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 فرایندهای ماشین‌کاری
۲ نقشه‌خوانی

مقدمه

امروزه روش‌های تولید روز به روز مدرن‌تر و پیشرفته‌تر می‌شوند و اصولاً ماشین‌های مورد استفاده در صنعت به سمت اتوماسیون کامل پیش 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 قیدوبندها 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. در این پودمان قصد داریم برنامه‌نویسی به روش دستی برای دستگاه تراش کنترل عددی با رایانه (Computer Numerical Control) که به اختصار CNC نامیده می‌شود را آموزش دهیم.

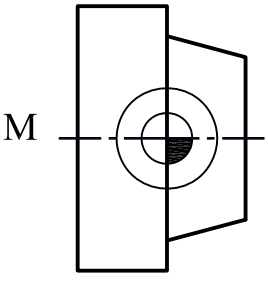
برنامه‌نویسی

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: هنگام نوشتن و اجرای یک برنامه، نقاط مرجع مختلفی تعریف می‌شود و با نمادهای مختلفی نشان داده می‌شوندکه در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

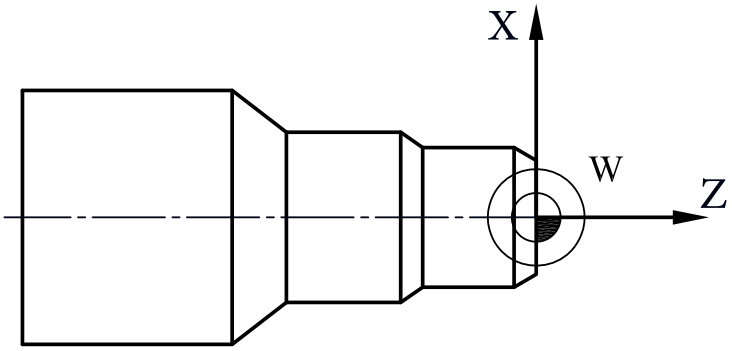
نقطه رفرنس دستگاه (R:Reference): برای مشخص کردن مقادیر عددی محورها نسبت به مبدأ مختصات از یک نقطه ثابت که توسط سازنده ماشین مشخص می‌شود استفاده می‌گردد. این عمل در هنگام روشن کردن ماشین انجام می‌گیرد. البته در کنترلرهای جدید از سیستم مطلق استفاده می‌شود و نیازی به رفرنس کردن دستگاه نیست.

نقطه صفر دستگاه (M: Machine): این نقطه به عنوان مبدأ مختصات برای حرکت محورها است و اغلب توسط سازنده در گلویی دستگاه تعیین می‌گردد. (شکل ۱)



شکل ۱- نقطه صفر دستگاه

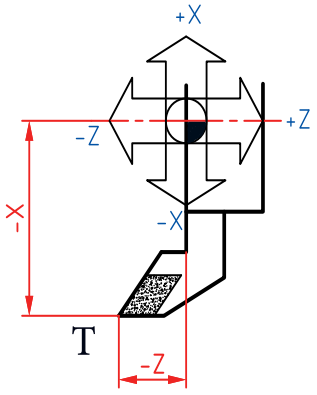
نقطه صفر قطعه کار (W:Workpice) : این نقطه توسط برنامه‌نویس با توجه به نوع اندازه‌گذاری روی نقشه، به‌نحوی تعیین می‌گردد که تمام فعالیت‌های براده‌برداری با توجه به برنامه نوشته شده قابل سنجیدن باشند. این نقطه به‌نوعی می‌تواند نقطه شروع عملیات براده‌برداری نیز باشد. بنابراین باید در محلی تعیین گردد که اولاً 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.

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 با روشن شدن دستگاه به صورت پیش فرض فعال شده و نیازی به تعریف آنها در داخل برنامه نمی‌باشد. مانند G۹۰ یا G۷۱

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

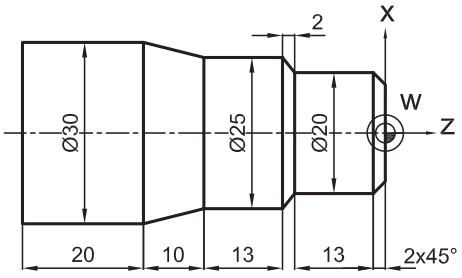
سیستم‌های اندازه‌گیری در ماشین‌های CNC

در ماشین‌های CNC دو نوع سیستم اندازه‌گیری تعریف می‌شود.

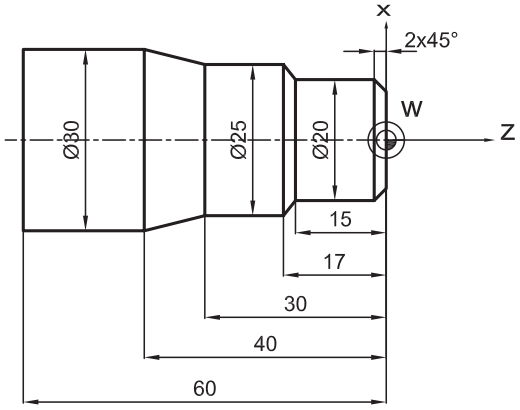
سیستم اندازه‌گیری مطلق (Absolut): اندازه‌گیری نسبت به یک نقطه ثابت انجام می‌گیرد. (شکل ۴)

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)

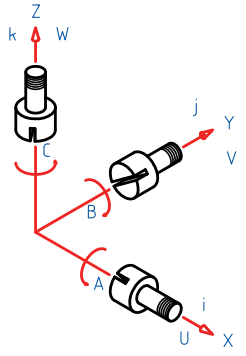


شکل ۵- سیستم اندازه‌گیری نسبی



شکل ۴- سیستم اندازه‌گیری مطلق

گفتنی است این محورها در سیستم کنترل فانوک 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 قطر قطعه
مطلق(**ABS**)		
نسبی(**CNI**) (فانوک)		

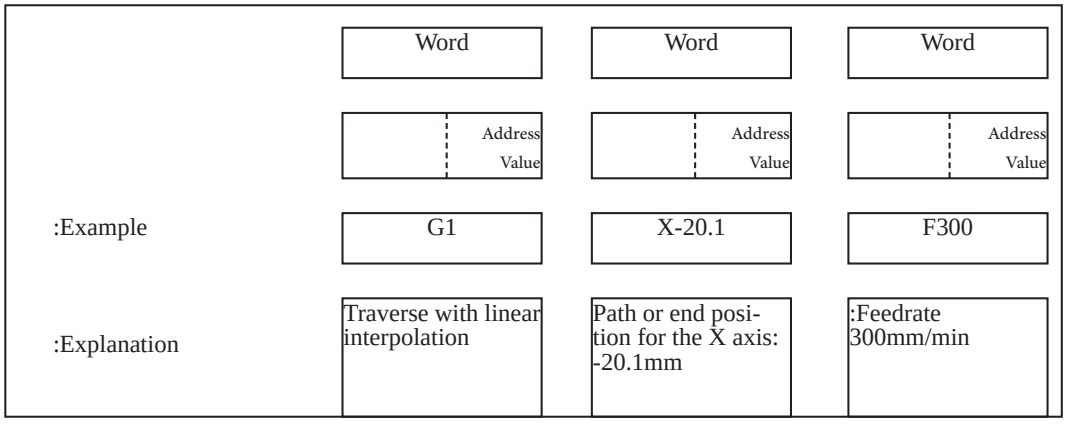
توجه: در ماشین‌های تراش CNC محورهای مختصات فقط روی محور X (در راستای قطر قطعه) و محور Z (در راستای طول قطعه) تعریف می‌شود.

