

汽车底盘高强度厚板冲孔及镦倒角凸模的损坏分析

艾小玲¹,张祥林²,欧阳德祥¹

(1. 武汉职业技术学院,湖北 武汉 430074;2. 华中科技大学 材料科学与工程学院,湖北 武汉 430074)

摘要:分析了汽车底盘高强度支撑板零件的冲孔、镦倒角工艺的难点,对影响厚板冲压件小孔成形的凸模损坏形式,包括制造工艺、各种断裂方式(折断、拉断等)、纵向裂纹、掉块和变形等进行了分析,找到了凸模长度、凸模材料及冲压设备的使用对影响凸模寿命的主要因素,并提出了在模具设计、材料选取、制作工艺,包括模具保养、模具润滑,生产设备等方面的解决办法,提高了冲压件小孔成形的凸模的使用寿命,产品质量,同时实现了该产品的批量生产。

关键词:高强度厚板冲孔;凸模损坏;凸模寿命;改进措施

中图分类号: TG385.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2014)04-0044-04

Study of the punching and upsetting angle processes of high intensity of planks for automobile chassis and improvement measures of the failure punch

AI Xiaoling¹, ZHANG Xianglin², OUYANG Dexiang¹

(1. Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, China;

2. School of Materials Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Chassis strength was analyzed support plate the punching, forging a chamfer machining difficult effect on plate stamping forming punch small holes damage form. Including the manufacturing process, a fracture (broken, snap, etc), the longitudinal crack, and deformation analyses, found a stamping punch in punch. It put forward solution in the mold design, material selection, production process, production equipment in order to improve the stamping forming service life of the punch holes, the quality of our products, and the mass production was realized.

Key words: high-strength stamping of thick plat; punch damage; punch service life; modifying approaches

在冲压生产实践中,保持模具正常工作状态是确保产品生产正常进行的前提,模具一旦投入生产线使用,如果经常产生各种问题,不仅无法满足产品技术和生产要求,而且还会造成非正常停工,带来诸多其它问题。模具寿命是衡量模具技术水平的重要指标,影响模具寿命的因素包括:产品工艺性、模具设计、模具材料、模具制造、模具热处理、模具

使用、冲压原材料以及冲压设备等^[1]。就冲压模具自身而言,凸模的工作条件较之凹模等主要功能零件更为苛刻和更易损坏,故平常在设计时多以其作为衡量模具寿命的主要指标。本文在分析高强度厚板零件冲孔及镦倒角凸模损坏形式的基础上,试图有针对性地提出一些解决方法。

1 零件工艺难点分析

如图1所示为某型汽车底盘支撑板零件,料厚11 mm,零件材料为QStE340TM,是一种高屈服热轧钢板.零件内分布有5个 $\varphi 10.8$ mm的孔并需倒角,另有一个 $\varphi 34.5$ mm的孔也需倒角,结合加工成本和工艺等综合因素考虑,该零件拟采用冲孔加墩倒角并落料复合模具成形方法,图2为其复合模结构图.对于 $\varphi 10.8$ 的孔来说,孔径 d 小于料厚 t ,应属于小孔冲裁范畴,且零件材料的抗拉强度 σ_b 达550 MPa,相对于 σ_b 约为375 MPa的一般Q235钢而言,其强度高出许多,因此,解决高强度厚板小孔冲裁及墩角技术是该零件模具成形工艺所需面临的难题.

