

# TRIZ 与情景分解法在滚铆机刀具设计中的应用研究

赵熹,潘文宏

(陕西国防工业职业技术学院,陕西 西安 710300)

**摘要:**为进一步提高液力变矩器滚铆机加工的安全性和通用性,以情景分解法为基础,分析了滚铆头刀具全生命周期过程。将问题转化为功能模型,总结归纳出当前滚铆头刀具系统存在的问题,通过 TRIZ 理论将问题泛化为标准通用工程参数,建立阿奇舒勒冲突矩阵,得出特定的解决方案第 1 条发明原理(分割原理)和第 15 条发明原理(动态化原理)与本问题相关。通过情景分解法和 TRIZ 理论实现了滚铆头刀具的创新设计,解决了滚铆加工的安全性和通用性问题。

**关键词:**液力变矩器;滚铆机;刀具;TRIZ;情景分解法;冲突矩阵

**中图分类号:**TH122;TG938 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2021)05-0046-03

## Application Research of TRIZ and Scenario Decomposition Method in Cutter Tool Design of Rolling Riveting Machine

ZHAO Xi, PAN Wenhong

(Shaanxi Institute of Technology, Xi'an 710300, China)

**Abstract:** To further improve the safety and versatility of rolling riveting machine for hydraulic torque converter, the whole life cycle process of rolling riveting head tool was analyzed based on scenario decomposition method. The problem was transformed into a function model, and the problems existing in the current rolling riveting head tool system were summarized. The problem was generalized to the standard general engineering parameters by TRIZ theory, and the Altshuler conflict matrix was established, resulting in the solution that the first invention principle (segmentation principle) and the fifteenth invention principle (dynamic principle) are related to this problem. By the scenario decomposition method and with TRIZ theory, the innovative design of the rolling riveting head cutter is realized, and the safety and universality of the rolling riveting process are solved.

**Keywords:** torque converter; rolling riveting machine; cutter tool; TRIZ; scenario decomposition method; conflict matrix

### 0 引言

液力变矩器广泛应用于汽车、风力发电、农业机械等领域,其组成如图 1 所示。其中涡轮分总成由内、外环和叶片组成。为实现涡轮分总成装配以达到内部流道增阻目的,需将叶片进行固定,这一工艺即为滚铆<sup>[1]</sup>。

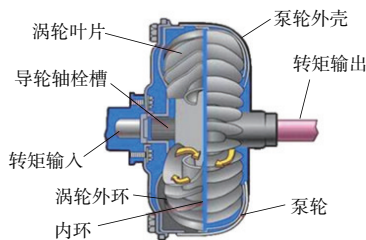


图 1 液力变矩器原理图

国内滚铆工艺以传统手工作业为主,废品率难以控制,生产效率低。为提高和保证液力变矩器的生产效率和

质量,需设计一台滚铆专用机床。滚铆机床作为涡轮和泵轮等回转体零件滚铆加工的非标设备,其加工对象为回转盘类零件,叶片和壳体材料为 10F 钢,可加工零件最大外形尺寸:φ450×100 mm,叶片厚度为 2 mm。滚铆前后内、外环叶片效果图如图 2 所示。

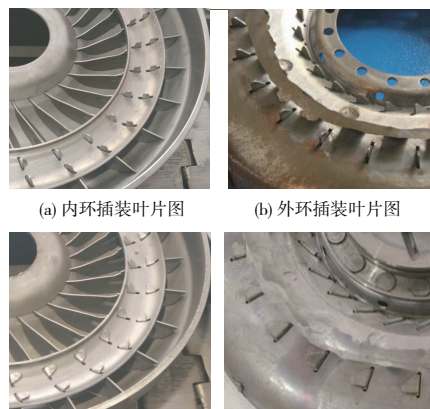


图 2 滚铆前后内、外环效果图

基金项目:陕西省教育科学规划课题(SGH17V026);陕西国防工业职业技术学院科研项目(Gfy19-28)

