چكيده

كنترل عددي توسط كامپيوتر (CNC) فرآيند ساخت قطعه ماشينكاري مي‌باشد. عمل توليد به وسيله كنترل‌كننده هاي كامپيوتري كنترل مي‌شود. كنترل كننده از يك موتور براي به حركت درآوردن هر محور ماشين‌ابزار استفاده مي‌كند و جهات و سرعت و طول زماني گردش هر موتور را تنظيم مي‌كند.

برنامه حركت مسير ابزار در كامپيوتر ماشين برنامه‌ريزي شده و به وسيله اپراتور، آن برنامه به اجرا درمي‌آيد. برنامه شامل اطلاعات نقطه‌اي عددي با فرمان كنترل و كدهاي عملكردي ماشين مي‌باشد. كنترل عددي (NC) عبارت اصلي داده شده به اين تكنولوژي است و هنوز براي دستگاه هاي CNC نيز همان عبارت به كار گرفته مي‌شود.

كنترل عددي ((Numerical Control (NC)) عبارت است از كنترل اعمال ماشينكاري به وسيله اعدادي كه به جاي نقشه و شابلون در اختيار ماشين قرار داده مي‌شود. به عبارت ديگر كنترل عددي عبارت است از انجام و تكميل مراحل مختلف كار به كمك معلومات ذخيره شده به شكل برنامه‌هاي رمزي و بدون دخالت ماشينكار.

علت وجود ماشين‌هاي NC (ماشين‌هاي ابزار با كنترل عددي)، احتياج به ساخت قطعات با تعداد زياد، كيفيت بالا و قيمت اقتصادي بوده است. وظيفه چنين ماشين‌هايي، آماده كردن قطعه كار و كنترل تمام مراحل ساخت از نظر كيفي و كمي تا پايان عمليات ماشينكاري است.

امروزه كنترل عددي درماشين‌هاي CNC, NC به قدري پيشرفت نموده كه يك ماشين قادر است كليه مراحل ساخت يك قطعه اعم از تنظيم، براده‌برداري، تعويض ابزار

و ... را به طور اتومات و بدون دخالت فرد انجام دهد.

ماشين NC براي ساخت يك قطعه احتياج به برنامه كار و ابزارهاي مورد لزوم دارد. براي اين كار ابتدا قطعه مورد نظر طراحي و نقشه فني آن رسم، تمام مشخصات كمي و كيفي نظير ابعاد و تلرانس قسمت‌هاي مختلف در اختيار برنامه‌نويس قرار داده مي‌شود. همزمان با اين كار متصدي تهيه ابزار نيز ابزارهاي لازم را تهيه، فرمي از مشخصات ابزار و امكانات كاري آن‌ها نظير سرعت برش و مقدار بار مجاز را به برنامه‌نويس تحويل مي‌نمايد.

برنامه‌نويس با توجه به اطلاعاتي كه از طرح و ابزار اخذ نموده و با در نظر گرفتن مشخصات توانايي‌هاي كاري ماشين مورد نظر مراحل انجام كار را روي فرم‌هاي مخصوص برنامه‌نويسي به صورت شماره‌ها و كدهاي رمزي ثبت مي‌نمايد.

اين برنامه توسط كارت‌هاي سوراخ‌دار، نوار مغناطيسي يا ديسك مغناطيسي يا نوار سوراخ‌دار كه قابل درك براي ماشين است تهيه مي‌شود. به عبارت ديگر برنامه را به زبان ماشين ترجمه مي‌كنند.

پايان‌نامه حاضر در ۱۰ فصل جمع‌آوري شده است كه در زير به طور خلاصه توضيح داده مي‌شود.

در فصل اول، در مورد سيستم‌هاي ساخت و اتوماسيون بحث شده كه جايگاه CNC را در صنعت نشان مي‌دهد و توجيهات كيفي، كمي و اقتصادي آن را بيان مي‌كند.

در فصل دوم، سير تكامل، كاربردها، استانداردهاي كنترلر، CNC مورد بررسي قرار گرفته كه به بيان چگونگي شكل‌گيري ساختار CNC از زمان انقلاب صنعتي تا به حال مي‌پردازد.

در فصل سوم، به بيان ساختمان مكانيكي ماشين‌هاي كنترل عددي پرداخته شده كه به طور مختصر ماشين (بدنه، ساختار مكانيكي، راهنما) تجهيزات كمكي مورد استفاده در CNC توضيح داده شده است. در بخش دوم، به بررسي ساختار ماشين‌هاي تراش و فرز CNC پرداخته شده است.

در فصل چهارم، سيستم‌هاي كنترل، محورهاي مختصات و سيستم‌هاي مختصات معرفي شده كه به ما در نوشتن برنامه كمك شاياني مي‌كند.

درفصل پنجم، با زبان‌هاي عمده برنامه‌نويسي، چگونگي آماده كردن برنامه و اعمال لازم قبل از نوشتن برنامه آشنا مي‌شويم. مواردي از قبيل كدهاي CNC، فازهاي اصلي برنامه، چگونگي استفاده از جداول در برنامه‌نويسي و محاسبات مربوط به نرخ براده‌برداري مورد بررسي قرار مي‌گيرد.

در فصل ششم و هفتم به معرفي كدهاي مورد استفاده در برنامه‌نويسي ماشين‌هاي فرز و تراش مي‌پردازد و حالت استاندارد و كلي هر كد را با شكل مربوط به آن نشان داده است، كدهاي معرفي شده كدهايي است كه درنرم افزار CNCez كاربرد دارد.

در فصل هشتم به چگونگي نصب و استفاده از نرم افزار شبيه ساز CNCez پرداخته شده است. علت معرفي اين نرم افزار اين است كه كار با آن براي افراد مبتدي راحت است و نياز به مهارت خاصي ندارد. همين كار را در نرم افزارهايي مانند CATIA يا Master Cam مي‌توان انجام داد ولي نياز به مهارت ويژه‌اي دارد.

در فصل نهم، زبان‌هاي ديگري كه در برنامه نويسي ماشين‌هاي كنترل عددي كاربرد دارد، معرفي شده است.

فصل دهم. جهت نوشتن برنامه براي توليد يك قطعه، بهتر است. قبل از آن ديد كلي نسبت به چگونگي كاركرد قطعه، موارد استفاده آن و چگونگي طراحي و محاسبات مربوط به آن داشته باشيم در اين فصل انواع بادامك، انواع حركت پيرو و چگونگي رسم بادامك توضيح داده شده است و در پايان برنامه CNC چند نمونه بادامك ارائه شده است.

در قسمت ضميمه‌ها كدهاي مختلف كه در زبان‌هاي مختلف كاربرد دارد معرفي شده است.

اميد به آن كه توانسته باشم با ارائه اين پايان‌نامه گوشه‌اي از تكنولوژي CNC را معرفي كنم.

فصل اول: سيستم‌هاي ساخت و اتوماسيون

مقدمه

بازده هر سيستم ساخت را بر اساس سه عامل هزينه ساخت، توان توليد و سود مي‌توان سنجيد. هزينه ساخت نه تنها شامل هزينه‌هاي ماشينكاري، مونتاژ و... است، بلكه هزينه‌هاي جابه‌جا كردن قطعات از نزد ماشيني به نزد ماشين ديگر و انبار كردن موقت آن‌ها را نيز دربرمي‌گيرد. هزينه ساخت از بازده فزاينده‌هاي مختلف ساخت و روش تركيب يا ترتيب اين فرآيندها در كارخانه نيز تأثير مي‌پذيرد. دستمزدها و كيفيت طرح فراورده نيز بر اين هزينه مؤثر است.

در عوض، توان توليد هر سيستم ساخت تنها بازده حاصل از به كارگيري نيروي كار را نشان مي‌دهد. توان توليد را معمولا ميانگين توليد به ازاي هر نفر-ساعت در نظر مي‌گيرند. پس هرگاه كارخانه A با ۳۰۰ كارگر هر هفته ۳۰۰ يخچال و كارخانه B با همان تعداد كارگر فقط ۱۵۰ يخچال توليد كند، مي‌گويند توان توليد كارگران كارخانه A دوبرابر كارخانه B است. بايد توجه داشت كه اين بدان معنا نيست كه هزينه ساخت يخچال‌هاي كارخانه A كمتر از يخچال‌هاي كارخانه B است.

شايد صرفه‌جويي در پرداخت دستمزد در كارخانه A صرفه هزينه‌هاي مربوط به خريد ماشين‌هاي گران‌قيمت خودكاري شده باشد كه كمبود كارگران را جبران مي‌كنند.

سرانجام، سود شركت به تغييرات هزينه ساخت و توان توليد بستگي دارد.

هدف اين فصل، بحث درباره روش‌هاي افزايش توان توليد با استفاده از سيستم‌هاي پيشرفته ساخت و اتوماسيون است. در اين جا منظور از اتوماسيون به كارگيري هر روش يا وسيله‌اي است كه به كمك كارگر مي‌آيد تا بازده كار را افزايش دهد.

قبل از بحث درباره جزئيات كار، توضيح اين نكته ضروري است كه تصميم‌گيري در مورد مسائل اتوماسيون، تا حدود زيادي به ميزان توليد بستگي دارد.

انواع توليد

معمولا توليد را از لحاظ ميزان به سه دسته تقسيم مي‌كنند: توليد دسته‌اي پرتعداد و توليد دسته‌اي كم تعداد. مي‌توان فرض كرد كه در توليد انبوه، ميزان توليد بيشتر از يك ميليون قطعه در سال است و در توليد دسته‌اي كم‌تعداد از چند صد قطعه در هر دور توليد كمتر است. تخمين زده مي‌شود كه در ايالات متحده امريكا در حدود ۷۰ تا ۸۵٪ كل توليد را توليد دسته‌اي تشكيل مي‌دهد. به سبب همين نسبت زياد ساخت به روش دسته‌اي، به مسئله اتوماسيون در ساخت دسته‌اي بسيار توجه مي‌شود.

مشخصه‌هاي عمومي انواع توليد به شرح زير است:

- توليد انبوه يا پيوسته

مشخصه توليد انبوه تعداد زياد قطعات مشابه است كه در بازار تقاضاي نسبتا ثابت و قابل پيش‌بيني

برايشان وجود دارد. تعداد قطعات مورد نياز به‌اندازه‌اي هست كه تجهيزات ساخت همواره، به طور پيوسته و به مدت طولاني، مشغول كار باشند. در نتيجه در توليد انبوه از ماشين‌ها و ابزارهايي كه براي كاربردهاي خاصي طراحي شده‌اند، استفاده مي‌شود. اين ابزارها و ماشين‌ها با ويژگي‌هاي قطعاتي كه منظور توليد آن‌هاست، كاملا انطباق دارند. در توليد انبوه مي‌توان هزينه‌هاي گزاف اتوماسيون تراز بالا را توجيه كرد و به توان توليد بالا دست يافت.

- توليد دسته‌اي پر تعداد

در توليد دسته‌اي پرتعداد، تعداد زيادي قطعه مشابه به صورت رشته‌اي توليد مي‌شوند. در اين نوع توليد ماشين‌ها بايد تا حدودي انعطاف‌پذير باشند اما استفاده از تعداد زيادي ماشين و ابزار خاص، و زمان تنظيم طولاني قابل توجيه است.

توليد دسته‌اي كم تعداد

در توليد دسته‌اي كم تعداد انواع مختلفي از قطعات توليد مي‌شود كه تقاضا براي آن‌ها در نوسان است و بايد در دسته‌هاي كوچك توليد شوند. در اين روش بايد از ماشين‌هاي همه‌كاره استفاده كرد نه از ماشين‌هايي كه براي ساخت قطعه‌هاي خاصي طراحي شده‌اند. اين ماشين‌ها را بايد به طور مكرر و براي توليد دسته‌هايي از قطعات مختلف، تنظيم كرد و در نتيجه بخش بزرگي از زمان مولد آن‌ها تلف مي‌شود. اتوماسيون در اين نوع توليد بايد كاملا انعطاف‌پذير باشد و بتوان آن را براي توليد انواع مختلف قطعات برنامه‌ريزي كرد.

- انواع طرح‌هاي جانمايي تجهيزات

در سيستم‌هاي ساخت از طرح‌هاي جانمايي مختلفي براي استقرار تجهيزات و ماشين‌هاي ابزار استفاده مي‌كنند و

طرح جانمايي مناسب عمدتا به تعداد و نوع قطعات موردنظر براي ساخت بستگي دارد.

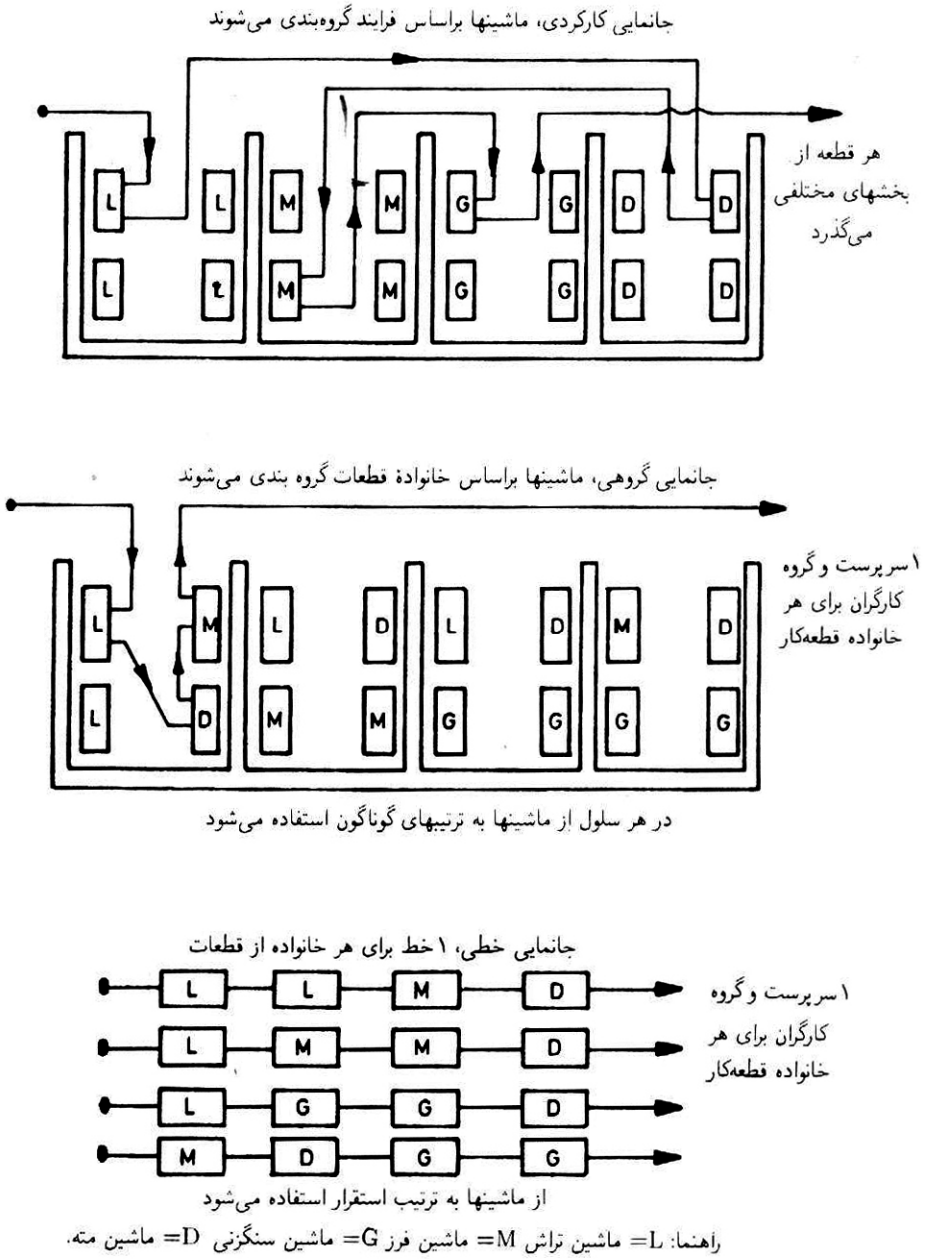
- جانمايي كاركردي يا فرايندي

از جانمايي كاركردي يا فرآيندي براي توليد دسته‌اي استفاده مي‌شود. كارخانه را به صورت بخش‌هايي با ماشين‌هاي مشابه سازمان مي‌دهند يعني كارخانه يك بخش روتراشي، يك بخش فرزكاري و... دارد. چون روي اغلب قطعات بايد عمليات مختلفي انجام داد، آن را بايد مكررا از يك بخش تخصصي به بخش تخصصي ديگر انتقال داد. در نتيجه گردش كار ضعيف مي‌شود زمان پردازش طولاني و نامطمئن خواهد شد؛ در اين صورت مشكلات زيادي از لحاظ زمان‌بندي و كنترل توليد پديد مي‌آيد. در اين نوع سازمان، همواره تعداد زيادي قطعه‌كار در دست ساخت است. در اين سيستم مسئوليت ساخت به عهده سرپرستان بخش‌هاي مختلف است.

جانمايي كاركردي يا فزايندي، در صورت نوسانات شديد تقاضا، بسيار انعطاف‌پذير است و از جمع كردن مهارت‌هاي مشابه در بخش‌هاي جداگانه نيز فوايدي حاصل مي‌شود.

- جانمايي خطي

در جانمايي خطي، ماشين‌ها را به ترتيب عمليات مستقر مي‌كنند؛ به طوري كه قطعات در حين ساخت از يك ماشين به ماشين بعدي منتقل مي‌شوند. اين نوع جانمايي هنگامي به كار مي‌آيد كه به تعداد زيادي قطعه با ترتيب پردازشي يكسان، نياز باشد. در نتيجه خطوط جريان به توليد انبوه و توليد دسته‌اي پرتعداد محدود مي‌شود. اين نوع خط جريان معمولا با تراز اتوماسيون بالايي همراه اند.



شكل ۱-۱- انواع طرح‌هاي جانمايي ماشين‌ابزار

در جانمايي خطي زمان توليد كوتاه و قابل پيش‌بيني است و همواره تعداد محدودي قطعه در جريان ساخت قرار دارد. در نتيجه كنترل توليد بسيار ساده مي‌شود. براي احداث خطوط جريان خودكار بايد هزينه سرمايه‌اي گزاف و هزينه‌هاي طراحي و توسعه معتنابهي

را صرف كرد. اين خطوط تقريبا انعطاف‌پذيرند و عموما در صورت متغيير بودن تقاضا، يا تغيير مكرر طرح فرآورده مناسب نيستند.

- جانمايي گروهي يا سلولي

از طرح جانمايي گروهي يا سلولي براي توليد دسته‌اي كم‌تعداد استفاده مي‌شود به شرط آن كه توزيع قطعات از لحاظ نوع نسبتا پايدار باشد. اين حالت معمولا در شركت‌هايي ديده مي‌شود كه به كار ساخت نوعي فرآورده خاص مانند ماشين‌هاي ابزار، تلمبه‌هاي هيدروليكي و... اشتغال دارند. در اين نوع جانمايي ماشين‌ها به صورت گروه‌ها يا سلول‌هايي تشكيل مي‌يابند تا خانواده هايي از قطعات مربوط به هم را پردازش مي‌كنند كه پردازش آن‌ها مستلزم انجام فرآيندهاي مشابه با ترتيب‌هاي مختلف است.

در صورت امكان بايد قطعات را درون سلول مربوط به خود به طور كامل پردازش كرد. جانمايي سلولي، در مقايسه با جانمايي كاركردي جريان كار را بهبود مي‌بخشد و زمان عبور قطعات از مراحل مختلف ساخت را كاهش مي‌دهد. در اين شيوه كارگر و ماشين بهتر به كار گرفته مي‌شوند. كنترل توليد بسيار آسان‌تر است و ميزان كار در گردش كاهش مي‌يابد.

بهره‌برداري موفقيت‌آميز از جانمايي سلولي مستلزم افزايش تحرك و انعطاف‌پذيري كارگر است، زيرا معمولا در هر سلول تعداد ماشين‌ها از تعداد كارگران بيشتر است. ماشين‌هاي اصلي با تمام ظرفيت كار مي‌كنند و هر يك متصدي خاص خود را دارند اما چند ماشين فرعي را مي‌تواند يك متصدي اداره كند كه بنا به ضرورت نزد هر يك از ماشين‌ها مي‌رود. چالنجر و نايت [۱] طراحي و بهره برداري از جانمايي‌هاي سلولي را به طور كامل توصيف كرده‌اند. همان طور كه بعدا خواهيم ديد،

سيستم‌هاي مدرن ساخت انعطاف‌پذير در ادامه اين رهيافت اساسي ابداع شده‌اند.

جدول ۱-۱- مشخصه‌هاي كلي انواع مختلف جانمايي

مشخصه‌ها	نوع جانمايي		
	كاركردي	گروهي	خطي
مبناي تخصص	فرآيند	نوع قطعه	نوع قطعه
جريان مواد بين m/cs	به صورت دسته	تقريبا	پيوسته
زمان عبور مواد از مراحل مختلف توليد	طولاني	كوتاه	كوتاه‌تر
تعداد قطعات دردست ساخت	زياد	كم	كم‌تر
مسئول كيفيت	چند سرپرست براي هر قطعه	يك سرپرست براي هر قطعه	يك سرپرست براي هر قطعه
مسئول تحويل به موقع	چند سرپرست براي هر قطعه	يك سرپرست براي هر قطعه	يك سرپرست براي هر قطعه
سرمايه‌گذاري در ابزارهاي خاص	زياد: يك مجموعه به ازاي هر قطعه/ عمل	كم: يك مجموعه به ازاري هر خانواده از ابزارها	زياد يك مجموعه به ازاي هر خط؛ يك قطعه/خط
سرمايه‌گذاري در ساختمان	زياد	كمتر	كمتر
كنترل جريان مواد	پيچيده	ساده	ساده‌تر

از خطوط جريان گروهي يا چند محصولي مي‌توان براي خانواده‌اي از قطعات استفاده كرد، به شرطي كه هر عضو خانواده به ترتيب مشابهي پردازش شود و بتوان از خطوط جريان يك‌طرفه استفاده كرد. دراين خطوط از ماشين‌ابزارهاي همه‌كاره استفاده مي‌شود و معمولا قطعات را با نقاله‌هاي مكانيكي جابه‌جا مي‌كنند. تنظيم دوباره ماشين در هنگام تغييرمحصول ضرورت مي‌يابد، اما مي‌توان از شباهت بين قطعه سود جست و اين تنظيم را مختصر كرد.

در جدول ۱-۱۱، مشخصه‌هاي كلي انواع مختلف جانمايي‌هاي تجهيزات آمده است.

انواع اتوماسيون

اتوماسيون مورد استفاده در ساخت راميتوان به دو نوع اصلي تقسيم كرد: اتوماسيون ثابت و اتوماسيون برنامه‌پذير.

- اتوماسيون ثابت

اين نوع اتوماسيون وظيفه‌اي خاص يا گستره‌اي محدود از وظايف را به عهده دارد. در اين نوع اتوماسيون غالبا از بادامك‌ها و مكانيسم‌هاي مشابه براي كنترل حركت‌ها استفاده مي‌شود. اين شيوه اتوماسيون مستلزم سرمايه‌گذاري اوليه زيادو زمان نصب طولاني است. از اين نوع اتوماسيون معمولا فقط براي توليد در مقياس بزرگ استفاده مي‌شود كه در آن مي‌توان به توان توليد بالا دست يافت. تجهيزات به كار رفته نسبتا انعطاف‌پذيرند و نمي‌توان آن‌ها را به آساني براي انجام وظايف جديد يا توليد محصولات جديد آماده كرد. خطوط انتقال و ماشين‌تراش‌هاي خودكار نمونه‌هايي از اتوماسيون ثابت به شمار مي‌روند.

- اتوماسيون برنامه‌پذير

از اين نوع اتوماسيون مي‌توان براي توليد در مقياس كوچك استفاده كرد زيرا تجهيزات به كار رفته در آن را مي‌توان به آساني براي انجام وظايف جديد و توليد محصولات جديد برنامه كرد. اتوماسيون برنامه‌پذير به دو نوع اساسي ديده مي‌شود: كنترل ترتيب برنامه‌اي و كنترل عددي.

كنترل ترتيب برنامه‌اي

ترتيب حركت‌ها يا عمليات به وسيله زمان‌گيرها، رله‌ها يا كنترل‌كننده‌هاي برنامه‌پذير كنترل مي‌شود. حركت‌ها عملا به وسيله متوقف‌كننده‌هاي مكانيكي از پيش‌تنظيم شده و كنترل مي‌شود. در بسياري از ماشين‌تراش‌هاي خودكار از كنترل ترتيبي استفاده مي‌شود؛

اين ماشين‌ها به وسيله صفحه مادگي يا كنترل‌كننده‌هاي ريزپردازنده‌اي برنامه‌ريزي مي‌شوند.

كنترل عددي

مهم‌ترين شكل اتوماسيون برنامه‌پذير مورد استفاده در ساخت كنترل عددي (*NC*)[1] است. كنترل‌كننده ماشين، برنامه‌اي شامل دستورهاي مختلف دريافت مي‌كند كه معمولا روي نوار كاغذي ثبت شده است. مكان- سرعت و شتاب حركت‌هاي ماشين و نيز كاركردهاي فرعي آن از قبيل تعويض قلم، قطع و وصل جريان سيال تراشكاري و... را مي‌توان كنترل كرد. در هنگامي كه *NC* براي ماشين‌هاي ابزار ابداع شد، ابتدا فقط شامل داده‌هاي عددي بود و از اين رو كنترل را كنترل عددي ناميدند. اما در كنترل‌كننده‌هاي مدرن برنامه را مخلوطي از رمزهاي الفبايي و اطلاعات عددي تشكيل مي‌دهد.

ماشين‌ابزارهاي با كنترل عددي بسيار انعطاف‌پذير و با روش ساخت دسته‌اي كم‌تعداد به خوبي سازگار مي‌شوند. هنگامي كه كار تغيير مي‌كند برنامه جديدي از دستورها تهيه مي‌شود و مي‌توان به سرعت شرايط را براي انجام وظايف جديد مهيا كرد. قيد و بست‌هاي مورد نياز معمولا ساده‌اند و همين سادگي به سهولت تغيير كار كمك مي‌كند. برنامه‌ريزي در بيرون از ماشين انجام مي‌شود و با زمان توليد تداخل چشمگيري ايجاد نمي‌كند.

از كنترل عددي در انواع تجهيزات، از جمله ماشين‌ابزارهاي فلزتراشي، جوشكاري، ورقكاري، لوله خم‌كمي، برشكاري با شعله و بسياري از ماشين‌هاي ديگر استفاده مي‌شود. بحث ما به ماشين‌ابزارهاي فلزتراشي محدود مي‌شود كه بيشترين جاي كاربرد *NC* است. درحال

---

[1]- Numerical Control (NC)

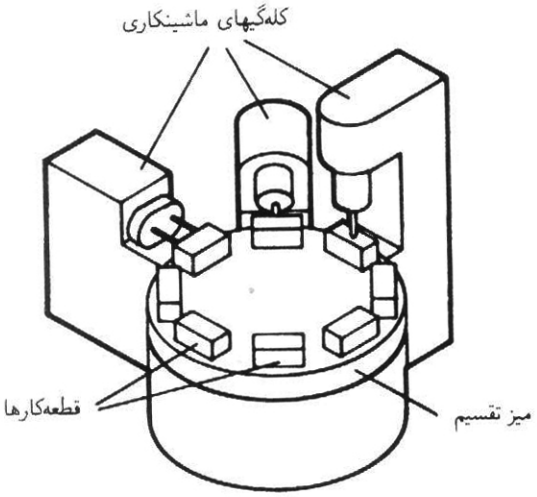
حاضر در حدود ۲۰٪ از ماشين‌ابزارهاي مدرن ازاين نوع كنترل استفاده مي‌كنند.

حال چند نوع مختلف از اتوماسيون در ماشين‌هاي ابزار را شرح مي‌دهيم.

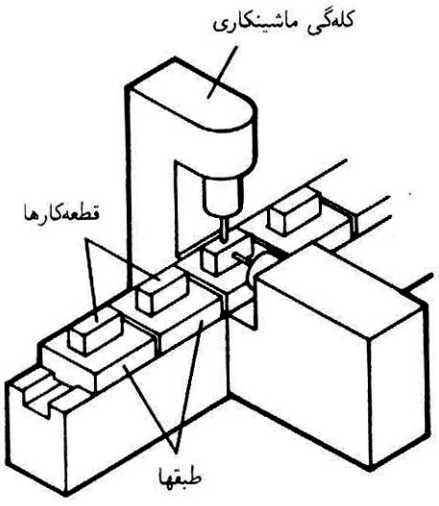
ماشين‌هاي انتقال

استفاده از ماشين‌هاي انتقال غالبا مناسب‌ترين روش براي جريان پيوسته قطعات يكسان يا بسيار شبيه به هم در توليد انبوه كالاهاي مصرفي است. اين سيستم‌ها اساسا به منظور خاصي طراحي مي‌شوند و در آن‌ها قطعات به طور خودكار از يك كله‌گلي ماشينكاري به كله‌گلي ديگر انتقال مي‌يابند؛ هر كله‌گلي ماشينكاري يك عمل را انجام مي‌دهد و هنگامي كه قطعه همه سيستم انتقال را پيمود، تمام عمليات لازم روي آن انجام شده است.

در ماشين‌هاي انتقال قطعه به طور خودكار از يك كله‌گلي ماشينكاري به كله‌گلي ديگر منتقل مي‌شود و بدين منظور از ميز تقسيم دايره‌اي (سيستم انتقال چرخان نشان داده شده در شكل ۲-۱ الف) يا نوار نقاله (سيستم انتقال راستايي نشان داده شده در شكل ۲-۱-ب) استفاده مي‌شود. در سيستم راستايي قطعه روي قيد و بست خاصي قرار مي‌گيرد و سيستمي براي بازگرداندن قيد و بست‌هاي خالي به آغاز خط پيش‌بيني شده است. غالبا از يك نوار نقاله سريع‌السير كه به موازات خط انتقال اصلي نصب مي‌شود براي بازگرداندن قيد و بست‌هاي خالي استفاده مي‌كنند.



(الف)



(ب)

شكل ٢-١- ماشين انتقال. الف- چرخان، ب- راستايي

ماشين‌هاي انتقال را معمولا به صور مدولي مي‌سازند، كله‌گلي‌هاي سوراخكاري، داخل‌تراشي و... واحدهاي استانداردي به شمار مي‌روند و در ايستگاه‌هاي مناسب روي سيستم نصب مي‌شوند.

ماشين‌هاي انتقال چرخان به سبب محدوديت مكاني بري ٦ ايستگاه (يا كمتر) دارند. اندازه ماشين‌هاي انتقال راستايي تقريبا نامحدود است و براي مثال از اين نوع ماشين‌ها براي انجام عمليات ماشينكاري روي موتور

اتومبيل استفاده مي‌شود. اين ماشين‌ها علاوه بر انجام عمليات ماشينكاري، ايستگاه‌هايي نيز براي انجام بازرسي و در بعضي موارد انجام عمليات مونتاژ دارند.

بررسي ماشين‌هاي انتقال از لحاظ اقتصادي

در بررسي شرايط بهينه ماشينكاري در ماشين‌هاي انتقالي كه بر مبناي اصل تقسيم كار مي‌كنند بايد به اين نكته توجه داشت كه در هنگامي كه يك ايستگاه ماشينكاري براي تعويض قلم مي‌ايستد، كل ماشين بايد متوقف شود. هم‌چنين بايد در نظر داشت كه اختلاف زمان ماشينكاري در ايستگاه‌هاي مختلف مزيت به شمار نمي‌رود. اگر زمان ماشينكاري در يك ايستگاه كمتر باشد، مي‌توان سرعت تراش در آن ايستگاه را بدون تغييردادن زمان چرخه ماشين كاهش داد و بدين وسيله عمر قلم را افزايش و زمان توقف كل ماشين را كاهش داد.

در تحليل اين سيستم فرض مي‌شود كه N_s ايستگاه در خط موجود است و همه قلم‌هاي مورد استفاده از يك جنس‌اند.

رابطه عمر قلم با سرعت تراش در هر ايستگاه s چنين است:

$$\frac{\upsilon_s}{\upsilon_{r_s}} = \left(\frac{t_{r_s}}{t_s}\right)^n \qquad (۱-۱۱)$$

كه در آن

υ_s: سرعت تراش

t_s: عمر قلم

υ_{r_s}: سرعت تراش براي قلمي به اندازه T_{r_s}

زمان ماشينكاري t_m براي هر عمل از رابطه زير به دست مي‌آيد.

$$t_m = \frac{K_s}{\upsilon_s} \qquad (۲-۱۱)$$

كه K_s مسافتي استكه نوك قلم، در طي زمان ماشين‌كاري نسبت به قطعه‌كار مي‌پيمايد. اگر معادله‌هاي (۱-۱۱) و (۲-۱۱) را با هم تلفيق كنيم:

$$t_s = t_{r_s}\left(\frac{\upsilon_{r_s} t_m}{K_s}\right)^{\frac{1}{n}} \qquad (۳-۱۱)$$

زمان كل لازم براي توليد N_b قطعه از رابطه زير به دست مي‌آيد:

$$N_b(t_t + t_m) + N_b \sum\left(t_m t_{ct_s} / t_s\right) \qquad (٤-۱۱)$$

كه در آن:

t_t: زمان لازم براي يك مرحله حركت ماشين و پيشروي و بازگشت قلم‌ها

t_{d_s}: زمان تعويض قلم در هر ايستگاه

$\sum$: مجموع جمله‌ها براي همه ايستگاه‌هاي ماشين

بنابراين ميانگين زمان توليد هر قطعه برابر است با:

$$t_{pr} = t_t + t_m \sum \frac{t_m t_{ct_s}}{t_s} \qquad (٥-۱۱)$$

اگر نرخ هزينه (هزينه در واحد زمان) در هر ايستگاه (شامل بخشي از ماشين انتقال كه مربوط به آن ايستگاه است) M_s باشد نرخ هزينه كل ماشين انتقال $\sum M_s$ خواهد بود و هزينه توليد هر قطعه C_{pr} از رابطه زير به دست مي‌آيد:

$$C_{pr} = \sum\left(M_s t_{pr}\right) + \sum \frac{t_m C_{t_s}}{t_s} \qquad (٦-۱۱)$$

كه در آن C_{ts} هزينه تهيه يك قلم جديد در ايستگاه s است.

با قرار دادن معادله‌هاي (۱-۳) و (۱۱-۵) در معادله (۱۱-۶) و مرتب كردن جمله‌هاي معادله حاصل نتيجه مي‌شود:

$$C_{pr}=\sum\left(M_s t_{pr}\right)+t_m^{1-(1/n)} \Rightarrow C_{pr}=\sum M_s\left(t_t+t_m\right)+t_m^{1-(1/n)} \times\left\{\sum M_s \sum\left[\left(\frac{K_s}{\upsilon_{r_s}}\right)^{1/n} \frac{t_{ct_s}}{t_{rs}}\right]+\sum\left[\left(\frac{K_s}{\upsilon_{r_s}}\right)^{1/n} \frac{C_{t_s}}{t_{rs}}\right]\right\} \qquad (۱۱-۷)$$

اكنون مي‌توان از معادله (۱۱-۷) نسبت به t_m مشتق گرفت تا زمان ماشينكاري t_{mc} متناظر با حداقل هزينه توليد به دست آيد. پس:

$$t_{m_c}=\left(\frac{1}{n}-1\right)\left\{\sum\left[\left(\frac{K_s}{\upsilon_{r_s}}\right)^{1/n} \frac{t_{ct_s}}{t_{rs}}\right]+\frac{\sum\left[\left(\frac{K_s}{\upsilon_{r_s}}\right)^{1/n} \frac{C_{t_s}}{t_{rs}}\right]}{\sum M_s}\right\}^n \qquad (۱۱-۸)$$

حال مي‌توان با قرار دادن t_{mc} به جاي t_m در معادله (۱۱-۷) حداقل هزينه توليد هر قطعه را به دست آورد، عمر قلم بهينه در هر ايستگاه از معادله (۱۱-۳) به دست مي‌آيد.

به منظور نشان دادن اثرتركيب مجموعه‌اي از فرآيندهاي ماشينكاري در يك ماشين انتقال چرخان فرض مي‌كنيم كه قرار است در ايستگاه‌هاي مختلف عمليات مشابهي انجام شود و پارامترها در همه ايستگاه‌ها يكسان است. در اين صورت معادله (۱۱-۸) چنين نوشته مي‌شود:

$$t_{m_c}=\left\{\left(\frac{1}{n}-1\right)\left[\left(N_s \frac{t_{ct}}{t_r}\right)+\frac{C_t}{M t_r}\right]\right\}^n \frac{K}{\upsilon_r} \qquad (۱۱-۹)$$

با قرار دادن معادله (۱۱-۹) در معادله (۱۱-۳) عمر قلم بهينه در هر ايستگاه به دست مي‌آيد:

$$t_c=\left(\frac{1}{n}-1\right)\left(N_s t_{ct}+\frac{C_t}{M}\right) \qquad (۱۱-۱۰)$$

از مقايسه اين نتايج با عمر قلم بهينه براي يك عمل [كه با قرار دادن $N_s=1$ در معادله (۱۰-۱۱) حاصل مي‌شود] مي‌توان نتيجه گرفت كه با افزايش تعداد ايستگاه‌هاي هر ماشين انتقال، عمر قلم بهينه نيز افزايش مي‌يابد. بنابراين سرعت‌هاي تراش بهينه در ماشين‌هاي انتقال كمتر از ماشين‌ابزارهاي ساده است.

مثال

در يك سيستم ساخت از نوع ماشين انتقال چرخان جنس قلم‌ها از فولاد تندبر $(n=0.125)$؛ تعداد ايستگاه‌ها ۵ و مقادير پارامتري $t_{r_s}, \upsilon_{r_s}, C_{t_s}, t_{ct_c}, k_s$ در هر ايستگاه در جدول ۲-۱ ذكر شده است. با استفاده از اين عددها مقادير زير به دست مي‌آيند:

$$\sum M_s = \$0.0155/s$$

$$\sum \left(\frac{K_s}{\upsilon_{r_s}}\right)^{\frac{1}{n}} \frac{t_{ct_s}}{t_{r_s}} = 1.49\times10^{19}\, s^8$$

$$\sum \left(\frac{K_s}{\upsilon_{r_s}}\right)^{\frac{1}{n}} \frac{C_{ct_s}}{t_{r_s}} = \$6.0\times10^{17}\, s^7$$

جدول ۲-۱- پارامترهاي ماشينكاري براي ماشين انتقال چرخان با ۵ ايستگاه

ايستگاه	K_s, m	t_{ct_s}, s	$C_{t_s}, \$$	$M_s, \$/S$	t_{r_s}, s (ازاي $\upsilon_{r_s} = 1m/s$ به)
۱	۱۸۳	۱۸۰	۲	۰/۰۰۳	٦٥
۲	۲٤۳	٦۰	۳	۰/۰۰۲۷	٦٥
۳	٦۱	۱۲۰	۲	۰/۰۰۳۸	٦٥
٤	۹۱	۱۲۰	۲	۰/۰۰۳	٦٥
٥	۱۲۲	۲٤۰	۱	۰/۰۰۳	٦٥

زمان ماشينكاري بهينه از معادله (۱۱-۸) به دست مي‌آيد:

$$t_{m_c} = \left[7\left(1.49\times10^{19}\right) + \frac{6\times10^{17}}{0.0155} \right]^{0.125} = 373s$$

اگر زمان انتقال t_t از معادله (۱۱-۷) برابر $12s$ به دست آيد، حداقل هزينه توليد هر قطعه برابر است با:

$$C_{\min} = 0.0155(12+373) + \frac{\left(0.0155\times1.49\times10^{19}\right)+\left(6.0\times10^{17}\right)}{10^{18}} = 5.97 + 0.83 = \$6.80$$

كه $C_{\min}$ حداقل هزينه توليد يعني حداقل مقدار C_{pr} است. سرانجام سرعت تراش بهينه در هر ايستگاه از معادله (۱۱-۲) به دست مي‌آيد پس در ايستگاه‌هاي ۱ و ۲و ۳و ٤ و ٥ سرع تراش به ترتيب ۰.٤۹، ۰.٦٥، ۰.۲٤ و ۰/۳۳m/s است.

ماشين‌هاي خودكار

در حالي كه ازماشين‌هاي انتقال منحصرا براي توليد انبوه استفاده مي‌شود، ماشين‌ابزارهاي معروف به خودكار هم در توليد انبوه و هم در توليد دسته‌اي پرتعداد به كار مي‌روند. متداول‌ترين اين نوع ماشين‌ابزارها ماشين تراش خودكار است.

ماشين‌تراش‌هاي خودكار تك‌محوري كه براي توليد قطعه از ميله طراحي شده‌اند، بدون نياز به مراقبت، اين

قطعات را به طور پيوسته توليد مي‌كنند و فقط بايد براي تعويض قلم فرسوده يا تغذيه ميله جديد به سراغ آن‌ها رفت. ميله از طريق گيره فشنگي، به صورت منقطع يادر ماشين تراش‌هاي خودكار نوع سوئيسي، به صورت پيوسته و در حين انجام عمليات تراشكاري، به ماشين تغذيه مي‌شود. در صورت تغذيه منقطع ماشين را سري‌تراش خودكار مي‌نامند در تغذيه پيوسته قلم‌ها به طور شعاعي قرار مي‌گيرند و ميله در حين چرخش از ناحيه تراشكاري عبور مي‌كند.

حركت كشوهاي حامل قلم غالبا با بادامك‌هاي تخت كنترل مي‌شود براي هر كار بايد بادامكي مخصوص تراشيد. به طور كلي در ماشيني تك‌محوري به ۳ بادامك نياز است. هر يك ازاين بادامك‌ها را بايد با تيغه فرزانگشتي، كه قطر آن با قطر پيرو بادامك برابر است، تراشيد. بديهي است كه ساخت اين بادامك‌ها هنگامي از لحاظ اقتصادي مقرون به صرفه است كه دسته توليد پرتعداد باشد.

ماشين‌تراش‌هاي خودكار تك‌محوري نظام‌دار براي توليد قطعاتي به كار مي‌روند كه مي‌توان آن‌ها را از ميله تراشيد. در اين ماشين‌ها هر قطعه‌كار را با دست به ماشين مي‌بندند و يك تراشكار مي‌تواند چند ماشين از اين نوع را رهبري كند.

گروه آخر از ماشين‌تراش‌هاي خودكار، ماشين‌هاي خودكار چند محوري‌اند. اين ماشين‌تراش‌ها اساسا ماشين‌هاي انتقال چرخان انعطاف‌پذيري به شمار مي‌روند كه هر محور آن‌ها يك گيره فشنگي يانظام دارد كه به شيوه مرحله‌اي حول قلم‌هايي كه در مكان‌هاي مختلف قرار گرفته‌اند مي‌چرخد و بدين ترتيب عمليات مختلف ماشينكاري روي قطعه كار انجام مي‌شود به نحوي كه پس از طي كردن يك چرخه كامل قطعه‌اي كامل توليد

مي‌شود. دراين ماشين‌ها به جاي بادامك تخت از بادامك بشكه‌اي استفاده مي‌كنند.

گروه ديگري از ماشين‌هاي ابزار كه مي‌توانند خودكار شوند ماشين‌هاي گردساي داخلي و خارجي‌اند. اگر اين ماشين‌ها به مكانيسم‌هاي خودكار براي بستن قطعه‌كار و لكه‌گيري چرخ سنباده مجهز شوند، مي‌توانند به طور پيوسته قطعه توليد كنند. قطعه‌كارها معمولادر يك خزانه قرار مي‌گيرند و تراشكار فقط بايد در فواصل زماني معين اين خزانه را با قطعه‌هاي جديد پر كند. دراين ماشين‌ها، به سبب كوچك بودن قطعات و در نتيجه نيروهاي تراش، غالبا از صفحه نظام‌ها مغناطيسي استفاده مي‌شود و بدين ترتيب مي‌توان قطعه‌كار را به شيوه خودكار به ماشين بست.

بررسي ماشين‌هاي خودكار از لحاظ اقتصادي

فرض مي‌كنيم كه هر تراشكار مي‌تواند N_a ماشين خودكار را راهبري كند، دستمزد تراشكار (شامل هزينه‌هاي بالاسري) W'_0 و هزينه هر ماشين (شامل هزينه‌هاي بالاسري) M'_t است. هزينه توليد هر قطعه C_{pr} از رابطه زير به دست مي‌آيد:

$$C_{pr} = \frac{C_b}{N_b} + (W'_0 + M'_t)t_1 + \left(\frac{W'_0}{N_a} + M'_t\right)t_m + [(W'_0 + M'_t)t_{ct} + C_t]\frac{t_m}{t} \qquad (۱۱-۱۱)$$

كه در آن:

C_b: هزينه تنظيم و آماده كردن ماشين (شامل ساخت بادامك‌ها و...)

N_b: اندازه دسته

t_{ct}: زمان لازم براي تعويض قلم

C_t: هزينه تهيه يك لبه برنده جديد

t_m: زمان ماشينكاري

t: عمر قلم

t_t: زمان لازم براي بستن و باز كردن قطعه‌كار

مثال

فرض مي‌كنيم كه يك تراشكار به تنهايي مي‌تواند شش دستگاه ماشين تراش خودكار تك محوري را راهبري كند؛ با توجه به اين كه اين ماشين‌ها با ميله‌هاي استاندارد تغذيه مي‌شوند و $t_1 = 0$. هزينه ساخت يك قطعه را با استفاده از داده‌هاي زير محاسبه كنيد:

$$t_m = 30s, t = 400s,\ t_{ct} = 60c\ W'_0 = 2.20\times10^{-3}\$/s,$$
$$M'_t = 1.40\times10^{-3}\$/s,\ C_t = 0.5\$/s,\ C_b = 1000\$$$

با قرار دادن اين مقادير در معادله (۱۱-۱۱) نتيجه مي‌شود:

$$C_{pr} = \frac{1000}{N_b} + \left[\left(\frac{2.2\times10^{-3}}{6} + 1.4\times10^{-3}\right)30\right]$$
$$= \left[\left(2.2\times10^{-3} + 1.4\times10^{-3}\right)60 + 0.5\right]\frac{30}{4000} = \frac{1000}{N_b} + 0.058$$

مشاهده مي‌شود كه در اين مثال بايد دسته‌اي به تعداد ۲۰۰۰۰۰ قطعه مورد نياز باشد تا هزينه‌هاي تنظيم و آماده‌سازي ماشين به ۱۰٪ هزينه توليد هر قطعه كاهش يابد.

