

## 阻燃剂用超细氢氧化铝的制备、应用及展望

王建立<sup>1,2</sup>, 和凤枝<sup>3</sup>, 陈启元<sup>1</sup>

(1.中南大学 化学化工学院, 湖南 长沙 410083; 2.中国铝业股份有限公司 郑州研究院, 河南 郑州 450041

3.中国铝业股份有限公司 河南分公司, 河南 郑州 450041)

**摘 要:** 超细氢氧化铝具有阻燃、消烟、填充多种功能, 是一种重要的无机环保型阻燃材料。超细氢氧化铝粉体不仅本身是一种功能材料, 而且为新材料的开发提供了广阔的应用前景, 在国民经济许多领域有着极其重要的作用。超细氢氧化铝阻燃和消烟机理是由于其受热后分解, 放出结晶水, 并吸收大量的热, 分解生成的氧化铝与其它碳化物一起形成一道阻燃屏障。超细氢氧化铝制备方法分为机械法和化学法, 但化学法制备的产品粒度细、分布均匀。本文中还对超细氢氧化铝阻燃剂的未来发展进行了展望。

**关键词:** 超细氢氧化铝; 阻燃剂; 制备

中图分类号: TQ133.1, TQ314.24\*8 文献标识码: A

文章编号: 1008-5548(2007)01-0038-05

Preparation, Application and Development of Superfine Al(OH)<sub>3</sub> RetarderWANG Jian-li<sup>1,2</sup>, HE Feng-zhi<sup>3</sup>, WANG Jin<sup>2</sup>,  
Chen Qi-yuan<sup>1</sup>

(1. School of Chemistry and Chemical Engineer, Central South University, ChangSha 410083; 2. Zhengzhou Research Institute of Chalco, Zhengzhou 450041; 3. Henan Branch of Chalco, Zhengzhou 450041, China)

**Abstract:** The super-fine aluminum hydroxide is an important green flame retardant inorganic material with multi-function of retarding, suppressing smoke and filling. The super-fine Al(OH)<sub>3</sub> has played an important role in many fields of the national economy. Not only is the super-fine ATH powder a kind of functional material, but also it provides wide applied foreground for developing of new materials. The mechanism of Al(OH)<sub>3</sub> retarder and suppressing smoke is that the decomposing reaction of Al(OH)<sub>3</sub> gives out all of its combinative water and absorbs vast quantity of heat when ATH is heated to decompose and the alumina formed from Al(OH)<sub>3</sub> decomposing forms a layer of barrier accompanying with other carbides. The producing process of the super-fine Al(OH)<sub>3</sub> includes the mechanical process and the chemistry process. The particle size of product made by the chemistry process is very fine and the particle size distribution is uniform. The development trend of super-fine Al(OH)<sub>3</sub> is reviewed briefly.

**Key words:** super-fine aluminum hydroxide; flame retardant; preparation

阻燃剂通常分为有机和无机两类。其中溴系阻燃剂是目前世界上用量最大的有机阻燃剂之一<sup>[1]</sup>, 具有阻燃效率高、添加量少、适用范围广等优点。但

收稿日期 2006-03-29, 修回日期 2006-06-21。

第一作者简介: 王建立(1970-), 男, 硕士研究生, 高级工程师。电话: 0371-68918310, 13939083319, E-mail: jianli\_wang@163.com。

溴系阻燃剂也存在严重降低阻燃基材的抗紫外线稳定性, 燃烧时产生较多的烟雾、腐蚀性气体和有毒气体等缺点。无机类阻燃剂具有热稳定性较好、不产生腐蚀性气体、不挥发、效果持久、没有毒性、价格低廉以及对环境危害性小等优点。无机阻燃剂的主要品种有氢氧化铝、氢氧化镁、红磷、氧化锑、氧化锡、硼酸锌、氢氧化锆等。由于超细氢氧化铝常温下物理和化学性质稳定, 燃烧时不会产生二次污染, 白度高, 具有优良的色度指标, 在树脂中分散性好, 即使添加量较多也不易发生弯曲发白现象。另外, 来源丰富, 价格比溴系阻燃剂便宜很多<sup>[2]</sup>, 因此氢氧化铝已成为合成材料无卤阻燃配方的主要选材之一。

