

中开口钢包装桶模具结构研究及优化设计

林陈彪

(三明职业技术学院, 三明 365000)

摘要: **目的** 针对中开口钢包装桶生产工艺流程长、模具套数多及占用压力机较多的问题,对模具结构进行研究并提出优化设计方案。**方法** 分析生产工艺要求,应用复合模具技术,通过结构研究、材料选择和优化设计方案,计算各套模具的冲压力,并确定压力机型号。**结果** 结构设计可靠、制造方案优化的复合模具能满足生产工艺要求,实现了合并工序的目的。**结论** 通过模具结构研究及优化设计、改造生产流程、应用复合模具合并工序,可减少压力机台数,提高了钢桶生产效率及经济效益。

关键词: 包装钢桶; 复合模具; 结构研究; 优化设计

中图分类号: TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)13-0080-06

Structure Research and Optimal Design of Mould of Middling Open Steel Drum

LIN Chen-biao

(Sanming Vocational Technical College, Sanming 365000, China)

ABSTRACT: Considering problems of long production process and excessive mould numbers and occupation of pressure machine used in production of middling open steel drum, the mould structure was studied and optimal design scheme was proposed in this paper. Requirements of production process were analyzed and the compound mould technology was applied. Through structure research, material selection and optimization of design scheme, rush pressing forces of each mould were calculated and the model of pressure machine was decided. The compound mould with dependable structure and optimal scheme can meet the requirements of production process and realized the purpose of integrated processing. Through structure research and optimization of design, production process was modified, working procedure was unified by applying compound mould. The number of pressure machine was reduced. Production efficiency and economic benefit were improved.

KEY WORDS: middling open steel drum; compound mould; structure research; design optimization

中开口钢包装桶是化工、矿业等产品的主要包装物,特别是在危险品包装领域,更是其他包装物所无法取代^[1]。据统计,钢桶回收率达到95%,是绿色包装和循环经济理念在包装领域的运用和具体体现,生态效益好^[2]。以盛装碳化钙(电石,折300 L/kg)钢桶为例,2013年全国电石累计总产量为2234 t,同比增长16%,考虑到重复利用的因素,新产电石桶量约为500~700万个^[3]。随着进出口贸易和物流业的发展,中开口钢包装桶的应用保持着良好态势。中开口钢包

装桶生产工艺流程长,模具套数多,技术含量高,占用压力机也多,钢桶模具作为钢桶生产中的重要工艺装备,一直是钢桶制造技术中的最重要内容之一。

1 中开口钢桶顶底盖零件加工工艺性分析

中开口钢包装桶的桶顶、桶底和桶身是构成钢桶的主要构件,生产批量较大,其结构和主要尺寸在国家标准中已经被确定。桶底和桶盖材料均为低碳簿

收稿日期: 2015-01-03

作者简介: 林陈彪(1962—),男,福建人,高级工程师,三明职业技术学院副教授,主要研究方向为机械设计与制造、钢桶设备及模具设计、制造等。

板钢或SPCC冷轧板,其抗拉强度 ≥ 270 MPa,伸长率 $\geq 37\%$ ^[4]。加工后要求保证外形尺寸在公差范围内,表面平整,圆角连接光滑,厚度均匀。经过工艺分析,板料厚度较小时可整体加工,从下料到零件的完成,由数台安装各式模具的压力机加工完成。

传统钢桶生产线通常使用常规模具以单个加工要素的逐个冲裁、弯曲或拉深工序来完成钢桶组成零件的加工制作。钢桶生产线中模具大多运用在桶盖和桶底的制作中,桶盖和桶底的成形质量对包装桶的密封性、使用性至关重要。以盛装电石的100 L中开口钢包装桶为例,桶盖和桶底材料的板厚为1 mm。桶盖、桶底零件见图1。

