

# 轴承成形工艺 CAE 解决方案



## 目录

1 轴承概述.....	1
1.1 轴承简介.....	1
1.2 轴承的分类.....	1
1.3 轴承的功用.....	3
2 轴承制造工艺及工艺仿真需求分析.....	3
2.1 轴承制造工艺分析.....	3
2.2 轴承工艺 CAE 仿真需求分析 .....	4
3 轴承制造工艺 CAE 解决方案 .....	5
3.1 轴承碾压工艺分析.....	5
3.2 轴承挤压工艺分析.....	6
3.3 轴承模锻工艺分析.....	8
3.4 轴承机加工工艺分析.....	10
3.6 轴承冲压工艺分析.....	11
3.5 轴承热处理工艺分析.....	12
4 安世亚太轴承制造工艺 CAE 工具 .....	14
5 安世亚太公司及技术支持.....	14

# 1 轴承概述

## 1.1 轴承简介

轴承是在机械传动过程中起固定和减小载荷摩擦系数的部件。也可以说，当其它机件在轴上彼此产生相对运动时，用来降低动力传递过程中的摩擦系数和保持轴中心位置固定的机件。轴承是当代机械设备中一种举足轻重的零部件。它的主要功能是支撑机械旋转体，用以降低设备在传动过程中的机械载荷摩擦系数。



图 1 常见轴承

## 1.2 轴承的分类

轴承分类比较复杂，简单的按运动元件摩擦性质的不同，轴承可分为滚动轴承和滑动轴承两类。

### （1）滚动轴承

滚动轴承的结构主要是由外圈、内圈、滚动体和保持架四个部分组成，其构造如下图。通常滚动轴承的外圈安装在机座孔中固定不动，内圈则装在轴上与轴一起转动，而滚动体则在内外圈之间滚动，形成滚动摩擦。



图 2 典型滚动轴承结构

## (2) 滑动轴承

滑动轴承是在滑动摩擦下工作的轴承。滑动轴承工作平稳、可靠、无噪声。在液体润滑条件下，滑动表面被润滑油分开而不发生直接接触，还可以大大减小摩擦损失和表面磨损，油膜还具有一定的吸振能力。但起动摩擦阻力较大。典型滑动轴承的结构如下图，轴被轴承支承的部分称为轴颈，与轴颈相配的零件称为轴瓦。为了改善轴瓦表面的摩擦性质而在其内表面上浇铸的减摩材料层称为轴承衬。轴瓦和轴承衬的材料统称为滑动轴承材料。滑动轴承应用场合一般在低速重载工况条件下，或者是维护保养及加注润滑油困难的运转部位。

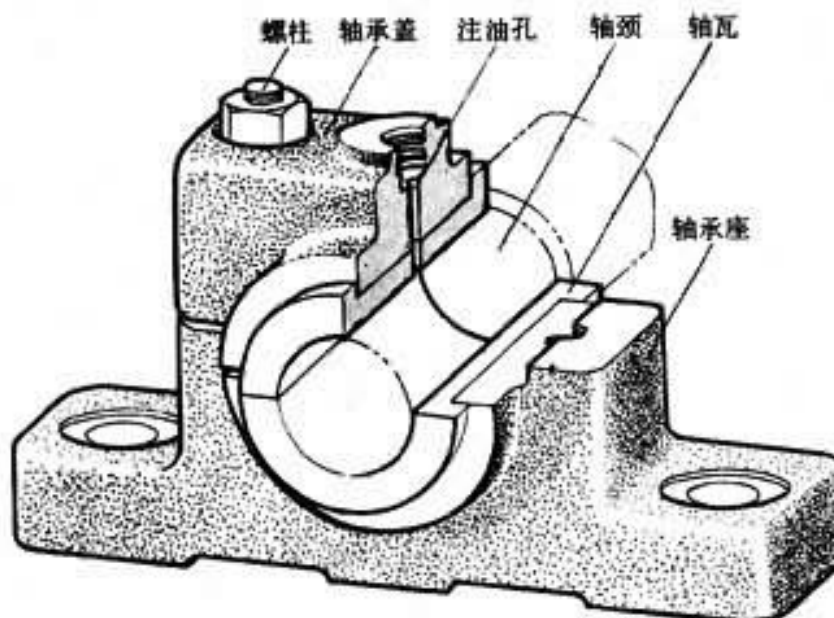


图 3 典型滑动轴承结构

## 1.3 轴承的功用

轴承的功用是支撑，即字面解释用来撑轴的，但这只是其作用的一部分，支撑其实质就是能够承担径向载荷。也可以理解为它是用来固定轴的。就是固定轴使其只能实现转动，而控制其轴向和径向的移动。电机没有轴承的后果就是根本不能工作。因为轴可能向任何方向运动，而电机工作时要求轴只能作转动。从理论上讲不可能实现传动的的作用，不仅如此，轴承还会影响传动，为了降低这个影响在高速轴的轴承上必须实现良好的润滑，有的轴承本身已经有润滑，叫做预润滑轴承，而大多数的轴承必须有润滑油，负载在高速运转时，由于摩擦不仅会增加能耗，更可怕的是很容易损坏轴承。如果说轴承把滑动摩擦转变为滚动摩擦的说法是片面的，因为这仅对滚动轴承来说，而滑动轴承工作时候的摩擦类型就是滑动摩擦。