زبان برنامه نویسی

زبان برنامه‌نویسی عاملی است به منظور رمزگذاری و تبدیل اعداد و حروف به حرکت. زبان برنامه نویسی علاوه بر اینکه قادر است اعداد و حروف استفاده شده در برنامه را به حرکت تبدیل کند باید 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 با کنترلر زیمنس مبنای آموزش قرار دارد لذا این سیستم شرح داده می‌شود.

زبان برنامه نویسیGکد و Mکد برای کنترلر های زیمنس: سیستم کنترل زیمنس بر مبنای Word Address بوده و براساس استاندارد DIN ۶۶۰۲۵ نوشته می‌شود. در سیستم زیمنس هر سطر، یک خط 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

خط(line): مجموعه‌ای از دستورات که در یک سطر نوشته می‌شود را اصطلاحاً **خط** گویند. هر **خط** 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 خط زیر را بنویسید.

Word	Word	Word	Word	Word
N10	G01	X50	Z-30	F0.2
شماره سطر برنامه	فرمان حرکت خطی	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 Gکد ها، زبان‌های مختلف دیگری نیز توسط سازنده‌های سیستم کنترل ماشین‌های CNC مورد استفاده قرار می‌گیرد. مانند APT، ADDAPT و ...

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

قسمت A شامل یک عدد دورقمی نشان دهنده شماره ایستگاه در مجموعه ابزارگیر و B با یک عدد تک رقمی که شماره صفحه اطلاعات ابزار در حافظه دستگاه را مشخص می‌کند.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 آماده سازی

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

انواع G کد: کدهای اجرایی از نظر نوع به دو دسته استاندارد و غیر استاندارد تقسیم می شوند.
کدهای استاندارد: کدهایی هستند که در تمام کنترلرها عملکرد یکسانی دارند مانند G01 و G02 و...
کدهای غیر استاندارد(سیکل): این کدها به کدهای عملیاتی معروف هستند با توجه نوع کنترلر عملکردهای متفاوتی دارند.مانند G71 و G89 به طور مثال برای سیکل روتراشی شرکت زیمنس از cycle95 و شرکت فانوک از G71 استفاده می کند.عملکرد فرمان های غیراستاندارد در دفترچه راهنمای دستگاه توضیح داده می شود.

فرمان G97: با استفاده از این فرمان جهت چرخش اسپیندل با دور 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 ماشین‌تراش، کارگیر و در فرزکاری نگهدارنده ابزار (ابزارگیر) است.

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

نکته: برای عملیات تراشکاری با ابزار چپ‌بر (پله‌تراشی، روتراشی، مخروط‌تراشی و ...) از کد M04 و برای عملیات سوراخ‌کاری، قلاویزکاری، برقوکاری و ... با ابزار راست‌بر از کد M03 استفاده می‌شود.

فعالیت ۳

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

پله تراشی	روتراشی	سوراخ‌کاری	قلاویز کاری

فرمان G۹۶: از این فرمان برای ثابت ماندن سرعت برش ابزار در زمانی که قطر قطعه کار متغیر باشد استفاده می شود در این فرمان سیستم کنترل با استفاده از فرمول سرعت برش که در حافظه دستگاه تعریف شده است عده دوران را محاسبه می کند حالت کلی فرمان G۹۶ به صورت زیر است .

G96 S… LIMS=…. M03/M04

توجه: ۱ ازحرف S برای مشخص کردن سرعت برشی ابزار برحسب متر بر دقیقه 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

مفهوم هر یک از اجزای خط زیر را بنویسید:

N20 G96 S230 LIMS=995 M03/M04

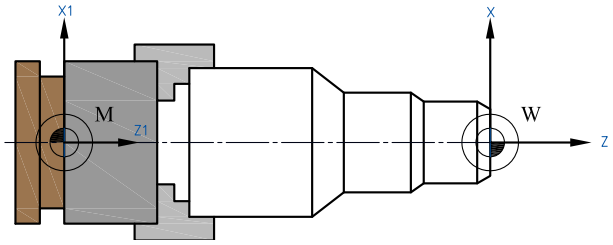
N20	G96	S230	LIMS=995	M03	M04

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 اینچی و از فرمان G71 برای مختصات میلیمتری استفاده می‌شود.
فرمان‌های G54 تا G59 : از این فرمان‌ها برای انتقال نقطه صفر ماشین به نقطه دلخواه به‌ویژه نقطه صفر قطعه کار استفاده می‌شوند، همچنین فرمان G53 لغو کننده این فرمان‌ها می‌باشد. (جدول ۱)

نکته: فرمان G500 علاوه بر لغو فرمان‌های G54 تا G59 تنظیمات tool offset را نیز لغو می‌کند.

نکته: انتقال نقطه صفر دستگاه به 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)



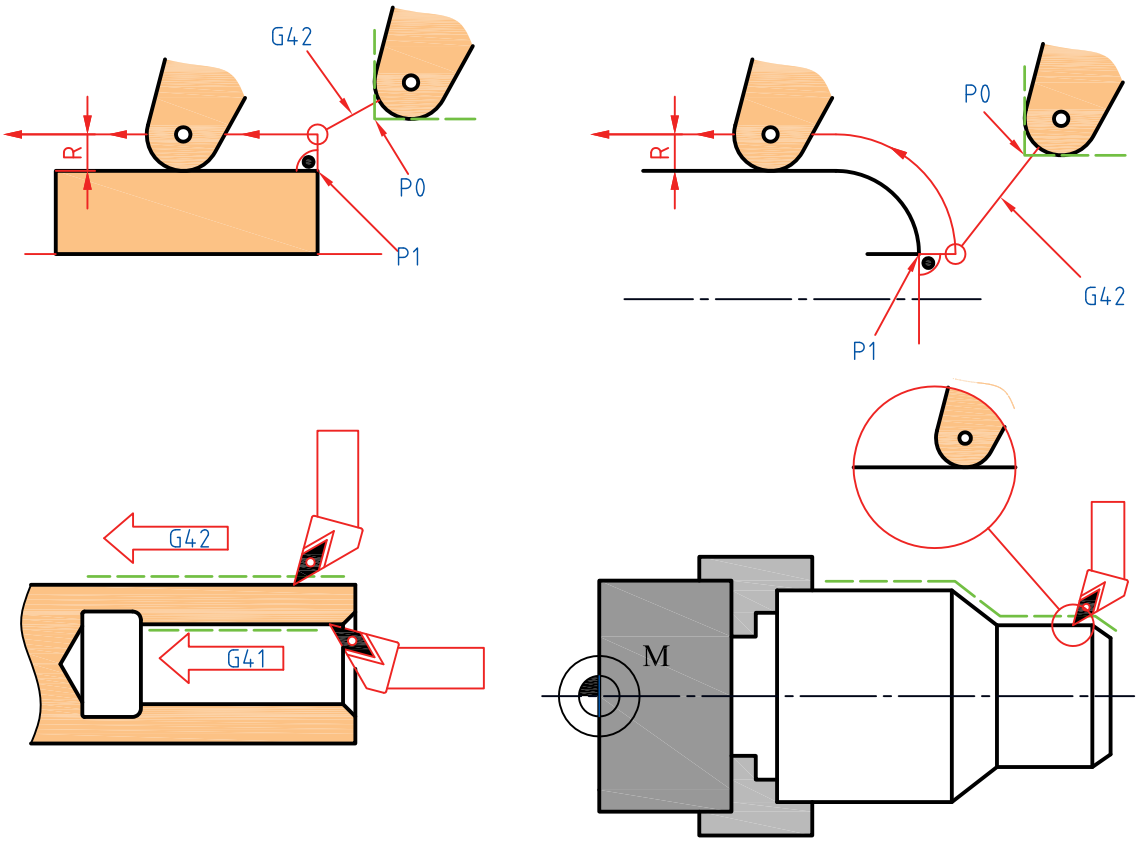
شکل ۹- انتقال نقطه صفر ماشین (ZERO OFFSET)

فعالیت ۵

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 مبدأ 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 ۶

مفهوم هر یک از فرمان‌های زیر را بنویسید.

