

专题综述

挤压铸造设备现状及发展分析

邓建新^{1,2}, 邵 明¹, 游东东¹

(1. 华南理工大学机械工程学院, 广东广州 510640; 2. 广西大学机械工程学院, 广西南宁 530004)

摘要: 挤压铸造工艺因能生产高性能铸件在近年获得快速发展, 挤压铸造设备决定了挤压铸造工艺的推广和优势的发挥。论文从挤压铸造方式、浇注系统、合模力规格、挤压过程控制4个方面分析了当前挤压铸造设备的现状, 介绍了我国挤压铸造设备的研究和应用情况, 针对我国挤压铸造设备的差距, 提出在挤压铸造设备总体虚拟优化设计技术、实时挤压机构、合模机构及设备系统集成方面开展研究的建议。

关键词: 挤压铸造; 挤压铸造设备; 设计优化; 实时挤压

中图分类号: TG249.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4977 (2008) 07-0643-04

Current Status and Development of Squeeze Casting Machines

DENG Jian-xin^{1,2}, SHAO Ming¹, YOU Dong-dong¹

(1. School of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, Guangdong, China; 2. School of Mechanical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, Guangxi, China)

Abstract: Squeeze casting, with advantages of eliminating porosity and achieving superior mechanical properties of casting over traditional die casting, has been developed rapidly in recent years. Squeeze casting machines have decisive effects on the application expansion and advantages exertion of die casting. The current status of squeeze casting machines is summarized and analyzed from four aspects including the squeeze casting mode, the shot system, die locking force and squeeze process control. Related researches and applications on squeeze casting machines in China are also presented. Some suggestions on developing squeeze casting machines are put forward; the general virtual intelligent design technology, real-time squeeze equipment, die locking equipment of squeeze casting machines and system integration are highlighted.

Key words: squeeze casting; squeeze casting machines; design optimization; real-time squeeze

挤压铸造工艺有效地提高了铸件的补缩和成形能力, 具有避免和减少气孔等铸件缺陷, 提高铸件力学性能, 适用范围广, 更节约能源等优点^[1-3]。目前, 这种工艺在国际上已经广泛用于汽车、摩托车等重要安全和高性能零件的生产, 铸造的材料演变为铝、镁合金及复合基材料^[4-5]。在能源日趋紧张和力学性能要求更高的将来具有较好的发展前景。

挤压铸造设备是挤压铸造工艺推广的重要工艺装备。挤压铸造工艺水平较高的国家如日本成功开发了自己的挤压铸造设备, 大大提高了挤压铸造技术水平。我国的挤压铸造工艺目前也取得了较大进步, 但与发达国家相比, 差距还较大, 尤其是挤压铸造设备的研究和开发上, 落后于发达国家^[6-8], 这制约了我国挤压铸造工艺的推广和高水平应用。为此, 笔者对挤压铸造设备的现状进行了分析, 对我国挤压铸造设备的研究提出了一些看法。

1 挤压铸造设备的现状

最初的挤压铸造工艺是在摩擦压力机上进行的, 由于提供的压力有限和不能保压, 后来改用了改造后的油压机和液压机进行生产, 但也因补压不足, 铸件易形成缩孔、缩松和气泡。在随后的几十年, 国外展开了专门的挤压铸造设备研究, 日本、瑞士等国都开发了自动化挤压铸造机, 极大地提高了挤压铸造工艺水平。目前, 世界各国进行挤压铸造生产的各种液压机大致有1 000台, 与压铸机相比还很少^[9]。先进的专用挤压铸造设备主要分布在日、美等发达国家, 而又以日本最多, 我国只有较少专用挤压铸造设备, 且都为进口产品。当前能生产挤压铸造设备的企业主要为日本宇部兴产 (UBE), 日本东芝机械, 瑞士布勒, 以及荷兰Prince Machine和意大利意德拉有限公司等先进的压铸机生产公司, 其中UBE生产和销售的挤压铸造机在数量上都处于首位, 大致超过了250台^[9]。挤压铸

基金项目: 广东省科技计划资助项目 (2006B12001001)。收稿日期: 2008-03-11。

作者简介: 邓建新 (1979-), 男, 四川广安人, 讲师, 博士研究生, 主要从事挤压铸造设备研究。E-mail: dengjixin@163.com

造机也大致发展成三类：垂直合模垂直挤压式即立式、水平合模水平挤压式，简称卧式、水平合模垂直挤压式，称为混合型，具体类型见表1。对挤压铸造设备的研究和改制工作，也主要集中在挤压铸造方式等4个方面。

