

基于物理实验的平面压边精冲工艺研究

张永固, 邓明, 吕琳

(重庆理工大学 材料科学与工程学院, 重庆 400054)

摘要: 论述了平面压边精冲的机理和工艺方法, 设计制造了实验模具, 并对不同塑性和厚度的坯料进行了物理实验; 分析了精冲过程中的冲裁力, 研究了平面压边精冲工艺中材料塑性、模具的相对间隙、压边力和反顶力与剪切面光亮部位在剪切面中所占比值大小的相互关系。实验表明, 平面压边精冲技术是一种有效提高工件冲裁剪切面质量而成本较低的工艺。通过对制件的流线分析和变形区硬度的检测, 得出平面压边精冲工艺对工件的外周有很明显的加工硬化作用, 而心部强度不变的结论。

关键词: 精冲; 模具; 平面压边; 流线分析

中图分类号: TG386.3 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)03-0051-05

Technical Study on the Plane Blank Pressing Fine-blanking Based on the Physical Experiments

ZHANG Yong-gu, DENG Ming, LV Lin

(School of Material Science and Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 400054, China)

Abstract: The mechanism and process method of the plane blank pressing fine-blanking is discussed, the mold for process experiment is designed and manufactured, and physical experiments for the billets with different thicknesses and plasticities are conducted; blanking force in the process is analyzed, the relationship between the ratio of light-zone on shear front and plasticity of material, the relative gap of the mold, the blank holder force and counter force is analyzed. Experiments show that the plane blank pressing fine-blanking is an effective technology which can improve shear front quality effectively with lower cost. By the analysis of flow lines and testing of hardness in deformation zone of the parts, it shows that the technology has clear hardening effect to peripheral parts of the part and the intensity in the heart doesn't change.

Key words: fine-blanking; die; plane blank pressing; analysis of flow lines

普通冲裁是常见的冲压分离工艺, 工艺简单但剪切面质量差, 而精冲工艺虽然能得到比较高的断面质量, 但其工艺成本较高, 且 V 形齿圈会对冲孔件的轮廓造成损害。平面压边精冲的主要特点是压边圈上没有 V 形齿, 为平面形状, 冲裁开始前和冲裁过程中平面压边圈均压紧材料, 冲裁间隙取值比强力压边精冲更小。目前美国 EBWay 公司开发的

挤出精冲(Gripflow stamping)和德国 Wanzke 公司开发的集成精冲(Integral fineblanking)均属于平面压边精冲^[1]。文中研究的平面压边精冲工艺即是介于齿圈压板精冲和普通冲裁之间的一种精冲工艺, 其制造成本比齿圈压板低, 但制件质量比普通冲裁高。通过理论分析和实验手段, 对平面压边精冲的工艺规律进行研究, 以期对实际生产有所帮助。

收稿日期: 2011-12-26

作者简介: 张永固(1988—), 河南开封人, 硕士, 主要从事精密塑性成形方面的研究。



图 3 试验模具

Fig. 3 Mold photo for experiment

4 成形规律分析

4.1 冲裁力随冲裁行程变化的关系

用平面压边精冲工艺在精冲 4 mm 厚黄铜时的冲裁力-冲裁行程曲线如图 4 所示。可以看出,压边阶段 a 的压边力是 40 kN 左右,当滑块下行到 478 mm 的位置时反顶力开始作用。此时冲裁力有一个跃迁,最大值为 72 kN,此后冲裁力开始趋于平稳,并逐渐降低,并无普通冲裁时断裂所反应的冲裁力突然降低的情形。这时坯料变形面被塑性挤压成光亮带,冲出的零件如图 5 所示。

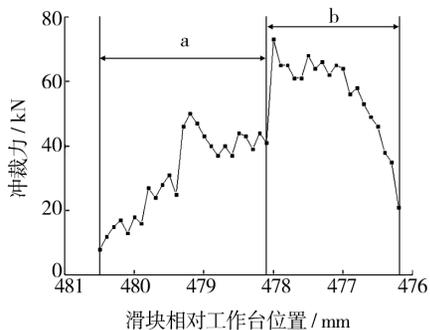


图 4 平面压边精冲厚 4 mm 黄铜件的冲裁力-行程曲线

Fig. 4 The blanking force-stroke curve of 4 mm thick brass by plane blank pressing fine-blanking



图 5 平面压边精冲黄铜工件

Fig. 5 The workpiece of brass made by plane blank pressing fine-blanking

4.2 模具相对间隙对剪切面质量的影响

为研究模具间隙对工件剪切面光亮带的影响规律,分别选取了同种牌号 3 种不同厚度的铜合金进行试验,通过改变相对间隙大小,研究凸、凹模间隙对工件剪切面质量的影响。

3 种厚度分别为 2,3,4 mm 的铜合金如图 6 所示,通过对剪切面光亮带的测量计算得出的结果见表 2。试验说明,随着模具相对间隙的减小,剪切面光亮带逐渐增大。

