

低。为保证部件的平稳吊装，只能根据部件结构设计与之配套的专用吊具（见图2和图3），若采用专用吊具，不同外形尺寸的大部件都需要制作相应的吊具，这样，每种部件都需要配套制作一种吊具，随着展品的多样化，吊具种类会越来越多，存在吊具存放场地不够和吊具制作成本增大的问题。



图1 部件配套吊具



图2 部件配套吊具

2.2 确定设计方案

拟开发一种吊具，为节约吊具制作成本，使吊具通用，决定将吊具的吊点设计为可调节的，吊具的吊点有一定的调解范围，可根据被吊装部件的结构进行调解，满足不同尺寸的部件吊装。

3 主要解决的技术问题

(1) 通过调节吊钩的位置，找出偏心部件的物理重心，避免偏心大部件在吊装过程中的晃动。

(2) 吊点可调，一种吊具可以完成尺寸不一样的多种大部件的吊装。

(3) 不由于吊具的吊点和吊钩均为可调，在起吊时要保证调整后的吊点和吊钩在已调整到的位置而不动。

4 技术方案及具体实施

4.1 技术方案

通过对目前生产中需要吊装八种大部件的外形对照（表1），并对现有四种专用吊具（见表2）进行分析，初步确定制作起吊点调节范围，长度调节在800~2080mm之间，宽度调节在

490~1050mm之间，实现变四种吊具为一种通用吊具。

吊装尺寸可调后，还有一个很重要的问题需要解决，那就是吊装的平稳性保证，部件一般都是偏心的，起吊点也应该设计成可调的，经过工艺、现场等部门的技术人员十几次的反复测量、设计图纸修订，最后确定偏心吊具主要由工字形架体、可调吊点、可调吊钩、吊链四部分组成，具体方案如图3所示。吊点和吊钩的调节以及固定方式的设计是这个课题开发的核心。

表1 各车型部件外形尺寸

部 件	尺寸: 长×宽×高
HX _D 3B机车高压电器柜	2080mm×1000mm×1955mm
HX _D 3B机车辅助配电柜	1100mm×650mm×1955mm
HX _D 3B机车微机柜	853mm×601mm×1355mm
HX _D 3B机车低压电源柜	1200mm×1050mm×2000mm
HX _D 3C机车高压电器柜	1500mm×1040mm×2050mm
HX _D 3C机车辅助配电柜	1100mm×500mm×2000mm
HX _D 3C机车微机柜	800mm×600mm×1900mm
HX _D 3C机车蓄电池柜	1200mm×490mm×980mm

表2 部件常用吊具

吊装部件	吊点尺寸: 长×宽	吊 具
HX _D 3B机车高压电器柜	2080mm×1000mm	HXD3B-GYG
HX _D 3B机车辅助配电柜	1100mm×650mm	HXD3B-FZG
HX _D 3B机车微机柜	853mm×601mm	HXD3B-WJG
HX _D 3B机车低压电源柜	1200mm×1050mm	HXD3B-DYG
HX _D 3C机车高压电器柜	1500mm×1040mm	HXD3B-DYG
HX _D 3C机车辅助配电柜	1100mm×500mm	HXD3B-FZG
HX _D 3C机车微机柜	800mm×600mm	HXD3B-WJG
HX _D 3C机车蓄电池柜	1200mm×490mm	HXD3B-FZG

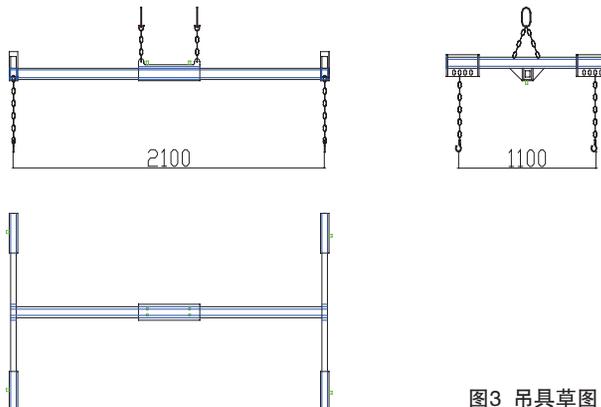


图3 吊具草图

工字形架体的两侧是可以根据偏心重物的长度左右移动的,方向如附图4中A(1、2)箭头所示。工字形架体上装有带吊绳可调吊点,可以根据偏心部件的宽度调整位置,方向如附图中C(1、2)箭头所示,并且每个可调吊点上开有3个孔,孔上装有吊绳,可以通过调整吊绳的长短及吊绳挂在吊点上孔的位置,进行微调,以满足不规则形状大部件的吊装要求。工字形架体的中间是可吊钩,可以根据偏心重物的物理重心沿工字形架体左右移动,方向如附图中B箭头所示。

