

# 多杆型零件精密冷挤压

卢险峰

(南昌大学机电工程学院, 南昌 330029. E-mail: [lxfcu@163.com](mailto:lxfcu@163.com))

材料成形加工技术是先进制造技术(AMT)三大构成部分中最本源内容, 它是直接作用于被加工材料的技术, 是制造的物理过程之总称<sup>[1]</sup>. 成形加工技术的进步与发展从根本上决定了制造技术的工程技术意义和市场经济价值.

精密冷挤压是材料成形加工技术内容之一. 近三四十年来, 它的理论和实践有了很大的进步, 已形成自己的学科理论和工艺知识结构体系. 例如, 提出并论述了冷挤压中的正挤压、反挤压以及复合挤压的变形理论与典型型式<sup>[2-4]</sup>, 介绍及总结了很多冷挤压实际零件与工艺知识结构体系<sup>[5-8]</sup>等. 再者, 由于国际冷锻协会(ICFG)和各国冷锻技术组织一直在组织科技工作者开展卓有成效的工作, 使得冷挤压、冷锻成为当今热门的近净成形、精密成形、清洁加工发展趋势的一个重要领域.

然而, 迄今为止, 所建立的挤压变形理论和实践理论, 基本上都是以轴对称杆型件、杯型件、一杆一杯复合形状零件为对象. 而多杯型零件, 除有文献<sup>[2,9]</sup>介绍了同一个电容器零件实例外, 未见第二个; 至于多杆型零件的冷挤压成形, 国内外文献中尚未见报道.

但是, 在生产实际中, 如电器、电机及其零部件制造等行业, 有诸如接插件、换向器零件的多杆型零件大量存在; 由于缺乏相应的理论指导, 致使其生产工艺相当落后. 实际上, 可采用精密冷挤压技术, 变其落后工艺为先进工艺.

图 1 所示的电机换向器中一种平面钩型换向器零件, 由端部 1、凸台 2 和片爪 3 组成(其片爪数有多有少). 电机换向器行业现行也是传统的制造方法是用铜丝经多道次的拉拔(中间还有退火)、切断、分片冲切加工, 然后在端部镶嵌云母片进行排片组成环状, 与酚醛树脂压注后, 再将片爪向外弯曲成形; 较新的工艺是用铜棒切断, 冷挤压出厚壁杯形件, 再经内外圆车削和铣槽铣钩加工出片爪, 也是压注酚醛树脂后, 再将片爪弯钩等, 此法仅仅冷挤压出换向器的端面; 本文主要报告新研发的先进成形技术, 用铜管切断(或铜板冲裁)成坯料, 直接正挤压出端部、凸台和片爪的多杆型零件精密冷挤压成形新工艺. 作

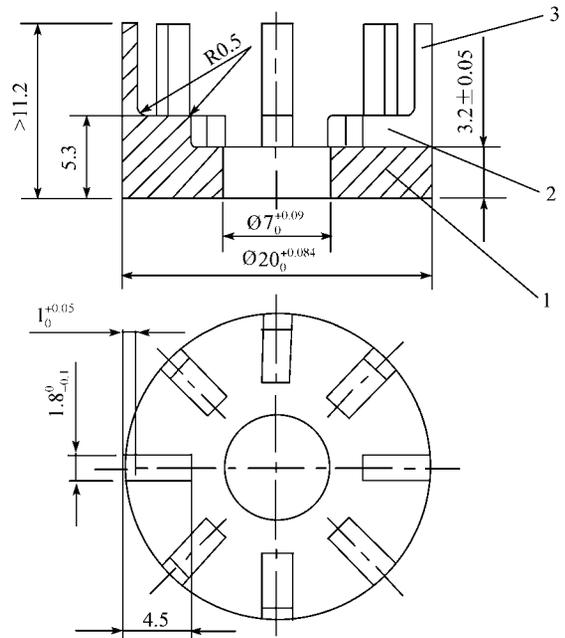


图 1 换向器挤压件图

为最终产品, 其后续工序也有压注酚醛树脂、弯钩等.

本研究的原理、方法、过程和结果简介如下:

(1)理论基础 多杆型零件正挤压实为多个单一杆型件正挤压的复合; 每个杆件的挤压过程都经历镦粗阶段和挤压阶段; 在挤压变形过程中, 每杆相应部位的材料可划分为待变形区、变形区和已变形区. 并对比一次挤压成形极限条件可知, 其杆端厚度大于杆的截面尺寸, 杆的长度小于杆端厚度 10 倍, 故该零件可一次挤压成形.

(2)物理模拟 用软金属铅为坯料做多杆型零件冷挤压的模拟试验. 依据图 1 所示的这种八片式钩型换向器零件的具体尺寸, 按照正挤模设计的一般理论设计且制造正挤试验模. 模拟试验很顺利获得了铅的试件, 证明铜的试件可一次同时挤压出各杆来, 即可一次冷挤成形.

