



我国铁基粉末冶金锻造 技术的发展

李念辛*

李森蓉

(武汉汽车工业大学, 武汉 430070) (武汉钢铁公司粉末冶金公司, 武汉 430085)

摘要 通过对我国铁基粉末冶金锻造技术发展状况的分析, 探讨了在该领域我国与国际水平的差距, 并以汽车连杆的粉末锻造为例分析了该工艺的经济效益。

主题词 粉末锻造 烧结钢

1 前言

粉末冶金锻造是将粉末冶金工艺和精密锻造工艺相结合而发展起来的一项颇具竞争力的少无切削工艺。自 1968 年美国首次宣布研究开发此工艺以来, 经过 20 多年的发展, 已经进入了工业规模生产阶段。我国自 1972 年开始进行粉末锻造工艺的研究、应用和产品开发, 至 70 年代末曾有过一段较快的发展时期, 但 80 年代以来粉末锻造在我国几乎没有进展。因此, 分析现状, 探讨问题, 找出差距, 确定正确的发展战略是十分必要的。

2 粉末锻造技术在我国的发展

70 年代, 我国粉末锻造技术的研究和应用很活跃, 与国际上粉末锻造技术水平相比应该说起步不晚, 成绩比较突出。表现在如下几方面:

2.1 粉末锻造材质的研制

粉末锻造工艺首先要有适合粉末锻造工艺的材质。国内当时只应用还原粉作主要成分, 混入合金元素粉末作为粉末锻造材质。由于许多合金元素在固态烧结条件下扩散十分缓慢, 因而混合粉粉末锻造件获得均匀的金相组织并提高其性能很困难。为解决此问题, 武汉钢铁公司粉末冶金公司与中国科学院沈

阳金属研究所合作, 研制出铁钼共还原粉, 其合金化程度可达 70%。在固态烧结过程中, 可以达到完全合金化, 使粉末锻造件的力学性能大为提高^[1]。这种材质满足了多种粉末锻造产品的研制和生产的需要。可以达到许多低合金钢的力学性能指标。

70 年代, 一些高等院校和有条件的科研院所及厂家已经开始了喷雾制粉工艺的研究。益阳粉末冶金研究所、南京粉末冶金厂等也分别研制成功结构件用粉末冶金 Cu-Mo 和 Ni-Mo 合金钢粉, 应用于产品的开发和生产。

虽然至目前为止, 我国自行研制的喷雾制粉装置尚未能大批量生产粉末锻造产品, 但制粉技术已经有了一个良好的开端。

2.2 粉末锻造工艺的研究

70 年代, 许多大专院校和科研院所开展了粉末锻造工艺和机理的研究。其特点是冶金院所的粉末冶金专业侧重于粉末锻造工艺方面的研究, 机械院校的锻压专业侧重于粉末锻造机理和成形规律方面的研究。一批颇具实用价值的研究成果陆续在各级刊物和各级学术会议上发表^[1~7], 促进了粉末锻造技术的研究和产品的开发。

* 李念辛,副教授,湖北省粉末冶金学会副理事长,长期从事粉末锻造的研究和产品开发工作

收稿日期:1995. 6. 18

2.3 粉末锻造产品的研制和生产

70年代,国内粉末冶金行业开展了多种粉末锻造产品的研制。益阳粉末冶金总厂和研究所与中南工业大学合作开展了工农-10型手扶拖拉机末端传动齿轮的研制^[8]。杭州粉末冶金研究所采用Fe-C系和Fe-Cu-Mo-C系混合粉以及(Fe-Mo)-Cu-C系共还原粉配制的混合粉进行粉末锻造,分别取代45号钢和18CrMnTi钢,研制的工农-7型、工农-18型手扶拖拉机齿轮及二号泵传动盘取得成功,投入批量试制^[9]。沈阳汽车齿轮厂粉末冶金车间(后合并为沈阳粉末冶金厂)建成粉末锻造生产线。北京市粉末冶金研究所、机械工业部天津第五设计院、天津内燃机齿轮厂三方合作也建成粉末锻造生产线,生产BJ-130、BJ-212汽车后桥差速器行星齿轮和东方红-20拖拉机倒档直齿轮^[10]。上海、洛阳、南京、武汉等粉末冶金厂也进行了粉末锻造齿轮产品的研制。