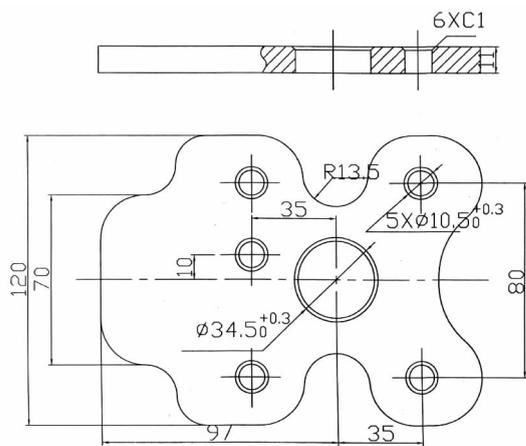
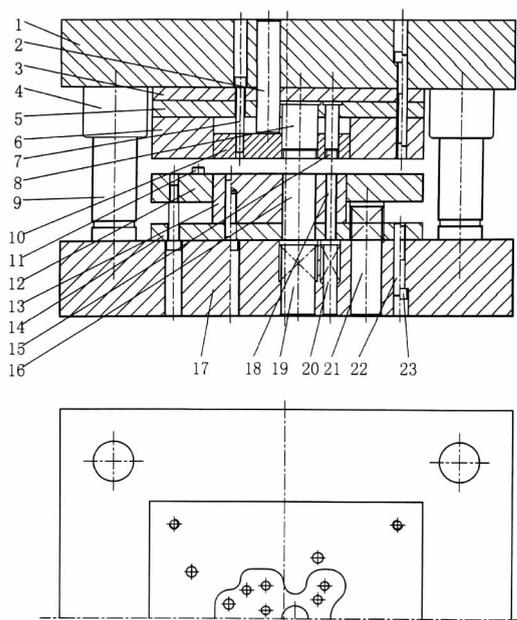


图1 支撑板



1. 上模板;2. 上顶板;3. 上垫板;4. 导套;5. 固定板;6. 凹模;7. 弹压螺钉;8. 凸模 1;9. 导柱;10. 推板;11. 挡料钉;12. 卸料板;13. 凸凹模;14. 下垫板;15. 凸模 2;16. 顶杆 1;17. 下模座;18. 顶杆 2;19. 顶杆;20. 顶杆;21. 顶杆;22. 销钉;23. 螺钉

图2 支撑板复合模装配图

2 试生产中凸模损坏形式及其成因

如前所述,该零件中 $\varphi 10.8$ 孔的冲制属于小孔冲裁,而且尚需墩压倒角,因此,其冲孔凸模的工作环境非常苛刻.由于先前设计者对此认识不足,并未采取有效措施,在零件小批试生产中一度出现凸模的频繁损坏,给生产带来不小阻碍.该凸模的损坏主要有断裂、变形和压碎等多种形式,现对其现象及成因做如下分析.

2.1 断裂

试生产中凸模断裂大致可分为折断、拉断、纵向裂纹、网状裂纹和掉块等.由于凸模的断裂几乎都是脆性断口,大多是由于转折处高度应力集中和局部过载引发裂纹后逐渐扩大而造成^[2].经初步分析认为,造成断裂的原因既有制造工艺和模具设计方面的,也有人为操作方面的.

1) 折断.如图3(a)所示,折断的断口有些在台阶过渡处,有些在直段部分,在断口处可明显看出断裂时的撕裂条纹以及断裂方向.这种断裂主要是由偏心负荷造成的弯曲应力引起的,其成因主要包括:①毛坯端面不平.剪料时由于材料既厚且硬,剪床裁刀极易磨损,从而造成部分剪裁条料毛刺过大,由此使得条料放置不平而造成这一现象;②模具间隙过大.为提高模具寿命,降低修模频次,模具双面间隙往往取料厚的25%左右,料厚越大则间隙越大;③凸模过长及保护不力.由于材料较厚,冲裁力大,相应地凹模(件9)及凸模固定板(件5)也设计得较厚,因此使得凸模的长度超过80 mm;另外由于是冲孔加墩倒角一次成型,使得 $\varphi 10.5$ mm凸模(件15)冲孔部分不能受到推板(件10)的保护;④凸模材料选用不当.早期的凸模材料选用通常的Cr12MoV. Cr12MoV钢属于莱氏体钢,大块的共晶碳化物尽管在锻造中已被击碎,但颗粒仍然较大,且分布不均,这些粗大且有棱角的碳化物降低了凸模的强度和韧性^[3].工作时凸模受到较高载荷的作用,易在块状碳化物棱角与基体的交界处萌生疲劳裂纹,并沿着纵向向上发展并最终使凸模产生折断;⑤设备导向精度低或负荷不足.早期该模具是在一台老旧的400油压机上试生产,设备导轨精度低,且冲裁力接近设备负荷的极限,故此也成为凸模损坏的原因之一.

