航空超越离合器预紧弹簧压弯模具改进设计与加工

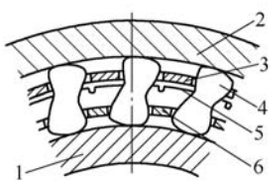
洛阳轴研科技股份有限公司 （河南 471039） 高 飞 宗晓明 陈怀刚 梁兴江 王永平

摘要：预紧弹簧是航空离合器的关键部件，对尺寸精度与表面质量均有较高的要求，其加工过程需要经过下料、钻孔、线切割成形、压弯、修长度五个工序，其中压弯工序一直是行业的技术难题。本研究通过对产品特点及原压弯模具结构进行分析研究，确定凹模形式、凸模精度及凸模高度调整问题为造成产品质量差的原因，并对模具结构进行了改进设计与加工，经生产验证，产品尺寸精度良好，合格率由60%提高到了90%，有效地提升了产品质量。

1. 斜撑式超越离合器

斜撑式超越离合器在航空领域有着广泛的应用（见图1），其中最典型的应用是直升机主减速器与航空涡轮起动机。预紧弹簧是斜撑式超越离合器的关键部件，在离合器处于楔合状态时，由于楔块承受的载荷很大，离心力和弹簧力相对而言可以忽略，而离合器处于差速超越和全速超越时，离合器不承受转矩，预紧弹簧对楔块产生作用力，使楔块贴在离合器外环和内环上，保证楔块的接触位置不变，使得离合器随时都能进入楔合状态。预紧弹簧的制造水平，直接影响离合器的响应速度与工作稳定性。

（a）斜撑式超越离合器产品



（b）斜撑式超越离合器工作示意图

图1 斜撑式超越离合器

1.内环 2.外环 3.外保持架 4.异形滚子 5.波形弹簧 6.内保持架

目前，航空离合器用预紧弹簧多采用线切割与冲压复合方式加工，尺寸精度不高，此外压弯部位易出现微裂纹缺陷，亟须开发一种尺寸精度高，表面质量好，生产效率高的预紧弹簧加工方法。预紧弹簧的生产的工艺流程是：下料、钻孔、线切割成形、压弯及手工修长度（见图2），在生产中难度最大的当属压压弯工序，目前，预紧弹簧压弯

致，因此习惯上经常用后置程序仿真验证程序的正确性。

VERICUT仿真手段之所以被工程技术人员认同和认可，很大程度上取决于其强大的分析及比较功能，由于VERICUT可同时加载毛料模型和设计模型信息，所以经过仿真切削后，过切和残余检查的结果直接反映到大家面前，使大家很清晰地掌握零件程序编制的质量。

4. 结语

连接框零件的数字化加工过程中，我们采取了有效的工艺方法，防止了零件变形，对外缘条双曲面的加工采用侧刃渐近插补法；对大闭角区的加工采取有效的编程方法，避免了由于带刀铣伤腹板。而在整个零件的编程过程中，我们采用了清转角处理法，保证了零件的加工质量。实践证明，该工艺方案能够加工出合格产品，产品质量稳定，表面质量好。这一类零件的加工，为我们以后生产大尺寸多型面薄壁零件提供了经验。MW

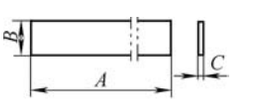
（收稿日期：20170514）

工序多采用的模具结构尺寸精度低，导致产品尺寸精度及形状精度差，预紧弹簧压弯工序是行业的技术难题。本研究通过对原压弯模具及产品特点进行分析，研制了一种尺寸精度好预紧弹簧压弯装置，为同类产品提供了很好的借鉴。

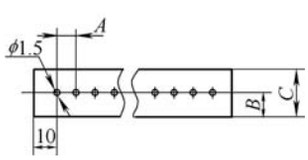
2. 加工现状

图3、图4所示为改进前压球窝模具结构与实物图，由图2可知，该装置主要包括该装置主要包括压弯冲头、冲头接头和凹模等组成，模座采用标准件。工作时，将工件放入凹模，通过定位板及定位销确定工件位置，加工过程中，上模向下运动，压弯冲头将工件压入凹模，完成压弯成形工序，随后，上模向上运动，工件在顶出杆及卸料橡皮的作用下脱离凹模，完成加工，即可取出工件。