1.1 挤压铸造方式

挤压铸造方式决定和影响了挤压铸造设备的制造，尤其对于现代集成自动化挤压铸造设备，影响着挤压铸造设备部件、布局及附件的设计。从目前制造的挤压铸造设备来看，挤压铸造的方式正从传统的直接挤压和间接挤压单一方式走向复合化，形成适用范围更广的新型挤压铸造工艺。如已与压铸及半固态铸造方式相融合，形成了挤压压铸工艺和半固态挤压铸造。我国欧阳明^[9]在改制挤压铸造机上开展挤压压铸工艺，该方法能生产厚径比更小的零件及熔点更高的金属材料零件。日本UBE公司的挤压铸造机上能进行半固态挤压铸造^[10]。除此之外，还发展成了双重挤压铸造工艺，是将传统的直接挤压和间接挤压两种方式进行有效结合，兼有两种方式的优点，发展很快。有论文^[6]中分析了双重挤压的一种示意图。目前发展成的挤压铸造方式可以通过图1来说明。

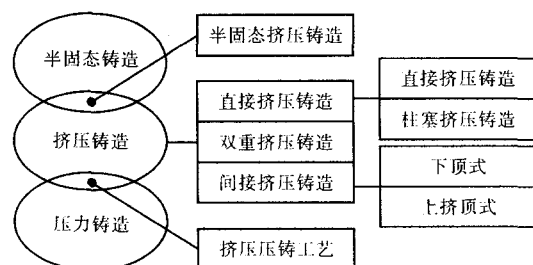


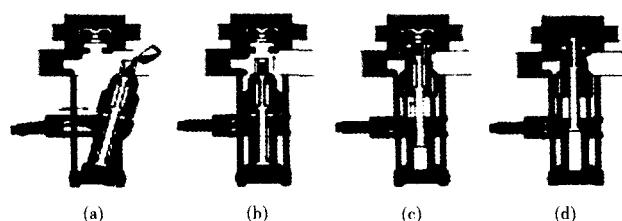
图1 挤压铸造方式体系

Fig. 1 System of squeeze casting methods

1.2 浇注方式及浇注系统装置

伴随着挤压铸造工艺方式的变化，挤压材料的多样化，挤压铸造设备中浇注方式也发生了变化。传统挤压铸造设备的浇注方法大多从压铸的浇注方式中借鉴过来，以手工浇注为主。人为浇注工作量大，速度慢，精度较难控制，影响浇注过程和大批量生产，因此限制了挤压铸造工艺的推广。现代挤压铸造设备都注重提高浇注的自动化水平和改善浇注条件。如日本UBE公司的VSC、HVSC挤压铸造机配有自动浇注、自动喷涂等机械手，大大提高了效率^[6]，并使用垂直浇注系统（见图2），该浇注系统工作分为4个步骤，能使金属液倾倒和浇注装置箝位同时进行，缩短了浇注周期，同时还配备相关的控制电路保持浇注装置节奏的稳定性。东芝公司的DXHV和DXV挤压铸造机配置LEOMACS封闭浇注系统，使用电磁泵装置输送金属液（图3），改善了浇注环境，提高了浇注速度，缩短了金属液充型到挤压的时间。我国台湾久大压铸机

公司推出全自动挤压铸造机，具有自动给汤漏斗伸缩装置。此外，荷兰Prince Machine公司、法国JL公司以及美国Grandville和Michigan公司联合开发的满料筒（Full-Sleeve）的浇注装置^[9]。



(a) 浇注装置倾斜，倒入金属液 (b) 浇注装置返回到垂直位置
(c) 活塞推动浇注装置上升 (d) 在下冲头作用下，推动金属液充型

图2 UBE公司的垂直浇注系统。

Fig. 2 Vertical shot system of UBE

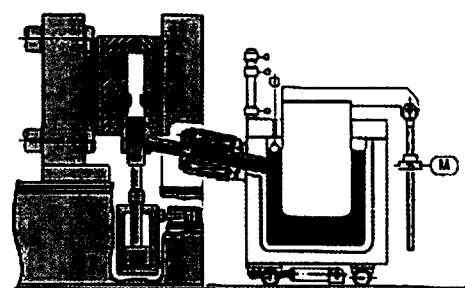
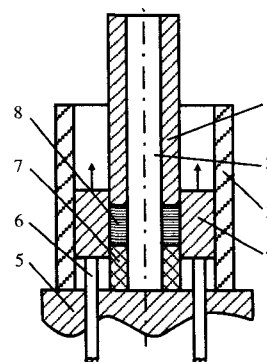


