پودمان ۴

برنامه‌نویسی تراش CNC

برنامه‌نویسی تراش CNC

مقدمه

با توجه به استفاده از رایانه در کنترل و هوشمندسازی ماشین‌آلات صنعتی و کم‌رنگ شدن نقش مهارت‌های دستی در کار با ماشین‌آلات، نیاز به علوم و فنون برنامه‌نویسی به منظور به‌کارگیری ماشین‌آلات CNC، احساس می‌شود.

استاندارد عملکرد

نوشتن برنامه برای تراشکاری روی ماشین تراش مدل TME۴۰ ساخت کارخانه ماشین‌سازی تبریز براساس کنترل زیمنس و با توجه به نقشه و اصول و فنون مربوطه.

پیش‌نیاز

۱ آشنایی با فرایندهای ماشین‌کاری
۲ نقشه‌خوانی

مقدمه

امروزه روش‌های تولید روزبه‌روز مدرن‌تر و پیشرفته‌تر می‌شوند و اصولاً ماشین‌های به‌کار برده شده در صنعت به سمت اتوماسیون کامل می‌روند. در این روند هر چه نقش انسان به عنوان کاربر کمتر می‌شود ماشین‌آلات پیچیده‌تر شده و روش‌های دستی و سنتی محدودتر می‌شوند. اگرچه نقش انسان در حرکت دادن ماشین‌ها و راه‌اندازی آنها از لحاظ فیزیکی کاهش می‌یابد، اما نقش مهارت‌های فکری لازم برای اپراتوری ماشین‌ها پررنگ‌تر می‌گردد. یعنی به‌کارگیری نیروی انسانی ماهر و متخصص لزوم بیشتری می‌یابد. لذا این شرایط ایجاب می‌کند که نوعی روش تولید اتوماتیک که متضمن سرعت بالاتر، دقت بیشتر و کارایی بهتری است جایگزین روش‌های دستی و سنتی گردد. این مهم به‌ویژه در بخش ماشین ابزار که به عنوان یک صنعت مادر مطرح است نمود بیشتری دارد.

روند تکاملی ماشین‌های کنترل عددی از دوره انقلاب صنعتی شروع شده که سعی می‌شود راه‌هایی به منظور اتوماسیون ماشین‌های ابزار پیدا شود. بیشترین تلاش را در این زمینه صنایع نظامی انجام دادند تا بتوانند جوابگوی تولید قطعات هواپیما و تجهیزات نظامی به صورت تولید انبوه باشند. پس از روی کار آمدن قید و بندها و توسعه هیدرولیک و پنوماتیک و سیستم‌های کنترل الکترونیکی در ۱۹۲۰، تحقیقات پیرامون ماشین‌های کنترل عددی شروع شد. در سال ۱۹۳۱ اولین نمونه تحقیقاتی ماشین کنترل عددی توسط انستیتو تکنولوژی ماساچوست آمریکا ارائه شد و تحقیقات بیشتر ادامه یافت تا اینکه در ۱۹۴۰ هزاران ماشین کنترل عددی مشغول کار شدند.

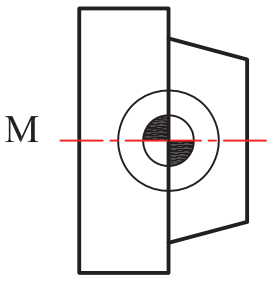
برنامه‌نویسی

برای نوشتن هر برنامه رایانه‌ای نیاز به اطلاعات پایه و اولیه می‌باشد لذا در ماشین‌های CNC نیز قدم اول نوشتن برنامه‌ای دقیق است. برای تدوین این برنامه دانستن موارد زیر ضروری است.

نقاط صفر در ماشین‌های CNC: به‌منظور قابل پیگیری بودن فعالیت‌های برنامه‌نویسی و اپراتوری، نقاط مرجع مختلفی تعریف می‌شود و با نمادهای مختلفی نشان داده می‌شوند.

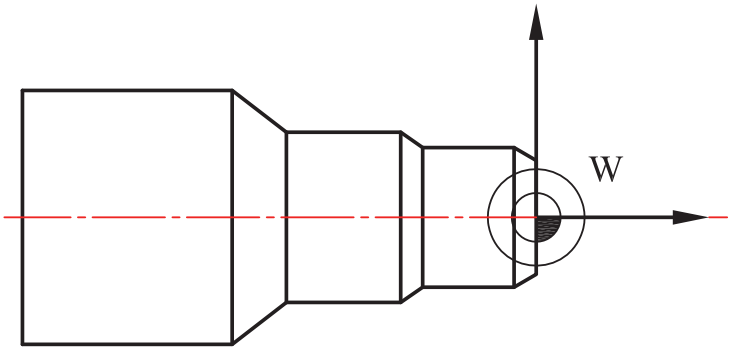
نقطه رفرنس دستگاه (R:Reference): برای مشخص کردن مقادیر عددی محورها نسبت به مبدا مختصات از یک نقطه ثابت که توسط سازنده ماشین مشخص می‌شود استفاده می‌گردد. این عمل در هنگام روشن کردن ماشین انجام می‌گیرد.

نقطه صفر دستگاه (M: Machine): این نقطه به عنوان مبدا مختصات برای حرکت محورها توسط سازنده در گلویی دستگاه تعیین می‌گردد. موقعیت این نقطه قابل تغییر نمی‌باشد. (شکل ۱)



شکل ۱- نقطه صفر دستگاه

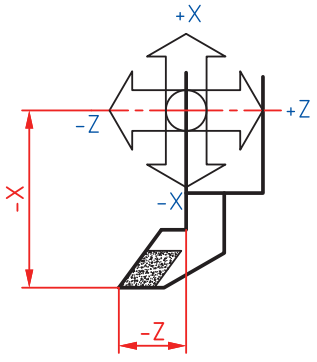
نقطه صفر قطعه کار (W:Workpice) : این نقطه توسط برنامه‌نویس با توجه به نوع اندازه‌گذاری روی نقشه، به‌نحوی تعیین می‌گردد که تمام فعالیت‌های براده‌برداری با توجه به برنامه نوشته شده قابل سنجیدن باشند. این نقطه به‌نوعی می‌تواند نقطه شروع عملیات براده‌برداری نیز باشد. بنابراین باید در محلی تعیین گردد که اولاً افست‌گیری نوک ابزارهای مختلف با آن آسان بوده و ثانیاً در حین براده‌برداری‌های تکمیلی از بین نرود. (شکل ۲)



شکل ۲- نقطه صفر قطعه کار

پرسش: اگر نقطه صفر قطعه کار توسط برنامه‌نویس مشخص نشده یا در نوشتن برنامه اشتباه تعیین شود چه مشکلاتی ایجاد خواهد شد؟

نقطه صفر ابزار (T:Tool) : معمولاً در دستگاه‌های CNC یک نقطه در مجموعه ابزارگیر به عنوان نقطه صفر ابزار تعیین می‌گردد و با توجه به نوع ابزار و مشخصات آن، این نقطه با افست‌گیری به نوک ابزار انتقال داده می‌شود. (شکل ۳)



شکل ۳- نقطه صفر ابزار

نکته: صفر قطعه کار را باید جایی در نظر بگیریم که اندازه‌های نقشه نسبت به آن داده شده است. این نقطه می‌باید موجب حرکت دقیق ابزارها روی قطعه کار گردد.

چنانچه برنامه‌نویس نقطه‌ای را به‌عنوان نقطه صفر قطعه کار مشخص نکند، برنامه اجرا نخواهد شد و نمایشگر سیستم کنترل پیغام خطا (ERROR) را نمایش می‌دهد.

فرمان‌ها در ماشین‌های CNC

برای انجام یک برنامه نیاز به دستورات مختلفی با توجه به نوع ماشین‌کاری می باشد که به آن فرمان گفته می‌شود. با استفاده از این فرامین، حرکت‌های ابزار و قطعه کار در ماشین، برنامه‌ریزی و کنترل شده و منجر به ساخت قطعه می‌گردد. تعدادی از آنها شرح داده می‌شود.

فرمان‌های خودنگهدار (Modal): فرمان‌هایی را گویند که اگر در یک سطر از برنامه تعریف شوند نیاز به نوشتن و تکرار آنها در سطرهای بعدی نمی‌باشد و تا زمانی که فرمان لغوکننده آنها تعریف نشده باشد به‌صورت فعال خواهد ماند.

فرمان‌های غیرخودنگهدار (No Modal): فرمان‌هایی هستندکه اگر در یک سطر از برنامه تعریف شوند فقط در همان سطر فعال بوده و برای سطر بعدی قابل استفاده نمی‌باشند و در صورت نیاز باید دوباره تعریف شوند.

