



Namatek
True Education

Thermal Analysis in Abaqus

www.namatek.com

تحلیل حرارتی در
آباکوس

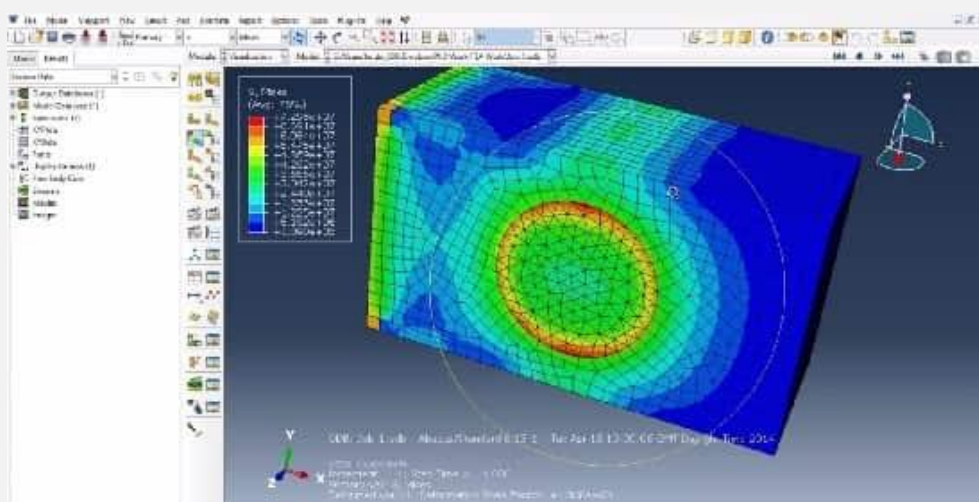
فهرست مطالب

۱. تحلیل حرارتی در آباکوس چیست؟
۲. انواع تحلیل حرارتی در آباکوس
۳. مراحل پیاده سازی تحلیل حرارتی در آباکوس

یکی از شایع‌ترین پدیده‌های جهان، انتقال حرارت است. انتقال حرارت می‌تواند باعث تغییراتی در خصوصیات مکانیکی ماده شود. تجزیه و تحلیل انتقال حرارتی را می‌توان به دو نوع تقسیم کرد: ثابت یا گذرا. تجزیه و تحلیل انتقال حرارت برای مهندسان در زمینه‌های مختلف بسیار مفید است. این امر مهندسان را قادر می‌سازد تا مسائل بالقوه‌ای مانند انقباض، تخلخل و تنش‌های پسماند را شناسایی و به آنها رسیدگی کنند که منجر به بهبود کیفیت ریخته‌گری، تکمیل سطح تصفیه شده و در نهایت، فرآیندهای تولید کارآمدتر و مقرون به صرفه‌تر می‌شود.

یکی از راه‌های تحلیل حرارتی استفاده از نرم افزار آباکوس است که می‌تواند در این زمینه به مهندسان کمک کند. در این مقاله به بررسی تحلیل حرارتی در آباکوس، انواع آن و مراحل پیاده سازی تحلیل حرارتی در آباکوس خواهیم پرداخت.

تحلیل حرارتی در آباکوس چیست؟



انتقال حرارت یک مفهوم اساسی است که نقش مهمی در کاربردهای مختلف مهندسی و علمی دارد و به فرآیندی اطلاق می‌شود که طی آن انرژی حرارتی

از یک جسم یا ماده به ماده دیگر به دلیل اختلاف دمایی بین آنها، حرکت می‌کند. خواه منظور از گرمای به وجود آمده گرمایش یک اتاق توسط رادیاتور باشد یا حتی سیستم خنک کننده در یک کامپیوتر که از گرمای بیش از حد جلوگیری می‌کند، درک نحوه عملکرد انتقال حرارت در طراحی سیستم‌های کارآمد بسیار ضروری است. در Abaqus، مشکلات انتقال حرارت را می‌توان به انواع مختلفی دسته بندی کرد:

- تجزیه و تحلیل جابه‌جایی دما

- حالت پایدار

- گذرا

- جفت شده

تجزیه و تحلیل انتقال حرارت حالت پایدار بر موقعیت‌هایی متمرکز است که توزیع دما در طول زمان تغییر نمی‌کند. این امر، برای درک رفتار بلند مدت سیستم‌ها تحت بارهای حرارتی ثابت مفید است. از سوی دیگر، تجزیه و تحلیل انتقال حرارت گذرا، با سناریوهایی سر و کار دارد که در آن دما، در طول زمان تغییر می‌کند و آن را برای مطالعه فرآیندهایی مانند چرخه‌های سرمایه‌گذاری یا گرمایش ضروری می‌کند.

تجزیه و تحلیل دما - جابه‌جایی جفت شده، برهم کنش بین میدان‌های حرارتی و ساختاری را در نظر می‌گیرد که برای کاربردهایی که انبساط یا انقباض حرارتی بر یکپارچگی ساختاری یک جزء تأثیر می‌گذارد، ضروری است. تنش حرارتی به تنش مکانیکی ناشی از تغییرات دما در یک ماده یا ساختار اشاره دارد.