## 2 轴承制造工艺及工艺仿真需求分析

### 2.1 轴承制造工艺分析



轴承的基本制造过程大致可以分为主要零件的加工和装配。例如对于滚动轴承，其主要零件便是滚动轴承的四要素（外圈、内圈、钢球、保持架）。对于一般的轴承生产企业，为了追求生产效率，一般只会生产内外圈，而钢球和保持架会采用外协。因此内外圈的制造工艺是轴承企业最为关注的部分。

（1）对于滚动轴承，内外圈常见的工艺类型及工艺流程如下：

➤ 辗压成型

下料（管材或棒材）——辗压成形——热处理淬回火——磨削——零件检查——退磁清洗——提交装配；

➤ 机加工

下料（管材）——机加工——热处理淬回火——磨削——零件检查——退磁清洗——提交装配；

➤ 挤压成形

下料（棒材）冷挤（温）压成形——机加工热处理淬回火——磨削——零件检查——退磁清洗——提交装配；

➤ 锻造成形

下料（棒材）——锻造——退火（或正火）——机加工（辗压成形）——热处理淬回火——磨削——零件检查——退磁清洗——提交装配。

（2）滚动轴承滚子常见制造工艺流程：

下料（钢丝或棒料）——下料——圆头倒角加工——热处理——磨削——零件检查——退磁清洗——提交装配；

（3）滚动轴承的保持架一般制造工艺：

滚动轴承制造常用的工艺类型为冲压。

（4）对于滑动轴承制造工艺主要包括轴承座和轴瓦的加工。

其中滑动轴承座主要使用铸造的方式完成制造，而轴瓦主要采用对坯料进行机加工的方式。

由以上对轴承生产工艺流程进行分析可以得出：轴承的制造工艺中主要涉及的工艺类型包含碾压、锻造、挤压、机加工、冲压、热处理等。



## 2.2 轴承工艺 CAE 仿真需求分析

目前我国轴承与国外先进公司的产品内部结构参数机会相同，但我国此类产品的制动与噪声水平却与国外产品相差甚远，主要原因是制造工艺和工况因素的影响。因此提高制造工艺水平已经刻不容缓。

传统的试错法（即不断地试模修模）大大的浪费人力、物力、财力及时间，企业面临的市场竞争压力却日益增大，采用工艺仿真工具对工艺方案进行优化可以大大提高轴承产品质量。且使用工艺软件进行虚拟试模可以大大减少实际试模的次数、降低产品研发周期、节省人力、物力、财力，是提高企业市场竞争能力的有效方法。

轴承制造工艺主要仿真需求如下：

- （1）碾压工艺仿真分析；
- （2）挤压工艺仿真分析；
- （3）模锻工艺仿真分析；

- (4) 机加工工艺仿真分析;
- (5) 冲压工艺仿真分析;
- (6) 热处理工艺仿真分析;

## 3 轴承制造工艺 CAE 解决方案

### 3.1 轴承碾压工艺分析

采用冷碾压方式对轴承套圈进行成形已经被广泛使用。目前我国轴承行业，按重量计算约有 70%的锻件是经过碾压的，可见碾压在轴承套圈锻造中占有十分重要的地位。

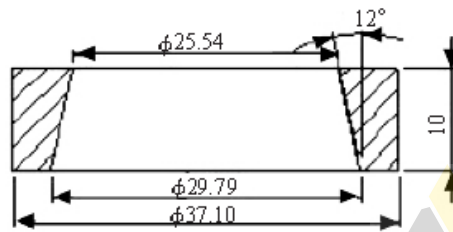


图 1 毛坯的尺寸

图 4 圆锥轴承外圈图

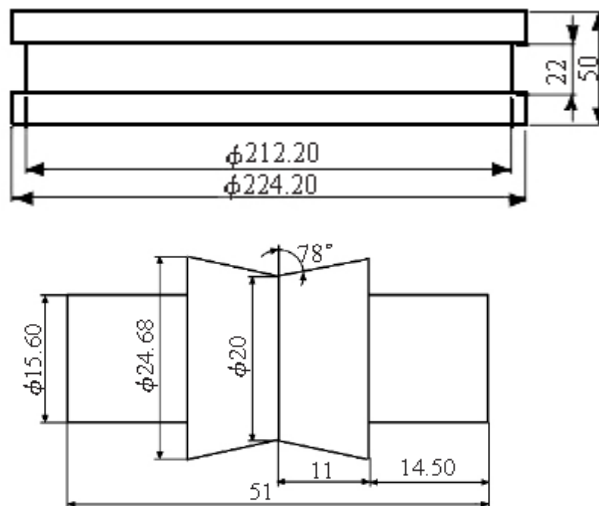


图 5 模具几何图

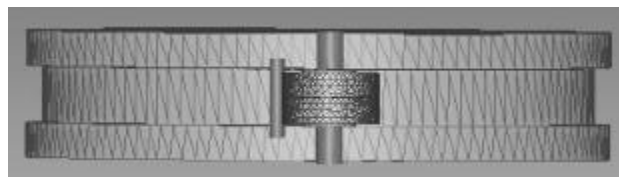
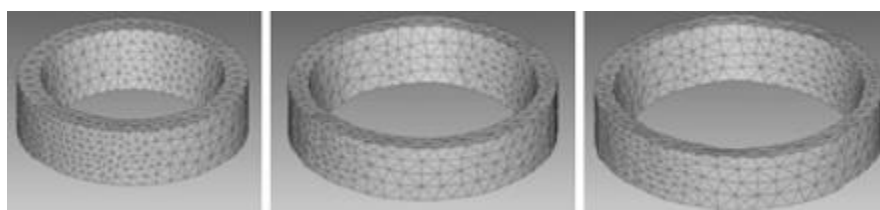