بررسي اقتصادي ماشين‌هاي ابزار با كنترل عددي

در ماشين‌هاي NC، هزينه تداركات براي ماشينكاري يك دسته قطعه‌كار، C_b عمدتا شامل هزينه‌هاي برنامه‌نويسي و تهيه نوار است. به طور كلي بين اين هزينه‌ها و زمان ماشينكاري، t_m رابطه‌اي به شرح زير وجود دارد:

$$C_b = K_p t_m \qquad (۱۲-۱۱)$$

كه در آن K_p هزينه برنامه‌نويسي و تهيه نوار به ازاي واحد زمان ماشينكاري است.

بنابراين هزينه توليد هر قطعه از رابطه زير به دست مي‌آيد:

$$C_{pr} = \frac{K_p t_m}{N_b} + M(t_1 + t_m) + \frac{t_m}{t}(Mt_{ct} + C_t) \qquad (۱۳-۱۱)$$

كه در آن:

N_b: اندازه دسته

M: هزينه كل ماشين و تراشكار

C_{ct}: هزينه تهيه يك قلم تيز

t: عمر قلم

t_m: زمان بستن و باز كردن قطعه‌كار و پيشروي و بازگشت قلم

t_t: زمان تعويض قلم

مثال

يك ماشين سري‌تراش بزرگ NC را در نظر بگيريد. قلم‌هاي اين ماشين تيغچه‌هاي الماسه قابل تعويض دارند كه قيمت هر لبه برنده آن ۰/۵۰ دلار است و تنظيم هر لبه به طور ميانگين ۶۰s طول مي‌كشيد. هزينه تهيه نوار به ازاي واحد زمان ماشينكاري به طور نمونه‌وار ۰/۱۰ دلار در ثانيه است و چرخه كل ۳۰۰s فرض مي‌شود كه ۵۰% از آن صرف بهره‌برداري خواهد شد. قيمت اين ماشين تراش ۱۲۵۰۰۰ دلار است و بايد در طي ۳ سال مستهلك شود. تراشكار ساعتي ٤ دلار دستمزد مي‌گيرد و هزينه بالاسري ماشين و تراشكار ۱۰۰% است. بنابراين هزينه كل ماشين چنين به دست مي‌آيد:

$$M = \frac{2\times 125000}{2\times 50\times 40\times 3600} + \frac{2\times 4}{3600} = \approx \$0.02/s$$

بالاخره فرض مي‌شود زمان بستن و باز كردن قطعه $150s$ و عمر قلم $300s$ است. با قرار دادن اين اعداد در معادله (۱۱-۱۳) نتيجه مي‌شود:

$$C_{pr}=\frac{0.1\times150}{N_b}+0.02(150+150)+\frac{150}{300}[(0.02\times60)+0.5]=\frac{15}{N_b}+9.85$$

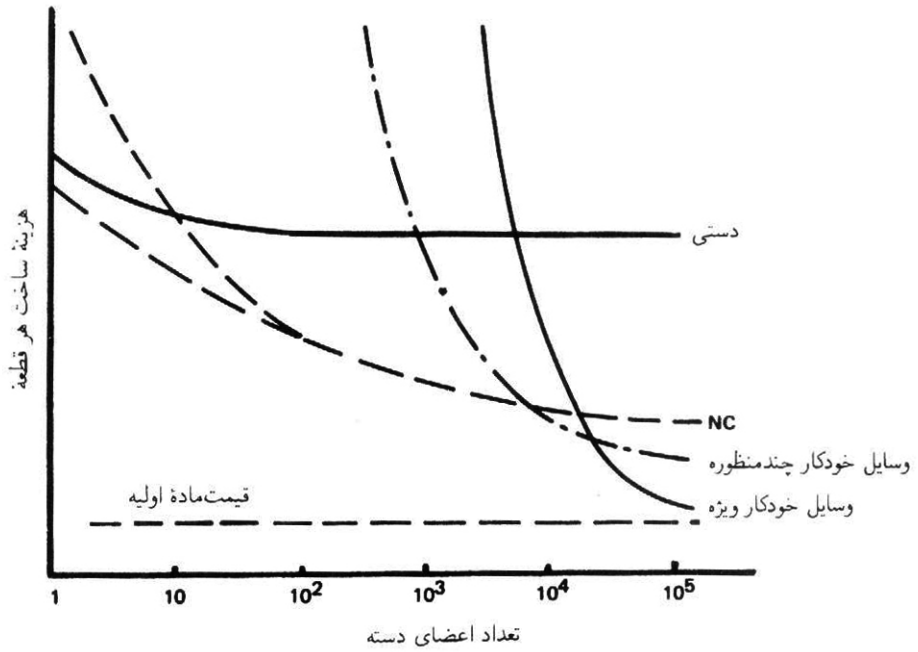
اين نتيجه آشكارا نشان مي‌دهد كه سيستم براي دسته‌هاي كم تعداد اقتصادي است و هزينه برنامه‌نويسي و تهيه نوار $(15/N_b)$ كمتر از ۱۰٪ هزينه كل توليد هر قطعه است. به شرط آن كه تعداد قطعات دسته از ۵ بيشتر باشد.

مقايسه اقتصادي سيستم‌هاي مختلف اتوماسيون

سطح اتوماسيون مناسب براي هر موقعيت خاص توليدي عمدتا بر اساس‌اندازه دسته وتنوع قطعات انتخاب مي‌شود. با بررسي جنبه‌هاي اقتصادي ساخت انواع نمونه‌وار قطعات با ماشين‌هاي مشابه، اما مجهز به انواع مختلف اتوماسيون، مي‌توان اين موضوع را به خوبي نشان داد. شكل ۳-۱ نتيجه‌اي نمونه‌وار را نشان مي‌دهد. [۲] كه در آن كاربرد يك ماشين‌تراش معمولي، يك ماشين سري‌تراش *NC* براي ساختن قطعه‌اي نمونه‌وار مقايسه شده است.

استفاده از ماشين‌هاي خودكارتر براي ساختن دسته‌هاي بسيار كم تعداد مقرون به صرفه نيست زيرا هزينه‌هاي پس از توليد، شامل تنظيم و برنامه‌نويسي، به قطعات كمتري سرشكن خواهد شد. در هنگام توليد دسته‌هاي بزرگتر، كاهش زمان چرخه در نتيجه استفاده از تجهيزات خودكار هزينه‌هاي بيش از توليد را جبران مي‌كند. اين نتيجه نمونه‌وار است ونشان مي‌دهد كه ماشين‌هاي دستي هنگامي مناسبترند كه فقط به چند قطعه نياز داشته باشيم و ماشين‌هاي *NC* براي توليد تعدادي متوسط مناسباند و سطوح بالاتر اتوماسيون

صرفا در هنگام توليد در دسته‌هاي پرتعداد به كار مي‌آيد.



شكل ١١-٦- تغيير هزينه ساخت با اندازهٔ دسته براي سطوح مختلف اتوماسيون

سيستم‌هاي ساخت انعطاف‌پذير

مرحله‌اي منطقي از مفاهيم جانمايي گروهي و ماشين‌ابزارهاي *NC* و روباتيك، مجتمع‌هاي ماشينكاري چندايستگاهي مرتبط با كنترل كامپيوتري، يا سيستم‌هاي ساخت انعطاف‌پذير (*FMS*)[1] است. اين سيستم‌ها را مي‌توان سلول‌هاي بسيار خودكار براي ساخت خانواده‌هايي از قطعات تلقي كرد.

FMS مفهومي نويني نيست؛ اين سيتسم نخستين بار در اواسط دهه ١٩٦٠ پيشنهاد شد [٥-٧] در سال‌هاي اخير شاهد افزايش تعداد اين سيستم‌ها به ويژه در ژاپن بوده‌ايم به طور كه تخمين زده مي‌شود كه افزون بر يك

[1]- Flexible Manufacturing System (FMS)

صد سيستم از اين نوع در سرتاسر جهان نصب شده است. [۸]

هر سيستم ساخت انعطاف‌پذير ويژگي‌هايي به شرح زير دارد:

۱- ايستگاه‌هاي كار *NC* مرتبط به هم كه روي گستره محور، يا خانواده‌اي از قطعات كار مي‌كنند. در سيستم‌هاي اوليه، ماشين‌ها ساختمان مدولي داشتند اما در سيستم‌هاي جديد بيشتر از ماشين‌هاي *NC* همه‌كاره، به ويژه مراكز ماشينكاري، استفاده مي‌شود.

۲- حمل و نقل، بستن و باز كردن خودكار قطعه‌كارها و قلم‌ها با استفاده از وسايل نقليه هدايت‌شونده خودكار (*AGV*)[1] روبات‌ها و....

۳- قطعه‌كارها براي حمل و نقل روي طبق نصب مي‌شوند يكي از دلايل اين كار آن است كه مشكلات ناشي از تنظيم مجدد در هر ايستگاه كار برطرف مي‌شود.

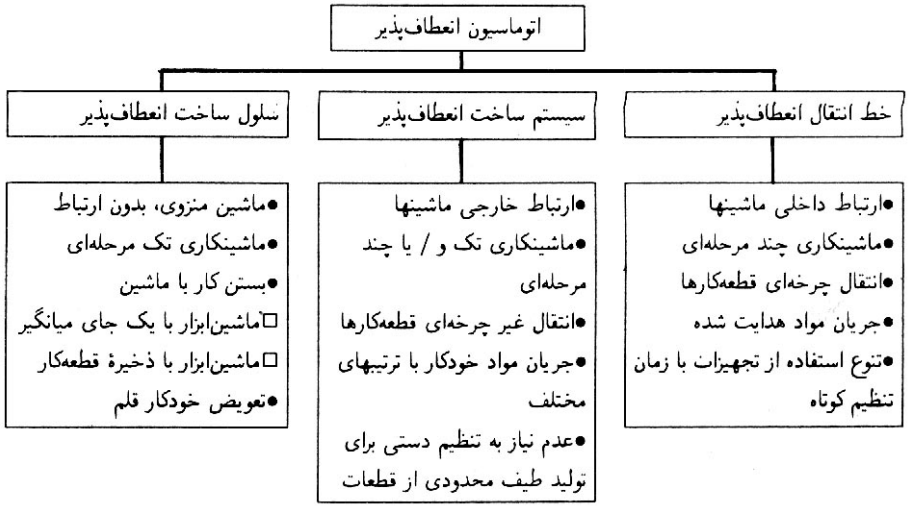
٤- استفاده از *NC* يا *DNC* مركزي ممكن مي‌شود و مي‌توان كل سيستم را با كامپيوتر كنترل كرد.

٥- راهبري به مدت‌هاي نسبتا طولاني بدون دخالت دست يا با دخالت‌اند.

در *FMS* منظور از واژه انعطاف‌پذيري، توانايي پردازش انواع قطعات بدون نياز به تنظيم ماشين يا تعويض قلم است. انعطاف‌پذيري زياد متضمن آن است كه بتوان خانواده‌اي بزرگ از قطعات را با استفاده از سيستم مورد نظر توليد كرد. در شكل ٤-۱، چندين گونه از مفهوم *FMS* نشان داده شده است. [۹] اين گونه‌ها عبارتند از:

---

[1]- Automatic Guided Vehicle (AGV)



شكل ٤-١- گونه‌هاي سيستم FMS

١- سلول‌هاي ساخت انعطاف‌پذير (*FMC*)[1]

اين سيستم‌ها اساسا مراكز ماشين‌كاري‌اند با اين تفاوت كه طبق يا خزانه به آن‌ها افزوده شده است. (شكل ٥-١)

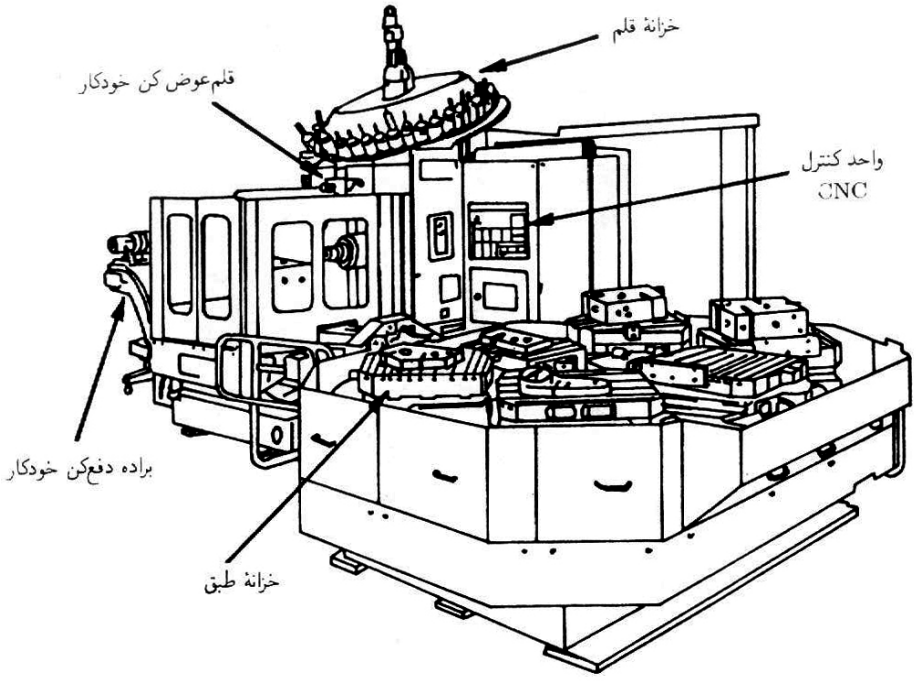
هدف ماشينكاري قطعه‌كار با يك بار تنظيم ماشين است. اين نوع ماشين مي‌تواند به مدتي طولاني بدون مراقبت انسان، كار كند. بدين منظور قطعات نصب شده روي طبق به شيوه خودكار به درون ماشين منتقل شده، از آن بيرون آورده مي‌شوند. اين نوع سلول‌هاي ساخت انعطاف‌پذير نياز به ماشين‌ها يا افرادي دارند كه كارهاي تداركاتي و نصب قطعه‌كارها در طبق‌ها را انجام دهند. اين سلول‌ها بسيار انعطاف‌پذيرند و مي‌توانند گستره بزرگي از قطعات (٤٠ تا ٨٠٠) را در دسته‌هاي كوچك ١٥ تا ٥٠٠ تايي ماشينكاري كنند.

٢- خطوط انتقال انعطاف‌پذير (*FTL*)[2]

اين سيستم‌ها از تعدادي ماشين‌ابزار *NC*، يا ماشين‌ابزار با كله‌گي قابل تعويض تشكيل مي‌شوند كه

[1]- Flexible Manufacturing Cell (FMC)
[2] - Flexible Transfer Lines (FTL)

به وسيله سيستم‌هاي انتقال خودكار مواد به هم مرتبط شده‌اند. اين سيستم مي‌تواند قطعات مختلف را ماشينكاري كند اما از لحاظ مسير قطعه‌كارها انعطاف‌پذير نيست. خانواده قطعاتي كه اين سيستم مي‌تواند بسازد اعضاي محدودي دارد (20>) و قطعات بايد نسبتا به هم شبيه باشند زيرا انعطاف‌پذيري اين سيستم اندك است و نمي‌تواند خود را با تغييرات زياد انطباق دهد. در نتيجه چرخه‌هاي كاري در هر ايستگاه بايد كاملا متوازن باشند. تعداد قطعات هر دسته بايد زياد باشد تا استفاده ازاين سيستم‌ها مقرون به صرفه شود (۱۵۰۰ تا ۱۵۰۰۰ عدد از هر قطعه در سال)



شكل ۵-۱- مركز ماشينكاري

۳- سيستم‌هاي ساخت انعطاف‌پذير (*FMS*)[1]

در اين سيستم‌ها ايستگاه‌هاي كار *NC* با سيستم‌هاي انتقال و جابه‌جايي خودكار قطعه‌كار و مسيرهاي

[1]- Flexible Manufactuing System (FMS)

انعطاف‌پذير و سيستم‌هاي خودكار بستن و باز كردن قطعه‌كار مرتبط‌اند. زمان ماشينكاري در ايستگاه‌هاي مختلف مي‌تواند متفاوت باشد تعداد قطعات مختلفي كه مي‌توان با اين سيستم‌ها پردازش كرد بين ۱۰ تا ۱۵ قطعه است و مي‌توان دسته‌هاي متوسط تعدادر ا با اين ماشين‌ها توليد كرد (۱۵ تا ۵۰۰ قطعه از هر نوع در هر سال).

ساخت به كمك كامپيوتر

مقدمه

از كامپيوتر در زمينه‌هاي علمي و تجارتي بسيار استفاده مي‌شود. پيشرفت‌هاي اخير در زمينه ميكروالكترونيك به پيدايش سيستم‌هاي كامپيوتري انجاميده است كه توان محاسباتي بالا را همراه با قابليت اعتماد زياد، ابعاد كوچك و قيمت ارزان، يك جا دارند و از اين رو تنوع كاربردهاي آن‌ها هر روز بيشتر مي‌شود. در نتيجه اين پيشرفت‌ها، اجراي سريع كارهايي كه انجام آن‌ها با دست پيچيده‌تر و وقت‌گير است، امكان‌پذير شده است. كامپيوترها را مي‌توان چنان برنامه‌ريزي كرد كه محاسبات پيچيده را انجام دهند و مقدار زيادي داده را با سرعت و بازده زياد پردازش و ذخيره كنند. در نتيجه، كامپيوتر در عرصه‌هاي طراحي و ساخت كاربرد فزاينده‌اي يافته است و مفاهيمي از قبيل طراحي به كمك كامپيوتر (CAD) و ساخت به كمك كامپيوتر (CAM)، يا به اختصار CAD/CAM مطرح شده است. هدف از به كارگيري CAD/CAM افزايش بازده همه عمليات طراحي و ساخت و مجتمع كردن اين فعاليت‌ها به وسيله پايگاه‌هاي داده اشتراكي، همراه با انتقال خودكار داده‌ها بين فعاليت‌هاي گوناگون طراحي و طرح‌ريزي است. در اين فصل تنها جنبه‌هايي از CAD/CAM را كه با ويژگي‌هاي

تكنولوژيكي كاربرد ماشين‌ابزار سر و كار دارند به تفصيل بررسي مي‌كنيم. به ويژه درباره طرح‌ريزي فرآيند وكاربردهاي برنامه‌نويسي كنترل عددي (*NC*) بحث مي‌شود. جزئيات ساير كاربردهاي *CAD/CAM* را مي‌توان در كتاب‌هاي مختلف يافت. [۱-۳] پيش از پرداختن به جزئيات طرح ريزي فرآيند به كمك كامپيوتر و سيستم‌هاي پردازش *NC*، گستره كاربردهاي *CAD/CAM* را به طور اجمالي بررسي مي‌كنيم.

گستره كاربردهاي *CAD/CAM*

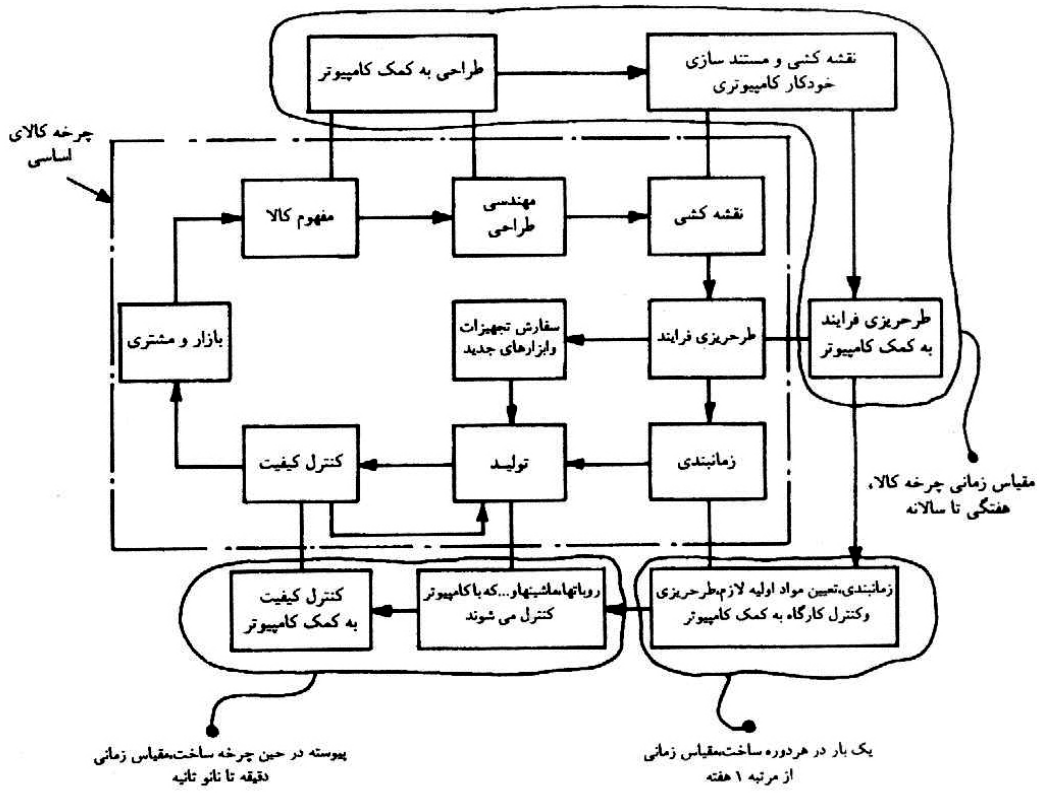
طراحي به كمك كامپيوتر عبارت است از به كارگيري سيستم‌هاي كامپيوتر براي كمك به آفرينش، اصلاح، تحليل و بهينه سازي يك طرح [۱]. در اين زمينه منظور از اصطلاح سيستم كامپيوتري تلفيقي از سخت‌افزار و نرم‌افزار است. ساخت به كمك كامپيوتر به كارگيري سيستمي كامپيوتري براي طرح‌ريزي، اداره و كنترل عمليات در يك واحد ساخت است. با توجه به مراحلي كه بايد در طراحي و ساخت هر كالا طي كرد و با چرخه در شكل ۱-۶ نشان داده شده است مي‌توان به گستره كاربرد CAD/CAM پي برد.

حلقه داخلي در شكل ۱-۶، شامل مراحل مختلفي است كه بايد در چرخه توليد كالا پشت سرگذاشت و حلقه خارجي بعضي از كاركردهاي CAD/CAM را در چرخه كالا نشان مي‌دهد.

بر اساس خواسته‌هاي بازار و مشتري كالايي در نظر گرفته مي‌شود كه ممكن است گونه اصلاح شده‌اي از كالاهاي قبلي باشد. سپس اين كالا طراحي تفصيلي مي‌شود كه مشتمل است بر هر نوع تحليل طرح مورد نياز، نقشه‌ها و فهرست‌هاي قطعات نيز تهيه مي‌شود. پس از آن قطعان و مجموعه‌هاي گوناگون چرخه همراه با تعيين پارامترهاي فرآيند، از قبيل پيشروي‌ها و

سرعت‌هاست. هنگامي كه كالا به مرحله توليد مي‌رسد زمان‌بندي وكنترل ساخت انجام مي‌شود و ترتيب و زمان هر مرحله از ساخت براي هر قطعه و مجموعه چنان تعريف مي‌شود كه با برنامه زماني كلي ساخت سازگار باشد. سپس كنترل ساخت و كنترل كيفيت كالا، مطابق با برنامه زماني انجام مي‌شود و كالاهاي توليد شده به مشتري عرضه مي‌شوند.

براي كمك به انجام هر مرحله از عمليات چرخه كالا، روش‌هاي مبتني بر كامپيوتر ابداع شده و مي‌شوند اين روش‌ها در حلقه خارجي شكل ٦-١ نشان داده شده‌اند. فنون طراحي و نقشه‌كشي به كمك كامپيوتر نيز ابداع شده است. به كمك اين فنون مي‌توان مدلي هندسي از كالا و قطعات آن را در كامپيوتر خلق كرد. سپس مي‌توان با استفاده از بسته‌هاي نرم‌افزاري تخصصي، از قبيل بسته‌هاي مورد استفاده در تحليل تنش اجزاي متناهي، طراحي مكانيسم‌ها و... اين مدل را تحليل نمود. نقشه‌ها و فهرست قطعات را مي‌توان به كمك كامپيوتر، شامل تهيه برنامه‌هاي *NC*، ابداع شده‌اند كه مي‌توانند بر اساس توصيف هندسي قطعات و مجموعه‌ها، طرح‌هاي كار، براوردها و دستورهاي ساخت را به طور خودكار توليد كنند.



شكل ٦-١- چرخه كالا با روش‌هاي مبتني بر كامپيوتر

فصل دوم: كنترل عددي

مقدمه

كنترل عددي توسط كامپيوتر (cnc) شامل مراحل ساختي مي‌شود كه در آن ماشين براده برداري فرمانهاي لازم براي انجام كارهاي مختلف بر روي يك قطعه كار را توسط برنامه كامپيوتري نوشته شده توسط شخص عملگر (اپراتور) از كامپيوتر دريافت مي‌كند و به آن فرامين عمل مي‌نمايد.

كنترل كننده موجود در اين سيستم‌ها در حقيقت سه وظيفه اصلي زير را بر عهده دارد:

۱- كنترل جهت دوران ابزار براده برداري يا قطعه كار

۲- كنترل سرعت دوران ابزار براده برداري يا قطعه كار

۳- كنترل مدت زمان دوران ابزار براده برداري يا قطعه كار

لازم به ذكر است كه در بعضي از ماشين‌هاي CNC قطعه كار ثابت بوده و ابزار براده برداري دوران مي‌نمايدبه اين ماشين‌ها فرز و عمليات انجام گرفته را MILING مي‌گويند و در بعضي ديگر از ماشينهاي براده برداري ابزار براده برداري ثابت بوده و قطعه كار

دوران مي‌نمايد، به اين ماشين‌ها تراش و عمليات انجام گرفته را TURNING مي‌گويند.

فن آوري كنترل عددي NC يكي از پيشرفتهاي اساسي در صنعت توليد در ٥٠ سال گذشته بوده است. توسط اين فن آوري نه تنها در ديگر زمينه‌هاي علمي و صنعتي پيشرفت سريعي حاصل شده بلكه استفاده از اين فن آوري باعث بالا بردن كميت و كيفيت قطعات توليدي نيز گرديده است.

تاريخچه *CNC*

كنترل عددي توسط كامپيوتر (CNC) فرآيند ساخت قطعه ماشينكاري مي‌باشد. عمل توليد به وسيله كنترل‌كننده‌هاي كامپيوتري كنترل مي‌شود. كنترل‌كننده از يك موتور براي به حركت درآوردن هر محور ماشين ابزار استفاده مي‌كند و جهات و سرعت و طول زماني گردش هر موتور را تنظيم مي‌كند. برنامه حركت مسير ابزار در كامپيوتر ماشين برنامه‌ريزي شده و به وسيله اپراتور، آن برنامه به اجرا درمي‌آيد. برنامه شامل اطلاعات نقطه‌اي عددي با فرمان كنترل و كدهاي عملكردي ماشين مي‌باشد. كنترل عددي (NC) عبارت اصلي داده شده به اين تكنولوژي است و هنوز براي دستگاه‌هاي CNC نيز همين عبارت به كار گرفته مي‌شود.

كنترل عددي (NC) در پنجاه سال اخير يكي از تكنولوژي‌هاي توسعه يافته براي توليد مي‌باشد. نه تنها به ايجاد روشهاي جديد منجر گرديد بلكه توليد را نيز بسيار ارتقاء داده است اين تكنولوژي كمك به افزايش مرغوبيت كالا نموده و هزينه‌هاي ساخت را نيز ثبات بخشيده است.

تكامل NC

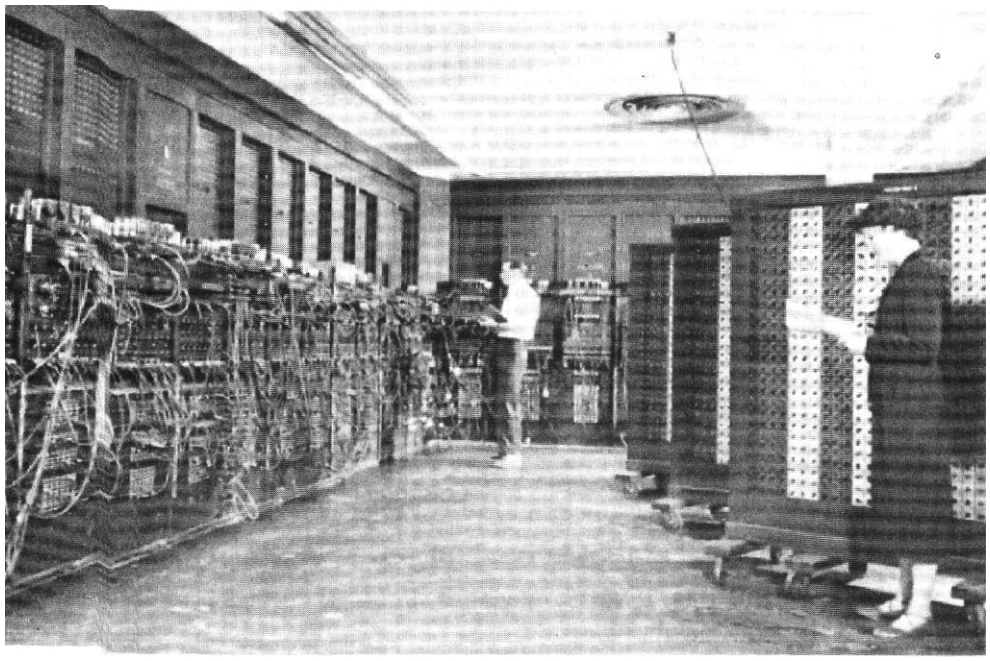
اصول ساخت و توليد NC از انقلاب صنعتي رو به تكميل شده بوده است. اگرچه روش تكامل آن با توسعه تكنولوژيكي ميسر گرديده است. اولين اقدامات براي توليد اتوماتيك با ساخت تسمه‌ها، پولي‌ها و شفت‌ها آغاز گرديد، اگرچه هزينه‌هاي كارگر و كاردستي بسيار پرهزينه‌تر از هزينه‌هاي ماشين‌هاي بزرگ است.

تا آغاز جنگ جهاني دوم صنايع نتوانستند به اين واقعيت دست يابند كه مي‌توان هم مقدار و هم كيفيت را در يك زمان به دست آورد. توليدكنندگان از موقعي كه توانستند قطعاتي با كيفيت بالا توليد كنند ميزان توليد انها نمي‌توانست زياد باشد. همان گونه كه توليد بالا مي‌رفت كيفيت كالا به خاطر فاكتور انساني درگير در كار كاهش مي‌يافت.

شكل ۱-۲- تأثير جنگ جهاني دوم بر تكامل ماشين‌هاي NC بسيار فراوان بوده است.

در خلال جنگ جهاني دوم آزمايشگاه تحقيقاتي بالستيك ارتش آمريكا و دانشگاه پنسيلوانيا در يك همكاري اولين كامپيوتر ديجيتال (ENIAC) را توسعه و ساختند. اين يك كامپيوتر لامپي عظيم بود كه فقط براي محاسبات رياضي پرتابه‌هاي بالستيك و جداول آن‌ها براي توپخانه به كار گرفته مي‌شد. برنامه‌ريزي

آن به وسيله تنظيم كردن صدها سوئيچ و كابل به طور دستي بود تا بتوان اين دستگاه را تنظيم نمود. در اوايل دهه ۱۹۵۰ بود كه دانشگاه تكنولوژي ماساچوست (MIT) يك كامپيوتر لابي پيشرفته‌تر به نام ويرل وانيد را ساخت. اين كامپيوتر قادر بود هزاران برابر محاسبات بر ثانيه را بيشتر از (ENIAC) انجام دهد.



شكل ۲-۲- اولين كامپيوتر ديجيتال جهان (ENIAC)

براي اطمينان از اين كه هواپيماهاي ارتش آمريكا به طور يكساني ساخته شوند، نيروي هوايي از چندين شركت براي ساخت سيستم كنترل عددي دعوت به عمل آورد كه بتواند ساخت قطعه را با حجم زياد و تكرارپذيري (تكراري بودن قطعات) توليد نمايد.

هدف اصلي از توسعه NC به قرار زير بود:

- افزايش توليد
- ارتقا كيفيت و دقت قطعات ساخته شده
- ثبات در هزينه‌هاي ساخت و

- ساخت و اسمبل (جمع كردن) قطعات پيچيده با سرعت بالا

همراه با اتوماتيك شدن و برنامه‌ريزي كردن، NC طراحي شد تا بتواند تغييرات در طراحي محصول انجام دهد و كمكي باشد در توليد قطعاتي كه:

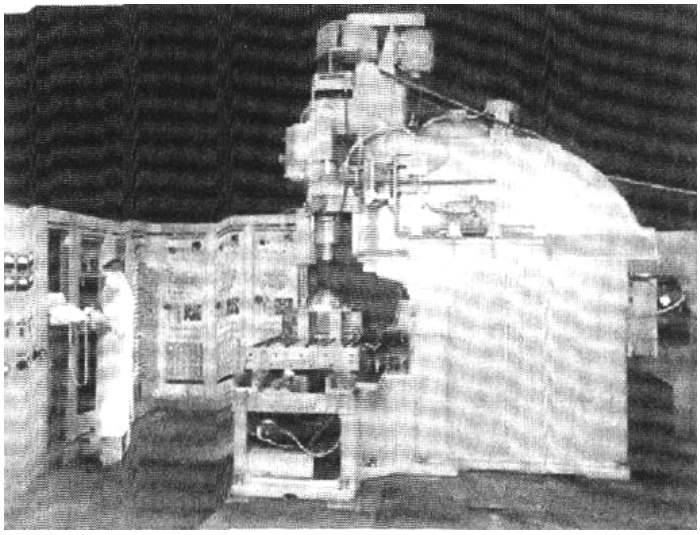
- در نوع مواد خام يكسان و از نظر شكل نيز يكسان بودند
- دراندازه و شكل هندسي متفاوت بودند
- در دسته‌هاي با اندازه كوچك و متوسط ساخته شوند و
- نيازمند مراحل مشابه بودند تا قطعه‌كار ساخته شوند.

اولين قرارداد با شركت پارسون ميشيگان منعقد گرديد كه سيستم كنترلي را به وجود آورده بود كه Spinde در نقاط زيادي با موفقيت هدايت مي‌شد. اگرچه قرارداد در ۱۵ جون ۱۹۴۹ منعقد گرديد اما تقاضا براي چنين سيستمي در اثر نياز مستقيم در جنگ سرچشمه گرفته بود.

در سال ۱۹۵۱ آزمايشگاه سرو مكانيزم دانشگاه MIT قراردادي با شركت پارسون منعقد نمود كه براي ساخت سيستم سروماشين ابزار بود. همچنان كه MIT در همان موقع مشغول كار بر روي Whirlwind بود توسعه و ساخت پروژه NC به وسيله آزمايشگاه MIT هدايت و كنترل مي‌شد.

در سال ۱۹۵۲ اولين ماشين كنترل عددي سه محوره تغذيه شونده به وسيله نوار به وجود آمد. ماشين فرز محور گردان عمودي سنسيناتي ميلاكورن هيدروتل هماهنگ شونده به وسيله كامپيوتر ويرل وايند كنترل گرديد. كنترل‌كننده با حسگرهاي نوري مجهز و از نوار سوراخ شده Binary (صفر و يك) براي دستورات استفاده مي‌كرد.

نوار به وسيله يك مكانيزم تغذيه مكانيكي خوانده مي‌شد. در سال ۱۹۵٤ ماشين كنترل عددي به عموم معرفي گرديد و سه سال بعد اولين توليد ماشين NC تحويل و نصب گرديد.

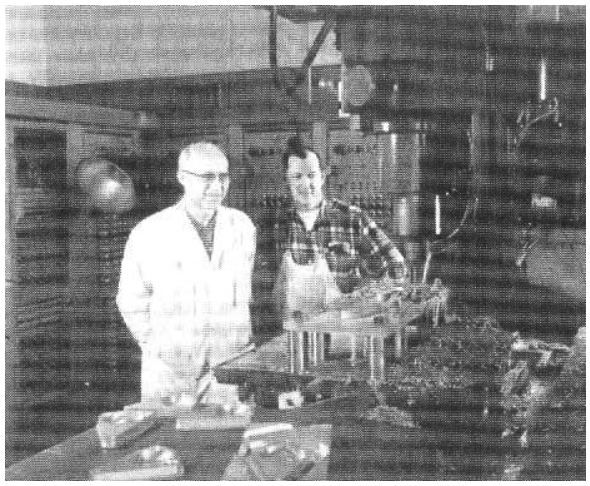


شكل ۳-۲- آزمايشگاه سرو مكانيزم در MIT (با اجازه از موزه MT)

تا سال ۱۹٦۰ ماشين‌هاي NC به طور وسيعي در دسترس و قابل قبول شدند. اگرچه كنترل‌كننده از حروف الفبا براي كدهاي كنترل مورد استفاده قرار مي‌گرفت ولي به آن ماشين كنترل عددي گفته مي‌شد.

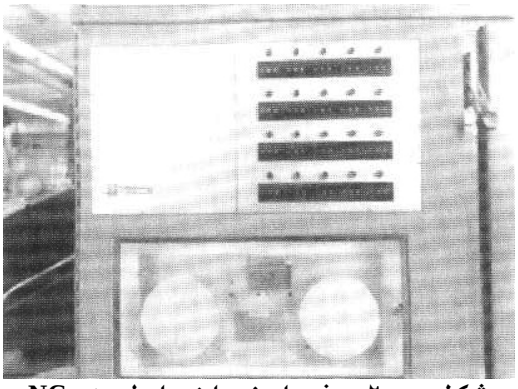
اكثريت ماشين‌هاي NC اوليه نياز به نوار كاغذي براي كار داشتند. مهندسين كدهاي NC براي كامپيوترهايشان مي‌نوشتند سپس در روي نوارهاي طويل كاغذي آن را سوراخكاري مي‌كردند. به دليل اينكه سوراخ‌هاي به كد بودند لذا مشخص كردن برنامه قطعه مشكل بود كه بعدها اين مشكل با استفاده از نوار قابل خواندن به وسيله انسان حل گرديد. كدهاي قابل خواندن به وسيله انسان حل گرديد. كدهاي قابل خواندن به وسيله انسان سوراخ‌هاي مخصوصي بودند (روش سوراخكاري) كه الگوي سوراخ عددي حروفي بودند كه به وسيله اپراتور به آساني قابل خواندن بود. اين

سوراخ‌ها قبل از برنامه اصلي براي كار در نوار ايجاد مي‌شد.



شكل ٤-٢- اولين ماشين NC قطعات يكسان توليد كرد.

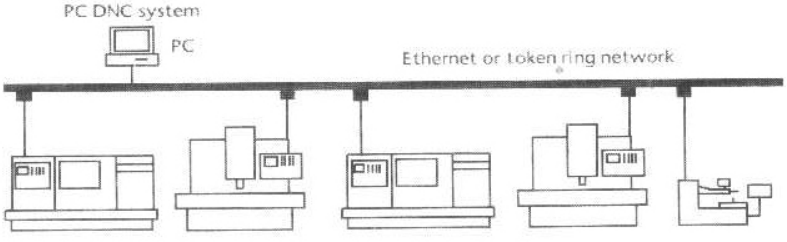
بعضي اوقات نوارها به قدري طولاني بودند كه بايد روي قرقره پيچيده مي‌شدند و به كارگاه برده مي‌شدند تا اپراتور دستگاه آن‌ها را به كنترل‌كننده براي اجرا وارد كند. اين نوارهاي سوراخ شده شامل كليه اطلاعات مورد نياز براي ماشين مي‌شد. سپس ماشين ابزار دقيقا اين برنامه‌ها را براي چندين بار متوالي به اجرا درمي‌آورد (توليد يكسان قطعه) تحقيقات بيشتر باعث توليد و توسعه نسل جديدي از ماشين‌هاي NC گرديد. در پي معرفي كامپيوترهاي كنترل عددي و سپس كامپيوتر براي هدايت و كنترل ماشين ابزار مورد استفاده قرار گرفت كه باعث جدحذف نوارهاي كاغذي و شكننده از ماشين ابزار گرديد.



شكل ٥-٢- نوارخوان اوليه NC

كنترل عددي مستقيم و كنترل عددي توزيعي (DNC) ارتباط ماشين و كامپيوتر را از راه دور ميسر ساخت. در سيستم كنترل عددي مستقيم، بلوك‌هاي دستورالعمل برنامه قطعه يا ماشين‌ابزار يا سرعتي كه براي ماشين قابل قبول باشد مكالمه مي‌نمايد. اين روش مكالمه بسيار متداول است به دليل اين كه سيستم نوار كاغذي را حذف نموده و باعث افزايش طول برنامه ماشينكاري نيز شده است در سيستم كنترل عددي توزيعي، تمام يك خط ارتباطي مكالمه سريال RS232 انجام مي‌پذيرد. اين عمل با افزايش حافظه كنترل كننده CNC ميسر شده است.

در ابتداي كار كنترل‌كننده‌ها توانايي ذخيره برنامه را نداشتند لذا برنامه روي نوار كاغذي ذخيره‌سازي مي‌شد. بعدها كنترل‌كننده‌ها قادر به ذخيره مقدار محدودي از برنامه شدند. كنترل‌كننده‌هاي جديد قادرند كه صدها برنامه را روي هادرديسك سيستم حافظه خود ذخيره نمايند.



شكل ٦-٢- طرح يك DNC پيشرفته

با استفاده روزافزون شبكه‌هاي كامپيوتري برنامه قطعه‌سازي را مي‌توان روي كامپيوتر سرور مركزي ذخيره نمود و هر ماشين CNC كارخانه با استفاده از شبكه كامپيوتري (قرارداد اينترنتي TCP/IP) مي‌تواند از فواصل بسيار زياد درخواست برنامه مشخص را براي CNC بنمايد. اين روش جديد مي‌تواند مركزيت طراحي و مهندسي خارج از كارگاه قرار دهد. اين امكان نيز وجود دارد كه برنامه ماشين ابزار CNC در مكاني به غير از مكان خود CNC نگهداري شود كه برنامه‌ريزي كاري نيز از اهميت بالايي برخوردار مي‌باشد.

از سال ۱۹۵۵ تا ۱۹۶۰ دانشگاه MIT سيستم برنامه‌ريزي به كمك كامپيوتر را به وجود آورد كه به آن ابزار برنامه‌نويسي اتوماتيك (Automatic Programming Tool: APT) گفته مي‌شود، توسعه داد. اين زبان برنامه‌ريزي براي ساده كردن برنامه‌ريزي ماشين‌هاي سه محوره توسعه يافته است كه اصولا در صنايع هوا فضا مورد استفاده قرار مي‌گيرد. APT از زباني شبيه انگليسي براي توضيح هندسه و حركت‌هاي ابزار و برنامه قطعه استفاده مي‌كند.

```
PARTNO 3764
MACHIN/2167
CUTTER/.375
FEDRAT/5
SP = POINT/.25,.25,.5
P1 = POINT/0,0,.5
P2 = POINT/.25,.25,-.125
P3 = POINT/.5,.25,-.125
L1 = LINE/P2, ATANGL,0
C1 = CIRCLE/(1.25 +1.75),.375,.375
C2 = CIRCLE/1.750,1.950, .5
L2 = LINE/RIGHT, TANTO, C1, RIGHT, TANTO, C2
L3 = LINE/P1, LEFT, TANTO, C2
FROM/SP
GO/TO, P1
GO/TO, P2
GORGHT/L2,TANTO C1
GORGHT/L3, TANTO C2
GO/TO, SP
FINI
```

شكل ۷-۲- يك مثال از برنامه APT

بزرگترين فرمت ماشين‌هاي CNC مدرن آن است كه برنامه‌نويسي را از ديپارتمان مهندسي به درون كارگاه كشانده است. كامپيوتر و واحد كنترل ماشين (MCU) در حال حاضر يك واحد مي‌باشند كه قادر به خلق برنامه، ذخيره‌سازي در حافظه و اجرا برنامه مي‌باشد. اين عمل هم‌چنين باعث كاهش در نياز به نوارهاي كاغذي شده است به استثناء برنامه‌هاي خيلي بزرگ، اغلب برنامه‌هاي NC در حافظه خود ماشين نگهداري مي‌شوند. (حافظه كامپيوتري كنترل‌كننده)

مركز ماشينكاري، مجموعه‌اي از نيم‌دوجين ماشين ابزار قادر به انجام بسايري از عمليات‌ها شامل:

Tapping, Threading Counteboring, Spoting, Facing, Drilling, boring, Milling

در يك مجموعه است. از اين گونه ماشين ابزارها اصولا در توليدات زياد و يا متوسط استفاده مي‌شوند و براي توليد يك مجموعه از قطعات مورد استفاده قرار مي‌گيرند.

