

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) معروف‌اند و شما در سال‌های گذشته با یکی از آنها با نام ماشین تراش TN۵۰ آشنا شدید.

ماشین تراش دستی TN۵۰B: این ماشین برای انجام انواع عملیات تراشکاری تا قطر ۵۰۰ میلیمتر طراحی 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 TN۵۰B

ماشین تراش دستی TN۷۱B: 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 TN۵۰ را در یک محدوده بالاتر از آن داراست. (شکل ۲)



شکل ۲- ماشین تراش دستی TN۷۱B

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 TN۵۰B 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 ارتقای 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 Economical۴۰)

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 است (شکل ۴).



شکل ۴- ماشین تراش CNC TME۴۰

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

جدول شماره ۱- مشخصات فنی ماشین تراش CNC TME۴۰

Swing over bed	500 mm	حداکثر قطر کارگیر تا روی بستر	۱
Max. Turning diameter	300 mm	حداکثر قطر قابل ماشین‌کاری	۲
Swing over cross slide	270 mm	حداکثر قطر کارگیر تا روی اسلاید	۳
Distance between centers	1000 mm	حداکثر طول بین دو مرغک	۴
Max length of work	850 mm	حداکثر طول قابل ماشین‌کاری	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	حداکثر وزن قطعه کار	۲۶
Packing(L.W.H)	3040X1800X1740	ابعاد بسته بندی	۲۷

اجزا و سیستم‌های دستگاه تراش CNC TME۴۰

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

مجموعه پایه و بدنه ماشین

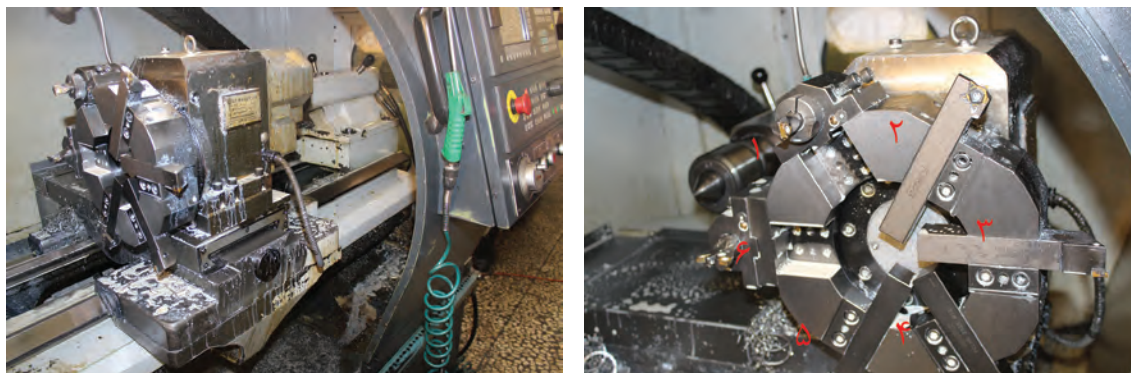
بستر (Bed) ماشین‌های ابزار از جنس چدن می‌باشد تمامی اجزای دستگاه روی آن سوار می‌شوند. ماشین تراش CNC TME۴۰ از نوع بستر تخت (Flat Bed) بوده و قابلیت ماشین‌کاری انواع قطعات تا قطر ۳۰۰ میلی‌متر و طول ۸۵۰ میلی‌متر را دارا می‌باشد. (شکل ۵)



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 TME۴۰ 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، به‌منظور 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 به‌صورت دستی بوده و حرکت مرغک آن هیدرولیکی است. (شکل ۷)



شکل ۷- مجموعه مرغک



با توجه به شکل دستگاه مرگ (شکل ۷) نام قسمت‌های شماره‌گذاری شده را بنویسید.

۳	۲	۱



- ۱ بعد از انتقال مرگ به نقطه مورد نظر، گلولی به صورت هیدرولیکی عمل نموده و قطعه کار را نگه می‌دارد.
- ۲ هنگام ماشین‌کاری با استفاده از مرگ باید به محدود بودن فاصله ابزار و دستگاه مرگ توجه شود.
- ۳ با توجه به ساختار دستگاه مرگ، در این ماشین از مرگ گردان با مکانیزم بیرون‌انداز برای بیرون آوردن مرگ استفاده می‌شود.
- ۴ حرکت گلولی 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 ماشین‌کاری 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 سخت‌کاری و سنگ‌زنی روی آن انجام گرفته است.

