

金属钣金机器人自动化折弯技术的研究

■ 杨晟

摘要: 简单介绍了机器人进行钣金折弯作业过程中其程序的算法及原理, 钣金成形过程的几何分析, 机器人与折弯机之间的运行参数要求, 目前主流的折弯机器人厂商及机器人自动化钣金折弯在我国的市场应用现状与不足。

关键词: 钣金自动化折弯; 工业机器人; 机器人自动折弯; 机器人应用技术

目前在工业制造领域中, 金属钣金成形应用较多的工艺包括裁切下料、激光切割下料、冲裁落料、拉深成形、折弯机折弯、铆接及焊接等。在当今生产制造领域, 钣金折弯成形已渗入到诸多行业, 如汽车、家电、电气、厨具、电子及消费品等, 在金属钣金折弯成形过程中, 传统作业时每台折弯机均需要配备一名操作者。由于各行各业对产品的品种要求繁多、数量巨大, 且折弯机属于危险类别较高的生产设备, 安全隐患也比较大, 此道生产工序愈发成为一项繁重危险度较高的体力工作, 所以用机器人替代人工作业也逐渐成为必然发展趋势。

1. 金属钣金折弯成形过程中相关尺寸说明

(1) 金属钣金折弯所需5个相关尺寸 (见图1) 钣金厚度尺寸 t 、折弯机上刀口顶尖处 R 角半径 r 、折弯机下刀口凹槽深度

尺寸 d 、折弯机下刀口的上开口最大尺寸 b 、折弯机下刀口的上开口处 R 角半径 r' 。

(2) 金属钣金在折弯成形过程中5个阶段 (根据钣金

下平面压入下刀口凹槽时的深度值 d_p) $0 < d_p < r+t$ (见图2)、 $d_p=r+t$ (见图3)、 $r+t < d_p < r+t+r$ (见图4)、 $d_p=r+t+r'$ (见图5)、 $d_p > r+t+r'$ (见图6)。

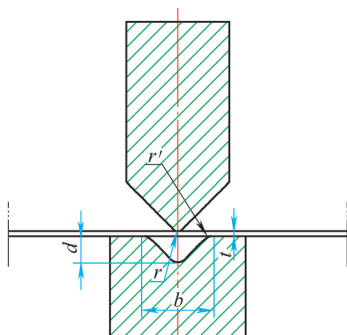


图 1

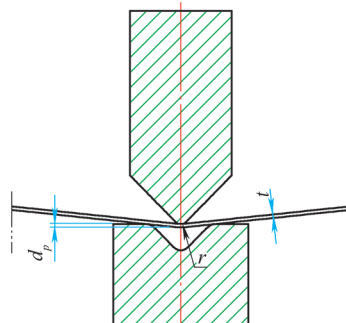


图 2

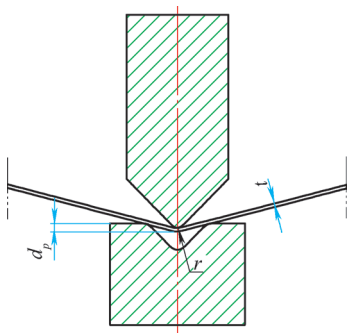


图 3

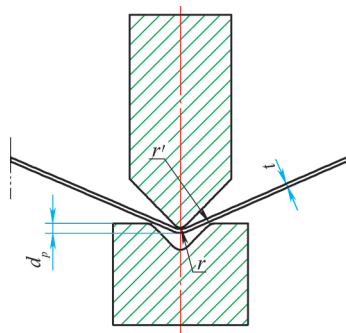


图 4



手机扫描二维码，观看本视频



(3) 机器人折弯动作算法原理 在折弯机折压金属钣金时，上刀口下降至不同深度范围时，机器人动作位置参考点所产生的相对几何关系式也不同。机器人折弯工作时始终在监控刀口下降的位移位置，根据上刀口压入下刀口凹槽内的不同深度值选择对应的几何关系式进行计算，将钣金成形过程中参考位置点发生的位移偏移量计算出来，并再次赋值给新的参考位置点，并随即向新的参考位置点移动达到跟随的效果，至到机器人监测到上刀口压入深度值大于等于预先设定的下刀口凹槽深度尺寸为止，一个完整的折弯动作结束。

“动态工具坐标系+位于R角上的动态作业点”理论学说（见图7）。

如图7中P0点为机器人作业开始时的初始点，机器人作业过程中始终有一个动态作业点P'，始终位于下刀口的肩部R角上（即图中的 r' 圆角上）。机器人的作业点P'自P0点为起点开始，始终在 r' 圆角上移动，直到走到 r' 圆角的另一端点P为运动终点，此时也恰好达到折弯要