در حال حاضر تكنولوژي خوب ماشين‌هاي CNC يك چيز پيش از پا افتاده محسوب مي‌شود. بيش از ۸۵٪ از ماشين‌هاي ابزار توليدي در حال حاضر CNC مي‌باشند. سيستم‌هاي ساخت زيادي به وجود آمده و بيشتر شركت‌هاي مهندسي در سطح بالايي از ماشين‌هاي كامپيوتري شده استفاده مي‌نمايند.

همكاري كامپيوتر و ماشين را مي‌توان در هر سطحي در كارگاه‌ها مشاهده نمود كه همراه با سيستم توليد به كمك كامپيوتر (CAM) همراه مي‌باشد. شركت‌هايي مشاهده مي‌شوند كه محل طراحي و مهندسي را در يك جا دارند و صدها سيستم ماشين‌افراز در مكاني ديگر برايشان به انجام كار مشغول مي‌باشند.

تكنولوژي *CNC* داراي مزيت‌هاي زير نسبت به تكنولوژي *NC* مي‌باشد

۱- برنامه به ماشين وارد شده و در قسمت حافظه ذخيره مي‌شود.

۲- برنامه را آسان‌تر مي‌توان تصحيح نمود بنابراين برنامه‌ريزي براي قطعه و طراحي پردازش آن زمان كمتري مي‌خواهد.

۳- قطعات با پيچيدگي‌هاي زياد را مي‌توان توليد نمود.

٤- شكل سه‌بعدي مدل در كامپيوتر ذخيره شده كه از آن مي‌توان براي برنامه CNC به طور اتوماتيك استفاده نمود. بنابراين در زمان برنامه‌نويسي دستي (سنتي) صرفه‌جويي خواهد شد و

٥- كامپيوتر را مي‌توان در جهان به ديگر كامپيوترها وصل نمود (به وسيله اتصال مستقيم مودم و يا از طريق شبكه) بنابراين به برنامه براي ساخت اين اجازه داده مي‌شود كه مستقيما از راه دور به دستگاه CNC منتقل گردد.

تكنولوژي *CNC* داراي معايب زير مي‌باشد

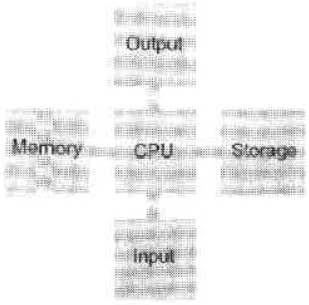
۱- CNC كمي گران است اما امروزه هيچ ماشين NC بدون اين كه CNC باشد به فروش نمي‌رسد.

۲- براي اپراتور دستگاه CNC آموزش بيشتري مورد نياز است كه بستگي به پيچيدگي نوع ماشين دارد همان گونه كه در بعضي مواقع دستگاه CNC نياز به آموزش كمتري داشته باشد. امروزه كنترل‌كننده‌هاي CNC بسيار سهل و آسان مي‌باشند كه اين خود باعث كاهش زمان آموزش براي اپراتور مي‌شود كه بازگشت سرمايه را در كوتاه‌ترين مدت برمي‌گرداند.

۳- هزينه تعمير و نگهداري احتمالا بيشتر است.

تكنولوژي ميكروكامپيوتر

كامپيوتر يك ماشين الكتريكي است كه عمليات رياضي و منطقي را بر طبق ساختاري از پيش تعيين شده اجرا مي‌نمايد. به كامپيوتر به تنهايي سخت‌افزار گفته مي‌شود و برنامه‌اي كه كامپيوتر را هدايت مي‌كند، نرم‌افزار ناميده مي‌شود.



شكل ۸-۲- نماي مؤلفه‌هاي اصلي كه يك كامپيوتر را مي‌سازند.

سه قسمت اصلي كامپيوتر به قرار زير است:

۱- واحد پردازش مركزي (CPU)

۲- حافظه

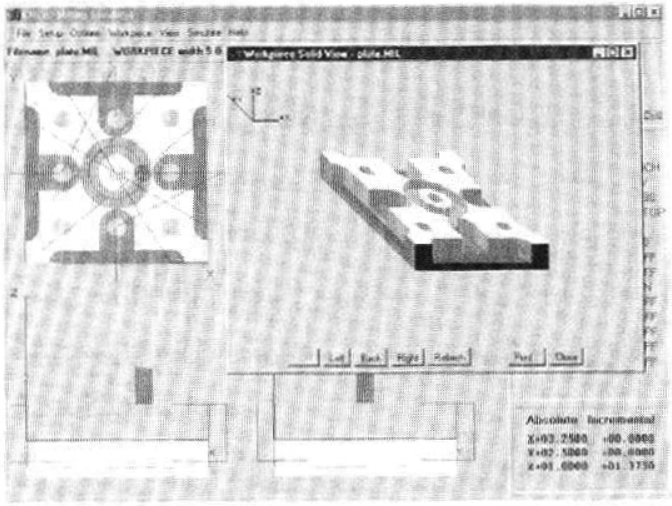
۳- قسمت ورودي/ خروجي.

CPU مراحل كنترل و فعاليت قطعات كامپيوتر را به عهده دارد و اعمال محاسباتي رياضي و منطقي انجام مي‌دهد. CPU را حافظه مورد استفاده قرار مي‌دهد تا براي ذخيره‌سازي و بازيافت مجدد داده‌هاي رياضي استفاده كند قسمت ورودي- خروجي سيگنال‌هاي ورودي و خروجي را تفسير (از طريق CPU) مي‌كند.

قطعات ديگري نظير صفحه نمايش، چاپگر، پلاتر و اسكنر نيز همراه كامپيوتر مي‌توان مورد استفاده قرار داد. استفاده از كامپيوتر در صنايع امروزه يك امر پيش پا افتاده محسوب مي‌شود به كامپيوترهاي كوچك‌تر و وسيع‌تر شخصي (PC) امروزه به صنايع و شركتي ارائه مي‌شود و برنامه‌هاي مختلف براي كامپيوتر در زمينه كنترل كارگاه و برنامه‌ريزي NC در بازار موجود مي‌باشد.

اگرچه كامپيوتر باعث پيشرفت زياد ماشين‌هاي NC گرديد اما در حقيقت قوانيني جاري است كه يكي از آن‌ها كه امروزه صادق است عبارت است از:

(برنامه بد) = (محصول خراب)



شكل ۹-۲- صفحات نمايش جسم Solid در نرم‌افزار CNCez كه حاصل اجراي يك برنامه CNC است.

اين روش يكي از راه‌هاي مفيد تست حركت ابزار قبل از اجراي برنامه است.

اين يك قانون عمومي در صنعت است كه در گذشته نسبت به امروز صادق‌تر بوده است. وقتي براي نوشتن برنامه NC از سيستم‌هاي قديمي استفاده مي‌شد، برنامه‌نويسي براي پيدا كردن خطاي برنامه تنها بايد آن را اجرا مي‌كرد. اشتباه در برنامه ورودي باعث اين مي‌شود ماشين‌ابزار به خوبي عمل خود را انجام ندهد و يا اين كه اصلا كار نكند. امروزه با كامپيوتر قوي‌تر و سريع‌تر همراه با نرم‌افزارهاي مناسب نظير چك برنامه CNCez و شبيه سازي برنامه نوشته به اپراتور اين اجازه را مي‌دهد بدون اين كه دستگاه را به كار گيرد برنامه خود را مورد تأييد قرار دهد بنابراين باعث كاهش زمان توليد و هزينه‌هاي آن خواهد شد و ماشين ابزار CNC نيز براي كار خود آزاد است تا برنامه ديگري را انجام دهد (قبل از برنامه جديد).

كاربردهاي *NC*

از ابتداي كار با ماشين ابزار CN كاربردهاي تكنولوژي متفاوتي وجود داشت از جمله فرزكاري، تراشكاري، قوس الكتريكي (EDM) دندانه زني حتي با استفاده از ليزر براي برش پلاسي، سوراخكاري، شكل دهي، خمش، شبكه، بازرسي و رباتيك مورد استفاده قرار گرفته است.

گرچه صنايع هوا و فضا از جمله صنايعي هستند كه به طور وسيعي از تكنولوژيكي CNC استفاده مي‌كنند اما ديگر صنايع نيز بخوبي از آن بهره مي‌برند.

به دليل افزايش مداوم در كامپيوترها پيشرفت اين صنعت هزينه تكنولوژي CN بسرعت كاهش يافته است و

امرزه صنايع كوچك هم از اين تكنولوژي استفاده مي‌كنند.

امروزه محصولات CN را در هر زمينه مي‌توان پيدا كرد كه محدوده آن از كار روي فلزات، ماشين سازي و حتي الكترونيك از كاربردهاي NC مي‌باشد. كاربردهاي نظير جواهرسازي، كنده كاري و مبلمان سازي نيز از اين تكنولوژي استفاده مي‌كنند.

فرز كاري

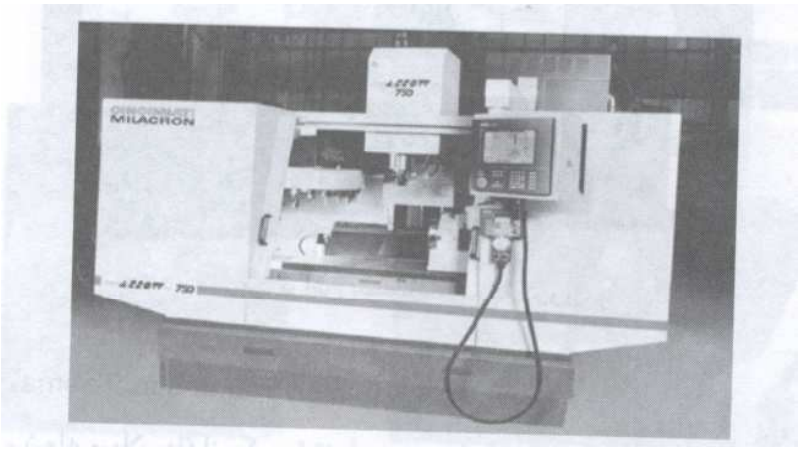
فرزكاري عملي است كه يك ابزار دوار مواد اضافي را از قطعه كار جدا مي‌سازد. كنترل حركت محورها يگانه و يا چندگانه مي‌تواند الگوهاي دو بعدي و يا شكلهاي پيچيده سه بعدي را به وجود آورد.

تراشكاري

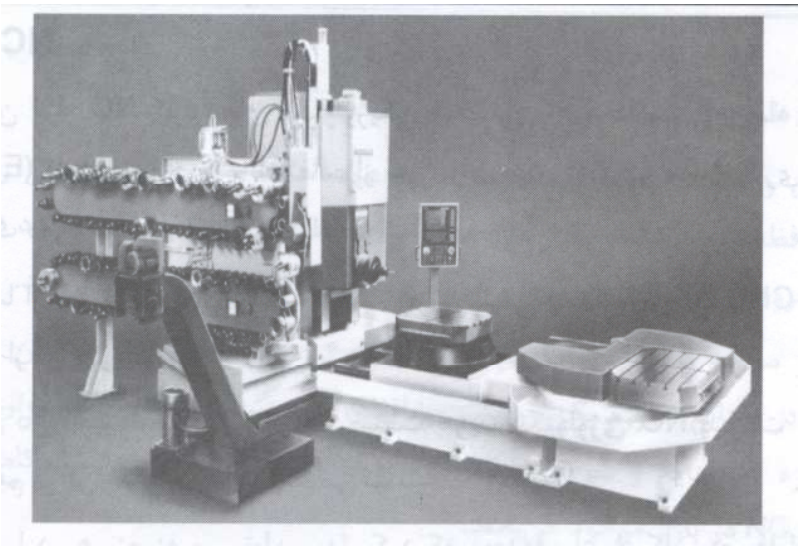
Turning عملي است كه تيغ برنده عمود به دوران قطعه كار حركت مي‌كند. شكل قطعه كار بستگي به شكل تيغه و نوع عملكرد دارد تا قطعه نهايي به دست آيد.

وايركات *(Wire EDM)*

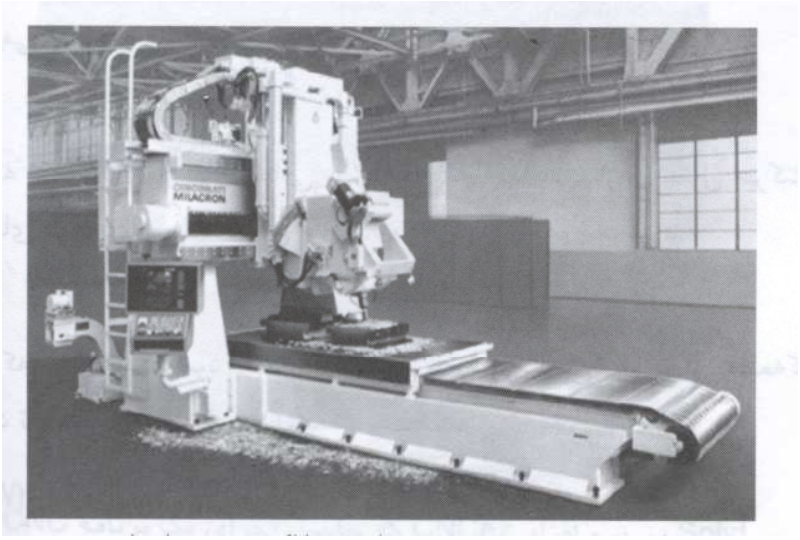
ماشين قوس الكتريكي از نيروي الكتريك در يك سيم باريك استفاده مي‌كند تا برشهاي ظريف در مواد ايجاد كند اغلب ماشينهاي EDM از دو صفحه موازي استفاده مي‌كنند كه هر نقطه برش مجزا از يكديگر مي‌تواند حركت كند. اين عمل براي توليد قطعات كه داراي تغيير زاويه مي‌باشند مناسب است(تغيير زاويه در يك جهت) و مي‌توان از آن براي قالبهاي بش و يا استمپ (Stamp) استفاده نمود.



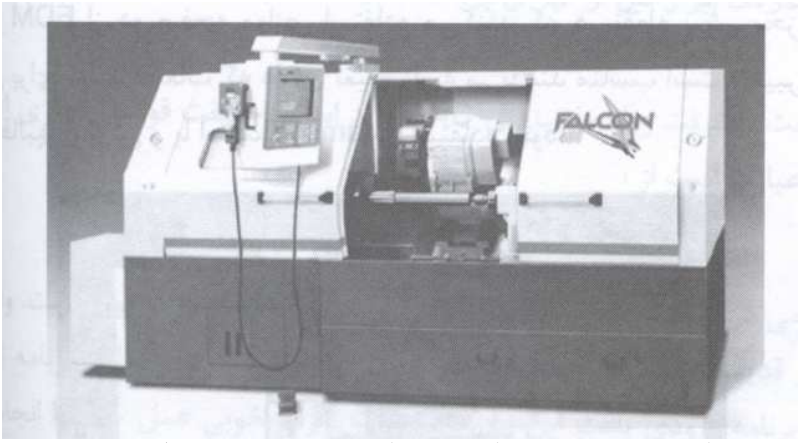
شكل ۱۰-۲- ماشين CNC با چرخش حول محور A (چهار محوره)



شكل ۱۱-۲- ماشين پنج محوره سنسيناتي ميلاكرون
با تعويض كننده اتوماتيك ميز كار و نوار انتقال براده



شكل ۱۲-۲- ماشين محوره سنسيناتي ميلاكرون دروازه اي



شكل ۱۳-۲- ماشين تراش سنسيناتي ميلاكرون

ليزر، شعله و پلاسها *(Laser , Flame and Plasma)*

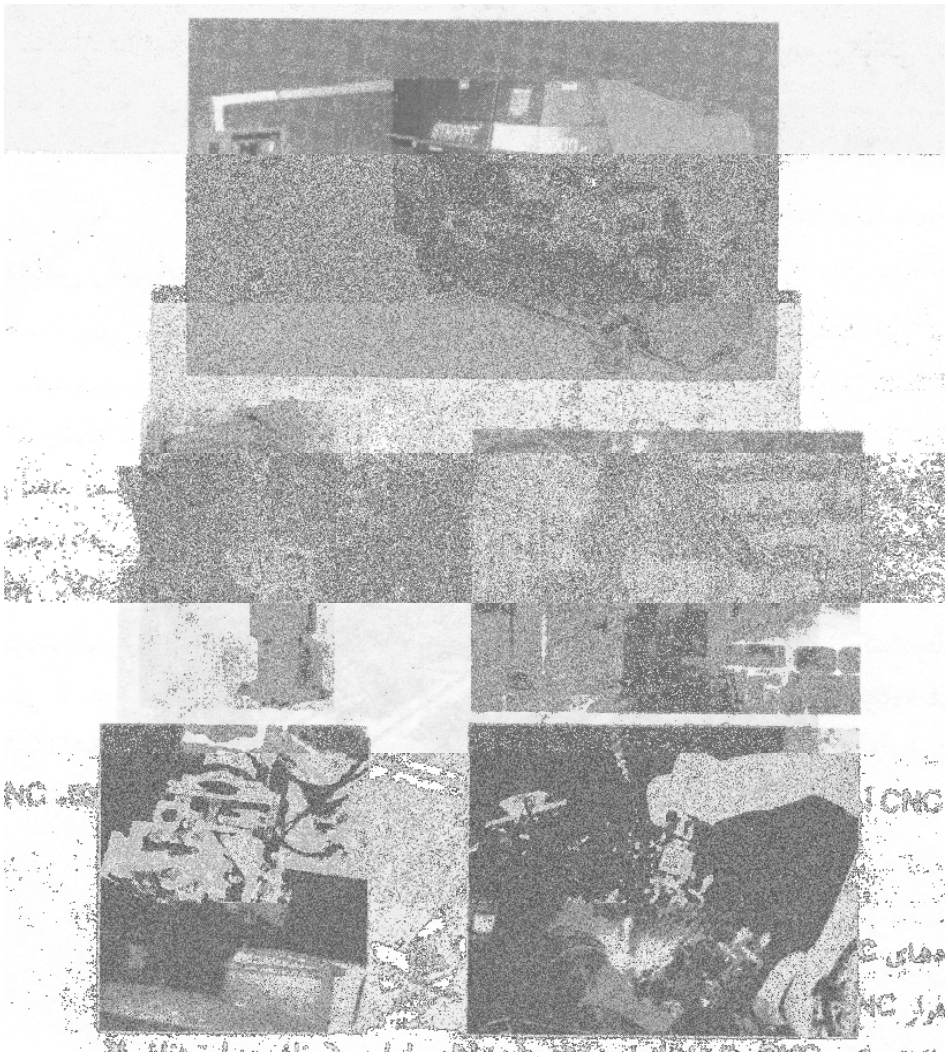
اين دستگاه (برش ليزر، شعله و پلاسها) از يك رشته قوي نور، شعله متحدالمركز يا قوس پلاسها استفاده مي‌كند تا از مواد قسمت اضافي را بردارد. هر كاربردي بستگي به ضخامت مواد مورد استفاده براي قطعه دارد.

سوراخ كردن و دنده زدن *(Punching and Nibbling)*

از سوراخ كردن و دنده زدن براي بريدن الگو نهايي در صفحه (ورق) مواد با استفاده از قالبهاي سوراخكاري مي‌توان استفاده نمود تكرار عمل سوراخ كردن (بريدن) در امتداد يك مسير تأثير دنده‌زني را دارد كه مي‌تواند شكلهاي پيچيده كه در غير اين صورت مشكل باشد به دست آورد. شكل دهي و... از كاربردهاي ماشين پانچ CNC مي‌باشد.

روبات و *CNC*

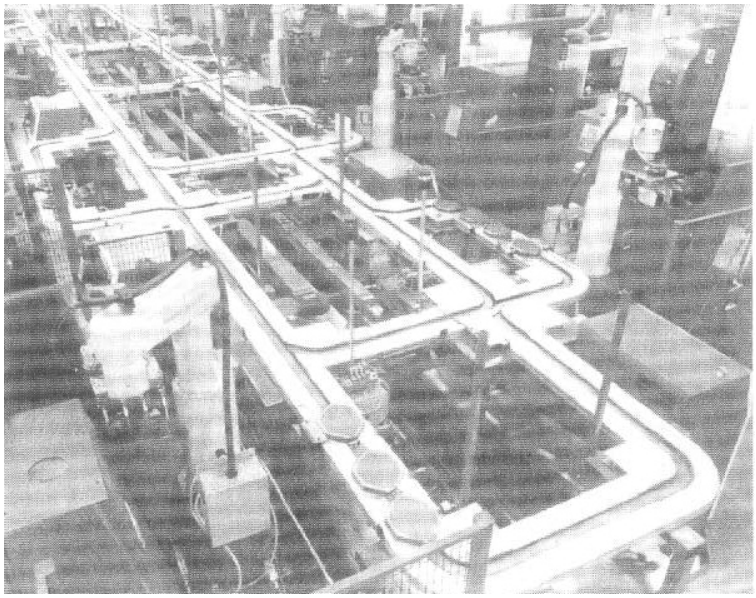
استفاده وسيع از CNC در توليد و ساخت مناسب و ايده آل است كه در صنعت از روبات براي انجام كارهاي تكراري نيز استفاده شود. اين اعمال تكراري ممكن است كه شامل جا به جايي قطعات بزرگ و سنگين و يا خطرناك نيز مي‌شود. يك مركز پيشرفته ماشين افزارهاي CNC مي‌تواند تغيير دهنده‌هاي پلت و رباتهاي صنعتي را نيز در برگيرد.



شكل ١٤-٢

استانداردهاي كنترل‌كننده‌ها

براي درك كردن CNC ابتدا بايد تفاوت‌ها و شباهت‌هاي كنترل كننده‌هاي موجود در بازار را درك كرد. علاوه بر اختلاف در كنترل‌كننده‌ها بر مبناي گوناگوني ماشين‌افزارها و كاربرد آن‌ها، اختلافات ديگري در ارتباط با توليدكنندگان و استانداردها وجود دارد كه بايد آن‌ها رعايت شود و بستگي مستقيم به چگونگي رعايت كردن آن‌ها دارد.



شكل ۱۵-۲- كارخانه توليد فانوك، سلولي با چندين روبات و ماشين‌هاي CNC

كنترل‌كننده هاي *CNC*

ماشين‌هاي افزار CNC داراي سه قسمت اصلي و اساسي مي‌باشند:

۱- ماشين افزار كه مي‌تواند يكي از نواع مختلف آن باشد.

۲- موتور و مكانيزم برگشت تغذيه كه بسيار مهم مي‌باشد به دليل اين كه آن‌ها ارتباط بين ماشين‌افزار و كنترل‌كننده مي‌باشند. بنابراين نوع، اندازه و كيفيت آن‌ها از نكات مهمي است كه براي كاربردهاي متفاوت بايد مورد توجه قرار گيرد.

۳- قلب اصلي ماشين‌افزار CNC كنترل‌كننده يا واحد كنترل ماشين (MCU).

استانداردهاي *EIA, ISO*

سازمان بين المللي استانداردگذاري (ISO) و مؤسسه صنعتي الكترونيك (EIA) دو استاندارد تقريبا شبيه به وجود آورده‌اند كه معمولا در دنيا از آن‌ها استفاده

مي‌شود EIA RS274, ISO6983 بعضي كشورها ممكن است كه استاندارد مخصوص به خود داشته باشند اما اغلب از اين دو استاندار استفاده مي‌كنند. استاندارد اصلي براي NC دستورالعمل‌هاي ساده مي‌باشد كه ماشين را قادر به انجام كار به خصوصي مي‌كند. به طور مثال خطوط كد زيرين يك ماشين‌افزار CNC را مجبور به اجرا كردن خط و يا بلوك شماره ۱۰۰ مي‌نمايد كه ابزار نسبت به نقطه مركز برش انجام مي‌دهد كه نرخ برش آن 620in/min در امتداد محور 1.25X اينچ و در امتداد محور 1.75y اينچ برش دهد.

*N*95 *G*90 *G*20
*N*100 *G*01 *X*1.25 *Y*1.75 *F*20.0

مكالماتي (غيراستاندارد)

كنترل‌كننده مكالماتي نيز وجود دارد كه جايگزيني براي كنترل‌كننده‌هاي معمول مي‌باشد. اين كنترل‌كننده‌ها معمولا از استانداردي تبعيت نمي‌كنند و فرض بر اين است كه استفاده از آن‌ها ساده‌تر مي‌باشد. اپراتور نيازي ندارد كه بداند چگونه برنامه‌ريزي كند بلكه تنها با خواندن دستورالعمل‌ها بر روي صفحه نمايش و اجرا آن مي‌تواند كار را انجام دهد. معمولا ماشين‌هاي ساده‌اي كه قطعات ساده‌اي را توليد مي‌كنند از اين طريق كار مي‌كنند و ماشين‌هاي پيچيده‌اي كه قطعات پيچيده توليد مي‌كنند از اين برنامه استفاده نمي‌كنند. بنابراين بعضي ماشين‌افزارهاي CNC ممكن است كه داراي هر دو نوع برنامه‌ريزي باشد هم استاندارد ISO/EIA را داشته باشند و هم از روش برنامه‌ريزي مكالماتي استفاده نمايند. علاوه بر نداشتن استاندارد دركنترل‌كننده‌هاي مكالماتي مشكل ارتباطي با سيستم‌هاي CAD/CAM نيز دارند. معمولا يك ماشين ساده كه نيازي به برنامه ندارد از طريق سيستم CAD/CAM قطعات

بسياري ساده‌اي مي‌تواند توليد نمايد و اينگونه ماشين‌هاي ساده براي سيستم‌هاي كنترل‌كننده مكالماتي جايگزين خوبي مي‌باشند.

همان طوري كه شما بيشتر وارد صنعت CNC شويد، خواهيد ديد چنين توليدكننده اصلي كنترل‌كننده‌ها وجود دارند اين كنترل‌كنندگان عبارتند از فانوك، جنرال الكتريك، ميتسوبيشي، ياستاك و بنديكس هستند اگرچه بعضي از سازندگان CNC نظير سينسيناتي ميلاكورن، گيدينگر و لوئيس و پريچ پرت ممكن است كه از سيستم‌هاي كنترل‌كننده مخصوص ماشين‌افزار خود استفاده كنند (حق مالكيت آن را دارند). معمولا اغلب اين شركت‌ها استاندارد برنامه ريزي ISO/EIA را دنبال مي‌كنند لذا برنامه‌هايشان كاملا قابل حمل و انتقال مي‌باشد.

فرآيند توليد *CNC*

در اصل فرآيند ساخت CNC شبيه روش‌هاي توليد معمول مي‌باشد. معمولا نقشه ساخت هب وسيله مهندس طراحي كشيده مي‌شود و سپس به تكنسين داده مي‌شود. تكنسين نقشه را خوانده و مسير ابزار را معين مي‌نمايد و بقيه عوامل را نظير سرعت براده‌برداري، سرعت تغذيه، زمان ماشينكاري و امثال اين را نيز تعيين مي‌نمايد. در برنامه نويسي CNC تكنسين برنامه نويس مسئول اصلي براي عملكرد ماشين مي‌باشد. اگرچه كه كنترل بر دستگاه ديگر به صورت دستي نمي‌باشد (محورها را با چرخ دستي بگردانند) و به وسيله كنترل‌كننده صورت مي‌پذيرد.

اين درست نيست كه گفته شود كه اغلب تكنسين‌ها برنامه نويس كامپيوتر هستند. ماشين‌هاي CNC اوله نيازمند وارد كردن كدهاي ورودي M,G به صورت دستي

بودند اما امروزه متخصص كامپيوتر براي اين كار مورد نياز نمي‌باشد.

جريان فرآيند ساخت با *CNC*

۱- ايجاد نقشه ساخت قطعه
۲- تصميم‌گيري براي اين كه كدام ماشين ساخت قطعه را انجام دهد.
۳- تصميم‌گيري روي مراحل كار ماشين و تصميم‌گيري براي مسير حركت تيغه.
٤- انتخاب ابزار مورد نياز
٥- انجام محاسبات رياضي مورد نياز براي مختصات برنامه
٦- محاسبه سرعت گرداننده و نرخ برش مورد نياز براي ابزار و مواد قطعه
۷- نوشتن برنامه CNC
۸- آماده‌سازي و ليست ابزار (اين مرحله براي ساخت نيز اجرا مي‌شود)
۹- تأييد و تصحيح برنامه يا استفاده ازماشين شبيه ساز مجازي نظير CNC و يا ماشين‌ابزار واقعي، ايجاد نمونه اوليه.
۱۰- تأييد و تصحيح برنامه روي ماشين‌افزار و تغييرات ضروري مورد نياز
۱۱- اجراي برنامه و توليد قطعه نهايي

جريان فرآيند ساخت با *CNC* با كمك كامپيوتر

۱- ايجاد مدل هندسي سه‌بعدي قطعه با كمك CAD.
۲- تصميم‌گيري كه كدام ماشين قطعه را توليد و مسير حركت تيغه چگونه باشد (بعضي اوقات با كمك كامپيوتر و يا از روي نقشه)

۳- انتخاب ابزار مورد نياز (بعضي اوقات با كمك كامپيوتر)
٤- اجرا كردن برنامه نرم‌افزاري CAM براي ايجاد برنامه توليد قطعه كه شامل اوراق تنظيم و ابزار نيز مي‌شود.
٥- تصحيح و تأييد برنامه با استفاده از ماشين مجازي شبيه‌ساز نظير CNCez.
٦- خواندن برنامه به ماشين مورد نظر براي كار از طريق شبكه كامپيوتري و ساختن نمونه اوليه (بعضي اوقات چندين ماشين براي ساخت يك قطعه مورد استفاده قرار مي‌گيرد)
۷- تأييد برنامه روي ماشين حقيقي و تصحيح برنامه در صورت نياز
۸- اجراي برنامه و توليد قطعه، اگر در محيط توليد باشد، توليد قطعه شروع مي‌شود.

كنترل مرغوبيت

همين كه اپراتور از ماشين‌افزار CNC و كنترل‌كننده آن استفاده مي‌كند معلوم مي‌شود كه چه ابزاري و چه روش ساختي بهترين روش مي‌باشد. اين گونه اطلاعات بايد مكتوب شوند و گه‌گاهي اين اطلاعات مرور شوند و در مراحل برنامه‌نويسي قطعه براي ماشين خاص مورد استفاده قرار گيرند. اين يك عمل تكراري است كه به بهبود مداوم نيازمند است. انجام اين اعمال باعث افزايش راندمان برنامه‌نويسي شده و نيز مشكل زمان اجرا نيز كاهش مي‌يابد.

فصل سوم: بررسي ساختمان مكانيكي ماشين‌هاي *CNC*

تفاوتهاي طراحي ماشينهاي كنترل عددي با ماشينهاي سنتي

تفاوتهاي بسياري در طراحي ماشينهاي كنترل عددي نسبت به ماشينهاي سنتي وجود دارد، ماشينهاي سنتي از نظر قدمت، سادگي، ثابت بودن شكل و مشخصات با ماشينهاي CNC تفاوت دارند كه اين عوامل موجب گرديده است تا ماشينهاي سنتي ارزانتر از ماشينهاي CNC مشابه باشند، دقت و كيفيت قطعات بستگي به مهارت ماشين كار دارد، هرچه مهارت ماشين كار بيشتر باشد كيفيت و دقت قطعه توليد بيشتر خواهد بود بنابراين مهارت ماشين كار نقص طراحي ماشين را جبران مي‌كند همچنين اين وابستگي به مهارت ماشين كار، كيفيت و دقت كالاها را غير قابل اعتماد مي‌سازد، اما قيمت تمام شده قطعه با اين دستگاهها ارزانتر و معقولتر است با افزايش قابل توجه نرخ كار، دقيق و پيچيده شدن قطعات، ديگر ماشينهاي سنتي قابل اعتماد نيستند بنابراين انگيزه رشد و توسعه ماشينها هر روز بيشتر مي‌گردد. با حذف مهارت ماشين كار و سپردن اين عمل به ماشين حداكثر محصول توليد شده در ساعت نيز رشد يافته است.

مدت زمان توليد قطعه و زمانهاي تلف شده در توليد به شدت كاهش يافته است، زمان توليد قطعه با ماشينهاي سنتي بسيار بيشتر از زمان توليد آن قطعه با ماشينهاي CNC است همچنين ماشينهاي سنتي براي يك شيفت هشت ساعته طراحي شده‌اند و استفاده از آنها در چند شيفت تا حدي با مشكل مواجه خواهد شد بنابراين ترديد در قابليت اعتماد و دقت ماشينهاي سنتي بيشتر شده است. ماشينهاي كنترل عددي براي عمليات متناوب بيش از ۲۰ ساعت طراحي شده است.

كيفيت، دقت، پيچيدگي و سنگيني كار موجب گرديده تا در طراحي ماشينهاي سنتي تغييراتيي بوجود آمده و از نو ساخته شوند ابزارهاي برشي با سرعتهاي بالا قادر به براده برداري مي‌باشد، زمان توليد با بالا رفتن سرعت برش و پيشروي ابزار و ميله پيچ بري به حداقل رسيده است افزايش دامنه تغييرات سرعتها و پيشرويهاي دلخواه باعث اصلاح ابزارهاي برشي و ماشينكاريهاي متناوب را موجب گرديده است.

نيروهاي مختلف از چندين جهت بر روي ماشينها اثر گذاشته كه قبلا تحت اثر چنين نيروهايي قرار نگرفته‌اند. پيشرفت در موارد و ابزار لازمه اش وسايل و امكاناتي است كه بتواند نيروهاي جلو برنده و با فشار زياد و استحكام بالا را تحمل كنند، ساختار ابزارهاي برشي در حالي كه مقاومت زيادي در برابر استهلاك و سايش دارند بسيار سخت و در عين حال شكننده نيز مي‌باشند، بنابراين لازم است منابع قدرتمند ارتعاشي و پس زني يا لقي در دستگاهها پيش بيني و هنگام طراحي حذف شوند.

در ساختارهاي بسيار پيچيده ماشينها، ياتاقانهاي دقيق و ضد اصطكاك با كيفيت بسيار دقيق اجزاي خود خصوصيات مطلوبي را بوجود آورده‌اند. با استفاده از

سيستمهاي اتوماتيك بيشترين عمق براده برداري حاصل ميشود كه ماشينهاي سنتي با اين نسبت براده برداري و با چنين سرعتي قادر به زدودن مواد نيستند، به همين دليل ضرورت داشتن درپوشهاي محافظ در ماشينهاي CNC به ماشينهاي سنتي بيشتر احساس مي‌گردد.

عمليات توسط سيستم كنترل هدايت گرديده و به كنترل دستي نياز ندارد بنابراين ماشينهاي سنتي با اين وسعت نمي توانند عمل كنند. با ماشينهاي چند منظوره مدرن عمليات مختلف را ميتوان روي يك ماشين اجرا كرد: مانند: فرز، درل، پيچ و قلاويززني و غيره. يعني در ٥ سطح قطعه ميتوان عمليات مختلف براده برداري در يكبار تنظيم قطعه انجام داد.

طراحي ماشينهاي *CNC*

همه ماشينهاي CNC با سه هدف زير طراحي و ساخته مي‌شوند:

الف – دستيابي به دقتهاي مورد انتظار و حفظ آن دقت‌ها.

ب – دستيابي به قابليت تكرار تلرانسها و دقتهاي مورد نياز در قطعات.

ج – قابليت اعتماد و اطمينان.

بايد دانست كه دستيابي به حداقل زمان براي توليد قطعات با كيفيت ثابت و يكنواخت از مهمترين خصوصيات اين ماشينها مي‌باشند. ساختمان اين ماشينها از ٤ قسمت زير تشكيل شده‌اند:

الف- مشخصات ساختماني ماشين

ب- مشخصات مكانيكي ماشين

ج- امكانات سيستم كنترل

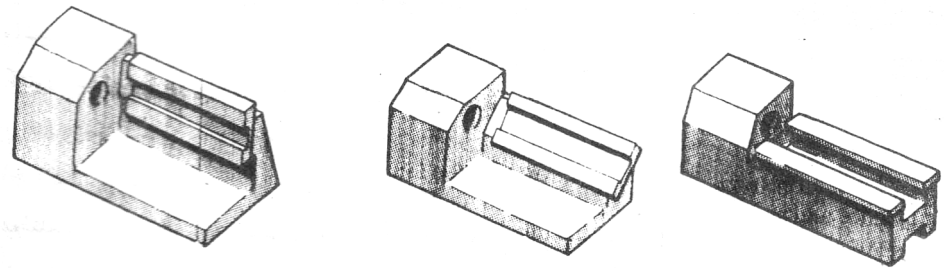
د- وسايل اضافي و كمكي

مهمترين عامل در طراحي اين ماشينها بررسي و محاسبات اقتصادي در ساخت دستگاه و در توليد قطعه

توسط دستگاه مي‌باشد و عامل اقتصادي مي‌تواند در بهبود طراحي ماشين تاثير گذارد. بنا بر يك ضرب المثل قديمي: همان قدر كه پول داده‌اي آش مي‌خوري؟ سرمايه گذاري روي اين ماشينها مي‌تواند گستره وسيعي از تنوع اين ماشينها را پديد آورد.

ساختار ماشين

شكل فيزيكي: دقت در طراحي ساختار ماشينها، روي شكل فيزيكي ماشين تاثير خواهد داشت همچنين كاربرد ماشين نيز در شكل آن موثر مي‌باشد براي مثال: شكل ظاهري يك ماشين افقي با شكل ظاهري يك ماشين عمودي متفاوت است، و حتي هر مدل مدل ماشين با مدل ديگر ممكن است تفاوتهايي داشته باشد، قسمتهاي مختلف ماشين نيز از دقت خاصي در طراحي بهره مي‌گيرند.



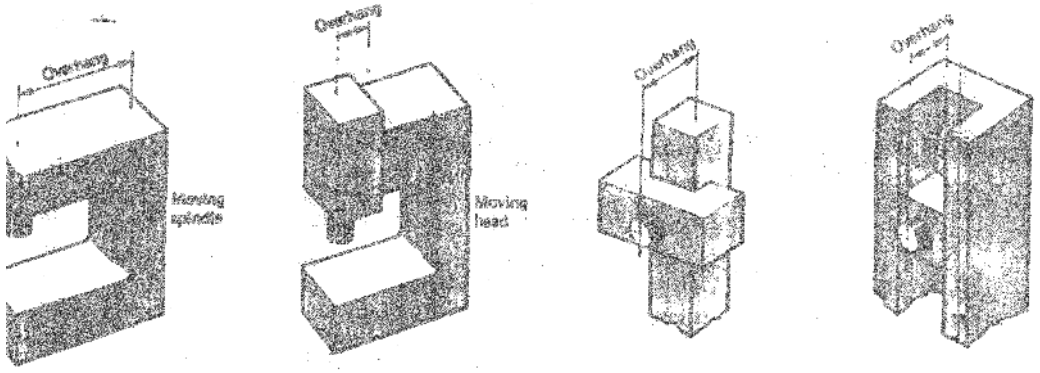
شكل ۱-۳

الف- بستر افقي ب- بست شيبدار ج- بستر عمودي

مثلا دقت در طراحي بستر ماشين با دقت در طراحي جعبه دنده‌ها يا درپوشها تفاوت دارد، هر قسمت از دستگاه بسته به كاربرد آن قسمت ممكن است انعكاسات ديناميكي و استاتيكي خاصي داشته باشند و نيز اين تاثير در نقاط مختلف نيز افزايش يا كاهش خواهد داشت، وزن سوپرتها، ميزها و بستر ماشين نيز ناثر ديناميكي و استاتيكي خاص خود را داشته كه همواره بايد در طراحي در نظر گرفته شود، بعنوان نمونه در

شكل زير سه مدل از سازه بدنه ماشينهاي تراش نشان داده شده است:

شكل (الف)-در اين مدل انتقال نيروهاي وارده، از سوپرتها و ابزار گير، به پايه‌ها به سهولت انجام مي‌گيرد. در شكل (ب) و (ج) براده‌ها براحتي از محل دور ميشوند و همچنين باز و بسته كردن قطعه كار و ابزار به سهولت انجام مي‌گيرد دقت در طراحي بدنه ماشين در استحكام ماشين موثر خواهد بود. در شكلهاي زير محور در دو حالت افقي و عمودي نشان داده شده است، نوسان و پيچش محور را بررسي كنيد، شكل (ب) هر دو حالت ترجيح داده مي‌شود.



شكل ۲-۳

طراحي بدنه ماشين: بدنه ماشينها مشخص كننده شكل ظاهري آنها ميباشد، پايه ها، بستر و راهنماهاي ماشينها ي صنعتي از چدن خاكستري با روش ريخته گري كه ساده و ارزان مي‌باشد توليد مي‌گردد. وجود گرافيت در چدن باعث مي‌شود كه هميشه لايه نازكي از روغن روي بستر و راهنماها وجود داشته و زنگ زدگي را كاهش مي‌دهد پايه‌ها و بدنه ماشنيهاي كنترل عددي نيز هنوز از چدن، ريخته گري مي‌شود و جهت بهبود كيفيت آن از فلزات آلياژي چون كرم و نيكل در ساخت آنها استفاده مي‌شود.

پايه بايد از استحكام فوق العاده اي برخوردار باشد، بهبود كيفيت راهنماها، سرسره‌ها و محورها از مشخصات ويژه اين ماشينهاي مدرن مي‌باشد. راهنماها تاثير نيروهاي پيچشي را خنثي كرده و نيروهاي برش را بخوبي تحمل مي‌نمايد ساختارهاي جوشكاري شده نيز در ماشينها مورد استفاده قرار مي‌گيرد، مانند اسكلت جعبه اي دستگاهها كه از استحكام مطلوبي برخوردار است و انعطاف و يدك پذير نيز مي‌باشد تناسب و قابليت انعطاف قابل توجه نيز در ابرژزارهاي كمكي ماشين موجود است. از طراحيهاي مناسب نيز مقاومت افزايش يافته فولاد و قابليت انعطاف از كار درآمده ساختماني، آن مي‌باشد كه اسكلت فولادي به راحتي ساختار را نگهداري مي‌كند. سازه‌هاي جعبه اي جوشكاري شده به دليل افزايش تقارن، تعادل و انعطاف قابل ملاحظه در نگهداري اجزا توصيه مي‌شود زيرا سازه‌هاي جعبه اي به علت مقاوم بيشتر فولاد و انعطاف در طراحي، با استفاده از قطعات نيم ساخته، مانند ورقها، نبشي و ... سبب سبكي وزن ساختار ميگردند.

پايه‌ها از صلبيت كافي بايد برخوردار باشند و براي دست يابي به دقت بيشتر راهنماها سخت كاري و شابر زده مي‌شوند زيرا باقيماندن روغن روي راهنماها باعث كاهش اصطكاك مي‌گردد. در جاهايي كه از ياتاقانهاي خطي استفاده مي‌شود ميتوان از پوششهاي پلي ترا فلوئور اتيلن PTFE (Poly Fluore Ethilene) استفاده كرد. در بسياري از حالات براي كاهش اصطكاك و سايش از سيستمهاي روغن كاري پيوسته و تحت فشار بهره مي‌گيرند.

يكي از معايب طراحي در ساختمان ماشينهاي ابزار وجود حرارت و گرما مي‌باشد كه موجب اعوجاج‌هاي

حرارتي ميگردد. حرارت از منابع مختلفي از داخل و خارج ماشين ميتواند بوجود آيد. منابع گرمايي در داخل ماشين شمال: جعبه دنده ها، موتورها، ياتاقانها، تبديل كننده هاي انرژي، عوامل انتقال دهنده حركت، اصطكاك، براده و خود عمل براده برداري مي‌باشد. گرماي خورشيد كه از پنجره هاي كارگاه ممكن است روي دستگاه بتابد از منابع خارجي گرمايي محسوب ميگردد كه به سادگي مي‌توان از ابتدا دستگاه را در جايي نصب نمود كه گرماي خورشيد روي آن تاثير نگذارد و يا به كمك تهويه درجه حرارت كارگاه را ثابت نگه داشت. اين منابع حرارتي مي‌توانند موجب اعوجاج ساختماني ماشين گردند بنابراين طراحي صحيح سازه در كاهش درجه حرارت درون دستگاه تاثير بسزايي خواهد داشت.

متناسب بودن ساختار ماشين در تقسيم حرارت و كاهش آن موثر خواهد بود انتخاب صحيح محل موتورها، جعبه دنده ها و ديگر منابع گرمايي و فاصلح صحيح آنها از يكديگر باعث كاهش حرارت گرديده و انتقال حرارت به قسمتهاي مختلف را به حداقل ميرساند و بدون اينكه حرارت روي سازه اثر گذارد از بين خواهد رفت ضمنا مي‌توان به وسيله خنك كاري و استفاده از سيستمهاي خنك كننده درجه حرارت را كاهش داد. همچنين ايشنهاد ميگردد هر روز قبل شروع توليد و يا در ابتداي هر شيفت ماشين را روشن كرده تا گرم شود زيرا بدين صورت درجه حرارت دروني ماشين درهمه قسمتها به نسبت تقريبا ثابتي خواهد رسيد و اين بهترين راه از بين بردن تاثير حرارت مي‌باشد كه موجب افزايش عمر ماشين ميگردد.

ساختار مكانيكي

انتقال حركت از محركه ها جهت چرخش محور و جابجايي ميزها داراي حداقل دقت ميباشد، حركت از موتورها

تا محور و ميز از مراحل مختلفي ميگذرد كه هر چه اين مراحل كمتر باشد دقت انتقال بيشتر مي‌باشد.

جعبه دنده/ چرخ تسمه: معايب جعبه دنده‌ها شامل پس زني يا لقي و اصطكاك ناشي از زاويه فشار چرخ دنده هاست. براي رفع اين معايب از جعبه دنده‌هاي با نسبت ساده استفاده مي‌شود زيرا در اين جعبه دنده‌ها در هر لحظه فقط دو دنده درگير مي‌باشد بنابراين لقي به نسبت دندانه‌هاي درگير افزايش خواهد داشت و در مواردي كه انتقال حركت بوسيله تسمه صورت ميگيرد استفاده از تسمه‌هاي دندانه دار مطلوبتر است و امكان سر خوردن تسمه از بين خواهد رفت. همچنين استفاده از تسمه در حالت عمودي مناسب نيست زيرا ارتعاشات ماشين به آن منتقل ميشود و نيز در انتقال قدرت‌هاي زياد از تسمه نبايد استفاده كرد چون تسمه‌ها حالت ارتجاعي دارند.

