

## 摆动辗压机的现状及其发展

胡亚民, 李春天, 周全义

(重庆理工大学 材料科学与工程学院, 重庆 400050)

**摘要:** 介绍了波兰、瑞士、日本、德国、美国、英国、前苏联(俄罗斯)与中国等国内外各时期典型摆动辗压机的研究状况。阐述了摆动辗压机的基本工作机理及不断发展着的技术参数,包括摆辗压力,滑块速度与行程,摆头转动速度与频率,摆头轨迹与角度,摆辗精度与变形力,摆辗件及坯料的尺寸范围,驱动泵及摆头的电机功率,摆动辗压机总功率与生产率等重要指标,同时分析了摆动辗压机在国内外的应用状况,并指明了其发展方向。

**关键词:** 摆动辗压机; 研究与应用现状; 发展历程与方向

**中图分类号:** TG375      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-6457(2009)02-0007-05

### Status Quo and Development for the Orbital Forming Press

HU Ya-min, LI Chun-tian, ZHOU Quan-yi

(College of Material Science and Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400050, China)

**Abstract:** This paper introduces the study status of orbital forming press for Poland, Switzerland, Japan, Germany, America, English, Soviet Union (Russia) and China, elaborates the working principles of orbital forming press and progressing technical parameters, principally including the swing press, slide speed and stroke, the wander rotary velocity and frequency, the orbit and angle of the wander, the precision and deforming force at rotary forging, the dimensions of rotary forging workpieces and crude materials, power of motor for driving pump and wander, the productivity and total power of orbital forming press and so on. In the meantime, the paper analyzes the applied status for orbital forming press at home and abroad and points out its direction of development.

**Key words:** orbital forming press; study and applied status; developmental experiences and direction

(续上期)

## 2 中国的摆动辗压机

中国关于摆动辗压的理论研究与生产实践基本上与日本、瑞士同步。

国内不少单位研制摆辗机,都在消化国内外摆辗机的结构,吸收其精华,提高轴承和导轨的使用性能,保证机身和模具的刚度,使摆辗加载时模具的角

位移和线位移减少到最低程度并均匀分布。

为了适宜在不同场合使用和摆辗不同工件,将机身轴线设计成垂直于水平面的立式和平行于水平面的卧式两种形式。立式摆辗机是国内外最常见的一种摆辗机,它操作方便,受力情况较好,占地面积小,适用范围广,易于实现机械化与自动化。

我国在20世纪90年代已制造出36,100,300,1600,2000,3500,6300 kN等9种规格的摆辗机30多台。但大多摆头轨迹单一,采用热辗压,多为用户

收稿日期: 2009-04-17

作者简介: 胡亚民(1943-),男,江苏泰州人,教授,中国机械工程学会高级会员,主要研究方向为精密锻造、挤压、摆辗。

厂自制,不是专用设备厂制造。

如果国产的摆辗机能基本满足使用要求,则中国摆动辗压的发展将会真正的前进一大步。

上海电机锻造厂1972年生产了国内第一台2000 kN摆辗机,主要用来摆辗生产汽车半轴锻坯。其摆头结构如图14所示。其特点是在摆头上安装

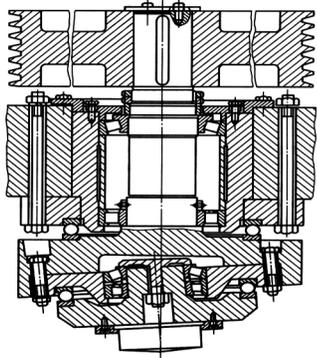


图14 上海电机锻造厂摆辗机的摆头结构

Fig. 14 The structure sketch of wander of orbital forming press produced by Shanghai electric machine forging factory

着一个上端为一水平面,而下端面与水平面成 $\gamma$ 角的斜盘。当传动部分(皮带传动)使摆轴旋转时,斜盘亦随之转动,安装在斜盘偏心孔内的模座便带动上模(摆头)产生摆动运动。当上模不接触工件时,上模由于轴承间摩擦力作用,和摆轴一起作旋转而不摆动。当上模接触工件后,工件和上模的摩擦力大于轴承间摩擦力,因此上模则作摆动。工件的变形力通过上模和模座传给止推轴承,止推轴承再经斜盘、摆轴盘和止推轴承传到机身上。

