

پودمان ۵

تراشکاری CNC



## تراشکاری CNC

### مقدمه

جهت‌گیری فرایندهای تولید در استفاده از اتوماسیون صنعتی و دستگاه‌های CNC، کسب توانایی در کار کردن و استفاده از این ماشین‌آلات را بیش از پیش برای صنعتگران ضروری کرده است.

### استاندارد عملکرد

انجام عملیات براده‌برداری به وسیله ماشین تراش TME۴۰ مجهز به کنترل زیمنس و براساس نقشه و استانداردها و اصول و فنون مربوطه.

### پیش‌نیاز

- ۱ برنامه‌نویسی ماشین تراش TME۴۰ مجهز به کنترل زیمنس
- ۲ آشنایی با فرایندهای ماشین‌کاری به‌وسیله دستگاه تراش

## ماشین‌های CNC

مقدمه: امروزه ماشین‌های ابزار مختلفی به صورت همزمان در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمودار زیر سیر تکاملی این ماشین‌ها را نشان می‌دهد:



### ماشین‌های دستی (MANUAL)

این دستگاه‌ها به ماشین‌های ابزار یونیورسال (Universal) معروفند و شما در سال‌های گذشته با یکی از آنها با نام ماشین تراش TN50 آشنا شدید.

ماشین تراش دستی TN50B: این ماشین برای انجام انواع عملیات تراشکاری ساخته شده و می‌تواند در تولید تکی و سری به کار برود. استفاده از متعلقات استاندارد و لوازم و تجهیزات ویژه، قابلیت تغییر و تنوع کار این ماشین را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. و سبب می‌شود که اجرای عملیاتی مانند مخروط تراشی، کپی تراشی، فرزکاری شیارها و چرخ‌دنده‌ها، سوراخ‌کاری و انواع عملیات سنگ‌زنی شامل سنگ‌زنی داخلی، سنگ‌زنی خارجی و سنگ‌زنی پیشانی به سهولت میسر گردد. (شکل ۱)



شکل ۱- ماشین تراش دستی TN50B

ماشین تراش دستی TN71B: این ماشین برای تراشکاری قطعات با قطر کارگیر بالا تا قطر ۷۱۰ میلی‌متر طراحی شده است. این دستگاه به دلیل ساختاری که دارد در برابر بارهای دینامیکی مقاوم بوده و قابلیت‌های دستگاه تراش TN50 را در یک محدوده بالاتر از آن داراست. (شکل ۲)



شکل ۲- ماشین تراش دستی TN71B

## فعالیت ۱



یک گروه دو نفری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر و با استفاده از منابع مختلف موارد زیر را در خصوص دستگاه تراش TN50B بنویسید.



قطر کارگیر:

سیستم حرکت میز:

قدرت موتور:

طول کارگیر:

متعلقات استاندارد:

نام جعبه دنده‌ها:

### دستگاه‌های NC (Numerical Control)

فناوری کنترل عددی (NC) یکی از پیشرفت‌های اساسی در صنعت می‌باشد. استفاده از این فناوری باعث ارتقا کمی و کیفی قطعات تولیدی گردیده است. کنترل عددی استفاده از کدهای رمزبندی شده اعداد، حروف و علائم می‌باشد که قابل فهم برای واحد کنترل است. این کدها پس از رمزگشایی به پالس‌های الکتریکی تبدیل شده و از این پالس‌ها برای راه‌اندازی ماشین استفاده می‌شود.

نکته: دستگاه‌های براده‌بردار NC فاقد سیستم کنترل هوشمند می‌باشند.



### ماشین تراش CNC (Computer Numerical Control)

در این نوع دستگاه حرکت محورها و کلیه عملیات ماشین کاری توسط یک سیستم کنترل همراه با رایانه انجام می‌گیرد، به عبارت دیگر دستگاه CNC همان ماشین‌های کنترل عددی هستند که فرمان‌های لازم برای انجام کارهای مختلف روی قطعه کار را از طریق برنامه رایانه‌ای که توسط برنامه‌نویس نوشته شده است، دریافت کرده و اجرا می‌کند.

نکته: این دستگاه‌ها می‌توانند مجهز به سیستم کنترل هوشمند باشند. (شکل ۳)



شکل ۳- ماشین تراش TC-۲۰

## فعالیت ۲

یک گروه دو نفری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر و با استفاده از منابع مختلف، ماشین‌های NC و CNC را با هم مقایسه کرده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

### ماشین تراش CNC مدل TME۴۰ (Turning Machine Economical)

این ماشین به صورت ترکیبی از اجزای ماشین تراش یونیورسال و CNC و با هدف برآورده نمودن نیازهای مختلف کارگاه‌های کوچک و متوسط قطعه‌سازی و با در نظر گرفتن ساختار و اساس دستگاه CNC طراحی و ساخته شده است.

این ماشین مجهز به سیستم کنترل پیشرفته بوده و برنامه‌ریزی آن برای ساخت انواع قطعات به سهولت امکان پذیر می‌باشد. جهت انجام انواع عملیات ماشین کاری دقیق برای تولید قطعات حساس، محورهای حرکتی ماشین مجهز به پیچ ساچمه‌ای دقیق (ball screw) می‌باشد. ماشین به سیستم روغن کاری مرکزی مجهز می‌باشد و قسمت‌های متحرک آن به طور خودکار روغن کاری می‌شوند. باتوجه به تخت بودن بستر دستگاه، تعمیر و نگهداری آن بسیار ساده و کم‌هزینه می‌باشد (شکل ۴)



شکل ۴- ماشین تراش CNC TME40

جدول زیر مشخصات این ماشین را نشان می‌دهد. (جدول ۱)

جدول شماره ۱- مشخصات فنی ماشین تراش CNC TME40

Swing over bed	500 mm	حداکثر قطر کار گیر تا روی بستر	۱
Max. Turning diameter	300 mm	حد اکثر قطر قابل ماشین کاری	۲
Swing over cross slide	270 mm	حد اکثر قطر کارگیر تا روی اسلاید	۳
Distance between centers	1000 mm	حد اکثر طول بین دو مرغک	۴
Max length of work	850 mm	حد اکثر طول قابل ماشین کاری	۵
Size of hydraulic Chuck	8"(200 mm)/φ30	اندازه سه‌نظام	۶
Bed width	340 mm	عرض بستر	۷
Spindle nose	A2-6 (DIN 55026)	مخروط داخلی محور اصلی (اسپیندل)	۸
Spindle bore diameter	50.8 mm	قطر سوراخ اسپیندل	۹
Spindle speed range	150-2000 rpm	محدوده سرعت اسپیندل	۱۰
Spindle motor	AC 7.5 Kw	قدرت موتور اصلی	۱۱
Spindle bearing diameter	80 mm	قطر یاتاقان جلویی اسپیندل	۱۲
Type of turret	Electric turret6 ANGLE	نوع تارت	۱۳
NO, of tools	6	تعداد ابزار	۱۴
Dimension of tools	25x25	ابعاد ابزار	۱۵

Cross travel (X-axis)	220 mm	مقدار حرکت محور عرضی	۱۶
Rapid traverse in X & Z axes	X:8 & Z:8 M/min	سرعت حرکت در محور طولی و عرضی	۱۷
Type of tailstock	Hydraulic	نوع مرغک	۱۸
Tailstock sleeve diameter	70 mm	قطر محور متحرک مرغک	۱۹
Tailstock sleeve travel	125 mm	مقدار حرکت محور مرغک	۲۰
Tailstock sleeve taper	Morse 5	مخروط داخلی محور مرغک	۲۱
Servo motor(Z-axis)	7.3 NM	گشتاور موتور محور Z	۲۲
Servo motor(X-axis)	4.7 NM	گشتاور موتور محور X	۲۳
Hydraulic pump motor	1.5 KW	قدرت موتور پمپ هیدرولیک	۲۴
Weight	2250 Kg	وزن تقریبی ماشین	۲۵
Max. weight of work piece	300 Kg	حد اکثر وزن قطعه کار	۲۶
Packing(L.W.H)	3040X1800X1740	ابعاد بسته بندی	۲۷

### اجزاء و سیستم‌های دستگاه تراش TME40 CNC

اجزا و قسمت‌های مختلف دستگاه تراش را می‌توان به صورت مجموعه‌هایی مطابق زیر گروه‌بندی نمود.