مراحل انتقال حركت: تقريبا ۹۰٪ از ماشينها جهت انتقال حركت از پيچ راهنما استفاده مي‌كنند اما استفاده از اين پيچها در ماشينهاي CNC مناسب نيست زيرا اصطكاك زياد و راندمان كمي دارند، ساييدگي و لقي دارند از آنها در سرعتهاي كم استفاده مي‌شود، دقت كمي دارند و قابليت تكرار كافي جهت تقاضاهاي CNC ندارند بنابراين از اين مكانيزم در ماشينهاي CNC استفاده نمي شود و بجاي آن پيچ راهنما با مهره‌هاي ساچمه اي بكار گرفته شده است.

غلطكهاي استوانه اي اصطكاكي جايگزين مناسبي براي راهنماهاي اصطكاكي گرديده است. اگر چه بجاي ياتاقانهاي برنزي مسطح نيز از ساچمه‌هاي دوراني ضد اصطكاك استفاده شده است. هر دو پيچ راهنما و مهره با دقت با يكديگر درگير شده، طوري كه ساچمه‌ها اجازه چرخش و دوران دارند و سطح تماس بسيار كمي با اطراف

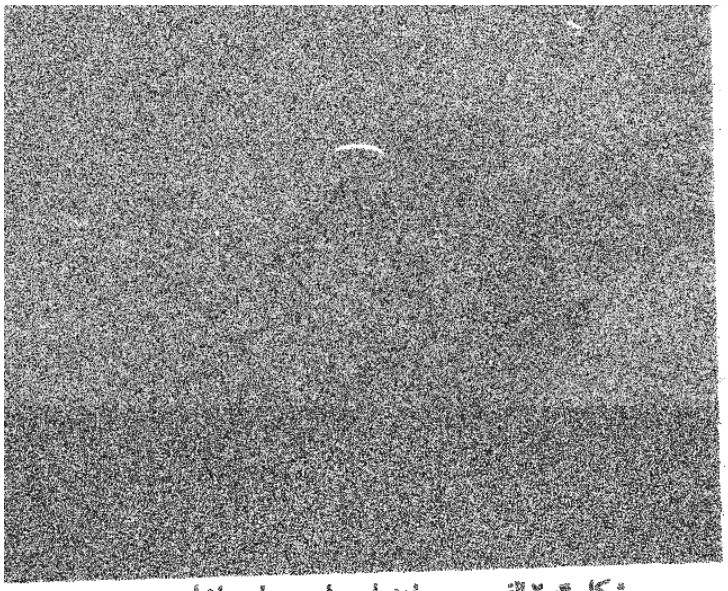
دارند. شياري كه اين ساچمه‌ها درون آنها قرار مي‌گيرند از نظر شكل هندسي، بصورت نيمدايره يا قوسهايي كه در يك نقطه مشترك هستند مي‌باشند و به‌اندازه كافي ساچمه در داخل شيار جاي گرفته است، اين مجموعه كه شامل: قاب ساچمه، ساچمه و پيچ مي‌باشد مجموعه پيچ و مهره را تشكيل ميدهند.

ساچمه‌ها در داخل شيار قرار گرفته و پيوسته در حال چرخش مي‌باشند بدون اينكه خود يا شيارها را خراش بدهند. پيچ راهنما نيز با دقت جاسازي و ياتاقان بندي شكه، كه ياتاقان بخوبي وزن پيچ را نيز تحمل مي‌نمايند. جهت افزايش دقت پيچ تراشي و حذف لقي پيچ و مهره هنگامي كه دورها عكس مي‌شوند از دو مهره ساچمه اي استفاده شده است كه در هر حالت يكي از آنها با پيچ درگير مي‌باشند و اين موجب دوام بيشتر مهره‌ها در مقابل نيروي گشتاوري پيچ خواهد بود و هم اينكه لقي پيچ ومهره گرفته خواهد شد. در شكلهاي زير شيارهاي نيمدايره و قوسهاي تيز نشان داده شده است كه شيارها با قوسهاي تيز بعلت حداقل بودن سطح تماس نسبت به شيارهاي نيمدايره اي برتري دارند.

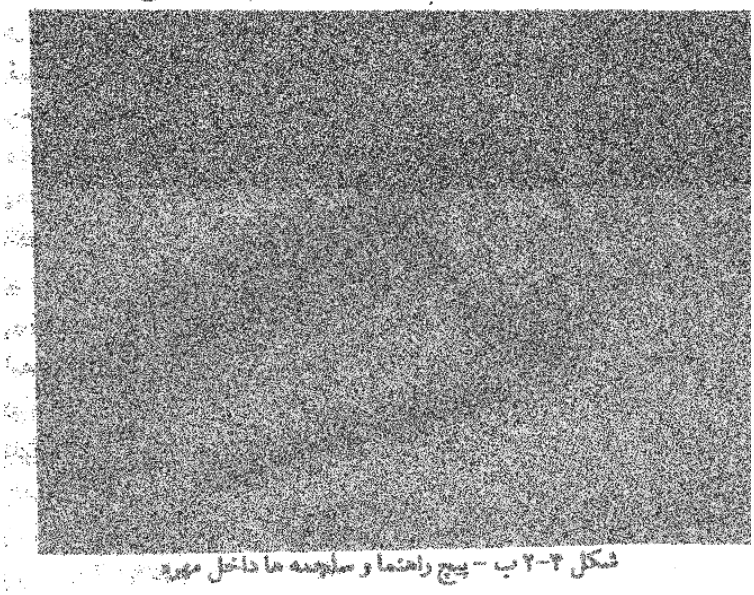
شكل ۳-۳

براي اطمينان از دقت مختصات ماشينهاي CNC و روباتهاي صنعتي، از پيچ راهنما با غلطكهاي ستاره اي ميتوان استفاده كرد. در اين پيچها از غلطكهاي رزوه شده بسيار دقيق كه پيچ راهنما با آنها درگير ميشود، بهره گرفته شده است، غلطكها شبيه يك جعبه دنده ستاره اي در اطراف پيچ مي‌چرخند و مجموعا يك

پيچ و مهره را تشكيل مي‌دهند، در انتهاي غلطكها دندانه هايي موجود بوده كه با دندانه هايي داخلي رينگ داخل مجموعه درگير ميشوند و از حركت محوري غلطكها ممانعت كرده و فقط اجزاي حركت خطي به مجموعه ميدهد.



شكل ۲-۲ الف - پيچ راهنما و ساچمه هاي داخلي پيچ

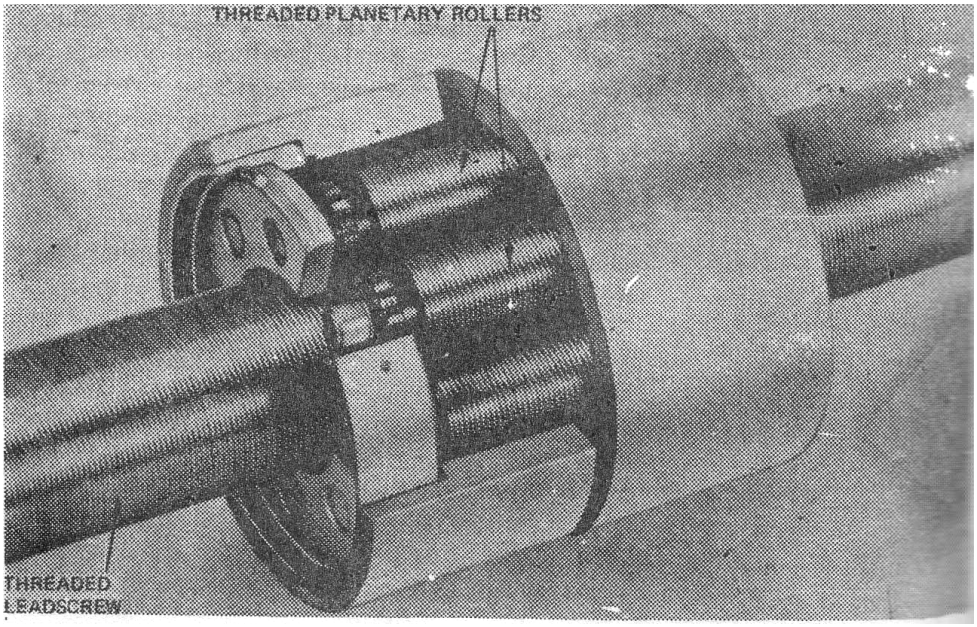


شكل ۲-۲ ب - پيچ راهنما و ساچمه ها داخل مهره

شكل ٤-٣

حركت دقيق از طريق پيچ راهنما كسب شده كه اين پيچ ميتواند چند نخه باشد با چندين نقطه تماس با رزوه هاي دقيق تماس و پخش نيروها در نقاط مختلف بدست

مي‌آيد. غلطكهاي رزوه شده پيوسته در تماس با پيچ راهنما مي‌باشند و هيچگونه لقي بين مجموعه مهره‌ها و پيچ وجود ندارد، ساچمه‌ها مي‌چرخند بنابراين سرعتهاي بالا و بالاتر دست يافتني است. ساچمه‌ها و پيچ راهنما، غلطكهاي ستاره اي در شكل زير نشان داده شده است.



شكل ٥-٣

هنگامي كه حركت ميز از ٢/٣ متر بيشتر شود كشش پيچ راهنما كمتر خواهد شد زيرا اينرسي بالا و صدمات فشاري و گرايش پيچ به خم شدن تحت تاثير وزن خود، نمونه اي از مشكلات شناخته شده اي است كه در سرعتهاي بالا ممكن است بروز نمايد. براي جابجايي و تغيير مكان زياد از چرخ دنده و شانه و يا از شانه و پينيون ميتوان استفاده كرد. به هر حال اين سيستم‌ها با وسايل گرانقيمتي مجهز شده‌اند و نگهداري و مراقبت از آنها نيز هزينه در بر خواهد داشت. ميزهاي مجهز به سيستم هدايت هيدروليكي نسبتا عملكرد خوبي از خود نشان داده‌اند. به نسبت هزينه كم، اين وسايل كارآئي و راندمان كمتري دارند زيرا

جايي كه (توليد = حجم × طول كورس) باشد راندمان نسبتا كم است. در جابجايي و تغيير مكانهاي زياد نيز طول كورس پيستون زيادتر شده و حجمهاي زيادتري از مايع هيدروليك براي جابجايي لازم است كه در نتيجه فشار كم الاستيكي آن باعث كاهش دقت موقعيت يا موضع مي‌گردد، همچنين خاك و آشغال و نشت مشكلات ديگري مي‌باشند كه بعدها بوجود خواهد آمد.

راهنماها: ماشينها سنتي عموما متكي به تماس راهنماها و ديگر اجزاي محركه مي‌باشند، حركت نسبي بين سطوح نسبتا كم است زيرا بصورت دستي كنترل مي‌شوند، بنابراين كيفيت استفاده از ماشين پائين بوده و در نتيجه توليد با اين ماشينها ارزانتر مي‌باشد. راهنماها سخت كاري شده و صلب و محكم مي‌باشند، با استفاده از خاصيت خود روغنكاري چدن خاكستري، روغنكاري آنها ساده بوده و سطح راهنماها سنگ زده شده ميباشد و در روي يكديگر مي‌لغزند و اصطكاك را تا حد ممكن كاهش مي‌دهند.

در ماشينهاي CNC راهنماها بسيار دقيق و مطلوب طراحي شده‌اند. اينرسي كم، سرعت و شتاب بالا و نسبت كاهش سريع سرعت در طراحي آنها در نظر گرفته شده است و توسط سيستم كنترل به صورت خودكار انجام مي‌گيرد. حركت بدون وقفه و لغزش صورت گرفته و دستيابي به موقعيتهاي مورد نظر و دقيق امكان پذير مي‌باشد حركت بدون وقفه و لغزش هنگامي كه بين دو قطعه تماس بسيار كمي نياز است اهميت پيدا ميكند.

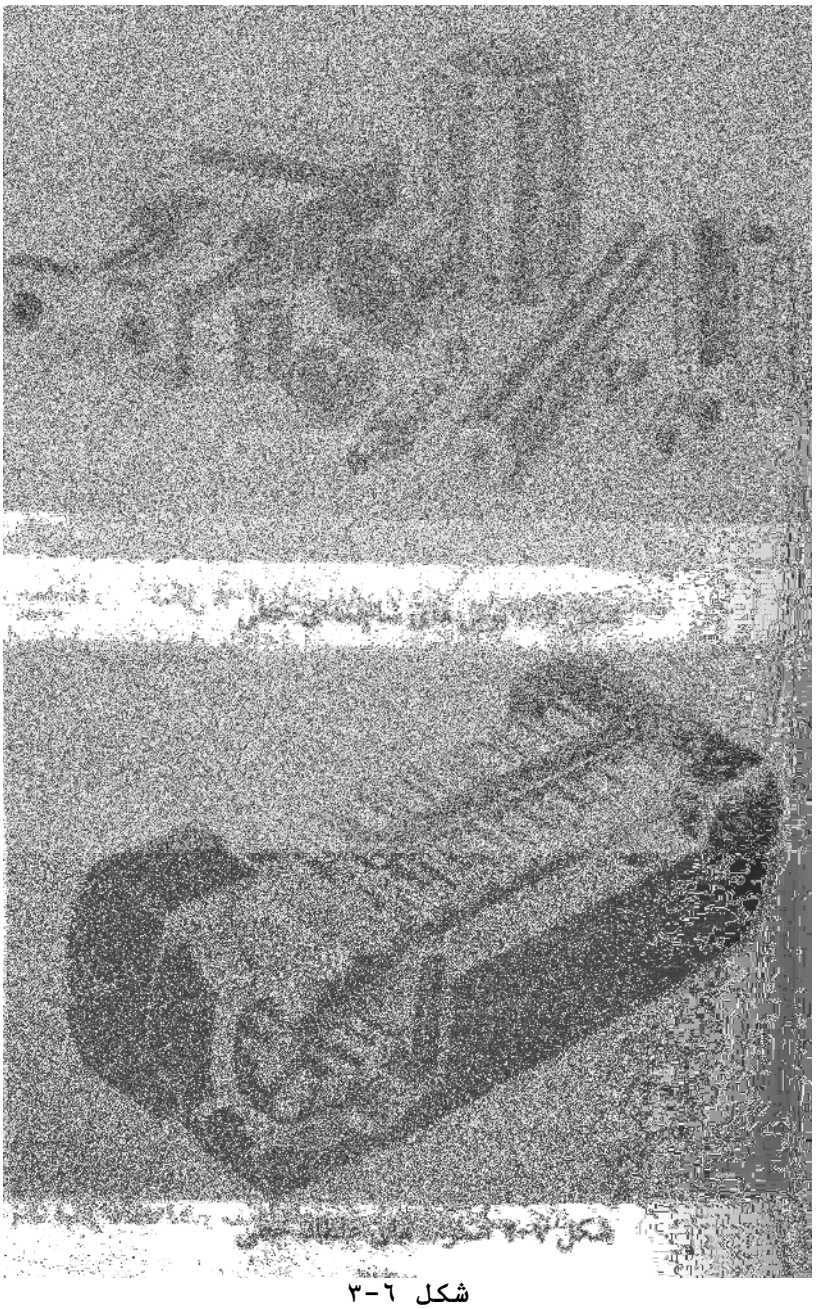
در اثر روغنكاري بين دو قطعه لغزنده روي يكديگر، چسبندگي ايجاد شده و تمايل به توقف حركت افزايش خواهد يافت در نتيجه مانعي در برابر دو قطعه لغزنده و چسبنده بوجود خواهد آمد، چنين سطوحي در

اين ماشينها مورد نياز ميباشد، سطوح با اصطكاك كم، همچنين مقدار مصرف برق را كاهش خواهد داد.

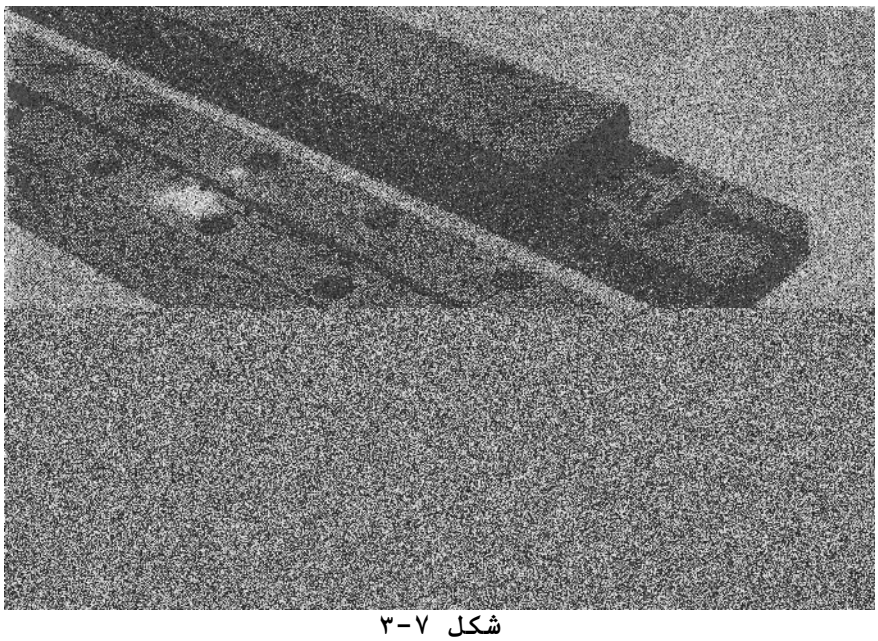
در ماشينهاي CNC بجاي راهنماهاي اصطكاكي و تماس مستقيم از غلطكهاي اصطكاكي، نظير پيچ راهنما و مهره ساچمه اي، از بلبرينگ و ساچمه‌هاي ضد اصطكاك استفاده شده است و اين تجهيزات به روشهاي مختلفي بكار گرفته شده‌اند. يكي از اين ابزادرها بوشناي ساچمه اي خطي مي‌باشد كه ساچمه‌ها در داخل بوش بعنوان يك بلبرينگ استفاده مي‌كنند و جهت چرخش محورهاي دقيق، دوران بدون اصطكاكي را ايجاد خواهند كرد و در راستاي طول محور، ضربه‌هاي گوناگوني را با دقت خطي بسيار تحمل خواهد كرد و بيش از شش عدد از اين ساچمه‌هاي غلطان در طول بوش مي‌چرخند و در جايكه حركت دوراني محور لازم باشد از آنها استفاده مي‌شود. اين بوشها در شكل ٦-٢ نشان داده شده است، همچنين در محلهايي كه در امتداد يك سطح صاف حركتي نياز باشد از اين استوانهاي غلطان نيز ميتوان استفاده كرد.

اينها قطعات دقيق و بسيار رواني هستند كه بي شباهت به اسكيت نمي باشند و چون پيوسته در حال چرخش مي‌باشند مقاومت زيادي در برابر نيروها خواهند داشت و حركت رفت و آمدي نامحدودي نيز دارند، تنظيم دقيق در حركات، زماني ميسر است كه از غلطكها بصورت جفت استفاده شده باشد. همچنين از اينها ميتوان در جابجايي ميز و سوپرت ماشينها در حالات افقي و عمودي استفاده كرد. در راهنماهايي كه از اين استوانه‌هاي غلطان استفاده شده است ميزها مقاومت زيادي خواهند داشت. اين غلطكها دراندازه‌هاي مختلف موجود بوده و بصورت يك مجموعه سبك و سختكاري شده داخل ماشين قرار داده شده است و حالت وقفه و سر خوردن در حركت را از بين برده و

حركت نرم و مناسبي را به وجود مي‌آورند. استوانه‌هاي غلطان بدون اصطكاك در شكل ۷-۲ نشان داده شده است.



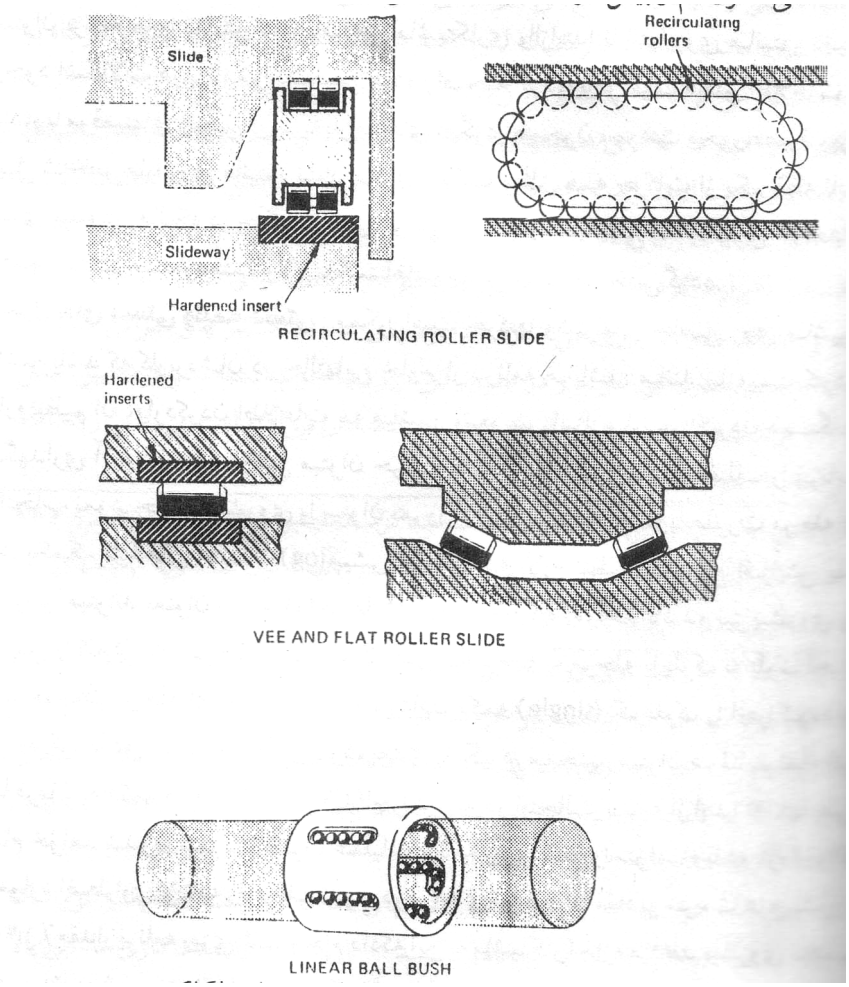
شكل ٦-٣



شكل ۷-۳

حركتهاي خطي و بدون اصطكاك را همچنين از طريق راهنماهاي V شكل و تخت مي‌توان بوجود آورد، در هر دو طرح از استوانه اي غلطان، سختكاري شده و سنگ زده شده و دقيق استفاده مي‌شود، چنين استوانه هايي نيز حركت موزون و دقيقي را ايجاد خواهند كرد و همچنين با طراحي مناسب ميتوان مقاومت در برابر حركت را به حداقل ممكن رساند. راهنماهاي V شكل و تخت در شكل ۹-۲ نشان داده شده است. با طراحي مكانيزم خاصي نيز ميتوان از تمايل حركت به سمت جلو اينگونه راهنماها جلوگيري كرد. مهمترين و برجسته ترين حركت دوراني چرخش محور اصلي است كه ياتاقانهاي خاصي در آن نصب شده كه در برابر نيروهاي وارده در سرعتهايمختلف داراي استحكام و سفتي مناسبي ميباشند، ياتاقانهاي محوري عقب نيز براي جذب و انتشار گرما مجهز به سيستمي فنر مانند مي‌باشند و با كيفيت بالا سخت كاري شده و هيچ گونه لنگي ندارند و براي كاهش صدا و ارتعاش نيز از قفسه‌هاي مناسبي استفاده شده است. يك وسيله خودكار روغنكاري نيز ممكن است به مجموعه اضافه شود زيرا قسمتهاي حساس اگر روغنكاري

نشوند، تحت فشار، ممكن است فرسوده و خراب شوند، بنابراين يك فيلتر تحت فشار ممكن است روغنكاري را تامين كند.



شكل ۸-۳

سيستم كنترل: عملياتي كه در ماشينهاي سنتي به صورت دستي انجام مي‌گيرد در ماشينهاي كنترل عددي ممكن نيست. در واقع روي اني ماشينها هنچگونه طبلك يا چرخ دستي ديده نميشود وظايف همه قسمتها را مجموعا سيستم كامپيوتري كنترل ميكنند واحد كنترل ممكن است داخل بدنه ماشين جاسزاي شده و يا روي بازويي متحرك قرار گرفته باشد، در هر صورت در جايي بايد قرار گيرد كه به راحتي در دسترس ماشينكار بوده و به سهولت

قادر به كنترل دكمه‌ها و اهرمها باشد. اين امر باعث تنوع در شكل ظاهري ماشينها گرديده است و اجازه كنترل دستي و نه دستي حركات را ممكن مي‌سازد و همچنين امكان سهولت در برنامه نويسي را ميسر مي‌سازد، اين سادگي كنترل كم و بيش در ماشينها رعايت مي‌شود.

وضعيت شاخصها

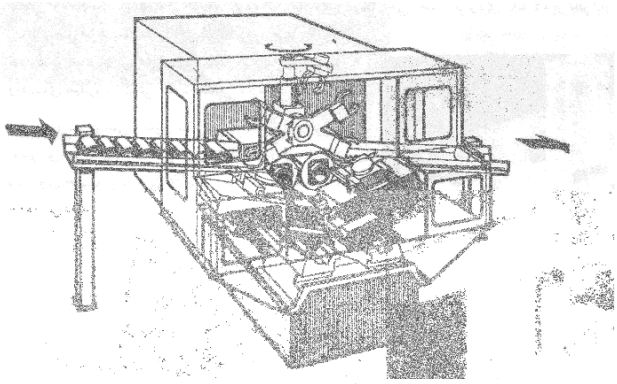
براي كنترل حركت در ماشين ابتدا بايد آنها را شناخت.

سيستم كنترل: *CNC* (دستگاههاي تراش چند محوري كنترل *CNC* با هدايت خودكار قطعه كار)

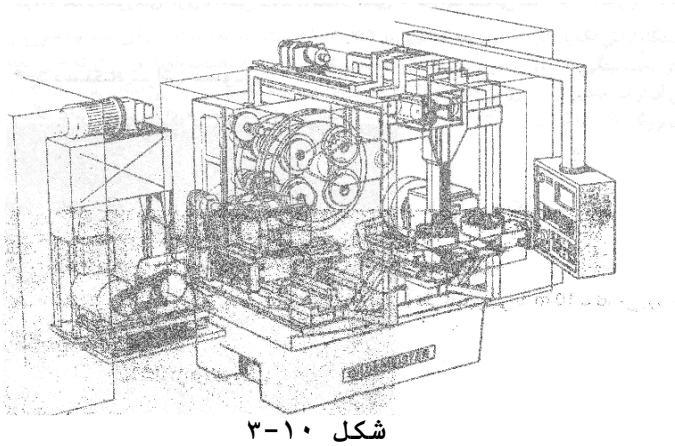
اين ماشينها به عنوان دستگاههاي تراش مركزي مطرح مي‌شوند كه جهت سري سازي كم تا متوسط توسعه يافته‌اند. باري قطعات با بازار فروش متغير با حد اشباع كم و مقدر توليد پايين مي‌توان روي اين ماشينها حساب كرد. سري سازي متوسط و كم جزو محدوده كنترل CNC است. مزاياي اين دستگاه عبارتند از: مدت زمان تغيير تجهيزات كوتاه و مدت زمان فرعي كمتر

دستگاه تراش چند محوري: CNC نشان داده شده در شكل ٦-٦٥ كاربردهاي متنوع و كاملي روي قطعه كار انجام مي‌دهد. دستگاه تراش با تجهيزات خودكار هدايت قطعه كار، مي‌تواند قطعه كار را 180° گردانده (جهت ماشينكاري طرف ديگر قطعه كار) و به طرف محور كار هدايت نمايد. وقتي دو محور از چهار محور عمل ماشينكاري را انجام مي‌دهد، تعويض قطعه كار در دو محور ديگر صورت مي‌گيرد. محور استوانه اي چهار ايستگاهي در پايه دستگاه قرار داده شده است. زير دو محور كشوييهاي صليبي قرار داده شده است. سيست محركه پيشروي در چهار محور توسط موتور جريان مستقيم با كنترل تريستوري كار مي‌كند. حركت طولي به كمك

محورهاي ساچمه اي صورت مي‌گيرد. دو محور كاري زيري موتور جداگانه اي دارند. سيستم محركه فوق از دو موتور جريان مستقيم با جعبه دنده واسطه تشكيل شده است. تمام حركات گرفتن قطعه كار به صورت هيدروليكي صورت مي‌گيرد. تمام مراحل كاري با كنترل CNC كنترل مي‌شود. اين دستگاهها تا حداكثر قطر كاري 360 mm ساخته مي‌شوند.



شكل ۹-۳



شكل ۱۰-۳

دستگاه تراش خودكار دو محوري: CNC نشان داده شده در شكل ٦-٦٦ جهت ماشينكاري دو طرفه قطعه كار ديسكي شكل و يا بدون فلانج به كار مي‌رود. به كمك دست صليبي شكل با كنترل- ميكروپروسسوري، اين ماشين كاملا خودكار مي‌گردد.

حركت نوساني دست صليبي شكل با كنترل: CNC كنترل شده و با دو محور دقيقا در وضعيت برنامه ريزي شده قرار مي‌گيرد. ساختمان اين ماشينها از نظر اجراي اصلي (موتور جريان مستقيم، سپورتهاي صليبي، محورهاي ساچمه‌اي و غيره) و تعداد محورهاي كاري با ماشين نشان داده شده در شكل ٦-٦٥ مطابقت مي‌كند.

دستگاه تراش رولور

به كمك دستگاه‌هاي تراش رولور مي‌توان توليد سري انبوه قطعات با اندازه ثابت را در مدت زماني كوتاه‌تر از دستگاه‌هاي تراش معمولي انجام داد. به علاوه مي‌توان نيروهاي كاري آزموده يا ناآزموده را به كار گرفت. اين كار به كمك اقدامات زير عملي است:

١- كل ابزارهاي لازم جهت ماشينكاري يك‌طرفه قطعه‌كار، نه فقط تراشكاري بلكه مثلا سوراخكاري، برقوكاري، خزينه‌زني، پيچ بري و ... روي برجك بسته مي‌شود. در يك طرح منحصر به فرد كل ابزار روي يك صفحه قابل جابه‌جايي بسته شده و جهت استفاده مجدد در انبار نگهداري مي‌شود.

٢- ترتيب عمليات كاري و نيز ابزارها طوري انتخاب مي‌شود كه تا حدامكان ابزارهاي زيادي به طور همزمان جهت براده‌برداري به كار مي‌روند.

٣- بازدهي- ابزاري كه داراي تنظيم ثابتي مي‌باشد ضروري نيست محدوديت لازم حركت سپورت به روشهاي زير صورت مي‌گيرد: در ماشين‌هاي كنترل دستي با موانع قابل تنظيم و در ماشين‌هاي NC- مسير برنامه‌ريزي مي‌شود و با كنترل NC- دقيقا كنترل مي‌گردد.

٤- برنامه حركت دستگاه‌هاي تراش رولور -NC كاملا خودكار است.
٥- جهت بستن قطعه كارتجهيزات گيرنده سريع به كار مي‌رود (سه نظام يا فشنگي)
٦- در دستگاه‌هاي تراش رولور غالبا از مواد اوليه مفتولي استفاده مي‌شود.

با اقدامات فوق، صرفه‌جويي بيشتري در مدت زمان فرعي و اصلي و نيز مراحل اندازه‌گيري مي‌شود. در مقابل اين صرفه‌جويي‌ها با افزايش پيچيدگي‌هاي دستگاه و نيز تعداد مراحل كاري مدت زمان تجهيز طولاني مي‌شود.

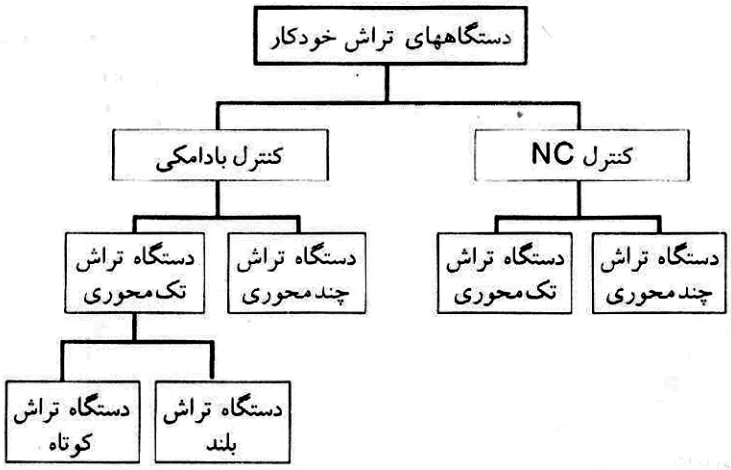
مدت زمان طولاني تنظيم وقتي قابل قبول است كه تعداد طبقات مطلوب به اندازه كافي زياد باشد. نمايي از اين كار را مي‌توان با مقايسه زمان- تعداد قطعه‌كار به دست آورد.

دستگاه‌هاي تراش رولور دستي

دستگاه‌هاي تراش قديمي دستي و توسعه يافته آن‌ها با كنترل برنامه‌اي امروزه ديگر ساخته نمي‌شود. اين دستگاه‌ها به دليل مقايسه با ساير دستگاه‌ها به طور اختصار توضيح داده مي‌شوند:

- سپورت رولور مجهز به برجك (رولور استوانه‌اي)
- مسير سپورت با موانع نگهدار تنظيم مي‌شود
- جريان نيز توسط كليدهاي حدي بادامكي كه روي محور رولور سوار شده، قطع مي‌گردد
- سيستم محركه سپورت رولور شبيه سيستم محركه كششي دستگاه تراش يونيورسال است
- رولور استوانه‌اي حول محور موازي محور اصلي قابل چرخش است. به خاطر اين كه دستگاه تراش با رولور استوانه‌اي معمولا سپورت صفحه‌اي ندارد عمليات كفتراشي و گاه‌گيري با چرخش رولور صورت مي‌گيرد. علاوه

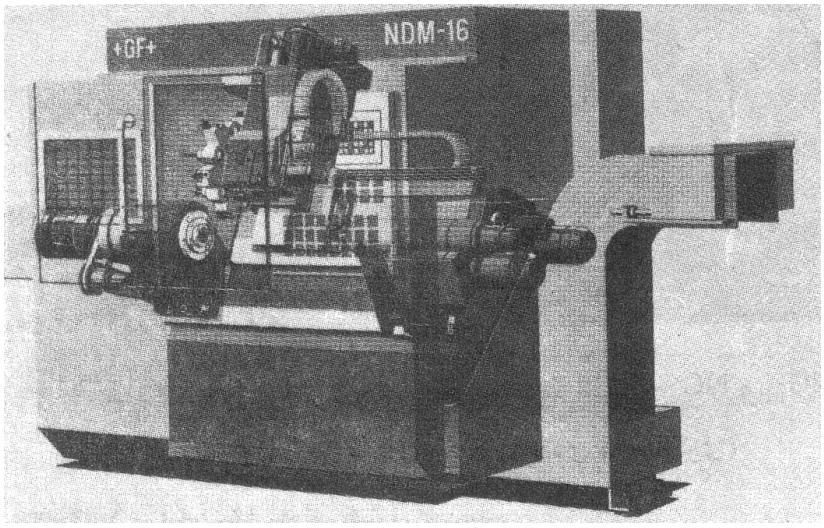
بر رولور استوانه‌اي، رولورهاي ستاره نيز وجود دارند. محور رولور ستاره‌اي عمود بر محور اصلي مي‌باشد. ابزارها در سوراخ‌هاي شعاعي بسته مي‌شوند.



شكل ۱۱-۳ تقسيم‌بندي دستگاه‌هاي تراش خودكار

طراحي دستگاه تراش رولور *CNC*

دستگاه تراش رولور – CNC نشان داده شده در شكل ٦-٣٤ ، هم با سه نظام و هم گيره هاي فشنگي مي تواند به كار گرفته شود.



شكل ۱۲-۳

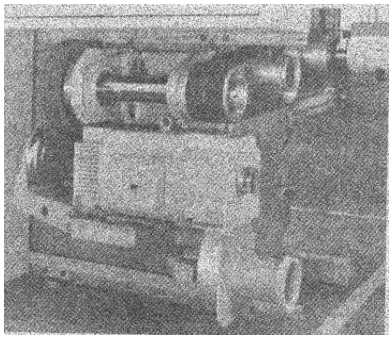
۱- بستر ماشين تراش

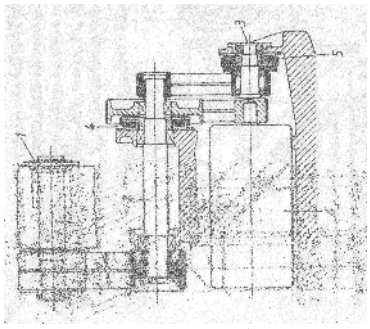
بستر ماشين تراش كلا از بتون مسطح (مخلوط بتون با الياف فولادي ، به بخش ۵-۱-۲ ر.ك) بوده و داراي مشخص جرم زياد و خواص استهلاك بالاي ارتعاش و مقاومت حرارتي بالا مي باشد . زوارهاي راهنماي سخت شده (60 HRC) و سنگ خورده كه روي بستر ماشين پيچ مي‌شود داراي دقت بالايي است. كشويي طولي و دستگاه مرغك روي زوار راهنما حركت مي كند.

۲- محركه اصلي

محركه اصلي از يك موتور جريان مستقيم ، دو محور و دو كوپلينگ تشكيل شده سات . ارتباط موتور اصلي به محور اصلي در دو مرحله صورت ميگيرد.

بسته به اينكه كدام يك از كوپلينگها در مسير جريان نيرو قرار گيرد، جريان نيزو از محور موتور به فلكه تسمه اي بزرگ يا به فلكه تسمه اي كوچك محور مياني منتقل مي‌شود. محور اصلي توسط محور مياني به حركت درآورده مي‌شود.

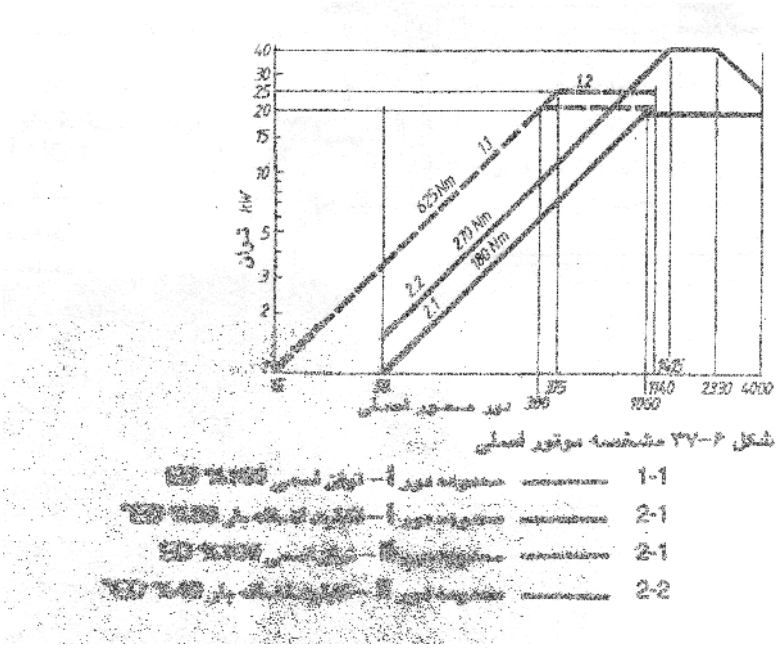




شكل ۱۳-۳

محركه اصلي كه از موتور ، محول مياني و كوپلينگ تشكيل شده است پشت بستر بتوني (شكل ٦-٣٦) نصب مي‌شود. بدين ترتيب ميتوان ارتعاشات بوجود آمده در سيستم محركه و نيز حرارت بوجود آمده در محور اصلي را از ساير قسمتها دور نگه داشت. بدنه محور اصلي بر روي راهناي زيري و مياني فولادي محكم ميشود . در صورتي كه در دستگاه محور كار چرخ دنده يا كوپلينگ وجود داشته باشد و انتقال حركت به محور اصلي از طريق تسمه صورت گيرد حركت كاري خيلي آرامي به وجود مي آيد . دقت كاري بالاي محور علاوه بر حركت آرام آن حاصل از ابعاد مناسب ، استفاده از ياتاقانهاي ساچمه اي مايل و ياتاقانهاي غلتكي تحت پيش تنش و ترتيب (فاصله كوتاه ياتاقانها) آنها بستگي دارد . ياتاقانهاي محور نياز به سرويس گريسكاري ندارند (به شكل ٦-٧ ، بخش ٦-١-٣ ر.ك.).

در محدوده ا ا دور محور اصلي (نمودار ٦-٣٧) بين 15- 1140 و در محدوده 50-4000 مي‌باشد.



شكل ١٤-٣

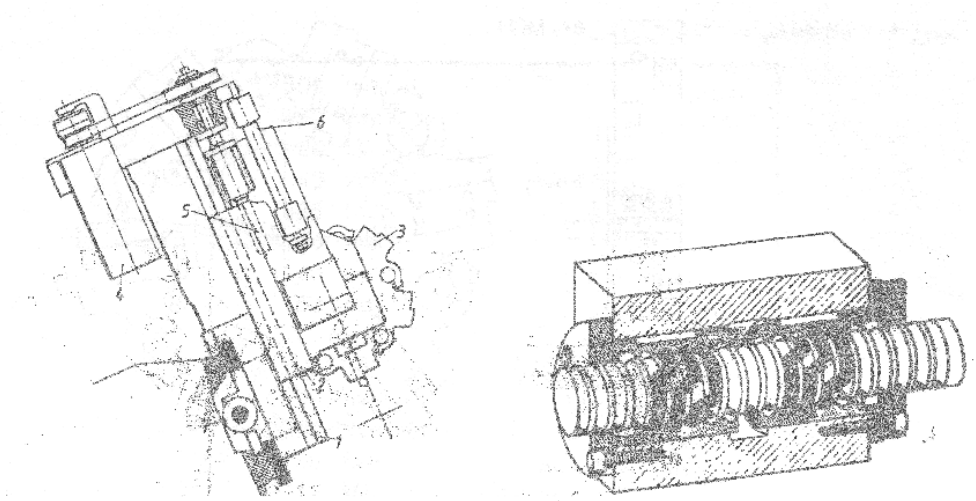
سيستم محركه پيشروي

حركت پيشروي به تنهايي از سپورت طولي (در قطعات استوانه اي) و يا سپورت طولي و عرضي به طور همزمان (براي خطوط و فرم‌هاي دلخواه) صورت مي‌گيرد. بدين جهت هركدام از سپورتها موتور مخصوصي دارند . روي سپور طولي (شكل ٦-٣٨) سپورت عرضي با كلگي رولور مي‌نشيند. بدينوسيله هنگام حركت سپورت عرضي فقط بايد نيروي جلو برند اعما شود. نيروز جرم سپورت عرضي يه همراه كلگي رولور توسط تجهيزهات هيدروليكي متعادل كننده زون، متعادل مي‌شود.

راهنماي هر دو سپورت با مواد مصنوعي پوشش داده مي شود ، به طوري كه در اينجا تماس مواد مصنوعي- فولاد برقرار مي‌شود.

براي سيستم محركه پيشروي در اين ماشينها موتور جريان مستقيم با كنترل ترانزيستوري يكار مي‌رود. بدينوسيله تسريع حركت (شتاب) سپورت در دو سطح با سرعت 10 m/min امكان پذير است. نيروي پيشوري هنگام

كار دستگاه حدود 5000N است ، اين نيرو در مدت زمان كوتاهي مي‌تواند به 9000N افزايش يابد. تسمه‌هاي دندانه‌دار (شكل ٦-٣٨) توان موتور پيشروي (شكل ٦-٣٩) را جهت حركت طول و عرضي انتقال مي‌دهند. توسط دو مهره محكم شده متقابل كه در بين آنها ساچمه‌ها مي‌گردند ، سيستم محركه پيشروي، بدون لقي شده و دقت بالاي هر دو سپورت (حدود 0.005 mm) امكان‌پذير مي‌شود.



شكل ١٥-٣

سيستم اندازه گيري مسير

اندازه‌گيري مسير حركت طولي (محور Z ها) به طور چرخشي – غيرمستقيم صورت مي‌گيرد. نمايش دهنده طول مسير در طرف سيستم محركه سپورت طول نصب مي‌شود.

در محور X ها كه دقت قطري قطعه تراشكاري تعيين مي‌شود، با سيستم اندازه‌گيري مسير- خطي بدون تماس اندازه‌گيري مي‌شود.

سيستم ابزارها

سيستم ابزارها روي بازدهي دستگاههاي تراش پر قدرت به طور موثري تاثير مي‌گذارد.

مدت زمان اصلي

سيستم ابزار پايدار امكان افزايش مشخصات برش (a.s.v) را كلگي فراهم آورده و بدينوسيله مدت زمان اصلي را كاهش مي‌دهد.

