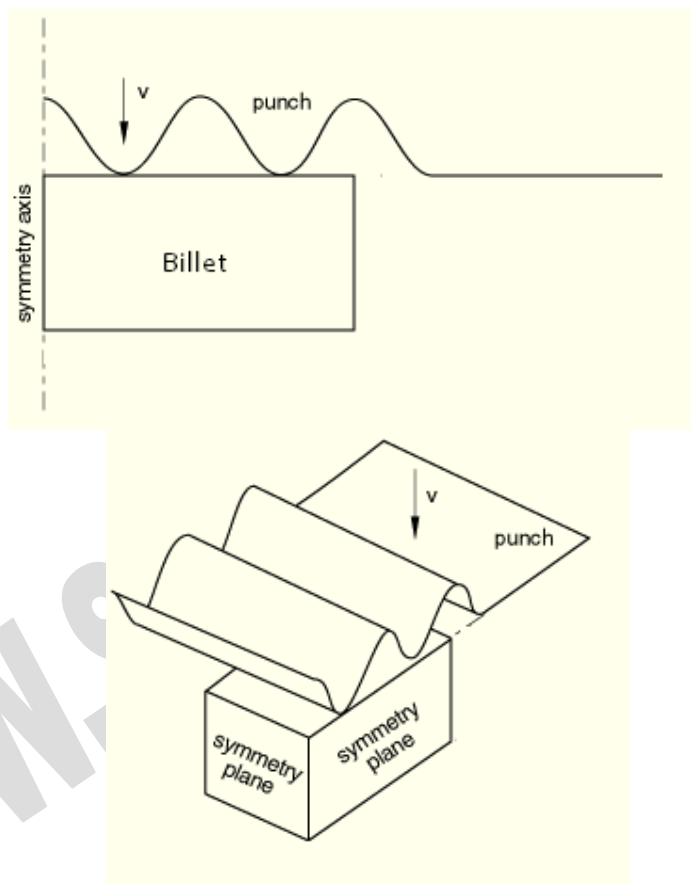


فصل بیستم

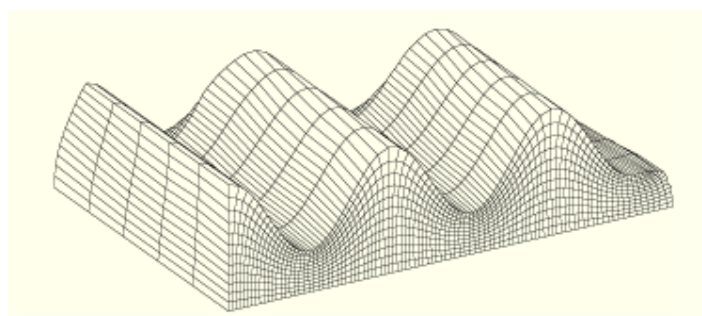
فرآیند فورج یک بیلت

فورج فرآیندی است که در آن یک قطعه از دو طرف توسط قالبی فشرده شده و هم طول آن کم شده و هم شکل قالب را به خود می گیرد.

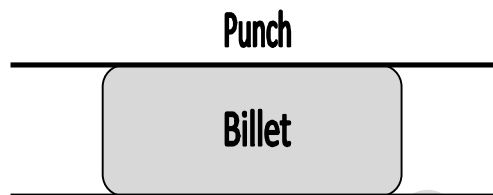
به عنوان مثال، به شکل زیر توجه کنید:



در این شکل با پایین آمدن پانچ (قالب)، علاوه بر کوچک شدن قطعه (بیلت)، شکل قالب را نیز به خود می گیرد:



توسط تحلیل، می توان نیازهای مدنظر مثل نیروی مورد نیاز پانچ و یا تنش های ایجاد شده در قطعه را بدست آورد. فرآیند فورج به دو صورت گرم و سرد انجام می شود. در فرآیند گرم، توزیع تغییر شکل موضعی با افزایش سرعت تماس ابزار بسیار یکنواخت می شود اما در فرآیند نوع سرد با افزایش تماس ابزار از میزان یکنواختی توزیع تغییر شکل در امتداد حرکت سنبه کاسته شده اما در امتداد عمود بر آن افزوده می شود. در مثالی که قصد داریم آن را تحلیل کنیم، مطابق شکل، یک قطعه استوانه ای را بین دو فک قرار داده و فرآیند فورج را در حالت سرد انجام می دهیم. مدل این مثال را در شکل زیر مشاهده می نمائید:



قطعه استوانه ای (Billet) دارای سطح مقطع دایروی با شعاع ۱۰۰ میلیمتر و ارتفاع ۱۲۰ میلیمتر که تحت فرآیند فورج قرار گرفته و ارتفاع آن کاهش می یابد.

مرحله اول: مدلسازی در مدول Part

ابتدا به مدلسازی قطعه استوانه ای می پردازیم:

Part > Create > Name: Billet ; Axisymmetric ; Deformable ; Shell ; Approximate size: 0.3

پس از **Continue** کردن، یک مستطیل به ابعاد 0.1×0.12 ترسیم کنید. توجه داشته باشید که بدلیل تقارن، نصف قطعه را مدل کرده ایم.

حال قالب یا همان پانچ را مدل می کنیم:

Part > Create > Name: Punch ; Axisymmetric ; Analyticalrigid ; Apprximate size: 0.5

پس از **Continue** کردن یک خط به طول 0.2 میلیمتر توسط نقاط $(0,0)$ و $(0.2,0)$ ترسیم کنید.