图 6 仿真模型



尺寸名称	模拟结果(平均值)	零件尺寸	误差
外径	53.1	52	1.1
大端面内径	49.8	48.51	1.29
小端面内径	45.5	44.26	1.24
宽度	10.2	10	0.2

图 7 碾压过程模拟与实验结果对比

### 3.2 轴承挤压工艺分析

轴承套圈反挤压成形过程模拟,通过调整冲头倒角和料芯厚度两个工艺参数对冲头载荷进行研究,最终得到倒角 4mm 载荷最小,料芯厚度小于 7.5mm 时冲头载荷显著增大。

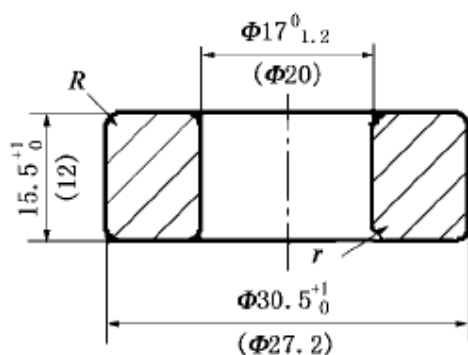


图 8 轴承套圈零件



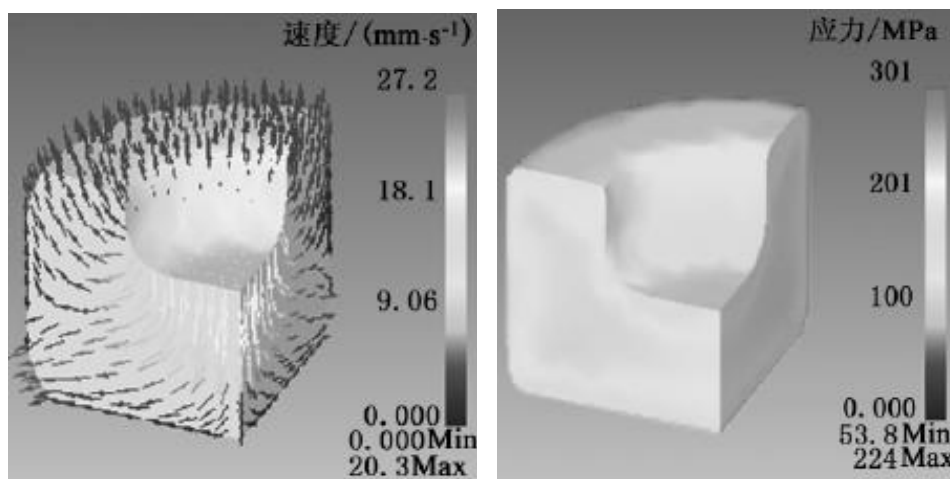


