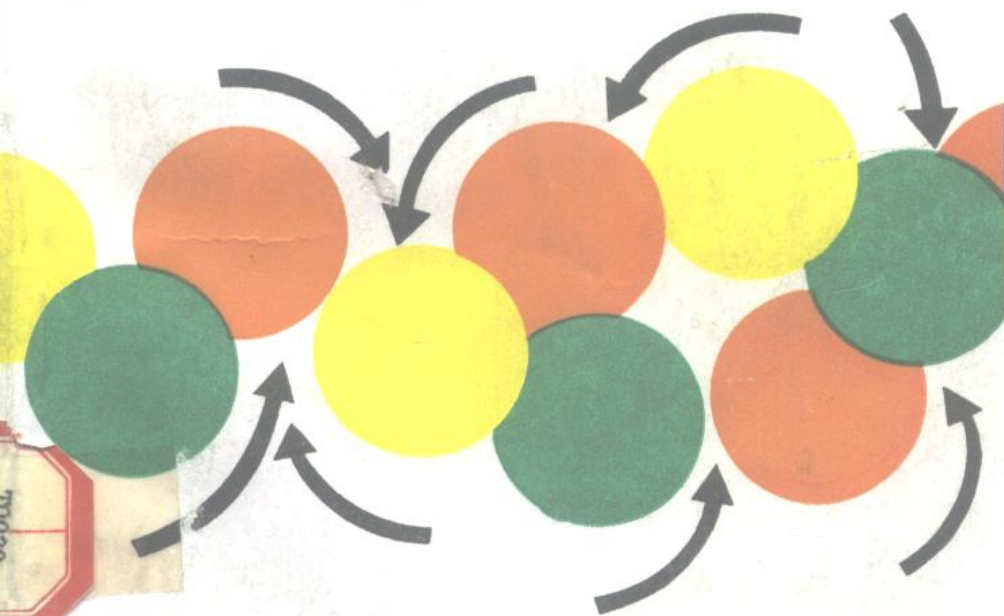


造粒技术

PARTICLE SIZE ENLARGEMENT

(加) C. E. CAPES 著



化学工业出版社

78029

1K16

363511

造 粒 技 术

〔加拿大〕 C.E. CAPES 著

钱树德 顾芳珍 译

化 学 工 业 出 版 社

(京)新登字039号

内 容 提 要

本书是一本粉体技术专著,分为八章。第一、二章介绍造粒技术的发展概况及有关颗粒强度的基本理论与测试方法,其后六章分别介绍滚动造粒、混合造粒、压力成型法、热成型法、喷雾造粒法及在液相中造粒方法。各种方法都有设备结构、应用实例及技术数据。

本书可供从事粉体工程的技术人员参考,也可作为高等院校有关专业师生的教学参考书。

DU37/18

C. E. Capes

Particle Size Enlargement

Elsevier Scientific Publishing Company,
Amsterdam, The Netherlands, 1980

造 粒 技 术

钱树德 顾芳珍 译

责任编辑: 李建斌

封面设计: 顾天晖

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

开本787×1092^{1/32}印张6^{1/2}字数148千字

1992年2月第1版1992年2月北京第1次印刷

印 数 1—1590

ISBN 7-5025-1004-4/TQ·581

定 价4.75元

译 者 的 话

“造粒”(国内尚有用团聚、团块、颗粒尺寸增大等术语)是广泛应用于化工、轻工、医药、食品、矿物加工等各种工业中的重要操作过程。有关固体物料的基本性态、输送机加工处理,目前国内书刊资料甚少,为适应我国科学技术、工业生产的发展,我们翻译了“Particle Size Enlargment”一书,以借鉴国外先进技术。该书是一本粉体技术专著,汇集了七十年代以来科学研究、生产、应用等方面的成果。从理论与实践结合上阐明了颗粒团聚的基础理论、设备、操作和测试方法,并列举了大量数据,图表及在许多工业部门中的应用实例。

本书对我国从事粉体工程的科研人员,设计人员、生产与管理人员是一本实用的参考书也可供高等院校有关专业师生作为教学参考书之用。本书由钱树德、顾芳珍合译,顾芳珍译第1、2、5、6章;钱树德译第3、4、7、8章。