这样,通过对A(1、2)箭头方向及吊绳长短的调节,可以满足对几何形状不规则的大部件的吊装工作,通过B箭头和C(1、2)箭头的方向调节,以及吊绳挂在吊点上孔的位置,可以找到偏心大部件的物理重心,满足偏心大部件的吊装要求,使偏心大部件的吊装达到更高的可靠性。

图4中:

A1表示工字形框架可向吊钩方向移动,实现吊具长度调节;

A2表示工字形框架可向吊钩方向移动,实现吊具长度调节;

B表示吊钩可沿工字形框架左右移动,实现起吊点重心调节;

C1吊链可向中心移动,实现吊具宽度调节;

C2吊链可向中心移动,实现吊具宽度调节。

4.2 具体实施

完成后吊具工字形架体由高强度方钢制作而成,可调吊点和可调吊钩由高强度钢板焊接而成,为实现吊点可调,焊接组将对吊点的方钢选择为外形尺寸略大于工字形架体的方刚的外形尺寸,这样吊点可以在吊具工字型框架横向灵活移动。为保证可调吊点课可调吊钩调整后的固定,可调吊点和可调吊钩上均开有固定孔,调整好可调吊点和可调吊钩后位置后,在固定孔处安装螺栓固定。

根据部件的几何外形和物理重心,调节吊具上吊点和吊钩的位置,匹配部件的几何外形和物理重心后,固定吊具上的吊点和吊钩,满足对形状不规则的偏心大部件的吊装工作,使吊装具有更好的平稳性,且一种吊具可以完成多种大部件的吊装工作,节省了吊具存放场地和吊具制作费用。

吊具设计制作完成后,现场进行了一个月的HXD3B和HXD3C两种机车大部件的吊装试用,该偏心吊具能够平稳的完成铁路机车用大部件的吊装工作,满足多种外形尺寸大部

件的吊装工作,具有通用性。

5 应用效果

应用本吊具后,只要对吊具吊点和吊钩位置进行调节,一种吊具就可以完成外形尺寸不同的多种大部件的吊装工作,使用偏心吊具吊装偏心大部件时,不但可以使吊装有更好的稳定性,还节约了吊具制作时间和吊具存放场地,原来的多套吊具变成一套吊具,吊具能满足产品变化需要,性能可靠,缩短铁路机车生产准备周期、减少工艺装备重复制造准备工作量、提高生产效率、降低制造成本。该项技术达到国内同行业领先水平,填补技术空白,获得国内实用新型专利成果。T

参考文献

- [1] 代兴军,王明杰,王永良. HXD3B型交流传动电力机车概述[J]电力机车与城轨车辆, 2010(2).
- [2] 周宏,齐林涛,刘云翔.预组装工艺在HXD3B型机车上的应用[J]电力机车与城轨车辆, 2010(4) .
- [3] 米谷茂. 残余应力的产生与对策[M]. 北京:机械工业出版社, 1983.
- [4] 机械设计手册编委会.机械设计手册(第五卷)[K].北京:机械工业出版社, 2004.

作者信息

周宏,高级工程师,北车集团大连机车车辆有限公司,
通讯地址:辽宁省大连市沙河口区中长街51号,邮编:116022
电话:13898483105(手机)
传真:0411-84197642
电子邮箱:z-771203@163.com

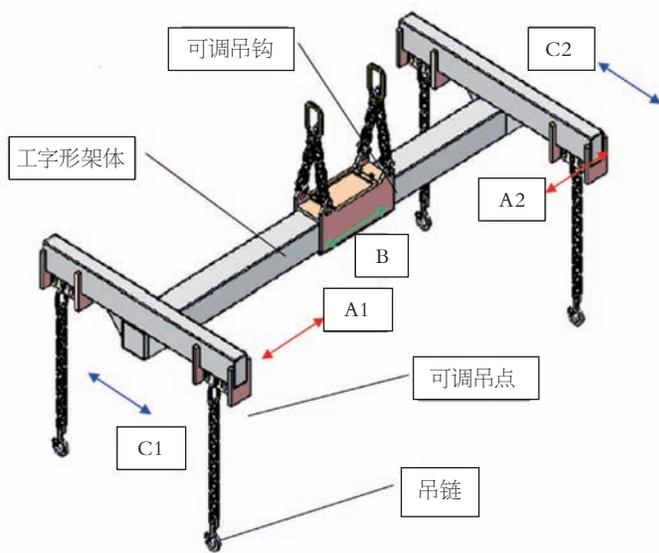


图4 吊具模型图

少片簧失效模式分析及改进

李敏

一汽解放青岛汽车有限公司 青岛 266043

摘要: 采用化学成分分析、断口分析、力学性能测试等方法,对少片簧失效原因进行分析。结果表明:少片簧早期脆性断裂是热处理应力导致的延迟开裂;永久塑性变形是热处理硬度低、导致强度不足;中心孔处疲劳断裂是U型螺栓扭矩不足。

