异形悬臂垫片冲裁工艺优化及模具设计

新航集团平原航空设备有限公司　（河南新乡　453000）　郭庆华　武亚斌

摘要：分析了滤网骨架用异形悬臂垫片冲裁工艺，并进行排样方案设计，进而阐述不同模具结构及冲压工艺（工步）优劣特点，完成模具设计及产品制造。针对凸、凹模进行了强度校核，并通过试模验证，确定方案合理。

异形悬臂垫片，如图1所示，零件内腔呈现花瓣均布形式，材料为3A21铝板，材料厚度t=1.5mm。

1. 零件工艺分析

零件最小冲裁宽度为3mm，仅为2倍料厚。从冲裁零件本身工艺来讲，尺寸难以保证（材料偏厚），工艺性较差。按复合模设计，从模具结构上看凸凹模等刃口强度较差。凹模为长悬臂梁形式，一旦某个刃口出现问题，模具即面临返修问题，甚至整个凹模报废，风险系数较高。

（1）冲裁件工艺。冲裁件的凸出悬臂和凹槽宽度不宜过小，参考相关资料查表b_1=（0.8～0.9）t。受模具强度和冲裁件质量的制约，冲裁件孔与孔之间的距离b、孔与边缘之间的距离c不应过小，一般要求b_2≥（1.0～1.5）t，c＞（1.5～2.0）t。由此可见，该零件满足冲裁工艺要求。

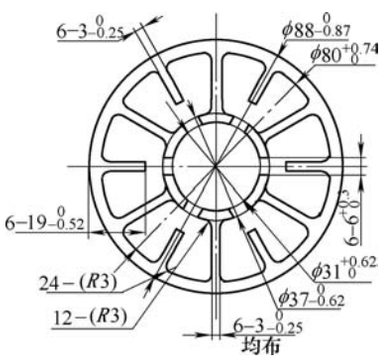


图1　异形悬臂垫片零件

（2）制件精度与粗糙度。由图1可知，零件绝大部分尺寸属于IT14级精度，尺寸精度要求不高，属于经济公差范围内。

2. 排样及方案制定

（1）确定工艺及模具方案。该零件为批量生产，为提高生产效率，降低生产成本，保证产品精度，应当考虑采用复合模或级进模加工。但由于该零件悬臂较长，如果采用复合模，模具强度不能保证，特别是凸凹模在热处理等过程中极其容易淬火崩裂而难以保证强度，故直接排除。而级进模可以通过合理设计，达到较好的零件质量和避免模具强度不够的问题。考虑到生产实际和模具加工难度，按合理的排样方案，采用分工步冲裁，具有级进模相应的工艺优势。进一步降低制造难度和成本是生产首要考虑的因素。综合分析后，确定采用2套模具分别冲裁的方案。若大批量生产，级进模方案仍是最经济有效的方案。

（2）排样方案确定。方案1（见图2a）：起初考虑凸凹模结构问题，决定将落料与冲孔分开进行，基本解决凸凹模壁厚问题，但仍然面临凸模存在悬臂形式的问题，而Cr12MoV模具材料具有较好的淬硬性，会因淬火不均匀，内应力过大而崩裂。凹模中有16处凸起悬臂，极大的增加了模具的热处理报废风险。对于模具寿命亦存在较大的影响。

方案2（见图2b）：进一步考虑模具强度及制造问题，并考虑复合模与冲孔相结合的方式，决定采用该方案。其第一步为冲孔，将原零件中断裂的悬臂形式进行补接，进而形成多孔冲模形式，这样，凸模和凹模的强度都得到了极大的增强，降低了模具制造难度。后续将直接针对该方案进行模具设计及相应的分析。

3. 模具设计及关键件强度校核

考虑各方因素，决定采用两套单工序模具。单套模具加工难度较低，对于批量产品加工来讲后期返修维护也方便。连续模将

结合生产情况进一步采用。

（1）模具设计。根据零件材料3A21防锈铝，按I类精度冲裁模具凸、凹模单边间隙c=（2～4）%t，最终要求模具间隙单边0.035mm。模具间隙合理，方案可行。凸模、凹模及凸凹模均采用Cr12MoV，淬火硬度较高（58～62HRC）。模具结构如图3所示。

设计要点：从上图可以看出，2个工步协调一致的关键在于第2套模具定位销的采用（见图2b）。其根据第1步冲孔尺寸的大小，在第2步落料时设定定位销的位置及大小。如直径选用ϕ=14h6，其位置必须满足第2步冲中间部分时，将上一步多留的材料进行切断的要求，如若错位将导致冲出的零件出现多余废料。这也是方案实施的关键，特别是加工和装配。

