

综述

我国快锻液压机的发展与现状

高俊峰

(兰州兰石重工新技术有限公司, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 简要介绍快锻液压机组的特点及其组成; 介绍了国外在快锻液压机的传动介质、主机结构、传动系统、控制技术等方面的发展及演变过程, 对其相关技术特点进行了分析对比; 详细介绍了快锻液压机在我国的发展概况以及技术现状, 指出国产快锻液压机在技术性能上已达到国外同期水平; 分析了快锻液压机发展所面临的机遇和问题。

关键词: 快锻; 液压机

中图分类号: TG315.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3940 (2008) 06-0001-05

Resent status and development of high-speed forging hydraulic press in our country

GAO Jun-feng

(Lanzhou Lanshi Heavy Machinery Technology Co., Ltd., Lanzhou 730050, China)

Abstract: The characteristics and components of the high-speed forging hydraulic press were simply introduced, and the development and current research status of the machine structure, hydraulic drive servo system and control technology for hydraulic press abroad were summarized. After that, the evolution and present status of the high-speed forging hydraulic press in domestic were reviewed in detail. Furthermore, the opportunity and problems for developing the high-speed forging hydraulic press were also pointed out.

Keywords: high-speed forging; hydraulic press

1 引言

快锻液压机是 20 世纪 60 年代开始发展起来的一种新型锻压设备, 用于钢锭开坯和自由锻件的压力加工, 特别适合合金成分较高材料的锻造^[1-2]。目前, 在自由锻设备中被认为是发展的主要方向之一, 世界各工业发达国家都在大力开发, 特别是近年来随着液压技术和微电子技术的飞速发展, 更加速了这种进程。由于快锻压机有着运行速度快、控制精度好、机械化程度高、节能节材效果显著等特点, 与锻锤和锻造水压机相比, 扩大了生产能力、提高了锻件质量、减少了操作人员, 振动小、噪音低、自动化操作, 改善了锻造工人的劳动环境和劳动强度, 是一种较为理想的自由锻设备, 也是目前在用的大型自由锻锤和锻造水压机的更新换代产品。

2 快锻液压机组简介

快锻机组工艺应用范围广, 适用于锻粗、拔长、冲孔、扭转、弯曲、剁切、芯棒拔长等自由锻造的各种工序, 也可用来进行胎模锻造。由于其机械化程度高, 运行速度快, 又能控制压下量的尺寸, 特别适合锻造温度范围窄的高合金钢的钢锭开坯, 广泛应用于机械、钢铁、有色冶金、铁路机车、船舶等行业。机组综合应用了机械液压技术、微电子技术、自控技术、网络通讯技术、传感测试技术、信息处理及软件编程等相关技术, 涉及到机械、液压、电气、锻造、加热、土建、通风、给排水等专业领域, 是一项大型的系统工程。

快锻液压机组组成如图 1 所示, 主要包括以下几个部分:

- (1) 压机本体 (主机), 是压制锻件的主要执行机械;
- (2) 液压系统, 用于驱动主机;
- (3) 锻造操作机, 是机组中最主要的辅机, 用于夹持锻件, 相当于机械手;
- (4) 电控系统;
- (5) 送料回转车, 由加热炉到操作机前送料或

收稿日期: 2008-08-13; 修订日期: 2008-10-20

基金项目: 国家科技支撑计划: “45 MN 大型快速锻造液压机组研制” (2007BAF28B00)

