

文章编号:1672-0121(2007)05-0022-05

# 常用模锻设备的结构性能特点及应用发展趋势

朱元胜, 栾新民

(青岛青锻锻压机械有限公司, 山东 青岛 266300)

**摘要:**重点介绍了摩擦压力机、离合器式螺旋压力机、电动压力机、副螺杆式液压螺旋压力机、热模锻压力机、液压模锻锤和带式落锤等常用锻造设备的性能特点和应用发展优势。

**关键词:**机械制造; 结构; 性能; 模锻设备; 综述

**中图分类号:** TG315

**文献标识码:** A

## 1 前言

摩擦压力机结构简单、性能可靠、维修方便、价格适中, 是一种符合目前中国国情的普通型锻造设备。离合器式螺旋压力机结构性能先进、抗偏载能力强、精度好、效率高, 是今后大中型精密模锻设备发展的主要方向。热模锻压力机行程次数高、振动轻,

可进行多工位锻造, 是一种很重要的大型模锻设备。电动压力机传动结构最简单, 但对电机性能要求较高, 若电机质量可靠将是一种故障率最低的模锻设备。副螺杆式液压螺旋压力机导向长度长、精度高, 也是今后大型精密模锻设备的发展方向之一。液压模锻锤打击速度快、效率高、辅助设备少, 是一种可取代古老蒸汽模锻锤的节能型锻锤。带式落锤结构简单、效率高、精度好, 是一种适合模锻不锈钢锻件的中小型精密锻锤。下面谈谈上述设备的结构性能特点及应用发展优势。

收稿日期: 2007-07-01

**作者简介:** 朱元胜(1962-), 男, 高工, 副总师, 从事锻压设备的设计、制造与研究

## 4 结论

从实际生产应用看, 伺服压力机比传统压力机节能 50% 以上, 冲裁噪声大幅度下降, 是一种节能环保型压力机; 由于其在加工铝合金板材、高强度钢板、非等厚焊接钢板的成形方面有独特的优势, 为新材料的应用、推广以及汽车轻量化降低能耗方面提供了重要的技术手段; 也为新工艺新技术的开发提供一个创新的平台。由于伺服压力机具有诸多传统压力机所无法比拟的优点, 使得目前日本的企业在新增压力机时, 90% 是要购入伺服压力机。可以预见, 在不远的将来伺服压力机将会取代传统机械压

力机, 而成为塑性加工装备的主流设备。

### 【参考文献】

- [1] 中川威雄. JMSA New Letter. 2006, (54): 12.
- [2] 莫健华, 古闲伸裕, 村川正夫. 塑性与加工, 1998, 39(448): 457.
- [3] 小坂田, 松本. プレス技术, 2004, 42(5): 25.
- [4] 前田楨三. 机械の研究, 1958, 10(1): 140.
- [5] 牧野. プレス技术, 1975, 13(5): 93.
- [6] H. Liebing. Proc. 18th MTDR Conf. 1977: 369.
- [7] 片冈, 木原, 相泽, 等. 塑性与加工, 1994, 35(403): 977.
- [8] 神马, 春日, 岩木, 等. 塑性与加工, 1982, 23(256): 458.

## The Developing Status and Application of the Servo Press

MO Jianhua<sup>1</sup>, ZHENG Jiakun<sup>2</sup>, KOGA Nobuhiro<sup>3</sup>, GUXIAN<sup>3</sup>, LV Yan<sup>4</sup>

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei China;

2. Dongfeng Motor Co., Ltd., Xiangfan 441004; 3. Nippon Institute of Technology, Saitama 345-8501, Japan;

4. Wuhan Wangye High Technology Company, Wuhan 430223, Hubei China)

**Abstract:** The structure characteristics, working principle and application of the servo press have been introduced. It is pointed that the servo press will replace the traditional mechanical press in the future, which will be the leader in the plastic machining equipment.