همانطور که می دانید، برای تعریف خصوصیات اجسام صلب، از نقطه مرجع استفاده می شود. بدین منظور با طی مسیر **Tools > Reference Point** یک نقطه مرجع در میان خط ایجاد کنید.

قبل از آنکه به مدول بعدی برویم، سطوح مورد نظر را بسازید:

Tools > Surface > Create

Billet Sur : ضلع بالا و سمت چپ بیلت

Billet Bot : ضلع پایین بیلت

Die Sur : سطح پایین قالب که در تماس با قطعه است

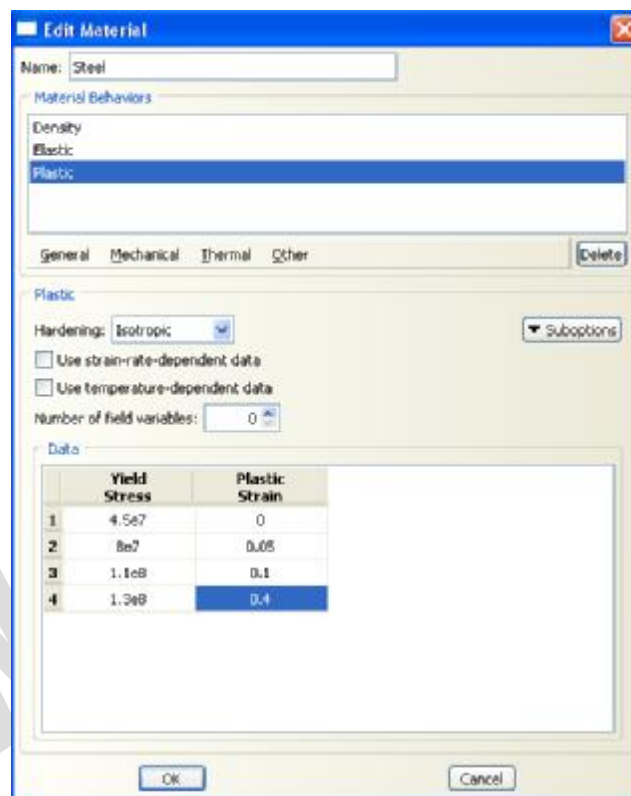
مرحله دوم: تعریف خواص در مدول Property

خواص الاستیک قطعه بصورت زیر تعریف می شود:

Material > Create > Name: Steel ; General > Density: 7810 ; Mechanical > Elasticity > Elastic:
Young's Modulus: 210e9
Poisson's Ratio: 0.3

همانطور که می دانید، در این فرآیند، قطعه وارد محیط پلاستیک می شود. پس خواص پلاستیک قطعه را با طی مسیر زیر، طبق جدول، تعریف کنید:

Plasticity > Plastic

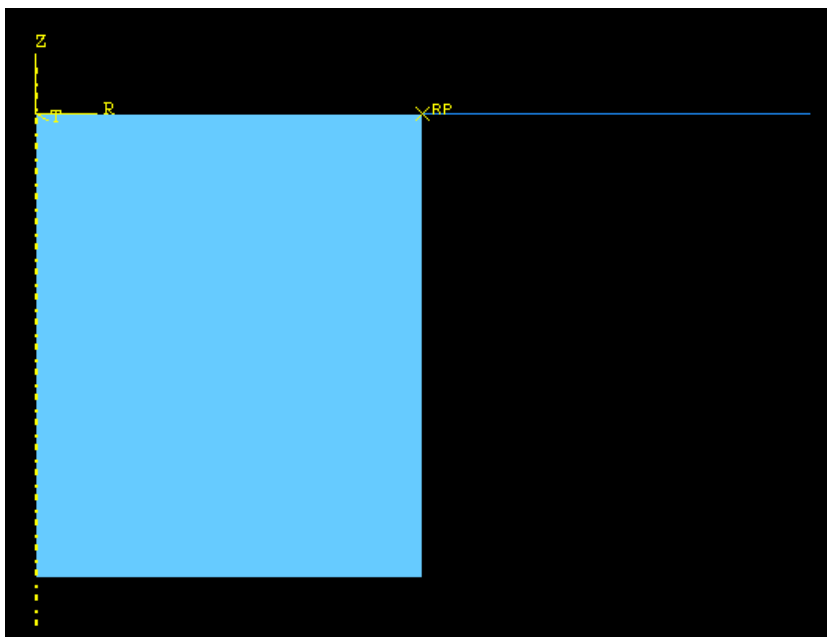


حال یک **Section** ساخته و خواص ساخته شده را در آن تعریف کنید و آن را به ورق **Assign** کنید.