تنش حرارتی زمانی ایجاد می‌شود که مواد در پاسخ به تغییرات دما، آزادانه منبسط یا منقبض شوند. یک نمونه رایج از استرس حرارتی شامل شکستن شیشه هنگام قرار گرفتن در دمای بالا و به دنبال غوطه‌وری سریع آن در آب سرد است. ترک‌ها و شکستگی‌های حاصل در شیشه با شکستگی‌های ناشی از ضربه فیزیکی متفاوت هستند.

فرمول تنش حرارتی

انبساط یا انقباض یک ماده با ضریب انبساط حرارتی آن تعیین می‌شود. هنگامی که ماده آزادی حرکت داشته باشد، بدون ایجاد تنش می‌تواند این تغییرات را متحمل شود. با این حال، اگر این ماده در چندین نقطه به یک جسم صلب چسبانده شود، تنش‌های حرارتی می‌توانند در ناحیه محدود هندسی ایجاد شوند. می‌توان تنش حرارتی را با فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\sigma = E\alpha(T_f - T_0) = E\alpha\Delta T$$

جایی که:

- E مدول یانگ است.
- A ضریب انبساط حرارتی است.
- T_f دمای اولیه است.
- T_0 دمای نهایی است.

تحلیل حرارتی انتقال گذرا و پایدار

انتقال حرارت می‌تواند گذرا یا حالت پایدار باشد:

- **گذرا:** پاسخ را در طول زمان با گنجاندن اثرات ظرفیت گرمایی دریافت خواهید کرد.

• **حالت پایدار:** راه حل طولانی مدت را تحت مجموعه ای معین از بارها و BC ها به دست خواهید آورد.

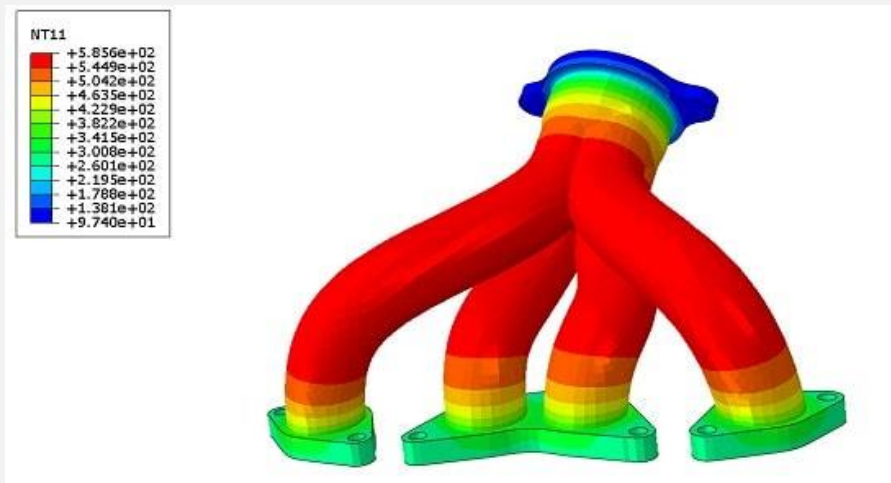
اصطلاح پایدار، دلالت بر عدم تغییر با زمان در هر نقطه از مدل دارد، در حالی که گذرا به معنای تغییر با زمان یا وابستگی زمانی است. بنابراین، دما یا شار گرما با گذشت زمان در هر مکان بدون تغییر باقی می ماند، اگرچه هر دو کمیت ممکن است از مکانی به مکان دیگر متفاوت باشند.

تحلیل حرارتی انتقال خطی و غیرخطی

مشکلات انتقال حرارت می توانند، غیرخطی باشند؛ زیرا خواص مواد وابسته به دما هستند یا شرایط مرزی به گونه ای غیرخطی خواهد بود. شرایط مرزی اغلب غیرخطی هستند. به عنوان مثال، ضرایب فیلم می تواند تابعی از دمای سطح باشد. اثرات تابش همیشه مشکلات انتقال حرارت را غیرخطی می کند. غیرخطی بودن در تابش با افزایش دما (با توان ۴ دما) افزایش می یابد.

Abaqus/Standard از یک طرح تکراری برای حل مسائل انتقال حرارت غیرخطی استفاده می کند، این طرح از روش نیوتن استفاده می کند.

انواع تحلیل حرارتی در آباکوس



روش تجزیه و تحلیل انتقال حرارت می‌تواند برای مدل سازی مسائل انتقال حرارت خالص که می‌توانند حالت پایدار، گذرا، خطی یا غیر خطی باشند، استفاده شود. با این حال، مشکل اغلب چند نوع پدیده‌های حرارتی را شامل می‌شود و نیاز به تجزیه و تحلیل چند فیزیک دارد. تجزیه و تحلیل حرارتی - تنش همراه می‌تواند برای مدل سازی وابستگی بین دما و تنش استفاده شود. دو روش در دسترس است: تجزیه و تحلیل متوالی جفت شده می‌تواند تأثیر دما را بر محلول تنش - جابه‌جایی توضیح دهد و تجزیه و تحلیل کاملاً جفت شده می‌تواند زمانی که محلول‌های حرارتی و مکانیکی به شدت بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند، استفاده شود. در ادامه به بررسی انواع تحلیل حرارتی در آباکوس در حالت‌های مختلف خواهیم پرداخت.