**Keywords:** Machine tool technique; Servo press; structure; Application; Development; Overview

## 2 摩擦压力机

### 2.1 产品性能特点

摩擦压力机是一种适合目前国情的锻压设备。它兼有锻锤和热模锻曲柄压力机的双重工作特性。在工作中,既象锤一样带有一定的冲击作用,滑块行程不固定,使得它在一个型槽里可进行多次打击变形,且模具调整方便;又能象热模锻压力机一样打击力由压力机封闭框架承受,从而既能为大变形工序(如锻粗等)提供大的变形能和一定的锻击力,也能对小变形工序(如精压等)提供较大的变形力和一定的变形能,因而能满足各种主要锻压工序的力能要求,同时因有下顶出装置,所以能实现小拔模斜度或无拔模斜度的精密锻造。该机的设备投资、模具成本和锻件成本均比模锻锤和热模锻压力机便宜。理论和实践都证实,摩擦压力机成本低、工艺适用范围广、锻件精度高、模具寿命长、生产率适中、劳动条件好,目前已成为我国现代工业的主要锻压设备之一。

### 2.2 “青锻”牌产品关键技术介绍

①机身:摩擦压力机机身是一种受力比较复杂的关键受力零件,通常要同时承受拉伸、弯曲和扭转三种力的联合作用,为此,对主要受力零件机身的强度和刚度提出了很高的要求。普通的焊接机身难以满足设备受力要求,而摩擦压力机大多采用整体铸钢机身,但由于国产铸钢件整体铸造质量尤其是内部铸造质量参差不齐,且价格差别较大,势必影响机身铸钢件的选购和使用寿命。为此,青锻公司一方面选用大型、正规、合格的铸钢厂作为合作伙伴,以期从工艺上解决铸钢件内部缺陷造成的机身断裂隐患;另一方面将整体铸钢机身改为预应力组合机身,采用优质合金钢锻件来承受机身拉力。当然组合机身的质量与寿命关键取决于拉紧螺栓的材质和制造质量,青锻公司选用按设计规定锻造比经充分锻造并经探伤热处理的优质合金钢来制作,虽提高了成本,但从根本上解决了整体铸钢机身易断裂的问题。

②传动:对开螺母结构简单,但若不定期活动,摩擦盘调整困难;十字叉结构能缓解摩擦盘调不动问题,但若维护不当仍难以调整摩擦盘;单盘双驱动结构也可从根本上解决摩擦盘调不动的难题,但需加大每个摩擦盘的重量和电机的功率,不利于节能节材;青锻公司在总结国内外各种结构的基础上,创新设计了国内首台双盘双驱动结构(专利),解决了以上难题,实现了两个摩擦盘既可分别轴向移动,又可同时旋转的专利性突破,从根本上解决了摩擦盘调不动难题。

③滑块:滑块内部的易损件铜垫片若润滑不充

分,使用寿命很短,若不及时更换易影响其他相关受力零件的使用寿命。为此,青锻公司发明创造了可自动调整的新型传力机构(专利)。从根本上解决了传力零件寿命短的问题。

④飞轮:锻造工艺有变形量较大的普通锻造,也有变形量较小的精密锻造,不同的锻造工艺对锻造设备的力能特性要求也不一样。为此青锻公司根据用户工艺特性,将产品分为模锻型和精锻型两种产品,将飞轮设计成能量型和打击力型两种结构。普通型模锻工艺需选用能量型飞轮结构,精压型精锻工艺需选用打击力型飞轮结构,从而从根本上解决了通用摩擦压力机的力能特性与锻件变形所需的力能特性不一致的问题,并有效解决了因设备选型使用不当而造成零部件使用寿命短的问题。同时为有效发挥设备的性能,用户在选购设备时一定要根据自己的工艺对象选择合适的设备类型。

⑤制动:现行的龙门制动由于采用摆动刹车,调整不好很容易形成线接触刹车,从而使摩擦材料损伤严重。为此青锻公司研制了一种新型平移式制动装置,不仅刚性好、制动接触面大、制动灵敏安全可靠,而且有效解决了摩擦材料使用寿命短的问题。

⑥传统左右放置的平衡缸维修不便、拨叉操作易断裂。为此,青锻公司将平衡缸改为机身前后布置,将拨叉操作改为两端气缸操纵,从而解决了以上问题。

⑦螺旋付:螺旋付是摩擦压力机的关键部位,它不仅影响了整机的精度,也决定了机器关键零件螺杆和螺母的使用寿命,摩擦压力机的质量如何,关键取决于螺旋付的设计和制造质量。因此,青锻公司从以下几方面入手,有效解决了螺杆和螺母的使用寿命问题。