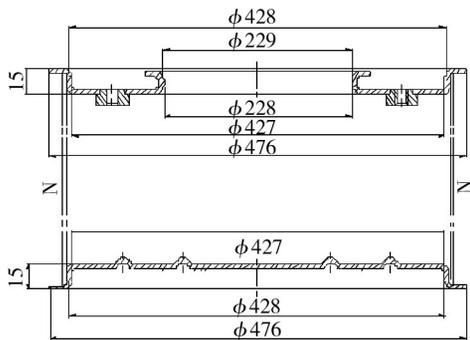


图1 100 L中开口桶桶盖、桶底示意

Fig.1 The top and bottom sketch map of 100 L middling open drum

100 L中开口钢包装桶桶盖的传统生产工艺流程从落料冲裁到冲字成形共7道工序,桶底的传统生产工艺流程则从落料冲裁到加强筋成形共3道工序,属典型的冷冲压工序,包含了分离工序和成形工序中的冲裁、弯曲、拉伸和成形等。

2 先进设计理念的运用

钢桶模具结构研究及优化设计的目的在于先进设计理念的产生和先进制造工艺的实现,并确保加工质量,降低成本。生产线上工艺改造的重点方向是如何运用复合模或级进模来合并工序、提高生产效率。复合模具是在压力机的一次行程下,可以在同一工位上同时完成2道或2道以上工序的模具。级进模是在毛坯送料方向上,具有2个或更多的工位,压力机一次行程可在不同的工位上逐次完成2道或2道以上工序^[5]。另外,钢桶薄形化已是中国钢桶产品的主要发展方向,目前各企业已大量采用0.8~1.0 mm的薄钢板生产100 L或200 L钢桶,节省了资源和降低了钢桶的成本^[6]。部分生产厂家更是将100~

80 L钢桶的板厚由0.8 mm调整为0.6~0.8 mm^[7],钢桶薄形化减小了零件冲裁加工过程中的受力,也为钢桶模具先进设计理念的运用提供了有利条件。

2.1 工艺方案比较与确定

2.1.1 工艺方案比较

通过对工艺流程的分析研究,认为级进模主要适用于零件较小、形状较复杂的工况条件。针对桶盖、桶底的尺寸精度和同轴度、对称度等位置精度要求较高,应考虑采用复合模,从钢桶行业装备分析,复合模也是钢桶行业冷冲压生产线性改造的主要方向。

经过多种复合方案的比较,考虑到更多的复合工序将导致模具结构过于复杂,同时模具的强度、刚度、可靠性也将随之下降,制造和维修更加困难,也不便于同类产品的转产加工。因此确定复合工序的数量控制在3道工序以内,将桶盖工艺流程中落料冲裁与拉深成形进行合并,冲大孔与一次翻边进行合并,冲小孔与冲字成形进行合并。将桶底加工工艺流程中落料冲裁与拉深成形进行合并,并将此方案作为改造的优选方案。改造后桶盖加工工艺流程仅4道工序,桶底改造后加工工艺流程为2道工序。

2.1.2 工艺方案确定

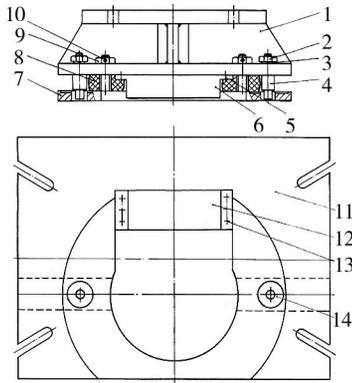
工艺方案所确定的各道新工序完成的工艺任务有:冲裁是完成桶盖的落料工序,其基本尺寸直径为496 mm;拉深是完成直径为428或427 mm尺寸的成形工序;冲小孔完成2个透气小孔的制作工序,用于点焊M10螺帽并安装专用螺丝;冲大孔完成直径为190 mm基本尺寸的冲裁,为一次翻边做准备,大孔用于装料及封小盖;一次翻边完成直径为229或228 mm尺寸的翻边工序;二次翻边完成尺寸直径为245 mm的翻边工序;冲字则完成内销或出口标志和产品批号等字体的成形工序。改造方案确定后,可进行模具结构方案设计及加工图设计。文中研究的系列模具在作者原工作单位福建三明化工总厂机械厂系列钢桶生产中得到广泛应用。

2.2 落料、拉深冲裁成形复合模

2.2.1 结构优化设计

在落料、拉深冲裁复合模的结构设计中,上模采用上模座与凸模刀口焊接组成,既节约模具刀口用钢,又兼顾上模座的重复利用。下模采用凹模刀口与下模座销子定位、螺丝紧固方法制作,这同样是考虑到节约模具刀口用钢和兼顾下模座的重复利用。另

与气孔上刀口柱孔过渡配合定位、螺纹联接的设计方案,下模采用气孔下刀口过盈配合及螺栓固定的方法,准确安装在下模座上,如此设计对上下刀口的配合定位较好,在模具制造过程中必须采用合件加工的工艺。上、下字模采用销子定位、螺丝紧固的方法,分别安装在上、下模中。小孔、冲字成形复合模结构见图3。



1.上模座 2.螺母 3.弹簧垫 4.气孔上刀口 5.螺栓、销钉 6.上字模 7.卸料板 8.卸料橡胶 9.螺栓、螺母 10.销子 11.下模座 12.下字模 13.螺栓、销钉 14.气孔下刀口

