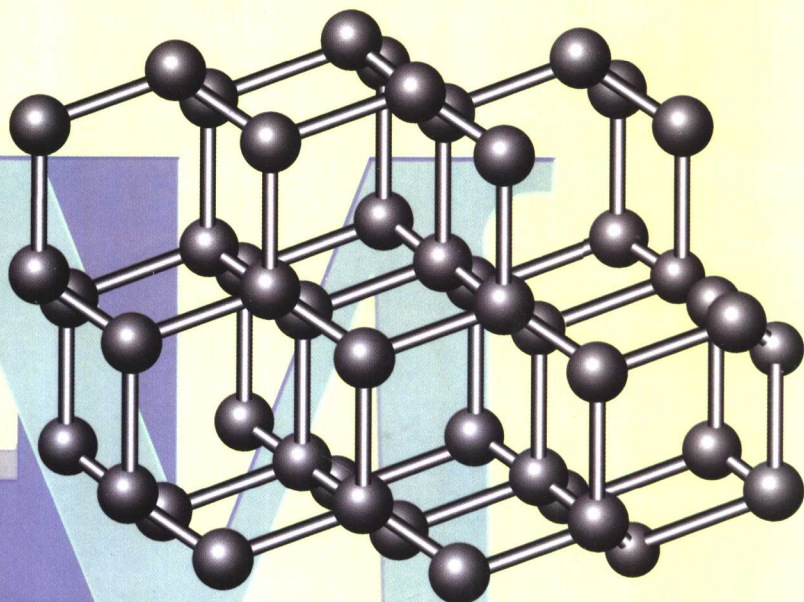


纳 米 材 料 改 性 技 术 丛 书

Equipment of Nanometer / Micrometer
Powders Manufacture and Modification

微纳米粉体制备与改性设备

李凤生 刘宏英 刘雪东 姜 炜 等编著



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

纳米材料改性技术丛书

微纳米粉体制备与 改性设备

李凤生 刘宏英 刘雪东 姜炜 等编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书内容涉及微纳米粉体的制备与改性设备的工作原理、设计原理、结构与材料设计及全系统组合设计,以及这些设备的应用领域效果评价。重点介绍了几种典型的机械设备、气流设备、液流设备、液相反应设备、气相反应设备及固相反应设备,以及几种专用粒子复合与表面改性设备。

本书可供从事微纳米粉体技术研究的工程技术人员阅读参考,也可作为高等学校相关专业本科生和研究生的教材及参考书。

图书在版编目(CIP)数据

微纳米粉体制备与改性设备/李凤生等编著. —北京:
国防工业出版社, 2004. 9

(纳米材料改性技术丛书)

ISBN 7-118-03581-5

I. 微... II. 李... III. ①纳米材料—粉体—制备
②纳米材料—粉体—改性—化工设备 IV. ①TB383②
TQ052

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 079992 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 20½ 386 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

微纳米材料在当今新材料领域占有极其重要的地位,而微纳米粉体是微纳米材料的重要组成部分。研究与生产实践证明,微纳米粉体产量、质量、性能以及改性处理后的效果不仅与制备、改性方法及工艺条件有关,而且与制备及改性所采用的设备有极其重要的关系。

目前关于微纳米粉体制备与改性技术方面的论文及专著国内外发表较多,而关于微纳米粉体制备与改性所用的设备,尤其是这些设备的工作原理、设计原理及结构与材料设计公开报道甚少。为了提高我国微纳米粉体的研究与生产水平及产品质量,推动我国微纳米粉体制备与改性技术方面的发展,满足研究、开发及生产的需要,应国防工业出版社及国内诸多读者和研究生的要求,作者编著了此书,奉献给国内从事这方面研究与生产的读者,希望能起到抛砖引玉的作用,以期对我国微纳米粉体的制备技术及改性技术的发展起到一点推动作用。

本书内容包括:微纳米粉体制备与改性设备的工作原理、设计原理、结构与材料设计及全系统组合设计,以及这些设备的应用领域与效果评价;集中介绍了几种典型的机械设备、气流设备、液流设备、蒸发冷凝设备、液相反应设备、固相反应设备、气相反应设备以及几种专用粒子复合与表面改性设备等。