设计计算方面:针对不同工艺通过反复计算和大量试验,确定最合适的螺旋升角,以提高传动效率;选择最合理的齿厚和齿厚比,以同时提高螺杆和螺母的强度和使用寿命;选择最合适的摩擦面,以降低比压提高寿命。

设计选材方面:螺杆选用优质合金钢锻件,按规定锻造比经充分锻造、探伤、采用井式电炉热处理,确保其力学性能的均匀性,从而提高其使用寿命;用过盈连接取代切向键连接,从而解决连接强度问题;螺母采用青锻专用配方,经离心铸造机用铁模铸造而成,从而从根本上解决砂模铸造的不耐磨和寿命短的问题。

制造工艺方面:使用摩擦压力机专用大螺纹车床加工,并对配合面进行磨削或抛光处理,从而提高

## 综 述 REVIEW

加工精度,减轻磨损提高使用寿命;青锻公司为保证螺杆螺母的制造工艺质量,在同行业中是唯一一个耗巨资使用井式电炉进行立式热处理螺杆和用离心铸造机制造铜螺母的企业,从而有效保证了螺旋付的使用寿命。

润滑方面:采用强制集中自动润滑代替手动润滑,解决了因人为因素润滑不及时而导致螺旋付寿命短的问题。

### 2.3 产品发展状况

近几年来,摩擦压力机正朝大吨位、高精度方向发展,尤其是随着我国铁路交通的快速发展,火车提速,原来用铸造工艺成形的火车零部件(如钩尾框等大型关键零件)的铸造质量已不能满足火车安全性能要求,必须改为锻造工艺成形。当时国产设备都难以完成重任,如果引进一台万吨热模锻或离合器式螺旋压力机不仅价格十分昂贵,需消耗大量的国家外汇,因投资太大,用户一时也难以承受。为此,青锻公司于2004年成功研制了国内外最大吨位的31500kN摩擦压力机,成功地锻造出数万件合格样品。青锻公司根据市场需求,在成功研制J53-3150的基础上,总结经验,于2006年又成功研制了40000kN、63000kN和80000kN三种大型摩擦压力机,该产品已于2006年8月2日通过了青岛市科委和青岛市经委联合组织的由国内有关专家组成的专家委员会的新产品鉴定和科技成果鉴定,一致认为“产品已达到国际同类产品先进水平”,并获得胶州市科技进步一等奖。仅2006年一年就生产了一台40000kN、三台63000kN和一台80000kN,并全部交付用户使用。该机的研制成功不仅使我国的摩擦压力机成为世界之最,为祖国争得了荣誉,而且也为企业提供了物美价廉的大吨位模锻设备,为锻造业的发展做出了积极的贡献。

同时,随着我国锻造业的不断发展,锻件精度越来越高,这就对锻造设备的精度提出了更高的要求。为此,青锻公司在总结国内外摩擦压力机成功经验的基础上尤其是在消化吸收德国和意大利摩擦压力机技术的基础上成功的开发出了国内新一代FPC系列精压型摩擦压力机。该产品不仅解决了以往摩擦压力机的各种设计不足,而且外形美观、强度大、刚性好、精度高、抗偏载能力强,并含有多项国家专利。产品的突出特点是精度高、摩擦盘调整容易,而且还备有可不需要调整摩擦盘的飞轮牛皮带新结构,是今后摩擦压力机的发展方向。

### 3 离合器式螺旋压力机(俗称高能压力机)

高能压力机的工作原理是:电动机通过皮带带动大飞轮始终朝一个方向旋转,通过离合器驱动螺杆做旋转运动,由滑块内的铜螺母将螺杆的旋转运动转变为滑块的向下直线运动,滑块回程由回程缸完成。高能压力机由于飞轮与螺杆之间是由可控离合器联结,打击力可得到比较准确地控制,因此,其工作力是一定的。高能压力机的冷击力大约是名义吨位的1.25倍,而高能压力机的飞轮能量是由不断旋转的飞轮提供的,不受冷击力的限制,可根据锻件需要灵活设计,高能压力机可提供的锻件变形能大约是同规格摩擦压力机或热模锻压力机的2~3倍。