فرمان‌های هم‌گروه: فرمان‌هایی هستند که با تعریف یکی، دیگری لغو می‌شود. گفتنی است که تمامی فرمان‌های هم‌گروه، خود نگهدار نیز می‌باشند.

فرمان‌های حاکم/پیش فرض (Default): فرمان‌هایی را گویند که در حین اجرای برنامه فعال بوده و نیازی به تعریف آنها نمی‌باشد.

نکته: در تراشکاری با دستگاه تراش CNC و در حین عملیات براده‌برداری، چنانچه مقدار قطر متغیر باشد، از عده دوران متغیر و در غیر این صورت عده دوران ثابت است.

فعالیت ۱

در تراشکاری با دستگاه CNC، نوع عده دوران (ثابت یا متغیر بودن) را برای هر یک از عملیات زیر مشخص کنید.

پیشانی‌تراشی	روتراشی	پله‌تراشی	مخروط‌تراشی	مته‌مرغک‌زنی	سوراخ‌کاری

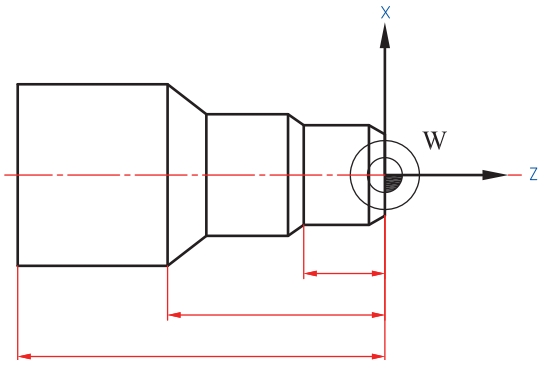
سیستم‌های اندازه‌گیری در ماشین‌های CNC

در ماشین‌های CNC دو نوع سیستم اندازه‌گیری تعریف می‌شود.

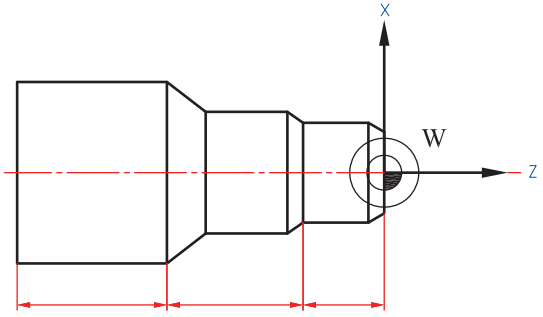
سیستم اندازه‌گیری مطلق (Absolut): اندازه‌گیری نسبت به یک نقطه ثابت انجام می‌گیرد. (شکل ۴)

نکته: درسیستم مطلق،تعقیب آدرس‌ها از نقطه صفر قطعه کار انجام پذیر است. ضمناً در این سیستم محورها با X، Y و Z نشان داده می‌شوند.

سیستم اندازه‌گیری نسبی (Incremental): اندازه‌گیری نسبت به نقطه قبلی انجام می‌گیرد. به این سیستم، افزایشی نیز گفته می‌شود (شکل ۵)

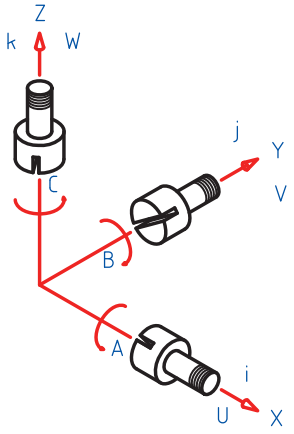


شکل ۴- سیستم اندازه‌گیری مطلق



شکل ۵- سیستم اندازه‌گیری نسبی

گفتنی است این محورها با حروف U و V و W نیز نشان داده می‌شوند. (شکل ۶)



شکل ۶- علایم محورهای مختصات

نکته: در سیستم نسبی،تعقیب آدرس‌ها از محل استقرار ابزار امکان‌پذیر است.

فعالیت ۲

نماد محورهای مختصات در سیستم مطلق و نسبی را بنویسید.

سیستم اندازه‌گیری	جابه‌جایی در طول قطعه	جابه‌جایی در عرض قطعه	جابه‌جایی در ارتفاع

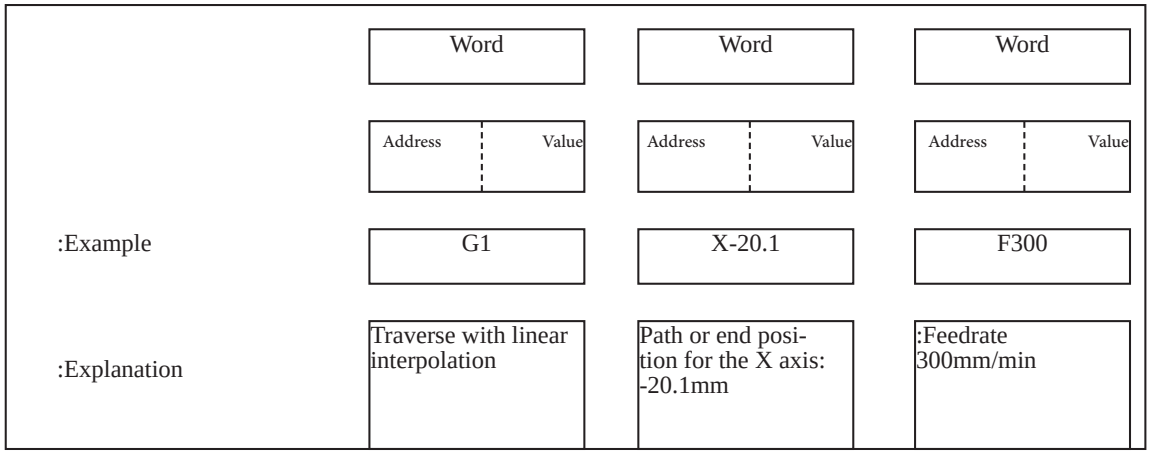
توجه: در ماشین‌های تراش CNC محورهای مختصات فقط روی محور X (در راستای شعاع قطعه) و محور Z (در راستای طول قطعه) تعریف می‌شود.

زبان برنامه‌نویسی

زبان برنامه‌نویسی باید قادر باشد اعداد و حروف استفاده شده در برنامه را در نهایت، به حرکت تبدیل کرده و با سیستم کنترل و حافظه دستگاه تطابق داشته باشد. همچنین توانایی خود را به منظور ماشین‌کاری قطعات چندبعدی نمایش دهد.

از آنجا که در این کتاب ماشین تراش CNC TME۴۰ مبنای آموزش قرار دارد و این دستگاه با سیستم کنترل زیمنس کار می‌کند لذا این سیستم شرح داده می‌شود.

زبان برنامه نویسی زیمنس: سیستم کنترل زیمنس بر مبنای Word Address بوده و براساس استاندارد DIN ۶۶۰۲۵ نوشته می‌شود. در سیستم زیمنس هر سطر، یک بلوک نامیده می‌شود که هر کلمه آن از دو قسمت آدرس و کد تشکیل می‌شود. کدها بدون واحد هستند اما مقدار پارامترهایی که به هر فرمان اختصاص دارد، دارای واحد بوده و قابل تغییر می‌باشد. (شکل ۷)



شکل ۷- پارامترهای سیستم کنترل دستگاه TME۴۰

بلوک: مجموعه‌ای از دستورات که در یک سطر نوشته می‌شود را اصطلاحاً بلوک گویند. هر بلوک برنامه از تعدادی کلمه (Word) تشکیل شده است و هر کلمه شامل دو قسمت (حروف و اعداد) می‌باشد که بیانگر عملکردی خاص در خط برنامه است.

مثال ۱- مفهوم هر یک از اجزای بلوک زیر را بنویسید.

Word	Word	Word	Word	Word
N10	G01	X50	Z-30	F0.2
دهمین سطر برنامه	فرمان خودنگهدار	حرکت در جهت مثبت محور X ۵۰ میلی‌متر	حرکت در جهت منفی محور Z ۳۰ میلی‌متر	سرعت پیشروی ۰/۲ mm/min

با توجه به مثال بالا، کدهای N10 و G01 فاقد واحد می‌باشد.

گفتنی است علاوه بر زیمنس، زبان‌های مختلف دیگری نیز توسط سازنده‌های ماشین‌های CNC مورد استفاده قرار می‌گیرد. مانند APT، ADDAPT و ...

