


粉体 加工技术

POWDER PROCESSING TECHNOLOGY

· 卢寿慈 主编 ·

 中国轻工业出版社

DF37/22
粉体加工技术

卢寿慈 主编



中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

粉体加工技术/卢寿慈主编.-北京:中国轻工业出版社,1998.10

ISBN 7-5019-2224-1

I. 粉… II. 卢… III. 粉末法 IV. TB44

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第09777号

责任编辑:王淳 责任终审:滕爽福 封面设计:崔云
版式设计:赵益东 责任校对:郎静瀛 责任监印:徐肇华

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:三河市宏达印刷厂

经销:各地新华书店

版次:1999年4月第1版 1999年4月第1次印刷

开本:850×1168 1/32 印张:17.125

字数:445千字 印数:1-3000

书号:ISBN 7-5019-2224-1/TQ·147 定价:40.00元

• 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 •

74.0
6

撰写者名单

- 第1章 颗粒的表征 作者 马兴华研究员 中国科学院化工冶金研究所 (100080)
- 第2章 粉体的分散 作者 卢寿慈教授、田薇教授 北京科技大学资源工程学院、材料科学与工程学院 (100083)
- 第3章 粉体力学 作者 陆厚根教授 同济大学材料科学与工程学院 (200092)
- 第4章 粉碎 作者 陆厚根教授 同济大学材料科学工程学院 (200092)
- 第5章 超细粉末制造技术 作者 胡黎明教授 华东理工大学物化研究所 (200237)
- 第6章 矿物粉体表面改性 作者 丁浩博士、卢寿慈教授、王栋知教授 北京科技大学资源工程学院 (100083)
- 第7章 分级 作者 陈家炎副教授 武汉工业大学材料学院 (430070)
- 第8章 混和 作者 张庆今教授 华南理工大学无机材料系 (510180)
- 第9章 造粒 作者 盖国胜副教授 清华大学工程力学系 (100084)
- 第10章 粉碎机械力化学 作者 李冷副教授 武汉大学材料学院 (430070)
- 第11章 固液分离 作者 罗茜教授 东北大学资源及环境工程学院 (110006)
- 第12章 固气分离 作者 韩仲琦高级工程师 天津水泥工业设计研究院 (300400)
- 第13章 颗粒的流体输送 作者 陈宏勳研究员 交通部水运科学研究所 (100088)
- 第14章 细微粉体的燃烧和粉尘爆炸 作者 沈士德教授 武汉冶金科技大学化工系 (430081)
- 第13章 颗粒的流体输送 作者 陈宏勳研究员 交通部水运科学研究所 (100088)
- 第14章 细微粉体的燃烧和粉尘爆炸 作者 沈士德教授 武汉冶金科技大学化工系 (430081)

序

随着近年来我国粉体工业的迅猛发展及颗粒技术在许多工业部门及国民经济领域的广泛应用,粉体加工技术在我国已越来越引起人们的重视。在这种形势下,迫切需要有我国自己编写的既系统介绍粉体加工技术,同时又充分反映我国及世界上在该领域的技术进展的专著出版,以进一步促进我国粉体工业的发展。献给读者的这本书可算是中国颗粒学会颗粒制备与处理专业委员会为此目的而做的一次尝试。

全书共分14章,第1~3、6、10及14章阐述颗粒学的基本内容;第4、5、7~9、11~13章分别讨论粉体加工过程的大部分单元操作。有些单元操作,如粉体的供料、贮存及包装等未能包括在内,只好留待日后再补充了。各章分别邀请在该领域从事研究或设计工作多年的颗粒界专家撰写。各章的撰写基本上都是在概括地阐述加工过程的基本原理、工艺及设备的基础上,进而充分反映当前该领域的重要科技动向及工业进展。当然,由于各章分人撰写,可能引起各章的侧重点及表述方式上的差别,但愿这不致于影响读者阅读本书的兴趣。