目前, 国内外对阻燃剂的性能要求越来越高, 顺应世界阻燃剂市场高阻燃、低烟雾、无害化的发展趋势, 研制开发超细氢氧化铝阻燃剂新品种具有广阔的市场应用前景。本文主要介绍超细氢氧化铝的阻燃机理、制备方法及应用等情况, 并对其未来发展进行了简要展望。

## 1 氢氧化铝的阻燃机理

氢氧化铝受热至 200~220 左右时开始吸热分解<sup>[3,4]</sup>, 放出 3 个结晶水



分解时 Al(OH)<sub>3</sub> 吸热达 1 967.2 kJ/kg, 吸收这样大的热量是其具有阻燃作用的最主要原因。根据差热分析和热重分析知, 在温度低于 205 时, 氢氧化铝在大气中保持稳定, 205~220 开始缓慢分解, 超过 220 分解加快。主要的吸热峰在 308 左右, 对应的是 -Al(OH)<sub>3</sub> 向 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 转化; 在 220 和 530 的小吸热峰, 对应的是 -Al(OH)<sub>3</sub> 向 -AlOOH 转化和 -AlOOH 向 -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 转化。吸热脱水过程延缓了聚合物的燃烧, 使燃烧速度减缓, 同时放出的水蒸气, 不仅冲淡了燃烧的气体, 而且参与了冷凝相的反应。吸热分解直接产生的冲淡效

果,也使氢氧化铝具有抑烟的功能。分解生成的氧化铝与其它碳化物一起形成一道阻燃屏障,减小烧蚀速度,防止火焰的蔓延。

根据以上的分析,氢氧化铝的阻燃机理可以归纳如下<sup>[5]</sup>:(1)吸热作用。在 200~350 脱水吸热,抑制聚合物的温升;(2)稀释作用。 $\text{Al}(\text{OH})_3$  填充,使可燃性高聚物的浓度下降。 $\text{Al}(\text{OH})_3$  脱水放出的水汽稀释可燃性气体和氧气的浓度,可阻止燃烧;(3)覆盖作用。 $\text{Al}(\text{OH})_3$  脱水后在可燃物表面生成  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜,隔绝氧气,可阻止继续燃烧;(4)碳化作用。阻燃剂在燃烧条件下产生强烈脱水性物质,使塑料碳化而不易产生可燃性挥发物,从而阻止火焰蔓延。

## 2 超细氢氧化铝的制备

超细氢氧化铝微粉的生产有机械法和化学法两大类<sup>[6-12]</sup>。化学法有铝酸钠溶液种子分解( $\text{NaAlO}_2-\text{HNO}_3$ )法、金属醇盐法、微乳液法、超重力法及水热偶合法等,但除铝酸钠溶液种子分解法成本低、适合工业生产外,其它几种化学制备工艺因设备要求较高及生产成本低而不便于工业化<sup>[13]</sup>。

### 2.1 机械粉碎法

机械粉碎法是将普通冶金级氢氧化铝经洗涤、烘干后采用气流磨或球磨将其加工成氢氧化铝微粉。机械法生产的氢氧化铝微粉粒度较粗,粒度分布宽,颗粒形貌不规则,最大颗粒可达 15~20  $\mu\text{m}$ ,产品使用性能差,在电线、电缆的生产过程中,加工性能差,抗折强度、延伸率较低,与化学法氢氧化铝同,其氧指数小,阻燃效果差。机械粉碎法生产的氢氧化铝微粉颗粒形貌见图 1。