تعریف ابزار در تعریف ابزار در برنامه: برای معرفی هر ابزار از چهار کاراکتر مطابق شکل T□□ □□ استفاده می‌شود.
A A

قسمت A نشان دهنده شماره ابزار در مجموعه ابزارگیر و قسمت B شماره ابزار در حافظه دستگاه را مشخص می‌کند. گفتنی است: در این سیستم (کنترل زیمنس) به ازای هر ایستگاه ابزار، ۹ حافظه پیش‌بینی شده است و می‌توان اطلاعات مربوط به ۹ ابزار مختلف را در یک ایستگاه تعریف و ذخیره نمود. به عنوان مثال: ابزار ایستگاه چهارم که اطلاعات آن در حافظه فرعی شماره ۲ وارد شده است

T1	D1	D2	D3		D9
T2	D1				
T3	D1				
T6	D1	D2	D3		
T8	D1	D2			

Each tool has its own compensation block - a max. of nine

شکل ۸- نمونه دیگری ازپارامترهای سیستم کنترل دستگاه TME۴۰

فرمان‌های اجرایی

از این فرمان‌ها برای تنظیم پارامترهای ماشین‌کاری و اجرای عملیات براده‌برداری استفاده می‌شود (Gکدها و M کدها).

فرمان تعریف دور اسپیندل (G97): با استفاده از این فرمان مقدار سرعت چرخش اسپیندل به‌صورت ثابت در جاهایی که قطر برشی ثابت است مانند سوراخ‌کاری، پیچ‌بری، برقوزنی و ... استفاده می‌شود که حالت کلی این فرمان به‌صورت زیر می‌باشد.

G97 S… M03/M04

توجه: مفهوم اسپیندل (Spindle) در فرزکاری نگهدارنده ابزار (ابزارگیر) و در ماشین‌تراش، کارگیر است.

در بلوک قبل M03 بیان کننده چرخش اسپیندل در جهت عقربه‌های ساعت (CW) و M04 چرخش اسپیندل در جهت مخالف عقربه‌های ساعت (CCW) را نشان می‌دهد.

نکته: برای عملیات تراشکاری (پله‌تراشی، روتراشی، مخروط‌تراشی و ...) از کد M04 و برای عملیات سوراخ‌کاری، قلاویزکاری، برقوکاری و ... از کد M03 استفاده می‌شود. البته به شرط راست‌بر بودن شیار مارپیچ.

فعالیت ۳

برای انجام عملیات زیر روی ماشین‌تراش با عده دوران ثابت، کد مناسب را بنویسید.

پله تراشی	روتراشی	سوراخ‌کاری	قلاویز کاری

فرمان تعریف دور اسپیندل با سرعت برشی ثابت وعده دوران مختلف (G96): از این فرمان برای تغییر عده دوران اسپیندل استفاده می‌شود، در حالی که سرعت برشی ثابت بوده و قطرها تغییر می‌کنند.

نکته: از کد G96 در مواقعی که عده دوران در حین تراشکاری متغیر باشد (مخروط‌تراشی) استفاده می‌شود.

گفتنی است عده دوران از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$V = \frac{\pi dn}{۱۰۰۰}$$

که در آن:

V سرعت برشی ابزار برحسب متر بر دقیقه (m/min)

d قطر قطعه کار برحسب میلی‌متر

n سرعت دورانی اسپیندل برحسب دور بر دقیقه (R.P.M)

حالت کلی فرمان به‌صورت زیر می‌باشد:

G96 S… LIMS=…. M03/M04

توجه: ۱ ازحرف S (Speed) برای مشخص کردن حداقل عده دوران اسپیندل و تعیین سرعت برشی ابزار استفاده می‌شود.

۲ عبارت LIMS ماکزیمم دور چرخش اسپیندل است که با توجه به فرمول سرعت برشی هر چه قطر قطعه کار کوچک‌تر شود یعنی به مرکز قطعه کار نزدیک شویم، سرعت چرخشی اسپیندل بیشتر می‌شود با استفاده از این دستور افزایش دور اسپیندل تا مقدار تعریف شده، افزایش و از آن به بعد با همان دور به‌صورت ثابت می‌چرخد.

نکته: در آدرس‌هایی که بیش از یک پارامتر دارند مثل LIMS معمولاً کد و آدرس را با علامت = جدا می‌کنند.

فعالیت ۴

برای ماشین‌کاری مخروط با سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه و قطر کوچک ۱۶ و قطر بزرگ ۳۰ میلی‌متر موارد زیر را مشخص کنید:

حداقل عده دوران	حداکثر عده دوران	LIMS

فعالیت ۵

مفهوم هر یک از اجزای بلوک زیر را بنویسید:

N20 G96 S530 LIMS=995 M03/M04

N20	G96	S530	LIMS=995	M03	M04

فرمان G95: از این فرمان برای مشخص کردن سرعت پیشروی برحسب میلی‌متر بر دور و یا اینچ بر دور استفاده می‌شود که معمولاً فرمان حاکم نیز می‌باشد.

فرمان G94: از این فرمان برای مشخص کردن سرعت پیشروی برحسب میلی‌متر بر دقیقه و یا اینچ بر دقیقه استفاده می‌شود. در این فرمان پیشروی وابسته به دور سه‌نظام نبوده و در مواردی که پیشروی محورها بدون چرخش سه‌نظام نیاز باشد استفاده می‌شود.

گفتنی است معمولاً از کدهای G95 و G94 در فرزکاری با قابلیت‌های زیر استفاده می‌شود:

۱ کد G94 برای حرکت ابزار روی قطعه کار در راستای بیش از یک محور استفاده می‌شود. مانندکف‌تراشی

۲ کد G95 برای حرکت ابزار روی قطعه کار در راستای یک محور استفاده می‌شود. مانند سوراخ‌کاری

فرمان G91: از این فرمان برای نوشتن مختصات به صورت نسبی استفاده می‌شود و یک فرمان خودنگهدار است.

فرمان G90: برای نوشتن مختصات به صورت مطلق از این فرمان استفاده می‌شود. این فرمان حاکم و خودنگهدار می‌باشد.

فرمان‌های G70 و G71: از این فرمان‌ها برای مشخص کردن واحد محورهای مختصات استفاده می‌شود. از فرمان G70 برای مختصات میلی‌متری و از فرمان G71 برای مختصات اینچی استفاده می‌شود.

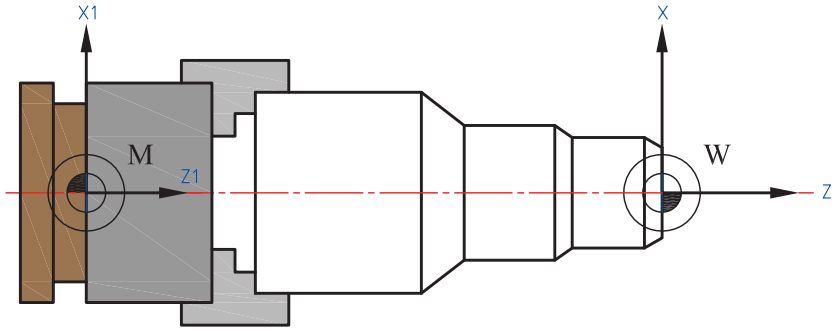
فرمان‌های G54، G55، G56 و G57 : از این فرمان‌ها برای انتقال نقطه صفر ماشین به هر نقطه دلخواه به‌ویژه نقطه صفر قطعه کار استفاده می‌شوند، همچنین فرمان G56 لغو کننده فرمان‌های G57، G58 و G59 می‌باشد. (جدول ۱)

جدول شماره ۱- چگونگی انتقال صفر دستگاه

شماره گروه	کد	وظیفه	Z	Y	X
۱	G54	انتقال صفر دستگاه به پیشانی سه‌نظام	عرض سه‌نظام	-	0
	G55		عرض سه‌نظام	-	0
	G53	لغوکننده گروه ۱	-	-	-
۲	G57	انتقال صفر دستگاه از پیشانی سه‌نظام به پیشانی قطعه‌کار	طول قطعه‌کار	-	0
	G58		-	-	0
	G59			-	0
	G56	لغوکننده گروه ۱		-	-

نکته: انتقال نقطه صفر دستگاه به پیشانی سه‌نظام و یا پیشانی قطعه کار (نقطه صفر قطعه کار) را Zero offset گویند.