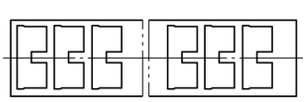
图5所示为采用该装置生产的预紧弹簧产品放大图，由图5可以看出，压弯部位偏移严重，且圆弧尺寸与与设计图样有较大偏差，左右圆弧存在尺寸不一致问题，成品率只有50%左右，且模具调整不方便，严重影响的产品的正常生产。

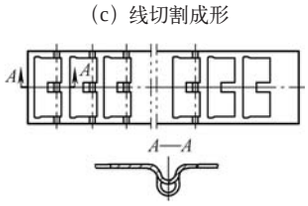


（a）下料



（b）钻孔


（c）线切割成形



（d）压弯

图2　预紧弹簧生产加工流程图

（a）模具实物图

（b）凹模实物图

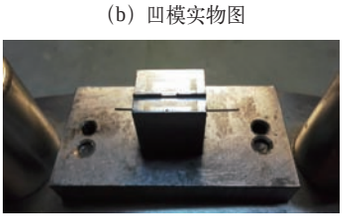

（c）凸模实物图

图3　原压弯装置实物

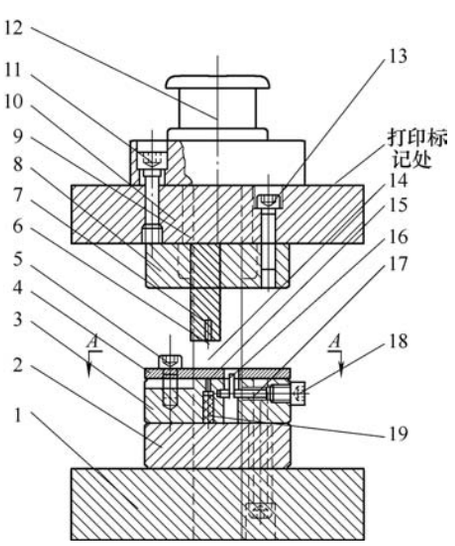


图4　原压弯装置结构

1.下模座 2.凹模垫板 3.凹模 4.定位板
5.内六角螺钉M6×10 6.压弯冲头
7.冲头接头2.4mm 8.凸模固定板 9.导套
10.上模座 11.螺钉M6×20 12.模柄
13.内六角螺钉M6×20 14.导柱
15.顶出杆 16.定位销 17.小导柱
18.内六角螺钉M6×15 19.卸料橡皮

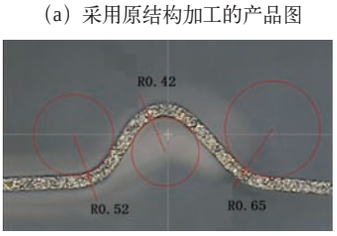
3. 问题分析及改进

（1）问题分析。现该问题的原因，需要从压弯工序的各环节进行分析，特别是要从凹模精度、凸模精度及冲头高度调整型等影响因素查找分析，图6所示为压弯工序工作示意图，分析情况如下。

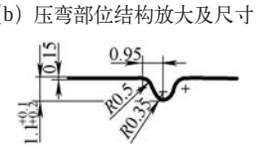
凹模精度：该机构为整体凹模结构，其中压弯部位采用线切割加工，先加工成方孔结构，后钳工修磨成形，尺寸精度与一致性差。如图7所示，如图7b红色部位为需要修整的圆角，由于缝宽很窄，仅有0.9mm，圆角为0.5mm，用手工方法修整0.5mm的标准圆角很困难，尺寸精度与两次之间的修整一致性差。

凸模精度：该机构采用整体凸模（见图8），两侧压弯部位圆

（a）采用原结构加工的产品图



（b）压弯部位结构放大及尺寸图



（c）理想产品形状

图5　采用原压弯装置生产的预紧弹簧尺寸

（a）压弯前　（b）压弯中　（c）压弯后

图6　压弯工序工作示意图

弧可采用线切割成形，精度可以保证，但中间舌部成形部位无法采用线切割加工，只能采用手工修磨成形，尺寸不规整，重复性差。

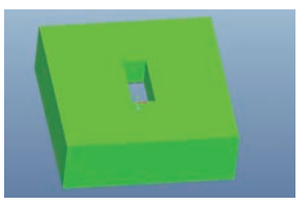
（2）冲头高度调整灵活度。由图8c可知，冲头与冲头座过盈配合联接，刚性固定，模具调试过程中无法进行高度尺寸调整，可操作性差。冲头高度调整的目的在于保证成品的舌间距尺寸，由于坯料是采用线切割成形，加工过程中存在丝磨损、变细。每批次坯料在合格范围内尺寸都略有差别，通过调整高度，可以精确控制舌间距尺寸。