我们衷心地期望,这本书的出版将有助于颗粒技术在我国化工、冶金、橡塑材料、矿业、石油、食品、医药、能源、环境以及农业等许多工业及国民经济部门的推广应用。

中国颗粒学会制备与处理专业委员会

1998年1月

目 录

第 1 章 颗粒的表征

1.1 颗粒的粒径	(1)
1.1.1 粒径的定义	(1)
1.1.2 粒径的物理意义	(4)
1.1.3 粒径分布	(5)
1.1.4 平均粒径	(11)
1.2 颗粒的形状	(16)
1.2.1 颗粒形状概述	(16)
1.2.2 形状指数和形状系数	(17)
1.2.3 颗粒形状的数学分析	(23)
1.2.4 动力学形状系数	(31)
1.3 颗粒粒度和形状的测量方法	(33)
1.3.1 颗粒粒度的测量	(33)
1.3.2 颗粒形状的测量	(37)
1.3.3 测量方法的选择	(37)
参考文献	(38)

第 2 章 粉体的分散

2.1 工业生产中的粉体分散	(40)
2.1.1 颗粒悬浮体分散的重要性	(40)
2.1.2 颗粒悬浮体的极限悬浮粒度	(41)
2.1.3 颗粒的流体动力学悬浮	(42)
2.2 固体颗粒在空气中的分散	(43)
2.2.1 分子作用力是颗粒粘结的根本原因	(43)
2.2.2 空气中颗粒粘结的其他原因	(44)

2.2.3	颗粒在空气中的分散途径	(47)
2.3	固体颗粒在液体中的分散	(49)
2.3.1	固体颗粒的浸湿	(49)
2.3.2	固体颗粒在液体中的聚集状态	(51)
2.3.3	颗粒在液体中的分散调控	(56)
2.3.4	颗粒的聚集状态与颗粒粒度的关系	(64)
	参考文献	(65)

第3章 粉体力学

3.1	粉体的摩擦特性	(67)
3.1.1	内摩擦角	(67)
3.1.2	安息角	(75)
3.1.3	壁摩擦角和滑动摩擦角	(76)
3.1.4	运动摩擦角	(76)
3.1.5	空隙率对粉体摩擦角特性的影响	(77)
3.1.6	粉体的被动和主动侧压力系数	(80)
3.2	粉体压力计算	(82)
3.2.1	詹森(Janssen)公式	(82)
3.2.2	料斗的压力分布	(84)
3.3	粉体的重力流动	(85)
3.3.1	流动型式	(85)
3.3.2	滑动线	(87)
3.3.3	质量流与漏斗流	(88)
3.3.4	动态压力	(89)
3.4	质量流料仓设计原理	(91)
3.4.1	开放屈服强度和粉体的流动函数	(91)
3.4.2	有效屈服轨迹和有效内摩擦角	(92)
3.4.3	料斗流动因数	(93)
3.4.4	料仓卸料口径的确定	(94)

3.4.5 粉体拱的类型及防拱措施	(96)
3.5 压缩流动	(97)
3.5.1 压力分布	(98)
3.5.2 压缩率	(99)
参考文献	(101)

第 4 章 粉 碎

4.1 粉碎概论	(102)
4.1.1 材料破坏、破碎、粉碎的概念	(102)
4.1.2 裂纹及其扩展的条件	(103)
4.1.3 裂纹扩展速度与物料粉碎速度	(106)
4.1.4 被粉碎材料的基本物性	(108)
4.1.5 粉碎需用功	(115)
4.1.6 碎料粒子碰撞速度	(118)
4.1.7 粉碎介质碰撞速度	(119)
4.1.8 粉碎模型	(121)
4.1.9 混合粉碎	(124)
4.1.10 影响粉碎效率的因素	(126)
4.1.11 低温粉碎	(130)
4.2 粉碎机理的解析方法	(131)
4.2.1 功耗定律	(132)
4.2.2 粉碎能量平衡论	(134)
4.2.3 粉碎速度论	(135)
4.2.4 相似定律解析粉碎机理	(141)
4.2.5 连续粉碎机理解析	(143)
4.3 超细粉碎设备的类型及应用	(154)
4.3.1 概述	(154)
4.3.2 高速机械冲击式微粉碎机	(156)
4.3.3 气流粉碎机	(165)

