

# 异形铜管挤压<sup>①</sup>

张 劲

(洛阳铜加工厂)

## 摘 要

以断面对称性和几何形状为要素,从生产技术角度对挤压异形铜管建立了分类;结合理论研究和生产实践,论述了挤压异形铜管时金属的流动;总结了异形铜管挤压工艺要点,根据工具报废的主要形式提示了工具设计应该注意的事项。

**关键词:** 挤压异形铜管 分类 金属流动规律 工艺要点 模具设计

国民经济的发展,对铜管断面形状提出了越来越多的要求,亦即除了圆管之外还要求生产各种断面和尺寸的异形管。

异形管常用的生产方法是将圆管进行拉伸,通过拉模(和芯头)来改变其断面形状和尺寸,这种方法主要用于生产壁厚不变的异形管。对于成品壁厚变化的异形管,用这种方法生产是不经济的甚至是不可能的,因此,一般都采用挤压生产的异形管坯,再经拉伸或者冷轧得到成品。这使异形铜管的挤压在异形铜管生产中占有十分重要的地位,是发展新型异形管的重要环节。

由于铜在挤压温度下不能焊合,无法采用舌形模挤压,因此,和铝合金相比,异形铜管挤压的品种规格要少得多,且技术发展难度较大。但是,异形铜管的挤压在其发展过程中毕竟积累了丰富的经验,取得了长足的进步。总结这方面的生产经验和研究成果,对于发展异形铜管的生产无疑有现实意义。

## 1 挤压异形管的分类

主要挤压异形管的成品和管坯横断面形状

示于图1。迄止今天国内外还没有对如此众多的挤压异形管建立科学的分类。

笔者认为,应当从生产角度出发,以横断面的对称性和几何形状为要素对挤压异形管建立这种分类,以反映其生产技术的特点和技术经济指标的差异,为生产技术准备、制订技术经济指标、产品价格和技术标准提供依据。

### 1.1 对称型简单断面异形管

以中心孔轴线为中心,横断面具有多个对称轴,且系简单几何图形(图1(a)~(e))者属之。它和圆管近似,较易生产,但中心孔尖角处易开裂。制品尖角易碰伤;如线尺寸较大,中心孔大面中部压溃较快。

### 1.2 对称型复杂断面异形管

以中心孔轴线为中心,横断面具有多个对称轴,又系复杂几何图形(图1(f)~(i))者属之。它的模具制造费昂贵。工具设计应着重保证具有足够的使用寿命;在工艺上要减小铸锭(相对于圆管而言),控制挤压力,防止碰伤制品。

### 1.3 非对称异形管

横断面上只有一个对称中心线(图1(j)、(k))者属之。在挤压过程中,它的铸锭形变体

<sup>①</sup>于1992年4月25日收到

积是不平衡的, 所以工具设计中应着重平衡其金属流动; 它的工艺难度也比较大, 故会增加辅加劳动和几何损失。

有较小的流动阻力, 流动速度较快; 壁厚较薄处流动阻力较大, 流动速度较慢, 这从挤压异形管的端头形状可以得到验证。

根据多孔模挤压时金属流动的研究结果, 铸锭供应体积的划分不是在塑性变形区压缩锥中, 而是在弹-塑性过渡区中就开始了。由挤压阶段铸锭的剖面观察可见, 这个区实际上扩展到了铸锭的整个长度。从挤压过程稳定下来(即“刚端”形成)的时候起, 铸锭金属按照最小阻力定律不断改变向异形管各部分供应的体积比, 从而改变了各部分的速度关系。如果这个过程不能实现, 可能导致异形管出现镰刀形弯曲、尺寸超差和穿孔针弯折。

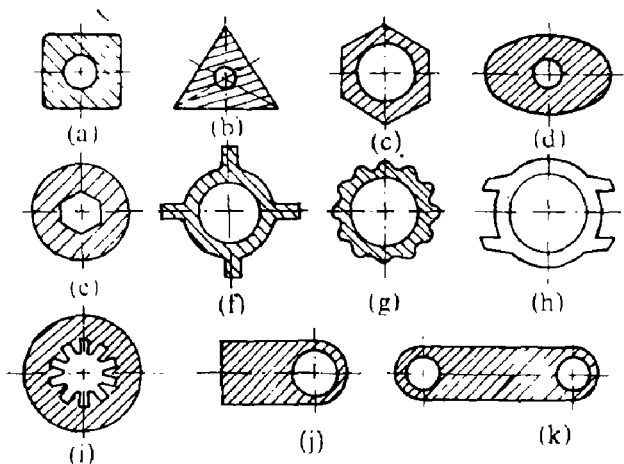


图1 典型的挤压异形铜管横断面形状

## 2 挤压异形铜管时金属的流动

挤压时铸锭变形区的金属流动景象取决于挤压金属的变形抗力和外摩擦条件。挤压异形管时, 由于模孔的比周长, 发生在定径区上的摩擦力虽然会有所增大, 但它是外摩擦条件中影响最小的一项, 不会超过总挤压力的10%; 其次, 由于有穿孔针摩擦力的平衡作用, 从总体上讲不会出现不同于挤压铸锭时的金属流动景象。