图9 轴承套圈变量云图

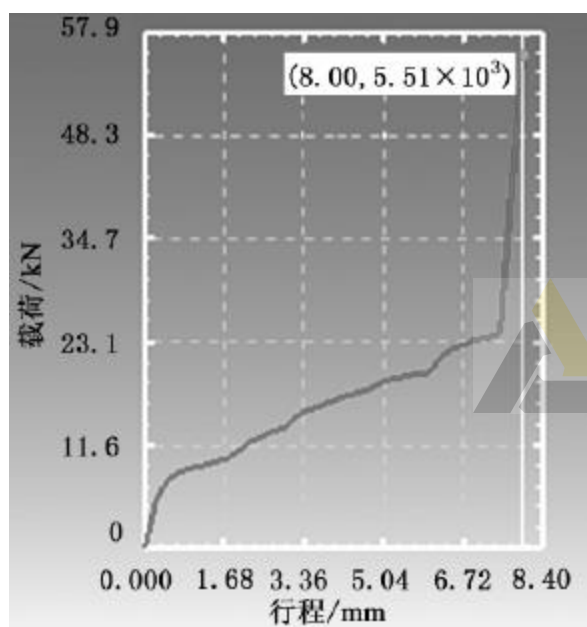


图10 冲头载荷曲线

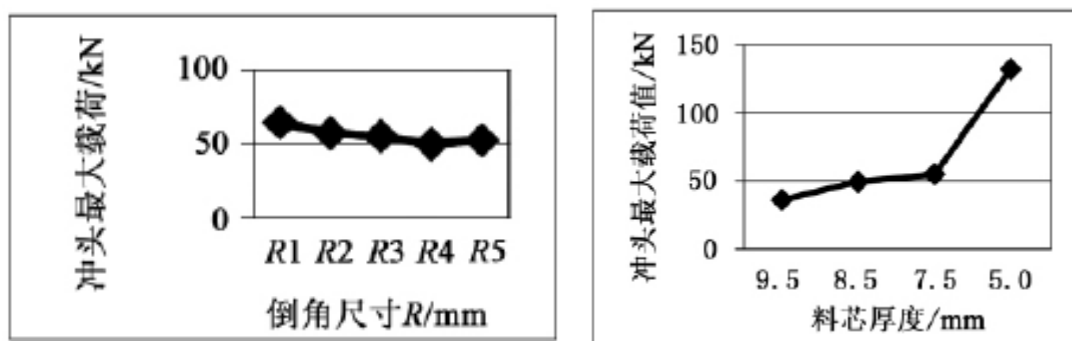


图11 冲头载荷与倒角尺寸、料芯厚度关系

### 3.3 轴承模锻工艺分析

以下为推理滚针轴承座模锻工艺分析。

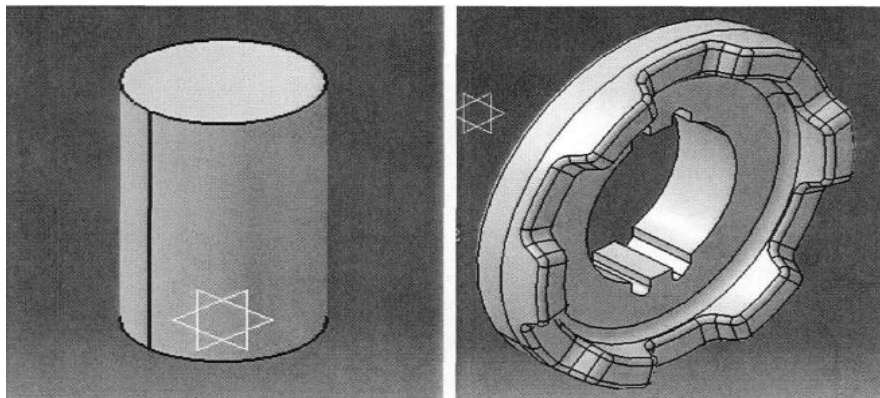


图 12 坯料和零件模型

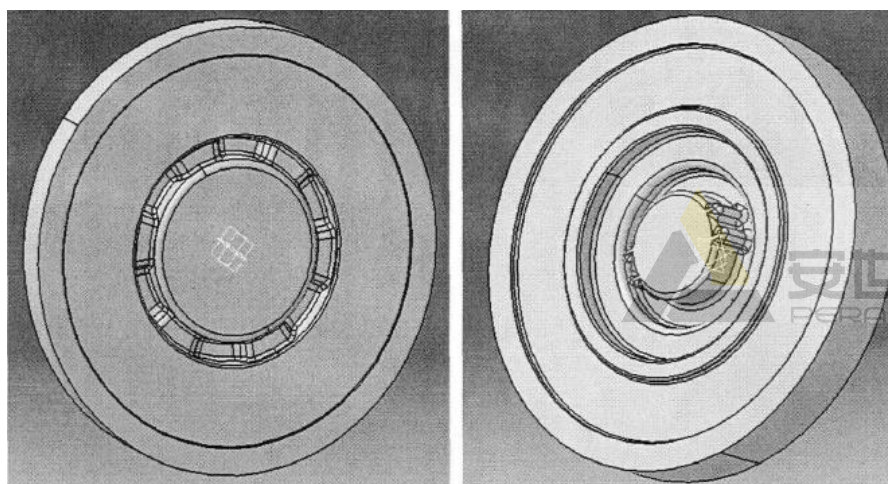


图 13 模具方案一

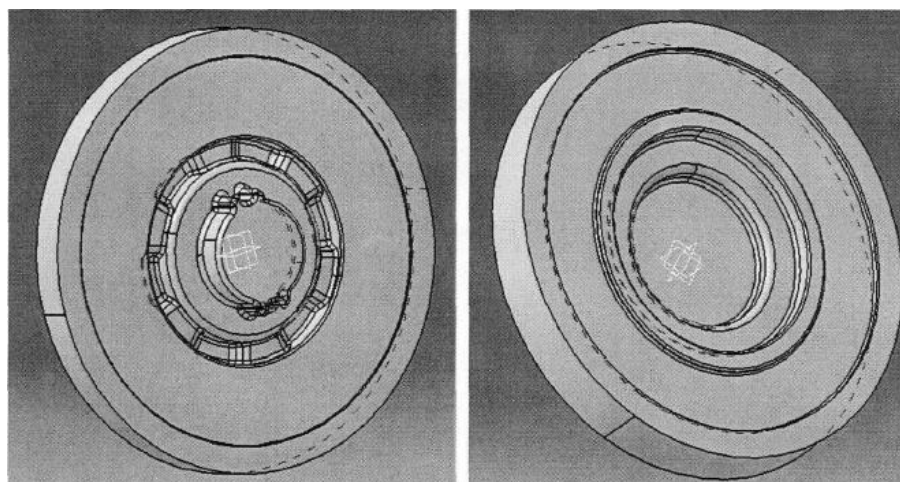


图 14 模具方案二

