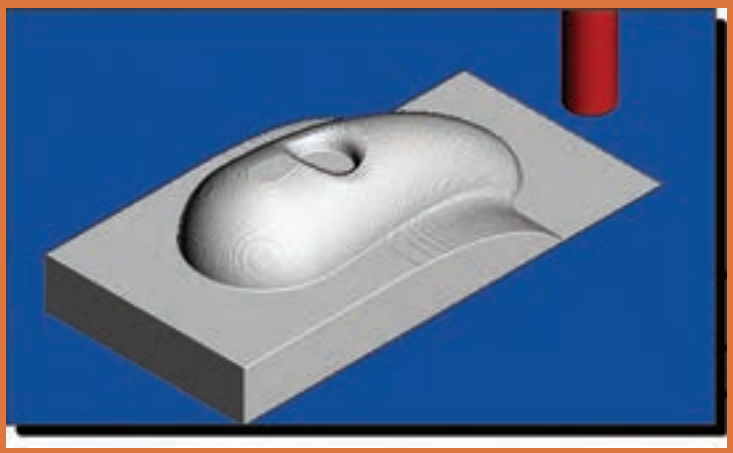
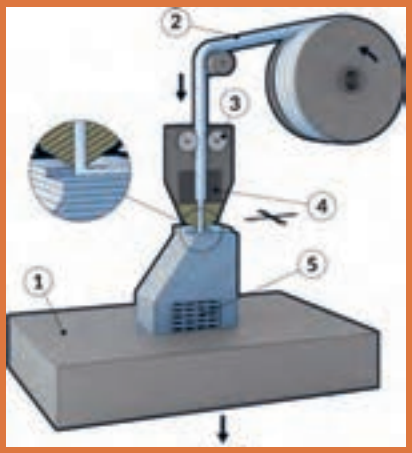
پودمان ۴

روش‌های ساخت به کمک رایانه (CAM)





واحد یادگیری ۱

پاورمیل

مقدمه

با پیشرفت روزافزون تکنولوژی در حوزه صنعت، از نرم‌افزارهای زیادی در زمینه ساخت به‌کمک رایانه استفاده می‌شود که به آنها نرم‌افزارهای CAM گفته می‌شود. برخی از این نرم‌افزارهایی عبارتند از : Surf CAM ,Edge CAM,Solid CAM,Master CAM ,.... در این واحد یادگیری می‌خواهیم شما را با مراحل تهیه برنامه ماشین‌کاری فرز CNC با سه محور کنترل توسط یکی از نرم‌افزارهای پرکاربرد بنام پاورمیل آشنا کنیم.

استاندارد عملکرد

تهیه برنامه ماشین‌کاری برای فرز CNC سه محور کنترل توسط نرم‌افزارپاورمیل

پیش‌نیاز و یادآوری

برای یادگیری این واحد، هنرجو باید مهارت‌های زیر را قبلا کسب کرده باشد.

- توانایی و مهارت کار با رایانه و سیستم عامل Windows
- توانایی و مهارت کار با یکی از نرم‌افزارهای مدل‌سازی مانند سالید ورکز، کتیا، اینونتور
- توانایی و مهارت کار با دستگاه فرز معمولی و شناخت ابزارهای عمومی‌آن

نرم‌افزار(PowerMill)

آشنایی با فرز CNC سه محورکنترل

دستگاه فرز CNC سه محور کنترل یکی از ماشین‌آلات پرکاربرد است که در صنایع قالب‌سازی و قطعه‌سازی استفاده می‌شود. کدهای تهیه شده به‌صورت دستی یا به کمک نرم‌افزار CAM تهیه و به ماشین ارسال می‌شود. کنترلرهای دستگاه مانند یک رایانه کدها و دستورات را خوانده و آنها را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل و با ارسال فرمان‌های الکتریکی به سرو موتورها باعث حرکت و هدایت محورها و اسپیندل در مسیرهای تعریف شده می‌شوند. میکروسویچ‌ها و خط‌کش‌های دیجیتال بازخوردهای مورد نیاز را جهت ادامه فرایند به کنترلر ارسال می‌کنند. کنترلرهای نصب شده در فرزهای سی ان سی سه محورکنترل، قادر به کنترل دقیق حرکت میز دستگاه در دو جهت محور X و Y و همچنین محور (اسپیندل) آن در راستای محور Z می‌باشد. حرکت این محورها دقیقاً مانند فرز معمولی‌اند با این تفاوت که درفرز CNC اسپیندل حرکت در راستای محور Z را انجام می‌دهد. (میز این نوع دستگاه‌ها حرکت دورانی ندارد.) بیشتر فرزهای CNC مجهز به دستگاه تعویض خودکار ابزار یا Tool Change می‌باشند و کنترلر باتوجه به برنامه تهیه شده فرمان تعویض ابزار را ارسال می‌کند.

کنترلرهای مختلفی برای این دستگاه‌ها توسط شرکت‌هایی مانند فانوک،هایدن‌هاین، زیمنس، فاگور، میتسوبیشی و... طراحی و تولید می‌شوند. در شکل‌های ۱ نمونه‌هایی از کنترلرهای CNC نشان داده شده است.

شکل ۱

نقاط صفر و مرجع

برای کنترل عملیات ماشین‌کاری در ماشین‌های CNC، پارامترهای موقعیت، سرعت و نیرو اندازه‌گیری می‌شود. همچنین به‌منظور داشتن حرکت‌های دقیق ابزار و میز ماشین، تنظیم سیستم اندازه‌گیری ماشین و ساده‌تر شدن برنامه نویسی باید یک سری نقاط به‌عنوان نقاط مرجع تعریف شود. این نقاط عبارتند از :

نقطه صفر ماشین (M)

این نقطه که توسط شرکت سازنده بر روی دستگاه تعریف می‌شود ثابت بوده زمانی که دستگاه روشن می‌شود محور Z و میز به‌صورت خودکار به‌موقعیت صفر ماشین منتقل می‌شوند.

نقطه صفر ماشین در ماشین‌های فرز معمولاً در گوشه پایین و سمت چپ میز تعریف شده است.

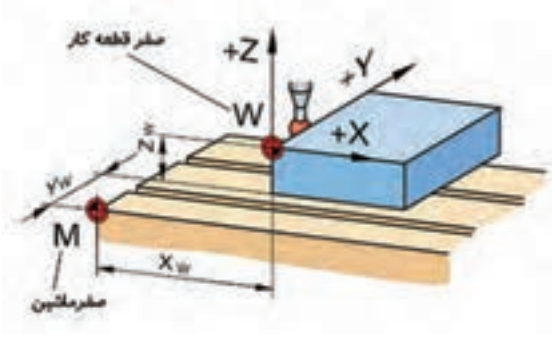
نقطه صفر قطعه کار (W)

این نقطه به‌منظور سهولت درتهیه برنامه ماشین‌کاری توسط برنامه‌نویس یا اپراتور پاورمیل تعیین می‌شود. چنانچه این نقطه تعریف نشود، برنامه تهیه شده براساس صفر ماشین خواهد بود (عملیات برنامه‌نویسی

مشکل‌تر می‌شود.)
در شکل ۲ نقاط صفر ماشین (M) و صفر قطعه کار (W) نشان داده شده است.

نقطه صفر ابزار (T)

نقطه صفر ابزار(Point Reference Tool): این نقطه در موقعیت خاصی از ابزار گیر تعریف شده است و جبران و تصحیح طول و شعاع ابزار در راستای هریک از محورهای X ،Y و یا Z نسبت به این نقطه محاسبه می‌شود. نقطه صفر ابزار با حرف T مشخص می‌شود. در شکل ۳ موقعیت این نقطه با حرف T نشان داده شده است.



شکل ۲

شکل ۳

ضرورت استفاده از نرم‌افزارهای CAM

در ماشین‌های سی ان سی از قبیل تراش و فرز، برنامه نویس باید کدهای خاصی به‌منظور تبدیل زبان برنامه‌نویسی برای ماشین‌کاری قطعات را با توجه به شکل هندسی و فرم قطعه بنویسد، برنامه‌نویسی دستی قطعات تراشکاری و با وجود سایکل‌های آماده برای اعمالی مانند پیچ تراشی، شیارتراشی و غیره معمولاً کار پیچیده‌ای نیست. اما در فرزکاری کار برنامه‌نویسی خصوصاً برای قطعاتی که دارای اجزا و فرم‌های پیچیده می‌باشد بسیار سخت و زمان‌بر می‌باشد و تعداد خطوط برنامه بسیار زیاد خواهد شد، دراین موارد نرم‌افزارهای CAM مانند پاورمیل، با اعمال تعاریف و تنظیمات خاصی، این کدها را به‌صورت خودکار ایجاد می‌کنند.

معرفی نرم‌افزارپاورمیل (PowerMill)

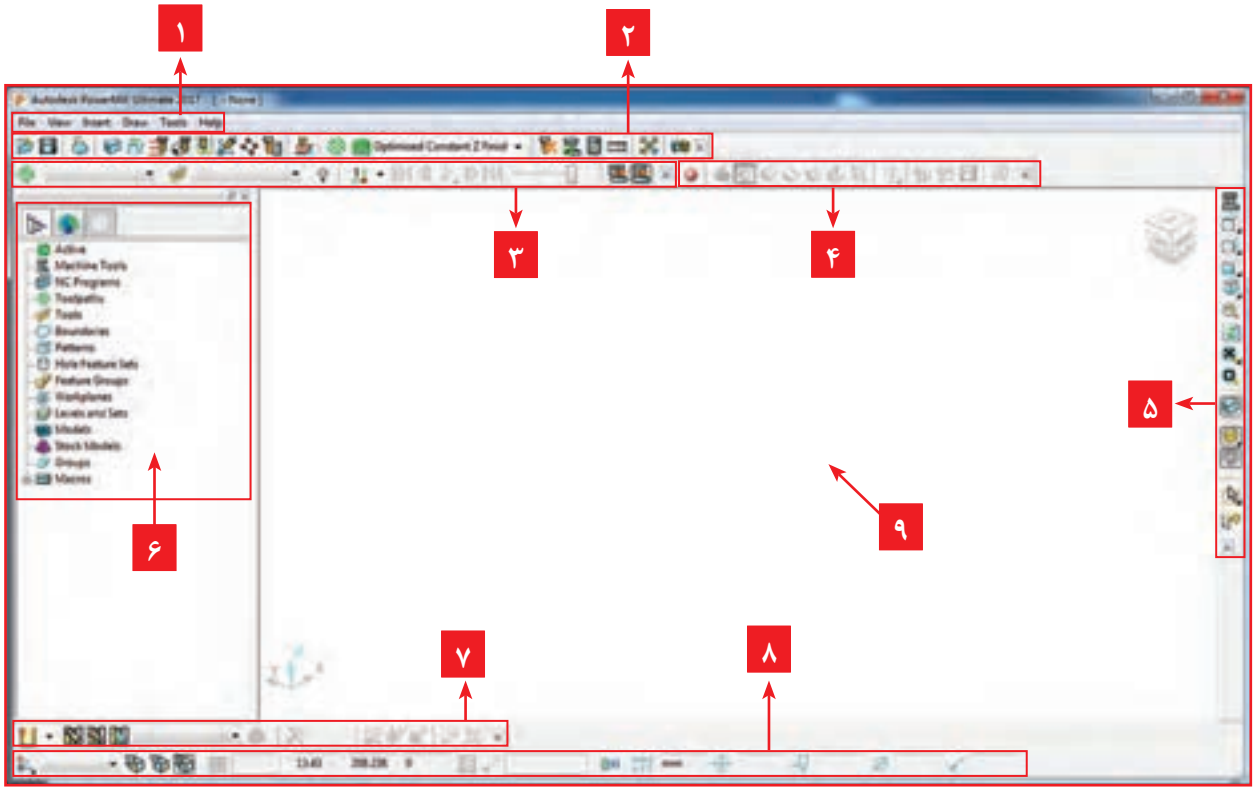
نرم‌افزار پاورمیل (ورژن ۲۰۱۷) که متعلق به‌شرکت اتودسک (AutoDesk) می‌باشد، یک نرم‌افزار بسیار پرکاربرد و قدرتمند است که در صنایع مختلفی نظیر قالب سازی و خدمات CNC مورد استقبال و استفاده گسترده قرارگرفته است. نرم‌افزار پاورمیل با داشتن امکانات قدرتمندی در زمینه استراتژی‌های فرزکاری قطعات ساده تا پیچیده درگستره وسیعی از دستگاه‌های CNC تا پنج محورکنترل کاربرد دارد. در ورژن‌های جدید مانند ۲۰۱۷ بخش تراشکاری (Training) نیز به آن اضافه شده تا بر قابلیت‌های این نرم‌افزار قدرتمند بیافزاید.

برخی ویژگی‌های برجسته پاورمیل عبارتند از :

- به‌کارگیری تکنیک‌ها و استراتژی‌های مختلف در زمینه خشن‌کاری، پرداخت‌کاری، سوراخ‌کاری و سایرعملیات ماشین‌کاری
- امکان به‌کارگیری و تعریف انواع ابزارهای براده برداری
- امکان به‌کارگیری این نرم‌افزار در اکثر دستگاه‌های CNC با کنترلرهای مختلف تا پنج محور
- پردازش قدرتمند جهت کاهش زمان ماشین‌کاری، افزایش کیفیت سطح، کنترل برخوردها و...
- گستردگی استفاده از این نرم‌افزار در صنایع مختلف کشورمان

آشنایی با محیط نرم‌افزار:

قبل ازشروع بهتر است با محیط نرم‌افزارپاورمیل ۲۰۱۷ آشنا شویم. پس از دبل کلیک بر روی عنوان نرم‌افزار، پنجره آن به شکل زیر بازمی‌شود. در شکل ۴ نام برخی نوار ابزارها و نواحی مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۴

نوار ابزارها و نواحی مهم نرم‌افزار پاورمیل

۱ **نوارمنو(Menu Bar)**: شامل کلیه دستورات و تنظیمات نرم‌افزار پاورمیل و help برنامه می‌باشد.

۲ **نوار ابزار اصلی (Main Bar)**: مهم‌ترین نوار ابزار پاورمیل که تعاریف و تنظیمات اصلی مانند تعریف بلوک خام، نوع و مقدار ارتفاع نشست و برخاست‌های ابزار، فواصل ایمن، نقاط شروع و انتهای ماشین‌کاری و غیره از طریق این نوار ابزار انجام می‌شود.

۳ **نوار شبیه‌سازی(Simulation)** : پس از ایجاد مسیر ماشین‌کاری و تنظیمات پارامترهای مربوط به آن و قبل ازتهیه برنامه ماشین‌کاری می‌توان با نوار ابزار Simulation مسیر ماشین‌کاری را شبیه سازی کرد و اشکالات آن را برطرف کرد.

۴ **نوار ابزار View Mill:** برای نمایش بلوک و مدل در حالات مختلف جهت عملیات شبیه‌سازی کاربرد دارد.

۵ **نوار ابزار Viewing**: پس از ورود مدل به نرم‌افزار و یا درحین کار با قسمت‌های مختلف نرم‌افزار جهت داشتن دید مناسب می‌توان نمای دید مدل را از طریق این نوار ابزار تغییر داد.

۶ **پنجره Explorer**: تاریخچه عملیات انجام شده مانند تعاریف و تنظیمات بلوک خام، ابزارها، استراتژی‌ها، تعریف؛ workplan ها، Boundary و برنامه‌های تهیه شده ماشین‌کاری و غیره در این پنجره قابل مشاهده و تغییر است.

۷ **نوار تعریف ابزار (Tool Toolbar)** : برای تعریف ابزارهای مناسب برای انجام انواع عملیات‌های ماشین‌کاری استفاده می‌شود.

۸ **نوار ابزار وضعیت (Statues)**: این نوار ابزار، وضعیت صفر قطعه‌کار فعال (Workplane)، قطر ابزار، تولرانس، مختصات ماوس وغیره را نشان می‌دهد.

۹ **پنجره گرافیکی**: در این پنجره مدل، بلوک خام، ابزارها و مسیرهای ماشین‌کاری (Toolpath)، به‌صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود.

نکته

درشروع کار با نرم‌افزار، همواره این پنجره برمحورZ دستگاه مختصات عمود است.

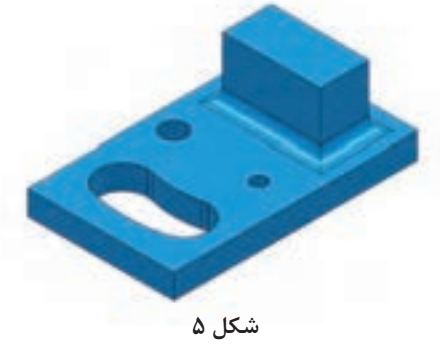
برای اضافه کردن نوار ابزارها به محیط پاورمیل، باید ازمنوی View گزینه Toolbar را کلیک کنید و سپس از لیست باز شده نوار ابزار مورد نظر را تیک بزنید.

فعالیت ۱

نوارابزارهایی که دربالا به آن اشاره شد را از محیط حذف و دوباره آنها را برگردانید.

مراحل کار در نرم‌افزار پاورمیل

قطعه شکل ۵ را درنظربگیرید، اگر بخواهید آن را با یک دستگاه فرز معمولی ماشین‌کاری (فرزکاری) کنید، چگونه انجام می‌دهید؟ مسلماً ابتدا باید ماده خامی بزرگ‌تر از ابعاد اصلی قطعه تهیه کنید. پس از بستن و ساعت کردن قطعه کار، باید با بستن ابزار مناسب، مماس کردن ابزار و صفر کردن ورنیه‌های



شکل ۵

دستگاه، تنظیم عده دوران و پیشروی مناسب، خشن‌کاری اولیه قطعه کار را انجام دهید. اکنون این سؤال پیش می‌آیدکه آیا فقط از یک ابزار برای فرزکاری آن استفاده می‌کنید، برای فرزکاری شیار باید ابزار دیگری استفاده کرد، سوراخ ها توسط مته و درصورت نیاز برقوکاری می‌شوند. برای فرزکاری گوشه‌های گرد نمی‌توانید از فرز انگشتی سر تخت استفاده کنید و باید از ابزاری که سرآن گرد است کمک بگیرید.

در اکثر نرم‌افزارهای CAM مانند پاورمیل روند کارنیز تقریباً به‌همین‌گونه است. یعنی باید بلوک ماده خام، ابزارهای مناسب، پارامترهای ماشین‌کاری مانند سرعت برشی، عده دوران، فاصله‌های ایمن ابزار، استراتژی‌های مناسب ماشین‌کاری برای رسیدن به قطعه نهایی تعریف گردد و در نهایت G کد آن توسط نرم‌افزار پاورمیل تهیه و به دستگاه CNC ارسال می‌شود.

اپراتور پاورمیل جهت گرفتن خروجی برنامه ماشین‌کاری، تعاریف، تنظیمات و اقدامات خاصی را انجام می‌دهد، در اینجا برای آموزش بهتر نرم‌افزار پاورمیل آن را در نه گام توضیح می‌دهیم. البته به این معنی نیست که این مراحل حتماً باید به‌روال زیرانجام گیرد. در ورژن‌های جدید مانند ۲۰۱۷ بسیاری از مراحل زیر در پنجره تعریف استراتژی قابل تعریف و تنظیم می‌باشد.

نگاهی به مراحل کار در نرم‌افزار پاورمیل

گام اول : واردکردن مدل طراحی شده از نرم‌افزارهای مدل سازی به محیط پاورمیل

گام دوم : بررسی مدل در نماهای مختلف و اصلاح وضعیت و موقعیت آن نسبت به محورمختصات جهت تعیین نقطه صفرقطعه کار.

گام سوم : تعریف نقطه صفر قطعه کار یا Workplane

گام چهارم : تعریف بلوک ماده خام اولیه جهت ماشین‌کاری

گام پنجم : تعیین و تعریف ابزارهای ماشین‌کاری

گام ششم : تعیین استراتژی‌های مناسب ماشین‌کاری(Toolpath Strategies) و شبیه‌سازی (Simulation)

گام هفتم : تنظیم پارامترهای ماشین‌کاری

گام هشتم : تهیه برنامه ماشین‌کاری (NC Program) و رایت کردن برنامه (Write)

گام نهم : ارسال برنامه به دستگاه از طریق نرم‌افزارهای انتقال فایل مانند (نرم‌افزار CIMCO)

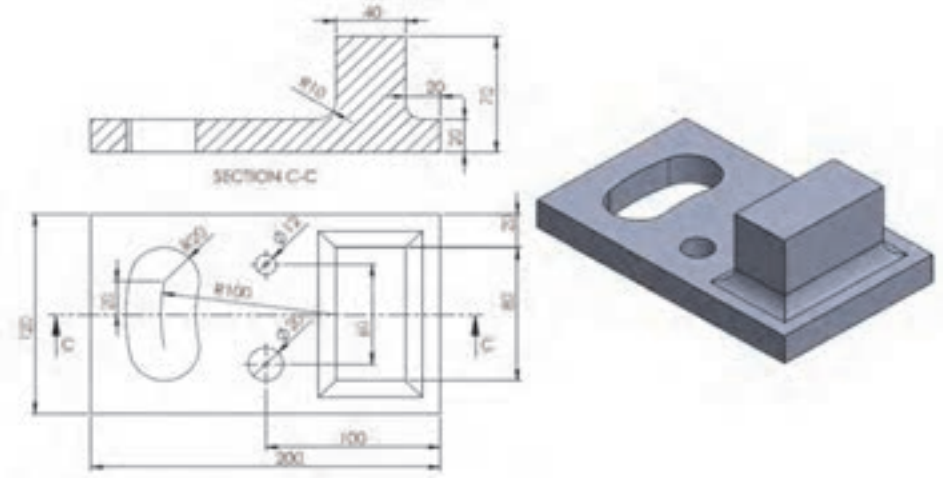
اینک به تشریح هر یک از مراحل می‌پردازیم.

گام اول : واردکردن مدل در نرم‌افزار پاورمیل

فرمت استاندارد کاردر محیط پاورمیل فایل‌های با پسوند dgk می‌باشد. نرم‌افزارهای مدل سازی مانند سالیدورکز وکتیا قادرند مدل را با فرمت‌هایی مانند stp , igs که پرکاربردترین فرمت‌های قابل استفاده در نرم‌افزارهای CAM هستند ذخیره کنند. لذا بهتر است بعد از طراحی مدل در نرم‌افزارهای مدلسازی فایل مدل خود را به یکی از فرمت‌های فوق ذخیره کنیم. البته پاورمیل قادراست فایل‌های با فرمت استاندارد نرم‌افزارهای مدل‌سازی را نیز با روش‌هایی که ذکر می‌کنیم تبدیل فرمت و باز کند.

فعالیت عملی ۱

مدلی را که نقشه آن در شکل ۶ آورده شده است را در نرم‌افزار سالیدورکز طراحی و آن را با نام Model ۱ درمسیر دلخواه (یا Desktop) ذخیره کنید. (نمای روبرو در صفحه Front رسم شود).

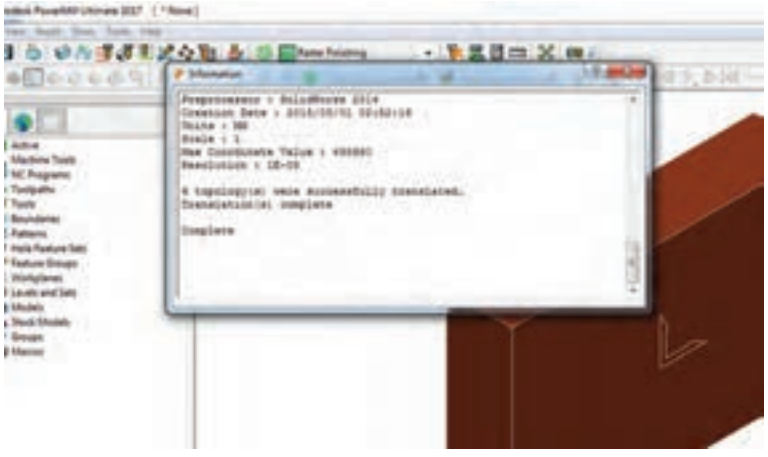


شکل ۶

اکنون می‌خواهیم مدل رسم شده را در نرم‌افزار پاورمیل وارد کنیم.

روش‌های وارد کردن مدل

۱ **استفاده ازگزینه Import Model از منوی File** : از منوی **File** گزینه open را انتخاب و سپس روی نام مدل در مسیر ذخیره شده کلیک کنید و بر روی دکمه open کلیک کنید چنانچه پسوند فایل غیر از dgk باشد پس از انجام عملیات ترجمه فایل و نشان دادن فرم Information (شکل ۷) مدل را باز می‌کند. با عمل درگ کردن فایل مدل به درون نرم‌افزارپاورمیل نیز مدل تبدیل فرمت و باز می‌شود. (اگر نرم‌افزارپاورمیل قادر به باز کردن مدل نشد، مدل خود را Desktop ذخیره کنید).



شکل ۷

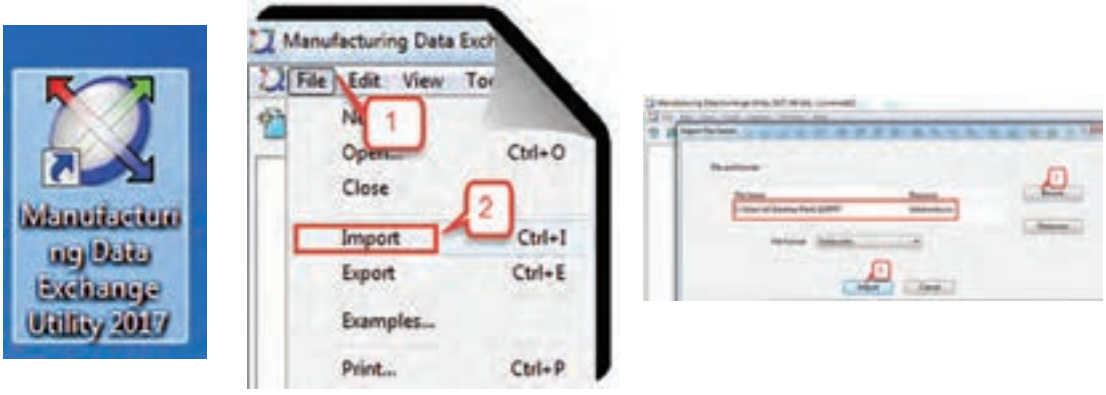
فعالیت عملی ۲

مدلی را طراحی و با فرمت Igs ذخیره کنید.

فعالیت عملی ۳

مدل طراحی شده در فعالیت ۱ (Model ۱) را به روش Import Model در پاورمیل باز کنید.

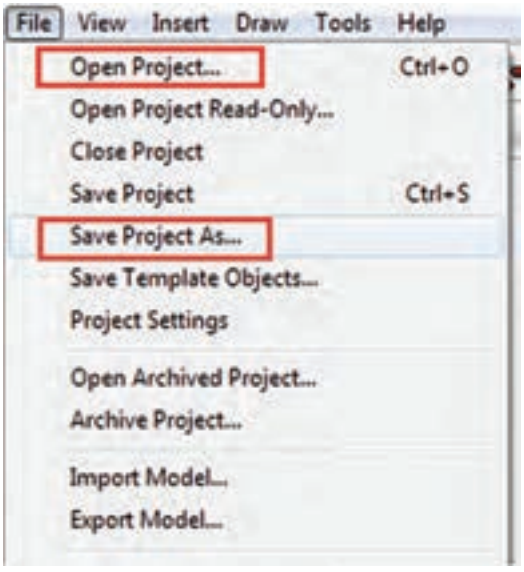
۲ استفاده از نرم‌افزار کمکی Manufacturing Data Exchange Utility که همراه با نرم‌افزار پاورمیل نصب می‌شود. درمواردی که فرمت فایل توسط نرم‌افزار پاورمیل قابل شناسایی نباشد به‌کمک این برنامه جانبی و دستورات Import و Export که در منوی File این برنامه واقع شده، می‌توانید فرمت فایل مدل را به فرمت dgk تبدیل کنید (شکل ۸).



شکل ۸

ذخیره کردن و بازکردن پروژه

پروژه چیست ؟ تمامی‌تعاریف و تنظیمات انجام شده بر روی مدل (از قبیل تعریف بلوک خام، ابزار، استراتژی ماشین‌کاری، پارامترهای ماشین‌کاری و غیره) در قالب یک فایل پروژه ذخیره می‌شود. برای ذخیره‌سازی کارهای انجام شده تحت نام یک پروژه کافی‌است از طریق منوی File دستور Save Project as... را انتخاب کنید و پس از نام‌گذاری پروژه و تعیین مسیر ذخیره‌سازی با کلیک بر روی دکمه Save ، پروژه را ذخیره نمایید. ضمناً جهت باز کردن پروژه‌های ذخیره شده، از دستور Open Project استفاده کنید. (شکل ۹)



شکل ۹

فعالیت عملی ۴

فرمت مدل طراحی شده در فعالیت ۱ را با استفاده از نرم‌افزار Manufacturing Data Exchange. با روش اول به فرمت dgk تبدیل کنید و سپس آن را در محیط پاورمیل باز کنید. اکنون مدل بازشده را با نام Project ۱ در پاورمیل ذخیره کنید.

گام دوم : بررسی مدل درنماهای مختلف

هنگامی‌که مدلی را در پاورمیل باز می‌کنید آن را با استفاده از نوارابزار View در نماهای مختلف، بررسی کرده تا بتوانید موقعیت آن را نسبت به دستگاه مختصات با موقعیت مناسب قطعه کار روی میز دستگاه CNC تطبیق دهید. (وضعیت مدل در پاورمیل با وضعیت بستن قطعه روی میز ماشین یکی باشد.)

نوار ابزار(View) : همانطور که گفته شد پس ازباز شدن نرم‌افزار پاورمیل، پنجره گرافیکی عمود برمحورZ است، برای مشاهده مدل در نماهای مختلف از نوار ابزار View استفاده می‌شود. (شکل ۱۰)

مربوط به شکل شماره ۱۰ می‌باشد.