高能压力机由于飞轮连续旋转,在工作循环中只有惯量很小的螺杆和摩擦盘被加速,所以加速行程很短,滑块离开上死点后,经过100mm~150mm行程就能达到额定速度,在任意位置就可以同时输出最大打击力和额定能量。因此,滑块空行程大大缩短,压力机有效行程次数比摩擦压力机提高1倍以上,而热模锻压力机和摩擦压力机一般要在接近下死点或行程的80%后方能达到最大能量。由于机械效率提高,高能压力机的主电机功率只有同吨位摩擦压力机的60%,所以,高能压力机是一种先进的节能型设备。

高能压力机是吸收现有各种模锻设备的特点而制成的,其打击能量大,生产效率高。高能压力机几乎在滑块的任意位置上都能充分发挥出规定的能量输出值和最大锻击力,再加上高能压力机下死点位置不固定,所以模具设计和封闭高度有较大的自由度,模具调整十分方便。这就使高能压力机在很大程度上不受模具高度的限制,可适应不同工艺的要求,特别适合于具有大变形能量的精密模锻工艺和深挤压工艺。由于高能压力机的飞轮和螺杆是分离的,螺杆的从动盘惯性负载小,易于反向提升,故滑块在下死点时停留时间极短,很快即以500mm/s的速度提升。闷模时间一般只有10ms~20ms,大约是热模锻压力机的1/3,相对模具使用寿命可提高2~3倍。同时由于高能压力机采用双重导轨导向(上部为圆柱导轨,下部为X型对角线导轨),导向长度长,导向精度高,滑块打击时抗偏载能力强,可进行多模膛锻造,并有利于实现自动化操作。再加上设备设有上、下顶料装置,可进行小拔模斜度或无拔模斜度的精密锻造。另外,高能压力机采用了多计算机可编程控制,行程、能量和打击力等均可根据工艺需要进行预选,还具有屏幕显示打击参数和工艺曲线、运行监控、故障诊断及显示报警和应急处理等功能。这些功能大大增强了设备操作柔性及可维修性,又为工艺

人员做工艺实验分析工艺过程提供了方便。因此,高能压力机是一种现代化的新型压力机,是精密热模锻设备的发展方向。

近年来,高能压力机也在向大吨位方向发展,目前由北京机电研究所设计的国内最大的 40000kN 高能压力机已在青锻公司研制成功,并已交付用户使用。该机的研制成功,不仅填补了国内空白,取代了进口,为国家节约大量外汇,也为用户节约了大量的设备投资,提高了经济效益,该机售价不足进口价的四分之一,而性能指标已达到或接近国际先进水平。该机的成功应用,必将对我国锻造业的发展起到积极的推动作用。

#### 4 电动螺旋压力机

电动螺旋压力机结构最简单,导向精度好、效率高,在国外电动螺旋压力机发展迅速,电机制造技术已基本成熟。电动螺旋压力机的关键技术是解决对电网冲击问题和电机制造技术,尤其是电机发热问题。在国内我国最早的一台 1600kN 电动压力机的样机是由青锻公司于上世纪 80 年代研制,至今仍在山东大学实验室使用。由于当时的电机制造技术尤其是对电网冲击问题比较突出而耽误了发展。随着电机制造技术和我国电力事业的发展,研制中国的电动螺旋压力机的条件已初步成熟,但是,由于电机技术尚处于探索研究试验阶段,电机可靠性较差,目前还不具备生产推广到用户使用的条件。

电动螺旋压力机通常有两种主要传动形式:

一是无减速直接传动,适合于中小吨位的电动压力机。青锻公司生产的第一台 1600kN 电动压力机就是采用这一传动方案,这一传动方案的特点是传动零件最少,但对电机的性能提出了更高的要求,制造低速、大扭矩、大功率的电机有困难,螺杆导套磨损后会影响到电机的气隙,电机出现故障维修不方便。但只要电机质量过关,这是一种结构最简单、质量最可靠的模锻设备。今年青锻公司根据这一方案,引进国外技术成功开发出了 EP-800 电动压力机。