در یک برنامه می‌توان نقطه صفر ماشین را به چهار نقطه مختلف (از جمله پیشانی قطعه کار) انتقال داد. (شکل ۹)



شکل ۹- انتقال نقطه صفر ماشین (ZERO OFFSET)

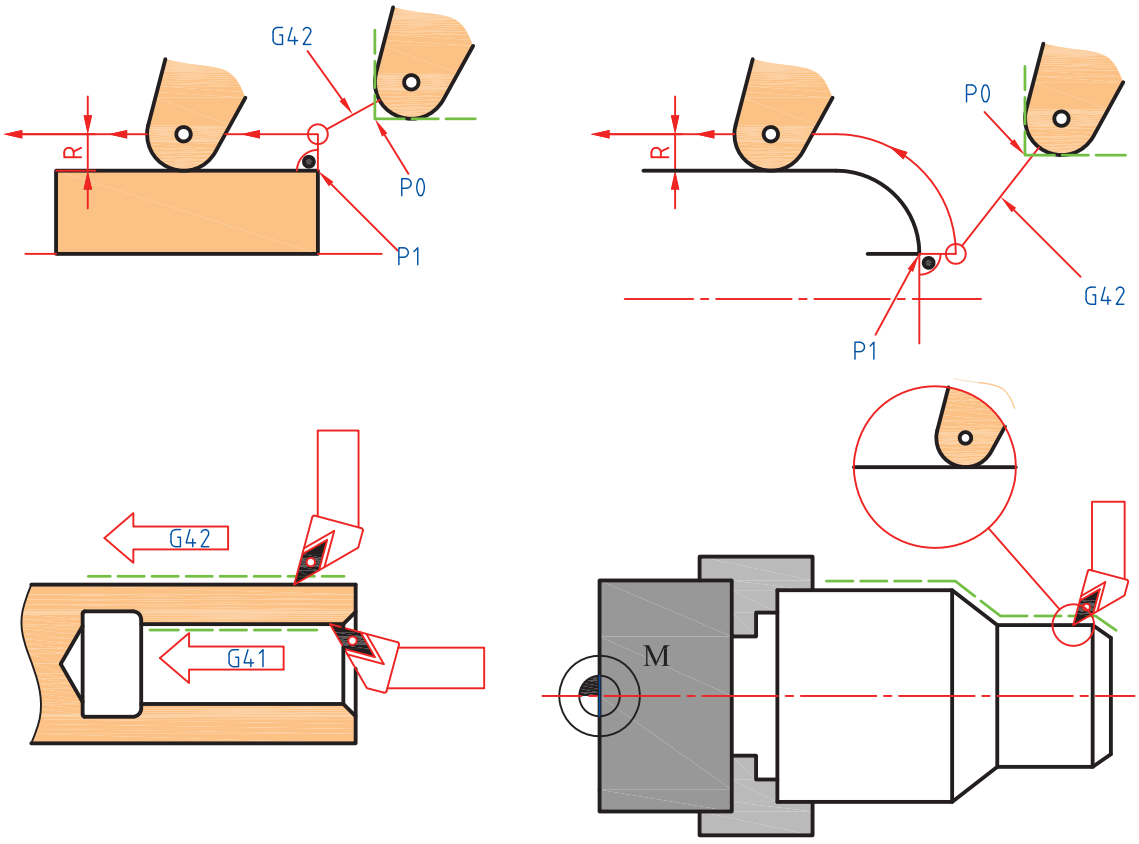
فرمان G53: از این فرمان برای لغو کردن فرمان‌های G54 و G55 استفاده می‌شود. اگر در داخل برنامه برای انتقال نقطه صفر ماشین از فرمان‌های G54 و G55 استفاده شود می‌توان آن را با تعریف فرمان G53 لغو نمود.

فعالیت ۶

مفهوم هر یک از فرامین زیر را در تراش CNC نوشته و نوع آن را تعیین کنید.

فرمان	شرح دستوری فرمان	خودنگهدار	حاکم
۱- فرمان G53:			
۲- فرمان G54:			
۳- فرمان G55:			
۴- فرمان G56:			
۵- فرمان G57:			
۶- فرمان G58:			
۷- فرمان G59:			

فرمان‌های G40، G41 و G42: این فرمان‌ها برای جبران شعاع نوک ابزار، مخصوصاً در مسیرهای مخروطی و دایره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر ابزار از طرف مبدا به طرف مقصد در سمت راست خط برشی قرار گیرد از فرمان G42 و اگر در سمت چپ خط برش قرار گیرد از فرمان G41 استفاده می‌شود. کد G40 لغو کننده کدهای G41 و G42 می‌باشد. (شکل ۱۰)



شکل ۱۰- جبران شعاع نوک ابزار

فعالیت ۷

مفهوم هر یک از فرمان‌های زیر را بنویسید.

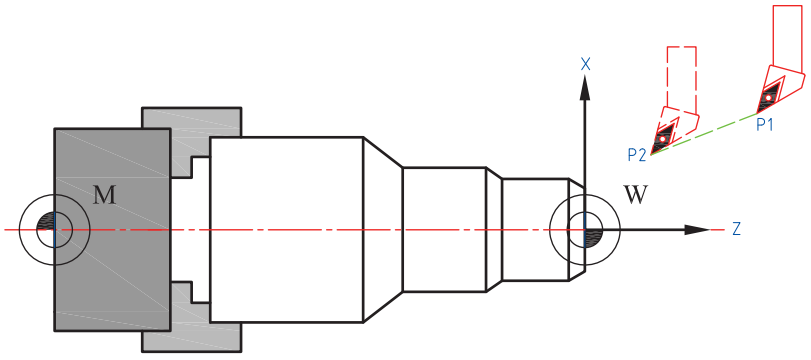
G40	G41	G42

فعالیت ۸

در صورتی که از فرمان G42 به‌جای فرمان G41 در بلوک برنامه استفاده شود، چه مشکلی پیش می‌آید؟

فرمان G00: از این فرمان برای حرکت خطی سریع جهت انتقال ابزار به محل براده‌برداری استفاده می‌شود. لازم به توضیح است حرکت ابزار با این فرمان بدون عملیات براده‌برداری است و حالت کلی این فرمان به‌صورت زیر می‌باشد: (شکل ۱۱)

G00 X… Z…



شکل ۱۱- حرکت خطی سریع انتقال ابزار به محل براده‌برداری

حرکت X و Z می‌تواند به‌صورت همزمان باشد. X مختصات نقطه مورد نظر در جهت قطر قطعه کار و Z مختصات نقطه مورد نظر در جهت طول قطعه کار است.

فرمان G01: از این فرمان برای عملیات براده‌برداری، به‌صورت خطی و به‌منظور روتراشی، پیشانی‌تراشی و یا مخروط‌تراشی به روش دستی (MANUAL) استفاده می‌شود که حالت کلی آن به‌صورت زیر می‌باشد:

G01 X… Z… F… M08

در بلوک قبل، F مقدار پیشروی و M08 فرمان روشن کردن پمپ آب صابون است.

برای روتراشی از فرمان زیر استفاده می‌شود.

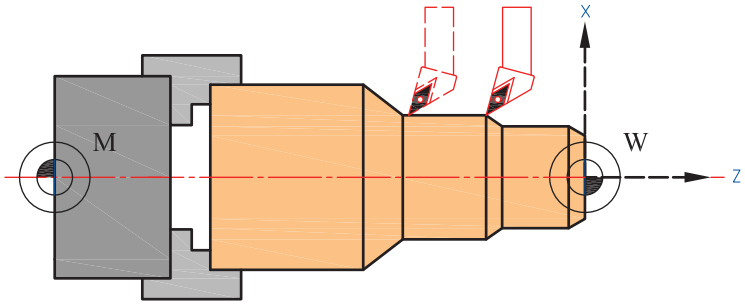
G01 Z… F… M08

برای پیشانی‌تراشی، فرمان به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

G01 X… F… M08

برای مخروط‌تراشی، فرمان به‌صورت زیر نوشته می‌شود.(شکل ۱۲)

G01 X… Z… F… M08



شکل ۱۲- روتراشی، پیشانی تراشی و مخروط تراشی

فعالیت ۹

مفهوم هر یک از اجزای بلوک برنامه زیر را نوشته، سیستم مختصات حاکم را نام برده، کد آن را نوشته و شکل ایجاد شده به‌وسیله این برنامه را رسم کنید.

N12 G01 X25 Z-25 F0.1 S700 M04 M08

N12	G01	X25	Z-25	F0.1	S700	M04	M08
شکل ایجاد شده				سیستم مختصاتی حاکم و نماد دستوری آن			

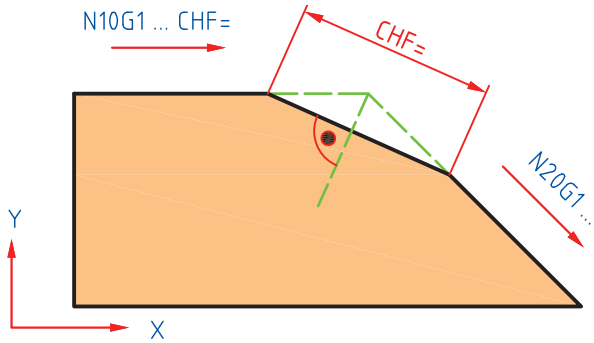
فرمان‌های RND ،CHR و CHF : از این فرمان‌ها برای ایجاد پخ و قوس در لبه‌های تیز قطعه کار استفاده می‌شود.