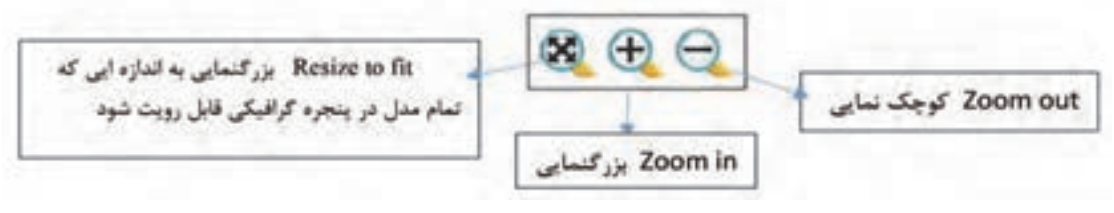
شکل ۱۰

عملکرد این ابزارها مشابه نرم‌افزار سالید ورکز می‌باشد.

فعالیت عملی ۵

فایل Project ۱ را باز کرده با کلیک بر روی آیکون‌های فوق مدل را در نماهای مختلف قرارداده و شکل هندسی آن را به لحاظ ظاهری بررسی کنید.

دستوراتZoom : برای زوم کردن (بزرگ نمایی و کوچک نمایی) مدل از این دستورات استفاده می‌شود. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱

فعالیت عملی ۶

با استفاده از دستورات فوق عملیات بزرگنمایی و کوچک‌نمایی مدل وارد شده (Project ۱) را تمرین کنید.

کار با ماوس و صفحه کلید:

Zoom » می‌توان با چرخاندن کلید **چرخان ماوس** عمل **بزرگنمایی یا کوچک نمایی** مدل را انجام داد.

Pan» می‌توان با نگه داشتن همزمان کلید **چرخان ماوس** (Scorall) و کلید Shift و جابجا کردن ماوس به اطراف عمل **جابجایی** مدل را انجام داد.

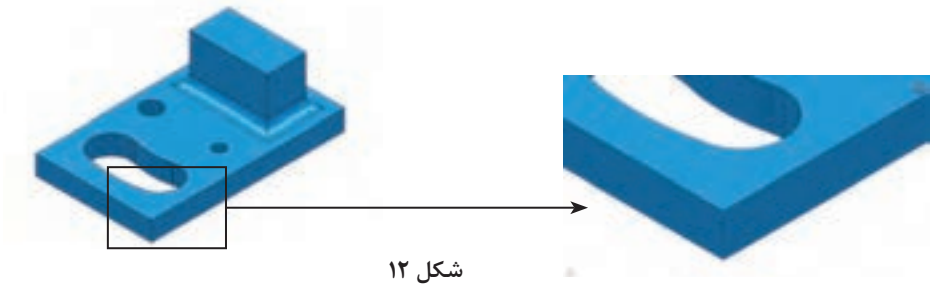
Rotate» می‌توان با نگه داشتن کلید **چرخان ماوس** و حرکت چرخشی ماوس عمل **دوران** مدل را انجام داد.

فعالیت عملی ۷

توسط ماوس و کلید Shift وکلید چرخان ماوس، اعمال Zoom, Pan , Rotate را روی مدلی که قبلاً باز کرده‌اید تمرین کنید تا مهارت کافی کسب نمایید.

دستور Zoom to Box

از این دستور برای بزرگنمایی بخشی از مدل استفاده می‌شود، بدین منظور کافی است با نگه داشتن کلیک چپ و رسم یک کادر حول قسمتی از مدل که مدنظرتان است به بزرگ‌نمایی آن قسمت دست یابید. (شکل ۱۲)



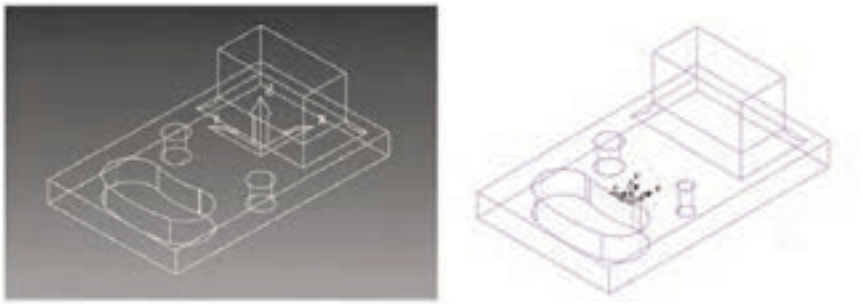
شکل ۱۲

فعالیت عملی ۸

گوشه‌ای از مدل را با دستور Zoom to Box بزرگنمایی کنید و سپس با دستور Resize to Fit به حالت اول برگردانید.

دستور Wireframe

جهت نمایش مدل بصورت سیمی و بدون رنگ‌آمیزی، جهت دید بهتر اجزای مخفی مدل به‌کار می‌رود. (شکل ۱۳)



شکل ۱۳

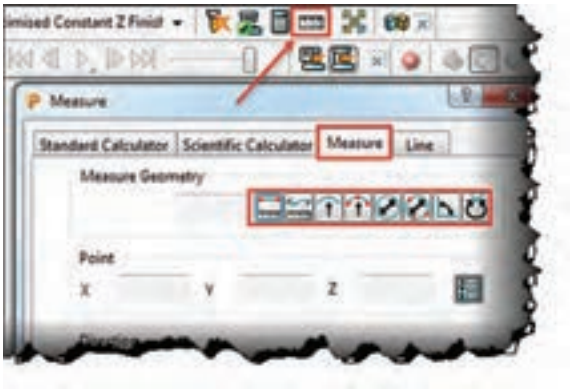
Plane Shade : مدل به‌صورت رنگ شده نمایش داده می‌شود. از این دستور برای مشاهده و شناسایی سطوح مختلف مدل (مانند سطوح با شیب منفی) استفاده می‌شود که با رنگ‌های مختلف نمایش داده می‌شود.

Block: از این دستور برای نمایش یا عدم نمایش بلوک در محیط گرافیکی استفاده می‌شود. گاهی اوقات لازم است برای انتخاب راحت‌تر سطوح مدل، بلوک نمایش داده نشود (اصطلاحاً خاموش شود.)

توجه: مشابه این دستور در نوار ابزار اصلی نیز وجود دارد که عملکرد آن تعریف بلوک خام است ولی در اینجا منظور، آیکونی است که در نوار ابزار Viewing قرار دارد.

دستور Measure

در پاورمیل هنگام کار برروی مدل، (خصوصاً بر روی مدل‌هایی که نقشه اندازه‌های آن را در اختیار نداریم)، می‌توان از این دستور مانند یک ابزار اندازه‌گیری، برای اندازه‌گیری ابعاد اجزای مدل استفاده کرد. با اجرای این دستور در نوار ابزار اصلی کادر محاوره ای شکل ۱۴ باز می‌شود.



این دستورات می توانند اندازه‌هایی مانند قطر یا شعاع دایره سوراخ‌ها، طول اضلاع و فاصله بین دونقطه، را نشان دهند.

شکل ۱۴

مثال ۱ : فرض کنید می‌خواهید قطر سوراخی را که مقدار آن را نمی‌دانید، اندازه بگیرید.

نحوه اندازه‌گیری قطر دایره سوراخ :

۱ مدل را در وضعیت دید از بالا قرار دهید.

۲ دستور Measure را از نوار ابزار اصلی اجرا کنید.

۳ از تب Measure گزینه Diameter from tree point را انتخاب کنید.

۴ بوسیله کلیک چپ ماوس سه نقطه دلخواه روی محیط دایره بالای سوراخ کلیک کنید تا قطر دایره درکادر Diameter نشان داده شود. شکل ۱۵

شکل ۱۵

مثال ۲ : فرض کنید می‌خواهید ارتفاع دیواره پایین مدل را اندازه بگیرید.

نحوه اندازه گیری فاصله بین دو نقطه :

۱ مدل را در وضعیت مناسب قرار دهید بطوریکه نقاط مورد نظر قابل انتخاب باشد.

۲ دستور Measure را اجرا کنید.

۳ از تب Measure اولین گزینه یعنی Distance between two point را انتخاب کنید.

۴ به‌وسیله کلیک چپ ماوس به‌ترتیب دو نقطه‌ای که فاصله بین آنها مدنظرتان است انتخاب کنید تا مقدار آن در کادر Distance درج شود. (شکل ۱۶)

شکل ۱۶

با روش سعی و خطا و باکمک هنرآموز خود عملکرد سایرگزینه‌های دستور Measure را بررسی کنید شکل ۱۷.

شکل ۱۷

دستور Transform

همانطورکه گفتیم پس از وارد کردن مدل در پاورمیل باید موقعیت آن را نسبت به دستگاه مختصات محیط نرم‌افزار پاورمیل، با موقعیت مناسب قطعه کار روی میز دستگاه CNC تطبیق دهیم. بهترین نما برای تشخیص موقعیت فعلی مدل و اصلاح آن نمای دید از بالاست، زیرا مشابه ایستادن فرد روبروی میز فرز CNC و از بالا نگاه کردن به قطعه کاراست. در بسیاری از موارد بهتر است طول مدل در راستای محور X دستگاه قرارگیرد، مگرآنکه قطعه یا گیره دیگری بر روی سمتی از میز بسته شده باشد و احتمال برخورد ابزار با آن وجود داشته باشد و یا شکل، اندازه و تعداد قطعات بسته شده روی میز، سبب شود بلوک خام در راستای دیگری روی میز مهار شود.

چنانچه کار مدل‌سازی قطعه را خودتان انجام می‌دهید بهتر است موارد بالا را درحین کار با نرم‌افزارهای

CAD مانند سالیدورکز رعایت کنید. اما اگر مدل توسط شخص دیگری (کارفرما) طراحی شده باشد، باید با استفاده از دستور Transform اصلاحات لازم را در وضعیت آن انجام دهید.

مثال ۳ : می‌خواهیم فایل project ۱ را باز کرده، سپس وضعیت آن را از شکل ۱۸ به وضعیت شکل ۱۹ تبدیل کنیم.

شکل ۱۸

شکل ۱۹

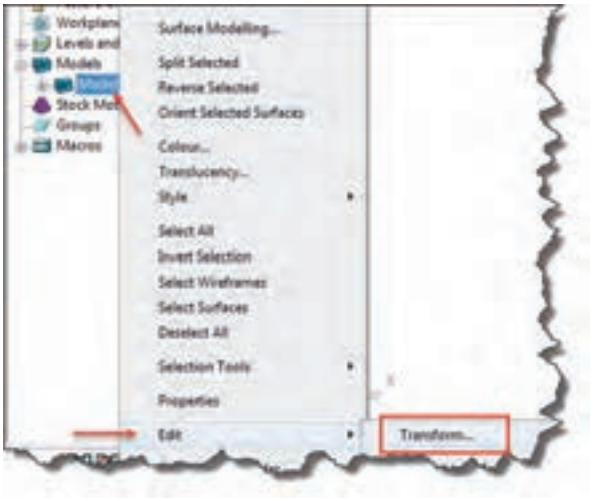
برای این کار باید در پاورمیل مطابق با مراحل زیرمدل را بچرخانید. (فایل ۱ Project را باز کنید.)

۱ بر روی علامت + کنار عبارت Model در پنجره Explorer کلیک کنید تا زیر شاخه آن بازشود.

۲ بر روی نام مدل (model ۱) کلیک راست کنید.

۳ از زیر منوی باز شده گزینه Edit و سپس گزینه Transform را انتخاب کنید تا کادر محاوره‌ای آن مانند شکل ۲۱ باز شود.

مراحل ۱ تا ۳ در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۲۰

در کادر محاوره‌ای Transform Model برای جابجا کردن، چرخاندن و تغییر مقیاس مدل در راستای محورها، مطابق توضیحات شکل ۲۱ عمل می‌شود.

در این قسمت با وارد کردن مقدار فاصله جابه‌جایی درکادر **Distance** و هربار کلیک برروی هرکدام از محورهای X، Y Z مدل به اندازه این عدد در راستای محور کلیک شده جابه‌جا شود.

در این قسمت با وارد کردن مقدار زاویه دوران در کادر **Angle** و هر بار کلیک برروی هرکدام از محورهای X، Y Z مدل به اندازه این زاویه، حول محور کلیک شده دوران می‌کند.

در این قسمت با وارد کردن مقدار مقیاس در کادر **Scale** و هربار کلیک برروی هرکدام از محورهای X، Y Z به اندازه این عدد در راستای محور کلیک شده تغییر مقیاس می‌دهد.

شکل ۲۱

دراین مثال باید مدل را ۹۰ درجه حول محور X دوران دهید. برای این کار :
۴ـ در کادر Rotate عدد ۹۰ درجه را وارد و یک‌بار بر روی محور X کلیک کنید تا مدل ۹۰ درجه بچرخد و در وضعیت شکل ۱۹ قرار بگیرد.

نکته

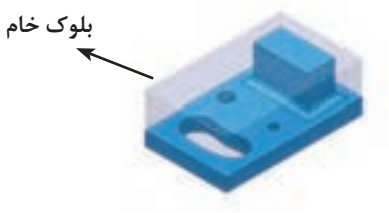
ـ اگر بخواهید مدل در راستای خاصی جابجا شود، کافیست مقدار جابجایی را (مثلاً ۵۰) را در کادر Distance وارد و بر روی محور مورد نظر(مثلاً Y) یک بار کلیک کنید تا مدل در راستای محورy جابجا شود. (دراین مثال نیازی به جابجایی مدل نداریم)
ـ با واردکردن اعداد به‌صورت منفی، جابجایی، دوران و مقیاس به‌صورت معکوس انجام می‌شود.

فعالیت عملی ۹

ـ فایل Project ۱ را به وضعیت شکل ۱۹ درآورید و دوباره آن را با همان نام Project ۱ ذخیره کنید.
ـ مدل را به اندازه ۲۰ میلی‌متر در راستای محور X و سپس ۳۵ـ میلی‌متر در راستای محور Y جابجا کنید و دوباره به مکان قبلی باز گردانید.
ـ مقیاس مدل را در تمام جهات دو برابرکنید و سپس به حالت قبل برگردانید.

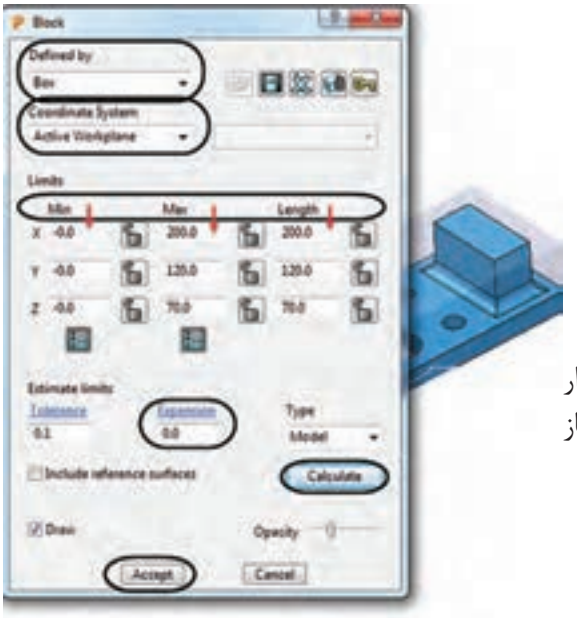
گام سوم : تعریف بلوک خام اولیه (Block)

بلوک خام اولیه به ماده خامی‌گفته می‌شود که پس از عملیات ماشین کاری، قطعه نهایی از آن حاصل می‌شود. (شکل۲۲)



شکل ۲۲

برای تعریف بلوک روی دستور Block در نوار ابزار اصلی (Main Tool) کلیک نمایید تا پنجره آن باز شود.(شکل ۲۳)



شکل ۲۳

توضیحات کادر محاوره‌ای شکل ۲۳

● درکادر Defined by، نوع بلوک (جهت کاهش دور ریز مواد خام) تعیین می‌شود، که انواع آن عبارتند از :

۱ Box » برای قطعاتی که شکل آنها را می‌توان از یک بلوک خام به شکل مکعب بدست آورد. مانند شکل ۲۲

۲ Picture » تعریف بلوک برای قطعاتی که دارای مقاطع خاصی هستند. بدین منظور ابتدا باید مقطع مدل را در یک نرم‌افزار Cad طراحی کرده و با فرمت pic ذخیره کنیم و در پاورمیل ازآن برای تعریف بلوک استفاده کنیم. (به help برنامه مراجعه کنید)

۳ Triangles » از این روش برای تعریف بلوک برای ماشین‌کاری قطعاتی که به‌روش ریخته‌گری، پیش تولید شده‌اند،استفاده می‌شود. شکل بلوک شبیه مدل نهایی ولی درمقیاس بزرگتر تعریف می‌شود.

۴ Boundary » جهت تعریف بلوک برای ماشین‌کاری قسمت خاصی از مدل استفاده می‌شود (شکل ۲۴).

شکل ۲۴

۵ Cylinder» تعریف بلوک به‌شکل استوانه و برای قطعاتی که فرم آن به استوانه شبیه است (مانند شکل۲۵).

شکل ۲۵

● کادرCoordinate System» از این قسمت برای تعیین سیستم مختصات دهی استفاده می‌شود که معمولا گزینه Active Workplane (صفرقطعه فعال) کاربرد بیشتری دارد.

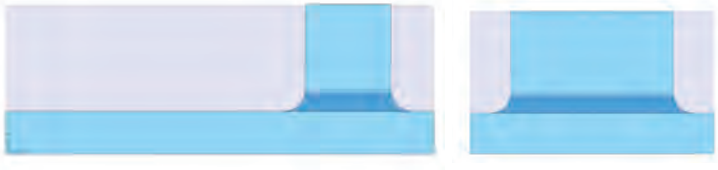
● در کادرهای Length , Max , Min از بخش Limits به ترتیب ازچپ به راست مقادیر کمترین، بیشترین و طول بلوک می‌باشد، که پس ازکلیک بر روی دکمه Calculate توسط خود نرم‌افزار محاسبه می‌شود.

● Expansion » اضافه طول: چنانچه عددی در این کادر وارد شود و سپس بر روی دکمه Calculate کلیک کنید، این مقدار به ابعاد بلوک در تمام جهت‌ها اضافه می‌شود. به عنوان مثال اگر عدد ۱۰ را در این کادر وارد کنید، بلوک درتمام جهت‌های مثبت و منفی، ۱۰ میلی‌متر بزرگ‌تر خواهد شد. (طول، عرض و ارتفاع هرکدام ۲۰ میلی‌متر افزایش می‌یابند. چرا؟)

آیکن قفل که در کنار کادرها دیده می‌شود برای ثابت نگه‌داشتن اندازه‌های بلوک در راستای خاصی است. با قفل کردن هر جهت و وارد کردن مقدار Expansion وکلیک بر روی Calculate مدل در همه جهت‌ها به‌غیر از جهت‌های قفل شده افزایش می‌یابد.

درشکل‌های ۲۶ و۲۷ اندازه‌های بلوک براساس ابعاد قطعه و مقدار اضافی Expansion = ۱۰ را در تمام جهت‌ها، و در نماهای مختلف مشاهده می کنید.

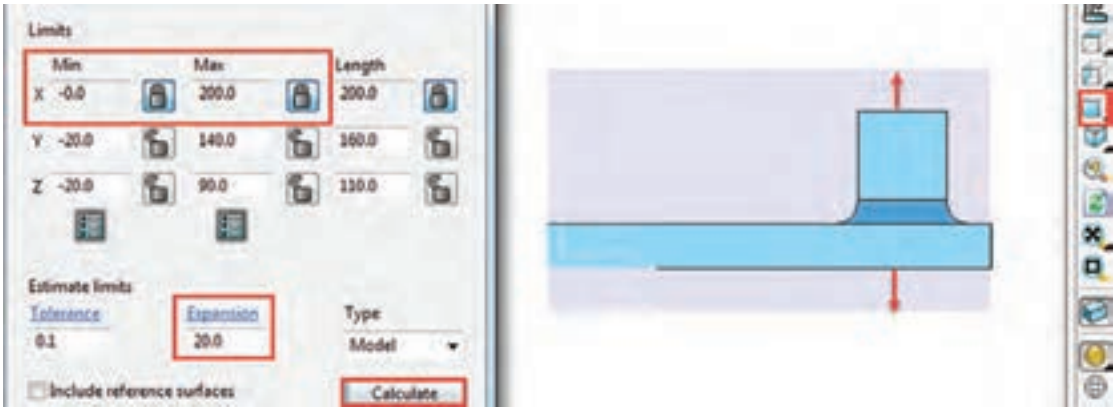
شکل ۲۶

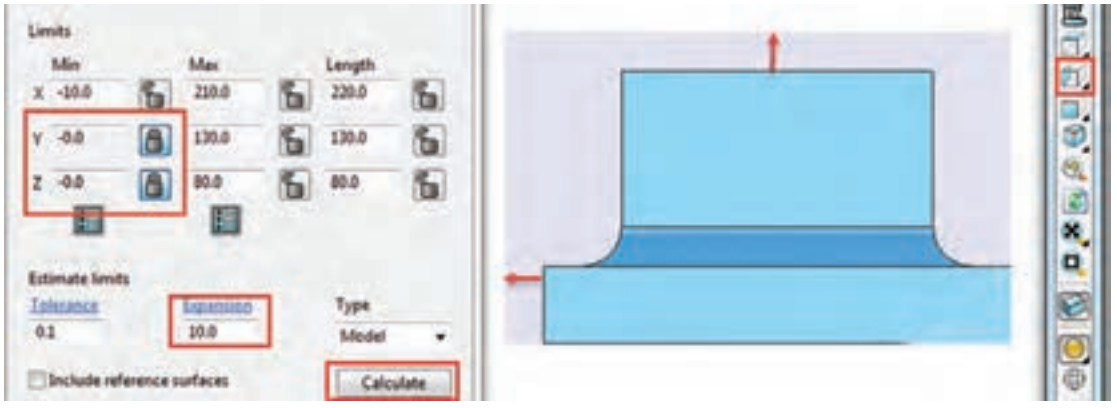


شکل ۲۷

تمرین

باکمک هنرآموز خود تغییرات ابعاد بلوک‌های نشان داده شده در شکل‌های ۲۸ را درکادر زیرآن بنویسید.





شکل ۲۸

نکته

اگر بخواهید اندازه بلوک را در راستای مشخصی تغییر بدهید، پس از وارد کردن مقدارآن، درکادر مورد نظر باید روی دکمه Accept کلیک کنید. کلیک برروی Calculate سبب می‌شود مدل دوباره براساس اندازه‌های قطعه (به اضافه مقدار Expansion) محاسبه شود.

فعالیت عملی ۱۰

ـ فایل Project ۱ را باز کنید. روی دستور Block از نوار ابزار اصلی کلیک کنید. روی دکمه Calculate کلیک کنید تا بلوک خام براساس ابعاد مدل محاسبه شود. فایل را با همان نام Project ۱ ذخیره کنید.

دوباره دستور Block را اجرا کرده، طول و عرض و ارتفاع بلوک را مشاهده و یادداشت کنید. اکنون مقدار Max z را به ۱۸۵ تغییر دهید و بر روی دکمه Accept کلیک کنید و نتیجه کار را مشاهده و با مقادیر قبلی مقایسه کنید.

دوباره دستور Block را اجرا و پس از وارد کردن عدد ۱۸۵ این بار بر روی دکمه Calculate کلیک کنید. نتیجه را با حالت قبل مقایسه کنید و با دوستان و هنرآموز محترم خود درمورد آن بحث کنید.

ـ یکی از مدل‌هایی که در پودمان قبلی (سالیدورکز) طراحی کرده، به محیط پاورمیل وارد کرده، بلوک خام را براساس اندازه‌های مدل محاسبه کنید، سپس به ابعاد مدل در راستای Max Z و Min X ، ۱۲ میلی‌متر اضافه کنید. سایر راستاها بدون تغییر بماند.

ـ دوباره بلوک را بر اساس ابعاد قطعه محاسبه کرده (کافیست مقدار Expansion = 0 و در ادامه بر روی Calculate کلیک کنید). این بار ابعاد بلوک را در تمام جهت‌ها به‌استثنای Min X به اندازه ۲۰ میلی‌متر اضافه و ۱۰ میلی‌متر از راستای Max Y کم کنید.

پرسش : درهنگام تعریف مجدد بلوک نباید سطحی از مدل درحالت انتخاب باشد. چرا؟

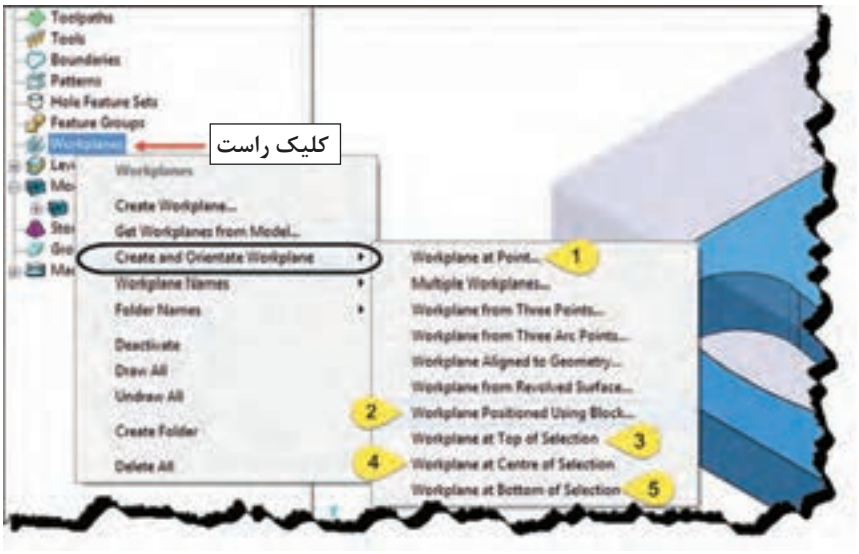
گام چهارم : تعریف نقطه صفرقطعه کاریا Workplane

یکی از نکات اصلی در فرایند برنامه‌نویسی CNC تعریف نقطه صفر قطعه کار می‌باشد. درپاورمیل به چند روش می‌توان این نقطه را تعریف نمود. اما ساده ترین روش برای تعریف نقطه صفر قطعه کار، تعریف Workplane می‌باشد که به توضیح آن می پردازیم.

۱ـ ابتدا فایل Project ۱ را باز کنید.

۲ـ برای تعریف Workplane بر روی گزینه Workplane در ناحیه Explorer کلیک راست کنید.

۳ـ سپس روی گزینه Create and Orientatate Workplane کلیک کنید تا لیستی از روش‌های تعریف Workplane باز شود (شکل ۲۹).



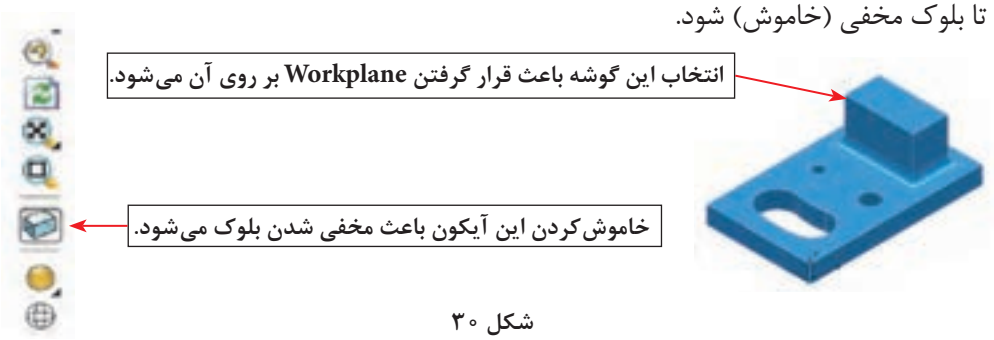
شکل ۲۹

اکنون به شرح مختصری از ۵ روش پرکاربرد که در شکل ۲۹ مشخص شده‌اند می‌پردازیم.

۱ گزینه ... Workplane at Point

چنانچه بخواهیم نقطه صفر قطعه کار بر روی گوشه یا نقطه‌ای از مدل قراربگیرد، این روش مناسب است. پس از انتخاب این گزینه کافیست برروی نقطه یا گوشه‌ای از مدل کلیک کنید. (شکل ۳۰)

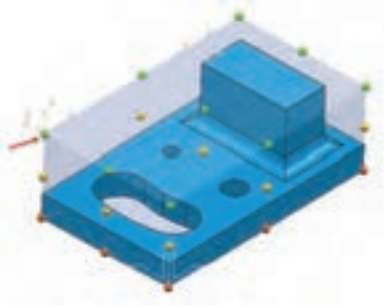
برای اینکه بتوانید به‌راحتی نقاط مدل را انتخاب کنید، بر روی دستور Block از نوار ابزار Viewing کلیک کنید تا بلوک مخفی (خاموش) شود.



شکل ۳۰

۲ گزینه ... Workplane Positioned Using Block

یکی ازساده ترین روش‌های تعیین نقطه صفر قطعه کار، زمانی است که می‌خواهید نقطه صفر برروی یکی ازگوشه‌های بلوک و یا مرکز وجوه بلوک خام تعریف شده قرارگیرد، لذا پس از تعریف بلوک و انتخاب این گزینه مدل و بلوک به شکل ۳۱ در می‌آید، اکنون با انتخاب هریک از نقاط رنگی، نقطه صفر قطعه کار درآنجا قرار می‌گیرد. (بلوک باید روشن باشد)



شکل ۳۱

۳ گزینه Workplane at Top of Selection

اگربخواهیم مرکز یک سطح انتخاب شده به عنوان صفر قطعه کار تعریف شود از این گزینه استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال اگر بخواهیم صفرقطعه کاریا Workplane درمرکزسطح آبی رنگ باشد، کافیست سطح فوق را با کلیک چپ ماوس انتخاب و سپس با انتخاب گزینه Workplane at Top of Selection صفر قطعه کار به‌مرکز این سطح منتقل می‌شود. (شکل ۳۲ـ الف)

اگر دیواره سوراخ یا شیار لوبیایی درشکل ب را انتخاب کنید (کلید Shift را نگه داشته تمام دیواره‌ها را با کلیک چپ ماوس انتخاب کنید) پس از انتخاب روش ۳، صفر قطعه کار در مرکز و بالای سوراخ یا حفره لوبیایی قرار می‌گیرد. (شکل ۳۲ـ ب)

ب الف

شکل ۳۲

۳ گزینه Workplane at Center of Selection ...

