

怎样编好冷冲压工艺

南京国营长江机器制造厂

蒋惠钧

第二讲：正确选择工艺方案

正确选择工艺方案是编制冷冲压工艺前的必要准备。而工艺方案应根据本企业的实际情况和具体条件加以合理的考虑。正确的工艺方案需要综合分析，反复对比，认真考虑。要根据冷冲件的材料性能，生产数量，冲件的形状复杂程度，精度要求合理而正确地选择。正确的工艺方案必须保证冲件顺利进行工艺流程，工序合理，模具简单占用设备少，操作方便，省材料，效率高，成本低，并做到实现工艺全过程中的安全生产。冷冲件的工艺方案可以从以下几个方面进行考虑。

2.1 套料

冷冲压件一般生产批量多，数量大。所以，首先要考虑冲制零件的用料。要尽可能地做到材料的利用率高，工序少（尽可能一次成形），效率高。

对同一批产品批量大的冲压件，应对所有冲压件进行“排队”，统盘考虑。哪些零件有冲孔余料，哪些零件余料能被其它零件利用；哪些零件合并复合能同时一次冲成。这样的对比分析，能避免材料浪费，提高效率。如图11所示。一个零件的余料为 $\phi 90$ ，被另一个零件所利用，从而大大节省了材料。

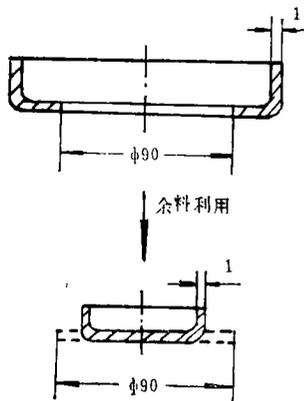


图 11

2.2 排样

在冷压加工中，特别对大批量的零件合理的排样是降低产品制造成本的关键之一。合理的排样不但能直接提高材料利用率，而且能直接提高生产效率。

排样方式可根据不同零件，采取不同的形式。如图12所示。

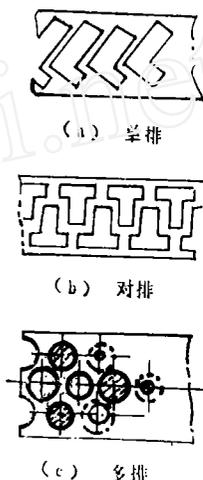


图 12

在排样时，要考虑经济性，就是如何在相等的面积上获得最多的零件，即材料利用率。这要通过精心计算和分析比较。材料利用率可按以下公式计算：

$$\eta = F_0 / B l \times 100\%$$

式中： F_0 —零件面积（ mm^2 ）

l —冲裁步距（ mm ）

B —一条料宽度（ mm ）

考虑到多排样和端部废料，总的材料利用率，应由 $\eta_{\text{总}}$ 表示。

$$\eta_{\text{总}} = F \cdot \eta / B \cdot l \times 100\%$$

式中： F —零件面积（ mm^2 ）（不计孔）

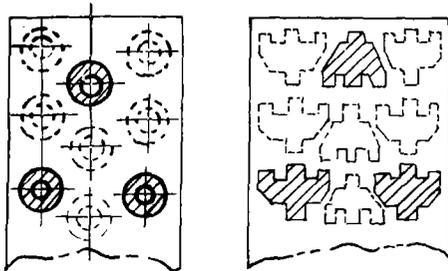
η —一条料上的实际零件数目(个)

l —一条料长度(mm)

B —一条料宽度(mm)

当两种不同排样方案经济效果差不多或相等时,可采用条料宽较大或步距较小的方案,因这样裁成条料经济,且能减少冲制时间。

为了提高生产效率,提高冲床的冲压利用率,采用多排和混合排时可一次冲压多件。如图13所示。



(a) 三排 一次同时冲三件 (b)