انتقال حرارت بدون جفت

در این تحلیل‌ها، میدان دما بدون در نظر گرفتن میدان تنش و تغییر شکل در بدنه‌های مورد مطالعه، محاسبه می‌شود. مشکلات انتقال حرارت خالص ممکن است، شامل رسانایی، همرفت اجباری و تابش مرزی باشد و می‌تواند

گذرا یا در حالت پایدار و خطی یا غیرخطی باشد. این تحلیل فقط در Abaqus/Standard موجود است.

می‌توان هدایت گرمای ماده جامد را با موارد زیر مدل کرد:

- رسانایی کلی
 - وابسته به دما
 - انرژی داخلی (از جمله اثرات گرمای نهان)
 - شرایط مرزی همرفت و تشعشع کاملاً عمومی
- جابه‌جایی اجباری سیال از طریق مش را می‌توان با استفاده از عناصر همرفت-انتشار اجباری مدل کرد. تجزیه و تحلیل انتقال حرارت بدون جفت (تحلیل حرارتی در آباکوس) ساده‌تر و از نظر محاسباتی کم هزینه‌تر از آنالیز انتقال حرارت جفت شده است.
- با این حال، تجزیه و تحلیل انتقال حرارت بدون اتصال هنوز یک ابزار قدرتمند است که می‌تواند برای حل طیف گسترده‌ای از مشکلات استفاده شود. برخی از کاربردهای آنالیز انتقال حرارت بدون جفت Abaqus عبارت اند از:

- تجزیه و تحلیل عملکرد حرارتی قطعات الکترونیکی، شامل تعیین حداکثر دمای یک جزء، شناسایی نقاط داغ و پیش‌بینی خطر شکست حرارتی است.
- شبیه‌سازی رفتار حرارتی سازه‌های هوا-فضا که شامل پیش‌بینی تغییر شکل ساختاری ناشی از انبساط حرارتی، ارزیابی عمر خستگی اجزا تحت بارهای حرارتی متغیر و بهینه‌سازی طراحی سیستم‌های خنک‌کننده است.

- مدل سازی انتقال حرارت در کاربردهای ماشین آلات که شامل تجزیه و تحلیل تنش‌های حرارتی در یاتاقان‌ها و روتورها، بهینه سازی طراحی مبدل‌های حرارتی و پیش بینی توزیع دما در یک موتور احتراقی است.
- شبیه سازی انتقال حرارت در فرآیندهای شیمیایی که شامل تجزیه و تحلیل توزیع دما در راکتورها، ستون‌های تقطیر و سایر فرآیندهای شیمیایی است.
- ارزیابی آسایش حرارتی و بهره وری انرژی ساختمان‌ها که شامل مدل سازی انتقال حرارت از طریق دیوارها، سقف‌ها و پنجره‌ها و ارزیابی اثربخشی سیستم‌های HVAC است.

تحلیل تنش حرارتی جفت شده متوالی یا تنش حرارتی آباکوس

- میدان تنش - تغییر شکل در یک سازه به میدان دما بستگی دارد؛ اما میدان دما را می‌توان بدون آگاهی از پاسخ تنش پیدا کرد. معمولاً ابتدا با انجام آنالیز انتقال حرارت بدون جفت (خالص) و سپس تحلیل تنش - تغییر شکل انجام می‌شود. میدان حرارتی بر میدان مکانیکی تأثیر می‌گذارد (مثلاً انبساط حرارتی)؛ اما میدان مکانیکی بر میدان حرارتی تأثیر نمی‌گذارد. علاوه بر این، خواص مکانیکی می‌تواند با دما تغییر کند. برای حل مشکل تنش حرارتی دو کار لازم است:
- زمینه‌های حرارتی و مکانیکی به ترتیب حل شوند (حرارتی و مکانیکی).

- دماها در تجزیه و تحلیل تنش به عنوان یک میدان از پیش تعریف شده با خواندن پایگاه داده خروجی یا فایل نتایج از تجزیه و تحلیل انتقال حرارت مربوطه خوانده شوند.

دما با موقعیت متفاوت است و معمولاً وابسته به زمان است. تحلیل انتقال حرارت آباکوس جفت شده متوالی (تحلیل حرارتی آباکوس) نوعی تحلیل است که برهم کنش بین انتقال حرارت و تغییر شکل ساختاری را مدل می‌کند.