关键词: 少片簧 脆性断裂 永久塑性变形 疲劳断裂

Few Leaf Spring Failure Mode Analysis and Improvement

LI Min

FAW Jiefang Qingdao Automobile CO.,LTD,QingDao

Abstract: Adopt to the chemical composition analysis, fracture analysis, mechanical property testing, few leaf spring failure causes are analyzed. The results show that, few leaf spring early brittle fracture is the delay stress cracking in heat treatment; permanent plastic deformation is low hardness and insufficient strength of heat treatment; the fatigue fracture of holes in the center is inadequate torques of U bolt.

Keywords: Few leaf spring Brittle Fracture Permanent plastic deformation Fatigue Fracture

1 引言

随着汽车轻量化发展,少片簧车型投放市场量逐渐增多,少片簧早期失效问题也陆续从市场中反馈回来。我们对市场反馈的失效板簧进行了分析、归纳、总结。失效的发生缘于板簧的强度抵抗不住其承受的应力。板簧的强度与设计、制造、安装等过程的质量有关;板簧承受的应力分为正常和非正常的;失效往往是综合因素的共同作用。本文通过对三类少片簧失效模式的分析,重点关注制造质量对板簧性能的影响,没有考虑设计、使用因素,目的是使失效分析问题简单化。

2 少片簧失效模式

从市场反馈回来的失效板簧可以

分为三种失效模式:早期脆性断裂、永久塑性变形、疲劳断裂。

2.1 早期脆性断裂

早期脆性断裂板簧表现为两种断裂模式:一种是板簧组装完还没有装车或装车时间不长即发生断裂(零公里断裂);另一种是使用过程中发生的脆性断裂,断口形貌见图1。对于板簧零公里断裂的情况,我们认为是热处理应力过大导致的延迟开裂,与使

用无关。断裂板簧表现为硬度高,回火不充分。使用过程中发生脆性断裂的板簧,与板簧硬度高、韧性不足或者是外力过大(超载、路面不好、交通事故等)有关,需要具体问题具体分析。下面是对少片簧零公里延迟开裂的原因分析。

实验室对零公里脆性断裂的少片簧(图1样件)进行了成分、硬度检验,结果见表1。断簧主要表现为硬度



图1 中心孔脆性断裂形貌

高、材料与图纸要求不符。少片簧图纸要求材料为50CrMnVA，硬度要求为45~50HRC。检验中发现断裂板簧材料是55CrMnA，硬度在49HRC以上。检验结果见表1。

少片簧图纸规定的材料为50CrMnVA，该材料为特殊开发研制，具有高强度、高疲劳性能等特点，它的热处理硬度要求为45~50HRC，高于其它板簧材料。供应商在少片簧生产中因不易买到此材料以及其它原因，使用50CrVA、55CrMnA等材料代替，但硬度仍然执行了50CrMnVA材料的要求。50CrMnVA、50CrVA、55CrMnA等材料虽都是弹簧钢，但因成分不同，热处理参数不同，热处理

后的硬度不同。图纸中规定50CrVA材料的热处理硬度要求是43~47HRC，55CrMnA不是图纸中规定使用的材料。供应商为达到图纸要求的硬度，降低了回火温度，保证了50HRC左右的硬度。但是，没有考虑回火温度的降低会导致50CrVA、55CrMnA材料回火不足，残余应力大，韧性变差等问题。所以，板簧延迟开裂的根本原因在于材料混用，回火不足，内应力过大。

板簧延迟开裂断在中心孔处是因为在孔的边缘有应力集中，且此部位有效截面积最小，能承受的应力最小，内应力扩散过程中先把此位置拉开。

2.2 永久塑性变形

部分少片簧在使用中发生了永久

塑性变形，变形形貌见图2。实验室对变形板簧进行成分、硬度、强度检验，发现整片板簧存在硬度、强度差别较大的情况。一般是中心孔处硬度高，达到45HRC左右；塑性变形部位硬度低，只有39HRC左右，50CrVA材料的热处理硬度要求是43~47HRC左右。材料的硬度与强度成正比，硬度低，强度也就低，使用中抵抗永久变形的能力就低。对于一片板簧上硬度不均匀的现象，生产厂家的解释是板厚差异造成的。我们认为是热处理控制不当造成的。因为厂家整改送样件时，板簧的硬度都比较均匀。当然，设计强度不足或使用情况恶劣也是板簧发生塑性变形的原因。

