

针对 Busbar 结构件的柔性裁切折弯生产线研究

谷献磊

(安波福中央电气(上海)有限公司 上海 201814)

摘要: 本文主要针对汽车用 Busbar 连接结构的生产, 提出一种新的裁切折弯方式, 并基于 SolidWorks 平台进行了一种自动生产线的开发设计。利用新型设计的裁切折弯生产线来满足生产需求, 并在生产过程中融合柔性自动设计理念, 从而提升智能制造水平。

关键词: Busbar; 裁切折弯; 自动生产线

0 引言

汽车工业作为高度集合化的综合工业技术代表, 是国家工业科技的代表。普通汽车一般由上万个零部件组装而成, 随着新能源汽车的迅猛发展, 汽车电器电气零部件所占比例也有着较大的增长。

其中, 汽车用 Busbar 结构件是指一种多层次设计并采用复合结构的连接结构部件, 一般采用铜质材料作为材料主体, 表面电镀锡、银或金介质。一般相比常规线束, Busbar 结构件具有低阻抗、可靠性较好、抗干扰能力强等多种性能特色, 不仅易于装配, 还能节省空间。由于诸多性能优势, Busbar 结构件在新能源汽车的核心部件中大量使用, 包括动力逆变器 (IGBT)、蓄电池、中央保险丝盒、中控电气盒等。

普通铜板结构件的裁切折弯工艺, 多采用冲压裁切模具进行产品外形裁切, 然后采用钣金折弯机进行钣金折弯, 此种方式使用于少批量、低精度结构件的加工制作, 对于批量、高精度结构件来说性价比较低。

Busbar 结构件为批量、高精度产品, 并对产品质量要求较高, 多采用冲压模具一次成型进行加工制作, 即使用多工序连续模具进行加工, 一般包括冲孔、冲裁、切开、切边、折弯等。由于连续冲压过程中, 需要保持料带的稳步输送, 并保持冲裁过程中的模具加工余量, 料带的排版就造成使用率基本维持在 40% 左右。

1 产品布局确定

随着全球原材料成本的逐步提升, 如何提高 Busbar 结构件产品的材料利用率, 成为提升 Busbar 结构件效率的一大难题。本文所研究的智能自动化生产线, 旨在提供一种新型加工工艺, 从而提高 Busbar 结构件的材料利用率, 降低单个产品成本, 提高产品竞争力。在设计过程中, 兼顾柔性化生产线的设计思路, 为后续产品升级及生产线兼容性提供一种新的生产理念。

考虑在最大化地提高材料利用率的情况下, 并尽量提高自动化程度, 确定 5 款 Busbar 结构件的新布局 (图 2), 新的排布方式可以将材料利用率提高到 45% ~ 47%。此种布局为 A4 板式冲压结构, 即采用连续模具完成附图所示的 Busbar 结构件冲压, 然后采用自动化作业方式完成后续的产品冲落、折弯及成品收料。