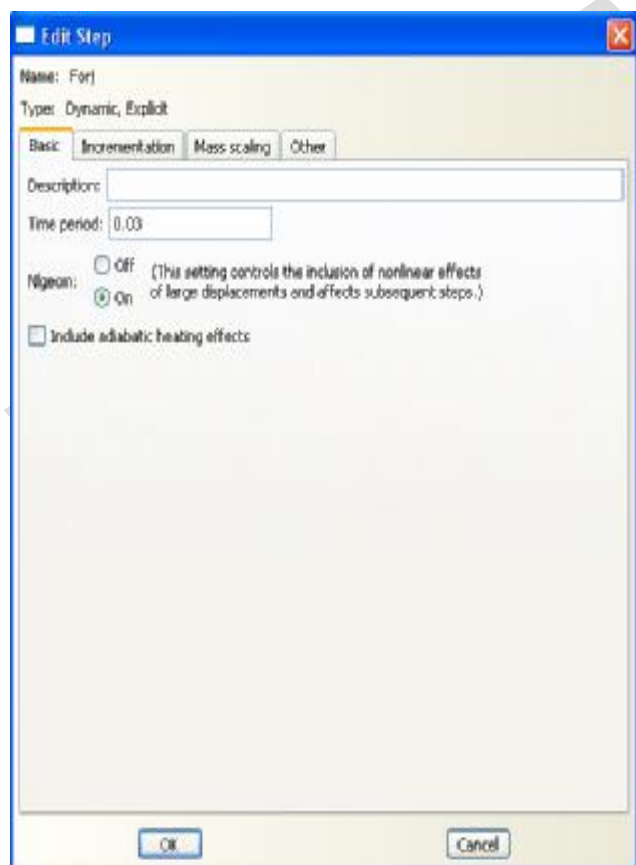
مرحله سوم: مونتاژ مجموعه در مدول Assembly

دو قطعه را در حالت **Independent** وارد کنید. توجه داشته باشید که موقع وارد کردن قطعات، گزینه **Auto-Offset** بمنظور جدایی دو قطعه، فعال باشد.

سطح بالایی بیلت در تماس با سطح قالب می باشد. پس توسط دستور **Constraint > Edge to Edge** این عمل را انجام دهید. ابتدا سطح قالب را انتخاب سپس خط بالایی ورق را انتخاب کنید و در حالتی که فلشهای آنها یکسان است، مقدار **Clearance** را در پنجره اعلان، صفر وارد کنید.



مرحله چهارم: تعریف مراحل حل در مدول Step



با توجه به آنکه مثال فوق، یک فرآیند شکل دهی می باشد و در این گونه فرآیندها، تماس ها و تغییر شکل المانها زیاد می باشد، برای حل از ABAQUS/Explicit استفاده می کنیم.

**Step > Create > Name: Forj ;
Dynamic,Explicit > Continue**

در پنجره بعدی، مطابق شکل روی پرو در **Time Period** مقدار زمان این فرآیند را **0.03** وارد و گزینه **Nonlinear** را نیز فعال کنید.

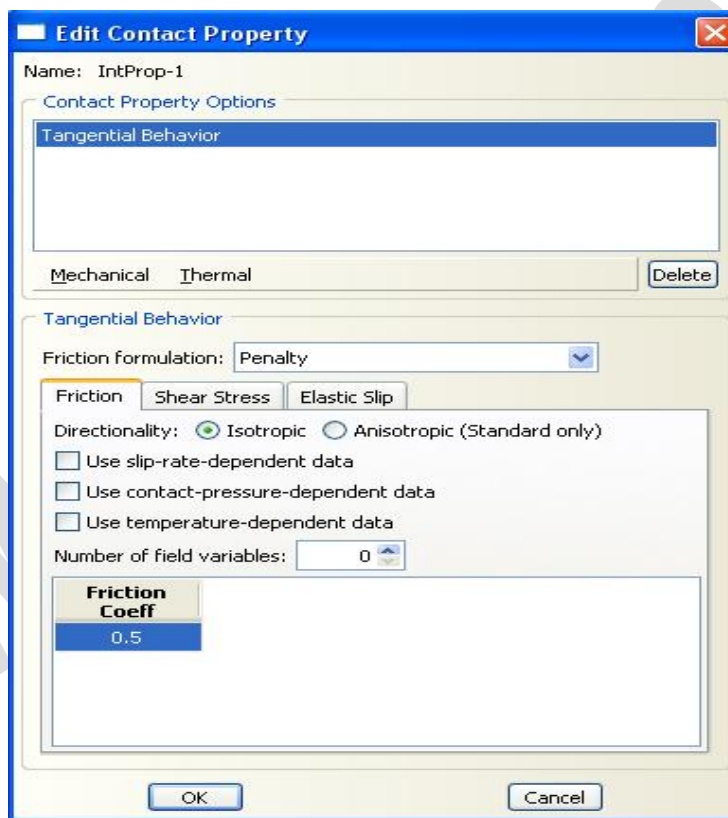
مرحله پنجم: تعریف خواص برخورد در مدول Interaction

در این مرحله خواص اصطکاکی بین قطعه و قالب تعریف می شود:

Interaction > Create > Step: Initial ; Type For selected Step; Surface-to-Surface Contact (Explicit)

پس از **Continue** کردن، ابتدا می بایست سطح پایین ورق که در تماس با ورق می باشد را انتخاب کنید. حال می بایست سطح بالا و سمت چپ قطعه انتخاب شود. بدین منظور گزینه **Surface** را در نوار ابزار اعلان انتخاب کرده و سطح **Billet** که در قبل ایجاد کردیم را انتخاب کنید. در این حالت در پنجره ظاهر شده پس از انتخاب گزینه **Create**، توسط مسیر زیر، ضریب اصطکاک را وارد کنید:

Contact > Mechanical > Tangential Behavior > Friction formulation > Friction Coeff: 0.5



