

薄壁管的电子束焊接

(Electron Beam Of Welding of a Thin-Walled Tube)

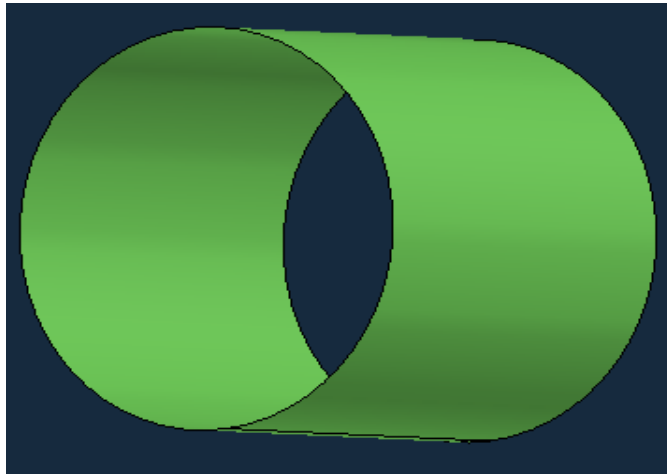
目录

目录	-----	1
第一章 任务及要求	-----	2
第二章 VM 建模	-----	3
第三章 Visual Mesh 网格划分	-----	4
第四章 Visual Weld 模拟焊接	-----	11
第五章 Visual Viewer 查看结果及分析	-----	20
第六章 改变参数调整结果	-----	25

第一章 任务及要求

1.1 任务

本次任务是用电子束焊(Electron Beam)焊接薄壁管(Thin-Walled Tube).



模型尺寸: $30 \times 30 \times 1 \text{mm}$

材料:DP600 (抗拉强度 600MPa)