由于水平所限,错误之处,敬请读者批评指正。

钱树德、顾芳珍

作者前言

本书旨在介绍将细小颗粒制成较大实体的若干方法，使颗粒的整体性能得以改善。显然，所谓“颗粒团聚”方法，涉及到许多科学技术和工业应用范围。从生产规模较小的制药工业，到以吨位计的大规模肥料工业及矿物加工工业等。

在准备本书的过程中，主要着眼点是对遍及各种工业中的许多造粒技术给予普遍的重视，并尽可能强调它们的一致性和类似性，另外，使读者理解其基本原理，以便能将其他工业中成功的技术，移植到和自己有关的具体问题中。

这本书是粉体技术手册中的一本专著，为使手册简明扼要，资料尽可能整理为数字、表格和图形的形式。至于描述性的文字，以使读者能理解所用设备及其操作而压缩到最低限度。

本书将每类颗粒团块的基本方法各写一章，即：

1. 搅拌法-滚动造粒；
2. 搅拌法-混合器造粒；
3. 压力成型法；
4. 热成型法；
5. 喷雾和分散法；
6. 在液相中造粒。

上面这六个课题与第一章的绪论和第二章的颗粒强度研究组成本书，共计八章。读者欲了解某具体的造粒技术，可直接参考有关章节。如果为了某种新的应用，寻找合适的造粒技

术，可按第一章概述中所描述的颗粒尺寸增大方法选择程序，进行初步选择。

为简明起见，常常必须删去理论基础和一些其它大型书籍中应有的内容，为弥补这一点，每章后列有大量综合性参考文献，以满足读者希望得到更深知识的愿望。

在写本书之时，英制（英尺-磅-秒）转换为公制的工作还远非完善，特别是北美，故在本书中，通常是英制单位，相应的公制值注在括号内，表格和图形中仍保留了原始文献的单位（一般是英制）。

作者对加拿大国家科学研究委员会的许多科技人员、秘书、图书资料员表示十分感谢。他们在本书的准备过程中，给予了许多帮助和支持。

同时也感谢工厂和其他所有的合作者，他们为本书提供资料，并允许复制有关材料，这些资料均已列入各章的参考文献中。

加拿大渥太华

1980年1月

C.E. Capes

目 录

第1章 绪论	1
1. 造粒的目的	1
2. 发展概况	2
3. 方法分类与本书内容	3
4. 造粒方法选择	19
5. 造粒技术的文献资料	21
参考文献	21
第2章 团聚粘结	24
1. 粘结机理	24
2. 团粒的理论拉伸强度	26
2.1. 颗粒间局部粘结的团粒	26
2.2. 颗粒与颗粒间的粘结	27
2.3. 分子间作用力和长程结合力	28
2.4. 低粘度液体的结合力	29
3. 强度试验	34
3.1. 拉伸试验	34
3.2. 压缩试验	36
3.3. 团块强度的其它试验	38
4. 团块粘结的实验概况	39
4.1. 拉伸与压缩强度	39
4.2. 典型的团块强度	41
4.3. 粘结剂和润滑剂	43
4.4. 粘结的均匀性	46
4.5. 粘结分布与颗粒尺寸-强度关系	49
参考文献	53

第3章 搅拌法-滚动造粒	57
1. 基本概念	57
1.1. 团粒的核化和成长	57
1.2. 团粒强度的影响因素: 进料的最大尺寸	59
1.3. 桥连液的需用量	61
1.4. 成长动力学	65
1.5. 团粒尺寸分布	71
2. 设备	71
2.1. 斜式转盘造粒机	72
2.1.1. 粒度筛分效应	72
2.1.2. 物料和操作参数	73
2.1.3. 转盘的尺寸、转速、生产能力和功率	75
2.1.4. 基本斜盘造粒机的变型	77
2.2. 转鼓造粒机	82
2.2.1. 球化过程和造粒流程	84
2.2.2. 转筒尺寸、转速、处理能力和功率	87
2.2.3. 定型回转圆筒造粒机的改型	88
2.3. 回转圆筒和斜盘造粒的对比	90
参考文献	91
第4章 搅拌法-混合造粒	93
1. 卧式盘形混合器	93
2. 叶片式混合机	94
3. 高速轴式混合器	97
4. 粉末掺合器及混合器	101
5. 垂帘式造粒器	103
6. 连续流动混合器	105
参考文献	107
第5章 压力成型法	109
1. 挤压成型过程	109
1.1. 成型机理	109

