

# 重卡底盘悬架零件锻造工艺研究

徐文亮 马长捷 赵元亮

陕西万方汽车零部件有限公司 陕西 西安 710200

**摘要：**本文以重卡底盘悬架零件为研究对象，深入探讨了其锻造工艺的关键环节，包括材料选择、锻造设备与模具配置、过程控制以及后处理与检验。通过实例分析和优化前后的对比，评估了锻造工艺的优化效果。研究发现，合理的锻造工艺能有效提高重卡底盘悬架零件的质量和生产效率，对提升整个重卡行业的制造水平具有重要意义。

**关键词：**重卡底盘；悬架零件；推力杆杆头锻造；锻造工艺

引言：随着重卡行业的快速发展，对底盘悬架零件的性能和质量要求日益提高。锻造作为制造这些零件的关键工艺之一，其技术水平和优化程度直接关系到零件的性能和寿命。本文旨在深入研究重卡底盘悬架零件的锻造工艺，探讨如何通过优化工艺参数、提高设备性能以及加强过程控制来提升零件质量和生产效率。同时，本文还将通过实例分析验证优化措施的有效性，为实际生产提供有力支持。

## 1 重卡底盘悬架零件锻造工艺分析

### 1.1 材料选择与预处理

在重卡底盘悬架零件的锻造中，材料选择是锻造工艺的核心，直接关系到最终产品的性能和质量。由于重卡底盘悬架零件在工作时需要承受巨大的负载和振动，因此对其材料的要求极为严格。选择的材料不仅要具备高强度和高韧性，确保在承受重量和冲击时不易损坏，还需要具有良好的耐磨性和耐腐蚀性，以适应复杂多变的工作环境。在众多的金属材料中，低碳合金钢和中碳合金钢因其优异的机械性能和锻造性能而被广泛应用于重卡底盘悬架零件的制造中。这些合金钢通过加入适量

的合金元素，如铬、镍、钼等，以提高其强度、韧性和耐腐蚀性。同时，它们还具有良好的热处理性能，可以通过淬火、回火等热处理工艺进一步提高其性能。然而，即使选择了合适的材料，也并不意味着可以直接进行锻造。在锻造之前，还需要对材料进行一系列预处理，以确保锻造过程的顺利进行和产品质量的稳定。预处理的首要步骤是热处理，主要是为了消除材料内部的残余应力，提高其塑性和韧性，使其更易于进行锻造操作<sup>[1]</sup>。此外，通过控制热处理的温度和时间，还可以进一步优化材料的组织结构，提高其力学性能。接下来是清洗过程，目的是去除材料表面的油污、锈迹等杂质。这些杂质不仅会影响锻造过程中的润滑和成形效果，还可能引入缺陷和降低产品的使用寿命。因此，清洗是确保锻造过程清洁度的重要环节。最后是表面准备，包括去除氧化皮、打磨等步骤。这些操作可以进一步平滑材料表面，去除表面的凸起和凹陷，为后续的锻造操作提供良好的条件。同时，它们还有助于提高产品表面的光洁度和美观度，增强产品的市场竞争力。例如：我们常见重卡底盘悬架推力杆（如图1），选材45钢材料；

