را معرفی می‌کند.

☆**فرمت کلی کدهای حرکات میان‌یابی دایره‌ای بصورت زیر می‌باشد:**

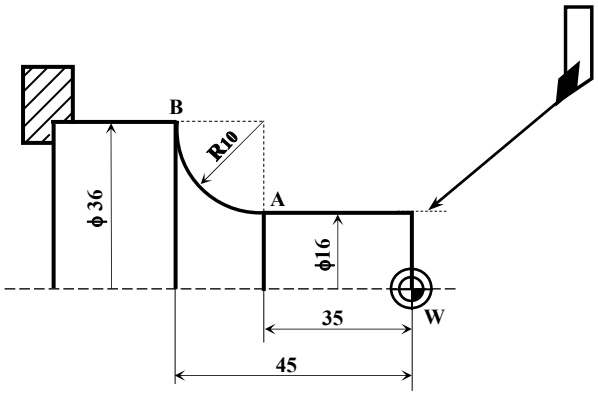
G02 (G03)	X	Z	I	K	F
	(U,W)		(R)		

G02 : حرکت قوسی در جهت موافق عقربه‌های ساعت
G03 : حرکت قوسی در جهت مخالف عقربه‌های ساعت
X,Z : مختصات نقطه انتهای قوس در برنامه‌نویسی مطلق
U,W : مختصات نقطه انتهای قوس در برنامه‌نویسی نسبی
I : فاصله مرکز قوس از نقطه شروع در جهت محور **X**
K : فاصله مرکز قوس از نقطه شروع در جهت محور **Z**
F : سرعت پیشروی
R : اندازه شعاع قوس



نحوه تعیین مقادیر X ، Y و Z در قوس‌زنی

مثال۹: در تراشکاری شکل مقابل برای حرکت ابزار از نقطه‌ی A به B دستور مناسب به‌صورت زیر می‌باشد:



☑ **پاسخ:**

برنامه‌نویسی نسبی

⋮

G02 U10 W−10 I10 K0 F0·1

برنامه‌نویسی مطلق

⋮

G02 X36 Z−45 I10 K0 F0·1

تذکر: در برخی ماشین‌های تراش می‌توان بجای معرفی مرکز قوس (I,K) مقدار شعاع قوس را معرفی نمود، بعنوان مثال در برنامه‌نویسی مطلق بالا می‌توان نوشت: (G02 X36 Z−45 R10 F0·1)

www.modaresanesharif.ac.ir

مثال ۱۰: در ماشین‌تراش CNC اگر مختصات نقطه‌ی مرکز قوس پایین‌تر از نقطه شروع قوس قرار گیرد، ..... خواهد شد.

۱) $I > 0$ ۲) $I < 0$ ۳) $K > 0$ ۴) $K < 0$

☑ **پاسخ: گزینه «۲»**

"G04" زمان مکث

فرمت کلی این کد بصورت G04 P····· می‌باشد که در آن زمان مکث با ضریب ۱۰۰۰ بعد از حرف P بیان می‌شود.

بعنوان مثال: G04 P2500 بیانگر ۲/۵ ثانیه مکث می‌باشد.

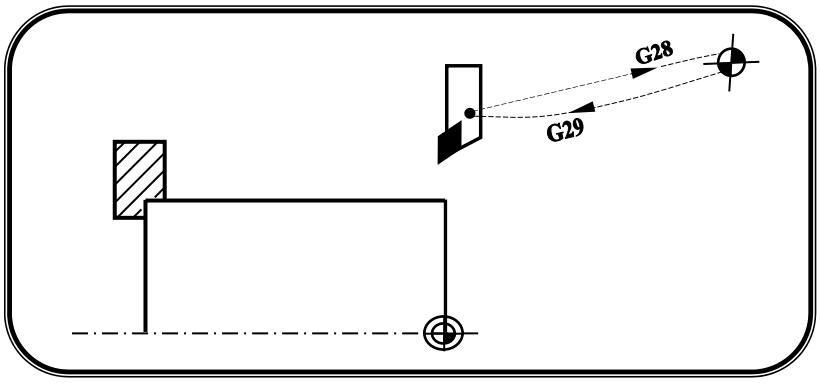
با استفاده از کد G04 تمام حرکات پیشروی در زمان معین، متوقف می‌شود. (اما دوران اسپیندل متوقف نمی‌شود) از موارد استفاده‌ی کد G04 می‌توان به توقف محورها برای خروج براده از محدوده‌ی ابزار، خنک‌کاری و توقف در عملیات سوراخکاری به منظور پرداخت بهتر آن را نام برد.