#### مجموعه پایه و بدنه ماشین

بستر (Bed) ماشین‌های ابزار از جنس چدن می‌باشد تمامی اجزاء دستگاه روی آن سوار می‌شوند. ماشین تراش TME40 CNC از نوع بستر تخت (Flat Bed) بوده و قابلیت ماشین‌کاری انواع قطعات تا قطر ۳۰۰ میلی‌متر و طول ۸۵۰ میلی‌متر را دارا می‌باشد. (شکل ۵)



شکل ۵- مجموعه پایه و بدنه دستگاه تراش

#### مجموعه ابزارگیر (Turret) برقی شش‌ابزاره (6-Angle)

مجموعه در این قسمت ابزارهای مورد نیاز بسته می‌شود و عملیات ماشین‌کاری روی قطعه کار از طریق این ابزارها صورت می‌گیرد. ماشین TME40 مجهز به یک مجموعه ابزارگیر اتوماتیک برقی شش‌ابزاره می‌باشد که به وسیله آن می‌توان عملیات ماشین‌کاری را روی قطعه کار انجام داد. (شکل ۶)



شکل ۶- مجموعه ابزارگیر

با استفاده از مجموعه ابزارگیر، امکان ساخت و تولید قطعات تکی و انبوه با دقت و سرعت بالا، فراهم شده است.

**نکته:** تعویض ابزارها در مجموعه ابزارگیر، توسط سیستم کنترل و به صورت خودکار انجام می‌گیرد



**توجه:** هنگام استفاده همزمان از ابزارهای داخل تراشی و روتراشی، به منظور جلوگیری از برخورد ابزار روتراشی با قطعه و استفاده بهینه از فضای کاری ماشین، بهتر است ابزارهای داخل تراشی و روتراشی به صورت یک در میان بسته شوند.



### مجموعه مرغک

ماشین TME۴۰ مجهز به دستگاه مرغک هیدرولیکی می‌باشد و جابه‌جایی و تثبیت آن روی بستر به صورت دستی بوده و حرکت مرغک آن هیدرولیکی است. (شکل ۷)



شکل ۷- مجموعه مرغک





با توجه به شکل دستگاه مرگک (شکل ۵-۷) نام قسمت‌های شماره‌گذاری شده را بنویسید.

۳	۲	۱

- ۱ بعد از انتقال مرگک به نقطه مورد نظر، گلوپی به صورت هیدرولیکی عمل نموده و قطعه کار را نگه می‌دارد.
- ۲ هنگام ماشین کاری با استفاده از مرگک باید به محدود بودن فاصله ابزار و دستگاه مرگک توجه شود.
- ۳ با توجه به ساختار دستگاه مرگک، در این ماشین از مرگک گردان با مکانیزم بیرون‌انداز برای بیرون آوردن مرگک استفاده می‌شود.
- ۴ حرکت گلوئی برای گرفتن قطعه کار به صورت خودکار و به کمک فشار هیدرولیک و از طریق پدال پایی انجام می‌گیرد.



### مجموعه محور اصلی (Spindle)

یکی از اجزای مهم دستگاه‌های CNC محور اصلی می‌باشد و نقش مهمی در سرعت، دقت و کیفیت ماشین کاری دارد. کار محور اصلی، چرخاندن قطعه کار است.

استفاده از Spindle motor باعث کاهش صدا، ارتعاش و تغییر دما گردیده و در مدت زمان طولانی از دقت ثابتی برخوردار است.

محور اصلی از فولاد آلیاژی با استحکام کششی بالا ساخته شده و عملیات سخت کاری و سنگ‌زنی روی آن انجام گرفته است.

یاتاقان‌های غلطکی دو ردیفه بسیار دقیق و روان و همچنین یاتاقان با تماس زاویه‌ای سرعت بالا روی آن سوار شده است تا بهترین کارایی را در انجام عملیات براده‌برداری سنگین داشته باشد. محدوده سرعت محور اصلی ۱۵۰ الی ۲۰۰۰ دور در دقیقه می‌باشد و حرکت دورانی اسپیندل توسط سنسورهای مربوطه کنترل می‌گردد.

(شکل ۸)



شکل ۸- مجموعه محور اصلی

## فعالیت ۴



یک گروه دو نفری تشکیل داده و با استفاده از منابع مختلف، تصویری از سیستم حرکت محور اصلی تهیه و در محل مربوطه چسبانده و روش عملکرد آن را شرح دهید.

شرح عملکرد	تصویر

## فعالیت ۵



ویژگی‌های ساختاری محور اصلی دستگاه تراش CNC را بنویسید.

۱-	۳-
۲-	۴-

## سه‌نظام هیدرولیکی

دستگاه تراش TME۴۰ مجهز به سه‌نظام هیدرولیکی می‌باشد. که روی اسپیندل دستگاه نصب شده است. و باز و بسته شدن فک‌های آن با نیروی هیدرولیکی انجام می‌شود. (شکل ۹)



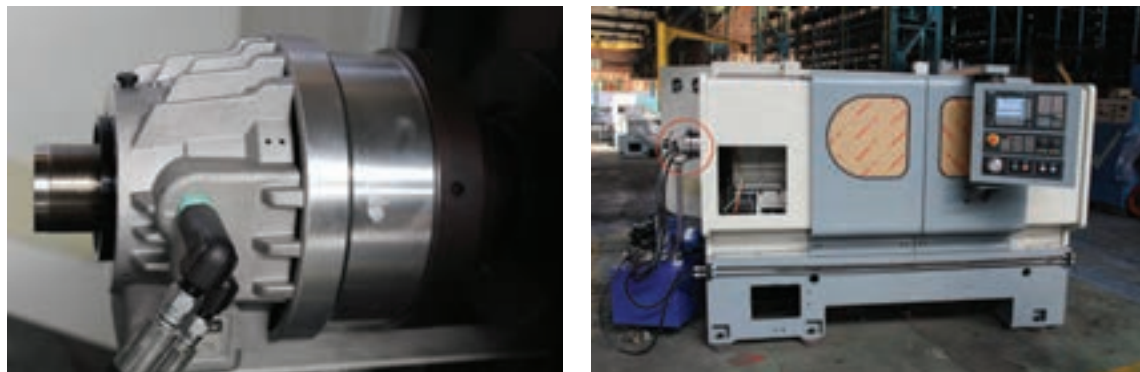
شکل ۹- استقرار سه‌نظام روی مجموعه محور اصلی

## فعالیت ۶



با استفاده از منابع در اختیار تفاوت بین اسپیندل موتور و سرو موتور را بنویسید.