1.2. 挤压成型助剂	112
2. 设备	113
2.1. 活塞型挤压设备	113
2.2. 压辊型压制设备	114
2.2.1. 滚压与滚压制团	114
2.2.2. 压制机的理论设计	118
2.2.3. 性能数据资料	123
2.2.4. 偏心环式滚压机	126
2.3. 挤压机	127
2.3.1. 柱塞型挤压机	128
2.3.2. 滚轮挤压机	130
2.3.3. 螺旋挤压机	132
2.3.4. 筛网造粒机	135
参考文献	138
第6章 热成型法	139
1. 烧结和热硬化	139
1.1. 过程机理和范围	139
1.2. 烧结设备	141
1.2.1. 操作和设计资料	142
1.3. 热硬化设备	144
1.3.1. 竖炉	145
1.3.2. 移动炉算式硬化设备	146
1.3.3. 炉算-窑炉系统	149
2. 造球	149
3. 干燥与固化	150
3.1. 鼓式干燥器和刮片机	151
3.2. 循环带式系统	154
参考文献	156
第7章 喷雾和分散涂雾法	157
1. 喷雾干燥	158

1.1. 喷雾干燥器的设计	158
1.2. 喷雾干燥和粒度增大	161
2. 造粒法	164
2.1. 设计根据	166
2.2. 塔的尺寸	168
3. 流化床喷雾造粒	170
3.1. 过程概述	171
3.2. 流程和操作参数; 产品粒度的影响因素	172
3.2.1. 液体进料	172
3.2.2. 喷雾特性	173
3.2.3. 流化床造粒操作条件	173
3.2.4. 气体出口状态及粉末再循环	173
3.3. 设计及性能资料	174
4. 喷动床造粒	178
5. 气流输送或闪急干燥	180
参考文献	181
第8章 在液体中凝聚造粒	183
1. 引言	183
2. 非互溶液体浸润凝聚法	184
2.1. 基本性质	184
2.1.1. 净化液体中的细粉粒	185
2.1.2. 制粒和球化	186
2.1.3. 选择性凝聚	187
2.2. 过程和设备	189
3. 用合成絮凝剂的凝聚法	192
4. 在液相中分散	195
参考文献	196

第1章 绪 论

广义的说，任何使小颗粒聚成较大实体的过程都可称为造粒过程。这一过程可以改善细粉物料后处理加工及最终产品团聚操作的有效性。正如下面第1节讨论中所指出的，在某些工业中，由于种种原因和要求，必须应用造粒过程。

通常，造粒的最初原料是细粉粒子，而产品是团粒（块），在此团粒中，仍保持了原始细粉粒子的某些特性。但情况也并非都如此，因为颗粒状的可自由流动的固体，还可由浓缩泥浆（悬浮液）的干燥、冷却制得，也可由细粉形成的不定形物或结晶物的熔融物干燥或冷却而制得。本书所讨论的技术也包括这些方法。此外，应注意：一般操作所形成的产品应是坚固稳定的物质，在第6章中讨论了一些生产持久粘结性物质的切实可行方法（例如矿物团块的热硬化）。但在有些应用中，只需十分微弱和瞬时的粘结性，团粒的强度仅满足后继工序的需要即可，如在速溶食品和片剂的制备中，微弱的粉末团聚即可满足要求。同时还应注意，某些颗粒材料的生产过程中，造粒操作是一辅助过程，其主要目标可能是干燥（例如喷雾干燥和闪急干燥），也可能是废物处理（例如流化床焚烧炉）。许多这类有关的设备，本书从造粒的角度着眼，当然也都给予应有的注意。

1. 造粒的目的^[1~3]