این گزینه در این مثال مرکز استوانه سوراخ را به عنوان نقطه صفرتعریف می‌کند.(پس از انتخاب دیواره داخلی یک سوراخ)

۳ گزینه Workplane at of Selection ...

این گزینه مرکز سوراخ و درسطح زیرین قطعه را به عنوان صفرتعریف می‌کند.

فعالیت عملی ۱۱

فایل Project ۱ را باز کنید و خواسته‌های زیر را بر روی آن انجام دهید.

۱ یک Workplane در وسط وجه بالایی بلوک ایجاد کنید.

۲ یک Workplane درگوشه پایین سمت چپ بلوک ایجادکنید.

۳ یک Workplane در بالای سوراخ سمت راستی مدل ایجاد کنید. (بهتراست بلوک را از نوار ابزار Viewing خاموش کنید.)

۴ یک Workplane درگوشه پایین سمت چپ مدل ایجادکنید.

نکته

در یک پروژه می‌توان چند Workplane برای استراتژی‌های مختلف تعریف کرد ولی برای تعریف بلوک یا استراتژی باید فقط یک Workplane را فعال یا Active کرد.

شکل ۳۳

برای فعال کردن Workplane باید بر روی نام Workplane مورد نظر در پنجره Explorer کلیک راست کرده گزینه Active را تیک بزنید. اگر برروی Workplane تعریف شده کلیک راست کنید، گزینه‌های زیر قابل تنظیم است (شکل ۳۳).

- «Active» فعال کردن Workplane
- «Rename» تغییر نام Workplane
- «Delete Workpalne» پاک کردن Workplane

فعالیت عملی ۱۲

Workplane اول درفعالیت ۱۱ را Active کنید. فایل را با نام Project ۲ ذخیره کنید.

نکته

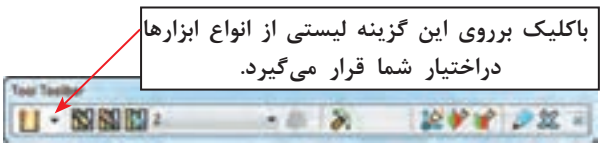
توجه داشته باشید پس از، جابجایی مدل و تغییر Workplane یا صفر قطعه کار، باید یک بار برروی دکمه Calculate کلیک کنید تا مکان جدید بلوک خام دوباره محاسبه شود. تا زمانی که این کار را انجام ندهید بلوک خام نسبت به وضعیت جدید مدل به روز یا Update نمی‌شود. (بلوک روی مدل قرار نمی‌گیرد)

گام پنجم : تعریف ابزار

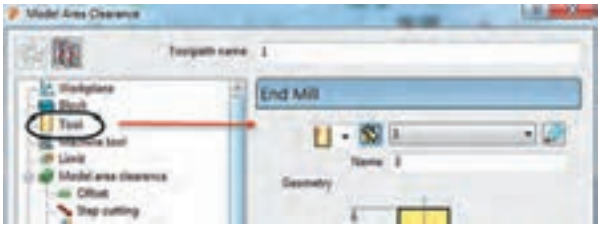
درپاورمیل می‌توان انواع ابزارها را براساس نوع استراتژی و شکل قطعه تعریف کرد. دراینجا به روشهای تعریف ابزار و معرفی سه نوع از ابزارهای پرکاربرد می‌پردازیم.

روش‌های تعریف ابزار

- استفاده از نوار ابزار Tool (شکل ۳۴)
- تعریف ابزاراز طریق پنجره ToolpathStrategies (شکل ۳۵)



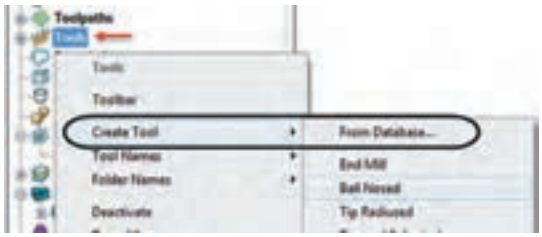
شکل ۳۴



شکل ۳۵

● کلیک راست بر روی گزینه Tool از پنجره Explorer، کلیک بر گزینه Create Tool و انتخاب ابزار مورد نظر از لیست ظاهر شده.(شکل ۳۶)
نوار ابزار Tool معمولاً در قسمت پایین نرم‌افزار پاورمیل وجود دارد، در غیر اینصورت می توان به روش زیر آن را فراخواند.

View ⇨ Toolbar ⇨ Tool



شکل ۳۶

معرفی ابزارهای پرکاربرد در پاورمیل

End Mill» تیغه فرز انگشتی سرتخت :
این ابزار درخشن کاری و پرداخت کاری سطوح کاملاً تخت یا دیواره کاملاً عمودی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۳۷ نوع ساده و اینسرتی این ابزار نشان داده شده است.

شکل ۳۷

Ball Noised» تیغه فرز انگشتی سرگرد:
ایـن ابـزار صرفـاً در عملیـات پرداخت‌کاری اسـتفاده می‌شود (شکل ۳۸).

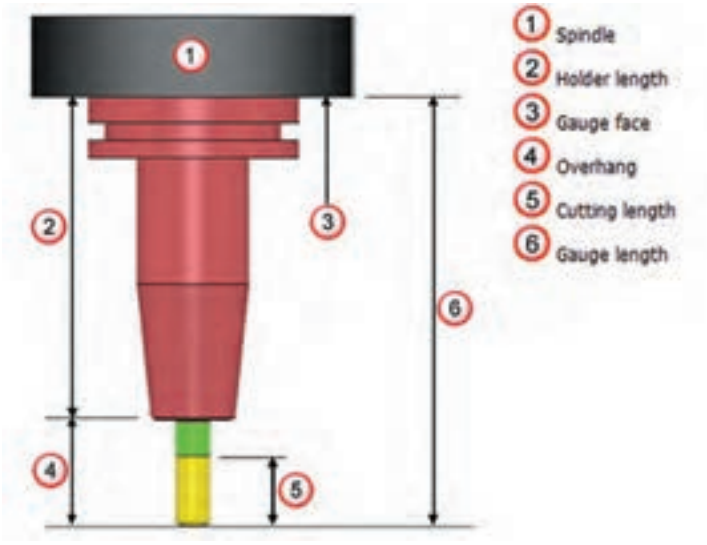
شکل ۳۸

Tip Radiused » تیغه فرز انگشتی سر تخت با گوشه‌های گرد : این ابزار بیشتر در پرداخت کاری، همچنین ماشین‌کاری گوشه‌های گرد، کاربرد دارد. (شکل ۳۹) از نوع تیغچه‌دار آن در خشن‌کاری نیز استفاده می‌شود.

شکل ۳۹

تعریف ابزار، ساق(دنباله) ابزار و نگهدارنده درپاورمیل

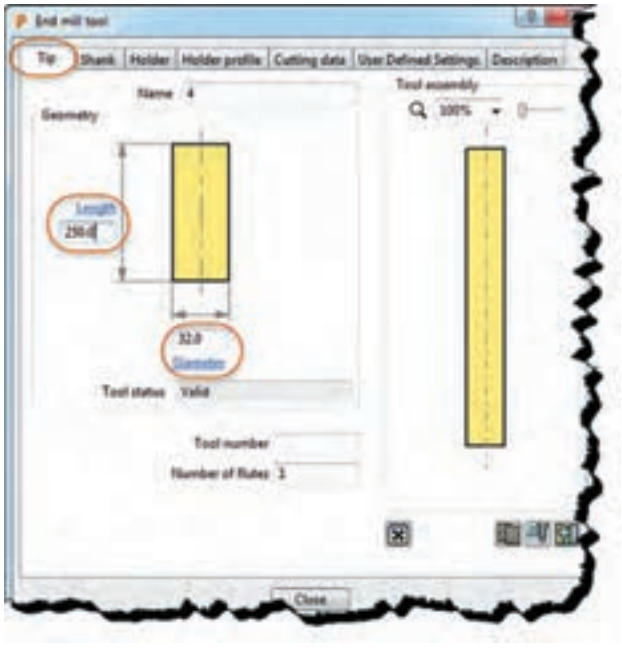
در شکل ۴۰ ابزار به همراه ساق (Shank)و نگهدارنده یا ابزارگیر (Holder) نشان داده شده است.
اکنون می‌خواهیم یک فرز انگشتی سرتخت End Mill تعریف نماییم.



۱ـ اسپیندل
۲ـ طول نگه دارنده
۳ـ سطح زیرمحور(اسپیندل)
۴ـ طولی از ابزار که بیرون از هولدر است
۵ـ طول قسمت برشی ابزار
۶ـ طول ابزار و ابزارگیر

شکل ۴۰

ابزار از نوع End Mill را ازنوار ابزار Tool انتخاب کنید تا کادر شکل ۴۱ باز شود. درتب Tip مانند شکل ۴۱ می‌توانید نام ابزار(Name)، طول (Length) و قطر ابزار(Diameter)، شماره ابزار (Tool Number) و تعداد لبه ابزار (Number of flutes) را تعریف کنید.



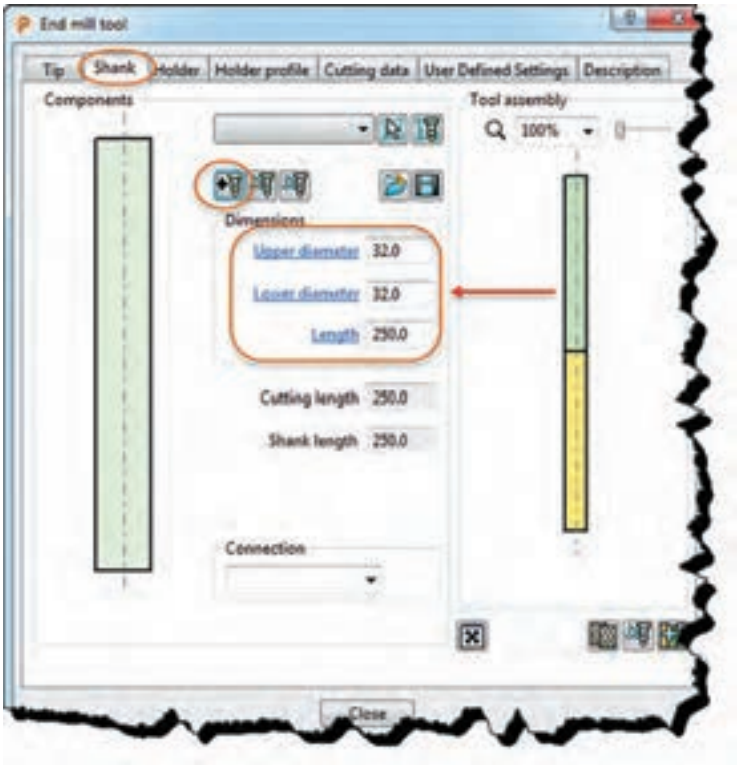
- Name» تعریف نام ابزار
- Length» تعریف طول ابزار
- Diameter» تعریف قطر ابزار
- Tool Status» کلمه Value به معنی صحیح بودن ابعاد ابزار
- Tool number» شماره ابزار
- Number of flutes» تعداد لبه‌های برشی

شکل ۴۱

فعالیت عملی ۱۳

فایل Project ۲ را باز کرده یک ابزار با قطر ۴۰ و طول ۱۰۰ میلی‌متر از نوع سرتخت (End Mill) با نام آن ۴۰e تعریف کنید. پروژه را با همان نام Project ۲ ذخیره کنید.

برای تعریف ساق ابزار یا Shank از تب دوم (Shank) استفاده می‌شود.(شکل ۴۲)



شکل ۴۲

- «Add a shank component» اضافه کردن ساق ابزار : با هر بار کلیک بر روی این گزینه یک ساق اضافه می‌شود.
- « Remove a shank component » حذف کردن ساق ابزار، با هر بار کلیک بر روی این گزینه یک ساق ابزارکم می‌شود.
- « Upper diameter » تعریف قطر بالایی ساق ابزار
- « Lower diameter » تعریف قطر پایینی ساق ابزار

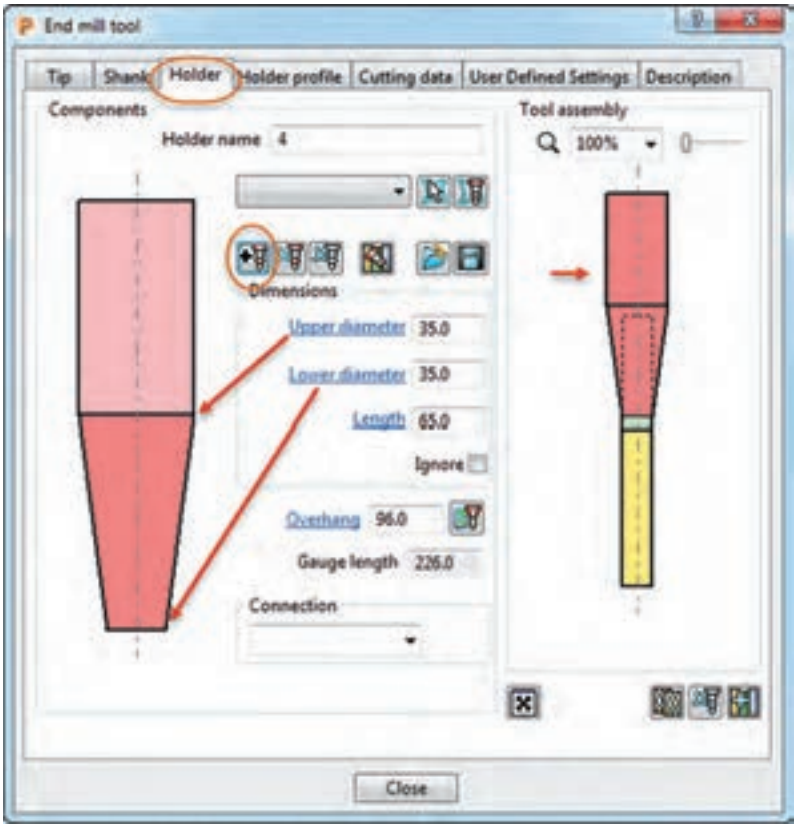
درصورت متفاوت بودن مقادیر دو پارامتر بالا، ساق ابزار به شکل مخروطی و درصورت یکسان بودن به شکل استوانه تعریف می‌شود.

- «Lenght تعریف طول ساق ابزار
- «Cutting Length طول قسمت برشی ابزارکه در تب Tip تعریف شده است.
- «Shank Length طول ساق ابزار

فعالیت عملی ۱۴

برای ابزار تعریف شده در فعالیت قبل یک ساق استوانه‌ای بطول ۶۰ و قطر ۴۰ تعریف نمایید. با همان نام ذخیره کنید.

برای تعریف نگهدارنده، ابزار گیر یا هولدر از تب سوم(Holder) استفاده می‌شود.(شکل ۴۳)



شکل ۴۳

- «Remove holder component» اضافه کردن هولدر ابزار : با هر بار کلیک بر روی این گزینه یک هولدر اضافه می‌شود. در شکل ۴۳ یک هولدر دو قسمتی (یک قسمت مخروطی و یک قسمت ساده) ایجاد شده است.
- «Remove holder component» حذف کردن هولدر ابزار : با هر بار کلیک بر روی این گزینه قسمتی از هولدر ابزار حذف می‌شود.
- «Upper diameter» تعریف قطر بالایی ساق ابزار
- «Lower diameter» تعریف قطر پایینی ساق ابزار

یکسان نبودن مقادیر دو پارامتر بالا باعث مخروطی شدن هولدر می‌شود.

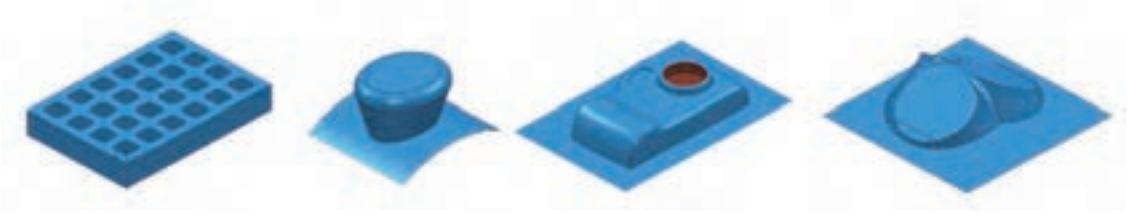
- «Length» تعریف طول ساق ابزار
- «Cutting Length» طول قسمت برشی ابزارکه در تب Tip تعریف شده است.
- «Shank Length» طول ساق ابزارکه در تب Shank تعریف شده است.

فعالیت عملی ۱۵

برای ابزار تعریف شده در فعالیت عملی ۱۸ یک هولدر دو قسمتی (ساده و مخروطی) با ابعاد دلخواه ایجاد کنید. از شکل ۴۳ کمک بگیرید.

گام ششم : تعریف استراتژی ماشین‌کاری (Toolpath Strategies)

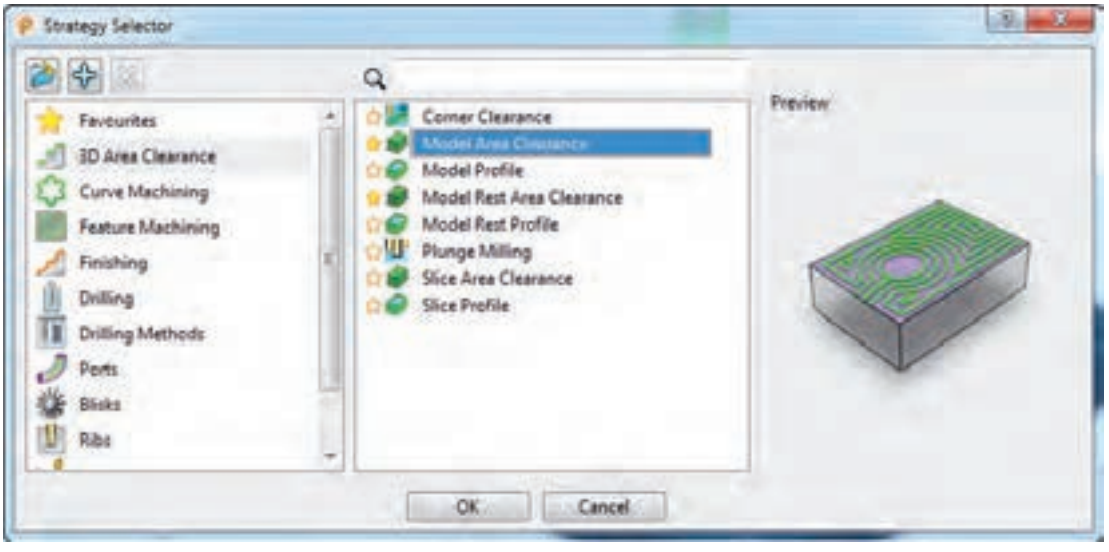
استراتژی ماشین‌کاری چیست؟ به نوع مسیر حرکت ابزار بر روی بلوک یا قطعه که منجر به عملیات براده برداری و رسیدن به قطعه نهایی می‌شود استراتژی ماشین‌کاری یا استراتژی مسیر ابزارگفته می‌شود. به شکل‌های زیر نگاه کنید. آیا برای فرزکاری آن می‌توان از یک روش استفاده کرد. یک قطعه ممکن است دارای سطوح صاف، شیبدار یا منحنی ساده و پیچیده ، شیار، سوراخ، گوشه پخ‌دار، گرد و غیره باشد، در پاورمیل روش‌های متنوعی برای فرزکاری این موضوعات وجود دارد. برخی ازآنها برای خشن کاری و برخی برای پرداخت‌کاری استفاده می‌شود. برخی از استراتژی‌ها برای فرزکاری سطوح تخت و برخی برای فرزکاری دیواره‌ها وبرخی دیگر برای سطوح منحنی مناسبند. بیشتر مواقع برای رسیدن به فرم نهایی قطعه، بایداز چند استراتژی مختلف استفاده شود. در این پودمان قصد داریم شما را با برخی از استراتژی‌های مهم آشنا کنیم.



دستور Toolpath Strategies

پس از وارد کردن مدل، تعیین Workplane و تعریف بلوک خام می‌توانید بر روی دستور Toolpath Strategies در نوار ابزار اصلی کلیک کنید تا پنجره تعریف استراتژی مطابق شکل ۴۴ باز شود.

این پنجره از دو قسمت تشکیل شده است. در سمت چپ دسته بندی استراتژی ها و در سمت راست انواع استراتژی‌های هر دسته انتخاب شده مشاهده می‌شود. (شکل ۴۴)



شکل ۴۴

شرح مختصر:

- Favourites» مجموعه استراتژی‌های منتخب
- 3D Area clearance» مجموعه استراتژی‌های خشن کاری
- Curve Machining» مجموعه استراتژی‌های فرم تراشی دو بعدی، پخ زنی و فرزکاری سطوح تخت
- Finishing» مجموعه استراتژی‌های پرداخت‌کاری
- Drilling» مجموعه استراتژی‌های سوراخ‌کاری
- Blisks» استراتژی‌های ویژه برای فرزکاری سطوح پیچیده مانند پره‌های توربین (فرزهای بیش از سه محورکنترل)
- Rib» استراتژی شیارزنی
- Turning» مجموعه استراتژی‌های تراش‌کاری

اصطلاحات و تنظیمات مشترک استراتژی‌ها

در بسیاری از استراتژی‌هایی که به آنها خواهیم پرداخت پارامترهای مشترکی وجود دارد که لازم است با آنها آشنا شوید.

Cut Direction : جهت براده برداری

جهت براده‌برداری که دو نوع است :

۱ براده برداری همراه Climb (ابزار سمت چپ ناحیه ماشین‌کاری شده)،

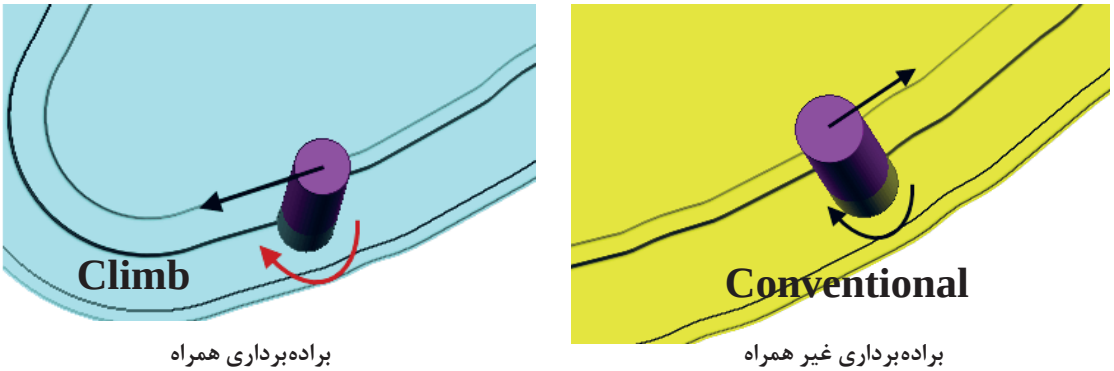
۲ براده‌برداری غیرهمراه Conventional (ابزار سمت راست ناحیه ماشین‌کاری شده)

در شکل ۴۵ هر دو روش نشان داده شده است.

نکته

جهت براده برداری با توجه به نوع استراتژی (خشن کاری یا پرداخت کاری) و کیفیت سطح تعیین می‌گردد.

انتخاب گزینه Any در تنظیمات نرم‌افزار، بدین معنی است که روش براده‌برداری به‌عهده نرم‌افزارپاورمیل گذاشته می‌شود، تا از هردو روش بسته به فرم مدل استفاده کند.

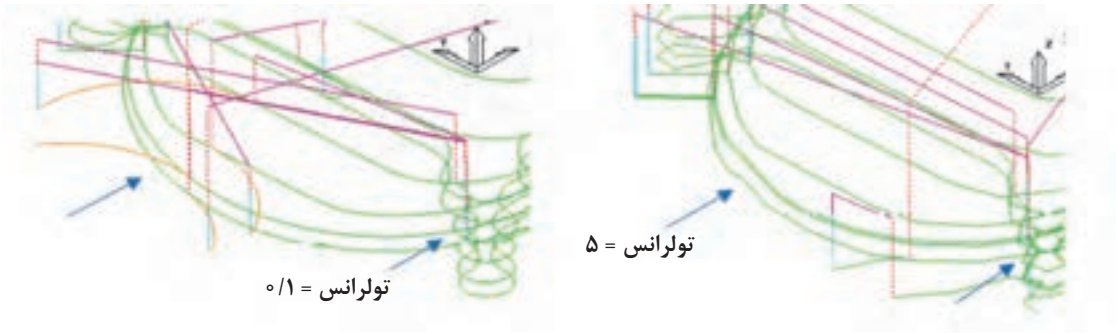


براده‌برداری همراه — براده‌برداری غیر همراه

شکل ۴۵

Tolerance (تولرانس): مفهوم تولرانس درپاورمیل با آنچه در نقشه خوانی آموختید متفاوت است. در پاورمیل هنگام تهیه برنامه ماشین‌کاری، منحنی‌های موجود در مسیر ابزار به چند صدضلعی‌های منتظم تقسیم می‌شود و خطوط مسیرابزار بر روی گوشه‌های این چند ضلعی قرار می‌گیرد، حال هر چه مقدار تولرانس عدد بزرگ‌تری باشد تعداد اضلاع آن کمتر می‌شود. به‌عنوان مثال اگر یک منحنی به شعاع ۱۰ میلی‌متر با تولرانس ۵ میلی‌متر ماشین کاری شود، چند ضلعی‌های به‌وجود آمده دراثر براده‌برداری با چشم کاملاً مشهود است. ولی اگر تولرانس ۰/۱ میلی‌متر باشد چند ضلعی با چشم قابل مشاهده نخواهد بود، بلکه به شکل یک منحنی تقریباً واقعی دیده می‌شود و کیفیت سطح بهتری ایجاد می‌شود، ولی در عوض تعداد خطوط برنامه زیادتر می‌شود.

در شکل‌های ۴۶ تفاوت مسیرهای ایجاد شده (خطوط سبز) با تولرانس‌های ۵ و ۰/۱ میلی‌متر را مشاهده می‌کنید.



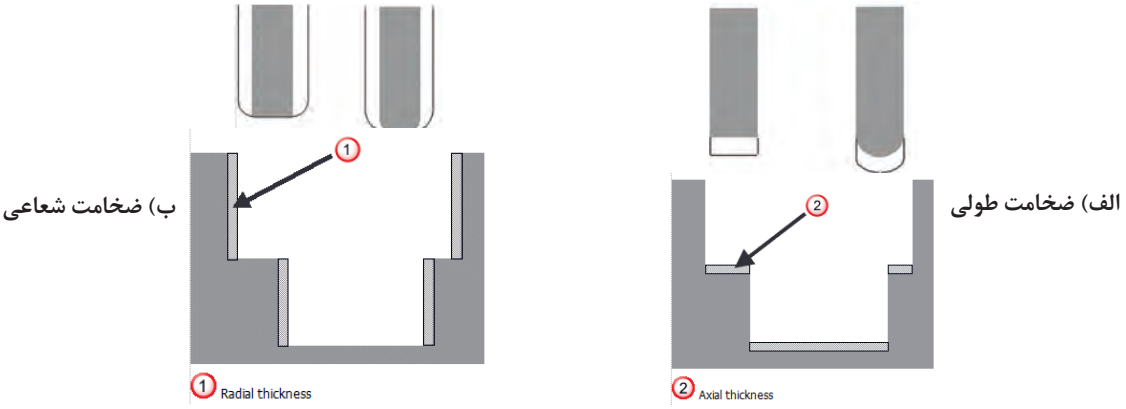
شکل ۴۶

نکته

در استراتژی‌های خشن‌کاری معمولاً تولرانس در حدود ۰/۲ یا ۰/۳ میلی‌متر ولی در پرداخت‌کاری در حدود چند صدم میلی‌متر تنظیم می‌شود.

Thickness: ضخامت باقی مانده: به مقدار بار ماشین کاری باقی مانده برای ماشین‌کاری مرحله بعدی (مانند پرداخت کاری) Thickness گفته می‌شود. به عبارتی همواره درخشن کاری باید مقداری ازضخامت قطعه برای مراحل بعدی باقی بماند. مثلاً اگر مقدار آن را ۲ میلی‌متر تعیین کنیم ابزار تا ارتفاع ۲ میلی‌متر مانده به سطح نهایی عمل ماشین‌کاری را انجام می‌دهد. در اصل نرم‌افزار پاورمیل فرض می‌کند قطر و یا طول ابزار ۲ میلی‌متر بزرگ‌تر است. در فرزکاری سطوح مختلف یک قطعه با توجه به نوع ابزار و شکل و فرم قطعه باید این مقادیرتعیین گردد.

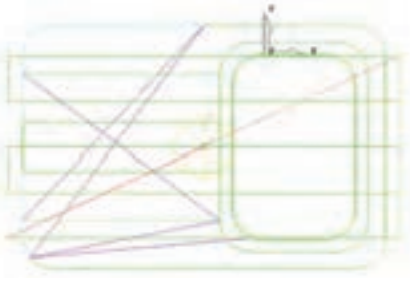
در شکل ۴۷ـ الف: مقادیر ضخامت طولی (Axial Thickness) و در شکل ۴۷ـ ب: مقادیرضخامت شعاعی (Radial Thickness) در دو ابزار End Mill و Ball Noised و ضخامت باقی مانده از قطعه پس از ماشین‌کاری نشان داده شده است.



