

毕业设计任务书

1. 设计的主要任务及目标

建立有限元模型，模拟合金钢热处理加热过程温度场分布；通过实验研究，分析加热温度和保温时间对合金钢组织和力学性能的影响，为优化热处理工艺提高零件质量提供一定的理论依据。

2. 设计的基本要求和内容

1) 设计的基本要求：

论文结构完整，层次分明，语言顺畅；避免错别字和错误标点符号；论文格式符合太原工业学院学位论文格式的统一要求。

2) 设计内容：

模拟合金钢热处理加热过程温度场与时间的变化关系；研究三种加热温度下水淬后合金钢组织及力学性能的变化；研究三种保温时间下水淬后合金钢组织和力学性能的变化。

3. 主要参考文献

1) ANSYS 有限元分析软件在热分析中的应用[J]. 冶金能源, 2004 (05)

2) 钢件淬火过程温度场的数值模拟[J]. 热加工工艺技术与材料研究, 2008 (11)

3) 45 钢零件淬火过程温度场分布的数值模拟[J]. 重庆大学学报, 2003 (03)

4) 材料科学基础（铁碳合金相图与热处理部分）

5) 淬火过程数值模拟研究进展[J]. 兵器材料科学与工程, 1999 (03)

4. 进度安排

	设计各阶段名称	起 止 日 期
1	查阅文献，了解软件，完成开题报告	2014.01.10至 2014.03.10
2	阅读文献，深入学习软件，确定实验方案	2014.03.10至 2014.03.31
3	进行模拟计算和试验，准备中期检查	2014.04.01至 2014.04.20
4	完成模拟计算和试验及结果分析	2014.04.20至 2014.05.15
5	撰写毕业论文，准备答辩	2014.05.15至 2014.06.05

合金钢热处理加热过程对组织和性能的影响

摘要：利用有限元分析软件 ANSYS 模拟 40Cr 钢热处理过程温度场与时间的变化关系。根据温度场的分布，合理的选择不同的加热温度和保温时间做热处理水淬实验，并打磨式样，通过金相组织观察比较不同热处理工艺对 40Cr 钢内部组织结构的影响。并结合冲击韧性试验、硬度试验及拉伸试验来获取 40Cr 钢的机械性能、物理性能、工艺性能等，从而通过热处理工艺改变金属表面或内部组织结构，达到优化金属性能的目的。

通过实验表明，40Cr 在 850℃保温时间 20min 热处理所到的钢的性能最佳，其组织为回火索氏体，其强度、硬度及韧性等综合性能都处于较好的状态。过低的温度会导致淬火不均匀，有铁素体存在也会使硬度降低；温度过高又会使回火索氏体粗大，造成钢的综合性能降低。保温时间对组织性能也有影响，保温时间太短，回火索氏体的晶粒小，组织不均匀；保温时间太长，晶粒粗大，影响组织性能。

关键词：ANSYS 软件，合金钢，温度场模拟，加热过程

Alloy steel heating process of the heat treatment influence on organization and performance

Abstract Through the finite element analysis software ANSYS simulation of 40 Cr steel heat treatment process the changes of temperature and time. According to the distribution of temperature field, the reasonable choice of different heating temperature and holding time for water quenching test, heat treatment and grinding style, by observation of microstructure of 40 Cr steel of different heat treatment process are the influence of the internal organization structure. Combining with the experiments of impact toughness, hardness test and tensile test for 40 Cr steel mechanical properties, physical properties, process performance, etc., thus changing the metal surface by heat treatment process or internal organizational structure to optimize the performance of metal.

Experiments show that 40 Cr steel heat treatment at 850 heat preservation time to the optimum properties of steel, its organization is tempered sorbite, its comprehensive performance such as strength, hardness and toughness is in good condition. Too low will cause even quenching temperature, presence of ferrite will also lower the hardness, high temperature and make the tempering sorbite bulky which reduce the comprehensive performance of steel. Also have an impact on the performance of organization, time of heat preservation. Heat preservation time is too short, tempered sorbite of small grains, organization is not uniform, the holding time is too long, coarse grains, affect organizational performance.

Keywords : ANSYS software, Alloy steel, Temperature field simulation, Heating process

目 录

1	前言.....	1
2	ANSYS 热分析.....	3
2.1	ANSYS 软件介绍.....	3
2.1.1	热分析的基本符号及单位	3
2.1.2	热分析的目的	5
2.2	实验求解.....	6
2.2.1	建模方案.....	6
2.2.2	操作过程.....	6
2.3	结果分析.....	7
2.3.1	各时间点的温度场分布.....	7
2.3.2	各点随温度的变化.....	10
2.4	本章小结.....	13
3	40Cr 钢的热处理参数的确定	14
3.1	合金钢的分类与编号.....	14
3.1.1	合金钢的分类	14
3.1.2	合金钢编号方法	14
3.2	40Cr 钢的化学成分及组织性能	15
3.2.1	40Cr 钢的化学成分及各合金元素对钢的作用	15
3.2.2	40Cr 钢的组织性能.....	16
3.3	40Cr 钢热处理	16
3.3.1	加热温度的确定	16
3.3.2	回火温度的确定.....	16
3.3.3	保温时间的确定	17
3.4	本章小结.....	19
4	40Cr 钢热处理后的组织与性能	20
4.1	热处理实验.....	21
4.2	实验设备.....	21
4.3	实验材料.....	20

4.4	实验步骤.....	21
4.5	结果与分析.....	22
4.5.1	金相组织.....	22
4.5.2	硬度试验.....	25
4.5.3	拉伸试验.....	27
4.6	本章小结.....	28
	结论.....	29
	参考文献.....	32
	致谢.....	32

1 前言

合金钢已有一百多年的历史了。工业上较多地使用合金钢材是在 19 世纪后半期。20 世纪 20 年代以后，由于电弧炉炼钢法被推广使用，为合金钢的大量生产创造了有利条件。第二次世界大战以后至 60 年代，主要是发展高强度钢和超高强度钢的时代，由于航空工业和火箭技术发展的需求，出现了许多高强度钢和超高强度钢新钢种。60 年代以后，许多冶金新技术，特别是炉外精炼技术被普遍采用，合金钢开始向高纯度、高精度和超低碳的方向发展，又出现了马氏体时效钢、超纯铁素体不锈钢等新钢种。

合金钢一直从 19 世纪沿用至今，其在工业发展中的重要性是巨大的。40Cr 钢是常用的合金钢之一，具有很高的强度，良好的塑性和韧性，既具有良好的综合机械性能；可用来制造汽车的连杆、螺栓、传动轴及机床的主轴等零件[1]。