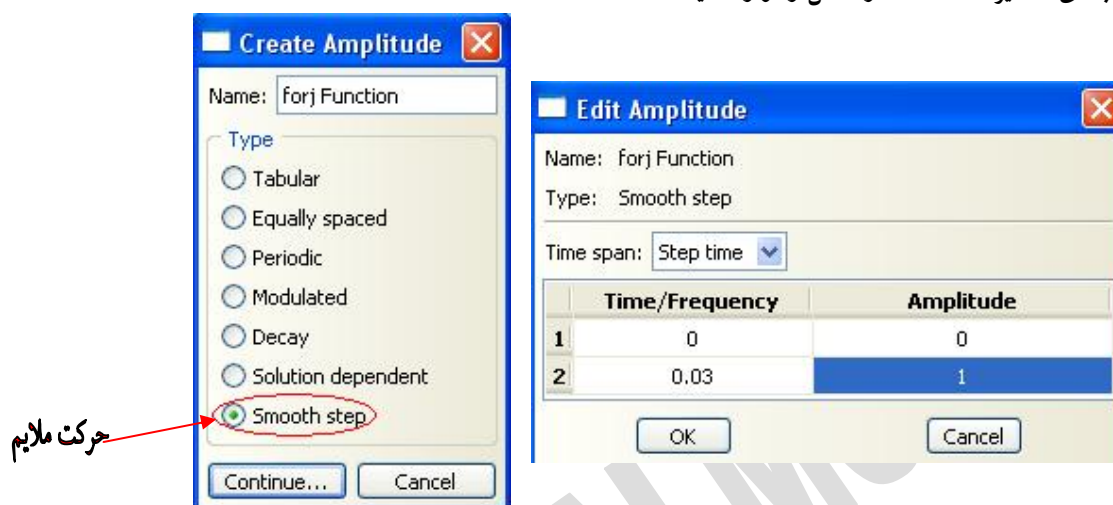
مرحله ششم: اعمال شرایط مرزی و بارگذاری در مدول Load

همانطور که در مدل سازی قطعه ملاحظه نمودید، ارتفاع قطعه (اندازه عرض مستطیل ترسیم شده) 0.1 متر می باشد. در این فرآیند قصد داریم ارتفاع را به 0.06 متر برسانیم. پس قالب را به اندازه 0.04 متر پایین آورده تا فرآیند مورد نظر انجام شود.

همانطور که قبلاً بیان شده، در تحلیلهای **Explicit** برای جابجایی قطعات می توان یک تابع حرکت تعریف کرد تا یک تحلیل دقیق صورت گیرد. بدین منظور در مدول **Load** مسیر زیر را طی کنید:

Tools > Amplitude > Create > Name: Forj Function ; Type: Smooth Step

در جدول بعدی مقادیر نشان داده در شکل را وارد کنید.



ضمناً قالب نباید در هیچ مرحله ای در راستایی غیر از جهت عمودی حرکت داشته باشد. پس در مرحله **Initial** جلوی این حرکات را می بندیم.

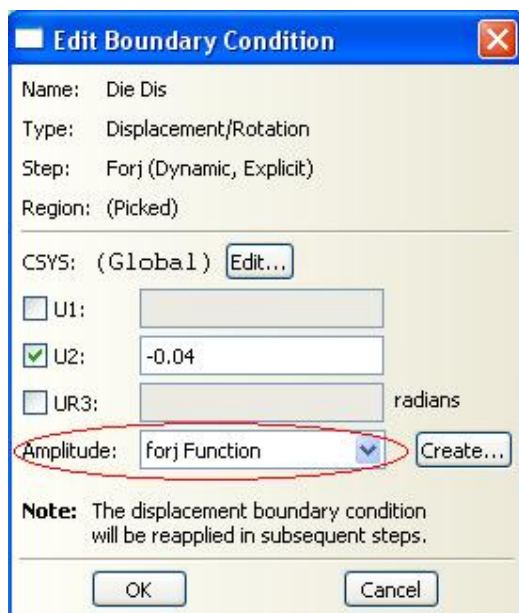
BC > Create > Name: Die BC ; Step: Initial ; Types for selected step: Displacement/Rotation



حال نقطه مرجع قالب را انتخاب کرده و پس از زدن کلید **Done** در نوار ابزار اعلان، پنجره بعدی را مطابق شکل پر کرده و **Ok** کنید.

حال شرط مرزی جابجایی برای حرکت قالب در مرحله حل Forj را اعمال می کنیم:

BC > Create > Name: Die Dis ; Step: Forj ; Types for selected step: Displacement/Rotation



نقطه مرجع قالب را انتخاب کرده و مطابق شکل، مقدار U_2 را در این مرحله -0.04 وارد کرده و در قسمت نشان داده شده، تابع حرکت که ایجاد کرده بودیم را انتخاب کرده و **Ok** کنید.

بمنظور تقارن موجود و مدل سازی نصف قطعه، شرط مرزی زیر را روی قطعه اعمال کنید:

BC > Create > Name: Billet BC ; Step: Initial ; Types for selected step: Displacement/Rotation

حال ضلع سمت چپ ورق را انتخاب کرده و آن را در U_1 و UR_3 مقید نمایید.
ضمناً بجای مدل سازی قالب پایینی، سطح پایینی قطعه را در راستای عمودی مقید می کنیم:

BC > Create > Name: Billet Bot ; Step: Initial ; Types for selected step: Displacement/Rotation

ضلع پایینی قطعه را انتخاب کرده و آن را در U_2 مقید کنید.