تصاویر زیر سیستم هیدرولیکی سه‌نظام را نشان می‌دهد. (شکل ۱۰)



شکل ۱۰- سیستم هیدرولیک سه‌نظام

### نکات ایمنی و حفاظتی



- ۱ قبل از شروع به کار از عملکرد صحیح سه‌نظام دستگاه مطمئن شوید.
- ۲ پیچ‌های تنظیم سه‌نظام و فک‌های آن را کنترل کنید.
- ۳ موقع محکم کردن قطعه کار، مواظب دست‌های خود باشید.
- ۴ برای بستن سه‌نظام به گلویی دستگاه از آچارگشتاور سنج استفاده کنید.
- ۵ فک‌های سه‌نظام را با توجه به شماره‌های مربوطه سوار کنید.

**نکته:** براساس دفترچه راهنمای دستگاه و نوع ماده براده‌برداری و مدت زمان استفاده از دستگاه، سرویس‌های دوره‌ای سه‌نظام انجام پذیرد.



### فعالیت ۷



با استفاده از منابع موجود، تفاوت سه‌نظام مکانیکی و هیدرولیکی را بنویسید.



### سیستم هیدرولیک

مرغک و سه‌نظام ماشین تراش TME۴۰ با نیروی هیدرولیک کار می‌کند. سیستم هیدرولیک این دستگاه شامل پمپ هیدرولیکی، شیر برقی، شیر کنترل جریان، شیر تنظیم فشار و سیلندر هیدرولیکی است. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱- سیستم هیدرولیک ماشین تراش CNC مدل ۴۰ TME

تصویر زیر سیستم هیدرولیک دستگاه مرغک را نشان می‌دهد. (شکل ۱۲)



شکل ۱۲- سیستم هیدرولیک دستگاه و مرغک

### سیستم روغن کاری

این ماشین مجهز به سیستم روغن کاری هوشمند می‌باشد که با تنظیمات انجام گرفته در سیستم کنترل، روغن از طریق مسیرهای پیش‌بینی‌شده به فضاهای بین اجزاء لغزنده و غلتنده و برحسب نیاز رسانده می‌شود. در صورت خالی شدن مخزن این واحد، سیستم کنترل هشدار داده و از ادامه کار با دستگاه ممانعت می‌کند.

### توصیه‌های سرویس و نگهداری

- ۱ روغن مورد استفاده در سیستم هیدرولیک بستگی به مناطق آب و هوایی محل کار ماشین دارد.
- ۲ روغن استفاده شده در این دستگاه ترجیحاً k۶۸ می‌باشد.
- ۳ کارایی و عمر ماشین به کیفیت روغن و سیستم روغن کاری و روش روغن کاری بستگی دارد.
- ۴ برای جلوگیری از سایش سطوح متحرک، بازدید دقیق از فیلم روغن به‌طور مرتب انجام شود.
- ۵ یاتاقان‌های محور اصلی این دستگاه با گریس مخصوص و براساس دفترچه راهنمای دستگاه، گریسکاری شود.
- ۶ روغن کاری سطوح لغزنده توسط سیستم روغن کاری مرکزی انجام می‌پذیرد. قطعاتی مانند حماله، کشویی‌های عرضی، سطوح بستر دستگاه، پیچ‌های بال اسکرو محورهای X-Z با این سیستم روغن کاری می‌شوند.
- ۷ محلهایی از دستگاه از قبیل درهای متحرک و غلطک‌های آن و همچنین مسیر حرکت مرغک روی بستر و غلاف آن، به‌صورت دستی روغن کاری می‌شوند.

## فعالیت ۸



کاربرد روغن و گریس در یاتاقان‌های مختلف دستگاه را مطابق زیر بنویسید.

عده دوران بالا، گشتاور پایین	عده دوران پایین، گشتاور بالا

## فعالیت ۹



با استفاده از منابع مختلف، محل‌های گریسکاری و روغن‌کاری دستگاه تراش CNC را مطابق زیر بنویسید.

گریسکاری			روغن‌کاری		

## سیستم خنک‌کاری

مخزن آب صابون این دستگاه در زیر پایه آن جاسازی شده و مایع خنک‌کننده از آنجا به موقعیت براده‌برداری هدایت می‌شود.

## فعالیت ۱۰



با استفاده از منابع مختلف، نوع مایع خنک‌کاری مورد استفاده در دستگاه تراش CNC را مطابق زیر بنویسید.

۱-	۲-
----	----

## فعالیت ۱۱



مقدار مایع خنک‌کاری (دبی، سرعت پاشش و ...) به چه عواملی بستگی دارد؟

۱	۲	۳	۴

**نکته:** سیستم خنک‌کاری در این دستگاه‌ها می‌تواند به صورت هوشمند عمل کند.



## سیستم کنترل

در این مجموعه، کلیدهای مربوط به اپراتوری و برنامه‌نویسی قرار دارد. فرمان‌های لازم برای انجام کارهای مختلف بر روی قطعه کار، توسط این کلیدها وارد سیستم کنترل دستگاه شده و دستگاه با اجرای فرامین، عملیات ماشین‌کاری را انجام می‌دهد. (شکل ۱۳)



شکل ۱۳- مجموعه سیستم کنترل دستگاه

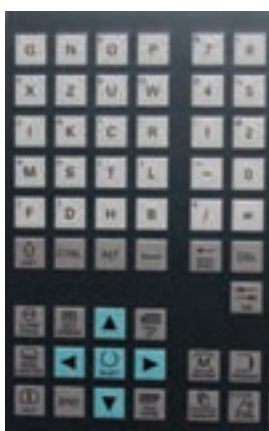
سیستم کنترل از دو قسمت اپراتوری و برنامه‌نویسی تشکیل شده است.

۱ بخش برنامه‌نویسی: قسمت بالای سیستم کنترل مربوط به برنامه‌نویسی می‌باشد و از آن برای نوشتن برنامه ماشین‌کاری و وارد کردن آن استفاده می‌شود. (شکل ۱۴)



شکل ۱۴- قسمت برنامه‌نویسی سیستم کنترل

این قسمت دارای کلیدها و شاسی‌هایی است که اپراتور از آنها برای نوشتن برنامه استفاده می‌کند. (شکل ۱۵)



شکل ۱۵- کلیدهای قسمت برنامه‌نویسی سیستم کنترل

۲ بخش اپراتوری: قسمت پایین سیستم کنترل، مربوط به اپراتوری می‌باشد و از آن برای راه‌اندازی، تنظیمات اولیه و اجرای برنامه ماشین‌کاری استفاده می‌شود. (شکل ۱۶)



شکل ۱۶- قسمت اپراتوری سیستم کنترل

این قسمت نیز شامل کلیدها و شاسی‌هایی است که اپراتور از آنها برای ساخت قطعه استفاده می‌کند. (شکل ۱۷)





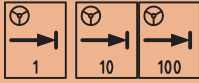



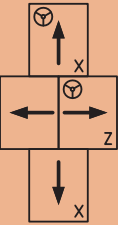


شکل ۱۷- کلیدهای اپراتوری سیستم کنترل

هرکدام از کلیدها و شاسی‌های دستگاه، مفهوم خاصی داشته و وظیفه ای را به‌عهده دارند. (جدول ۲)






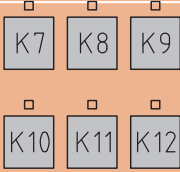
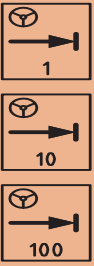



جدول شماره ۲- عملکرد کلیدهای اپراتوری سیستم کنترل زمینس

ردیف	علامت	عنوان	وظیفه
۱		EMERGENCY	کلید ایمنی بوده و با فشار دادن آن کل دستگاه از کار می‌افتد.
۲		SPINDLE	کلید تعیین درصد دور محور اصلی (Spindle). مثلا اگر در برنامه نوشته شده دور محور اصلی ۲۰۰ rpm تعریف شده باشد و کلید  روی ۱۰۰ باشد عملاً محور اصلی با دور ۲۰۰ خواهد چرخید و اگر این کلید روی ۱۲۰ باشد محور اصلی با دور $240 = 120\% * 200$ کار خواهد کرد.