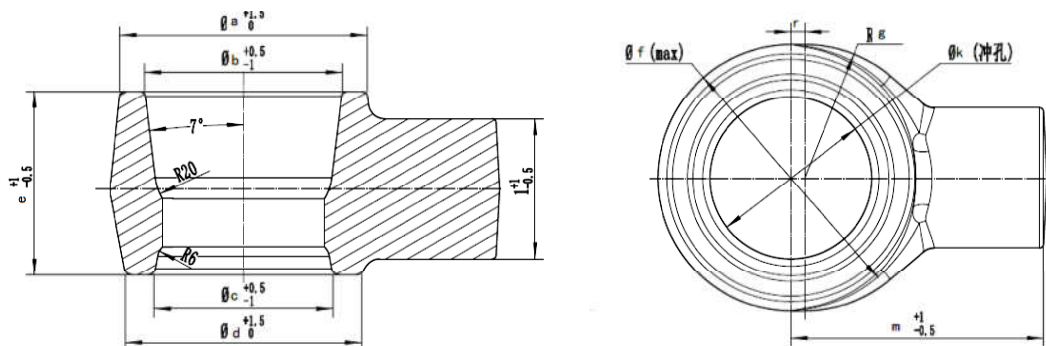


图1 推力杆杆头示意图

### 1.2 锻造设备与模具

在重卡底盘悬架零件的锻造过程中，锻造设备和模

具扮演着至关重要的角色。它们的选择、性能与维护直接关系到零件的质量、生产效率以及整体的经济效益。

首先，锻造设备是提供成形动力和塑性变形条件的关键装置。常见的锻造设备包括压力机、锻锤和液压机等。这些设备通过施加巨大的压力和冲击力，使材料在模具中发生塑性变形，进而获得所需的形状和尺寸。在选择锻造设备时，必须充分考虑设备的吨位、精度、稳定性以及使用寿命等因素。设备的吨位要能够满足材料变形的需求，同时精度和稳定性则保证了零件的成形质量和一致性。此外，设备的使用寿命也是一个重要的考虑因素，毕竟频繁的设备更换和维修都会对生产造成不良影响。与锻造设备同等重要的还有模具。模具是锻造过程中决定零件形状和尺寸的核心工具。

### 1.3 锻造过程控制

锻造过程的控制对于确保重卡底盘悬架零件的质量和性能至关重要。这一环节涉及多个关键参数，必须精

确控制以优化零件的微观结构、力学性能和表面质量。

(1) 锻造温度是关键参数之一。它不仅直接影响材料的塑性和变形抗力，而且是防止锻造缺陷如裂纹、气孔产生的关键因素。过高的温度可能导致材料过烧，而过低的温度则增加材料的脆性，都可能导致锻造过程中产生缺陷。因此，对于每种材料，都需要根据其特定的物理和化学属性，确定一个合适的锻造温度范围，并在实际锻造过程中严格控制。例如：重卡底盘产品件大多属于含铁金属，根据热力学一般原理，系统发生的变化是由于新旧状态的能量高低不同引起的，自由能总是向自由能低能过度（如图2）。钢中奥氏体和珠光体的自由能都随温度变化（如图3），随着温度的升高，奥氏体与珠光体自由能降低，二者的变化率不同。

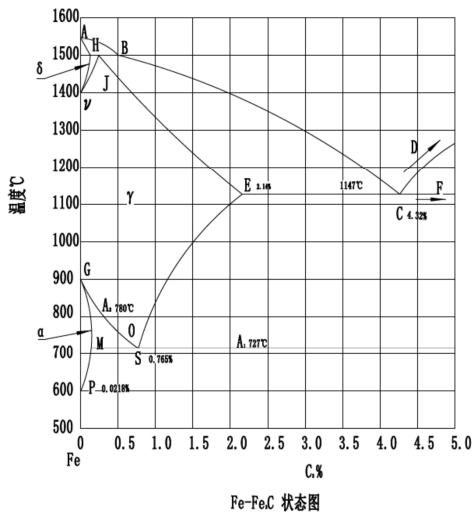
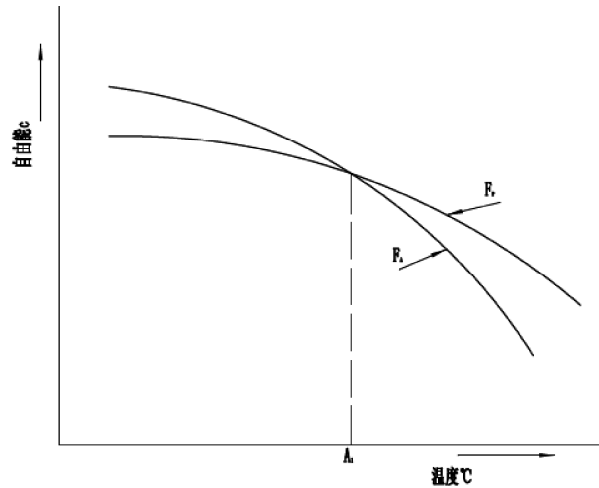