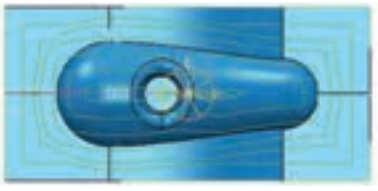
شکل ۴۷

فعالیت عملی ۱۶

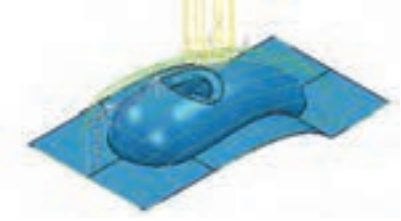
تحقیق کنید اگربخواهیم شیاری به عرض ۳۰ میلی‌متر را با ابزار ۲۰ میلی‌متر فرزکاری کنیم، چنانچه Thickness = ۶mmشعاعی، وارد شود، آیا استراتژی قادر به انجام آن می‌باشد؟



شکل ۴۸



شکل ۴۹

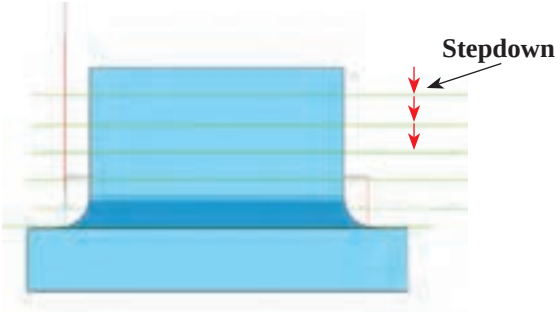


شکل ۵۰

Stepover گام ابزار: درخشن کاری مقدار پیشروی ابزار در راستای شعاعی (جابجایی عرضی ابزار) را Stepover گویند. این جابجایی‌ها یا پاس‌ها در خشن کاری یکسان و منظم است.مقدار Stepover معمولاً حداکثر ۸۰ ٪ قطر ابزارهای سرتخت End Mill یا قطرمؤثر ابزار Tip Radiused درنظرگرفته می‌شود، تا هر مسیر حرکت ابزار، بخشی از پاس قبلی را هم‌پوشانی کند. مثلاً اگر قطر ابزار ۲۰ باشد مقدار Stepover را می‌توان حدود ۱۶ میلی‌متر در نظرگرفت. شکل ۴۸ (خطوط سبز، مسیر ابزار یا همان Toolpath می‌باشد.)

اما در استراتژی‌های پرداخت کاری (به‌غیر از استراتژی Constant Z finishing)، از آنجایی که مسیر ابزار همواره بر روی سطوح تصویر می‌شود لذا عملاً فاصله پاس‌های ماشین‌کاری تصویر شده روی سطوح تخت یکسان و منظم ولی درسطوح شیب دار یا قوس‌دار متغیر است. این موضوع در افزایش کیفیت سطح در عملیات پرداخت کاری مؤثر است.

در شکل ۴۹ قطعه با یک استراتژی پرداخت کاری و Stepover = ۱۰ ماشین‌کاری شده است. به فواصل نامنظم ماشین‌کاری برروی سطوح تخت و منحنی دقت کنید. درحالی که در شکل ۵۰ در نمای سه بعدی فواصل یکسان به‌نظر می‌رسد.



شکل ۵۱

Stepdown عمق بار: به‌میزان نفوذ ابزار در راستای محور Z یا همان عمق بار، Stepdown گفته می‌شود. مقدار آن بر اساس جنس قطعه کار، توان ماشین، پیشروی و... تعیین می‌شود. از آنجایی که اساس کار در CNC بار کم و سرعت زیاد است، مقدارآن درخشن تراشی حداکثر ۰/۵ میلی‌متر و درپرداخت کاری حدود صدم میلی‌متر تعیین می‌شود(شکل ۵۱).

خط چین‌های قرمز نشست و برخاست‌های ابزار از روی کار است.

اکنون برخی از استراتژی‌های مهم در پاورمیل را توضیح می‌دهیم.

استراتژی‌های خشن‌کاری 3D Area Clearance

از استراتژی‌های این گروه عموماً در خشن کاری یا ماشین‌کاری اولیه بلوک خام استفاده می‌شود.

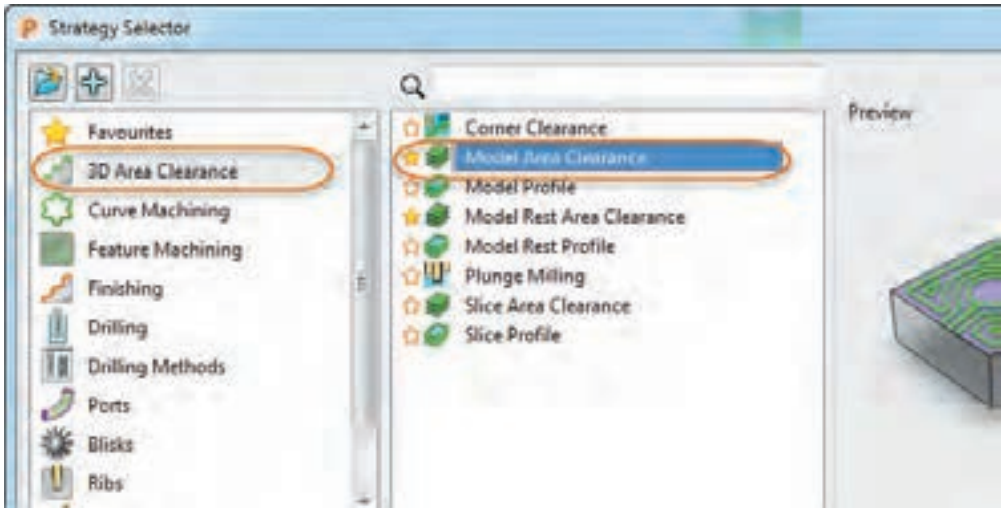
استراتژی Model Area Clearance

از جمله استراتژی‌های خشن‌کاری است که در آن مسیر ابزار یا Toolpath تابع فرم مدل می‌باشد. به‌طور کلی در پاورمیل مرکز ابزارهمواره از مرز بلوک تعریف شده خارج نمی‌شود و در داخل بلوک از شکل هندسی مدل تبعیت می‌کند. (مگر توسط اپراتور تنظیمات خاصی انجام شده باشد.)

از دیگر نکات مهم در خشن کاری و قبل از عملیات پرداخت کاری این است که با تعریف استراتژی‌های مناسب تا حد امکان بلوک را تا رسیدن به فرم اولیه قطعه کار (با لحاظ مقدار Thickness) ماشین‌کاری کنیم و در نهایت آن را با استراتژی‌های پرداخت‌کاری به سطح مطلوب نهایی برسانیم.

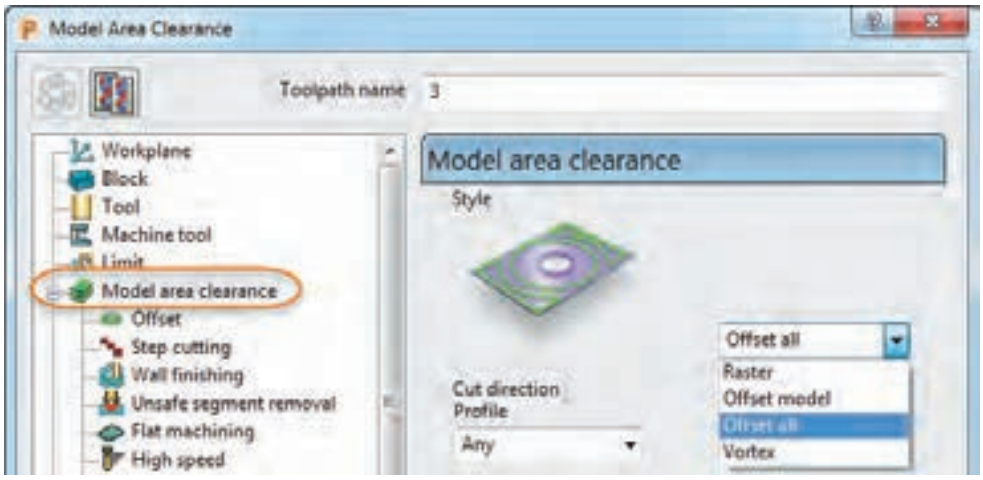
کار را با مدل طراحی شده در فعالیت اول دنبال می‌کنیم.

۱ـ فایل Project 2 را باز کنید، بر روی دستور Toolpath Strategies از نوار ابزار اصلی کلیک نمایید، تا کادر محاوره‌ای مطابق شکل ۵۲ باز شود.



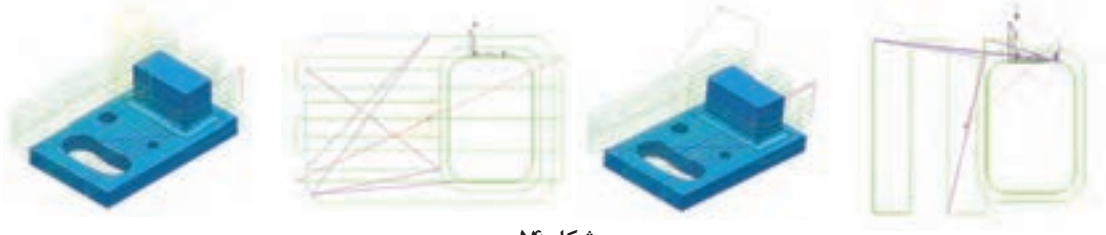
شکل ۵۲

۲ـ از کادر سمت چپ گروه 3D Area Clearance و از سمت راست گزینه Model Area Clearance را کلیک کنید تا کادر آن مانند شکل ۵۳ باز شود.
۳ـ از سمت چپ این کادر گزینه Model Area Clearance را انتخاب کنید تا پنجره تعریف استراتژی در سمت راست ظاهر شود. مقادیر استراتژی را مانند شکل ۵۳ تنظیم کنید.



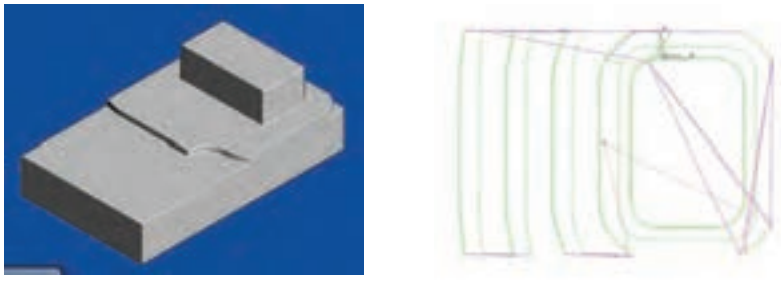
شکل ۵۳

تشریح گزینه‌های کادر استراتژی Model Area Clearance :
۳ـ درقسمت Style روش‌های زیر قابل انتخاب است :
Raster: مسیر ابزار به شکل رفت و برگشتی و معمولاً در راستای طول مدل (Angle = ۰) یا عرض مدل (Angle = ۹۰) است (شکل‌های ۵۴).



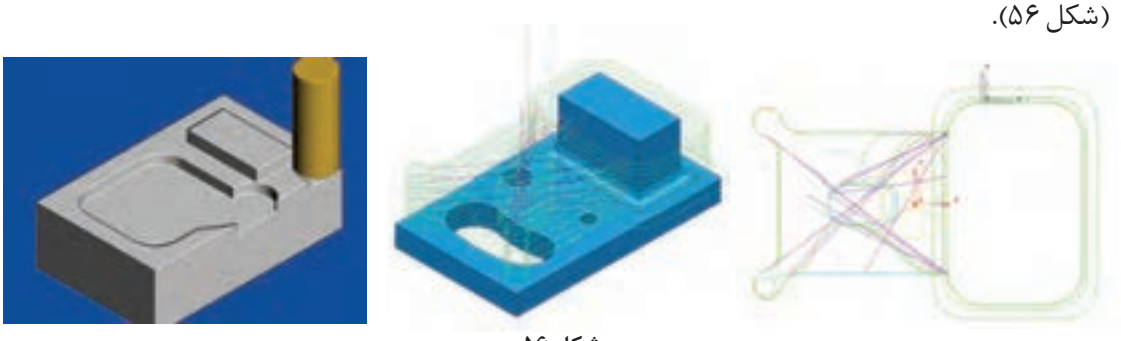
شکل ۵۴

Offset model: در این روش مسیر ابزار(Toolpath) به‌صورت آفست‌های متوالی از فرم هندسی کل مدل ایجاد می‌شود (شکل ۵۵).



شکل ۵۵

Offset all: در این روش مسیر ابزار به‌صورت آفست‌های متوالی در اطراف اجزای مدل ایجاد می‌شود (شکل ۵۶).



شکل ۵۶

در این مثال گزینه Offset all را انتخاب کنید.

۴ـ در قسمت Cut Direction جهت براده برداری را Any انتخاب کنید، تا تعیین جهت براده‌برداری توسط پاورمیل به‌صورت خودکار انجام شود.

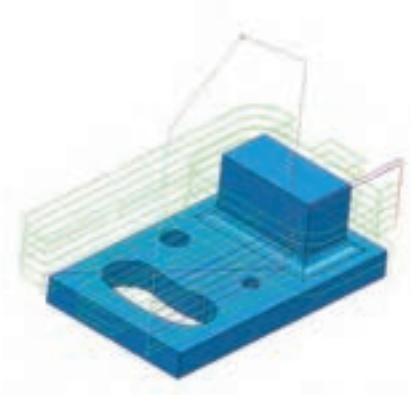
۵ـ در کادر Tolerance ، تولرانس را ۰/۱ میلی‌متر وارد کنید.

۶ـ درکادر Thickness عدد ۰/۵ میلی‌متر را وارد کنید تا ماشین‌کاری ۰/۵ میلی‌متر باقی مانده به سطح نهایی انجام شود.

۷ـ از آنجایی که قطر ابزار ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده مقدار Stepover را، ۳۲ میلی‌متر وارد کنید.(۸۰٪ قطر ابزار)

۸ـ مقدار Stepdown را ۰/۳ میلی‌متر وارد کنید. (در شکل ۵۷ برای نمایش بهترمسیر ابزار، مقدار ۱۰ میلی‌متر وارد شده است.)

۹ـ بر روی دکمه Calculate کلیک کنید تا مسیر ماشین‌کاری محاسبه، ایجاد و نمایش داده شود.



شکل ۵۷

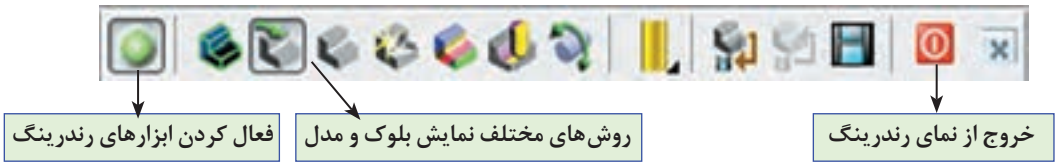
همانطورکه در شکل ۵۷ می‌بینید سطح بالایی و دیواره‌های کناری پایین هیچ مسیر ابزاری وجود ندارد و عملاً این قسمت‌ها براده‌برداری نشده است. فکر می‌کنید دلیل آن چیست ؟

گام هفتم : شبیه سازی وکاربا نوارابزارهای View Mill , Simulation

پس از ایجاد مسیر ماشین کاری یا Toolpath می‌توانید عملیات ماشین‌کاری را شبیه‌سازی کنید. بدین منظور از دو نوار ابزار فوق استفاده می‌شود. چنانچه این دو نوار ابزار را در محیط پاورمیل نمی‌بینید، از مسیر زیر آنها را تیک بزنید تا ظاهر شوند.

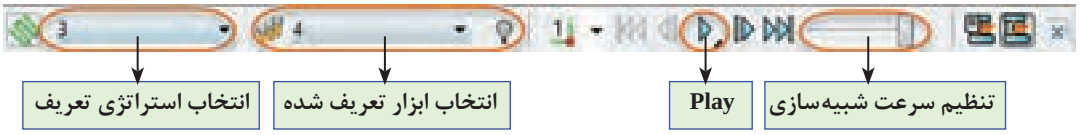
View – Toolbar – View Mill/Simulation

با کلیک بر روی اولین دستور نوار View Mill می‌توانیم سایر ابزارهای آن را فعال یاروشن کنیم. پس ازآن، یکی از روش‌های نمایش بلوک و مدل (رندرینگ) را انتخاب کنید. شکل ۵۸



شکل ۵۸

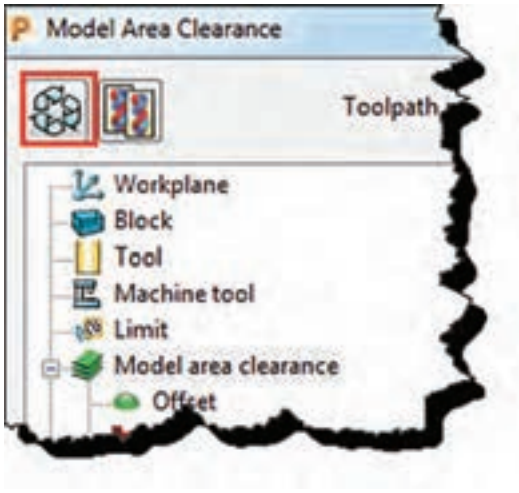
اکنون در نوار ابزار Simulation نام استراتژی و نام ابزاری که قبلاً تعریف کرده اید را به‌ترتیب درکادر اول و دوم انتخاب کنید سپس بر روی دکمه Play کلیک کنید تا عملیات شبیه‌سازی (Simulation) شروع شود (شکل ۵۹).



شکل ۵۹

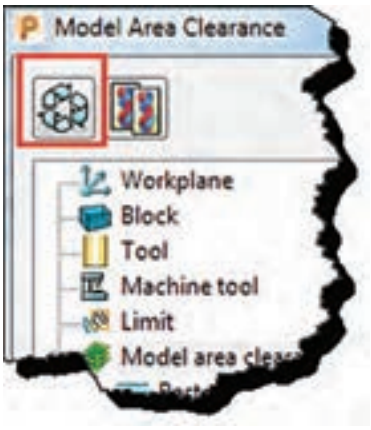
ماشین کاری دیواره‌ها: در پاسخ به این سؤال که چرا سطح بالایی و دیواره‌های کناری پایین مدل ماشین‌کاری نشده، باید گفت از آنجایی که دراین قسمت‌ها بلوکی برای ماشین‌کاری وجود ندارد و مرکز ابزار نمی‌تواند از مرز بلوک خارج شود لذا مسیر ابزار یا Toolpath ایجاد نمی‌شود. اگربخواهیم این قسمت‌ها نیز ماشین‌کاری شود باید ابعاد بلوک را با دستور Block بزرگ ترکنیم. (البته این به این معنی نیست که ابعاد واقعی ماده خام را بزرگ‌تر کنیم بلکه فقط بصورت نرم‌افزاری این کار را انجام می‌دهیم).

- برای این‌کار لیست Toolpath در ناحیه Explorer را با کلیک برروی علامت + ، بازکرده بر روی نام استراتژی موردنظر (در این مثال ۱) کلیک راست کنید،
- ابتدا گزینه Active را تیک زده تا فعال شود و سپس گزینه Setting را انتخاب کنید تا پنجره استراتژی باز شود (شکل ۶۰).



شکل ۶۰

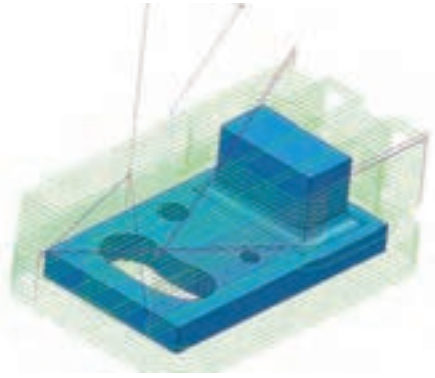
● اکنون بر روی دکمه Edit Toolpath کلیک کنید تا بتوانید تنظیمات را تغییر دهید (شکل ۶۱).



شکل ۶۱

● برروی عبارت Block که درسمت چپ پنجره تنظیمات استراتژی ظاهر می‌شود کلیک کنید. در سمت راست با قفل کردن Min Z و واردکردن عدد ۱۰ در کادر Expansion و کلیک برروی Calculate، بلوک جدید درتمام راستاها به غیر از راستای سطح پایین (Z) به اندازه ۱۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد.

● بر روی دکمه Calculate مربوط به استراتژی کلیک کنید تا Toolpath جدید محاسبه شود. همان‌طور که در شکل ۶۲ می‌بینید این بار برای سطح بالا و دیواره‌ها مسیر ماشین‌کاری یا Toolpath ایجاد شده است.



شکل ۶۲

نکته

توجه داشته باشید که درعمل دیواره‌های پایین ممکن است در گیره بسته شده باشد و امکان ماشین کاری آن وجود نداشته باشد. در این موارد معمولاً قبل از ماشین‌کاری اصلی، دیواره ها ماشین‌کاری وگونیا می‌شوند.

پس از انجام تنظیمات استراتژی و قبل از کلیک بر روی Calculate و محاسبه مسیر ماشین‌کاری لازم است یکسری پارامترهای ماشین کاری تعریف گردد. لذا درگام هشتم با این پارامترها و تنظیم آنها آشنا می‌شوید و سپس سایر استراتژی‌ها بیان خواهد شد.

گام هشتم : تعریف پارامترهای ماشین‌کاری

یکی از مهم‌ترین کارها در پاورمیل تعریف و تنظیم پارامترهای ماشین‌کاری است. پارامترهایی از قبیل عده دوران، سرعت حرکت سریع (G00)، سرعت پیشروی ماشین‌کاری (G01)، نحوه ورود و خروج ابزار، ارتفاع ایمن ابزار و غیره که همگی از طریق نوار ابزار Main (شکل ۶۳) یا از داخل پنجره استراتژی‌ها قابل انجام است (شکل ۶۴) ،که روش دوم به‌دلیل اعمال پارامترها بر روی استراتژی فعال بهتر است.

شکل ۶۳ ـ نوار ابزار اصلی

شکل ۶۴

دستور Feeds and Speeds: از این دستور برای تعریف پارامترهای زیر استفاده می‌شود.با کلیک بر روی آیکون این دستور کادر محاوره ای ازآن باز می‌شود.گزینه‌های آن به شرح زیر است (شکل ۶۵).

- **Type»** تعیین نوع ماشین کاری، خشن‌کاری (Roughing) و یا پرداخت کاری (Finishing)
- **Operation»** تعیین نوع عملیات : عمومی (General)، شیارتراشی (Slotting) ، فرم تراشی (Profiling) فرزکاری سطح (Face Milling) ، فرزکاری عمودی (Plunge Milling)، سوراخ‌کاری (Drilling)
- **Coolant»** نوع ماده خنک کاری (مایع خنک کننده، هوا وغیره)
- و سایر پارامترهای اصلی دیگرکه در شکل توضیح داده شده است.

شکل ۶۵

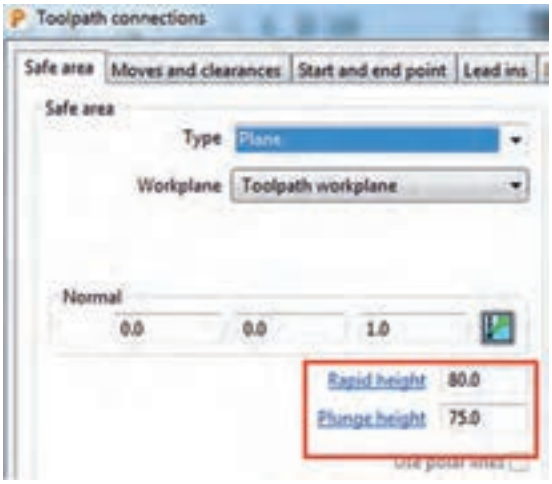
مقادیر فوق بر اساس نوع عملیات، نوع، قطر وجنس ابزار، نوع استراتژی و.... تعیین می‌گردد. (معمولاً اطلاعات بخش سمت راست وارد می‌شود.)

Plunging feed rate: پس از آن که ابزار با سرعت سریع (G00) به ارتفاع پلانج (در صفحه بعد توضیح داده شده است) می‌رسد، از آنجا تا زمان نفوذ ابزار به قطعه با این سرعت حرکت می‌کند.

Skim feed rate: ابزار در حین عملیات ماشین‌کاری مرتباً از روی کار بلند شده تا به موقعیت پاس بعدی برود، به این مسیر Skim گفته می‌شود، که در کادر بالا سرعت آن تعیین می‌شود (G00).

دستور Rapid Move Height

با کلیک برروی این دستور کادر محاوره‌ای Toolpath Connection باز می‌شود در تب Safe Area دو مقدار مهم زیرتعریف می‌شود (شکل۶۶).



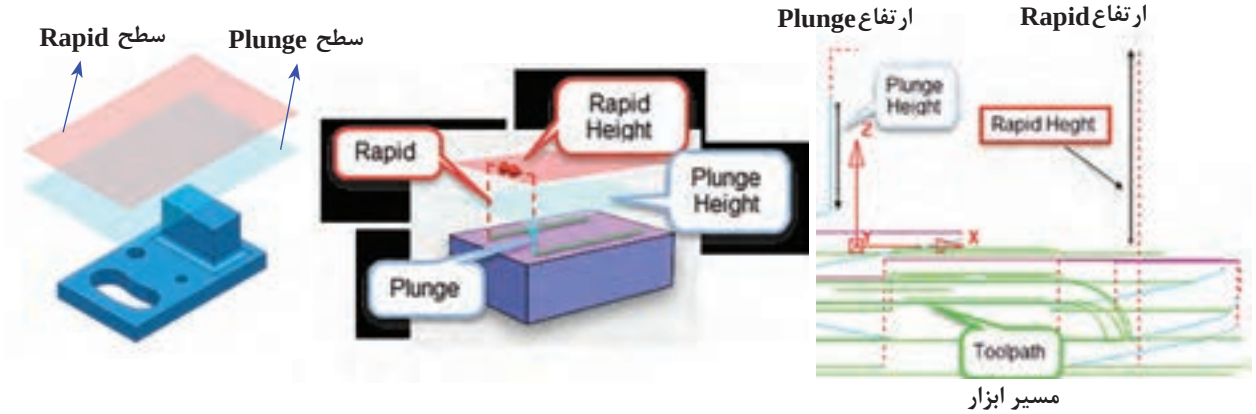
شکل ۶۶

- **Rapid height**

زمانی که ابزاردر حین عملیات ماشین‌کاری از روی کار بلند می‌شود تا به پاس بعدی برود تا ارتفاعی که دراین کادر تنظیم می‌شود بالا می‌رود (با حرکت سریع Rapid).

- **Plunge height**

ابزار هنگام شروع پاس بعدی با حرکت سریع (G00) تا ارتفاعی که دراین کادرتنظیم می‌شود پایین می‌آید و سپس با سرعت پلانج (سرعت نفوذ در کار) که در کادر فرم شکل ۶۵ تعیین شده به کار نزدیک می‌شود (شکل ۶۷).

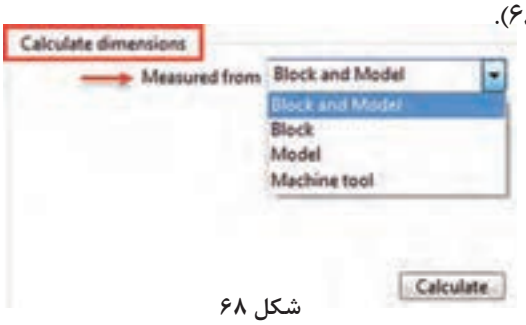


شکل ۶۷

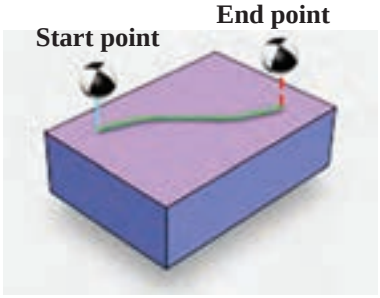
نکته

نکته مهم : تنظیم صحیح این مقادیر از برخورد ابزار با بلوک جلوگیری می‌کند، درعین حال زیاد بودن این مقادیر باعث طولانی شدن فرآیند ماشین‌کاری می‌شود. (در شکل‌های ۶۶ و۶۷ این مقادیر اغراق‌آمیز و به‌منظور دید بهتر تنظیم شده).

درکادر Measured from از قسمت Calculatedimension باتعیین ملاک محاسبه (نسبت به ماشین، بلوک، مدل یا هر دو)، همچنین وارد کردن دو پارامتر Rapid / Plunge Clearance و کلیک برروی دکمه Calculate دو ارتفاع Rapid / Plunge height توسط نرم‌افزار پاورمیل محاسبه می‌شود و در دو کادربخش نرمال درج می‌شود (شکل ۶۸).



شکل ۶۸



شکل ۶۹

Start and End Point: از دیگر پارامترهای مهمی که باعث جلوگیری از برخورد ابزار با بلوک، قطعه کار و یا میز می‌شود ارتفاع نقاط شروع و پایان ماشین‌کاری است. ابزار با اجرای استراتژی با حرکت سریع به نقطه شروع ایمن (Start Point) رفته و سپس با سرعت پلانج به کار نفوذ می‌کند. در پایان عملیات ماشین‌کاری نیز ابزار با حرکت سریع از روی کار بلند شده به نقطه پایان ایمن(End point) می‌رود (شکل ۶۹).

با اجرای این دستور کادر محاوره‌ای Toolpath Connection مطابق شکل ۷۰ باز می‌شود.
تب Start point and End point را انتخاب کنید.