但是在实际的生产应用中，人们对合金钢提出了各种不同的性能要求，单凭原始材料的性能已经满足不了工程技术上的要求。例如：为了便于切削加工就要求材料的硬度适当降低，以节约机械加时的刀具消耗和提高劳动生产率；为使零件减少磨损，延长使用寿命，就要求其较高的硬度等。为满足这些性能要求，除了合理的选用材料外，还要进行热处理，这样才能充分发挥合金钢的性能特点。由此可见，热处理在机械制造业中占有十分重要的地位[2]。

金属热处理是机械制造中的重要工艺之一，与其它加工工艺相比，热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分，而是通过改变工件内部的显微组织，或改变工件表面的化学成分，赋予或改善工件的使用性能。其特点是改善工件的内在质量，而这一般不是肉眼所能看到的。金属热处理工艺大体可分为整体热处理、表面热处理和化学热处理三大类[3]。根据加热介质、加热温度和冷却方法的不同，每一大类又可区分为若干不同的热处理工艺。同一种金属采用不同的热处理工艺，可获得不同的组织，从而具有不同的性能。钢铁是工业上应用最广的金属，而且钢铁显微组织也最为复杂，因此钢铁热处理工艺种类繁多。

ANSYS 有限元分析软件可以模拟合金钢加热过程温度场与时间的变化关系。在 ANSYS 有限元分析软件在热分析过程中，很好地结合了材料变温过程材料热物性参数的变化，特别适用于钢件淬火过程温度场的准确计算[4]。通过利用 ANSYS 有限元分析软件对几何外形复杂的 40Cr 钢零件淬火过程温度场进行有限元模拟，得到了零件温度随淬火时间的分布关系，模拟结果与实际过程一致，且运算速度较快，适用于

淬火液的选取及淬火工艺的优化，并为精确计算淬火过程中的热应力，残余应力做好了准备工作[5]。

本文采用有限元分析法和实验操作相结合的方法，利用 ANSYS 软件对 40Cr 钢热处理加热过程的温度场进行模拟，分析工件在不同时间的温度分布情况以及各个部分在热处理加热过程中的温度变化情况，为优化热处理工艺，使工件热处理后获得优良的性能提供一定的依据。

2 ANSYS 热分析

2.1 ANSYS 软件介绍

ANSYS 公司是由美国著名力学专家、美国匹兹堡大学力学系教授 John Swanson 博士于 1970 年创立并发展起来的，总部设在美国宾西法尼亚州的匹兹堡，是目前世界 CAE 行业中最大的公司。ANSYS 软件是融结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元分析软件，可广泛用于核工业、铁道、石油化工、航空航天、机械制造、能源、汽车交通、国防军工、电子、土木工程、造船、生物医学、轻工、地矿、水利、日用家电等一般工业及科学研究。该软件可在大多数计算机及操作系统中运行，从 PC 机到工作站直至巨型计算机，ANSYS 文件在其所有的产品系列和工作平台上均兼容。ANSYS 多物理场耦合的功能，允许在同一模型上进行各式各样的耦合计算，如：热-结构耦合、磁-结构耦合以及电-磁-流体-热耦合，在 PC 机上生成的模型同样可运行与巨型机上，这样就确保了 ANSYS 对多领域多变工程问题的求解[6]。

ANSYS 10.0 热分析基于能量守恒原理的热平衡方程，用有限元计算各个节点温度，从而导出其他物理参数。ANSYS10.0 热分析分类主要有两大类即稳态传热和瞬态传热。稳态热分析是温度分布不随时间变化，而瞬态热分析是温度分布场随时间发生明显的变化。无论是稳态热分析还是瞬态热分析，均可将 ANSYS10.0 热分析分为 3 个步骤：

- (1) 前处理：建模。
- (2) 求解：施加载荷计算结果。
- (3) 后处理：查看结果。

2.1.1 热分析的基本符号及单位

ANSYS 软件使用时单位必须统一，如果单位不统一，最后的分析结果就千差万别，给研究带来不必要的麻烦[7]。具体的基本单位如表 2.1 所示。

表 2.1 热分析基本单位

项目	国际单位	英制单位	ANASYS 代号
长度	m	ft	
时间	s	S	
质量	Kg	lbm	
温度	℃	°F	
力	N	lbf	
能量（热量）	J	BTU	
功率（热流率）	W	BTU/sec	
热流密度	W/m ²	BTU/sec-ft ²	
生热速率	W/m ³	BTU/sec-ft ³	
导热系数	W/m-℃	BTU/sec-ft°F	KXX
对流系数	W/m ² -℃	BTU/sec-ft ² F	HF
密度	Kg/m ³	lbm/ft ³	DENS
比热	J/Kg-℃	BTU/lbm-°F	C
焓	J/m ³	BTU/ft ³	ENTH

注：在热分析中，摄氏度和华氏摄氏度换算关系为 1℃=5/9（°F-32）

从上表可以对应出 ANSYS 软件中要用到符号的含义，同时对于单位不统一的要进行单位换算，否则将出现错误的结果。具体的单位换算表如表 2.2 所示。

表 2.2 热分析单位换算表

物理量	符号	换算系数	
		国际单位制单位	英制单位
压力	p	Pa	lbf/in ²
		1	1.45038×10 ⁻⁴
		6.8947b×10 ³	1
比热容	c	Kj/(kg·K)	Btu/(lb·°F)
		1	2.38846×10 ⁻¹
		4.18680	1
热流率（功率）	Q	W	Btu/s
		1	3.41208
		2.93076×10 ⁻¹	1
热流密度	q*	W/m ²	Btu/（s·ft ² ）
		1	3.16993×10 ⁻¹
		3.15464	1
热导率	λ	W/(m·k)	Btu/(s·ft·°F)
		1.73076	5.77781×10 ⁻¹
		1.73076	1
表面传热系数	h _f	呂 W/(m ² .K)	1
		1	1.76108×10 ⁻¹
		5.67832	1

2.1.2 热分析的目的

热分析的目的是分析一个系统或某些部件的温度场分布和某些其它热物理量参数，如热量的得失、热量梯度、热流的密度（热通量）等，热分析对于很多生产和研究都非常重要[8]。

2.2 实验求解

2.2.1 建模方案

40Cr 钢热处理加热过程属于瞬态热传导问题。这里取 40Cr 钢热处理试样为圆柱体，设圆柱体底面半径 $R=8\text{mm}$ ，高 $h=12\text{mm}$ 。因为该 40Cr 钢热处理试样为圆柱体，为轴对称模型，所以可以取圆柱体的一旋转面建立一个二维模型，从而使模拟过程得以简化。