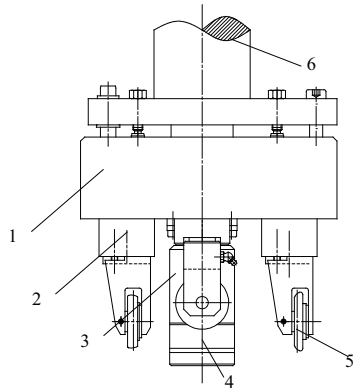
第一作者简介:赵熹(1982—),男,陕西咸阳人,副教授,硕士,研究方向为机械设计制造及其自动化、数控技术。

## 1 滚铆头刀具问题的分析

滚铆机主运动即为主轴的旋转运动,由电动机、变频器和减速器等组成。以控制主轴滚铆头的旋转运动,从而满足滚铆加工的动力要求,实现叶片的拨倒和压弯。到目前为止,滚铆头刀具的设计仍是一大难题<sup>[1]</sup>。

滚铆头通过主轴进给运动到达滚铆加工的预定位置,使滚铆头刀具与涡轮外环接触,继而主轴旋转带动滚铆头转动,滚铆头施加滚铆力来实现对耳片(需考虑叶片位置和角度)的拨倒和压弯。经过一定的时间保压后,使得叶片与涡轮外环紧密贴合。

根据滚铆要求,滚铆机泵轮外环的滚铆头刀具结构图如图3所示。主要有以下问题:滚铆质量不佳,叶片应力集中易导致主轴载荷过大,噪声明显,且无法实现多种型号液力变矩器的滚铆加工。



1—滚压体；2—外环内圈滚轮；3—外环中圈滚轮；4—外环压铆盘；5—外环外圈滚轮；6—主轴。

图3 滚铆机涡轮外环滚铆头结构图

## 2 基于情景分解法的创新设计模型

根据以上提出的问题,基于情景分解法的创新设计模型,将一个完整的情景分解成一系列相互关联的最简化流程,然后对流程进行逐个分析,根据分析得出需要加以改进的环节。以下对滚铆头刀具制造过程中存在的问题逐个分析<sup>[2-4]</sup>:

1)以滚铆头刀具为研究对象,研究确定了滚铆头刀具主要存在无法实现柔性滚铆、不安全、功能单一、通用性不足的问题,因此可作为创新设计研究的方向;

2)创新策略的选取。由于滚铆头刀具加工的工况环境较为复杂,因此安全性和通用性等需要进行完善,故选择滚铆头刀具的安全性和通用性作为创新设计的目标;

3)对滚铆头刀具在加工过程的安全性和通用性进行情景分解。为提升滚铆加工的安全性,需要改善滚铆力的力学性能;为解决滚铆机功能的单一性和通用性不足的问题,以适应不同型号的涡轮、泵轮的内、外环(YJ、YB和YJH等系列)滚铆加工,需要增加或更换不同的滚铆头刀具。

针对滚铆头刀具的安全性能,根据滚铆头刀具全生命周期流程,得到产品全生命周期的情景分解图,如图4所示,具体建立过程如下:

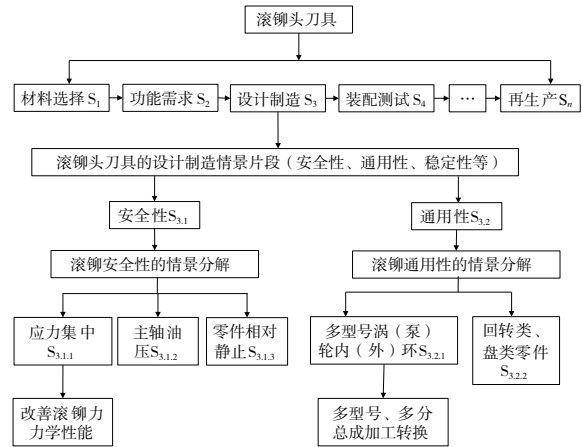


图4 滚铆头刀具的情景分解图

4)矛盾的判定。针对所需解决的问题按TRIZ原理进行合理选择。为改善滚铆加工中滚铆刀具的滚铆力学性能,需优化系统的动力装置,会导致制造过程中成本的增加。因此,在TRIZ理论里参数10(力)和参数22(能量损失)两参数存在技术矛盾。