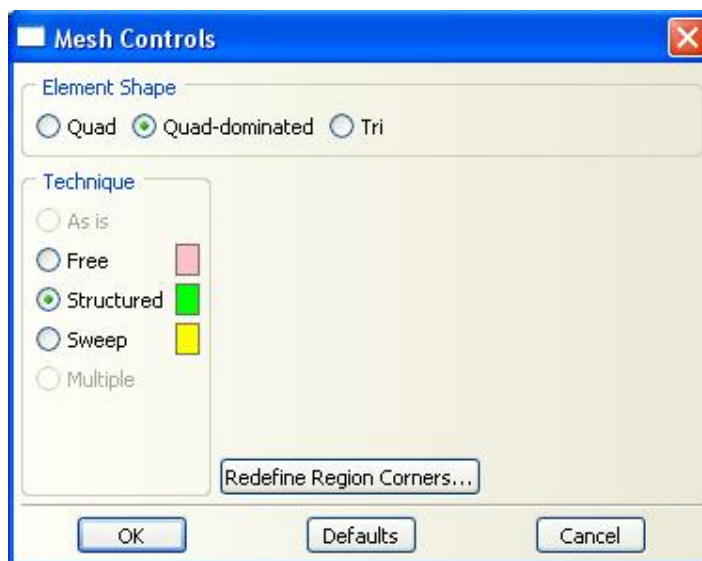
مرحله هفتم: مش بندی در مدول Mesh

در این مدول همانطور که می دانید تنها **Billet** را می بایست مش زد، زیرا که قالب در حالت **Analytical** ایجاد شده است.
بدین منظور ابتدا می بایست اندازه المانها را تعریف کرد:

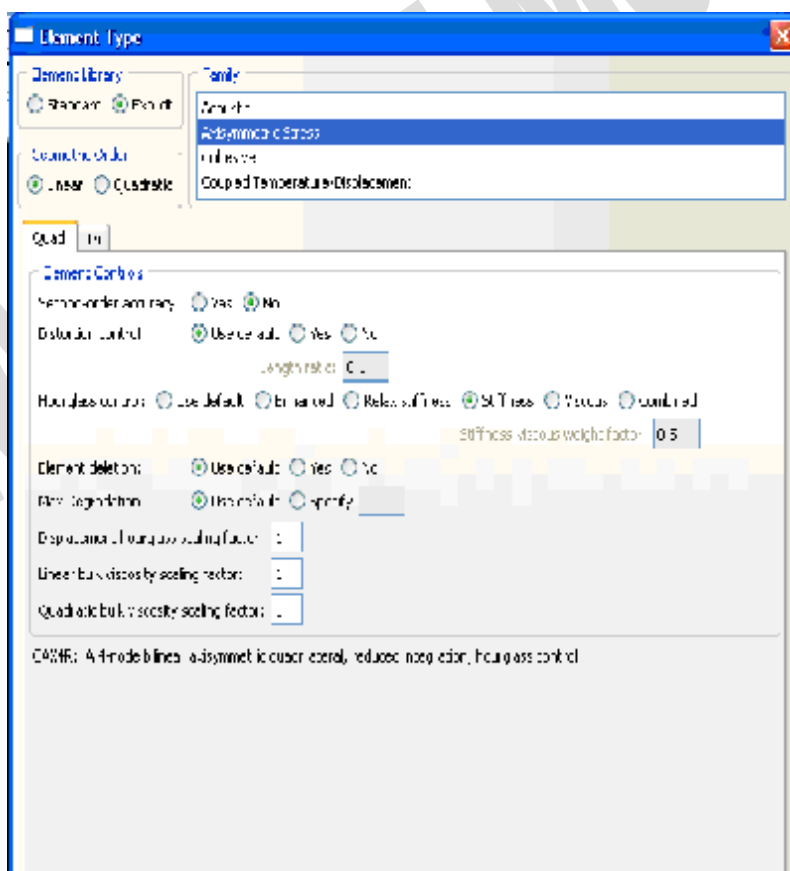
Seed > Instance

قطعه را انتخاب کرده و اندازه المانها را 0.005 وارد کنید.

پنجره **Mesh Control** را برای شکل مش منظم، مطابق شکل زیر تنظیم کنید.

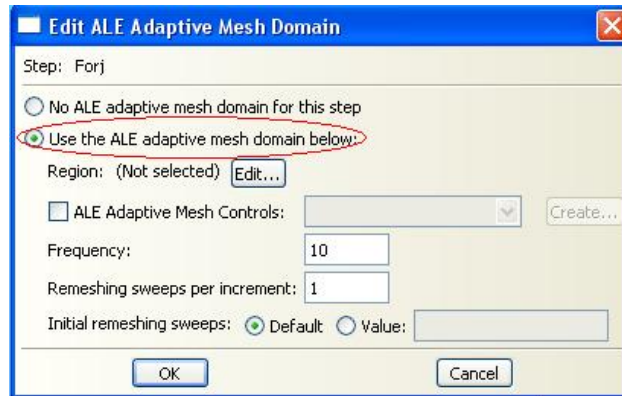


حال می بایست پنجره **Element Type** را مطابق شکل نشان داده شده تنظیم کنید:



نکته: در مسائلی که المانهای مدل در حین تحلیل دچار تغییر شکل زیادی می شوند، احتمال آنکه نرم افزار در حین تحلیل متوقف شود، وجود دارد. روشی به نام **Adaptive Meshing** وجود دارد که با فعال کردن آن کیفیت و شکل کلی المانها ثابت مانده و تنها مکان گره ها تغییر می کند. این روش در مسائل شکل دهی فلزات بخصوص فرآیندهای فورج و اکستروژن بسایر کارآمد می باشد. برای استفاده از این روش به مدول **Step** رفته و مسیر زیر را دنبال کنید:

Other > Ale Adaptive Mesh Domain > Edit > Forj



در این پنجره، ابتدا گزینه نشان داده شده را فعال کنید. حال گزینه **Edit** را کلیک کرده و قطعه را بمنظور اعمال این روش بر روی آن انتخاب کنید و **Done** را فشار دهید.