表1 脆性断裂板簧成分与硬度检验结果

项 目	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	硬度(HRC)
断裂板簧实测值	0.53	0.28	0.83	0.014	0.009	0.8	/	49-50
50CrMnVA标准值	0.47-0.55	0.15-0.40	0.80-1.10	≤0.02	≤0.015	0.9-1.2	0.1-0.15	45-50
55CrMnA标准值	0.52-0.60	0.17-0.37	0.65-0.95	≤0.025	≤0.025	0.65-0.95	/	43-47

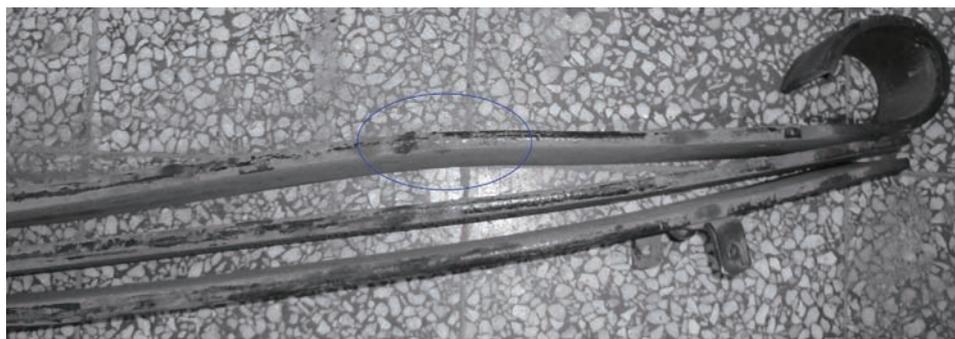


图2 塑性变形形貌

表2 塑性变形板簧性能及硬度检验结果

项 目	屈服强度MPa	抗拉强度Mpa	硬度(HRC)
塑性变形部位(30mm取样)	1036	1174	39
靠近中心孔处取样	1166	1337	45
材料成分符合	50CrVA		

2.3 疲劳断裂

疲劳断裂是板簧使用过程中断裂的主要形式。板簧在交变应力载荷作用下，逐渐产生裂纹源、裂纹扩展直到最后断裂。疲劳断口一般有三个特征

区，即疲劳源区、扩展区和瞬断区。通过对特征区的位置以及面积的分析，可以找到应力集中的点（裂纹源）、外力的施加方式和大小。图3是板簧中心孔处疲劳断裂的形貌，该件疲劳区

占整个截面积的1/5左右，说明板簧断裂时承受的载荷相当大。正常情况下，板簧不应该在中心孔位置发生疲劳断裂，在U型螺栓拧紧的情况下，中心孔处不受力。使用过程中一旦发生U型螺

栓松动或扭矩不足，板簧中心孔部位既受到弯矩和拉应力作用，很快导致疲劳断裂。

弹簧材料对缺口的敏感性大，任何表面损伤如刀痕、凹坑和缺口等都可能成为疲劳源产生的起因。因此，为了提高板簧疲劳寿命，严禁对板簧进行横向打磨及磕碰；板簧表面皱褶、脱碳、夹杂物等类缺陷都应控制；使用中还要防止板簧受到干涉，以此提高板簧疲劳寿命。

3 结论及改进

(1) 板簧零公里断裂，主要是热

处理应力过大导致的延迟开裂，需要生产厂家严格材料选用，重视热处理工艺与材料的一致性，重视热处理质量控制。

(2) 使用中板簧发生脆性断裂，要适当降低板簧回火硬度，以提高板簧韧性。使用中板簧断在中心孔处，无论是脆性断裂还是疲劳断裂，都应从U型螺栓扭矩不足方面查找原因进行改进。

(3) 板簧发生永久塑性变形，说明相对于外力来说，板簧的强度不足。查找外力来源和提高板簧强度是解决问题的方法。生产厂必须首先保证板

簧硬度在技术要求的范围内。

(4) 疲劳断裂是板簧的主要失效模式，不可避免。早期疲劳断裂往往与板簧硬度低、有表面缺陷或者使用中存在表面干涉有关，提高板簧硬度、控制表面缺陷可以延长板簧疲劳寿命。7

参考文献

- [1] 《金属机械性能》编写组，金属机械性能，机械工业出版社
- [2] 胡世炎，机械失效分析手册，四川科学技术出版社
- [3] 《热处理手册》编委会，热处理手册机械工业出版社

作者信息

李敏，一汽解放青岛汽车有限公司，计量理化室主任、高级工程师
 联系地址：青岛市楼山路2号
 邮编：266043
 手机：18863900071
 传真：0532-83073827
 邮箱：qdlimin3239@126.com