当今，许多工业生产，为获得所需的产品而需应用造粒过程。无论哪种应用，用颗粒物料来代替细粉物料都会得到很大

收益。现结合若干实例，将造粒的目的和裨益总结如下：

(1) 产生所希望的结构形式和形状。如粉末冶金生产中复杂形状工件的压制，用行星滚压法制造球形物料。

(2) 便于在计量、配料、管理中定量（如药片）。

(3) 减少尘埃损失（如细粉压制成型）。

(4) 便于散粒的无偏析均匀掺合（如炼钢工业中的细粉烧结）。

(5) 改善产品的外观（如燃料压块的制造）。

(6) 减少产生结焦和结块的倾向（如肥料造粒）。

(7) 改善物料流动性（如压制給料中，陶瓷、粘土的造粒）。

(8) 提高松装密度以利于贮存和运输（如碳黑压片）。

(9) 减少公害，特别是在处理有刺激性的或令人厌恶的粉末时更应注意（如片状烧碱）。

(10) 控制溶解度（如速溶食品）。

(11) 控制孔隙率和比表面积（如催化剂骨架压片）。

(12) 改善热传递（如矿石和玻璃团粒化的炉料）。

(13) 多组分混合物分离（如煤中可燃物的选择性团粒）。

(14) 从液体中除去颗粒（如利用聚合桥连剂将液体中的土粒絮凝成块状）。

2. 发展概况^[1, 3~18]

表1.1总结了两百年来造粒技术方面的进展，有关技术可以追溯到古代成型过程，如砖、瓦等建筑材料的制备过程；锤打可塑性金属的成型过程，各种型式的药剂成形过程等，在十九世纪工业化过程中，由于对煤粉与细矿处理的需要，团粒过程走向大规模生产。本世纪初，造粒技术成了许多工业生产过

程中的基本过程。到三十年代，发展尤为迅速，其主要原因为：

（1）农业的高度发展需要使用高质量的氮肥，而非颗粒状氮肥易产生很坏的结块现象。

（2）原材料质量的下降，必须磨碎后除去杂质，而后对高品位材料进行团粒。

（3）环境因素，包括对回收粉尘的处理和使用较粗颗粒炉料，以避免粉尘和烟雾对空气的污染。

（4）自动化的高强度生产，要求给料具有很好的流动性。

（5）现代食品向速溶或方便化发展。

3. 方法分类与本书内容

把细小粒子聚集成较大团粒的方法，从广义上可分两大类^[1]，一类是成型加工法，此类加工中，特别注意控制单个团块的性质（如形状、尺寸、成分、密度等）。另一类是粒径增大方法，主要是把细粉末团聚成较粗的颗粒，在这类方法中，注意控制整堆物料的性能，单个团粒的性能只是在影响到全体或整堆物料性能时才是重要的。

由于这些差别，成型方法往往生产能力低，一般是以每小时生产多少块来计量。而团聚方法的生产能力较大，有利于处理大批量物料，其处理量常常以每小时多少吨来计量。

从表1.1可看到：用细粉料成型的方法在诸如瓦片、砖块、药片等的制备中已沿用了几个世纪。现代成型方法主要用于制药工业、粉末冶金和陶瓷等工业中。表1.2对此进行了简要的评述，此类成型法已超出本书范围，其它的文献提供了很多有关这方面的技术资料，读者可参考列于表1.2中的文献。

表 1.1 造 粒

	陶 瓷	粉末冶金	医药和药剂
早期	玻璃制造工艺、陶器成型工艺、古代建筑用粘土砖的制备	打铁成器的古老技术、用粉末制成贵重金属制品	有药物组分的固体成型，至少可追溯到1000年以前
1800	出现了机械化成型方法，本质上类同现代技术	白金粉末压坯，然后加热锻打成型	
1850			将粉末模压成药片、丸、使用了简单冲压设备和回转式制丸机 回转和往复制丸机的设计已较完善
1900		工业压型、粉末（特别是钨）的烧结、白炽灯丝 铁和铜的压延、汽车工业和第二次世界大战中许多有关产品	药片产量大增，提高了压制药片的理化性能，在药片功能方面得到了研究和改善（分解、溶解）
1950	发展了非硅酸盐陶瓷以用于电、核、宇宙空间技术中 出现了材料科学与合成材料		