在研究挤压偏心管特有的缺陷——“破肚”即偏心管脊部出现缝隙(图2)的形成机理时, 笔者发现, 从瓶式针工作带的根部起, 和穿孔针接触的铸锭金属开始向附加孔方向流动, 同时两侧金属补充径向流出金属相向汇合构成内壁, 由于汇合处不能焊合而形成缝隙。图3表示了偏心管“破肚”时的金属流动景象。作为一个特例, 此时铸锭金属流动景象发生了局部变化。当层状流动受到破坏时, 往往意味着废品的产生。

挤压异形管时, 处于挤压筒和穿孔针之间的铸锭与异形管断面间失去了形状相似性, 导致异形管各部分变形程度不等从而流动阻力和流出速度不等。在异形管壁厚较厚处, 金属具

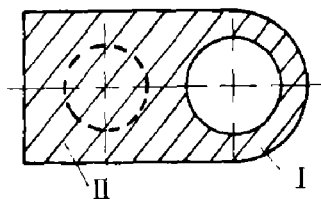


图2 脊部有缝隙的偏心管横断面形状

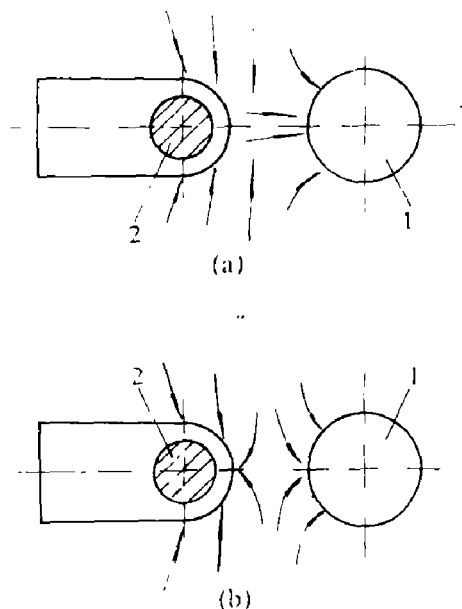


图3 偏心管“破肚”时的金属流动示意图

(a)——偏心模孔和附加孔之间缝隙形成阶段;

(b)——缝隙形成后阶段, 1——模孔, 2——穿孔针

对称型异形管由于其对称部分从铸锭获得同样的金属供应量, 即使断面周长上壁厚是变化的, 挤压过程也是稳定的。

非对称异形管如偏心管(图4), 由于 I、

Ⅱ部分的变形程度不同,在“刚端”形成的情况下,几何形状Ⅰ的真实流动速度 $v_I$ 将大于管断面流动速度 $v_T$ ,而几何形状Ⅱ的真实流动速度 $v_{II}$ 将小于 $v_T$ 。断面流动速度的平衡是靠增大面积 $A_I$ 和减小面积 $A_{II}$ 来达到的,其结果是使穿孔针偏移到几何形状Ⅱ的方面,从而改变了对偏心管所要求的尺寸。为了使挤压时几何形状Ⅰ和Ⅱ的金属流动速度取得平衡,消除使穿孔针向几何形状Ⅱ偏移的径向压力,可以在形状Ⅰ的一侧开一个附加模孔。附加模孔的直径由公式计算得到,其面积通常为 $1 \sim 1.3(A_{II} - A_I)$ 。

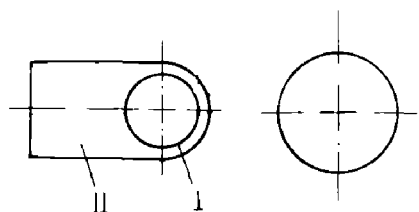


图4 偏心管(左图)及其附加棒(右图)

### 3 挤压工艺要点和工具问题

异形铜管挤压工艺的要点是:在遵循一般工艺原则的基础上,针对不同类型的异形管,围绕降低挤压力和改善工具工作条件来选取铸锭尺寸和调整工艺参数,以期提高工具使用寿命、改善产品质量和获得最佳经济效益。