این پنجره شامل دو گزینه مهم می باشد:

* **Frequency**: با تنظیم این گزینه تعیین می شود که نرم افزار در هر چند گام یکبار از این روش استفاده کند.

* **Remeshing Sweep per increment**: این مقدار بدین معناست که در هر گامی که در بالا تعریف شد، چند بار المانها را اصلاح کند.

به عنوان مثال اگر این دو مقدار مانند شکل بالا باشد، بدین معناست که نرم افزار در هر ۱۰ گام از اجرای مسأله، یکبار از این روش استفاده کند. اگر مانند این مسأله، قطعه دچار تغییر شکل زیاد باشد، می بایست مقدار **Frequency** را کم و مقدار دوم را زیاد کرد تا اعمال این روش بر روی قطعه انتخاب شده بیشتر باشد. برای مسأله حاضر، مقدار اول را ۱ و مقدار دوم را ۱۰ وارد کنید. یعنی نرم افزار در هر ۱ گام، ۱۰ مرتبه المانها را اصلاح کند.

حال قطعه آماده مش خوردن می باشد. بدین منظور به مدول مش بازگشته قطعه را مش بزنید:

Mesh > Instance

قطعه را انتخاب کرده و **Done** را در نوار ابزار اعلان فشار دهید.

مرحله هشتم: حل مسأله در مدول Job

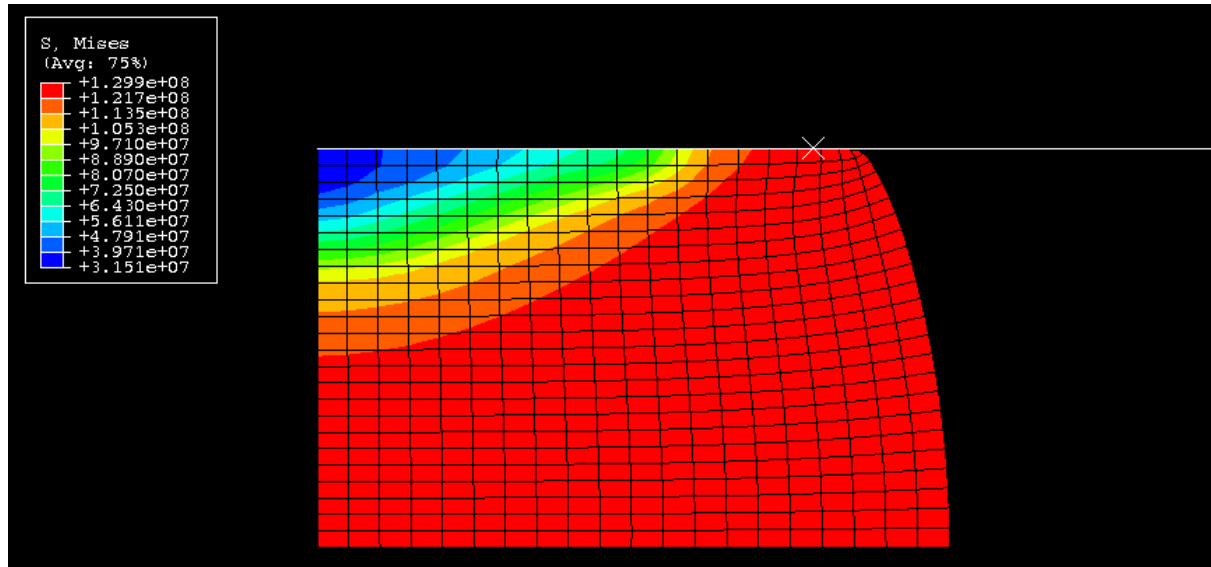
برای انجام تحلیل یک **Job** جدید بسازید:

Job > Create

قبل از آنکه مسأله را به دست تحلیل بسپارید، آن را ذخیره کنید. حال **Job Manager** را باز کرده و با انتخاب گزینه **Submit** مسأله را حل کنید.

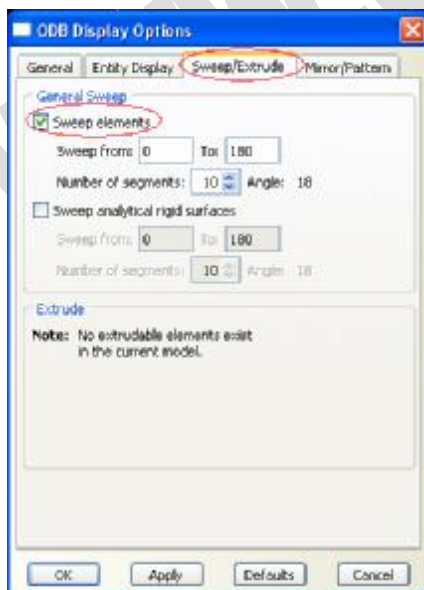
مرحله هشتم: مشاهده نتایج در مدول Visualization

پس از آنکه حل مسأله به پایان رسید، به این مدول آمده تا نتایج عملیات فروج را مشاهده کنیم. برای مشاهده تغییر شکل، گزینه را انتخاب کنید:

