

# 电喷磁电机转子外壳多凸包成型模具设计

甘树德<sup>1,2</sup>, 夏华<sup>1</sup>, 杜长华<sup>1,2</sup>, 郭小龙<sup>1</sup>

(1. 重庆理工大学材料科学与工程学院, 重庆 400054;

2. 重庆市特种焊接材料与技术工程中心, 重庆 400054)

**摘要:**电喷磁电机转子外壳凸包成型模具已于2011年2月注册为国家专利, 专利号为ZL201020523519.5; 该专利成功利用模具直接在飞轮壳体圆周上从内向外均匀或者不均匀单齿旋转冲多个凸齿(包), 实现了多凸齿与壳体的冲压一体化制造, 产品性价比高, 同时也解决凸凹模强度差、寿命低、脱模、分度、变形等的技术难题。

**关键词:**电喷磁电机; 转子外壳; 多凸包; 一体化

**本文引用格式:**甘树德, 夏华, 杜长华, 等. 电喷磁电机转子外壳多凸包成型模具设计[J]. 四川兵工学报, 2014(5): 73-75.

中图分类号: TC386

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2014)05-0073-04

## Design of Convex Hull Molding Die for EFI Magneto Rotor

GAN Shu-de<sup>1,2</sup>, XIA Hua<sup>1</sup>, DU Chang-hua<sup>1,2</sup>, GUO Xiao-long<sup>1</sup>

(1. College of Materials Science and Engineering, Chongqing 400054, China;

2. Research & Development Center of Special Welding Materials, Chongqing 400054, China)

**Abstract:** The design of convex hull molding die for EFI magneto rotor shell obtained China national practical new-type patent in February 2011, and the number is ZL201020523519.5. The result shows that, several convex hulls can be punched successfully (homogeneous or non-homogeneous) from inside to outside on flywheel housing by using convex hull molding die and realized the contemporary integration of the forming for convex hull and flywheel housing. The design of convex hull molding die has solved problems such as the poor strength, low life of concave-convex die, demolding and deformation, etc.

**Key words:** efi magneto; rotor shell; convex hull; integration

**Citation format:** GAN Shu-de, XIA Hua, DU Chang-hua, et al. Design of Convex Hull Molding Die for EFI Magneto Rotor[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(5): 73-75.

汽车、摩托车产品向节能、降耗、减排、绿色、环保发展是必然趋势<sup>[1]</sup>。由于工艺复杂, 产品制造成本较高或很高, 有许多优良的节能产品难以大面积推广, 如电喷磁电机飞轮的制造。电喷磁电机为电喷发动机提供大功率电力、为CCU(中央控制器)提供曲轴位置信号, 使发动机工作在最佳点火工况, 提升发动机的动力性, 节约燃油, 同时改善系统排放性能, 使发动机排放达标<sup>[2]</sup>。目前, 国内外摩托车电喷发动机的电喷磁电机飞轮的制造多采用整体锻造后滚齿和在飞轮壳体上铆压带缺的壳体以及在飞轮壳体上安装一个齿圈等3

种方式。这3种方式的主要问题是加工复杂、制造成本高、产品成品率低、有的外观粗糙、性能不稳定。

本文针对电喷磁电机转子外壳凸包成型提出了新的工艺方案, 实现了凸齿与壳体的冲压一体化制造。体现了其在行业内的先进性与优越性。

### 1 外壳凸包工艺方案分析及关键技术

通过对进口发达国家整车发动机的解剖研究。目前, 电

收稿日期: 2014-02-12

基金项目: 重庆高校优秀成果转化资助项目(kjzh11215)。

作者简介: 甘树德(1964—), 男, 高级工程师, 主要从事材料科学与工程研究。

喷磁电机转子外壳采用的是以下几种方法生产多齿(凸包)。日本某电装公司<sup>[3]</sup>采用的是利用锻件车削加工内外圆及端面后,采用铣削或滚齿的方法加工齿形后,再去齿形毛刺,如图1所示。此方法费料、费时、生产效率很低,锻坯缺陷较多,报废率大,同时壳体内部的隐形锻造裂纹在高速旋转时存在安全隐患。意大利<sup>[4]</sup>采用的是飞轮外壳上铆一个冲有无数缺的引伸壳体,如图2所示。此方法既费时、费料、不美观、引伸后缺的高低不一,工作时脉冲信号波形不纯,影响采样及误判,从而影响发动机的最佳匹配。德国<sup>[5]</sup>采用的是在飞轮上压装一个多齿的齿圈,如图3所示。此方法成本高、加工精度要求高。如果齿圈内孔与飞轮外圆配合精度未达到要求,过盈量过大,影响发电量或定子、转子擦缸;过盈量小,齿圈容易脱落,极不安全,不够美观。