نکته ۲: به دو دلیل زیر حرکت ابزار به طرف نقطه مرجع صورت می‌گیرد:

الف ـ رفرنس کردن دستگاه

ب ـ حرکت به سمت نقطه مرجع به منظور تعویض ابزار یا پایان برنامه

برای حرکت ابزار به نقطه مرجع بدلایل فوق از کد G28 بهره می‌گیریم و همچنین برای مراجعت ابزار از نقطه مرجع به نقطه قبلی از کد G29 استفاده می‌شود.

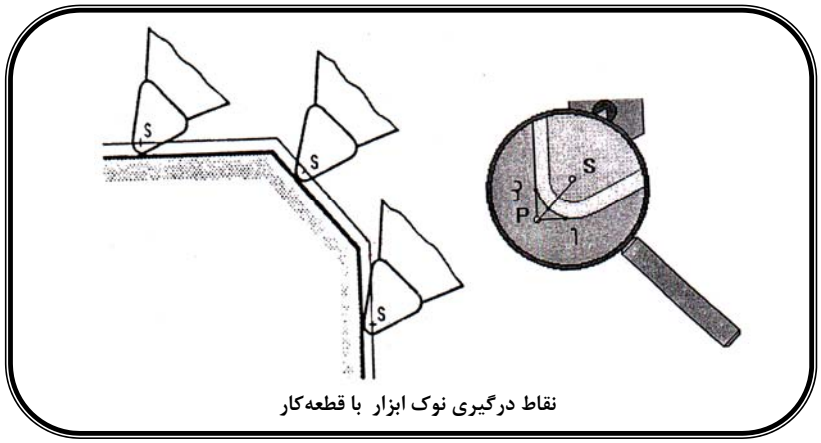


تصحیح شعاع ابزار Tool Radius Compensation

در ابزارهای مدرن تراشکاری معمولاً از تیغچه‌های جازدنی (Insert) استفاده می‌شود که به‌راحتی قابل تعویض می‌باشند، بدلیل افزایش عمر ابزار، جلوگیری از فشار تنش‌های احتمالی در زمان براده‌برداری و بهبود کیفیت سطح قطعه کار، Insert ها دارای قوس یا شعاعی در نوک خود هستند به نحوی که با افزایش شعاع نوک ابزار، کیفیت سطح ایجاد شده بهتر و ابزار برشی مقاوم‌تر خواهد بود.

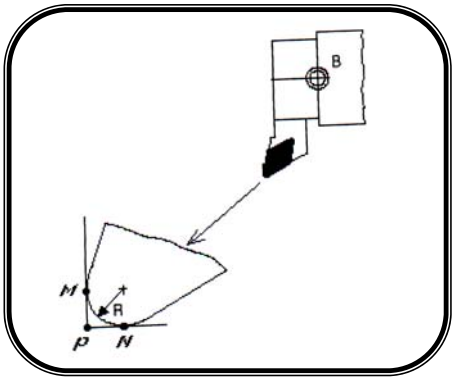
☆شعاع نوک ابزار معمولاً(۲/۰/۴,۰/۸,۰/۲,۰/۱,۶/۱,۲/۴,۲/۸,۲/۳/۲)میلی‌متر می‌باشد.

بدلیل وجود شعاع در نوک‌ابزار، عمل برش در مسیرهای متفاوت توسط نقاط مختلفی از ابزار که برروی قوس قرار دارند، انجام می‌شود. بعنوان مثال در پیشانی‌تراشی یک قطعه عمل برش را بیرونی‌ترین نقطه از تیغچه، در روتراشی پایین‌ترین نقطه از تیغچه و در تراشکاری مسیرهای شیب‌دار با زاویه ۴۵ درجه عمل برش را نقطه‌ای از ابزار که خط مماس بر آن ۴۵ درجه باشد، انجام می‌دهد.



