

铁粉特性对温压生坯密度的影响

李明怡¹⁾* 果世驹²⁾ 林涛²⁾ 康志君¹⁾

1)(北京有色金属研究总院,北京 100088)

2)(北京科技大学粉末系,北京 100083)

摘要: 从铁粉类型、粒度组成、化学成分和粉末显微硬度等因素对温压生坯密度的影响情况进行了系统试验,结果表明,通过控制粉末形状、粒度分布、化学成分等因素,温压可获得高压坯密度,在本试验中,经过处理的国产粉温压压制密度最高可达 7.30 g/cm^3 ,接近国外粉末压制密度。

关键词: 铁粉;温压;压制密度

1 前言

在室温压制过程中,金属粉末的性能是影响压坯密度的一个重要因素,同样在温压压制过程中金属粉末的物理性能、化学性能、工艺性能等对温压生坯密度的影响作用也是不可忽视的。自 Ancordense 温压工艺于 90 年代初披露以后^[1,2,3],国外许多粉末冶金工业者在温压用铁粉的制备方面已作了大量工作,瑞典、加拿大等国家已有批量生产的温压用铁粉销售,而我国在这方面的研究工作还刚刚起步。确定温压有效性的基本特性,是保证该工艺可行性和稳定性的一个关键因素,对温压工艺在我国推广应用将起到很大推进作用,也为建立一套适用于我国实际生

产情况的温压工艺制度打下基础。

本文从铁粉类型、铁粉粒度组成及化学成分等方面对温压生坯密度的影响情况进行了试验,试图找到使用于温压工艺的铁粉的最经济、最合理的性能组合。

2 实验方法及实验过程

2.1 实验原料

表 1 和表 2 分别为实验用铁粉的化学成分、工艺性能和粒度组成。

表 1、表 2 中三种粉末的编号分别是,1 号粉末为还原粉,2 号粉末为国产水雾化粉,3 号粉末为国外某厂水雾化粉,试验过程中采用自制高温润滑剂。

表 1 铁粉的化学成分和工艺性能

粉末 类型	化学成分/%								工艺性能	
	C	P	S	Mn	Si	O	酸不溶物	Fe	松装密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	流动性/ $\text{s} \cdot 50\text{g}^{-1}$
还原粉	0.042	0.012	0.017	0.22	0.020	0.49	0.200	余量	2.57	30.3
水雾化粉	0.011	0.016	0.012	0.13	—	0.36	0.200	余量	2.94	30.3
国外水雾化粉	<0.01	—	—	—	—	0.10	—	余量	2.95	24.6

* 李明怡,女,工程师,工学硕士,主要从事粉末冶金材料的科研和生产开发工作。

收稿日期:1999-12-25

表 2 铁粉粒度组成

标准筛目数	国产水雾化粉	还原粉	国外水雾化粉
+100	0.20	0.80	0.10
−100+150	17.50	21.10	15.24
−150+200	27.10	26.40	10.78
−200+325	29.00	27.70	50.26
−325	26.20	24.00	23.52
总计	100	100	100

2.2 实验过程

为降低国产铁粉的含氮量,铁粉的预处理在管式炉中进行,处理气氛为高纯氢,处理温度为 500~800℃,处理时间为 100min。在粉末中加入一定量的润滑剂,混合均匀,在加热板上加热到指定温度,装入已预热的温压模具中,在 12t 材料试验机上压制成 Φ10mm 的试样,压制压力为 560~1000MPa,粉末加热温度为 80~150℃,模具加热温度为 60±10℃。

2.3 实验检测及分析

采用筛分法测定粉末粒度组成,在试验中选择了不同粒度组成的国产水雾化粉进行温压压制,粒度组成方案如表 3 所示。

表 3 粉末粒度组成方案

编号	粒度组成
甲	−100+150 目,100%
乙	−325 目,100%
丙	−100+150 目(20%),−325 目(10%), 其余介于二者之间
丁	−100+150 目(40%),−325 目(20%), 其余介于二者之间