作者简介: 高俊峰 (1961 -), 男, 硕士, 高级工程师

电子信箱: gslzgjf@163.com

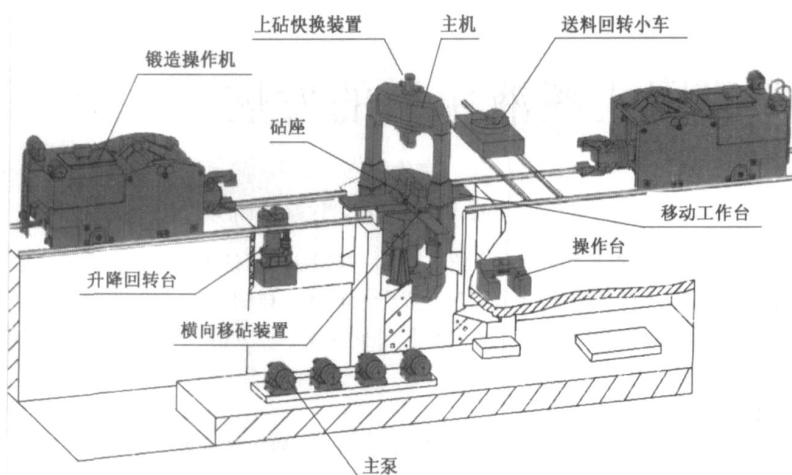


图 1 快锻液压机组示意图

Fig. 1 Sketch of high speed forging hydraulic press

使锻件调头；

(6) 公用设施，包括：通风、照明、冷却（加热）、锻件测温、排污、报警、通讯联络、起重、电视监控等配套设施。

3 快锻液压机在国外的发展现状

快锻液压机是为了满足特殊材料锻造温度范围窄的工艺要求，保证锻造过程的快速性和劳动生产率的提高以及提高自由锻造锻件的尺寸精度，在锻造水压机的基础上发展起来的。20 世纪 50 年代国外广泛开展研究，并在 20 世纪 60 年代在工业实际中应用。快锻液压机在国外的发展，从技术先进性要首推德国，代表着快锻液压机的发展方向和水平，日本引进德国技术可自行生产^[3-4]。

快锻液压机在国外的发展经历了主机结构由上推式改为下拉式，进而随着技术的发展又回复为上推式结构形式；驱动系统由水泵蓄势站传动改进为油泵直传，传动介质由水改为油；锻造辅机由天车套吊吊链起重装置夹取锻件改进为锻造操作机，即夹持锻件的机械手；电控系统从硬件数控到单片机控制直至应用可编程控制器，实现了设备工作自动化，精确的压下、进给控制及主机与辅机的联动，锻造工序不受操作工人技能的影响，将原来由 2~3 人操作的机组改进为只需一个操作者就能控制的系统。

(1) 在主机结构形式上分为上推式和下拉式两种方式，且立柱均采用双柱矩形截面^[5-6]。

上推式结构源于水压机的结构形式，即工作主缸置于压机上端，在上横梁与活动梁之间。运动部分惯量小，易于控制，节省功率，对基础要求低。

但由于主缸置于压机上端，当发生油液泄漏时，易发生火灾隐患；且重心高，液压管线长，降低了工作效率，易产生液压冲击和振动。

下拉式结构是一种新的结构形式，即工作主缸置于压机下端，在下横梁与固定梁之间。主机重心低、稳定性好，液压阀站距主缸距离短，可有效减小液压冲击产生的振动、节省占地面积且安全性好；但由于下拉式压机运动部分惯量大，损失一部份功率，增大了控制难度，对压机基础要求高，土建投资较大。

目前，中小型压机趋于以双柱下拉式为主，而大型压机采用双柱上推式。近年来，随着液压元件集成度的提高大大减少了液压阀站的体积，从而使其布置更加灵活。密封技术和密封元件的日益完善使压机主缸几乎不会产生油液泄漏，解决了上推式压机结构形式原有的弊端，使得中小型压机亦趋于采用上推式结构。

将水压机四立柱圆形截面改进为快锻液压机双立柱矩形截面是快锻技术发展的一个创新。矩形立柱较之圆形立柱更易于设计导向结构、调整间隙便于润滑。而采用双柱则可装置纵横两个移动工作台，快速更换下砧，减少锻造辅助时间，提高生产效率，且开阔了操作视野。主机机架结构在 20 MN (2000 t) 以下快锻压机以整体铸件机架为主，结构紧凑、装配简单；在 20 MN (2000 t) 以上快锻压机中，由于加工和运输等方面的原因，则采用分体预应力机架结构。

(2) 在液压传动方式上，与水压机相比采用了油泵直接传动，功率损失小、效率高。在液压控制方式上发展为阀控与泵控两种控制方式^[7]。

阀控方式中，油泵为定量泵，采用开关阀控制系统流量和压力，可靠性好、成本低，但系统调整难度大，元件参数变化对系统稳定性影响较大，不便实现电测电控，参数调整取决于调试维护人员的现场经验，虽响应快但易引起液压冲击和振动，快锻次数的提高受到结构性局限。德国 MEER 公司和 SPS 公司的产品代表着阀控方式快锻压机的最高水平。

泵控方式中，采用变量泵调节系统流量和压力，可逼近光滑的正弦曲线，使系统运行十分平稳，快锻次数大幅提高，且系统布置结构简单、紧凑，但系统泵、阀元件十分昂贵，对油液清洁度要求高，使用条件苛刻。泵控方式快锻压机以德国 PAHNKE 公司的产品为代表。国内现已引进的快锻液压机中，主要以阀控方式为主，国内最初开发的快锻液压机就是立足于阀控系统。