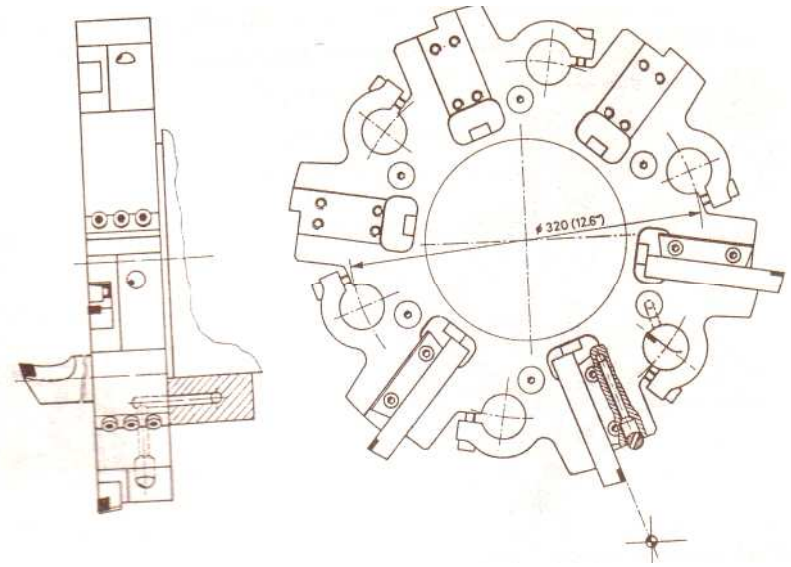
مدت زمان فرعي

ترتيب و تقسيم بندي ابزارها در ابزارگير مدت زمان جابجايي و مسير فرآيند برداه‌برداري را تعيين مي‌كند. در يك ترتيب بهينه، مسيرها و حركات جابجايي كمتر شده و درنتيجه مدت زمان فرعي نيز كوتاه‌تر مي‌گردد.

مدت زمان تجهيز

مدت زمان تجهيز جهت تعيين سرعتي كه مي‌توان سيستم ابزارها را در ماشين نصب كرد به كار مي‌رود. ماشينهاي مورد نظر طوري طراحي شده‌اند كه مجموعه ابزارها خارج از ماشين آماده و در عرض چند دقيقه روي ماشين نصب و آماده مي‌شوند.

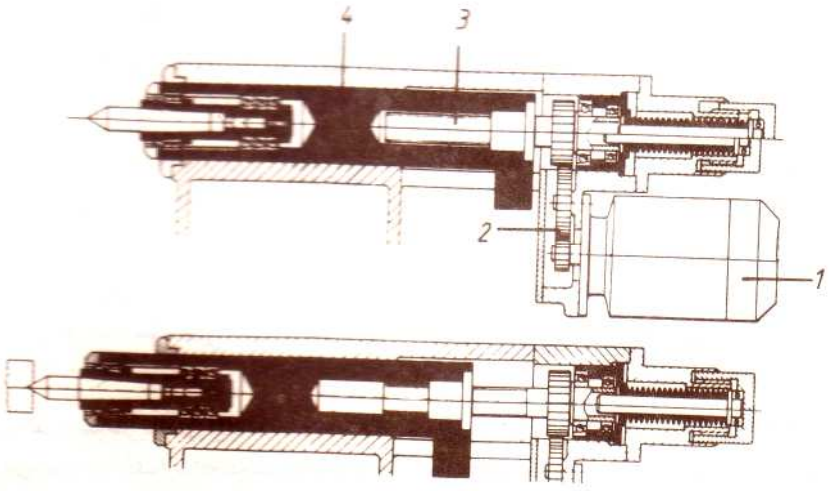
ابزارگير شكل ٦-٤٠ داراي شش سوراخ جهت ابزارهاي سوراخكاري با محكم كننده طبق VDI 3425 و شش شكاف شعاعي براي گرفتن ابزارهاي ماشينكاري خارجي مي‌باشد. اين ابزارها به كمك گوه‌هاي تماسي محكم مي‌شوند.



شكل ٣-١٦

دستگاه مرغك

دستگاه مرغك به كمك زوار پايين و ميانی راهنماها گرفته مي شود. دستگاه مرغك در راستاي طولي قابليت حركت دارد. مرغك شكل ٦-٤١ توسط الكتروموتور و از طريق جعبه دنده كاهنده و توسط محور ساچمه‌اي جابجا مي‌شود. نيروي اعمالي آن 2–12 kN است . خود مرغك داراي ياتاقان غلتكي است.



شكل ٣-١٧

دستگاه تراش خودكار تك‌محوري با كنترل CNC-

دستگاه تراش خودكار تك‌محوري- كنترل عددي فقط وقتي براي توليد تعداد قطعات زياد به كار مي‌رود كه ساخت آن روي دستگاه تراش كنترل باداميكي غيرممكن و يا به طور مشروط امكان‌پذير ديگر باشد.

شرايط و عوامل كاربرد دستگاه تراش خودكار كنترل CNC- عبارتند از:

- كاهش قابل توجه هزينه كنترل،
- افزايش اطمينان كاري كنترل،
- با روش‌هاي شناسايي، عيوب كار به سرعت تعيين و در مدت زمان كوتاهي برطرف مي‌گردد،
- در كنترل‌هاي چهارمحوري مي‌توان كشويي‌هاي زيادي را به طور هم‌زمان و يا مستقل از هم كنترل نمود،

برنامه ريزي فوق‌العاده ساده شده و در نتيجه مدت زمان تجهيز به حداقل مي‌رسد.

- هزينه تجهيز و آماده‌سازي در مقايسه با دستگاه‌هاي كنترل باداميكي خيلي كمتر است.

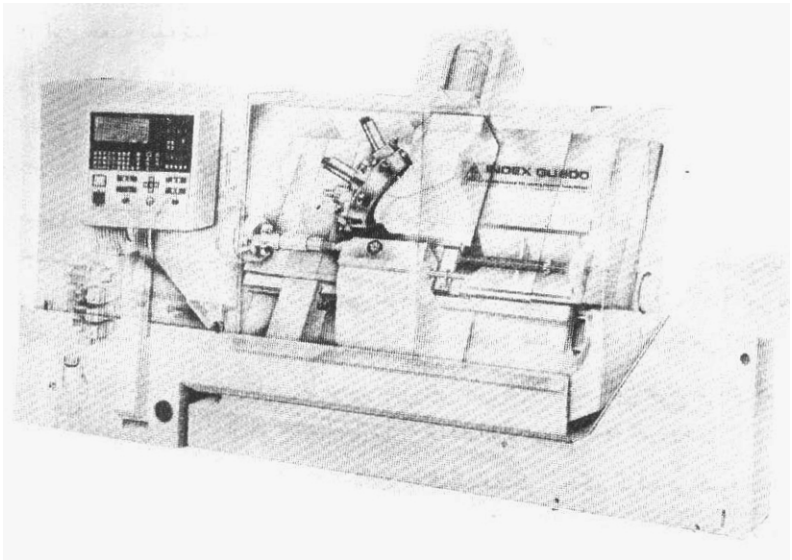
دستگاه تراش CNC- با مشخصات:

كارهاي سه نظامي تا قطر ٢٥٠ *mm*

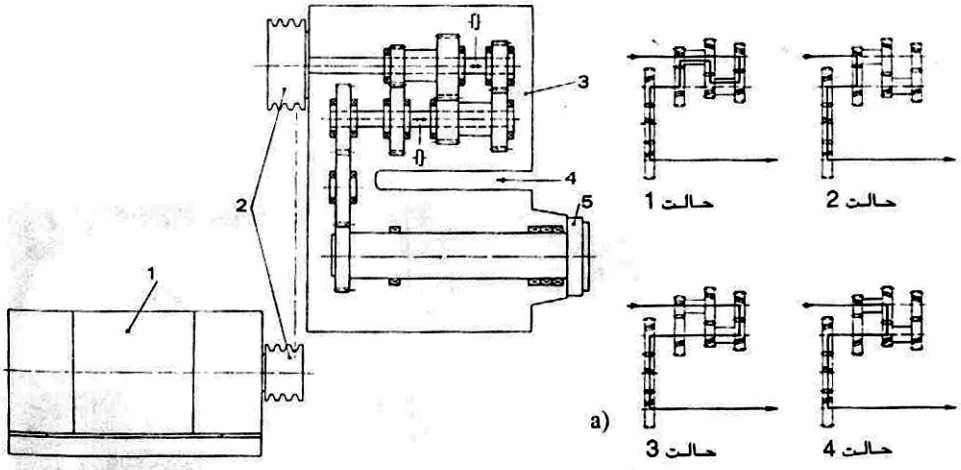
كارهاي فشنگي تا قطر ٦٥ *mm*

فاصله بين مرغك‌هاحداكثر طول تراشكاري تا ٨٢٠ *mm*

در شكل ٦-٥ نشان داده شده است. اين دستگاه داراي دو محور با كنترل قوسي بوده كه هم به طور دستي (فرم وشعاع برش به طور خودكار حساب مي‌شود) و هم ماشيني (تهيه برنامه به كمك كامپيوتر و زبان برنامه‌ريزي) قابل برنامه‌ريزي مي‌باشد. محور اصلي توسط موتور جريان مستقيم (٢٢ *kw* با ٢٨ *kw* با ٢٤% *ED*) و يك جعبه دنده و محور تغيير سرعت به حركت به در مي‌آيد. (شكل ٦-٥٩)



شكل ۱۸-۳- دستگاه تراش خودكار يونيورسال- CNC نوع GU 800



شكل ۱۹-۳- جعبه دنده اصلي GTR چهارسرعتته تراش خودكار GU 800
a) نمودار جريان توان جعبه دندة تغيير سرعت
۱- موتور جريان مستقيم، ۲- فلكه تسمه‌اي، ۳- جعبه‌دندة تغيير سرعت، ٤- شكاف، ٥- محور اصلي

نمودار جريان توازن در شكل ٦a-٥٩ جريان نيرو در چهار حالت سرعت را نشان مي‌دهد. اتصال شكلي هر كدام از چرخ‌دنده‌ها به كمك دو محور كشويي مركزي با پروفيل دندانه‌دار ايجاد مي‌شود. محور كشويي در درگيري دائم با فلكه تسمه‌اي مجزا و چرخ محرك مي‌باشد. در دو

انتهاي ديگر محور كشويي با هر كدام از دو چرخ‌دنده‌هاي دلخواه درگير مي‌باشد. سيلندر هيدروليكي دو طرفه درانتهاي محور كشويي عمل تغييرجهت حركت را تأمين مي‌كند كه خود آن نيز با كليدهاي حدي كنترل مي‌گردد.

در اين جعبه دنده تمام چرخ‌دنده‌ها دائما در حركت درگيري مي‌باشند. محور كشويي فقط جهت انتقال گشتاور به كار مي‌رود. بدين جهت تأثيري روي دقت جعبه دنده ندارد.

سطح مقطع لوله‌اي شكل بستر از نظر تحمل تنش درست طراحي شده است. راهنماي سخت شده عمقي و سنگ خورده از فولاد ابزاري آلياژي با اتصال محكمي به بستر ماشين محكم شده است.

سپورت طولي و عرضي به كمك موتور جريان مستقيم و از طريق محورهاي ساچمه‌اي به حركت درمي‌آيد. جهت جلوگيري از اعمال نيروي وزن عرضي روي محور ساچمه‌اي سپورت عرضي توسط متعادل‌كننده وزني هيدروليكي مهار مي‌شود. چنين طرحي براي كشويي بستر (ميز دستگاه) نيز به كار مي‌رود. بدين ترتيب راهنماي بستر ازتحمل بار اضافي آزاد شده و فقط وظيفه اصلي خود را انجام مي‌دهد.

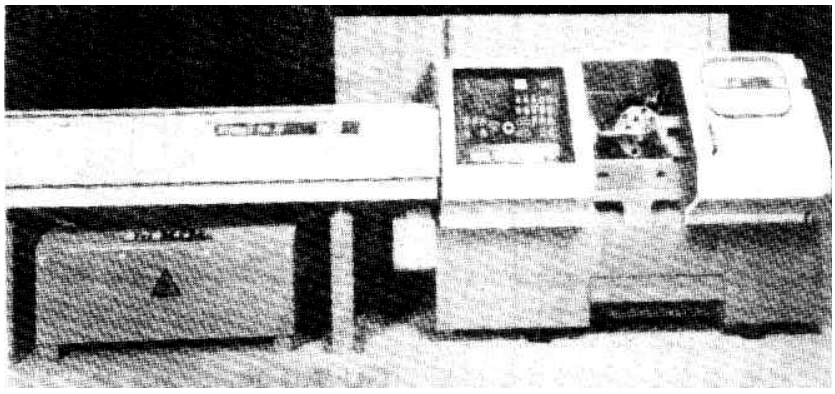
رولور آن به دوصورت رولور تاجي با محور مايل طراحي شده است. اين طرح مزاياي هر دو رولور ستاره‌اي و رولور استوانه‌اي را داراست. در هر هشت حالت كاري دو ابزار مي‌توانند به كار رود.

در كارهاي مرحله‌اي بلند سمت ماشينكاري به كمك فشنگي محكم گرفته مي‌شود. طرف ديگر ميله‌هاي ماشينكاري در كلگي كشويي كه در داخل محور دستگاه مي‌تواند حركت كند گرفته شده است. براي ميله‌هاي

بلند (تا ۳/۲m) هدايت ميله با ياتاقان‌بندي هيدروستاتيكي صورت مي‌گيرد.

دستگاه تراش خودكار -CNC با رولور ستاره‌اي و دوازده ابزاري كه جهت كارهاي فشنگي (قطر ميله ۴۲mm يا ۶۰mm) نيز كارهاي سه نظامي (قطعاتي راكه مي‌توان در سه نظام بست) تا قطر ۱۶۰mm به كار مي‌رود در شكل ۶-۶۰ نشان داده شده است.

در دستگاه تراش Traub-CNC TX8 مدرن مي‌توان به هنگام كار نيز براي قطعات ديگر برنامه‌نويسي كرد.



شكل ۲۰-۳- دستگاه تراش خودكار- CNC با انبار قطعات DN42

ماشين‌هاي فرز

ساختمان و تقسيم‌بندي ماشين‌هاي فرز

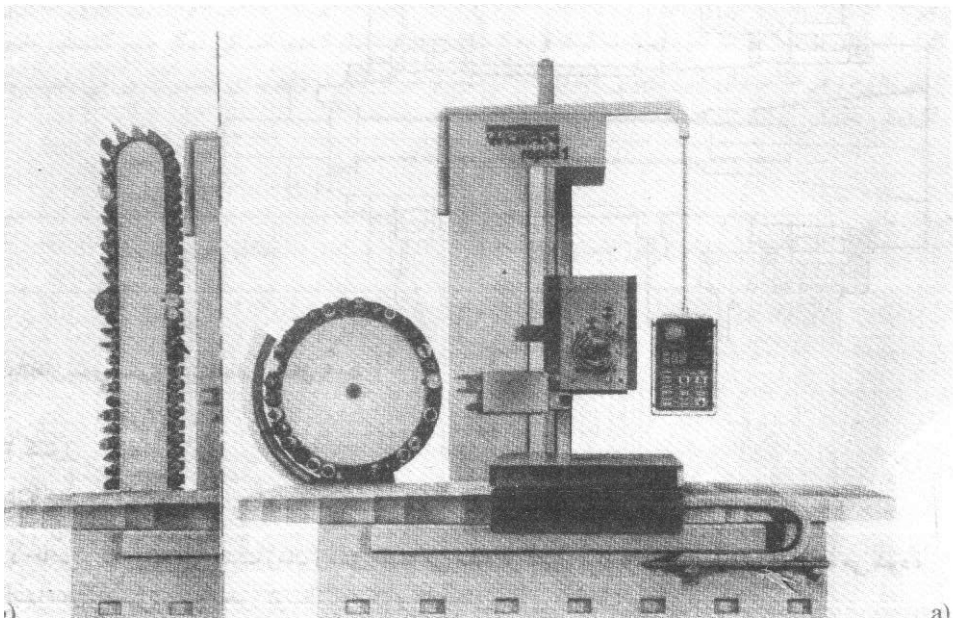
ماشين‌هاي فرز زانويي
ماشين‌هاي فرز بستري
ماشين‌هاي فرز مركزي

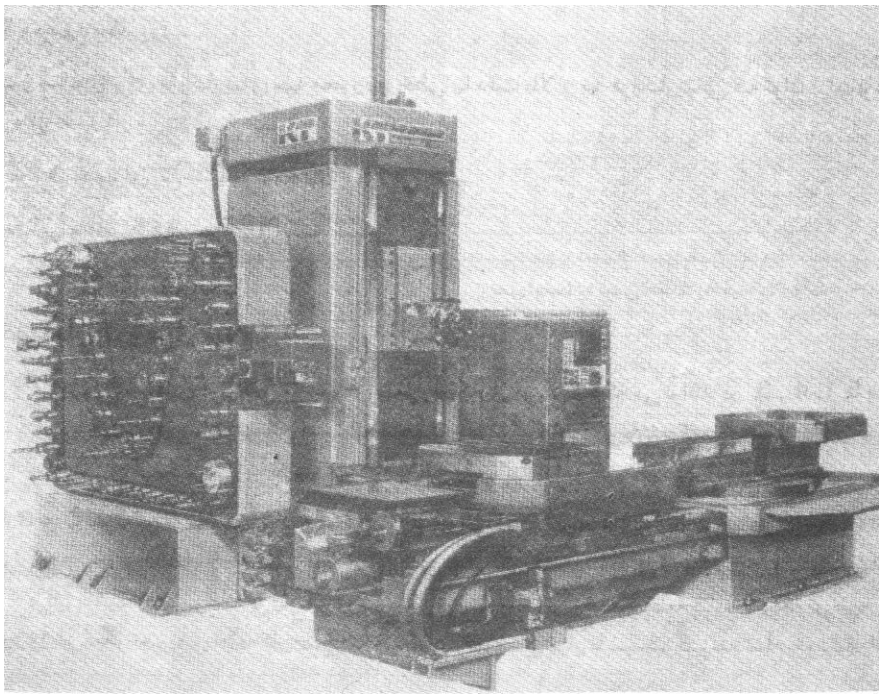
ماشين‌هاي فرز مركزي

ماشين‌هاي فرز مركزي ماشين‌هاي فرز افقي، عمودي و سوراخكاري مي‌باشند كه مي‌توانند در ۳ و ۴ يا ۵ محور تنظيم گردند. از ويژگي‌هاي اين ماشين‌ها اين است كه مجهز به ابزار گيرهايي مي‌باشند كه بسته به اندازه و طراحي ماشين مي‌توانند تا ۷۰ ابزار را گرفته و با

تجهيزات خاصي تعويض ابزار را به طور خودكار انجام مي‌دهد.

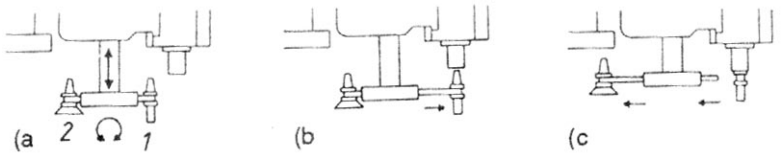
شكل ۳-۲۱a و b نمونه‌اي از ماشين‌هاي فرز مركزي را نشان مي‌دهد. در ابزار گير ديسكي (شكل ۳-۲۱a) تا ٤٠ ابزار و در ابزارگير زنجيري (شكل ۳-۲۱b) تا ۷۰ ابزار را مي‌توان نگه داشت. ماشين فرز مركزي نشان داده شده در شكل ۳-۲۱c براي ماشينكاري پيوسته به كار مي‌رود بدين ترتيب كه روي يك ميز قطعه‌كار ماشينكاري شده و در همان حال روي ميز ديگر تعويض قطعه‌كار صورت مي‌گيرد. تعويض ابزار با سيستم گيرنده تمام خودكار انجام مي‌گيرد.





شكل ۲۱-۳- ماشين فرز مركزي
a- با ابزارگير ديسكي، b- با ابزارگير زنجيري، c- با ابزارگير زنجيري و ميز فرز

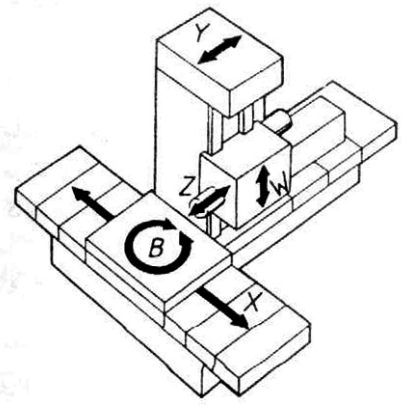
اصول تجهيزات تعويض ابزار در شكل ۲۲-۳ نشان داده شده است. اين تجهيزات حركت چرخشي- محوري (شكل ۲۲a-۳) و نيز حركت اضافي جانبي را (شكل ۲۲b,c-۳) را انجام مي‌دهند.



شكل ۲۲-۳- سيستم گيرنده جهت تعويض خودكار ابزار
a- حركت چرخشي و محوري، b,c- حركت بازو، ۲+۱ ابزار

در ماشين‌هاي كوچك ميز ماشين به شكل صليبي طراحي مي‌شود بدين صورت كه حركت در راستاي Y,X را انجام مي‌دهد.

ماشين‌هاي بزرگ (شكل ۲۳-۳) بستر T- شكل دارند. در اين ماشين‌ها پايه با واحد كلگي و ابزارگير در راستاي Y و ميز فقط در راستاي X حركت مي‌كنند.



شكل ۲۳-۳- ماشين فرز مركزي با طرح ميز T شكل

از آن جا كه در اين ماشين‌ها بايد دقت كاري بالا باشد در طراحي ميز و پايه از نظر استحكام خمشي و پيچشي بايد توجه خاصي مبذول گردد.

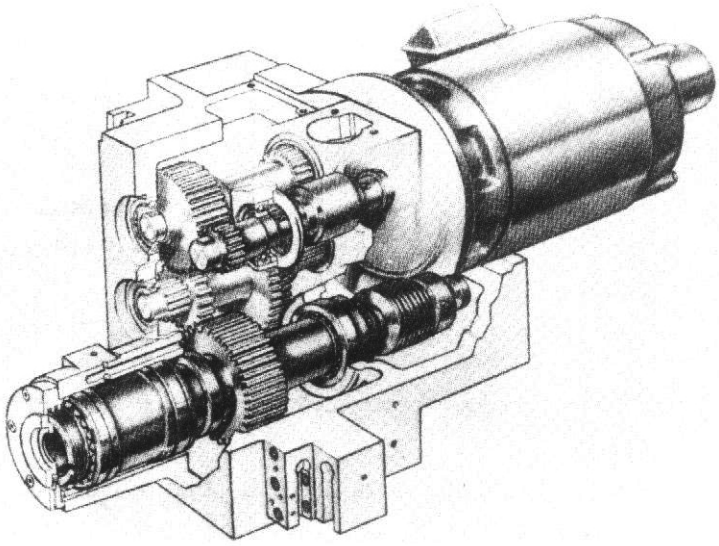
راهنماي حركت مستقيم ماشين‌ها يا به صورت ريل تخت يا پوشش مواد مصنوعي يا به صورت ريل تركيبي V- شكل

و يا به صورت ريل غلتكي بدون نياز به سرويس طراحي مي‌شود.

محركه

در اكثر ماشين‌هاي فرزكاري محور فرز توسط موتور جريان مستقيم كه به يك جعبه دنده ۲ تا ٤ سرعته متصل شده كار مي‌كند.

محركه پيشروي- براي هر محركه يك موتور ويژه- از موتور جريان مستقيم، جعبه‌دنده كاهنده و محور ساچمه‌اي تشكيل شده است.



شكل ٢٤-٣- محركه محور فرز ماشين مركزي شكل ٢١-٣

كنترل‌ها

ماشين‌هاي فرز مركزي تقريبا به طور مجهز به كنترل عددي فضايي چندمحوري مي‌باشند. كنترل مناسب در اين جا كنترل CNC- است زيرا ميان‌يابي (اينترپلاسيون) سه‌بعدي و تصحيح ابزار را در نظر گرفته و خطاي لقي گام محور و دما را جبران مي‌كند.

محدوده كاربرد

ماشين‌هاي فرز مركزي جهت ساخت قطعاتي كه نياز به ماشينكاري زيادي دارند به كار مي‌رود. كاربرد اين ماشين‌ها براي قطعات پيچيده و نيز قطعات با دقت بالا خيلي مناسب است. در ارتباط با تعداد قطعه كار كاربرد آن براي سري قطعات كم تا متوسط اقتصادي است.

حد مرزي تعداد قطعات بايد جزء به جزء از محاسبات هزينه قطعات به دست آيد.

فصل چهارم: سيستم‌هاي كنترلي

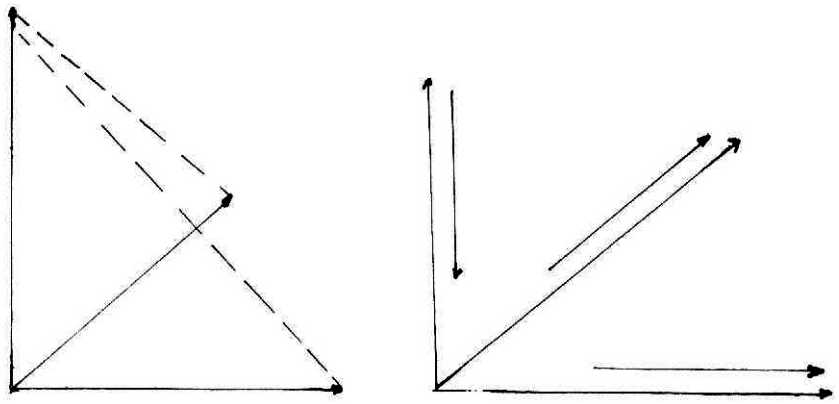
تقسيم‌بندي انواع كنترل ماشين‌هاي ابزار *N-C*

بدون توجه به چگونگي كاربرد سيسنم كنترل ماشين‌هاي ابزار مانند ماشين‌هاي فرز دستگاه‌هاي برش جوش، دستگاه‌هاي بادي، ماشين‌هاي مته، ماشين‌هاي داخل تراشي مي‌توان آن‌ها را به انواع مختلف زير تقسيم‌بندي نمود:

۱- سيستم محلي *(Positioning System)* يا نقطه به نقطه

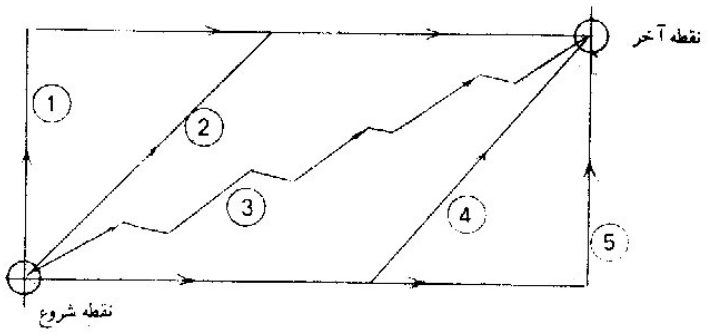
اين سيستم ساده‌ترين نوع كنترل مي‌باشد محل‌هاي لازم را به صورت خودكار مي‌توان به دست آورد، به طوري كه ابزار برنده از يك نقطه به نقطه ديگر را به صورت يك خط مستقيم در صفحه XY و يا در صفحات ديگر به طور سريع بپيمايد و وقتي كه به نقطه مذكور رسيد عمل سوراخكاري و تراش صورت خواهد گرفت و با تغيير ابزار (مته يا تيغه فرز) مي‌توان به طور دلخواه عمل تراشكاري را ادامه داده و يا با در نظر گرفتن تلرانس لازم عمل برقوكاري را انجام داد. همچنين مي‌توان ابزارهاي مختلفي را به كار برده و مراحل عمل مثل سرعت و بار را در نيز در نظر گرفت. در عمل حركت سريع را مي‌توان طوري تعيين كرد كه ابزار برنده ابتدا در طول يك محور صورت گيرد و بعدي در طول محور بعد انجام گيرد و يا اين كه حركت در دو محور صورت هم زمان صورت گيرد كه در اين صورت وتر مثلث

قائم‌الزاويه‌اي كه از محورهاي Z,X و يا محور Z,Y ساخته مي‌شود، طي مي‌گردد.



شكل ١-٤- مسير حركت در سيستم محلي

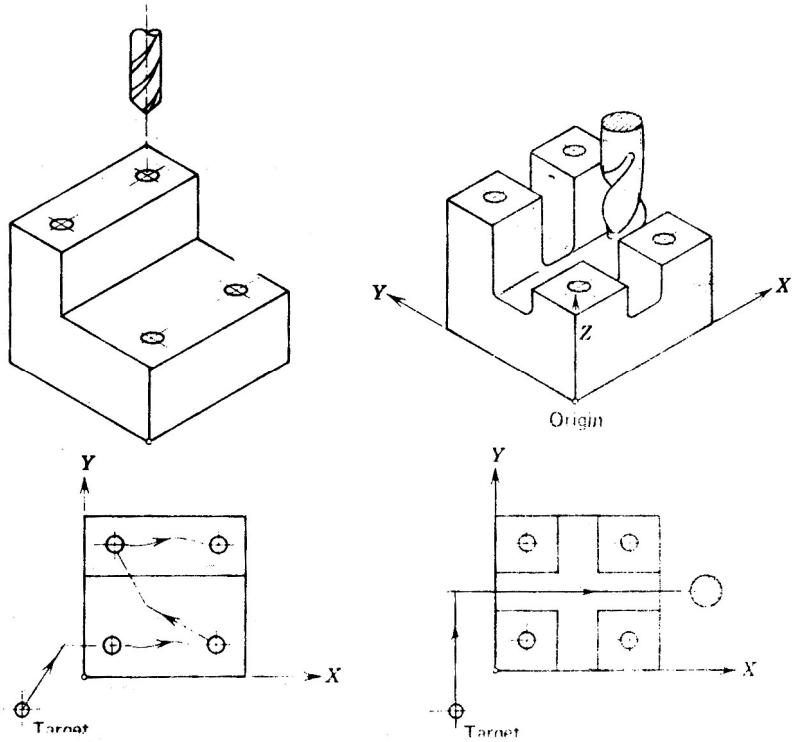
حركت در طول دو محور در يك زمان به صرفه نزديك‌تر است ولي براي برنامه‌نويس مشكل‌تر خواهد بود. از طرفي ديگر براي حركت از نقطه شروع به طرف مختلف زير مي‌توان مسيرها را مشخص كرد.



شكل ٢-٤- مسير حركت رنده در جهات مختلف

٢- سيستم تراش مستقيم

در اين سيستم حركت رنده در يك خط مستقيم صورت مي‌گيرد اين روش مانند روش نقطه به نقطه مي‌باشد و حركت در طول محورهاي Z,Y,X كنترل مي‌شود اين سيستم براي تراش اشكالي كه به صورت مثلثي، مربع، مربع‌مستطيل و ... كه داراي منحني نباشد، مورد استفاده قرار مي‌گيرد.

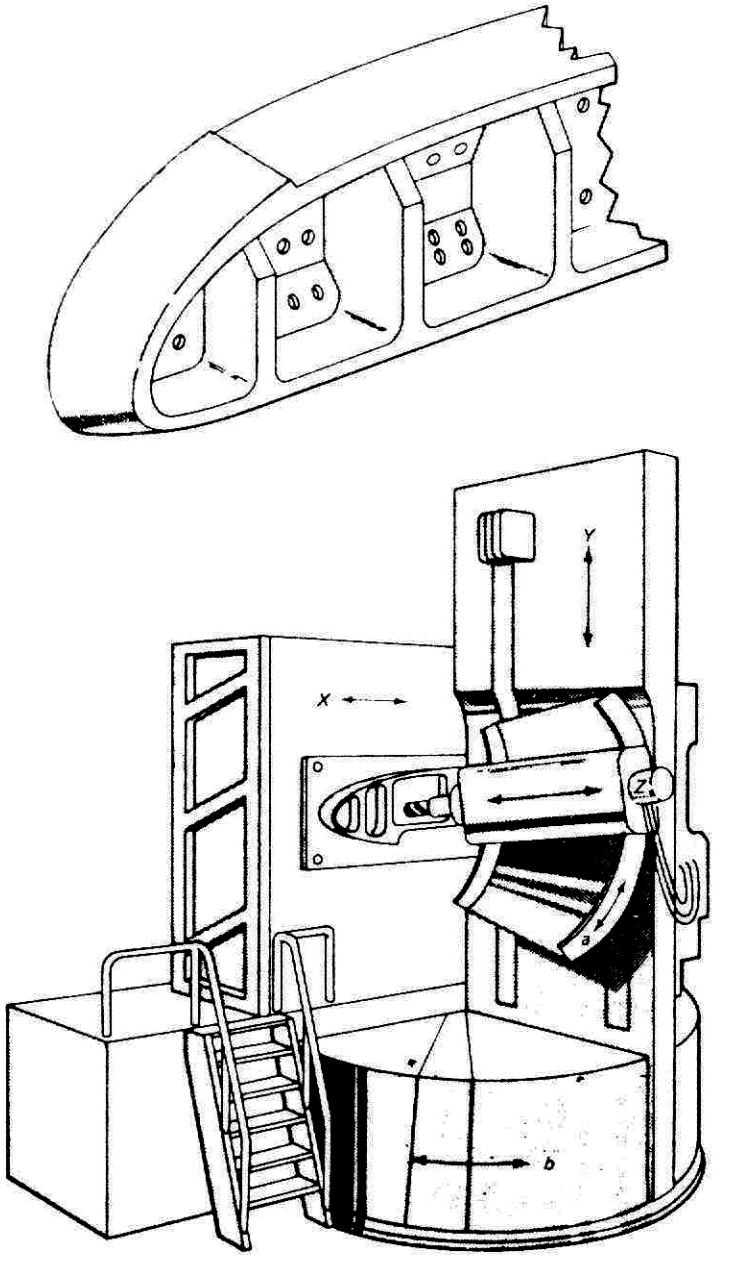


شكل ٣-٤- مسير رنده به صورت مستقيم

٣- سيستم ادامه‌اي

اين سيستم، مهم‌ترين سيستم قابل تغيير است. ضمنا تمام عمليات شرح داده شده در سيستم محلي و سيستم خطي در اين سيستم اجرا مي‌شود. زماني كه حركت ابزار كنترل مي‌شود، عمليات تراشكاري نيز صورت مي‌گيرد. از طرفي در اين روش تراشكاري كليه خطوط مستقيم با هر زاويه و كليه دايره‌ها و مخروطها و با هر شكلي كه قابل محاسبه باشد قابل اجرا مي‌باشد. اين روش را معمولا روش ادامه‌اي (پيوسته) نيز مي‌نامند و حركات در ٢ تا ٩ محور كنترل مي‌شود.

شكل (٤-٤) يك ماشين فرز ٥ محوري است كه مي‌تواند فرزكاري و سوراخكاري را با هر زاويه‌اي كه لازم باشد، انجام دهد.

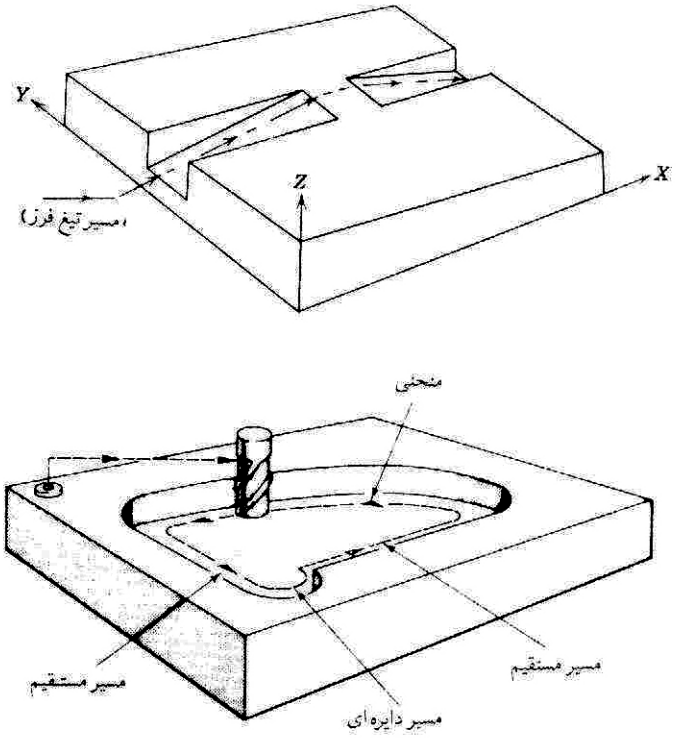


شكل ٤-٤- ماشين فرز N-C با ٥ محور

٤- سيستم محلي و مركب

سيستم محلي و مركب شامل نتايج ساير روشها است. براي مثال اگر دستگاه كنترل ماشين با روش ادامه‌اي مجهز باشد همان عمل ادامه‌اي را اجرا خواهد كرد. در

اين روش اگر دقيقا محلي مورد نظر باشد مسير كنترل، حذف شده و در محل مورد نظر عمليات برادەبرداري صورت مي‌گيرد در اين صورت سرعت عمل افزوده مي‌گردد.



شكل ٥-٤- سيستم محلي و مركب

٥- سيستم كنترل نسبي (افزاينده)

٦- سيستم كنترل مطلق

علاوه بر سيستم‌هاي فوق ماشين‌هاي افزار N-C را بر حسب نوع پس‌خور (بازخور Second block) آن مي‌توان دو سيستم ديگر را ياد كرد كه عبارتند از:

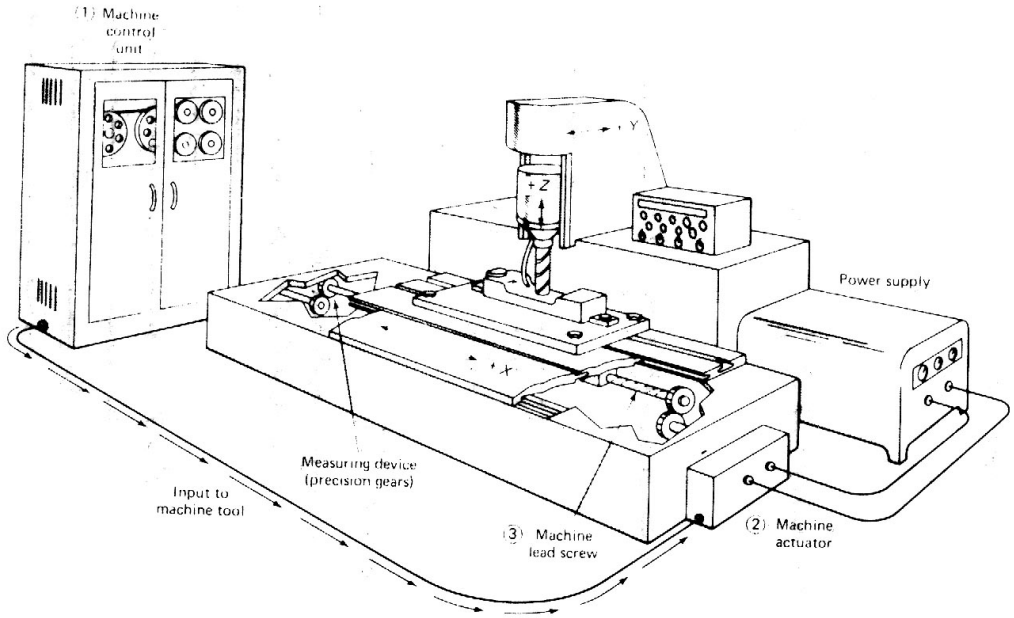
١- سيستم‌هاي مدار باز

٢- سيستم‌هاي مدار بسته

سيستم‌هاي مدار باز

سيستم‌هاي مدار باز به سيستم‌هايي اطلاق مي‌گردد كه عوامل متحرك تحت كنترل در ضمن حركتشان به كمك هيچ وسيله نمونه‌برداري و يا حس‌كننده شناسايي نمي‌شوند و

حركت آن تحت اين گونه فرامين دستخوش حركت نمي‌گردند. اين گونه ماشين‌ها مي‌توانند فقط برنامه ريزي گرد و ماشين اجبارا در آن حيطه مشخص شده مي‌تواند فعاليت نمايد. نمونه‌هايي از اين گونه سيستم‌ها داراي واحد و يا قسمت فهيم (حس‌كننده) نبوده و قادر به هيچ‌گونه تصميم‌گيري و تشخيص موقعيت خود نيست. يكي از مشخصات بارز سيستم‌هاي مدار باز در اين است كه اين سيستم‌ها نمي توانند اطلاعات خارجي و يا محيطي خود را كشف وتشخيص دهند لذا نمي‌توانند بر مبناي آن‌ها تصميم‌گيري كنند.

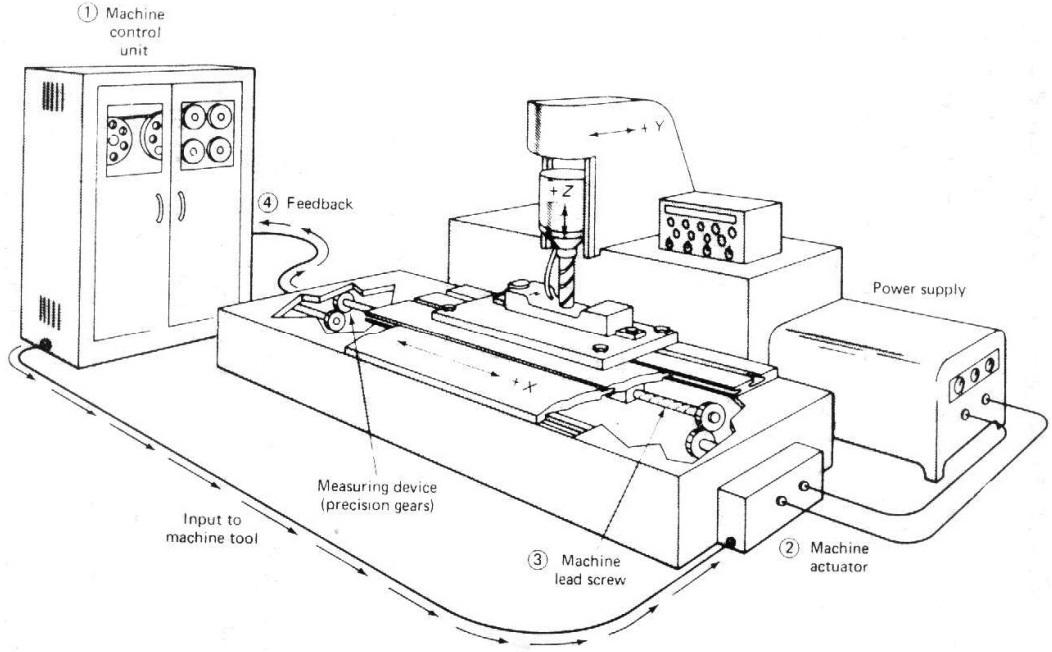


شكل ٦-٤- ماشين فرز N-C با سيستم مدار باز

٢- سيستم‌هاي مدار بسته

اين سيستم‌ها طوري طراحي شده‌اند كه قادرند اطلاعات محيط خارجي خود را به كمك واحدهاي تشخيص‌دهنده سنسوريا (واحد حس‌كننده) نمونه برداري نموده و متناسب با اين پارامترهاي سنجيده شده تصميم‌گيري نمايند. به عبارت ديگرواحدهاي مدار سيستم‌هاي فهيمي (با شعوري) هستند كه بر مبناي موقعيت‌ها و شرايط لحظه‌اي قادر به تصميم‌گيري

مي‌باشند. مشخصه بارز اين سيستم داشتن حافظه و يا محلي براي ذخيره كردن اطلاعات نمونه برداري شده و مراحل انجام داده شده مي‌باشد تا با استفاده از اين اطلاعات بتواند متناسب با شرايط موجود تصميم‌گيري نمايد.



شكل ٧-٤- يك نوع ماشين فرز عمودي N-C با سيستم مدار بسته

در سيستم‌هاي مدار بسته به علت ارتباط بين تمام قسمت‌هاي مختلف سيستم امكان ارتباط اطلاعات بين قسمت‌هاي مختلف ماشين وجود دارد و به اين وسيله امكان تصميم گيري بر مبناي اطلاعات موجود ممكن و ميسر مي‌گردد.

نمونه سيستم‌هاي مدار بسته كنترل كوره‌هاي حرارتي، ماشين‌هاي فتوكپي و مهم‌تر از همه انسان‌ها مي‌باشد. به عنوان مثال در سيستم كوره اگر درجه حرارت مورد نظر ٢٠٠٠ درجه باشد دكمه تنظيم كنترل دماي كوره بر روي عدد ٢٠٠٠ قرار مي‌گيرد اين عدد در حافظه كنترل

كوره ذخيره مي‌گردد. واحد كنترل‌كننده فرماني به قسمت حرارت‌زاد صادر نموده و باعث روشن شدن كوره مي‌گردد.

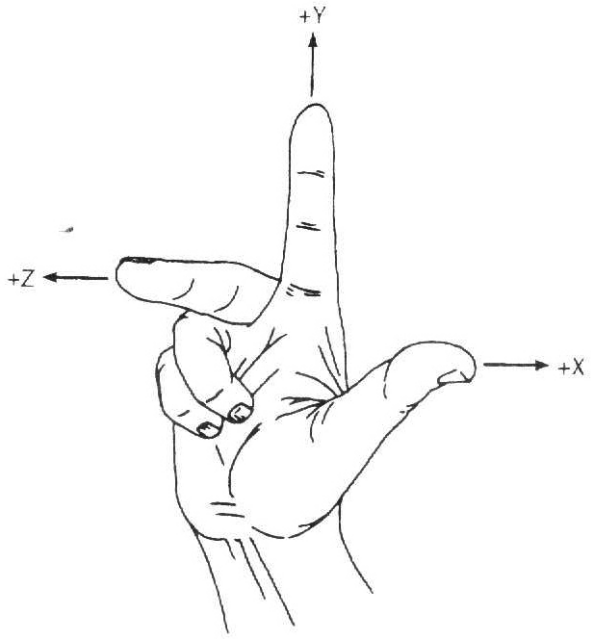
نامگذاري محورها و جهت حركت

تمامي ماشين‌هاي كنترل عددي براي جهت حركت و نامگذاري محورها از استاندارد مشابهي استفاده مي‌نمايند. همان گونه كه ذكر شد استاندارد استفاده شده درتعيين محورها و جهت حركت‌هاي استاندارد EIA RS274 مي‌باشد.