本书共分九章,第一章、第四章及第九章的部分由李凤生教授执笔,第二章由刘宏英研究员执笔,第三章由刘雪东博士执笔,第五章由姜炜博士执笔,第六章由马振叶博士执笔,第七章由杨毅博士、姜炜博士及黄敏硕士执笔,第八章由杨毅博士、陈伟凡博士执笔及第九章部分由崔平博士、杨毅博士执笔。全书由李凤生教授主编。

本书的内容大多数是作者领导的国家特种超细粉体工程技术研究中心多年来在这方面的研究工作总结,同时也参考并引用了国内外许多同仁在这方面的研究设计成果论文及著作。编著此书还得到了南京理工大学国家特种超细粉体工程技术研究中心诸多工程技术人员及博士后、博士生、硕士生、法国留学生的大力支持与帮助,他们是宋洪昌教授、白华萍高工、邓国栋工程师、刘东升博士、张汝冰博士后、裴重华博士、徐华蕊博士后、王作祥博士后、毋伟博士后、罗付生博士后、顾志明博士后、刘磊力博士、付廷明博士、谈玲华博士、刘峰彪硕士、张付清硕士、丁中建硕

士及 Vincent Livert 等,在此一并表示衷心感谢。

由于微纳米粉体制备与改性设备涉及到许多企业的技术秘密与专利,国内外在这方面都十分保密,关于它们的工作原理、设计原理以及制造技术中的许多关键技术少见公开报道,因此编著此书十分困难。加之时间仓促,作者水平有限,书中错误和不足在所难免,恳请读者批评指正。

编著者

2004 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、微纳米粉体制备与改性方法	1
二、微纳米粉体的性能、质量与制备方法及设备的关系	2
三、微纳米粉体的改性效果与设备的关系	4
第二节 微纳米粉体制备与改性设备设计的原则与任务	5
一、设计的原则	5
二、设计的主要任务	6
第三节 微纳米粉体制备与改性设备分类	8
一、微纳米粉体制备设备分类	8
二、微纳米粉体改性设备分类	9
参考文献	9
第二章 以机械作用力为粉碎力场的主要粉碎设备	11
第一节 概述	11
一、机械粉碎作用力的定义与分类	11
二、颗粒断裂理论	12
三、压碎理论	13
四、自磨碎理论	13
五、擦磨理论	14
六、现状和发展动向	14
七、主要设备及分类	14
第二节 高速旋转撞击式粉碎机	15
一、干式撞击式粉碎机(叶轮式粉碎机)	16
二、湿式撞击式粉碎机	33
第三节 高速旋转抛射式粉碎机	43
一、粉碎原理及设计原理	43

二、粉碎腔体结构与材料设计	45
三、辅助系统设计	47
四、应用领域及适用范围	48
第四节 球磨粉碎机	48
一、概述	48
二、卧式球磨粉碎机	52
三、行星式球磨机	60
第五节 搅拌式研磨机	66
一、粉碎原理及粉碎力场分析	66
二、粉碎腔体结构与材料设计	69
三、辅助系统设计	72
四、搅拌研磨机全系统组合设计	73
五、应用领域与适用范围	74
第六节 旋转搅拌球磨机	77
一、粉碎原理分析	77
二、粉碎筒体结构与材料设计	78
三、辅助系统设计	80
四、全系统结构组合设计	82
五、应用领域与适用范围	83
第七节 振动球磨机	85
一、粉碎原理及影响因素	85
二、粉碎腔体结构与材料设计	90
三、辅助系统设计	90
四、振动球磨机全系统结构设计	91
五、应用领域与适用范围	93
第八节 以机械作用力为粉碎力场的新型超细粉碎设备	94
一、Micros 超细粉碎机	94
二、Szego 粉碎机	96
三、ACM 型机械撞击式粉碎机	97
四、ZPS 型超细粉碎机	98
五、PM-DCP 型直立式搅拌研磨机	99
参考文献	100