焊接速度: $V = 4 \text{m/min}$

线能量: $q = 180 \text{J/cm}$

1.2 内容要求

要求焊接后的变形(Displacement)较小,焊接后的残余应力(Stress)可以稍大。

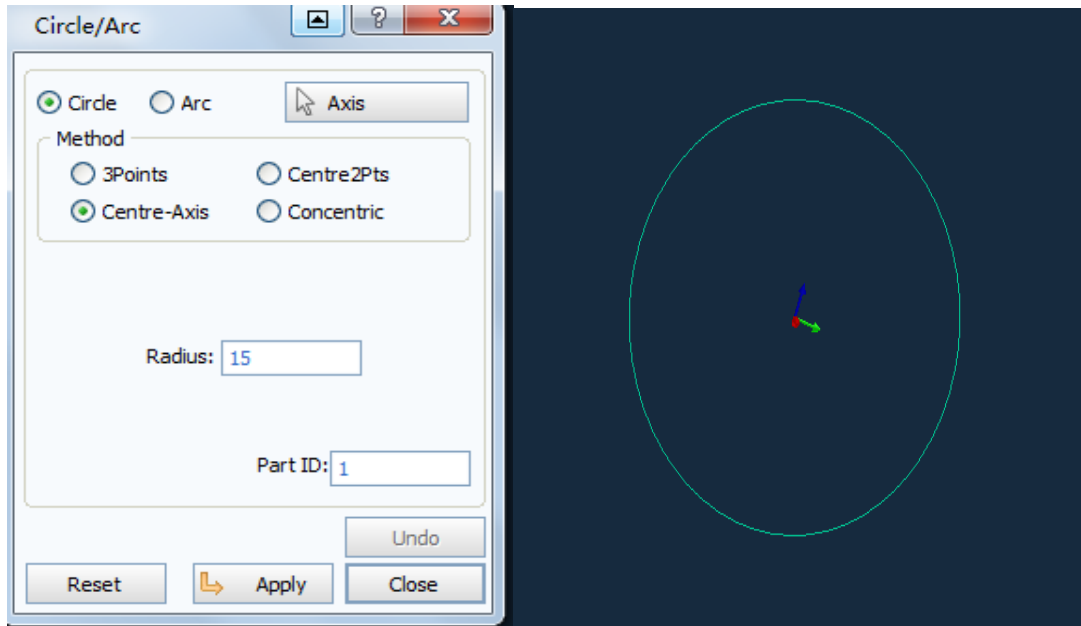
第二章 VM 建模

1. 创建线

(1). Curve>Circle/Arc 画圆

(2). Method 选择 Centre-Axis

半径 Radius 填写 15



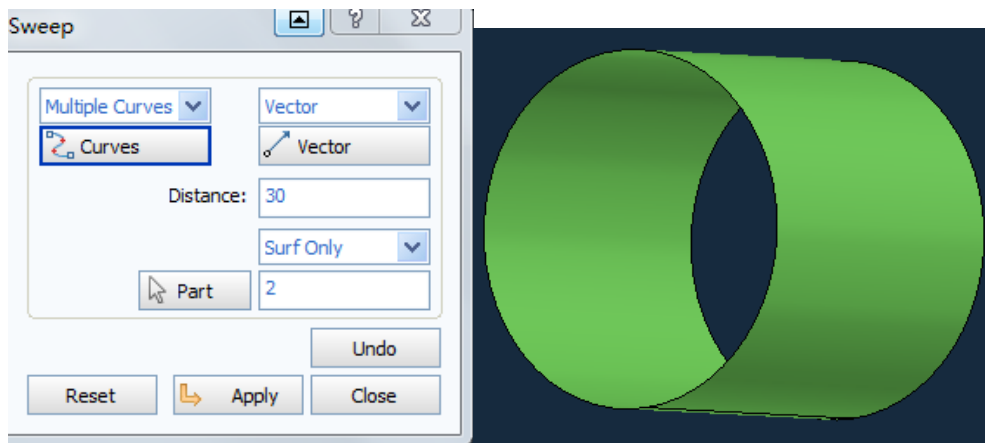
2. 创建面

(1). Surface>sweep 拉伸出面

(2). 选择 Mutiple Curves 选线

(3). 选择 Vector 确定拉伸方向

(4). distance 填写 30



薄壁管建模完成

第三章 Visual Mesh 网格划分

1. 模型分析

此模型为一薄壁管，焊缝附近网格密，远离焊缝网格疏，应先分割面再划分网格。

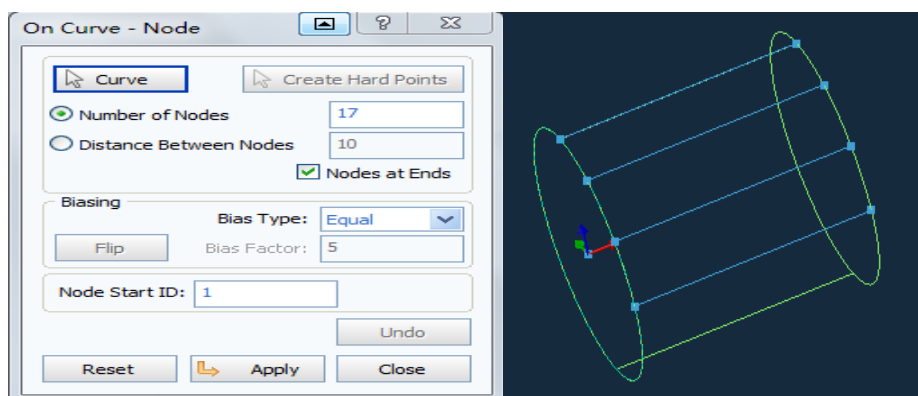
2. 分割面

(1). 建节点

<1>.Node>On Curves

<2>.线选择开始画的圆，Number Of Nodes 为 17

<3>.删掉多余节点，保留所需 4 个节点

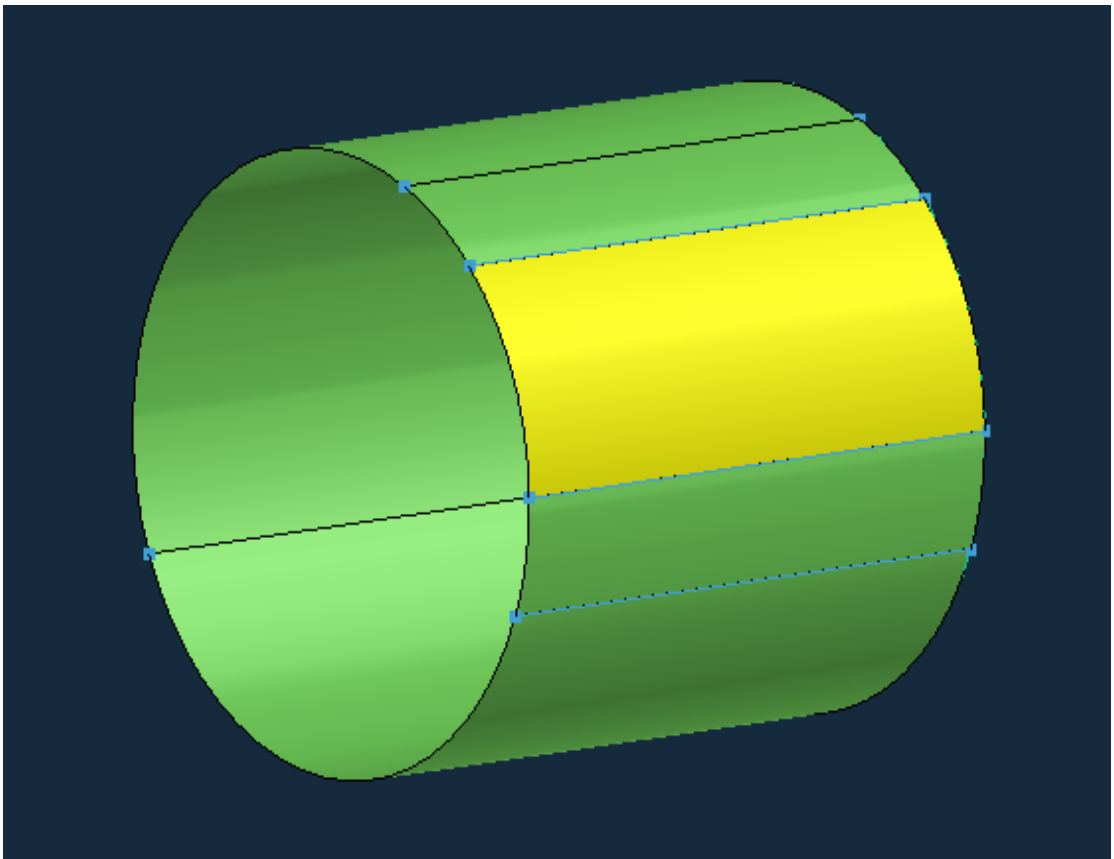


将 4 个节点投影到对面

(2). 画线、分割面

(1). Curves> Sketch 画四条线

(2). Curves>Split 分割成四个面



3. 网格划分

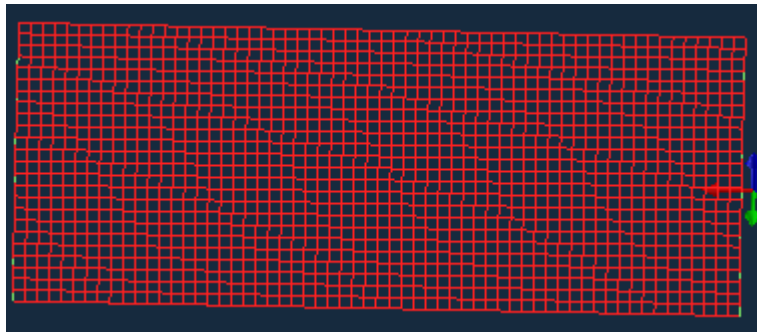
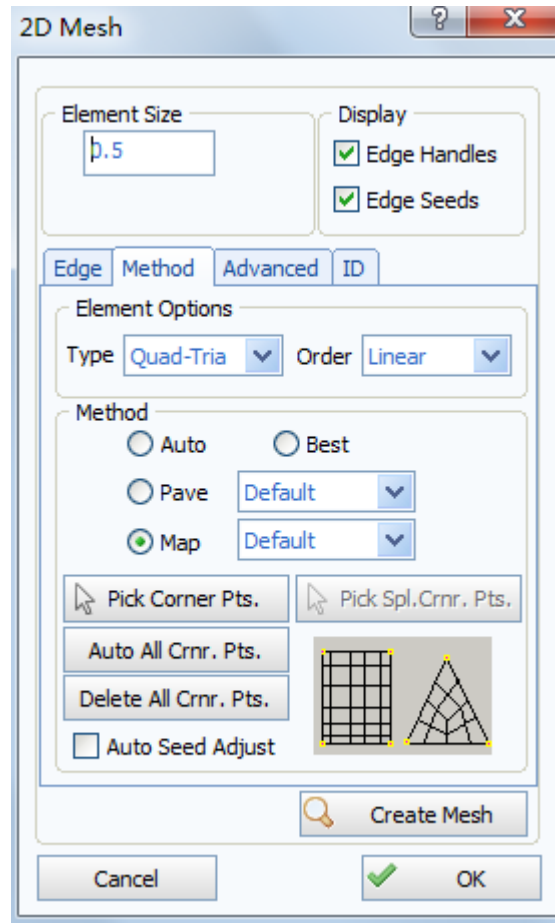
(1). 焊缝附近网格划分

<1>.2D>Automesh Surface 自动网格划分

<2>.Element Size 为 0.5

<3>.Method 为 Map,ID 改为 11

<4>.生成较为致密网格如下



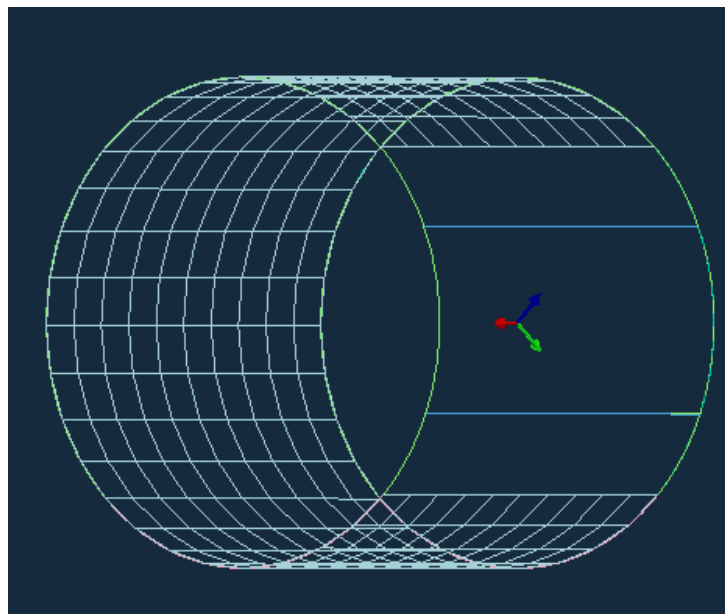
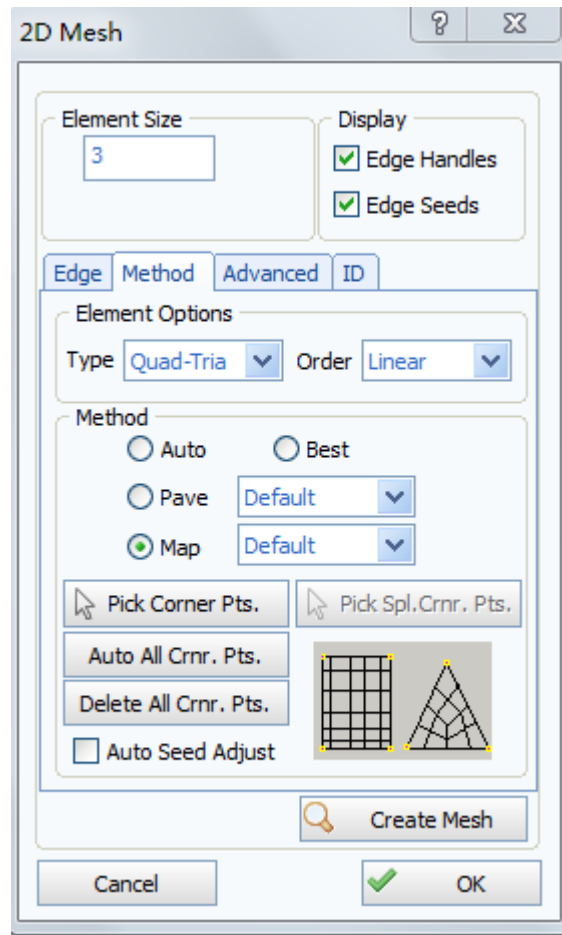
(2). 远离焊缝网格划分

<1>.2D>Automesh Surface 自动网格划分

<2>.Element Size 为 3

<3>.Method 为 Map, ID 改为 12

<4>.生成较为疏散网格如下



(3). 剩余网格划分

<1>.2D>Automesh Surface 自动网格划分

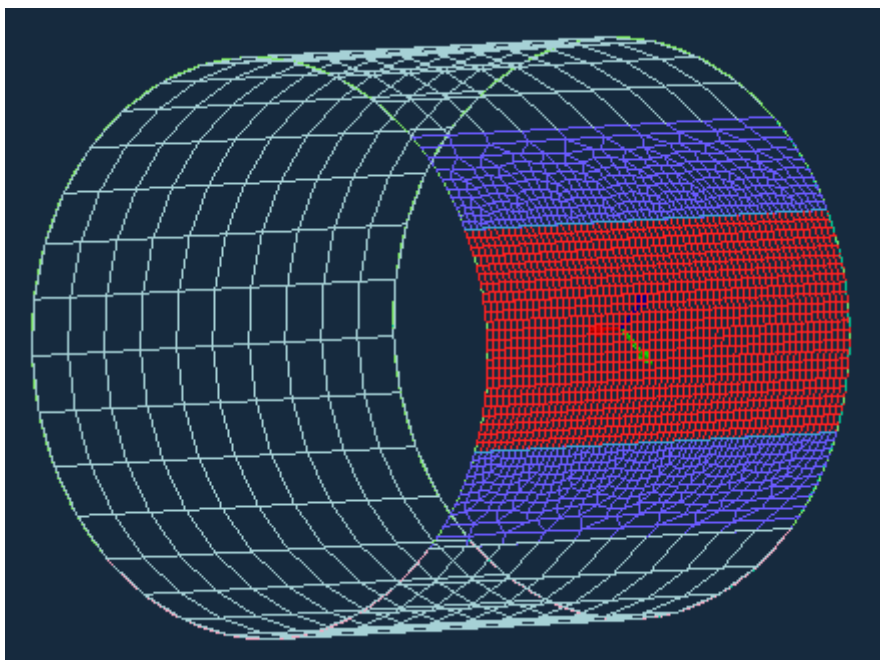
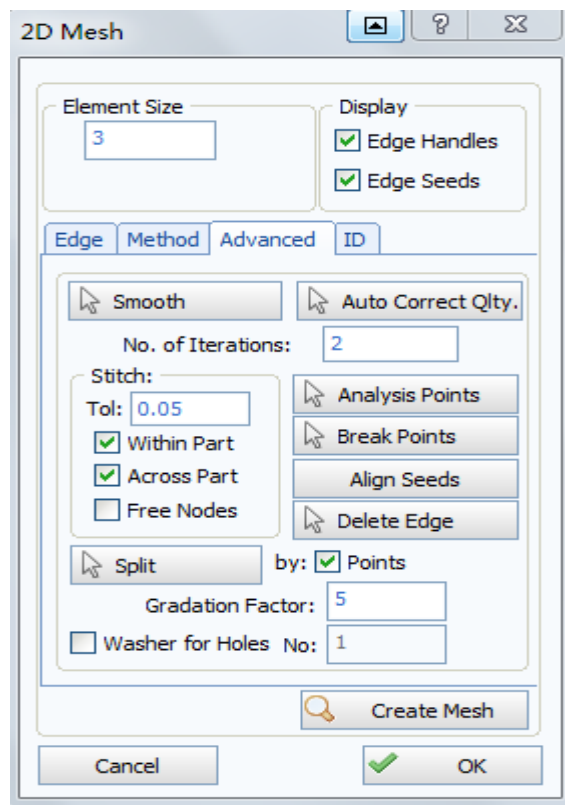
<2>.两边种子点个数为 10，Biasing 偏置为 Linear 线性点

