

价值工程在大带冠导叶改进方案的应用

勾晶晶 朱小燕 彭熙熙 张海

东方汽轮机有限公司, 四川 德阳 618000

[摘要] 大带冠导叶片毛坯采用方钢, 材料利用率低, 材料费高, 加工时金属去除量大, 刀具消耗较大, 加工成本高。本篇文章应用价值工程的原理, 通过对汽轮机关键核心零部件进行成本分析, 以大带冠导叶片为降本对象, 从毛坯方案、精加工工艺、产品性能检测、经济效益等方面阐述价值工程对于实际生产应用的指导意义。

[关键词] 价值工程; 成本分析; 大带冠导叶; 毛坯; 精铸

DOI: 10.33142/sca.v7i8.13066

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Application of Value Engineering in Improvement Scheme of Large Coronated Guide Vanes

GOU Jingjing, ZHU Xiaoyan, PENG Xixi, ZHANG Hai

Dongfang Turbine Co., Ltd., Deyang, Sichuan, 618000, China

Abstract: The blank of the large crown guide vane is made of square steel, which has low material utilization rate, high material cost, large metal removal amount during processing, high tool consumption, and high processing cost. This article applies the principles of value engineering to analyze the cost of key core components of steam turbines. Taking the large crown guide vanes as the object of cost reduction, the guiding significance of value engineering for practical production applications is elaborated from the aspects of blank design, precision machining technology, product performance testing, economic benefits, etc.

Keywords: value engineering; cost analysis; large crown guide vanes; roughcast; precision casting

1 价值工程原理

企业研究价值工程, 其目的在于分析和研究如何通过控制产品成本实现既定项目、产品、服务或作业所必需的功能, 以充分体现价值内涵。价值工程中“价值”定义为“产品、项目、服务或作业所具有的功能与获得该功能的全部费用之比”。即价值表达式为:

$$\text{价值}(V) = \text{功能}(F) / \text{成本}(C)$$

价值 V: 产品、项目、服务或作业的功能与实现这些功能所耗费的成本之比;

功能 F: 产品、项目、服务或作业实现的功能、效用, 即使用价值;

成本 C: 实现产品、项目、服务或作业功能所耗费的人力、物力、财力等各种资源的量化折算成本;

价值工程(Value Engineering, 简称 VE) 是以产品功能分析为核心, 力求用最低的寿命周期成本实现产品的必备功能, 从而提高价值的一种有组织、有计划的创造性活动和科学管理方法。价值工程在企业工艺改进中的应用, 主要体现在通过功能分析来优化生产流程、提高产品质量、降低成本以及实现资源的有效利用等方面。

2 大带冠导叶现状分析

国内某企业的大带冠导叶片在汽轮机上应用广泛, 具有结构标准化程度高、生产批量大等特点。传统的大带冠导叶片为保证叶片性能, 通常在生产工艺上采用方钢锻件毛坯, 其成品材料利用率低、机加工余量大, 生产成本居

高不下。

大带冠导叶片成本问题作为价值工程研究对象, 其工作实质是在保证叶片使用性能的前提下, 寻求更为经济的生产方案。分析发现, 方钢锻件毛坯的材料利用率低是问题的主要原因, 近些年国内机械行业精密铸造工艺水平的提升为解决这个问题提供了一种思路。

3 大带冠导叶精铸毛坯改进方案

通过前期数据分析和对精铸市场的调研, 大带冠导叶毛坯由方钢改为精铸, 可在大幅提升毛坯的材料利用率的同时降低后续精加工成本低。预期精铸导叶产品实验成功并投入应用, 先从成熟材质的大带冠导叶片(主要为低压导叶)着手, 再推广到 NbN、Co3W2 材料的导叶片(主要为高中压大带冠导叶)上去。



图1 精铸大带冠毛坯示意图

3.1 功能分析

通过前期调研, 精铸工艺具有以下特点:

- (1) 铸件的尺寸精度高，表面粗糙度小；
- (2) 尺寸余量小，可大量减少金属切削工作量或实现无余量铸造；
- (3) 省却了传统工艺中成本比重最大的气道型面铣削加工过程，缩短了工艺流程；
- (4) 一次成型，无需后续加工，成品率达到90%以上；
- (5) 合金材料不受限制，各种合金材料均可以应用熔模铸造方法加工为铸件。

结合精铸工艺的特点，大带冠导叶毛坯由方钢改为精铸，导叶的强度及性能可满足使用功能。虽然现某厂不具备自制能力，经调研，可利用市场上先进精铸资源。因此，该改进方案技术可行性良好。