G40	G41	G42

فعالیت ۷

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

نکات ایمنی:

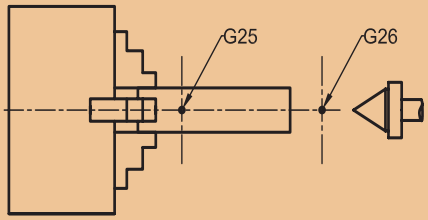
برای جلوگیری از برخورد ابزار با سه نظام یا مرغک باید حرکت ابزار محدود شود برای تعیین محدوده می‌توان از فرمان‌های G25 و G26 استفاده نمود این فرمان‌ها به صورت زیر به کار می‌رود.

G25 x ..... z....

G26 x ..... z....

جهت فعال کردن محدوده از دستور WALIMON و غیرفعال کردن از دستور WALIMOF استفاده می‌شود .

توجه: زمانی که نیاز باشد ابزار از محدوده کاری خارج شود غیر فعال می‌شود مانند عبور مته از نقطه مورد نظر در داخل قطعه کار

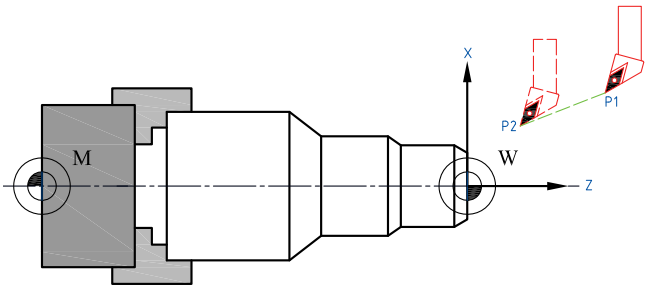


شکل ۱۱- تعیین محدوده حرکت ابزار

فرمان‌های عملیاتی

فرمان G00: از این فرمان برای حرکت سریع ابزار به محل براده‌برداری استفاده می‌شود. لازم به توضیح است حرکت ابزار با این فرمان بدون عملیات براده‌برداری است این فرمان‌ها به صورت زیر به کار می‌رود: (شکل ۱۲)

G00 X… Z…



شکل ۱۲- حرکت خطی سریع 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 (روتراشی، پیشانی‌تراشی و ....) استفاده می‌شود این فرمان به صورت‌های زیر به‌کار می‌رود:

G01 X… Z… F… M08

درخط قبل، F مقدارسرعت پیشروی و M08 فرمان روشن کردن پمپ آب صابون است.

برای روتراشی و سوراخ‌کاری به‌صورت زیر نوشته می‌شود.

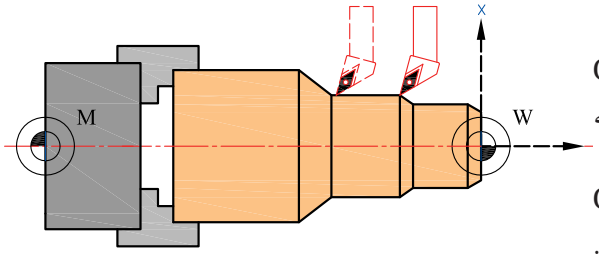
G01 Z… F… M08

برای پیشانی‌تراشی یا برش‌کاری، به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

G01 X… F… M08

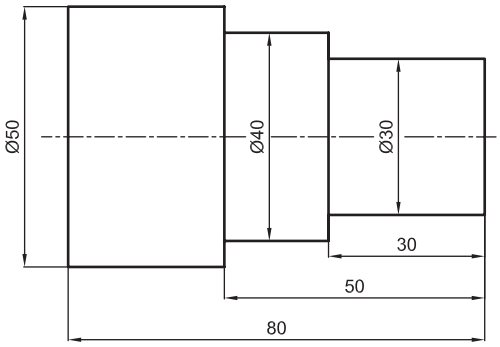
برای مخروط‌تراشی، به‌صورت زیر نوشته می‌شود. (شکل ۱۳)

G01 X… Z… F… M08



شکل ۱۳-عملیات براده برداری

مثال: برای قطعه زیر برنامه‌ای بنویسید که عملیات براده‌برداری مطابق نقشه انجام شود.



شکل ۱۴-قطعه نمونه

SHAHAB.mpf			
N10	T01 D1	N160	G00 z2
N20	G96 S200 LIMS=1500 M04	N170	x31
N30	G00 x55 z0	N180	G01 z-30
N40	G01 x-1 f0.3 M08	N190	x36
N50	G00 x45.5 z2	N200	G00 z2
N60	G01 z-50	N210	x30
N70	x51	N220	G01 z-30
N80	G00 z2	N230	x40
N90	x41	N240	z-50
N100	G01 z-50	N250	x 50
N110	x46	N260	z-80
N120	G00 z2	N270	x53
N130	x36	N280	G00 x100 z100 M09 M05
N140	G01 z-30	N290	M30
N150	x41		

فعالیت ۸

مفهوم هر یک از اجزای خط برنامه زیر را بنویسید.

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

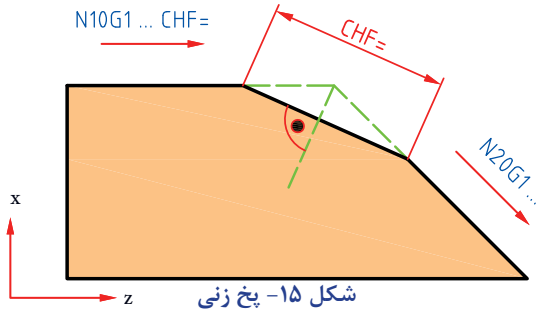
N12	G01	X25	Z-25	F0.1	S700	M04	M08

فرمان‌های CHR، RND و CHF : از این فرمان‌ها برای ایجاد پخ و قوس در لبه‌های تیز قطعه کار در دستور G01 استفاده می‌شود.

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 ۱۵)

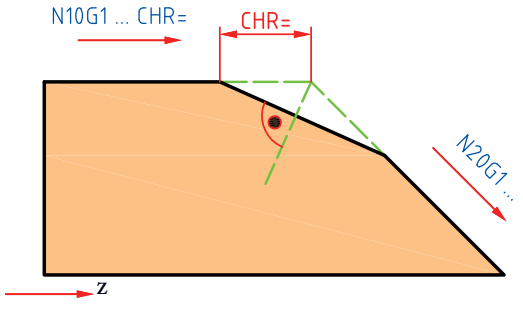
G01 X… Z... CHF=...