(3) 锻造操作机是机组中极为重要的辅机，它和主机有同等重要的位置，能否和主机有机地协调配合，对生产效率的高低起着直接的作用，因此操作机应具备足够的刚性、灵活的动作和快速的响应，同时还应有精确的控制和良好的缓冲性能，其结构形式与传动方式为有轨直移式全液压驱动。

中小型操作机（80 t 以下）将主体与液压驱动单元合二为一，驱动单元置于主体之上，成为一整车运行形式；大型操作机（100 t 以上）因惯量巨大（自重 200 t 以上）则将主体与液压驱动单元分离，主体与驱动单元前后柔性连接。操作机液压系统均采用变量泵驱动方式，系统结构简单、调节方便，但成本较高。锻造操作机的主要生产厂家有德国 DDS 公司和 GLAMA 公司，代表着该设备的领先水平^[8-10]。

(4) 计算机控制技术和电控元器件产品的飞速发展快锻压机的控制和各种功能的完善提供了有利条件。目前，引进的国外快锻压机中多采用 SIEMENS 可编程控制器作为控制主机，硬件系统十分可靠，软件功能齐备，检测参数完善，监控手段可靠。

目前，日本三菱重工可提供 60~80 MN（6000 t~8000 t）快锻压机，德国 Meer 公司、PAHNKE 公司已生产出 90 MN（9000 t），110 MN（11000 t）自由锻造压机应用于生产实现，可提供 185 MN（18500 t）锻造压机、200 t/400 TM 锻造操作机等

超大型锻压机组。

4 快锻液压机在我国的发展

我国从 20 世纪 60 年代中期为了发展航空材料满足其特殊工艺要求，开始了快锻液压机的研制工作，在国内重点院所下达了研发任务组织科研攻关。从应用的实际要求出发，对快锻液压机的运行机理、主机结构、基础元器件等方面投入经费进行基础应用性研究，制作了 1 MN，2 MN（100 t，200 t）试验样机，取得了一些实验室研究项目的进展和阶段性成果。到 20 世纪 70 年代中期，国内部分科研院所与企业合作制造出我国第 1 台 20 MN（2000 t）快锻液压机，装备于四川长城钢厂，但由于对快锻液压机运行机理的研究水平在技术上还未成熟，且受当时基础元器件的局限，该设备未能解决液压冲击造成的振动和噪音，无法正常应用于生产，未能取得成功。快锻技术的研究虽然取得了一些十分重要的经验和教训，仍有个别院校在坚持进行研究工作，但在相当一段时间内处于停滞状态，并由此拉开了引进国外产品的序幕^[11]。

从 20 世纪 70 年代末到 90 年代初期，随着改革开放和我国经济的快速发展，掀起了引进国外先进设备的高潮，我国大部分快锻液压机就是在这时期引进购置的。国内主要的大型特钢厂基本都装备了快锻液压机，几乎均为德国产品，以中、小型快锻液压机 10~31.5 MN（1000~3150 t）为主。

在此期间，也有部分重机企业进行小型快锻压机的研制，但未能取得成功。兰州兰石为更新原 5 t 蒸汽锻锤，于 20 世纪 80 年代初提出了设备更新改造计划，用 8 MN（800 t）快锻液压机取代 5 t 蒸汽锻锤，立足于国内进行调研和可行性分析研究，并被列为“六五”期间机械部重大科技攻关项目。

经过近 5 年的努力，由厂、校、院所等多家单位联合攻关共同开发出了首台 8 MN 快锻液压机，于 1987 年在兰石投入试生产，该机组主机采用了预应力机架下拉式结构形式，控制系统采用 Z80 单板机作为主控单元，液压系统采用了自行研制的快速电磁阀和国产高压油泵，在快锻液压机的运行机理和性能上取得了初步的成功。但由于受当时技术、制造、配套等方面条件的约束，故障停机率较高，不能满足正常的生产使用要求。在这种情况下，兰石立足于自己的力量边生产边改进，分别对液压系

统、操作机、电控系统进行了改造,大小数十项技术改进,终于使设备能够正常生产。并由此初步掌握了快锻液压机的关键技术,培养了一批由设计、使用和维护人员组成的技术队伍,为快锻液压机的产品开发奠定了基础。