گفتنی است قبل و بعد از هر یک از سه فرمان گفته شده، حرکت خطی ابزار با G01 قابل اجرا می‌باشد.

تصاویر زیر حالت‌های مختلف حرکت ابزار را با توجه به دستورات بیان شده نشان می‌دهد.

الف- پخ‌زنی به روش حرکت ابزار تحت زاویه براساس دفترچه راهنمای دستگاه (شکل ۱۳)

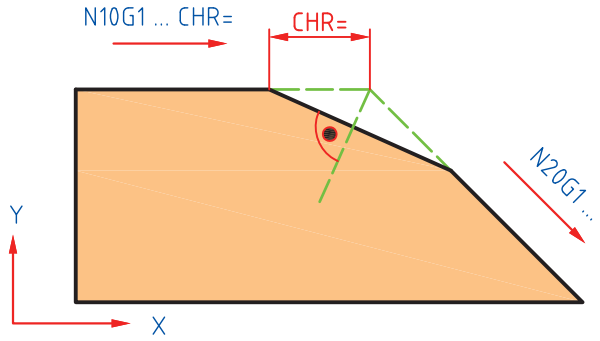
G01 X… Z... CHF=...



شکل ۱۳- پخ‌زنی به روش حرکت ابزار تحت زاویه

ب- پخ‌زنی به روش حرکت ابزار در راستای محور قطعه‌کار براساس دفترچه راهنمای دستگاه (شکل ۱۴)

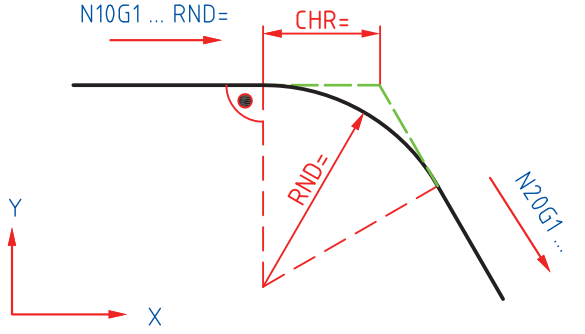
G01 X… Z... CHR=...



شکل ۱۴- پخ زنی به روش حرکت ابزار در راستی محور قطعه کار

پ- قوس‌زنی قطعات با یک منحنی (شکل ۱۵)

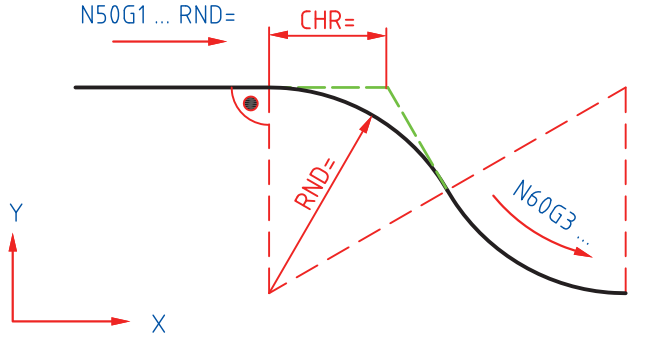
G01 X… Z... RND=...



شکل ۱۵- قوس زنی قطعات با یک منحنی

پ-قوس‌زنی قطعات با بیش از یک منحنی (شکل ۱۶)

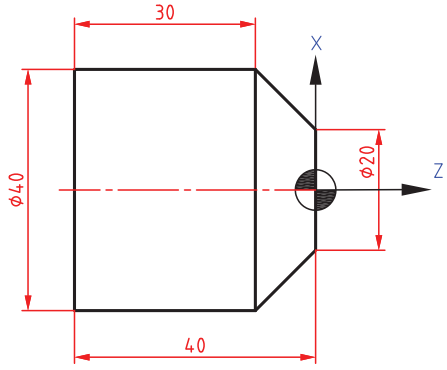
G01 X… Z... RND=...



شکل ۱۶- قوس زنی قطعات با بیش از یک منحنی

فعالیت ۱۰

برنامه مناسب برای پیشانی‌تراشی ایجاد پخ و روتراشی شکل را در دو سیستم مختصات مطلق و نسبی بنویسید. (شکل ۱۷).



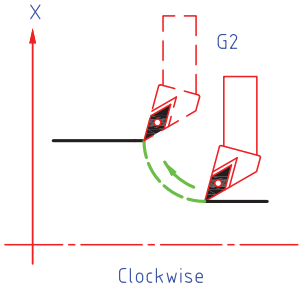
شکل ۱۷- قوس زنی قطعات با بیش از یک منحنی

برنامه براساس سیستم مختصاتی مطلق	برنامه براساس سیستم مختصاتی نسبی

فرمان‌های G02 و G03: از این فرمان‌ها جهت ماشین‌کاری مسیرهای کمانی شکل استفاده می‌شود.

۱ از فرمان G02 برای ماشین‌کاری کمان‌ها در جهت عقربه‌های ساعت استفاده می‌شود. (شکل ۱۸)

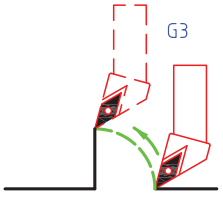
G02 X… Z… CR=… F… M08



شکل ۱۸- مختصات شعاع و پایان کمان درجهت عقربه‌های ساعت

۲ از فرمان G03 برای ماشین‌کاری قوس‌ها در خلاف جهت عقربه‌های ساعت استفاده می‌شود. (شکل ۱۹)

G03 X… Z… CR=… F… M08



شکل ۱۹- مختصات شعاع و پایان کمان درجهت خلاف عقربه‌های ساعت

گفتنی است:

۱ X و Z مختصات پایان کمان و CR اندازه شعاع کمان است.

۲ نقطه شروع کمان‌های ایجاد شده با فرمان‌های G02 و G03، می‌تواند انتهای یک مسیر خطی و یا منحنی باشد.

نکته: برای زدن کمان، باید قلم در نقطه شروع کمان قرار گیرد.

فعالیت ۱۱

کد مربوط به هر یک از موارد زیر را بنویسید.

حرکت	دایره	نیم دایره	ربع دایره	کمان دایره
در جهت عقربه های ساعت				
در جهت خلاف عقربه های ساعت				

نکته: این فرمان‌ها در صورت معلوم نبودن شعاع کمان به‌صورت زیر نیز قابل اجرا می‌باشند:

G02/03 X… Z… I… K… M08

در بلوک بالا I و K مختصات مرکز کمان نسبت به نقطه شروع کمان می‌باشند.

گفتنی است:

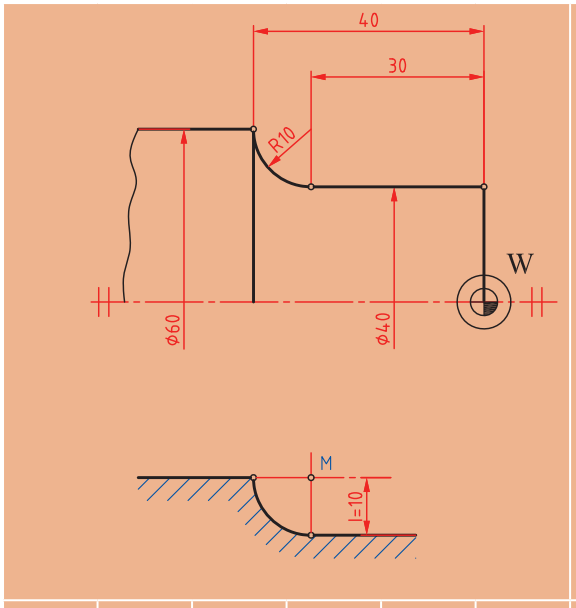
۱ برای ماشین‌کاری کمان‌ها در جهت عقربه‌های ساعت با توجه به اینکه حرکت کمانی با فرمان G02 انجام می‌شود I دارای مقدار بوده و K=0 است.

۲ برای ماشین‌کاری کمان‌ها در جهت خلاف عقربه‌های ساعت با توجه به این که حرکت کمانی با فرمان G03 انجام می‌شود I=0 و K دارای مقدار است.