در اين استاندارد سيستم مختصات و جهت حركت‌ها به نوعي تعريف مي‌شود كه شخص استفاده‌كننده ديگر نگران اين موضوع نباشد كه قطعه‌كار به ابزار نزديك مي‌شود و يا ابزار به قطعه‌كار نزديك مي‌شود. ماشين‌هاي ابزار مختلف داراي حركت هاي مختلفي نيز مي‌باشند وليكن اغلب از يك نوع سيستم مختصات استفاده مي‌كنند.

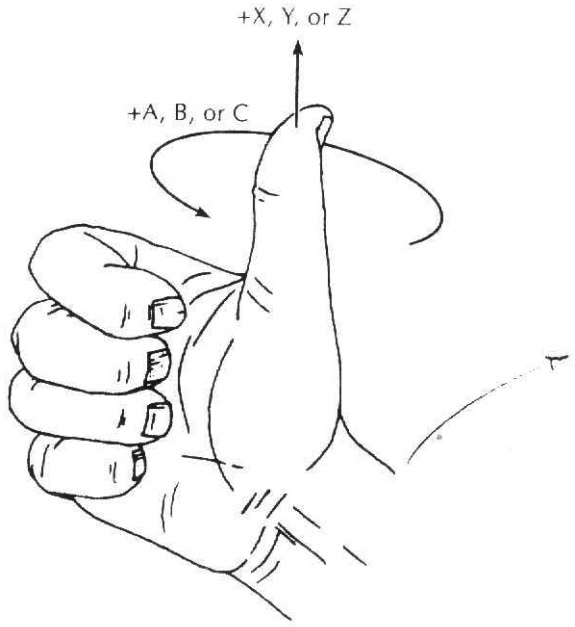
قانون دست راست براي تعيين مختصات

بر طبق استاندارد EIA RS274 ماشين‌هاي كنترل عددي از قانون دست راست (شكل ٨-٤) براي تعيين مختصات و جهت محورها استفاده مي‌كنند. بر اساس اين سيستم و همان گونه كه در شكل نشان داده شده است، انگشتان دست راست را به گونه‌اي نگه مي‌داريم كه انگشت شصت وسطي و انگشت اشاره بر يكديگر عمود باشند.



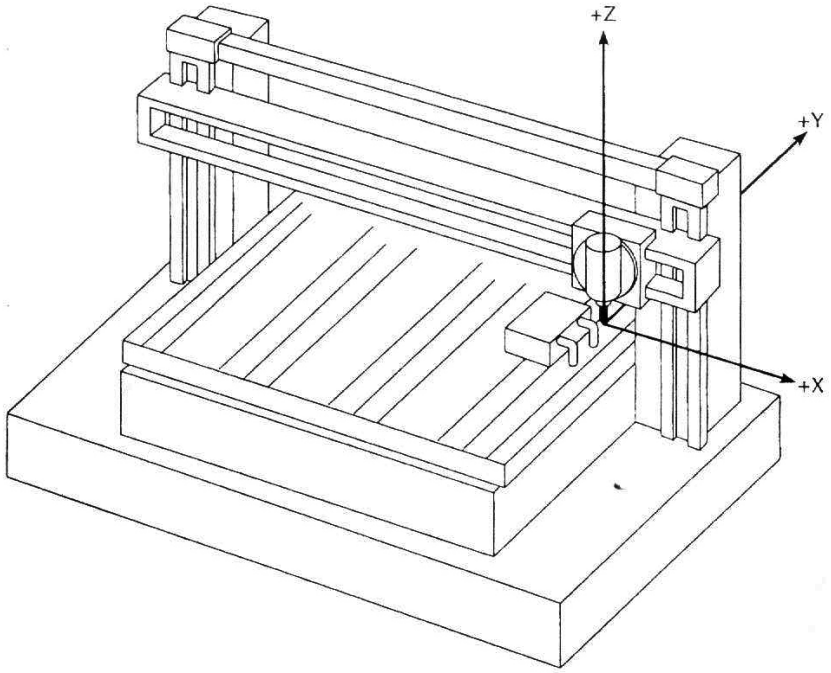
شكل ٨-٤- قانون دست راست براي تعيين محورهاي مختصات

در اين حالت محل برخورد سه انگشت نشان‌دهنده مرجع مختصات مي‌باشد. هرگاه انگشت شصت به سوي مثبت محورها xها باشد، انگشت اشاره از سوي مثبت محور yها و انگشت وسطي سوي مثبت محور zها را نشان خواهد داد. جهت هر انگشت در اين حالت نشان دهنده حركت مثبت در سوي مربوطه مي‌باشد. محور اسپيندل اصلي معمولا محور zها انتخاب مي‌گردد و جهت مثبت آن به سمت داخل اسپيندل مي‌باشد. محل برخورد سه انگشت نشان دهنده مرجع است و با Xo, Yo, Zo نشان داده مي‌شود. براي نشان دادن جهت محور دوران بايد مطابق شكل ٩-٤، چهارانگشت را درجهت دوران ببنديم در اين حالت انگشت شصت راست نشان دهنده سوي مثبت محور دوران مي‌باشد.

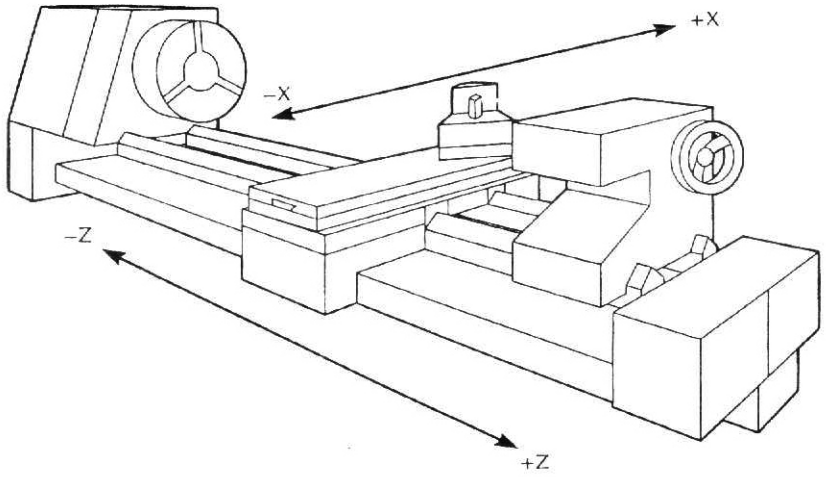


شكل ٩-٤- تعيين محور دوران و جهت مثبت دوران

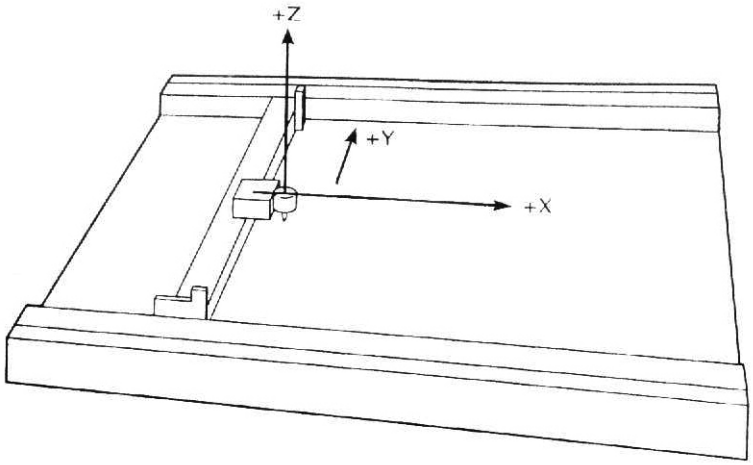
شكل‌هاي ١٠-٤ تا ١٢-٤ مثال‌هايي براي نشان دادن محورهاي مختصات در ماشين‌هاي مختلف (ماشين فرز، ماشين تراش و پلاتر) مي‌باشند.



شكل ١٠-٤- سوي مثبت محورهاي مختصات براي ماشين كنترل عدد فرز



شكل ١١-٤- نام‌گذاري محورهاي مختصات براي ماشين كنترل عددي تراش

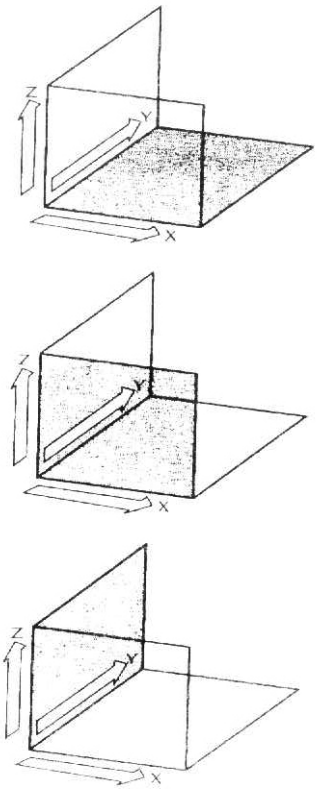


شكل ١٢-٤- سوي مثبت محورهاي مختصات براي نوعي پلاتر

اساس ماشين‌هاي فرز *CNC*

در استاندارد مربوط به ماشين‌هاي CNC دو نوع مختصات وجود دارد. مختصات نوع اول، مختصات مطلق و مختصات نوع دوم مختصات نسبي نام دارند.

در مختصات مطلق، مختصات يك نقطه نسبت به نقطه مرجع با مختصات *Xo, Yo, Zo* سنجيده مي‌شوند وليكن در مختصات نسبي، مختصات يك نقطه نسبت نقطه‌اي ديگر به غير از نقطه مرجع سنجيده مي‌شود.

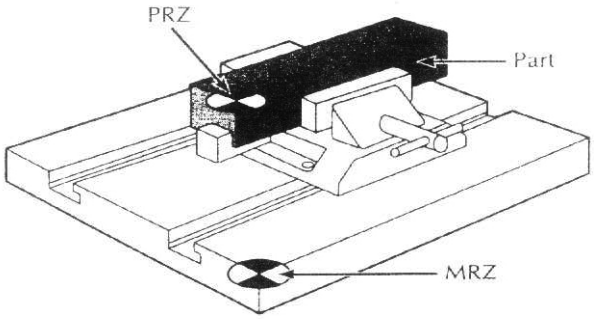


شكل ١٣-٤- نمايش صفحات و محورهاي اصلي در سيستم مختصات كارتزين

همان گونه كه در شكل ١٣-٤، نشان داده شده است در سيستم مختصات كارتزين سه صفحه اصلي وجود دارد. اين سه صفحه به ترتيب *YZ, XZ, XY* نام دارند. در استاندارد ماشين‌هاي CNC هم‌چنين دو نقطه مرجع وجود دارد. نقطه مرجع اول نقطه مرجع ماشين يا MRZ نام

دارد و نقطه مرجع دوم نقطه مرجع قطعه‌كار يا PRZ نام دارد.

همان گونه كه در شكل ١٤-٤ نشان داده شده است نقطه مرجع ماشين، گوشه پايين سمت چپ ميز كار و نقطه مرجع قطعه كار گوشه پايين سمت چپ سطح بالايي قطعه مي‌باشد.



شكل ١٤-٤- نقطه مرجع ماشين و نقطه مرجع قطعه‌كار

در محاسبات لازم براي ماشين فرز CNC بهتر است نقطه مرجع را همان نقطه مرجع قطعه‌كار يا PRZ انتخاب نمود. اين طرز انتخاب مزاياي زير را در بر خواهد داشت:

١- راحتي استفاده در سيستم‌هاي *CAD/CAM*

٢- پيدا كردن گوشه پايين سمت چپ قطعه كار به راحتي امكان‌پذير است.

٣- دراين حالت تمام *Z*هاي منفي در زير سطوح بالايي قطعه كار خواهند بود.

سيستم مختصات مطلق در ماشينهاي فرز *CNC*

در سيستم مختصات مطلق، مبداء به عنوان نقطه مرجع انتخاب مي‌گردد. اين طرز انتخاب به اين معناست كه X,Y.Z نقاط را مي توان با داشتن فاصله آنها از مرجع مشخص نمود.

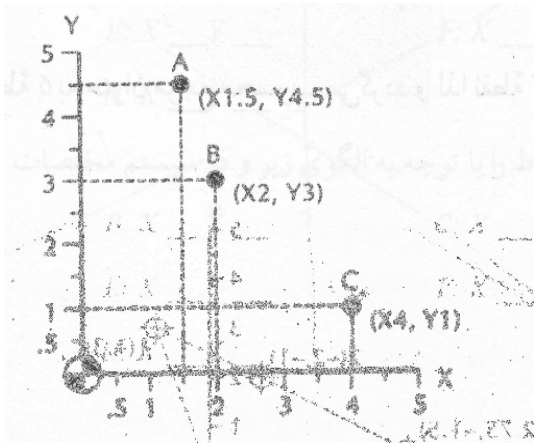
در اين سيستم مختصات نقاط به صورت (X(+)(-)_ , Y(+)(-)_) (Z(+)(-)_) نشان داده مي‌شوند براي مثال مي‌توان نوشت: (X3.25,Y-7.5 ,Z-0.5) .

با توجه به شكل ١٥-٤ مختصات نقطه‌هاي A,B,C بصورت زير محاسبه مي‌شوند:

نقطه A : اين نقطه داراي X برابر با 1.5 و Y برابر با 4.5 نسبت به نقطه مرجع مي‌باشد. (X1.5,Y4.5)

نقطه B : اين نقطه داراي X برابر ٢ واحد Y برابر ٣ واحد نسبت به نقطه مرجع مي‌باشد. (X2, Y3)

نقطه C : اين نقطه داراي X برابر ٤ برابر و Y برابر با ١ نسبت به نقطه مرجع مي‌باشد. (X4,Y1)



شكل ١٥-٤- مختصات نقاط در سيستم مختصات مطلق

سيستم مختصات نسبي در ماشين هاي فرز *CNC*

در اين سيستم ، مختصات هر نقطه در حركت ابزار (لازم به ياد آوري است كه ماشينهاي فرز CNC قطعه كار ثابت و ابزار براده برداري متحرك است) نسبت به نقطه قبل از خود سنجيده مي شود. اين بدان معناست كه هر نقطه بعد از خود به عنوان مرجع محسور مي گردد.

براي مشخص شدن اين مطلب فرض كنيد كه در شكل 2-9 ابزار ماشين فرز از نقطه مرجع به ترتيب به نقاط

۱،۲،۳،٤،٥،٦،۷ حرکت نموده است. در این حالت مختصات نقاط نسبت به یکدیگر به ترتیب زیر خواهد بود:

نقطه ۱ : مختصات این نقطه نسبت به اولین نقطه (نقطه مرجع) برابر است با (X1,Y3).

نقطه ۲ : در این حالت هر گاه نقطه ۱ به عنوان مرجع محسوب گردد مختصات نقطه ۲ نسبت به نقطه ۱ برابر خواهد بود با X=-2 , Y=-1 و لذا آن را چنین نمایش میدهیم: 2(X-2,Y-1) .

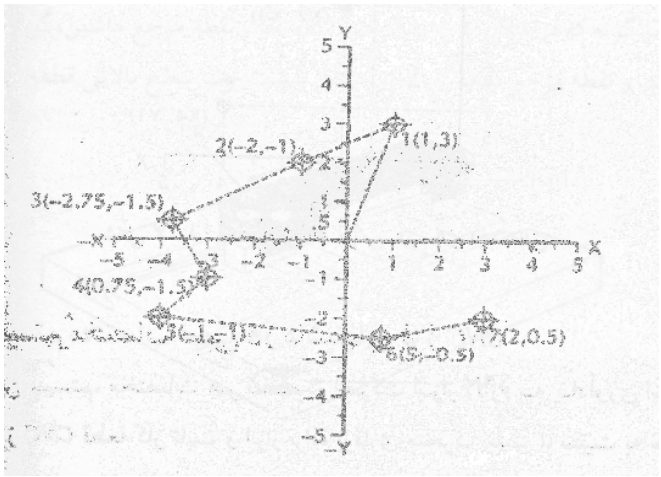
نقطه ۳ : در این حالت نقطه 2 به عنوان مرجع محسوب میگردد و مختصات نقطه ۳ نسبت به نقطه ۲ برابر خواهند بود با X=-2.75 , Y=-1.5 و لذا نقطه ۳ را چنین نمایش می دهیم: 3(X-2.75, Y-1.5)

نقطه ٤ : در این حالت نقطه ۳ به عنوان مرجع محسوب میگردد و لذا نقطه ٤ را چنین نمایش میدهیم: . 4(X+0.75,Y-1.5)

نقطه ٥ : در این حالت نقطه ٤ به عنوان مرجع محسوب میگردد و لذا نقطه ٥ را چنین نمایش میدهیم: (X- 1, Y-1) .

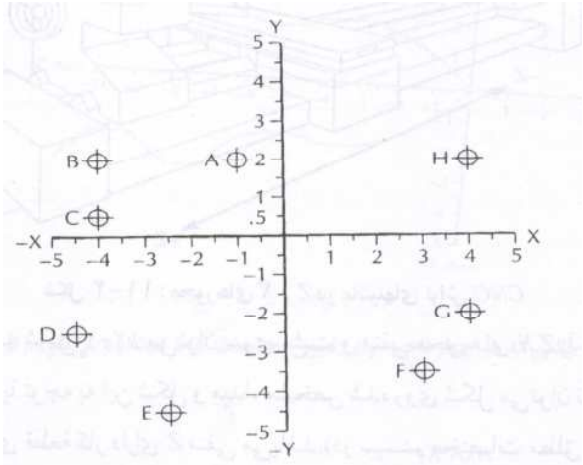
نقطه ٦ : در این حالت نقطه ٥ به عنوان مرجع محسوب می شود و لذا نقطه ٦ را چنین نمایش میدهیم: (X+5 , Y-0.5) .

نقطه ۷ : در این حالت نقطه ٦ به عنوان مرجع محسوب میگردد و لذا نقطه ۷ چنین نمایش داده میشود: 7(X+2,Y-0.5) .



شكل ١٦-٤- مختصات يك سري از نقاط در سيستم مختصات نسبي

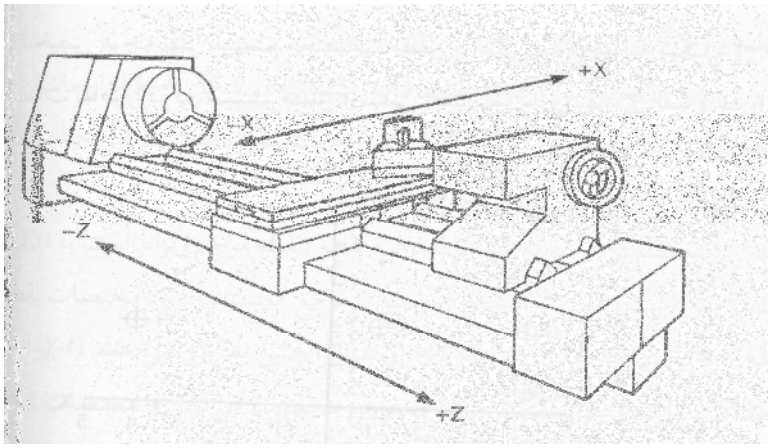
براي تشخيص هر چه بهتر سيستم مختصات مطلق و نسبي با توجه به شكل ٤-١٧ مي‌توانيد مختصات نقاط را در دو سيستم مطلق و نسبي تعيين نمائيد و بندهاي الف و ب را پر نمائيد.



شكل ١٧-٤- مختصات يك سري از نقاط جهت تمرين

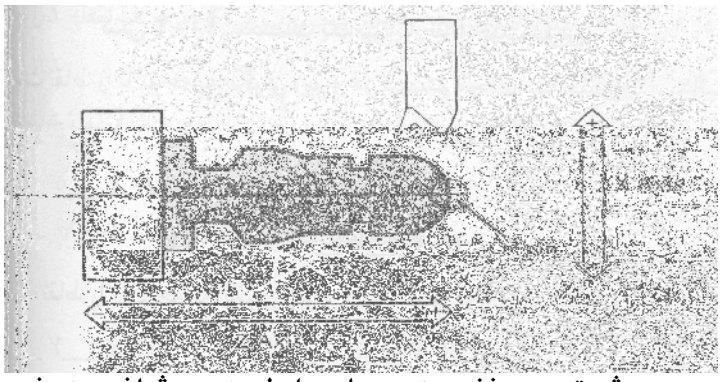
اساس ماشينهاي تراش *CNC*

در ماشينهاي تراش CNC عموما از دو محور Z,X همانند آنچه در شكل ٤-١٨ نشان داده شده است استفاده مي گردد. در اين گونه ماشينها محور Z به عنوان محور اوليه (افقي) و محور X بعنوان محور ثانويه (عمودي) شناخته ميشود.



شكل ١٨-٤- محورهاي Z,X در ماشينهاي تراش CNC

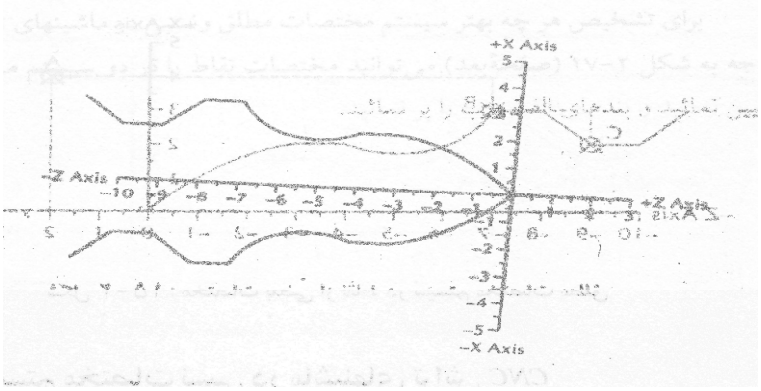
با توجه به شكل ١٩-٤ مي‌توان سوي مثبت و منفي محورهاي Z,X را نسبت به قطعه كار تشخيص داد با توجه به اين شكل و مبداء مشخص شده روي شكل مي‌توان نتيجه‌گيري كرد كه تمام نقاط روي قطعه كار داراي Z منفي مي‌باشد. (در سيستم مختصات مطلق)



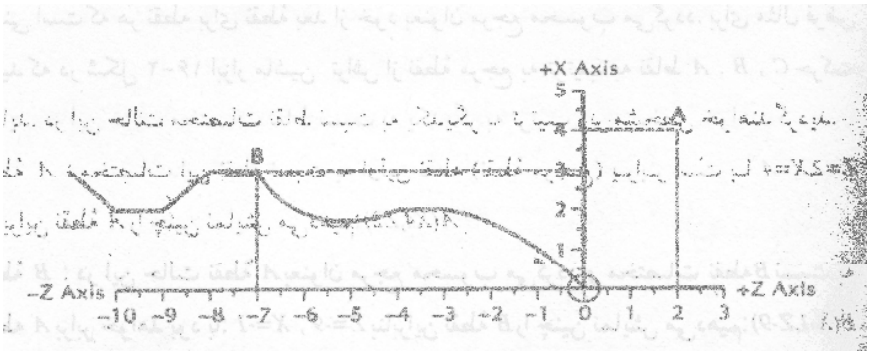
شكل ١٩-٤- سوي مثبت و منفي محورهاي اوليه و ثانويه نسبت به قطعه كار

از آنجا كه قطعاتي كه توسط ماشين تراش CNC ساخته مي شوند نسبت به محور Z ها تقارن دارند. لازم نيست هر چهار ناحيه‌اي كه از برخورد محور X ها بوجود مي‌آيد، براي تعيين مختصات نقاط يك قطعه مورد استفاده قرار گيرد. در اين حالت تنها از سوي مثبت محور X ها و سوي منفي محور Z ها براي نمايش مختصات نقاط جسم استفاده مي‌شود.

شكل ٢٠-٤ نشان دهنده حالتي است كه چهار ناحيه براي تعيين مختصات نقاط روي قطعه مورد استفاده قرار مي‌گيرد و شكل ٢١-٤ نشان دهنده حالتي است كه تنها دو ناحيه براي تعيين مختصات نقاط روي قطعه مورد استفاده قرار مي‌گيرد.



شكل ٢٠-٤- حالتي كه هر چهار ناحيه براي تعيين مختصات نقاط استفاده مي شود. (توصيه نمي گردد)

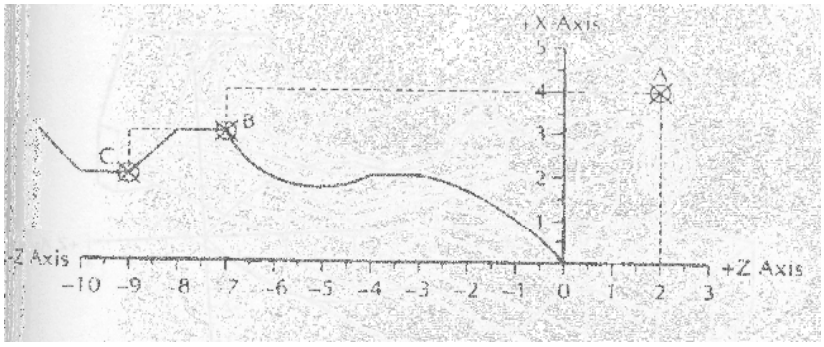


شكل ٢١-٤- حالتي كه دو ناحيه براي تعيين مختصات نقاط استفاده مي شود. (توصيه مي گردد)

توجه داشته باشيد كه در هر دو حالت نقطه مرجع جسم PRZ در مركز و در منتهاليه سمت راست قطعه قرار مي‌گيرد. به خاطر داشته باشيد كه طرز تعيين مرجع جسم در اين حالت با حالتي كه ماشين فرز CNC مورد استفاده قرار مي‌گيرد، فرق اساسي دارد.

سيستم مختصات مطلق در ماشينهاي تراش *CNC*

در اين سيستم مبدا مختصات (محل برخورد محورهاي X,Z) به عنوان نقطه مرجع انتخاب مي گردد و X,Z تمامي نقاط قزعه نسبت به نقطه مرجع (XO, ZO) سنجيده و نشان داده خواهند شد. براي مثال با توجه به شكل ٢٢-٤ واضح است كه مختصات نقطه A برابر است با A(X4 , Z2) و مختصات نقطه B برابر است با B(X3 , Z-7) و مختصات نقطه C برابر است با C(X2 , Z9)



شكل ٢٢-٤- مختصات بعضي از نقاط در سيستم مختصات مطلق

سيستم مختصات نسبي در ماشينهاي تراش *CNC*

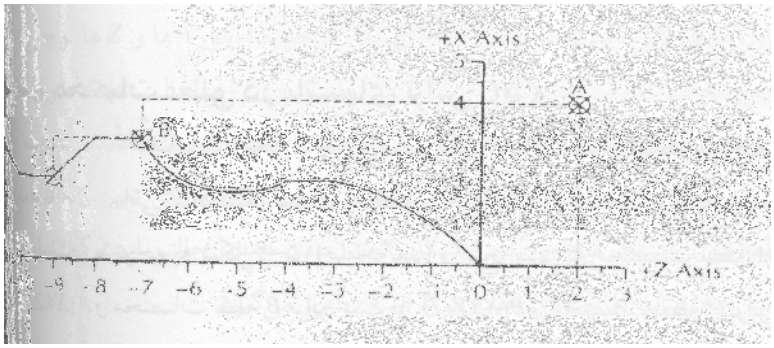
در اين سيستم مختصات هر نقطه نسبت به نقطه قبل از خود سنجيده مي‌شود. اين بدان معني است كه هر نقطه براي نقطه بعد از خود به عنوان مرجع محسوب مي‌گردد. براي مثال فرض كنيد كه در شكل ٢٣-٤ ابزار ماشين تراش از نقطه مرجع به ترتيب به نقاط C,B,A حركت نمايد. در اين حالت مختصات نقاط نسبت به يكديگر به ترتيب زير مشخص خواهند گرديد.

نقطه A : مختصات اين نقطه نسبت به اولين نقطه (نقطه مرجع) برابر است با Z=2 , X=4 بنابراين نقطه A را چنين نمايش مي‌دهيم : A(X4 , Z2) .

نقطه B : در اين حالت نقطه A به عنوان مرجع محسوب مي‌گردد و مختصات نقطه B نسبت به نقطه A برابر

خواهد بود با Z=-9 , X=-1 بنابراين نقطه B را چنين نمايش مي‌دهيم : B(X-1 , Z-9) .

نقطه C : در اين حالت نقطه B به عنوان مرجع محسوب مي‌گردد و مختصات نقطه C نسبت به نقطه B (مرجع جديد) برابر خواهد بود با : Z=-2 , X=-1 و لذا نقطه C را در اين سيستم مختصات چنين نمايش مي‌دهيم : C(X-1 , Z-2)



شكل ٢٣-٤- مختصات تعدادي از نقاط در سيستم مختصات

فصل پنجم: برنامه‌نويسي ماشين‌هاي تراش و فرز *CNC*

زبان‌هاي عمده برنامه‌نويسي ماشينهاي افزار

زبان‌هاي عمده برنامه‌نويسي براي ماشينهاي افزار به صورت زير تقسيم مي‌شود:

۱- زبان برنامه‌نويسي APT (Atomaticaly Programmed tool)

۲- زبان برنامه‌نويسي NEL APT (National Engineering Laboratory)

۳- زبان برنامه‌نويسي 2CL (2 Continue Linear)

٤- زبان برنامه‌نويسي PC APT

٥- زبان برنامه‌نويسي AD APT (Adaptation of APT)

٦- زبان برنامه‌نويسي Miturn (Metal Reserch Instite turning)

۷- زبان برنامه‌نويسي BATCHCURVE

۸- زبان برنامه‌نويسي AUTOSPOT

۹- زبان برنامه‌نويسي Compact

۱- زبان برنامه‌نويسي *APT*

APTمادر خيلي از زبانهاي ديگر است و از آن مي‌توان روي همه انواع ماشينهاي ابزار استفاده كرد. APTمي‌تواند براي قطعات سه بعدي، قطعاتي با سطوح و با معادله مشخصي نظير استوانه- هذلولي- مخروط- سطوح بيضوي- سطوح سهمي و غيره بكار رود. APTهمچنين قادر است ماشينهاي افزار با پنج محور را كنترل نمايد ولي برنامه لازم را فقط مي‌توان روي كامپيوترهاي بسيار بزرگ وارد ساخت. از اين رو استفاده كنندگان APTبايستي به يك كامپيوتر بزرگ دسترسي داشته باشند.

۲- زبان برنامه‌نويسي *NEL APT*

NEL APTيك زبان شبيه به APTولي كوچكتر از آن است كه توسط آزمايشگاه مهندسي ملي انگلستان (National Engineering Laboratory) ايجاد شد. برنامه اين زبان

كوچكتر از APTبوده و مي‌توان آن را به كامپيوترهاي متوسط وارد ساخت.

۳- زبان برنامه‌نويسي *2CL*

اين زبان براي مصرف در ماشينهاي افزار NC و CNC در آمريكا و انگلستان بسيار مورد استفاده قرار مي‌گيرد. طريقه برنامه‌نويسي شبيه برنامه‌نويسي APTمي‌باشد.

٤- زبان برنامه‌نويسي *PC APT*

٥- زبان برنامه‌نويسي *AD APT*

به زباني شبيه APTنوشته مي‌شود ولي براي كارهاي دو بعدي و بعضي انواع كارهاي سه به زباني مناسب است. برنامه لازم براي اين زبان را مي‌توان روي كامپيوترهاي متوسط وارد ساخت. بسياري از توليد كنندگان كامپيوتر هر كدام براي خود نوعي AD APTايجاد كرده اند.

٦- زبان برنامه‌نويسي *Miturn*

زباني است كه در هلند درست شده و براي ماشينهاي تراش NC و CNC مي‌باشد.

۷- زبان برنامه‌نويسي *BATCHCURVE*

زباني است كه براي توليد نوارهاي كنترل ماشينهاي تراش طرح شده است.

۸- زبان برنامه‌نويسي*AUTOSPOT*

عبارت است از يك برنامه كامپيوتري براي تعيين موقعيت ابزار. از اين برنامه مي‌توان به خوبي براي سوراخكاري و قلاويز كاري و برقوزني يك دسته سوراخ كه تكرار مي‌شوند، استفاده كرد.

۹- زبان برنامه‌نويسي *Compact*

Compact يك زبان كارگاهي است كه براي ماشينهاي NC و CNC با ۲ و ۳ و ٤ و ٥ محور طرح شده است. مزيت عمده‌ي آن اين است كه اين برنامه را مي‌توان روي كامپيوترهاي كوچك نظير PC كامپيوتر هم وارد ساخت. برنامه‌نويسي با اين زبان ساده است. برنامه‌نويسي با ماشينهاي تراش و فرز EMCO با زبان Compact ورژن‌هاي ٥ و ۱۱ و ۸٥۰ و بر اساس استاندارد DIN 66025 عمل مي‌نمايند.

تعريف رفرنس *(Refrence)*

معرفي كليه محورهاي متحرك ماشين نسبت به يك نقطه ثابت به نام نقطه صفر ماشين Refrence گفته مي‌شود.

نحوه *Refrence*

رفرنس در ماشين‌هاي افزار به دو صورت انجام مي‌شود:

۱- رفرنس به صورت اتوماتيك

با فشردن يك يا چند كليد فرمان رفرنس صادر و اجرا مي‌شود مانند فرز EMCO.

۲- رفرنس به صورت نيمه‌اتوماتيك

ابتدا محورهاي متحرك را در يك نقطه قرار داده و سپس فرمان رفرنس صادر مي‌شود مثل تراش EMCO.

عملگردها يا مودهاي اصلي ماشين‌هاي تراش و فرز *CNC*

مودهاي اصلي ماشين‌هاي تراش و فرز CNC به چهار دسته تقسيم مي‌شوند:

1- EDIT
2- Manual
3- Execute
4- Automatic

وظايف مودها

۱- مود *Manual*

جهت رفرنس رفتن و حركت دادن محورها به روش دستي و روشن نمودن اسپيندل در جهت موافق يا مخالف حركت عقربه‌هاي ساعت از اين مود استفاده مي‌شود.

۲- مود يا عملگر *EDIT*

جهت نوشتن برنامه، ويرايش برنامه، انتقال نقاط مرجع، اطلاعات مربوط به ابزار، وارد نمودن برنامه از دستگاه‌هاي جانبي ديگر مانند كامپيوتر، كاست، نوارخوان و ... از اين مود استفاده مي‌شود.

۳- مود *Execute*

جهت نوشتن برنامه يك خطي و اجراي آن برنامه از اين مود استفاده مي‌شود.

٤- مود *Automatic*

جهت اجراي برنامه به صورت يك خطي (Single) يا كلي به همراه پرش خطوط برنامه از اين مود استفاده مي‌شود.

نكات ايمني در برنامه‌نويسي و اپراتوري ماشين‌هاي *CNC*

۱- قبل از اجراي برنامه نوشته شده روي ماشين و با قطعه كار اصلي، برنامه نوشته شده چك شود.

۲- ابزار و تجهيزات مناسب با جنس قطعه كار انتخاب شود.

۳- از برخورد ابزار در حركت سريع جلوگيري شود.

٤- سرعت‌هاي پيشروي و برشي مناسب جهت تراشيدن قطعات انتخاب شود.

٥- تعويض ابزار در فاصله دوري از سه نظام انجام شود.

٦- در هنگام استفاده از ابزار شيار تراشي در تراش CNC حتما سرعت كاهش يابد و حتي‌الامكان از مرغك استفاده شود.

۷- از مواد خنك‌كننده استفاده شود.
۸- دستگاه به موقع سرويس شود.

كاربرد رياضيات در برنامه‌نويسي

دايره

دايره مكان‌هندسي نقاطي از صفحه است كه از يك نقطه ثابت واقع در آن صفحه به يك فاصله باشد.
نقطه ثابت را مركز و مقدار ثابت را شعاع دايره گويند.

شعاع دايره $OA = R =$
قطر دايره $AB = 2R =$
وتري از دايره $= \overline{CD}$
كماني از دايره $= \overset{\frown}{CD}$

۱- اگر دو وتر مساوي باشند كمان‌هاي آن‌ها هم مساويند و يا برعكس.
۲- اگر دو وتر از مركز به يك فاصله باشند مساويند و يا برعكس
۳- قطر عمود بر وتر، وترو كمان مقابلش رانصف مي‌كند.

مساحت و محيط دايره

مساحت دايره $= \pi R^2$
محيط دايره $= 2\pi R = \pi D$

كه R شعاع و D قطر دايره مي‌باشد.

قطاع دايره

سطح بين دو شعاع دايره را قطاع دايره گويند.
مساحت قطاع برابر است با:

$$S = \pi R^2 \times \frac{\alpha}{360}$$

كه R شعاع دايره و α زاويه قطاع مي‌باشد.

رابطه فيثاغورث

در مثلث قائم الزاويه شكل زير داريم:

$$C^2 = a^2 + b^2$$
$$a = c \times \cos\alpha$$
$$b = c \times \sin\alpha$$
$$\frac{a}{\sin\gamma} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\alpha}$$

قانون تشابه در مثلث

هرگاه خطي موازي يك ضلع مثلثي رسم شود دو ضلع ديگر را به يك نسبت قطع مي‌كند.

اگر داشته باشيم:

$$DE \| BC$$

خواهيم داشت:

$$\frac{DE}{BC} = \frac{AE}{AC} = \frac{AD}{AB}, \frac{AE}{EC} = \frac{AD}{DB}$$

وقتي دو مثلث را متشابه گويند كه:

۱- دو زاويه از يك مثلث برابر دو زاويه از مثلث ديگر باشد.

۲- دو ضلع از يك مثلث با دو ضلع مثلث ديگر متناسب و زواياي بين آن‌ها برابر باشند.

۳- سه ضلع مثلث متناسب باشند.

مخروط

مخروط بامشخصات زير را در نظر بگيريد:

قطر بزرگ مخروط $= D$

قطر كوچك مخروط $= d$

طول مخروط $= L$

زاويه مخروط $= \alpha$

زاويه تراشكاري مخروط $= \alpha/2$

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L}$$

كليات برنامه‌نويسي

مقدمه

قبل از ورود به بحث برنامه‌نويسي CNC شخص برنامه‌نويس بايد يك ديد كلي نسبت به مراحل ساخت قطعه و عمليات لازم براي اين كار داشته باشد. مراحل لازم براي توليد يك قطعه با استفاده از ماشين CNC به شرح زير مي‌باشند:

۱- ترسيم نقشه قطعه
۲- تصميم‌گيري در مورد انتخاب نوع ماشين لازم براي توليد قطعه
۳- انتخاب ابزارمناسب
٤- تصميم‌گيري در مورد ترتيب زماني عمليات مختلف بر روي قطعه
٥- انجام عمليات رياضي براي وارد نمودن مختصات قطعه به كامپيوتر
٦- محاسبات مربوط به سرعت دوران ابزار يا قطعه ونيز محاسبه نرخ تغذيه ابزار براده‌برداري
۷- نوشتن برنامه كامپيوتري CNC
۸- تهيه نقشه مقدماتي و ليست قطعات
۹- وارد نمودن برنامه كامپيوتري درداخل ماشين
۱۰- امتحان برنامه
۱۱- توليد قطعه به وسيله اجراي برنامه كامپيوتري در صورت عدم‌نياز به تغييرات

از مهم‌ترين موارد لازم براي يك قطعه با استفاده از CNC نوشتن برنامه كامپيوتري CNC مي‌باشد كه در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

آماده نمودن برنامه

يك برنامه كامپيوتري ليستي از فرمان‌هاي مختلف مي‌باشد كه اين فرمان‌ها براي ماشين CNC قابل فهم

بوده و استفاده‌كننده مي‌تواند با وارد كردن اين برنامه به ماشين CNC اهداف مورد نظر خود را براورده سازد. فرمان‌هاي مختلف در ماشين‌هاي CNC به صورت كدهاي مخصوص مي‌باشند. اين كدها تمامي اطلاعات مربوط به فرمان مورد نظر را شامل مي‌شوند. كدهاي CNC بايد در يك بلوك يا خط مجزا توسط برنامه‌نويس به ماشين CNC وارد شوند.

كدهاي *CNC*

در تمامي ماشينهاي CNC اعم از فرز و تراش دو نوع كد اصلي وجود دارد. اين كدهاي اصلي كدهايG و كدهاي M نام دارند. كدهاي G توابع مقدماتي مي‌باشند كه در بر گيرنده حركتهاي واقعي ابزار كار (ابزار برا‌ده‌برداري) ماشين CNC مي‌باشند. از جمله اين حركات واقعي مي‌توان به حركت سريع، حركت در ضمن برا‌ده‌برداري، حركت شعاعي همراه با برا‌ده‌برداري و ... اشاره نمود.

كدهاي M توابع گوناگوني را شامل مي‌شوند كه در بردارنده فعاليتهاي لازم براي انجام عمليات ماشين‌كاري مي‌باشند وليكن اين نوع كدها هيچگونه حركت ابزار كار را توليد نمي‌نمايند. از جمله فعاليتهاي كه توسط كدهاي M صورت مي‌گيرد مي‌تواند به موارد زير اشاره نمود.

خاموش و روشن شدن اسپيندل، تعويض ابزار، خنك كاري يا عدم خنك كاري، قطع شدن برنامه و ... پس از حرف G يا M در هر كدام از كدهاي G,M اعداد يك رقمي يا دو رقمي نيز مي‌آيند كه نشان دهنده عمليات خاص مربوط به هر كدام مي‌باشند.

لازم به ذكر است كه در برنامه‌نويسي CNC اعداد يك رقمي را نيز بايد با اضافه نمودن يك صفر به سمت چپ

آنها تبديل به اعداد دو رقمي نمود. به غير از حروف G,M كه نشان دهنده كدهاي اصلي مورد نظر براي عمليات CNC مي‌باشند از حرفهاي ديگري نيز براي يك برنامه كامل CNC استفاده مي‌شود. اين حرفها به شرح زير مي‌باشند:

N : شروع هر خط و نشان دهنده شماره خط مورد نظر

X :مختصات محور Xها

Y : مختصات محور Yها

Z : مختصات محور Zها

I : نشان دهنده X مربوط به مركز كمان در برادەبرداريهاي دايره‌اي

J : نشان دهنده Yها مربوط به مركز كمان در برادەبرداريهاي دايره‌اي

K : نشان دهنده Zها مربوط به مركز كمان در برادەبرداريهاي دايره‌اي

S : تنظيم سرعت دوراني اسپيندل

F : تنظيم نرخ برادەبرداري

T : مشخص نمودن نوع ابزار برادەبرداري

در تمامي برنامه‌هاي CNC بايستي نكات زير را مورد توجه خاص قرار داد:

۱- بايستي سيستم مختصات و واحدها را به طور مناسب انتخاب نمود (مثلا سيستم مختصات مطلق و واحدها بر حسب ميليمتر).

۲- بايستي نرخ برادەبرداري و سرعت دوران اسپيندل را با توجه به تجربه با جداول مربوطه به طرز مناسب استخراج نمود.

سه فاز اصلي برنامه‌هاي كامپيوتري *CNC*

هر برنامه CNC داراي سه فاز اصلي مي‌باشد كه عبارتند از:

۱- فاز اتبدائي يا فاز تنظيمات
۲- فاز مياني يا فاز حركات و جابجائي
۳- فاز انتهائي يا فاز خاموش شدن سيستم

در ادامه با توجه به برنامه زير اين سه فاز با جزئيات بيشتري مورد بررسي قرار خواهيم داد.

```
%
:1001
N5 G90 G20
N10 M06  T2
N15 M03 S1200
N20 G00 X1 Y1
N25 Z0.125
N30 G01 Z-0.125 F5
N35 G01  X2 Y2
N40 G00 Z1
N45 X0 Y0
N50 M05
N55 M30
```

الف) فاز ابتدائي يا فاز تنظيمات

فاز ابتدائي اين برنامه شامل خطوط زير مي‌باشد:

%
1001
N5 G90 G20
N10 M06 T2
N15 M03 S1200

تفسير خطوط مربوط به اين فاز به شرح زير مي‌باشد:

% : اين علامت پرچم شروع برنامه است.

1001 : اين عبارت نشان دهنده شماره برنامه مي‌باشد.

N5 : در اين خط از برنامه نوع سيستم مختصات و واحد آن مشخص گرديده است (در مورد كدهاي سيستم مختصات و واحد آن در آينده بيشتر خواهيم دانست).

N10 : در اين خط از برنامه ابزار براده‌برداري با كد #2 استفاده گرديده است.

N15 : اين خط نشان دهنده دوران اسپندل ماشين فرز يا سرعت ۱۲۰۰ دور در دقيقه و در جهت عقربه‌هاي ساعت مي‌باشد.

در مورد فاز ابتدائي يا فاز تنظيمات هر برنامه CNC نكات زير بايستي حتما مد نظر قرار گيرند:

۱- فاز ابتدائي هر برنامه با يك پرچم شروع مي‌گردد.

۲- در فاز ابتدائي برنامه شماره‌اي چهار رقمي (از صفر تا ۹۹۹۹) به برنامه اختصاص مي‌يابد.

۳- خطوط بعدي اين فاز به ترتيب نشان دهنده نوع سيستم مختصات و واحد آن، نوع ابزار براده‌برداري و سرعت دوران اسپيندل دستگاه مي‌باشند.

٤- توجه داشته باشيد كه در فاز ابتدائي شماره گذاري از خط سوم شروع گرديده است و دو خط ابتدائي برنامه هميشه بدون شماره خط مي‌باشند.