1991 年兰石正式将快锻液压机列为产品,联合院校进行开发,在总结前期研究成果的基础上,对国外引进的快锻液压机进行了充分的调研,自主开发成功了 8 MN 快锻液压机组产品,并于 1994 年将产品推向市场。电气控制首次将工业计算机与可编程控制器分级控制应用于系统,液压系统采用阀控方式,真正实现了快锻液压机由试制到产品的过程。8 MN 快锻机组是在广泛吸收了国外的先进技术,结合多年使用快锻液压机的实际经验,经过优化设计具有较高技术含量的新型快锻液压机组,也是我国快锻液压机的第 1 代产品。8 MN 快锻压机的研制成功,标志着我国在自由锻造设备方面,开始进入了机电液一体化的时代。

自 20 世纪 90 年代末期,随着小吨位快锻液压机技术的日趋成熟,国内开始了 16 MN (1600 t), 20 MN (2000 t) 快锻液压机的研制工作,并于 2004 年后相继将产品推向市场,使我国快锻液压机的研制工作又上了一个新的台阶。

目前,国内投入使用的 20 MN (2000 t) 以上的快锻液压机大多都是从国外引进的,几乎均为德国产品,占有垄断地位。在 20 MN 以下快锻液压机中,则以国产设备为主。

国内在近二十年开发快锻液压机产品过程中,主机结构形式发展了预应力机架、整体机架及预紧机架,并成功地应用了缸梁合铸结构,主缸密封技术也达到了国外同类产品技术水平。液压系统首次将大通径比例插装阀应用于快锻压机,实现了对系统流量、压力的电控调节,综合了传统阀控、泵控方式的优势,而又避免了其原有的缺陷,达到了比较理想的控制效果。操作机主体结构采用目前国际上较为先进的型式,液压驱动单元采用定量泵、比例阀调节方式,成本低,便于维护;采用了钳杆自动平衡新技术,取得了较为满意的效果,目前 20 t/40 TM 操作机已投入使用。控制系统在硬件配置和软件功能上均达到了国外产品水平,采用工业计算机及可编程分级控制,便于扩充功能。并首次将现场总体实时控制局域网、模糊控制、自学习智

能位置控制、远红外测温、电视监控等方式引入快锻液压机组,进一步发展了先进控制技术在锻造领域的应用。

5 快锻液压机的发展前景

近几年,机械、钢铁行业的复苏和中国经济的强劲增长进一步推动了快锻压机的市场需求。一方面,企业追求规模效益,在市场竞争中保持领先,除了依靠人才、科技之外,就是要靠装备。尤其是行业的龙头企业,都力争在装备水平上超越竞争对手。加之冶炼水平不断提高,可浇铸的钢锭重量不断增大,这就需要有大型自由锻设备进行开坯生产。上钢五厂、抚顺钢厂分别从德国 SPS 公司和 MEER 公司再次引进了 40 MN (4000 t) 快锻液压机及 40 t/80 TM 操作机。因而,快锻压机的需求向着大型化、甚至超大型化的方面发展。

另一方面,从国内锻造行业看,大大小小的锻造厂约有数千家,拥有 2.4 万台自由锻造设备,大多是锤锻造。劳动强度大,锻件附加值低,面临着设备改造和更新。随着国家对环保措施力度的加大,国民环保意识的增强,自由锻锤因其振动大、噪音高、安全性差,必将被快锻液压机所取代而退出历史舞台。所以由中小型快锻液压机 (5 ~ 12.5 MN) 取代自由锻锤将是一个漫长而又不断增长的发展过程,快锻液压机将以其齐全系列产品满足工业发展的需求^[12]。

由于竞争加剧,各行业企业都在提高装备水平,但新上项目投资较大,而对现有设备进行技术改造是提高水平的有效途径。我国锻造行业装备水平普遍较差,拥有上百台旧式水压机,改造成油压机或快锻液压机是一种发展趋势。改造水压机,是快锻液压机发展的另一种形式,在国内外已有成功的先例。

在技术水平上,控制精度将进一步提高、在锻造速度提高的同时进一步减小液压冲击,使系统运行更加平稳。从自动锻造方式向程序锻造方式发展,形成并完善针对不同材料的锻造参数专用数据库,将上位生产管理和工艺自动编排系统与机组控制系统软件相结合,形成针对不同产品品种,适用于单件、小批量产品生产的锻造柔性加工单元。

锻压设备行业的前景较好,需求呈上升趋势,这些都意味着锻压设备行业在未来具有较大的发展

空间和市场。快锻液压机技术经济效益方面的优势，正在被越来越多的锻压界人士认可，随着国民经济的发展将会有更好的推广前景。同时，国内相继开发出 8, 10, 16, 20 MN (800, 1000, 1600, 2000 t) 快锻液压机用于各个行业，已受到广泛的关注。为了彻底改变国内大中型快锻液压机依赖进口的现状，必须着力于开发大型快锻压机，使机组具有技术先进、结构合理、工效实用、系统可靠、运行平稳、操作宜人、人机安全、环境无害、节能经济等方面的优势，创造出我国自主开发的新一代机电液一体化的大型自由锻造设备，将对国内制造业的发展起到良好的推动作用。