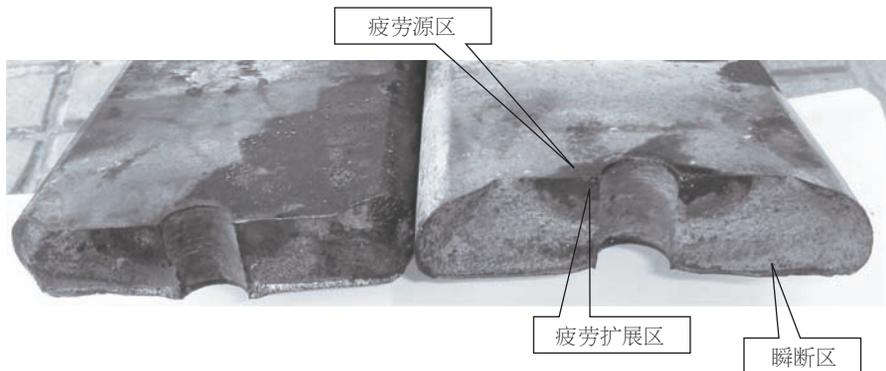


图3 中心孔疲劳开裂形貌

简讯

“数字化无模铸造精密成形技术研究”项目喜获绿色制造科学技术进步一等奖

中国机械制造工艺协会理事长单位机械科学研究总院与中国机械制造工艺协会副理事长单位中国一拖集团有限公司、一汽铸造有限公司共同完成的“数字化无模铸造精密成形技术研究”项目获得“2012年度绿色制造科学技术进步一等奖”。2012年11月20日上午，在“2012年中国机械工程学会年会开幕式”上，中国工程院院长、中国机械工程学会理事长周济院士为项目负责人、中机协副理事长单忠德颁发了奖杯。

“绿色制造科学技术进步奖”由中国机械工程学会荣誉会员、香港安乐工程集团主席潘乐陶先生及其母亲出资设立，委托中国机械工程学会评审。本奖旨在通过表彰奖励，促进绿色制造科技创新，鼓励企业节能环保，为建设生态文明、可持续发展的社会贡献力量。



一种快速制备特殊性能层技术的研究

薛青 张宏斌

中国一拖集团有限公司工艺材料研究所 河南洛阳 471004

摘要: 本文通过对材质为低碳合金钢的齿部已淬火的齿轮类零件内孔表面制备减摩层的几种方法进行优劣势分析,详细探讨了采用MIG电弧钎焊及TIG焊复合制备减摩层的工艺方法和选择原则,可在保证减摩层与基体结合强度的同时,有效控制焊接时的热输入量,既可解决减摩层熔敷效率低的问题,又能保证齿部的几何尺寸、金相组织和机械性能不发生变化,且生产效率和经济效益显著提高,为这一领域的高效化焊接技术开辟了新的发展方向。

关键词: MIG电弧钎焊 减摩层 高速焊 热输入量

1 问题的提出

机械制造中,经常需要在二个相对滑动的零件表面制备减摩层,降低摩擦损耗,提高摩擦副使用效率,提高零件的工作性能,延长其使用寿命,最终保证设备的高性能运行。减摩层优化了摩擦学性能,可使摩擦因数数值较低且在摩擦过程中变化幅度很小,从而得到了广泛的应用。例如,在各行业得到广泛使用的机械传动变速箱,其变速齿轮需在轴上频繁滑动以获得不同的速比,滑动轻巧平稳是保证变

速轻巧稳定、低噪的重要因素之一;因此常在变速齿轮内孔表面制备减摩层,以获得良好的变速和传动效果。

目前,在齿轮类零件的内孔表面制备减摩层的方法,主要有以下两种:

(1) 机械装配法(见图1):即制作一个外径 ϕ_2' 与齿轮(件1)内孔径 ϕ_2 呈过盈配合的减摩套(件2),两零件宽度 t 一致。然后将减摩套(件2)镶入齿轮(件1)内孔中,调整两零件端面平齐,最后从该配合件的一端面a或b用3个M3紧定螺钉(件3)沿两零件接