۵- در اين برنامه شماره هر خط نسبت به خط قبلي ۵ واحد اضافه شده وليكن برنامه نويس مي‌تواند از اعداد ۱۰ تا ۱ نيز براي اين كار استفاده نمايد.

۶- فاز ابتدائي برنامه حاوي تمامي اطلاعاتي است كه ماشين را براي انجام عمليات مورد نظر آماده مي‌نمايد. اين فاز ممكن است حاوي اطلاعات اضافي ديگري نظير استفاده از سيستم خنك‌كن دستگاه، توقف براي تعويض ابزار، بي اثر كردن فرمانهاي ديگر و ... نيز باشد.

ب) فاز ميانی يا فاز حركتها

فاز ميانی اين برنامه شامل خطوط زير مي‌باشد:

N20 G00 X1 Y1
N25 Z0.125
N30 G01 Z-0.125 F5
N35 G01 X2 Y2
N40 G00 Z1
N45 X0 Y0

تفسير خطوط مربوط به اين فاز به شرح زير مي‌باشد:

N20 : در اين خط از برنامه ابزار براده‌برداري حركت سريعي را از نقطه مرجع شروع كرده و به نقطه (X1,Y1,Z1) مي‌رسد. لازم به ذكر است كه هميشه در ماشينهاي فرز CNC نقطه شروع نقطه‌اي با مختصات (X0,Y0,Z1) مي‌باشد.

N25 : در اين خط برنامه ابزار براده از نقطه (X1,Y1,Z1) حركت سريعي را تا نقطه (X1,Y1,Z0.125) انجام ميدهد در حقيقت در اين خط از برنامه ابزار براده‌برداري ارتفاع را كاهش ميدهد تا نزديك به سطح قطعه برسد.

N30 : در اين خط از برنامه ابزار براده با نرخ ه اينچ بر دقيقه شروع به براده‌برداري مي‌نمايد تا از نقطه (X1,Y1,Z0,125) به نقطه (X1,Y1,Z-0.125) برسد.

N35 : در اين خط از برنامه ابزار براده‌برداري با نرخ ه اينچ بر دقيقه شروع به براده‌برداري مي‌نمايد تا از نقطه (X1,Y1,Z-0125) به نقطه (X2,Y2,Z-0125) مي‌رود.

N45 : در اين نقطه از برنامه ابزار برداه برداري از نقطه فعلي (X2,Y2,Z-0.125) با حركتي سريع به نقطه (X0,Y0,Z+1) حركتي سريع را انجام مي‌دهد.

در مورد فاز مياني يا فاز حركتها بايستي توجه داشت كه اين فاز از برنامه در برگيرنده تمامي حركتها اعم از حركت سريع يا حركت كند (حركت همراه با براده‌برداري) مي‌باشد. همچنين اين فاز مي‌تواند حاوي اطلاعات مربوط به براده‌برداري دايره اي، برنامه‌هاي از پيش نوشته شده (مانند عمليات خان كشي، برقوكاري و ...) نيز باشد.

ج) فاز انتهائي

فاز انتهائي اين برنامه شامل خطوط زير مي‌باشد:

N50 M05 N55 M30

تفسير خطوط مربوط به اين فاز به شرح زير مي‌باشد:

N50 : اين خطوط نشان دهنده خاموش شدن اسپيندل مي‌باشد.

N55 : اين خط نشان دهنده پايان برنامه مي‌باشد.

در مورد فاز انتهائي برنامه بايستي توجه داشت كه اين فاز حاوي تمام كدهائي است كه مربوط به اتمام عمليات ماشين كاري مي‌باشد. در اين فاز تمامي دستوراتي كه فاز ابتدائي به حالت ON بوده‌اند تبديل به حالت OFF مي‌شوند.

كدهاي قيدي

فرض كنيد در يك خط از برنامه از يك نوع كد G استفاده گردد و فرمان اجرا شود، حال اگر در خط بعد از اين خط نيز بخواهيم از همان كد G استفاده كنيم به شرطي كه كد G مربوطه، يك كد قيدي باشد ديگر لازم به نوشتن آن كد G نمي‌باشد.

براي مثال، فرض كنيد لازم است ابزار براده‌برداري ابتدا حركت سريعي به نقطه $(X1, Y1)$ داشته باشد و سپس همان حركت سريع را به نقطه Z داشته باشد در اين صورت از آن‌جاكه كد $G00$ يك كد قيدي است مي‌توان نوشت:

```
N5   G00   X1   Y1
N10  Z1
```

۱- حرف F اگرچه كد نمي‌باشد وليكن مانند كد $G00$ رفتاري قيدي از خود نشان مي‌دهد. اين بدان معني است كه اگر در يك خط از برنامه براي نرخ براده‌برداري عدد خاصي مطرح گردد (مثلا $F5$) آن‌گاه در خطوط بعدي برنامه تا موقعي كه صراحتا براي نرخ براده برداري عددي خاصي ذكر نگردد از همان نرخ براده‌برداري قبلي استفاده مي‌گردد.

۲- تماس ابزار براده‌برداري با قطعه‌كار از زماني شروع مي‌شود كه مختصات Z در برنامه منفي اختيار گردد. در اين حالت بايد بسيار مواظب بود زيرا عملا با دادن يك فرمان اشتباه در خطوط بعدي برنامه و يا يك حركت نامناسب ابزار براده‌برداري ممكن است صدمات جبران‌ناپذيري به ماشين CNC يا قطعه كار وارد گردد. به همين لحاظ توصيه مي‌شود قبل از وارد كردن برنامه به ماشين واقعي CNC برنامه حتما امتحان گردد و شخص از

چگونگي حركت ابزار برا‌ده‌برداري نسبت به قطعه‌كار آگاهي پيدا نمايد.

استفاده از جدول برنامه‌نويسي

براي آماده‌سازي برنامه CNC مورد نظر بهتراست كه ابتدا جدولي تهيه نماييم و اهداف مورد نظر را ابتدا در جدول پياده سازيم و سپس با استفاده از اين جدول برنامه CNC را بنويسيم. در ادامه يك نمونه از اين جدول به همراه اهداف موردنظر آورده شده است.

جدول ۳-۱- يك نمونه از جدول برنامه‌نويسي CNC

				نام قطعه:				برنامه‌نويس:		
				نوع ماشن:		تاريخ:		صفحه:		
								ابعاد قطعه‌كار:		
سري N	كد G	موقعيت X	موقعيت Y	موقعيت Z	موقعيت K,J,I	نرخ‌براده برداري F	شعاع R	سرعت S	ابزار T	كد M
5	20.90									
10									5	6
15								1200		3
20	0 0	0	0							
25				0.1						
30	1			-0.1		2				
35		1.5								
40	0 0			0.1						
45										5
50										30

با توجه به جدول ۳-۱، برنامه مربوطه به شرح زير خواهد بود:

```
%
1002
N5   G20  G90
N10  M06  T5
N15  M03  S1200
N20  G00  X0   Y0
N25  Z0.1
N30  G01  Z-0.1      F2.0
N35  G01  X1.5
N35  G01  X1.5
N40  G00  Z0.1
N45  M05
N50  M30
```

ساختار يك خط از برنامه

غالبا توجه به ساختار برنامه بسيار مهم‌تر از توجه به ساختار كل برنامه مي‌باشد زيرا ممكن است در يك خط از برنامه اتفاقي حادث شود كه عملكرد كل ماشين *CNC* را خراب نمايد و ديگر ماشين *CNC* فرصت رسيدگي به خطوط ديگر برنامه را نداشته باشد. هر خط از برنامه مستقيما وارد *CPU* كامپيوتر مي‌گردد و اين امر باعث حياتي بودن ساختار يك خط مي‌گردد به عنوان مثال ساختار خط زير را در نظر بگيريد:

```
N135      G01      X1      Y1      Z-0.125      F5
```

اين خط شامل اجزاي زير مي‌باشد:

*N*135: اين جز نشان دهنده شماره خط مي‌باشد.

*G*01: كد *G* كه به ماشين فرمان مي‌دهد آمادگي لازم براي يك جابه‌جايي خطي ابزار برادەبرداري را داشته باشد.

*X*1, *Y*1, *Z*−0.125: مختصات نقاطي كه ابزار برادەبرداري در انتهاي عمليات خود بايد به آن‌ها برسد را به اطلاع ماشين مي‌رساند.

F5: به ماشين CNC اعلام مي‌نمايد كه بايد نرخ برداده‌برداري ابزار برداده‌برداري تا رسيدن به مختصات مورد نظر به اندازه ٥ اينچ بر دقيقه باشد (به شرطي كه در خطهاي قبلي برنامه واحدهاي مختلف بر حسب اينچ تنظيم شده باشد)

لازم به ذكر است كه در تمامي خطوط مربوط به برنامه‌هاي CNC محدوديت‌هايي مشابه وجود دارد كه به شرح زير مي‌باشند:

١- هر خط برنامه تنها مي‌تواند شامل يك جابه‌جايي ابزار برداده‌برداري باشد.

٢- هر خط برنامه تنها مي‌تواند شامل يك نرخ برداده‌برداري باشد.

٣- هر خط برنامه تنها مي‌تواند شامل يك ابزار برداده‌برداري و يك دور موتور خاص براي اسپيندل باشد.

٤- هر خط برنامه تنها مي‌تواند شامل يك شماره خط باشد.

اعمال لازم قبل از نوشتن برنامه CNC

قبل از شروع به برنامه‌نويسي CNC شخص برنامه نويس بايد اطلاعات لازم را در مورد مختصات نقطه‌هاي مختلف قطعه كار و انتخاب سرعت دوراني و نيز نرخ برداده‌برداري ابزار كار را استخراج نمايد. پس از اينكه اين اطلاعات را استخراج نمود جداولي به شرح زير تنظيم نمايد.

جدول مربوط به مختصات نقاط: پس از انجام عمليات رياضي لازم بايستي اطلاعات نقاط مختلف كار را به شرح زير در جدول مربوط وارد نمود.

حركت ابزار

در تمامي ماشينهاي CNC تنها سه نوع حركت به شرح زير وجود دارد:

G00 : حركت سريع ابزار براده‌برداري

G01 : حركت كند ابزار براده‌برداري همراه با عمل براده‌برداري در يك خط مستقيم

G02/G03 : حركت كند ابزار براده‌برداري همراه با عمل براده‌برداري دريك مسير دايره‌اي تمامي حركات ديگر مانند كد G81 در ماشين فرز (اين كد مربوط به سوراخكاري است) يا كد G84 به صورت تركيبي از اين سه نوع حركت اصلي قابل بيان مي‌باشند. لازم به ذكر است كه اين سه نوع كد G از نوع كدهاي قيدي ميباشند. بعضي ديگر از كدهاي G مورد استفاده در برنامه‌نويسي CNC نيز قيدي مي‌باشند كه در جاي خود توضيح داده خواهد شد.

استفاده از برنامه‌هاي آماده

برنامه‌هاي آماده برنامه‌هائي هستند كه كمك مؤثري به برنامه نويس در جهت نوشتن ساده يك برنامه مي‌نمايند. استفاده از اين نوع برنامه‌ها مي‌تواند كمك مؤثري در كم كردن حجم برنامه، حذف عمليات رياضي پيچيده و بهينه نمودن برنامه نمايد. مثالهائي از برنامه‌ها آماده در ماشينهاي فرز عبارتند از: برنامه سوراخكاري، برنامه برقو كاري، برنامه قالويزكاري، برنامه بورينگ و ... .

هر كدام از اين برنامه‌ها به جاي اينكه حاوي سه فاز اصلي و خطوط مربوط باشند تنها با يك كد مشخص مي‌گردند همين امر در بهينه نمودن برنامه‌نويسي كمك به سزائي برنامه نويس مي‌نمايد.

ابزار براده‌برداري

بايد توجه داشت كه براي هر نوع عمليات ماشين‌كاري خاص نظير سوراخكاري، قلاويزكاري و ... ابزار كار مناسبي وجود دارد كه شخص برنامه‌نويس بايد با توجه به تجربه، ابزار كارمناسب را انتخاب نمايد. اندازه و شكل ابزار براده‌برداري براي يك هدف خاص نيز مسئله ديگري است كه بايد به نحو مناسب به آن پرداخته شود. دراين خصوص كاتالوگ‌هاي صنعتي مربوط به ابزارهاي مختلف مي‌توانند اطلاعات ارزشمندي را در اختيار برنامه‌نويس قرار دهند. لازم به ذكر است كه ماشين‌هاي فرز *CNC* از تعداد محدودي ابزار براده‌برداري مي‌توانند استفاده نمايند. مشخصات اين سري از ابزارهاي براده‌برداري و كد مربوط به آن‌ها در حافظه اين گونه ماشين‌ها ذخيره گرديده است.

در انتخاب ابزار براده‌برداري مناسب بايد به نكات زير توجه نمود:

۱- ابزار كار در سوراخكاري

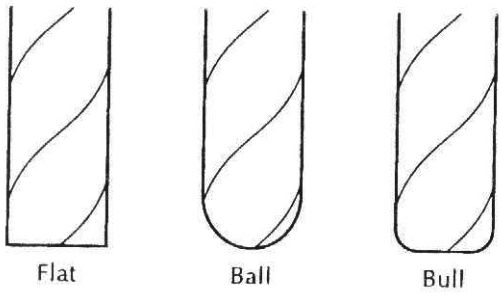
ابزارهاي مناسب براي سوراخكاري عبارتند از: مته‌هاي ساده كه داراي ۲ يا ۳ يا ٤ لبه برش مي‌باشند. مته‌هاي دولبه براي سوراخكاري اوليه استفاده مي‌شوند و ازمته‌هاي ۳ يا ٤ لبه براي صيقل‌كاري سوراخ‌هايي كه توسط مته‌هاي دولبه ايجاد مي‌شوند، استفاده مي‌گردد.

۲- ابزار كار در ماشين‌هاي فرز

در ماشين‌هاي فرز قطعه كار ثابت بوده و ابزار براده‌برداري داراي حركت دوراني مي‌باشد. انتهاي ابزارهاي براده‌برداري در ماشين‌هاي فرز داراي سه شكل به شرح Flat[۱] و ballanose[۲] و يا تركيبي از اين دو

۱- تخت
۲- نيم‌كروي

(Bull) مي‌باشد. اين سه نوع انتها در شكل ۱-۵، نشان داده شده‌اند.



شكل ۱-۵- سه نوع انتهاي ابزار كار در ماشين فرز

۳- ابزار كار درماشين‌هاي تراش

در ماشين‌هاي تراش نوع سطح توليد شده توسط ماشين تراش بستگي كامل به نوع ابزار براده‌برداري و مسير براده‌برداري دارد. هنگامي كه لبه برنده‌اي از ابزارهاي براده‌برداري شكسته مي‌شوند سطح قطعه‌كار خشن شده و نيروي لازم براي براده‌برداري افزايش مي‌يابد. در اين حالت ارتعاش و صداي سوت مانندي توليد مي‌شود كه مي‌تواند بيانگر شكسته شدن لبه ابزار براده‌برداري باشد. در هر حال در انتخاب ابزار براده‌برداري مناسب در ماشين‌هاي تراش بايد عوامل زير را مد نظر قرار داد.

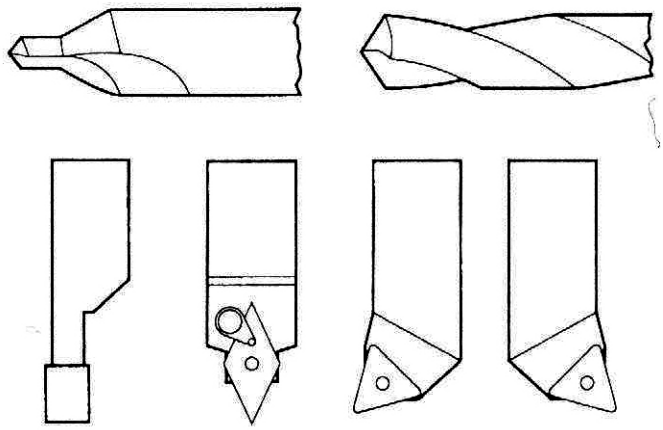
الف- جنس ابزار براده‌برداري

ب- شكل و فرم ابزار براده‌برداري

ج- فرم ابزار

در مورد جنس ابزار براده‌برداري ماشين‌هاي تراش بايد در نظر داشت كه جنس اين گونه ابزارها مي‌تواند از نوع فولادهاي ابزار كربني، فولادهاي تندبر، آلياژهاي غيرآهني ريختگي، فولادهايي با فاز كاربيدي، فولادهاي تفجوش و يا فولادهاي مصنوعي سائيده و الماسه‌ها باشد.

همچنين در مورد شكل و فرم ابزار براده‌برداري در ماشين‌هاي تراش بايد به مسائلي نظير زاويه ابزار، زاويه لبه برنده، شعاع دماغه ابزار و زاويه شيار توجه نمود. شكل ۲-۵ نشان‌دهنده بعضي از ابزارهاي براده‌برداري در ماشين‌هاي تراش مي‌باشد.



شكل ۲-۵- بعضي از ابزارهاي براده‌برداري در ماشين‌هاي تراش

محاسبات مربوط به نرخ براده‌برداري و سرعت اسپيندل

از آنجا كه جنس مواد مختلف متفاوت مي‌باشد لذا براي براده‌برداري از مواد مختلف بايد متناسب با جنس مورد نظر نرخ براده‌برداري، سرعت اسپيندل و مايع خنك‌كاري مناسب انتخاب نمود. همچنين نوع ابزار براده‌برداري نيز بر پارامترهاي ذكر شده اثر بسزائي مي‌گذارد. بنابراين با توجه به جنس قطعه كار و نوع ابزار براده‌برداري بايد پارامترهاي مربوط به نرخ براده‌برداري و سرعت اسپيندل و مايع خنك‌كاري را به نحوي مناسب انتخاب نمود كه عمليات ماشينكاري به بهترين وجه صورت گيرد. لازم به ذكر است كه انتخاب سرعت بالاي اسپيندل و نيز نرخ براده‌برداري بالا منجر به شكسته شدن ابزار براده‌برداري يا خشن شدن

سطح قطعه‌كار مي‌شود و نيز انتخاب سرعت پايين منجر به اتلاف وقت مي‌گردد.

هرگاه سرعت دوران اسپيندل با RPM نشان داده شود مي‌توان نوشت:

$$RPM = \frac{4CS}{D} \qquad (۱-۳)$$

در اين رابطه CS نشان‌دهنده سرعت برش ماده در سطح است و واحد آن مي‌تواند فوت بر دقيقه يا متر بر دقيقه باشد و نيز D نشان‌دهنده قطر قطعه كار (در عمليات تراشكاري) و يا قطر ابزار برده‌برداري (در عمليات فرز) مي‌باشد و واحد آن فوت يا متر مي‌باشد.

هم‌چنين هرگاه $Feed$ نشان‌دهنده نرخ برده‌برداري باشد مي‌توان نوشت:

الف- در سيستم‌هاي اينچي ماشين‌هاي تراش

كه رابطه فوق RPM سرعت دوراني اسپيندل بوده و r نرخ برده‌برداري با واحد اينچ در دوران مي‌باشد. معمولا محدوده تغييرات r بين 0.001 تا 0.020 اينچ بر دوران مي‌باشد.

ب- در سيستم‌هاي اينچي ماشين‌هاي فرز

$$Feed(inch/\min) = RPM \times T \times N \qquad (٤-۳)$$

كه در رابطه فوق RPM سرعت دوراني اسپيندل بوده و T نشان‌دهنده نيروي برده‌برداري هر دندانه و Nنشان‌دهنده دندانه‌هاي ابزار برش مي‌باشد.

ج- در سيستم‌هاي متريك ماشين‌هاي تراش

$$Feed(inch/\min) = RPM \times r \qquad (٤-۳)$$

در رابطه فوق r نرخ برده‌برداري با واحد ميليمتر بر دوران مي‌باشد و RPM نشان‌دهنده دور اسپيندل است.

د- در سيستم متريك ماشين‌هاي فرز

$$Feed(mm/\min) = RPM \times T \times N \qquad (۳-٥)$$

جداول ۱-۵ و ۲-۵ به ترتيب نشان‌دهنده پارامتري در سيستم‌ها اينچي و متريك مي‌باشند.

جدول ۱-۵- مقادير *CS* در سيستم اينچي

جنس قطعه‌كار	جنس ابزار براده‌برداري	CS
آلومينيوم و منيزيم	فولاد تندبر	180
برنج و برنز	فولاد تندبر	70
مس	فولاد تندبر	45
چدن نرم	فولاد تندبر	23
چدن سخت	فولاد تندبر	14
فولاد	فولاد تندبر	8
فولاد ضدزنگ سخت	فولاد تندبر	11
فولاد ضدزنگ شكل‌پذير	فولاد تندبر	21
تيتانيوم	فولاد تندبر	11
آلياژهاي آهني	فولاد تندبر	12
آليژهاي آستنيتي	فولاد تندبر	6
آلياژهاي نيكل	فولاد تندبر	2
آلياژهاي كبالت	فولاد تندبر	2

جدول ۲-۵- مقادير CS در سيستم متريك

جنس قطعه‌كار	جنس ابزار براده‌برداری	CS
آلومينيوم و منيزيم	فولاد تندبر	250
برنج و برنز	فولاد تندبر	220
مس	فولاد تندبر	150
چدن نرم	فولاد تندبر	75
چدن سخت	فولاد تندبر	50
فولاد	فولاد تندبر	25
فولاد ضدزنگ سخت	فولاد تندبر	35
فولاد ضدزنگ شكل‌پذير	فولاد تندبر	70
تيتانيوم	فولاد تندبر	35
آلياژهاي آهني	فولاد تندبر	40
آليژهاي آستنيتي	فولاد تندبر	20
آلياژهاي نيكل	فولاد تندبر	5
آلياژهاي كبالت	فولاد تندبر	5

هم‌چنين جدول ۳-۵ و ٤-۵ به ترتيب نشان‌دهنده مقادير T براي ماشين‌هاي فرز در حالت سيستم اينچي و سيستم متريك مي‌باشند.

جدول ۳-۵- مقادير T در سيستم اينچي براي حالت مختلف

جنس قطعه‌كار	جنس ابزار براده‌برداری	T
آلومينيوم و منيزيم	فولاد تندبر	0.005
برنج و برنز	فولاد تندبر	0.005
مس	فولاد تندبر	0.005
چدن نرم	فولاد تندبر	0.005
چدن سخت	فولاد تندبر	0.003
فولاد	فولاد تندبر	0.004
فولاد ضدزنگ سخت	فولاد تندبر	0.003
فولاد ضدزنگ شكل‌پذير	فولاد تندبر	0.003
تيتانيوم	فولاد تندبر	0.002
آلياژهاي آهني	فولاد تندبر	0.001
آليژهاي آستنيتي	فولاد تندبر	0.001
آلياژهاي نيكل	فولاد تندبر	0.001
آلياژهاي كبالت	فولاد تندبر	0.001

جدول ٤-٥- مقادير T در سيستم متريك براي حالات مختلف

جنس قطعه‌كار	جنس ابزار براده‌برداري	T
آلومينيوم و منيزيم	فولاد تندبر	0.12
برنج و برنز	فولاد تندبر	0.12
مس	فولاد تندبر	0.12
چدن نرم	فولاد تندبر	0.12
چدن سخت	فولاد تندبر	0.07
فولاد	فولاد تندبر	0.1
فولاد ضدزنگ سخت	فولاد تندبر	0.08
فولاد ضدزنگ شكل‌پذير	فولاد تندبر	0.08
تيتانيوم	فولاد تندبر	0.08
آلياژهاي آهني	فولاد تندبر	0.05
آليژهاي آستنيتي	فولاد تندبر	0.03
آلياژهاي نيكل	فولاد تندبر	0.03
آلياژهاي كبالت	فولاد تندبر	0.03

در مورد مايع خنك‌كاري بايد توجه داشت كه دو دليل اصلي براي استفاده از مايع خنك‌كاري در ماشينكاري وجود دارد.

١- انتقال حرارت توليد شده

٢- كاهش فرسودگي ابزار براده‌برداري

در اغلب موارد از مايع خنك‌كننده براي برآورده شدن دو مورد ذكر شده در بالا استفاده مي‌شود وليكن در بعضي از موارد خاص از مايع خنك‌كاري براي جابه‌جا نمودن براده‌هاي توليد شده نيز استفاده مي‌شود.

فصل ششم: برنامه‌نويسي فرز *CNC*

كدهاي G مقدماتي

در اين بخش كدهاي G مقدماتي قابل استفاده در ماشين‌هاي فرز *CNC* مطرح خواهند شد. لازم به تذكر است كه تمامي اين كدهاي G مقدماتي در ماشين‌هاي فرز *CNC* واقعي و نيز در نرم‌افزار شبيه‌ساز *CNCez* كاربرد داشته و قابل استفاده‌اند. لازم به تذكر است كه علاوه بر كدهاي G مقدماتي، كدهاي G ديگري نيز قابل استفاده در ماشين‌هاي فرز *CNC* مي‌باشند وليكن اين كدها در نرم‌افزار شبيه ساز *CNCez* كاربرد ندارند.

در اين بخش صرفا به كدهاي مقدماتي كه هم در ماشين‌هاي واقعي و هم در نرم‌افزار *CNCez* مطرح مي‌شوند پرداخته خواهد شد. لازم به ذكر است كه تمامي برنامه‌هايي كه در اين بخش مطرح مي‌شوند را مي‌توان توسط نرم‌افزار *CNCez* اجرا نمود و نتيجه را روي مانيتور كامپيوتر مشاهده نمود.

كدهاي *G* مقدماتي كه در اين بخش مورد استفاده قرار مي‌گيرد در جدول ١-٦ نشان داده شده‌اند. لازم به ذكر است كه بعضي از اين كدها مقيد (قيدي) و بعضي ديگر غيرمقيد مي‌باشند.

جدول ۱-٦- کدهای *G* مقدماتی مورد استفاده در ماشین‌های فرز *CNC* و نرم‌افزار *CNCez*

کد	کاربرد	نوع کد
G00	حرکت سریع ابزار براده برداری	قیدی
G01	حرکت کند ابزار براده برداری به صورت خطی	قیدی
G02	حرکت کند ابزار براده برداری به صورت دایره‌ای *(CW)*	قیدی
G03	حرکت کند ابزار براده برداری به صورت دایره‌ای *(CCW)*	قیدی
G04	زمان توقف ماشین	غیرمقید
G17	نشان دهنده صفحه *XY* (به عنوان صفحه مبنا)	قیدی
G18	نشان دهنده صفحه *XZ* (به عنوان صفحه مبنا)	قیدی
G19	نشان دهنده صفحه *YZ* (به عنوان صفحه مبنا)	قیدی
G20/G70	نشان دهنده واحد اینچ به عنوان واحد محور مختصات	قیدی
G21/G71	نشان دهنده واحد میلیمتر بعنوان واحد محور مختصات	غیرمقید
G28	بازگشت اتوماتیک ابزار براده برداری به نقطه مرجع	غیرمقید
G29	بازگشت اتوماتیک ابزار براده برداری از نقطه مرجع به نقطه قبلی	غیرمقید
G40	لغو کننده کدهای *G41* و *G42*	قیدی
G41	تصحیح کننده شعاع ابزار در حرکت از چپ به راست	قیدی
G42	تصحیح کننده شعاع ابزار در حرکت از راست به چپ	قیدی
G43	تصحیح مثبت طول ابزار	قیدی
G44	تصحیح منفی طول ابزار	قیدی
G80	لغو کننده کد برنامه‌های آماده	قیدی
G81	سیکل سوراخکاری	قیدی
G82	انجام عملیات بورینگ	قیدی
G83	انجام عملیات سوراخکاری عمیق	قیدی
G90	نشان دهنده سیستم مختصات مطلق	قیدی
G91	نشان دهنده سیستم مختصات نسبی	قیدی
G92	انتقال مبداء مختصات	غیرمقید
G98	انتقال ابزار کار به صفحه *Z* اولیه	غیرمقید
G99	انتقال سریع ابزار کار به صفحه میانی پس از عمل سوراخکاری	غیرمقید

استفاده‌کننده از این کدها حتما باید از ماهیت این کدها از نظر مقید یا غیرمقید بودن آن‌ها آگاهی

داشته باشد. اين امر باعث كاهش اشتباه وي در حين برنامه‌نويسي و نيز بالا رفتن دقت برنامه نوشته شده و نيز جلوگيري از افزايش بي‌مورد طول برنامه خواهد شد.

در ادامه هر كدام از كدهاي G مقدماتي با جزئيات بيشتري مورد بررسي قرار مي‌گيرند.

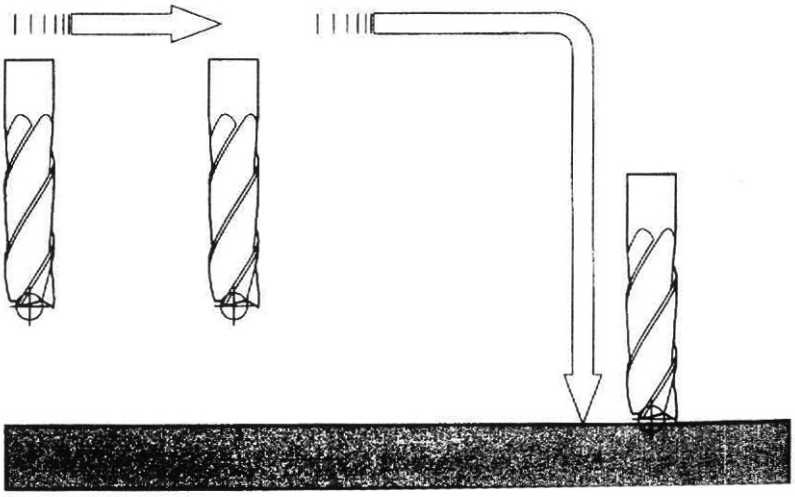
G00 حركت سريع ابزار براده‌برداري

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

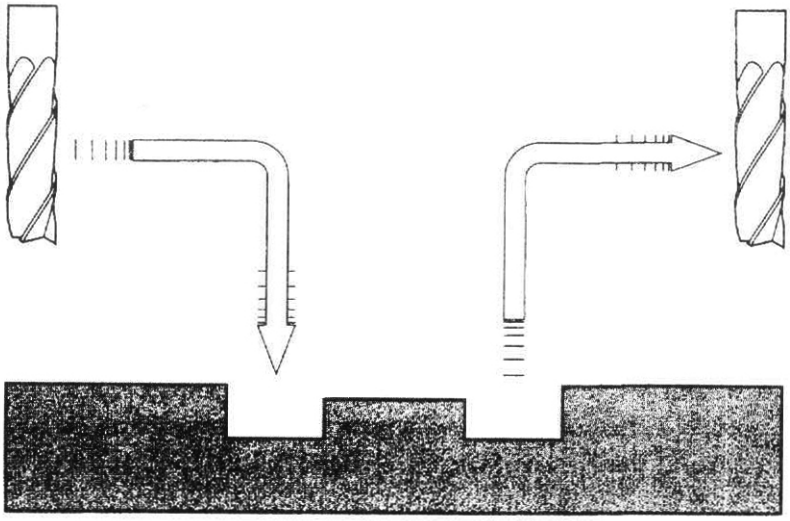
$N-\quad G00\quad X-\quad Y-\quad Z-$

اين كد مربوط به حركت سريع ابزار براده‌برداري بوده و از آن در مواقعي استفاده مي‌شود كه بخواهيم ابزار براده‌برداري يك حركت سريع خطي بدون براده‌برداري را از موقعيتي به موقعيت ديگر انجام دهد. بايد دقت بسيار مبذول نمود كه از اين كد نبايد براي برش فلز با براده‌برداري استفاده نمود. زيرا در اين صورت شكستن ابزار براده‌برداري و آسيب ديدن قطعه‌كار حتمي است.

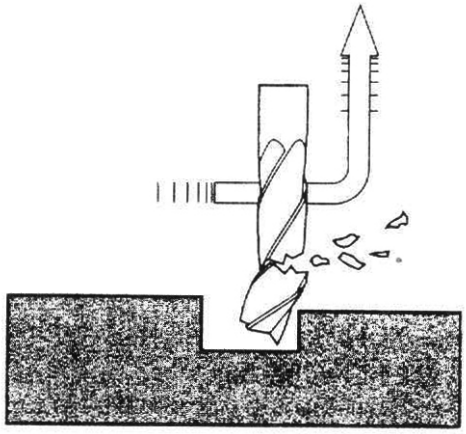
اين كد يك كد مقيد مي‌باشد. در اكثر ماشين‌هاي *CNC* هرگاه لازم باشد ابزار براده‌برداري يك حركت سريع سه‌بعدي (X,Y,Z) انجام دهد، ابتدا بايد اين حركت در صفحه XY صورت گيرد و پس از آن در امتداد محور Z جابه‌جايي صورت گيرد و يا برعكس يعني ابتدا حركت سريع در امتداد محور Z صورت گيرد و سپس حركت در صفحه XY صورت گيرد. در هر صورت بايد حركت در صفحه XY و حركت در امتداد محور Z به صورت مجزا از يكديگر صورت گيرند (به شكل‌هاي ٦-١ و ٦-٢ و ٦-٣) نگاه كنيد.



شكل ١-٦- در اين حالت ابتدا جابجايي در صفحه xy صورت گرفته و سپس در امتداد محور z



شكل ٢-٦- در اين تصوير ابتدا جابجايي در امتداد محور z صورت گرفته و سپس در صفحه xy



**شكل ٣-٦- در اين تصوير حركت بايستي در امتداد محور z صورت مي‌گرفت،
ليكن چون اين مورد رعايت نشده، ابزار براده‌برداري آسيب ديده است.**

با توجه به موقعيت ابزار براده‌برداري بايد نكات زير را براي جلوگيري از صدمه ديدن ابزار براده‌برداري در حركت سريع آن مد نظر قرار داد:

١- هرگاه موقعيت ابزار براده‌برداري يك Z منفي را نشان دهد (يعني ابزار كار در داخل قطعه باشد) ابتدا لازم است حركت در امتداد محور Z صورت گيرد و سپس در داخل صفحه XY.

٢- هرگاه موقعيت ابزار براده‌برداري يك Z مثبت را نشان دهد (يعني ابزار كار در داخل قطعه نباشد) ابتدا لازم است حركت در صفحه XY صورت گيرد و سپس حركت در امتداد محور Zها انجام پذيرد.

G01 حركت كند ابزار براده‌برداري به صورت خطي

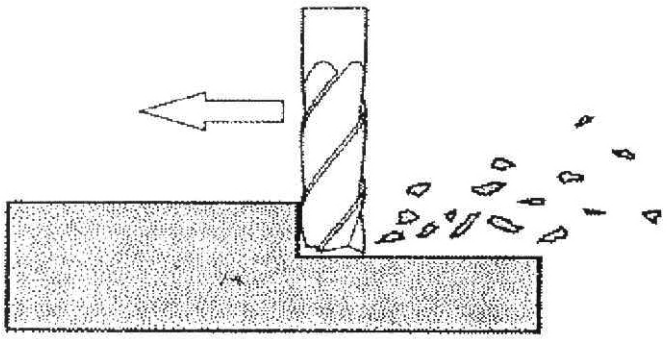
فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N-\quad G01\quad X-\quad Y-\quad Z-\quad F-$

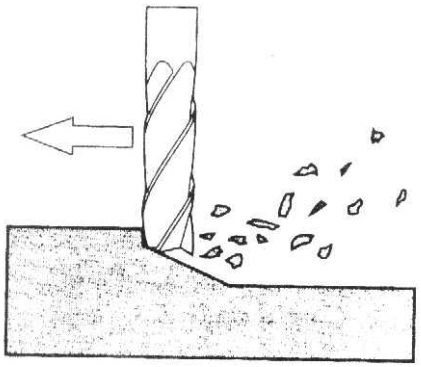
اين كد براي حركت خطي ابزار همراه با عمليات براده‌برداري مي‌باشد. از اين كد در مواقعي استفاده مي‌شود كه بخواهيم عمل براده‌برداري از قطعه كار را

از يك موقعيت مكاني به موقعيت مكاني ديگر داشته باشيم. سرعت انتقالي ابزار در اين حالت بستگي كامل به نرخ براده‌برداري F دارد.

هر چه قدر اين عدد بيشتر باشد، حركت ابزار براده‌برداري سريع‌تر و هر چه قدر اين عدد كمتر باشد حركت انتقالي براده‌برداري كندتر خواهد بود. اين كد يك كد قيدي است و هم‌چنين حركت خطي با استفاده از اين كد محدوديت‌هاي ذكر شده در كد G00 را ندارد و اين بدان معناست كه با استفاده از اين كد مي‌توان حركت همزمان در امتداد محور Zها و صفحه XY را شاهد بود. (به شكل‌هاي ٤-٦ و ٥-٦ نگاه كنيد)



شكل ٤-٦- حركت ابزار براده‌برداري در صفحه xy صورت گرفته است.



شكل ٥-٦- حركت ابزار براده‌برداري همزمان در امتداد محور z ها و صفحه xy صورت گرفته است.

G02 حركت كند ابزار براده‌برداري به صورت دايره‌اي در جهت عقربه‌هاي ساعت (CW)

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N-\quad G02\quad X-\quad Y-\quad Z-\quad I-\quad J-\quad K-\quad F-$

$N-\quad G02\quad X-\quad Y-\quad Z-\quad R-\quad F-$

اين كد براي حركت دايره‌اي ابزار براده‌برداري به صورت كند بوده واز آن در مواقعي استفاده مي‌شود كه بخواهيم عمل براده‌برداري از قطعه كار از يك موقعيت مكاني به موقعيت مكاني ديگر را به صورت دايره‌اي داشته باشيم. در اين كدنيز همانند كد $G01$ سرعت انتقالي ابزار براده‌برداري بر روي مسير دايره‌اي بستگي كامل به نرخ براده‌برداري F دارد. در اين كد مي‌توان براده‌برداري در يك مسير كامل دايره‌اي، نيم‌دايره‌اي، ربع دايره‌اي و يا هر كماني از دايره را بسته به مقادير انتخابي براي K,J,I و يا R شاهد بود.

همان طور كه مي‌دانيد براي مشخص نمودن هر كماني از دايره مختصات ابتدا و انتها و مركز آن كمان مورد نياز است. اين مختصات را مي‌توان به دو صورت براي ماشين مشخص نمود. براي تفهيم بهتر اين موضوع دو مثال براي مشخص نمود كماني از دايره يكي با داشتن مقادير K,J,I و ديگري با داشتن مقدار R در ادامه آورده مي‌شود.

مثال ۱

$G02\quad X2\quad Y1\quad I0\quad J-1$

در اين مثال، با توجه به شكل ٦-٦، هرگاه مختصات ابتداي كمان $X1,Y2$ باشد و بخواهيم مختصات انتهاي كمان $X2,Y1$ باشد و نيز مختصات مركز اين كمان $X1,Y1$ باشد بايد مانند مثال بالا ابتدا كد $G02$ را وارد نمود و سپس مختصات انتهاي كمان را وارد نمود و پس از

آن مختصات نسبي مركز دايره‌اي را نسبت به نقطه ابتداي كمان وارد نمود. در اين مثال مختصات نسبي مركز كمان نسبت به نقطه ابتداي كمان به ترتيب برابر ۰ و ۱- مي‌باشند. بنابراين مقادير متعلق به J,I به ترتيب برابر ۰ و ۱- خواهند بود و لذا به صورت زير نوشته مي‌شود:

$G02 \quad X2 \quad Y1 \quad I0 \quad J-1$

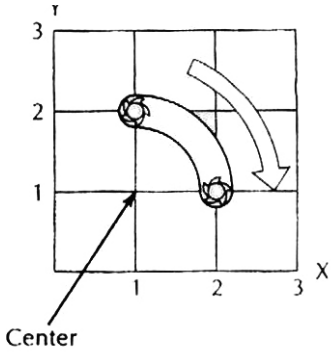


Figure 1

شكل ٦-٦- كمان به وجود آمده توسط ابزار كار بر روي قطعه كار با استفاده از كد G02

مثال ۲

$G02 \quad X2 \quad Y1 \quad R1$

همانند مثال اول در اين‌جا نيز هدف به وجود اوردن كمان مورد نظر در شكل ٦-٦ است. براي اين منظور كافيست مختصات انتهاي كمان و شعاع كمان مورد نظر را به همراه كد $G02$ آورد.

بايد توجه داشت كه در مواردي كه از اين دستور براي مشخص نمود كماني از دايره استفاده مي‌شود و حداكثر كماني كه مي‌توان مشخص نمود كماني با زاويه مركزي ۹۰ درجه خواهد بود و يا به عبارت ديگر با اين نوع دستور با مشخص نمودن شعاع دايره و مختصات انتهاي كمان حداكثر مي‌توان ربع دايره را مشخص كرد.

G03 حركت كند ابزار براده‌برداري به صورت دايره‌اي در خلاف جهت عقربه‌هاي ساعت (CCW)

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N− G03 X− Y− Z− I− J− K− F−

N− G03 X− Y− Z− R− F−

اين كد براي حركت دايره‌اي ابزار براده‌برداري به صورت كند بوده واز آن در مواقعي استفاده مي‌شود كه بخواهيم عمل براده‌برداري از قطعه كار از يك موقعيت مكاني به موقعيت مكاني ديگر را به صورت دايره‌اي داشته باشيم. در اين كدنيز همانند كد G01 سرعت انتقالي ابزار براده‌برداري بر روي مسير دايره‌اي بستگي كامل به نرخ براده‌برداري F دارد. در اين كد مي‌توان براده‌برداري در يك مسير كامل دايره‌اي، نيم‌دايره‌اي، ربع دايره‌اي و يا هر كماني از دايره را بسته به مقادير انتخابي براي I,J,K و يا R شاهد بود.

همان طور كه مي‌دانيد براي مشخص نمودن هر كماني از دايره مختصات ابتدا و انتها و مركز آن كمان مورد نياز است. اين مختصات را مي‌توان به دو صورت براي ماشين مشخص نمود. براي تفهيم بهتر اين موضوع دو مثال براي مشخص نمود كماني از دايره يكي با داشتن مقادير I,J,K و ديگري با داشتن مقدار R در ادامه آورده مي‌شود.

مثال ۱

G03 X1 Y1 I0 J−1

در اين مثال، با توجه به شكل ٧-٦، هرگاه مختصات ابتداي كمان X2,Y2 باشد و بخواهيم مختصات انتهاي كمان X1,Y1 باشد و نيز مختصات مركز اين كمان X2,Y1 باشد بايد مانند مثال بالا ابتدا كد G03 را وارد نمود و سپس مختصات انتهاي كمان را وارد نمود و پس از

آن مختصات نسبي مركز دايره‌اي را نسبت به نقطه ابتداي كمان وارد نمود. در اين مثال مختصات نسبي مركز كمان نسبت به نقطه ابتداي كمان به ترتيب برابر ۰ و ۱- مي‌باشند. بنابراين مقادير متعلق به J,I به ترتيب برابر ۰ و ۱- خواهند بود و لذا به صورت زير نوشته مي‌شود:

$G03 \quad X1 \quad Y1 \quad I0 \quad J-1$

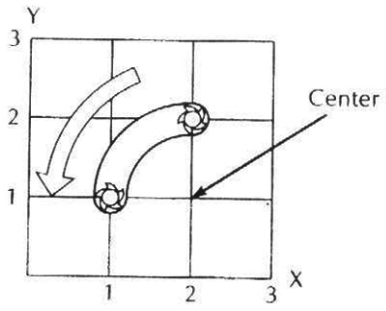


Figure ۲

شكل ۷-٦- كمان به وجود آمده توسط ابزار كار با استفاده از كد G03

مثال ۲

$G02 \quad X2 \quad Y1 \quad R1$

همانند مثال اول در اين‌جا نيز هدف به وجود اوردن كمان مورد نظر در شكل ۷-٦ است. براي اين منظور كافيست مختصات انتهاي كمان و شعاع كمان مورد نظر را به همراه كد $G03$ آورد.

از آن‌جا كه در اين مثال مختصات انتهاي كمان $(X1, Y1)$ و شعاع كمان برابر ۱ است لذا اين دستور به صورت ذكر شده در مثال آورده مي‌شود. همانند كد $G02$ بايد توجه داشت كه در مواردي كه از اين دستور براي مشخص نمود كماني از دايره استفاده مي‌شود و حداكثر كماني كه مي‌توان مشخص نمود كماني با زاويه مركزي ۹۰ درجه خواهد بود و يا به عبارت ديگر با اين نوع دستور با مشخص نمودن شعاع دايره و مختصات

انتهاي كمان حداكثر مي‌توان ربع دايره را مشخص كرد.

G04 زمان توقف ماشين

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N– G04 P–

اين كد يك كد غيرمقيد است و وظيفه آن توقف تمام حركت‌هاي محور براي يك مدت زمان خاص مي‌باشد. در طي زمان توقف حركت‌هاي محوري، اسپيندل هم‌چنان به حركت دوراني خود با همان RPM اوليه ادامه خواهد داد.

اين كد بيشتر در عمليات سوراخكاري و جايي كه صيقلي نمودن سوراخ ايجاد شده اهميت دارد، كاربرد دارد. مدت زمان توقف را بايد بر حسب ثانيه پس از حرف P در اين دستور وارد نمود.

G17 تعيين صفحه XY به عنوان صفحه اصلي

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N– G17

به كار بردن اين كد صفحه XY را به عنوان صفحه اصلي عمليات ماشينكاري براي ماشين معرفي مي‌كند. در تمامي ماشين‌هاي سه‌محوري دو نوع حركت اصلي براي حركت ابزار براده‌برداري وجود دارد. اين دو نوع حركت عبارتند از حركت افقي (در جهت X و يا در جهت Y يا در هر دو جهت) و حركت عمودي (حركت در جهت Z). اين كد يك كد مقيد است و در اكثر ماشين‌هاي CNC به صورت از قبل تعريف شده G17 فعال مي‌باشد.

