

基于 TRIZ 理论的防松型钢丝螺套设计^{*}

刘远祥¹, 李正峰¹, 崔万新²

(1. 无锡商业职业技术学院机电技术学院, 无锡 214153;

2. 无锡市务达五金制品有限公司, 无锡 214174)

[摘要] 针对普通钢丝螺套不具备防松功能, 而锁紧型钢丝螺套又有安装拆卸不便等问题, 运用 TRIZ 理论和方法, 分析了普通钢丝螺套存在的技术冲突, 根据冲突解决矩阵选择可用的发明原理, 设计出内螺纹具有 30° 楔形斜面的防松型钢丝螺套。防松型钢丝螺套使用方便、操作简单, 可部分替代锁紧型钢丝螺套, 扩大了钢丝螺套的应用范围。

关键词: 钢丝螺套; 防松型钢丝螺套; TRIZ; 冲突解决矩阵

Design of Anti-Loose Helicoil Screw Insert Based on TRIZ Theory

LIU Yuanxiang¹, LI Zhengfeng¹, CUI Wanxin²

(1. School of Mechanical and Electrical Technology, Wuxi Vocational Institute of Commerce, Wuxi 214153, China;

2. Wuxi Wuda Hardware Product Co., Ltd., Wuxi 214174, China)

[ABSTRACT] General helicoil screw insert is lack of anti-loose ability, and the locking type has many problems such as mounting and dismounting inconveniently. The TRIZ theory and method are used in this paper to analyze the technical conflicts existing in helicoil screw insert. According to the conflict solving matrix, several available principles for invention are selecte, and then a new type of helicoil screw insert with 30° wedge slope is designed, which is anti-loose, convenient to use and easy to operate. The new designed anti-loose type can partially replace the locking type of helicoil screw insert, and lead to new application fields.

Keywords: Helicoil screw insert; Anti-loose helicoil screw insert; TRIZ; Confict solving matrix

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.19.102

钢丝螺套是一种由截面为菱形的不锈钢丝加工而成的弹簧状内外螺纹同心体, 是一种新型的螺纹紧固件, 其外圈可作为外螺纹旋入基体的内螺纹内, 由其内圈代替基体的内螺纹。钢丝螺套一般嵌入铝、镁合金、铸铁、玻璃钢、塑料等低强度的工程材料中, 形成具有高连接强度的标准内螺纹。另外钢丝螺套还可用于修复失效的内螺纹, 实现基体零部件的再利用。目前, 钢丝螺套技术已广泛用于航空航天、汽车制造、兵器、电器、仪表等多个行业中^[1-2]。

目前, 钢丝螺套分为普通型和锁紧型两种。普通型钢丝螺套筒紧性能差, 如图 1 (a) 所示, 不适合用于振动场合。为解决这一问题, 将普通型钢丝螺套中间部位的若干圈圆形螺丝制成六边形锁紧圈, 称为锁紧型钢丝螺套, 如图 1 (b) 所示。当螺栓拧入锁紧型钢丝螺套筒孔一半时, 螺栓头部碰上锁紧圈, 这时需用工具加力拧

入, 螺栓涨开了钢丝螺套的六边形锁紧圈。反过来, 六边形锁紧圈卡住了螺栓的中径部位, 径向夹持力起到了锁紧作用, 在振动状态下螺栓不会松动。但是, 这种锁紧型钢丝螺套加工工艺复杂、成本高, 使用中还会出现如下问题: (1) 螺栓旋入六边形锁紧圈时, 受到径向夹持力的作用, 如变形控制不合适, 螺套会随螺栓一起旋转; (2) 螺栓旋出时, 同样由于受到锁紧圈的夹持, 有时