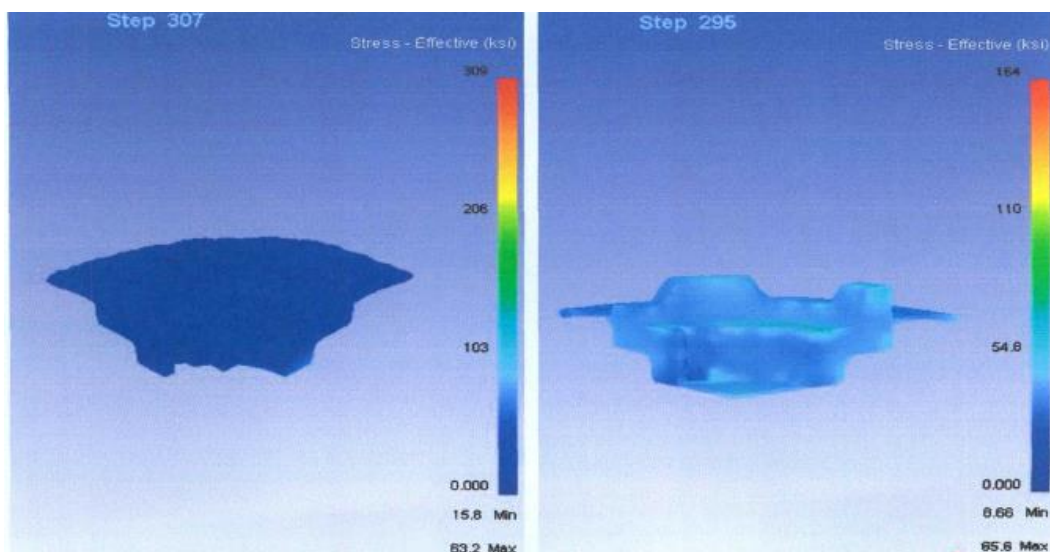


图 15 两方案应力分布云图对比

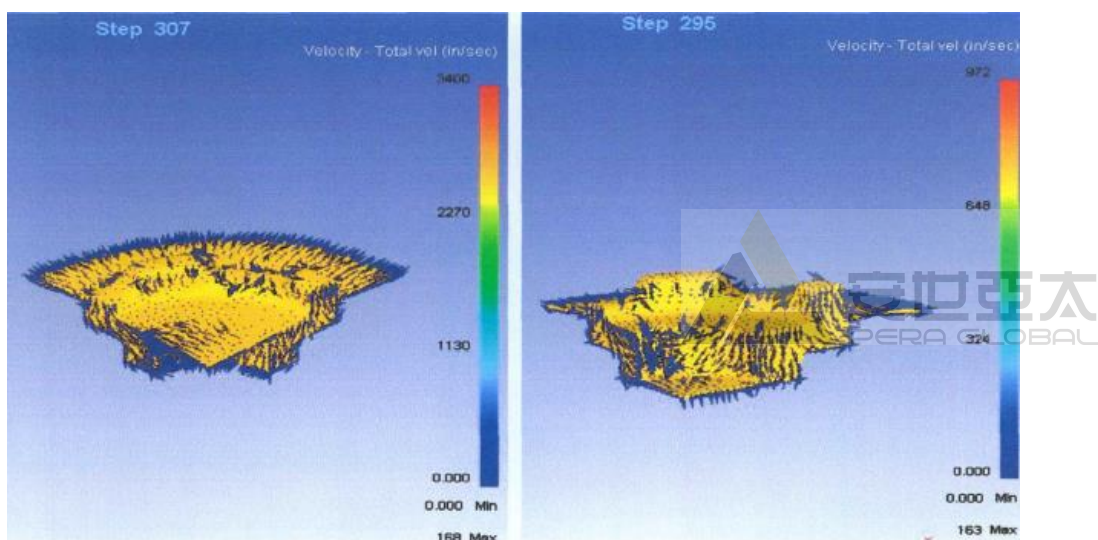


图 16 两方案速度矢量云图对比

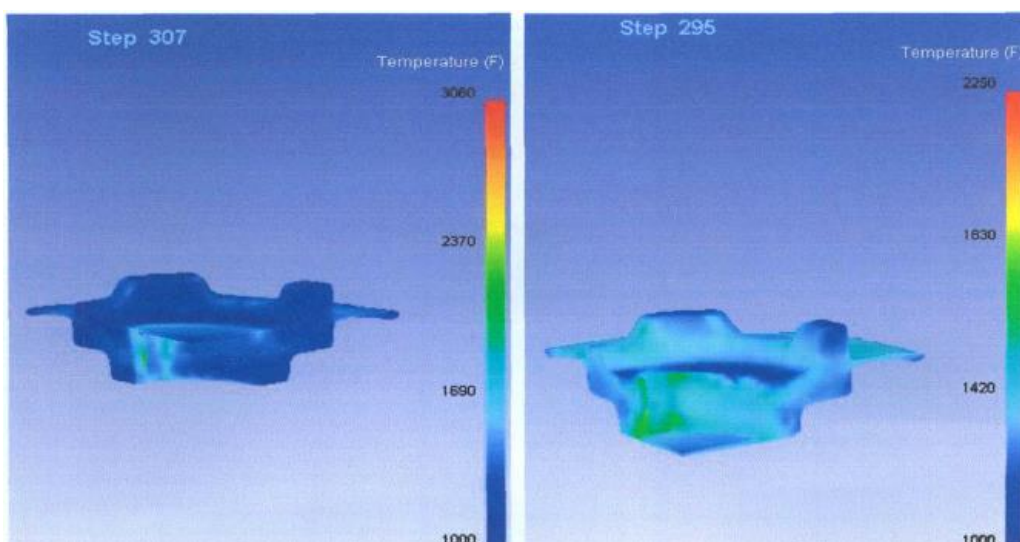


图 17 两方案温度分布云图对比



通过对各变量云图的数值大小及分布均匀度分析，模具方案一为适合的模具方案。

### 3.4 轴承机加工工艺分析

轴承制造过程中涉及到车削和磨削等机加工类型，可以使用 CAE 手段对机加工工艺过程进行模拟，预测缺陷，优化工艺参数等。

以下为单粒磨粒磨削的有限元分析。

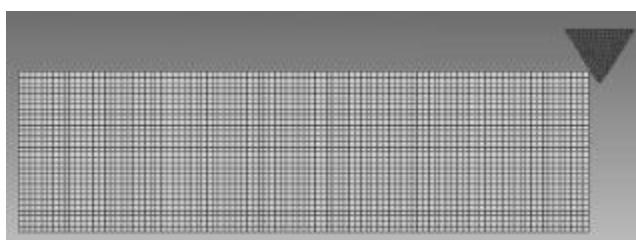