第三章 以气流动力为粉碎力场的主要粉碎设备	101
第一节 概述.....	101
第二节 扁平式气流粉碎机.....	104
一、结构概述及其粉碎力场分析.....	104
二、扁平式气流粉碎机的相关部件设计.....	108
三、扁平式气流粉碎机全系统组合设计.....	132
四、扁平式气流粉碎机噪声消除装置设计.....	134
五、扁平式气流粉碎机的应用领域与适用范围.....	138
第三节 对撞式气流粉碎机.....	142
一、对撞式流化床超细气流粉碎机.....	143
二、其他几种对撞式气流粉碎机结构特点.....	149
三、对撞式气流粉碎机的优缺点评价及应用领域.....	153
第四节 循环式气流粉碎机.....	154
一、Jet-O-Mizer 型(变截面)循环管式气流粉碎机.....	154
二、里达克蒂奥康泽尔型气流粉碎机.....	155
三、双循环管式气流粉碎机.....	156
参考文献.....	157
 第四章 以液流动力为粉碎力场的主要超细粉碎设备	159
第一节 靶板式液流粉碎机.....	159
一、靶板式液流粉碎机的设计原理.....	159
二、靶板式液流粉碎机的各大部件结构与材料设计.....	161
三、靶板式液流粉碎机的全系统结构设计组合.....	168
四、靶板式液流粉碎机的应用领域及适用范围.....	169
第二节 对撞式液流粉碎机.....	170
一、对撞式液流粉碎机的设计原理.....	170
二、对撞式液流粉碎机的各大部件结构与材料设计.....	173
三、对撞式液流粉碎机的全系统结构组合设计.....	175
四、对撞式液流粉碎机的应用领域及适用范围.....	176
第三节 高压膨胀液流粉碎机.....	177
一、高压膨胀液流粉碎机的设计原理.....	177
二、高压膨胀液流粉碎机各大部件的结构与材料设计.....	178
三、高压膨胀液流粉碎机的全系统结构与组合设计.....	181

四、高压膨胀液流粉碎机的应用领域及适用范围	182
参考文献	183
第五章 蒸发冷凝法制备微纳米粉体的主要设备	185
第一节 概述	185
一、成核	186
二、晶核生长	187
三、冷却	188
第二节 等离子体法制备微纳米粉体的主要设备	189
一、设计原理	189
二、相关设备的结构与材料设计	190
三、设备全系统结构组合设计	195
四、应用领域与适用范围	196
第三节 激光加热法制备微纳米粉体的主要设备	198
一、设计原理	198
二、相关设备的结构与材料设计	207
三、设备全系统结构组合设计	210
四、应用领域与适用范围	211
参考文献	212
第六章 液相法制备微纳米粉体的主要设备	215
第一节 水热法制备微纳米粉体的主要设备	215
一、水热反应器的设计原理	215
二、水热反应设备各个部件的结构与材料设计	217
三、水热反应设备的应用领域与适用范围	223
第二节 溶胶-凝胶法(sol-gel法)制备微纳米粉体的主要设备	224
一、原理及影响因素	224
二、设备各个部件的结构与材料设计	225
三、溶胶-凝胶法的应用领域与适用范围	226
参考文献	226
第七章 气相化学反应法制备微纳米粉体的主要设备	227
第一节 气相化学反应法(CVD)制备微纳米粉体的主要设备	227

一、概述	227
二、敞开式系统	228
三、封闭式系统	246
第二节 激光气相合成法主要设备	247
一、制备原理	247
二、相关设备的结构与材料设计	255
三、设备全系统结构组合设计	261
四、应用领域与适用范围	262
第三节 等离子体气相合成设备	264
一、制备原理	264
二、相关设备的结构与材料设计	269
三、设备全系统结构组合设计	273
四、应用领域与适用范围	275
参考文献	276
 第八章 固相法制备微纳米粉体的原理与设备	279
第一节 概述	279
一、高能球磨诱发固相反应的原理	282
二、固相反应机理	283
第二节 自蔓延燃烧合成过程与设备	284
一、概述	284
二、自蔓延高温合成	286
三、低温燃烧合成	292
参考文献	294
 第九章 微纳米粉体改性与复合过程及主要设备	296
第一节 概述	296
第二节 机械混合法对粉体改性与复合过程及主要设备	297
一、设计原理	297
二、相关设备的结构与材料设计	299
三、设备全系统结构组合设计	301
四、应用领域及适用范围	302
五、粉体表面改性与复合设备的发展方向	303

第三节 机械化学法对粉体改性与复合原理及典型设备·····	303
一、设计原理·····	303
二、相关设备的结构与材料设计·····	304
三、设备全系统结构组合设计·····	307
四、应用领域及适用范围·····	309
第四节 高能球磨法制备微纳米复合材料的原理及主要设备·····	310
一、原理及制备过程·····	310
二、高能球磨法制备的纳米复合材料的界面结构特点·····	312
三、高能球磨设备及其设计原理·····	313
参考文献·····	314