ردیف	علامت	عنوان	وظیفه
۳			<p>جهت تنظیم دستی محورها به صورت دقیق و مماس کردن ابزار به قطعه کار از این کلید استفاده می شود. و باید مطابق زیر عمل شود</p> <p>۱ کلید  را بزنید.</p> <p>۲ محور مورد نظر را انتخاب کنید (  یا  )</p> <p>۳ مقدار پیشروی را با استفاده از یکی از کلیدهای  تعیین کنید.</p> <p>۴ کلید  را در جهت + و یا - بچرخانید.</p>
۴		FEEDRATE	<p>کلید تعیین درصد پیشروی محورها. مثلاً اگر در برنامه نوشته شده سرعت پیشروی ۱۰۰ روی  ۲. تعریف شده باشد و کلید ۱۰۰ باشد عملاً محورها با سرعت ۲. حرکت خواهند کرد و اگر این کلید روی ۱۲۰ باشد محورها با سرعت <math>۲۴ = ۱۲۰\% * ۲</math> حرکت خواهند کرد.</p>
۵		JOG	<p>با زدن کلید JOG حرکت محورهای دستگاه روی حالت دستی قرار می گیرد. و می توان با فشار دادن کلیدهای  محورها را به صورت دستی حرکت می کنند.</p>
۶		REF. POINT	<p>جهت شناساندن نقطه مرجع (REFRENC) و بردن محورهای دستگاه به نقطه رفرنس.</p>



ردیف	علامت	عنوان	وظیفه
۷			نشانگر شماره ابزار
۸		AUTO	به منظور اجرای برنامه به صورت اتومات از این کلید استفاده می شود.
۹		SINGLE BLOCK	این کلید به تنهایی کارایی ندارد. با فعال بودن کلید  و سپس کلید  و با هر بار فشار دادن آن، یک بلوک از برنامه اجرا می گردد. محیطی است که برنامه به صورت موقت و دستی وارد دستگاه می شود.
۱۰		MDA	
۱۱		PROGRAM TEST	جهت تست برنامه بدون حرکت محورها
۱۲			دستور توقف در زبان برنامه نویسی است. هر کجای برنامه M01 نوشته شود برنامه تا آنجا به صورت اتوماتیک اجرا می شود و به محض رسیدن به M01 متوقف می گردد. جهت ادامه برنامه باید کلید  زده شود.
۱۳			با فعال بودن این کلید، کلید SELECTOR در اختیار کاربر می باشد
۱۴		LAMP	کلید لامپ داخل کابین

ردیف	علامت	عنوان	وظیفه
۱۵		TOOL CHANGE	از این کلید به منظور تعویض ابزار استفاده می‌شود.
۱۶		COOLANT	کلید خنک‌کاری: اگر در برنامه دستور M08 نوشته شود مایع خنک‌کاری به صورت خودکار پاشیده می‌شود در غیر این صورت باید از کلید COOLANT در حالت دستی استفاده کرد.
۱۷		CHUCK	برای باز و بسته کردن فک‌های سه نظام استفاده می‌شود.
۱۸			مربوط به گرفتن قطعه از داخل یا خارج توسط سه نظام می‌باشد.
۱۹			با فشار دادن این کلید غلاف مرغک به سمت قطعه کار حرکت می‌کند.
۲۰			این کلیدها برای نیازهای آتی تعبیه شده‌اند و کارکردی ندارند.
۲۱			کلیدهای تعیین مقدار پیشروی برحسب هزارم میلی‌متر (میکرون)  پیشروی به اندازه ۰/۰۰۱ میلی‌متر  پیشروی به اندازه ۰/۰۱ میلی‌متر  پیشروی به اندازه ۰/۱ میلی‌متر

ردیف	علامت	عنوان	وظیفه
۲۲			<p>۱- کلیدهای مربوط به حرکت سریع (خرگوشی) محورهای X و Z در جهت مثبت و منفی</p> <p>۲- کلیدهای بدون علامت برای فعالیتهای آتی و جدید پیش بینی شده است.</p>
۲۳			<p>کلیدهای چرخش محور اصلی. به ترتیب نشان دهنده جهت چرخش محور اصلی در جهت عقربه‌های ساعت و یا خلاف آن و همچنین توقف می‌باشد.</p>
۲۴			<p>کلید CYCLE START برای شروع برنامه، کلید CYCLE STOP برای توقف موقت برنامه و کلید RESET برای توقف کامل برنامه است.</p>
۲۵			<p>کلید روشن کردن سیستم هیدرولیک</p>
۲۶			<p>چنانچه یکی از محورها از محدوده تعیین شده خارج شود کلید هیدرولیک خاموش می‌گردد و دستگاه هشدار می‌دهد. برای اینکه محور را به حالت اولیه خود برگردانیم به ترتیب زیر عمل کنید.</p> <p>۱- هر دو کلید را همزمان فشار داده و نگه دارید.</p> <p>۲- دگمه RESET را فشار دهید تا خطای به وجود آمده رفع گردد.</p> <p>۳- در حالت JOG و با کمک کلیدهای جهت‌نما، محور مربوطه را به داخل محدوده منتقل کنید.</p>



یک گروه دونفری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر، کار هر یک از کلیدهای نوشته شده در جدول را بنویسید.

ردیف	عنوان	کاربرد
۱	EMERGENCY	
۲	JOG	
۳	AUTO	
۴	SINGLE BLOCK	
۵	MDA	
۶	TOOL CHANGE	
۷	CHUCK	
۸	COOLANT	
۹	MO1	
۱۰	ROV	
۱۱	TAIL STOCK	
۱۲	PROGRAM TEST	
۱۳	REF. POINT	

### مراحل انجام کار با دستگاه تراش CNC

اکنون که با قسمت‌های مختلف ماشین تراش CNC مدل TME۴۰ و عملکرد کلیدهای قسمت اپراتوری مجموعه سیستم کنترل آشنا شدید، به نحوه کار با این دستگاه می‌پردازیم.

### نکات ایمنی و حفاظتی



ضمن رعایت نکات ایمنی و حفاظتی مربوط به کارگاه و ماشین‌های ابزار، به موارد زیر نیز توجه شود:

- ۱ در هنگام کار با دستگاه تراش از وسایل و تجهیزات ایمنی و حفاظت فردی مناسب استفاده کنید.
- ۲ حرکات دستگاه به‌طور خودکار انجام می‌گیرد بنابراین از دست‌کاری اجزای دستگاه به‌ویژه در زمان استارت خودداری کنید.
- ۳ از دست‌کاری و تغییر تنظیمات، کلیدها و شاسی‌های دستگاه جداً خودداری کنید.
- ۴ باز بودن در تابلو برق، علاوه بر خطرات جانی می‌تواند باعث نفوذ ذرات معلق در هوا به داخل آن شود.
- ۵ قبل از هر گونه بازبینی، بازرسی و... برق دستگاه را قطع کنید.
- ۶ کابل برق دستگاه کاملاً سالم و ایمن بوده و دستگاه مجهز به سیستم ارتینگ باشد.
- ۷ قبل از شروع به کار با سیستم‌های هیدرولیک، روغن کاری، نیوماتیک و ... دستگاه را بازرسی و کنترل کنید.
- ۸ توقف ناگهانی در دستگاه را به سرپرست کارگاه اطلاع دهید.
- ۹ در صورت شنیدن صدای نامتعارف، دستگاه را در حالت هشدار قرار داده و به سرپرست کارگاه اطلاع دهید.
- ۱۰ در پایان کار کلیه وسایل استفاده شده را مرتب کرده و در محل مربوطه قرار دهید.