### 2.2 微乳液法

W/O 型微乳液是由水、与水不相溶的有机溶剂、表面活性剂和助表面活性剂组成的透明或半透

明的热力学稳定体系。陈龙武等<sup>[14]</sup>研究了水、辛烷基苯酚聚氧乙烯醚、正己醇、环己烷微乳液体系的组成和性质,当正己醇和辛烷基苯酚聚氧乙烯醚的重量比为 2:3 时,该微乳液体系有较宽且稳定的微乳液相区,是一种制备超细微粒的理想体系。在该体系中,通过氨沉淀制得的氢氧化铝超细微粒,平均粒径为 6 nm,有较好的分散性。

### 2.3 溶胶凝胶法

溶胶凝胶法是目前在超细粉制备中研究和应用较多的一种方法。Nguyen 等<sup>[15,16]</sup>以硫酸铝为原料,在 pH 为 3.5、溶胶浓度为 0.4 mol/L、加入 0.3% 水溶性高分子分散剂、反应温度为 80 的反应条件下进行胶溶,得到稳定溶胶,后经 5 h 的 100~150 热处理,制得超细氢氧化铝粒子,平均粒度为 70 nm,分散性好,粒径分布均匀。

### 2.4 金属醇盐法

在适当催化剂的作用下,异丙基铝在  $\text{H}_2\text{O}-\text{NH}_3$  体系中进行水解,生成的沉淀经过滤、干燥即得氢氧化铝超细微粒,平均粒径为 90 nm。此方法优点是操作简单,制得的样品粒径小,缺点是样品团聚严重,使用的有机原料成本高。

### 2.5 铝酸盐分解法<sup>[17,18]</sup>

铝酸钠种子分解法根据种子的不同又可分为自分解种子分解法和机械粉碎种子分解法两种。机械种子分解法产品粒度平均粒径较细,可达到 2  $\mu\text{m}$ ,但由于分解所用的种子是机械粉碎加工而成,成品无法避免出现 10  $\mu\text{m}$  甚至于 15  $\mu\text{m}$  的大颗粒,这在阻燃材料的生产过程中,尤其是电线、电缆和工程塑料的生产过程中是致命的缺陷。自分解种子两段分解法制备的产品粒度细,平均粒径可小于 1  $\mu\text{m}$ ,粒径分布窄,产品具有纯度高、白度好、颗粒均匀规则、易于分散等优点(其形貌见图 2)。

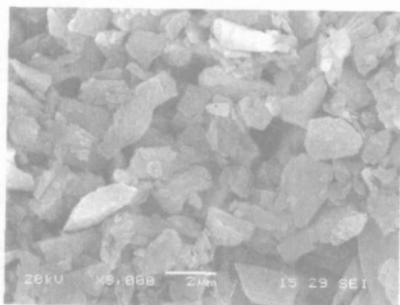


图 1 机械法制备氢氧化铝的 SEM 图

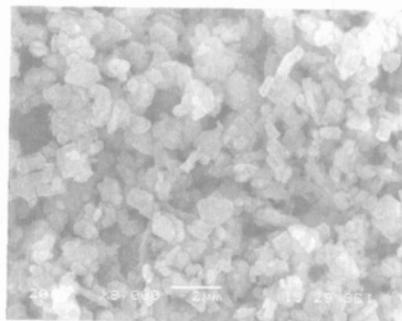


图 2 铝酸盐自分解法制备氢氧化铝的 SEM 图

# 综述

## 3 超细氢氧化铝的应用

随着氢氧化铝的超细化,表面电子结构和晶体结构发生变化,在磁性、光吸收、催化、化学活性、电学等方面表现出独特的性能,并具有了许多特殊功能。超细氢氧化铝粉体不仅本身是一种功能材料,而且为新材料的开发提供了广阔的应用前景,在国民经济各领域有着极其重要的作用。

### 3.1 阻燃剂行业

合成材料的阻燃性能与填料氢氧化铝的粒度大小有很大关系。随着粒度变细,材料的限氧指数提高。这是因为阻燃作用的发挥是由化学反应所支配的,故而等量的阻燃剂其粒径越小,比表面积就越大,阻燃效果就越好。