نقاط درگیری نوک ابزار با قطعه‌کار

www.modaresanesharif.ac.ir



واحد کنترل همیشه نقطه تئوریکال P (Theoretical Tool Nose) را برروی مسیر تعریف شده در برنامه حرکت می‌دهد و طبق مطالب عنوان‌شده، زمانی که ابزار در مسیرافقی یا عمودی حرکت می‌کند هیچ‌گونه خطایی بوجود نمی‌آید زیرا نقطه واقعی برش (M یا N) مانند نقطه تئوریکال مسیر تعریف شده در برنامه را طی می‌کند، اما در مسیرهای منحنی و شیب‌دار، نقطه واقعی برش برروی مسیر تعریف شده در برنامه حرکت نمی‌کند، لذا وجود خطا در قطعات شیب‌دار و منحنی اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین برای آن‌که اندازه‌های قطعه‌ی ساخته‌شده با اندازه‌های نقشه‌ی کار مطابقت داشته باشد بایستی محاسباتی به منظور تصحیح شعاع ابزار کاربردی را انجام داد و در برنامه اعمال نمود.

مثال۱۱: گزینه صحیح کدام است؟

۱) با افزایش شعاع نوک‌ابزار، کیفیت سطح ایجاد شده بهتر و ابزار برشی مقاوم‌تر خواهد شد.
۲) با افزایش شعاع نوک‌ابزار، کیفیت سطح ایجاد شده و مقاومت ابزار برشی کاهش می‌یابد.
۳) با کاهش شعاع نوک‌ابزار، کیفیت سطح ایجاد شده بهتر و ابزار برشی مقاوم‌تر خواهد شد.
۴) با کاهش شعاع نوک ابزار، کیفیت سطح ایجاد شده افزایش و مقاومت ابزار برشی کاهش می‌یابد.

☑ **پاسخ: گزینه «۱»**

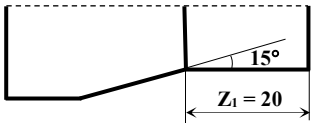
نکته۳: هرچقدر شعاع ابزار بیشتر باشد، مقدار تصحیح شعاع ابزار بیشتر می‌شود، لذا بیشترین مقدار تصحیح شعاع ابزار در استفاده از Insertهایی با شعاع ۳/۲mm و کمترین مقدار تصحیح شعاع ابزار در استفاده از Insertهایی با شعاع ۰/۲mm می‌باشد.

برای مسیرهای شیب‌دار مقدار تصحیح شعاع ابزار برابر است با:

$$\Delta Z = r(1-\tan\theta)$$

θ زاویه شیب — شعاع ابزار — مقدار تصحیح شعاع ابزار

مثال۱۲: در عملیات مخروط‌تراشی توسط ماشین‌تراش CNC اگر شعاع ابزار ($r = 2^{mm}$) و زاویه مخروط 30° باشد، درصورتی‌که ماشین‌تراش قابلیت اصلاح مسیر ابعاد برنامه را نداشته باشد، مقدار Z_1 در برنامه چقدر باید داده شود؟



۱) ۲۰
۲) ۲۰/۸۴
۳) ۲۱/۴۸
۴) ۲۲

☑ **پاسخ: گزینه «۳»** مقدار تصحیح شعاع ابزار $\Delta Z = r(1-\tan\theta)$

$$\Delta Z = 2\times(1-\tan 15^\circ) \Rightarrow \Delta Z = 2\times(1-0/26) = 1/48$$

$$Z = Z_1 + K = 20 + 1/48 = \underline{21/48}$$

مثال۱۳: بیشترین مقدار تصحیح شعاع ابزار در Insert هایی با شعاع ..... می‌باشد.