### روشن کرن دستگاه

۱ کلید اصلی دستگاه را روی وضعیت ۱ قرار دهید.



شکل ۱۸- روشن کردن دستگاه

۲ زدن کلید سیستم هیدرولیک دستگاه



شکل ۱۹- روشن کردن سیستم هیدرولیک دستگاه

۳ بالا آمدن کامل سیستم و ظاهر شدن صفحه اصلی



شکل ۲۰- ظاهر شدن صفحه اصلی

۴ زدن مجدد کلید هیدرولیک



شکل ۲۱- زدن مجدد کلید سیستم هیدرولیک

۵ انتخاب کلید REF POINT



شکل ۲۲- انتخاب کلید REF POINT

۶ زدن کلیدهای +X و +Z



شکل ۲۳- زدن کلیدهای +X و +Z

۷ زدن کلید ابزارگیر (TURRET) (شکل ۲۴) ۸ انتخاب کلید JOG (شکل ۲۵)



شکل ۲۵- انتخاب کلید JOG



شکل ۲۴- زدن کلید TURRET

اکنون ماشین آماده به اجرای فرامین ماشین کاری می‌باشد.


نکته: روشن بودن چراغ بالای هر کلید بیانگر فعال بودن آن است.



## فعالیت ۱۳

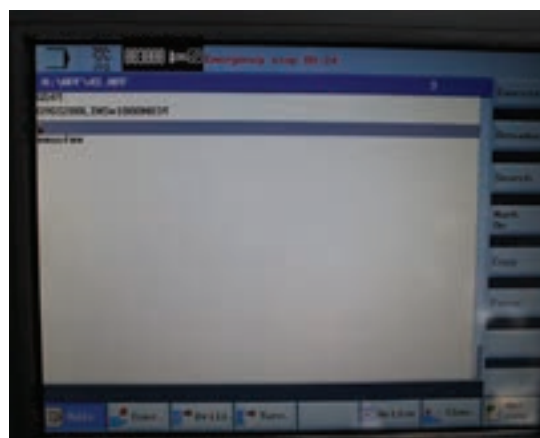
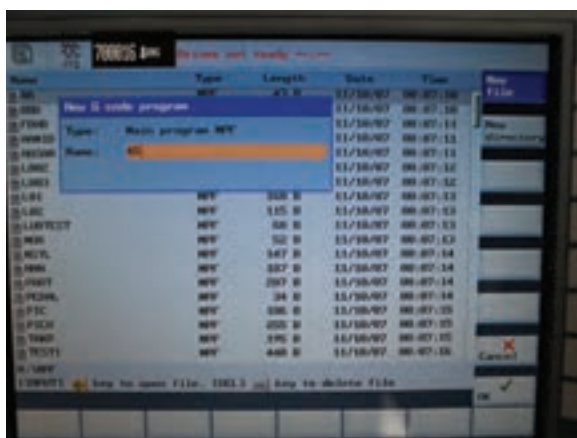
یک گروه دوفنری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر، دستگاه را تا مرحله انجام کار، راه‌اندازی و آماده کرده و مراحل انجام کار را همراه با تصویر گزارش کنید.

### وارد کردن برنامه

برای انجام هر عملیات در ماشین CNC باید برنامه آن از طریق سیستم کنترل وارد دستگاه شده و سپس اجرا گردد. مراحل وارد کردن برنامه به صورت زیر است.

۱ زدن کلید  ۲ زدن کلید نرم‌افزاری 

۳ وارد کردن نام برنامه در پنجره باز شده  ۴ زدن کلید  اکنون شرایط و سیستم، آماده وارد کردن برنامه مورد نظر می‌باشد. (شکل ۲۶)



شکل ۲۶- آماده بودن شریط برای وارد کردن برنامه

### فراخوانی برنامه

هر برنامه وارد شده به دستگاه برای باید فراخوانی گردد. برای فراخوانی یک برنامه به ترتیب زیر عمل می‌شود:



۱ محیط را انتخاب نمایید.

۲ با کمک کلیدهای مکان‌نما نشانگر را روی برنامه مورد نظر قرار دهید.

۳ کلید نرم افزاری Execute را فشار دهید.

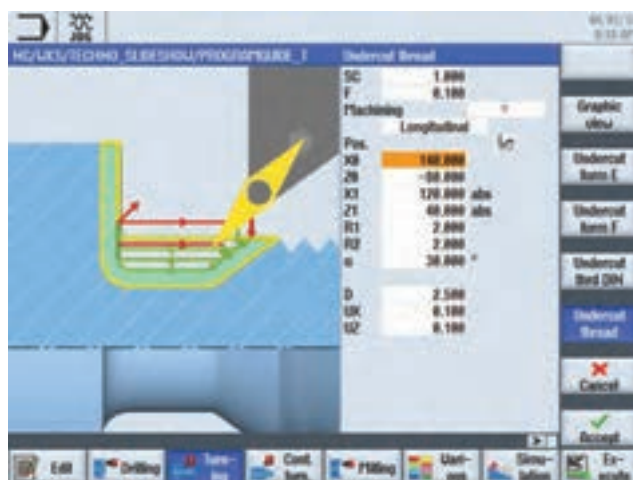
اکنون برنامه آماده آزمایش است.

### آزمایش برنامه در محیط گرافیکی

برای آزمایش هر برنامه از دو روش زیر استفاده می‌شود:

#### ۱ اجرای برنامه در محیط شبیه‌سازی (SIMULATION):

با انتخاب این محیط، برنامه به صورت گرافیکی در روی نمایشگر اجرا می‌شود بدون این که محورهای حرکت نمایند. در این حالت اشکالات برنامه با دیدن اجرای آن در محیط گرافیکی قابل اصلاح بوده و پس از اصلاح برنامه و اجرای صحیح آن در این محیط، برنامه آماده اجرای عملیات است. (شکل ۲۷)



شکل ۲۷- آزمایش برنامه در محیط گرافیکی

## ۲ اجرای برنامه به صورت خط به خط

در این حالت قبل از زدن کلید Start ابتدا کلید Single Block را فعال می‌نماییم. در این صورت اجرای برنامه به صورت خط به خط انجام خواهد شد یعنی جهت اجرای هر خط از برنامه باید هر بار کلید Start را فشار داد. در این حالت می‌توان اجرای برنامه را به صورت کنترل شده انجام داد تا در صورت داشتن خطا بتوان آن را اصلاح نمود. پس از انجام این عملیات تا آخر برنامه و انجام اصلاحات مورد نیاز کلید Single Block را غیرفعال نموده و برنامه به صورت خودکار از طریق فعال کردن کلید Auto قابل اجرا می‌باشد. (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- آزمایش برنامه در محیط گرافیکی

## فعالیت ۱۴






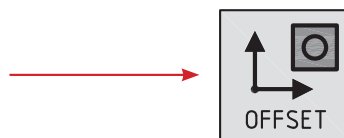
یک گروه دونفری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر، فعالیت‌های برنامه‌نویسی پودمان ۴ را به صورت گرافیکی روی سیستم کنترل دستگاه تراش CNC آزمایش کنید.