这种结构形式的摆头主要优点是结构简单,容易加工制造,维修方便,动作易于实现。由于是滚动摩擦,因此在正常情况下功率消耗不大。其缺点是工作不稳定。在摆辗初始阶段上模(摆头)刚刚接触工件时,工件和上模的摩擦力小于或等于轴承间的摩擦力时,就不一定能实现摆动,当然也就不能实现摆辗成形了。另一个缺点是摆头需要选择合适的轴承,一般多采用推力调心滚子轴承(即推力向心球面滚子轴承)39000型和69000型。此类轴承适用于轴向负荷较大,而且有一定径向负荷的场合。因为摆动辗压是偏心受载,局部连续成形,所以整个调心轴承在每一个瞬时内都是某几个滚子受力,因而工作条件恶劣,轴承滚子易于磨损,摩擦力越来越

大,消耗的能量越来越大。大到某种程度以后就不能使摆辗成形件成形到符合图纸要求,这时候就必须更换整个推力调心滚子轴承。如勉强使用,则轴承滚子易变形破裂,摩擦力急剧增大,直至皮带打滑,摆头停止转动,就根本无法摆辗加工成形了。

这种结构国内用得较早,国产摆辗机不少都是采用这种摆头结构。

使用这种摆头结构仅能满足热摆辗毛坯件的成形。因为热摆辗时,变形力小,每转进给量大,摆辗件精度也不高。如果在每转进给量小,摆辗变形力大,摆辗件精度又高的情况下,则使用这种结构的摆辗机是不容易实现工艺要求的。

采用摆辗机摆辗汽车半轴毛坯是我国首创,它比采用平锻机生产汽车半轴毛坯的投资要少,上马快。

哈尔滨工业大学和哈尔滨汽车齿轮厂共同设计和制造了HNJ-400型4000 kN立式摆辗机。哈尔滨汽车齿轮厂用该机辗压生产直径达400 mm的大锻件。其加工能力相当于100 kN模锻锤和60000 kN立式压力机。该机为焊接结构机身,上、下横梁和两个立柱经拉紧螺栓预热联成一个整体。上横梁上安装摆头和传动部件,下横梁中心安装一个顶出缸。两个工作油缸对称布置在下横梁两侧。该机结构简单,紧凑,易于制造。

卧式摆辗机一般滑块行程较立式摆辗机长,它能摆辗加工带长轴的法兰零件。我国的卧式摆辗机主要用来加工各种汽车和拖拉机后半轴及车床主轴等。

武汉汽车齿轮厂生产了DN-100型1000 kN卧式摆辗机。由电动机经皮带轮、万向轴节和锥齿轮将运动传给摆轴,摆轴使摆动模作摆动。同时,固定在机身上的顶镗油缸推动可沿导轨作水平滑动的滑块向前移动,而摆头座和摆动模固定在滑块上。于是,摆动模既作摆动,又作直线进给运动。也有国产半轴摆辗机的摆动模不作进给直线运动,而夹紧模作直线运动的。

DN-100型1000 kN卧式摆辗机上的凹模由2个半模组成。上半模固定在活动压紧块上,下半模固定在机身上。压紧块与机身通过销轴连接在一起。在立式油缸的作用下,压紧块绕销轴转动,使上半模向下夹紧工件。当滑块继续向前移动时,坯料就在摆动模和凹模之间变形。其结构特点是:夹紧

缸位于机身下部,占用空间少。由于是油缸夹紧,因此操作方便,工件成形后脱模迅速。其主要缺点是刚性差,工作时机身摆晃严重。

沈阳第一锻造厂在哈尔滨工业大学和清华大学的指导下设计了一台 2000 kN 立式摆动辗压机,1982 年底安装调试完毕投入正常生产。先后生产过电工半轴、车床主轴、汽车后桥半轴、驱动桥半轴、输出轴、高压锅毛坯等十多种产品,还能生产薄盘类零件。该机的主要特点是下模座可以翻转 90°。在滑块上设计了转换机构。滑块两侧各固定一个抬模缸,抬模缸活塞杆的接头套在模座两侧的耳轴上。模座下端面的凸台与滑块相配合。模座上固定有套筒式模具。抬模缸动作时,可将模座连同下模抬起或放回到滑块上。模座的左右两个耳轴端部各连接一个回转机构,该机构的方形壳体可在立柱上的导槽里上、下滑动,并可随意锁紧在任意的位置上。回转机构的回转轴线与模座耳轴的轴线相同,在加工半轴类零件时,回转机构动作,制动轴转动,可将模座连同模具翻转 90°上料。上料后转回到原来的位置,摆辗好工件以后再翻转 90°将摆辗件取出。