شکل ۷۰

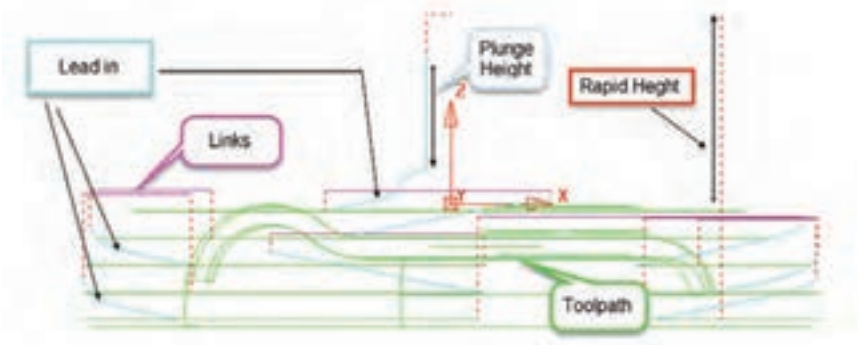
- Start Point » نقطه شروع ماشین‌کاری
- End Point » نقطه پایان ماشین‌کاری

در کادر Use می‌توانید به روش‌های زیر نقاط شروع و پایان ماشین‌کاری راتعیین کنید.

- Block center safe » نقطه شروع/ پایان حرکت ابزار، ابزار در وسط سطح بالای بلوک با ارتفاع ایمن قرار می‌گیرد.
- First/Last point safe » نقطه شروع / پایان حرکت ابزار، نزدیک‌ترین / دورترین نقطه به قطعه کار با فاصله ایمن
- First/Last point » نقطه شروع / پایان حرکت ابزار، نزدیک‌ترین / دورترین نقطه‌به قطعه کار
- Absolute » تعیین مختصات شروع و پایان حرکت بصورت درج مختصات به شکل مطلق

دستور Leads and Links

دستور Leads in/Lead out: برای تعیین چگونگی نشست و برخاست‌های (ورود وخروج) ابزار در حین عملیات ماشین‌کاری (حرکت‌های بین پاس‌های ماشین‌کاری) استفاده می‌شود، و از فاکتورهای مهم در کاهش زمان ماشین‌کاری و جلوگیری از شکستن ابزار و بالا بردن عمر ابزار می‌باشد، چنانچه ابزار به‌طور نامناسب به بلوک یا قطعه کار نفوذ کند احتمال وارد شدن شک و شکستن آن می‌باشد. در شکل ۷۱ بصورت تصویری Lead in به رنگ فیروزه‌ای نشان داده شده است.



شکل ۷۱

پس از اجرای این دستوراز نوار ابزار اصلی پنجره Toolpath Connection بازمی‌شود (شکل ۷۰).

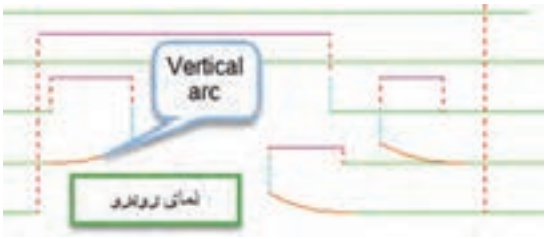
- تب Leads in : نحوه ورود ابزار به کاردرحین عملیات ماشین‌کاری
- تب Leads out : نحوه خروج ابزار ازکاردرحین عملیات ماشین‌کاری
- تب Links: نحوه اتصال یک خروج به ورود (چگونگی اتصال پاس‌های ماشین‌کاری)

روش‌های ورود وخروج ابزار Leads in/out:

تب‌های Lead in و Lead out دارای گزینه مشابهی‌اند، که اولی نحوه ورود و دومی نحوه خروج ابزار به شرح زیر تعریف می‌شود.

- **None** : هیچ روشی برای ورود یاخروج تعریف نمی‌شود، احتمال وارد شدن شوک به ابزار وجود دارد.
- **Surface normal arc** : ابزار در مسیری به‌شکل کمان عمود بر سطح، وارد کار (یاخارج) می‌شود.
- **Vertical arc** : ابزار در مسیری به شکل یک کمان عمود بر صفحه افق، وارد کار (یا خارج) می‌شود.

درشکل ۷۲ خروج ابزار ازاین نوع است.



شکل ۷۲

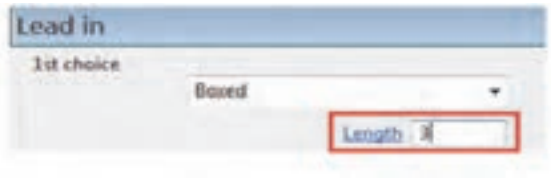
- **Horizontal arc** : ابزاردرمسیری به شکل یک کمان افقی، واردکار (یا ازآن خارج) می‌شود. در شکل ۷۳ ـ الف خروج ابزار ازاین نوع می‌باشد. شعاع کمان در کادر Radius تعیین می‌شود.

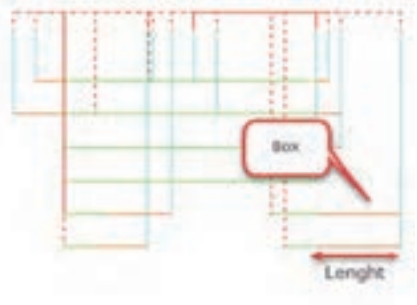
- **Horizontal arc left** : مانند حالت قبل ابزاردرمسیری به شکل یک کمان افقی ولی ازسمت چپ وارد کار (یا از آن خارج) می‌شود. این نوع ورود در براده برداری همراه (G۴۱) Climb کاربرد دارد.
- **Horizontal arc right** : ابزار در مسیری به شکل یک کمان و از سمت راست وارد کار (یا از آن خارج) می‌شود. در براده برداری غیرهمراه(G۴۲) Convetional کاربرد دارد (شکل ۷۳ـ الف).

نکته

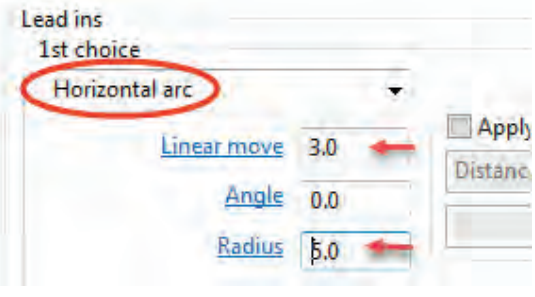
هنگام خروج ابزار در پایان عملیات ماشین‌کاری (خصوصاً پرداخت کاری) برای اینکه ابزار برروی دیواره ها خط یا خش ایجاد نکند، بهتراست Lead out را از نوع Horizontal arc تعریف کنیم.

- **Box**» ابزار به‌صورت افقی، بدون زاویه و با فاصله اندازه وارد شده درکادر Length وارد یا از آن خارج می‌شود (شکل ۷۳ ـ ب).





ب

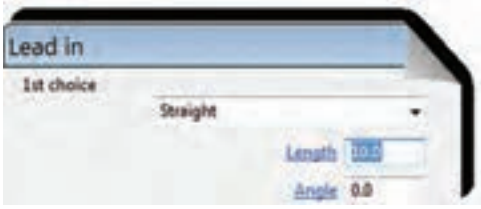


الف

شکل ۷۳

شکل ۷۴

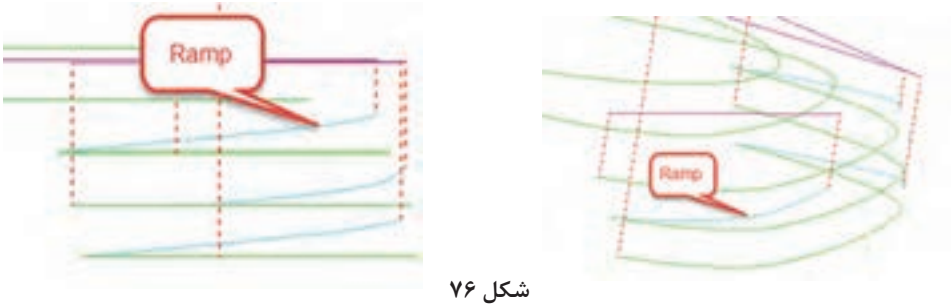
● **Extended Move** : ابزار در امتداد مسیر حرکت و پس از ماشین‌کاری سطح به اندازه طول تنظیمی در کادر Length از کار خارج یا به اندازه این فاصله قبل‌تر از قطعه حرکت اضافی داشته باشد. این ورود و خروج در مورد استراتژی پرداخت Raster finishing کاربرد دارد (شکل ۷۴).



شکل ۷۵

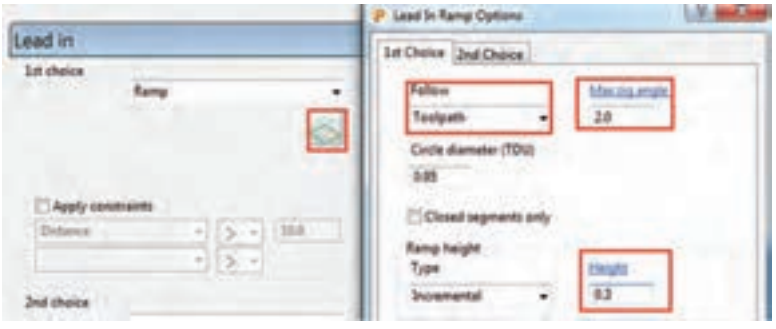
● **Straight** : ابزار به‌صورت یک خط افقی ولی با یک زاویه (واقع در صفحه XY) نسبت به محورX وارد کار (یا از آن خارج) می‌شود. درفرم شکل ۷۵ طول و زاویه خط تعیین می‌شود.

● **Ramp** » ابزار در مسیری قوسی شکل و با یک شیب (زاویه) وارد کار می‌شود. این نوع ورود و خروج به‌دلیل نفوذ تدریجی ابزار درکار و عدم اعمال ضربه به ابزار بسیار کاربرد دارد (شکل ۷۶).



شکل ۷۶

برای تنظیم مقادیر حرکت Ramp باید بر روی گزینه Ramp Option کلیک کنید. و سپس مقادیر ارتفاع و زاویه Ramp را در کادرهای نشان داده شده وارد کنید (شکل ۷۷).
در قسمت Follow با انتخاب Toolpath تعیین می‌کنیم حرکت Ramp در امتداد مسیر ابزار باشد.



شکل ۷۷

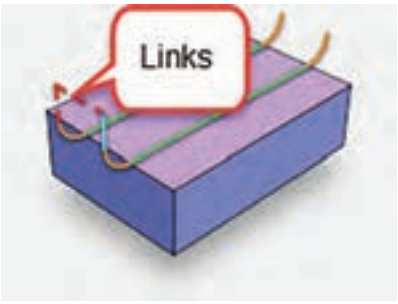
معمولاً مقادیر، درجه ۲ = Max zig angle و ۰,۳ mm = Height مناسب است.

نکته

ـ علت وجود دو انتخاب (1s Choice , 2s Choice) در پنجره‌ها این است فواصل برخی نشست و برخاست کوتاه و برخی دیگر بلند می‌باشد. (ابزارازیک ناحیه بلند شده و درناحیه دیگری وارد می‌شود.)، انتخاب اولی برای فواصل کوتاه و انتخاب دوم برای فواصل بلندتر تعریف می‌شود.
ـ برای کنترل برخورد ابزار با بلوک باید گزینه Gouge Check همواره تیک خورده باشد.

نحوهٔ اتصال نشست و برخاست ها (Links)

منظور از Links نحوه اتصال یک خروج ابزار به ورود بعدی و یا نحوه اتصال پاس‌های ماشین‌کاری و تعیین نوع ارتفاع‌های نشست و برخاست‌های ابزاراست (شکل ۷۸).



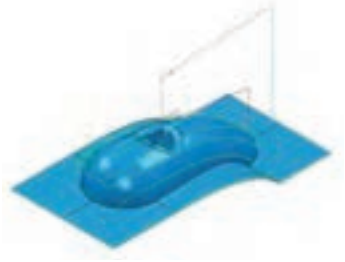
شکل ۷۸

روش‌های مختلف تعریف Links

- Safe
- Incremental
- Skim
- On surface
- Stepdown
- Straight
- Circular arc

● **Safe»** دراین حالت ابزار درحین عملیات ماشین‌کاری هنگام برخاستن تا ارتفاع تعیین شده درکادر Rapidheight از تب Safe area ازدستور Rapid Move بالا می‌آید. (نسبت به بلوک)
سرعت این حرکت سریع (G 00) و برای سوراخ‌کاری مناسب است.

● **Incremental »** ارتفاع برخاست‌ها و نشست‌های ابزار به‌صورت افزایشی (نه مطلق) نسبت به سطح قطعه‌کار از کادرRapid height محاسبه می‌شود.



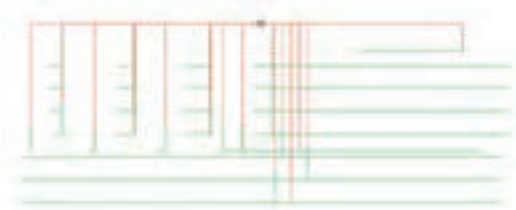
شکل ۷۹

● **On surface »** نشست و برخاستی وجود ندارد بلکه مسیر ابزار همواره بر روی سطح کار می‌باشد (شکل ۷۹).

● **Skim»** مبنای ارتفاع نشست و برخاست ابزار بجای بلوک خام، از روی سطح مدل و به اندازه مقدارتعریف شده صورت می‌گیرد. این امر باعث کاهش زمان ماشین‌کاری است. (سرعت حرکت ابزار G01 است) (شکل ۸۰).
حرکت Skim بیشتر برای استراتژی‌های پرداخت‌کاری‌ها استفاده می‌شود. (بجز Constant Z)

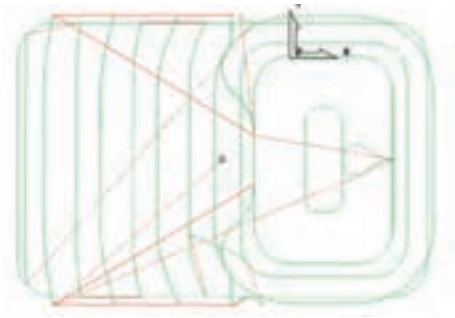
شکل ۸۰

● **Stepdown** » اتصال مسیرها بصورت پلکانی است و ارتفاع پله‌ها به‌اندازه عمق بار می‌باشد. این حرکت برای استراتژی Constant z مناسب است (شکل ۸۱).



شکل ۸۱

● **Straight** » اتصال مسیرها به‌صورت خط مستقیم است (شکل ۸۲).



شکل ۸۲

● **Circular arc** » اتصال مسیرها به‌شکل یک کمان می باشد (شکل ۸۳).

شکل ۸۳

فعالیت عملی ۱۷

فایل Project 2 را باز کرده سپس تنظیمات هر ردیف از جدول زیر را جداگانه اعمال کنید. پس از محاسبه استراتژی (Calculate) آن را شبیه‌سازی کنید. سپس استراتژی را ویرایش و تنظیمات آن را مطابق ردیف بعد انجام داده دوباره شبیه‌سازی و نتایج را با هم مقایسه کنید. پس از انجام مرحله ۴ فایل را با نام Project 3 ذخیره کنید.

● استراتژی Model Area Clearance ، قطر ابزار ۴۰ سرتخت، مقادیرعددی نشست و برخاست‌های ابزار دلخواه

● Start / End point =Block center Safe

● Rapid height =۲ , Plunge height=۱

	Style	Stepdown	Stepover	Lead in	Lead out	Links
ردیف ۱	Raster	۰/۲	۳۲	Straight	Straight	Circular Arc
ردیف ۲	Raster	۰/۲	۳۲	Extended Move	Box	On Surface
ردیف۳	Offset	۳	۳۰	Horizontal arc	Straight	Stepdown
ردیف ۴	Offset all	۰/۳	۳۲	Ramp	Extended Move	Skim

اکنون که با پارامترهای ماشین‌کاری آشنا شدید به ادامه مبحث استراتژی‌های ماشین‌کاری می‌پردازیم.

ماشین کاری شیار: درخشن‌کاری مدل فعالیت اول با ابزار قطر ۴۰ در مرحله قبل به‌دلیل بزرگ بودن ابزار، درون شیار لوبیایی ماشین‌کاری نخواهد شد. به چند روش می‌توان درون شیار را ماشین کاری نمود. البته به این نکته توجه کنید که پاورمیل‌کاران همواره بهترین روش را انتخاب می‌کنند. ولی از آنجایی که مبحث ما آموزشی است بهتر است با راهکارهای مختلف در موقعیت‌های متفاوت آشنا شوید.

- استفاده از ابزار با قطرکمتر و محدود کردن بلوک خام
- استراتژی Model Rest area clearance
- استراتژی Constant Z finishing

روش اول : استفاده ازابزاربا قطرکمترو محدود کردن بلوک خام

در این روش اگر بخواهیم درون شیار لوبیایی ماشین‌کاری شود باید از ابزار با قطر پایین‌تر استفاده کنیم، تا امکان حرکت ابزار درون حفره امکان پذیر باشد.

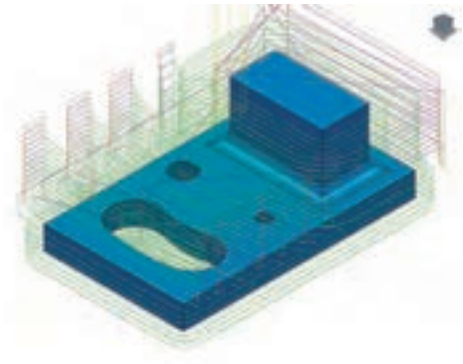
فعالیت عملی ۱۸

فایل Project 2 را باز کنید. استراتژی Model Area Clearance را با پارامترهای زیر اجرا کنید. مقدار Stepover=16، Stepdown =1، Thickness = 1 ، ابزار سر تخت با قطر ۲۰ میلی‌متر و سایر پارامترها براساس آنچه آموخته‌اید. اکنون Toolpath جدید را با کلیک بر روی Calculate ایجاد کنید.

همانطور که می‌بینید این بار شیار نیز ماشین‌کاری می‌شود. (شکل ۸۴)

همانطورکه دیدید با انتخاب ابزار کوچک‌تر توانستیم داخل شیار را نیز ماشین‌کاری کنیم. اما این کار یک اشکال دارد و آن هم افزایش زمان ماشین‌کاری با ابزار کوچک‌تر است که باعث افزایش هزینه تولید می‌شود. برای پرهیز از این اشکال می‌توانیم با کم کردن Max Z از بلوک خام، حرکت ابزار را به ناحیه‌ای که شیار در آن قرار دارد محدود کنیم. برای این منظور :

- ابتدا عمل خشن‌کاری اولیه را با ابزار ۴۰ و مقدار Thickness = ۱ یک‌بار انجام دهید.
- دوباره با اجرای دستور تعریف استراتژی، پنجره استراتژی Model Area Clearance را بازکرده، از سمت چپ پنجره استراتژی بر روی کلمه Tool کلیک کرده ابزاری از نوع End MILL با قطر ۲۰ تعریف کنید.
- این بار بر روی عبارت Block از سمت چپ پنجره کلیک کرده، مطابق شکل ۸۵ ازسمت راست مقدار max Z را از ۵ـ به ۵۵ـ تغییر دهید سپس روی Accept کلیک کنید تا ارتفاع بلوک کاهش یافته و هم‌سطح ارتفاع شیار شود.



شکل ۸۴

شکل ۸۵

● بر روی دکمه Calculate استراتژی کلیک کنید تا Toolpath جدید محاسبه شود. همانطور که در شکل ۸۶ می بینید عمل ماشین کاری با کم کردن ارتفاع بلوک، به ناحیه شیار محدود شده است. فایل را با نام Project 4 ذخیره کنید.

شکل ۸۶

توجه : گاهی اوقات می‌خواهیم با ابزار کوچکی عمل فرزکاری را انجام دهیم ولی نمی‌خواهیم داخل سوراخ‌ها و شیارها و حفره‌ها براده‌برداری شود. دراین موارد چه باید کرد ؟

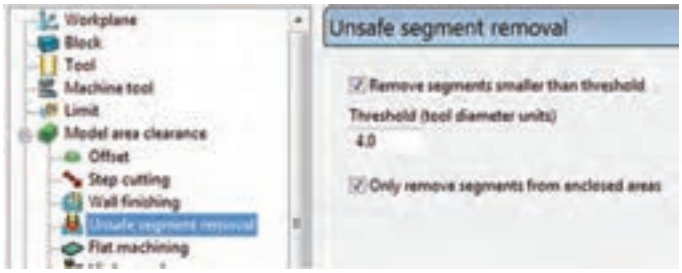
مثلاً این بار فرض کنید می‌خواهیم کل بلوک را با ابزار ۲۰ سر تخت فرزکاری کنیم ولی داخل شیار فرز کاری نشود. در این موارد باید از پارامتر TDU به شرح زیر استفاده کنید.

۱ استراتژی مرحله قبل را در حالت Edit قرار دهید و از سمت چپ پنجره استراتژی Model Area Clearance بر روی گزینه Unsafe segment removal کلیک کنید (شکل ۸۷).

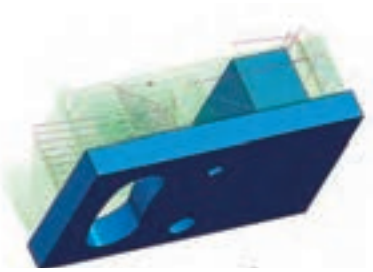
۲ گزینه..... Remove segment smaller را تیک بزنید (شکل ۸۷).

۳ درکادر Threshold (tdu) عدد ۴ را وارد کنید (ضریبی از قطرمؤثر ابزار) (شکل ۸۷).

۴ برنامه را Calculate کنید. همانطور که می‌بینید با اینکه قطر ابزار ۲۰ است ولی برنامه از ماشین کاری شیارهایی که عرض آنها از ۴ برابر قطرمؤثر ابزار کمتر است صرفنظر می‌کند (شکل ۸۸).



شکل ۸۷



شکل ۸۸

فعالیت عملی ۱۹

فعالیت ۱۸ را این بار با همان ابزار ۲۰ سر تخت و Thickness = 10 انجام دهید. آیا شیار لوبیایی ماشین کاری می‌شود؟ (آیا این ابزار قادر به ایجاد شیار می‌باشد؟) چرا ؟

روش دوم : استراتژی Model Rest Area Clearance

این استراتژی برای ماشین‌کاری قسمت‌های باقی مانده ازمرحله خشن کاری قبلی استفاده می شود. به‌طوری‌که ابتدا پس از انجام خشن‌کاری اولیه، با استفاده از استراتژی Rest و با کمک ابزار کوچک‌تر یک Toolpath دیگر برای ماشین‌کاری قسمت‌هایی از بلوک که ابزار قبلی قادر به ماشین‌کاری آن نبوده، ایجاد می‌کنیم. مراحل این کار به شرح ذیل است :

۱ فایل Project 3 را که در فعالیت ۲۱ ایجاد و ذخیره کرده‌اید باز کنید. (استراتژی خشن کاری اولیه با ابزار ۴۰ انجام شده است)

۲ دستور Toolpath Strategies از نوار ابزار اصلی اجرا کنید (شکل ۸۹).

شکل ۸۹

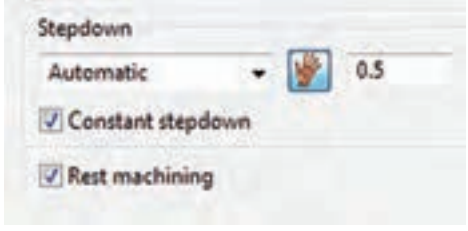
۳ پس از باز شدن کادر شکل ۹۰ از سمت گروه 3D Area Clearance و از سمت راست استراتژی Model Rest Area Clearance را انتخاب کنید

شکل ۹۰

۴ پارامترهای استراتژی را مطابق شکل ۹۱ تنظیم کنید.

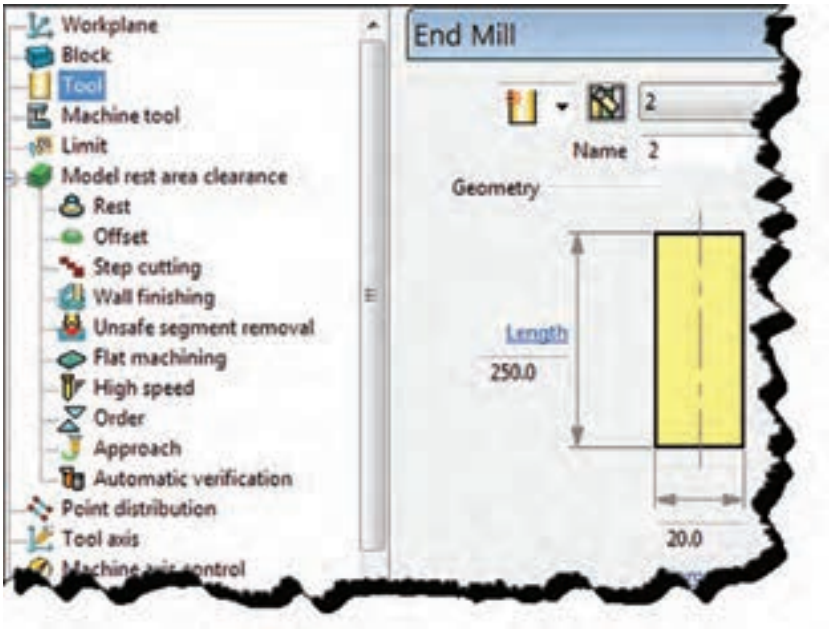
شکل ۹۱

۵ گزینه Rest machining را در پایین پنجره استراتژی تیک بزنید (شکل ۹۲).



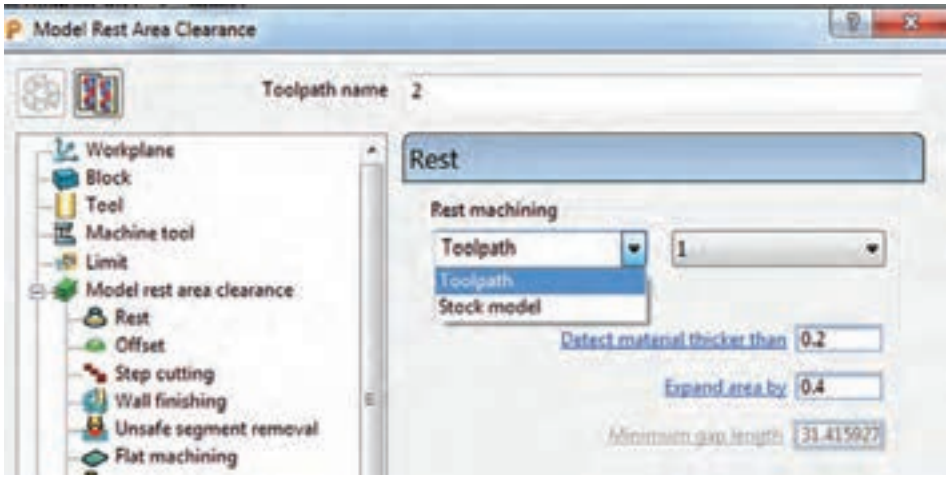
شکل ۹۲

۶ گزینه Tool را ازسمت چپ پنجره استراتژی انتخاب کرده و ابزاری از نوع End Mill با قطر ۲۰ تعریف کنید و نام آن را e20 قرار دهید (شکل ۹۳).



شکل ۹۳

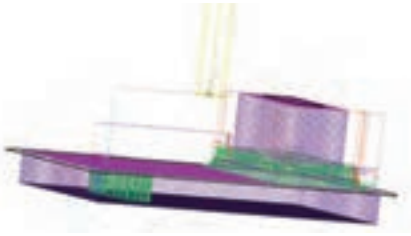
۷ روی گزینه Rest در سمت چپ پنجره استراتژی کلیک کنید و در سمت راست مطابق شکل ۹۴ از قسمت Rest machining گزینه Toolpath و از کادر مقابل آن، استراتژی ۱ که همان استراتژی خشن کاری اولیه است و قبلا تعریف کرده اید را انتخاب کنید تا Toolpath جدید نسبت به آن ایجاد شود.



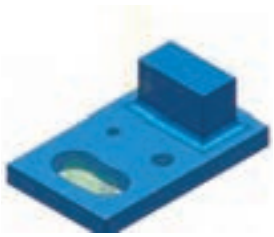
شکل ۹۴

۸ حال برروی دکمه Calculate کلیک کنید تا Toolpath ایجاد شود..

۹ هر دو استراتژی اولیه و Rest را شبیه‌سازی (Simulate) کنید (شکل‌های ۹۵ و ۹۶).



شکل ۹۵

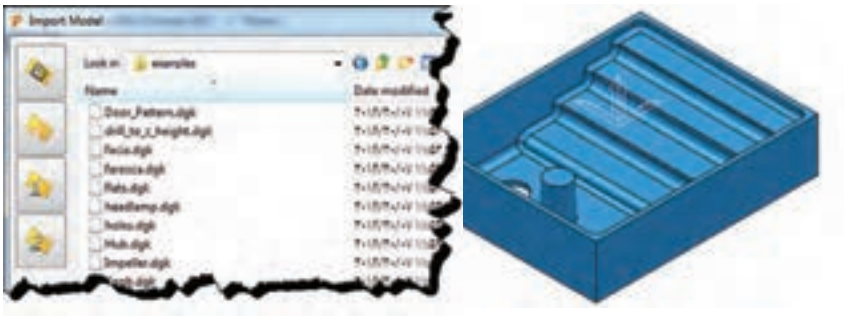


شکل ۹۶

همانطور که در شکل‌های ۹۵ و ۹۶ می‌بینید استراتژی دوم (Rest)، داخل حفره و برخی از قسمت‌های باقیمانده که در مرحله اول ماشین کاری نشده بود را خشن کاری می‌کند. در بسیاری از قطعات مانند مثال بالا ممکن است حفره یا شیارکم عرض، گوشه‌هایی با شعاع کمتر از شعاع ابزار وجود داشته باشد که ابزارهای بزرگ‌تر، قادر به ماشین‌کاری آنها نیستند، لذا این استراتژی شما را قادرمی‌سازد که این نواحی را ماشین کاری کنید.