(1) 为了保证金属对型材模各部分充填良好,消除非接触变形,挤压异形管的挤压比一般和园管并无差别。采用直径较大而长度较短的铸锭时,穿孔过程中穿孔针的偏移较小,这可减少异形管前端切头损失。

铸锭愈长,型材模受温度和压力持续作用的时间就愈长,模孔的变形就愈快,这对存在局部剧烈受热的型材模是特别危险的。因此,异形管用的铸锭长度要比园管用的短,但其长径比 $(L/D)$ 应 $>1$

(2) 使用随动穿孔针挤压内齿管(图1(i))时,由于增大了穿孔针的锥度,必需采用短锭

和加大挤压比,以保证减小截面尺寸变化;

(3) 采用带附加孔的型材模挤压不对称异形管时,必须使用空心锭。试验证明,在使用实心锭时,穿孔过程中针前端的金属将主要流入偏心模孔(即形成“穿孔芯头”),穿孔针向偏心管大面积方向偏移了。这是由于附加孔的位置偏离挤压中心线,它不能对穿孔针所受的径向力起平衡作用。这个径向力是由模孔几何形状对于穿孔针的不对称性引起的;

(4) 异形管的挤压温度应按常规在金属塑性温度范围内选取;

(5) 在挤压大断面或复杂断面异形管时,应适当降低挤压速度,避免冲击负荷,以利于消除非接触变形,获得尺寸合格的制品。

管棒车间工具消耗费约占车间成本的20~30%;而挤压异形管的工具消耗比之园管要大的多,因此,提高工具使用寿命、降低工具消耗是异形管挤压生产中的一个重大题目,涉及工艺、工具设计、制造、使用和管理等环节,其中工具设计具有特别重要的作用。

设计异形铜管挤压模具时,除了考虑合理的模孔裕量以得到尺寸合格的制品之外,还要求模具具有足够的强度、尽可能减小应力集中,使模具具有较高的使用寿命。

模具报废的主要形式有:

#### (1) 模孔不均匀压溃

由于异形模孔各部分承受的静水压力和受热程度不同,模孔入口处的压溃变形以及由此引起的模孔尺寸缩小都是不均的。

模孔急剧压溃一般发生在离模孔中心较近的部位,如长边的中部,伸向模孔中心的齿顶。模孔压溃是不可避免的,但是急剧压溃往往使异形管局部尺寸过早超过尺寸允许偏差。

因此,模孔各尺寸应按照制品允许尺寸公差给以不同的裕量(齿形管的齿部裕量应为负值,其余均为正值),并对模孔入口作成圆弧,这有利于提高单个模具的生产量;

#### (2) 开裂

开裂多发生在接角半径指向远离模孔中心的交角处,接角半径越小,开裂的可能性越

大。该交角处最不易产生压溃, 因此在技术条件允许的范围内, 接角半径  $r$  应向大的方向取值;

### (3) 塌齿和倒齿

塌齿和倒齿多发生在齿较长的情况下, 特别是挤压生产中模具持续升温, 可出现积累性

塌齿, 这是强度不足的表现。倒齿一旦发生模具即告报废, 这是由于齿形不对称或不平衡的外力所造成的。

合理的模具设计应当充分考虑上述报废形式, 以延长模具的使用寿命。

(上接 P91)

际的。而  $P_2$  与  $P_1$  的比较, 则表明最优刃口确可有效降低冲裁力。值得指出, 有关最优刃口与一般斜刃冲裁力的对比实验, 将有重要的实际与理论意义, 有待进一步研究。

## 6 结论

多峰斜刃冲裁力可根据零件形状、刃口形状局部计算再求和; 任意冲裁件采用斜刃冲裁时存在最优刃口, 相同刃口高度时其冲裁力最小、噪音最低; 当冲裁件由弧边、直边组成时, 最优刃口按(31)、(32)式计算; 轴对称件

可采用单峰或多峰刃口, 一般冲裁件只能采用多峰刃口; 多峰刃各峰刃满足(15)、(24)式即为最优刃口。

### 参考文献

- 1 肖景荣等. 冲压工艺学. 北京: 机械工业出版社, 1988, 21~23.
- 2 王孝培. 冲压手册. 北京: 机械工业出版社, 1991: 498~502.
- 3 李映铠等. 锻压技术, 1986, (6): 16~20.
- 4 Зубазов М. Е. Листовая штамповка МАШГИЗ, 1958, 62~70.