یاتاقان‌های غلتکی 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)



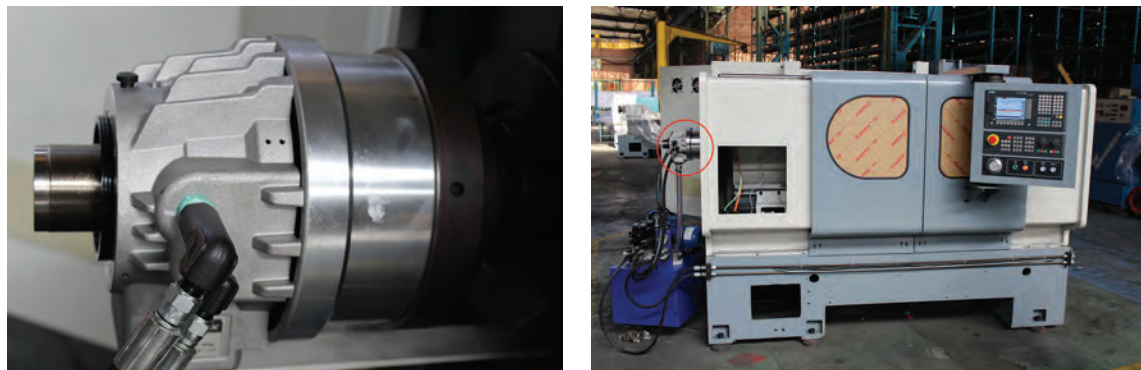
شکل ۹- استقرار سه‌نظام روی مجموعه محور اصلی



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 گلولی دستگاه از آچار گشتاورسنج استفاده کنید.
- ۵ فک‌های سه‌نظام را با توجه به شماره‌های مربوطه سوار کنید.

نکته: براساس دفترچه راهنمای دستگاه و نوع مواد 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 اجزای 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 $k68$ 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 غلتک‌های 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 خنک کننده 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)



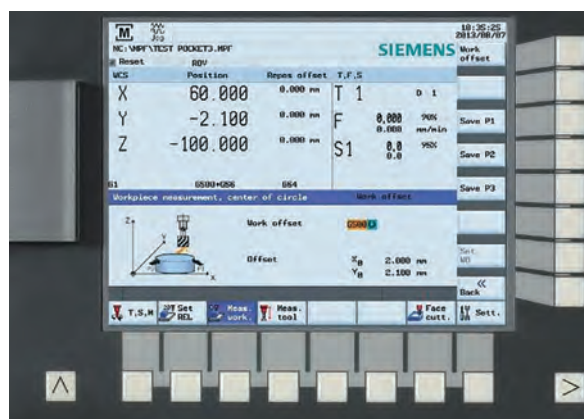
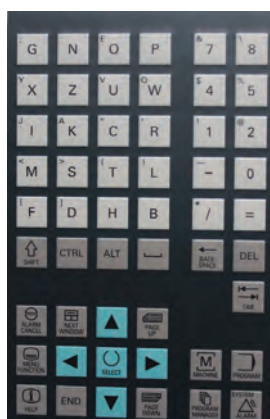
شکل ۱۳- مجموعه سیستم کنترل دستگاه

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 راه اندازی، 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)








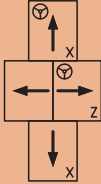




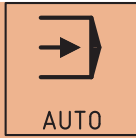





شکل ۱۷- کلیدهای اپراتوری سیستم کنترل






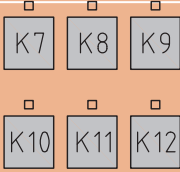
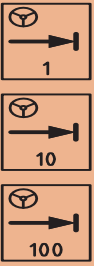



هر کدام از کلیدها و شاسی‌های دستگاه، مفهوم خاصی داشته و وظیفه‌ای را به عهده دارند. (جدول ۲)

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	<p>کلید تعیین درصد دور محور اصلی (Spindle). مثلاً 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 $240 = 200 \times 120\%$ کار خواهد کرد.</p>