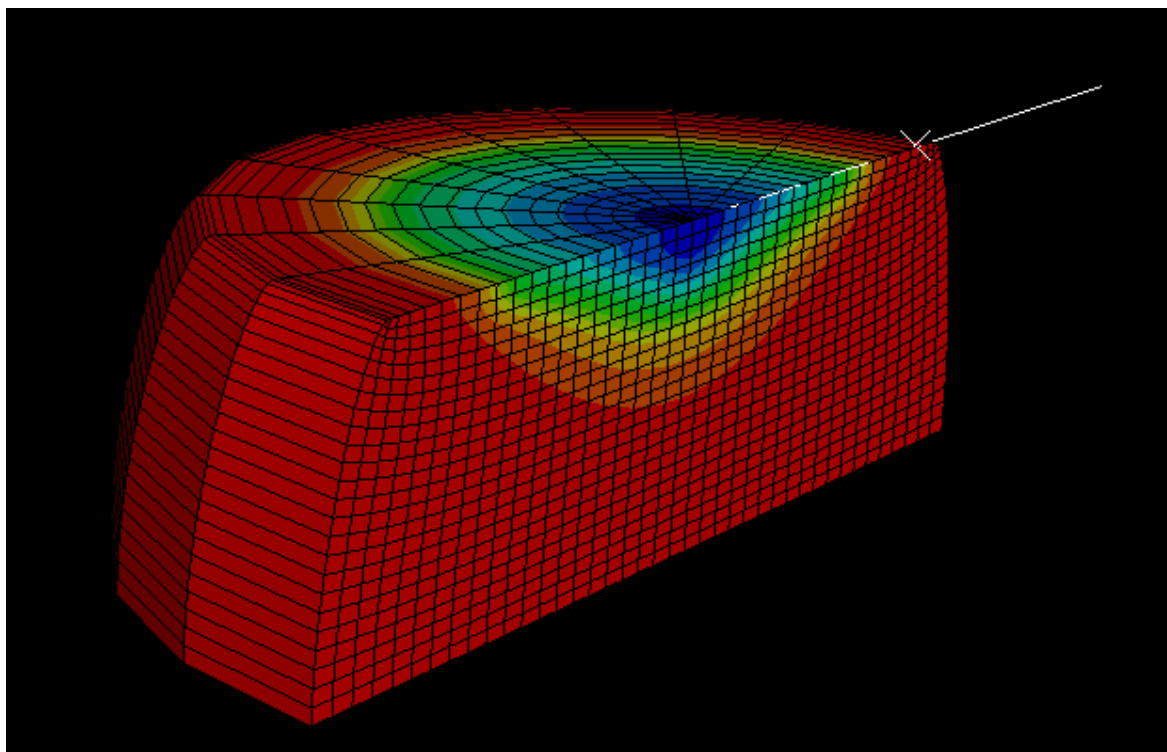


برای مشاهده نمای سه بعدی، مسیر زیر را دنبال کنید:

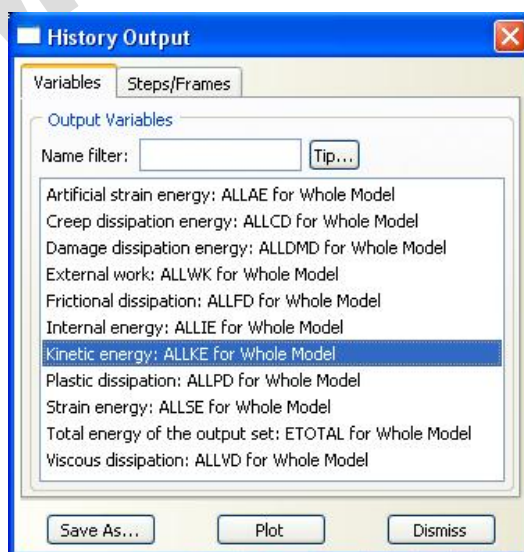
View > ODB Display Option

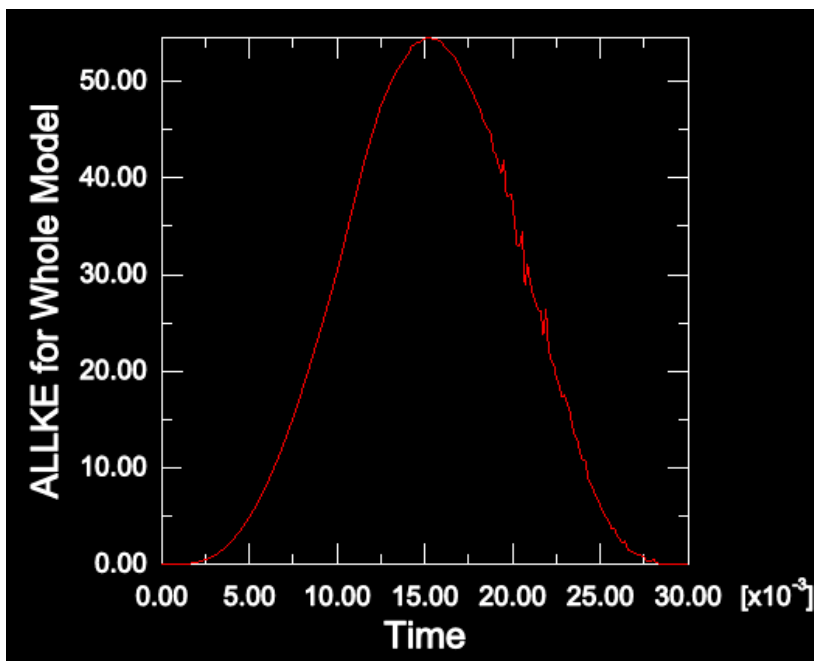


در این پنجره مطابق شکل نشان داده شده، به سربرگ مربوطه رفته و گزینه نشان داده شده را فعال کنید.