（3）对策制定。经分析，原压弯装置结构不合理是造成根本原因，是能够通过模具结构改进来彻底解决的。根据以上确定的原因，又通过专门的摸索，得出解决该问题的对策，如下三点：

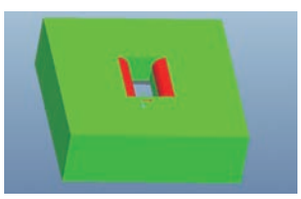
一是将凹模结构由整体型改为左右对开型，并增加调整垫块装置，使凹模工作部位（即图9中红色圆角）能够完全采用线切割成形，消除钳工修搓工序，提高凹模的尺寸精度与调整灵活性，通调整垫块（图9b中蓝色方块），可以精确控制缝宽，提升了宽度尺寸调整的精度与灵活性。

二是将凸模有整体型改为分片型，省去了手工修磨工序，提高了加工精度与更换的一致性，如图10所示；将凸模由整体型改为分片型，图10a为原凸模结构，图10b为改进后的凸模结构，原结构中间圆角部分（图中绿色部位）无法线切割加工，改进后左、中、右三个部分都可以一次加工，中间压舌部位的凸模精度与更换一致性得到提升。

三是增加凸模高度调整装置，可自由调整凸模的高度，增加的模具调整的灵活性，如图11所示。图11a所示为原凸模固定方式，高度不能调节，图11b为改进后的新结构，可以自由调整凸模高度，图中3个冲头固定在冲头接



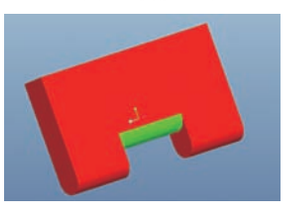
（a）圆角修整前



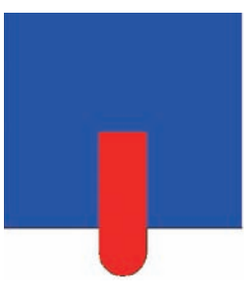
（b）圆角修整后

图7　凹模圆角修整前后对比图

（a）凸模修整前

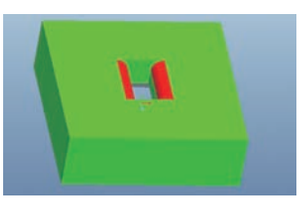


（b）凸模修整后

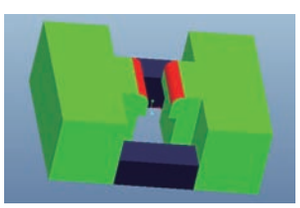


（c）凸模固定

图8　凸模结构及固定方式

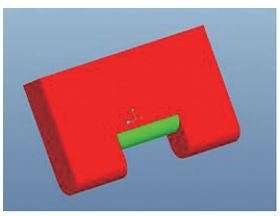


（a）改进前凹模结构

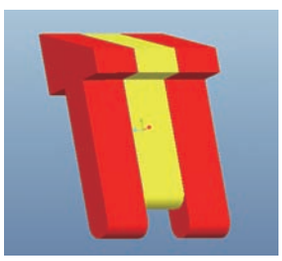


（b）改进后凹模结构

图9　结构改进前后凹模结构

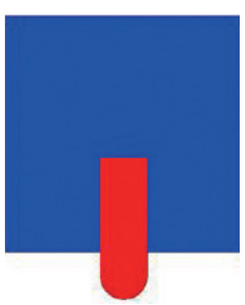


（a）原凸模结构

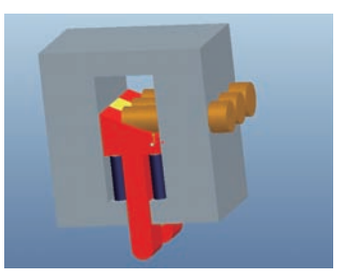


（b）改进后凸模结构

图10　结构改进前后凸模结构



（a）原凸模固定方式



（b）改进后凸模固定方式

图11　结构改进前后凸模固定方式

头中，黄色的为3个内六角螺钉，冲头每个斜坡上压一个螺钉，蓝色的为硬橡胶，通过调整三个螺钉压入深度，可以调节冲头伸出接头的高度，实现对其控制。

（4）改进后模具结构。图12、图13所示为改进后预紧弹簧模具结构示意图。

该装置在工作时，将工件放入凹模，通过定位板及定位销确定工件位置，加工过程中，上模向下运动，压弯凸模将工件压入凹模，完成压弯成形工序，随后，上模向上运动，工件在顶出杆及卸料橡皮的作用下脱离凹模，完成加工，即可取出工件。