武汉钢铁公司粉末冶金公司和武汉汽车工业大学合作,研制成功重22公斤、模数15、齿数18的大型粉末锻造伞齿轮以及多种圆柱直齿轮和伞齿轮^[11]。该大齿轮堪称当时世界之最重粉末锻造件。

综上所述,可以认为70年代是我国粉末锻造工艺快速起步的时期,虽然有一定盲目性,但成绩斐然。可是80年代以后,受世界和国内形势的影响,粉末锻造生产在我国几乎没有大的进展。除少数单位如沈阳、益阳、天津仍然进行几种粉末锻造产品的批量生产外,大多数研制的产品未能投产。这种状况与国外粉末锻造工艺的稳步发展和粉末锻造产品的大批量应用形成了鲜明的对照。

尽管如此,80年代以来,对粉末锻造技术的开发研究和学术探讨仍然十分活跃。冶金部钢铁研究总院与瑞典金属研究所的合作项目“粉末冶金低合金钢热变形的研究及铁素体热复压新工艺”课题,取得一批成果^[12~14]。提出了“粉末热锻在奥氏体高温下

进行,从能耗、模具寿命、预成形坯氧化等角度看,并不是合理的”的看法。提出了“铁素体热复压”的粉末锻造新工艺。此外,有一批用粉末热锻方法利用切屑制造高速钢刀具方面的研究报导^[15~17]。大专院校和科研院所也陆续有粉末热锻材料、模具、设计和学术研究方面的学术论文发表。对粉末热锻工艺的推广和学术研究特别有价值的是有一批专著出版^[18~20]。大专院校以其作为教材,使粉末冶金和锻压专业的未来人材接受了粉末锻造技术的教育。

3 国内外粉末锻造技术的差距

3.1 国外粉末锻造制品的应用

近年来,各国在汽车中使用的粉末冶金零件在不断增加,其中用粉末热锻工艺生产的汽车零件有:发动机中的连杆,自动变速器中的转换离合器的内、外环,超越离合器的外环;锁定转换器的毂、内环及单向内凸轮,载重车自动变速器的内齿环,单向离合器的内外环,卡车齿轮箱的同步环,轻型车四轮驱动分动箱的齿环毛坯等^[21]。

美国GM汽车公司1964年曾试图用粉末锻造工艺制造汽车发动机连杆,但未获应用。1968年,该公司宣布粉末锻造后桥差速器行星齿轮试制成功,并与CINCINNATI公司合作,建立了自动生产线,掀起了世界粉末锻造工艺的开发热潮。1986年美国FORD汽车公司两种车型的1.9L四缸发动机上已使用了粉末热锻连杆,该公司每天可生产这种发动机2200台,声称1991年至少使用1000万件粉末锻造连杆,耗用钢粉7000t以上^[22]。美国Hayes公司已建立一条制造汽车用粉末锻造件的生产线,生产能力为680kg/h^[23]。日本TOYOTA公司于1981年正式投产和应用粉末锻造汽车连杆和离合器外圈。其中连杆的月产能力达14万只,用于新设计的IS型发动机^[21]。德国Krebgöge公司烧结工厂制造的BMnWV8小轿车发动机的粉末锻造连杆于1992年投入应用,欧洲粉末冶金

协会又于 1993 年对该公司用于高性能摩托车 BMW-R1100RS 双缸发动机的粉末锻造连杆颁发了粉末冶金革新奖^[24]。并且颁发了欧洲国家使用该公司粉末锻造连杆的许可证。该公司拥有四条粉末热压生产线, 主要产品有: 汽车中的大型同步齿环, 皮带齿轮, 汽车连杆, 起重机链轮等。

