

[文章编号] 1004-0609(2001)01-0027-04

整体翅片管的劈切-挤压加工^①

夏伟, 吴斌, 汤勇, 李元元

(华南理工大学机电工程系, 广州 510640)

[摘要] 提出了一种新的整体翅片管的机械加工方法, 即劈切-挤压加工。实验观察发现, 翅片的形成包括切入、挤压和成形 3 个阶段。实验结果表明, 影响翅片形成的主要因素有刀具几何参数、挤压深度、进给量和劈切-挤压速度; 对某一刀具, 在选定挤压速度时, 一定的挤压深度对应一个极限进给量, 一定的进给量对应一个极限挤压深度。选择合理的参数可保证翅片加工的连续性和获得接近最佳形状的翅片。劈切-挤压加工在普通车床上进行, 设备简单易操作, 翅片一次成形, 材料利用率高, 是一种能降低加工成本、提高生产率的加工方式。

[关键词] 整体翅片管; 劈切-挤压加工; 挤压比

[中图分类号] TG 501

[文献标识码] A

随着加工制造技术的不断进步, 近 20 年来对强化换热元件的研究在化工、能源、制冷、航空等工业部门有了很大的进展, 各式各样的强化换热元件层出不穷^[1~5]。扩张表面强化换热元件中最为常见的是翅片管, 通常翅高小于 6.35 mm, 一般有 2 种形式, 整体翅片管(Integral fin tube, IFT, 如图 1 所示)和绕片式低翅片管^[6]。

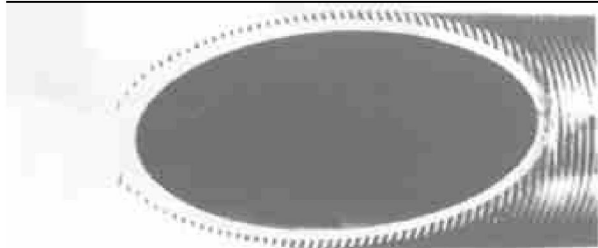


图 1 整体翅片管外观图

Fig. 1 Outside view of integral fin tube

整体翅片管(也称低翅片管), 其外翅片与基管连成一体, 即翅片是从基管金属直接加工形成的^[7], 因此在翅片和基管之间无接触热阻。整体翅片管材料由 20 世纪 30 年代的较软金属发展到目前的抗腐蚀金属^[8], 例如美国 High Performance Tube 公司主要用比较硬的材料, 如不锈钢和钛来制造整体翅片管; 而 Wolverine Tube 公司则侧重于用铜作基管^[6]。加工制造整体翅片管一般有机加工、成形法、压条法和电镀法^[9, 10]。图 2 所示为标准的整体翅片管的剖面图, 在光管表面的一些地方, 金属被挤出而形成翅片。挤压成形整体翅片管的一个突出优点就是在加工翅片时没有材料浪费, 只是最初

的光管经过变形在管表面形成了高于原管表面的翅片, 因此有较高的材料利用率。

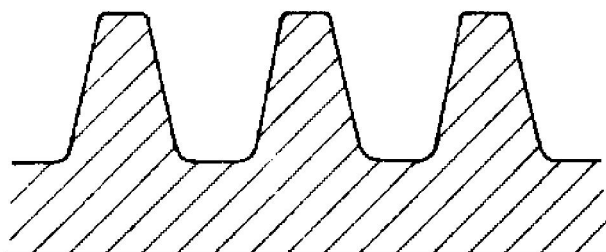


图 2 整体翅片管纵向剖面图

Fig. 2 Longitudinal cross section of standard integral fin tube

整体翅片管基本上是用滚花和轧制工艺加工的。汤勇等^[11]提出了一种机械加工方法, 即挤压-犁削加工方法。在通过大量的整体翅片管加工实验研究和分析翅片形成的过程后, 本文作者提出了一种特殊的机械加工整体翅片管的方法, 即劈切-挤压加工方法, 在普通车床上进行, 简单易操作。