我国现有专门用来热摆辗生产汽车半轴锻坯的摆辗机出售。这种摆动辗压机采用框架结构,夹紧油缸置于摆辗机上部,易于安装维修。主电机装在机身内的滑块上,结构紧凑,占地面积小。水平分模,易于实现机械化、自动化,易于清除氧化皮,其主要技术参数如下:

|                |                |
|----------------|----------------|
| 摆辗力            | 1600 kN        |
| 夹紧力            | 1600 kN        |
| 工作缸行程          | 300 mm         |
| 夹紧缸行程          | 250 mm         |
| 摆头转速           | 200 r/min      |
| 摆头运动轨迹         | 圆              |
| 摆角             | 3°             |
| 每转进给量          | 1.86.0 mm/r    |
| 油缸压力           | 22 MPa         |
| 摆头电机功率         | 55 kW          |
| 摆辗机外形尺寸/mm     | 4170×1840×2730 |
| 摆辗机质量(不包括液压系统) | 30 t           |

天津大学也曾开展过用普通液压机作摆辗加工的试验研究。他们的试验是在 3150 kN 四柱式液压机上安装了一套摆辗装置,除对液压机的泵站进行一些修改外,原液压机的主缸、机身、顶出缸等都得

到充分的利用。整个装置是一个独立体系,其主要技术参数为:

|          |           |
|----------|-----------|
| 最大辗压力    | 1600 kN   |
| 最大辗压工件直径 | 200 mm    |
| 摆头倾角     | 3°        |
| 摆头转速     | 150 r/min |
| 进给量      | 13 mm/r   |
| 电机功率     | 30 kW     |

国内某单位还研制生产了 2500 kN 立式摆辗机。

中国兵器工业第 59 研究所 1984 年从波兰引进具有 4 种运动轨迹的 PXWP-100C 摆辗机后,就着手研究摆辗机的传动原理、结构及零部件,并设计了 6300 kN 摆辗机,以期利用其冷摆辗成形大型汽车同步环、大型被动螺旋锥齿轮、兵器零件及其它产品。1994 年投料制作,这是我国第一台具有 4 种运动轨迹的摆辗机。

6300 kN 冷摆辗机的主要技术参数如下:

|           |                       |
|-----------|-----------------------|
| 滑块最大工作压力  | 6300 kN               |
| 主油缸顶出力    | 800 kN                |
| 滑块顶出力     | 200 kN                |
| 滑块快进速度    | 130 mm/s              |
| 滑块回程速度    | 200 mm/s              |
| 滑块最大工作速度  | 13 mm/s               |
| 滑块最大工作行程  | 245 mm/s              |
| 滑块总行程     | 250 mm                |
| 滑块行程调节量   | 80 mm                 |
| 顶料行程      | 100 mm                |
| 摆头转动频率    | 200 min <sup>-1</sup> |
| 摆角        | 02°                   |
| 冷摆辗工件最大直径 | 200 mm                |
| 冷摆辗坯料最大高度 | 1000 mm               |
| 摆头电机功率    | 75 kW                 |
| 驱动泵电机功率   | 75 kW                 |
| 总功率       | <180 kW               |
| 生产率       | 410 件/min             |
| 总质量       | 82 t                  |

1998 年 12 月,重庆市兵工学会和四川省兵工学会组织了一次以摆动辗压为专题的学术讨论会。在该学术讨论会上有人大声疾呼:发展我国摆辗技术必须促进摆辗机国产化。

据 1994 年台湾锻造协会出版的《锻造》季刊介

绍,“迄今台湾无业者应用摆辗技术”。

香港《机械制造》杂志1995年也发表了论文“国产摆动辗压机亟待发展”。

### 3 摆动辗压成形工艺前沿技术与发展方向

根据我国锻压技术和国内工业生产发展实际情况,摆动辗压机发展的总体方向如下所述。

#### 3.1 实现摆动辗压机的国产化

国内生产锻压设备的厂家应重视发展各种类型摆动辗压机的生产,特别是冷摆动辗压机的生产,把我国的摆动辗压事业推进到一个新的阶段。这样可以减少摆动辗压机的进口或根本不进口。开发新设备的同时,还应致力于对厂矿闲置的油压机和水压机的改造,使其用于摆辗成形。