تمرین

تمرین تکمیلی ۱: از منوی File گزینه Import Model را انتخاب کنید. فایل Flats را از پوشه Example انتخاب و روی دکمه Open کلیک کنید تا مدل باز شود (شکل ۹۷).



شکل ۹۷

پس از تعریف بلوک خام و ابزار سرتخت به قطر ۲۰ میلی‌متر، استراتژی خشن کاری ModelAreaClearance را اجرا و مطابق جدول زیر تنظیمات آن را انجام دهید. و سپس با استفاده از استراتژی Rest و ابزار با قطر ۱۲ میلی‌متر آن را تکمیل نموده و نتیجه را شبیه‌سازی و سپس با نام Flats 2 آن را ذخیره کنید.

Style	Cut Direction	Tolerance	Thickness	Stepover	Stepdown	Angle	Lead in	Lead out	Link
Raster	Any	۰/۱	۰/۵	۱۶	۰/۴	۹۰	Ramp	None	Stepdown

استراتژی Model Profile

در این استراتژی مسیر ابزار به‌صورت یک پروفیل ساخته شده در اطراف مدل یا اجزای آن و در سطوح با مقادیر Z مختلف انجام می‌شود، همان‌طور که در شکل ۹۸ می‌بینید این روش بیشتر دیواره‌ها را ماشین‌کاری می‌کند و سطوح افقی ماشین کاری نمی‌شوند.

شکل ۹۸

فعالیت عملی ۲۰

استراتژِی Model Profile را یکبار برای کل مدل فایل Project 2 و یکبار با محدود کردن بلوک یا تعریف باند فقط برای شیار لوبیایی ایجاد کنید.

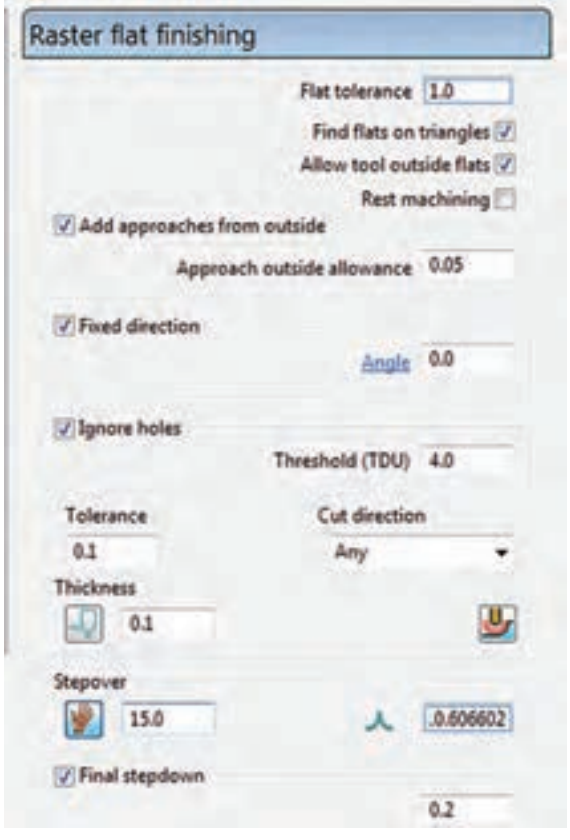
استراتژی‌های پرداخت کاری

پس از انجام عملیات خشن کاری اولیه (Roughing)، عملیات پرداخت کاری به دو منظور انجام می‌شود.
۱ـ رسیدن به فرم و سطح نهایی (Thickness =0) ۲ـ رسیدن به کیفیت سطح مطلوب. البته عملیات پرداخت معمولاً ممکن است در چند مرحله پیش‌پرداخت (Semi finishing) و پرداخت نهایی (Finishing) انجام گیرد.

استراتژی Raster Flat finishing

از این استراتژی برای پرداخت سطوح تخت استفاده می‌شود. فرض کنید می‌خواهیم سطوح افقی مدل فعالیت ۱ را پرداخت نماییم.

- فایل Project 4 را باز کنید (خشن‌کاری اولیه با ابزار ۴۰ و فرزکاری شیار با ابزار ۲۰ انجام شده است)
- بر روی دستور Toolpath Strategies از نوار ابزار اصلی کلیک کنید تا کادر Strategy Selector باز شود.
- از سمت سمت چپ این کادر گروه Finishing و از سمت راست استراتژی Raster Flat Finishing را انتخاب و در نهایت روی دکمه Ok کلیک کنید تا پنجره استراتژی باز شود (شکل ۹۹).



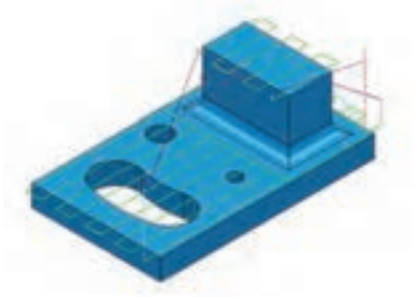
شکل ۹۹

گزینه‌های این استراتژی در زیر توضیح داده شده است

۱- Angle» تعیین کننده زاویه حرکت ابزار روی سطح است. وارد کردن زاویه صفر درجه باعث می‌شود مسیرحرکت ابزار به موازات محور X و زاویه ۹۰ درجه باعث حرکت ابزار به موازات محور Y می‌شود. شکل ۱۰۰

Angle = 90 **Angle = 0**

شکل ۱۰۰



شکل ۱۰۱

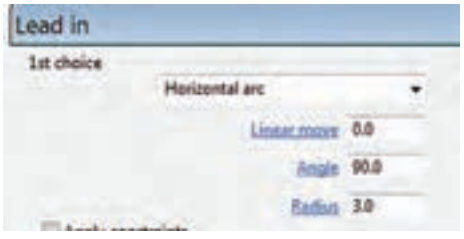
۲ـ Threshold (TDU)» ضریبی از قطر ابزار است. در صورتیکه گزینه Ignore holes را تیک بزنید با وارد کردن این ضریب (مثلاً ۴) سبب می‌شود ماشین تمام شیارها، سوراخ‌ها و حفره‌هایی که عرض یا قطر آنها کمتر از۴ برابر قطر مؤثر ابزار است سطح پر درنظر گرفته، از روی آن مانند حالت ماشین‌کاری عبور کند (وجود آن را نادیده می‌گیرد). به عبور ابزار از حفره درشکل ۱۰۱ دقت کنید.

پرسش : اگر تیک گزینه Ignore holes را بردارید ابزار هنگام رسیدن به حفره‌ها مسیر خود را تغییر می‌دهد.
ضمنا در این حالت ابزار وارد شیار نمی‌شود. چرا؟

۳ـ Thickness» تعیین کننده ضخامت باقی مانده که در پرداخت‌کاری نهایی مقدارآن را صفر وارد می‌کنیم.
۴ـ Final stepdown» عدد وارد شده در این کادر به این معنی است که بار پاس آخر ۰/۱۵ میلی‌متر باشد.
۵ـ استراتژی را Calculate و شبیه‌سازی کنید و در نهایت آن را با نام Project 4 ذخیره کنید.

نکته

بهتر است حرکت‌های Lead in و Leadout در این استراتژی از نوع Horizontal arc یا Extended move و نوع Link از روش Step-down تعریف شود (شکل ۱۰۲).



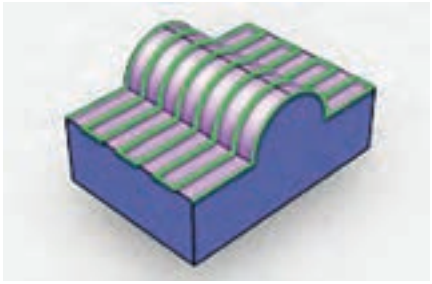
شکل ۱۰۲

تمرین

تمرین تکمیلی ۲ : فایل Flats 2 را که در تمرین تکمیلی ۱ انجام داده اید باز کنید. با استفاده از استراتژی Raster Flat Finishing آن را پرداخت کنید.

استراتژی Raster finishing

مسیر ابزار در این نوع استراتژی به‌صورت رفت و برگشتی و موازی یکدیگر و منظم است. مسیر یا گام‌های ابزار همواره روی سطوح کار تصویر می‌شود. این استراتژی برای سطوحی که زاویه آنها کمتر از ۹۰ درجه و سطوحی که از اکسترود (امتداد) یک پروفیل در یک جهت بوجود آمده‌اند مناسب است مانند (شکل ۱۰۳).



شکل ۱۰۳

استراتژی را اجرا کنید تا کادر محاوره‌ای آن مطابق شکل ۱۰۴ باز شود.

شکل ۱۰۴

۱ Angle» زاویه حرکت ابزار نسبت به محور X

۲ Start corner » تعیین گوشه برای شروع کار (شکل ۱۰۵).

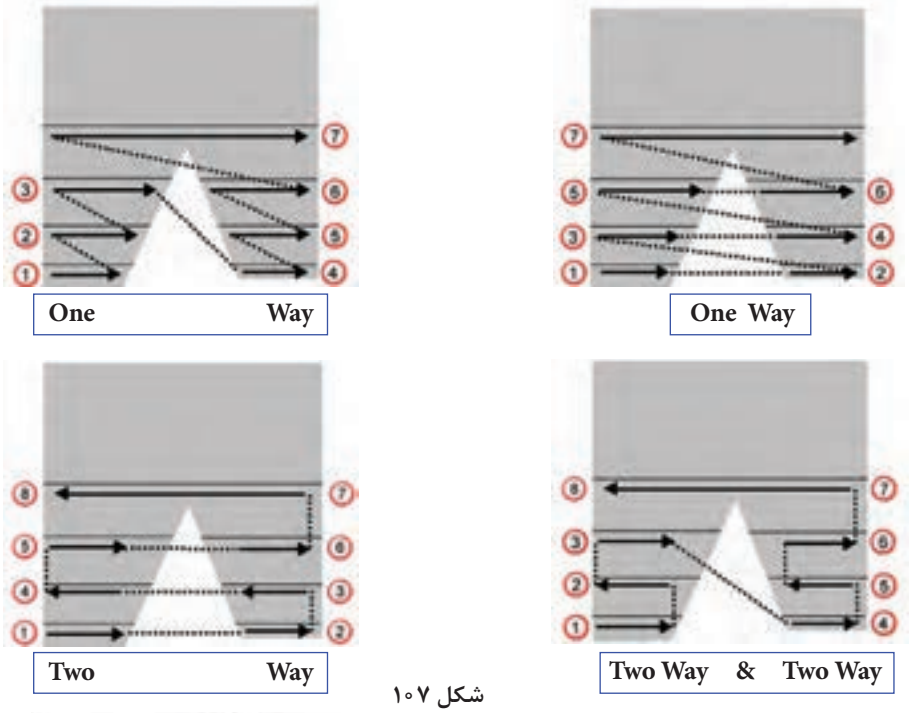
شکل ۱۰۵

۳ Perpendicular Pass» در سطوح شیب دار زمانی که پاس‌های ماشین کاری (Stepover) روی سطح تصویر می‌شوند فواصل آنها نامنظم و نامساوی می‌شوند و کیفیت سطح مناسبی ایجاد نمی‌شود. با روشن کردن این گزینه و تعیین مقدار زاویه حداقل شیب درکادرShallow angle (مثلاً ۳۰ درجه)، مسیر دیگری عمود بر مسیر اصلی نیز برای ماشین‌کاری جهت پرداخت بهتر سطح ایجاد می‌شود. (برای سطوح شیب‌دار با زاویه ۳۰ تا ۹۰ درجه دو مسیر ابزار ایجاد می‌شود) (شکل ۱۰۶).

شکل ۱۰۶

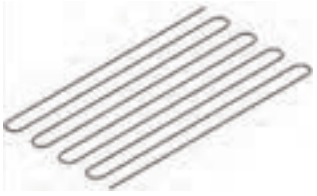
۴ Style» در لیست Style، گزینه One way به این معنی است که ابزار همواره از یک طرف کار براده‌برداری کند و در سمت دیگر از روی کار بلند شده برای شروع براده‌برداری به سمت اول برگردد. وگزینه Two way به این معنی است که در برگشت از طرف مقابل نیز بار اعمال و براده‌برداری صورت گیرد. در

شکل‌های ۱۰۷ حالت‌های مختلف مسیرحرکت ابزار در این استراتژی را می‌بینید. (خط چین بیانگر بلند شدن ابزار و رفتن به نقطه بعدی با حرکت سریع است.**(G00)**



شکل ۱۰۷

۵ Arc radiuse » تعیین‌کننده شعاع قوس اتصال مسیرها است که حداکثر نصف Stepover درنظر می‌گیرند (شکل ۱۰۸).



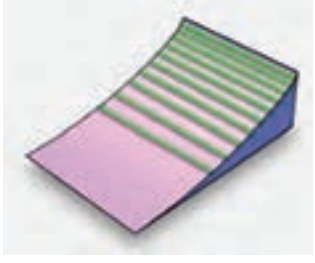
شکل ۱۰۸

فعالیت عملی ۲۱

فایل Project 4 را بازکنید، یک برنامه Raster finishing با مشخصات زیر تهیه کنید. سپس آن را شبیه‌سازی کنید.
بلوک Min z =-50 , Tolerance =0.05 و thickness =0 و Stepover =16 mm، ابزار از نوع Tip Radius با قطر ۲۰ و شعاع لبه ۱

استراتژی Constant Z Finishing

مسیر ابزار (Toolpath) در این استراتژی از برخورد صفحات افقی (فرضی) و موازی باهم به فواصل Stepdown با سطوح قطعه کار ایجاد می‌شود. به‌خاطر این نظم در فواصل برای ماشین‌کاری سطوحی که به ۹۰ درجه نزدیک اند (دیواره‌ها) بسیار استفاده می‌شود. درشکل ۱۰۹هرچه سطح به افق نزدیک می‌شود فواصل Stepdown نامنظم‌تر می‌شود تاجایی‌که دیگر هیچ Toolpath ایجاد نمی‌شود.



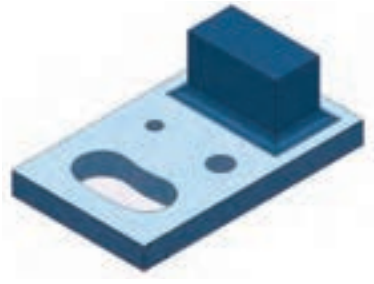
شکل ۱۰۹

همانطور که گفتیم در مثال مربوط به مدل فعالیت ۱ یکی از روش‌های ماشین کاری شیار لوبیایی استفاده از این استراتژی است. قابل ذکر است بسیاری از مواقع می‌توان از این استراتژی برای خشن‌کاری نیز استفاده کرد. می‌خواهیم درون شیار را با این استراتژی خشن کاری و پرداخت نماییم.

۱ فایل Project 3 را باز کنید.(خشن کاری اولیه انجام شده ولی حفره ایجاد نشده است.)

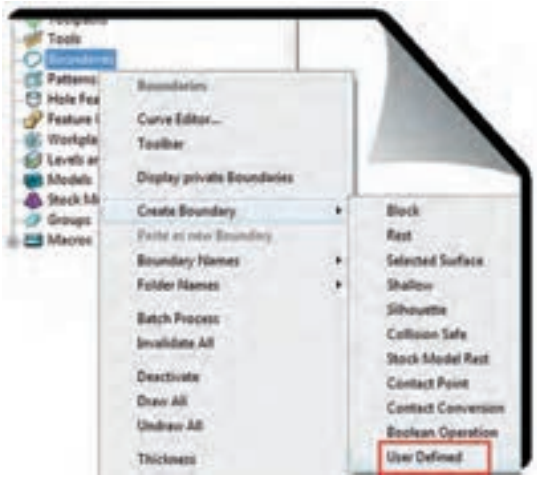
۲ ابتدا باید یک باند (Boundary) به روش User Defined در ناحیه شیار به روش زیر ایجاد کنید.

- از نوار ابزار Viewing بلوک را خاموش کنید.
- مطابق شکل ۱۱۰ روی سطح بالایی شیار کلیک کنید تا انتخاب شود.



شکل ۱۱۰

- مطابق شکل ۱۱۱بر روی گزینه Boundary درناحیه Explorer کلیک راست وگزینه Create Boundary و سپس گزینه User Defined (یعنی باندی که توسط کاربر تعریف می‌شود) را انتخاب کنید.



شکل ۱۱۱

- در پنجره باز شده مطابق شکل ۱۱۲بر روی گزینه Model کلیک کنید. این انتخاب سبب می‌شود باند بر مبنای مدل ساخته شود.
- نمای مدل را درحالت دید از بالا قرارداده و سپس مدل را نیز از نوار ابزار Viewing خاموش کنید تا لبه‌های مرز مدل و اجزای آن به‌رنگ زرد نمایان شود (شکل ۱۱۳)، سپس به‌غیر از لبه حفرهٔ لوبیایی بقیه خطوط و دایره‌ها را پاک کنید. به‌طوری‌که فقط اسکچ لوبیایی بماند. (شکل ۱۱۴)، اینک باند مورد نظر ساخته شده است.

۳ اکنون بلوک و قطعه را روشن کنید.

شکل ۱۱۲

شکل ۱۱۳

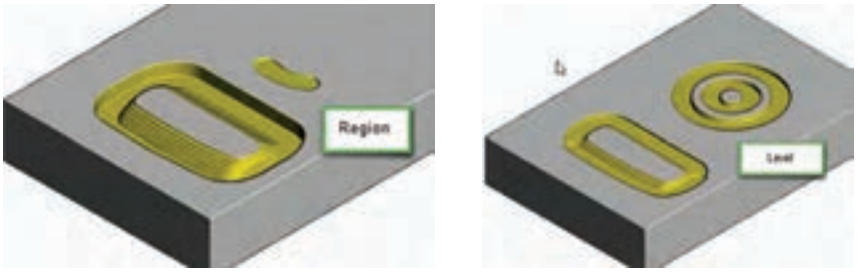
شکل ۱۱۴

۴ استراتژی Constant Z finishing را اجرا کنید.

۵ پارامترهای استراتژی را مطابق شکل ۱۱۵ وارد کنید.

شکل ۱۱۵

گزینه Order by » تعیین دستور سبک ماشین‌کاری
region: ماشین‌کاری بصورت ناحیه به ناحیه، (پس از ماشین‌کاری یک ناحیه به سراغ ناحیه دیگر می‌رود).
level: سطح به سطح (تمام نواحی مدل دریک سطح به اندازه یکسان ماشین‌کاری می‌شود) (شکل ۱۱۶).



شکل ۱۱۶

گزینه Spiral» مسیر ابزار بصورت مارپیچ خواهد بود.(کاهش زمان ماشین‌کاری)
گزینه Thickness » کادر اول ضخامت باقی مانده از دیواره (چون می‌خواهیم ابتدا خشن کاری کنیم، مقدار آن را ۰/۳ وارد کنید.) و کادر دوم ضخامت باقی مانده برای کف که دراین استراتژی و این حفره، صفر وارد کنید.
گزینه Stepdown » با تعیین مقدار حداقل (Minimum) و حداکثر (Maximum) برای Stepdown و تعیین مقدار زبری سطح در کادرCusp height و تیک زدن گزینه ... Calculate، پاورمیل مقدار مناسب بار یا Stepdown را برای رسیدن به ارتفاع زبری تعیین شده را، بصورت خودکار تعیین می‌کند. ولی اگر گزینه Calculate تیک نخورد ابزار به اندازه حداقل تنظیمی بار می‌گیرد. (مقادیر را مطابق شکل۱۱۵ وارد کنید)

۶ در سمت چپ پنجره استراتژی، روی عبارت Limit کلیک و باند تعریف شده را به‌عنوان محدوده ماشین‌کاری معرفی نمایید.

۷ Lead in را از نوع Ramp با زاویه ۲ و ارتفاع ۰/۳ میلی‌متر تعریف نمایید.

۸ بر روی دکمه Calculate کلیک کنید، تا Toolpath ایجاد شود.

۹ پس از شبیه‌سازی Toolpath، مانند شکل ۱۱۷ باید داخل حفره ماشین‌کاری شده باشد.

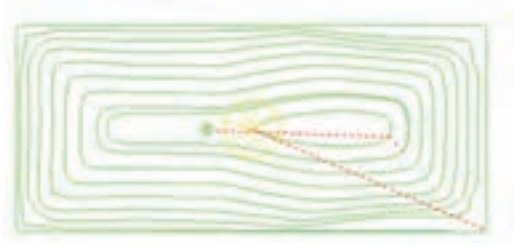
شکل ۱۱۷

فعالیت عملی ۲۲

ـ اکنون یک استراتژی Constant Z finishing دیگر برای پرداخت حفره ایجاد کنید. این بار Thickness = 0 و مقدار Minimum stepdown = 10 قرار دهید. تا دیواره کاملاً پرداخت شود. (علت بالا گرفتن مقدار Stepdown در این مرحله این است که قبلاً حفره خالی شده و می‌خواهیم دیواره حفره با کنار ابزار براده برداری شود)

ـ پس از خشن کاری اولیه مدل فعالیت ۱ دیواره‌های عمودی مدل را با استراتژی Constant Z finishing و مقدار تولرانس ۰/۰۵ و Thikness = 0 پرداخت نمایید. (تعریف باند لازم نیست و بلوک باید براساس اندازه‌های مدل یا بیشتر تعریف شود.)

استراتژی 3D Offset Finishing



شکل ۱۱۸

در این استراتژی، مرز مدل به‌سمت داخل یا خارج آفست می‌شود. از مزایای این استراتژی آن است که وقتی ابزار به سطح شیبداری می‌رسد، گامش (Stepover) درجهت بردار نرمال برسطح شیبدار می‌شود (مانند این که ابزار چرخیده و عمود برسطح شده) در نتیجه زبری سطح یا Cusp کمتر شده و عملاً کیفیت سطح بهتری در سطوح شیبدار ایجاد می‌گردد (شکل ۱۱۸). معمولاً از ابزار Ball Noised در این استراتژی استفاده می‌شود.

فعالیت عملی ۲۳

فایل Project 4 را باز کرده و با این استراتژی و ابزار قطر ۲۰ و Thickness = 0 آن را پرداخت کنید.

استراتژی Optimize Constant Z Finishing

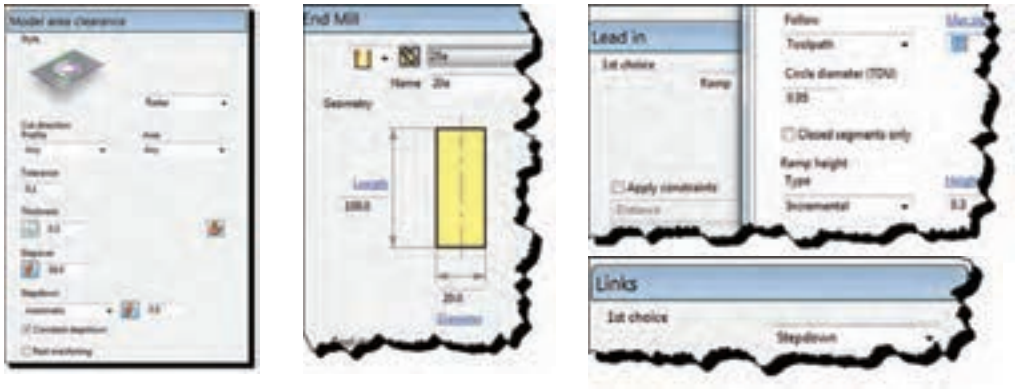
از بهترین وکامل‌ترین استراتژی‌های پرداخت است که ترکیبی از دو استراتژی Constant Z و 3D offsst می‌باشد. برای سطوحی که دارای پستی و بلندی زیادی هستند، معمولا باید چند باند و برای هرکدام یک استراتژی مناسب انتخاب و ترکیب یا Append کرد، اما با استفاده از این استراتژی دیگر نیازی به این کار

نیست. مثال :

۱ فایل مدل Cowling.dgk را از پوشه Example در مسیر نصب پاورمیل بازکنید.

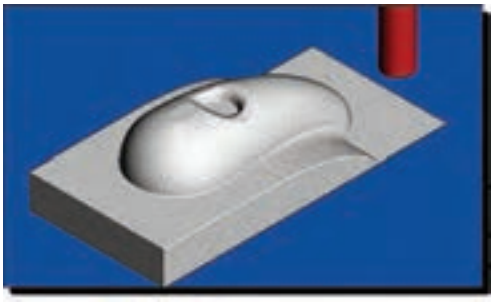
۲ بلوک خامی‌بر اساس ابعاد مدل تعریف کنید (البته این شکل مدل نیست بلکه یک پوسته یا Shell می‌باشد.)

۳ یک استراتژی خشن‌کاری Model area clearance با تنظیمات نشان داده شده در اشکال ۱۱۹ تعریف نمایید و شبیه سازی نمایید



شکل ۱۱۹

۴ همانطور که در شکل ۱۲۰می‌بینید این ابزار با این استراتژی قسمتی از حفره را خشن تراشی کرده است.

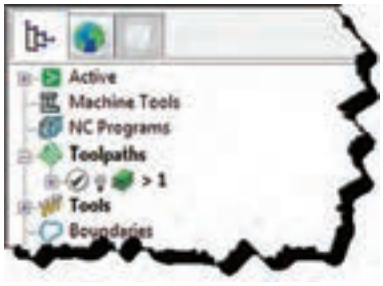


شکل ۱۲۰

نکته

در عمل هنگام براده‌برداری حفره فشار زیادی را به ابزار وارد می‌کند . برای جلوگیری از این اتفاق باید مسیر ابزار شکل گرفته درون حفره را پاک کنید و یا اینکه ابتدا با تعریف باند از نوع Selected Surface و یک استراتژی خشن‌کاری و یا استراتژی..Constant Z درون حفره را خالی کنید.

تعریف باند و ماشین‌کاری حفره : با کلیک بر دستورExit Viewmill از نوار ابزار Viewmill از حالت Simulate خارج شوید. با کلیک راست بر روی Toolpath ایجاد شده و انتخاب گزینه Delete Toolpath آن را پاک کنید. سپس بلوک را خاموش نمایید تا فقط مدل را مشاهده کنید. (البته می‌توانید این استراتژی



شکل ۱۲۱

نکته

برای مخفی کردن (خاموش کردن) Toolpath کافیست علامت لامپ درکنار نام استراتژی را در پنجره Explore خاموش نمایید.

را موقتاً خاموش و پس از تعریف ماشین‌کاری حفره دوباره آن را روشن و از آن استفاده کنید) .

۵ با دستور Zoom to box و نگه داشتن کلید چپ ماوس و کشیدن یک کادر در منطقه حفره، زوم (بزرگنمایی) کنید.

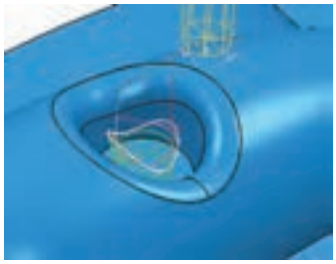
۶ مطابق شکل ۱۲۲ دو سطح کف و دیواره حفره را انتخاب کنید.

شکل ۱۲۲

۷ مطابق شکل ۱۲۳ بر روی گزینه Boundary از پنجره Explorer کلیک راست کنید.گزینه CreateBoundary را انتخاب کنید، سپس از زیر منوی باز شده گزینه Selected Surface را کلیک کنید تا یک باند براساس سطوح انتخاب شده ساخته شود .

شکل ۱۲۳

۸ استراتژی Constant Z Finishing را اجراکرده در سمت چپ پنجره استراتژی گزینه Limits و سپس باند جدید را انتخاب نمایید و یکبار با Thickness = 0.3 و Min stepdwon =0.1 حفره را خشن‌کاری و یکبار با همین استراتژی ولی Thickness = 0 و Min stepdwon =2 دیواره را پرداخت کنید. نتیجه کار باید مانند شکل ۱۲۴ درآید.



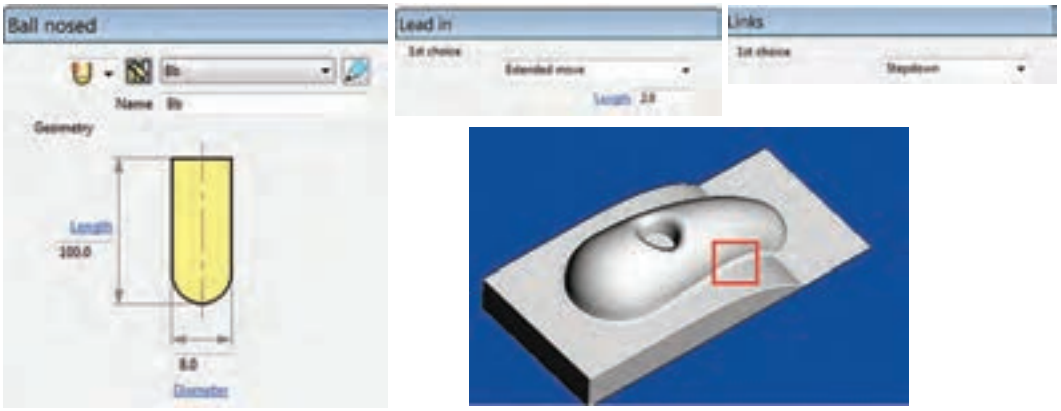
شکل ۱۲۴

۹ مراحل ۲ تا ۴ را برای خشن کاری اولیه اجرا کنید.

۱۰ این بار برای عملیات پرداخت کاری را برای کل مدل با یک استراتژی از نوع Optimize constant Z... با مقادیر و تنظیمات شکل‌های ۱۲۵ و ۱۲۶ ایجاد کنید. سپس آن را شبیه سازی کنید.

- گزینه Spiral باعث می‌شود مسیر ماشین کاری به شکل مارپیچ درآید.
- گزینه Closed offset باعث بسته شده انتهای Offsetها می‌شود.