1 劈切-挤压加工

1.1 劈切-挤压加工刀具

通常意义的金属切削加工是指用金属切削刀具切除工件上多余的(或预留的)金属, 从而使工件的形状、尺寸精度及表面质量合乎预定要求^[12]。而劈切-挤压加工整体翅片管是一种无屑加工方式, 它是在刀具将管表面金属劈切开后, 随着挤压量的增加, 金属沿径向和轴向流动, 通过径向和轴向挤压

① [收稿日期] 2000-02-28; [修订日期] 2000-04-17

[作者简介] 夏伟(1959-), 男, 教授, 博士生导师。

使金属塑性变形形成翅片。因此，劈切-挤压加工用的刀具与车削中常用的刀具不同，可以将其归为成形刀具一类，其几何形状如图3所示。

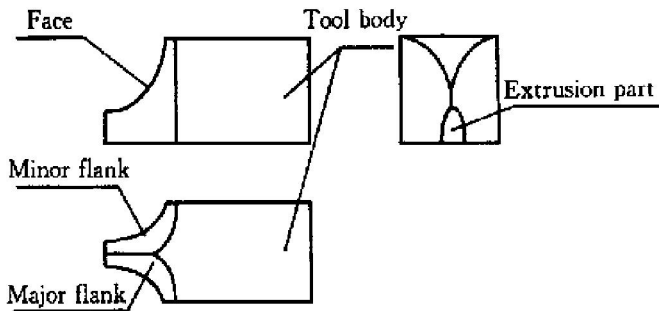


图3 劈切-挤压刀具示意图

Fig. 3 Schematic diagram of chopping-extrusion tool

1.2 劈切-挤压原理

用劈切-挤压刀具进行整体翅片管加工时，其原理如图4所示。

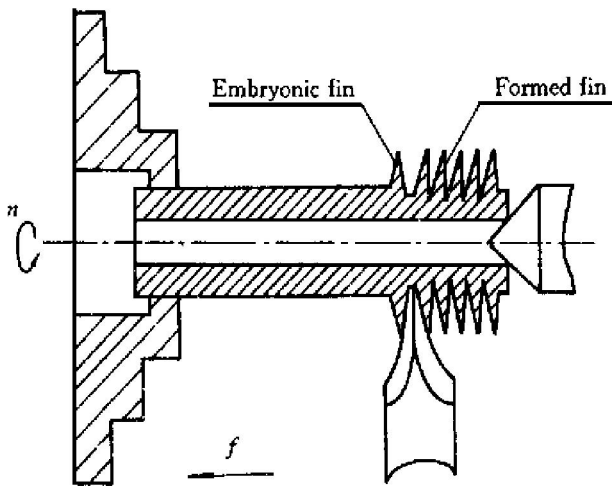


图4 劈切-挤压加工模型

Fig. 4 Model of chopping-extrusion process

劈切-挤压加工是一种挤压和无屑切削的复合加工方法，一般分为2种，即移动法和旋转法。旋转法加工的特点是刀具作旋转运动，坯料管作平行直线运动；移动法则是刀具作直线平行移动，坯料管作旋转运动。但无论哪种劈切-挤压方式，从整个劈切-挤压整体翅片管加工过程来看，管表面的金属经劈切和挤压形成翅片，其过程可分为3个阶段：劈切、挤压和成形。以较为简单的移动法为例进行说明。

1.2.1 劈切

用车床卡盘夹紧坯料管，其尾部用顶尖顶住，劈切-挤压刀具装在方刀架上。车床主轴回转带动坯料管转动，刀具调整好挤压深度后作轴向进给运

动。一旦刀具和管表面金属接触时，表面金属则被棱状的前刀面切开，类似于斧头劈入木柴的动作。

1.2.2 挤压

当前刀面将表层金属劈切开后，挤压部和主、副后刀面开始对金属进行挤压。随着挤压量的增加，刀具作用于坯料管的径向力、轴向力和切向力增加，导致金属流动渐增，并处于复杂的应力、应变状态之下，产生剧烈而复杂的变形过程。

1.2.3 成形

坯料管表层金属在主、副后刀面两侧产生很大的切向变形，金属因挤压而隆起形成翅片，且翅片不断增高，在主后刀面一侧形成“雏翅”，副后刀面一侧则形成“成翅”。工件和刀具相对运动，又开始下一个劈开、挤压的过程，前一刀形成的“雏翅”被切开再挤压成新的“成翅”和新的“雏翅”，周而复始，连续的翅片即加工出来。图5所示为劈切-挤压加工获得的翅片。