4.3.4 辊压式磨机	(176)
4.3.5 介质运动式磨机	(181)
参考文献	(191)

第 5 章 超细粉末制备技术

5.1 概述	(193)
5.2 超细粉末液相合成技术	(194)
5.2.1 沉淀法	(195)
5.2.2 溶剂蒸发法	(196)
5.2.3 醇盐水解法	(198)
5.2.4 溶胶-凝胶法	(199)
5.2.5 水热法	(200)
5.2.6 非水溶液反应合成	(201)
5.3 超细粉末气相合成技术	(201)
5.3.1 化学气相沉积技术	(202)
5.3.2 超细颗粒形成条件	(203)
5.3.3 CVD合成方法	(206)
5.3.4 成核与成膜	(208)
5.4 超细粉末制备过程的工程问题	(210)
5.4.1 超细粉末制备过程的特殊性	(210)
5.4.2 超细粉末制备的工程分析	(211)
5.4.3 典型实例分析	(213)
5.5 超细粉末制备技术研究方向	(216)
参考文献	(219)

第 6 章 矿物粉体表面改性

6.1 矿物粉体表面改性的作用	(221)
6.2 改性方法	(222)
6.2.1 包覆处理改性	(222)

6.2.2	沉淀反应改性	(223)
6.2.3	表面化学改性	(223)
6.2.4	机械力化学改性	(224)
6.2.5	高能处理改性	(224)
6.2.6	胶囊化改性	(225)
6.2.7	改性装置与设备	(225)
6.3	表面改性剂	(228)
6.3.1	偶联剂	(228)
6.3.2	高级脂肪酸及其盐	(232)
6.3.3	不饱和有机酸	(232)
6.3.4	有机硅	(232)
6.3.5	聚烯烃低聚合物	(233)
6.4	改性机理	(233)
6.4.1	改性剂与矿物表面的相互作用	(233)
6.4.2	改性填料与有机基体之间的相互作用	(235)
6.5	改性效果的预先评价	(238)
6.5.1	药剂吸附量评价法	(238)
6.5.2	表面自由能评价法	(239)
6.5.3	表面润湿性评价法	(239)
6.6	实践与应用举例	(243)
6.6.1	高岭土	(243)
6.6.2	碳酸钙	(244)
6.6.3	云母	(246)
6.6.4	硅灰石	(247)
6.6.5	其他	(248)
	参考文献	(248)

第 7 章 分 级

7.1	概述	(254)
-----	----	-------

7.1.1	定义与意义	(254)
7.1.2	分级性能的评估	(254)
7.2	筛分	(257)
7.2.1	概述	(257)
7.2.2	筛分机理	(259)
7.2.3	筛分设备	(262)
7.3	颗粒流体系统分级设备	(262)
7.3.1	重力式分级机	(262)
7.3.2	粗分级机	(265)
7.3.3	离心式分级机	(266)
7.3.4	循环气流及旋风器式分级机	(268)
7.3.5	其他新型分级机	(270)
7.3.6	湿式分级设备——弧形筛	(275)
7.4	超细粉分级设备	(277)
7.4.1	气力分级装置应具备的基本条件	(277)
7.4.2	ATP型超微细分级机	(279)
7.4.3	Acucut分级机	(285)
7.5	新型超细粉分级设备	(285)
7.5.1	新型超细气力分级原理	(285)
7.5.2	特殊惯性分级器	(288)
7.6	湿法超细分级机	(290)
7.6.1	水力旋流器	(290)
7.6.2	卧式螺旋离心分级机	(292)
	参考文献	(293)