图 13

多排一次同时冲多件的工艺方法宜在产品定型和大量生产时采用。

2.3 跳步模和复合模工艺的选择

编制冷冲压工艺时,正确选择跳步模(又称连续模)和复合模的工艺方案是十分重要的,它直接影响到产品质量和本企业的经济效益。正确选择跳步模和复合模要根据产品零件的形状复杂程度、精度要求,生产数量等具体状况而定。对此,可参考表8所列具体考虑。

2.4 热处理

在冲压加工过程中,冲件金属材料要产生冷作硬化。在编制工艺时,要根据不同材料和冲压道次,考虑哪些该在冷压加工之前热处理,哪些该在加工中间退火处理,从防止冲压开裂。正确选取热处理,可减少冲压次数,提高质量。中间退火一般采用低温退火。也有收不到效果的,可采用高温退火。低温退火的温度可参考表9。高温退火的温度可参考表10。

对有些要求高的零件,为了不使表面有很深的氮化层,可以采用“光亮退火”,即在有中性的或还原媒介的电炉内退火,这样就不会产生氮化皮,

表8 跳步模和复合模的选择

比较名称	跳步模	复合模
冲件精度	GB7~9级	GB4~7级
冲件质量	冲件有弯曲、弯扭不平现象,需加校平。尺寸精度不易保证(特别孔的同心度不易保证)。	平整,无弯扭,材料表面好,尺寸精度保证,特别有孔的零件孔的同心度能保证。
冲件厚度	250mm以下厚度范围 0.2~6mm	300mm以下厚度范围 0.05~3mm
生产率	生产率高。便于采用自动传递,适于高速冲制。	生产率不如跳步模,出料困难,(一般加用机械出料装置)不宜高速冲制。
安全性	比较安全	安全性较跳步模差。
制造成本	对于形状简单的零件,模具制造困难程度比复合模为轻,成本相对低。	对于形状复杂的零件,模具制造困难程度比跳步模为轻,成本相对低。

表9 低温退火温度

金属材料	加热温度(°C)	备注
08、10、15、20	600~650	空冷
T ₁ 、T ₂	400~450	空冷
H68、H62	500~540	空冷
L、LF ₂ 、LF ₂₁	200~250	保温40~45min
MB ₁ 、MB ₂	260~350	保温60min

表10 高温退火温度规范

金属材料	加热温度(°C)	保温时间(min)	冷却
08、10、15	760~780	20~40	箱内空冷
A ₁ 、A ₂	900~920	20~40	箱内空冷
20、25、30、A ₃ 、A ₄	700~720	60	炉内冷却
T ₁ 、T ₂	600~650	30	
H62、H68	650~700	15~30	空冷
L ₁ 、LF ₂ 、LF ₁₂	300~350	30	由250°C起空冷
LY ₁₂	350~400	30	

并可能省去配洗处理。

2.5 减少中间工序

编制冷冲压工艺,要尽可能的减少中间工序。即如何选取最少的工序道次,获得最高的冲压效

率。这要根据零件的精度,生产数量,材料状态等进行诸方面考虑。对于大批量的冲压件可考虑几道工序合并成一道工序完成。如图14所示。垫圈零件,材料为弹簧钢带,厚度0.3 mm。考虑有以下几个方案:

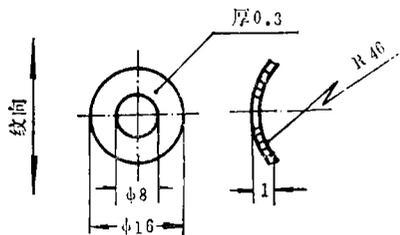


图 14

方案一:

- ①备料: 剪床剪成宽18.5 mm, 长710 mm条料。单排。
- ②热处理: 退火, 提高塑性处理。
- ③涂漆: (因弯曲有纹向) 在条料未冲之前用红漆按纹向涂线条。(以示零件冲落后, 弯曲时辨认方向)。
- ④冲落单件毛坯。如图15(a)所示。
- ⑤打弯: 将单件毛坯认红漆纹向线弯曲成形。
- ⑥热处理: 淬火, 恢复弹性处理。

方案二:

- ①备料: 剪床剪成宽18.5 mm, 长710 mm条料。单排
- ②热处理: 退火, 提高塑性处理。
- ③冲成形: 冲孔、落料, 弯曲一次复合成形。如图15(b)所示。
- ④热处理: 淬火, 恢复弹性处理。

方案三:

- ①备料: 剪床剪成宽50 mm, 长711 mm条料三排。
- ②热处理: 退火, 提高塑性处理。
- ③冲成形: 冲孔, 落料弯曲一次同时冲成三个零件。(如图16所示。)
- ④热处理: 淬火, 恢复性处理。

工艺方案分析:

方案一虽然模具制造容易, 但工艺繁琐。需二副模具才能完成零件成形, 为辨认纹向, 弯曲前还要涂红漆线条, 给冲压加工带来困难, 生产效率低, 制造成本高。

方案二冲孔, 落料, 弯曲合并一次成形。这是

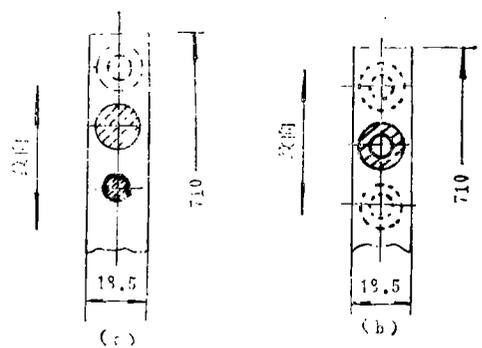


图 15

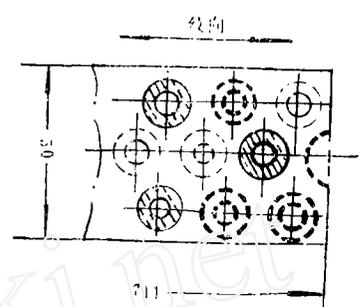


图 16

分析后根据零件精度的具体要求确定的。 $\phi 8$ 、 $\phi 16$ 均为参考尺寸, 允许自然成形, 弯曲高度又低, 仅1 mm, 可用修正弯曲凸凹模试修回跳使模具成形直接达到零件形状尺寸。还可省去冲压前涂红漆工序, 省去一副单独弯曲模。方案二较方案一加工容易, 工序少, 较经济, 且生产效率高。

方案三排样为三排, 一次同时冲成三个成品零件, 不但大大提高了生产效率, 而且提高了材料利用率, 节省原材料, 还提高冲床一次冲压的利用率。

以上三种方案, 方案一工艺繁琐, 加工困难, 一般不采用。方案二适用于小批量生产的零件工艺。方案三适用于产品定型和大量生产的零件工艺。

由此可知, 编制工艺时, 正确选取工艺方案, 减少中间工序是一个必须注意的内容。而减少中间工序, 应反复比较, 慎重考虑, 这是选取工艺方案的有效方法之一。

2.6 合理选用压力机

编制冷冲零件工艺, 还必须注意合理地选用所需的冲床。这对正常的冲压生产, 安全生产也是不可忽视的一环。

(下转51页)

表1 等离子腐蚀铬膜图形的实验数据

图形设计的标称值 (μm)	2	3	4	5	7	10
CL场 (带胶测)	1.9	3.0	4.0	5.0	7	10.0
DARK 图形 (去胶测)	2.0	3.0	4.0	5.1	7.1	10.0
DARK (带胶测)	1.8	2.5	3.7	4.8	6.8	9.9
CL图形 (去胶测)	1.7	2.6	3.7	4.7	6.7	10.0

表2 湿法腐蚀铬膜图形的实验数据

图形设计的标称值 (μm)	2	3	4	5	7	10
CL场 (带胶测)	2.1	2.9	4.2	5.0	7.1	10.2
DARK 图形 (去胶测)	1.9	2.6	3.8	4.6	6.9	9.8
DARK (带胶测)	2.1	3.5	4.6	5.6	7.2	10.8
CL图形 (去胶测)	2.3	3.3	4.3	5.7	7.5	11.1