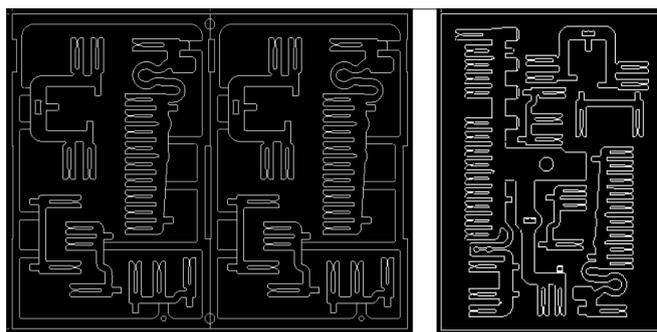


图 1 产品初始布局

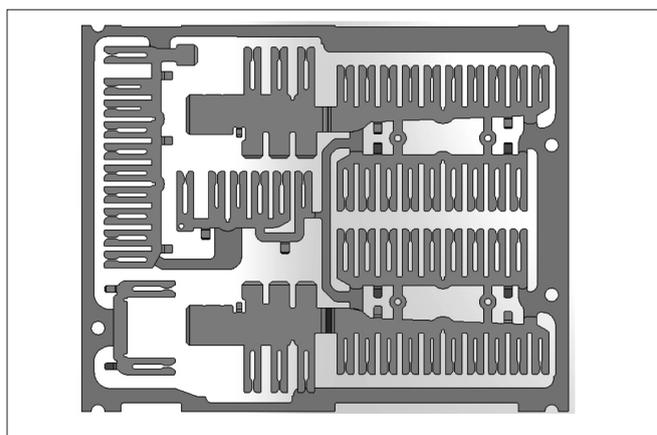


图 2 产品最终布局

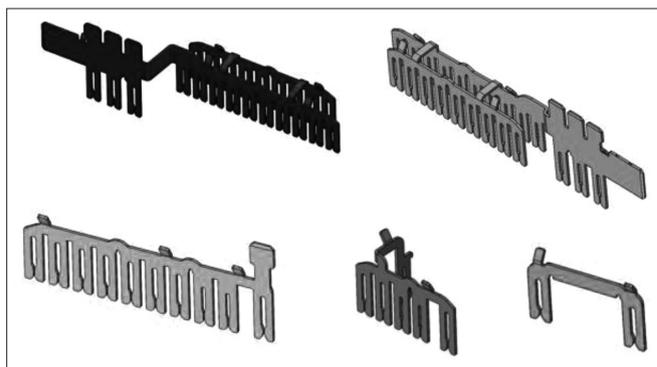


图 3 Busbar 结构件产品成品

图 3 所示的 5 种 Busbar 结构件排列中, 有 2 款的所有冲压及折弯结构均可在现有模具上完成, 3 款需要进行后续折弯处理, 从而完成全部的 Busbar 结构件产品。

2 生产线作业流程

前段冲压模具完成后的 Busbar 结构件拼接 A4 铜板, 裁切折弯完成 A4 铜板的冲压裁切、Busbar 结构件折弯、成品包装。其中, 包括 A4 板的上料、产品输送、分布式折弯检测、成品包装等作业。

生产线作业流程 (图 4):

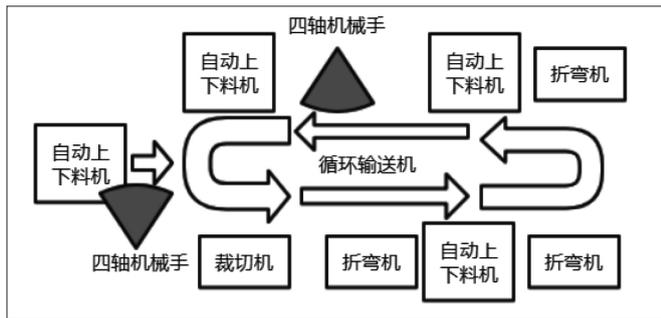


图 4 作业流程图

如图 4 所示, 前段 A4 板上料, 最终成品 Busbar 结构件由自动上下料机完成成品包装下料。具体流程如下:

A4 板由料盘叠放输送, 由 AGV 输送对接到自动上下料机, AGV 将装有 A4 板的料盘放置到自动上下料机, 将空料盘运输到空盘放置区;

自动上下料机将料盘分别运转到四轴机器人抓取位置, 四轴机械手将 A4 板抓取到循环输送机的载具上, 循环输送机带动载具进行运转;

裁切机上带有四轴机械手, 将 A4 板抓取到裁切机, 裁切机将 A4 板进行裁切, 裁切后的 Busbar 结构件由四轴机器人重新抓取到载具;

折弯机上带有六轴机械手将所需折弯的 Busbar 结构件抓取到折弯位置, 采用伺服折弯机构对其进行折弯处理, 然后采用视觉检测折弯尺寸。折弯后的产品由六轴机械手抓取到自动上下料机中的料盘内, 完成对应的包装;

对于不需要进行折弯就可以直接包装的 Busbar 结构件, 循环输送机尾端的四轴机械手会将其直接抓取到自动上下料机中的料盘内;

针对作业过程中的不良品, 在搬运过程中, 机械手会将其排出到对应不良品盒内;

裁切折弯生产线主要包括四大部分, 分别为自动上下料机、自动裁切机、自动折弯机及循环输送机。

3 裁切折弯参数

针对 Busbar 结构件的裁切与折弯, 首先需要确定所需的裁切力与折弯力等力学参数, 然后根据对应的参数来选择合适的动力源与标准件, 完成生产线仿真。

3.1 Busbar 结构件裁切力计算

本次 Busbar 结构件为常规 0.8mm 板厚铜材, 表面镀锡处理, 具有较好的延展性及导通性能。冲压裁切力的计算一般采用计算公式:

$$P = 1.25L\delta\sigma_{cp}$$

或

$$P = \delta L\sigma_b$$

公式中:

P: 冲裁时所需要的压力 (Kg)

L: 冲裁件的周长 (mm)

δ : 冲裁件的厚度 (mm)

σ_{cp} : 材料的抗剪强度 (Kg/mm²)

σ_b : 材料的抗拉强度 (Kg/mm²)

根据公式转换, 并参照材料手册, 可得出非圆件快速计算公式:

$$P = \delta \frac{L}{3} K$$

其中:

P: 冲裁力 (T)

δ : 冲裁件的厚度 (mm)

L: 冲裁件的周长 (mm)

K: 经验系数

3.2 Busbar 结构件折弯力计算

板材的折弯是采用挤压折弯, 固折弯力的计算与材料系数、外形结构有很大关系, 常规折弯力计算可以此参考作为动力选型依据:

$$P = \frac{1.42 * L * T * S^2}{1000 * V}$$

其中:

$$V = \frac{32R}{5}$$

P: 折弯力 (KN)

L: 结构件长度 (mm)

T: 结构件材料的抗拉强度 (N/mm²)

R: 折弯内角

4 生产线仿真

SolidWorks 是达索公司旗下的一款基于 Windows 平台三维 CAD 系统, 其自上而下的设计理念配合强大的模型库, 配合有限元分析、动画仿真、流体设计等模块, 为智能设备设计提供了高效的 CAD/CAE 的分析辅助, 目前被大量设计人员使用并逐渐普及。

本次生产线的开发, 采用 SolidWorks 进行三维设计仿真, 针对 Busbar 结构件的裁切折弯进行建模 (图 5), 然后进行相应的力学仿真, 根据 3D 模型的仿真, 在确定参数后进行加工制作及设备的安装调试, 最终完成设备的最终运转。

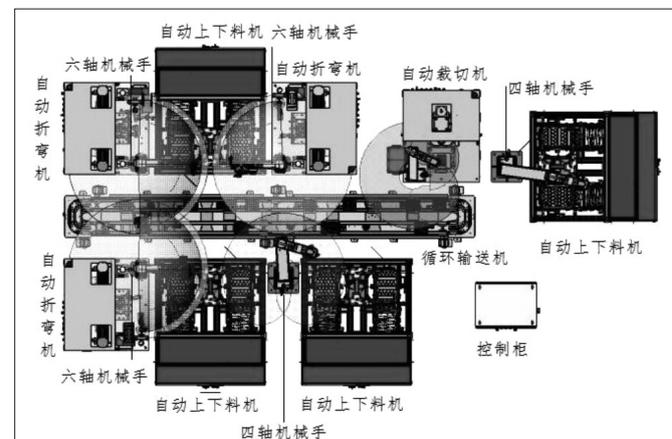


图 5 裁切折弯生产线模拟图

4.1 自动上下料机

自动上下料机特有的使用上下双层输送线来完成料盘的自动输送及存储, 并采用逐层提升定位的方式来完成料盘的定位, 从而实现多叠料盘持续上料, 多叠空盘逐步排出的料盘上下料效果。

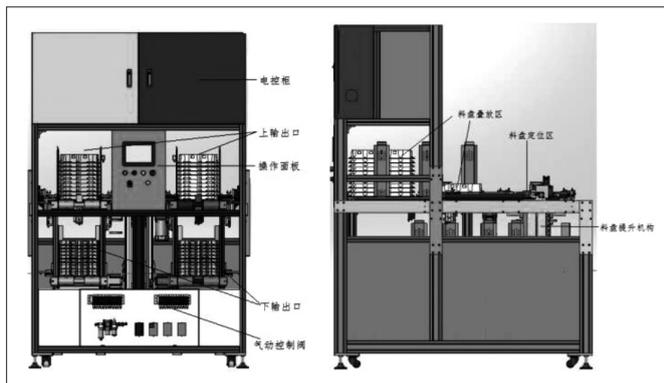


图6 自动上下料机模拟图

自动上下料机操作面主要为操作面板、上出口及下出口, 其中上出口与下出口机构为输送皮带及对应定位、储料机构, 从而保证料盘的输送与定位存储。

内侧为料盘上下提升、定位机构, 由伺服电机与气动元件配合完成料盘的分层提升、单层定位。定位完成后的料盘即可提供给四轴机械手抓取/放置产品的位置, 从而实现料盘的自动上下料。