3.2 价值分析

通过叶片的材质、重量等关键因素估算其精铸导叶成本，并将其同现有方钢成本进行对比分析。表1为某企业选定产品型号的主要部套的价值分析数据：

表1 某型号汽轮机产品主要部套价值分析数据

物料编码	物料描述	成本（方钢毛坯）	成本（精铸）
XXXXXX	标准导叶片	2,027.1	950
XXXXXX	标准导叶片	1,580.0	850
XXXXXX	标准导叶片	1,654.2	850
XXXXXX	标准导叶片	1,765.3	950
XXXXXX	中压2级标准导叶片	2,914.9	1150
XXXXXX	中压1级导叶片	1,209.2	750
XXXXXX	中压第8级标准导叶片	3,010.1	1350

通过表格分析，大带冠导叶毛坯精铸生产方案较方钢毛坯成本降本空间>40%，且精铸毛坯机加工余量较方钢大幅减少，同时能较少机加工实际，从而降低加工成本，其经济效益可观。

4 方案实施

4.1 精铸毛坯试制

通过前期调研和协调，先后有7家供应商参与此项目精铸毛坯试制工作。充分运用价值工程原理，结合厂家的制造水平和生产成本，从功能和成本出发，对试验厂家进行排序，对供应商进行能力评价。表2为该项目供应商评价表：

表2 供应商评价表

序号	供应商	厂址	技术水平评价	参与样品批次	样品提供周期
1	xxx	北京	★★★★★	2	50
2	xxx	成都	★★★★★	2	40
3	xxx	成都	★★★★★	2	55
4	xxx	常州	★★★★★	2	45
5	xxx	西安	★★★★	2	45
6	xxx	常州	★★★★	2	45
7	xxx	潍坊	★★★	1	45

为保证精铸大带冠导叶毛坯试制成品，前期广泛引入外部精铸资源参与。但在尺寸精度、精铸缺陷控制、理化性能研究等方面还存在难点。

4.2 试件精加工

为实现精加工环节降本最大化，不断通过精加工试制验证毛坯来料的最佳技术方案。在优化后续精加工工艺方案时，不断地调整毛坯余量，最终确定了精铸大带冠毛坯的经济工艺余量。通过试件加工成本测算，确定精铸毛坯来料余量控制为2mm。余量过大，加工成本高，余量过小，技术和质量风险高。

通过反复试验，由于精加工余量较少，毛坯在加工过程中由于精加工基准与毛坯基准的偏差，容易导致毛坯余量不均匀，从而出现毛坯报废的现象。为提高精加工成品的一次合格率，根据精加工工艺方案，对工艺头找正基准进行了优化，统一了精铸毛坯和精加工工艺基准要求，优化工艺头来料结构形式。

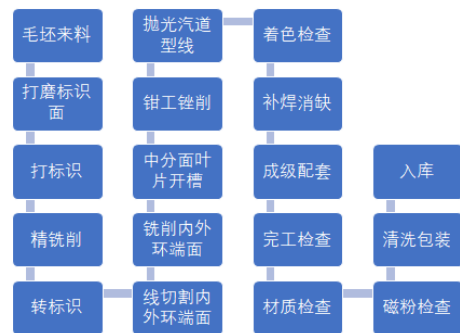


图2 精加工工艺流程图

4.3 试件成品检验



图3 精铸大带冠导叶试件精加工

精加工后，试件成品需进行尺寸检查、无损检查及材质检验，也是整个改进方案的关键检验环节，检测结果的决议直接关系到精铸导叶试制工作是否成功。为此，该方案联合技术、工艺、检验等部门制定了精铸大带冠产品复验流程，具体如下：