(3)数值模拟 用 MSC. Superforge 数值仿真软件对多杆型零件正挤压工艺过程进行仿真, 包括基于 Lagrange 格式的有限单元法(FEM)模拟模具接触压力

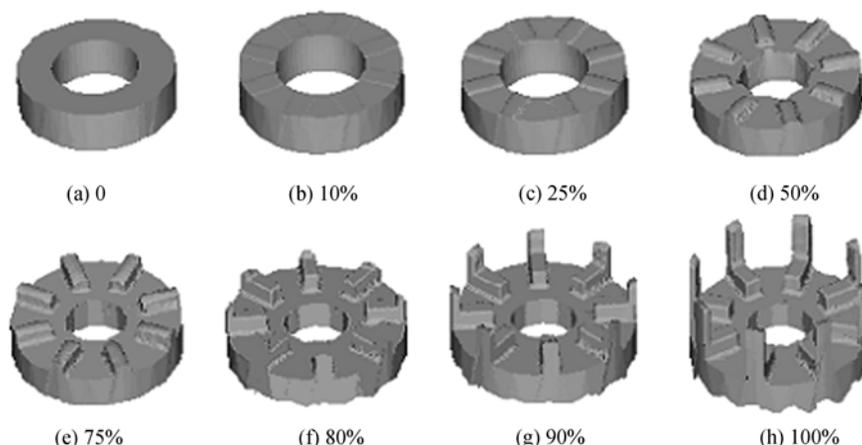


图2 多杆型零件正挤压过程金属流动仿真

及工件材料的应力、应变，基于Euler格式的有限体积法(FVM)描述材料的流动过程，最后用快速准确的显式积分求解。图2所示的为该零件用管坯正挤压变形各个阶段材料流动分布情况<sup>1)</sup>。从而有定量数据证明该零件在挤压过程中存在墩粗—挤压凸台—压杆部三个变形阶段，基本符合正挤压变形规律；仿真结果也为模拟试验、工艺试验作出了指导。

(4)工艺试验 在接近实际生产条件下，进行了该零件的冷挤压工艺试验。其中试验材料：紫铜管软态(T2, T3)；坯料尺寸： $\varnothing 20 \times 4.5$ (也可用板坯)；试验设备：YE-1000 液压式压力试验机；试验模具：为正挤压模型式，但凹模既采用了预应力组合结构，还采用了分割式结构；润滑剂：拉深油或凡士林。

(5)试验结果 正挤压工艺成形出的这种八片式钩型换向器部分工件如图3左、中所示。对这种换向

器分片一次冷挤压出多杆型零件的成形加工，著者以“平面钩型换向器整体冷锻加工方法”名称申报了国家发明专利<sup>[10]</sup>。

此外，根据生产实际的另一种需要，利用反挤压的特点，采用与以上正挤压相类似的研究方法，将该钩型换向器设计成用薄壁筒连接的多杆型件，制造了整体反挤压模，试验出了片爪相连的零件，如图3右所示。显然，将其薄壁车削掉，即为图3左的形状。对于这种片爪相同时冷挤压出多杆型零件的成形加工，著者以“平面钩型换向器片爪相连冷挤压成形方法”名称申报了国家发明专利<sup>[10]</sup>。

致谢 本工作为江西省“十五”重点学科建设项目——材料加工工程学科建设资助项目。

### 参 考 文 献

- 1 颜永年主编. 先进制造技术. 北京: 化学工业出版社, 2002. 1~14
- 2 上海交通大学编. 冷挤压技术. 上海: 上海人民出版社, 1976. 1~60
- 3 日本塑性加工学会编. プレス加工便覧. 东京: 丸善株式会社, 1975. 573~574
- 4 吴诗惇著. 挤压理论. 北京: 国防工业出版社, 1994. 198~279
- 5 杨长顺编著. 冷挤压工艺实践. 北京: 国防工业出版社, 1984. 4~8
- 6 吴诗惇编著. 冷温挤压技术. 北京: 国防工业出版社, 1995. 2~3
- 7 卢险峰编著. 冷锻工艺与模具. 北京: 机械工业出版社, 1999. 6~37, 96~98
- 8 卢险峰. 材料加工. 制造工程. 冷压成形. 南昌大学学报(工科版), 2003, 25(1): 90~100
- 9 中国机械工程学会, 中国模具设计大典编委会编. 中国模具设计大典, 第4卷. 锻模与粉末冶金模设计. 南昌: 江西科学技术出版社, 2003. 843
- 10 卢险峰, 闵水根, 张如华, 等. 中国发明专利公报, 2004, 20(46): 87

(2004-10-17 收稿, 2005-01-31 收修改稿)



图3 试验出的部分工件照片

1) 闵水根. 钩型换向器冷挤压成形模拟与工艺研究. 南昌大学工学硕士学位论文, 2004. 28~30