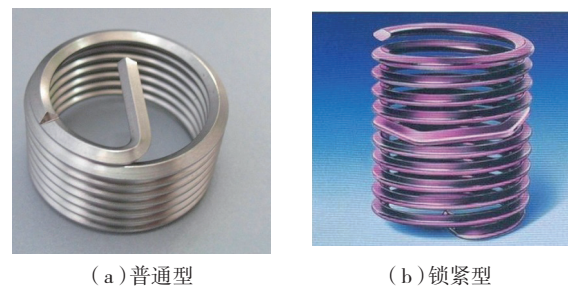


图1 钢丝螺套

Fig.1 Helicoil screw insert

^{*} 项目基金: 江苏省普通高校科研成果产业化推进项目计划 (JHZD2012-24)。

钢丝螺套会随螺栓一起旋出^[1]。锁紧型钢丝螺套由于存在制造和使用方面的问题,大大限制了其应用范围。

针对这一问题,本文应用 TRIZ 理论设计了一种具有防松功能的钢丝螺套,将其称为防松型钢丝螺套。

1 防松型钢丝螺套的发明原理

1.1 TRIZ 主要理论与方法

TRIZ 一词是俄文首字母的缩写,中文翻译为“发明问题解决理论”(Theory of Inventive Problem Solving, TIPS)。前苏联发明家根里奇·阿奇舒勒(Genrich S Altshuller)及其团队对全世界几百万件的发明专利进行了分析、归纳和提炼,并结合多学科的基本原理和技术领域的现有成果创建了 TRIZ 理论,正逐渐被世界上越来越多国家的技术人员所接纳、学习和采用,是一套可利用通用的规则和流程来针对不同领域问题进行技术创新的理论和方法^[3]。TRIZ 理论主要包括 9 大部分,特别是由 39 个通用工程参数和 40 条发明原理组成的冲突解决矩阵是解决技术冲突的有效工具,在产品创新设计中得到广泛应用。

发明问题解决模型如图 2 所示。首先选择特定的技术问题,然后利用 39 个通用工程参数将其抽象为一般问题,并描述技术冲突,通过冲突解决矩阵表给出的若干个发明原理,筛选出针对性强的发明原理,得到一般解;最后设计人员根据工程原理和自己的经验及灵感提出具体的工程解决方案^[4-5]。

1.2 钢丝螺套技术冲突分析

TRIZ 理论认为,当产品的某一个特性或参数得到改善的同时,会导致另一个特性或参数发生恶化,从而产生技术冲突。在冲突解决矩阵中,将 39 个通用工程参数与 40 条创新原理建立对应关系,矩阵的首行和首列都是按序号排列的 39 个通用工程参数,其中列代表改善的工程参数,行代表恶化的工程参数,在冲突解决矩阵中行列交叉位置的数字为解决该技术冲突所推荐的创新原理序号^[3]。

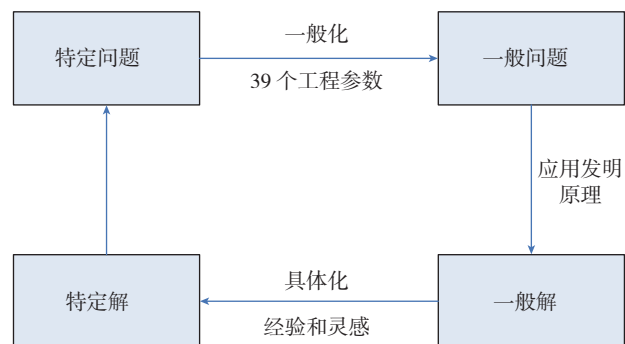


图2 发明问题解决模型

Fig.2 Model of problem-solving in invention

经过分析,找出钢丝螺套希望改进的参数“物体稳定性(防松性能)”和产生负面影响的参数“力(导致松动的动载荷)”、“形状(不能防松的对称三角螺纹牙型)”。根据冲突解决矩阵,构建的钢丝螺套技术冲突矩阵分析如表 1 所示。

表1 钢丝螺套技术冲突矩阵分析表

改善参数	恶化参数	适用发明原理
结构的稳定性 (13)	力(10)	预先作用(10) 物理或化学参数改变(35) 减少有害作用时间(21) 不足或过度作用(16)
	形状(12)	变害为利(22) 分割(1) 机械振动(18) 不对称性(4)