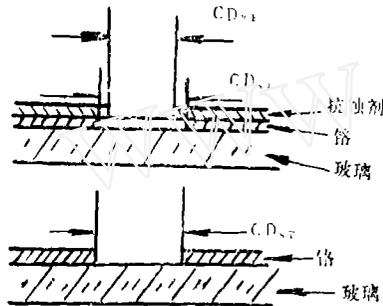


图1 带胶和去胶后图形CD值变化示意图

由图1可以看出：横向腐蚀的近似计算公式可表示如下：

$$\text{双边横向腐蚀量：} \Delta CD_{DLE} = CD_{ST} - CD_{RE} \dots \text{①}$$

$$\text{单边横向腐蚀量} \Delta CD_{DLE} = CD_{ST} - CD_{RE} / 2 \dots \text{②}$$

由表1和表2的实验测量数据，并根据公式①和公式②，可分别计算出等离子腐蚀和化学湿法腐蚀的最大横向腐蚀量和平均横向腐蚀量。

等离子腐蚀的最大单边横向腐蚀量：

$$\Delta CD_{SLEM} = 0.05 \mu\text{m}$$

等离子腐蚀的平均单边横向腐蚀量：

$$\Delta CD_{SLE} = 0.044 \mu\text{m}$$

湿法腐蚀的最大单边横向腐蚀量：

$$\Delta CD_{SLEM} = 0.2 \mu\text{m}$$

湿法腐蚀的平均单边横向腐蚀量：

$$\Delta CD_{SLE} = 0.12 \mu\text{m}$$

由计算结果表明，等离子腐蚀的横向腐蚀很小，最大的单边横向腐蚀为 $0.05 \mu\text{m}$ ，并呈现出很好的一致性。湿法腐蚀的最大单边横向腐蚀量为 $0.2 \mu\text{m}$ ，在实际应用中有时扩涨到 $0.3 \mu\text{m}$ ，湿法腐蚀恰与等离子腐蚀相反，呈现出很大的离散性。这一点对制作高密度、大版面、细线条的掩模是十分不利的。湿法腐蚀中产生横向腐蚀离散性的原因大致是由二个因素造成的。一个是由蒸发制备铬结构的不均匀性导致化学腐蚀速率的差异所致，如果将铬膜的制备方法由蒸发改为溅射，其湿法腐蚀的横向腐蚀均匀性一定会有所改善。另一个原因是化学湿法腐蚀剂与腐蚀的图形区的接触状况不均匀所造成的。十分庆幸的是湿法腐蚀中产生横向腐蚀离散性的原因在等离子腐蚀中却不存在，因而等离子腐蚀的横向腐蚀的一致性相当好。

3 结论

等离子腐蚀铬膜技术应用于掩模制造中可以获得很小的横向腐蚀，一般双边可以控制在 $0.1 \mu\text{m}$ 之内，并具有很高的均匀性，所以特别适合于制作细线条、高密度和大版面的VLSI掩模版的铬腐蚀工艺中。

等离子腐蚀的工艺条件易受控、工艺过程稳定，重复性好。

AZ系列正性光致抗蚀剂具有较强的抗等离子能力，是等离子腐蚀技术中很好的抗蚀剂材料。我们在掩模制造中使用等离子腐蚀技术还刚开始，对它的认识十分肤浅，有待今后做大量的工作。

(上接60页)

在选用时，必须考虑冲床的压力，是否足够大于完成该零件工序所需的压力。所需冲床的型号是否合适，以及冲床的闭合高度，工作台面大小尺寸是否适合于装置完成该工序所用的模具。

一般冲孔落料件可选用大、中、小的曲轴冲床，偏心冲床，曲轴快速自动冲床。

引伸件一般采用双冲床，也可采用偏心冲床，大中小的曲轴冲床和油压机。

弯曲件可采用偏心冲床，摩擦压床，对大而厚的弯曲零件可采用油压机，也可采用曲轴冲床。

综上所述，工艺方案的选择要考虑材料利用率高，工序少，生产效率高，成本低，模具结构合理且寿命高，保证零件质量好，设备选择合理，并考虑实现工艺全过程中的安全生产。(未完待续)