在摆辗机的研究方面,要对摆动辗压机摆头运动轨迹的运动学认真分析,研究对不同摆头运动轨迹下的金属变形特征与力能参数的最佳值的优化计算,建立更符合摆动辗压生产实际的数学模型,掌握摆动辗头运动轨迹与摆动辗压成形件的成形精度与模具寿命的关系。

#### 3.2 发展摆辗复合精密成形技术

国内要在工艺设计方法上集成创新,大力发展复合成形工艺。将冷摆动辗压工艺推广用于生产形状复杂且精度要求高的齿轮,或体积重量较大、冷锻力较大、需要大吨位设备、难以成形而热锻又不能达到其精度要求的齿轮。从单一的“冷摆辗”成形扩展到“冷挤压+冷摆辗”、“热精锻+冷摆辗”、“冷温挤压+冷摆辗”等复合精密成形技术。提高零件的力学性能,降低生产成本,提高产品可靠性,提高我国汽车精锻零件参与国际市场的竞争力。

不但要研究和开发这种简单的将工艺迭加组合的复合成形工艺,而且还要研究扩大摆辗机的功能,例如在摆辗机上实现将摆辗与其它工艺(例如镦粗)复合。

研制和生产将摆辗与其它工艺(例如镦粗)复合的设备将是设备设计与制造上的一个飞跃。摆辗与镦粗复合工艺的基本原理类似于电热镦粗,只要将电镦机的固定砧改为摆头,不在电镦机上直接加

热而是把棒料事先加热好再放到设备上去就行了。

具体的作法可以将原来摆辗机上仅起使夹紧凹模作进给运动的滑块分成前滑块和后滑块。前滑块夹紧凹模和由机器的主工作缸活塞杆驱动,后滑块的结构形式不变,只是将前滑块与后滑块设计成用导杆连接,后滑块沿导杆可以与前滑块作相对滑动。在将一端已加热好的棒料夹紧后,使摆辗机主缸推动后滑块向前送进,这时前滑块不动。后滑块沿导杆在导轨上运动,对棒料后端作用使棒料向摆头送进。这是摆辗变形的第1阶段,使棒料的加热端形成蒜头状。

当加热部分的坯料全部挤入凹模腔后,变形过程的第1阶段结束,摆辗过程的第2阶段开始。这时后滑块继续向前运动带动前滑块也向前运动,直到半轴法兰盘最终成形<sup>[33]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] SLICK E E. The Slick Whell Will[J]. The Iron Age,1918(9).
- [2] 3. Марцилияк. Холодная Объёмная штамповка методом обкатки[J]. КШП,1970(9).
- [3] 纪澜. 国外摆动辗压工艺发展概况[J]. 国外锻压,1973,(2).
- [4] 哈尔滨工业大学锻压系摆动辗压组. 摆动辗压机简介及设计中的初步体会[C], 1976.
- [5] 上海电机锻造厂. 后半轴仿形斜轧-摆动辗压[J]. 锻压技术,1977,(1).
- [6] 王家勋. 摆动辗压齿轮坯的初步试验与理论分析[J]. 锻压机械,1977,(6).
- [7] 哈工大摆辗组. 摆动辗压机的几个主要参数的分析与计算[J]. 锻压机械,1977,(8).
- [8] 裴伟才. 试验摆辗机设计中玫瑰线轨迹与运动机构[C]. 第一届全国摆动辗压学术讨论会论文集,1981.
- [9] Я. Тульчинский, Гидромеханический прессы качающимся пуансом[J]. КШП,1978(5).
- [10] В. А. Огородников. Деформируемостьзаготовокпри торцовой раскатки[J], Известия высших учебных заведений машиностроения, 1981(5).
- [11] 周继礼. 200 t 立卧两用摆动辗压机的结构[C]. 第三届全国摆辗学术讨论会论文集,1983.
- [12] JOSEPH Carteaue, MARK Mueller, PEI Chi-chu. 数控摆辗锻造高精度可行性研究[C]. 魏杰,陈祖光,译. 第三