至 1989 年, 美国用于粉末锻造的钢粉已达 12000t, 欧洲和日本分别是 3000t。汽车中有代表性的高应力零件除连杆外, 还有各类高强度、高精度传动齿轮。美国 Federal-Mogul 公司于 1987 年锻成 4618 合金钢内齿圈, 用粉末锻造一次将齿轮和花键齿锻造到接近最终尺寸, 加工后最终内齿圈的表面硬度不低于 57HRC, 极限拉伸强度 2070MPa, 心部性能包括硬度不低于 25HRC 和极限拉伸强度 1520MPa, 该零件通过齿轮和花键齿传递的扭矩达 1356Nm^[25]。

目前汽车工业中采用的重量最大的粉末锻造件是用于轻型车四轮驱动分动箱的齿轮毛坯, 重 2.55kg。日本的 Chiaki Tsunuti 和 Ichiro Nagare 预测汽车会用到 10~20kg 的粉末锻造件^[26]。其它行业也应用有高强度、高性能的粉末锻造件, 如美国的 Ceracon 公司制造的用于钻井气动机构中的粉末锻造 4601 合金钢下孔钻头(downhole bit)零件重 22.6kg, 是目前使用的重量最大的粉末锻造件^[27]。

3.2 国内外粉锻件的差距

可以认为, 80 年代至今, 我国粉末锻造技术的生产应用几乎没有进展。品种少、产量低, 除沈阳粉末冶金厂等少数单位 10 余年来累计生产汽车行星伞齿轮约 8000 万件, 益阳粉末冶金研究所具有年产 40 万件东方红一 75 型拖拉机支重轮粉末锻造密封环的生产能力外, 其它单位均未达到工业生产粉末锻造高强度结构零件的规模。造成这种状况的原因是多方面的, 除了认识水平、管理体制等方面的原因外, 基础工业和技术上的差距有

如下一些:

(1) 缺乏合适的性能稳定的粉末锻造材料

我国主要靠还原法生产铁粉, 二次精还原炉和雾化生产装置引进较晚, 不能为粉末锻造工艺提供多品种的、质量稳定的、杂质含量与性能指标等能与致密钢相比的粉末锻造材质, 自然地制约了粉末锻造制品的开发和投产。

(2) 没有机械化程度高的专用生产线

国外粉末锻造线的速度可以达到 500~1000 件/h, 压制、烧结、锻造设备, 以及工序间工件的传送, 质量控制体系的操作均要符合生产节拍的要求。压机要在几秒钟的周期内完成装料、成形、顶出的操作, 必须采用自动化装置或机械手操作。

我国没有专用的粉末锻造压力机。压制、锻造均采用通用压力机, 行程速度慢、周期长, 操作靠手工, 质量保证体系不完善, 而且设备生产节奏不同, 不能可靠地保证联线生产的高效率和高质量。

(3) 质量控制没有保证

为保证锻件质量, 国外厂家从粉末的进厂检验、配料、混料、称重、压制、烧结、锻造、后续加工、热处理各个环节均严格控制, 从而保证了锻件的质量和可靠性。

国内厂家没有如此完善的质量控制系统, 加之原料的质量稳定性差, 设备操作的可靠性差, 自然不可能均衡生产稳定、可靠的优质产品。

以上三点是制约我国粉末锻造工艺发展的主要技术问题。除了粉末锻造工艺技术力量薄弱的原因外, 还存在基础工业(制粉工业、机械制造工业、仪表工业等)不能跟上新技术发展需要的问题, 而这不是粉末锻造工作者能够解决的。

由上述分析, 反思我国粉末锻造的潮起潮落, 可以看出: 粉末锻造工艺流程短, 生产工序少, 但每道工序的要求高, 影响每道工序

的因素非常多,是一门技术密集、难度相当高的技术,没有扎实的基础工业作后盾,没有艰苦努力的工作,没有正确的发展战略,赶上世界水平只能是一句空话。

4 粉末锻造工艺的经济效益

应当认为,发展粉末锻造工艺已经是势所必然。世界上先进的工业国日益增多用粉末锻造技术制造高强度、高精度、高密度结构零件的事实,雄辩地说明了粉末锻造工艺良好的经济效益,扫清了用户认识上的障碍。目前我国汽车工业的腾飞必然要求粉末冶金工业的同步起飞,促进粉末锻造工艺技术要大发展;但是反过来,粉末锻造工艺又将为国家创造巨大的经济效益。