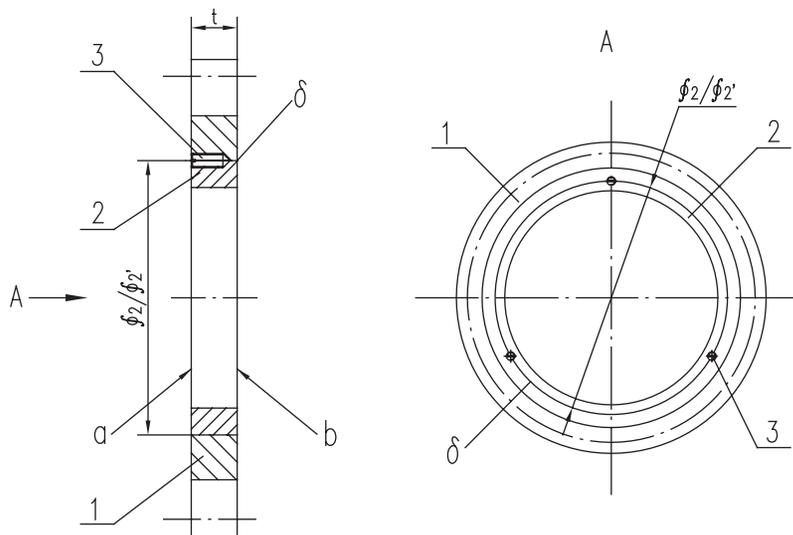
合处 δ 圆周均匀分布,骑缝固定。

这种方法全部制作过程仅涉及机械加工和装配工艺,操作工技术水平的高低对产品质量的影响不大,并可批量生产,流水线作业,在实际生产中得到广泛应用。

然而,该方法中的减摩套是作为单独设计的零件,通过机械加工获得的,且该法只适宜于齿轮内径小于等于 $\phi 300\text{mm}$ 的小齿轮等,齿轮内径尺寸大于 $\phi 300\text{mm}$ 时,存在大径薄壁的减摩套难制做、装配质量难以保证,主要表现为易松动、减摩套变形,影响精度和加工质量等缺点。

(2) 熔化堆焊法:该方法是在齿轮类零件的内孔表面用堆焊的方法制备一定厚度的减摩层,然后再用机械加工的方法将齿轮内径加工到所需的零件技术要求尺寸。

熔化堆焊法可使减摩层与齿轮基体结合更可靠。目前应用主要是手工电弧焊和TIG焊。手工电弧焊熔化堆焊时热输入量大,控制不好易引起齿部变形,甚至于金相组织和机械性能亦发生变化;且基于降低热输入而采取的频繁的断续焊降低了生产效率。



1 齿部已淬火齿轮 2 减摩套 3 紧定螺钉
图1 齿轮压装减摩套结构示意图

TIG焊由于熔池温度和热影响区温度高,对于齿部已淬火的齿轮类零件,极易使已淬火的齿部金相组织、加工尺寸和机械性能发生变化;同时,由于钨电极的载流能力有限,电弧功率受到限制,致使焊缝熔深浅,断续焊造成焊接速度低,甚至产生焊接缺陷,这样势必降低生产效率,且焊接质量很不稳定。

需要进一步说明的是,上述两种焊接方法均为手工操作,焊工的操作技能水平直接影响到产品的质量,成品率不高且很难控制,最终导致生产效率及经济效益不可控。

由上可知,上述两种在齿轮内孔表面制备减摩层的方法,虽然,在一定范围内存在着一些有益效果,也曾实际的的应用过程中作出过一些积极的贡献,但是,针对材质为低碳合金钢的、齿部已淬火的齿轮类零件的内孔表面减摩层的制备而言,如何在既能保证减摩层与基体可靠结合,又能保证在制备过程中齿部的几何尺寸、金相组织和机械性能不发生变化,同时还具有较高的生产效率,却至今未见突破,而此类零件在各个领域的使用却极为宽广,因而已成为亟待解决的难题。

2 技术方案

为解决上述问题,通过应用研究,本文提出了一种在齿轮类零件的内孔表面用MIG电弧钎焊及TIG焊复

合制备减摩层的方法。

本文所述的MIG电弧钎焊是一种基于溶解扩散焊的低能量MIG电弧钎焊技术,在材质为低碳合金钢的齿部已淬火的齿轮类零件的内孔表面堆焊制备减摩层时,焊丝连续送进并熔化,而齿轮类零件基体界面未熔化,熔化的焊丝在齿轮类零件基体界面形成液膜,液膜原子向齿轮类零件基体扩散,而齿轮类零件基体原子向液膜内溶解与扩散,使熔化的焊丝与齿轮类零件基体形成互溶,实现焊丝与齿轮类零件二者原子间的良好结合,待液相凝固后形成牢固的结合层,此非稳态扩散过程易在表面及晶界优先进行,温度越高扩散过程进行的越快越充分。

所述制备减摩层的具体方法,包括如下步骤:加工坡口→焊前清理→零件装夹固定→打底焊→填充焊→盖面焊→修型焊→焊后冷却→机加获取成品;

(1)加工坡口(见图2):即在齿轮类零件的内孔表面Q加工出“一”梯形凹槽,槽深 h_1 为2mm,其中两侧倾角 γ 为 30° ;