图1 锻件车加工后滚齿或铣齿



图2 飞轮壳体上铆接一个带缺壳体



图3 壳体上再压焊一齿圈

针对以上方案的缺点,提出了凸齿与壳体的冲压一体化工艺方案,设计了与之相匹配的电喷磁电机转子外壳凸包成型模具。该模具直接在飞轮壳体圆周上从内向外均匀或者不均匀冲多个凸齿(包),从而实现凸齿与壳体的冲压一体化制造,如图4所示。



图4 整体冲压多齿飞轮外壳

凸齿与壳体的冲压一体化制造要解决以下几个技术难题:冲压凸、凹模的脱模结构设计;克服多个凸齿冲压后的工件内孔的变形;多个凸齿(一般 $24 - 1 = 23$ 或 $36 - 2 = 34$ 或 $60 - 2 = 58$ 等)的分度误差;生产效率、互换性与凸模、凹模的强度结构的协调设计等;以达到冲压出尺寸公差、形位公差达到产品设计要求而外形美观、生产效率较高的产品,以便给电控喷射中央控制器(ECU)提供适时曲轴位置信号,达到最佳匹配。

一般的设计思路是采用内外斜楔横向冲压与脱模一次成型,壳体内部空间小,布置冲头横向机构困难甚至不可能,壳体外部成型后需要横向脱模,必须布置横向脱模浮动机构与锁紧机构,浮动、锁紧机构制造、安装、调试复杂,成形困难且凸齿高低不一,凸齿间间距只有 $3 \sim 4$  mm,钢板厚 $5$  mm,凸模、凹模几乎无强度,这便是国外发达国家为什么采用图1、图2、图3结构的原因。本文变整体一次冲压为单齿旋转冲压,凹模在选材及热处理充分考究的前提下,将凹模成形部分长度变到最短,从结构上提高其强度及稳定性。由于产品自身工艺性较差,凹模寿命基本在 $4 \sim 5$ 万个冲次,因而从设计上考虑了快速更换结构,利用键槽定位,螺钉紧固,就可保证上下模同心,达到快速更换。

## 2 电喷磁电机转子外壳凸包成型模具

电喷磁电机转子外壳凸包成型模具结构如图5所示。图5中1为凹模座,2为凹模,3为定位套,4为胎模套,5为凸模压板,6为凸模,7为卸料弹簧,8为平垫,9为凸模座,10为分度盘,11为分度钉,12为弹簧,13为螺塞,14为固定板,15为模架,16为导向块,17为螺钉。

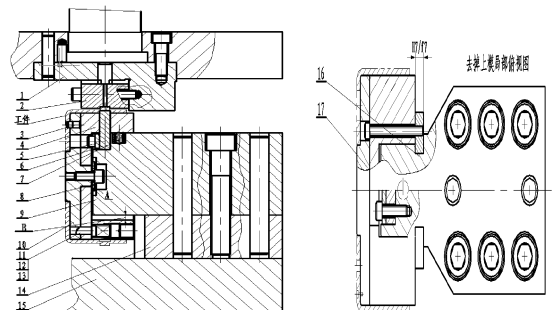


图5 电喷磁电机转子外壳凸包成型模具结构

凹模通过定位键及螺钉与凹模固定座实现快速定位连接。分度盘的轴与胎模套的孔滑动配合,通过大平垫及螺钉连接,保证旋转灵活;将分度钉、弹簧、螺塞装入分度盘对应孔内,保证分度钉进入分度盘孔过渡自然,定位可靠,形成组合件 A。将凸模装入胎模套对应配合孔内,弹簧装入凸模座内,再将组合体 A 胎模套孔与凸模座相配,保证运动灵活,再用导向块将胎模套组合与凸模座通过螺钉连接,保证胎模套组合在凸模座上能上下移动,以便工件的定位及冲压后从凸模上卸料。在分度盘上设有若干个位于同一圆环上均匀或不均匀分布的分度孔(根据产品实际凸包位置及数量设置相应分度孔),在胎模套内还设有一个与所述分度盘上的分度孔转动时配合的分度钉,以及一个用于使所述分度钉复位的复位弹簧(图 6~图 8)。