超细粒度的氢氧化铝,尤其经过表面有机化改性的超细氢氧化铝,由于增强了界面的相互作用,可以更均匀地分散在基体树脂中,从而能更有效地改善共混料的力学性能。因此,近几年超细氢氧化铝在橡塑等材料中的应用得到了迅速发展。

超细氢氧化铝填充环氧树脂后,环氧树脂的强度增大,其氧指数明显改善<sup>[21,22]</sup>,可用作密封材料、浇铸件、环氧树脂玻璃纤维片等。特别是氢氧化铝填充环氧树脂后可显著提高制品的电弧电阻和磁路电阻,在电气绝缘材料方面应用广泛。目前,添加氢氧化铝的环脂肪族环氧树脂,已在绝缘材料、变压器和开关装置中得到应用。另外超细氢氧化铝可用作搪塑工艺生产中、高档轿车仪表板支承表皮填料等。

### 3.2 造纸填料

氢氧化铝在造纸工业中,主要用作表层涂料、填料以及生产不燃纸。国外早在20世纪四、五十年代就已开始开发和使用氢氧化铝作为涂布用颜料,并形成稳定的生产规模,主要用于涂布纸及纸板、无碳复写纸的生产。在我国,氢氧化铝在造纸行业的应用较少,随着超细氢氧化铝的开发生产,氢氧化铝在造纸行业的用量将不断增大。氢氧化铝作为一种新型的涂布颜料,与传统的颜料相比,其本身具有许多优点:白度高、粒度细、晶形好,与增白剂的配伍性能好、着墨性好。用它作颜料,能提高涂布纸的白度、不透明度、平滑度、着墨性,可用于画报纸、钞票纸、照相纸和高级字典纸等高级纸张的生产中。

### 3.3 牙膏摩擦剂

氢氧化铝无毒无味,软硬适中,是一种很好的中

性摩擦剂,以氢氧化铝替代传统配料白垩和磷酸二钙可制成性能良好的牙膏。

### 3.4 医药及其它

氢氧化铝是胃药的主要成分之一。铝凝胶是中和胃酸、治疗胃病的传统良药。以氢氧化铝为原料制备的六水氯化铝,在医药和化妆品中可用作凝聚剂等。另外,氢氧化铝及其特殊加工的焙烧氧化铝,已广泛地应用于化学药物、催化剂、塑料、涂料、陶瓷、耐火材料、绝缘材料、磨料等领域。

## 4 氢氧化铝的表面改性

氢氧化铝是典型的极性无机材料,与有机聚合物特别是非极性聚烯烃的亲合性差,界面结合力小,导致以其为阻燃剂的复合材料的加工工艺性和物理机械性能下降。为增强氢氧化铝填料与基体界面间的相互作用,使氢氧化铝粉体能够更均匀地分散在基体树脂中,需对氢氧化铝进行表面改性,来更有效地改善共混料的力学性能。

### 4.1 表面有机化改性

为了改善 $Al(OH)_3$ 与聚合物间的粘结力和界面亲合性,采用偶联剂对 $Al(OH)_3$ 阻燃剂进行表面处理是最为行之有效的方法之一。 $Al(OH)_3$ 常用的偶联剂是硅烷和钛酸酯类。经硅烷处理后的 $Al(OH)_3$ 阻燃效果好,能够有效提高聚酯的弯曲强度和环氧树脂的拉伸强度。经乙烯基硅烷处理的 $Al(OH)_3$ 可用于提高交联乙烯-醋酸乙烯共聚物的阻燃性、耐热性、抗湿性。单烷基钛酸酯对粗粒 $Al(OH)_3$ 的偶联效果不如对细粒 $Al(OH)_3$ 的偶联效果好。钛酸酯偶联剂和硅烷偶联剂可以并用,能产生协同效应。另外,烷基乙烯酮、异氰酸酯和含磷钛酸盐等,也可作为 $Al(OH)_3$ 表面处理的偶联剂。