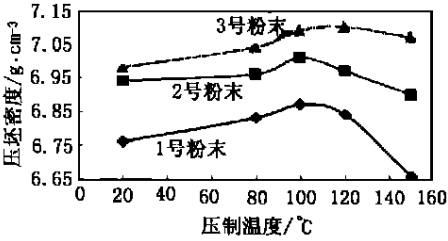
采用“水浸法”测定粉末压坯密度;使用 HX-1 型显微硬度计测定压制前后粉末颗粒显微硬度值,每个试样分别测定 10 次,取其平均值作为试样颗粒平均显微硬度值。

3 实验结果及分析

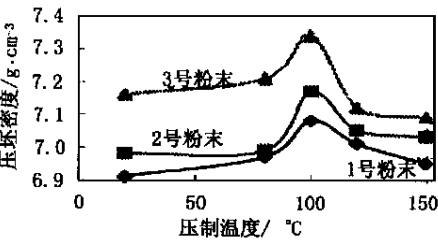
3.1 铁粉类型对温压压坯密度的影响

图 1 为不同铁粉类型对温压压坯密度的影响。

表 4 为图 1 中压坯密度在不同压制温度下的最大增加幅度。



(a) 压制压力为 560MPa



(b) 压制压力为 1000 MPa

图 1 铁粉类型对温压压坯密度的影响

从图中可以看到,无论在何种压制压力和压制温度下,3 号粉末的压坯密度均高于其余两种粉末的压坯密度,但它们的压坯密度随压制温度的变化趋势基本相同,在两种压制压力下,随着压制温度的提高,无论哪种类型的铁粉,其压坯密度均有所提高,并在 100℃左右达到最大值,超过这一温度,压坯

密度值反而有所下降。当压制压力为 560MPa 时,1 号粉末的最高压坯密度值为 6.87g/cm³,2 号粉末的最高压坯密度值为 7.01g/cm³,3 号粉末的最高压坯密度值为 7.10g/cm³;当压制压力为 1000MPa 时,1 号粉末的最高压坯密度值为 7.08g/cm³,2 号粉末的最高压坯密度值为 7.17g/cm³,3 号粉末的最高压坯密度值为 7.34g/cm³。从图中还可以发现,在高的压制压力下,压坯密度随温度的升高而增加的幅度较低压制压力大,表 4 则给出了压坯密度最大增加幅度值。从表 4 中可以看出,无论何种粉末,其冷压压坯密度如何,在相同的压制压力下,密度增加的幅度基本是一样的。这说明温度对压坯密度最大增加量的影响与粉末制备方法及粉末颗粒形状无关。

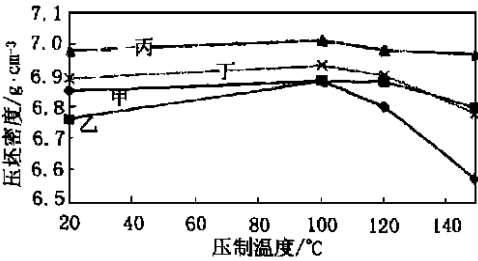
表 4 压坯密度最大增加幅度值

粉末类型	压制压力 /MPa	压坯密度最大增加幅度 /g·cm ⁻³
1 号粉末	560	0.11
	1000	0.17
2 号粉末	560	0.07
	1000	0.19
3 号粉末	560	0.12
	1000	0.18

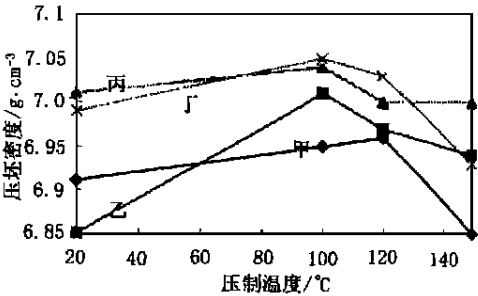
在上述三种粉末中,3 号粉末的压制密度最高,2 号粉末次之,1 号粉末的压制密度最低,这可以从粉末颗粒形状加以解释。雾化铁粉颗粒分布不均匀,但颗粒内部孔隙少,且表面比较光滑,在压制过程中,大的光滑颗粒易于流动而发生颗粒重排,小的不规则形状颗粒则填入大颗粒间,赋予压坯高的密度;而还原铁粉颗粒分布较均匀,颗粒内部又存在大量即使加很大压力仍很难消除的连通孔隙,压制过程进行到一定程度后,颗粒间易焊合而防止进一步的致密化过程。