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>کلید  را بزنید.</p> <p>محور مورد نظر را انتخاب کنید ( یا )</p> <p>مقدار پیشروی را با استفاده از یکی از کلیدهای  تعیین کنید.</p> <p>کلید  را در جهت + و یا - بچرخانید.</p>
۴		FEEDRATE	<p>کلید تعیین درصد پیشروی محورها. مثلاً اگر در برنامه نوشته شده سرعت پیشروی ۰/۲ میلیمتر بر دور تعریف شده باشد و کلید روی ۱۰۰ باشد عملاً محورها با سرعت ۰/۲ حرکت خواهند کرد و اگر این کلید روی ۱۲۰ باشد محورها با سرعت $۰.۲۴ = ۱۲۰\% \times ۰.۲$ 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 داد.</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.
۱۰		MDA	محیطی است که برنامه به صورت موقت و دستی وارد دستگاه می شود.
۱۱		PROGRAM TEST	جهت تست برنامه بدون حرکت محورها
۱۲			کلید شرطی فعال و غیر فعال کردن دستور M01
۱۳			با فعال بودن  کلید، کنترل حرکت سریع محورها توسط 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 در حالت دستی (JOG) 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) مربوط به هندویل <div>  پیشروی به اندازه ۰/۰۰۱ میلی‌متر  پیشروی به اندازه ۰/۰۱ میلی‌متر  پیشروی به اندازه ۰/۱ میلی‌متر </div>

ردیف	علامت	عنوان	وظیفه
۲۲	  		<p>۱- کلیدهای مربوط به حرکت محورهای X و Z در جهت مثبت و منفی به صورت دستی.</p> <p>۲- با استفاده همزمان این کلیدها با کلید  حرکت دستی تبدیل به حرکت سریع (خرگوشی) می شود.</p>
۲۳	  		<p>کلیدهای چرخش محور اصلی. در حالت دستی به ترتیب نشان دهنده جهت چرخش محور اصلی در جهت عقربه های ساعت و یا خلاف آن و همچنین توقف می باشد.</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 می گردد و دستگاه هشدار می دهد. برای اینکه محور را به حالت اولیه خود برگردانیم به ترتیب زیر عمل کنید.</p> <p>۱- این کلید را فشار داده و نگه دارید. سپس کلید استارت هیدرولیک را فشار داده و رها کنید.</p> <p>۲- دکمه RESET را فشار دهید تا خطای به وجود آمده رفع گردد.</p> <p>۳- در حالت JOG و با کمک کلیدهای جهت نما، محور مربوطه را به داخل محدوده منتقل کنید.</p>



یک گروه دوفنری 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، روغن‌کاری، 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



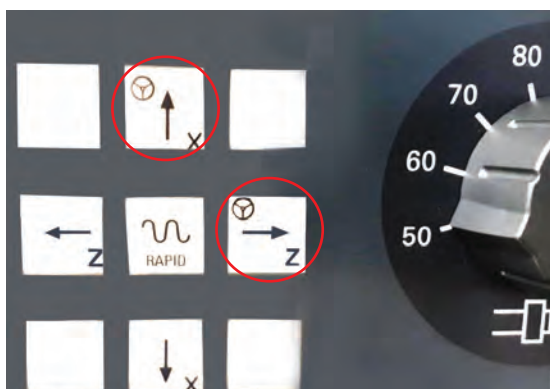
شکل ۲۰- ظاهر شدن صفحه اصلی

۴ زدن مجدد کلید هیدرولیک



شکل ۲۱- زدن مجدد کلید سیستم هیدرولیک

۶ زدن همزمان کلیدهای +X و +Z



شکل ۲۳- زدن کلیدهای +X و +Z

۵ انتخاب کلید REF POINT



شکل ۲۲- انتخاب کلید REF POINT

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 می باشد.

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



۱۳ فعالیت



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

وارد کردن برنامه

برای انجام هر عملیات در ماشین CNC ابتدا باید برنامه آن را به سیستم کنترل دستگاه نمود و سپس اجرا کرد. مراحل وارد کردن برنامه به صورت زیر است.