### 4.2 与阻燃增效剂的复合改性

少量的阻燃增效剂可以显著改善 $Al(OH)_3$ 填充体系的性能,如提高阻燃性、抑制滴落、改善力学性能。与 $Al(OH)_3$ 起协同作用的无机阻燃剂范围很广泛,主要有Ni、Zn、Mn、Zr、Sb、Fe、Ti等的金属氧化物和碱土金属氢氧化物等。

氢氧化铝还可与含磷阻燃剂产生良好的协同阻燃效应。有机磷阻燃剂(如磷酸酯、含卤磷酸酯等)和无机磷阻燃剂等,它们对 $Al(OH)_3$ 都有较好的协同效应。 $Al(OH)_3$ 阻燃剂添加少量的含磷阻燃剂

就可以大幅度提高氧指数。这主要是因为含磷阻燃剂具有强烈脱水作用,促使  $\text{Al}(\text{OH})_3$  脱除结晶水,产生吸热降温作用,使磷化合物吸水转化为焦磷酸盐玻璃体,从而共同使阻燃体系的阻燃效果增强。Kinose 等<sup>[19,20]</sup>采用包覆红磷与氢氧化铝对 ABS 进行协同效应阻燃时,获得了具有较好阻燃效果的协同阻燃体系。

## 5 超细氢氧化铝的发展展望

### 5.1 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的超细化

$\text{Al}(\text{OH})_3$  粒径大小直接影响其阻燃性和填充性。增加  $\text{Al}(\text{OH})_3$  粒子的表面积,使粒子表面水蒸气压上升,有利于阻燃性的提高。随着粒度变细,材料的限氧指数提高。这是因为阻燃作用的发挥是由化学反应所支配的,故而等量的阻燃剂,其粒径越小,比表面积就越大,阻燃效果就越好(见图 3)。

现代填充技术发现,超细无机刚性粒子可对高分子材料起到增韧增强效果。因此超细  $\text{Al}(\text{OH})_3$  粒子不仅使体系阻燃性能提高,也可解决其影响力学性能这一难题。超细粒度的氢氧化铝,由于增强了界面的相互作用,可以更均匀地分散在基体树脂中,从而能更有效地改善共混料的力学性能。填料的精细化,还有助于合成材料成品光滑度的提高以及其它力学、电学性能的改变。

### 5.2 提高 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的热稳定性

氢氧化铝热稳定性稍差,初始脱水温度较低。研究发现<sup>[21-23]</sup>,氢氧化铝经过 160 长期加热时,结晶水就会有微量析出,在 180 加热时,可以明显观察到结晶水的脱除现象;加热温度超过 200~220 时,氢氧化铝就会开始显著脱除结晶水。许多热塑性塑料和高温橡胶密炼和成型加工温度都超过 220

,因此在加工过程中添加的氢氧化铝会脱水形成气泡,从而影响制品的力学性能。超细氢氧化铝热稳定性差一直是其在高温橡塑材料中使用受限的主要原因。

### 5.3 开发高效的表面改性剂和先进的改性工艺<sup>[24]</sup>

$\text{Al}(\text{OH})_3$  单独使用时,添加量必须在 40 份以上才具有较好的阻燃效果,但高填充量会影响合成材料的加工性能和力学性能,因此必须采取有效措施以改善氢氧化铝粉体的表面性质。为实现此目的,就必须开发来源广、价格低、应用性能好的高效表面改性剂。

除开发出高效的表面改性剂外,还需要重视开发新的表面改性工艺和配伍技术。根据目的材料的性能要求来选择、设计粉体材料的表面,运用先进的计算方法、计算技术以及计算机辅助设计进行表面改性工艺和配伍技术的开发,减少实验工作量,提高表面改性工艺和改性剂配方的科学合理性。