4.2 自动裁切机

自动裁切机主要由裁切模具、分度盘、气液增压缸与四轴搬运机械手组成。四轴机械手将产品抓取到裁切下模具, 分度盘的动力源 DT 马达带动运转到上模具下方, 然后

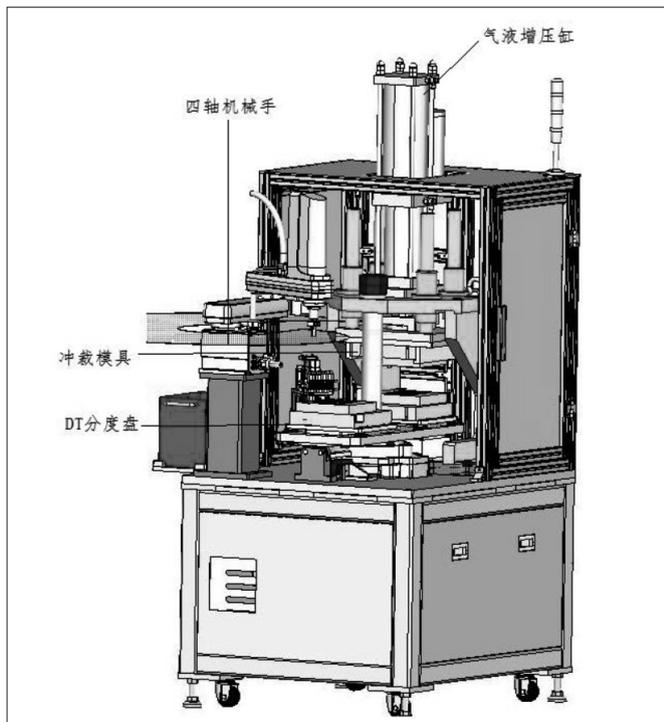


图7 自动裁切机模拟图

由 10T 气液增压缸对 A4 板进行冲压裁切, 裁切完毕后抓取到循环输送机输送载具上方, 完成 A4 板的裁切。

4.3 自动折弯机

传统 Busbar 结构件的折弯采用冲压模具进行切割折弯, 一般分 2-3 步进行 90° 折弯, 因此连续模具较长。本次折弯机采用伺服折弯缸进行折弯, 在控制折弯行程及快速更换折弯刀具的情况下, 可实现 Busbar 结构件的柔性快换式折弯。

自动折弯机分为伺服折弯缸机构、折弯刀具机构、切换机构及机械手搬运机构, 配合完成 Busbar 结构件的搬运输入、折弯、搬输出, 中途设置的影像视觉系统进行产品的尺寸检测, 共同完成 Busbar 结构件的折弯作业。

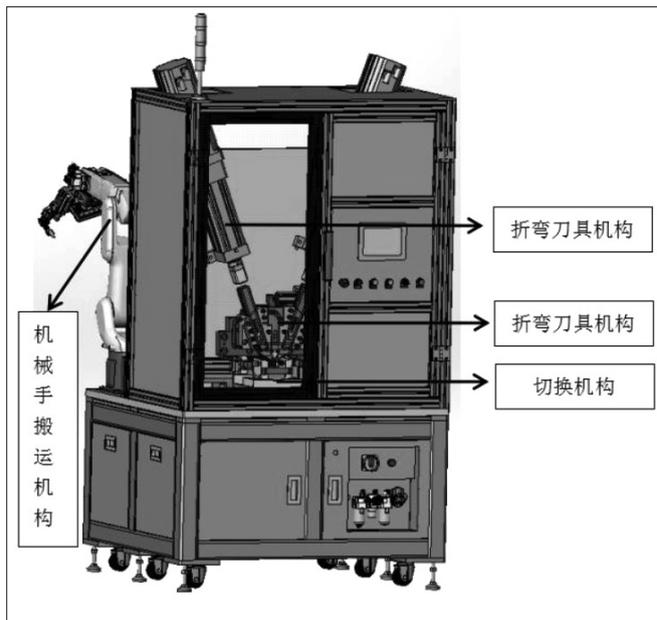


图8 自动折弯机模拟图

4.4 循环输送机

循环输送机采用马达带动皮带的方式输送循环载具进行运转, 载具上方根据不同的产品设置不同的放置定位机构, 配合皮带上方设置的定位机构、阻挡机构完成载具的输送与作业。

5 结语

通过对 Busbar 结构件的裁切折弯的力学分析, 确定生产线的力学参数, 然后进行 3D 模型构建分析, 设计裁切折弯生产线的三维模型, 据此进行加工制作, 进行生产线的加工制作调试, 最终实现 Busbar 结构件柔性裁切折弯生产线智能生产设备的开发, 并顺利实现生产, 并为后续智能程度更高的柔性生产线提供一定的参考。

参考文献:

[1] 史海波. 基于力学模型的钣金折弯结构研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2016(9).
 [2] 王涛. 自动折弯生产线的研究与开 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.