第 8 章 混 合

8.1	混合的目的	(294)
8.2	混合原理	(295)
8.2.1	混合机理	(295)

8.2.2 混合过程	(296)
8.3 混合效果的评价	(297)
8.3.1 样品的合格率	(298)
8.3.2 标准偏差	(298)
8.3.3 离散度和均匀度	(300)
8.3.4 混合指数	(301)
8.3.5 混合速度	(302)
8.4 影响混合的因素	(302)
8.4.1 物料的物理性质对混合的影响	(302)
8.4.2 混合机结构形式对混合的影响	(304)
8.4.3 操作条件对混合的影响	(304)
8.5 混合设备	(307)
参考文献	(310)

第9章 造 粒

9.1 压缩造粒	(313)
9.1.1 压缩造粒机理	(313)
9.1.2 影响压缩造粒的因素	(314)
9.1.3 压缩造粒助剂	(315)
9.1.4 压缩造粒机械	(317)
9.2 挤出造粒	(318)
9.2.1 挤出造粒的工艺因素	(318)
9.2.2 挤出造粒设备和后处理	(319)
9.3 滚动造粒	(321)
9.3.1 滚动造粒机理	(321)
9.3.2 影响滚动造粒的主要因素	(322)
9.3.3 滚动造粒设备	(323)
9.4 喷浆造粒	(325)
9.4.1 喷浆造粒机理	(325)

9.4.2 浆体雾化方式	(326)
9.4.3 干燥器	(327)
9.5 流化造粒	(328)
9.5.1 流化造粒机理与影响因素	(328)
9.5.2 流化造粒的设备	(328)
9.6 造粒方法的选择	(330)
参考文献	(332)

第 10 章 粉碎机械力化学

10.1 概述	(333)
10.1.1 机械力化学研究与发展动态	(334)
10.1.2 机械力化学效应	(334)
10.2 固体的活性	(335)
10.2.1 粒子缺陷(固体的不完整性)	(336)
10.2.2 格子变形	(340)
10.2.3 比表面积	(343)
10.2.4 粒子的微细化与表面能	(344)
10.3 粉碎和粒子结晶构造变化	(345)
10.3.1 结晶学的相变与平衡	(345)
10.3.2 脱结晶水	(351)
10.3.3 层状结晶结构物质的变化	(352)
10.3.4 长链及环状化合物的构造变化	(355)
10.4 机械力化学在工程中的应用	(357)
10.4.1 在材料科学中的应用	(357)
10.4.2 在建筑材料中的应用	(359)
10.4.3 在冶金工业中的应用	(359)
10.4.4 金属的粉碎和有机金属化合物、聚合体的生成	(360)
10.4.5 机械力活性化在矿物肥料中的应用	(361)
10.4.6 机械力化学合成(固溶化及固相反应)	(361)

参考文献.....(363)

第 11 章 固 液 分 离

11.1 概述.....(367)

11.2 浓缩.....(369)

 11.2.1 重力浓缩.....(369)

 11.2.2 离心浓缩.....(386)

11.3 过滤.....(393)

 11.3.1 过滤介质和助滤剂.....(394)

 11.3.2 深层过滤.....(396)

 11.3.3 成饼过滤原理.....(398)

 11.3.4 真空过滤机.....(405)

 11.3.5 加压过滤机.....(409)

 11.3.6 其他类型过滤机.....(413)

 11.3.7 化学助滤剂.....(417)

11.4 干燥.....(417)

 11.4.1 干燥原理.....(418)

 11.4.2 干燥设备.....(420)

 11.4.3 干燥设备的选择.....(427)

参考文献.....(428)

第 12 章 固 气 分 离

12.1 概述.....(433)

 12.1.1 固气分离的意义.....(433)

 12.1.2 收尘与环境保护.....(434)

12.2 分离性能.....(435)

 12.2.1 收尘效率.....(436)

 12.2.2 部分收尘效率.....(436)