### 5.4 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的纤维化

现代工业要求很多固体的物料以粉末状作为工业原料,它们不仅要具有极细的粒径,严格的粒度分布,很低的杂质含量,而且随着超细粉应用的发展,还需具有特定的颗粒形貌。颗粒形貌和物性之间存在密切的关系,它对颗粒群的流动性、填充性、化学活性等许多性质产生影响。加入强度较高的纤维可以提高合成材料的力学性能。因此,改善  $\text{Al}(\text{OH})_3$  粒度分布,制成纤维状或针状  $\text{Al}(\text{OH})_3$  既可以起到较好的阻燃效果,也可以改善高分子材料的力学性能。据报道,国外已经开发出针状和鳞片状  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,但成本很高。因此降低成本,生产适当长径比的纤维成为这一技术的关键。

### 参考文献(References):

- [1] 欧育湘. 实用阻燃技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
- [2] 葛世成. 阻燃材料手册[M]. 北京:群众出版社, 2000:61-67.
- [3] MARIA Lucia Pereira Antunes. Characterization of the aluminum hydroxide micro-crystals formed in some alcohol water solutions [J]. Materials Chemistry and Physics, 2002, 76(3): 243-249.
- [4] 吴金坤. 氢氧化铝的精细化及其在无卤化阻燃技术中的应用[J]. 化工进展, 1999(2): 50-53.
- [5] 黄东, 南海, 吴鹤. 氢氧化铝的阻燃性质与应用研究[J]. 材料开发与应用, 2004, 19(3): 33-37.
- [6] 李立全, 梁小伟. 我国超细氢氧化铝的生产现状及发展趋势[J]. 阻燃材料与技术, 2003(6): 14-17.
- [7] 林齐, 张磊. 二段种分法生产超细氢氧化铝微粉[J]. 轻金属, 2002 (10): 15-17.

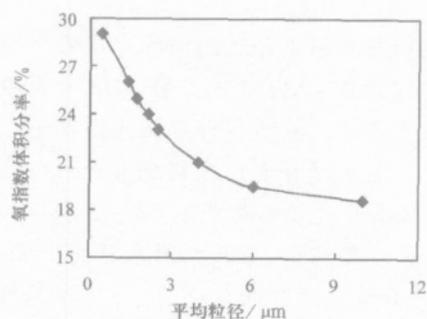


图3 氢氧化铝平均粒径与阻燃性能关系

- [8] 刘昌华, 廖海达, 龙翔云. Sol-gel 水热偶合法制备纳米  $\text{AlOOH}$  及其表征[J]. 西南师范大学学报, 2003, 28(2): 263-266.
- [9] 李裕, 刘有智, 张艳辉. 超细  $\text{Al}(\text{OH})_3$  粉体防团聚的实验研究[J]. 华北工学院学报, 2003, 24(6): 409-411.
- [10] 刘有智, 李裕, 柳来栓. 改性纳米  $\text{Al}(\text{OH})_3$  粉体的制备[J]. 过程工程学报, 2003, 3(1): 57-61.
- [11] 张鹏远, 公延明, 陈建锋. 超重力碳分制备纳米氢氧化铝 [J]. 华北工学院学报, 2002, 23(4): 235-239.
- [12] 刘志强, 李小斌, 彭志宏, 等. 超细氧化铝粉制备的研究[J]. 矿冶工程, 2000, 20(2): 28-30.
- [13] 王凤春, 朱兴松, 张显友. 制备条件对  $\text{Al}(\text{OH})_3$  超细粒子尺寸及分布的影响[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2003, 8(1): 79-8.
- [14] 陈龙武, 甘礼华, 岳天仪, 等. 微乳液反应法制备氧化铝(含水)超细微粒[J]. 高等学校化学学报, 1995, 16(1): 13-16.
- [15] NGUVEN Hue Trinh. Study on the synthesis of aluminum hydroxide and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [J]. Colloid and Polymer Science, 2002, 40(1): 91-97.
- [16] KIM Dee Woong. Preparation of high dispersion aluminum hydroxide[J]. Journal of Dispersion Science and Technology, 2001, 38(3): 267-273.
- [17] Onishi. Reduced particle-size aluminum hydroxide with increased material strength as flame retardant filler: WO 2003000591 A1[P]. 2003-01-03.
- [18] TELYATNIKOV G V. Method for manufacture of aluminum hydroxide RU 2175641 C2[P]. 2001-11-10.
- [19] KINOSE Yutaka. Preparation of stabilized red phosphorus fire retardant epoxy compositions for semiconductor device sealing: JP 2002363385 A2[P]. 2002-12-18.
- [20] IINUMA Koiichi. Halogen free fire-resistant polyolefin compositions and flame retardant electric wires and cables: JP 2001110236 A2[P]. 2001-04-20.
- [21] 王二星, 刘焦萍, 武福运. 氢氧化铝在造纸及有机材料领域的应用[J]. 非金属矿, 1999, 22(5) 27-29.
- [22] 李学峰, 陈绪煌, 周密. 氢氧化铝阻燃剂在高分子材料中的应用[J]. 中国塑料, 1999, 13(6) 80-84.
- [23] 邓邵平.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  对树脂型阻燃剂的阻燃增效作用[J]. 福建林学院学报, 2003, 23(1): 75-78.
- [24] 郑水林, 祖占良. 无机粉体表面改性技术现状与发展趋势. 中国粉体技术, 2005, 11(专辑): 1-5.