شکل ۱۵- پخ زنی

ب- پخ‌زنی به روش حرکت ابزار در راستای محور قطعه‌کار براساس دفترچه راهنمای دستگاه (شکل ۱۶)

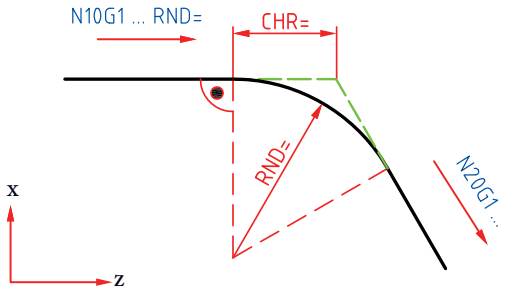
G01 X… Z... CHR=...



شکل ۱۶-پخ زنی و قوس زنی قطعات

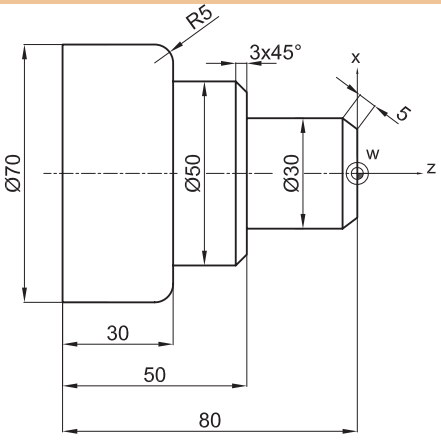
پ- قوس‌زنی لبه قطعات با یک قوس (شکل ۱۷)

G01 X… Z... RND=...



شکل ۱۷- قوس زنی با یک قوس

مثال: برنامه ای بنویسید که پخ زنی و قوس تراشی قطعه مطابق شکل را انجام دهد.(برنامه زیر قسمتی از یک برنامه است)

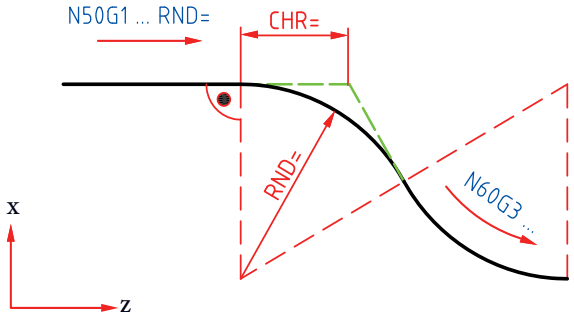


شکل ۱۸- قطعه نمونه

.
.
N10 G00 x0 z5
N20 G01 z0 f0.2 M08
N30 x30 CHF=5
N40 G01 z-30
N50 x50 CHR=3
N60 G00 z-50
N70 G01 x70 RND=5
N80 G01 z-70

ت- قوس‌زنی لبه قطعات با بیش از یک قوس (شکل ۱۹)

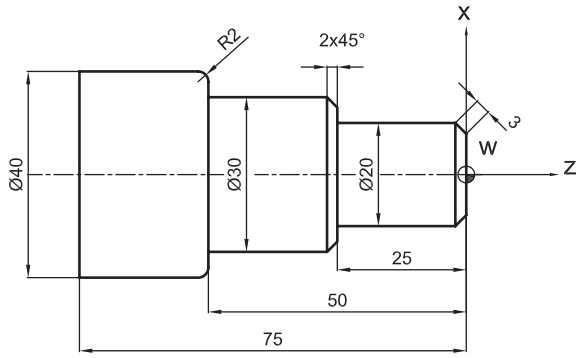
G01 X… Z... RND=...



شکل ۱۹- قوس زنی قطعات با بیش از یک قوس

فعالیت۹

برنامه مناسب برای تراش قطعه زیر را در دو سیستم مختصات مطلق و نسبی بنویسید (شکل ۲۰).



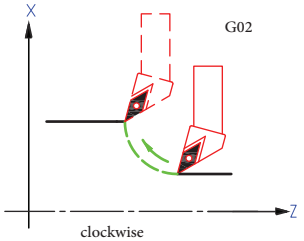
شکل ۲۰- قطعه نمونه

برنامه براساس سیستم مختصاتی مطلق	برنامه براساس سیستم مختصاتی نسبی

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

۱ از فرمان G02 برای ماشین‌کاری کمان‌ها در جهت عقربه‌های ساعت استفاده می‌شود. (شکل ۲۱)

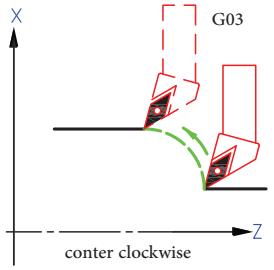
G02 X… Z… CR=… F… M08



شکل ۲۱- مختصات شعاع و پایان کمان درجهت عقربه‌های ساعت

۲ از فرمان G03 برای ماشین‌کاری قوس‌ها در خلاف جهت عقربه‌های ساعت استفاده می‌شود. (شکل ۲۲)

G03 X… Z… CR=… F… M08



شکل ۲۲- مختصات شعاع و پایان کمان درجهت خلاف عقربه‌های ساعت

گفتنی است:

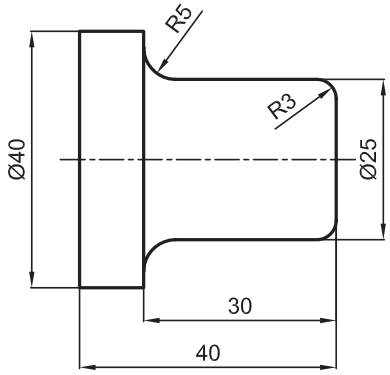
۱ X و Z مختصات پایان کمان و CR اندازه شعاع کمان است.

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 ۱۰

برنامه ای جهت تراشیدن قطعه زیر بنویسید.



شکل ۲۳- قطعه نمونه

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

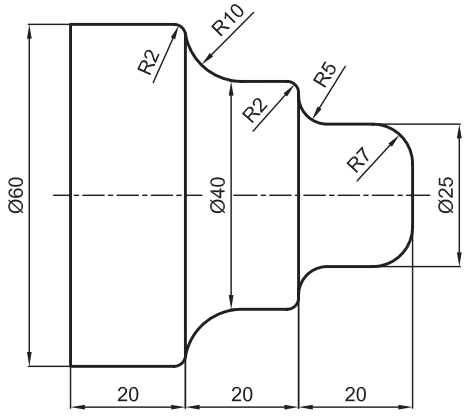
G02/03 X… Z… I… K… M08

درخط بالا I و K مختصات مرکز قوس نسبت به نقطه شروع آن می‌باشند.

چنانچه منحنی، قطعه کمانی از دایره باشد و مرکز آن منطبق بریکی از محور های x و z باشد یکی از مقادیر Iیا K صفر خواهد بود و چنانچه منطبق بر هیچ یک از راستاهای نقطه شروع آن نباشد، هر دو پارامتر I و K دارای مقدار می‌باشد.

فعالیت ۱۱

برنامه‌ای برای تراشیدن قطعه زیر بنویسید.



شکل ۲۴- قطعه نمونه

فرمان G33 (پیچ‌بری تک‌مرحله‌ای): از این فرمان برای ساخت پیچ‌ها در یک مرحله استفاده می‌شود.خط برنامه آن مطابق زیر است:.