(2)焊前清理

将上一步骤已加工坡口的齿轮类零件的内孔表面待焊部位及其周围的毛刺、碎屑,油污等杂质进行清理,包含:

机械清理:即用钢丝刷和20号砂纸打磨待焊部位表面,去除表面氧化

物等污物,露出金属光泽;

火焰清除:使用氧乙炔烤枪,调至中性焰或轻微碳化焰,枪口距待焊部位表面100mm~200mm,温度控制在 300°C ~ 400°C 之间,烘烤5~10分钟,在待焊部位表面由黄变蓝时停止加热,控制表面不出现严重氧化现象,空冷至少5分钟后再次加热,加热规范及方式同前,去除待焊部位表面潮气,并将齿轮类零件的内孔表面待焊部位及其周围在机械加工时渗入在基体浅层的切削液和水清除干净;

化学清洗:即用工业纯丙酮或三氯乙烯清洗,彻底去除待焊部位表面的油污、氧化皮、锈蚀等污垢及杂质;

(3)零件装夹固定

见图3,检查所选用配套工装设备完好无误;开启电源,旋转焊接变位机翻转轴1a,使座式焊接变位机1的回转工作面2处于水平位置,先将三爪卡盘3固定于焊接变位机回转工作台2上,再用卡爪4将已加工坡口齿轮6同样呈水平状态固定于焊接变位机回转工作台2上,卡紧;再次旋转焊接变位机翻转轴1a,使固定于焊接变位机回转工作台2上的齿轮6呈图3所示竖直工作状态;垫块5置于卡爪4与齿轮6的齿之间,防止齿轮6的齿被卡损坏;

(4)打底焊:结合图3,使用低能量MIG电弧钎焊完成减摩层的打底焊;其中,焊高为1mm~2mm之间,焊接电流为110A~130A之间,焊接电压为21V~23V之间,调整焊接变位机回转转速,使焊接速度控制在280mm/min~320mm/min之间(即变位机的旋转速度为0.33rpm~0.37rpm);

焊第一道焊缝时,旋转焊接变位机翻转轴1a,使固定于焊接变位机回转工作台面上的已加工坡口齿轮6绕翻

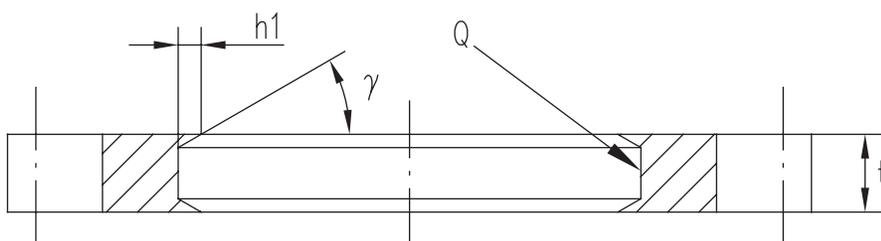


图2 齿轮工艺槽示意图

转轴逆时针,即沿 θ 方向倾斜 α 角度,见图3-1,该角度控制在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 之间,自齿轮6内孔表面靠近焊接变位机回转工作台的一侧“以下称之为内侧”最低点O1起弧,同时旋转齿轮6,沿 λ 或 ω 圆周方向焊接(需要说明的是此旋转方向按操作工的施焊方式而定,应使保护气体对高温焊道进行保护),此时需要注意观察基体表面Q,温度控制在即将产生镜面效果即可;

焊完内侧第一道焊缝后“即齿轮6已旋转一周”,旋转焊接变位机翻转轴1a,先将齿轮6放置为垂直,再继续使其绕翻转轴顺时针,即沿 η 方向倾斜 β 角度,见图3-2,该角度同样控制

在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 之间,在齿轮6内孔表面远离回转工作台的另一侧“以下称之为外侧”最低点O2起弧,以与前述焊第一道焊缝相同的方式,沿齿轮6圆周方向焊接,焊完外侧第二道焊缝;