注:表中括号中数字代表 39 个通用工程参数序号或 40 条创新原理序号。

并不是表 1 给出的所有发明原理都能用于解决本文问题,经过分析,认为不对称原理(4)、预先作用原理(10)对解决本文问题有帮助。不对称原理提出“将物体的形状由对称变为不对称”;预先作用原理则可通过“预先对物体(全部或部分)施加必要的改变”^[6]来解决原有的不足,达到期望的性能改善。在创新原理的启发下,本文通过改变钢丝螺套的截面形状来达到防松目的。

2 防松型钢丝螺套的防松原理

在螺纹连接中,当有横向动载荷(振动、冲击和变载荷)作用于螺母上时,会造成螺纹副的摩擦阻力急剧降低,甚至导致摩擦阻力瞬时消失,引起螺母回转而松动。防松的目的在于阻止螺母的反向转动。为此,美国发明了具有防松功能的施必牢螺母,国内又叫 30° 楔形角防松螺母,其特点是在内螺纹增加了 30° 的楔形斜面,加大了摩擦阻力,可以有效阻止螺母的反向转动^[7-8]。

而钢丝螺套是内外螺纹同心体,其外螺纹与基体连接,相当于螺栓,内螺纹与螺栓连接,相当于螺母,于是设想将 30° 楔形角防松技术移植于钢丝螺套的内螺纹,即通过改变钢丝螺套丝材的截面形状,在不增加成本的前提下,就可实现钢丝螺套内螺纹和螺栓螺纹之间的防松。

图 3(a)为普通型钢丝螺套丝材截面图,内外螺纹均为标准的三角形螺纹;图 3(b)为防松型钢丝螺套丝材截面图,其外螺纹为标准螺纹,内螺纹一斜边在接近牙底处呈楔形,其楔形角等于 30°。钢丝螺套自由状态直径大于旋入后直径,当用工具将钢丝螺套旋入基体后,在弹力作用下,其外螺纹与基体紧密接触,一般不会松动。

如图 4 (a) 所示,如果是普通的钢丝螺套,当螺栓拧入后,钢丝螺套内螺纹的前面两个牙的螺纹面承受绝大部分的负荷,而后续螺纹面上的压紧力急剧减少甚至为零^[6]。因此在较大横向动载荷作用下,很容易产生松动。

如图 4 (b) 所示,当螺栓与防松型钢丝螺套拧紧时,全部牙顶紧紧顶在内螺纹 30° 楔形斜面上,而且螺旋线上每牙承受的载荷比较均匀,施加于楔形斜面上所产生的法向作用力与螺栓轴线成 60° 角,而不是普通标准螺纹的 30° 角,这样其径向分力大于轴向分力,增强了抵抗横向动载荷的能力,实现钢丝螺套的有效防松^[7-8]。

3 防松型钢丝螺套的理想度评价

产品的主要目的是提供一定使用功能。TRIZ 理论认为,在不增加新的物理实体前提下,对现有物理实体进行调整和优化也能实现所需的新功能。产品创新设

计追求的目标是增加和优化有用功能,减少和消除负面因素。TRIZ 理论采用如下公式对产品的理想度进行评价:

$$Ideality = \frac{\Sigma \text{有用功能 (Benefits)}}{\Sigma (\text{代价 (Costs)} + \text{有害功能 (Harms)})}$$

式中, Ideality 为理想度, Benefits 为效益, Costs 为代价, Harms 为危害。代价包括生产成本、空间占用、能量消耗等;危害包括产生的废弃物及对环境的污染等。产品的理想度与其效益之和成正比,与所有代价及所有危害之和成反比^[9-10]。据此对防松型钢丝螺套进行理想度分析可以看到,防松型钢丝螺套与普通螺套在制造中的区别只是模具不同,其他制造工艺不需改变,即分母部分几乎没变,而分子部分增加了防松功能,无疑这是朝着理想化方向发展的最佳途径。另外这也符合 TRIZ 理论所推荐的优先利用内部资源的原则。