求的最大深度。

机器人折弯过程中，陷入下刀口凹槽的钣金会逐渐延长，机器人在移动过程中，同时还要向凹槽内的钣金长度进行补偿，通过动态工具坐标系变幻，工具坐标系的参考点随着金属钣金折弯过程压入下刀口凹槽越深，则工具坐标系偏移值越大，实现了机器人在原本跟随移动过程中向下刀口凹槽内不断地补偿更多的钣金物料。

“动态工具坐标系+位于R角上的动态作业点”保证了机器人作业点的准确性，同时也保证了钣金折弯时延展所需要的物料补偿。

2. 具体应用

(1) 电液伺服数控折弯机 可实现稳定及精确调整折弯工作速度的折弯机，以保证金属钣金在折弯过程中匀速稳定，避免发生速度突变导致机器人无法在短时间内急速跟随的现象。同时，对于不能将折弯机自身的刀口行程值通信给机器人的情况，则需要在折弯机上刀口（即活动刀口）安装精密丝杆与编码器传动装置，通过编码器将刀口行程

值持续通信给机器人。

(2) 工业机器人 目前主流的工业机器人，除了四大家族以外，意大利柯玛、日本川崎重

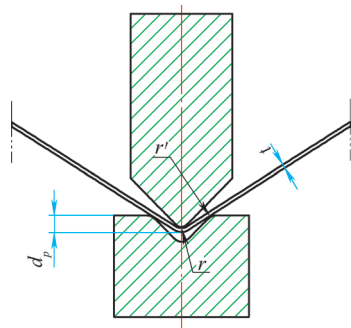


图 5

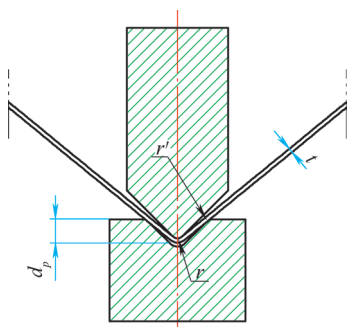


图 6

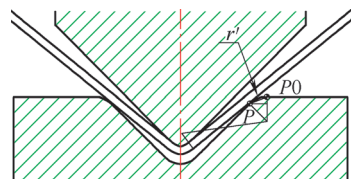


图 7

工等厂家也提供带有折弯跟随功能的机器人（机器人本体内需安装有与编码器通信协调数据的专用板卡或模块），配合真空吸盘式抓手，可在机器人的控制器内为不同规格的产品预先录入产品编号及相应的尺寸参数，机器人即可准确对应多种规格的产品折弯作业。

（3）应用过程中需特别注意的技术参数 折弯机在折弯作业时工进速度（即金属钣金开始发生折弯变形时折弯机的工作速度），根据现场实际测试，建议设定在25mm/s以下，否则会出现机器人的运动速度滞后于金属钣金的移动速度，从而导致金属钣金从吸盘抓手上脱料。若机器人6轴法兰中心距离折弯机刀口中心尺寸较远时（通常大于300mm），则建议继续降低折弯机作业时的工进速度。

3. 折弯机器人国内应用现状与不足

目前我国包括厦门ABB开关有限公司、东莞嘉利公司等大型的电气柜、家电的生产制造企业已将机器人折弯应用到实际的生产作业中，但仍有更多的金属钣金制造企业尚未实现或正在筹划这一环节的自动化应用方案。很多企业还属于中小企业，所生产的产品规格不固定、产量偏少且不稳定，则折弯机需要经常更换及调整上下模刀口导致基准位置发生变化，机器人就需要反复校准，使得机器人作业的优势不能充分体现，最终机器人自动化折弯系统在中小企业范围内未得到广泛推行实施。



4. 结语

机器人自动折弯仅作为机器人在制造业中高端智能化的其中一个环节，随着中国制造2025及全球工业化4.0的全面推进，未来对机器人提出智能化要求的领域将越来越广泛，且每个领域内均会有其独特的技术要求，逐步充实着工业机器人的拟人化作业功能。配合完善的3D视觉设备、

力矩传感器等外部输入元件，未来每台工业机器人都将变成一台半人化设备，实现的将不仅仅是无人化工厂，甚至是具备一定程度自主协调能力的设备，更进一步保障了生产线产品的多元化、随机化的生产要求。

作者简介：杨晟，川崎机器人（天津）有限公司。

MW 20171212