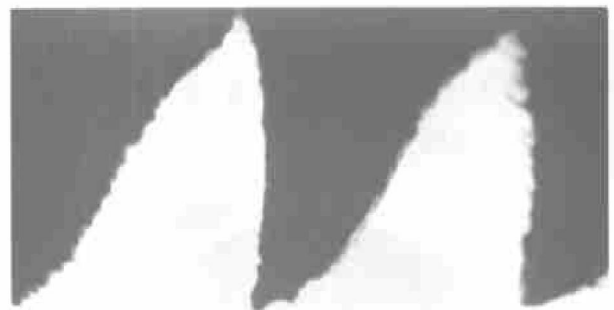


图5 劈切-挤压加工的翅片

Fig. 5 Fins produced by chopping-extrusion technique

劈切-挤压加工整体翅片管在普通车床上按通常的切削加工方式进行，翅片一次成形，具有较高的生产率；同时，因不需要任何其它专用设备，降低了生产成本。

2 影响翅片形成的因素

2.1 实验条件

实验在车床上进行，车床型号为C6132A；刀具材料为W18Cr4V高速钢；工件材料为 $d 16\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 紫铜管(牌号为T2Y)。

2.2 实验结果与分析

从大量的实验结果来看，影响翅片形成的因素

有劈切-挤压刀具几何角度和劈切-挤压用量三要素, 即挤压深度, 进给量和劈切-挤压速度。

2.2.1 刀具几何角度

刀具几何参数的选择是劈切-挤压加工的关键。棱状的前刀面必须刃磨得相当锋利, 挤压部通常宽 0.5~ 2mm, 高 4~ 6mm。主、副后刀面的形状将直接影响翅片的形状。根据 Mori 等^[13]的研究结果, 最佳的翅片形状是具有较尖的翅顶, 并且翅片表面的曲率从翅顶到翅根逐渐变化。因此主、副后刀面均磨成抛物面, 从而使形成的翅片形状接近最佳形状。

2.2.2 挤压深度 h_p

挤压深度是影响翅片高度的决定因素, 图 6 所示为不同挤压深度下获得的翅片形状。

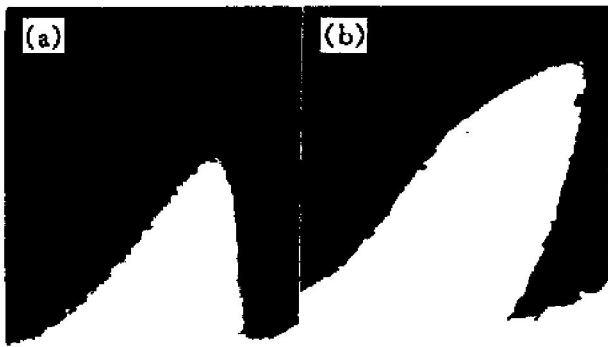


图 6 不同挤压深度下的翅片形状

Fig. 6 Integral-fin shapes with different h_p
($f = 0.82 \text{ mm/r}$, $v = 2.512 \text{ m/min}$)
(a) $-h_p = 0.5 \text{ mm}$; (b) $-h_p = 1 \text{ mm}$

实验表明, 在劈切-挤压加工中, 翅片的高度 h_f 要大于挤压深度 h_p , 根据这一情况, 将翅高 h_f 和挤压深度 h_p 的比值称为挤压比, 用 λ 表示:

$$\lambda = h_f / h_p \quad (1)$$

在进给量和挤压速度一定的情况下, 如本实验中 $f = 0.88 \text{ mm/r}$, $v = 2.512 \text{ m/min}$, 从图 7 中可