شکل ۱۲۵



شکل ۱۲۶

فعالیت عملی ۲۴

در مثال بالا به‌جای استراتژی Optimize... از استراتژی 3D Offset استفاده و نتیجه را باهم مقایسه کنید.

استراتژی گوشه زنی Corner multi ـ pencil finishing

اگر به قسمتی از مدل ماشین‌کاری شده در شکل ۱۲۶ که درون کادر قرمز قرار دارد نگاه کنید متوجه می‌شوید که این استراتژی نتوانسته این نواحی را به خوبی ماشین‌کاری کند. معمولاً برای ماشین‌کاری کنج‌ها و گوشه‌ها از استراتژی‌های Corner می‌شود. ماشین‌کاری دراین شکل را با استفاده از این استراتژی کامل می‌کنیم.

توجه داشته باشید درآوردن گوشه با شعاع صفر با دستگاه CNC سه محوره عملاً غیر ممکن است بلکه می‌توانیم بسته به ابزار تا شعاع حداقل ۰٫۵ یا یک میلی‌متر این کار را انجام دهیم.(برای ایجاد گوشه کاملاً تیز در حفره‌ها و گوشه از وایرکات یا روش‌های دیگری استفاده می‌شود.)

مراحل گوشه زنی :

۱ـ در ادامه فعالیت عملی ۲۹ استراتژی گوشه زنی Corner multi - pencil finishing را انتخاب و اجرا کنید.

۲ـ یک ابزار با قطر ۴ میلی‌متر و از نوع Ball Noised (سرگرد) تعریف کنید. در کادر Name نام آن را b4 وارد کنید.

۳ـ تنظیمات استراتژی را مطابق شکل۱۲۷ انجام دهید.

- Output» گزینه Both انتخاب شود
- Threshold angle » زاویه دهنه گوشه: پیش فرض ۱۶۵ درجه است. به این معنی که زوایای کمتر از ۱۶۵ درجه گوشه حساب شده و این استراتژی روی آن قابل انجام است. (حداکثر۱۷۶ درجه)
- Cusp» برای تعیین ارتفاع زبری سطح
- Maximum passes » حداکثر تعدادپاس‌ها جهت ماشین‌کاری فیلت‌ها (گوشه‌های گرد)
- بر روی Accept کلیک کرده تا Tool Path ایجاد شود.

نکته

برای رسیدن به گوشه با شعاع یک میلی‌متر می‌توان یک بار دیگر این استراتژی را با ابزار سرگرد با قطر ۲میلی‌متر تعریف کرد

استراتژی سوراخ‌کاری Drilling

اکنون می‌خواهیم عملیات مته مرغک زنی و سوراخ‌کاری را بر روی مدل فعالیت ۱ انجام دهیم.

۱ فایل Project 4 را باز کنید.

۲ ابتدا باید یک باند برای سوراخ‌های قطعه بسازید (به شرح زیر).

۳ بلوک را خاموش و روی سطح بالایی سوراخ‌ها کلیک کنید تا انتخاب شود.

۴ روی گزینه Boundary از پنجره Explorer کلیک راست و از روش‌های تعریف باند روش User Defined را انتخاب کنید .

۵ در پنجره باز شده آیکن Model را انتخاب تا باند بر روی مدل ساخته شود. و سپس دکمه Accept را کلیک کنید (لبه مدل، سوراخ‌ها و حفره زرد رنگ می‌شود) شکل ۱۲۸

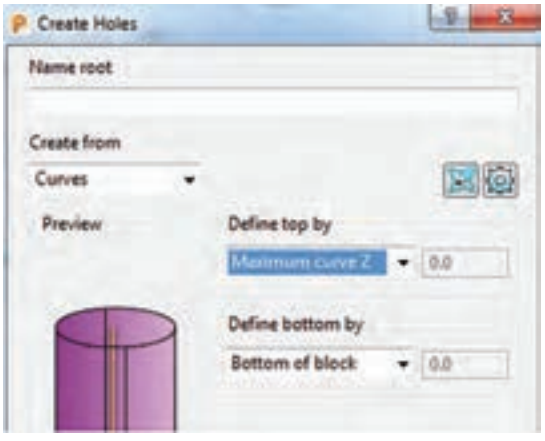
۶ نمای دید از بالا را انتخاب و مدل را نیز خاموش کنید و به‌غیر از سوراخ‌ها بقیه خطوط زرد را Delete کنید. باند مورد نظر آماده است (شکل ۱۲۸).

شکل ۱۲۸

۷ از ناحیه گرافیکی دایره سوراخ‌ها را انتخاب کرده و از قسمت Explorer بر روی گزینه Hole Feature Sets کلیک راست و سپس گزینه Create Hole را انتخاب کنید. تا یک نمایه (فیچر Feature) برای سوراخ‌ها ساخته شود.

۸ در کادر باز شده تنظیمات نشان داده شده در شکل ۱۲۹ را اعمال کنید.

- از بخش Create from گزینه Curve را انتخاب کنید.
- از بخش Define top by گزینه Maximum curve z تا سطحی که دوایر سوراخ‌ها قرار گرفته بعنوان سطح بالای سوراخ‌ها تعیین شود.
- از بخش Define bottom by گزینه Bottom of block را انتخاب تا کف بلوک به‌عنوان انتهای کار تعیین گردد.



شکل ۱۲۹

۹ اکنون استراتژی Drilling را از مجموعه استراتژی‌ها اجرا کنید.

۱۰ شکل ۱۳۰ تنظیمات این استراتژی برای عملیات مته مرغک‌زنی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۳۰

شرح تنظیمات

- **Cycle type»** جهت تعیین نوع سیکل سوراخ‌کاری است: برای مته مرغک زنی گزینه Single peck، برای سوراخ‌کاری Deep drill، برقوکاری Ream ، قلاویززنی Treading و غیره
- **Define top by»** انتخاب روش تعیین سطح بالای سوراخ، گزینه Hole top را انتخاب کنید.
- **Operation»** تعیین نوع عملیات :

  Center drill: مته مرغک زنی

  Pre drill: سوراخ‌کاری

  Chamfer: پخ زنی
- **Clearance:** از پارامترهای مهم می‌باشد و معنی اش این است که مته با سرعت سریع (G00) پایین می‌آید و از فاصله عدد درج شده در این کادر نسبت به سطح سوراخ به بعد با سرعت پیشروی حرکت می‌کند.

  در سوراخکاری با مته‌ها این عدد مانع برخورد سریع مته با براده‌های جمع شده در کف سوراخ می‌شود.
- **Start**: نقطه شروع نسبت به سطح بالای سوراخ
- **Depth**: عمق سوراخ کاری
- **Dwell time:** زمان مکث جهت شکستن براده

مته مرغک زنی

دراینجا برای مته مرغک زنی تنظیمات زیر را انجام دهید (شکل ۱۳۰).

۱ گزینه Single peck را انتخاب کنید.

۲ گزینه Hole Top را انتخاب کنید.

۳ گزینه Center drill را انتخاب کنید.

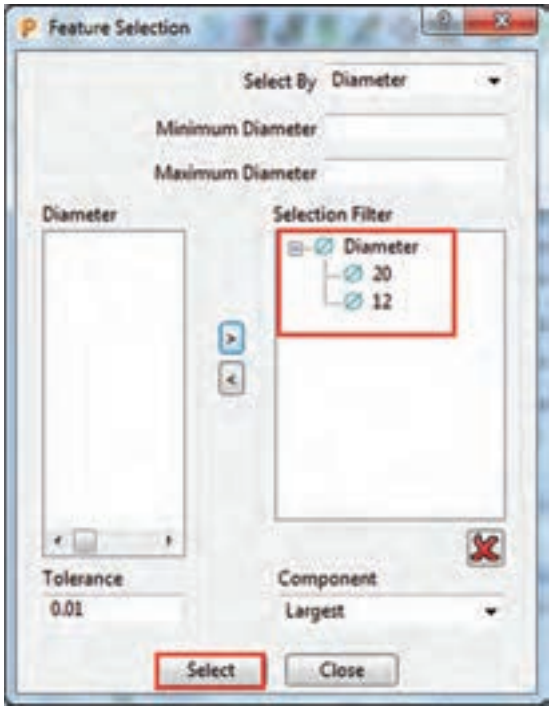
۴ عمق سوراخ را ۳ میلی‌متر و Clearance را یک میلی‌متر وارد کنید.

۵ ابزار از نوع Drill و با قطر۲ میلی‌متر تعریف نمایید. (در عمل مته مرغک روی ماشین بسته می‌شود)

۶ در سوراخکاری Link حتما از نوع Safe تعریف شود. (نوع حرکتSafe سریع G00 است.)

۷ اکنون با کلیک بر روی دکمه Select کادر شکل ۱۳۱ باز میشود. هردو سوراخ ۱۲ و ۲۰ را از سمت چپ این پنجره انتخاب و برروی علامت Add کلیک کنید تا به سمت راست منتقل شوند. سپس دکمه Select و نهایتاً Close را کلیک کنید (شکل ۱۳۲).

شکل ۱۳۱



شکل ۱۳۲

۸ دقت کنید تیک گزینه Drilling Cycle Out put را قبل از محاسبه Toolpath بردارید.

۹ روی دکمه Calculate کلیک کنید تا Toolpath مته مرغک‌زنی ایجاد شود.

سوراخ‌کاری با پیش مته ۶

استراتژی Drilling را مجدداً اجرا کنید و تنظیمات آن را به شکل ۱۳۳ انجام دهید.

ابزاری از نوع Drill با قطر ۶ میلی‌متر تعریف کنید.

شکل ۱۳۳

● Peck Depth

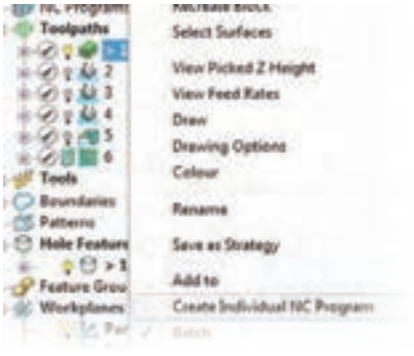
در سوراخ‌کاری، مته عمق کل سوراخ (۲۳ میلی‌متر) را در یک مرحله سوراخ نمی‌کند، بلکه درچند مرحله و هر بار به عمق عدد تنظیم شده در کادر فوق عمل (۳mm) سوراخکاری انجام گرفته، بالا می‌آید دوباره با سرعت (G00) پایین آمده و ازفاصله Clearance (نسبت به موقعیت قبل) به بعد با سرعت پیشروی (G01)، ۴ میلی‌متر دیگر نفوذ می‌کند.

4 = Clearance (1 mm) + Peck Depth (3 mm)

مانند حالت مته مرغک‌زنی با کلیک بر روی دکمه Select و انتخاب سوراخ‌ها و کلیک بر دکمه Calculate مسیر ابزار یا Toolpath برای مته ۶ ایجاد می‌شود.

فعالیت عملی ۲۵

استراتژی سوراخ‌کاری را برای هر دو سوراخ با مته ۱۲ و سپس فقط برای سوراخ ۲۰ با مته ۱۸ ایجاد کنید. سپس با استراتژی Constant z Finishing و ابزار ۱۰ از نوع End Mill قطر سوراخ ۱۸ را به ۲۰ برسانید. و آن را با نام Project 5 ذخیره کنید.



شکل ۱۳۴

گام نهم : تهیه برنامه ماشین‌کاری

(NC Program و Write یا نوشتن برنامه)

برای تهیه برنامه ماشین‌کاری NC Program ابتدا Toolpath مورد نظر را با کلیک راست بر روی آن Active کنید.(ازناحیه Explore r)

۱ دوباره بر روی نام آن کلیک راست کنید.

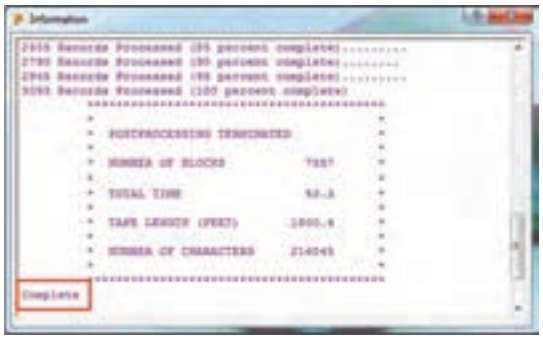
۲ پس از آن روی گزینه Create Individual NC Program کلیک نمایید (شکل ۱۳۴).

۳ اکنون از زیر شاخه NC Program بر روی نام برنامه ایجاد شده کلیک راست کنید.

۴ گزینه Write راکلیک کنید، تا برنامه ایجاد شود (شکل ۱۳۵).

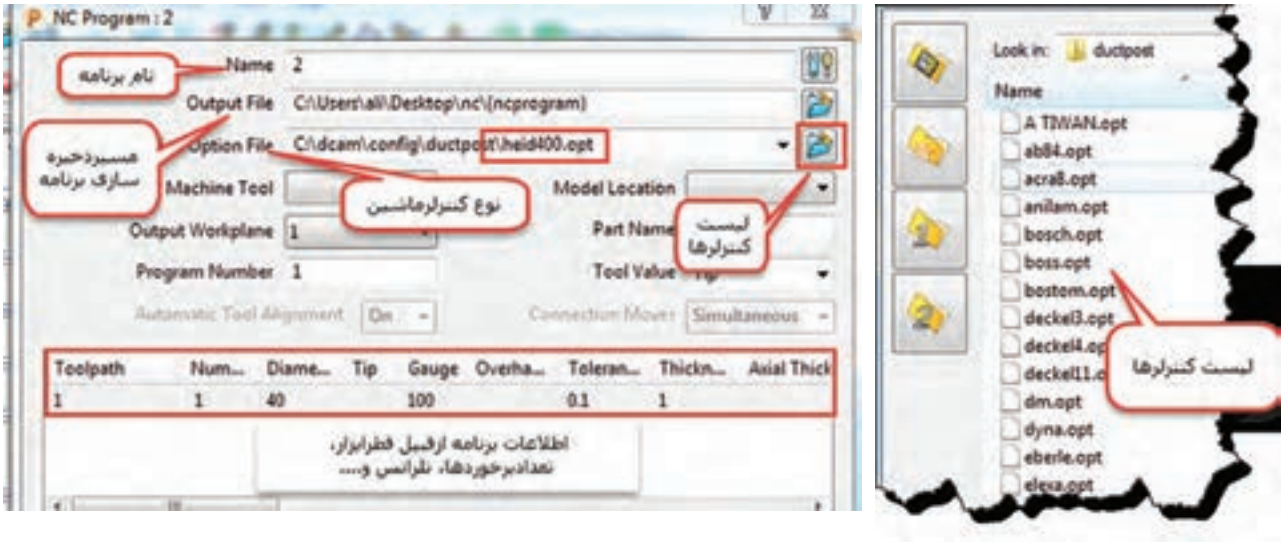
شکل ۱۳۵

۵ برنامه شروع به رایت شدن شده و در پایان فرم شکل ۱۳۶ ظاهرمی‌شود. (عبارت Complete) باید در انتهای برنامه دیده شود.



شکل ۱۳۶

۶ اگر بخواهید در مسیر ذخیره‌سازی برنامه، نام برنامه، نوع ماشین و کنترلر آن و.... تغییراتی ایجاد کنید، می‌توانید بر روی نام برنامه در زیر شاخه NC Program کلیک راست و گزینه Setting را انتخاب کرده و پس از انجام تغییرات دوباره روی دکمه Write کلیک کرده تا برنامه مجدداً رایت شود (شکل ۱۳۷).



شکل ۱۳۷

۷ اکنون می‌توان برنامه را مستقیماً یا توسط برنامه واسطه مانند Note pad ویندوز و یا برنامه CIMCO باز کرده و به ماشین ارسال کرد.

فعالیت عملی ۲۶

فایل Project 5 را که در فعالیت ۳۰ ایجاد کرده اید باز کنید و سپس برای تمام استراتژی‌های خشن‌کاری، حفره تراشی، پرداخت کاری و سوراخ‌کاری‌های ایجادشده به‌صورت جداگانه برنامه ماشین‌کاری را ایجاد و آنها را Write کنید.

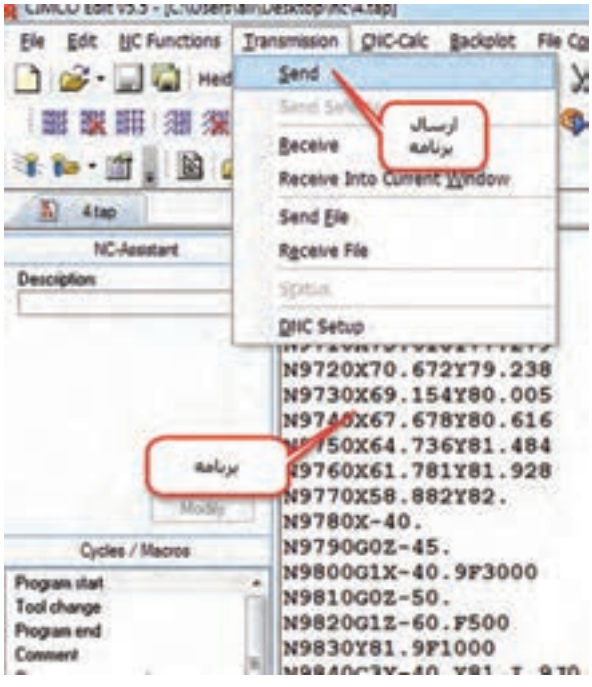
می‌توانید تمام استراتژی‌های ایجاد شده را با هم ادغام کرده وسپس آن را Write کنید تا فقط یک برنامه جامع از تمام استراتژی‌ها ایجاد شود. برای این کار از زیرشاخه Tool path ، با گرفتن کلید Ctrl و درگ کردن برنامه‌ها روی هم آنها را ترکیب یا (append) کنید.

گام دهم : ارسال برنامه به CIMCO و ماشین

از این برنامه به‌عنوان واسطه پاورمیل و ماشین استفاده می‌شود به این معنی که می‌توان برنامه رایت شده را در آن بازکرده، مسیر ابزار وکدهای آن را مشاهده و ویرایش و به دستگاه ارسال نمود.آیکون برنامه به شکل ۱۳۸ می‌باشد.

شکل ۱۳۸

- برنامه CIMCO را نصب و اجرا نمایید.
- از منوی File یکی از برنامه‌های رایت شده در فعالیت عملی ۳۱ را باز کنید.
- در پنجره سمت چپ محیط CIMCO، می‌توانید خطوط برنامه را مشاهده و ویرایش کنید .
- از منوی Transmission با کلیک بر روی دستور Send می‌توانید برنامه را از طریق پورت و کابل متصل به دستگاه ارسال نمایید (شکل ۱۳۹).



شکل ۱۳۹

● برای مشاهده کدهای برنامه واصلاح آن، از منوی Backplot گزینه Backplot Window را انتخاب کنید تا پنجره نمایش مسیر ابزار قابل مشاهده شود.

● درصورت عدم نصب برنامه CIMCO می‌توانید برنامه را توسط برنامه Notepad ویندوز باز و مشاهده کنید شکل ۱۴۰

بسته به نوع DOCPOST ایی که برای کنترلر ماشین نوشته شده است، اصلاحاتی در خطوط ابتدایی برنامه انجام و آن را ذخیره می‌کنند. به عنوان مثال:

برای کنترلر Simens 850 :

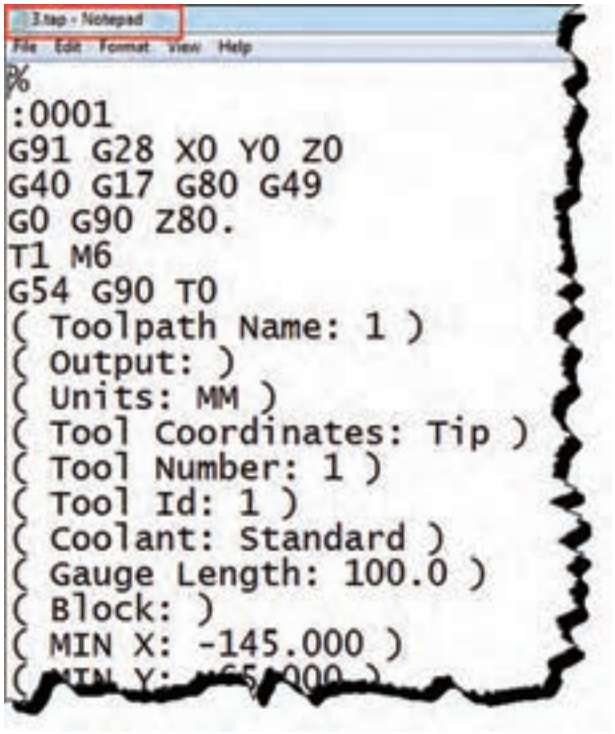
خطوط برنامه را تا انتهای خط LIFTS: ۹۳ پاک کرده خطوط زیر را به آن اضافه کرده و برنامه را ذخیره و ارسال کنید.

```
٪ _ N – b١٠_ MPF
; $PATH=/_N_MPF_DIR
N٢٠ G٩٠ G٥۴ G۶۴
```

فعالیت

فعالیت تکمیلی

مدل‌هایی که در پودمان قبل و در نرم‌افزار سالید ورکز ایجاد کرده‌اید باز کرده و برنامه‌های ماشین کاری مناسب را برای آنها تهیه کنید.



شکل ۱۴۰

واحد یادگیری ۲

کار با چاپگر سه بعدی

مقدمه

پیشرفت فناوری‌های نوین در دهه‌های اخیر موجب شده است که بشر به‌منظور رفع نیازهای صنعتی، ماشین‌های جدیدی را به خدمت گیرند. استفاده از سیستم‌های هوشمند و حذف دخالت دست در تولید صنعتی سال‌های اخیر با عنوان انقلاب صنعتی چهارم شناخته می‌شود. ایده انقلاب صنعتی چهارم در سال ۲۰۱۱ در نمایشگاه صنعتی هانوفر آلمان معرفی شد. این ایده همانطور که ارتباطات و بازار مصرف را دگرگون کرد، تولید را نیز تحت‌تأثیر خویش قرار داد. ایده اصلی انقلاب صنعتی چهارم این است که تولید صنعتی باید همگام با فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته رشد کند. در این میان نمونه سازی سریع(RP) با طراحی و ساخت دستگاه‌های «چاپگر سه بعدی» نقش پر رنگی در فرایند ساخت و تولید را مطرح نمود.

استاندارد عملکرد

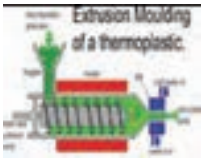
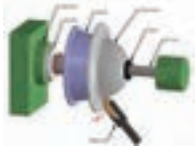
تهیه و تولید برنامه برای ساخت نمونه فیزیکی به کمک دستگاه چاپگر سه بعدی.

پیش نیاز و یادآوری

برای یادگیری این واحد هنرجو باید علاوه بر آشنایی کار با رایانه با یکی از نرم‌افزارهای مدل سازی مانند Solidworks و Inventor و.... هم آشنا باشد.

روش‌های متداول ساخت قطعات

روش‌های تولید معمول و رایج قطعات که امروزه در صنعت بیشتر دیده می‌شود عبارتند از :
ریخته گری، فورج، نورد، اکستروژن، کشش، شکل دهی ورق، انواع روش‌های ماشین‌کاری و...

ریخته گری		اکستروژن		شکل دهی ورق	
فورج		کشش		نورد	

فعالیت ۱

به کمک هنر آموز خود نام فرآیندهای ساخت زیر را بنویسید.

شکل	نام	توضیح	شکل	نام	توضیح

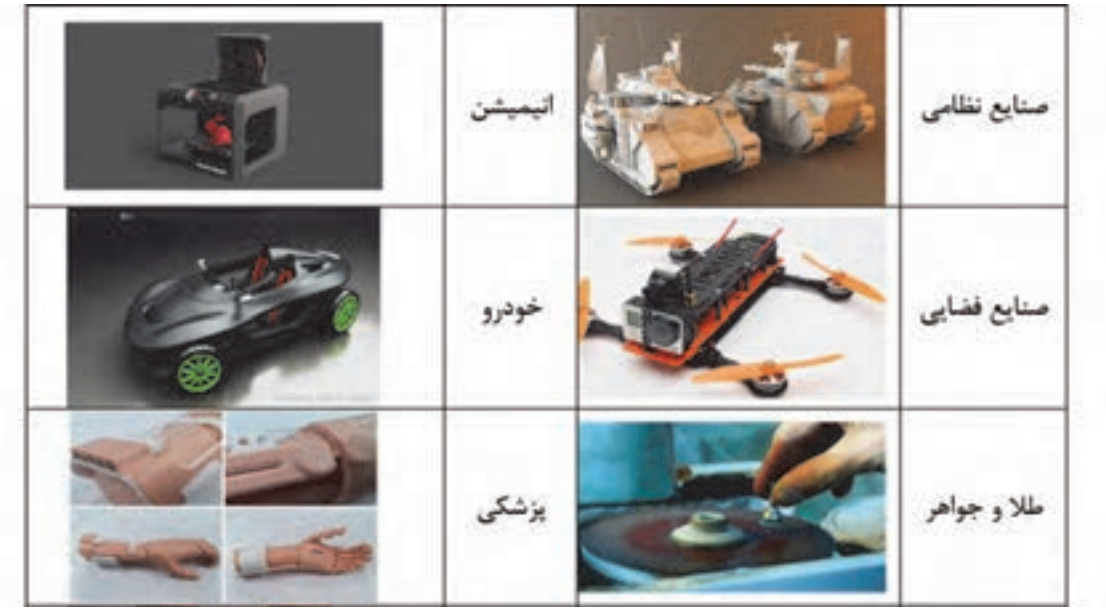
چاپگر سه بعدی(3D printer)

چاپ سه بعدی یکی از روش‌های نمونه‌سازی سریع به‌شمار می‌آید که در مقایسه با «روش‌های نمونه‌سازی معمول» از سرعت بیشتر، دقت بالاتر و هزینه کمتر در نمونه‌سازی قطعات برخوردار است از جمله محاسن آن می‌توان به کاهش زمان، کاهش هزینه، افزایش سرعت طراحی محصول جدید، اعمال سریع اصلاحات و عرضه سریع محصولات جدید به بازار اشاره نمود.

محدودیت‌های عمده نمونه سازی سریع از قبیل خواص مکانیکی نسبتاً ضعیف قطعات تولیدی، هزینه بالای نگهداری دستگاه و کاهش کیفیت سطح را می‌توان بر شمرد.

کاربردهای چاپگر سه بعدی: امروزه مدلسازی سه بعدی در رشته‌های گوناگونی همچون قطعه‌سازی،

معماری، طراحی صنعتی، روباتیک، صنایع هوافضا و... رایج شده است. این مدل‌سازی‌ها تا پیش از این به شکل تصاویر دو بعدی روی نمایشگر یا روی کاغذ ارائه می‌شدند و یا به روش‌های سنّتی به کمک مهارت دست ساخته می‌شدند تا افراد با دیدن آنها درکی از آنچه طراحان در ذهنشان دارند را بدست آورند. اما چاپگرهای سه بعدی ایده‌های طراحان را در زمان بسیار کوتاهی به واقعیت تبدیل می‌کنند.

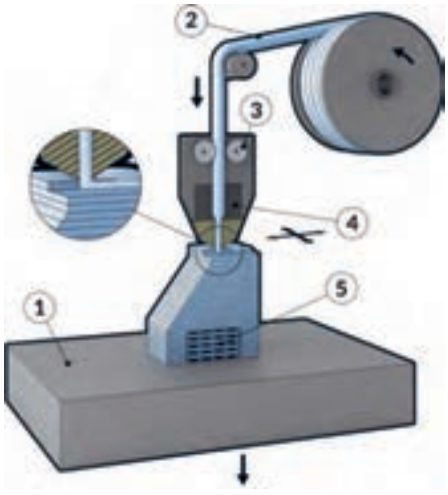


تکنولوژی چاپگرهای سه بعدی

تکنولوژی‌های استفاده شده در چاپگرهای سه بعدی به شرح زیر است.

۱ـ تکنولوژی FDM (Fused DepositionModeling):

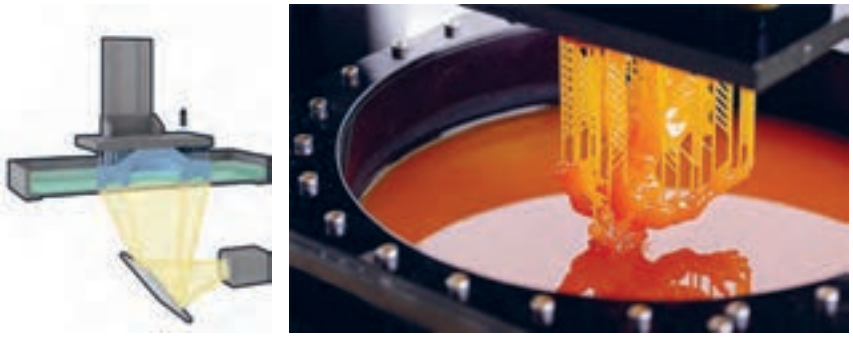
چاپگرهایی که با این فرآیند کار می‌کنند از یک فیلامنت (Filament) «سیم پلاستیکی توپر»، از جنس ترموپلاستیک تغذیه می‌کنند که با ذوب کردن این فیلامنت و سپس اکسترود(Extrude) کردن آن جسم سه بعدی را به‌صورت لایه به لایه تشکیل می‌دهد.



نحوهٔ کار FDM: در این روش، نازل اکستروژن حرکتی افقی و عمودی را برای رسم مقطع نمونه مورد نظر بر روی صفحه (platform) طی می‌کند. این لایه نازک که از پلاستیکی سخت می‌باشد، بلافاصله به لایه زیر چسبیده و هنگامی‌که لایه کامل می‌شود. لایهٔ بعدی روی آن از مواد ذوب شده تشکیل می‌شود و این عمل لایه به لایه تا جایی ادامه پیدا می‌کند که هندسه قطعه کار کامل شود. در این تکنولوژی چاپگر سه بعدی کیفیت سطح نسبتا متوسط و سرعت نسبتا پایین دارد. اما یکی از متداول‌ترین روش‌های امروزه می‌باشد.