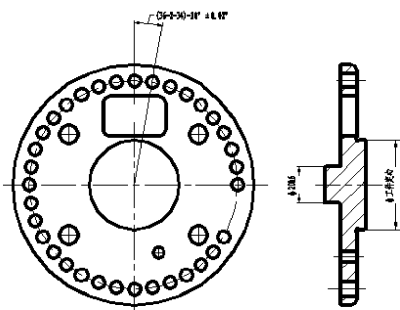


图 6 分度盘零件图

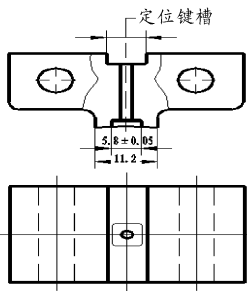


图 7 凹模零件图

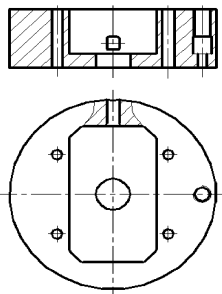


图 8 胎模套零件图

工作时,将工件套在分度盘与胎模套内定位,在分度盘上设一定位钉穿入工件的定位孔实现带动工件旋转。冲床带动凹模下移,将工件、胎模套与分度盘整体通过导向块相对凸模整体下移,压缩弹簧,凸模伸出胎模套上圆弧面与凹

模一起挤压工件形成凸包。冲床带动凹模上移,工件套在胎模套上,从而实现了工件凸齿与凹模的分离;弹簧推动胎模套,胎模套推动工件从凸模上脱出,从而实现了内凹与凸模分离。此时,完成了一个齿的冲压与脱模。然后,工件连同分度盘相对胎模套旋转到下一定位孔处,定位钉在弹簧的作用下弹出并卡在该孔位处,从而实现下一工位的定位、冲压、卸料;再旋转再冲压,直至达到需要的凸包数。该结构模具已实现电喷磁电机转子外壳 3 齿、4 齿、 $24-1=23$  齿、 $36-2=34$  齿凸包以及目前国际顶尖的  $60-2=58$  齿双缸 4 冲程电喷磁电机多凸包转子外壳的制造,此结构可实现任意齿数均匀或不均匀角度齿的凸包,也解决了电喷磁电机转子凸齿与壳体冲压成形中角度位置精确控制的重大工艺技术难点问题。

电喷磁电机转子外壳凸包成型模具直接在飞轮壳体圆周上从内向外均匀冲多个凸齿(包)获取信号。该模具在制作多凸包时难度较低、成型速度较快,凸模、凹模寿命较长,工件圆度较高,维修更换方便。所制作出的产品凸包精度高、一致性好,分度精度高等特点。针对不同齿数、不同位置、不同尺寸的凸包,仅需更换分度盘和凸、凹模,就能生产不同规格的产品。该结构模具已成熟运用于多个型号、多个批次的电喷磁电机外壳制造,产品性能稳定,凹模寿命一般在 4~5 万个冲次。

### 3 外壳与凸包冲压一体化优越性分析

利用电喷磁电机转子外壳凸包成型模具生产电喷磁电机转子外壳与国内外现有技术对比统计如表 1 所示。

表 1 各种方案的各项指标对比

|        | 本方案   | 锻件加工<br>铣齿 | 铆压<br>齿圈 | 外壳铆<br>引伸件 |
|--------|-------|------------|----------|------------|
| 工时/min | 4     | 53         | 40       | 10         |
| 材料费/元  | 13.60 | 37.30      | 25.00    | 19.00      |
| 成本/元   | 20.29 | 79.70      | 57.00    | 27.00      |
| 产品性能   | 优     | 良+         | 及格       | 及格         |
| 美观     | 优     | 良+         | 中        | 及格         |

### 4 结束语

很明显,利用电喷磁电机转子外壳凸包成型模具生产电喷磁电机转子外壳与现有国外技术相比具有生产效率高,材料成本低,外形美观、产品性能优秀。这些都是国内外同类产品无法比拟的。该模具的设计对本领域内大排量、高档摩托车电喷磁电机的设计生产是一个革命,对产品升级换代、大幅度降低产品成本,提高大排量高档摩托车、沙滩车等系列产品国际国内市场竞争能力等都具有重要的意义。