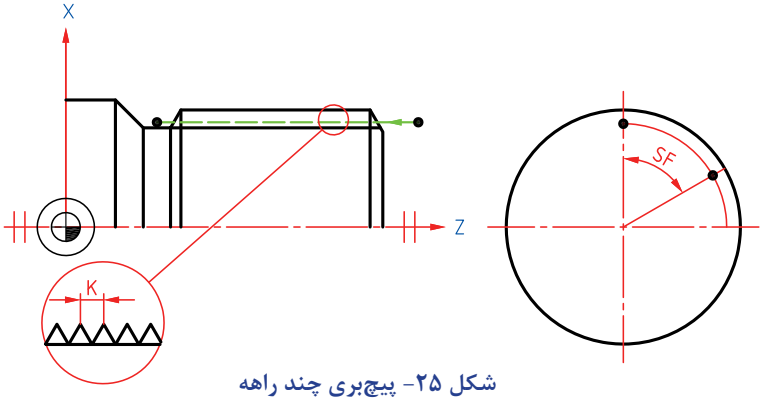
G33 Z… K ....

در این دستور K گام پیچ و Z نقطه انتهایی پیچ است. اگر عمق بار پیچ بیشتر باشد با تکرار این دستور و یا استفاده از سایکل پیچ تراشی می‌توان پیچ را در چند مرحله تراشید.

تراشیدن پیچ های چند راهه: چنانچه در دستور فوق ازپارامتر SF استفاده شود، می‌توان پیچ چند راه تراشید.

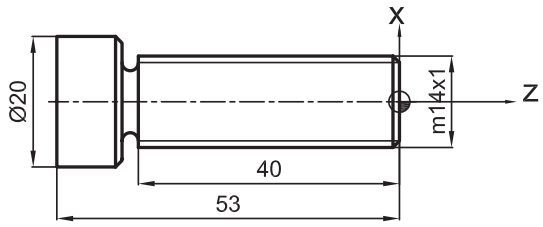
G33 Z… K… SF=...

SF زاویه اسپیندل برای شروع پیچ‌بری در پیچ‌های چندراهه است. در مورد پیچ سه‌راهه SF برای راه اول صفر درجه، برای راه دوم ۱۲۰ درجه و برای راه سوم ۲۴۰ درجه در نظر گرفته می‌شود. K گام پیچ و Z مختصات نقطه پایان پیچ است و چنانچه دو راهه باشد باید برای راه اول صفر و راه دوم ۱۸۰درجه درنظرگرفت. (شکل ۲۵)



شکل ۲۵- پیچ‌بری چند راهه

مثال: برنامه‌ای بنویسید که عملیات پیچ تراشی قطعه زیر را در چند مرحله انجام دهد بدون اینکه در پایان به ابتدای برنامه برگردد.



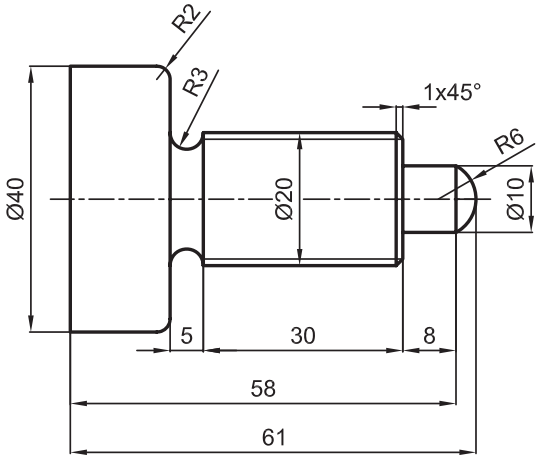
شکل ۲۶- قطعه نمونه

همان‌طوری که در مثال مشاهده می‌کنید گام پیچ یک میلیمتر است و عمق این پیچ حدود ۰/۶۱ میلیمتر است. این عمق در پنج مرحله تکمیل می شود.

PART02			
N10	T02 D1	N130	G00 x16
N20	G97 S300 M03	N140	z3
N30	G00 x13.5 z3	N150	x12.9
N40	G33 z-41 k1	N160	G33 z-41 k1
N50	G00 x16	N170	G00 x16
N60	z3	N180	z3
N70	x13.2	N190	x12.8
N80	G33 z-41 k1	N200	G33 z-41 k1
N90	x16 G00	N210	G00 x100
N100	z3	N220	z100 M05
N110	x13	N230	M02
N120	G33 z-41 k1		

فعالیت ۱۲

برنامه ای برای قطعه داده شده در زیر را بنویسید.



شکل ۲۷- قطعه نمونه

سیکل‌های براده برداری در برنامه نویسی

برای جلوگیری از طولانی شدن برنامه در یک عملیات براده برداری تکراری مانند روتراشی در چند مرحله می‌توان در هنگام برنامه‌نویسی از تمهیداتی استفاده نمود که یک عمل براده‌برداری برای چند بار تکرارشود این عمل را در برنامه نویسی سیکل می‌نامند.
مهم‌ترین سیکل‌های مورد استفاده عبارت‌اند از سیکل تراشکاری ترکیبی، سیکل پیچ تراشی، سیکل شیارتراشی و... .
برای استفاده از سیکل‌های براده‌برداری در برنامه نویسی ابتدا سیکل‌کاری را به صورت یک زیر برنامه یا برنامه فرعی نوشته و با پسوند SPF ذخیره می کنیم پس از نوشتن زیر برنامه اقدام به نوشتن برنامه اصلی نموده و در زمانی که باید عملیات مورد نظر تکرار شود از سیکل مورد نظر استفاده می‌کنیم.

CYCLE95: از این سیکل برای استفاده از عملیات تراشکاری ترکیبی استفاده می‌شود این سیکل در برنامه به صورت زیر استفاده می شود.

CYCLE95("NPP",MID,FALZ,FALX,FAL,FF1,FF2,FF3,VARI,DT,DAM,_VRT)

NPP: نام برنامه فرعی است که مرحله پرداخت‌کاری قطعه در آن نوشته شده است.
MID: مقدار عمق بار در هر مرحله خشن تراشی
FALZ: مقدار عمق بار پرداخت‌کاری در جهت طول قطعه کار.
FALX: مقدار عمق بار پرداخت‌کاری در جهت قطر قطعه کار.
FAL: مقدار عمق بار پرداخت در طول و قطر کار (اگر از دو پارامتر بالا استفاده شود به این پارامتر نیازی نیست).
FF1: مقدار سرعت پیشروی برای خشن‌کاری
FF2: مقدار سرعت پیشروی جهت نفوذ در قسمت‌هایی که فرورفتگی وجود دارد.
FF3: مقدار سرعت پیشروی در پرداخت‌کاری نهایی
VARI: نوع ماشین‌کاری. برای انتخاب نوع ماشین کاری از جدول زیر استفاده کنید.