6 国产设备研究开发亟需解决的问题

(1) 开展基础应用研究，提高产品设计水平。随着快速锻造液压机组的普及应用和公称载荷的提高，针对快速锻造液压机组重要零部件的动态分析和优化设计、相关系统的运动仿真、控制建模和控制策略等诸多方面的研究已显示出非常重要的意义。

(2) 提高实验研究力度，建立实验研究基地。大型设备的研制是一个系统工程，取得技术上的突破往往要经过漫长的历程。而实验研究是其有效的手段和不可缺少的环节。尤其涉及到液压和控制系统，从选用的配套元器件到其运行机理的验证，试验研究都将为其提供可靠的第 1 手资料，从而避免走弯路带来重大失误和损失。加大实验研究的投入，建立实验研究基地已势在必行。

(3) 增进企业合作，加强工艺研究。加强与设备用户单位的合作，进行充分的技术交流，开展工艺、工装研究，建立材料锻造工艺参数数据库，促进技术进步，为实现程序化锻造奠定基础。

(4) 重视研发人员的梯队建设。市场对大型化设备需求增长的同时，也在技术上提出了更高的要求，要在产品上取得进一步突破和发展，必须在技术水平上上台阶，而其根本保证在于研发队伍的发展与壮大。目前，研发人员短缺、梯队断层，后备力量不足的矛盾日愈突出，加快人才队伍的培养刻不容缓。

(5) 开展行业交流，提升国产设备整体技术水平。与欧美日等工业发达国家相比，中国锻压设备行业存在的差距从产品意义上来看，主要体现在技术和质量两方面，如何提高国产设备的技术水平和

产品质量，是提高产品竞争力的关键所在。开展必要的行业交流和合作，促进共同发展，避免恶性竞争，是提高我国快锻压机技术水平的根本出路。

7 结语

快速锻造液压机组从取得技术上的突破至今，走过了近二十年的漫长历程，产品也从最初的第 1 代，发展到目前比较成熟完善的第 3 代产品。快速锻造液压机组在我国的发展经历了国外引进、消化吸收、模仿试制到掌握核心技术，并最终形成自主知识产权产品的曲折过程。快速锻造液压机组的研制成功是我国从事快锻压机研制的几代人不懈努力的结晶，改变了锻造车间的生产状况，是我国锻造行业的一个突破性成果。

参考文献：

- [1] 蔡端. 我国自由锻液压机和大型锻件生产的发展历程 [J]. 大型铸锻件, 2007, (1): 37-44.
- [2] 林永新. 锻造设备制造技术的发展 [J]. 稀有金属快报, 2004, 23 (12): 7-9.
- [3] 陈尚齐. 自由锻造液压机的现代化改造 [J]. 重型机械, 1992, (4): 9-12.
- [4] 刘庆印, 白人朴. 我国锻压设备产业竞争力分析 [J]. 锻压技术, 2005, 30 (5): 101-106.
- [5] 陈上达. 国内外重型锻压设备的发展、现状和趋势 [J]. 重型机械, 1988, (12): 1-5.
- [6] 徐宇谨, 韩大卫, 黄新, 等. 快速锻造液压机组主机结构型式与选型 [J]. 重型机械, 2004, (6): 45-47.
- [7] 陈柏金. 锻造液压机组液压伺服控制系统 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2001.
- [8] 余发国, 高峰, 郭为忠, 等. 锻造操作机的回顾与展望 [J]. 机械设计与研究, 2007, (专刊): 12-15.
- [9] GLAMA Rail-Bound Forging Manipulator [EB/OL]. [2007-05-31]. <http://www.glama.de/>.
- [10] Manipulators Forging [EB/OL]. [2007-05-31]. <http://www.wepuko.com>.
- [11] 王凤喜. 锻造液压机与操作机的发展 [J]. 锻压机械, 1998, 33 (6): 3-5.
- [12] 姚保森. 我国锻造液压机的现状及发展 [J]. 锻压装备与制造技术, 2005, (3): 28-30.

郑重声明

本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网、万方数据资源系统等。本刊支付给作者的稿酬中包括上述电子版和网络版的作者著作权使用费。如作者不同意将文章收入此类数据库，请在投稿时做出书面声明，本刊将作适当处理。

《锻压技术》编辑部