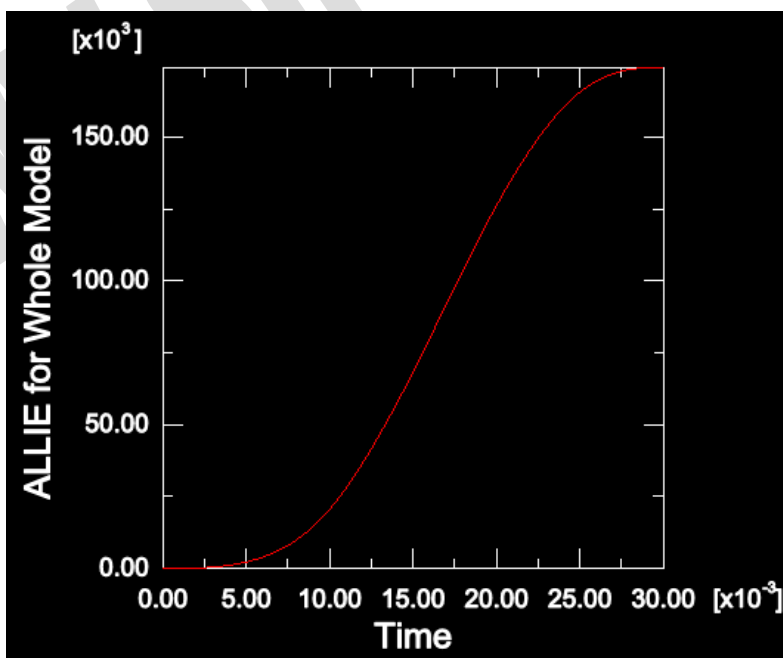



برای نمایش روند شکل دهی، گزینه  را انتخاب کنید تا فیلم آن نمایش داده شود.
برای مشاهده نمودار انرژی جنبشی نسبت به زمان، گزینه  را انتخاب کنید. حال در پنجره ظاهر شده، گزینه ODB history Output و در پنجره بعدی مطابق شکل، گزینه kinetic energy را انتخاب کرده و Plot کنید:

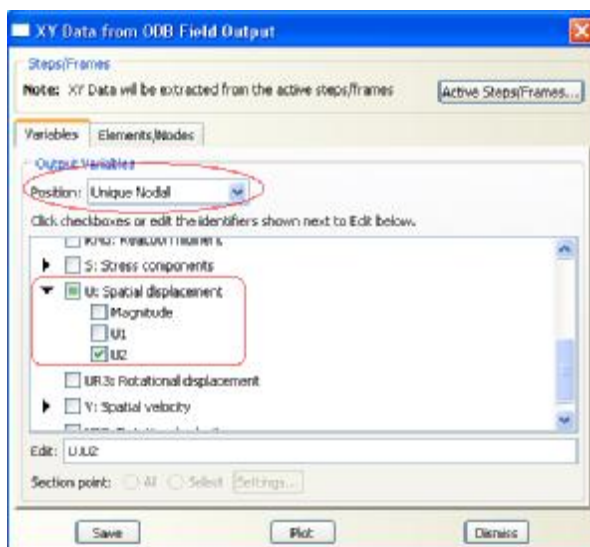




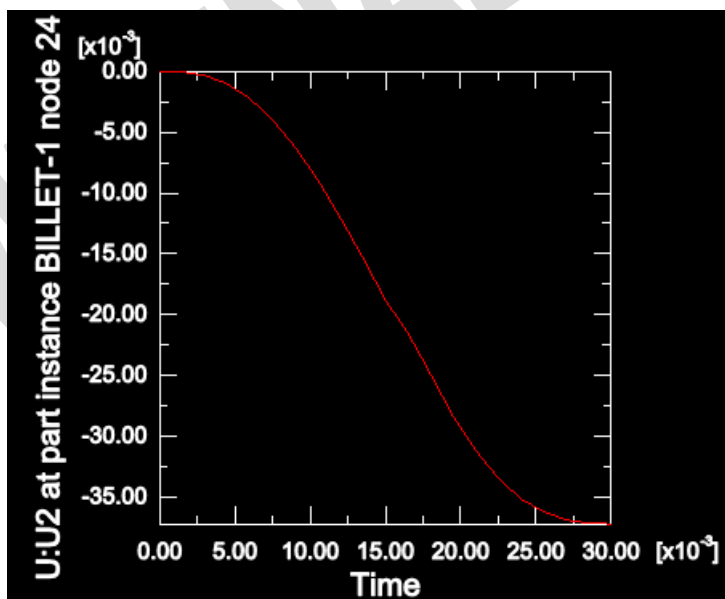
و برای رسم نمودار انرژی داخلی، گزینه **Integral Energy** را انتخاب کنید:



می توان جابجایی یکی از نودهای قطعه را در نموداری بر حسب زمان ترسیم کرد تا ملاحظه نمود که قطعه به اندازه 0.04 متر، فشرده شده است. بدین منظور گزینه  و در پنجره بعدی، حالت ODB field Output را انتخاب و Continue کنید. پنجره بعدی را مطابق شکل زیر تنظیم کنید و به سربرگ Elements/Nodes بروید تا یک نود از قطعه را انتخاب کنیم.



در سربرگ Elements گزینه Edit Selection را انتخاب و از نودهای بالایی قطعه، یکی را انتخاب کنید و Plot کنید.



همانطور که ملاحظه می نمائید، مدل در طول زمان 0.03 ثانیه ای، به اندازه 0.04 جابجایی دارد.