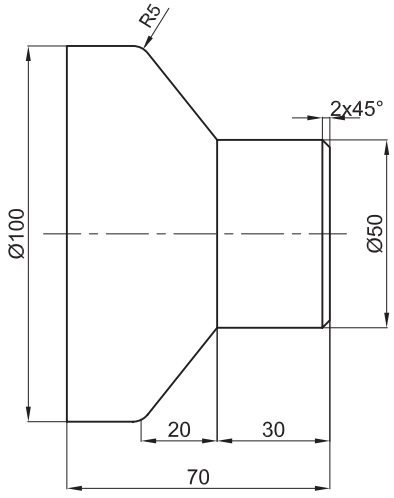
	داخل تراشی			روتراشی		
	کامل	پرداخت‌کاری	خشن‌کاری	کامل	پرداخت‌کاری	خشن‌کاری
ماشین‌کاری طولی	11	7	3	9	5	1
ماشین‌کاری عرضی	12	8	4	10	6	2

نکته ایمنی: هرگز قبل از خشن‌تراشی از عدد ۵ در پارامتر VARI استفاده نکنید.

DT: مکث زمانی جهت شکستن براده برحسب ثانیه
DMA: فاصله های مکث زمانی جهت شکستن براده بر حسب میلیمتر

VRT_: مقدار عقب‌کشی ابزار یا جدا شدن ابزار از قطعه کار بعد از هر مرحله خشن‌تراشی(درصورتی که تعریف نشود ۱ میلیمتر به صورت پیش‌فرض در نظر گرفته می شود).

مثال: برنامه‌ای بنویسید که قطعه مطابق شکل را پس از خشن‌تراشی پرداخت‌کاری نماید.



شکل ۲۸- قطعه نمونه

برای جلوگیری از طولانی شدن برنامه باید از سیکل تراشکاری ترکیبی استفاده شود. ابتدا یک برنامه فرعی با نام دلخواه نوشته و با پسوند spf ذخیره می‌کنیم و سپس برنامه اصلی را که در آن سیکل تراشکاری است نوشته و با نام part1 و پسوندmpf ذخیره می‌کنیم.

L01.spf	
N10	G00 x46 z2
N20	G01 z0
N30	x50 CHR=2
N40	z-30
N50	x100 z-50 RND=5
N60	z-60
N70	x102
N80	M17

part1.mpf	
N10	G54 G90 G71
N20	T02 D1
N30	G96 S180 LIMS=1500 M03
N40	G00 x105 z0
N50	G01 x-1 F0.3 M08
N60	G00 x105 z5
N70	CYCLE95("L01", 2,0.1,0.8, , 0.3,0.05,0.15,9,1,30,1)
N80	G00 x200 z200 M09
N90	M30

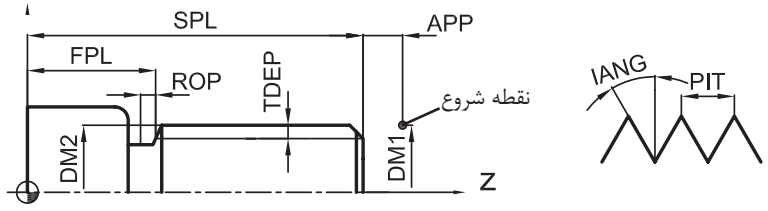
چنانچه برنامه فوق را به همراه زیر برنامه L01 استفاده شود قطعه در ۲۵ مرحله روتراشی تکمیل می شود.

CYCLE99: از این سیکل برای استفاده از پیچ تراشی چند مرحله‌ای استفاده می‌شود این سیکل در برنامه به صورت زیر استفاده می شود.

CYCLE99(SPL,DM1,FPL,DM2,APP,ROP,TDEP,FAL,IANG,NSP,NRC,NID,PIT,VARI,NUMTH,_VRT)

SPL : نقطه شروع پیچ در طول قطعه
DM1 : نقطه شروع پیچ در قطر قطعه
FPL : نقطه پایان پیچ در طول قطعه
DM2 : نقطه پایان پیچ درقطر قطعه
APP : مقدار پیشرو
ROP : مقدار پسرو
TDEP : عمق دندانه پیچ
FAL : عمق بار پرداخت نهایی

IANG : نصف زاویه راس دندانه پیچ
NSP : زاویه شروع براده برداری در پیچ های چند راهه
NRC : تعداد مراحل خشن کاری
NID :تعداد مراحل پرداخت کاری
PIT :گام پیچ
VARI :نوع پیچ تراشی
NUMTH : تعداد راه پیچ
_VRT: مقدار عقب‌کشی ابزار بعد از هر مرحله



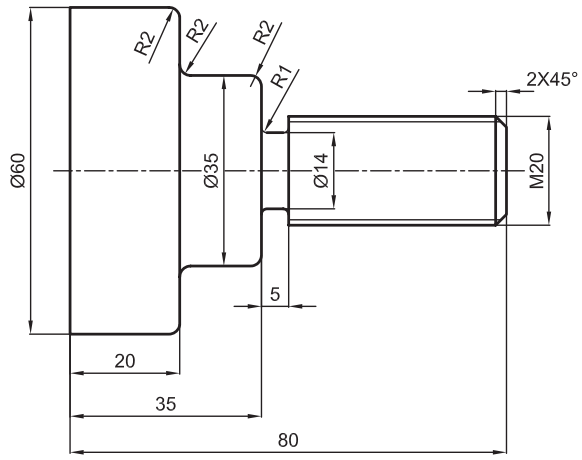
شکل ۲۹- اجزای سیکل پیچ تراشی

نکته: برای نوع پیچ تراشی از جدول زیر استفاده می‌شود.

	خارجی	داخلی
باردهی یکنواخت	1	2
باردهی کاهشی	3	4

فعالیت۱۳

با استفاده از سیکل‌های براده‌برداری برنامه‌ای برای قطعه مقابل بنویسید.



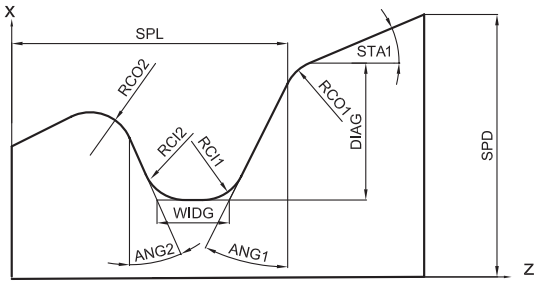
شکل ۳۰- قطعه نمونه

CYCLE93: این سیکل برای شیارتراشی در چند مرحله در عملیات براده برداری استفاده می شود. این سیکل در برنامه به صورت زیر نوشته می شود.

CYCLE93(SPD,SPL,WIDG,DIAG,STA1,ANG1,ANG2,RCO1,RCO2,RCI1,RCI2,FAL1,
FAL2,IDEP,DTB,VARI,_VRT)

SPD : نقطه شروع شیار روی قطر
SPL :نقطه شروع شیار روی طول
WIDG: عرض کف شیار
DIAG: عمق شیار
STA1: زاویه شروع شیار
ANG1: زاویه دیواره اول شیار
ANG2 : زاویه دیواره دوم شیار
RCO1 : قوس یا پخ لبه اول بیرونی شیار
RCO2 : قوس یا پخ لبه دوم بیرونی شیار