Factor 设为 2

<3>.Method 为 Map,ID 改为 12

<4>.Advanced 里勾选 Within Part 和 Across Part

<5>.生成渐变的网格如下



(3). 删除自由节点、面和线

4. 检查

(1). 融合重合节点

<1>.Checks>Coincident nodes 融合重合节点

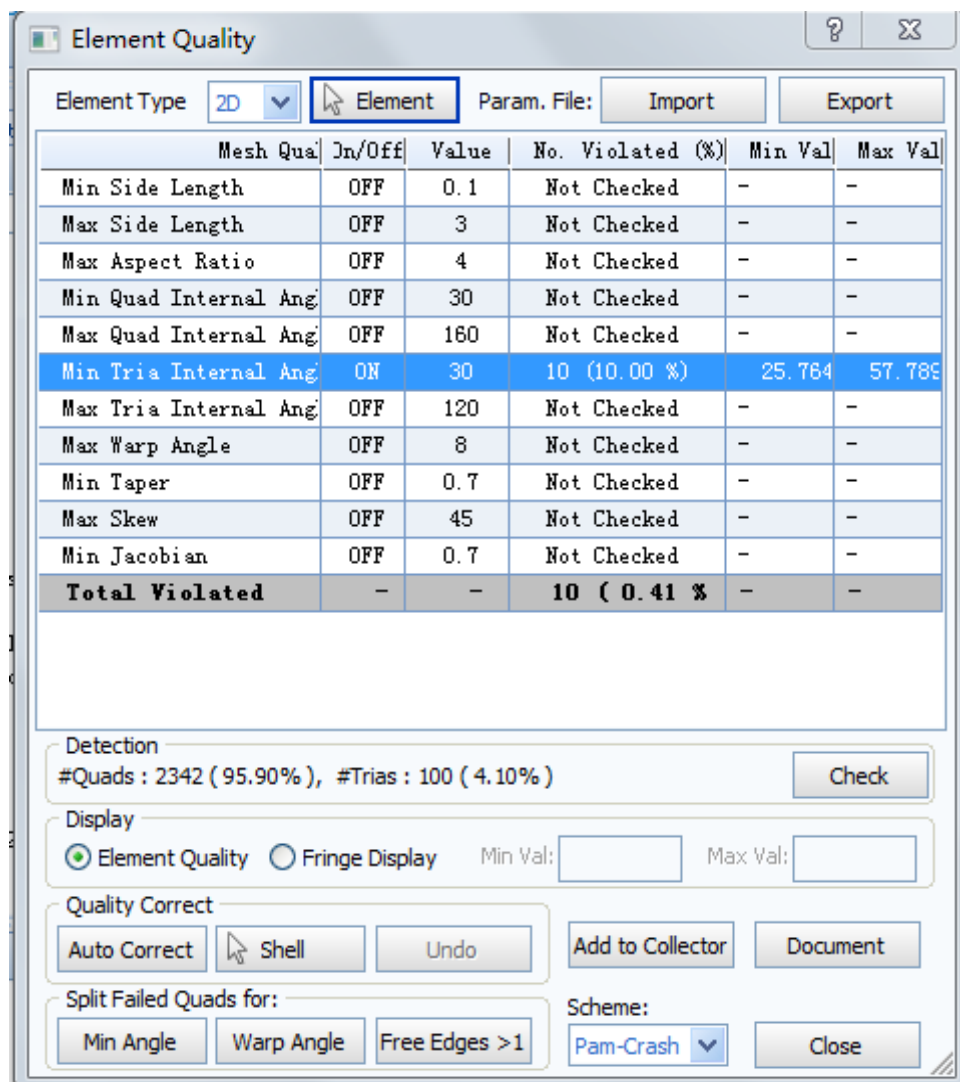
(2). 检查边界

<1>.Checks>Boundary 检查边界

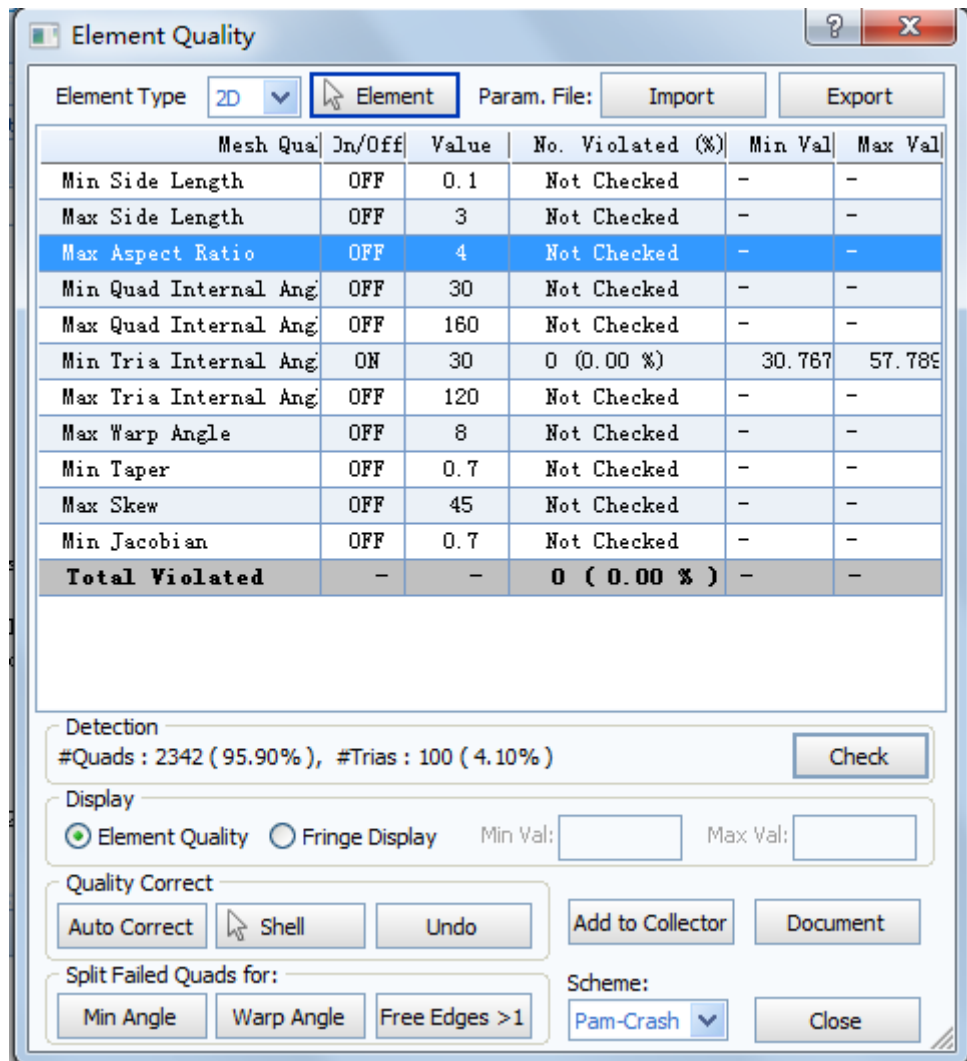
(3). 检查单元质量

<1>.Checks>Element Quality 检查单元质量

<2>.Auto Correct 自动调整网格



<3>.采用 Auto Correct 处理后，再次 check 得：

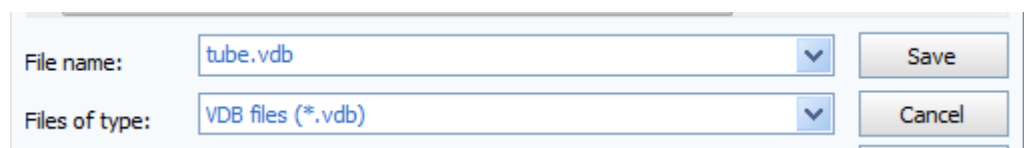


<4>.将所有 2D 单元 Add to new part 添加到一个 part 里，命名 Component_01.