### تعریف و تنظیم ابزار

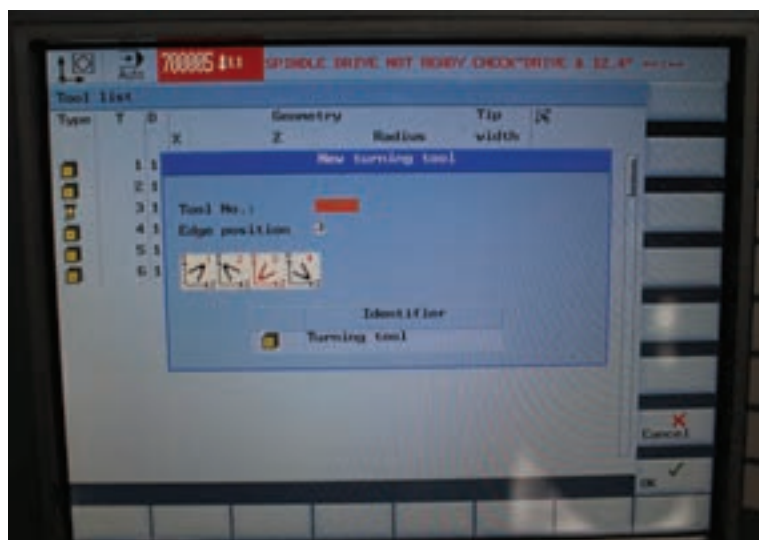
تعیین ابزارهای مناسب برای عملیات ماشین کاری و تنظیم آنها روی دستگاه به منظور تولید قطعات با دقت و کیفیت بالا از اهمیت خاصی برخوردار است. هر چند در برنامه نویسی نوع ابزار و شماره ایستگاه محل نصب آن در مجموعه ابزارگیر نوشته می شود اما آشنایی اپراتور دستگاه با انواع ابزارها و جنس آنها بسیار با اهمیت می باشد. جهت تعریف و تنظیم ابزار به ترتیب زیر عمل می شود.

- ۱ انتخاب کلید 
  - ۲ انتخاب کلید نرم افزاری 
  - ۳ وارد کردن شماره ایستگاه مورد نظر روی انباره ابزار
  - ۴ انتخاب تیپ ابزار مورد نظر 
  - ۵ زدن کلید نرم افزاری
- با انجام این مراحل یکی از ابزارها تعریف می گردد. (شکل ۲۹)



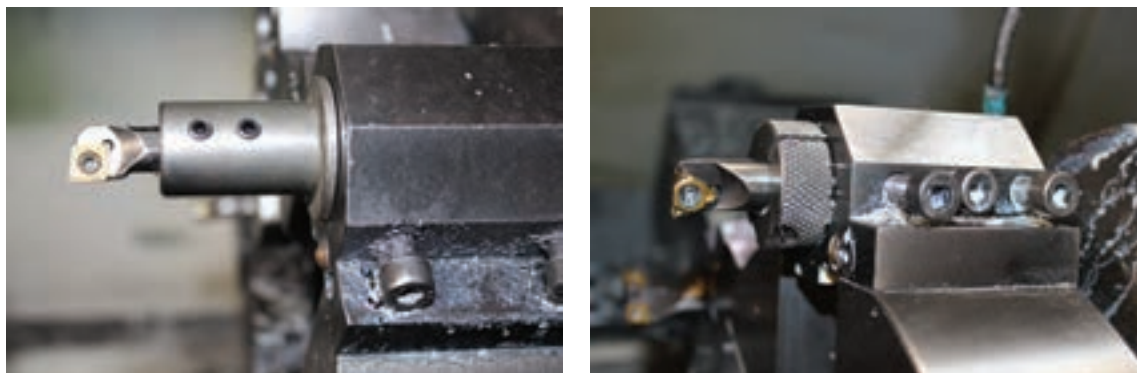
شکل ۲۹- تعریف و تنظیم ابزار

شکل زیر محل تعریف ابزار را نشان می دهد. (شکل ۳۰)



شکل ۳۰- محل تعریف ابزار





شکل ۳۴- نصب ابزارهای داخل تراشی

### تنظیم ابزار (آفست گیری Offset)

عمل تنظیم ابزارهای براده برداری روی قطعه و ذخیره سازی مختصات آن در حافظه دستگاه را به منظور انجام عملیات ماشین کاری در مراحل مختلف، آفست گیری گویند.

- ۱ ابزار را مطابق توضیحات بالا روی ابزار گیر می بندیم.
- ۲ قطعه کار را مطابق شکل زیر روی سه نظام سوار می کنیم. (شکل ۳۵)



شکل ۳۵- بستن قطعه کار روی سه نظام

- ۳ سه نظام دستگاه را به صورت دستی راه اندازی کنید.
- ۴ ابزار را به قطر قطعه کار مماس کنید.
- ۵ عملیات روتراشی و پیشانی تراشی قطعه کار را تا برطرف شدن ناهمواری ها و لنگی، به منظور Offset گیری ابزارها انجام دهید.
- ۶ ابزار را در جهت محور Z عقب کشیده و محور اصلی را متوقف کنید.
- ۷ قطر تراشیده شده را اندازه گیری کنید.
- ۸ کلید Tool را بزنید.
- ۹ محور X را انتخاب کنید.
- ۱۰ قطر اندازه گیری شده را در جدول مربوطه وارد کنید.
- ۱۱ کلید Save Position و سپس کلید L1 Set را بزنید.

این عمل برای محور Z در پیشانی قطعه کار انجام می‌شود.  
گفتنی است عملیات قبل باید برای تمامی ابزارها انجام شود.

## فعالیت ۱۵



یک گروه دونفری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر و استفاده از منابع مختلف، اصول و فنون بستن قطعه کار داخل سه نظام دستگاه تراش CNC را بنویسید.

-۱

-۲

-۳

-۴

بعد از تنظیم ابزارهای مورد استفاده روی مجموعه ابزارگیر و بستن قطعه کار به سه نظام برای اجرای برنامه به ترتیب زیر عمل کنید.

۱ کلید Program Manager بزنید.

۲ نشانگر را روی برنامه مورد نظر قرار دهید.

۳ کلید Execute را بزنید.

۴ دستگاه را در حالت خودکار قرار دهید.

۵ کلید Cycle Start را همراه با کنترل‌های لازم فشار دهید.

## فعالیت ۱۶



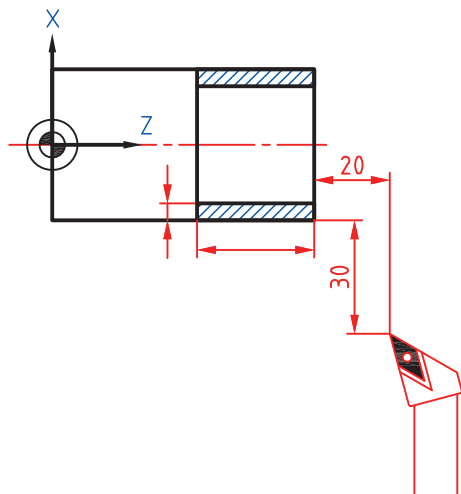
یک گروه دونفری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر قطعه‌کاری را روی سه نظام دستگاه تراش CNC بسته و پس از روشن کردن آن در حالت دستی اقدام به آفست‌گیری یکی از ابزارها کنید. تصویری از نحوه آفست‌گیری تهیه کرده، در محل مربوطه چسبانده و نتیجه را با هم‌کلاسی‌های خود مقایسه کنید.

