

基于Simufact的扭杆轴热成型技术研究

唐 俊 朱志勇 吴承然 解晓添 王 宏

株洲时代新材料科技股份有限公司 湖南株洲 412007

摘 要: 文章通过Simufact分析与试验验证相结合的方式对抗侧滚扭杆轴的热成型技术进行系统研究。分析其热成型过程组织形貌、材料流动、纤维流动,以及机械性能等,为研究抗侧滚扭杆轴的热成型过程提供了理论依据与试验证明。结果表明,Φ50的扭杆轴随着加热温度的增加,其折弯后的热应力分布越集中,说明较高的温度会直接影响扭杆轴的成型工艺。同时,降低温度不会影响材料的性能。

关键词: Simufact; 抗侧滚扭杆轴; 热成型

引言

近年来,抗侧滚装置在轨道交通机车上的应用是越来越多。目前国内外大部分的高速动车组与地铁、城轨车辆转向架均采用了抗侧滚扭杆装置^[1],抗侧滚装置主要由扭杆、扭臂、连杆组成,抗侧滚装置的技术发展趋势为轻量化、低噪音、可维护性强以及高性价比^[2]。但应用Simufact模拟研究扭杆轴的热成型过程却非常少。

本文重点在于Simufact仿真分析与试验验证相结合的方式对抗侧滚扭杆轴的热成型技术进行系统研究。分析其热成型过程组织形貌、材料流动、纤维流动,以及机械性能等,为研究抗侧滚扭杆轴的热成型过程提供了理论依据与试验证明^[3]。

1 试验方案与过程

1.1 扭杆轴热成型仿真试验方案

为了实现对抗侧滚扭杆轴热成型工艺中的仿真测试,首先要完成前期的加热、墩粗、冷却、局部加热的仿真过程。在Simufact软件中通过接触换热间接实现。对象中选择热锻,之后选择加热、二维轴对称、有限单元、炉温25℃、模具数量1。在热输入选择完成之后,绘制加热套几何模型并装配,加热套直径5mm左右。对象储存区选择材料为52CrMoV4,将选择好的材料拖拽到进程树中工件下面,完成材料参数设置。选择四边形单元、单元尺寸、设置网格细化准则,完成网格划分。最后尺寸输入,按照扭杆轴的直径输入Φ50。

热参数设置为750℃、850℃、950℃、1050℃等热成型工艺参数。选择分析模型,默认为“HeatingFe3D”,

设置加热套与坯料之间的接触关系。接触类型为接触,近接触公差为6mm,表示加热套周围6mm均判定为接触换热区域。仿真参数输入,选择热锻、弯曲、3维、环境温度25℃、模具数量5。如图1.1.1为仿真示意图。

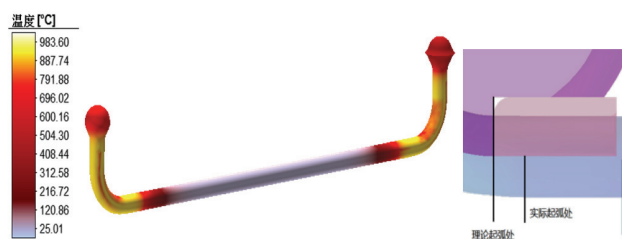


图 1.1 仿真示意图

1.2 扭杆轴热成型工艺试验方案

采用电磁感应加热后折弯的热成型工艺分别制备出750℃、850℃、950℃、1050℃等四种不同温度下的扭杆轴试棒,针对不同试棒的微观组织、机械性能、奥氏体晶粒度等深入研究。本次试制所用的52CrMoV4的材料化学成分(wt.%),合金结构钢。抗拉强度为1370~1670MPa,屈服强度为1175MPa,伸长率为6%,软退火后的硬度≤248HBW,冲击功AKV2(室温)不小于8J。

2 仿真分析

如表2.1所示为不同温度下Φ50扭杆轴热成型仿真参数,如图2.1所示为不同温度下扭杆轴等效应力(δ)图。从仿真结果来看,随着温度的提高,等效应力从234.38Mpa下降至71.14Mpa,等效应变从1.23下降至1.12,降低的幅度比较小。等效塑性应变率从0.38%上升至2.08%。

表 2.1 不同温度 $\Phi 50$ 扭杆轴热成型仿真参数

等效应力 (δ)	等效塑性应变 (ϵ)	温度 (T)	等效塑性 应变率
234.38	1.23	753.27	0.35
206.26	1.23	854.77	1.54
165.74	1.21	952.74	1.43
71.14	1.12	1021.52	2.08