图3 小孔、冲字成形复合模

Fig.3 Compound die of hole and word punching

2.3.2 模具材料及热处理

小孔、冲字复合模的材料在实际选用中,上、下气孔刀口选用T8A,热处理至HRC58~62。上、下字模均选用Cr6WV合金钢,热处理至HRC58~60。上模座本体采用Q235A中板焊接方法制作,下模座选用Q235A厚板整体制作。在材料选用上,上、下气孔刀口可采用T10A, T12A等材料,上、下字模可采用GCr15, Cr12MoV, Cr4W2MoV等材料,并进行相应的热处理以满足使用要求。模具中起预压紧坯料和卸料作用的橡胶可选用天然橡胶或顺丁橡胶等。在实际应用中,确定的橡胶高度尺寸为28 mm,可以满足使用要求。

2.3.3 冲压力的计算及压力机选择

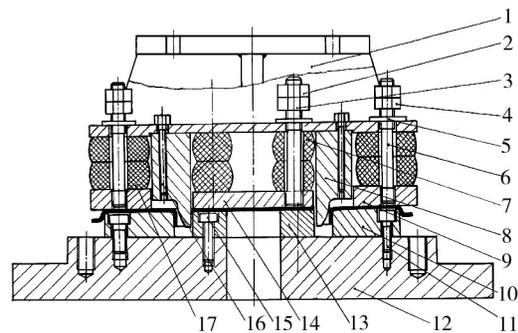
在对小孔、冲字复合模冲压力进行计算时,主要是计算气孔剪切力、字体拉深力和压边力等。不能简单地将落料或剪切力与拉深力叠加来选择压力机,而应该从模具结构及压力机的工作台尺寸等方面进行考虑。经过计算,实际生产中钢桶小孔、冲字复合模选择J23-63形压力机来设计和安装本套复合模具。

2.4 开孔、一次翻边冲裁成形复合模

2.4.1 结构优化设计

开孔、一次翻边复合模结构设计采用拉深(一次

翻边)正装、冲裁倒装式复合,拉伸凸模与上模刀口合二而一,并与上模座柱孔过渡配合定位、螺纹连接的方法制作。下模中拉深凹模及下模刀口与下模座以销子定位、螺丝紧固的方法连接。结构设计和制造时要注意:上道工序完成字体的凸起后,对应下模应设计和铣削出足够容纳凸起字体的凹槽;拉深凸模及内刀口组合设计时的弧线轮廓是经过数次试验得出的,可运用多段可数字化的数学曲线连接构成,加工时应在数控车床上进行编程加工^[9]。中孔、一次翻边冲裁成形复合模结构图见图4。



1.上模座 2.螺母 3.导向螺杆 4.螺母 5.垫片 6.螺杆 7.卸料橡胶 8.拉深凸模及内刀口组合 9.卸料板 10.拉深下模 11.螺钉 12.下模座 13.下刀口 14.小卸料板 15.螺钉 16.螺栓 17.卸料橡胶

图4 中孔、一次翻边冲裁成形复合模

Fig.4 Medium sized holes and a flanging blanking compound die

2.4.2 模具材料及热处理

拉深凸模及内刀口组合、拉深下模和下刀口均可选用Cr4W2MoV钢,淬火硬度在HRC60~64之间,当然亦可采用9Mn2V, Cr6WV等模具材料及适当的热处理工艺。上模座采用Q235A中板焊接方法制作,下模座选用Q235A厚板整体制作。考虑到冲压行程,模具中起预压紧坯料和卸料作用的橡胶由2块厚度达30 mm左右的橡胶组成,一样选用天然橡胶或顺丁橡胶等,以满足使用要求。

2.4.3 冲压力的计算及压力机选择

开孔、一次翻边复合模冲压力的计算主要是计算钢桶中开口的剪切力、孔拉深力和压边力等。经过计算,实际生产中钢桶开孔、一次翻边复合模选择J23-63形压力机来设计和安装本套复合模具。

3 模具装配及加工技术

钢桶圆卷边的成形质量与钢桶桶身、桶底、桶顶

零件的加工合格与否,R滚轮成形曲线沟槽的形状、大小,及R滚轮相对于咬口盘在其工作极限位置的上、下安装位置、进给速度等因素有关^[10]。作为桶底、桶顶零件加工的复合模具较为复杂,装配时应保证冲裁间隙的均匀性,导向零件的良好导向性,及卸料装置和顶出装置工作的灵活有效^[11]。