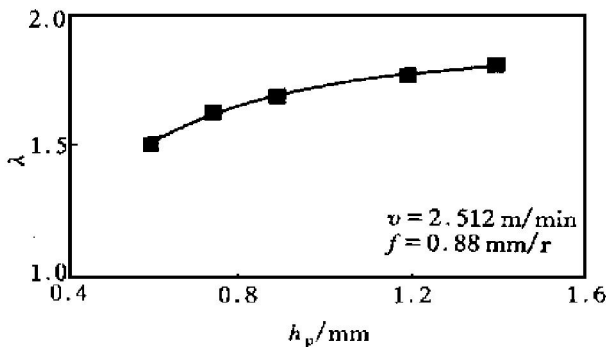


图 7 挤压比和挤压深度的关系

Fig. 7 Relationship between λ and h_p

看出随着挤压深度 h_p 的增加, 挤压比 λ 也随着增加, 但趋势渐缓。当挤压深度大于 1.4 mm 后, 在挤压过程中极容易出现飞边。此时, 金属表面的挤出物从基管脱离, 并带走一部分金属, 从而使形成的翅片变薄, 翅片周圈残缺呈锯齿状, 如图 8(a) 所示。

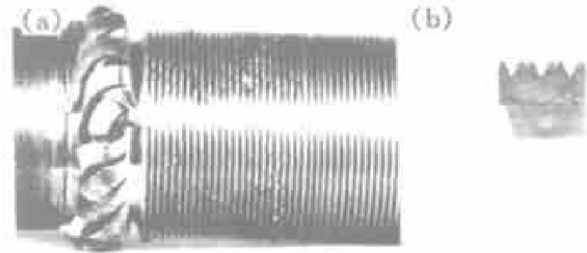


图 8 飞边和残翅现象

Fig. 8 Overlap phenomenon and incomplete fin
(a) —Overlap; (b) —Incomplete fin

2.2.3 进给量 f

进给量 f 直接影响的是翅片的平均厚度 t_f 和翅片密度 n_f 。在挤压深度 h_p 一定的情况下, 进给量的不同将导致翅片厚度的不同, 从而使翅片呈现不同的形状, 如图 9 所示。

图 10 所示为挤压比 λ 和进给量 f 的关系。从

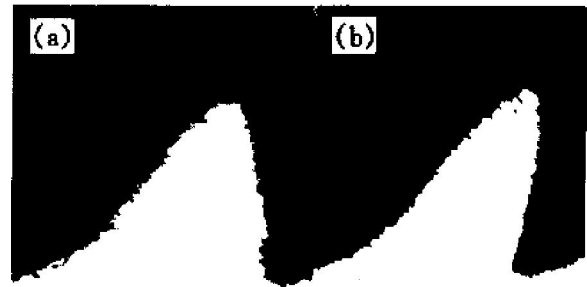


图 9 不同给进量时的翅片形状

Fig. 9 Integral-fin shapes with different f
($h_p = 0.5 \text{ mm}$, $v = 2.512 \text{ m/min}$)
(a) $-f = 0.9 \text{ mm/r}$; (b) $-f = 0.75 \text{ mm/r}$

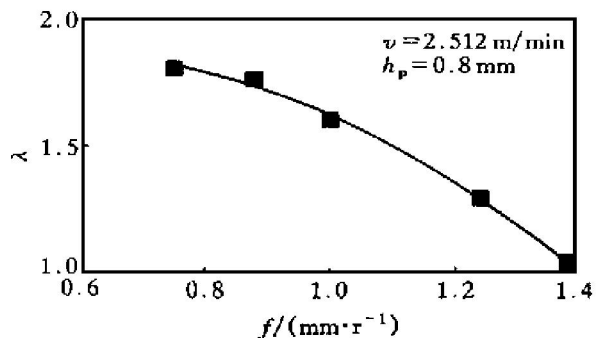


图 10 挤压比和进给量的关系

Fig. 10 Relationship between λ and f

图 10 可知, 在挤压深度和速度一定的情况下, 随着进给量的增加, 挤压比降低, 也即翅高降低。进给量过大时导致翅片分岔, 形成的翅片称为“残翅”, 如图 8(b) 所示; 而进给量较小时, 同样极容易出现飞边现象。因此, 在挤压深度一定时, 存在一个与之相对应的极限进给量; 同理, 在进给量一定时, 也存在一个极限挤压深度。在保证加工正常进行的情况下又希望翅片尽量高, 挤压深度和进给量之间存在一一对应的关系。

2.2.4 劈切-挤压速度 v

劈切-挤压速度在低速范围选择。通常主轴转速为 25~ 100 r/min, 本试验加工紫铜管时的主轴转速 $n = 50$ r/min。当速度过高时, 由于应变速度较快, 金属变形过大, 翅片易从根部挤裂脱离管表面或严重变形, 使加工无法连续正常进行。

[REFERENCES]

[1] ZHAO Qi(赵 起), CUI Bao-yuan(崔保元), YIN Qing-hua(尹清华), et al. 换热器传热强化单管筛选试验研究 [J]. Nuclear Power Engineering (核动力工程), 1996, 17(1): 23- 29.