（2）模具关键件强度校核。实际采用排样方案2设计模具，针对工步1冲孔模凹模强度进行校核。考虑凹模存在窄边，实际壁厚为h=2.88+2×0.035（单边间隙）=2.95mm。不足料厚t=1.5mm的2倍。但仍然有必要检查其有效高度h。凹模材料选用Cr12MoV，热处理硬度为58～62HRC时，许用弯曲应力[σ_w]=300～500MPa（安全起见，取值350MPa）。以单个冲孔凹模为例，决定采用近似矩形凹模强度公式：

$$\sigma_w=(1.5F/h^2)^{0.5}\leqslant[\sigma_w] \quad (1)$$

式中　F——冲裁力，单位为N，

$$F=K_1\times L_1\times t\times\tau=1.3\times 756\times 1.5\times 140=206\ 388\text{N}; \quad (2)$$

h——凹模有效高度，暂取25mm；

L_1——冲裁周长，单位mm，L_1=63×12(孔)=756mm；

t——材料厚度，单位mm，t=1.5mm；

τ——材料抗剪强度，单位MPa，τ=140MPa；

K_1——安全系数，一般取K_1=1.3；

[σ_w]——许用弯曲应力，[σ_w]=350MPa。

经计算，σ_w=22.3MPa＜350MPa。

显然，整体凹模强度满足冲裁要求。但由于之前悬臂梁的凹模比较特殊，有必要针对悬臂结构进行校核。而实际改进后可根据相应参数做对比。

针对悬臂部分的凹模强度校核。经简化后凹模悬臂结构如图4所示。其可看做两侧冲裁力集中在冲裁力中心P处，并对A—A处产生最大的弯曲扭矩。现针对该情况进行强度换算，得出悬臂有效长度。从而对当前凹模结构做一适用性判断。首先建立坐标系。