2.2.2 操作过程

(1) 材料性能

材料在不同的温度中，其导热系数和比热容是变化的。所以在输入数据时必须考虑这两个因素的影响。具体的 40Cr 钢的相关热物性参数如表 2.3。

表 2.3 40Cr 钢热物理参数

$T/^{\circ}\text{C}$	$c_p / \text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$	$\lambda / \text{W} \cdot (\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$
0	580	18.90
400	756	28.35
800	840	31.08
1000	820	32.72
1500	756	41.50

注：40Cr 钢随密度随温度的变化不大，故取为定值 $7900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

(2) 按照建模方案中所述，建立圆柱体模型。然后划分网格。见图 2.1。

(3) 加载求解

设定初始温度为 20°C ，由于 40Cr 钢的淬火温度范围为 $830\sim 860^{\circ}\text{C}$ ，所以最终温度取为 850°C 。施加外边界条件时设定空气对流热系数为 100。时间步长设为 1s，最终时间为 900s。

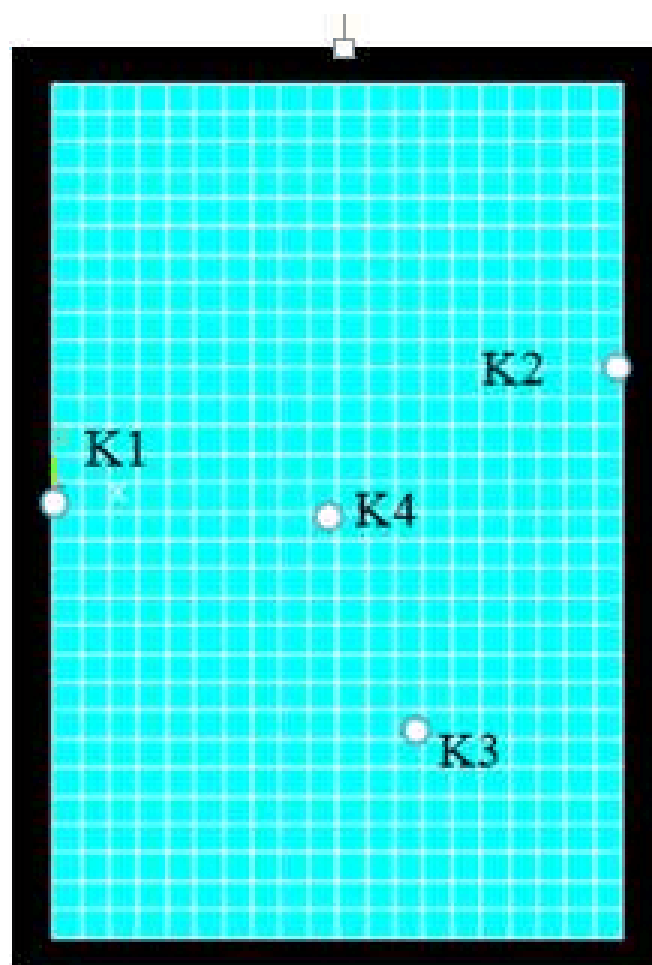


图 2.1 有限元模型

2.3 结果分析

2.3.1 各时间点的温度场分布

依次观察 30s、60s、400s、600s、800s 的温度分布图。如图 2.1、2.2、2.3、2.4、2.5 所示。

根据图 2.2、2.3、2.4、2.5、2.6 温度分布图可以看到，40Cr 钢试件加热过程中外部先受热。刚开始阶段试件内外温差较大，随着时间的增加，温差逐渐减小。到 600 秒的时候内外温差 1°C 左右，之后到 800 秒的时候可以看到工件已经受热均匀，内外几乎没有温差。