تصویر پیشانی	تصویر سطح جانبی



## فعالیت کارگاهی ۱

موضوع: ساخت با دستگاه تراش CNC



### وسایل مورد نیاز

- ۱ دستگاه تراش CNC و متعلقات برحسب نیاز.
- ۲ نقشه قطعه کار.
- ۳ رنده‌های تراشکاری برحسب نیاز.
- ۴ وسایل اندازه‌گیری و کنترل: (میکرومتر (۰-۲۵) و (۰-۵۰) میلی‌متر، کولیس ۰/۰۲ میلی‌متر).
- ۵ جعبه آچار.
- ۶ وسایل تنظیف و روغندان.

### نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱ رعایت نکات ایمنی و حفاظتی کارگاهی.
- ۲ رعایت نکات ایمنی در دستگاه تراش CNC.

### مراحل انجام کار

- ۱ رسم نقشه در رایانه و اخذ تأییدیه از هنرآموز.
- ۲ نوشتن برنامه مطابق اصول و فنون مربوطه و اخذ تأییدیه از هنرآموز.
- ۳ آماده‌سازی دستگاه مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۴ وارد کردن برنامه در حافظه دستگاه.
- ۵ آزمایش برنامه در محیط شبیه‌ساز کنترل.
- ۶ اجرای برنامه بدون قطعه کار و ابزار و رفع نواقص احتمالی (اجرای خشک).
- ۷ بستن قطعه کار مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۸ بستن و آفست‌گیری ابزار مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۹ تعیین نقاط صفر ابزار و قطعه کار.
- ۱۰ فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خطبه‌خط (Single Block).
- ۱۱ فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خودکار (Auto).
- ۱۲ آزمایش و کنترل قطعه ساخته شده براساس نقشه و استفاده از وسایل اندازه‌گیری و کنترل.
- ۱۳ رفع نواقص احتمالی ابعادی قطعه کار و آفست‌گیری مجدد ابزار و ادامه انجام کار تا رفع کامل نواقص و انطباق قطعه کار با نقشه.

### در پایان:

- ۱ وسایل مورد استفاده را تمیز و مرتب نموده و در محل مربوطه قرار دهید.
- ۲ دستگاه را تمیز کنید.
- ۳ براده‌ها را جمع‌آوری کرده و در محل مربوطه قرار دهید.



## فعالیت کارگاهی ۲

موضوع: ساخت با دستگاه تراش CNC

### وسایل مورد نیاز

- ۱ دستگاه تراش CNC و متعلقات برحسب نیاز.
- ۲ نقشه قطعه کار.
- ۳ رنده‌های تراشکاری برحسب نیاز.
- ۴ وسایل اندازه‌گیری و کنترل: (میکرومتر (۲۵-۵۰) و (۰-۲۵) میلی‌متر، کولیس ۰/۰۲ میلی‌متر)
- ۵ جعبه آچار.
- ۶ وسایل تمیز و روغندان.

### نکات ایمنی و حفاظتی

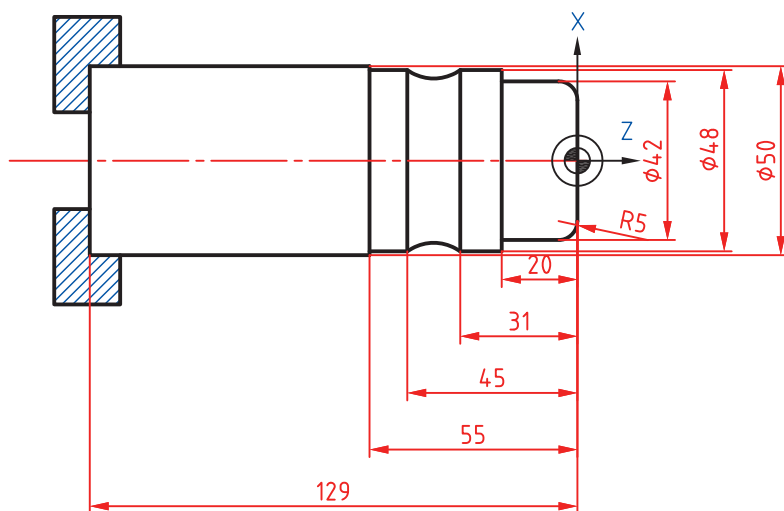
- ۱ رعایت نکات ایمنی و حفاظتی کارگاهی.
- ۲ رعایت نکات ایمنی در دستگاه تراش CNC.

### مراحل انجام کار

- ۱ رسم نقشه در رایانه و اخذ تأییدیه از هنرآموز.
- ۲ نوشتن برنامه مطابق اصول و فنون مربوطه و اخذ تأییدیه از هنرآموز.
- ۳ آماده‌سازی دستگاه مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۴ وارد کردن برنامه در حافظه دستگاه.
- ۵ آزمایش برنامه در محیط شبیه‌ساز کنترل.
- ۶ اجرای برنامه بدون قطعه کار و ابزار و رفع نواقص احتمالی (اجرای خشک).
- ۷ بستن قطعه کار مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۸ بستن و آفست‌گیری ابزار مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۹ تعیین نقاط صفر ابزار و قطعه کار.
- ۱۰ فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خطبه‌خط (Single Block).
- ۱۱ فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خودکار (Auto).
- ۱۲ آزمایش و کنترل قطعه ساخته شده براساس نقشه و استفاده از وسایل اندازه‌گیری و کنترل.
- ۱۳ رفع نواقص احتمالی ابعادی قطعه کار و آفست‌گیری مجدد ابزار و ادامه انجام کار تا رفع کامل نواقص و انطباق قطعه کار با نقشه.

### در پایان:

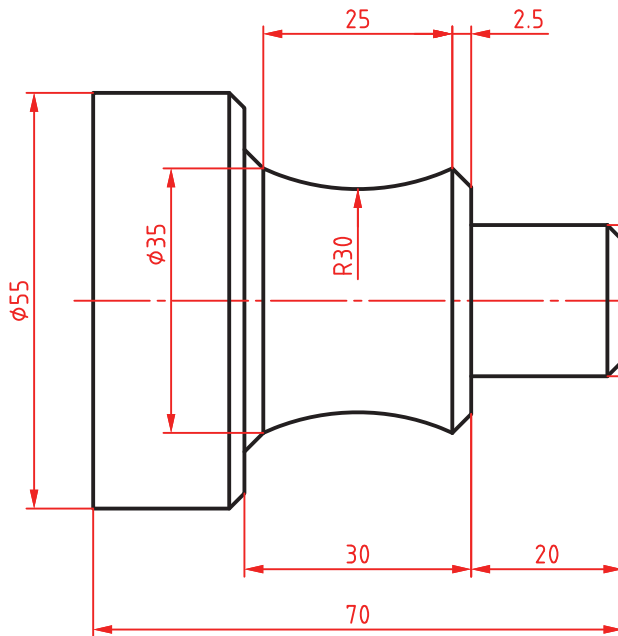
- ۱ وسایل مورد استفاده را تمیز و مرتب نموده و در محل مربوطه قرار دهید.
- ۲ دستگاه را تمیز کنید.
- ۳ براده‌ها را جمع‌آوری کرده و در محل مربوطه قرار دهید.





### فعالیت کارگاهی ۳

موضوع: ساخت با دستگاه تراش CNC



#### وسایل مورد نیاز

- ۱ دستگاه تراش CNC و متعلقات برحسب نیاز.
- ۲ نقشه قطعه کار.
- ۳ رنده‌های تراشکاری برحسب نیاز.
- ۴ وسایل اندازه‌گیری و کنترل: (میکرومتر (۲۵-۵۰) میلی‌متر، کولیس ۰/۰۲ میلی‌متر).
- ۵ جعبه آچار.
- ۶ وسایل تنظیف و روغندان.

#### نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱ رعایت نکات ایمنی و حفاظتی کارگاهی.
- ۲ رعایت نکات ایمنی در دستگاه تراش CNC.