(下转第 127 页)

表2 用 VLW 程序计算硝基甲烷的爆轰性能参数

| 炸药   | $\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ | 组成                       | $M$ | $\Delta H_f^0/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ | $P_{\text{cal}}/\text{GPa}$ | $D_{\text{cal}}/(\text{mm} \cdot \text{us}^{-1})$ | $T_{\text{cal}}/\text{K}$ | $\gamma$ |
|------|--|--------------------------|-----|--|-----------------------------|---|---------------------------|----------|
| 硝基甲烷 | 1.139                                  | $\text{CH}_3\text{NO}_2$ | 61  | -113.09  | 11.4                        | 6.051   | 3681                      | 2.67     |

从表2可知,硝基甲烷炸药的爆速为  $6.051 \text{ mm} \cdot \text{us}^{-1}$ , 爆压为  $11.4 \text{ GPa}$ ,爆轰温度为  $3681 \text{ K}$ 。硝基甲烷炸药爆轰温度的理论计算值与实测值和文献值比较接近。

### 3 结论

1) 实验数据和分析表明,用多通道辐射光纤高温计测量高能炸药爆轰温度是可行的,并且该系统采用光纤分束器将被测光源发光通过同一根光纤分束至不同通道,保证了光纤高温计采集的光是目标光源同一点发光,提高了测温的精确性。

2) 用多通道辐射光纤高温计对硝基甲烷炸药的爆轰辐射光谱进行了测量,运用线性最小二乘法进行拟合,测得4次平行实验的硝基甲烷的平均爆轰温度为  $3552 \text{ K}$ ;用 VLW 爆轰程序计算获得硝基甲烷的爆轰温度为  $3681 \text{ K}$ ,计算值与实测值比较接近。

### 参考文献:

[1] Kato Y, Tanaka K, Sakurai T, et al. Detonation temperature of nitromethane and some solid high explosives [C]//Eighth Symposium (Int.) on detonation. [S. l.]: [s. n.], 1985:558-566.

[2] He Xian-chu, Han Cheng-bung, Kang Shu-fong. The measurement of detonation temperature of condensed explosives with two colour-optical fiber pyrometer [C]//Eighth Symposium (Int.) on detonation. [S. l.]: [s. n.], 1985:567-572.

[3] 王贵朝,余泉有,吕秀生. 测量冲击温度的多通道瞬态光学高温计[J]. 高压物理学报,1988,2(3):277-284.

[4] 于常青,阎军,刘杰. 光纤光谱探针法测量炸药爆轰温度[J]. 北京理工大学学报,2000,20(6):664-667.

[5] 王翔,黄毅民,韩勇. 瞬态辐射光纤高温计系统研制[J]. 兵工学报,2009,30(12):1702-1705.

[6] Leal B, Baudin G, Goutelle J C. An optical pyrometer for time resolved temperature measurements in detonation wave [C]//Eleventh Symposium (Int.) on detonation. [S. l.]: [s. n.], 1998:353-359.

[7] 白永林,任克惠,欧阳娴. 炸药爆轰温度的瞬时多光谱测量[J]. 光子学报,2003,32(7):868-871.

[8] 吴雄,龙新平. VLW 状态方程的回顾与展望[J]. 高压物理学报,1999,13(1):55-58.

[9] 高大元,徐容,董海山. TATB、TCTNB 和 TCDNB 的爆轰性能[J]. 火炸药学报,2005,28(2):68-71.

(责任编辑 杨继森)

(上接第75页)

### 参考文献:

[1] 郝娟. 节能减排,摩托车行业的机遇与挑战[J]. 摩托车技术,2007(10):3-8.

[2] 甘树德. 电喷磁电机转子外壳凸包成型模具[P]. 中国专利:ZL2010 2 0523519.5,2011-2-16.

[3] 邹得和. 日本电装公司研发的节能减排的配套零部件[J]. 汽车与配件,2008(9):50-52.

[4] 王红波. 飞轮储能用高速永磁同步电机设计[J]. 微特电机,2013(9):20-22.

[5] 曹俊. 提升飞轮壳数控加工效率[J]. 金属加工-冷加工,2013(14):11-13.

(责任编辑 周江川)