4. 效果检验

图14所示为采用新结构生产的预紧弹簧压弯部位放大图，从图14可以看出，压弯较均匀，呈左右对称状，此外高压弯部位的对称性与尺寸精度获得了大幅提升。

与之前的产品相比，左右圆角一致性提高，左侧为0.52mm，右侧为0.53mm，改进前，左侧为0.52mm，右侧为0.65mm，图样的设计尺寸都为0.5mm，改进后，中心圆角为0.36mm，改进前为0.42mm，图样设计尺寸为0.35mm，无论从外形形状还是图样符合度上，都有了明显提升。

图12　新压窝装置实物

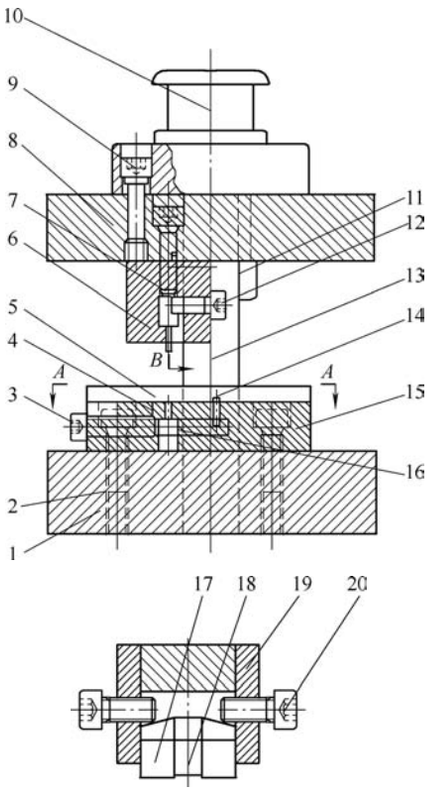


图13　新压窝装置结构

1.下模座 2.顶出杆 3. 内六角螺钉M6×20
4. 导柱 5.凹模垫板 6.凸模固定板 7.导套
8.上模座 9.螺钉M6×20 10.模柄
11、13.主体 12.冲头接头2.4mm
14.小导柱 15.内六角螺钉M6×15
16.定位销 17.压弯冲头 18. 定位板
19.凹模 20.内六角螺钉M6×10

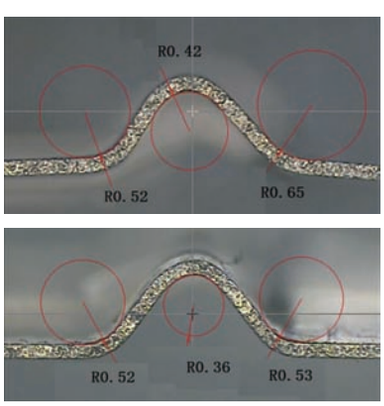


图14　采用新装置生产的预紧弹簧压弯部位结构放大图

根据以上的对策，采用新型预紧弹簧压弯装置进行生产，目前已生产加工产品1万余件，产品的尺寸精度与均匀性均有大幅提高，装入超越离合器后工作性能良好，成品率从60%提升到90%。

5. 结语

本研究针对超越离合器用预紧弹簧结构特点及原压弯模具结构进行分析研究，确定凹模精度、凸模精度、凸模高度调整问题为造成产品质量差的原因，并确定了相应对策。并对超越离合器用预紧弹簧压弯结构进行了改进设计与加工。

经生产验证，产品尺寸精度良好，合格率由60%提高到了90%，有效地提升了加工效率与产品质量。

参考文献：

[1] 曲秀全. 超越离合器综述[J]. 机械传动，2005，（1）：69-73.
[2] 张锋，任德睦. 楔块式单向离合器设计[J]. 矿山机械，2005，（12）：94-96.
[3] 朱楚. 高速斜撑离合器设计方法研究[D]. 南京航空航天大学，2012.
[4] 陈怀刚，宗晓明等. 斜撑式离合器保持架冲压工艺及模具设计[J]. 金属加工（冷加工），2015，（5）：51-53.

MW（收稿日期：20170518）

温馨提示：了解金属加工APP，可以扫描二维码下载。