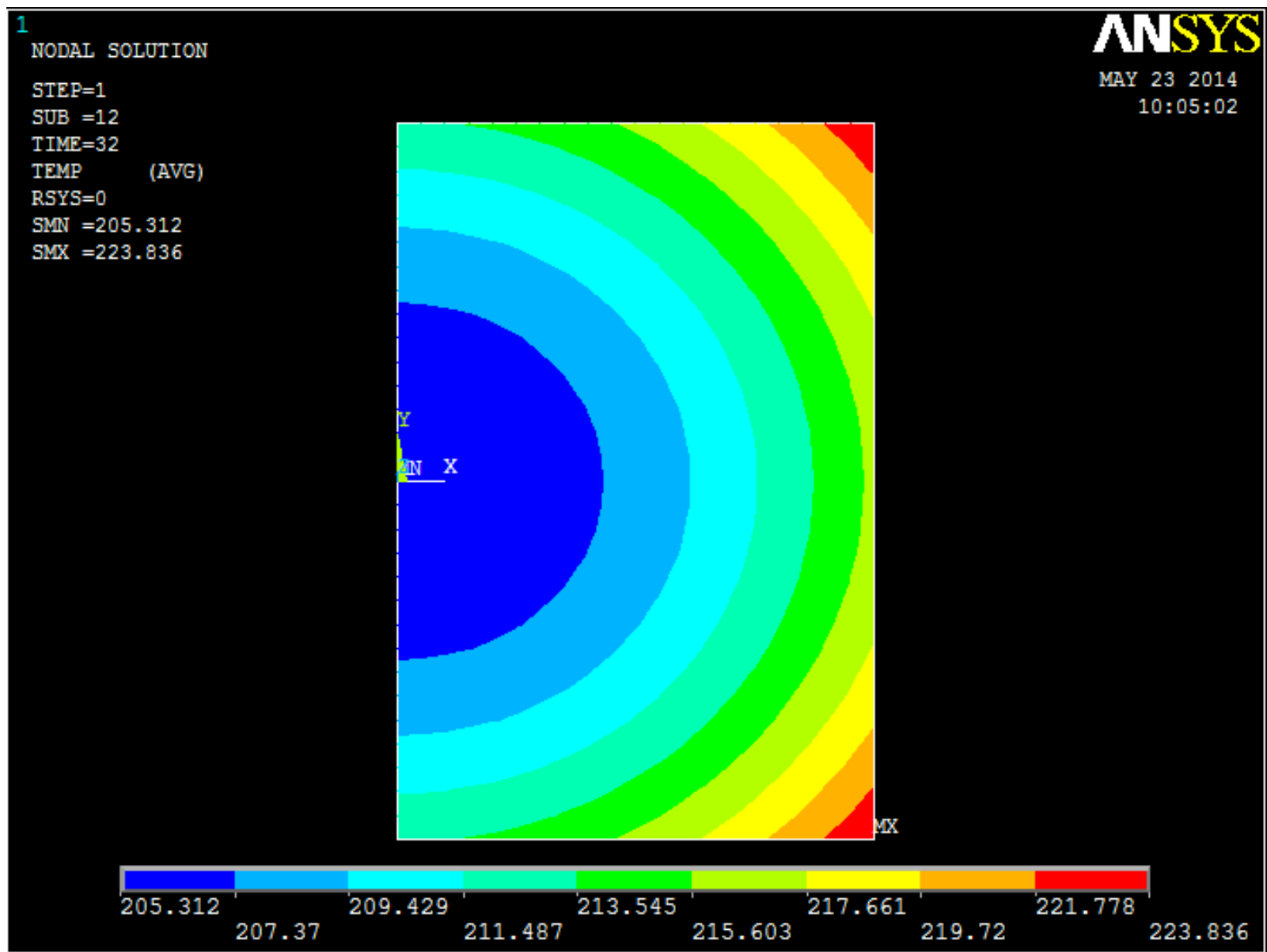


图 2.2 第 30 秒 40Cr 钢圆柱体旋转面的温度分布图（单位：℃）

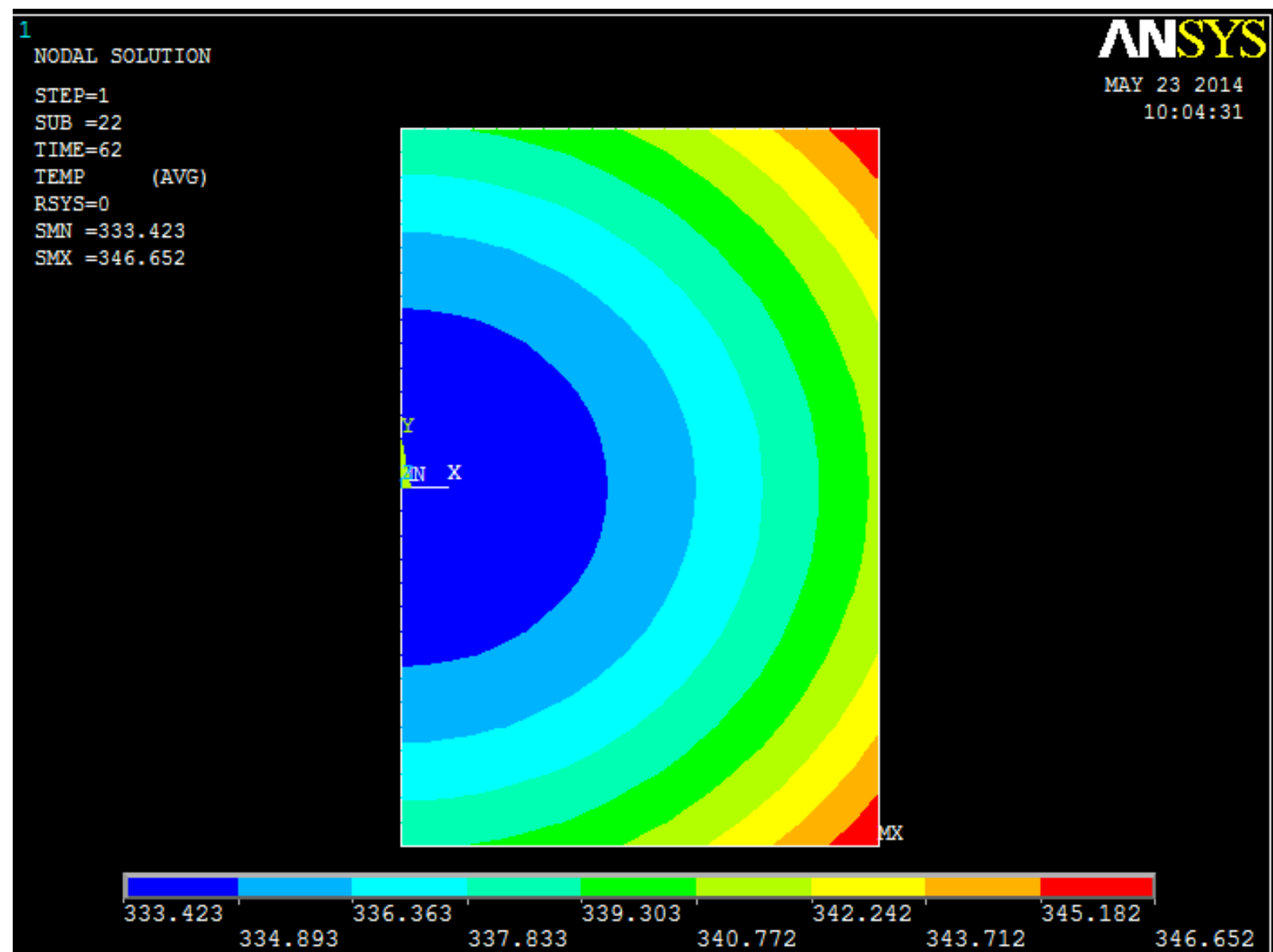


图 2.3 第 60 秒 40Cr 钢圆柱体旋转面的温度分布图（单位：℃）

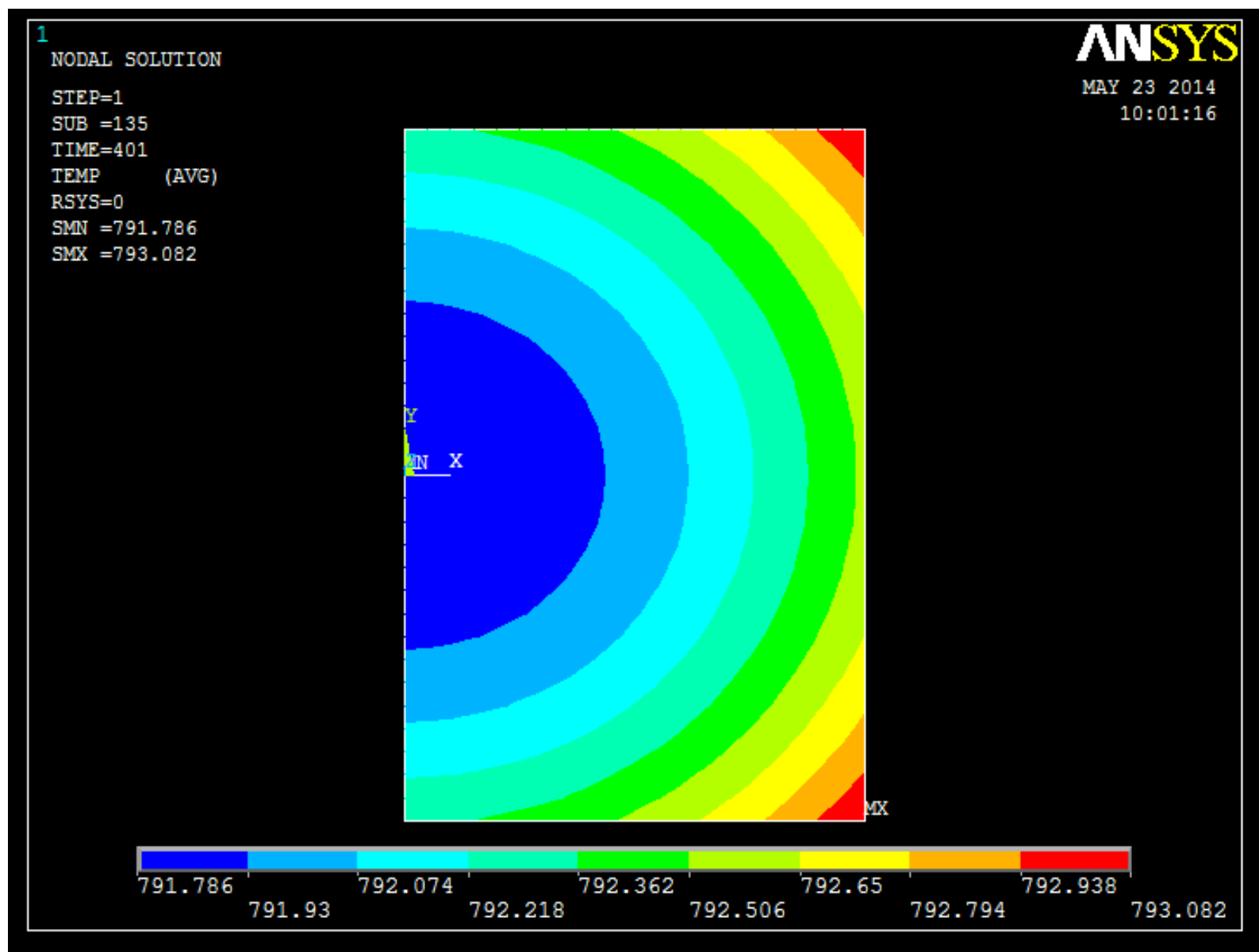