5. 保存和导出文件

(1). 保存文件

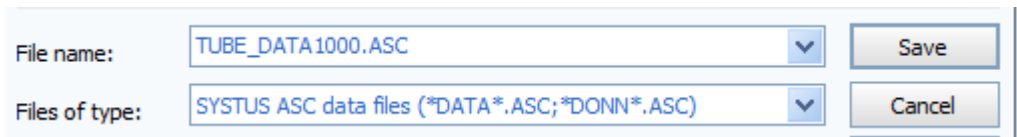
<1>.File>Save 保存为 vdb 格式文件



(2). 导出文件

<1>.File>Export 导出 ASC 格式文件

<2>.ASC 为只含有网格文件

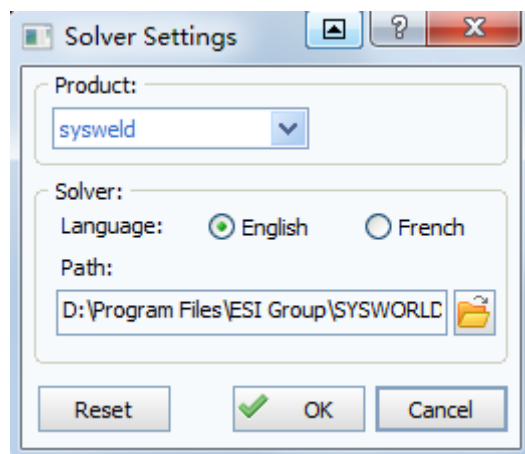


第四章 Visual Weld 模拟焊接

1. 求解器和未沉积相设置

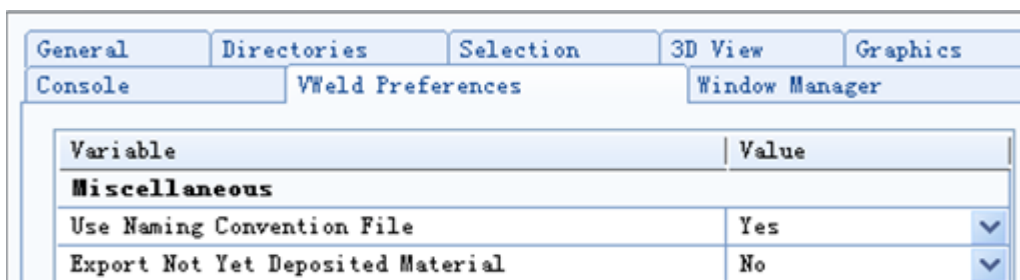
(1).求解器设置

<1>.Tools>Solver settings 设置求解器路径



(2). 未沉积相设置

<1>.File>General Preference 设置 Dispoited Material



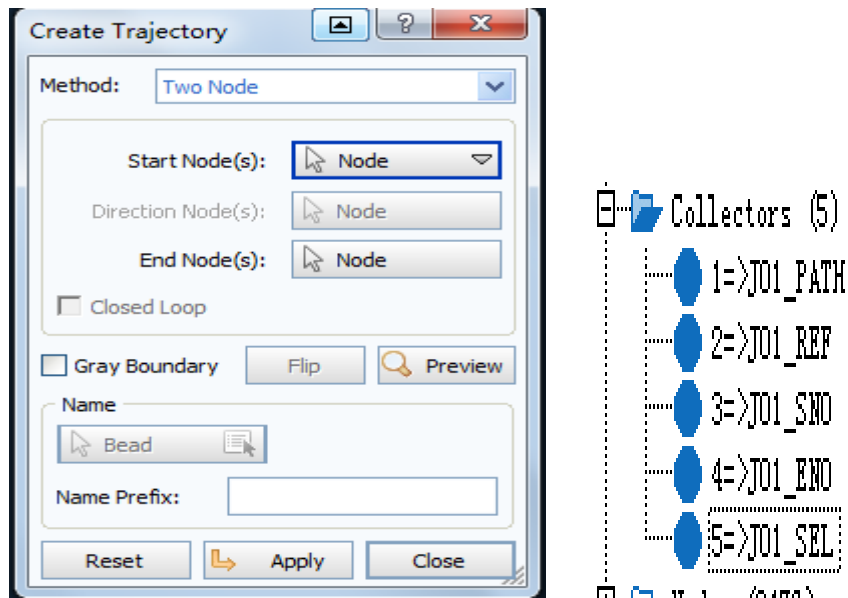
2. 焊前工艺准备-创建集

(1). 定义焊接轨迹

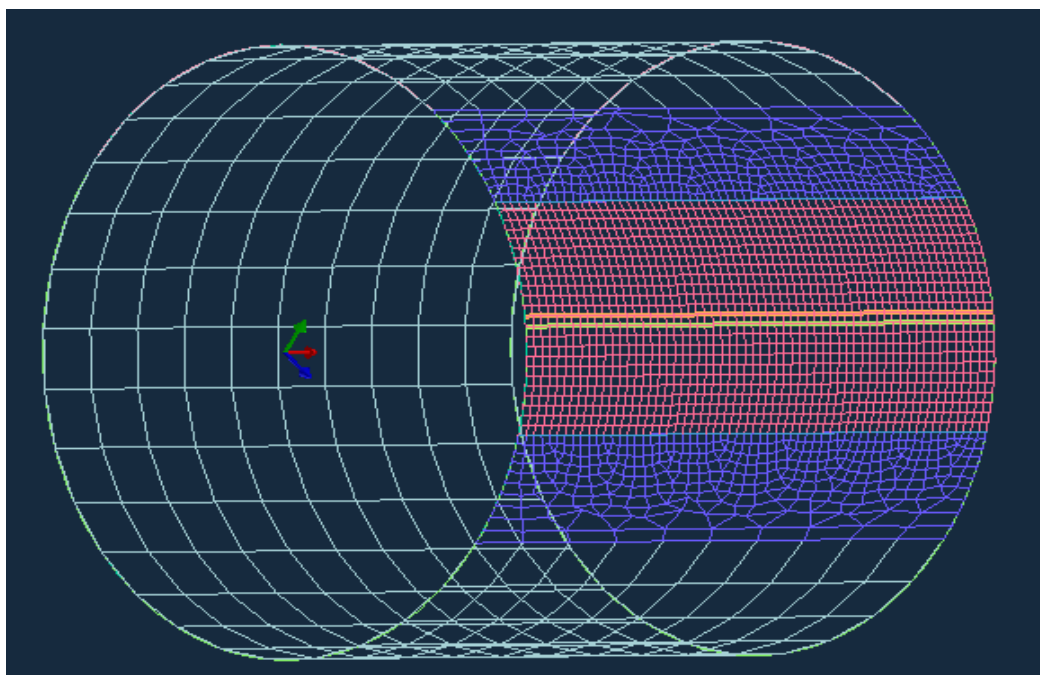
<1>.Tools>Create Trajectory 定义焊接轨迹

<2>.选择两个开始节点和结束节点（注意顺序）

<3>.自动生成下面的集



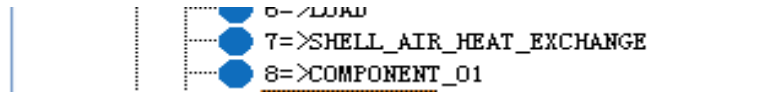
<4>.自动生成的焊接线和参考线



(2). 创建热传导面

<1>.选择所有 2D 单元 add to new collector

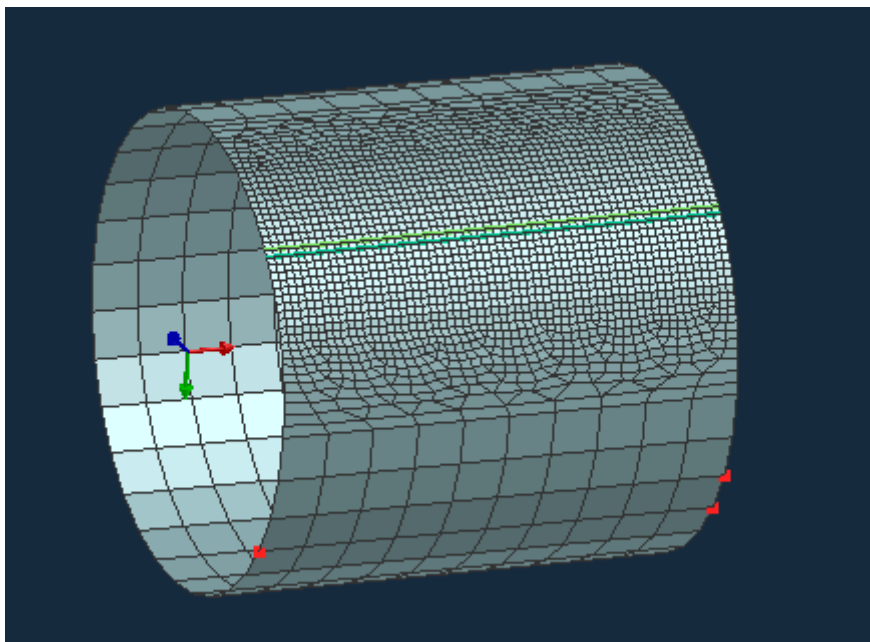
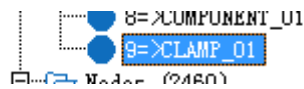
<2>.将此集重命名为 Shell_Air_Heat_Exchange



(3). 定义夹持条件

<1>.选择三个节点作为夹持点， add to new collector

<2>.将此集重命名为 Clamp_01

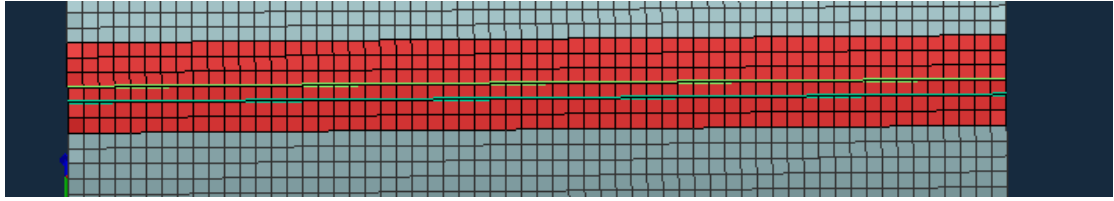


(4). 定义热影响区

<1>.选择焊缝附近 2D 单元 add to new collector

<2>.将此集重命名为 Load_01





3. 建立工程文件

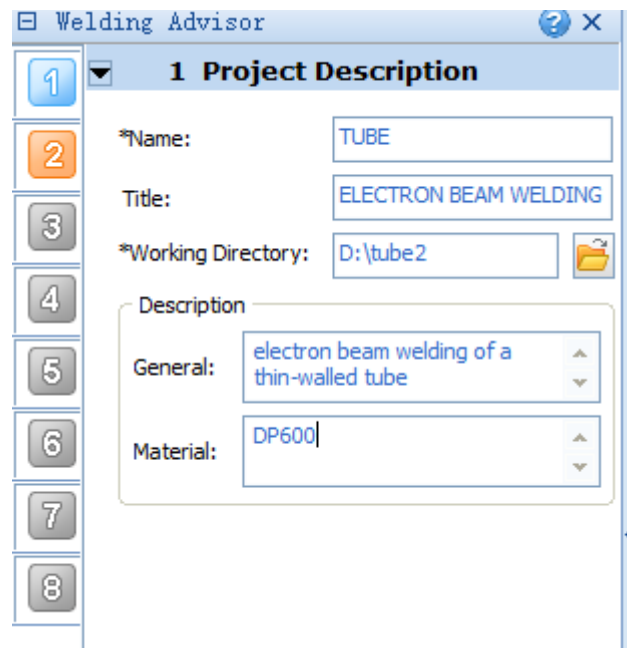
(1). Project Description 工程描述

<1>.Name:TUBE (名称)

<2>.Title:ELECTRON BEAM WELDING OF A THIN-WALLED TUBE(标题)

<3>.Working Directoy: D:\tube2(工作路径)

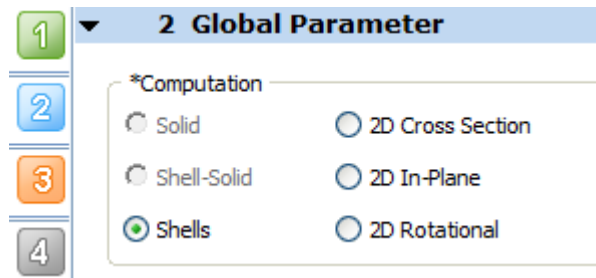
<4>.描述: 材料为 DP600



(2). Global Parameter 设置全局参数

<1>.Computation:Shells 计算对象为壳体, 全部为 2D 单元;

一般选择 Solid,此处为 Shells.