以美国、德国、日本已经在轿车工业上大量应用的粉末锻造连杆工艺为例,可以看到粉末锻造工艺节材、节能以及提高综合经济效益的突出效果。

4.1 原材料的节约

据日本 TOYOTA 公司资料,粉末锻造连杆所需粉末重量仅为普通热锻所用钢材的 60%^[26]。若建成年产 50 万件粉末锻造连杆厂,每件锻件仅按 1kg 计,则每年节约钢材 200t。至 2000 年如果汽车产量达 170 万辆,每辆六缸计(不计保有量的维修量)共需连杆 1020 万件,将节约优质钢材 4080t。

4.2 能源的节约

据 TOYOTA 公司资料,粉末锻造连杆件取代普通热锻件总能耗降低了 50%^[26]。资料[28]称,每克锻造零件的平均能耗为 71.38kJ,50 万件粉末锻造件取代 500t 锻件,节能量为 $17845 \times 10^6 \text{ kJ}$ 或节电 4956944kwh。若 2000 年达 1020 万件连杆,节电将达 10112 万 kwh。

4.3 其它方面

据德国 Krebsöge 公司资料,粉末锻造连杆生产线较常规钢材热锻连杆生产线设备投资价格将减少 40%,厂房占地面积减少 50%,人工需求量减少 30%,而最终单价减

少 10%。而日本 TOYOTA 公司资料报导,最终产品单价约减少 20%,原因在于该公司采用的是雾化纯铁粉再混以其它合金元素,Krebsöge 采用的是雾化合金钢粉,价格高。如果进一步提高我国 Fe-Mo 共还原粉的质量,以它为主要成分开发粉末锻造连杆,最终产品约可降为锻钢连杆的 70%。

5 发展我国粉末锻造工艺的几点设想

改革开放的形势为再现我国粉末锻造工艺的繁荣创造了条件。有国家技术产业政策的支持和国外先进的技术样板作典范,粉末锻造工艺新的崛起应该是在扎实、稳妥的基础上进行。以前那种对新技术、新工艺、新产品开发的艰辛和技术工作的复杂性认识不足,缺乏开发的能力和条件就盲目上马的作法必须避免。为此提出如下设想:

(1) 全套引进粉末热锻生产线和产品的生产技术,或者与国外公司合资办厂,是缩短国内外技术水平差距,使产品迅速走向市场的捷径。

(2) 具备开发生产条件的厂家,应不断地吸取和借鉴国外粉末锻造技术的先进经验,改进工艺、提高质量、降低成本,并扩大生产规模和开发新的产品。

(3) 宜充分利用国内现有的生产资源,进行自主开发。我国已经有鞍钢的引进水雾化生产线,武钢引进有美国的精还原炉,铁粉质量已大大提高。这些均为粉末锻造工艺的生产创造了条件。

(4) 与用户厂的设计师、工艺师等密切配合,是粉末冶金锻造零件为用户接受的关键。以粉末锻造连杆为例,开发之初,即要合作进行产品的改型设计,而其后工艺方案的制订、锻件的加工、性能的测试、产品的检验、台架试验、装车试验等无一不要双方的密切合作。