#### مراحل انجام کار

- ۱ رسم نقشه در رایانه و اخذ تأییدیه از هنرآموز.
- ۲ نوشتن برنامه مطابق اصول و فنون مربوطه و اخذ تأییدیه از هنرآموز.
- ۳ آماده‌سازی دستگاه مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۴ وارد کردن برنامه در حافظه دستگاه.
- ۵ آزمایش برنامه در محیط شبیه‌ساز کنترل.
- ۶ اجرای برنامه بدون قطعه کار و ابزار و رفع نواقص احتمالی (اجرای خشک).
- ۷ بستن قطعه کار مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۸ بستن و آفست‌گیری ابزار مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۹ تعیین نقاط صفر ابزار و قطعه کار.
- ۱۰ فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خطبه‌خط (Single Block).
- ۱۱ فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خودکار (Auto).
- ۱۲ آزمایش و کنترل قطعه ساخته شده براساس نقشه و استفاده از وسایل اندازه‌گیری و کنترل.
- ۱۳ رفع نواقص احتمالی ابعادی قطعه کار و آفست‌گیری مجدد ابزار و ادامه انجام کار تا رفع کامل نواقص و انطباق قطعه کار با نقشه.

#### در پایان:

- ۱ وسایل مورد استفاده را تمیز و مرتب نموده و در محل مربوطه قرار دهید.
- ۲ دستگاه را تمیز کنید.
- ۳ براده‌ها را جمع‌آوری کرده و در محل مربوطه قرار دهید.



## فعالیت کارگاهی ۴

موضوع: ساخت با دستگاه تراش CNC

### وسایل مورد نیاز

- ۱ دستگاه تراش CNC و متعلقات برحسب نیاز.
- ۲ نقشه قطعه کار.
- ۳ رنده‌های تراشکاری برحسب نیاز.
- ۴ وسایل اندازه‌گیری و کنترل: (میکرومتر (۰-۲۵) و (۲۵-۵۰) میلی‌متر، کولیس ۰/۰۲ میلی‌متر).
- ۵ جعبه آچار.
- ۶ وسایل نظیف و روغندان.

### نکات ایمنی و حفاظتی

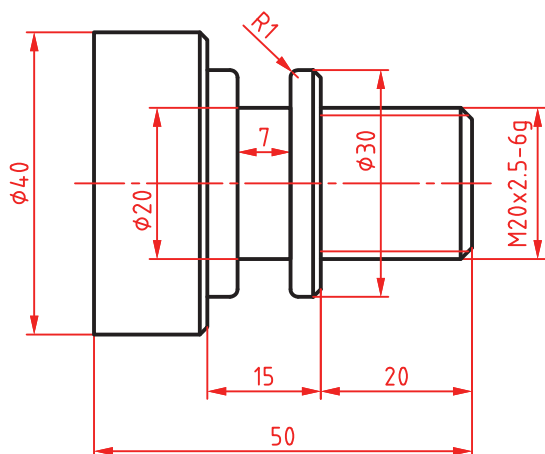
- ۱ رعایت نکات ایمنی و حفاظتی کارگاهی.
- ۲ رعایت نکات ایمنی در دستگاه تراش CNC.

### مراحل انجام کار

- ۱ رسم نقشه در رایانه و اخذ تأییدیه از هنرآموز.
- ۲ نوشتن برنامه مطابق اصول و فنون مربوطه و اخذ تأییدیه از هنرآموز.
- ۳ آماده‌سازی دستگاه مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۴ وارد کردن برنامه در حافظه دستگاه.
- ۵ آزمایش برنامه در محیط شبیه‌ساز کنترل.
- ۶ اجرای برنامه بدون قطعه کار و ابزار و رفع نواقص احتمالی (اجرای خشک).
- ۷ بستن قطعه کار مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۸ بستن و آفست‌گیری ابزار مطابق اصول و فنون مربوطه.
- ۹ تعیین نقاط صفر ابزار و قطعه کار.
- ۱۰ فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خطبه‌خط (Single Block).
- ۱۱ فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خودکار (Auto).
- ۱۲ آزمایش و کنترل قطعه ساخته شده براساس نقشه و استفاده از وسایل اندازه‌گیری و کنترل.
- ۱۳ رفع نواقص احتمالی ابعادی قطعه کار و آفست‌گیری مجدد ابزار و ادامه انجام کار تا رفع کامل نواقص و انطباق قطعه کار با نقشه.

### در پایان:

- ۱ وسایل مورد استفاده را تمیز و مرتب نموده و در محل مربوطه قرار دهید.
- ۲ دستگاه را تمیز کنید.
- ۳ براده‌ها را جمع‌آوری کرده و در محل مربوطه قرار دهید.





موضوع: ماشین کاری با دستگاه تراش CNC			
			
<p><b>شاخص عملکرد</b></p> <p>۱- تولرانس ابعادی براساس استاندارد ISO2768-f-2- کیفیت  سطح Ra 0.4</p> <p><b>شرایط انجام کار</b></p> <p>۱- انجام کار در کارگاه CNC ۲- نور یکنواخت با شدت روشنایی ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد ۴- دمای محیط <math>3^{\circ}C \pm 2^{\circ}C</math> سانتی‌گراد</p> <p><b>ابزار و تجهیزات</b></p> <p>۱- دستگاه تراش CNC مجهز به کنترل زیمنس ۲- وسایل ایمنی و حفاظتی استاندارد ۳- ابزار و تجهیزات استاندارد و آماده‌به‌کار ۴- وسایل اندازه‌گیری و کنترل (کولیس ۰/۰۲ - میکرومتر ۰/۰۱ شابلون دنده - شابلون قوس) ۵- زبری‌سنج مقایسه‌ای ۶- وسایل نظیف و روغن کاری</p>			
<b>معیار شایستگی</b>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی	نمره هنرجو
۱	روشن کردن و آماده‌سازی دستگاه	۲	
۲	بستن ابزارها مطابق برنامه ماشین کاری	۲	
۳	بستن و آماده‌سازی قطعه کار	۲	
۴	تعیین نقطه صفر و افست‌گیری ابزار	۲	
۵	وارد کردن برنامه و اجرای خشک آن (Single Block)	۲	
۶	فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خودکار (Auto)	۲	
	<b>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b> ۱- استفاده از وسایل و تجهیزات ایمنی و حفاظتی ۲- مسئولیت‌پذیری ۳- مدیریت مواد و تجهیزات ۴- مدیریت زمان ۵- پایبندی به الزامات نقشه ۶- رعایت نکات زیست‌محیطی		۲
	<b>میانگین نمرات</b>		*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است			

**منابع فارسی:**

- ۱- جلیلی، علیرضا و دیگران، تولید قطعات به روش تراشکاری (۲۱۱۴۱۹)، چاپ دوم، ۱۳۹۷، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
- ۲- اکبری، محسن و دیگران، درس فنی (نظام قدیم) سال دوم ماشین‌ابزار (۵۰۳)، ۱۳۶۷، چاپ کتاب درسی ایران.
- ۳- زنوزی، بهروز و دیگران، حساب فنی (نظام قدیم) سال دوم ماشین‌ابزار (۵۰۴)، ۱۳۶۷، چاپ کتاب درسی ایران.
- ۴- رشیدی، محمدرضا، برنامه‌نویسی و اپراتوری ماشین‌های CNC، چاپ اول، ۱۳۹۵، نشر آفرنگ.

**منابع لاتین:**

- 1- Michail Fitzpatrick, 2014, Machining and CNC Technology, McGraw-Hill.