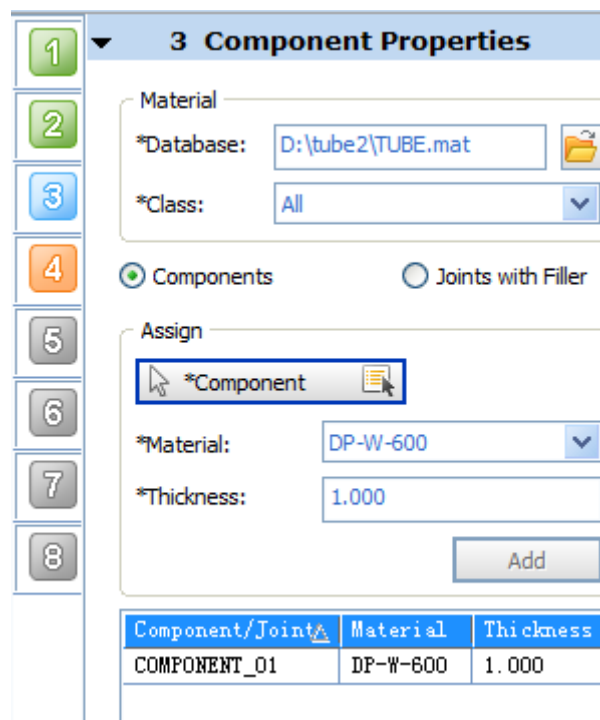
(3). Component Properties 组件属性

<1>.将 COMPONENT_01 赋予材料属性

<2>.Material 材料:DP-W-600

<3>.Thickness 厚度: 1

<4>.点击 Add 添加



(4). Welding Process 焊接工艺

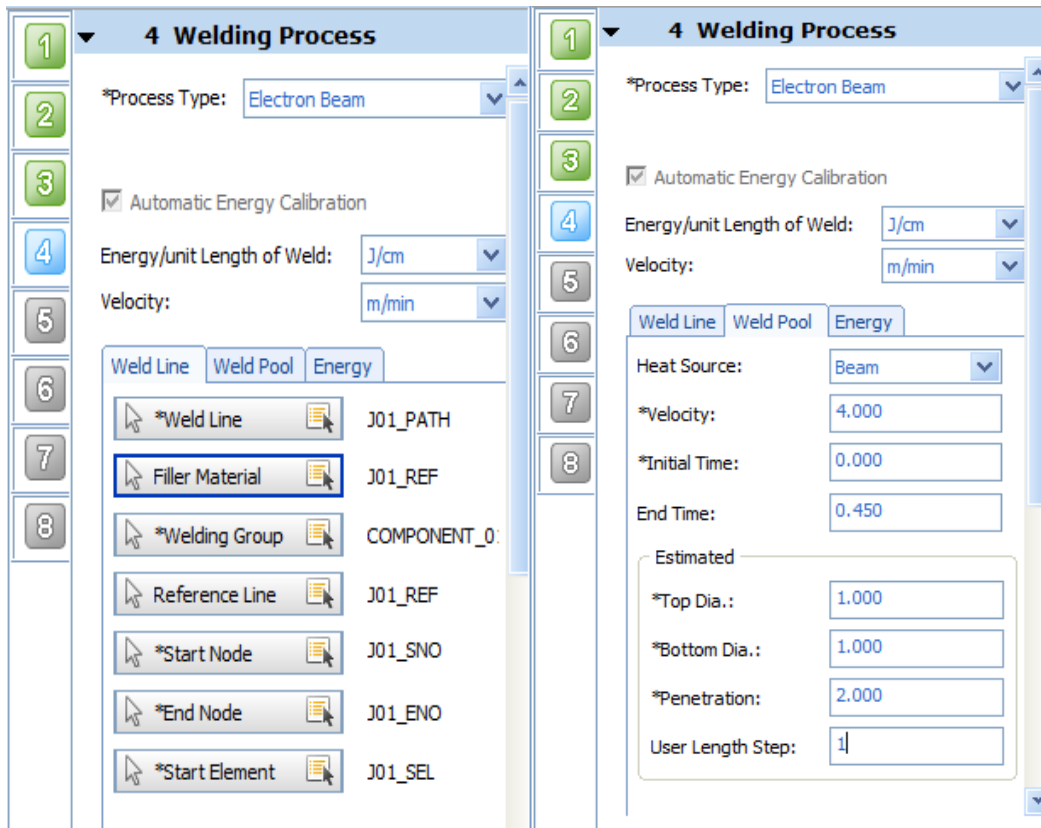
<1>.Process Type:Electron Beam 焊接方法电子束焊

<2>.线能量单位 J/mm,焊速单位 m/min

<3>.设置 Weld Line 焊接线

<4>.设置 Weld Pool 焊接熔池

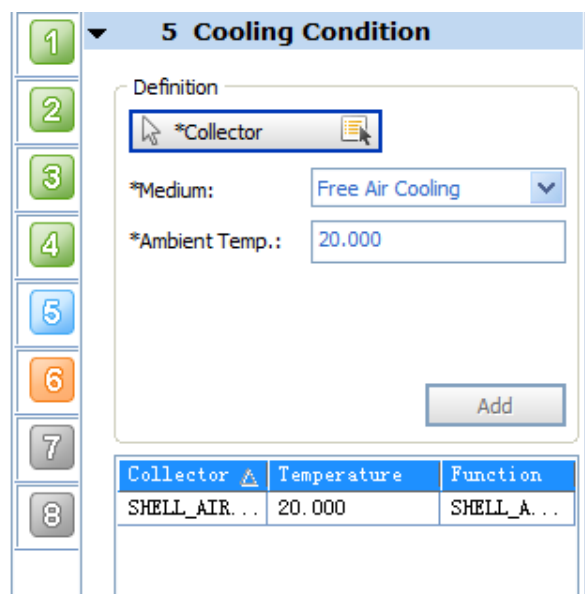
<5>.设置 Energy 焊接能量



(5). Cooling Condition 冷却条件

<1>.冷却条件 Free air Cooling 空冷

<2>.点击 Add 添加



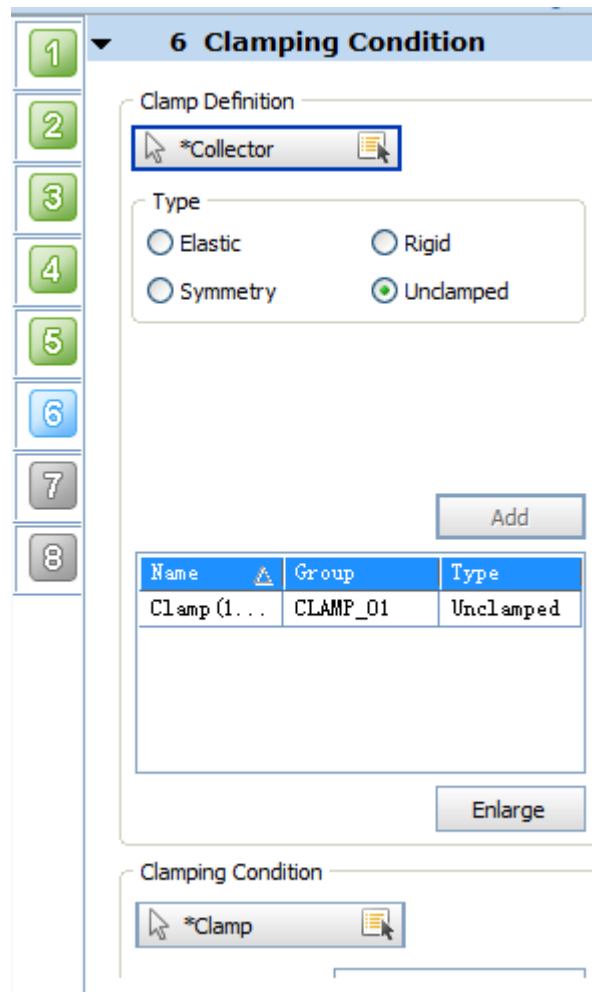
(6). Clamping Conditions 夹持条件

<1>.点击 Collector 选择 CLAMP_01

<2>.Type:Unclamped 自由夹持

<3>.Initial Time:0 开始时间

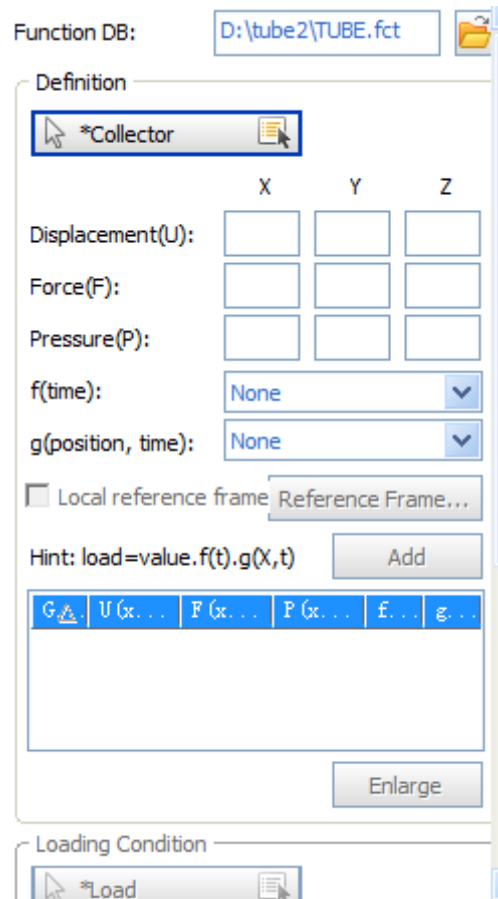
<4>.End Time:120 结束时间



(7). Loads and Deformations 载荷与变形

<1>.Function DB:D:\tube2\TUBE.fct 函数的路径

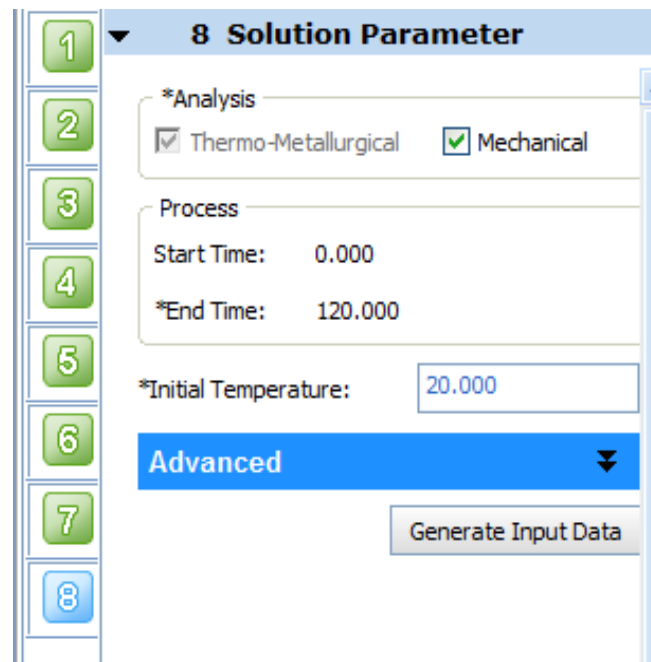
<2>.其他地方不设置



(8). Solution Parameters 求解参数

<1>.勾选 Mechanical

<2>.Initial Temperature:20 初始温度 20



<3>.点击 Generate Input Data,生成如下文件

01_DATA	2013/6/29 17:39	文件夹
02_COMP	2013/6/29 17:39	文件夹
03_RESU	2013/6/30 20:06	文件夹
TUBE.fct	2013/6/30 20:13	FCT 文件

```
+++++ End of reporting +++++  
0 errors encountered  
0 warnings encountered
```

4. Job Submission 提交任务

(1). 计算结果

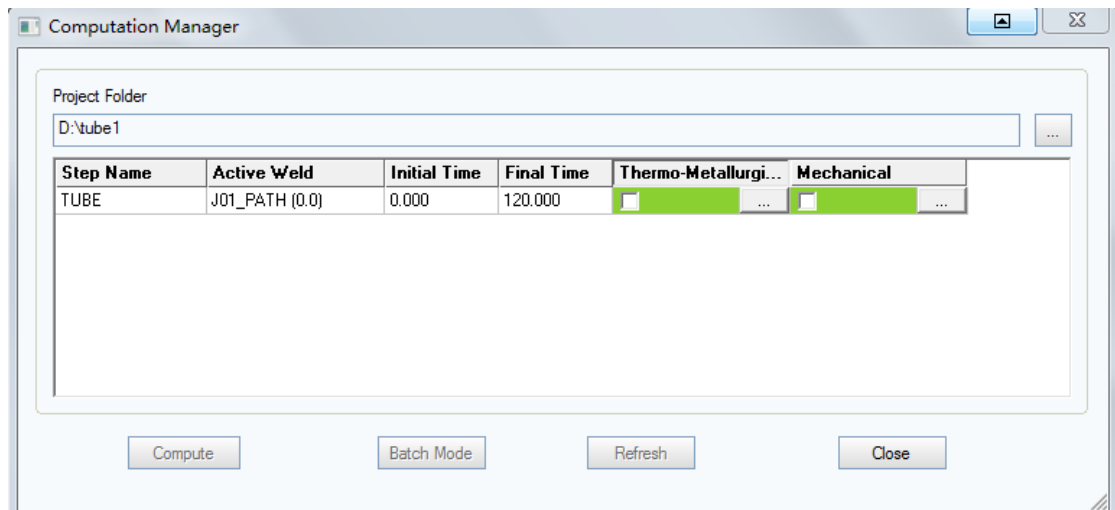
<1>.Welding > Computation Manager 计算管理器

<2>.选择 TUBE.vdb 文件

<3>.勾选 “Heat Transfer” 和 “Mechanical” 下的所有选项，点击

Compute 计算结果

<4>.生成如下结果文件



名称	修改日期	类型	大小
TUBE_POST1000.fdb	2013/6/29 17:26	Exceed Font List ...	11,680 KB
TUBE_POST1000.fdb.erfh5	2013/6/29 17:42	ERFH5 文件	12,883 KB
TUBE_POST2000.fdb	2013/6/29 17:37	Exceed Font List ...	21,072 KB
TUBE_V_DATA1000.TIT	2013/6/29 17:26	TIT 文件	328 KB
TUBE_V_DATA2000.TIT	2013/6/29 17:37	TIT 文件	268 KB
TUBE_V_POST1000.fdb	2013/6/29 17:26	Exceed Font List ...	23,361 KB
TUBE_V_POST2000.fdb	2013/6/29 17:37	Exceed Font List ...	27,249 KB