图 18 有限元模型

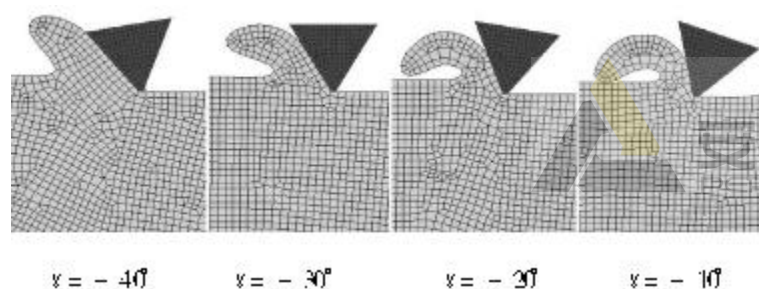


图 19 不同前角下的磨削形态

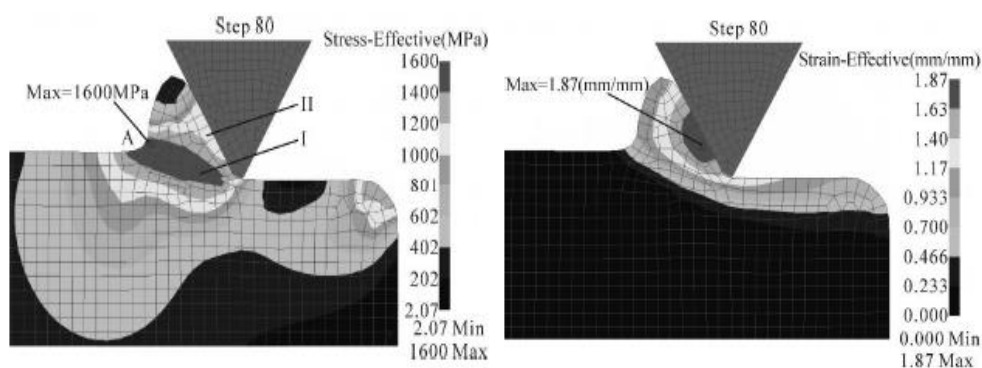


图 20 磨削过程中的应力应变分布云图

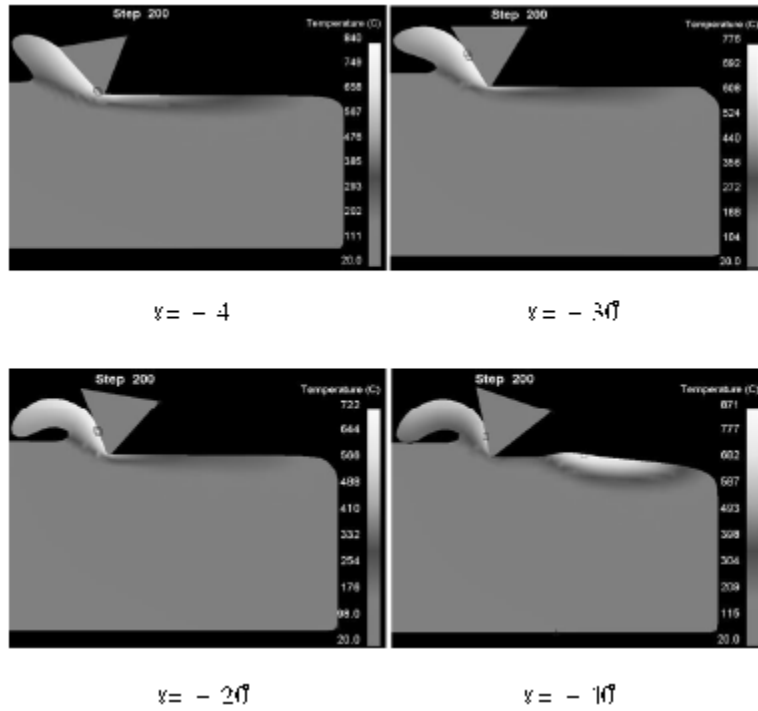


图 21 不同前角下的磨削温度分布云图

### 3.6 轴承冲压工艺分析

保持架常见成形工艺为冲压成形，以下为推力球轴承保持架冲压成形模拟，通过模拟预测零件的缺陷及回弹量大小，为下步模具修改提供有价值的参考。

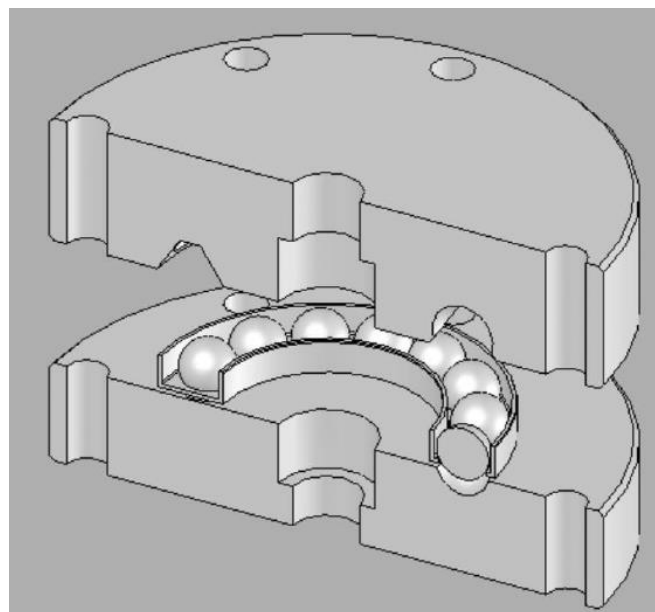