۲ زدن کلید نرم افزاری



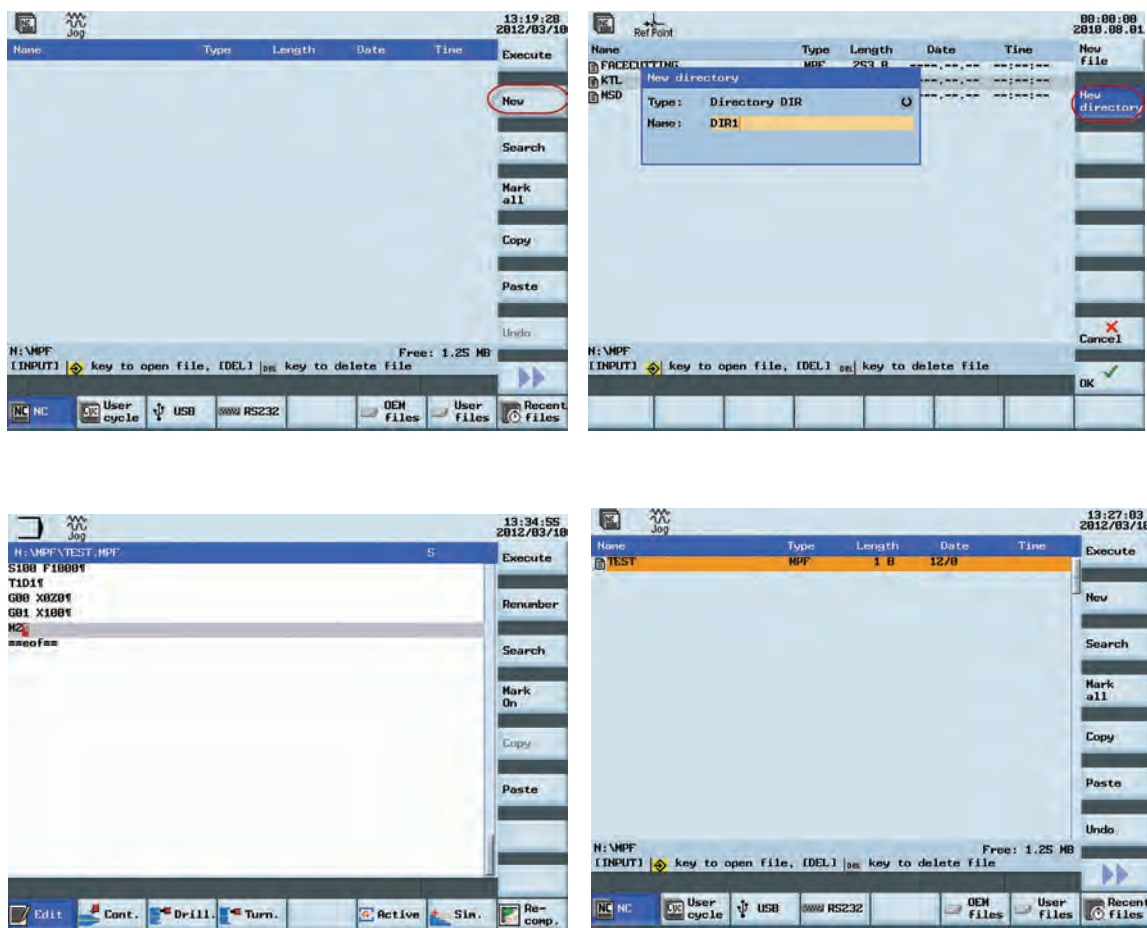
۱ زدن کلید



۴ زدن کلید

۳ وارد کردن نام برنامه در پنجره باز شده

اکنون شرایط و سیستم، آماده وارد کردن برنامه مورد نظر می باشد. (شکل ۲۶)