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、微纳米粉体制备与改性方法

(一) 微米粉体的制备方法

微米粉体的制备方法通常分为物理法与化学法两大类。

物理法主要包括粉碎法(又称破碎法)与构筑法(又称蒸发冷凝法)。粉碎法主要包括干式粉碎法与湿式粉碎法;干式粉碎法主要包括气流粉碎法、冲击粉碎法与碾磨粉碎法;湿式粉碎法主要包括高速撞(冲)击粉碎法与碾磨粉碎法。构筑法主要包括溅射法、加热蒸发冷凝法、等离子体加热蒸发冷凝法、激光加热蒸发冷凝法等。

化学法包括沉淀法、水解法、水热法、溶胶-凝胶法、激光合成法、火焰合成法、等离子体合成法、燃烧法、固相反应法及气-固反应法等。

(二) 纳米粉体的制备方法

纳米粉体的制备方法分为物理法与化学法两大类,传统观念认为,物理法中的粉碎法不可能制备出纳米级的粉体,只有构筑法(即蒸发冷凝法)才可制备出纳米级的粉体。然而,新近的研究已发现,随着粉碎与分级技术的提高,对于某些物质在一定的条件下也可制备出纳米级产品。采用粉碎法制备纳米粉体,目前研究比较成功的是高能高效研磨法。研磨法又有干、湿式之分,目前的研究表明,高能、高效湿式研磨法是最有可能获得纳米级粉体的粉碎法。

构筑法制备纳米粉体的主要方法包括:溅射法、加热蒸发冷凝法、等离子体加热蒸发冷凝法、激光加热蒸发冷凝法等。其制备方法及设备与微米级粉体的制备方法与设备基本相同,不同之处主要是制备工艺条件的控制。通常是在某些特定条件下可以制备出纳米级产品,而在另一些特定条件下则可获得微米级产品。关于这类设备,本书将集中统一介绍。研究表明,构筑法可以制备出颗粒很小、纯度很高、分散性良好的纳米级粉体。然而,构筑法制备纳米粉体的致命缺点是生产成本太高,应用领域受到限制。另外,产量太低,很难满足大规模工业化生产的需要。

化学法目前仍是制备纳米粉体的主要方法,其优点是生产规模大、产量高、生产成本较低,可以满足大规模工业化生产的需要。其缺点是产品易团聚、分散性

差,很难保持以单个纳米颗粒存在;另外,表面易被污染,纯度往往较低,表面特性差,因而实际使用效果往往不理想。

制备纳米材料的化学法主要也是沉淀法、水解法、水热法、溶胶-凝胶法、激光合成法、等离子体合成法、火焰合成法、燃烧法、固相反应法及气固反应法等。与微米粉体的制备相比,也主要在于工艺条件的控制差别,控制某些特定条件,可以生产出纳米级产品,而在另一些条件下则只能生产出微米级产品。

化学法制备纳米粉体与制备微米粉体的设备也基本相同,只是某些控制装置方面有所不同,关于这类设备,本书将集中统一介绍。

(三) 微纳米粉体改性方法

微纳米粉体的表面改性与修饰主要是为了提高微纳米粉体的分散性及颗粒的表面特性与使用功能,进而提高微纳米粉体的实际使用效果。微纳米粉体的表面改性有时又称为粒子复合,复合分为层(膜)包覆和粒子包覆两种,粒子复合又分为沉积型包覆和嵌入型包覆。

微纳米粉体的表面改性方法近年来国内外研究报道较多,但真正能进入大规模工业化应用有实用价值的并不多。归纳起来,微纳米粉体改性的方法有:机械混合法、机械化学法、气相沉积法、气相(气-固)反应法、液相化学反应法、固相反应法等。

纳米与微米粉体的表面改性(复合)设备的结构及原理基本相同;另外,有些微纳米粉体的表面改性(复合)设备与有些微纳米粉体的制备设备的结构也基本相同;本书将不分别介绍而是集中介绍,对某些特殊之处,书中再分别介绍。

二、微纳米粉体的性能、质量与制备方法及设备的关系

制备方法及所采用的设备对粉体产品的粒度大小、粒度分布、粉体的形状、粉体的质量、粉体的纯度、粉体的表面特性与分散性及生产成本等有很大影响,而制备方法及设备紧密相连。当制备方法确定后,采用不同的设备,所生产的产品性能质量与成本有很大差异。