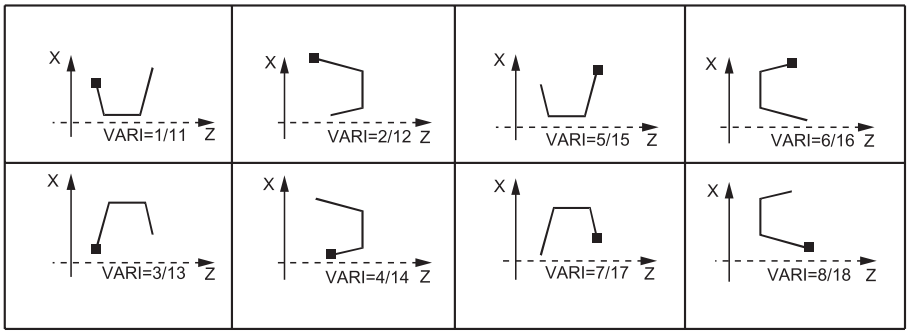
RCI1 : قوس یا پخ لبه اول داخلی شیار
RCI2 : قوس یا پخ لبه دوم داخلی شیار
FAL1 : مقدار عمق بار پرداخت‌کاری در کف شیار
FAL2 : مقدار عمق بار پرداخت‌کاری در دیواره شیار
IDEP : مقدار عمق نفوذ ابزار در هر مرحله
DTB : مکث زمانی در کف شیار
VARI : نوع شیار
_VRT:مقدار عقب نشینی ابزار



شکل ۳۱- اجزای سیکل شیار تراشی

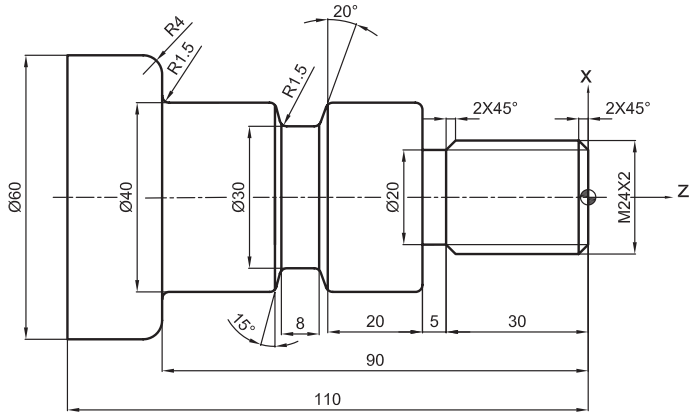
نکته: اگر مقادیر عددی RCO1,2 و RCI1,2 مثبت داده شود لبه ها به صورت قوس و اگر منفی داده شود به صورت پخ ماشین‌کاری می‌شود.

نکته: برای نوع شیار از جدول زیر استفاده می‌شود.



مثال:برنامه ای بنویسید که قطعه مطابق شکل را براده‌برداری نماید.

ابتدا یک برنامه فرعی (NASER) را نوشته و سپس برنامه اصلی (SHAHAB) را می نویسیم.



شکل ۳۲- قطعه نمونه

NASER.spf	
N10	G00 x18 z2
N20	G01 z0
N30	x24 CHR=2
N40	z-28
N50	x20 z-30
N60	z-35
N70	x40 RND=5
N80	z-90
N90	x60 RND=4
N100	z-100
N110	x62
N120	M17

SHAHAB.mpf	
N10	G54 G90 G95
N20	T02 D1
N30	G96 S220 LIMS=1500 M04
N40	G00 x65 z0
N50	G01 x-1 F0.3 M08
N60	G00 x65 z5
N70	CYCLE95("NASER", 1.5,0.2,0.8, , 0.3,0.05,0.15,9,1,35,1)
N80	G00 x200 z150
N90	M05 T04 D1
N100	G97 S600 M03
N110	G00 x45 z-50
N120	CYCLE93(40,-55,8,5,0, 20,15,1.5,1.5,1.5,1.5,0.2,0.3,2,1,5,1)
N130	G00 x200 z150
N140	M05 T06 D1
N150	G97 S300 M03
N160	G00 x30 z5
N170	CYCLE99(0,24,-30,24,2,1,1.2,0.02,30,0,10,2,2,3,1)
N180	G00 x200 z150 M05 M09
N190	M30

آنچه که در این پودمان بیان شد اصول برنامه نویسی براساس Gکدها و Mکد ها برای دستگاه تراش با کنترلر زیمنس است. نوشتن برنامه برای سایر کنترلرها در کدهای اصلی با این پودمان تفاوت چندانی نخواهد داشت. در صورت نیاز می‌توان با استفاده از دفترچه راهنمای دستگاه کارکرد کدهای عملکردی را استخراج و سپس اقدام به برنامه نویسی نمود؛ در پایان کدهای مورد استفاده در کنترلر زیمنس در دو جدول ۲و ۱ برای دسترسی آسان ارائه شده است.

جدول شماره ۱- Gکدها

ردیف	کد	تفسیر
۱	G00	حرکت سریع (بدون براده‌برداری)
۲	G01	حرکت خطی (با پیشروی تعیین شده در برنامه)
۳	G02	حرکت بر مسیر دایره ای در جهت عقربه‌های ساعت (با پیشروی تعیین شده در برنامه)
۴	G03	حرکت بر مسیر دایره‌ای 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 بعد ازچرخش اسپیندل
۶	G17	انتخاب صفحه X-Y (در سیکل سوراخ‌کاری در ماشین های تراش استفاده می شود)
۷	G18	انتخاب صفحه Z-X (صفحه اصلی در تراشکاری)
۸	G19	انتخاب صفحه Y-Z (مخصوص فرزکاری)
۹	G33	پیچ‌بری در یک مرحله
۱۰	G34	پیچ‌بری با گام متغیر افزایشی
۱۱	G35	پیچ‌بری با گام متغیر کاهشی
۱۲	G40	لغوکننده جبران شعاع ابزار
۱۳	G41	جبران شعاع ابزار
۱۴	G42	جبران شعاع ابزار
۱۵	G54, G59	انتقال نقطه صفر ماشین به نقطه صفر قطعه کار
۱۶	G53	لغو کننده G54 تا G59
۱۷	G71	انتخاب واحد اندازه‌گیری محورها میلیمتر
۱۸	G70	انتخاب واحد اندازه‌گیری محورها اینچی
۱۹	G90	فعال کردن سیستم مختصات مطلق
۲۰	G91	فعال کردن سیستم مختصات نسبی
۲۱	G94	واحد پیشروی محورها برحسب میلیمتر بر دقیقه
۲۲	G95	واحد پیشروی محورها برحسب میلیمتر بر دور
۲۳	G96	سرعت چرخش اسپیندل با دور متغیر برای ثابت ماندن سرعت برشی ابزار

ردیف	کد	تفسیر
۲۴	G97	سرعت چرخش اسپیندل با دور ثابت
۲۵	G700	انتخاب واحد اندازه‌گیری محورها و tool ofset ها و zero ofset ها برحسب اینچ
۲۶	G710	انتخاب واحد اندازه‌گیری محورها و tool ofset ها و zero ofset ها برحسب میلی‌متر

جدول زیر نمونه‌هایی از کاربرد Mکدها را نشان می‌دهد. (جدول ۲)