4 结束语

防松型钢丝螺套的设计和研制被列为 2012 年江苏省普通高校科研成果产业化推进项目,无锡市务达五金制品有限公司承担了试制任务,小批量生产了 M8、M10、M12 等 3 种规格的钢丝螺套,通过观察和试验, M8 以下规格的钢丝螺套由于不能形成明显的 30° 楔形斜面,防松效果不明显,而 M10、M12 两种规格的钢丝螺套具有可靠的抗振、防松性能。由此可知,这种防松技术适用于 M10 以上规格的钢丝螺套。由于具备成本优势,可部分替代锁紧型钢丝螺套,更主要的是安装和拆卸更加容易,节省操作时间,提高工作效率。

参考文献

[1] 崔万新,李正峰. 防松型钢丝螺套: CN201220096139.7[P]. 2012-10-24.
 CUI Wanxin, LI Zhengfeng. Anti-loose helicoil screw insert: CN201220096139.7[P]. 2012-10-24.
 [2] 常仕军,肖红,侯兆珂,等. 飞机复合材料结构装配连接技术[J]. 航空制造技术, 2010(4):72-75.
 CHANG Shijun, XIAO Hong, HOU Zhaoke, et al. Assembly and fastening for composite structure in aircraft[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(4):72-75.
 [3] 刘适,崔雅文,曾涛,等. 基于 TRIZ 理论的飞机零件数控加工防错工具分析与改进[J]. 航空制造技术, 2014(8):72-75.
 LIU Shi, CUI Yawen, ZENG Tao, et al. Analysis and improvement of the aircraft parts NC machining error proofing tool based on TRIZ theory[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014(8):72-75.
 [4] 赵燕江,张永德,邹赫莉. 基于 TRIZ 理论的抽油烟机叶片清理机的设计[J]. 机械设计, 2010, 27(2):70-73.
 ZHAO Yanjiang, ZHANG Yongde, ZUO Heli. Design on vane cleaning machine for soot absorber based on TRIZ theory[J]. Journal of

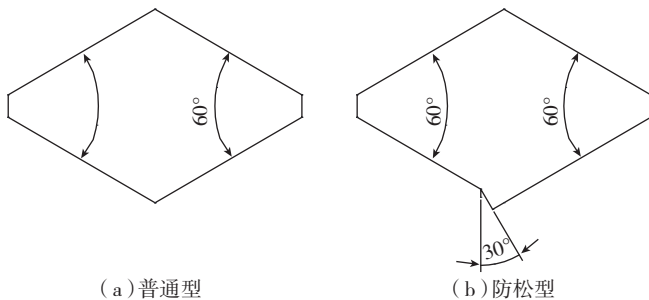


图3 普通型钢丝螺套与防松型钢丝螺套横截面比较

Fig.3 Cross section comparison between common type and anti-loose type of helicoil screw insert

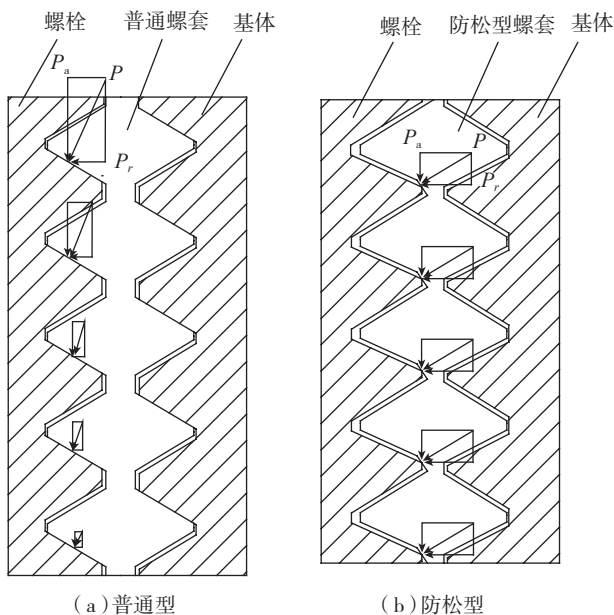


图4 普通钢丝螺套与防松型钢丝螺套受力比较

Fig.4 Stress comparison between common type and anti-loose type of helicoil screw insert

(下转第109页)