为解决多型号、多分总成加工转化、通用性不足问题,需要使用到多种滚铆头刀具,才可实现滚铆机的通用性。这样就要求增加滚铆头的数量,必然会导致刀具更换装置所占空间的面积增大,且更换滚铆头刀具繁杂,再者各加工总成标准(叶片角度和位置)不一,因此需要对整个滚铆头进行更换,可制造性较差。因此,为实现滚铆加工的通用性,存在着改善TRIZ理论中参数26(物质或事物的数量)和参数32(可制造性难度较大)两参数存在技术矛盾。

为了解决上述两个问题,将其转化为技术矛盾,根据阿奇舒勒冲突矩阵表,得到相对应的发明原理,并建立冲突矩阵表,如表1所示。

表1 滚铆头刀具设计冲突矩阵表

改善的参数	恶化的参数	推荐的发明原理
10(力)	22(能量损失)	14、15
26(物质或事物的数量)	32(可制造性)	1、6、8、15

由滚铆头刀具设计冲突矩阵表得到推荐的5个发明原理是TRIZ冲突解决原理给出一般问题的标准解如下:

1)分割原理:1)把一个物体分成相互独立的部分;2)把物体分成容易组装和拆卸的部分;3)增加物体相互独立部分的程度。

6)通用性:使一个物体能够完成多项功能,可以减少原设计中完成这些功能所需物体的数量。

8)质量补偿:1)用另外一种能产生提升力的物体补偿第一个物体的质量;2)通过与环境相互作用产生空气动力或者液体动力的方法补偿第一个物体的质量。

14)曲面化:1)将直线或者平面部分用曲线代替,立方体用球体代替;2)采用辊、球和螺旋;3)用螺旋运动代替直线运动,采用离心力。

15)动态化原理:1)调整物体或环境的性能,使其在工作的各个阶段都达到最优状态;2)分割物体,使其各元件

之间可以改变相对位置;3)如果一个物体是静止的,使之变为运动的或可变的。

### 3 问题的解决

上述发明原理对作为具体的研究对象滚铆头刀具而言,需根据实际具体的工况进行分析。再结合产品设计原则以及各发明原理,针对“6 通用性”、“8 质量补偿”和“14 曲面化”这 3 个原理分别会使滚铆头结构更为复杂且体积过大,无法实现柔性滚铆。通过分析研究,最终得到“1 分割原理”(通用性增强)和“15 动态化原理”(安全柔性滚铆)与所提出问题相关联,采用这 2 个原理可有效地解决滚铆头刀具设计中出现的问题<sup>[5-6]</sup>。

根据发明原理“1 分割原理”得到的设计启示是:由于滚铆机主轴与滚铆头是一体的,如果加工不同种类的零件,就需对整个主轴进行更换。此项工作费力、费时且复杂,再者滚铆机也需停止工作。在此采用分离原则,将加工各种零件所对应的滚铆头刀具分割成单独可分离的组成部分,使用法兰盘和螺栓进行联接,以实现滚铆头刀具的随时更换,见图 5。由此对滚铆头刀具进行快速方便更换,实现了滚铆机的通用性及多型号零件的滚铆加工。一机多用,实现可互换性,继而大大提高生产效率。泵轮插装叶片在泵轮腔体未冲透的凹槽中插装,只需进行内环滚铆。涡轮则需内、外环进行滚铆加工。为了适应不同型号涡轮、泵轮的内、外环滚铆加工,故设计多型号滚铆头刀具,见图 6。