G18 تعيين صفحه XZ به عنوان صفحه اصلي

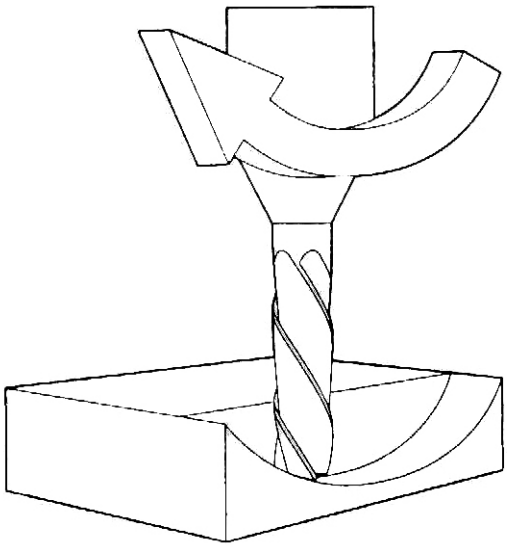
فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N– G18

با به كار بردن اين كد، صفحه *XZ* به عنوان صفحه اصلي عمليات ماشين‌كاري براي ماشين *CNC* شناخته مي‌شود. پس از استفاده از اين دستور محور *Y* به عنوان محور ثانويه شناخته خواهد شد و حركت در جهت *Y* عمود بر صفحه *XZ* خواهد بود.

بايد توجه داشت كه هرگاه بخواهيم با استفاده از اين كد و با استفاده از كدهاي *G*02 و يا *G*03 كماني از دايره در وجه *XZ* قطعه‌كار به وجود آوري، شعاع كمان مربوطه و مركز كمان را ديگر نمي‌توانيم با حرف *J,i* مشخص نماييم بلكه براي اين منظور بايد از حروف *K,I* استفاده نمود.

در هنگام برنامه‌نويسي بايد توجه داشت كه هرگاه از اين كد استفاده گردد محورهاي اوليه و ثانويه برعكس مي‌گردند و لذا كد *G*02 مبين برادەبرداري دايره‌اي در خلاف جهت حركت عقربه‌هاي ساعت و كد *G*03 نشان‌هنده برادەبرداري دايره‌اي در جهت حركت عقربه‌هاي ساعت خواهد بود.



شكل ٨-٦- در اين حالت با استفاده از كد G03 كماني در جهت حركت عقربه‌هاي ساعت
در وجه xz قطعه كار به وجود آمده است.

G19 تعيين صفحه YZ به عنوان صفحه اصلي

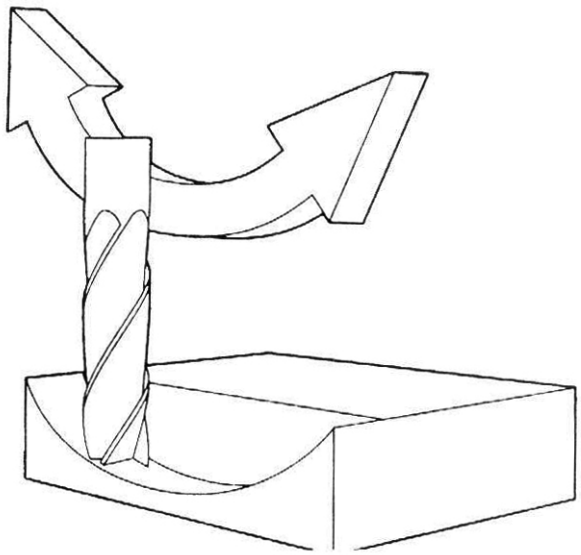
فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N– G19

با به كار بردن اين كد صفحه YZ به عنوان صفحه اصلي عمليات ماشينكاري در عمليت مربوطه به براده‌برداري و ملاحظات به اصلاح قطر ابزار براده‌برداري براي ماشين فرز CNC شناخته مي‌شود.

در اين حالت محور Xها به عنوان محور ثانويه شناخته مي‌شود و در جهت عمود بر صفحه YZ عمل مي‌نمايد.

در اين حالت بايد توجه داشت كه مختصات نسبي مركز كمان و شعاع كمان را نمي‌توان با حروف J,I مشخص نمود، بلكه بايد براي اين منظور از حروف K,J استفاده كرد.



شكل ۹-٦- كمان به وجود آمده توسط ابزار براده‌برداري در وجه yz قطعه كار

در هنگام برنامه‌نويسي بايد توجه داشت كه در اين حالت از آن‌جا كه محورهاي اوليه و ثانويه برعكس شده‌اند كد G02 در اين حالت مبين براده‌برداري

دايره‌اي در خلاف جهت حركت عقربه‌هاي ساعت و كد $G03$ نشان‌هنده براده‌برداري دايره‌اي در جهت حركت عقربه‌هاي ساعت خواهد بود.

G20 يا *G70* انتخاب واحد اينچ به عنوان واحد مبناي محورهاي مختصات

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N-\quad G20$

با استفاده از اين كد سيستم واحدها تبديل به سيستم اينچي مي‌گردد. اين كد يك كد مقيد مي‌باشد.

G21 يا *G71* انتخاب واحد ميليمتر به عنوان واحد مبناي محور مختصات

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N-\quad G21$

با استفاده از اين كد سيستم واحدها تبديل به سيستم متريك مي‌گردد. تمامي اين فواصل بر حسب ميليمتر اندازه گرفته مي‌شود. اين كد يك كد مقيد مي‌باشد.

G28 بازگشت اتوماتيك ابزار براده‌برداري به نقطه مرجع

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N-\quad G28$

يا:

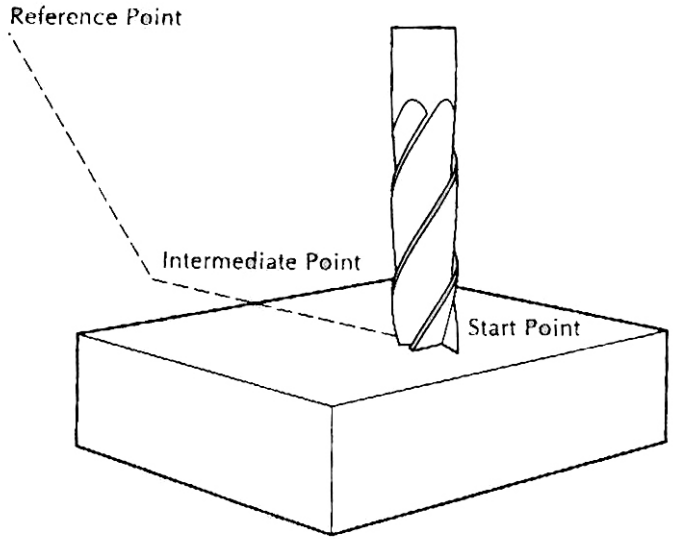
$N-\quad G28\quad X-\quad Y-\quad Z-$

استفاده از اين كد مقدمه‌اي براي تعويض ابزار براده‌برداري مي‌باشد. با استفاده از اين كد ابتدا ابزار براده‌برداري به نقطه مرجع از پيش تعيين‌شده‌اي بازگشت مي‌نمايد و پس از ان با استفاده از كدهاي ديگر مي‌توان ابزار براده‌برداري را به صورت اتوماتيك يا دستي تعويض نمود. هرگاه بخواهيم در مراجعه به نقطه مرجع از پيش تعيين شده ابزار

برادەبرداري از نقطه مياني ديگري *IP* نيز عبور نمايد آن‌گاه از فرم:

N – *G*28 *X* – *Y* – *Z* –

استفاده مي‌كنيم و مشخصات *Z,Y,X* نقطه مياني را دراين دستور وارد مي‌نماييم. (شكل ١٠-٦ را نگاه كنيد)



شكل ١٠-٦- ابزار برادەبرداري از نقطه شروع به نقطه مياني و سپس به نقطه مرجع حركت مي‌كند.

به ياد داشته باشيد كه اين كد يك كد غيرمقيد است.

G29
بازگشت اتوماتيك ابزار براده برداري ازنقطه مرجع به نقطه قبلي

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N-\quad G29$

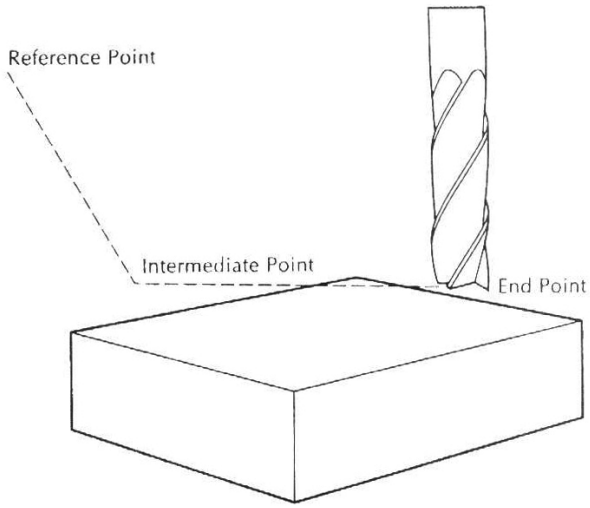
$N-\quad G29\quad X-\quad Y-\quad Z-$

براي بازگشت اتوماتيك ابزار براده‌برداري از نقطه مرجع به نقطه قبلي از اين كد استفاده مي‌شود. اين كد بلافاصله بعد از كد *G*28 و پس از تعويض ابزار براده‌برداري و انتخاب سرعت دوراني مناسب براي اسپيندل استفاده مي‌گردد. هرگاه بخواهيم در مراجعه از نقطه مرجع به نقطه قبلي ابزار براده‌برداري از نقطه ديگري (*Intermediate Po*int) نيز عبور نمايد بايد از فرم:

$N-\quad G29\quad X-\quad Y-\quad Z-$

استفاده شود. در اين حالت بايد مختصات Z,Y,X مربوط به نقطه مياني را در اين دستور وارد نمود. شكل ١١-٦ نشان دهنده حالتي است كه ابزار براده‌برداري از نقطه مرجع و پس از گذشتن از نقطه مياني به نقطه ابتدايي بازگشت مي‌نمايد.

به ياد داشته باشيد كه همانند كد *G*28 اين كد نيز يك كد غيرمقيد مي‌باشد.



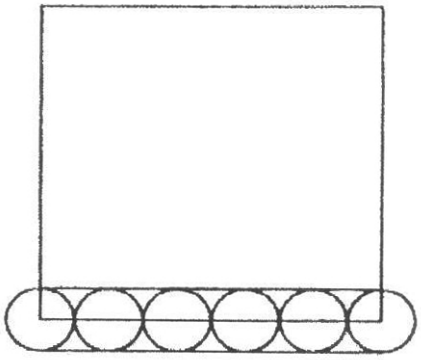
شكل ١١-٦- ابزار براده‌برداري از نقطه مرجع شروع به حركت مي‌نمايد و پس از گذشتن از نقطه مياني به نقطه ابتدايي مي‌رسد.

G40 لغو كننده فرامين تصحيح فاصله ابزار براده‌برداري

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

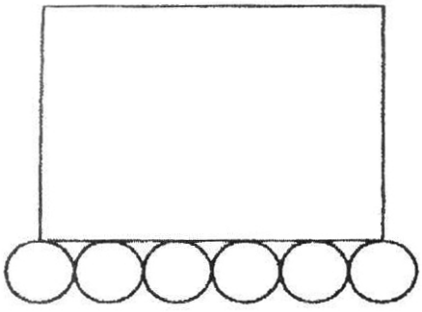
$N-\quad G40$

اين كد تمامي تصحيحات مربوط به فاصله ابزار براده‌برداري نسبت به قطعه‌كار را لغو مي‌نمايد. لازم به ذكر است كه در طول برنامه‌نويسي *CNC* هرگاه از تصحيحات ابزار براده‌برداري استفاده نگردد، مختصاتي كه براي حركت ابزار به آن مختصات در طول برنامه آورده مي‌شود، مكان‌هايي هستند كه مركز ابزار براده‌برداري در آن مختصات قرار مي‌گيرد. لذا ممكن است براده‌برداري‌هاي ناخواسته‌اي (بنا به قطر ابزار براده‌برداري) انجام گيرد. براي مثال با توجه به شكل ١٢-٦، هرگاه ابزار براده‌برداري بخواهد از نقطه $(X0,Y0)$ به نقطه $(X4,Y0)$ حركت نمايد مقدار براده‌برداري ناخواسته (به اندازه شعاع ابزار براده‌برداري) نيز انجام مي‌گيرد.



شكل ۱۲-٦- براده‌برداري ناخواسته در طول مسير حركت ابزار براده‌برداري از نقطه (X0,Y0) به نقطه (X4,Y0)

حال فرض كنيد بخواهيم ابزار براده‌برداري همين مسير را طي نمايد بدون اين كه هيچگونه براده‌برداري اتفاق بيفتد و در عين حال نيز لبه ابزار براده‌برداري با ضلع پاييني مستطيل مماس باشد. براي اين كار دو راه وجود دارد. راه اول اين است كه مطابق شكل ۱۳-٦، مختصات نقطه مرجع $(X0, Y-R)$ تعريف گردد و سپس حركت ابزار براده‌برداري انجام گيرد.



شكل ۱۳-٦- تغيير مختصات نقطه مرجع به نحوي كه براده‌برداري ناخواسته اتفاق نيفتد.

راه دوم اين است كه يك تصحيح فاصله مناسب براي ابزار در نظر گيريم كه ماشين *CNC* به طور اتوماتيك در حركت دادن‌هاي ابزار براده‌برداري به مختصات مختلف اين تصحيح فاصله را اعمال نمايد. دراين حالت اصطلاحا گفته مي‌شود كه تصحيح ابزار براده‌برداري

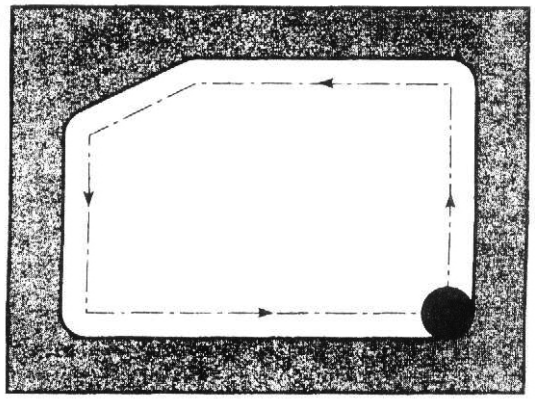
صورت گرفته است. كد *G*40 تمامي تصحيح ابزارهاي در طول برنامه را بي‌اثر مي‌نمايد. اين تصحيح ابزارها داراي كدهاي مخصوص به خود مي‌باشند كه به آن‌ها پرداخته خواهد شد. به ياد داشته باشيد كه كد *G*40 يك كد مقيد مي‌باشد.

تصحيح ابزار چپ *G*41

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

*N*_ *G*41 *D*_

اين كد تصحيح فاصله مشخصي را به سمت چپ مسير حركت ابزار براده‌برداري اعمال مي‌نمايد.



شكل ١٤-٦- ابزار براده‌برداري در سمت چپ خط برش قرار مي‌گيرد.

در هنگام استفاده از اين كد بايد توجه داشت كه پارامتر *D*، مبين فاصله تصحيح بوده و بنا به مقاديري كه به *D* نسبت داده مي‌شود مي‌توان فواصل متفاوتي را براي تصحيح فاصله ابزار براده‌برداري در نظر گرفت.

توجه داشته باشيد كه كد *G*41 يك كد مقيد بوده و تا زماني كه توسط كد *G*40 آن را لغو ننماييم اين كد به فعاليت خود ادامه خواهد داد. از آن جا كه كد *G*41 تصحيح فاصله مشخصي را به سمت چپ مسير براده‌برداري ابزار اعمال مي‌نمايد، بايد شخص

برنامه‌نويس حتما به اين نكته توجه داشته باشد كه ابعاد قطعه پس از عمل براده‌برداري چه مقدار خواهد شد و اين نكته را در پارامتر D اعمال نمايد.

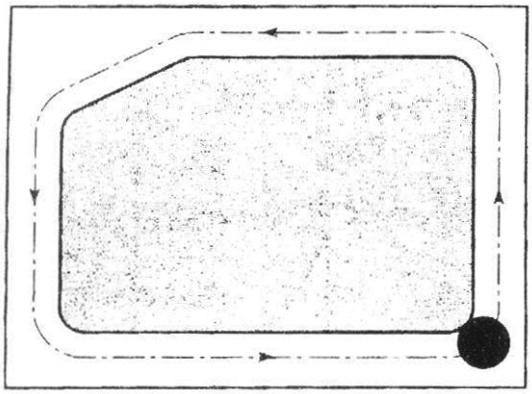
هرگاه مسير براده‌برداري تغييرجهت دهد (مثلا از افقي به عمودي يا مورب) ابزار براده‌برداري به طور اتوماتيك، حركت خود را با فاصله مورد نياز براي تصحيح وفق مي‌دهد.

G42 تصحيح ابزار راست

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N_ \quad G42 \quad D_$

اين كد تصحيح فاصله مشخصي را به سمت راست مسير حركت ابزار براده‌برداري اعمال مي‌نمايد. (شكل ١٥-٦)



شكل ١٥-٦- ابزار براده‌برداري در سمت راست خط برش قرار مي‌گيرد.

در هنگام استفاده از اين كد بايد توجه داشته باشيد كه پارامتر D مبين فاصله تصحيح بوده و بنا به مقاديري كه به D نسبت داده مي‌شود مي‌توان فواصل متفاوتي را براي تصحيح فاصله ابزار براده‌برداري در نظرگرفت. توجه داشته باشيد بنا به مقاديري كه به D نسبت داده مي‌شود حافظه ماشين (MCU) تصحيح فاصله‌هاي خاصي را به ابزار براده‌برداري نسبت مي‌دهد. مثلا براي D_{11} اين مقدار

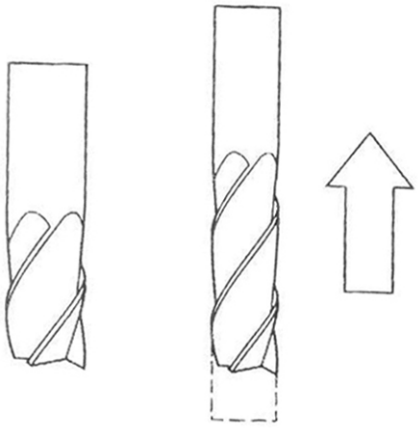
برابر 0.25 اينچ خواهد بود. از آن‌جا كه كد *G42* تصحيح فاصله مشخصي را به سمت راست مسير برادهبرداري ابزار اعمال مي‌نمايد بايد برنامه‌نويس حتما به اين نكته توجه داشته باشد كه ابعاد قطعه پس از عمل برادهبرداري چه مقدار خواهد شد و اين نكته را در پارامتر *D* اعمال نمايد.

G43 تصحيح طول ابزار (مثبت)

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

*N_ G43 H_*

اين كد تصحيح فاصله را به طول ابزار برادهبرداري اعمال مي‌نمايد. بايد توجه داشت كه ابزارهاي مختلف داراي طول‌هاي متفاوتي مي‌باشند و اگر نقطه مرجع براي ابزار خاصي تنظيم گردد، ممكن است براي ابزار ديگر اين نقطه، نقطه مرجع نباشد. اين مسئله موقعي حاد مي‌گردد كه در طول برنامه *CNC* احتياج به تعويض ابزار برادهبرداري داشته باشيم. براي آن كه نقطه مرجع در تعويض ابزار برادهبرداري تغيير موضع ندهد (در طول محور *Z*ها) از اين كد استفاده مي‌گردد. پارامتر *H* در اين كد پارامتري است كه به وسيله آن مي‌توان تصحيح طول لازم را به ابزار برادهبرداري اعمال نمود. مثلا *H13* مبين تصحيح فاصله‌اي برابر با 0.25 اينچ مي‌باشد. (اين مقادير را مي‌توان براي دستگاه *CNC* تعريف نمود). با توجه به شكل ٦-١٦ مشخص است كه طول ابزار جديد (سمت راست) نسبت به طول ابزار قديم (سمت چپ) كمي بلندتر است بنابراين اسپيندل دستگاه بايد مقداري به سمت بالا و در جهت محور *Z*ها حركت نمايد. (اين مقدار حركت برابر با تصحيح طول ابزار مي‌باشد).



شكل ١٦-٦- براي جلوگيري از جابجايي نقطه مرجع دستگاه، ابزار براده‌برداري مي‌بايستي به سمت بالا حركت نمايد.

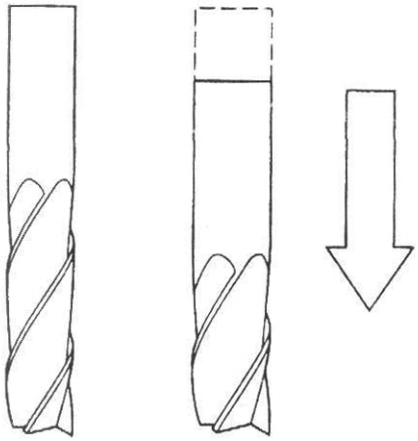
بايد توجه داشت كه مقدار H را بايد به نوعي انتخاب كرد كه تصحيح فاصله مربوطه به اندازه دقيقا برابر با اختلاف طول دو ابزار منجر گردد. مثلا اگر اختلاف طول دو ابزار متفاوت 0.25 اينچ بود مي‌توان پارامتر $H10$ را براي ماشين CNC تعريف كرد و مقداري كه به اين پارامتر متعلق مي‌گيرد را 0.25 اينچ معرفي نمود.

$G44$ تصحيح طول ابزار (منفي)

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N_ \quad G44 \quad H_$

همانند كد $G43$ اين كد نيز تصحيح فاصله مشخصي را به طول ابزار براده‌برداري اعمال مي‌نمايد. پارامتر H در اين كد پارامتري است كه به وسيله آن مي‌توان تصحيح طول لازم را به ابزار براده‌برداري اعمال نمود. بايد توجه داشت كه از اين كد هنگامي استفاده مي‌شود كه طول ابزار جديد از طول ابزار قديم كوتاه‌تر باشد.



شكل ١٧-٦- براي جلوگيري از جابجايي نقطه مرجع دستگاه، ابزار براده‌برداري باید مقداري به سمت پايين حركت نمايد.

با توجه به شكل ١٧-٦، مشخص است كه طول ابزار جديد (سمت راست) نسبت به طول ابزار قديم (سمت چپ) كمي كوتاه‌تر است بنابراين اسپيندل دستگاه بايد مقداري به سمت پايين و در جهت منفي محور Zها حركت نمايد. (اين مقدار حركت برابر با تصحيح طول ابزار مي‌باشد)

در هنگام استفاده ازاين كد بايد توجه داشت كه مقدار H را بايد به نوعي انتخاب كرد كه تصحيح فاصله مربوطه به ابزار دقيقا برابر با اختلاف طول دو ابزار گردد.

G49 لغوكننده كدهاي مربوط به تصحيح طول ابزار

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N_ \quad G49$

اين كد لغوكننده كدهاي مربوط به طول ابزار مي‌باشد.

G80 لغوكننده مربوط به برنامه‌هاي آماده

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ G80

لازم به ذكر است كه در بسياري ازماشين‌هاي *CNC* برنامه‌هاي آماده‌اي وجود دارند كه هرگاه كد مربوطه به اين برنامه‌ها در خطي از برنامه *CNC* گنجانده شود آن برنامه‌ها به طور اتوماتيك اجرا خواهند شد. از جمله اين برنامه‌هاي آماده مي‌توان به كدهاي G81 (سيكل سوراخكاري)، *G82* (سيكل سوراخكاري به همراه توقف در حركت عمودي ابزار براده‌برداري)، *G83* (سيكل سوراخكاري عميق)، قلاويزكاري، براده‌برداري و صيقل‌كاري اشاره نمود. كد *G80* عملا لغو كننده تمام اين كدها مي‌باشد و بهتر است كه در سطرهاي اول برنامه گنجانده شود.

G81 سيكل سوراخكاري

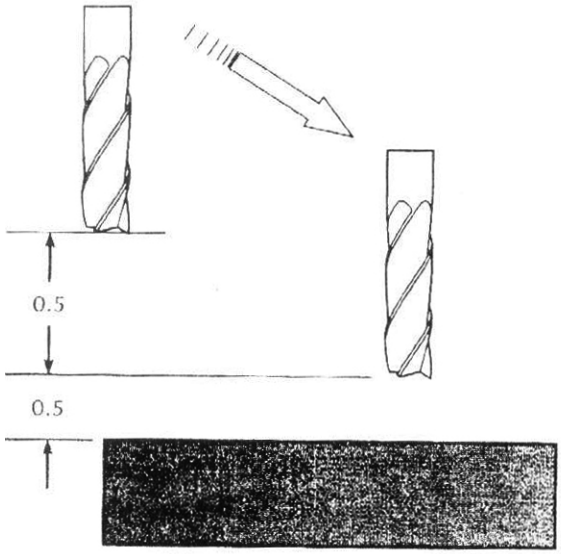
فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ G81 Z_ R_ F_

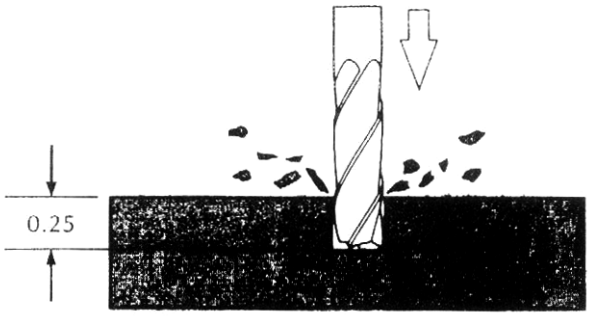
اين كد يك كد مقيد است و براي به وجود آوردن سوراخ بر روي قطعه مورد استفاده قرار مي‌گيرد. در اين كد پارامتر Z نشان‌دهنده ارتفاعي است كه از ان ارتفاع به بعد حركت ابزار به صورت عمودي و همراه با براده‌برداري آغاز مي‌گردد. مثلا هرگاه ارتفاع كف ابزار براده‌برداري نسبت به سطح قطعه‌كار برابر برابر با ۱ اينچ باشد و سپس كد G81 را به طريقه زير وارد نماييم:

G81 Z−0.5 R0.125 F5

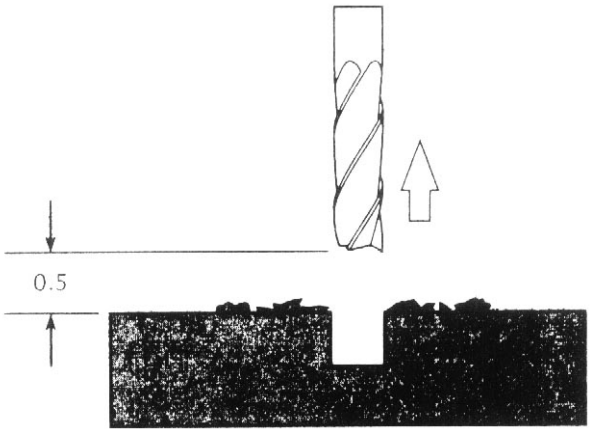
درابتدا شاهد حركت سريع ابزار براده‌برداري از Z=1 تا Z=0.125 خواهيم بود. پس از آن حركت آهسته ابزار براده‌برداري با نرخ 5 اينچ بر دقيقه شروع مي‌شود و تا Z=−0.5 ادامه پيدا مي‌كند. سپس ابزار براده‌برداري به موقعيت مياني يعني موقعيت Z−0.125 برمي‌گردد و منتظر موقعيت جديد مكاني براي سوراخكاري مي‌ماند. اشكال ۱۸-٦ را نگاه كنيد.



شكل ۱۸-٦-a



شكل ۱۸-٦-b



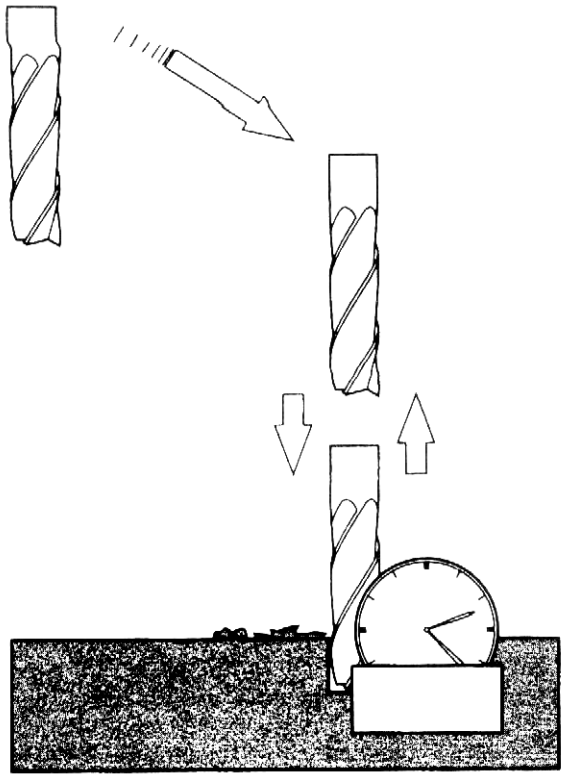
شكل ۱۸-٦-c

G82 سيكل سوراخكاري به همراه توقف در حركت عمودي ابزار براده‌برداري

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

*N_ G82 Z_ R_ P_ F_*

اين كد دقيقا همان عمل كد *G81* را انجام مي‌دهد با اين تفاوت كه وقتي ابزار براده‌برداري به عمق مورد نظر براي سوراخكاري رسيد، حركت عمودي ابزار قطع مي‌شود وليكن ابزار براده‌برداري در همان عمق شروع به دوران تا مدت زمان خاصي مي‌نمايد. (شكل ١٩-٦)



شكل ١٩-٦- پس از رسيدن به عمق مورد نظر، ابزار براده برداري تا مدت زمان خاصي در همان عمق به دوران خود ادامه مي‌دهد.

با استفاده از اين كد مي‌توان صيقلكاري مناسبي در درون سوراخ‌هاي ايجاد شده داشت. لازم به ذكر است كه مدت زمان توقف در عمق سوراخ را با پارامتر *P* مشخص

مي‌نماييم. زمان توقف بر حسب ثانيه مي‌باشد. مثلا پارامتر P30 نشان‌دهنده زمان توقفي برابر با ۳۰ ثانيه در عمق سوراخ ايجاد شده مي‌باشد.

دستور G92 جهت جابه‌جايي مختصات نقطه مبدأ به كار مي‌رود. توجه داشته باشيد كه مبدأ يك نقطه فيزيكي در دستگاه ماشين ابزار نمي‌باشد. غالبا مبدأ را در محلي قرار مي‌دهيم كه بتوانيم به راحتي مختصات ساير نقاط را از مبدأ به دست آوريم. (براي مثال يكي از گوشه‌هاي قطعه‌كار). بعضي مواقع لازم مي‌شود كه نقطه مبنا انتقال يابد. به عنوان مثال اگر بخواهيم عمليات يكسان بر روي چند قطعه‌كار انجام دهيم مي‌توان نقطه مبنا را حركت داد و تا زماني كه خودتان آن را باز نگردانيد در محل انتقال يافته خواهد ماند.

G98 حركت سريع ابزار به صفحه ارتفاع اوليه

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ G98

دستور G98 باعث مي‌شود كه ابزار براده‌برداري پس از انجام عمل سوراخكاري به طور اتوماتيك به صفحه ارتفاع اوليه بازگشت نمايد. اين برگشت به نوعي انجام مي‌گيرد كه ابزار براده‌برداري بالا و بيرون از قطعه‌كار قرار گيرد. (شكل ۲۰-٦)

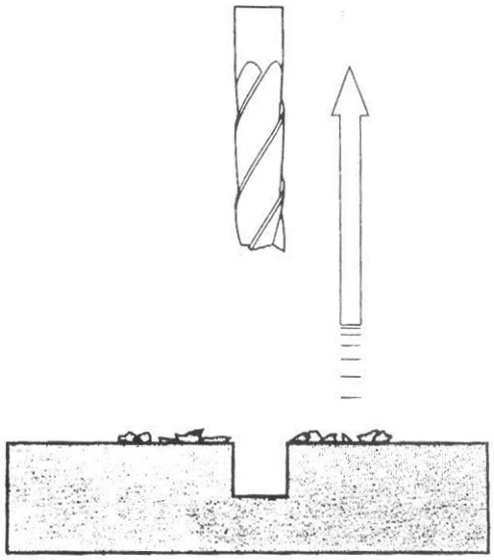


Figure 3

شكل ٢٠-٦- برگشت سريع ابزار برادهبرداري به صفحه ارتفاع اوليه پس از انجام عمل سوراخكاري

G99 حركت سريع ابزار به صفحه ارتفاع ميانـي

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

*N_ G*99

دستور *G*99 باعث مي‌شود كه ابزار برادهبرداري پس از انجام عمل سوراخكاري به طور اتوماتيك به صفحه ارتفاع ميانـي بازگشت نمايد.

كدهاي *M* مقدماتـي

همان طور كه مي‌دانيد كدهاي *M* توابع گوناگوني را شامل مي‌شوند كه در بردارنده فعاليت‌هاي لازم براي انجام عمليات ماشينكاري مي‌باشند وليكن هيچگونه حركت ابزار برادهبرداري را توليد نمي‌نمايند. از جمله اين فعاليت‌ها مي‌توان به مواردي از جمله اتمام برنامه، اتمام موضعي برنامه، حركت دوراني اسپيندل در جهت عقربه‌هاي ساعت، حركت دوراني اسپيندل خلاف

جهت حركت عقربه‌هاي ساعت و ... اشاره كرد. كدهاي M مقدماتي به شرح جدول ۲-٦ مي‌باشند.

```
N20  G00  X1   Y1
N25  Z0.5
N30  G82  Z-0.25     R0.125     P1    F5
N35  X2
N40  X3
N45  Y2
N50  X2
N55  X1
N60  G80  G00  Z1
N65  X0   Y0
N65  X0   Y0
N70  M05
N75  M30
```

Figure ٤

سيكل سوراخكاري عميق *G83*

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

```
N_  G83  Z_  R_  Q_  F_
```

هرگاه خواهيم سوراخكاري عميق بر روي قطعه كار انجام دهيم نبايد اين كار را تنها با يك كد $G81$ (سوراخكاري معمولي) انجام دهيم. زيرا امكان شكستن ابزار براده‌برداري در داخل قطعه‌كار وجود دارد. اين مشكل را مي‌توان با استفاده از كد $G83$ حل نمود. با استفاده از اين كد مي‌توان كل عمق سوراخ را به چند قسمت مساوي تقسيم نموده و در هر نوبت به همان مقدار براده‌برداري انجام داد. مثلا فرض كنيد عمق سوراخ 0.75 اينچ باشد، دراين صورت مي‌توان اين عمق را به ۱۲ قسمت 0.0625 اينچي تقسيم كرد و در هر بار براده‌برداري (از ابتداي سوراخكاري تا انتهاي آن) 0.0625 اينچ براده‌برداري نمود. پارامتر Q در اين كد

مشخص مي‌نمايد كه هر دفعه به چه اندازه برادەبرداري صورت مي‌گيرد. مثلا اگر كد $G83$ را به ترتيب زير به كار ببريم:

$G83 \quad Z-0.1875 \quad R0.0625 \quad F5$

ماشين CNC به تريب زير عمل خواهد نمود:

۱- در اين مرحله ابزار برادەبرداري حركت وسيعي از Z اوليه به $Z=0.125$ خواهد داشت.

۲- پس از طي مرحله اول ابزار برادەبرداري حركت كندي از $Z=0.125$ تا $Z=-0.0625$ با نرخ برادەبرداري ه اينچ بر دقيقه خواهد داشت.

۳- دراين مرحله ابزار برادەبرداري به $Z=0.125$ برمي‌گردد سپس حركت وسيعي تا $Z=-0.0625$ انجام مي‌دهد و پس از آن حركت كندي با نرخ برادەبرداري $5ipm$ تا رسيدن به $Z=-0.125$ انجام مي‌دهد.

٤- در اين مرحله ابزار برادەبرداري به $Z=0.125$ برگشت مي‌نمايد. پس حركت سريعي تا $z=-0.125$ انجام مي‌دهد و پس از آن حركت كندي با نرخ برادەبرداري $5ipm$ تا رسيدن به $Z=-0.1875$ انجام مي‌دهد.

٥- عمل سوراخكاري عميق پايان مي‌پذيرد و ابزار برادەبرداري حركت سريعي به طرف $Z=0.125$ انجام مي‌دهد.

G90 مختصات مطلق

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

$N_ \quad G90$

اين كد سيستم ماشين CNC را به نوعي تنظيم مي‌نمايد كه تمام مختصات را به صورت مطلق بپذيرد به ياددا شته باشيد كه دراين حالت تمام نقاط جسم نسبت به يك نقطه مرجع مثلا $(X0, Y0, Z0)$ سنجيده مي‌شود. در صورتي

كه بخواهيم از اين كد استفاده نماييم بايد اين كد را در اولين خطوط برنامه وارد نماييم.

G91 مختصات نسبي

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ G91

اين كد ماشين CNC را به نوعي تنظيم مي‌نمايد كه مختصات نقطه جديد را نسبت به مختصات نقطه قبل از خود اندازه‌گيري نمايد.

G92 تغيير مختصات مبدأ

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ G92

N40 X1 Y2 Z−0.5

N45 G19 G02 Y1 Z−0.1 J−0.5 K0.2

N40 G17 G00 Z1

N45 X0 Y0

N50 M05

N55 M30

Figure ٥

M04 حركت دوراني اسپيندل در خلاف جهت حركت عقربه‌هاي ساعت

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M04 S_

اين كد مانند M03 عمل مي‌نمايد، با اين تفاوت كه اين كد باعث دوران اسپيندل در خلاف جهت حركت عقربه‌هاي ساعت مي‌شود. بعد از كد M03 نيز بايد فاكتور سرعت دوراني اسپيندل بر حسب rpm (دور بر دقيقه) قرار گيرد.

M05 توقف حركت دوراني اسپيندل

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M05

اين كد جهت متوقف كردن حركت اسپيندل اختصاص يافته است اگر چه ساير *M* كدهاي (نظير *M01, M00*) تمام حركات و فعاليت‌ها را متوقف مي‌كنند ولي كد *M05* منحصرا حركت دوراني اسپيندل را متوقف مي‌سازد. اين كد در خطوط انتهايي برنامه قرار مي‌گيرد.

M06 تعويض ابزار براده‌برداري

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

*N_ M06 T_*

كد *M06* تمامي عمليات ماشين را جهت تعويض ابزار متوقف مي‌سازد. در واقع اين كد شامل ۲ دستور مي‌باشد. قسمت اول آن توقف تمام عمليات ماشين مي‌باشد. (به عنوان مثال متوقف كردن حركت اسپيندل و حركت تمامي محورها و ...) و قسمت دوم آماده‌سازي جهت تعويض ابزار مي باشد. بدين ترتيب ايمني كافي جهت تعويض ابزار حاصل مي‌شود. بعد از اجراي اين كد دستور زير در صفحه نمايش ظاهر مي‌گردد.

The New Tool Will be Change

براي از سرگيري عمليات ماشينكاري با توجه به دستور زير:

"*M06 TOOL CHANGE – ENTER TO CONTINUE*"

بايد حتما دكمه *ENTER* فشارداده شود.

جدول ٦-٢- كدهاي M مقدماتي

كد	كاربرد
M00	توقف برنامه
M01	توقف موضعی برنامه
M02	اتمام برنامه
M03	حرکت دورانی اسپیندل در جهت عقربه‌های ساعت
M04	حرکت دورانی اسپیندل در خلاف جهت عقربه‌های ساعت
M05	توقف حرکت دورانی اسپیندل
M06	تعویض ابزار
M08	روشن شدن سیستم خنک کاری
M09	خاموش شدن سیستم خنک کاری
M10	بستن گیره‌ها
M11	بازکردن گیره‌ها
M30	اتمام برنامه و تنظیم برای برنامه‌نویسی مجدد

Figure 6

M00 توقف برنامه

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

*N_ M*00

كد *M*00 براي توقف موقتي برنامه مورد استفاده قرار مي‌گيرد. با اجراي اين كد تمام عمليات به صورت موقتي متوقف مي‌گردد و براي راه‌اندازي مجدد برنامه در دستگاه نياز به تحريك اپراتور مي‌باشد. در نرم‌افزار *CNCez* با اجراي اين كد جمله زير ظاهر مي‌شود:

CNCez:"*PROGRAM STOP. ENTER TO CONTINUE*"

و تا زماني كه دكمه *ENTER* فشار داده نشود، راه‌اندازي نمي‌شود. اين كد در طول برنامه مي‌تواند مورد استفاده قرار گيرد تا با توقف برنامه

تنظيماتي مانند اندازه‌گيري تنظيم جريان خنك‌كاري و ... صورت گيرد.

M01 توقف موضعي برنامه

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M01

اين كد دستوري براي ايجاد مكث در برنامه مي‌باشد. با گنجاندن اين كد در يكي از بلوك‌هاي برنامه، برنامه CNC تا اين بلوك اجرا شده و به محض رسيدن به اين كد متوقف مي‌گردد و تا تحريك توسط اپراتور صورت نگيرد، راه اندازي نخواهد شد.

M02 اتمام برنامه

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M02

كد M02 بيانگر اتمام برنامه و تمام عمليات برنامه مي‌باشد. به محض دريافت M02، قسمت (MCU) ماشين تمام اعمال ماشين را متوقف مي‌سازد. (به عنوان مثال اسپيندل، تمام محورها، جريان خنك‌كاري و ...) اين كد در آخرين خط برنامه قرار مي‌گيرد.

M03 حركت دوراني اسپيندل در جهت عقربه‌هاي ساعت

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M03

با اجراي اين كد اسپيندل دستگاه شروع به دوران در جهت حركت عقربه‌هاي ساعت مي‌نمايد. الزاما بعد از حركت (M03) سرعت دوراني اسپيندل بايد قرار گيرد و متغير S بيانگر سرعت دوراني اسپيندل بر حسب rpm (دور در دقيقه) مي‌باشد.

M08 روشن شدن سيستم خنك‌كاري

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M08

اين كد باعث روشن شدن سيستم خنك‌كاري دستگاه و ريختن مايع خنك‌كاري در محل تنظيمي مي‌گردد.

M09 خاموش شدن سيستم خنك‌كاري

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M09

اين كد باعث خاموش شدن سيستم خنك‌كاري و قطع جريان خنك‌كاري مي‌شود. قطع جريان خنك‌كاري بايد قبل از تعويض ابزار يا مواقعي ابزار فواصل طولاني را با حركت سريع طي مي‌كند، صورت مي‌گيرد.

M10 بستن گيره‌ها

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M10

با اجراي اين دستور گيره‌هاي اتوماتيك روشن شده و قطعه‌اي را محكم در بر مي‌گيرند. گيره‌هاي اتوماتيك مي‌توانند از انواع پنوماتيكي، هيدروليكي و الكترومكانيكي باشند. اين كد غالبا در بلوك‌هاي ابتدايي برنامه CNC قرار مي‌گيرد.

M11 باز كردن گيره

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M11

اين دستور باعث باز شدن گيره‌هاي اتوماتيكي (پنوماتيكي، هيدروليكي و الكترومكانيكي) شده و به دنبال آن مي‌توان قطعه‌كار را جابه‌جا كرد و قطعه بعدي را جايگزين نمود. اين كد غالبا در بلوك‌هاي انتهايي برنامه CNC قرار مي‌گيرد.

M30 اتمام برنامه و تنظيم براي برنامه‌نويسي مجدد

فرم كلي اين كد به صورت زير مي‌باشد:

N_ M30

اين كد به پايان برنامه‌نويسي اشاره مي‌نمايد. وارد كردن اين كد در يكي از بلوك‌هاي برنامه به اين معناست كه ديگر بعد از آن برنامه‌نويسي ادامه نخواهد داشت. اين مسأله به ماشين‌هاي NC قديمي باز مي‌گردد زيرا اين ماشين‌ها قادر نبودند انتهاي يك برنامه را با برنامه بعد تشخيص دهند. بنابراين به يك كد جهت پايان برنامه نياز داشتند. در حال حاضر كد M30 وقتي استفاده مي‌شود، بيانگر اتمام برنامه و تنظيم براي برنامه‌نويسي مجدد است.

فهرست اختصارات متداول در برنامه CNC

اختصارات در برنامه‌هاي CNC در موارد مختلف همراه با Gكدها و Mكدها مورد استفاده قرار مي‌گيرند. برنامه‌نويس بايد با تك‌تك اين اختصارات آشنا باشد و بداند كه هر كدام بيانگر چه متغيري هستند. در زير اين اختصارات و توضيح مربوط به هر كدام آورده شده است:

D: پارامتر مربوط به تصحيح اندازه قطر

F: پارامتر مربوط به نرخ براده‌برداري (تغذيه)

G: كدهاي اعمال مقدماتي (Gكدها)

H: پارامتر مربوط به تصحيح اندازه ارتفاع

I: پارامتر تعيين مختصات مركز قوس نسبت به نقطه شروع قوس در راستاي محور X

J: پارامتر تعيين مختصات مركز قوس نسبت به نقطه شروع قوس در راستاي محور Y

K: پارامتر تعيين مختصات مركز قوس نسبت به نقطه شروع قوس در راستاي محور Z

M: پارامتر اعمال گوناگون (Mكدها)
N: پارامتر بيان كننده شماره خط برنامه
P: پارامتر ميزان تأخير زماني
R: پارامتر ميزان برگشت به فاصله مياني با كدهاي $G81$, $G82$, $G83$ و پارامتر اندازه شعاع با كدهاي $G02$, $G03$
S: پارامتر ميزان سرعت دوراني اسپيندل
T: پارامتر مربوط به نوع ابزار
X: بيانگر مختصات در راستاي X
Y: بيانگر مختصات در راستاي Y
Z: بيانگر مختصات در راستاي Z