2) 拉断.如图3(b)所示为凸模拉断的示例.由于每卸件一次,凸模都会受到一次拉应力作用.拉应力的大小与润滑条件、材料厚度以及模具间隙均

有直接关联.在本例中,由于凸模兼任冲孔和镦倒角双重任务,镦倒角后零件材料被挤入凸模空隙,增加了材料对凸模的包紧力,由此造成凸模迅速损坏.

3)纵向裂纹和网状裂纹.纵向裂纹^[4]常发生在工作带的圆周上,属疲劳性质的裂纹,是由周期性热冷交变应力作用引起的,与毛坯润滑不好、凸模表面硬度不够有关.本例中高强度厚板冲裁时所产生的热量加剧了纵向裂纹的产生.网状裂纹会产生在凸模镦角的端面部分,这是由于挤压时的热效应而引起的.此外,模具在加工过程中磨削量过大、进给过快时,由于被加工表面过热而引起的龟裂在挤压时也会发展成为网状裂纹^[5].因此在磨削凸模成形端面时,应选用粗粒度的砂轮,精加工时每次的磨削量要小.

4)掉块.如图3(c)所示.这是凸模成形端面的局部与本体分离的一种现象,这种现象也属于热疲劳现象.主要是由于材料的局部有缺陷,热处理后由于回火不充分所产生的脆性、模具表面软化以及润滑性能变坏等原因引起的.



图3 试生产时凸模损坏的几种形式

2.2 变形

在冷冲模中,冲裁用凸模完全在弹性极限以下使用的情况很少,多数情况都工作在弹性极限之上.这样在经过某一段时间或次数的使用后,凸模极有可能会产生0.2%~1.0%的塑性变形,即镦粗,如图3(d)所示,镦粗后的凸模必须经过重新加工修整后才能使用.在本例中的冲压材料硬度较高,初选凸模Cr12MoV强度和硬度偏低,单位挤压力超过了凸模材料的屈服极限,由此造成在产生镦粗的同时还伴有弯曲现象的发生.

3 针对凸模损坏的改进措施

针对上述凸模损坏的现象及成因分析,可以认为合理的冷冲压模具设计结构、适合的模具选材和高质量的模具加工与装配调试过程,是提高冷冲压模具使用寿命的基础^[6],因此分别从模具设计、模

具使用和生产设备等方面实施了改进措施.

3.1 模具设计方面的改进措施

1)加强凸模长度的校核.针对模具中 $\varphi 10.8$ 孔成形用小凸模(件15)以及 $\varphi 34.5$ mm孔成形用大凸模(件8),考虑到其中小凸模是影响模具寿命的薄弱环节,故以此为重点对象进行分析校核.对于直径为 d 等截面圆形冲裁凸模,其纵向抗弯强度校核公式^[7]为

$$L_{\max} \leq 380 \times \frac{d^2}{\sqrt{P}} \quad (1)$$

式中, L_{\max} 为冲裁凸模长度,mm; d 为冲裁凸模直径,mm; P 为冲裁合力,N.由于该凸模兼有冲裁和镦倒角双重功用,虽然冲裁和镦倒角是先后2个动作,但考虑到其中的间隔时间非常短,为安全考虑,需按冲裁力 P_1 和挤压力 P_2 之和求算合力 P .经设计计算得出 $L_{\max} = 69.8$ mm,故取凸模长度为70 mm.实践结果表明,由于凸模长度的减短,凸模折断情况明显好转.