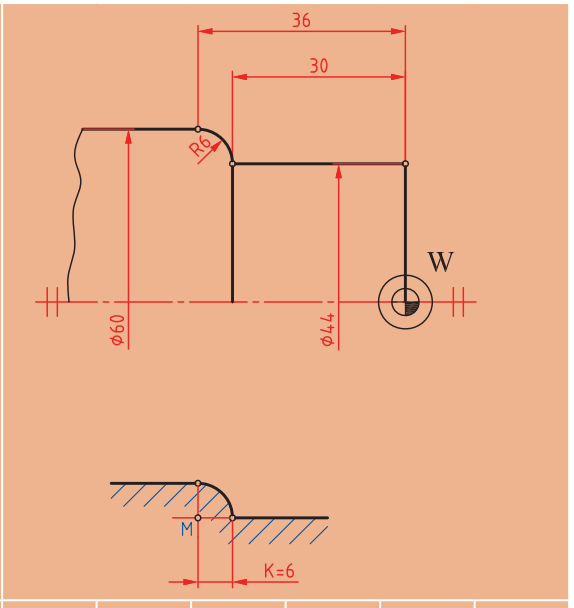
۳ چنانچه منحنی، قطعه کمانی از دایره باشد و مرکز آن منطبق بر هیچ یک از راستاهای نقطه شروع آن نباشد، هر دو پارامتر I و K دارای مقدار می‌باشد.

فعالیت ۱۲

پارامترهای مرتبط با ایجاد کمان هر یک از تصاویر را مطابق جدول مشخص کنید.



G0	X...	Z...	I...	K...	F...

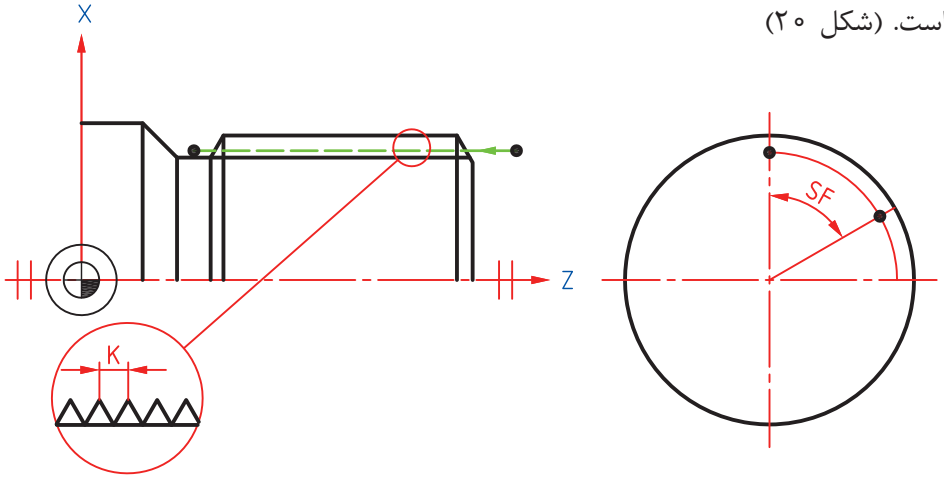


G0	X...	Z...	I...	K...	F...

فرمان G33 (پیچ‌بری تک‌مرحله‌ای): از این فرمان برای ساخت پیچ‌ها با عمق کم مانند شیارهای روغن‌کاری استفاده می‌شود. بلوک برنامه آن مطابق زیر است:

G33 Z… K… SF=…

SF زاویه اسپیندل برای شروع پیچ‌بری در پیچ‌های چندراهه است. در مورد پیچ سه‌راهه SF اول صفر درجه، SF دوم ۱۲۰ درجه و SF سوم ۲۴۰ درجه در نظر گرفته می‌شود. K گام پیچ و Z مختصات نقطه پایان پیچ است. (شکل ۲۰)



شکل ۲۰- پیچ‌بری تک‌مرحله‌ای

فعالیت ۱۳

مفهوم هر یک از فرمان‌های زیر را بنویسید.

M08		G33	
ChR		SF=	
G02		K	
G96		F	
LIMS		S	
RND		G03	

همان‌طور در قسمت‌های گذشته ملاحظه نمودید، برای اجرای عملیات ماشین‌کاری و تبدیل زبان برنامه به زبان دستگاه، از Gکدها و Mکدها و نیز یک سری حروف مانند Spindle (S) و Feed (F) و ... استفاده می‌شود. جداول زیر مجموعه‌ای از کدهای مورد استفاده را نشان می‌دهد.

Gکدها: معمولاً این فرامین نرم‌افزاری بوده و در انواع استاندارد، غیراستاندارد، خودنگهدار، و غیرخودنگهدار تعریف می‌شوند. از این کدها برای اجرای عملیات ماشین‌کاری استفاده می‌شود. این کدها متعدد بوده که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. جدول زیر مجموعه‌ای از Gکدها را نشان می‌دهد (جدول ۲).

جدول شماره ۲- Gکدها براساس استاندارد DIN ۶۶۰۲۵

ردیف	کد	تفسیر
۱	G00	حرکت سریع (بدون براده‌برداری)
۲	G01	حرکت خطی (با پیشروی تعیین شده در برنامه)
۳	G02	حرکت کمانی در جهت عقربه‌های ساعت (با پیشروی تعیین شده در برنامه)
۴	G03	حرکت کمانی در جهت خلاف عقربه‌های ساعت (با پیشروی تعیین شده در برنامه)
۵	G04	ایجاد زمان تأخیر بین دو فعالیت مانند روشن شدن پمپ آب‌صابون با تأخیر زمانی بعد از اسپیندل
۶	G17	انتخاب صفحه X-Y
۷	G18	انتخاب صفحه Z-X
۸	G19	انتخاب صفحه Y-Z
۹	G33	پیچ‌بری در یک مرحله با عمق کم
۱۰	G34	پیچ‌بری
۱۱	G35	پیچ‌بری
۱۲	G40	لغوکننده کد اصلاح مسیر
۱۳	G41	تصحیح مسیر ابزار، چپ

ردیف	کد	تفسیر
۱۴	G42	تصحیح مسیر ابزار، راست
۱۵	G53, G56	رفع جابه‌جایی نقطه صفر
۱۶	G60 تا G62	به‌طور دلخواه قابل برنامه‌ریزی (برای کاربردهای خاصی که سازنده تعریف نکرده است)
۱۷	G63	قلاویزکاری
۱۸	G64 تا G69	به‌طور دلخواه قابل برنامه‌ریزی
۱۹	G72 - G73	ایجاد سوراخ‌های اقماری روی یک قطعه
۲۰	G81 تا G89	ایجاد سوراخ‌های سطری و ستونی روی یک قطعه
۲۱	G79	به‌طور دلخواه قابل برنامه‌ریزی (برای کاربردهای خاصی که سازنده تعریف نکرده است)
۲۲	G81- G89	عملیات مختلف ماشین‌کاری (پله‌تراشی، مخروط‌تراشی، پیچ بری، شیارزنی و ...)
۲۳	G90	بیان مطلق اندازه
۲۴	G91	بیان نسبی اندازه (افزایشی)

فعالیت ۱۴

برای انجام موارد زیر از چه فرمان‌هایی باید استفاده می‌شود.

مخروط‌تراشی	قلاویزکاری	ایجاد سوراخ‌های اقماری	حرکت سریع بدون براده‌برداری

جدول زیر نمونه‌هایی از کاربرد Mکدها را نشان می‌دهد. (جدول ۳)

جدول شماره ۳- Mکدها

ردیف	کد	تفسیر
۱	M00	با این فرمان اجرای برنامه متوقف شده و برای اجرای ادامه برنامه بایستی کلید CYCLE START را دوباره فشار داد.
۲	M01	توقف دهنده شرطی برنامه است. با این فرمان اجرای برنامه با داشتن شرط لازم (فعال بودن کلید مربوط به آن) متوقف می‌شود و در غیراین‌صورت اجرای برنامه متوقف نخواهد شد.
۳	M02	دستور پایان برنامه
۴	M03	جهت چرخش سه‌نظام موافق عقربه‌های ساعت CW.
۵	M04	جهت چرخش سه‌نظام مخالف عقربه‌های ساعت CCW.
۶	M05	توقف دهنده اسپیندل.
۷	M08	فعال کردن پمپ مایع خنک‌کاری.

ردیف	کد	تفسیر
۸	M09	غیرفعال کردن پمپ مایع خنک‌کاری.
۹	M26	باز شدن فک‌های سه‌نظام
۱۰	M27	بسته شدن فک‌های سه نظام.
۱۱	M46	چرخش سه‌نظام با فک‌های باز.
۱۲	M47	چرخش سه‌نظام با فک های بسته.
۱۳	M81	فعال کننده سیستم جمع کردن و تخلیه براده (براده‌کش).
۱۴	M82	غیرفعال کننده سیستم جمع کردن و تخلیه براده.
۱۵	M30	دستور پایان برنامه و بازگشت به ابتدای برنامه
۱۶	M99	دستور پایان موقت برنامه

فعالیت ۱۵

برای انجام موارد زیر از چه فرمان‌هایی استفاده می‌شود.