این نوع آنالیز پیچیده تر و از نظر محاسباتی گران تر از آنالیز انتقال حرارت بدون جفت است؛ اما برای تجزیه و تحلیل سیستم‌هایی که در آن تغییر شکل حرارتی مهم بوده، ضروری است. برخی از کاربردهای تحلیل انتقال حرارت Abaqus جفت شده متوالی، عبارت اند از:

- تحلیل تنش‌های حرارتی در سازه‌ها که شامل پیش بینی ترک خوردگی و تغییر شکل در اجزا به دلیل انبساط و انقباض حرارتی است.
- شبیه سازی چرخه حرارتی قطعات که شامل پیش بینی عمر خستگی قطعات تحت بارهای حرارتی مکرر است.
- بهینه سازی طراحی سازه‌های حرارتی که شامل یافتن هندسه و خواص مواد بهینه در یک سازه برای به حداقل رساندن تنش‌های حرارتی و به حداکثر رساندن راندمان انتقال حرارت است.

1) تجزیه و تحلیل حرارتی در Abaqus (انجام نوع متوالی)

برای انجام یک تحلیل متوالی انتقال حرارت و تنش حرارتی با استفاده از Abaqus/Explicit مراحل زیر را طی کنید:

۱. ابتدا کار انتقال حرارت را در Abaqus/Standard اجرا می‌کنیم.

۲. سپس کار Abaqus/Explicit را تعریف می‌کنیم.

۳. در مرحله بعد، از طریق پایگاه داده، خروجی یا فایل نتایج را به کار Abaqus/Explicit منتقل می‌کنیم.

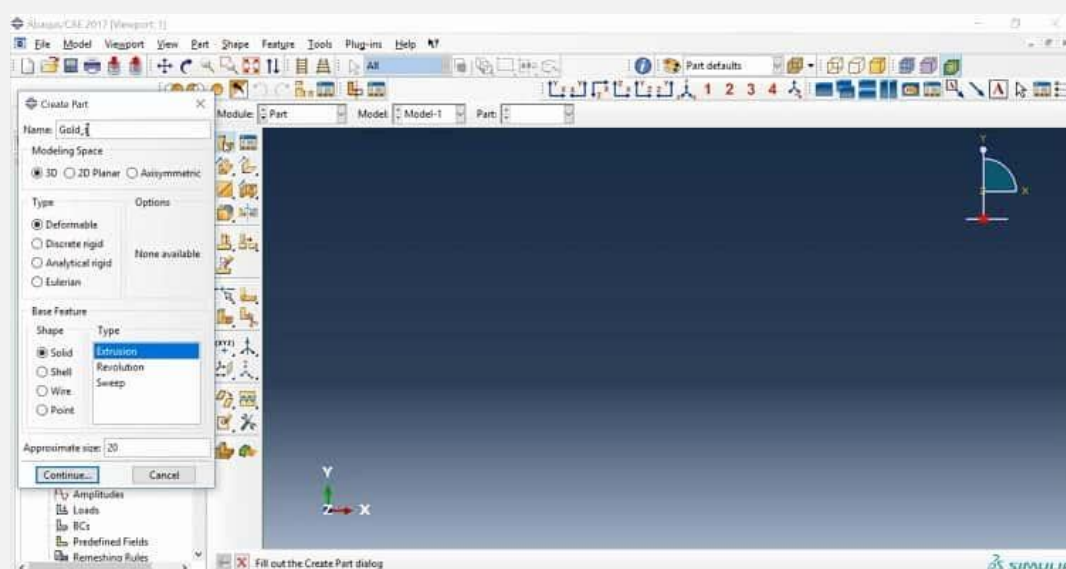
استرس حرارتی کاملاً کوپل شده

میدان حرارتی بر میدان مکانیکی تأثیر می‌گذارد؛ اما در اینجا، میدان مکانیکی نیز می‌تواند بر میدان حرارتی تأثیر بگذارد. این نوع از استرس حرارتی، هنگامی که محلول‌های حرارتی و مکانیکی به شدت بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند، استفاده می‌شود. تغییر شکل می‌تواند هدایت، تابش و مواردی از این قبیل را تغییر دهد، دقیقاً زمانی که گرما به صورت مکانیکی به دلیل کار پلاستیک یا اصطکاک ایجاد می‌شود. به عنوان مثال، در مشکلات فلزکاری سریع، تغییر شکل غیرالاستیک مواد باعث گرم شدن آنها می‌شود و در مشکلات تماس، گرمای منتقل شده در میان شکاف‌ها ممکن است به شدت به فاصله یا فشار شکاف بستگی داشته باشد. هر دو Abaqus/Standard و Abaqus/Explicit رویه‌های تحلیل جابه‌جایی دما را ارائه می‌کنند؛ اما الگوریتم‌های مورد استفاده هر برنامه به صورت قابل توجهی متفاوت است. در Abaqus/Standard، مشکلات انتقال حرارت می‌تواند گذرا یا حالت پایدار و خطی یا غیرخطی باشد؛ اما Abaqus/Explicit فقط می‌تواند پاسخ حرارتی گذرا (خطی یا غیرخطی) را به دلیل ویژگی‌های ذاتی یک روش یکپارچه سازی صریح مدل سازی کند.