(下转第 99 页)

着相当大的影响。要想使得企业工作人员的整体素质得到提高,则不仅应当在招聘相关人员是注重其创新能力和专业素质。此外,还应当在正式工作开始之前对其进行考核,只有通过考核的工作人员才能上岗工作。此外,在其正式工作后也需要对有关人员定期进行培训,这样才可以使机械设备处于高效的工作状态;

(3) 安全意识的确立:机电工程中所采用的机械设备在作业时与其他工种的机械设备存在较大差异。在具体的作业时,对于维修实施人员及管理人员要求都非常高,需要相关工作人员的技术非常高超。与此同时,他们应当时刻将安全第一的理念牢记于心,并将此原则作为其开展工作的核心准则,只有这样才能从根源上阻止发生某些事故。企业在对其员工进行培训时,应当时刻让所有的维修、管理工作的负责人员和操作人员充分了解到安全对于机电工程的重要性。此外,也应当通过安全设施的来全方位防范发生安全事故。

4 结语

机械设备作为机电工程中的重要设备,其好坏直接影

响到企业的生产效率和经营效益,也与工作人员的人身安全紧密相连。为了使机械设备可以长期、稳定地处于安全有效的工作状态,针对其故障类型和特点进行针对性地故障维修与维护保养十分关键。本文在对机械设备的常见故障分析的情况下,在探讨有关维修方法的同时,也对其现阶段管理工作中所存在问题及其优化对策进行了探讨。这使得机械设备的稳定性及可靠性得到了增强,也让设备的生命周期得到延长,还优化了机械设备的安全表现。

参考文献:

- [1] 梁栋. 机电工程机械设备的维修及其管理分析 [J]. 建材发展导向, 2020, 018(003): 66.
- [2] 易大伟. 基于机电工程机械设备的维修及其管理 [J]. 科技视界, 2018, No. 231(09): 215-216.
- [3] 丁忠华. 探析机电工程机械设备的维修及其管理 [J]. 魅力中国, 2017, 000(0z2): 56.

作者简介: 武颖 (1985.08-), 女, 汉族, 河南新乡人, 本科, 实验师, 研究方向: 机械。

(上接第 96 页)

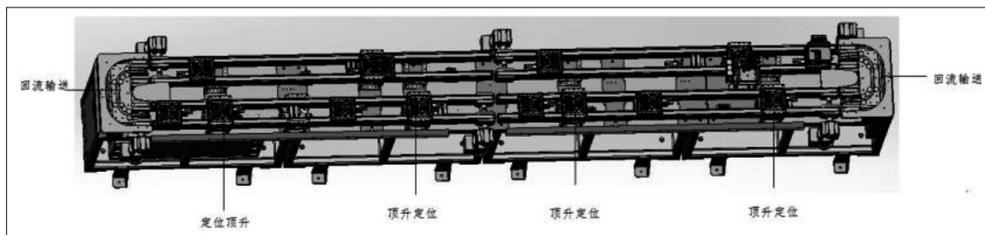


图 9 循环输送机模拟图

[3] 刘鸿文. 材料力学 [M]. 6 版. 北京: 高等教育出版社, 2011.

[4] 郑文纬, 吴克坚. 机械原理 [M]. 7 版. 北京: 高等教育出版社, 2009.

[5] 董桂伟, 赵国群, 颜军, 黄思危, 王孝海. 基于 SolidWorks 的跟踪剪切机虚拟仿真设计系统的开发与应用 [J]. 实验技术与管理, 2021(4).

[6] 邓辰. 家用空调蒸发器 U 型折弯全自动生产线控制系统设计 [J]. 工艺与技术, 2015, 11(33).

作者简介: 谷献磊 (1986-), 男, 汉族, 山东菏泽人, 硕士, 工程师, 研究方向: CAD/CAM/CAE/KBE, 机械设计制造及其自动化/特种装备设计与制造技术。