$$F=KtL\sigma_b \quad (3)$$

式中　F——局部冲裁力，单位为N；

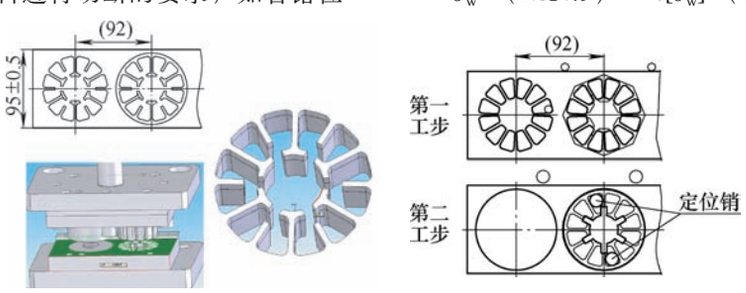
L——冲裁周边长度，单位为mm。

经计算，得：F=1.3×1.5×71.55×140=19 533.15N

$$M=Fl \quad (4)$$

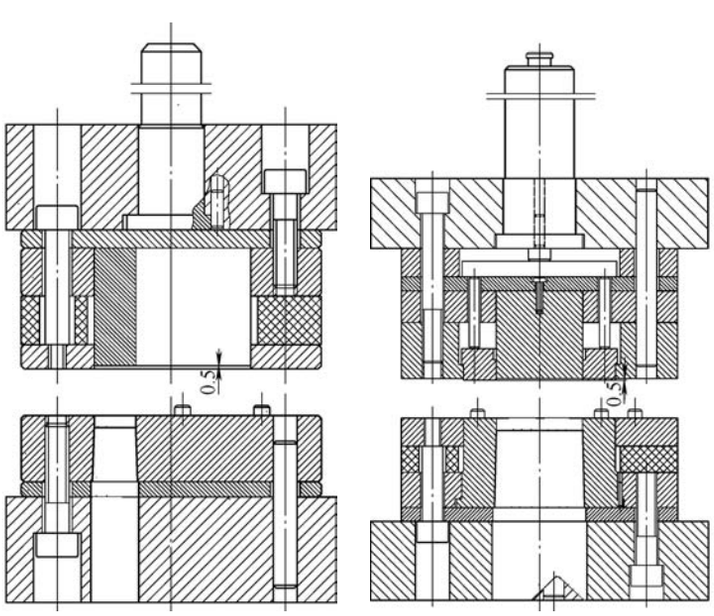
式中　M——危险断面A处弯矩，单位N·m；

l——危险断面到冲裁力中心



（a）方案1　　（b）方案2

图2　方案及排样图



（a）第1工步（冲孔模）　　（b）第2工步（复合模）

图3　模具装配图

长度，单位mm。

$$\sigma_w=MW_x \quad (5)$$

式中 σ_w——抗弯强度，单位MPa；

W_x——抗弯截面模量，单位mm^3。

$$W_x=bh^2/6 \quad (6)$$

式中 b——危险断面宽度（实际存在落料让开间隙会更小），单位mm；

h——断面高度（凹模高度），单位mm。

二者尺寸如图4所示。

将式(4)、(6)代入式(5)，得：

$$\sigma_w=Fl/(bh^2/6)=6Fl/bh^2\leqslant[\sigma_w] \quad (7)$$

由式(7)得：

$$F\leqslant bh^2[\sigma_w]/6l \quad (8)$$

将式（3）中F=19 533N代入式（8）得：$bh^2[\sigma_w]/6l\geqslant$19 533

$$l\leqslant bh^2[\sigma_w]/117\ 199 \quad (9)$$

将b=2.9mm、h=25mm、$[\sigma_w]$=350MPa代入式（9）得：

$l\leqslant 2.9\times25\times25\times350/117\ 199$=5.4mm

即使按材料最大许用弯曲应力$[\sigma_w]$=500MPa，凹模厚度h改为30mm，计算可得$l\leqslant$11.1mm。而根据图示计算可得，压力中心位于悬臂总长3/4处，即实际l=16.5mm，可见其仍存在极大弯曲失稳以致失效风险，极不可取。而相对于改进后结构将不存在悬臂梁结构，其结构为简支梁，强度将成倍提高。

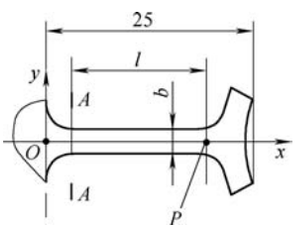


图4 凹模悬臂结构示意图

图5 产品试件（分工步）

4. 结语

选定分工步方案，制造两套模具后，试模加工零件。如图5所示，试验证实工艺排样及模具方案完全适用。产品质量及模具寿命进行了很好的平衡。

参考文献：

[1] 王孝培. 冲压手册 [M]. 2版. 北京：机械工业出版社，2000.

MW （收稿日期：20170526）

祝邦® 北京祝邦新技术研究所（高新技术企业）

替代汽油、柴油高效清洗机械零件

金属材料和零件用水基清洗剂试验方法依据权威部门HB-5227-82部颁标准检测分为4级(0、1、2、3)，0级最优。本所清洗剂被评为0级。

特征：
- 弱碱性、不伤皮肤，不加温清洗机械零件重油污。
- 除污能力强；本品1公斤加40-200倍清水搅匀，相当40公升汽油的除污能力。
- 无污染，连续使用勿需排放，不足可补充

实例：
- 清洗机床、汽车、拖拉机零件油污。
- 清洗采油钻井平台以及沙滩原油。
- 清洗航空发动机涡轮叶片燃烧残存油污。
- 清洗运输原油油罐车阀门。
- 清洗石油天燃气设备及家用抽油烟机黏油，洁净不粘手。

金属填补胶

早在上世纪70年代中期国家有关部门为降低我国铸件废品率确定金属填补胶研制项目，由本所所长刘俊邦高工（国家有突出贡献专家、北京市劳动模范、市科技先进工作者）课题组承担，1981年曾参加联合国在波兰召开的金属填补胶技术交流会，经多年的研制与应用实践，于1983年获得成功，并获部级科研成果奖。这一实用技术经多年广泛应用，形成ZB200金属填补胶系列产品。主要用于修补金属铸件的砂眼、气孔铸造缺陷；修复机床导轨划伤及汽车缸盖缺陷和缸体裂纹；修复水泵壳体、气轮机密封环的穴蚀；修补金属容器、管道、水暖器材的跑冒滴漏。该胶室温操作无需加热，固化后粘接牢固，可高温125℃～200℃使用，修补处软硬适度，耐磨、减摩性好，并可进行车、铣、刨、磨、锉、钻孔套扣等切削加工。

化锈防锈液

本品系酸性溶液，是去除金属锈斑专用清洗剂。其突出特点：
- 去除金属锈斑彻底，除锈能力强。除锈后的金属表面形成磷化钝化保护膜，不易生锈。
- 对钢材不产生氢脆，无过腐蚀现象。
- 可用浸泡、涂刷、喷等方式除锈，操作简便。
- 废液易处理，可连续使用，无毒不燃，不污染环境，接触皮肤无伤害，使用安全。

◆广告 查询编号：1948

地址：北京市西城区育新街清芷园10A-301（100054）
电话：010-83502255、83502521
http://www.bjzhubang.com
联系人：刘立晨
E-mail：zb-llc@sohu.com
手机：13801024443