图 2.4 第 400 秒 40Cr 钢圆柱体旋转面的温度分布图（单位：℃）

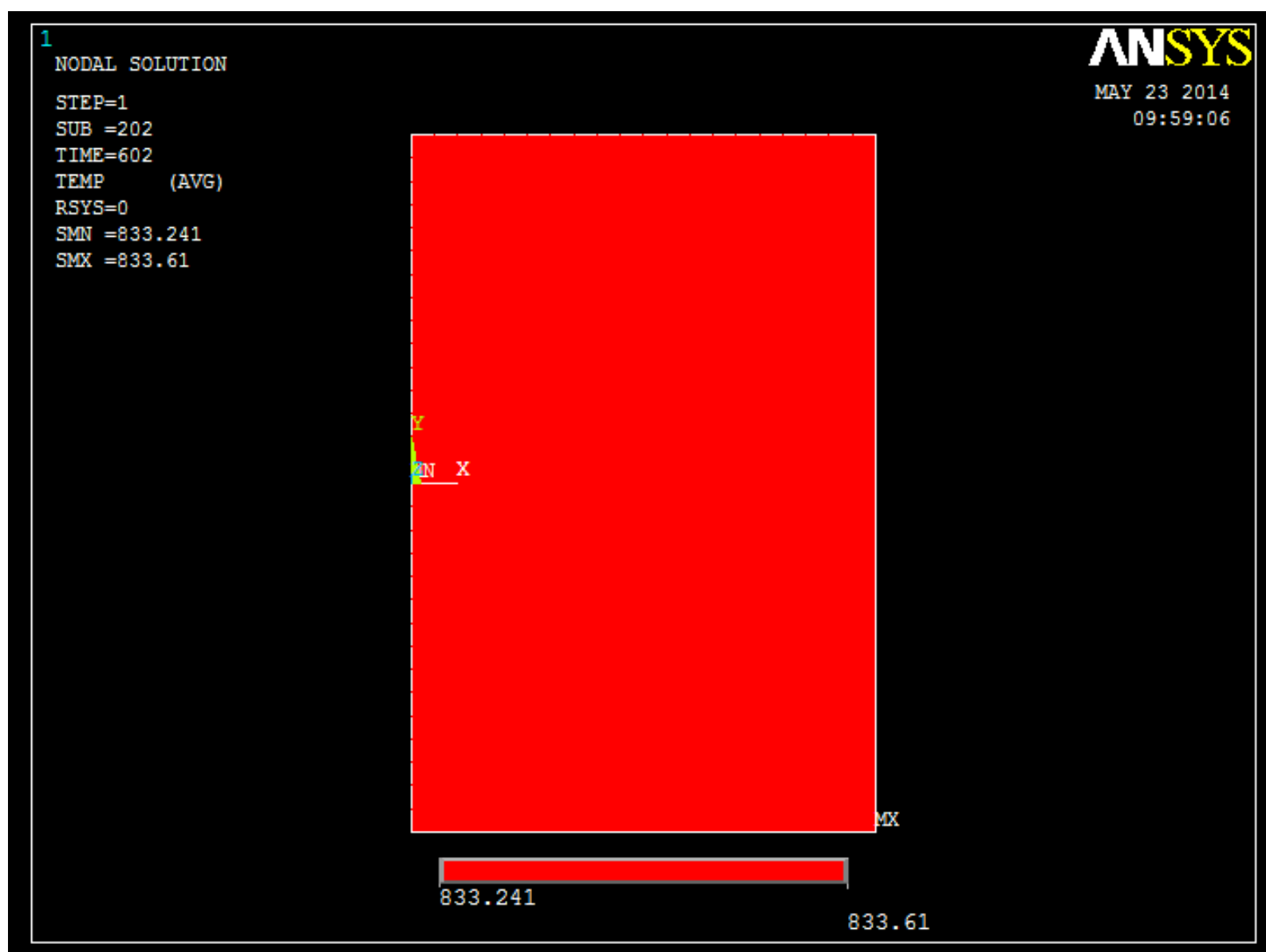


图 2.5 第 600 秒 40Cr 钢圆柱体旋转面的温度分布图（单位：℃）

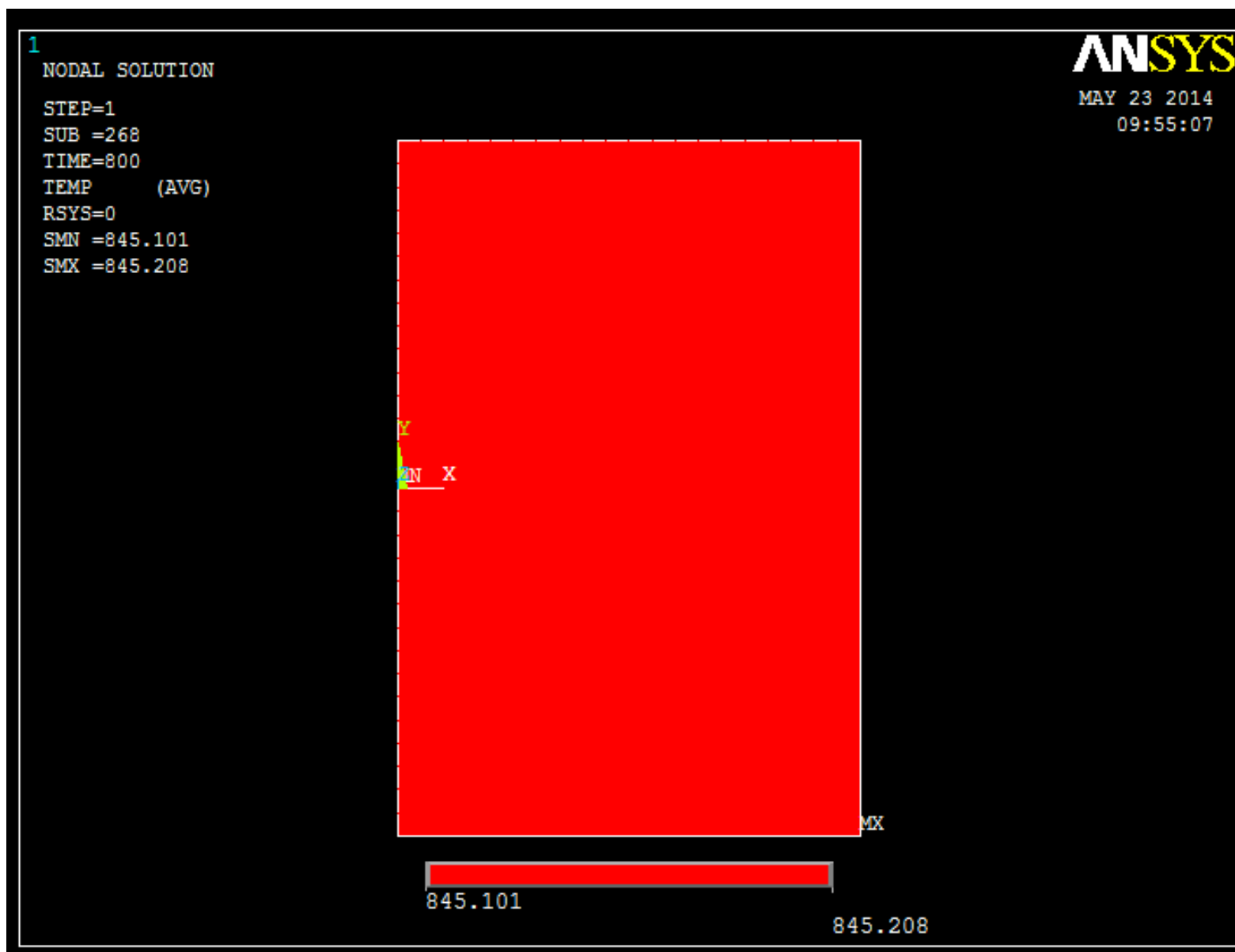


图 2.6 第 800 秒 40Cr 钢圆柱体旋转面的温度分布图（单位：℃）

2.3.2 各点随温度的变化

在有限元模型上取关键点温度随时间变化的曲线图，关键点坐标取为 K1（0, 0）、K2（0.008, 0.002）、K3（0.005, -0.003）、K4（0.004, 0）如图 2.1 所示。依次获取各点的温度变化曲线。如图 2.7、2.8、2.9、2.10 所示。

从上面 K1、K2、K3、K4 点温度随时间的变化曲线图可以知道，各个点温度随时间的变化趋势相近。在前 400s 时温度随时间快速上升，400s 之后温度变化比较平缓，700s 时几乎已经到达了预设的温度。