图3 东芝的电磁泵封闭浇注系统^[11]

Fig. 3 Electromagnetic pump feeding system of Toshiba

我国哈尔滨工业大学罗守靖等人^[12]针对挤压铸造工艺中，离冲头较远处充型可能不足的问题，提出了与分层制造技术结合利用的逐层浇注—累积液锻成形技术，如图4所示。通过在浇注过程中，不断移动模具，不断浇注，反复挤压形成最终零件，比较适合大高径比零件的制作。重庆大学龙思远等人^[13]研究了一种挤压铸造定量浇注装置，用于生产有色合金铸件。合金熔体通过压室定量浇注装置和浇口滑块进入压室，浇注完毕后浇口滑块关闭压室，压头上行，使合金熔体在压力下充型、保压、凝固，可高效率、高品质、高工艺收得率地得到有色合金铸件。



1. 上冲头 2. 模芯 3. 支架 4. 凹模 5. 模板 6. 顶杆
7. 已成层 8. 金属液

图4 逐层浇注—累积液锻成形技术示意图^[12]

Fig. 4 Laminated pouring and accumulated liquid forging technology

1.3 合模力规格多样化

合模力是决定挤压铸造机生产零件尺度的重要参数,选择合适的合模力的挤压铸造机不但可以节约设备的资金投入,也可在生产过程节约能源。各大挤压铸造设备公司都相继开发多种系列的挤压铸造机,每种系列又提供多种规格合模力的产品。日本宇部兴产生产VSC、HSVC两种挤压铸造机,VSC系列具有3 150 kN等9种规格,HSVC系列具有1 400 kN等6种规格。日本东芝有DXH、DXV、DXHV 3个系列。瑞士布勒的挤压铸造设备,具有Vision、Evolution、Classic 3种系列,每种系列

都提供均匀、完整和最佳合模力分级的机器,合模力从2 600 kN到42 000 kN,达到了目前世界上最大合模力。三个企业的设备具体合模力规格见表1。我国虽没有研制出比较先进的挤压铸造设备,但也有多种型号。如广东佛山顺德的华大机械制造有限公司生产的Y28立式挤压铸造机,合模力有550 kN、800 kN、1 500 kN 3种。此外,为提高挤压铸造机合模力,华南理工大学陈维平等^[9]还研制了用于间接挤压铸造的附加锁模装置,能安装在传统的压力机上,可一定程度地提高合模力,从另一个角度增加了挤压铸造机的合模力规格。

表1 三家典型企业的挤压铸造设备合模力规格

Table 1 Die locking forces of squeeze casting machines of the three typical enterprises

厂家	系列	类型	合模力/kN	占地面积
宇部兴产	VSC	立式	3 150、5 000、6 300、8 000、15 000、18 000、25 000、35 000	少
	HVSC	混合式	1 400、2 500、3 500、5 000、6 300、8 000	较少
东芝	DXH	卧式	3 430、34 300	多
	DXV	立式	1 323、2 450、4 900、9 800、14 700	少
	DHXV	混合式	3 430	较少
布勒	Vision Evolution Classic	卧式	2 600~42 000	多

1.4 挤压过程控制

挤压铸造工艺中,挤压压力是最重要的工艺参数之一,对铸件质量和性能有非常大影响,而且随材料和铸件形状发生变化。现代挤压铸造机都对挤压机构压力进行控制,提高其压力大小、控制精度及稳定性,也对压力控制方法进行改进。如瑞士布勒公司开发了新一代实时压射控制机构,能对速度和最终压力曲线进行编程以适合压铸零件的几何形状,实时控制质量^[7],东芝公司的挤压铸造机配置了东芝特有的TOSCAST,提供良好的用户界面,能对挤压铸造机针对某个具体过程参数设置和保存,维持挤压铸造过程稳定性,能观察到挤压铸造过程压力曲线和其它工艺参数情况。日本宇部兴产挤压铸造机挤压铸造过程由计算机编程,并进行精确控制和重要工艺参数显示,确保生产过程全自动进行和工艺参数稳定。