图2 状态图



珠光体自由能 (F<sub>p</sub>) 和奥氏体自由能 (F<sub>a</sub>) 的变化与温度关系

图3 奥氏体和珠光体的自由能与温度关系图

(2) 压力和速度的控制也不容忽视。合适的压力是确保材料在模具中充分填充、形成致密组织结构的基础。而控制锻造速度则可以防止材料在锻造过程中发生过度的流动或变形，从而保持零件的精度和形状。要实现这些控制目标，现代锻造工艺往往借助先进的压力传感器和温度控制系统，对锻造过程进行实时、精确的监控和调整<sup>[2]</sup>。(3) 除了基本的锻造参数控制，锻造过程中的变形和缺陷控制也是至关重要的。裂纹、气孔等锻造缺陷不仅会降低零件的性能和寿命，还可能带来严重的安全隐患。为了预防和控制这些缺陷，需要合理设计模具结构，优化锻造工艺参数，例如锻造比、锻造速度等，并在锻造后进行必要的后处理，如热处理、抛丸清理等，进一步消除潜在缺陷。例如（表一），常用钢预

先不同处理对奥氏体形成的速度影响。

表一 预先不同处理对奥氏体形成速度的影响

| 钢种   | 临界点 (°C) |     | 等温温度 (°C) | 状态 | N (1/mm <sup>3</sup> ·秒) | G (mm·秒)             |
|------|----------|-----|-----------|----|--------------------------|----------------------|
|      | AC1      | AC3 |           |    |                          |                      |
| 20   | 725      | 850 | 740       | 退火 | 1.5×10 <sup>3</sup>      | 2.0×10 <sup>-3</sup> |
|      |          |     |           | 淬火 | 7.6×10 <sup>4</sup>      | 6.2×10 <sup>-4</sup> |
|      |          |     |           | 变形 | 9.3×10 <sup>3</sup>      | 1.4×10 <sup>-3</sup> |
| 40   | 725      | 800 | 740       | 退火 | 1.4×10 <sup>3</sup>      | 1.1×10 <sup>-3</sup> |
|      |          |     |           | 淬火 | 8.4×10 <sup>4</sup>      | 8.7×10 <sup>-4</sup> |
| T7   | 725      | 743 | 740       | 退火 | 1.1×10 <sup>3</sup>      | 1.1×10 <sup>-3</sup> |
|      |          |     |           | 淬火 | 8.1×10 <sup>4</sup>      | 1.7×10 <sup>-3</sup> |
| 20Gr | 740      | 840 | 750       | 退火 | 2.2×10 <sup>3</sup>      | 1.5×10 <sup>-3</sup> |
|      |          |     |           | 淬火 | 6.0×10 <sup>4</sup>      | 4.2×10 <sup>-4</sup> |

续表:

| 钢种    | 临界点<br>(℃) |     | 等温<br>温度<br>(℃) | 状态 | N (1/<br>mm <sup>3</sup> ·秒) | G<br>(mm·秒)          |
|-------|------------|-----|-----------------|----|------------------------------|----------------------|
|       | AC1        | AC3 |                 |    |                              |                      |
| 40Gr  | 743        | 790 | 750             | 退火 | $0.8 \times 10^3$            | $1.0 \times 10^{-3}$ |
|       |            |     |                 | 淬火 | $4.0 \times 10^4$            | $5.5 \times 10^{-4}$ |
| GGr15 | 727        | 900 | 750             | 退火 | $2.1 \times 10^3$            | $4.7 \times 10^{-3}$ |
|       |            |     |                 | 淬火 | $4.3 \times 10^4$            | $9.0 \times 10^{-4}$ |

#### 1.4 后处理与检验

重卡底盘悬架零件的锻造,仅完成了它的制造初始阶段,真正能够迎接实战挑战还需经过后处理和严格检验。后处理,作为锻造后的关键步骤,对零件的性能提升、寿命延长及表面质量的保证至关重要。热处理是后处理中的重头戏。锻造过程中,材料受高温高压作用,会产生内部残余应力。这些应力的存在,如同潜藏的隐患,随时可能引发零件失效。热处理,如淬火、回火等工艺,能有效消除这些应力,优化材料组织结构,进而提升零件的力学性能。此外,抛丸清理也是不可或缺的一环。锻造后的零件表面,常附着氧化皮、毛刺等杂质,不仅影响美观,更可能影响零件的正常工作。抛丸清理利用高速旋转的抛丸器,将这些杂质一扫而空,让零件焕发出全新的光彩。