第五章 Visual Viewer 查看结果及分析

1. 温度结果

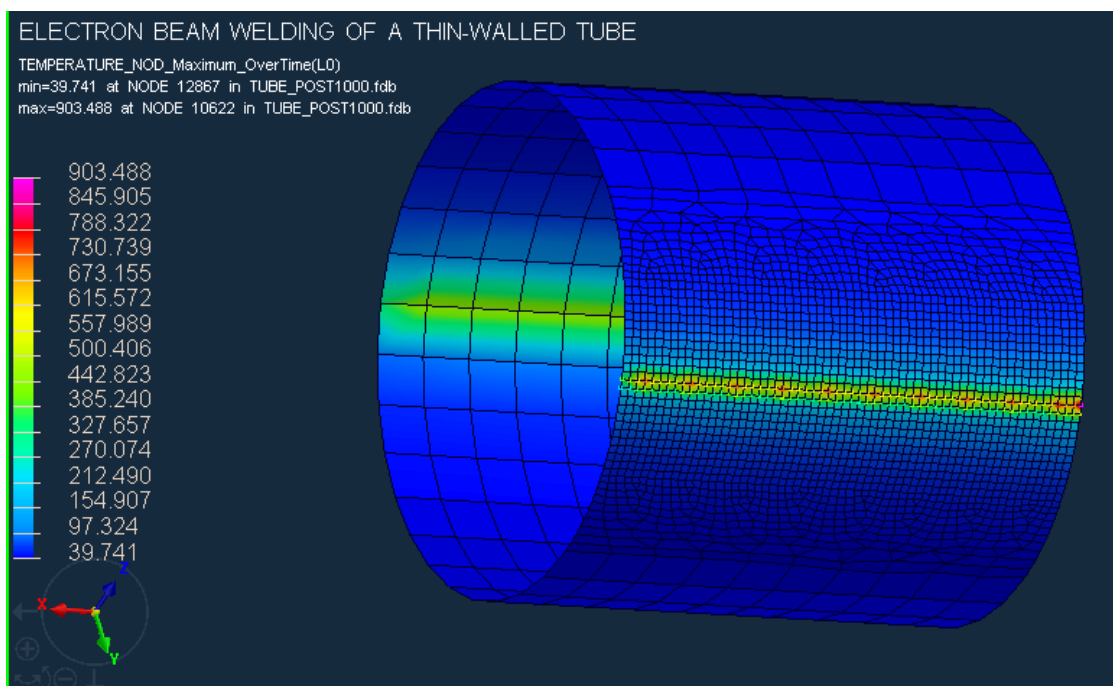
(1). 最高温度

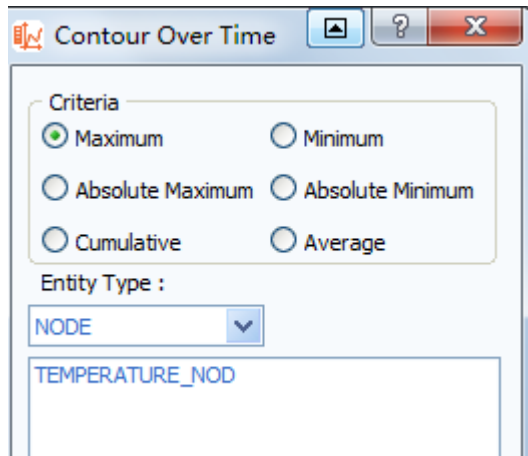
<1>.Results>Contour Over Time 查看最大温度

<2>.选择 Maximum

<3>.双击 TEMPERATURE_NOD 节点温度

<4>.可以看到最高温度 903.49°C





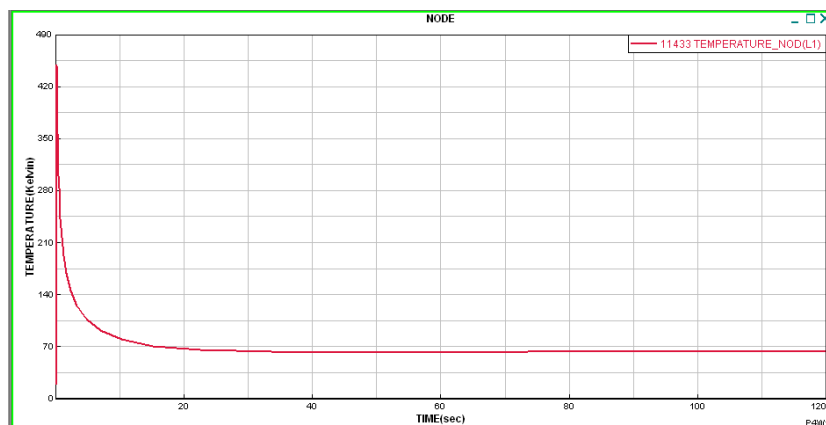
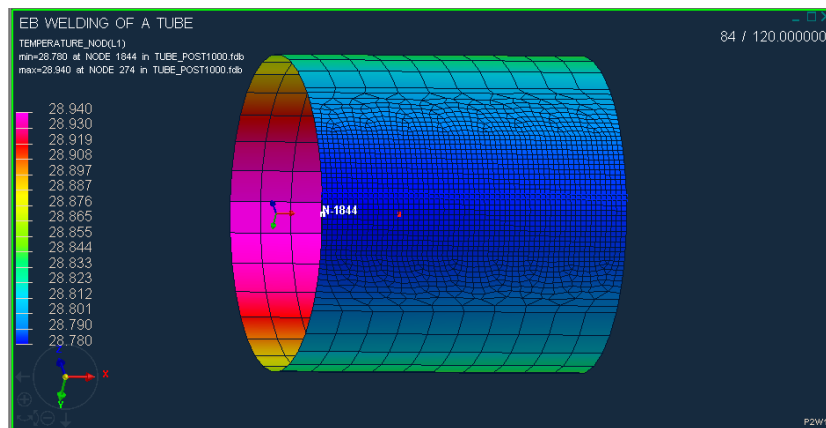
(2). 焊接热循环曲线

<1>.File>Import and plot 查看温度曲线

<2>.选择 11433 节点

<3>.点击 Plot 生成曲线

<4>.11433node 焊接热循环曲线如下



(3). 温度结果分析

由于电子束线能量较大、焊速快，11433 节点温度升高较快。冷却过程为空冷，所以温度下降相对缓慢。熔池最高温度可达到 903.5℃左右。焊件上每一点焊接热循环，都影响最后金相组织和力学性能。

2. 相结果

(1). 各数字所代表的相组织

<1>.1 : Ferrite 铁素体

<2>.2 : Martensite 马氏体

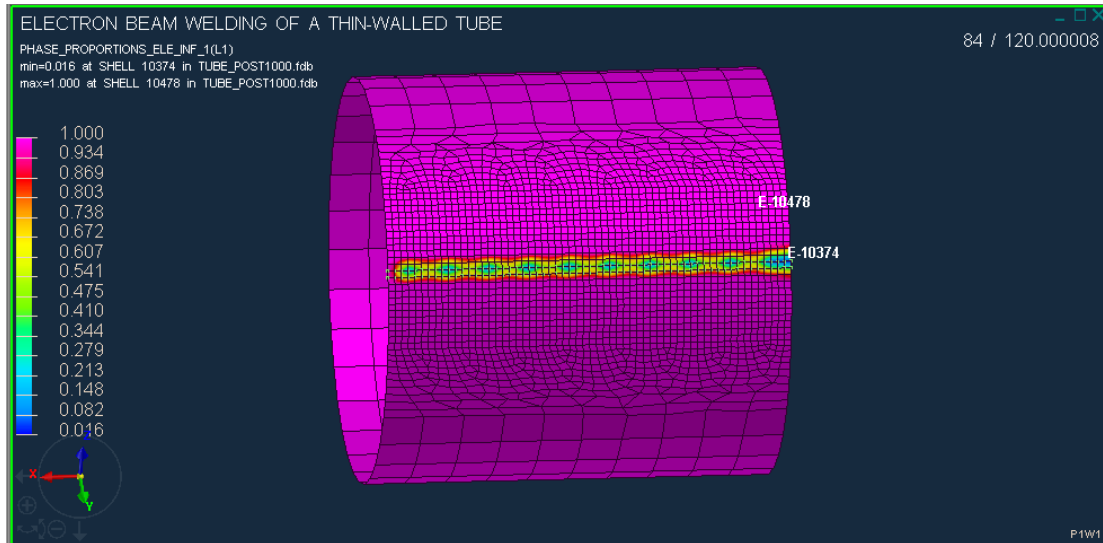
<3>. : Not yet existing filler material, transformation to austenite

此例无填充材料

<4>.4 : Austenite 奥氏体

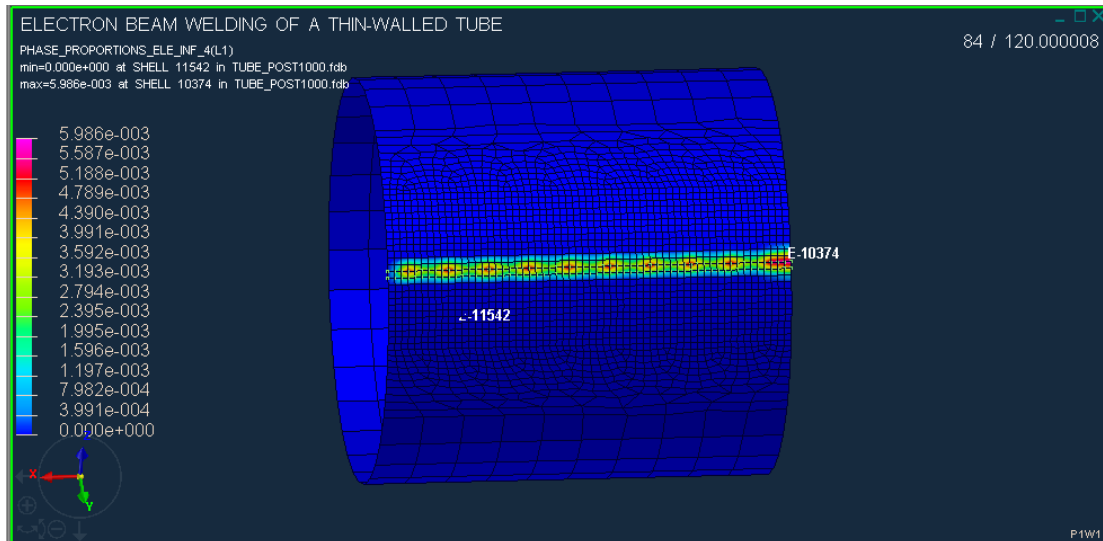
.....	PHASE_PROPORTIONS_ELE_INF_1
.....	PHASE_PROPORTIONS_ELE_INF_2
.....	PHASE_PROPORTIONS_ELE_INF_3
.....	PHASE_PROPORTIONS_ELE_INF_4

(2). 查看 PHASE1，得到如下形式的图标，选择的时刻是 120S，已经结束整个焊接过程了



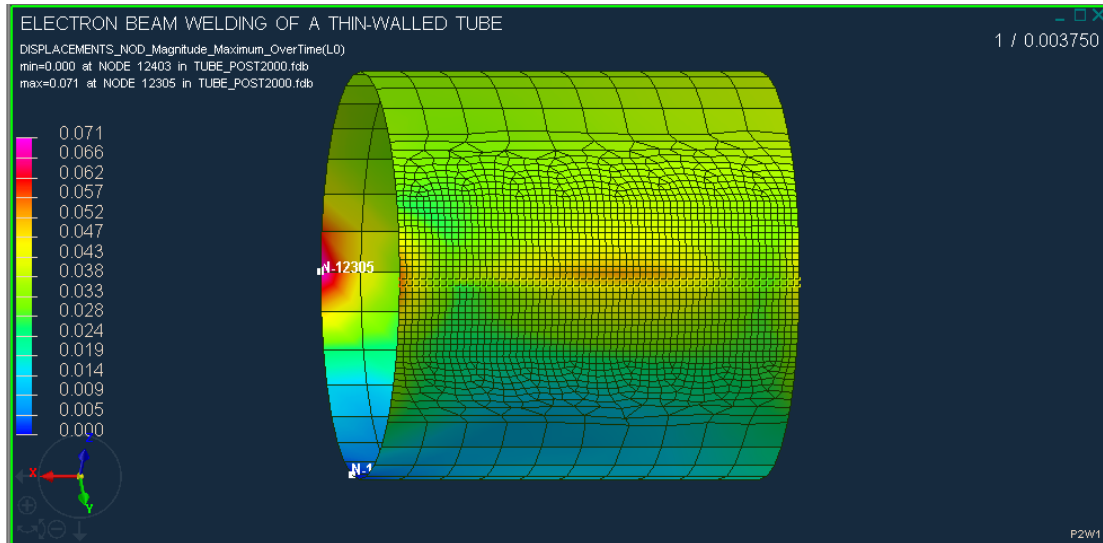
从图中可以看到，除去焊缝及其附近区域，Ferrite 铁素体基本上保持不变，焊缝区域由于经受了热循环，其组织已发生了转变
(查看 PHASE2 图形，显示完全不存在 (Martensite) 马氏体)