(1) 毛坯检验：磁粉，尺寸检验。检验部门完成第一组样品的毛坯磁粉检测和三坐标尺寸检测，并出具相应的数据报告。

(2) 精加工：按图加工、验证毛坯工艺的可行性。加工车间完成第一组样品的加工任务，并保留相关的尺寸记录。

(3) 成品检验：PT、RT、成品检验。检验部门完成第一组样品的成品 PT、RT、尺寸检测，并出具相应的数据报告。

(4) 材料性能检测：实物解剖，成分、机械性能检测。材料研究中心完成第一组样品的材料分析和机械性能检测，并出具相应的数据报告。

(5) 复验评估：设计部门针对复验检测结果，对精铸导叶缺陷进行疲劳断裂分析并出具了“精铸导叶允许缺陷评估分析报告”，以便结合现有评判标准对精铸导叶进行验收。

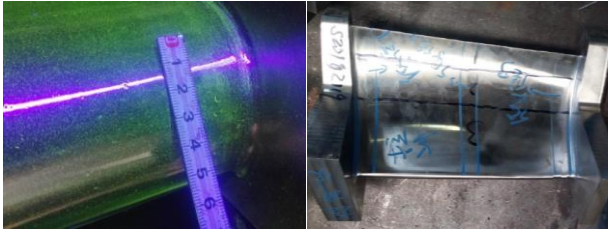


图 4 无损探伤检查

图 5 叶片成品理化检测

导叶片低倍检查结果




标号及位置	图样	描述
HY003 A-A 截面		一般疏松, 最大疏松的尺寸 1.5mm。
HY003 B-B 截面		一般疏松, 最大疏松的尺寸 1mm。
HY003 C-C 截面		一般疏松, 最大疏松的尺寸 1mm。

图 6 精铸导叶片试件成品低倍检查

最后, 通过对大带冠导叶片成品试样展开多批次的检验, 结合技术部门性能分析报告, 精铸大带冠导叶片方案成功通过了公司专家评审。同时, 为了更广泛地推广这一应用成果, 技术部门制定了一系列完善的标准, 如汽轮机用铸造静叶片采购规范、精铸静叶片铸造缺陷的消除和补焊规范等, 从而形成一套精铸大带冠导叶片的质量标准和检验体系, 也标志着精铸大带冠导叶片方案取得成功。

5 经济效益

大带冠导叶精铸毛坯试制攻关成功后, 先后在企业多个生产项目上按精铸导叶方案试生产, 实际成品导叶片合格率为 98%, 符合预期。表 3 为精铸大带冠毛坯成本数据分析如表 3。实际成本数据表明: 大带冠导叶片改进方案综合降本率约为 45%, 可创造某企业年经济效益超过 8000 万元。相对方钢毛坯方案, 精铸大带冠导叶片方案减少了大量粗加工工序, 提高了生产效率, 大带冠导叶片机加工时间

降低 67%。现该种结构导叶片已选定了 2 种常用材质, 并且精铸大带冠导叶片方案已通过批量试生产验证, 在某企业已开始全面推广应用精铸大带冠导叶片设计和生产方案。

表 3 精铸大带冠毛坯成本数据分析

序号	项目号	物料名称	方钢方案成本 (元)	精铸方案成本 (元)	降本率
1	2T-XXXXXX	低压正/反第 2、3 级导叶片	2013439	1038271	48.4%
2	2T-XXXXXX	低压正/反第 1、2、3 级导叶片	1371880	726555	47.0%
3	2T-XXXXXX	低压正/反第 1、2、3 级导叶片	995544	513292	48.4%
4	2T-XXXXXX	低压正/反第 1、2、3 级导叶片	4008085	2232859	44.3%
5	2T-XXXXXX	低压正/反第 1、2、3 级导叶片	2067330	1101463	46.7%
6	2T-XXXXXX	低压正/反第 3 级导叶片	1502535	869896	42.1%
7	2T-XXXXXX	低压正/反第 1、2、3 级导叶片	5183888	2791175	46.2%

6 结语

通过深入应用价值工程原理, 我们在确保产品功能(F) 维持不变的同时, 不遗余力地寻求成本(C) 的最大限度降低, 从而显著提升产品的整体价值。在推进大带冠导叶改进方案的过程中, 坚持以价值为导向, 紧密结合产品的结构特点和当前市场精密铸造技术的发展水平。通过精细的市场调研和资源整合, 深入挖掘了市场中的技术及配套资源, 进一步释放了市场的差异化竞争活力。

这一改进方案不仅大幅降低了大带冠导叶片的生产成本, 还确保了产品质量的稳定性和可靠性。这种成本的有效控制, 不仅提升了企业的盈利能力, 更为企业带来了长期稳定的竞争优势。大带冠导叶改进方案的推广和应用, 不仅验证了价值工程原理的实用性和有效性, 更为企业在激烈的市场竞争中立足和发展提供了有力的支撑。

[参考文献]

- [1][日]玉井正寿. 价值分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.
 - [2]王辉, 路立娜. 探索价值工程在机械制造领域的应用[J]. 价值工程, 2014(36): 12-13.
- 作者简介: 勾晶晶 (1987.6—), 女, 大学本科学历, 工程师, 价值工程研究方向。