## 2 实例分析

### 2.1 选取典型重卡底盘悬架零件进行锻造工艺研究

在重卡底盘悬架系统中,我们选取了一个典型的零件——控制臂,作为本次锻造工艺研究的对象。控制臂是悬架系统的关键部件,承受着来自车辆行驶过程中的各种载荷,因此对其强度、刚度和耐久性要求极高。此外,控制臂的几何形状复杂,包含了多个曲面、筋条和连接孔,这对锻造工艺提出了较高的挑战<sup>[1]</sup>。

### 2.2 分析该零件的锻造难点和关键点,提出相应的解决方案

锻造难点:(1)材料流动性。控制臂的形状复杂,要求材料在锻造过程中具有良好的流动性,以填充模具的各个角落。(2)尺寸精度与表面质量。控制臂需要满足严格的尺寸公差要求,同时表面质量也不能有缺陷,如裂纹、折叠等。(3)内部质量控制。由于控制臂在车辆中承受较大的应力,其内部质量必须均匀,不能有夹杂、缩孔等缺陷。

关键点:(1)模具设计。模具是控制臂成形的关键工具,其设计必须考虑材料的流动性、冷却速度以及零件的几何特点。例如:推力杆杆头的锻造,一般选用5~7°拔模角度。(2)锻造参数设置。包括锻造温度、速度、

压力等,这些参数对材料的成形和性能有直接影响。

解决方案:(1)优化模具设计。通过对模具的结构、流道、冷却系统等进行优化设计,在设计中论证合模缝隙位置和脱模斜度,便于锻造后的脱模处理,同事也能提高材料的填充能力和零件的成形精度。(2)选择适宜的材料。选择具有优良锻造性能的材料,并进行合理的预处理,如热处理、合金化等,以提高材料的流动性和成形能力。(3)精确控制锻造参数。根据材料的性能特点和零件的几何形状,精确设定和调整锻造温度、速度和压力等参数,确保零件的内部质量和表面质量。

### 2.3 对比优化前后的锻造工艺,评估优化效果

优化前:(1)材料流动性差,导致部分区域填充不足,需要通过后续加工来弥补。(2)尺寸精度和表面质量不够稳定,存在一定的废品率。(3)内部质量不均匀,存在缩孔和夹杂等缺陷。

优化后:(1)通过优化模具设计和调整锻造参数,材料的流动性得到了显著改善,控制臂的各个区域都能得到充分的填充。(2)尺寸精度和表面质量得到了显著提高,废品率大大降低。(3)内部质量更加均匀,缩孔和夹杂等缺陷得到了有效控制。

评估结论:通过对典型重卡底盘悬架零件——重卡底盘悬架推力杆杆头的锻造工艺进行研究和优化,我们成功地解决了材料流动性、尺寸精度和内部质量等方面的难题。优化后的锻造工艺不仅提高了零件的质量和生产效率,还降低了生产成本和废品率。这充分证明了基于数值模拟和实际生产经验的工艺优化方法在重卡底盘悬架零件锻造中的实际应用价值。

## 结束语

本文对重卡底盘悬架零件的锻造工艺进行了深入系统的研究,涵盖了从材料选择到锻造完成后的处理与检验等多个环节。通过优化工艺参数和设备配置,我们成功地提高了零件的质量和生产效率。然而,随着技术的不断进步,我们仍需持续探索更加先进、高效的锻造工艺。展望未来,我们将继续关注行业发展趋势,不断推动重卡底盘悬架零件锻造工艺的创新与发展。

## 参考文献

- [1]刘青.重卡底盘悬架零件锻造工艺的研究与优化[J].机械制造与自动化,2020,(04):19-20.
- [2]邵林.重型卡车悬架系统关键零件的锻造技术探讨[J].锻压技术,2019,(13):94-95.
- [3]罗志龙.重卡底盘悬架零件锻造缺陷分析及改进措施[J].热加工工艺,2020,(07):77-79.