فعال کردن پمپ آب‌صابون	غیرفعال کردن سیستم براده‌برداری	دستور پایان موقت برنامه	دستور توقف اسپیندل

فعالیت ۱۶

نقش Gکدها، Mکدها و حروف را در برنامه‌نویسی ماشین‌های CNC بنویسید.

Gکدها	
Mکدها	
حروف	

فعالیت ۱۷

تحقیق: برای نوشتن برنامه ساخت دسته فلکه مرغک ماشین‌تراش که کمان‌های آن تابع دایره نیستند، از چه روشی می‌توان استفاده نمود؟

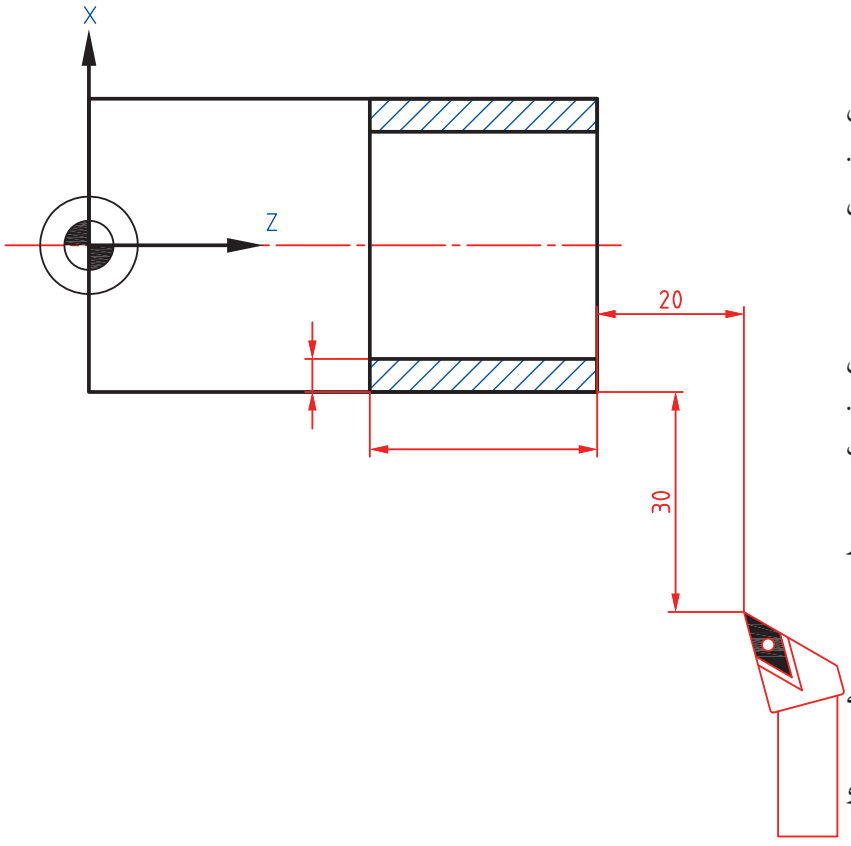
گفتنی است:

عملیات تراشکاری CNC نیز مانند تراشکاری معمولی شامل مراحل براده‌برداری اولیه (خشن‌کاری) و براده‌برداری نهایی (پرداخت) می‌باشد که لازم است برنامه‌نویس به این نکات توجه داشته باشد. عملیات فوق در برنامه‌نویسی می‌تواند به‌صورت برنامه دستی (نیمه‌اتوماتیک) و یا توسط سیکل‌های تعریف شده برای دستگاه انجام شود.

فعالیت برنامه نویسی ۱

موضوع: برنامه‌نویسی پله‌تراشی با سیستم نسبی

توجه: سعی شود با حداقل جابه‌جایی ابزار، عملیات ماشین‌کاری انجام پذیرد.



وسایل مورد نیاز

۱ رایانه مجهز به نرم‌افزارهای نقشه‌کشی و برنامه‌نویسی.
۲ وسایل نقشه‌کشی دستی (در صورت نیاز).

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ کابل‌ها و پریزهای برق کاملاً سالم و بدون عیب باشند.
۲ دستگاه رایانه بدون عیب و نقص و آماده‌به‌کار باشد.
۳ رعایت نکات ارگونومی در کار با رایانه.

مراحل انجام کار

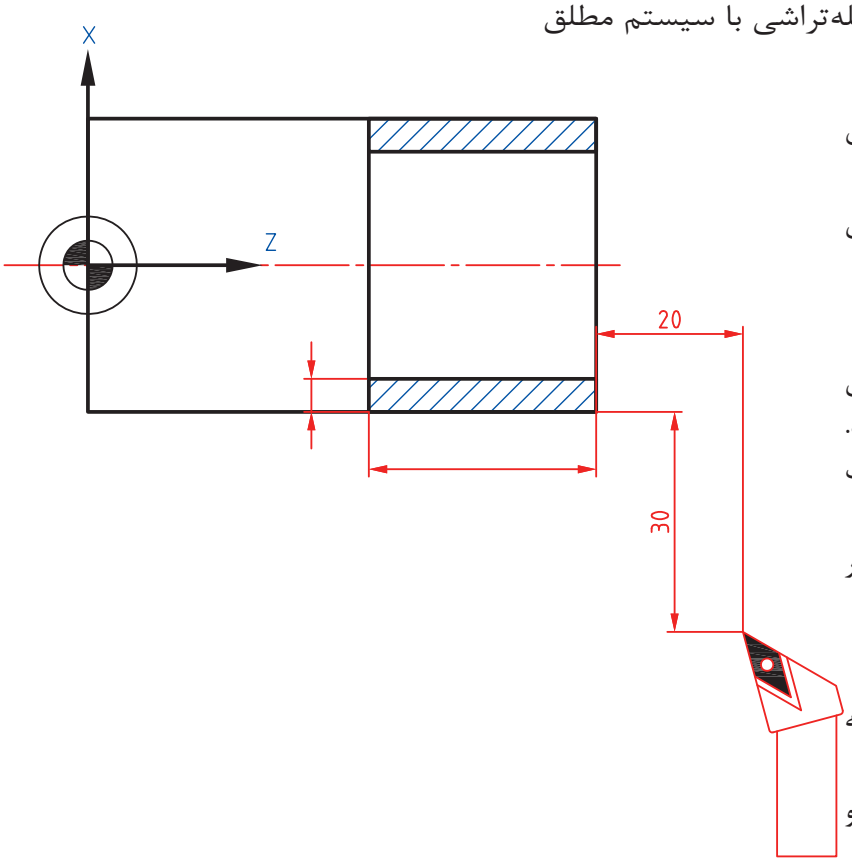
۱ رسم نقشه قطعه‌کار به صورت دستی.
۲ ترسیم نقشه در رایانه و ذخیره کردن آن(Save).
۳ برنامه‌نویسی براساس فرمان‌ها، کدهای مربوطه، شکل قطعه کار و مطابق با اصول و فنون مربوطه.
۴ وارد کردن برنامه نوشته شده در رایانه و ذخیره کردن آن (Save).
۵ نمایش گرافیکی عملیات ماشین‌کاری قطعه‌کار.
۶ آزمایش و کنترل برنامه، روی نقشه گرافیکی.
۷ اخذ تأییدیه هنرآموز و انجام اصلاحات احتمالی.
۸ کپی نقشه و برنامه نوشته شده روی فلش با ذکر مشخصات.

در پایان:

۱ دستگاه را خاموش کنید.
۲ وسایل استفاده شده را مرتب کرده و در محل مربوطه قرار دهید.

فعالیت برنامه نویسی ۲

موضوع: برنامه‌نویسی پله‌تراشی با سیستم مطلق



وسایل مورد نیاز

۱ رایانه مجهز به نرم‌افزارهای نقشه‌کشی و برنامه‌نویسی.
۲ وسایل نقشه‌کشی دستی (در صورت نیاز).

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ کابل‌ها و پریزهای برق کاملاً سالم و بدون عیب باشند.
۲ دستگاه رایانه بدون عیب و نقص و آماده‌به‌کار باشد.
۳ رعایت نکات ارگونومی در کار با رایانه.