[2] LIN Zong-hu(林宗虎). Enhanced Heat Transfer and Application in Engineering(强化传热及其工程应用) [M]. Beijing: China Machine Press, 1987.

[3] ZHUANG Li-xian(庄礼贤), CUI Nai-ying(崔乃瑛) and RUAN Zhi-qiang(阮志强). 机械加工表面多孔管的池沸腾传热试验 [J]. Journal of Engineering Thermophysics(工程热物理学报), 1982, 3(4): 242- 248.

[4] GAO Li-ping(高莉萍) and WANG Li-duan(王励端). 高效换热器发展动态及其应用 [J]. Petro-chemical Equipment Technology(石油化工设备技术), 1995, 16

(3): 8- 15.

[5] GU Wei-zao(顾维藻), HU Dui-yan(胡敦燕), LIU Chang-chun(刘长春), et al. 几种强化传热表面特性的实验研究 [J]. Journal of Engineering Thermophysics (工程热物理学报), 1991, 12(4): 396- 400.

[6] Rabas, T J and Taborek J. Performance, fouling and cost considerations of enhanced tubes in power plant condensers [J]. Journal of Enhanced Heat Transfer, 1999 (6): 289- 315.

[7] Joshi H M, Thomas R M and Wannan A S. A petrochemical industry perspective on professor Webb's contribution to heat transfer enhancement [J]. Journal of Enhanced Heat Transfer, 1999, (6): 251- 262.

[8] O'Donnell J. Recent developments in the manufacturing and application of refractory metal integral finned tubes [A]. Corrosion [C]. Houston Texas, 1986. 215.

[9] LIU Yan-ge(刘艳革), XU Zhong-yi(许中义) and SUN Han-shu(孙翰书). 新型螺旋槽管的轧制及其轧具的设计和制造 [J]. Petro-chemical Equipment(石油化工设备), 1995, 24(6): 46- 48.

[10] YAN Heng-zhi(严珩志). 翅片管轧制工艺润滑剂性能特征与配方模式 [J]. The Chinese Journal of Non-ferrous Metals(中国有色金属学报), 1999, 9(1): 197 - 200.

[11] TANG Yong(汤 勇). 挤压-犁削外翅片铜管加工机理的研究 [J]. Tool Engineering(工具技术), 1997, 31(1): 7- 10.

[12] ZHOU Ze-hua(周泽华). Principles of Metal Cutting (金属切削原理) [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1993. 15.

[13] Mori Y, Hijikata K, Hirasawa S, et al. Optimized performance of condensers with outside condensing surfaces [J]. Journal of Heat Transfer, 1981, 10(3): 96 - 102.

Chopping extrusion technique for making integral-fin tubes

XIA Wei, WU Bin, TANG Yong, LI Yuan-yuan

(Department of Mechanotronic Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, P. R. China)

[Abstract] A new method of machining integral-fin tubes (IFT), chopping-extrusion technique, was presented. From the experimental observation, it was revealed that the processing of forming a unity of fins can be divided into three stages: chopping, extrusion and forming. It was shown by experimental results that there are four factors playing chief roles on processing of fin such as geometric parameters of cutting tool, depth of extrusion, feed and speed of chopping-extrusion. For a certain cutting tool, a limit feed was brought up with a definite extrusion depth under given chopping-extrusion speed. Only given proper parameters could continuous process of fin forming be carried out and the optimal shape of fins be obtained. Production costs will be reduced and productivity increased by employing this machining method because of easy performing and direct forming of fins.

[Key words] integral-fintube; chopping-extrusion; ratio of extrusion

(编辑 杨 兵)