مراحل پیاده سازی تحلیل حرارتی در آباکوس

در این بخش به بررسی مراحل پیاده سازی تحلیل حرارتی در آباکوس در حالت پایدار خواهیم پرداخت. در این حالت، یک دال سه بعدی را بررسی خواهیم کرد که یک شرط مرزی دما و یک شرط مرزی شار را روی یک سطح اعمال می‌کند. فرض بر این است که سایر سطوح کاملاً عایق باشند و مواد دال مورد نظر خنک شده باشند. همچنین مقدار رسانایی ورودی طلا در این حالت فرض می‌شود. در ادامه با مراحل تحلیل حرارتی در آباکوس در حالت‌های مختلف Module آشنا خواهیم شد. به همین منظور ابتدا فهرست کاری خود را تنظیم خواهیم کرد.

Create Part



مراحل زیر را طی کنید:

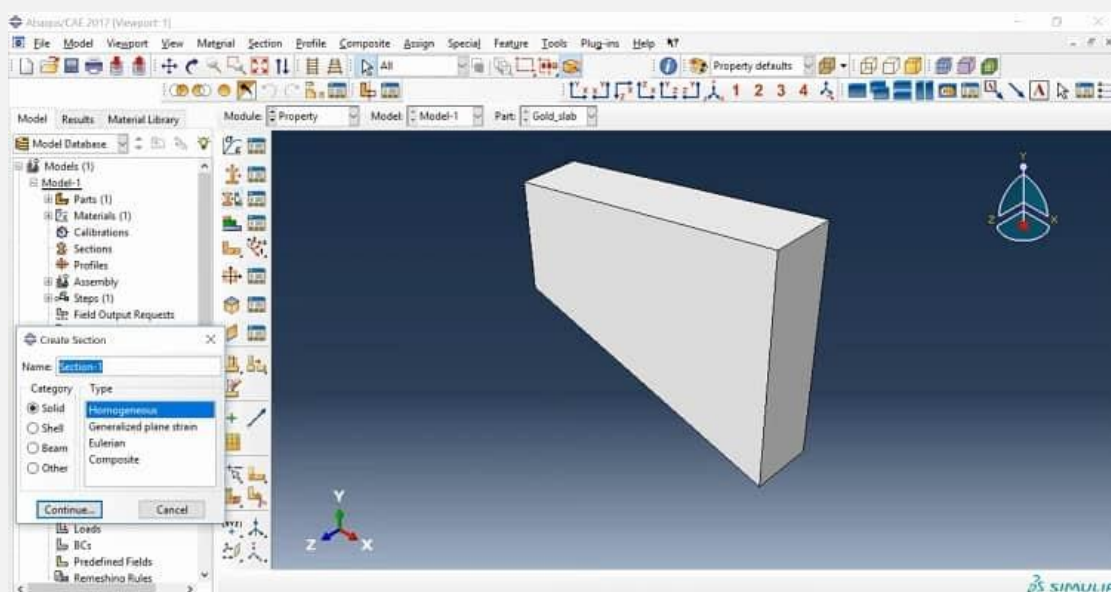
۱. ابتدا در بخش Module روی create Part که شکل موجود در ردیف اول و سمت چپ است، کلیک کنید.
۲. در قسمت Name نام پروژه را وارد کنید.

۳. در این بخش حالت ۳D و سپس Shape مورد نظر را انتخاب و روی Continue کلیک کنید.

۴. در این حالت، یک شکل سه بعدی و قابل تغییر ایجاد خواهد شد. شکل مورد را ترسیم و ابعاد آن را تنظیم کنید و برای متقارن شدن شکل، فاصله بین دو نقطه مورد نظر روی شکل را به صورت فاصله عمودی ۰/۰۲ در نظر بگیرید.

۵. ضخامت باید روی ۰/۲ قرار داده شود. در این بخش شکل مورد نظر آماده خواهد شد.