شکل ۲۶- وارد کردن برنامه

فراخوانی برنامه

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



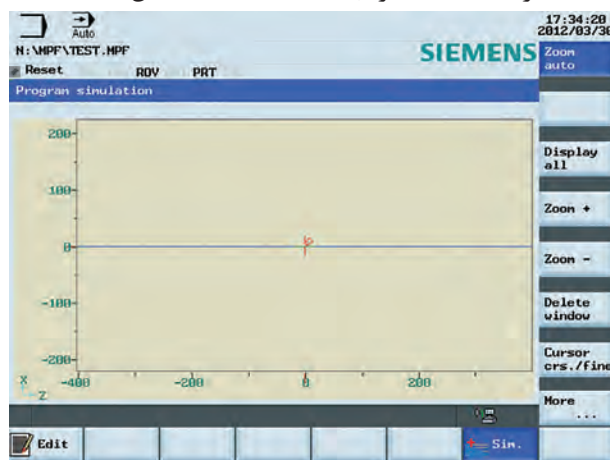
- ۱ محیط را انتخاب نمایید.
 - ۲ با کمک کلیدهای مکان نما نشانگر را روی برنامه مورد نظر قرار دهید.
 - ۳ کلید نرم افزاری Execute را فشار دهید.
- اکنون برنامه آماده آزمایش است.

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 اینکه محورها 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.

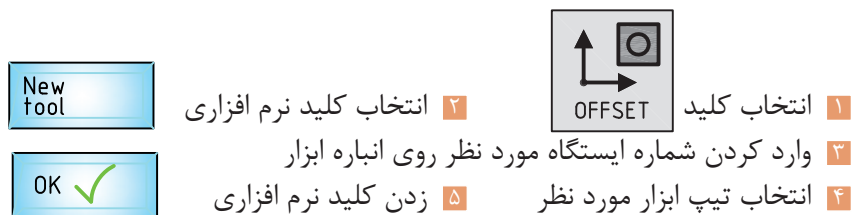
فعالیت ۱۴



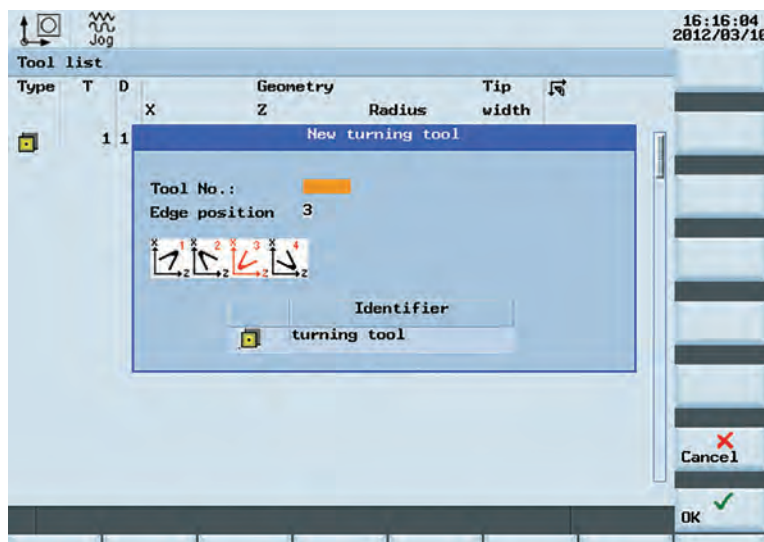
یک گروه دوفنری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر، فعالیت‌های برنامه‌نویسی پودمان ۴ را به صورت گرافیکی روی سیستم کنترل دستگاه تراش CNC آزمایش کنید.

تعریف و تنظیم ابزار

تعیین ابزارهای مناسب برای عملیات ماشین‌کاری و تنظیم آنها روی دستگاه به منظور تولید قطعات با دقت و کیفیت بالا از اهمیت خاصی برخوردار است. هر چند در برنامه‌نویسی نوع ابزار و شماره ایستگاه محل نصب آن در مجموعه ابزارگیر نوشته می‌شود اما آشنایی اپراتور دستگاه با انواع ابزارها و جنس آنها بسیار با اهمیت می‌باشد. جهت تعریف و تنظیم ابزار به ترتیب ذیل عمل می‌شود.