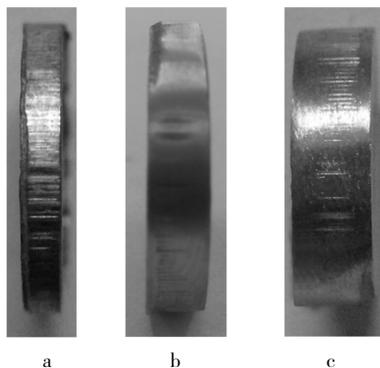


图 6 模具相对间隙不同的平面压边精冲铜合金件的剪切面
Fig. 6 The shear front of brass made by plane blank pressing fine-blanking with different relative gaps of mold

表 2 各坯料的厚度及模具相对间隙与光亮带大小的关系

Table 2 The relation between thickness of every blank, relative gap of mold and light-zone

材料	厚度 /mm	模具间隙 (单边)/mm	相对间隙	剪切面光亮带比例/%
铜合金	2	0.03	1.5% t	82
	3		1% t	91
	4		0.75% t	100

4.3 压边力和反顶力对工件剪切面光亮带的影响

通过对压边力和反顶力进行改变,冲制出的 Q235 工件如图 7 所示。剪切面光亮带和压边力反顶力的关系如图 8 所示。可以看出,随着压边力和反顶力的增大,工件的剪切面光亮带部位在剪切面中所占比值大小从 52% (图 7a) 增大到 100% (图 7e)。

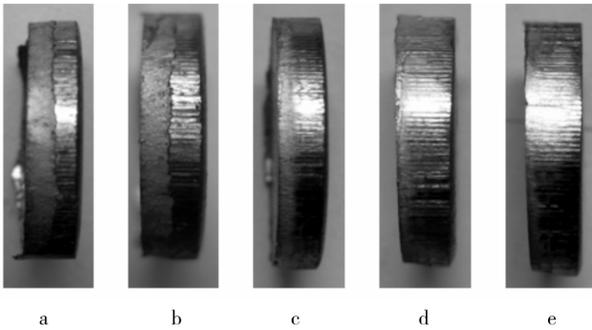


图7 不同反顶力/压边力下的 Q235 钢工件

Fig. 7 Workpiece of Q235 steel made by different counter forces and blank holder forces

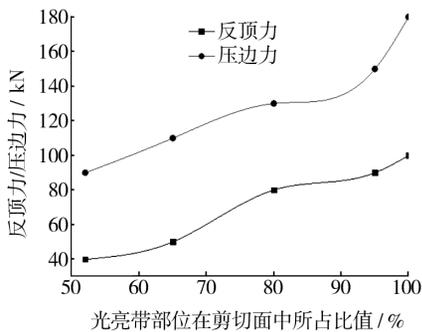


图8 工件光亮带的大小与反顶力/压边力的关系

Fig. 8 Relations between counter force and blank holder force and ratio of light-zone of workpiece

4.4 达到较好剪切面质量时不同塑性材料所需的反顶力和压边力大小

厚度为 2 mm, 不同塑性材料平面压边精冲件如图 9 所示, 4 种材料分别为 ZCuZn38, 6A02, Q195, Q235。通过改变反顶力和压边力冲出的 4 个工件的光亮带部位在剪切面中所占比值大小都在 95% 以上。由于材料的塑性不同, 要达到比较高的

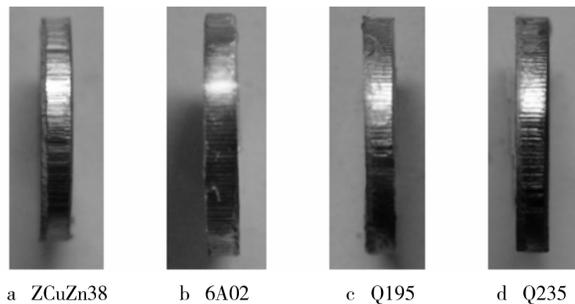


图9 不同塑性材料的平面压边精冲工件

Fig. 9 Workpieces made by plane blank pressing fine-blanking with blanks of different plasticities

光亮带比例所需用的反顶力和压边力也不同, 塑性好的材料达到较大光亮带比例所需的压边力和反顶力比塑性差的材料要小得多, 见表 3。

表 3 4 种材料在不同压边力、反顶力时的光亮带所占百分比
Table 3 The different ratios of light-zone with different counter forces and blank holder forces for four materials