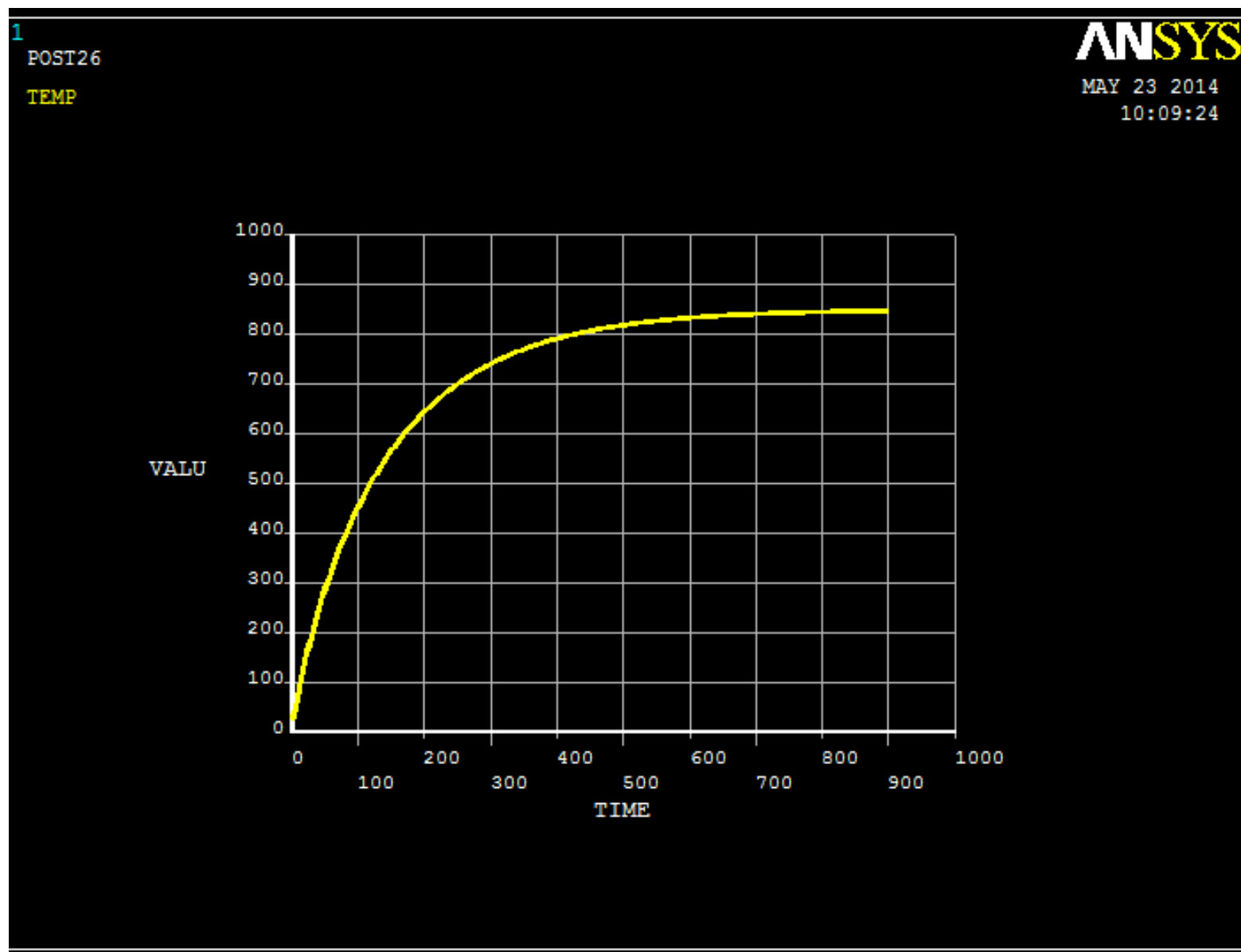


图 2.7 中心点 K1 温度随时间变化的曲线图 (TIME 单位: s, VALU 单位: °C)

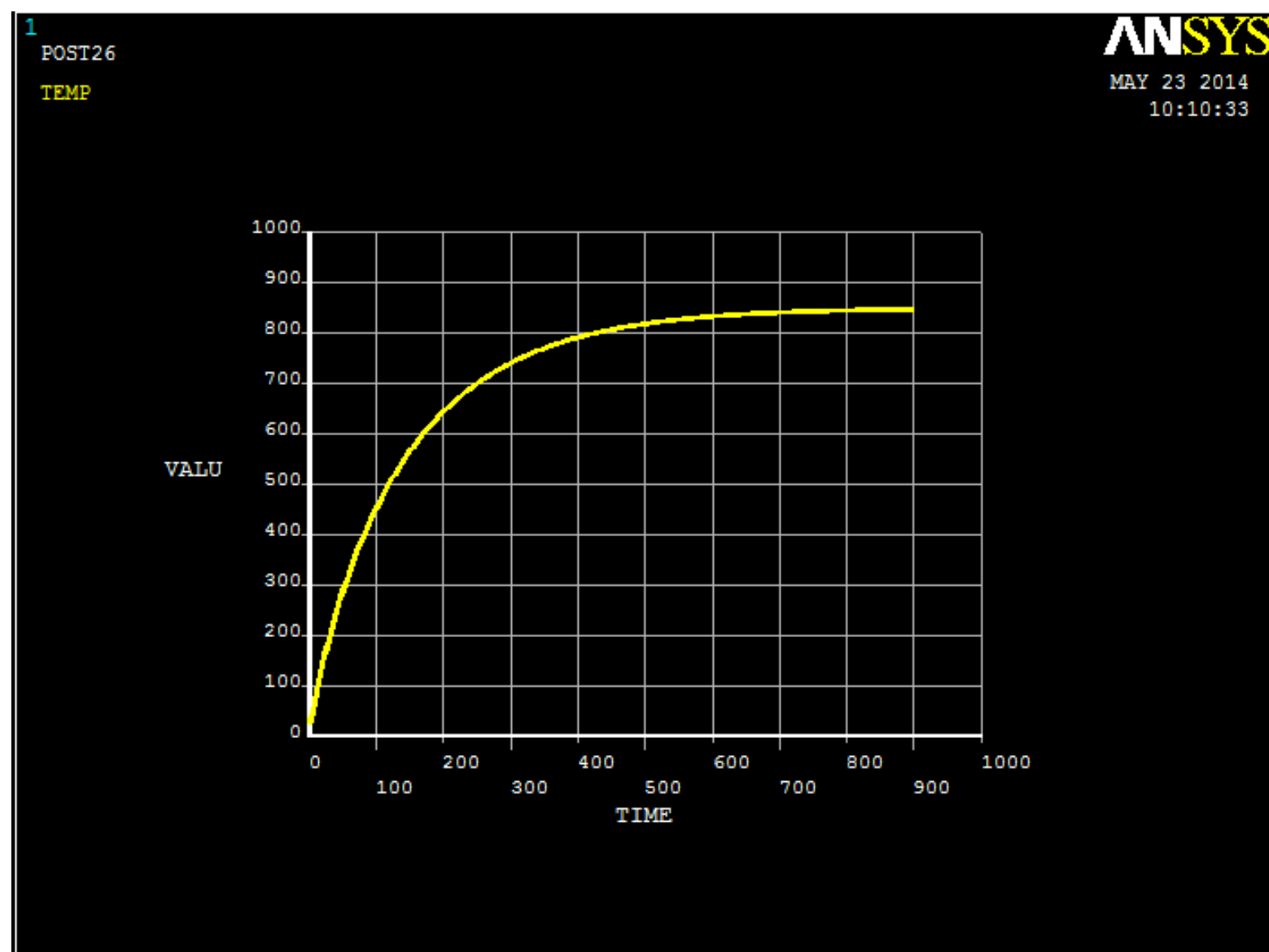


图 2.8 K2 温度随时间变化的曲线图 (TIME 单位: s, VALU 单位: °C)