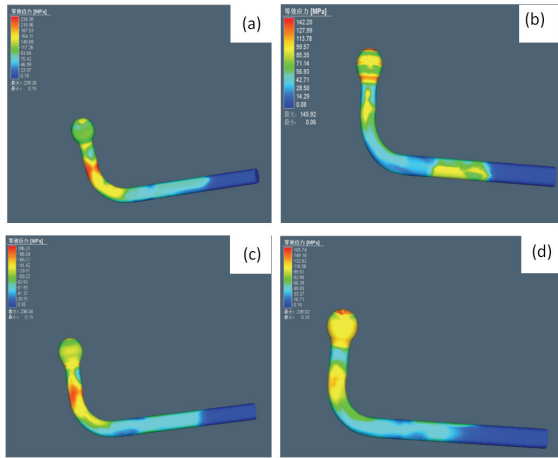


图 2.1 不同温度下扭杆轴等效应力 (δ) 图
(a) 750℃; (b) 850℃; (c) 950℃; (d) 1050℃

3 性能分析

3.1 奥氏体晶粒长大趋势对比

如图 3.11 所示为不同温度下扭杆轴的金相组织图，可以看出，在 850℃ 加热后折弯晶粒尺寸约为 12 μm ，晶粒度约为 9 级，当加热温度升至 950℃，晶粒尺寸明显长大，晶粒度可达 7 级，但是当加热温度达到 1050℃ 时，材料晶粒尺寸明显粗大，已不能满足相关技术条件需求。

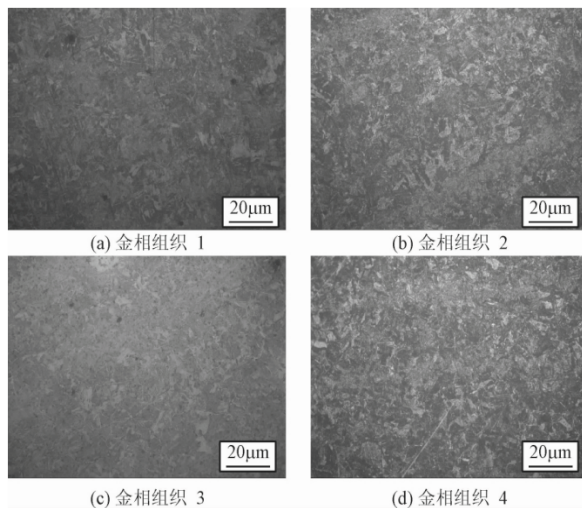


图 3.1 不同温度下扭杆轴的金相组织图
(a) 750℃; (b) 850℃; (c) 950℃; (d) 1050℃

3.2 扭杆轴机械性能趋势对比

如表 3.21 所示为不同温度下 $\Phi 50$ 扭杆轴的机械性能检测，可以看出，扭杆轴的抗拉强度、Rp0.2、断后伸长率、冲击功和硬度的机械性能的数据差距不大，说明随着折弯温度的上升，对 $\Phi 50$ 扭杆轴的机械性能影响不大。

表 3.21 不同温度下 $\Phi 50$ 扭杆轴的机械性能检测

	抗拉强度 (N/mm^2)	Rp0.2 (N/mm^2)	断后伸长率 (%)	断后收缩率 (%)	冲击功 (J)	硬度 (HRC)
750℃	1526	1456	8	34	22	47.51
850℃	1528	1438	8	32	23.2	46.28
950℃	1535	1429	7	30	22.4	47.82
1050℃	1548	1424	7	29	21	45.41
要求	1450 ~ 1650	≥ 1300	≥ 6	≥ 25	≥ 10	45 ~ 51

结论

研究采用仿真分析加实验结合的方式对扭杆轴进行热成型试验，从仿真结果、微观组织、机械性能等方面分析研究热成型温度对扭杆轴质量的影响，并择优确定最佳热成型工艺参数温度为 750℃，保温时间为 10min，该工艺下可以满足产品生产需求。

参考文献

- [1] 王福文, 冯爱国. 2022 年我国城市轨道交通数据统计与发展分析[J]. 隧道建设, 2022, 15 (05): 45-52. DOI: 10.16661/j.cnki.1672-3554.2022.04.054.
- [2] 梁鑫, 罗世辉, 马卫华. 抗侧滚扭杆对地铁车辆动力学性能研究铁道车辆[J]. 内燃机车, 2011, 06 (04): 45-52. 2011.12.135.
- [3] 李鹏, 刘文松, 邹敏佳. 静摩擦力传递载荷在抗侧滚扭杆装置中的应用[J]. 研究开发, 2021, 1007-6034 (2022): 04-0011-03. DOI: 10.14032/j.cnki.1007-6034.2022.04.004.