۱) $R = 0/2mm$ ۲) $R = 1/2mm$ ۳) $R = 2/4mm$ ۴) $R = 3/2mm$

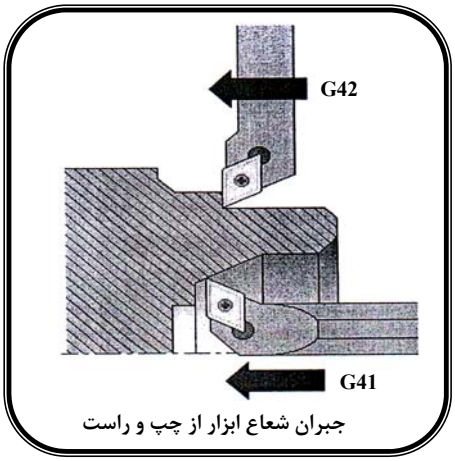
☑ **پاسخ: گزینه «۴»** هر چقدر شعاع ابزار بیشتر باشد، مقدار تصحیح شعاع ابزار نیز بیشتر می‌شود.

☆ در مسیرهای دایره‌ای نیز محاسبات مقدار تصحیح شعاع ابزار پیچیده و درعین حال غیرممکن می‌باشد زیرا در هر نقطه از مسیر دایره‌ای شکل عمل برش توسط نقطه خاصی از ابزار صورت می‌گیرد، لذا به منظور سهولت در انجام کار، ازکدهای اصلاح مسیر به منظور جبران شعاع ابزار استفاده می‌شود.

www.modaresanesharif.ac.ir

کدهای اصلاح مسیر G41 و G42

در براده‌برداری توسط ماشین‌های‌تراش CNC بعلت درگیری قوس سرتیغچه با قطعه‌کار و مشخص نبودن نقطه درگیری در برخی از روش‌های براده‌برداری می‌توان با جبران شعاع ابزار برشی نقطه حرکت را از نوک لبه برنده به مرکز شعاع لبه برنده‌ی ابزار منتقل نمود و مرکز شعاع لبه برنده بصورت خودکار در طول مسیر یا فاصله‌های مساوی نسبت به محیط قطعه‌کار حرکت می‌کند و این درصورتی قابل اجرا می‌باشد که شعاع نوک ابزار در بخش اطلاعات مربوطه درست وارد شده باشد و از کدهای جبران شعاع ابزار بهره گرفته شود.



جبران شعاع ابزار از چپ و راست

کدهای فعال G41 و G42 برای اصلاح مسیر استفاده می‌شوند و با استفاده از این کدها نیاز به محاسبات تصحیح شعاع ابزار نیست و مسیر واقعی با اندازه‌های نقشه برنامه‌نویسی می‌شود و واحد کنترل تمام محاسبات و اصلاحات را متناسب با شعاع ابزار انجام می‌دهد.

چنان‌چه ابزار در سمت چپ مسیر ماشینکاری قرار گیرد از کد G41 و اگر ابزار در سمت راست مسیر ماشینکاری واقع شود از کد G42 استفاده می‌شود و کد G40 لغوکننده‌ی کدهای اصلاح مسیر می‌باشد.

(لازم به توضیح است که ناظر بایستی در پشت سر ابزار و در راستای حرکت آن قرار گیرد.)

☆ به منظور تعویض ابزار، واحد کنترل سه نوع اطلاعات را از حافظه اطلاعات ابزار برداشت می‌کند:

۱ـ مقدار آفست طول ابزار در راستای محورهای X و Z

۲ـ شعاع نوک ابزار

۳ـ شماره استاندارد ابزار

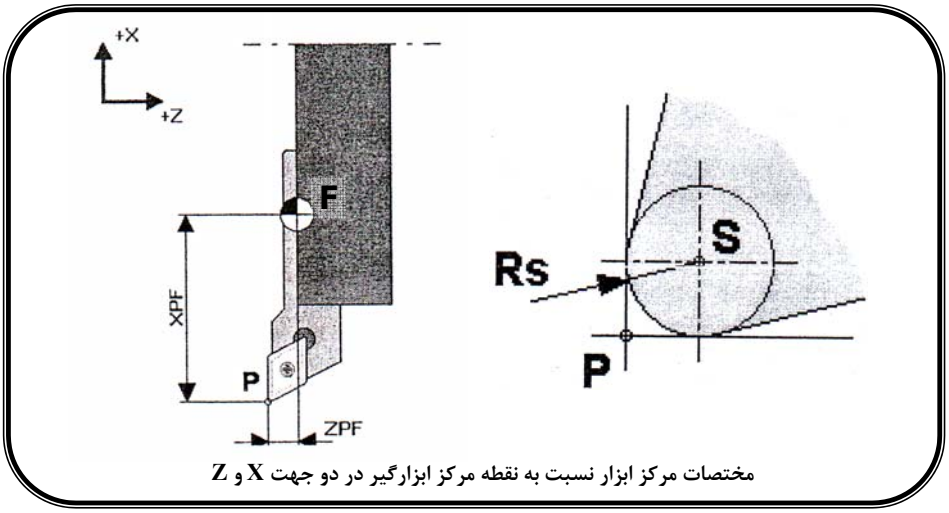
معرفی نقاط صفر ماشین و مرجع ابزارگیر

آفست طول ابزارها (TLO) Tool Length Offset

مختصات یک نقطه‌ی مشخص روی ابزارگیر ماشین برای سیستم کنترل شناخته‌شده است. لذا هربارکه ابزار جدیدی فعال می‌شود، بایستی مختصات نوک ابزار توسط سیستم کنترل شناسایی شود، به‌عبارت دیگر نقطه صفر ابزار به نوک برنده منتقل گردد. این تصحیح را جبران ابعادی ابزار می‌نامیم و با تعیین فاصله نوک لبه برنده ابزار تا نقطه صفر ابزارگیر و قرار دادن این مقادیر در فایل مربوطه انجام می‌شود.

Tool Offset عبارت است از فاصله نوک لبه برنده P تا نقطه صفر ابزارگیر F در دو جهت X و Z برای تعیین اندازه‌ی مذکور.
(نقطه صفر ابزارگیر بعنوان مبدا مختصات در نظر گرفته می‌شود.)

نکته قابل توجه آن است که منظور از مختصات نوک ابزار مرکز شعاعی دایره نوک ابزار یعنی نقطه S است، البته شعاع این دایره نیز در مشخصات ابزار داده می‌شود و ماشین آن را در نظر می‌گیرد و پس از آن از نقطه P شروع به کار می‌کند.



مختصات مرکز ابزار نسبت به نقطه مرکز ابزارگیر در دو جهت X و Z

www.modaresanesharif.ac.ir

توضیح: منظور از آفست طول ابزار **(TLO)** تفاوت طول ابزارها می‌باشد. با چرخش ابزارگیر (Turret) هنگامی که ابزار جدیدی جایگزین ابزار قبلی می‌شود، با توجه به آن‌که طول آن‌ها با هم برابر نیست، لذا بایستی اختلاف طول آن‌ها برای ماشین تعریف شود که این عمل را آفست‌گیری طول ابزار **(TLO)** گوئیم.

در تعیین آفست طول ابزار همیشه یک ابزار به‌عنوان ابزار مبنا در نظر گرفته می‌شود (معمولاً ابزار راست‌تراش خارجی) و تفاوت طول ابزارهای دیگر نسبت به ابزار مبنا در دو راستای X و Z محاسبه می‌گردد و در حافظه اطلاعات ابزار ثبت می‌شود.