مراحل انجام کار

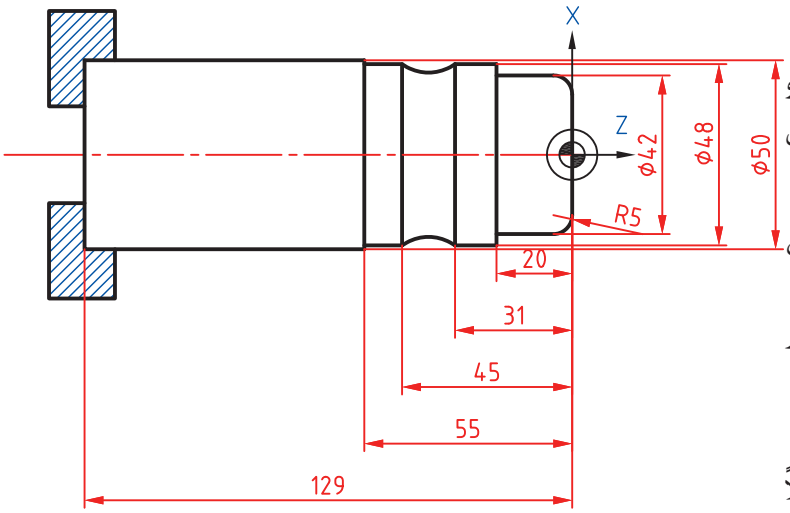
۱ رسم نقشه قطعه‌کار به صورت دستی.
۲ ترسیم نقشه در رایانه و ذخیره کردن آن(Save).
۳ برنامه‌نویسی براساس فرمان‌ها، کدهای مربوطه، شکل قطعه کار و مطابق با اصول و فنون مربوطه.
۴ وارد کردن برنامه نوشته شده در رایانه و ذخیره کردن آن (Save).
۵ نمایش گرافیکی عملیات ماشین‌کاری قطعه‌کار.
۶ آزمایش و کنترل برنامه، روی نقشه گرافیکی.
۷ اخذ تأییدیه هنرآموز و انجام اصلاحات احتمالی.
۸ کپی نقشه و برنامه نوشته شده روی فلش با ذکر مشخصات.

در پایان:

۱ دستگاه را خاموش کنید.
۲ وسایل استفاده شده را مرتب کرده و در محل مربوطه قرار دهید.

فعالیت برنامه نویسی ۳

موضوع: برنامه‌نویسی فرم‌تراشی و پله‌تراشی با سیستم اندازه‌گیری نسبی



وسایل مورد نیاز

۱ رایانه مجهز به نرم‌افزارهای نقشه‌کشی و برنامه‌نویسی.

۲ وسایل نقشه‌کشی دستی (در صورت نیاز).

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ کابل‌ها و پریزهای برق کاملاً سالم و بدون عیب باشند.

۲ دستگاه رایانه بدون عیب و نقص و آماده‌به‌کار باشد.

۳ رعایت نکات ارگونومی در کار با رایانه.

مراحل انجام کار

۱ رسم نقشه قطعه‌کار به صورت دستی.

۲ ترسیم نقشه در رایانه و ذخیره کردن آن(Save).

۳ برنامه‌نویسی براساس فرمان‌ها، کدهای مربوطه، شکل قطعه کار و مطابق با اصول و فنون مربوطه.

۴ وارد کردن برنامه نوشته شده در رایانه و ذخیره کردن آن (Save).

۵ نمایش گرافیکی عملیات ماشین‌کاری قطعه‌کار.

۶ آزمایش و کنترل برنامه، روی نقشه گرافیکی.

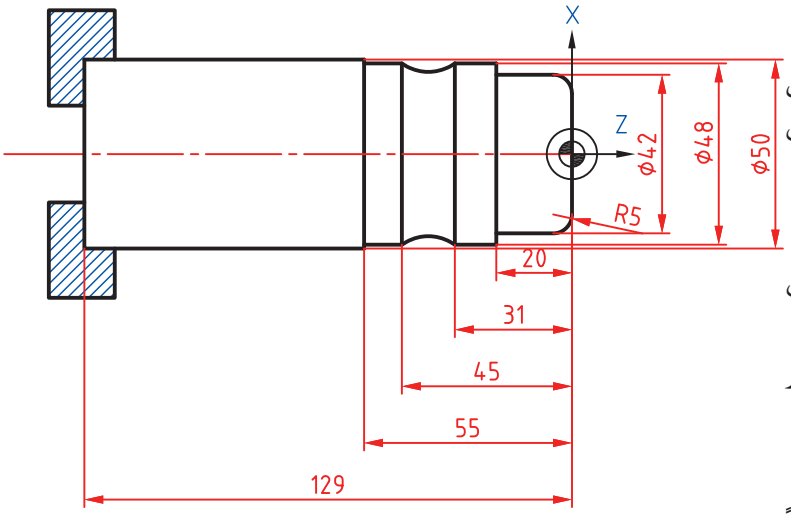
۷ اخذ تأییدیه هنرآموز و انجام اصلاحات احتمالی.

۸ کپی نقشه و برنامه نوشته شده روی فلش با ذکر مشخصات.

در پایان:

۱ دستگاه را خاموش کنید.

۲ وسایل استفاده شده را مرتب کرده و در محل مربوطه قرار دهید.



فعالیت برنامه نویسی ۴

موضوع: برنامه‌نویسی فرم‌تراشی و پله‌تراشی با سیستم اندازه‌گیری مطلق

وسایل مورد نیاز

۱ رایانه مجهز به نرم‌افزارهای نقشه‌کشی و برنامه‌نویسی.
۲ وسایل نقشه‌کشی دستی (در صورت نیاز).

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ کابل‌ها و پریزهای برق کاملاً سالم و بدون عیب باشند.
۲ دستگاه رایانه بدون عیب و نقص و آماده‌به‌کار باشد.
۳ رعایت نکات ارگونومی در کار با رایانه.

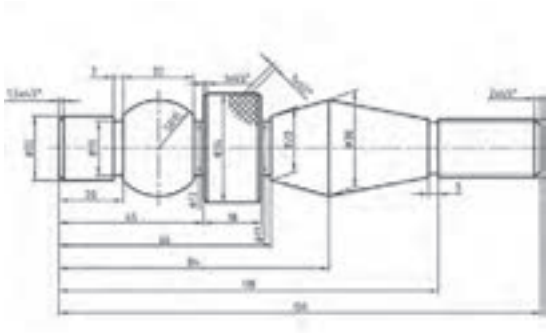
مراحل انجام کار

۱ رسم نقشه قطعه‌کار به صورت دستی.
۲ ترسیم نقشه در رایانه و ذخیره کردن آن(Save).
۳ برنامه‌نویسی براساس فرمان‌ها، کدهای مربوطه، شکل قطعه کار و مطابق با اصول و فنون مربوطه.
۴ وارد کردن برنامه نوشته شده در رایانه و ذخیره کردن آن (Save).
۵ نمایش گرافیکی عملیات ماشین‌کاری قطعه‌کار.
۶ آزمایش و کنترل برنامه، روی نقشه گرافیکی.
۷ اخذ تأییدیه هنرآموز و انجام اصلاحات احتمالی.
۸ کپی نقشه و برنامه نوشته شده روی فلش با ذکر مشخصات.

در پایان:

۱ دستگاه را خاموش کنید.
۲ وسایل استفاده شده را مرتب کرده و در محل مربوطه قرار دهید.

موضوع: برنامه‌نویسی مطابق نقشه



شاخص عملکرد

۱- تولرانس ابعادی براساس استاندارد ISO2768-f ۲-کیفیت سطح Ra 0.4

شرایط انجام کار

۱- انجام کار در سایت ۲- نور یکنواخت با شدت روشنایی ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد ۴- دمای محیط ۳° ± ۲۰°c سانتی‌گراد ۵- استفاده از تجهیزات ایمنی و حفاظتی استاندارد

ابزار و تجهیزات

۱-دستگاه رایانه مجهز به نرم‌افزارهای طراحی و برنامه‌نویسی (اتوکد، سالیدورکز، شبیه‌ساز گرافیکی، نرم‌افزار زیمنس)
۲- حافظه جانبی

معیار شایستگی

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی	نمره هنرجو
۱	ترسیم نقشه	۱	
۲	برنامه‌نویسی براساس فرمان‌ها و کدهای مربوطه مطابق کنترل زیمنس	۲	
۳	وارد کردن برنامه در رایانه و ذخیره کردن آن (Save)	۱	
۴	نمایش برنامه در محیط گرافیکی	۲	
۵	درستی برنامه نوشته شده	۲	
۶	استفاده بهینه از فرامین برنامه‌نویسی در کاهش حجم برنامه	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ مدیریت زمان ۲ـ مسئولیت‌پذیری ۳ـ مدیریت منابع		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است