二是电—机械减速传动,它适合于中大吨位的电动压力机。这一方案的特点是专用电机转速较高,转矩较小,可以设计少数几种规格的专用电机系列供不同吨位压力机使用。电机出现故障时,更换方便,维护简单,同时,螺杆导套磨损后不会影响电机性能。青锻公司于 2006 年研制的 EP-400 电动螺旋压力机采用的就是这一方案。

总之,电动螺旋压力机不管采用那种方案,其主机结构比摩擦压力机都简单,因而,只要电机技术质

量过关,电动压力机将是一种结构简单、操作方便、工作可靠、易于维护的压力机。目前,青锻公司一方面正在与国内知名电机制造厂进行联合攻关,待电机可靠性改进试验成功后,我们将把成熟的电动螺旋压力机推向市场,另一方面直接引进国外电机技术满足国内用户需求。

#### 5 副螺杆式液压螺旋压力机

德国的液压马达式液压螺旋压力机在锻压行业得到广泛应用,尤其是在大中型吨位上,公称力从 20000kN 到 140000kN 都在应用。由于液压马达要驱动大惯量的飞轮正反向旋转,而齿轮的啮合精度不可能很高,又有打击振动等不利因素,而且常处于频繁换向、变速运动、突然加载、突然卸载的恶劣工况下,所以对液压马达的性能要求很高。这类压力机如果国内生产,需要从国外高价进口液压马达。为了降低成本,降低对液压系统的维护要求,并避免加工大惯量的齿轮(飞轮),青锻公司与高校科研院所联合,开发了 HP 系列副螺杆式液压螺旋压力机。副螺杆通过副螺旋付由液压油推动作上下螺旋运动,并通过联轴器带动主螺杆作同步上下螺旋运动,从而驱动滑块上下往复直线运动。由于副螺杆传动部件带动飞轮和滑块运动时主螺旋付不承受驱动载荷,因此,没有摩擦磨损,主螺旋付只在打击时受力,设备导向精度高,并可预选滑块打击能量和回程高度,可以为叶片等薄壁零件设置焖模锻校动作。

#### 6 热模锻压力机

在计划经济时代,我国的大中型热模锻压力机发展迅速,已成为成熟技术。进入市场经济以来,因多种原因,中小型热模锻压力机大型专业制造厂家仍很少生产。对于普通模锻,摩擦压力机基本能满足国内用户需求,但对于大批量锻件生产摩擦压力机效率难以适应,再加上随着我国锻造业的发展,经过一定的资本积累以后,部分用户也希望自己的锻造设备也能再上一个新台阶,这部分用户,大都直接选用高能压力机做为更新换代产品,但也有少部分用户希望选用热模锻压力机。由于国内产热模锻压力机较少,这部分用户多谋求进口产品,为此青锻公司与科研院所联合引进消化了德国热模锻压力机全套技术资料,目前 6300kN 和 10000kN 热模锻压力机已投入生产,今年将交付用户使用。

热模锻压力机由曲柄连杆机构驱动,所以它属于定行程设备,其允许工作力是随曲柄转角变化的,公称压力角是热模锻压力机可施加名义吨位的曲柄

转角,一般为 $\alpha_0=25^\circ\sim 30^\circ$ ,热模锻压力机实际打击力随转角变化的曲线不能超过允许载荷曲线,否则将引起离合器打滑,造成闷车。这时如果没有有效的措施,只能毁模具,造成很大损失,而锻件下料不准,温度偏低及操作失误,都有可能引起闷车。因此,为了安全起见,热模锻压力机一般只能用到名义吨位的70%~80%,也就是说,如果用最大打击力来换算的话,那么一台31500kN摩擦压力机或一台40000kN高能压力机就相当于一台63000kN热模锻压力机的工作能力。