材料	厚度 /mm	压边力 /kN	反顶力 /kN	光亮带比例 /%
ZCuZn38	2	55	40	93.5
6A02		60	50	97
Q195		80	65	96.2
Q235		95	80	95

从表 3 中可以看出, 材料的塑性越差, 要想用平面压边精冲冲出光亮带较高的零件所需的反顶力也就相对越大; 反之塑性越好, 所需的反顶力相对就越小。

4.5 材料塑性与工件剪切面质量的关系

厚度为 4 mm, 不同塑性的平面压边精冲工件如图 10 所示。通过同样精冲工艺做出的样件, 其物理性能及所采用压边力、反顶力和所得样件的剪切面质量见表 4。

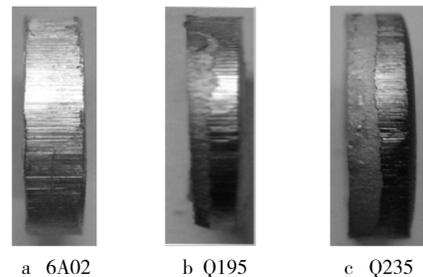


图10 不同塑性材料的平面压边精冲工件

Fig. 10 Workpieces made by plane blank pressing fine-blanking with different plasticities

表 4 不同塑性的材料在同种工艺下得出的剪切面质量对比
Table 4 Shear front quality comparison of the materials with different plasticities under the same technology

坯料材料	抗拉强度 /MPa	延伸率 /%	工艺参数		光亮带所占百分比 /%
			压边力 /kN	反顶力 /kN	
6A02	196	35	60	40	100
Q195	315~430	30	60	40	75
Q235	375~500	21~26	60	40	55

根据实验数据和资料显示可以分析得出:在其他条件不变的前提下,工件剪切面质量是随着材料塑性的提高而呈上升趋势的。材料塑性越高,成形面出现裂纹的时机相应推迟,成形面光亮带部位在剪切面中所占比值增大,有利于精冲出较高的表面质量;相反,材料的塑性越差,容易产生撕裂带,从而降低剪切面光亮带所占比值。

5 变形区的流线分析和硬度检测

5.1 金属宏观流线试验

为了更加深入地分析平面压边精冲变形区的金属流动情况,对4 mm厚的Q235工件(如图11a所示),沿轴线剖开,进行金相磨样之后,对表面用硝酸酒精进行化学侵蚀,观察断面上的流线。

零件所取变形区上角的变形流线如图11b所示,零件所取变形区中部的变形流线如图11c所示,零件所取变形区下角部的变形流线如图11d所示。

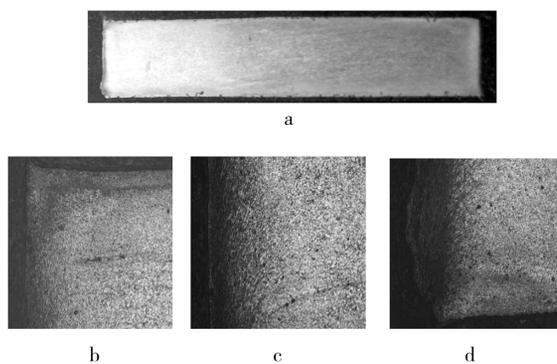


图11 局部变形区的流线

Fig. 11 Metallic flow lines in local deformation zone

通过图11可以看出,与传统强力压边精冲一样,凸、凹模连线附近为挤压变形区,以该连线为中心宽约1.5 mm的带状区域内变形最为剧烈,流线明显。该区域变形量很大,流线密集,大量流线被挤压到一起而无法分辨,在精冲过程中材料沿凸模运动方向发生了明显的伸长变形,其晶粒也发生了类似的变化,在挤压面附近形成了纤维组织,材料在垂直于纤维组织的方向上强度得到很大的提高。闭挤式精冲的流线分布与挤压过程有些相似的特点:材料向凸模下部流动的趋势非常明显,在凸模下行过程中,凸模与试件之间强大的挤压和摩擦作用使凸

模周围的材料流入到凸模下部区域。图11中,零件心部流线稀疏,走向变化趋势不明显,说明工件内部的变形量很小。传统精冲中,金属流动主要集中在挤压面两侧大约0.5 mm的范围内,流线也主要分布于这一区域^[1],而平面压边精冲变形区域比较宽,挤压强度比较大,外环挤压作用明显,整个外环型腔内的材料均发生了较明显的塑性流动,流线连续分布于零件断面上。