3.2 铁粉粒度组成对温压压坯密度的影响

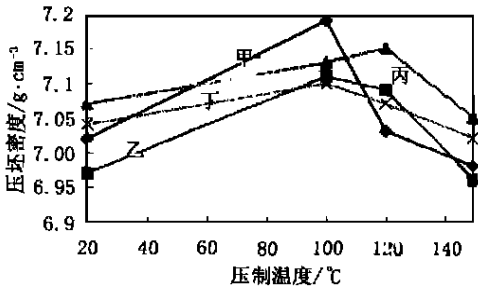
图 2 为不同粒度组成的 1 号粉末压坯密度值。



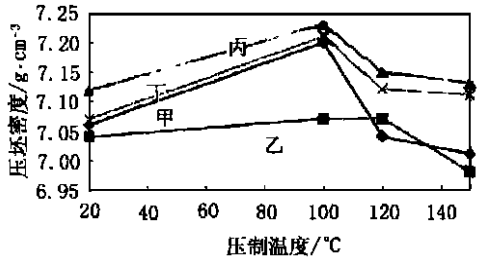
(a) 压制压力为 560MPa



(b) 压制压力为 650MPa



(c) 压制压力为 760MPa



(d) 压制压力为 1000MPa

图 2 不同粒度组成的雾化铁粉压坯密度值

从图中可以看出,在温压压制过程中,

粉末粒度组成对压坯密度有很大影响,但压制密度最高点的温度值没变,都是在 100℃ 左右,并且在较低的压制压力下,温度的作用对于粗粉末来说效果不大,但当压制压力达到 1000MPa 以后,结果正好相反。这可能是由于在低压下,压坯密度的提高主要是通过颗粒重排,而粗粉末流动性好,易于发生颗粒的位移和重排,即使在室温润滑不充分的情况下也能获得较高的压坯密度,因此温度的影响不大;而细粉末流动性差,比表面又大,在润滑不充分的情况下,颗粒位移和重排需克服更大的摩擦力,因此室温密度很低,当压制温度升高,高温润滑剂的作用充分发挥,有助于颗粒的位移和重排,压坯密度则得到很大提高,与-100+150 目铁粉压坯密度基本相同。在高压下压坯致密化主要依靠粉末颗粒的塑性变形,而细粉末本身塑性变形能力就比较差,因此温度对其影响也就不是很大。

3.3 化学成分的影响

粉末的化学成分主要指金属的含量和杂质的含量,对铁粉而言,杂质主要为 C、N、O,粉末纯度越高越易压制。在制造高密度零件时,粉末化学成分对其成形性能影响非常大。国外水雾化粉的压坯密度达到 7.34g/cm³,明显高于国产粉末压坯密度值 7.17g/cm³,一个很重要的原因就是因其氧含量很低,仅为 0.1%,而国产粉末的氧含量高达 0.4~0.8%。

为了进一步说明 C、N、O 等元素对压坯密度的影响,特意将国产水雾化粉末在不同温度下进行退火和脱氮处理。表 5 给出上述三种元素处理后的化学分析结果。表 6 为退火处理后的粉末压坯密度值。

从表 5 中可以看出,经 500℃ 在 H₂ 中 90min 处理,粉末的 C、N、O 含量均未得到较大改善,表 6 中表明压坯密度改善不多;而 600~800℃ 处理的粉末,C 含量降低了 0.002~0.003%,O 含量降低了 0.12% 以上,N 含量降低了 0.0017%,压坯密度最高可达 7.30g/cm³,与未退火处理粉末比较,其压坯

表 5 500~600℃ 处理后铁粉的 C、N、O 含量

处理温度/℃	O	C	N
500	0.33	0.0092	0.002
600	0.24	0.0074	0.0042
700	0.24	0.0063	0.0013
800	0.20	0.0073	0.0026
未处理	0.36	0.0090	0.0030