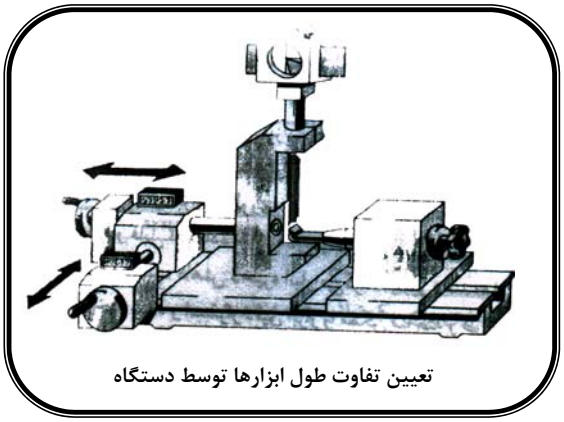
نکته۴: عمل آفست‌گیری طول ابزار در ماشین‌های تراش بایستی در راستای محورهای X و Z صورت گیرد زیرا نوک برنده هریک از ابزارها در دوجهت X و Z دارای تفاوت طول می‌باشند اما در ماشین‌های فرز با توجه به یکسان بودن موقعیت مرکز تمامی تیغه‌ها عمل آفست‌گیری فقط در جهت محور Z انجام می‌پذیرد.

مثال۱۴: عمل آفست‌گیری طول ابزار در ماشین‌های تراش CNC بایستی در راستای ..... صورت گیرد.

۱) محورهای Y,X ۲) محورهای Z,X ۳) فقط محور X ۴) فقط محور Z

☑ **پاسخ: گزینه «۲»** عمل آفست‌گیری طول ابزار در ماشین‌های تراش CNC بایستی در راستای محورهای X و Z صورت گیرد.

☆عمل آفست‌گیری طول ابزارها TLO در ماشین‌های تراش به دو روش زیر صورت می‌گیرد:



تعیین تفاوت طول ابزارها توسط دستگاه

الف ـ اندازه‌گیری آفست طول ابزارها توسط دستگاه پیش‌تنظیم (Preset)

در این روش تمام ابزارها برروی دستگاه پیش‌تنظیم قرار می‌گیرند و اختلاف اندازه‌ی هریک از آنها با ابزار مبنا اندازه‌گیری شده و در حافظه اطلاعات ابزار ماشین وارد می‌شود.

ب ـ اندازه‌گیری آفست طول ابزارها بر روی ماشین

در این روش تمام ابزارها را با یک سطح (سطح مبنا) مماس می‌کنیم. (سطح مبنا برای محور Z پیشانی قطعه کار و برای محور X سطح روی قطعه‌کار می‌باشد.) و اختلاف طول ابزار مبنا با هریک از ابزارها نسبت به سطح مبنا در دو راستای X و Z را محاسبه کرده و در حافظه اطلاعات ابزار ماشین ثبت می‌کنیم.

توجه : آفست طول ابزار مبنا همیشه صفر است.

نکته۵: زمانی که ابزاری فرا خوانده می‌شود، واحد کنترل اطلاعات ثبت شده در آفست آن ابزار را برای ابزار فوق اعمال می‌کند بعنوان مثال:

M06 T02 D05

M06 کد مربوط به تعویض ابزار و T02 شماره ابزار بر روی ابزارگیر می‌باشد و D05 مربوط به شماره صفحه‌ای است که می‌خواهیم مشخصات ابزار خود را در آن ثبت کنیم. تعداد این صفحات ۹۹ عدد است و می‌توان به دلخواه هرکدام از آنها را برای ابزار مورد نظر خود انتخاب نمود.

مثال۱۵: مفهوم دستور D04 T01 M06 کدام مورد است؟

۱) ابزار شماره ۶ بسته شود. ۲) ابزار شماره ۱ در ایستگاه شماره ۶ بسته شود.

۳) ابزار شماره ۴ در ایستگاه شماره ۱ بسته شود. ۴) ابزار شماره ۱ که اطلاعات آن در صفحه ۴ آمده، بسته شود.

☑ **پاسخ:گزینه «۴»**

مثال۱۶: در روش آفست طول ابزار بر روی ماشین، سطح مبنا برای محور Z کدام است؟

۱) سطح روی قطعه‌کار ۲) سطح پیشانی قطعه‌کار ۳) ارتفاع پله‌ی قطعه‌کار ۴) طول اصلی قطعه‌کار

☑ **پاسخ:گزینه «۲»** در روش آفست طول ابزار بر روی ماشین، سطح مبنای محور Z پیشانی قطعه‌کار و برای محور X سطح روی قطعه‌کار می‌باشد.

www.modaresanesharif.ac.ir