技 术 进 展

焦化和其它燃料	矿物加工	肥 料	化学药品、食品和其它工业
煤碳化制成焦炭 (煤的团块) 及其副产品的开发 大规模用煤粉和沥青粘结剂制成压缩煤砖 褐煤和泥煤等的无粘结剂压制成型、燃料滚辗、挤压技术的发展 利用煤的团聚技术, 炼焦工艺得到发展	批量烧结以处理细粉物料, 包括焙烧散堆焦、鼓风培烧炉 铁矿石煅烧和压型细矿粉的连续烧结在滚筒中制备炉料 第一个工业铁矿石球团化矿开工生产, 生产能力得到巨大的增长	初期发展回转干燥器生产颗粒氮肥 1950年以前, 混合肥料造粒已在英国广泛采用1950年以后, 在美国主要化肥厂向于颗粒状复合肥料	橡胶和树脂合成材料的模型 热固型塑料的热塑成型、炭黑制粒 速溶颗粒食品(例如奶粉)得到发展

表 1.2 成型方法, 控制单件团块的性能

方 法	概 述	其它名称	设 备	生产能力	优缺点评述	参考文献
搅 拌 法 1. 行星滚轧 (或单滚压)	1. 在液体粘结剂的表面张力作用下, 细粉聚集在一起, 由于滚动碰撞作用而成为球形 2. 在液体粘结剂作用下, 细粉形成可塑性物料, 药压成小块, 再滚为球形	球化处理 球团化	改良行星磨 各种振动设备	间歇生产, 一般 每批小于0.5 kg	输入能量高, 产品粒度均匀, 其它物理密度大于其它球团法。比压制-烧结-磨碎工艺消耗较少。球粒尺寸一般为0.1~0.5mm	9, 20, 21
2. 振动压实验法	将粉末放在模盒中加以振动, 粉末颗粒达到最紧密的充填状态, 接着应用烧结强化等方法再将物料强化	制 丸 制 球 团 化	自动制丸设备	间歇操作, 可达 200~2000kg/h	为使产品得到很大的密度, 原始颗粒尺寸、形状必须加以控制, 在制品能得到更均匀的密度分布	9, 22
压力法*	1. 模槽中的粉末, 用冲头压成圆柱片或其它的简单形体	制片, 粉干 未压制, 热压 压制	制 片 机 粉末压制机	单冲压机最高 200片/分 回转机最高 2000片/分 高速机最高 10000片/分	物料应具有较好的流动性与粘性, 应接所需用量进行结料、粘结剂及润滑剂的准备。可以很高的速率进行生产, 产品质量可控	23 9, 24, 25

续表

方 · 法	概 述	其它名称	设 备	生 产 能 力	优缺点评述	参考文献
压力法 1. 单向加压	2. 用特种模具和冲头, 把粉末压制成比较复杂的形体	压模, 粉末压制, 干压压制, 湿压压制, 热压压制	粉末压制机 模 压 机	在粉末冶金生产中, 其速率范围为6~20件/分	由于压力分布不均匀, 限制了零件的外形比。从顶面和底面向加压更为有效。但向加压费用相当高, 但粉末压制与其它方法相比, 还是比较经济的	5.7
	2. 均匀加压	均匀模塑 均匀压制	液压模塑箱 自动均匀压制机	自动压制时, 大约1000~1500件/时	制品具有均匀的物理性能(如密度、收缩性等), 比单向压制的尺寸公差, 可以做较复杂的形体, 不需润滑	26
3. 高能率压实法	粉末随时受到超高压作用而压制成型	高能率成型 (HERF) 爆炸成型	高速压制机 冲 压 机 爆炸冲模机		能产生很大的制件, 需要很高的压力将粉末加工成具有指定性能的压制品	5
4. 滚压法	粉末在两辊子之间被压实	粉末滚压 对辊压型	对辊压型机		适于成条加工, 高生产能力大	27