(一) 制备方法与设备对产品粒度大小、均匀性、分散性及纯度的影响

制备方法与所采用的设备对生产出的产品粒度大小有很大影响。通常采取湿式研磨,如搅拌磨、振动磨及行星磨等,生产出的产品颗粒较细,且均匀。然而,以湿式研磨法生产出的产品,若需转化成干态使用,在干燥过程中易产生团聚,粉体的分散性差,表面特性差,表面活性低,而且产品的粒度变大。另外,湿式研磨其介质会对产品有一定污染,对产品纯度有时会有一定影响。

以液相化学法生产出的产品,其粒度大小可以通过工艺条件的控制来调整。当生产工艺条件及所选用的设备合适时,可以生产出纳米粒度的产品。其致命缺点也是产品干燥时易发生团聚,使颗粒粒度变大,粉体的分散性差。设备的结构形状及搅拌器的结构形状对产品的粒度大小有显著影响,通常搅拌分散效果好的设

备生产出的产品粒度较小。以液相化学法生产出的粉体,如果工艺条件控制不当,其颗粒分布范围往往较宽。液相化学法生产出的产品纯度取决于原料的纯度及反应过程中副产品的量及清洗、净化的程度。

以气相化学法生产出的产品,其粒度往往较小,当条件合适时,可以方便地生产出纳米级的产品。气相化学法所采用的设备都是非标准设备,其设备结构与形状随拟制备的产品各有所不同。研究与生产实际证明,设备结构、形状对产品的粒径大小有很大的影响。因为气相化学法生产过程中反应室内的物料比、物料浓度、进排气流速度及压力和温度等对产品粒度大小有直接影响,而这些条件又与所采用的设备的结构、形状、组成、功率大小等直接相关。例如,以激光或等离子体系统构成的气相化学法生产设备生产出的产品粒度多处于纳米量级。以气相化学法生产出的粉体,其分散性及均匀性优于液相化学法和湿式研磨法生产出的粉体。

以蒸发冷凝法生产出的产品,其粒度也很小,当工艺条件合适时,大多可获得纳米级粒度的产品。研究与生产实践证明,生产过程中蒸发冷凝室内的压力、加热温度与速率、气流速度等因素对产品的粒度大小有很大影响,而这些因素又直接取决于所采用的设备类型及结构。蒸发热源对产品的粒度大小也有重大影响,通常以激光和等离子体为加热系统的设备生产出的产品粒度较细,系统的真空度越低,生产出的产品的粒度越细。通常采用蒸发冷凝法生产出的粉体,其分散性、流散性都较其他方法好,而且产品粒度均匀、分布窄。

研究与生产实践证明,气相化学法与蒸发冷凝法生产出的产品纯度较高,质量好,适用于粉体质量要求很高的领域使用。机械干式粉碎以气流粉碎、球磨粉碎、振动磨粉碎、冲击粉碎等为主。粉碎过程中所采用的设备种类及结构对产品粒度大小与分散性及均匀性均有很大影响。以气流粉碎设备为例,带有自动分级机的流化床气流粉碎机所生产出的产品粒度较小,均匀性好,粒度分布较窄,而且还可通过分级机的转速来调整产品的粒度大小和分布范围。相对而言,不带分级装置的撞击式气流粉碎机和循环式(管式)气流粉碎机,其生产出的产品粒度较粗,均匀性较差,分布较宽。而扁平式气流粉碎机由于自身具有自动分级的功能,虽然不外带分级装置,但其生产出的粉体粒度往往较细,分布范围也较窄,但较带有分级装置的流化床气流粉碎机生产出的产品差。通常,采用气流粉碎机生产出的粉体,其分散性与流散性较气相化学法及蒸发冷凝法生产出的粉体差,但较湿式研磨法与液相化学法生产出的粉体好。因此,采用湿式研磨法与液相化学法生产出的粉体,最终都要用气流粉碎机对其进行再粉碎,以获得粒度小、均匀性好及分布窄的产品。然而气流粉碎无法获得纳米级产品。