2)选择适宜的凸模材料.一般当孔径介于料厚的60%以上时,需对凸模进行强度校核.这时,凸模材料的耐压屈服极限 σ 必须大于或等于在凸模上产生的单位压力 P_n ,即 $\sigma \geq P_n$,凸模才能正常工作^[8].否则,应考虑增强凸模强度或其它有效工艺方法.目前,国产模具材料多使用Cr12MoV, W6Mo5Cr4V2等材料,经本案例试用不能达到设计要求.为此,改用进口粉末冶金高速钢ASP-23制作凸模,其抗压强度为3 800 N/mm²,远大于所计算出的凸模单位压力2 750 N/mm²,因此,可以满足强度要求.经过实际冲压试验,在8 000件时凸模仍完好无损.而材料Cr12MoV在厚板精冲状态下,只能打3 000件,因而大大提高了模具使用寿命.

3.2 模具使用方面的改进措施

1)模具保养.在本例中,凸模经过一段时间高强度工作,一则刃口会变钝,二则内应力会增加,另外对变钝的刃口进行刃磨也会产生内应力,凸模刃口的崩损与本身内应力没有去除有密切关联.由于模具内应力中的表面应力主要存在于机加工后的零件表面,如电加工后表面组织在高温烧灼下转变形成的应力,以及磨削刃口后在刃口表面形成的残余压应力;而模具中的内部组织应力主要是由交变载荷的强力挤压作用,久而久之就形成了疲劳应力,因此,定期对凸、凹模进行适当的消除应力退火操作,可显著提高模具的使用寿命.

2) 模具润滑. 对于厚板冲裁而言, 在瞬时冲击载荷作用下, 剪切区内金属层产生强烈的塑性位错运动, 使得整个冲裁过程在高温高压下进行. 此时零件表面温度在 500 °C 左右, 模具表面温度在 90 °C 左右. 交变温度会使凸模尖角处热软化作用明显, 从而加速凸模的失效速度. 所以进行有效润滑, 一则可降低模具工作温度, 二则可降低冲裁力, 对提高模具寿命作用明显.

3.3 生产设备

冲压设备精度对模具寿命的影响作用不容忽视. 在本例中, 换用了工作状态较好的冲压设备, 一是改善了冲床上滑块行程精度, 使模具凸模进入凹模深度精确可控; 二是改善了冲床上、下台板平行度精度, 使凸模因冲床原因受侧向弯曲力情况得以缓解.

总之, 经过采取上述措施该零件模具寿命特别是凸模工作状态较以前有了较明显改观, 基本满足了大批量生产需求, 零件实物见图 4.



图 4 支撑板实物

4 结论

1) 在设计过程中对凸模长度的减短, 凸模折断情况明显得到改善.

2) 采用进口粉末冶金高速钢 ASP-23, 经过冲压试验, 在 8 000 件时对凸模仍完好无损.

3) 在使用凸凹模过程中, 进行定期适当的消除应力退火工艺和模具润滑, 可以提高模具使用寿命.

参考文献:

- [1] 张桂侠. 提高冲压模具使用寿命的方法探讨[J]. 锻压技术, 2011, 36(6): 90-94.
- [2] 黄兴, 庄新村, 赵震. 中厚板挤压成形力影响因素研究[J]. 锻压技术, 2009, 34(2): 117-120.
- [3] 曾琼芳. 浅谈 Cr12MoV 钢制模具的工艺改进[J]. 大众科技, 2006, 92(6): 42-43.
- [4] 和南方, 段维峰. 冷挤压凸模失效形式及延寿方法研究[J]. 锻压装备与制造技术, 2009, 44(1): 69-71.
- [5] 栗育琴. 温挤压模具冷热疲劳早期失效模拟分析与探讨[J]. 锻压技术, 2012, 37(1): 117-120.
- [6] 梁胜. 如何提高冷冲压模具使用寿命[J]. 科协论坛, 2010(2): 3-4.
- [7] 董冠文. 冲裁凸模抗压弯能力校核的探讨[J]. 模具工业, 2010, 36(7): 31-36.
- [8] 包进平, 赵云路, 薛荣敬. 钢挤压工模具材质选择、热处理硬度及使用规范[J]. 锻压技术, 2012, 37(6): 72-76.