图 22 模具模型

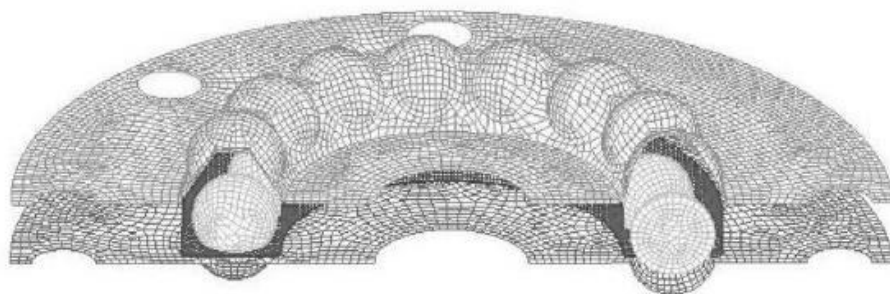


图 23 有限元仿真模型

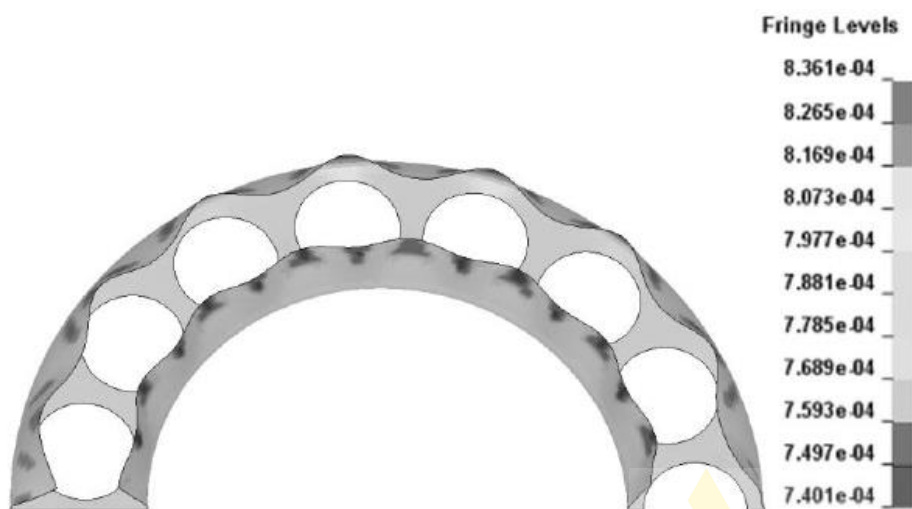


图 24 厚度分布云图

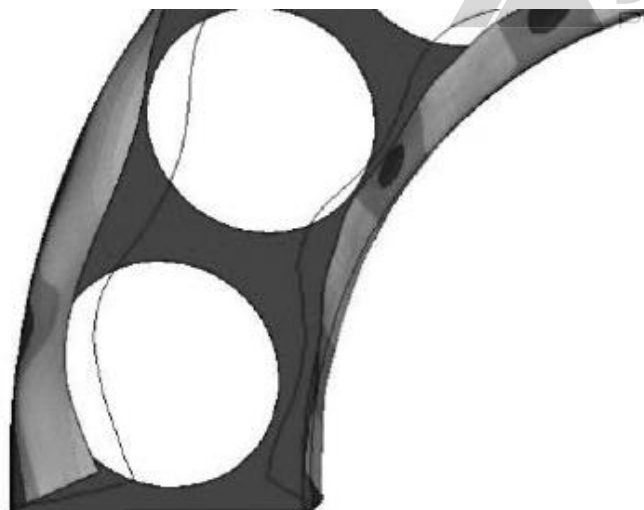


图 25 回弹量预测及回弹前后对比

### 3.5 轴承热处理工艺分析

轴承的热处理工艺，主要包括奥氏体化，渗碳，淬火。热处理阶段中，常会出现热处理过程相变过程无法监控，渗碳深度及碳含量无法确定、淬火马氏体转变率不能准确控制、工件发生淬火扭曲变形、残余应力过大或分布不合理、淬火硬度及淬裂不够等缺陷，而通过传