热模锻压力机不仅能实现多腔模锻,便于操作和机械化,而且和锤相比,锻件精度高,加工余量小,劳动生产率高,特别适合于大批量锻件的生产。由于热模锻压力机设备成本较高,投资较大,若批量不大的情况选用热模锻压力机是不经济的。同时,热模锻压力机行程和压力不能随意调节,不适宜进行延伸、滚挤等制坯工艺,坯料表面加热质量要求高,不允许有过多的氧化皮,尤其当设备操作或模具调整不当以及下料不准或超负荷使用时,都有可能使滑块在接近下死点时发生闷车而中断生产。为了防止超载和保证锻件尺寸,需反复调整封闭高度,模具调整十分繁琐,且由于滑块在下死点附近运动速度最慢,不仅工件在模具内停留时间长,模具使用寿命短,且对一些主要靠压入方式充填型槽的锻件,虽然产生了较大毛边,仍不能充满型槽。

## 7 液压模锻锤

蒸汽锻锤曾是锻造行业的主要设备之一,为我国锻造行业的发展做出了巨大贡献,但随着该行业的飞速发展和节能法的实施,人们的环保意识逐渐增强,蒸汽锻锤其固有的耗能高、效率低以及污染环境等缺陷越来越与时代的发展和社会进步不相适应,急需更新改造。近几年,全国各地兴起了蒸汽锤改电液锤的“换头”技术,对解决节能环保问题起了积极的推动作用。但这种“换头”技术,只是一种过渡时期的权宜之计,旧锤改完了再上新锤就不能按旧锤改造的那种结构生产。因此,青锻公司与吉林大学

借鉴国外液压模锻锤的先进经验,成功联合研制了第一代适合国情的具有先进水平的CJ83系列液压模锻锤。实践证明,该种锻锤是一种节能环保型新式锻锤,在国外已得到广泛应用,国内用户及专家也给予了充分肯定,是蒸汽锻锤理想的更新换代产品。

同时,为满足用户对精度要求较高的中小型锻锤的需求,青锻公司还开发研制了C59系列带式落锤。随着国民经济的飞速发展和人民生活水平的不断提高,人们对耐腐蚀、易清洗的不锈钢制品,如餐具、医疗器械、五金工具等的需求日益增长,这些零件的成型不同于一般的锻造,要求设备具有打击速度快,生产效率高,成型精度好,抗偏载性能强,抗冷击性能好等特点。C59系列带式落锤就是针对该种工艺设计的一种适合国情具有先进水平的新型精密锻锤。目前山东新华医疗器械厂、上海手术器械厂大量使用该种锻锤锻造不锈钢手术器械,锻件精度高,表面质量好,无需镀铬,直接抛光即可出口。

## 8 结束语

我国锻造设备种类繁多,不同设备制造厂的质量水平也参差不齐,随着市场经济的发展,节能、节材、高质、高效已成为现代锻造企业发展的必由之路;同时大量的锻造厂因设备选型与工艺特点不相适应而造成设备资源浪费,设备零部件损坏严重,维修成本大增。因此,根据自己的锻造工艺特点选择适合自己工艺特点的锻造设备至关重要。而设备制造厂针对具体工艺推荐或研制合适的专用设备也迫在眉睫,只有锻造厂与有实力的锻造设备制造厂联合起来,我国的锻造业水平才能更上一层楼。

### 【参考文献】

- [1] 白学周.螺旋压力机热模锻.北京:机械工业出版社,1983.
- [2] 鲍恰洛夫(苏).螺旋压力机.北京:机械工业出版社,1985.
- [3] 何永标.新型螺旋压力机.北京:机械工业出版社,1993.
- [4] 栾新民.螺旋压力机是精锻的理想设备.锻压机械,1991,26(5):26-27.
- [5] 楼捷.离合器式高能螺旋压力机的特点.锻压技术,1990,(4).

## The Property and Application Developing Trend of the Common Forging Device

ZHU Yuansheng, LUAN Xinmin

(Qingdao Qingduan Metalforming Machinery Co., Ltd., Qingdao 266300, Shandong China)

**Abstract:** The property and application developing trend of the common forging device, such as friction press, clutch-type screw press, electric press, counter-screw type hydraulic screw press, hot die forging press, hydraulic die forging hammer and belt hammer, have been presented.

**Keywords:** Clutch; Press; Fine forging; Counter-screw; Electric; Crank