5.2 金属变形区硬度分布情况

为了观察平面压边精冲对4 mm厚Q235工件变形区的性能影响状况,通过HVS-1000数显显微硬度计测定了工件变形区及附近的硬度分布,得到的结果如图12所示。

由图12可以看出,随着距离工件变形区外周越近,材料的硬度越高,而越到工件的心部时,其硬度值明显下降,与材料的原始硬度接近。这主要是由于工件在平面压边精冲的强压力之下,材料的晶粒随着变形方向形成了致密的纤维组织,这对材料的强度有很明显的加强作用,以至于离变形区越近,材料的硬度值越大,这说明了平面压边精冲对工件有加工硬化的作用。

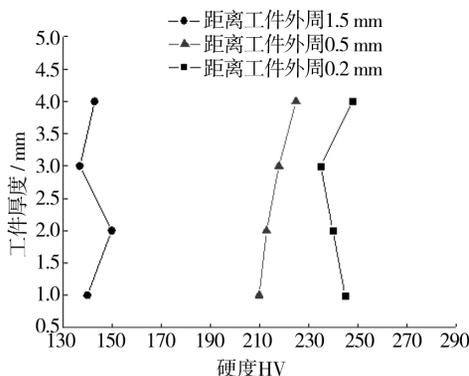


图12 Q235工件变形区的硬度分布情况

Fig. 12 The hardness distribution in Q235 local deformation zone

6 结语

通过研究可以得出如下结论。

1) 平面压边精冲可以冲裁出比普通冲裁剪切面质量高的制件。

2) 断面光亮带比例随着坯料塑性增大而增大, (下转第66页)

表3 轿车轮毂3种成形方法的力学性能比较

Table 3 Contrast of mechanical properties for three forming methods of car hub

工艺方法	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ /%	F 标洛氏硬度 (HRF)
低压铸造淬火+人工时效	155~251	126~212	2.4~2.8	60~92
压力铸造铸态	147	97	1.7	60~70
液态模锻淬火+人工时效	303~338	237~268	6.0~15.8	84~90

表4 固态模锻、压力铸造及液态模锻等3种成形方法技术经济指标的比较

Table 4 Contrast of technological economical quota for three forming methods of die forging of solid state, pressure casting and liquid die forging

工艺方法	制件材料	制件复杂程度	最小壁厚/mm	尺寸精度	表面粗糙度 Ra / μm	材料利用率/%	制件内部质量	平均生产率/(件·h ⁻¹)	设备费用	模具费用	模具寿命	对工人的技术要求
固态模锻	各种变形合金	简单	3	IT10~IT12	6.3~1.6	60~70	组织致密,晶粒细,力学性能高	300	高	高	低	中
压力铸造	部分变形合金	复杂	1.5	IT8~IT9	1.6~0.8	80	易产生气孔,疏松,力学性能高	200	中	略高	中	高
液态模锻	各种铸造合金及变形合金	较复杂	>2	IT8~IT9	1.6~0.4	>95	组织较致密,晶粒较细,力学性能接近锻件水平	60~100	低	中	高	低

4 结语

目前,各行业的零部件,尤其是轿车、摩托车等的零件向轻量化方向发展。世界各国逐渐用铝合金代替钢质材料的系统工程研究是今后长时间需要解决的问题。铸造技术和模锻技术有机结合成先进的液态模锻成形工艺,简化了生产工序,提高了产品质量和合格率,减少了设备投资,降低了产品成本,特别适合于形状复杂,带有多孔或台阶形状制件的成形,是一种适用性较广,推广价值较大的新工艺。

参考文献:

- [1] 毛卫民. 半固态金属成形技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2004:246-248.
- [2] 罗守靖,陈炳光,齐丕骧. 液态模锻与挤压铸造技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2007:6-7, 370-372.
- [3] 洪慎章. 特种成形实用技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2008:200-290.
- [4] 赵祖德,罗守靖. 轻合金半固态成形技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2007:126-171.
- [5] 洪慎章. 现代模具工业的发展趋势及企业特征[J]. 航空制造技术, 2003(6):28-30.
- [6] 洪慎章. 汽车铝合金零件液态模锻[J]. 锻造与冲压, 2007(1):50-52.

(上接第55页)

随着模具相对间隙的减小而增大。

3) 工件的断面光亮带比例随着压边力和反顶力的增加而增加。

4) 要达到比较高的断面光亮带在剪切面中的比值,材料塑性越好、模具间隙越小,所需压边力和反顶力越大。

5) 平面压边精冲对工件的外周有很明显的加工硬化作用,而心部的强度不变,这对于以后的研究有积极的指导作用。

参考文献:

- [1] 涂光祺. 精冲技术[M]. 北京:机械工业出版社, 1990:337-339.
- [2] 周志明,张弛. 材料成形原理[M]. 北京:北京大学出版社, 2011:323-335.
- [3] 杨立平. 常用金属材料手册[M]. 福建:福建科学技术出版社, 2006:550-582.