(3). 查看 PHASE4 图形，得到如下结果



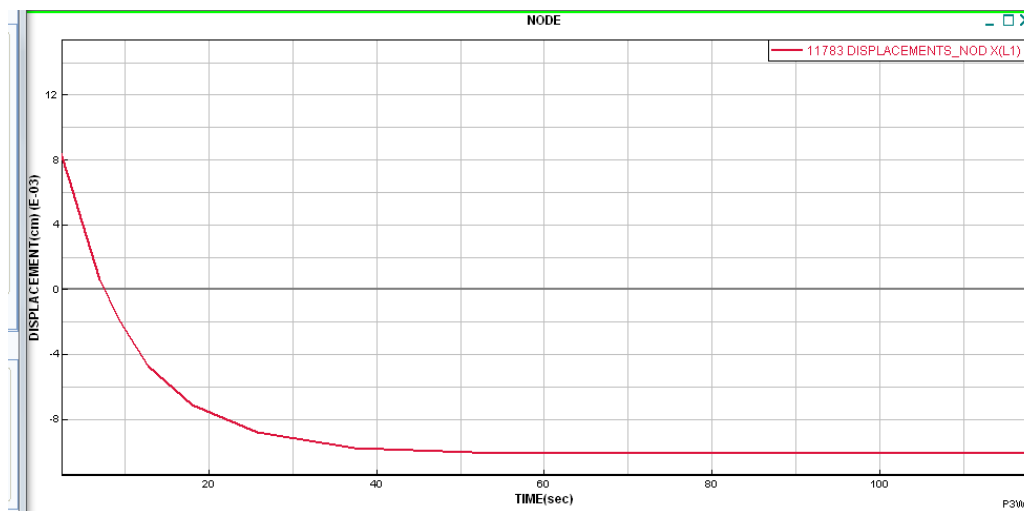
分析可知，焊缝及其热影响区铁素体组织部分转变成奥氏体，但是含量非常少，焊接线附近最高也才只占 0.6%

(4). 焊接变形分析 (DISPLACEMENTS)



可以看到最大变形为 0.071，相对于 1mm 厚度的薄壁管来说，这变形还是在可以接受的范围内，占 7.1%，观看视频可知，这时刻也是最终结束时

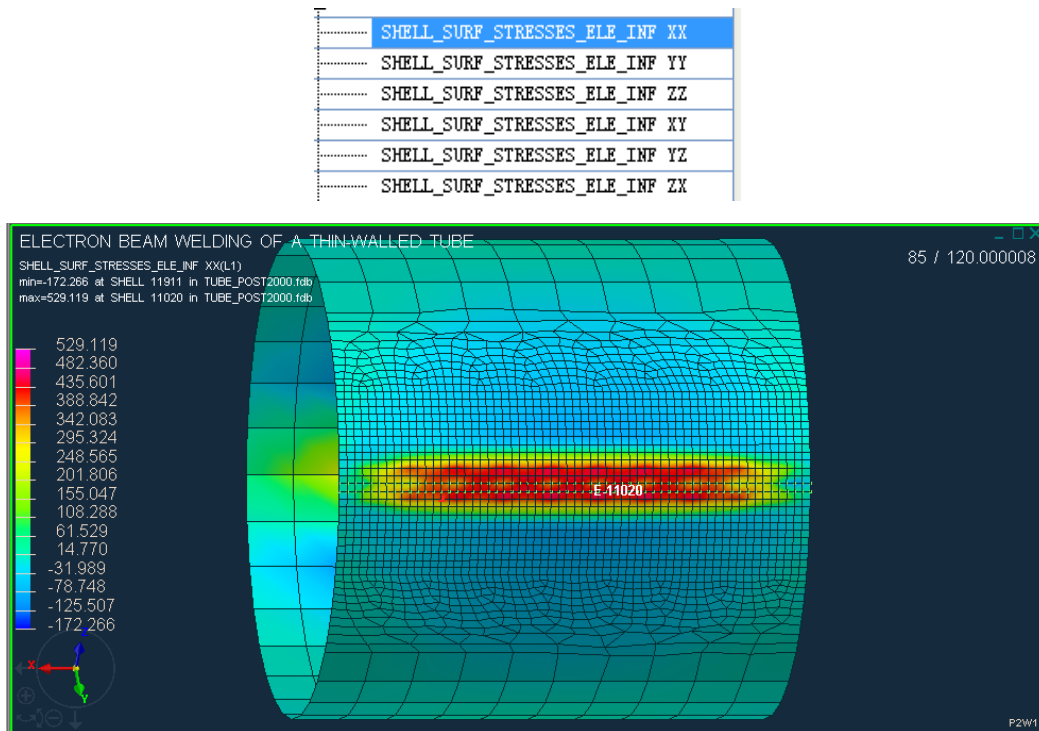
焊接变形曲线



分析可知，当焊接热源开始作用时，管材要发生正变形，即物体受热膨胀，之后物体便处于冷却过程中，受到压缩变形，这图表上显示为变形为负值

(5). 由《焊接结构学》知识可知，在焊接过程中，沿焊缝横向（即 Y 方向）应力和厚度 Z 方向应力分布十分复杂，这里只分析焊缝纵向

(XX 方向) 应力分布



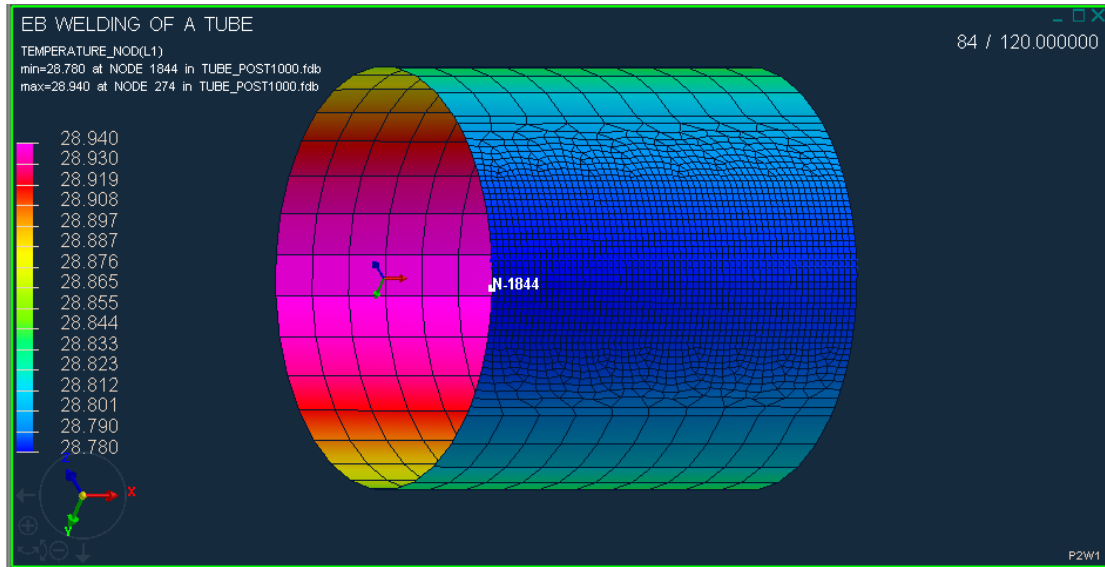
以上显示的是 120 秒时的残余应力分布图，冷却后，焊缝中心及其热影响受拉，承受拉应力，最大拉应力为 529Mpa；对于整个构件来说，它必须保持受力平衡，所以远离焊缝区的大部分面积上都为压应力，数值较小，最大压应力为 172.3Mpa

第六章 改变参数调整结果

1. 将焊接速度 $V=4\text{m/s}$ ，调整为 $V=5\text{m/s}$

(1). 温度图

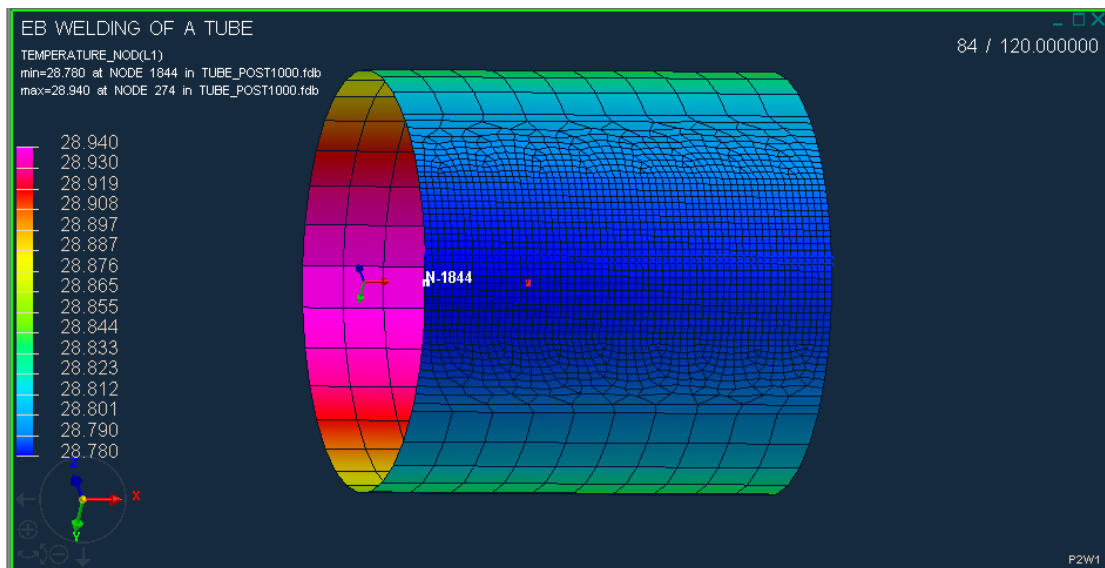
选取最后 120 秒时刻的温度图



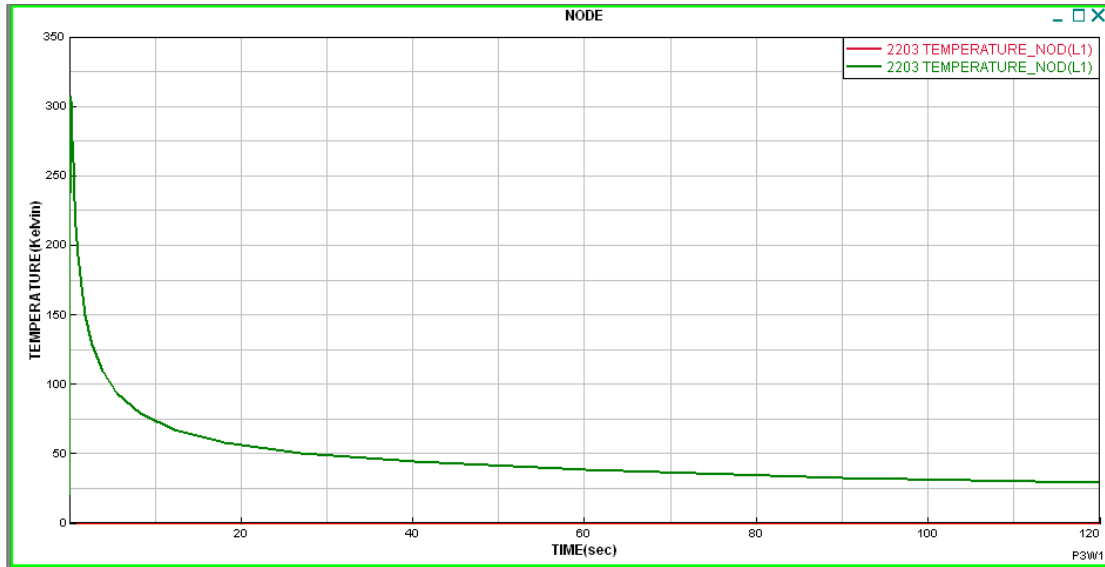
这时刻焊件已经经过一定的冷却时间了，可以看到其温度基本上已平均化，快接近到室温 20℃了