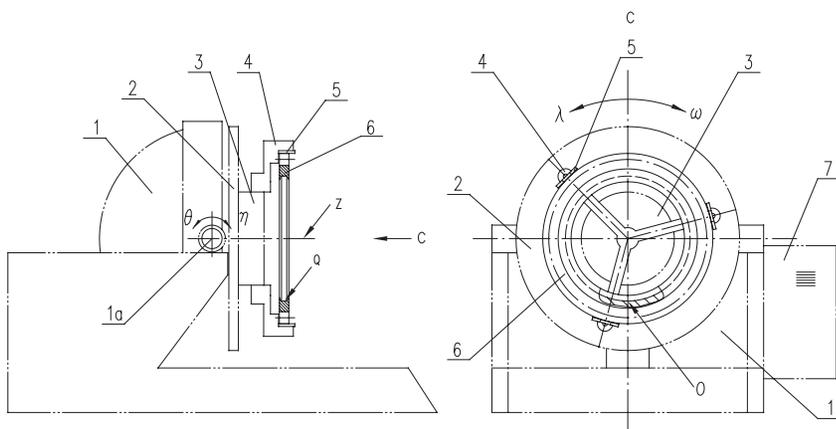
当齿轮类零件内孔表面出现较宽“宽度 t (见图2)在20mm以上”现象时,需在内侧、外侧焊缝之间继续堆焊;旋转焊接变位机翻转轴1a,将齿轮类零件放垂直焊接,见图3,自齿轮类零件内孔表面第一、二道焊缝中间最低点O起弧,以与前述焊第一道焊缝相同的方式,沿齿轮类零件圆周方向焊接,焊完第三道打底焊缝;依次类推,逐步焊完打底的所有焊道,此时

注意观察基体表面,保证连续性和焊接的无间隔或局部出现堆焊造成焊点过高;

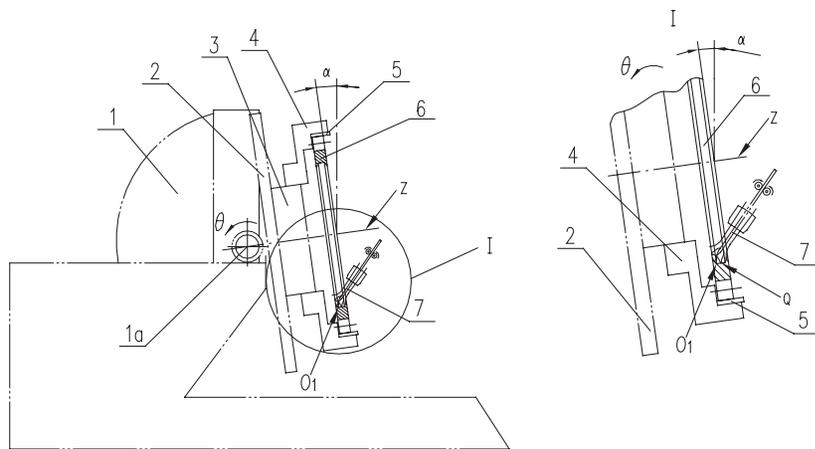
(5) 填充焊: 结合图3, 图3-1, 图3-2, 继续以小规范焊接的方式, 将上一步骤经过打底焊的已加工坡口齿轮类零件, 使用低能量MIG电弧钎焊完成减摩层中间层的熔敷; 旋转焊接变位机翻转轴1a, 将齿轮类零件垂直放置, 使前一步骤中第一、二道焊缝起弧点O1、O2的中间位置处于最低点, 将电弧主要对着前两道焊缝2a、2b中间熔敷层, 自最低点O3开始, 见图4, 以与前述步骤中同样方式焊接中间层填充焊缝, 这时要注意观察第一、二道焊缝熔敷层表面Q1, 温度控制在即将产生镜面效果; 此步骤可适当增大焊接电流为125A~145A, 焊接电压为22V~24V, 焊接速度控制在260mm/min~300mm/min之间(即变位机的旋转速度降为0.30rpm~0.35rpm);

(6) 盖面焊: 将上一步骤经过打底焊、填充焊的齿轮类零件使用低能量MIG电弧钎焊的焊接方法进行盖面焊; 减小焊接电流为120A~140A, 焊接电压调整为26V~28V, 焊接速度控制在250mm/min~280mm/min之间(即变位机的旋转速度调整为0.29rpm~0.33rpm); 见图3, 图4, 旋转齿轮, 使前三道焊缝2a、2b、2c的起弧点均处于最低点;

焊盖面焊第一道焊缝; 如图3-1所示, 旋转焊接变位机翻转轴1a, 使齿轮绕翻转轴逆时针, 即沿 θ 方向倾斜 α 角度, 该角度控制在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 之间, 从第一道焊缝2a、第三道焊缝2c的中间熔敷层最低点O4起弧, 开始旋转齿轮, 沿齿轮圆周方向焊接; 盖面焊第一道焊缝2d应始终盖住打底焊第一道



1 座式焊接变位机 1a.焊接变位机翻转轴 2 焊接变位机回转工作台 3 三爪卡盘
4 卡爪 5 垫块 6 已加工坡口齿轮 7 焊接变位机控制箱
图3 齿轮固定于焊接变位机回转工作台示意图



1 座式焊接变位机 1a.焊接变位机翻转轴 2 焊接变位机回转工作台 3 三爪卡盘
4 卡爪 5 垫块 6 已加工坡口齿轮 7 铝青铜焊丝
图3-1 齿轮向内侧倾斜焊接位置示意图