气流粉碎生产出的产品纯度取决于设备的类型及设备制造用材料的质量。当设备的材料耐腐蚀性及耐冲刷性较好时,生产出的产品纯度较高。

对于球磨和振动磨,当球的直径级配及设备结构与工艺条件合适时,也可生产

出微米、亚微米级粉体。但其表面往往易被球磨介质及设备内腔材料污染,影响产品纯度。另外,产品的分散性往往也不太好。

冲击粉碎设备以往只能生产出粒度较粗的一般粉体,目前通过改进已能生产出微米、亚微米产品。研究与生产实践证明,采用冲击粉碎设备生产出的粉体,其分散性与气流粉碎机生产出的产品相当,较球磨和振动磨生产出的产品分散性好。

(二) 制备方法与设备对产品的形貌、产量及生产成本的影响

制备方法与设备类型对产品的形貌及生产成本有很大影响。以机械粉碎为例,气流粉碎是连续生产的,因而产量较大。而气流粉碎设备中,设备类型与结构也各不相同。其中,循环式及流化床式气流粉碎机的产量往往较大,而扁平式气流粉碎机的产量相对较小。从能耗与生产成本来看,国际上普遍认为,气流粉碎能耗较高,因而生产成本较高。相对而言,球磨粉碎的能耗较低,生产成本较低。气流粉碎能耗较高,生产成本较高的原因在于,高压、高速气体的动能没有能完全传递给被粉碎的物质,而是大部分随气流排放损失;而球磨或研磨时,介质球的动能大部分都被传递给被粉碎物质,使物质受动能破碎,因而能量利用率很高,生产成本低。

制备方法与所选用的设备类型对产品的形貌有很大影响,通常球磨式或研磨式粉碎可获得片状或类球形粉体产品,而流化床式气流粉碎和对撞式气流粉碎获得的往往是棱形粉体产品,扁平式气流粉碎和循环式(管式)气流粉碎生产出的粉体产品的外形较流化床式气流粉碎生产出的粉体外形光滑,当条件合适时,还可生产出类球形产品。这是因为产品的形貌与物质被粉碎时的破碎方式有直接关系。当粉碎设备是以冲击、撞击方式使物质破碎时,所获得的产品是棱形或其他不规则形状;当粉体设备是以碾、压、磨、削、剥的方式使物质粉碎时,所获得的产品的形状较规则、较光滑,当受力方式合适时,可获得类球形产品。

三、微纳米粉体的改性效果与设备的关系

上文已述及,微纳米粉体的特性与制备方法及所采用的设备有直接关系。研究与生产实践证明,无论采用哪种方法制备出的纳米、亚微米或微米粉体,为了解决它们的团聚问题和提高它们的实际使用功效,都必须对它们进行改性(修饰)处理。这种改性处理包括对颗粒的表面进行改性处理以及粒子的复合处理。前者是为了改变粒子的表面特性,提高其分散性以及增强与后续应用中的其他物质的相容性和亲和力;后者是为了提高、拓展微纳米材料的使用功能,提高使用效果,降低生产成本等。

微纳米粉体改性时所采用的方法及所使用的设备对最终改性效果有很大的影响,机械法的改性效果与化学法大不相同。以机械法为例,机械化学法的改性效果与机械混合法也不相同。正常机械化学法的改性效果远优于机械混合法。以机械化学法改性为例,采用冲击式改性机生产出的改性粉体的质量较采用球磨设备生

产出的产品更好。采用冲击式改性机生产出的产品的流散性、均匀性好,而采用球磨改性机生产出的产品流散性差,会结块成团。当采用化学法改性时,气相化学法可以获得分散性良好的产品,液相化学法虽可获得均匀性很好的产品,但产品的分散性较差。无论是气相化学法或液相化学法,所选用的设备的结构与形状对产品的性能影响都很大。以气相化学法为例,以等离子体为能源,导致化学改性过程进行生产出的改性粉体的分散性与流散性往往较好。南京理工大学国家特种超细粉体工程技术研究中心研制出了获国家专利的化学气相反应(CVD)改性设备,生产出的产品流散性与均匀性都很好。

第二节 微纳米粉体制备与改性设备设计的原则与任务

一、设计的原则

微纳米粉体制备与改性设备设计通常依据以下原则进行:

(1) 要针对该设备应完成的主要任务进行设计,与通用设备不同,通常这类设备属专用设备,一般很难做到一台设备既可对脆性材料,又可对韧性材料进行微纳米级粉碎;既能生产微米产品,又能生产纳米产品,还可进行粉体的改性处理。因此,所设计的设备必须具有针对性和使用领域。