考虑到复合模具零件的数量及装配精度,在落料、拉深冲裁成形复合模中,上模座除了要加工出拉深凸模及内刀口组合的定位凹槽外,拉深凸模及内刀口组合精加工时要与上模座合件加工。同样,下模座要加工有拉深下模和下刀口安装的定位槽,拉深下模和下刀口精加工时,亦要进行合件加工^[12]。合件加工在小孔、冲字成形复合模及中孔、一次翻边冲裁成形复合模中同样重要。另外,为避免焊接、粗加工过程中产生的应力在模具使用过程中使其产生变形,所以在精加工之前必须进行一次充分消除工件内应力的处理。

盛装电石的100 L中开口钢包装桶属于盛装危险化学品桶、罐、瓶、箱、袋等包装物和容器之一,国际上非常重视危险品包装的安全监管^[13]。电石包装一般为开口钢桶,属危包Ⅱ类包装,与其他开口钢桶使用鉴定不同之处在于电石钢桶需进行严格的气密封口鉴定,这是电石钢桶使用鉴定中重要的操作^[14]。此外,钢桶在角跌落、棱跌落时,蹦盖撒漏的不合格原因与桶盖、桶身材料厚度,桶盖盖深不均匀,未完全有效包裹桶口等原因有较大关系^[15]。由此,上述复合模的零件加工与装配调试质量与钢桶生产质量密切相关。

4 结语

冲压工艺与模具、冲压设备、冲压材料构成了冷冲压加工的三要素,模具研究及优化设计是钢桶生产线设计或改造过程中的重点技术工作。冷冲模在钢桶构件冷冲压加工过程中至关重要。没有符合要求的冷冲模,冷冲压生产就难以进行;没有先进的冷冲模,先进、高效的冷冲压加工就无法实现。中开口钢包装桶模具结构研究、优化设计及成果的推广使用,减少了机台和场地的占用,企业既提高了生产效率又获得了可观的经济效益。

参考文献:

[1] GB/T 325—2000,包装容器钢桶[S].

- GB/T 325—2000,Packing Containers Steel Drums[S].
- [2] 杨文亮.中国钢桶包装工业的发展[N].中国包装报,2010-07-23(2).
YANG Wen-liang. China Drum Packaging Industry Development[N]. China Packaging News,2010-07-23(2).
- [3] 张金阳.中国电石分省市产量一览表[R].北京:中国产业研究报告网,2014.
ZHANG Jin-yang. China Various Provinces and Cities List of Calcium Carbide Production[R]. Beijing: www.chinairr.org,2014.
- [4] 马孝娟,胡洪林.SPCC冷轧板制桶过程中发生开裂原因分析[J].新疆钢铁,2013(4):17—20.
MA Xiao-juan, HU Hong-lin. Cause Analysis of Cracking of SPCC Cold Rolled Plate in Drum-making[J]. Xinjiang Iron and Steel,2013(4):17—20.
- [5] 赵伟阁.模具设计[M].西安:西安电子科技大学出版社,2006.
ZHAO Wei-ge. Design of the Die[M]. Xi'an:Xidian University Press,2006.
- [6] 杨文亮.我国制桶技术的新发展[N].中国包装报,2007-06-29(3).
YANG Wen-liang. The New Development of the Tubbing Technology in China[N]. China Packaging News,2007-06-29(3).
- [7] 梅建.宣贯国家标准GB/T 325—2000《包装容器钢桶》[J].化工标准·计量·质量,2001(9):9—11.
MEI Jian. Publicity and Implementation through National Standards 《Container Steel》 GB/T 325—2000[J]. Chemical Industry Standard Quality Measurement,2001(9):9—11.
- [8] 胡屠夫.工程力学[M].浙江:浙江大学出版社,2011.
HU Tu-fu. Engineering Mechanics[M]. Zhejiang: Zhejiang University Press,2011.
- [9] 荣瑞芳.数控加工工艺与编程[M].西安:西安电子科技大学出版社,2006.
RONG Rui-fang. NC Machining Process and Programming [M]. Xi'an:Xidian University Press,2006.
- [10] 翟兴妹.影响七层卷边质量的因素[J].中国包装工业,1998(9):39—42.
ZHAI Xing-mei. Effects of Seven Layer Edge Quality Factors [J]. China Packaging Industry,1998(9):39—42.
- [11] 刘航.模具制造技术[M].西安:西安电子科技大学出版社,2012.
LIU Hang. Manufacturing Technology of Mold[M]. Xi'an:Xidian University Press,2012.
- [12] 魏康民.机械加工技术[M].西安:西安电子科技大学出版社,2006.
WEI Kang-min. Mechanical Processing Technology[M]. Xi'an:Xidian University Press,2006.
- [13] 万敏,陶强,崔鹏.危险品包装的发展及常见质量问题探讨