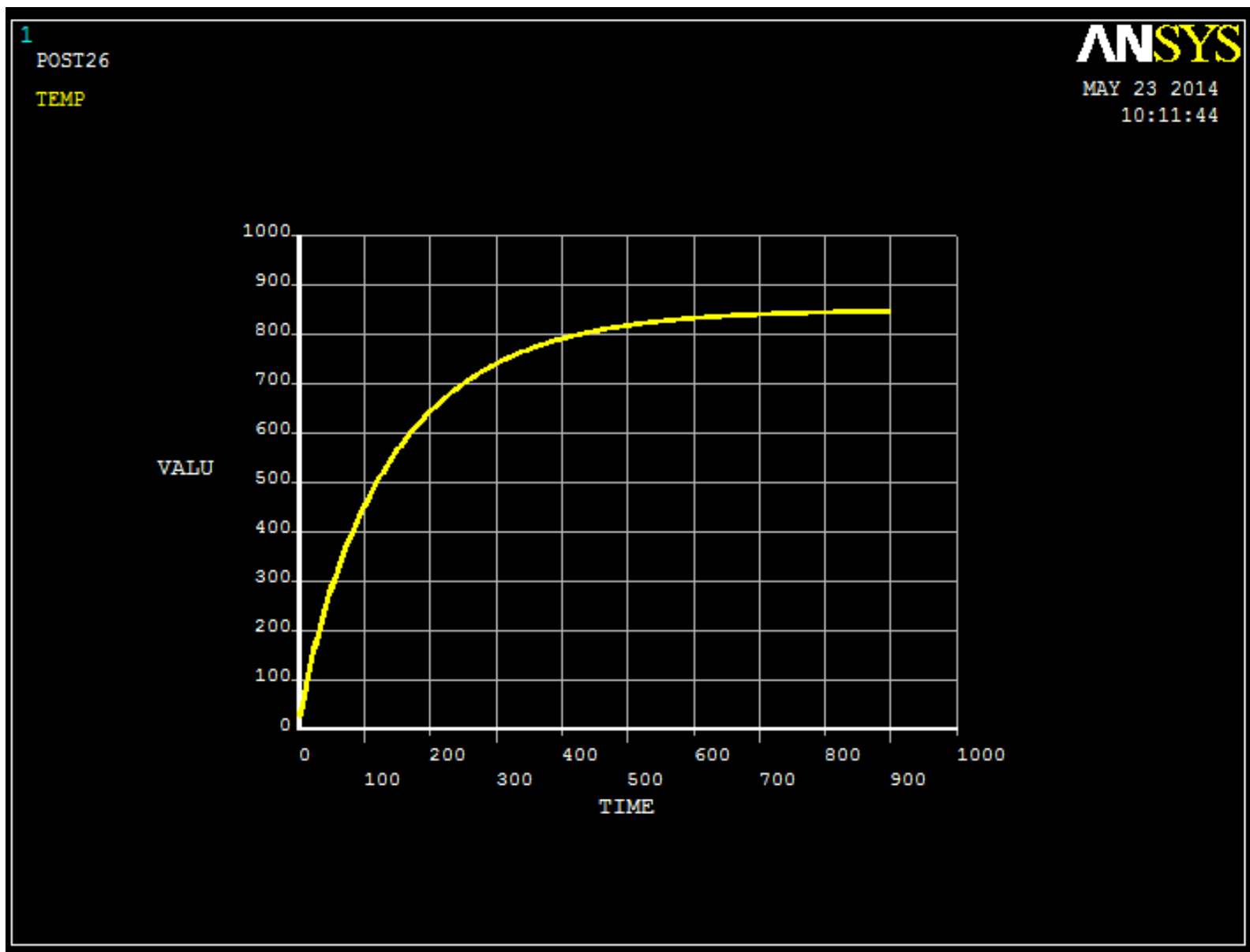


图 2.9 K3 温度随时间变化的曲线图 (TIME 单位: s, VALU 单位: °C)

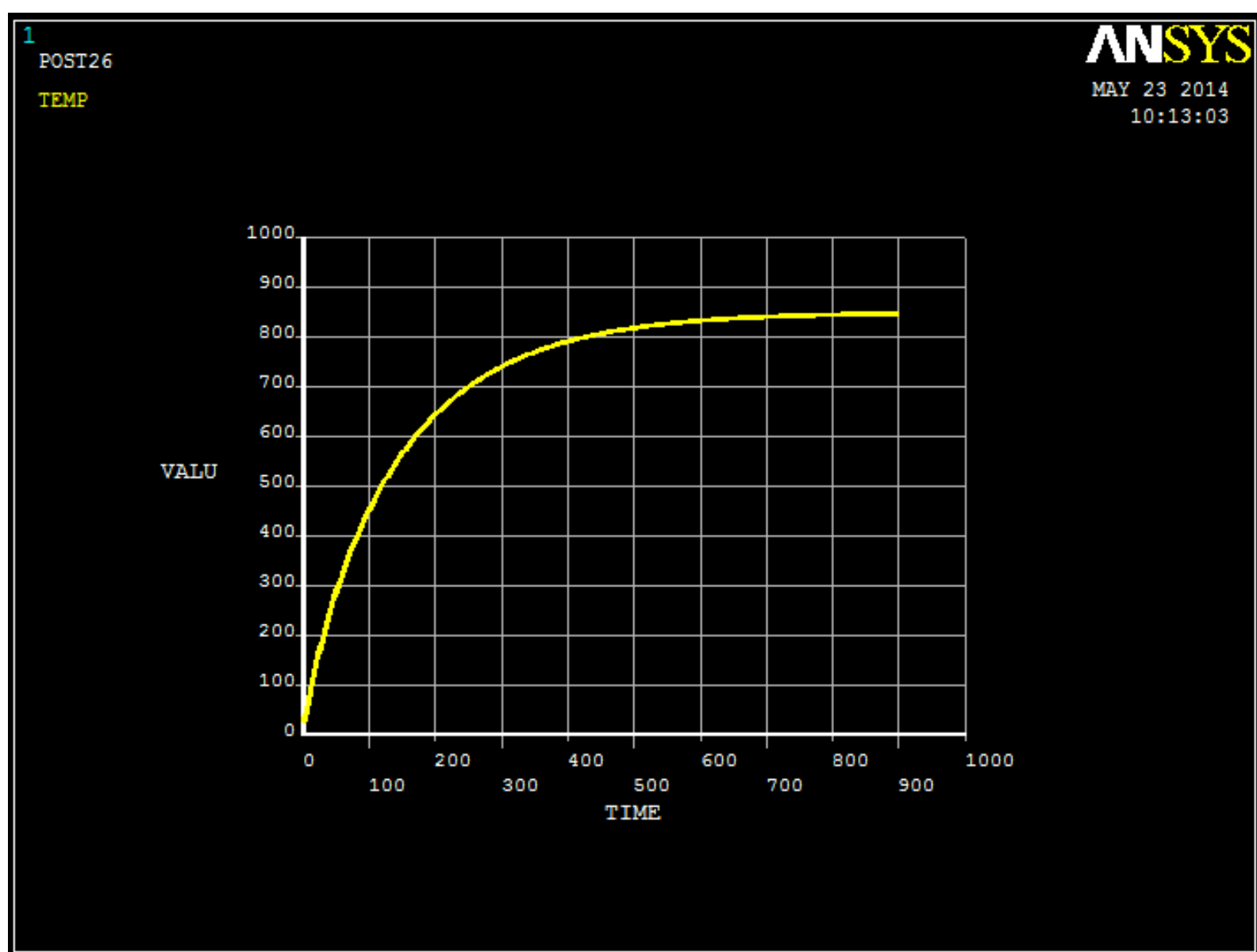


图 2.10 K4 温度随时间变化曲线图 (TIME 单位: s, VALU 单位: °C)

2.4 本章小结

由上述实验过程可知，采用有限元分析方法，利用 ANSYS 软件 40Cr 钢热处理加热过程的分析是很方便的，通过这样的方法可以了解工件在加热过程中各点温度在各时间的情况，还可以分析工件整体在加热过程中的温度变化情况，从而为分析热处理后续过程的温度分布、应力分布等情况提供依据，最终可以调整热处理工艺，使工件经热处理后获得优良的使用性能[9]。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/498006115123007000>