却没有展开对挤压铸造机的开发^[15-17]。最近几年,有少数企业开始生产出小型挤压铸造机,如佛山市顺德区华大机械制造有限公司生产的Y28立式挤压铸造机,合模力最大可达1 500 kN,挤压比最大可达318 MPa,能挤压铸造铜套、铝套。我国台湾地区在挤压铸造机研究上有一些进展,据相关报道,台湾久大油压铸机公司在2003年就开发出了自动化挤压铸造机,可满足汽机车、自行车产业零件轻量化生产的要求,最大合模力达到了1 600 kN^[9]。在大陆目前尚无专用大型挤压铸造机开发成功的相关报道。

2.2 设备研究建议

与日、美等发达国家相比,我国的挤压铸造设备研发存在一定差距,无疑制约了我国挤压铸造工艺推广和水平提高。以下通过对比分析,来指出一些差距并提出相关研究建议。

2 我国挤压铸造设备现状及发展建议

2.1 现状

在我国,大部分挤压铸造工艺都是在改装后的液压机或压铸机上完成的。目前,全国范围大致有100多台进行挤压铸造的设备,80%通过油压机或压铸机改装,常采用YA 200、YA 315和YA 500等机型,其下顶缸挤压力分别为240 kN、630 kN、1 000 kN,主缸合模力分别为2 000 kN、3 150 kN、5 000 kN。二汽等从日本进口的先进设备有10多台,其中从宇部兴产进口的HVSC型机4台,VSC 1台,东芝公司的DXHV350 1台^[7、14],进口机型都是合模力较小的专用挤压铸造机,无法进行复杂大零件挤压铸造生产。我国虽有16家压铸机生产企业,

(1) 开展虚拟挤压铸造设备研究,优化挤压铸造设备整体结构。如前所述,我国现在使用的挤压铸造机大多数从油压机或压铸机改装而成,整体结构陈旧。有文献^[18]中指出,即使是新开发的压铸机,目前我国的大多数设计厂商仍采用原来传统方案,很少大幅度进行改进。国外每一种新型压铸机几乎都要从总体结构上进行重新设计。作为新型挤压铸造机,在自动化程度、计算机控制性能方面都需要较大程度提高,浇注机械手、顶出机械手、模具自动更换装置等辅助设备和大量传感器、计算机控制部件的加入必然引起挤压铸造机传统结构的变化。因此,须针对新型挤压铸造自动化水平、辅助部件多少,浇注方法变化等展开总体结构优化设计工作。

当前,虚拟产品技术为优化设计提供了方便,但针对具体设备的虚拟产品开发方法并不相同,涉及的工具也有所区别。由此可见,开展虚拟挤压铸造设备的研究能形成挤压铸造设备的虚拟设计方法,同时可在计算机辅助设计、有限元分析及仿真等相关技术帮助下,提高设备的开发速度并提高可靠性,达到优化总体结构、合理布局、降低成本等目的。

(2) 开发具有实时控制能力的多级挤压补压系统。挤压铸造工艺中,挤压动作是关键。而完成挤压动作是挤压铸造机的挤压机构。我国现在能实现挤压铸造的压铸机,普遍压缩比低、实时控制功能差,缺乏有效的多级增压机构,造成挤压铸造工件质量低下和无法大型化。而前面分析的国外的压铸机一个典型特点就是具有实时挤压压力控制功能。因此,需要结合现代控制技术、液压技术及计算机技术开发出实时控制功能的挤压系统,使其能根据挤压铸造过程中需要的压力曲线提供相适应的准确压力。

(3) 研究新型合锁模机构或方法。合模力(锁模力)是决定挤压铸造机大型化的主要性能参数。目前,在挤压铸造机或者压铸机上普遍使用的合模机构主要有全液压缸式、曲肘机构和混合式。全液压缸式成本较高,且随压力提高成本增加很快,而曲肘机构最大的合模力依赖于其最大扩力系数。与国外相比,我国曲肘机构扩力系数16~20,国外高达22~26,这使得在使用混合式锁模时,在同样锁模力下,我国压铸机需要的油缸比国外的要大25%以上^[18]。因此,为改善这种状况和节约开发成本,同时促进挤压铸造大型化需要开展相关研究。