- [J]. 包装工程, 2011, 32(3): 103—104.
WAN Min, TAO Qiang, CUI Peng. Development of Dangerous Goods Packaging and Discussion on Common Quality Problems[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(3): 103—104.
- [14] 黄锐. 电石钢桶鉴定中不合格原因初探[J]. 中国检验检疫, 2001(6): 30—32.
HUANG Rui. Discussion on the Reason of the Unqualified Identification of Calcium Carbide Steel Drums[J]. China Inspection and Quarantine, 2001(6): 30—32.
- [15] 黄现. 危险化学品包装常见质量问题及检测应对[J]. 中国包装, 2011(8): 56—58.
HUANG Xian. Dangerous Chemicals and Packaging Quality Problems and Detection Response[J]. China Packaging, 2011(8): 56—58.
-
- (上接第73页)
- 技术, 2000(9): 4—7.
WANG Xiao-dong, ZHANG Jin-huan, HUANG Shi-lin. Airbag Simulation Computing Technology Overview[J]. Automotive Engineering, 2000(9): 4—7.
- [4] EWING, LIEUTENANT C B. Precision Parachute Capabilities and Their Potential Employment in the Land Force[J]. Canadian Army Journal, 2005, 8(3): 83—92.
- [5] WEN Jin-Peng, LI Bin, YANG Zhi-chun. Study on Cushioning Characteristics of Soft Landing Airbag with Elastic Fabric[J]. International Journal of Applied Electronics and Mechanics, 2010, 33(3/4): 1535—1545.
- [6] 杨卫, 齐明思, 张皎. 冲压式快速空投硬式气囊缓冲技术研究[J]. 包装工程, 2010, 31(5): 106—108.
YANG Wei, QI Ming-si, ZHANG Jiao. Research on Punched Quick Airdrop Cushion[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(5): 106—108.
- [7] 田婧婷. 汽车正面安全气囊充气过程模拟及试验验证技术[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
TIAN Jing-ting. Simulation and Test Verification Technology of Vehicle Frontal Airbag Inflating Process[D]. Changchun: Jilin University, 2009.
- [8] ZHANG Jun-yuan, LI Dong-jun, BI Ying, et al. Optimization of Vehicle Side Curtain Airbag Module Based on Computer Aided Engineering[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2009, 22(4): 521—527.
- [9] AUDREY H D, FREDERIC R, PASCAL D, et al. Determination of Pre-impact Occupant Postures and Analysis of Consequences on Injury Outcome—Part II: Biomechanical Study[J]. Accident Analysis and Prevention, 2011, 43(1): 75—81.
- [10] 温金鹏, 李斌, 杨智春. 缓冲气囊冲击减缓研究进展[J]. 宇航学报, 2010, 31(11): 2438—2447.
WEN Jin-peng, LI Bin, YANG Zhi-chun. Progress of Study on Impact Attenuation Capability of Airbag Cushion System[J]. Journal of Astronautics, 2010, 31(11): 2438—2447.
- [11] 程涵. 气囊工作过程仿真研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2009.
CHENG Han. Numerical Simulation Research on Airbag Working Process[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2009.
- [12] 代小芳. 基于流固耦合方法的气囊展开数值模拟研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2007.
DAI Xiao-fang. Numerical Simulation of Airbag Deployment based on Fluid-Structure Interaction Methodology[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2007.
- [13] 徐静静. 基于流-固耦合模型的气囊织物动态力学仿真研究[D]. 上海: 东华大学, 2010.
XU Jing-jing. Numerical Simulation of Airbag Dynamic Mechanical Performance Based on Fluid-Structure Interaction Approach[D]. Shanghai: Donghua University, 2010.
- [14] 戈嗣诚, 施允涛. 无人机回收气囊缓冲特性研究[J]. 南京航空航天大学学报, 1999, 31(4): 458—463.
GE Si-cheng, SHI Yun-tao. Study on Cushioning Characteristics of Air Bag for RPV Recovery[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 1999, 31(4): 458—463.
- [15] 乐永祥. 着陆缓冲气囊缓冲过程数值模拟和优化设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
LE Yong-xiang. Numerical Simulation and Optimal Design of the Process of Airbag Landing[D]. Changsha: Hunan University, 2010.
- [16] 陈帅, 李斌, 温金鹏, 等. 软着陆气囊缓冲特性与参数设置的理论研究[J]. 振动与冲击, 2009, 28(4): 25—29.
CHEN Shuai, LI Bin, WENG Jin-peng, et al. Cushioning Characteristic and Parameter Design of a Soft Landing Airbag[J]. Journal of Vibration and Shock, 2009, 28(4): 25—29.