۲ـ تکنولوژی DLP (Digital Light Processing): پردازش دیجیتال نور با استفاده از منبع نور معمولی، از این روش برای ساخت نمونه‌های با دقت بالا در صنعت طلاسازی، دندانپزشکی و ساخت مدل‌های ریخته‌گری

دقیق استفاده می‌شود. در این روش رزین‌های پلیمری در یک مخزن قرار دارد و با تابش نور به این رزین‌های پلیمری داخل مخزن مواد تغییر حالت داده و قطعه مورد نظر تولید می‌شود تابش نور به‌صورت لایه لایه بوده و هر لایه از قطعه یکجا شکل می‌گیرد . قطعات تولیدی توسط این روش از دقت بالایی برخوردار هستند.

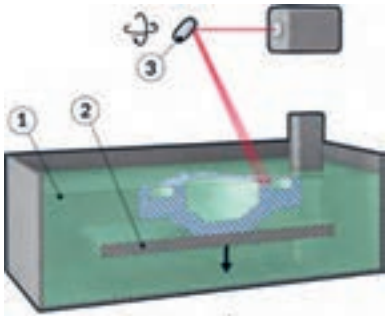


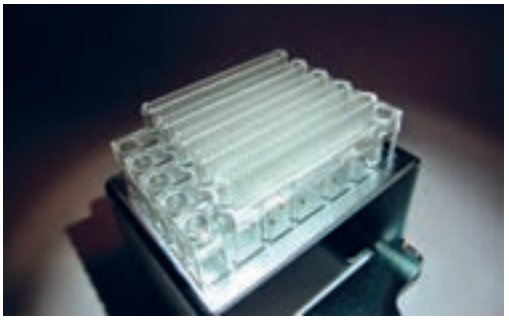
شکل ۱۴۱

تحقیق کنید

با استفاده از منابع معتبر تفاوت تکنولوژی DLP با تکنولوژی SLA را بیان کنید.

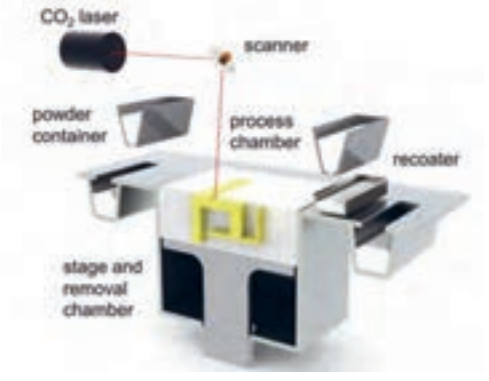
تکنولوژی SLA (StereoLithography): تبدیل مواد اولیه از جنس پلیمر مایع به جامد، در این تکنولوژی برخلاف تکنولوژی‌های دیگر، از یک مایع رزین و تابیدن اشعه برروی این مایع و در نهایت جامد شدن آن و ساختن نمونه استفاده می‌شود .





شکل ۱۴۲

تکنولوژی SLS (Sintering Laser Selective):
تکنولوژی لیزری و رسوب مواد اولیه معمولاً فلزی، این روش در مقایسه با دیگر روش‌های چاپ سه‌بعدی می‌توان از مواد اولیه مختلفی برای ساخت قطعات استفاده نمود. موادی از جنس پلیمرها مانند نایلون (خالص و شفاف)، پلی‌استر، فلزات (از جمله فولاد، تیتانیوم) آلیاژهای مخلوط، کامپوزیت‌ها و شن می‌توانند به‌عنوان مواد اولیه چاپ به وسیله این تکنولوژی به‌کار بروند.



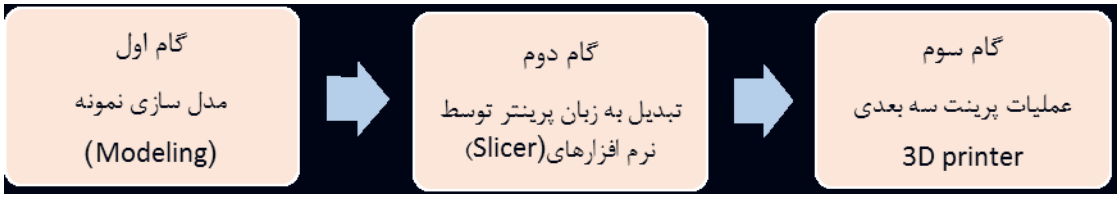
شکل ۱۴۳

نکته

رایج ترین نوع چاپ سه بعدی روش FDM می‌باشد که با توجه به گستره کاربردی فراوان، قیمت مناسب و سایر مزایای شرح داده شده به فراگیر ترین روش چاپ سه بعدی تبدیل شده است.

مراحل کار چاپگر سه بعدی

برای انجام عملیات پرینت سه بعدی سه گام زیر باید طی شود.



گام اول: در بخش مدل سازی توضیح داده شده است.
گام دوم: استفاده از نرم‌افزارهای برش دهنده (Slicer) می‌باشد. وظیفه این نرم‌افزارها تبدیل مدل سه بعدی به برش‌های عرضی که با قرار دادن این برش‌ها بر روی هم هندسه قطعه کار کامل می‌شود. هرکدام از این برش‌ها جهت عملیات به دستگاه چاپگر سه بعدی فرمان حرکت ترکیبی طولی و عرضی مناسب نازل را می‌دهد.
گام سوم: فرآیند ریزش پلاستیک خمیری شده به‌صورت صفحه به صفحه روی هم که در دستگاه چاپگر سه بعدی انجام می‌شود.

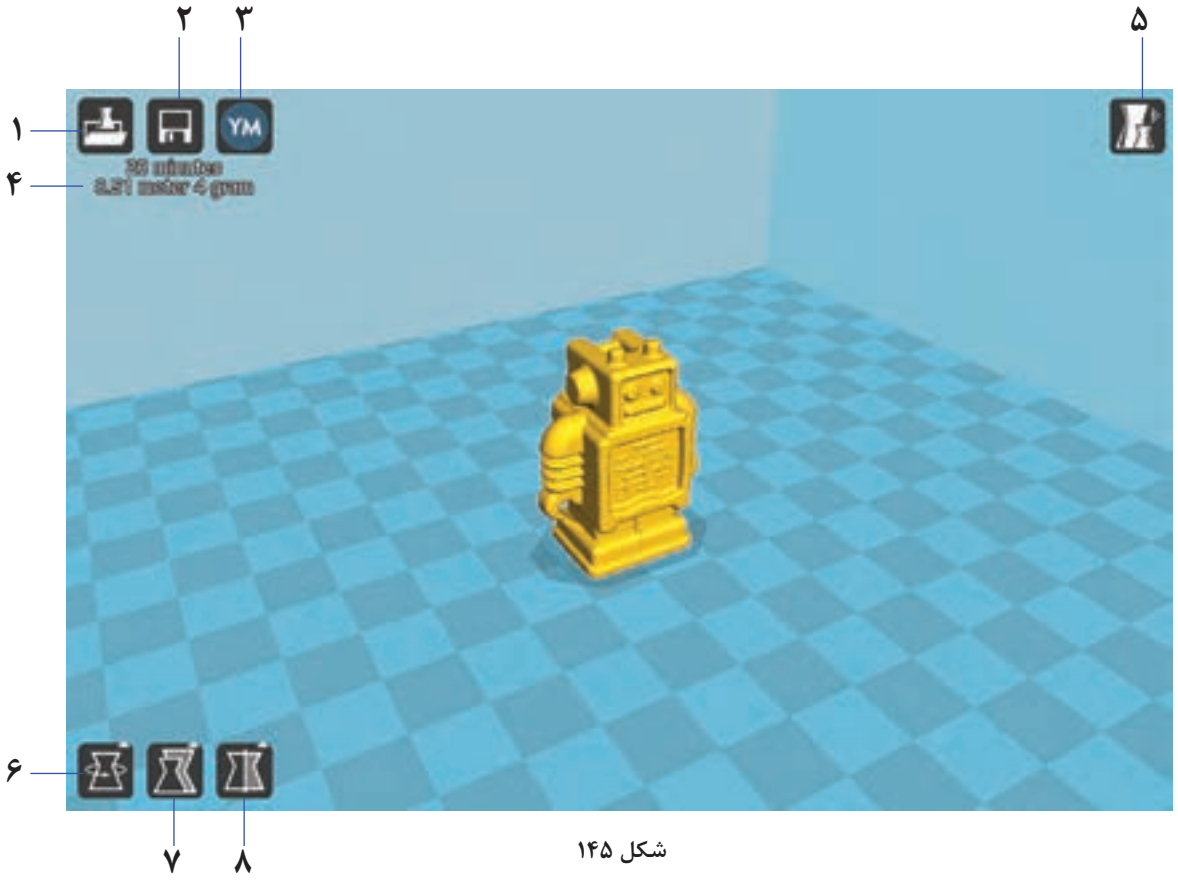
نکته

اصول کار همهٔ نرم‌افزارهای برش‌دهنده بسیار مشابه می‌باشد.

نرم‌افزارهای برش‌دهنده فرضی مدل اهمیت خاصی در کیفیت پرینت خواهد داشت که نرم‌افزار Cura به عنوان نرم‌افزار استفاده شده در این کتاب توضیح داده خواهد شد.

آموزش کار با نرم‌افزار(Cura)

در ابتدا از مدلی که در نرم‌افزار سه بعدی طراحی کرده‌ایم خروجی با پسوند stl و با obj می‌گیریم، برای اینکه cura این فرمت را می‌خواند. زمانی که در برنامه cura یک طرح سه بعدی با فرمت stl را باز می‌کنیم در صفحه شطرنجی cura آبجکت (قطعه کار) خود را می‌بینیم.



شکل ۱۴۵

۱		بارگذاری مدل سه بعدی طراحی شده با پسوندهای stl/obj/dae/amf.	۵		تحلیل و نمایش پروسه پرینت در حالات مختلف
۲		ذخیره مدل به زبان ماشین (Gcode)	۶		چرخش مدل و یا برگرداندن به حالت اولیه
۳	YM	اشتراک‌گذاری مدل	۷		تغییر اندازه مدل و یا برگرداندن به ابعاد اولیه
۴		زمان پرینت، طول و وزن فیلامنت	۸		قرینه‌سازی یا مدل آینه‌ای در راستای محورها

نوار ابزارهای مهم Cura

علاوه بر زبانه‌های تصویری (۱ تا ۸) با کلیک راست کردن روی صفحهٔ نمایش گزینه‌های زیر نمایان می‌شود.

۱ـ قرار دادن مدل در وسط صفحه ساخت
۲ـ پاک کردن مدل از صفحه ساخت.
۳ـ ایجاد کپی از مدل
۴ـ جدا کردن مدل به اجزای تشکیل دهنده.
۵ـ پاک کردن کلیه مدل.
۶ـ بار گذاری همه مدل ها.
۷ و ۸ـ برگرداندن مدل (موضوع) پرینت به موقعیت اولیه

تنظیمات اصلی نرم‌افزار

تنظیمات اصلی نرم‌افزار برای انجام عملیات پرینت به قرار زیر می‌باشد.

۱ـ Basic setting

- **Quality (کیفیت پرینت)**

layer height: جهت تعیین ضخامت لایه‌های پرینت.
shell thickness: ضخامت دیواره‌های خارجی مدل در راستای افق.حالت متعارف برای این گزینه برابر است با ضرایب قطر نازل دستگاه. (در حالت نرمال باید حداقل دو برابرسایز نازل باشد).
Enable retraction: تو و پس کشیدن نازل.

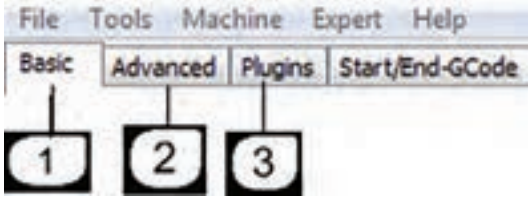
- **Fill (پر کردن)**

Botton/Top thickness : جهت تعیین نمودن ضخامت کف مدل و ضخامت بالای مدل که معمولاً ضرایبی از ضخامت لایه‌ها می‌باشد که در قسمت بالا اشاره گردید.
Fill Density: جهت تعیین نمودن درصد تراکم شبکه های داخل مدل.

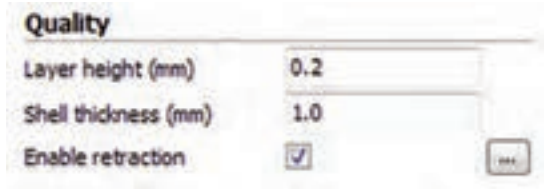
- **Speed And Temperature (سرعت و دما)**

Print Speed: جهت تعیین سرعت حرکت اکسترودر به‌کار می‌رود. سرعت حرکت اکسترودر تعیین‌کننده کیفیت چاپگر می‌باشد.
Print Temperature: جهت تنظیم دمای اکسترودر اصلی (اکسترودر سمت چپ) به‌کار می‌رود و قابل ذکر است که می‌بایست بر اساس نوع مواد مورد استفاده تنظیم گردد.

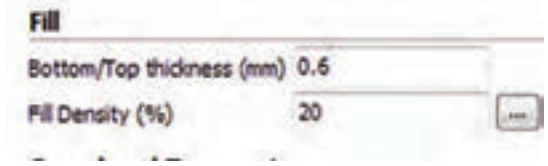
شکل ۱۴۶



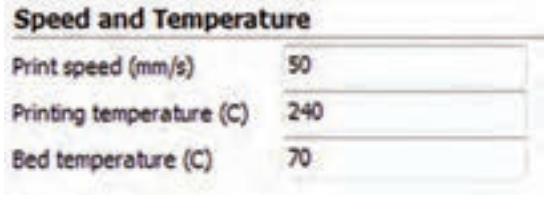
شکل ۱۴۷



شکل ۱۴۸



شکل ۱۴۹



شکل ۱۵۰

Bed Temperature: جهت تنظیم دمای صفحه ساخت به‌کار می‌رود و قابل ذکر است که می‌بایست بر اساس نوع مواد مورد استفاده تنظیم گردد. (مقدار صفر این گزینه را غیرفعال می‌نماید).

● **Support: (نگه دارنده)**

Support Type: جهت مدل‌هایی که نیازمند ساپورت‌گذاری می‌باشند، فعال نمودن این گزینه مهم می‌باشد. اصولاً قطعاتی که دارای زاویه ۴۵ درجه به بالا می‌باشند، ساپورت‌گذاری الزامی‌است. عدم ساپورت‌گذاری باعث ریزش مواد از روی مدل درحال پرینت و درنتیجه خراب شدن پرینت می‌شود.

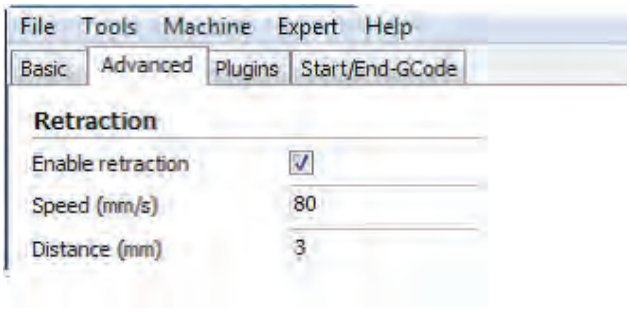
شکل ۱۵۱

Plateform Adhesion Type گزینه های متفاوتی جهت جلوگیری از بلند شدن لبه‌های قطعه در حال پرینت از صفحه ساخت در این گزینه موجود می‌باشد.

Filament: برای تنظیم ابعاد فیلمان و جریان ذوب به کار می‌رود.

Machin: برای تنظیم ابعاد نازل به کار می‌رود.

۲ـ Advance Setting

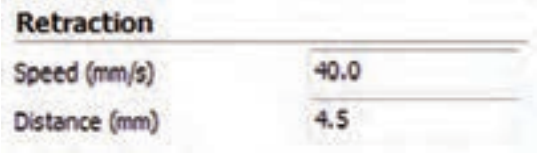


شکل ۱۵۲

● **Retraction: (تنظیمات تو و یا پس کشیدن)**

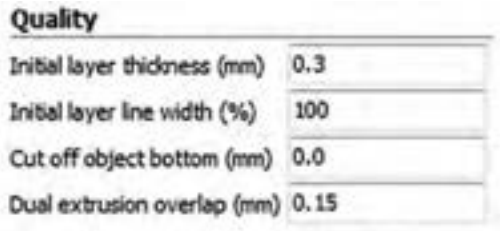
Speed: جهت تعیین سرعت پس کشیدن مواد می‌باشد و سرعت مناسب باعث پرینت باکیفیت می‌شود که معمولاً سرعت ۸۰ میلی‌متر برثانیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتخاب سرعت بالا ممکن است باعث افت کیفیت پرینت شود.

Distance: جهت تعیین اندازه پس کشیدن مواد به‌کار می‌رود. تعیین مقدار صفر به‌منزله خاموش نمودن عمل پس کشیدن می‌باشد. تعیین مقدار ۵ برای این گزینه باعث پرینت با کیفیت می‌شود.



شکل ۱۵۳

● **Quality** : (کیفیت)



شکل ۱۵۴

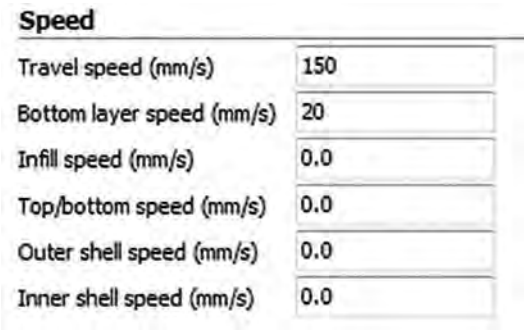
Initial Layer Thickness جهت تعیین ضخامت پایین ترین لایه از بستر به‌کار می‌رود.

Initial Layer line width جهت تعیین ظرفیت اکسترودر در هنگام پرینت لایه اول به‌کار می‌رود.

Cut Off Object Bottom جهت فرو بردن مدل در صفحه کارمی‌باشد. این گزینه در مواقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مدل دارای کف صاف نمی‌باشند و همچنین جهت بریدن قطعه و پرینت نمودن قسمتی از آن کاربرد دارد.

Dual Extrution overlap: هم‌پوشانی نازل ثانویه بر روی نازل اصلی (در پرینت‌های دو نازله)

● **Speed: (سرعت کار)**



شکل ۱۵۵

Travel speed: جهت تعیین سرعت حرکت نازل در حالتی که پرینت انجام نمی‌شود بکار می‌رود. معمولاً تعیین سرعت ۸۰ بهترین سرعت است و افزایش مقدار آن احتمال ایجاد خطا نیز دارد.

Bottom layer Speed: جهت تعیین سرعت پرینت در هنگام پرینت لایه اول به‌کار می‌رود. مقدار ۲۰ برای این گزینه مقدار خوبی است و تعیین مقدار صفر به معنی انتخاب سرعت پرینت لایه اول همانند سرعت پرینت لایه‌های دیگر می‌باشد. کاهش سرعت باعث افزایش چسبندگی لایه اول به صفحه ساخت می‌شود.

Infill Speed: جهت تعیین سرعت پرینت شبکه داخلی مدل می‌باشد. تعیین مقدار صفر به معنی انتخاب سرعت پرینت شبکه داخل همانند سرعت پرینت لایه‌های دیگر می‌باشد.

Top / bottom Speed تعیین سرعت لایه اول و لایه آخر

Outer shell Speed جهت تعیین سرعت پرینت در هنگام پرینت دیواره‌های خارجی می‌باشد. تعیین مقدار صفر به معنی انتخاب سرعت پرینت دیواره‌های خارجی همانند سرعت پرینت لایه‌های دیگر می‌باشد.کاهش سرعت پرینت دیواره‌های خارجی باعث افزایش کیفیت دیواره‌های خارجی می‌شود.

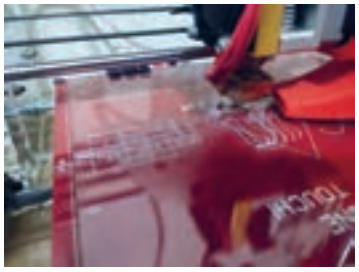
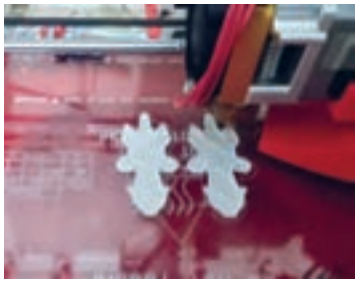
Inner shell Speed جهت تعیین سرعت پرینت در هنگام پرینت دیواره‌های داخلی می‌باشد. تعیین مقدار

صفر به معنی انتخاب سرعت پرینت دیواره‌های داخلی همانند سرعت پرینت لایه‌های دیگر می‌باشد.افزایش سرعت پرینت لایه‌های داخلی باعث کاهش زمان پرینت می‌شود.

- **COLL:** خنک کردن مواد ریخته شده از نازل

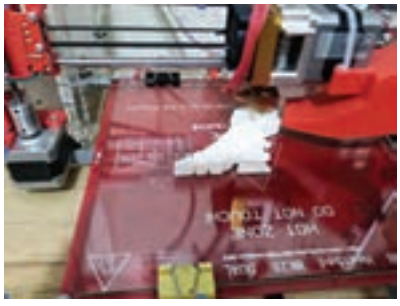
فعالیت ۲

تنظیمات اولیه لازم برای نمونه دلخواه را روی دستگاه پرینتر سه بعدی موجود در هنرستان انجام داده و در فرایند شبیه‌سازی صحت حرکات را کنترل نمایید.

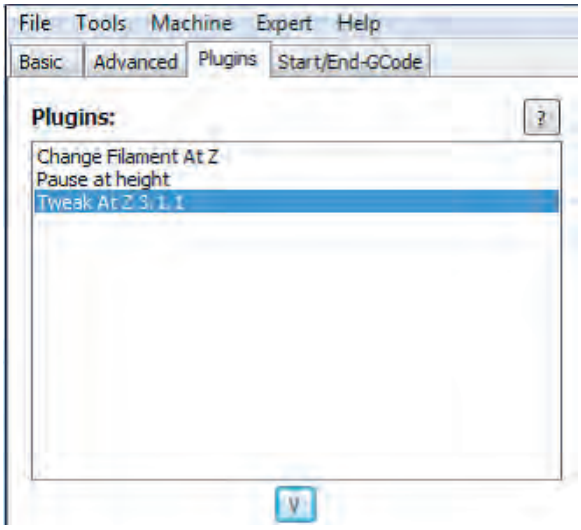
مرحله اول اگر تنظیمات دستگاه به درستی انجام شده باشد. باید دستگاه در اولین لایه شروع به سایه زدن کند.	
مرحله دوم لایه اول مربوط (Base) قطعه کار پرینت می‌شود.	
مرحله سوم حجم مورد نظر قطعه کار در حال تکمیل شدن	
مرحله چهارم قطعه کار کامل شده و آماده جدا کردن از Bed می‌باشد.	

فعالیت ۳

قطعه شماره۲ را مطابق مراحل زیر پرینت سه‌بعدی گرفته و شرح عملیات هر مرحله را در مقابل شکل بنویسید.

مرحله اول	
مرحله دوم	
مرحله سوم	
مرحله چهارم	

Plugins_۳



شکل ۱۵۶

● **Puling:** چندیـن افزودگـی در ایـن نرم‌افـزار جهـت افزایش کنتـرل پارامترها درایـن نرم‌افزار تعبیـه شـده اسـت بـا اعمـال تنظیمـات در این گزینـه هـا جهت پرینـت مدل‌هـا بـا ارتفاع‌های متفـاوت می‌توانیـد دقت پرینت خـود را افزایش دهیـد. جهت اسـتفاده از هر یـک از این افزونه‌ها می‌توانیـد بـروی آنهـا دبـل کلیـک نمائیـد. همچنین جهت بسـتن ایـن افزونه‌هـا می‌توانید بـروی آیکـون V کلیـک نمائید.

فعالیت ۴

یک قطعه به انتخاب خودتان مدل‌سازی نموده و سپس با استفاده از پرینتر سه‌بعدی قطعه مورد نظر را بسازید.

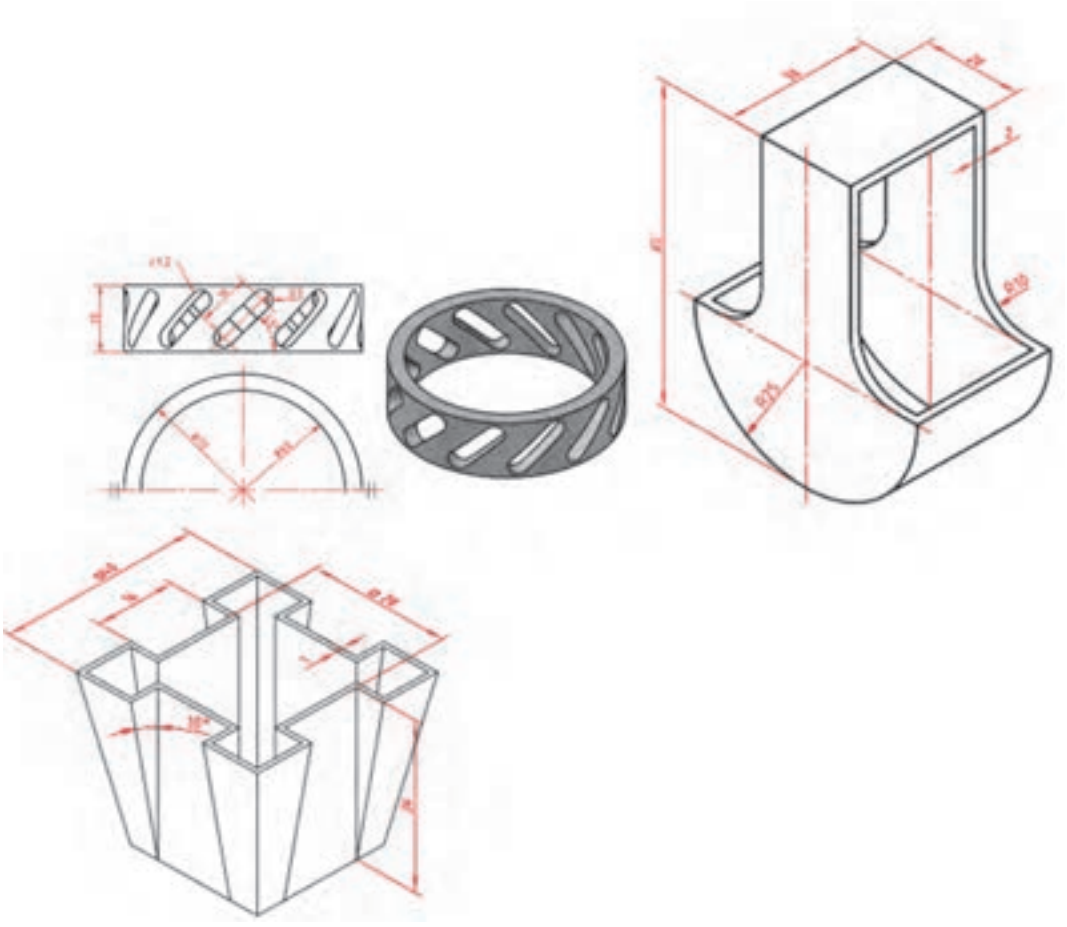
Expert setting

تنظیمات جزیی و دقیق‌تر که در زبانه‌های Basic و Advance توسط کاربر که نیاز به نمایش و تنظیم یک‌جا داشته باشد از گزینه Open Expert setting در زبانه Expert از نوار ابزار اصلی قابل دسترسی می‌باشد.

۱ـ Retraction: تنظیمات برگشت مواد به داخل نازل
۲ـ Skirt: محدوده پرینت را مشخص می‌کند (در هنگام شروع)
۳ـ Cool: تنظیمات دمنده و خنک‌کننده مذاب از خروجی نازل
۴ـ In fill: تنظیمات تراکم لایه‌های داخلی
۵ـ Support: تنظیمات نگهدارنده قطعه اصلی
۶ـ Black Magic: تنظیمات کیفیت گوشه‌ها در هنگام حرکت محور Z
۷ـ Brim: اجزای کمکی در ساخت صفحه اول برای جلوگیری از انقباض
۸ـ Raft: تنظیمات محدوده بستر محافظ قطعه کار

فعالیت ۵

قطعات زیر را که در فصل سوم مدل‌سازی کرده‌اید را با استفاده از پرینتر سه‌بعدی تولید کنید.



شکل ۱۵۷

فعالیت ۶

قطعه دلخواه (زینتی یا دکوری) را مدل‌سازی کرده با استفاده از پرینتر سه‌بعدی تولید کنید.

ارزشیابی

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
تهیه برنامه ماشین‌کاری برای فرز CNC سه‌محوره	۱ـ تهیه برنامه‌های جی کد برای قطعه مطابق نقشه ۲ـ ساخت قطعات ساده با استفاده از چاپگر سه‌بعدی	بالاتر از حد انتظار	۱ـ تهیه برنامه ماشین‌کاری قطعات پیچیده برای فرز CNC ۲ـ ساخت قطعات پیچیده با استفاده از چاپگر سه‌بعدی	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	۱ـ تهیه برنامه ماشین‌کاری قطعات ساده برای فرز CNC ۲ـ ساخت قطعات ساده با استفاده از چاپگر سه‌بعدی	۲
تولید قطعات با استفاده از چاپگر سه‌بعدی		پایین‌تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)	تهیه برنامه ناقص ماشین‌کاری و ساخت قطعات ساده به‌صورت ناقص	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				