(4) 开展挤压铸造系统中设备物流仿真及控制系统的研究。随挤压铸造工艺发展,挤压铸造系统已经形成。在国外,数控压铸机、压铸柔性加工单元(FMC)和加工系统(FMS)已开始普及推广。这表明挤压铸造设备逐步向挤压铸造中心发展,甚至形成挤压铸造生产线。我国虽没有成熟的挤压铸造设备,但传统的铸造车间不少,必然会走向信息化集成这一步。因此,应提前着手研究铸造系统的集成、物流系统控制仿真问题。利用现代仿真技术、计算机技术建立挤压铸造中心的物流仿真模型,模拟其真实挤压铸造过程设备动作情况,合理高效、精确地控制各个部件的协调动作,校验实际参数的设置。配合设备控制系统实现设备的自动编程或远程参数控制。

此外,还应配合挤压铸造设备开发,开展挤压铸造工艺研究,推进铸造CAD软件和铸造过程仿真及专家系统的研究,达到优化挤压铸造工艺参数的目的,弥补我国挤压铸造设备落后的缺憾,提高我国挤压铸

造工艺水平和挤压铸造产品质量。

3 结论

过去的几十年中,挤压铸造设备得到了发展。挤压铸造设备的挤压铸造方式已从单一方式向复合方式进步;浇注系统得到进一步优化设计,过程更自动化,这种改善提高了挤压铸件的性能和扩大了挤压铸造工艺应用范围;挤压铸造设备已发展成多个系列,挤压过程变得实时准确。分析表明,我国挤压铸造设备还相对落后,与发达国家相比,需要在总体设计、挤压机构和合模机构等方面开展深入研究工作。

参考文献:

- [1] 齐丕骧. 挤压铸造 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1984.
- [2] 赖华清, 徐翔. 挤压铸造工艺及其在汽车制造业中的应用 [J]. 金属成形工艺, 2003, 21 (5): 15-31.
- [3] Ghomashchi M R, Vikhrov A. Squeeze casting: an overview [J]. Mater. Process. Technol., 2000, 101: 1-9.
- [4] Hu H. Squeeze casting of magnesium alloys and their composites [J]. Journal of Materials Science, 1998, 33: 1579-1589.
- [5] 齐丕骧. 国内外挤压铸造技术发展概况 [J]. 特种铸造及有色合金, 2002 (2): 20-23.
- [6] 齐丕骧. 挤压铸造生产技术进展 [J]. 铸造技术, 2007, 28 (6): 13-17.
- [7] 唐多光, 徐张翼, 沈友良. 铝合金挤压铸造若干技术问题的讨论 [J]. 特种铸造及有色合金, 2002 (6): 28-29.
- [8] 唐玉林. 第十二届国际压铸会议及展览会概述 (二) [J]. 特种铸造及有色合金, 2002 (压铸专刊): 39-42.
- [9] 欧阳明. 挤压压铸技术在汽车、摩托车精密铸件上的应用 [J]. 铸造技术, 2004 (5): 363-364.
- [10] Masashi UCHIDA. Feature of UBE squeeze process and UNRC process (semi solid casting) [C]// 第三届中国国际压铸会议论文集. 沈阳: 东北大学出版社, 2002: 206-219.
- [11] TOSHIBA MACHINE. High performance squeeze casting system "LEOMACS" [EB/OL]. <http://www.toshiba-machine.co.jp/english/product/diecast/tmr/6/6.htm>, 2002-12-13.
- [12] 罗守靖, 姜巨福, 孙锐. 液态模段与分层制造技术 [J]. 中国机械工程, 2005, 16 (7): 634-635.
- [13] 龙思远, 曹韩学. 一种挤压铸造浇注方法: 中国, CN1546257 [P]. 2003-10.
- [14] 齐丕骧, 童文俊. 中国挤压铸造技术的发展 [C]// 第三届中国国际压力铸造年会论文集. 沈阳: 东北大学出版社, 2002.
- [15] 陈维平, 赵海东, 李元元, 等. 一种间接挤压铸造的附加锁模装置: 中国, CN1718319 [P]. 2005-10.
- [16] 布勒设备工程有限公司. 布勒压铸设备的优点 [EB/OL]. <http://www.buhlergroup.cn/yzsb2.asp?file=yzsb2.asp>, 2007-10-11
- [17] 彭余恭. 我国压铸机械的现状和发展方向 [J]. 特种铸造及有色合金, 2000 (增刊): 3-5.

(编辑: 田世江, tsj@foundryworld.com)