Create Section

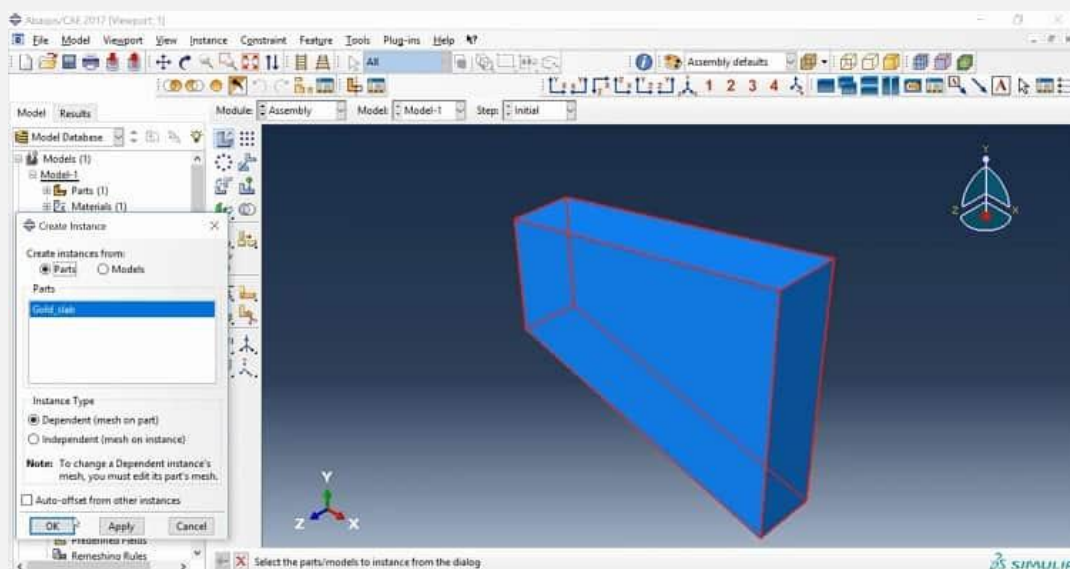


برای ساخت این بخش باید مراحل زیر طی شود:

۱. روی Module سپس Property کلیک کنید و ماده ای را با نام سرد یا Cold ذخیره و تنها مقدار رسانایی آن را وارد کنید. همانگونه که در بخش‌های قبلی گفته شد، رسانایی مورد نظر برابر با رسانایی طلا یعنی ۳۲۰ در نظر گرفته شده است.

۲. روی Create Section کلیک کنید و یک بخش همگن جامد ایجاد و سپس دکمه OK را انتخاب کنید.

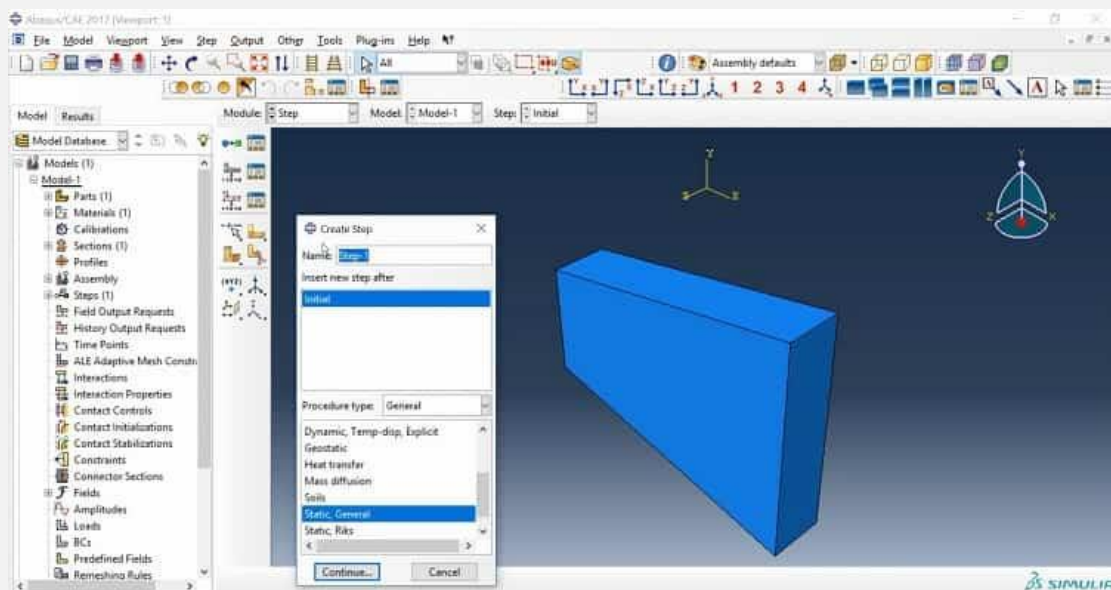
Create Instance



برای تعیین مشخصات در این بخش مراحل زیر را انجام دهید:

۱. روی گزینه Module کلیک کنید و Assembly را انتخاب کنید که اولین شکل موجود در ردیف اول اشکال و سمت چپ است.
۲. در این حالت، پنجره ای با نام Create Instance باز خواهد شد که باید نمونه مورد نظر را در آن ایجاد کنید.