表 6 经 500~800℃ 处理后铁粉的压坯密度值 (压制温度为 100/60℃ *,压制压力为 1000MPa)

处理温度 /℃	压坯密度/g·cm ⁻³	
	压制压力 560MPa	压制压力 1000MPa
500	7.01	7.19
600	7.17	7.30
700	7.21	7.29
800	7.18	7.27

* 金属粉末的加热温度 100℃,模具加热温度 60℃。

密度提高了 0.13~0.16 g/cm³,低压下的压制密度超过了相同条件下国外某厂粉末的压制密度,高压下压制密度基本相同,这说明铁粉中杂质含量对粉末压坯密度影响很大,只要很好的控制粉末杂质含量,国产粉末也可达到与国外某厂粉末同样的压制效果。

3.4 粉末显微硬度对压坯密度的影响

表 7 为不同类型粉末的显微硬度值及其压坯密度值。

粉末颗粒的显微硬度值代表粉末的塑性。显微硬度值小的粉末颗粒,表明其塑性变形能力强,在相同的压制条件下可以获得更高的压坯密度。从表中可以看到,还原粉(1 号粉末)的显微硬度值最高,因而压制密度最低,未经处理的国产雾化粉(2 号粉末)显微硬度值也很高,因而压制密度也不太高,而经 700℃ 退火处理后的粉末颗粒显微硬度甚至低于国外粉末(3 号粉末)的颗粒显微硬度值,其室温压制密度已达到 7.21 g/cm³,比国外粉末的压制密度还高,温压压制密度也较未处理时提高了 0.2 g/cm³,与国外粉末的

压制密度基本相同。这是由于退火后的粉末中氧化物得到了还原,碳和其他杂质含量也有所降低,提高了粉末的纯度,同时消除了粉

末的加工硬化,稳定了粉末的晶体结构,因而压坯密度有大幅度提高,可见粉末的预处理对获得高密度压坯作用很大。

表 7 粉末显微硬度及其在不同条件下的压坯密度值

粉末	类型	显微硬度	室温密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$		100/60℃ * 密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	
			压制压力	压制压力	压制压力	压制压力
			560MPa	1000MPa	560MPa	1000MPa
1 号粉末	未处理	107	6.76	6.91	6.87	7.08
2 号粉末	未处理	98	6.94	6.98	7.01	7.17
	700℃ 处理	77	7.09	7.21	7.21	7.29
3 号粉末	未处理	81	6.98	7.16	7.09	7.34

* 金属粉末的加热温度 100℃,模具的加热温度 60℃。

最后,为了将粉末形状、粉末粒度组成和粉末预处理对温压压坯密度的影响作一比较,测定了相同压制温度和压制压力下不同粉末的压坯密度值和显微硬度值,如表 8 所示。

可见退火处理比调整粒度组成对温压压坯密度影响更大。另外,二者均提高了粉末颗粒塑性变形能力,使粉末即使在很高的压制密度下加工硬化程度较未经任何处理的粉末加工硬化程度小,这对获得密度均匀的压坯及后续的烧结工艺都具有良好的作用。

表 8 相同压制温度和压制压力下不同粉末的压坯密度值和显微硬度值

(压制压力为 1000MPa,压制温度为 80/60℃ *)

粉末类型	压坯密度 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	压坯颗粒 显微硬度值
1 号粉末 (甲,未处理)	6.90	109
2 号粉末 (甲,未处理)	7.16	120
2 号粉末 (丙,未处理)	7.21	111
2 号粉末 (甲,800℃ 处理)	7.27	117

* 金属粉末的加热温度 80℃,模具的加热温度 60℃。

从表中可以看到,还原粉的压制密度最低;对于同一种雾化粉而言,调整粉末粒度组成,压坯密度提高了 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$,而经退火处理后的粉末,其压制密度提高了 $0.11\text{g}/\text{cm}^3$,