(2) 当该设备的使用领域和针对性确定后,所设计的设备在同一领域内,应尽可能具有多种功能,在一定范围内应具有一定的通用性。例如,设计用于纳米级粉体制备的设备,应该尽可能也具有生产微米级粉体的功能;生产微米级粉体的设备,当某些零部件适当更换后也可生产出纳米级粉体。尽可能一机多用,以提高设备的利用率和适用性。

(3) 设计用于粉体制备与改性的设备,要求结构尽可能简单,便于拆卸清洗,因为微米、纳米粉体颗粒极小,极易粘附于生产设备的管道及容器内,如果设备内部结构太复杂,更换生产品种清理时将十分困难。

(4) 所设计的设备应有利于产品质量的调整控制,并能确保各种参数的稳定、可靠、重复。

(5) 所设计的设备应能使能量利用率尽可能高,微纳米粉体的产率尽可能高,生产出的产品质量好,操作人员尽可能少,以便能有效地降低微纳米粉体的生产成本,具有较强的市场竞争能力。

(6) 所设计的设备制造成本低。

(7) 对于被加工处理的材料性质不同,所设计的设备应给予充分的注意,必须分别对待。例如,用于塑性材料,超细化的设备与用于超硬材料超细化的设备在粉碎原理及设备结构方面将完全不同。用于易燃易爆材料超细化的设备与用于普通

材料超细化的设备应有很大的区别。粉体制备与改性设备应充分考虑到生产安全问题,必须配备有防燃、防爆、防静电的装置与措施。

(8) 用于微纳米粉体改性处理的设备,必须既具有能确保使微纳米粉体充分分散的功能,又具有使微纳米粉体与改性剂(成分)充分均匀接触并使它们之间能产生键合力的功能。因此,要求所设计的设备能施加多种特殊力场,以实现上述目的。

二、设计的主要任务

微纳米粉体制备与改性设备设计的主要任务是针对设备的应用领域与具体目标及被加工处理的材料,设计出相应的特定设备,使其能产生所需的力场,使被加工处理的材料达到微纳米化或改性处理。由于微纳米材料的加工处理及改性处理范围很宽,被加工处理的材料种类繁多,性能复杂,因此这类设备的设计任务应针对具体情况进行。另外,采用物理法或化学法、粉碎法或构筑法,设备的设计情况也不相同。以下以粉碎法设备设计的主要任务为例,对微纳米粉体制备设备的设计任务进行介绍。

(一) 微纳米粉体的制备设备设计的主要任务

1. 针对不同的被粉碎材料设计不同的粉碎力场

微纳米粉体的制备设备设计的最主要任务是针对不同的被粉碎物质分析应采用的不同的粉碎力场,然后设计出相应的特定粉碎设备,使其能产生所需的粉碎力场,并且使这些设备所产生的这些力场具有足够的强度,能使被粉碎的物质实现微米化或纳米化。由于被粉碎物质的性质各异,因此所需要的粉碎力场也各不相同,目前常见的被粉碎物质大致可归纳为如下几大类:脆性材料、超硬材料、塑性材料、韧性(纤维类)材料、易燃易爆材料。

2. 脆性材料粉碎设备设计

脆性材料是超细粉碎领域最常见也是最容易实现微纳米化的材料。使这类材料微纳米化所要的作用力主要是冲击(撞击)力或挤压力及研磨力。因此所设计的设备希望能产生强大的冲击(撞击)力、挤压力或研磨力,最好希望这几种力场都可提供。要产生上述力场,可设计成超声速气流冲击式粉碎机、机械式挤压、研磨粉碎机、高速旋转冲击式粉碎机或高速离心抛射式撞击粉碎机等。

3. 超硬材料粉碎设备设计

超硬材料的超细粉碎是超细粉体制备的难点之一,使其超细化所需的作用力主要也是冲击(撞击)力或挤压力及研磨力。但由于这类材料质地坚硬,因此对粉碎设备,尤其是粉碎室及作用工件的材料要求非常特殊,通常要求它具有超过被粉碎材料的硬度,并具有十分优良的耐磨性。另外,为了减少对粉碎室及工件的磨损,往往设计成靠被粉碎材料自撞、自磨或相互自挤压研磨的超细粉碎设备。最典型的可设计成以气流或液流为动能介质的对撞式粉碎机或流化床式粉碎机,或以