(2). 温度曲线图

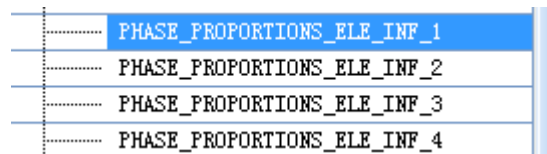
选取如下的节点，查看其温度曲线图



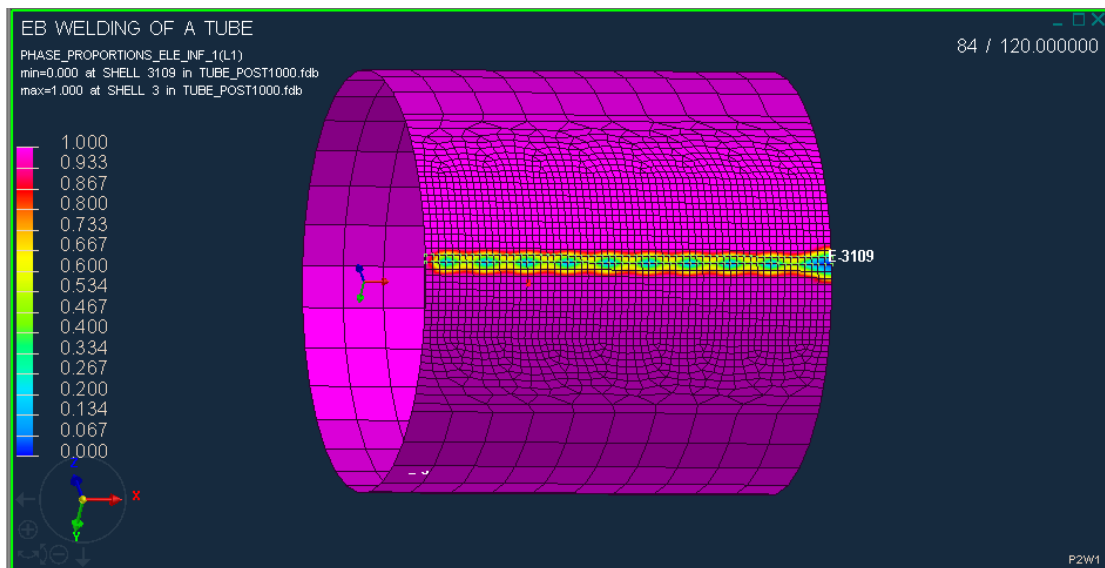
即 Node2203 处所经历的整个焊接过程温度变化，图表如下：



(3). 查看各相组织成分

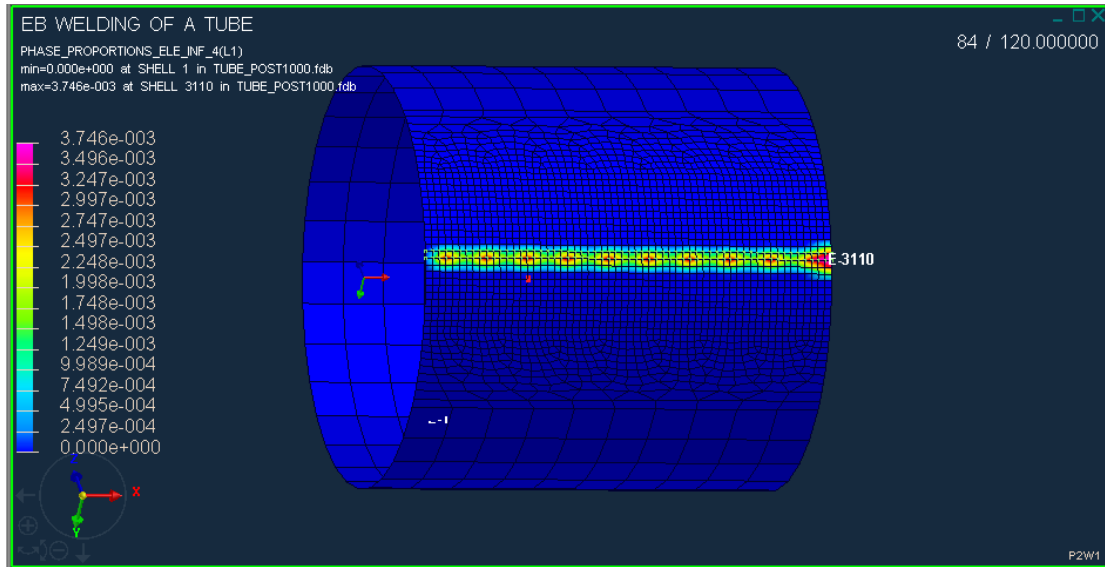


<1>.铁素体组织



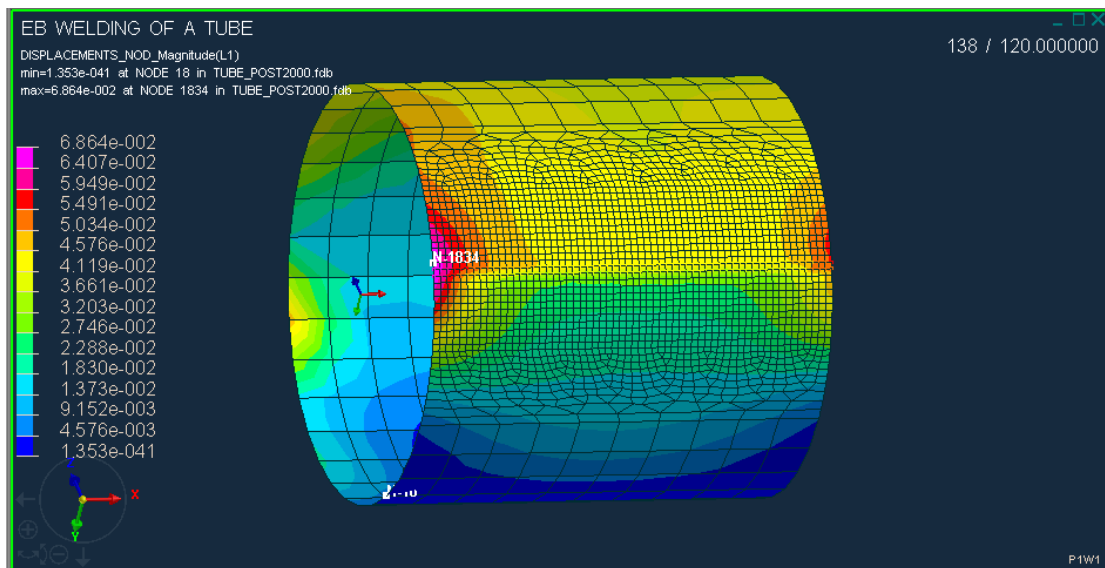
焊缝中心处，及其热影响区，由于经受了焊接热循环的作用，其组织已发生了变化，可以看到其铁素体组织含量没有达到 100%，但是远离焊缝区，其组织保持不变

<2>.奥氏体组织



观察图表可知，焊缝区发生了部分奥氏体组织转变，但是含量极低，最大处也不到 0.4%

(4). 变形



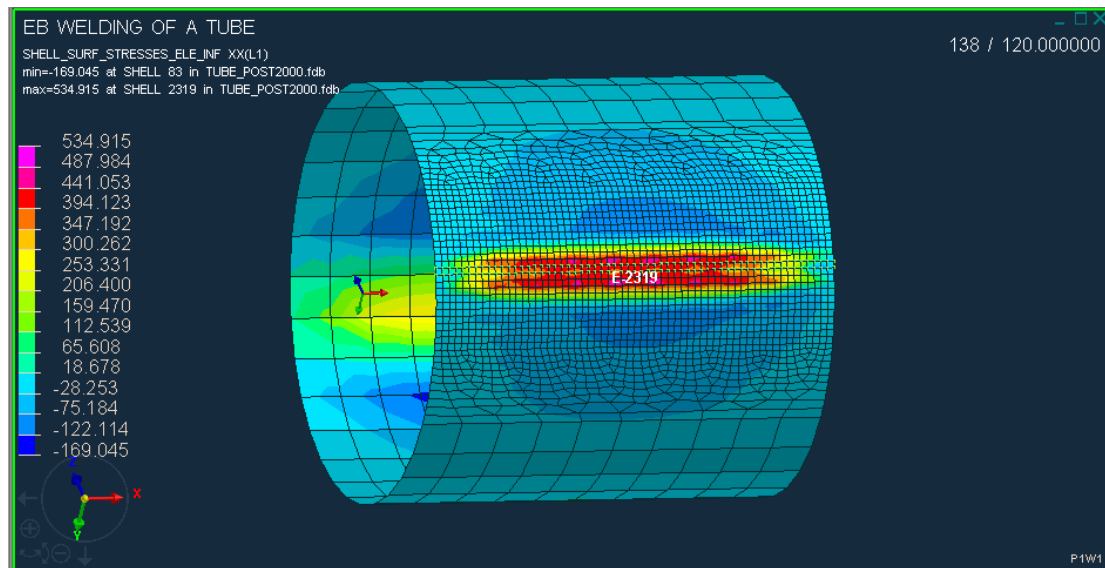
最大变形为 0.068mm，相比于原始的 0.071mm，变形有所减小。这符合实际变形规律，当焊接线能量不变时，增大焊接速度，焊接所获得的能量就减少，这样相应的变形就降低了

(5). 残余应力

选取焊缝纵向应力进行分析

即 SHELL_SURF_STRESSES_ELE_INF_XX

可以看到，其最后的残余应力分布和残余应力大小如下图



残余应力分布范围合适，焊缝中心区承受拉应力，两侧受压

(6). 对比结果分析

本例中增大了焊接速度，焊接线能量保持不变，相当于单位面积上所获得的能量就降低了。分析最终结果可以看到，其最后的焊接残余变形减小了，焊后残余奥氏体组织液相应的减少了，温度曲线变化也没有那么剧烈了，符合实际情况。