4 结论

1)铁粉的可压性是制造高密度零件的先决条件,通过控制粉末形状、粒度分布、化学成分等因素,在温压可获得高密度压坯,国产粉最高温压压制密度可达到 $7.30\text{g}/\text{cm}^3$,国外铁粉可达到 $7.34\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2)粉末化学成分和显微硬度对温压压坯密度的影响大于粉末粒度组成的影响;调整粉末粒度组成和压制前将粉末进行退火处理均有助于降低压坯颗粒加工硬化程度,提高粉末塑性变形能力,从而提高温压压坯密度。

参考文献

1 Capus, J. M., et al. Hoeganaes offers higher density at lower cost, MPR. 1994, 49(7/8), 22~24.

2 Whittaker, D. Warm compaction moves into production, MPR. 1996, 51(7), 38~40.

3 Capus, J. M. Warm compaction magnetic attraction, MPR. 1995, 50(9), 42.

THE INFLUENCE OF CHARACTERISTICS OF IRON POWDERS ON WARM—COMPACTED DENSITY

Li Mingyi¹⁾ Guo Shiju²⁾ Lin Tao²⁾ Kang Zhijun¹⁾

1)(Beijing General Research Institute for Nonferrous Metal, Beijing 100088)

2)(University Science Technology Beijing, Beijing 100083)

Abstract: This paper gives a research of the influence of characteristics of iron powders on warm—compacted density. The result shows that high green density can be obtained in warm compaction process by controlling iron powder types, particle distribution, chemical content and powder micro—hardness. Following the present research results, domestic iron powder can warmly be compacted up to the density of 7.30 g/cm^3 .

Key words: Iron powders; Warm compaction; Compacted—density

全国粉末冶金特殊材料与制品学术会议在厦门召开

由中国金属学会粉末冶金学会特殊材料与制品学术委员会主任北京科技大学特种陶瓷粉末冶金研究室葛昌纯教授与学委会委员钢铁研究总院刘英华教授和厦门航空机电厂厂长黄藻枢高工以及福建粉末冶金学会程文耿高工负责筹备的 2000 年全国粉末冶金特殊材料与学术会议于 6 月 21~24 日在厦门隆重召开,会议的主题为“粉末冶金特殊材料与制品的新进展”。会议开幕式由刘英华教授主持,黄藻枢高工致欢迎词。本次会议主席葛昌纯教授介绍了会议的筹备与组织情况,并阐述了粉末冶金特殊材料与制品这一专业领域作为粉末冶金先进材料的主要组成的跨学科特点,对国防事业和国民经济的重要意义以及这次会议的学术任务。中国金属学会粉末冶金专业委员会秘书长解子章教授,中国钢协粉末冶金协会秘书长高一平教授,钢铁研究总院粉末冶金室副主任柳学全高工等专程赴鹭对会议的召开表示热烈祝贺。中南大学林炳教授受黄培云、黄伯云两位院士委托代表中国有色金属学会粉末冶金与金属陶瓷学术委员会对会议表示热烈祝贺,厦门金鹭特种合金有限公司陈金玲副总介绍了该公司的发展概况,并代表厦门企业界对本次会议在厦门召开表示热烈的欢迎。

会议代表来自全国 17 个省市的大专院校、科研院所及生产企业,还有从日本、德国专程赴会的爱国学者。会议共发表大会报告 1 篇,邀请报告 1 篇,口头报告 23 篇,涉及粉末冶金工艺、研究、设备、材料、制品及应用等各个领域的研究热点和学科前沿。这些论文将在会后由《粉末冶金技术》增刊及正刊上发表。会议在组织学术报告的同时,还组织了科技成果转化成为生产力的专题座谈,并组织全体代表参观了亚洲最大的钨钼线材生产基地厦门金鹭特种合金有限公司及厦门虹鹭钨钼有限公司。

本次会议不仅学术气氛活跃,而且紧扣科技成果的产业化这个时代主题。无论是科研工作者,还是企业的厂长经理都对会议的组织形式、学术气氛表示由衷的赞许,并希望这样学术气氛浓、专业性强、跨学科特点突出并且和企业生产紧密结合的小而精的学术会议办成两年一届的学术例会。

(北京科技大学特种陶瓷粉末冶金研究室 武安华供稿)