## 浙江丰利的超微粉碎设备获“浙江名牌产品”称号

在不久前浙江名牌产品认定委员会发布的浙江名牌产品名单中,浙江丰利粉碎设备有限公司生产的超微粉碎设备榜上有名,再次被认定为“浙江名牌产品”,为期5年。

丰利公司以科技为先导,立足粉体技术前沿。在国内同行业中率先组建的省级重点研发中心--丰利粉碎设备省级高新技术研究开发中心,拥有完善的制造设备及测试设施,具有承接粉体项目设计、开发、制造及成套设备的安装、调试一条龙“交钥匙”工程的能力。与航空部609所、南京理工大学等多家科研院所“联姻”,形成产学研一体化的有机链条,确保开发的新产品科技含量高。

为使整体技术水平始终居于国内领先,并走在国际前列,丰利公司斥巨资引进国际顶尖粉碎设备技术--德国HOBERT技术,成功攻克了超微粉碎同时进行干燥操作、表面改性的难题,研制出高效节能HWV旋风磨。HTC高效涡轮超微分级机解决了超微粉体材料的分级难题,是粉体工程技术的一项重大突破。为打造我国最大的成套粉体设备基地,丰利公司又与被公认为世界领先的三大非金属矿物深加工技术提供商之一的德国IVA工业技术有限公司签约,就粉体设备、成套工程技术及制造、销售等方面展开强强合作,并计划在5年内将联合打造我国最大的粉体设备加工中心、测试中心、技术检测中心、技术开发中心以及销售中心。

集成国内粉体设备研发人才优势,创造出多项独有知识产权和国内领先并达到国际先进水平的技术和产品,已形成“丰利”品牌特色的技术产品链。新一代超微粉碎设备--MTM冲击磨、GJF干燥超微粉碎机、CWM-80型超级涡流磨、CWJ超微粉碎机等10项高新技术产品,被科技部确认为国家重点新产品和国家火炬(计划)项目,代表着我国高档粉碎设备的最高水平。在成功开发出高新技术产业领域的八大类100多个品种的超微粉体设备中,有12项获得国家专利,15项通过省级新产品鉴定,5项评为浙江省高新技术产品,多项列入省级科研重点项目,并获得省市科技进步奖,列入第三批国家双高一优项目;获得国家科技型技术创新基金支持,被国家行业主管部门作为行业重点产品向全国推广,列入高技术产业化项目向全国推进。产品畅销全国各地,远销欧美及东南亚。[吴宏富]