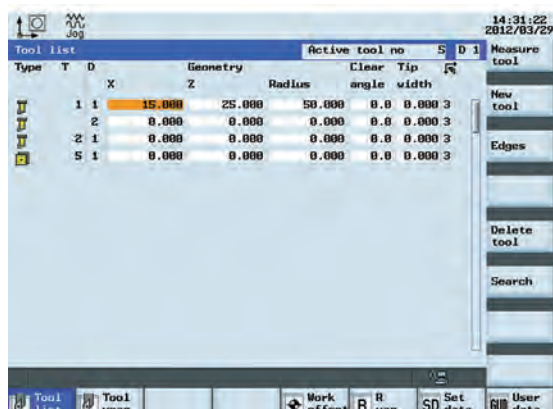


شکل زیر محل تعریف ابزار را نشان می‌دهد. (شکل ۲۸)



شکل ۲۸- محل تعریف ابزار

این عمل برای ۶ ایستگاه انباره ابزار تکرار می‌شود. (شکل ۲۹)



شکل ۲۹- تعریف و تنظیم شش ابزار دستگاه

ماشین تراش TME۴۰ مجهز به یک مجموعه ابزار گیر خودکار برقی شش ابزاره می‌باشد که به وسیله آن می‌توان تا ۶ ابزار، روی آن بست. برای بستن ابزارها روی مجموعه ابزار گیر ماشین، ابتدا یکی از ابزارها را با توجه به نوع آن روی یکی از ایستگاه‌های مورد نظر، می‌بندیم سپس برای چرخش انباره ابزار به منظور بستن ابزار بعدی از کلید جابه‌جایی ابزار دستی (TOOL CHANGE) استفاده می‌کنیم.



شکل ۳۰- بستن قطعه کار روی سه نظام

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 ۳۰)

۳ سه نظام دستگاه را به صورت دستی راه اندازی کنید.

۴ ابزار را به قطر قطعه کار مماس کنید.

۵ روتراشی 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 Set L۱ را بزنید.

این عمل برای محور Z در پیشانی قطعه کار انجام می شود.

گفتنی است عملیات قبل باید برای تمامی ابزارها انجام شود.

بعد از تنظیم ابزارهای مورد استفاده روی مجموعه ابزار گیر 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 (Auto) قرار دهید.

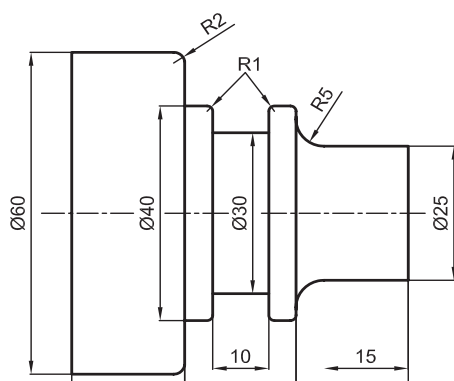
۵ با رعایت اصول ایمنی اعم از کنترل selectore، پیشروی و single blok برنامه را استارت کنید.

۶ کلید Cycle Start را همراه با کنترل های لازم فشار دهید.

فعالیت ۱۵

یک گروه دوفنری تشکیل داده و با مشارکت یکدیگر قطعه کاری را روی سه نظام دستگاه تراش CNC بسته و پس از روشن کردن آن در حالت دستی اقدام به آفست گیری کنید.





فعالیت کارگاهی ۱

برنامه‌ای را که برای قطعه مقابل نوشته‌اید با رعایت اصول ایمنی وارد نموده و فرایند ساخت قطعه را با دستگاه CNC انجام دهید.

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 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.

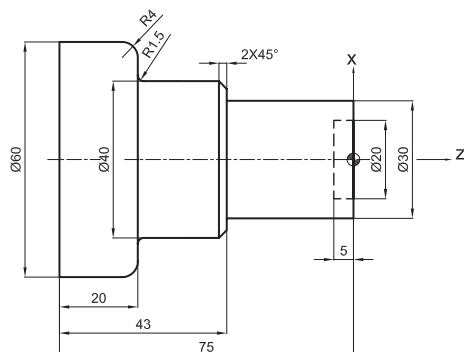
در پایان:

- 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

برنامه ای را که برای قطعه مقابل نوشته اید را با رعایت اصول ایمنی وارد نموده و فرایند ساخت قطعه را با دستگاه CNC انجام دهید.



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.

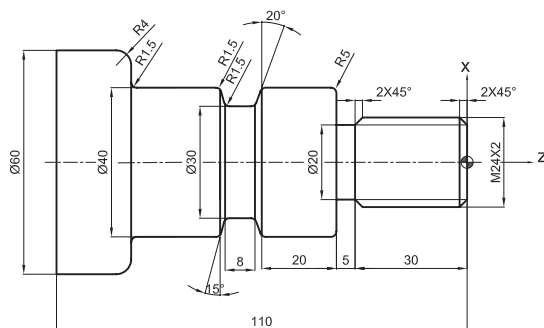
مراحل انجام کار

- 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.