- 届国际金属回转加工会议论文集,江西省机械科学研究所,1984.
- [13] 凌野 M. 摆动辗压机的研制及应用[C]. 第三届国际金属回转加工会议论文集(金属成形工艺专集),1985:12.
- [14] STANDRING P M. Rotary Forging—A New Approach Advanced Technology of Plasticity [C]. Proceeding of the First International Conference on Technology of plasticity, 1987.
- [15] 胡亚民. 用旋转矢量合成表示PXWP-100C 摆辗机摆头运动的四种轨迹[J]. 金属成形工艺,1987,5(1):57-64.
- [16] 叶兴益. 汽车半轴摆辗工艺在我厂的应用[J]. 金属成形工艺,1987,5(1):78-81.
- [17] Rajiv shivpuri. Past Developments and Future Trends in the Rotary or Orbital Forging Process [J]. J Materials Shaping Technology, 1988(1).
- [18] HU Ya-min. Four Motion Types of the Upper Die of PXWP-100c Rocking Die Press Represented by Rotating Rectors[C]. Rotary Forming-Proceedings of International Conference, 1989.
- [19] ZHAO Jing-yuan. On Contact Contour and the Relative Spiral Feed During Rotary Forging [C]. Rotary forming proceeding of international conference, 1989.
- [20] 刘汉贵,洪奕,王红亚,等. 自锻破片药形罩摆辗成形工艺[J]. 金属成形工艺,1992,10(2):49-52.
- [21] 黄俊宝,车路长,胡亚民. 从动螺旋伞齿轮的冷摆辗成形工艺研究[C]. 第二届全国锻压青年学术年会会议论文集,1991.
- [22] 胡亚民,张驰. 变速箱同步齿圈的材料与成形工艺[J]. 汽车工艺,1991(1).
- [23] 裴兴华,张猛,胡亚民. 摆动辗压[M]. 机械工业出版社,1991.
- [24] 李文录,王耀祖. 平面静压推力轴承摆辗装置结构特点与承载性能分析[C]. 第五届全国锻压年会论文集, 1991.
- [25] 胡亚民,崔杜武. 摆辗机的分类及发展[J]. 锻压机械, 1991,26(1):712,17.
- [26] 胡亚民. 摆动辗压浅谈[J]. 机械制造(台湾),1993,5.
- [27] 胡亚民,车路长. PXW 型摆辗机摆头运动轨迹研究[J]. 锻压技术,1993(3):25-29.
- [28] STANDRING P M. Academic/industrial collaboration in Rotary Forging [C]. Proceeding of the Fourth International conference on Technology of plasticity, 1993 .
- [29] 张猛,胡亚民. 摆辗技术[M]. 机械工业出版社,1998.
- [30] 胡亚民,伍太宾,赵军华. 摆动辗压工艺及模具设计(第2版)[M]. 重庆:重庆大学出版社,2008.
- [31] 中国机械工程学会塑性工程学会编. 锻压手册(锻造篇)(第3版)[M]. 机械工业出版社,2008.
- [32] NOWAKL J, MADEJ L, PIETRZYK M, et al. Computer Aided Technology Design for themodified Orbital Forging [C]. The 9th International Conference on Technology of Plasticity, 2008,
- [33] 付建华. 汽车半轴一火锻造工艺及设备[J]. 上海锻压,2009,(2).

(续完)

## 信息与资讯

### 中国研制成功世界最大垂直挤压机实现多项突破

经过3年半的攻关,我国自主研发的世界首套3.6万吨黑色金属垂直挤压机,成功完成热调试,挤出第一根合格的厚壁无缝钢管。万吨级重型装备是一个国家制造能力的标志,涉及设计、制造、运输、安装等诸多难题,属于“极端制造”领域。

3.6万吨垂直挤压机打破了锻压设备传统的设计理念和办法,在多个方面实现了技术突破:一是采用预应力钢丝缠绕结构,提高压机主要承载机架、主工作缸等主要承载部件的疲劳寿命;二是采用预应力坎合结构,控制零件单重,降低制造、运输难度;三是采用下传动,以增强设备的稳定性;四是采用成熟的42MPa大流量泵,直接传动,传动简捷可靠,易于维修保养,液压传动介质采用矿物油,以利于先进泵、阀技术的应用。

此前,美国威曼·高登公司、德国曼内斯曼公司等外国企业几乎垄断了世界全部耐高温高压厚壁成型材料,国产3.6万吨垂直挤压机的问世打破了这一局面。

(摘自中国金属加工在线网)