جدول شماره ۲- Mکدها

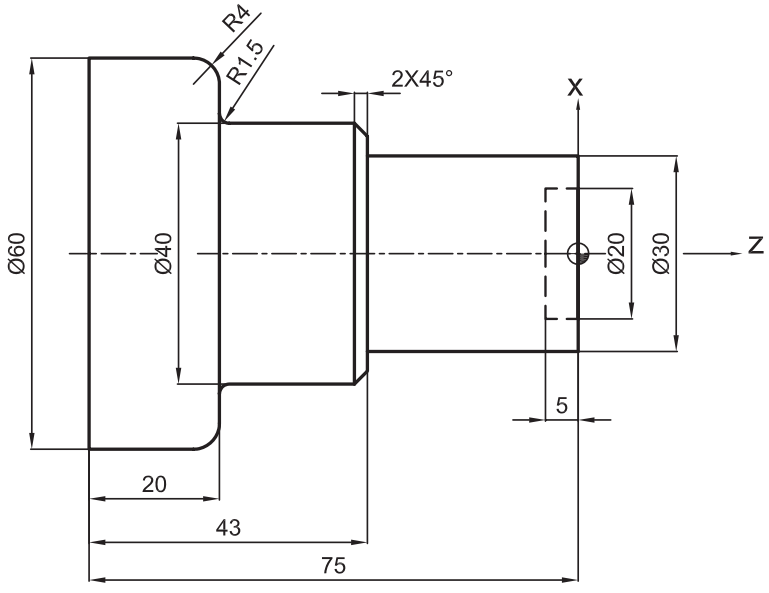
ردیف	کد	تفسیر
۱	M00	با این فرمان اجرای برنامه متوقف شده و برای اجرای ادامه برنامه بایستی کلید CYCLE START را دوباره فشار داد.
۲	M01	توقف شرطی برنامه است. با این فرمان اجرای برنامه با داشتن شرط لازم (فعال بودن کلید مربوط به آن) متوقف می‌شود و در غیراین‌صورت اجرای برنامه متوقف نخواهد شد.
۳	M02	دستور پایان برنامه بدون برگشت به ابتدای 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.
۸	M09	غیرفعال کردن پمپ مایع خنک‌کاری.
۹	M10	باز شدن فک‌های سه‌نظام
۱۰	M11	بسته شدن فک‌های سه نظام.
۱۱	M15	چرخش سه‌نظام با فک‌های باز.
۱۲	M16	چرخش سه‌نظام با فک های بسته.
۱۳	M17	پایان برنامه فرعی
۱۴	M30	دستور پایان برنامه و بازگشت به ابتدای برنامه

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

دو برنامه با سیستم نسبی و مطلق بنویسیدکه پله‌تراشی های قطعه زیر را با کمترین جابه‌جایی ابزار انجام دهد.



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

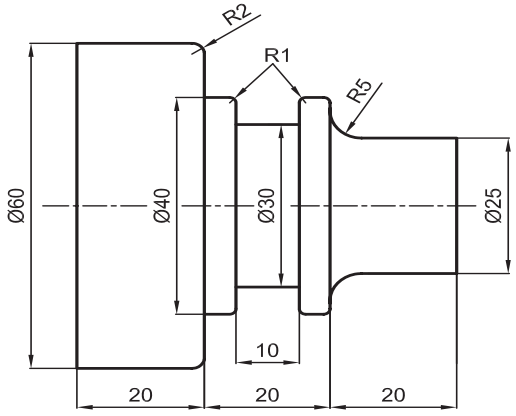
۱ رسم نقشه قطعه‌کار به صورت دستی.
۲ ترسیم نقشه در رایانه و ذخیره کردن آن(Save).
۳ برنامه‌نویسی براساس فرمان‌ها، کدهای مربوطه، شکل قطعه کار و مطابق با اصول و فنون مربوطه.
۴ وارد کردن برنامه نوشته شده در رایانه و ذخیره کردن آن (Save).
۵ نمایش گرافیکی عملیات ماشین‌کاری قطعه‌کار.
۶ آزمایش و کنترل برنامه، 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 به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ تعداد خطوط برنامه نوشتاری شما در کدام سیستم کمتر بود؟
۲ در کدام روش برنامه‌نویسی راحت تر انجام می شود؟
۳ تفاوت های برنامه در دو روش مطلق و نسبی چیست؟

فعالیت برنامه نویسی ۲

برنامه‌ای با سیستم مطلق بنویسید که عملیات براده برداری قطعه زیر را با کمترین جابه‌جایی ابزار انجام دهد.



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

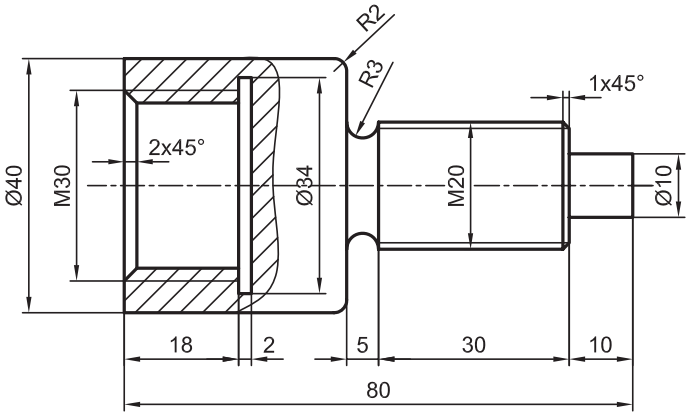
۱ رسم نقشه قطعه‌کار به صورت‌دستی.
۲ ترسیم نقشه در رایانه و ذخیره کردن آن(Save).
۳ برنامه‌نویسی براساس فرمان‌ها، کدهای مربوطه، شکل قطعه کار و مطابق با اصول و فنون مربوطه.
۴ وارد کردن برنامه نوشته شده در رایانه و ذخیره کردن آن (Save).
۵ نمایش گرافیکی عملیات ماشین‌کاری قطعه‌کار.
۶ آزمایش و کنترل برنامه، 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 به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ آیا راهی هست که تعداد خطوط برنامه نوشتاری کمتر شود؟
۲ در صورت استفاده از سیکل براده برداری چند سیکل مورد نیاز است؟

فعالیت برنامه نویسی ۳

برنامه‌ای بنویسید که عملیات براده برداری قطعه زیر را با استفاده از سیکل‌های براده برداری انجام دهد.



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 به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ آیا می‌توان بدون توقف برنامه طرف دیگر قطعه را براده برداری نمود ؟
۲ چند سیکل براده برداری مورد نیاز است؟

ارزشیابی برنامه‌نویسی

موضوع: برنامه‌نویسی مطابق نقشه

شاخص عملکرد

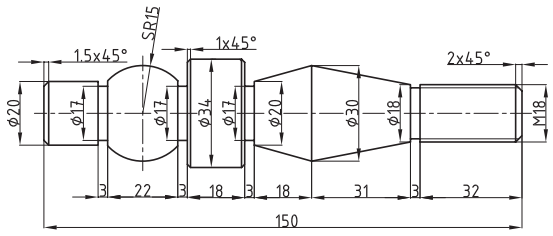
۱- تولرانس ابعادی براساس استاندارد ISO2768-f ۲-کیفیت سطح Ra 3.2

شرایط انجام کار

۱- انجام کار در سایت ۲- نور یکنواخت با شدت روشنایی ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد ۴- دمای محیط $۲۰^{\circ}C \pm ۳^{\circ}$ 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 از ۳	نمره هنرجو
۱	برنامه‌نویسی براساس فرمان‌ها و کدهای مربوطه مطابق کنترل زیمنس	۲	
۲	استفاده بهینه از فرامین برنامه‌نویسی در کاهش حجم برنامه	۱	
۳	وارد کردن برنامه در رایانه و ذخیره کردن آن (Save)	۱	
۴	آزمایش برنامه نوشته شده	۱	
۵			
۶			
	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