统“试错”及经验的方式并不能准确和科学化、数据化地分析热处理工艺的合理性，造成了金属的热处理工艺失败，延长了生产周期。轴承工艺分析可对热处理整个工艺过程进行模拟分析，通过直观分析云图及各种数据判断轴承在热处理过程中产生的缺陷及工艺设计问题，达到良好的设计需求。

- 可实现轴承及轴承座圈全工艺热处理过程,包括奥氏体化、渗碳、油淬、空冷，预测热处理缺陷；
- 可获得热处理过程轴承温度场、应力应变、相转变含量、渗碳深度、残余应力等数据，准确把握热处理时间、优化热处理工艺；

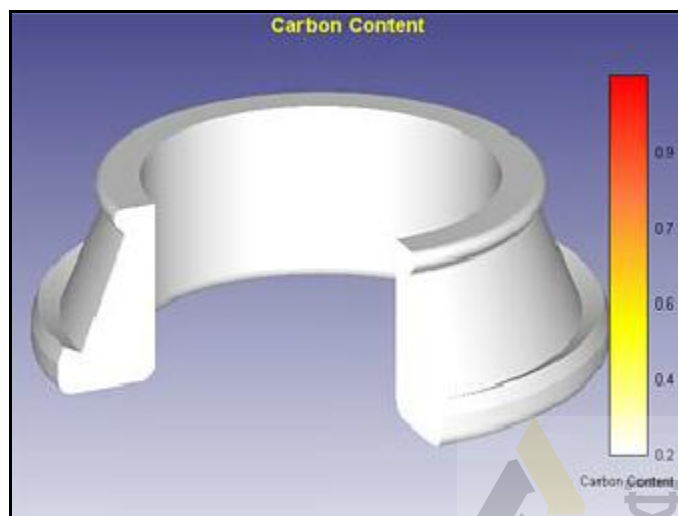


图 26 轴承渗碳含量分析

- 预测热处理各种缺陷，包括淬火变形、淬裂、残余应力过大等；
- 可进行后续的切削工艺，获得热处理后切削回弹情况；

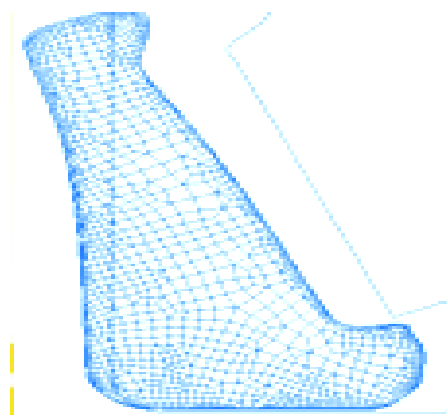


图 27 热处理后切削变形分析

## 4 安世亚太轴承制造工艺 CAE 工具

工艺类型	安世亚太仿真工具
碾压工艺	DEFORM-Ring rolling
挤压工艺	DEFORM-3D
模锻工艺	DEFORM-3D
机加工工艺	DEFORM-Machining
冲压工艺	DYNAFORM
热处理工艺	DEFORM-HT

## 5 安世亚太公司及技术支持

安世亚太科技股份有限公司一直是国内最大的工程仿真技术提供者和技术服务商，为金属成形软件客户提供全方位本地服务和技术支持。

### 安世亚太及其服务支持能力：

- 安世亚太在中国有 12 个分公司，17 个技术支持中心，500 多名员工，其中一半以上是专职技术人员；
- 有成功的商业用户 1400 多家，大学版用户 800 多家；
- 超过 170 多所大学开设软件课程，每年有最少 16000 名受过正规产品培训的大学生走上工作岗位；
- 在软件本地化方面也走在最前列，自 1998 年就率先在国内推出全套中文手册，目前所有的分析过程指导手册和高级培训手册都有相应的最新版汉语版本。

在贵公司软件调研阶段，安世亚太公司提供就近的服务，包括：

- 提供方案、解释方案；
- 探讨最佳配置；
- 解释安世亚太软件所有模块功能以供选择；



- 负责建议硬件配置。

在贵公司成为安世亚太正式用户之时起, 安世亚太公司提供全方位本地服务和技术支持, 包括 (IS09001 认证的服务方式) :

- 指导并完成用户所购软件的安装;
- 建立详细的用户信息档案;
- 为用户提供各种方式的技术支持, 包括:
  - 软件维护;
  - 操作指导;
  - 解决工程技术问题的技术路线指导;
  - 服务方式:
    - E-mail (24 小时);
    - 电话 (工作日);
    - 用户现场;
    - 定期发放用户跟踪表, 定期的用户回访;
    - 提供初级、高级培训;
    - 免费提供安世亚太相关专业杂志, 年会论文集;
    - 有偿提供项目导航、工程项目咨询及软件定制等服务。