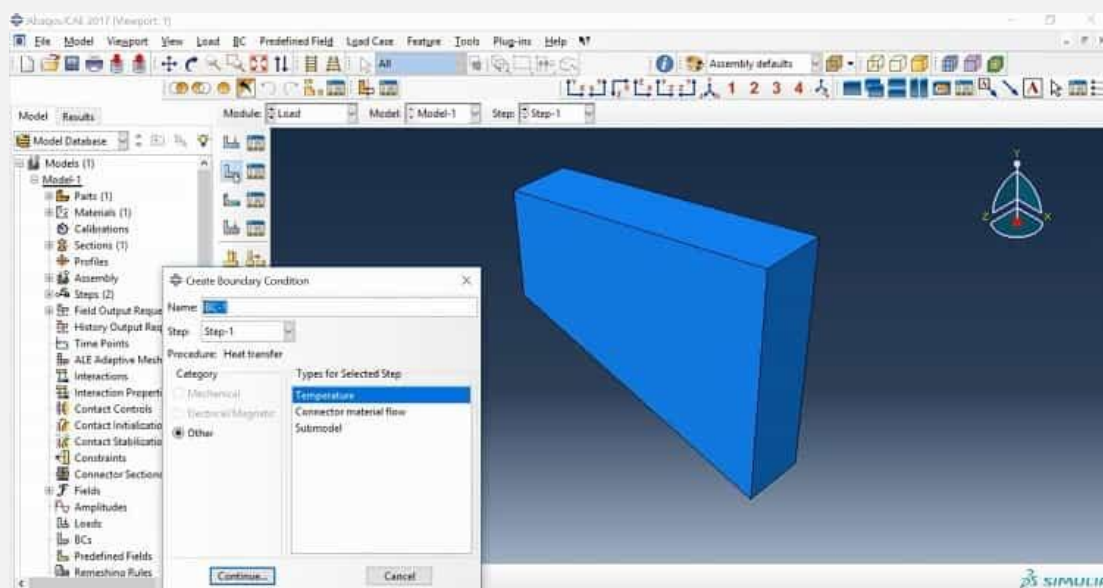
Create Step



برای ایجاد مراحل یا Steps باید موارد زیر را انجام دهید:

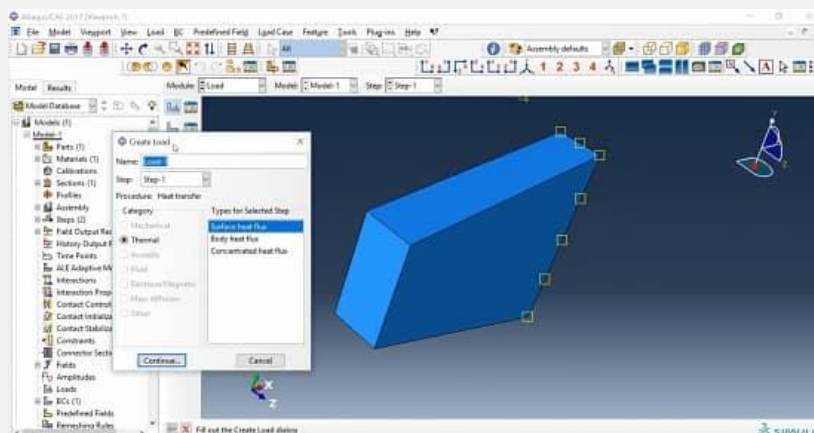
۱. روی Module و سپس Step کلیک کنید و Create step را انتخاب کنید. در این حالت می‌توانید یک مرحله ایجاد کنید که در این بخش نیاز به ایجاد مرحله انتقال حرارت یا Heat Transfer است و سپس روی Continue کلیک کنید.
۲. در این بخش، حالت پایدار یا Steady – State را انتخاب کنید که یک پنجره پاپ آپ باز خواهد شد و روی آن شرایط مرزی ای اعمال کنید که به صورت خطی و همراه با یک دامنه شیب دار باشد.
۳. در همان پنجره روی Incrementation کلیک کنید، در این حالت، پنجره ای باز خواهد شد که نیاز به هیچ گونه تغییری در آن نیست و تنها کافی است، روی گزینه OK کلیک کنید.

Load



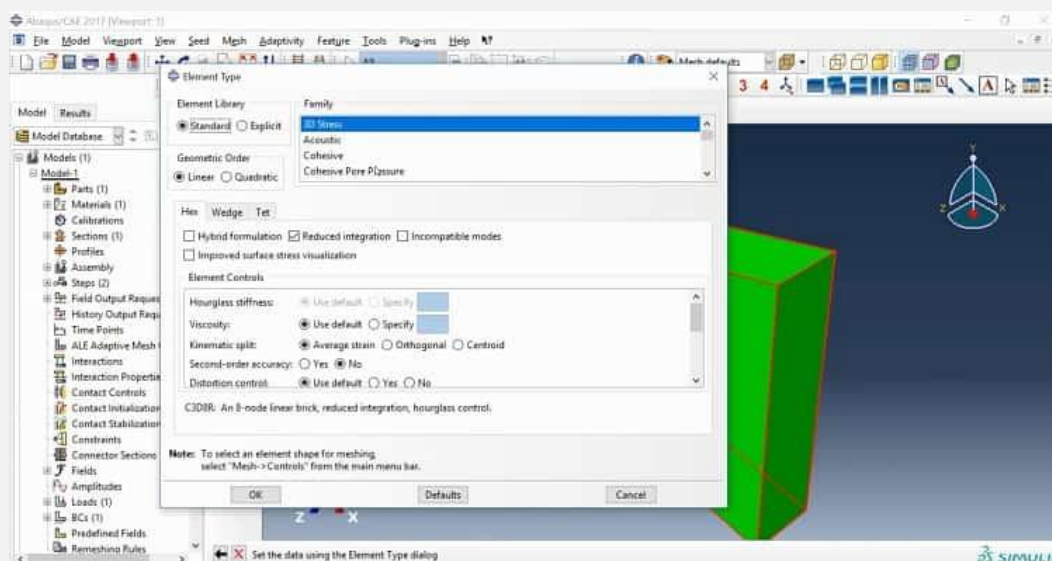
مراحل زیر را طی کنید:

۱. روی module و سپس Load کلیک کنید از بین اشکال موجود، شکل ردیف دوم و سمت چپ را انتخاب کنید.
۲. پنجره ای با نام Create Boundary Condition باز خواهد شد که شرایط مرزی دما باید روی آن اعمال شود و در Step باید مرحله یک دما یا 1 – step را انتخاب و سپس روی Continue کلیک کنید.
۳. سطحی که در شکل ایجاد شده مد نظر دارید را با کلیک روی آن، انتخاب کنید.
۴. در این حالت پنجره ای با نام Edit Boundary Condition باز خواهد شد که Magnitude آن ۳۰۰ است به این معنا که سطح پیش فرض دارای شیب است.



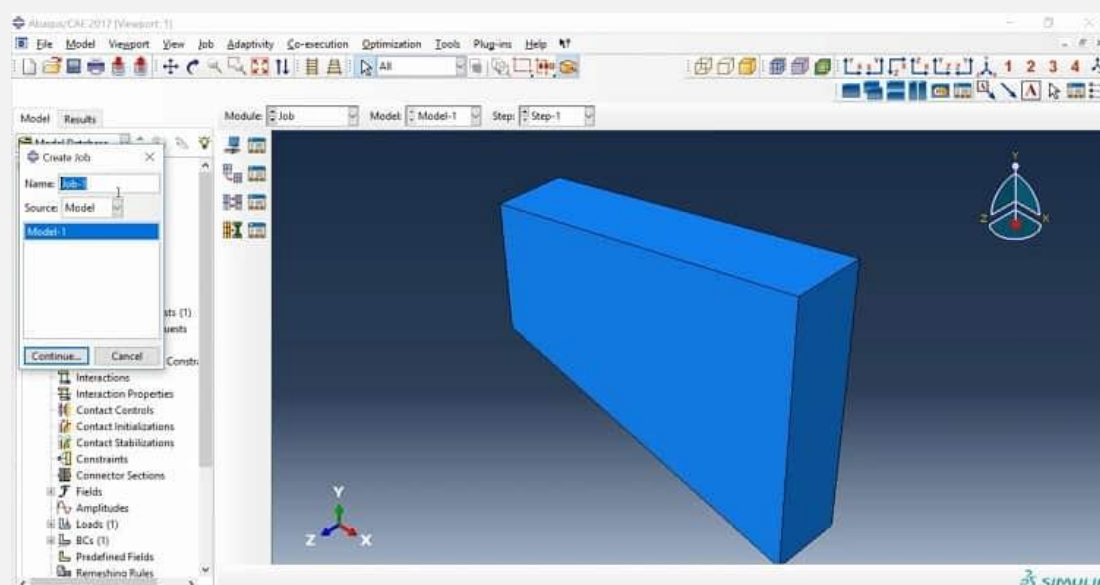
- به منظور اعمال شرایط مرزی شار، مراحل زیر را طی کنید:
۱. روی Module و سپس Load کلیک کنید و شکل ردیف اول سمت چپ را انتخاب کنید.
۲. پنجره ای با نام Create Load باز خواهد شد.
۳. شار حرارتی سطح را انتخاب کنید.
۴. سطح دیگری از شکل ترسیم شده را انتخاب کنید، در این حالت پنجره ای با نام Edit Load باز خواهد شد که Magnitude آن را باید روی پنجاه هزار قرار دهید.

Mesh



مراحل زیر را طی کنید:

1. روی Module و سپس Mesh کلیک کنید و در Object، گزینه Part را انتخاب کنید.
2. روی گزینه Mesh که در نوار ابزار بالا قرار گرفته، کلیک کنید.
3. روی گزینه Element Type کلیک کنید و نوع دامنه را انتخاب کنید که در اینجا باید Heat Transfer انتخاب شود و سپس OK کنید.
4. سپس شکل موجود در اولین ردیف اشکال و سمت چپ را انتخاب کنید.
5. پنجره ای با نام Global Seeds باز خواهد شد.
6. در این پنجره باید Approximate global size را روی ۰/۰۲ قرار دهید و سپس OK را انتخاب کنید.



طی مراحل زیر به شما کمک خواهد کرد تا به نتایج نهایی دست پیدا کنید:

۱. ابتدا Module را انتخاب کنید و سپس روی گزینه Job کلیک کنید.
۲. از بین اشکال موجود، شکل موجود در ردیف اول و سمت چپ را انتخاب کنید.
۳. پنجره ای با نام Create Job باز خواهد شد.
۴. گزینه Name را روی Steady State – HT قرار دهید و Continue را انتخاب کنید.
۵. در نوار سمت چپ روی گزینه Job کلیک کنید، Steady State – HT را انتخاب کنید و روی Dismiss کلیک کنید.
۶. در نوار سمت چپ روی گزینه Job کلیک کنید، Steady State – HT کلیک راست کنید و Result را انتخاب کنید.
۷. در این حالت نتایج به دست آمده به شما توسط آباکوس ارائه خواهد شد.