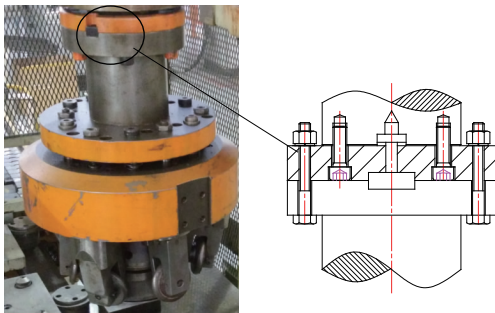


图 5 改进涡轮内环滚铆头模型及实物图

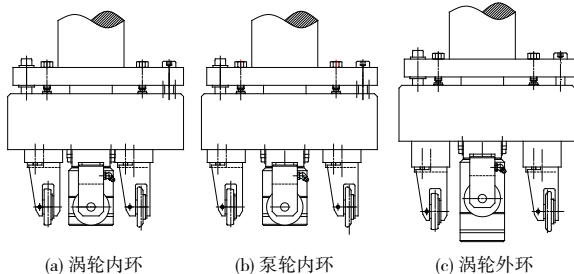


图 6 不同总成加工的滚铆头刀具

对于“15 动态化原理”,将滚铆头旋转的滚铆力由固定的滚铆力变为动态的柔性滚铆力,既可保证滚铆加工稳定性,同时也提升了滚铆过程中的安全可靠。为防止滚铆时滚轮遇到障碍物或者应力集中等问题致使主轴电动机传动机构过载受损,故在滚铆头设计时,在每个滚轮滚脚处接入圆柱螺旋压缩弹簧,同时还避免了加工时的震动噪声,可改善滚铆力学性能,实现柔性安全滚铆<sup>[7]</sup>,如图 7 所示。

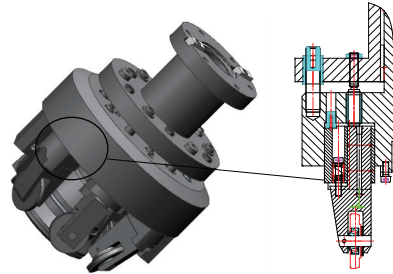


图 7 改进后滚铆头刀具模型图

### 4 结语

滚铆头刀具作为液力变矩器滚铆机重要的组成部分,对提升汽车制造业的自动化程度、生产效率起着重要的作用。在传统机械设计中,对于难以解决的问题,可利用 TRIZ 理论与情景分解法相结合,利用情景分解法精准定位所存在问题的关键环节,可有效节省解决问题时间,提高效率,使得该理论解决问题时更为高效、合理。通过对滚铆头刀具的创新设计,为后续滚铆专机设备的研究设计提供理论依据,并对促进汽车制造业的发展有一定的参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 潘文宏. 液力变矩器涡轮叶片固定滚铆机的设计与研究[J]. 制造技术与机床,2018(7):57-61.
- [2] 任工昌,山旭. TRIZ 与情景分解法在破坏性创新中的应用[J]. 现代制造工程,2018(8):16-19.
- [3] 周升,邓援超,梁进伟,等. TRIZ 理论在包装盒铲边装置优化设计中的应用[J]. 机械设计,2019,36(增刊):77-80.
- [4] 张魏,任工昌,张强,等. TRIZ 与情景分解法在换刀机械手设计中的应用[J]. 制造技术与机床,2018(11):53-57.
- [5] 曹德君,张云,吕军辉. TRIZ 理论在机电产品工艺创新中的应用[J]. 机械设计与制造,2018(6):130-132,135.
- [6] 叶畅,汪木兰,朱延波. 基于萃智(TRIZ)理论的送料装备的创新设计[J]. 制造技术与机床,2018(11):47-52.
- [7] 任工昌,张博文,张膺之. QFD 与 TRIZ 在菠萝去皮机设计中的应用[J]. 包装工程,2020,41(7):157-163.

收稿日期:2020-10-14