فعالیت کارگاهی ۳

برنامه ای برای قطعه مقابل نوشته و با رعایت اصول ایمنی وارد نموده و فرایند ساخت قطعه را با دستگاه CNC انجام دهید.



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 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.

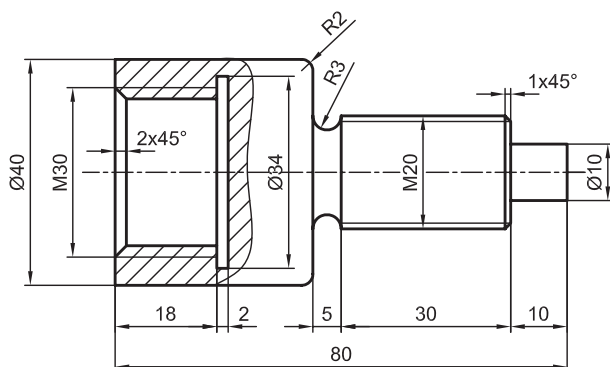
در پایان:

- ۱ وسایل مورد استفاده را تمیز و مرتب نموده و در محل مربوطه قرار دهید.
- ۲ پس از تمیز کردن دستگاه، براده‌ها را جمع‌آوری کرده و در محل مربوطه قرار دهید.



فعالیت کارگاهی ۴

برنامه‌ای را که برای قطعه مقابل نوشته‌اید با رعایت اصول ایمنی وارد نموده و فرایند ساخت قطعه را با دستگاه CNC انجام دهید.



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 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.

ارزشیابی تراشکاری CNC

<p>موضوع: ماشین کاری با دستگاه تراش CNC</p> <p>شاخص عملکرد</p> <p>۱- تolerانس ابعادی براساس استاندارد ISO2768-f-۲- کیفیت سطح Ra 3.2</p> <p>شرایط انجام کار</p> <p>۱- انجام کار در کارگاه CNC ۲- نور یکنواخت با شدت روشنایی ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد ۴- دمای محیط $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}$ سانتی گراد</p> <p>ابزار و تجهیزات</p> <p>۱- دستگاه تراش CNC مجهز به کنترل زمینس ۲- وسایل ایمنی و حفاظتی استاندارد ۳- ابزار و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۴- وسایل اندازه گیری و کنترل (کولیس ۰/۰۲ - میکرومتر ۰/۰۱ شابلون دنده - شابلون قوس) ۵- زبری سنج مقایسه ای ۶- وسایل تنظیف و روغن کاری</p>			
<p>معیار شایستگی</p>			
<p>ردیف</p>	<p>مرحله کار</p>	<p>حداقل نمره دریافتی</p>	<p>نمره هنرجو</p>
<p>۱</p>	<p>روشن کردن و آماده سازی دستگاه</p>	<p>۲</p>	
<p>۲</p>	<p>بستن ابزارها مطابق برنامه ماشین کاری</p>	<p>۲</p>	
<p>۳</p>	<p>بستن و آماده سازی قطعه کار</p>	<p>۲</p>	
<p>۴</p>	<p>تعیین نقطه صفر و افست گیری ابزار</p>	<p>۲</p>	
<p>۵</p>	<p>وارد کردن برنامه و اجرای آزمایشی آن</p>	<p>۲</p>	
<p>۶</p>	<p>فراخوانی و اجرای برنامه به صورت خودکار (Auto)</p>	<p>۲</p>	
	<p>شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</p> <p>۱- استفاده از وسایل و تجهیزات ایمنی و حفاظتی</p> <p>۲- مسئولیت پذیری</p> <p>۳- مدیریت مواد و تجهیزات</p> <p>۴- مدیریت زمان</p> <p>۵- پایبندی به الزامات نقشه</p> <p>۶- رعایت نکات زیست محیطی</p>	<p>۲</p>	
	<p>میانگین نمرات</p>		
	<p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است</p>		

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.
- ۵- کاتالوگ‌های ماشین TME۴۰ ساخت گروه ماشین‌سازی تبریز

منابع لاتین:

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