 12.2.3 收尘装置性能.....(437)

12.3	收尘装置的种类及其最近的技术发展	(438)
12.3.1	惯性式收尘器	(438)
12.3.2	旋风收尘器	(440)
12.3.3	袋式收尘器	(444)
12.3.4	电收尘器	(448)
12.4	收尘器的选型和收尘设计	(453)
12.4.1	各种收尘器的特点	(453)
12.4.2	收尘器选型前的调查	(454)
12.4.3	收尘设计	(455)
12.4.4	收尘装置的经济性和安全操作	(457)
	参考文献	(459)

第 13 章 颗粒的流体输送

13.1	概述	(461)
13.1.1	固气两相流和固液两相流的输送原理	(461)
13.1.2	颗粒的流体输送的分类和特点	(463)
13.1.3	颗粒的流体输送应用和发展	(465)
13.2	固气两相流的输送理论	(468)
13.2.1	混合比和浓度	(468)
13.2.2	沉降速度和悬浮速度	(469)
13.2.3	固气两相流的压力损失	(472)
13.3	固气两相流装置的设计和装置的选择	(475)
13.3.1	各主要类型系统的组成和装置的选择	(478)
13.3.2	输送物料料性的影响	(483)
13.4	常见故障的分析和防止措施	(486)
13.4.1	管道堵塞	(486)
13.4.2	管道磨损	(490)
	参考文献	(492)

第 14 章 微细粉粒的燃烧和粉尘爆炸

14.1 粉尘爆炸的基本概念·····	(494)
14.1.1 粉尘爆炸要素·····	(494)
14.1.2 粉尘爆炸前奏——燃烧·····	(495)
14.1.3 一次爆炸及二次爆炸·····	(495)
14.1.4 可燃粉尘分类·····	(496)
14.2 粉尘爆炸要素分析·····	(496)
14.2.1 粉尘及粉尘云·····	(496)
14.2.2 形成粉尘云的气体影响·····	(505)
14.2.3 点火源·····	(506)
14.3 粉尘爆炸测试·····	(510)
14.3.1 测试设备及测试结果比较·····	(511)
14.3.2 可燃粉尘的分类·····	(514)
14.4 粉尘爆炸的预防和防护·····	(516)
14.4.1 预防措施·····	(517)
14.4.2 粉尘爆炸的防护·····	(519)
参考文献·····	(527)

第 1 章 颗粒的表征

1.1 颗粒的粒径

颗粒的大小用其在空间范围所占据的线性尺寸表示。球形颗粒的直径就是粒径(**particle diameter**)^[1]。非球形颗粒的粒径则可用球体、立方体或长方体的代表尺寸表示。其中,用球体的直径表示不规则颗粒的粒径应用得最普遍,称为当量直径或相当径(**equivalent diameter**)。当量直径与颗粒的各种物理现象相对应。

多颗粒系统系由大量的单颗粒所组成,其中包括粉体、雾滴和气泡群。在多颗粒系统中,一般将颗粒的平均大小称为粒度(**particle size**)^[1]。习惯上可将粒径和粒度二词通用。

粒度和粒径是颗粒几何性质的一维表示,是最基本的几何特征。

1.1.1 粒径的定义

1.1.1.1 三轴径(diameter of the three dimensions)

将一颗粒放置于每边与其相切的长方体中,如图1-1所示,长方体的三条边表示该颗粒在笛卡尔坐标中的大小。长 l 、宽 b 和高 h 称为颗粒的三轴径。三轴径可用于比较不规则形状颗粒的大小。

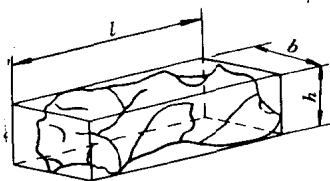


图 1-1 颗粒的外接长方体^[1]

由三轴径计算的各种平均径及其物理意义如表1-1所示。

1197772

· 1 ·