(5) 加强粉末锻造技术人员的力量,是产品开发,接受和消化引进技术的重要措施。应组成相对稳定的有粉末冶金、锻造、机械制

造、电器、仪表等专业人员参加的技术队伍。以加速引进技术国产化的进程。

6 结语

粉末锻造工艺的市场前景是美好的，汽车工业的大发展要求实现粉末冶金技术的现

代化。开发高密度、高强度、高精度零件的粉末锻造工艺技术势在必行。我们应把握机遇，让粉末锻造技术为我国经济的高速发展发挥巨大的作用。

7 参考文献

- 1 王强. 我国粉末锻造工艺发展中的若干问题. 湖南机械, 1981(1)
- 2 徐润泽. 关于粉末锻钢体系. 湖南机械, 1981,(1)
- 3 益阳粉末冶金厂. 高压水喷雾法制取低合金钢粉的研究. 湖南机械, 1981,(1)
- 4 袁孟铿等. 粉末锻钢淬透性的研究. 湖南机械, 1981,(1)
- 5 赵仲治等. 铁基粉末烧结体自由锻粗变形量的研究. 锻压技术, 1979,(4)
- 6 赵仲治等. 铁基粉末烧结体的塑性及锻造变形量对性能的影响. 锻压技术, 1978,(1)
- 7 赵仲治. 粉末烧结体的变形与开裂. 全国第二次锻压年会论文集, 1979. 4
- 8 益阳粉末冶金总厂. 粉末热锻传动齿轮的研制. 湖南机械, 1981,(1)
- 9 杭州粉末冶金研究所. 粉末热锻直齿圆柱齿轮的研制论文集. 1979. 5
- 10 刘彦如. 用粉末冶金锻造法制造汽车、拖拉机用齿轮和密封环. 粉末冶金技术, 1985,(3)
- 11 李念辛. 粉末冶金锻造模具设计. 粉末冶金技术, 1987,(3)
- 12 曹勇家. 烧结钢预成形坯的热镦粗和热复压. 粉末冶金, 1984,(2)
- 13 王君华等. 热复压对烧结钢力学性能的影响. 粉末冶金, 1985,(2)
- 14 亓家钟等. 低温粉末锻造钢的力学性能. 粉末冶金. 1986,(2)
- 15 傅钟利等. 不预烧结粉末高速钢热锻工艺. 粉末冶金技术, 1984,(2)
- 16 汤新章等. 热锻粉末高速钢刀具及模具设计. 粉末冶金, 1984,(2)
- 17 王尔德等. 粉末装套锻造高速钢—45号钢复合刨刀片工艺的试验研究. 粉末冶金技术, 1986,(3)
- 18 姜振春. 粉末热锻. 北京: 冶金工业出版社, 1978. 5
- 19 黄培云主编. 粉末冶金原理. 北京: 冶金工业出版社, 1981. 3.
- 20 李念辛. 特种锻压工艺. 北京: 机械工业出版社, 1991. 3.
- 21 韩凤麟. 汽车粉末冶金结构零件. 粉末冶金技术, 1990,(2)
- 22 K H Roll. Powder Metallurgy at The Turn of The New Century. International Journal of Powder Metallurgy, 1978,(4)
- 23 Anon Hayes. Develop Automated Powder Forging Line. Metal Powder Report, 1986,(4)
- 24 印红羽等. 欧洲粉冶协会 1993 年对 2 项产品颁发粉末冶金革新奖. 粉末冶金技术, 1993,(3): 235
- 25 P K Johnson. New P/M Application. International Journal of Powder Metallurgy, 1990,(3)
- 26 Chiaki Tsumuti et al. Application of Powder forging to Automative Parts. MPP, 1984,(11)
- 27 P K Johnson. Winning Parts Show High Strength and Cost Saving. International Joural of Powder Melallurgy, 1986,(4)
- 28 Metal Powder Peport, 1988,(7/8)

DEVELOPMENT IN IRON-BASED P/M FORGING TECHNOLOGY IN OUR COUNTRY

Li Nianxin

(Wuhan University of Automobile Industry, Wuhan 430070)

Li Senrong

(Powder Metallurgy Plant of Wuhan Iron and Steel Corporation, Wuhan 430085)

Abstract According to the analysis on the developing status of Iron based P/M forging technology in our country, the difference between domestic and foreign levels in this field has been discussed. By taking connecting rod as example, the economic efficiency of this technology has been analysed.

Key words powder forging sintered steel