



# 硅烷偶联剂用于非金属粉体表面改性的机理及应用中应注意的问题

李宝智<sup>1</sup>, 王文利<sup>2</sup>

(1、包头瑞智表面改性剂厂, 014010; 2、建筑材料工业技术情报研究所, 100024)

**【摘要】** 非金属粉体的表面改性, 一定要以表面改性的机理为依据, 同时考虑下游有机高分子制品的基材、主体配方及技术要求, 经综合考虑选择合理的改性剂 并在此基础上确定表面改性工艺 选择和配套表面改性设备。本文主要阐述了硅烷偶联剂的结构、作用机理及选择的原则。还对表面改性的工艺及改性设备的确定与选择进行了较详细的介绍。

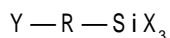
**【关键词】** 非金属粉体, 硅烷偶联剂, 高分子材料, 机理, 选择

非金属粉体的表面改性 是根据高分子制品应用的需要, 有针对性的将其表面原有的物理化学性质进行改变, 即用表面化学的方法, 将有机物分子中的基团在非金属颗粒的表面产生吸附作用和化学反应, 使非金属粉体的表面有机化, 达到表面改性的目的。

在非金属粉体表面改性中, 硅烷偶联剂是常用的一类表面改性剂。要利用好硅烷偶联剂, 就要对它的表面改性机理等进行认真的研究, 合理的选择硅烷偶联剂。

## 1 硅烷偶联剂的结构

硅烷偶联剂是一类分子同时含有两种不同化学性质基团的特殊结构的有机硅化合物, 它们可用以下通式表示:



式中: Y-R 为非水解基团,  $X_3$  为可水解基团。Y 是可以和有机化合物起反应的基团 (如乙烯基、氨基、环氧基、叠氨基等); R 是短链亚烷基 (也称短链烷撑基), 通过它把 Y 与 Si 原子连接起来; X 是可以进行水解反应, 并生成 Si-OH 的基团, 一般的硅烷偶联剂是含有三个可水解的基团。

Y 与 X 是两类反应特性不同的活性基团。Y 中所带的基团很容易和有机聚合物中的官能团反应, 从而可以使硅烷偶联剂与有机高分子基料连接。当 X 活性基团水解时, 使 Si-X 能化为 Si-OH, 而 Si-OH 与被处理的非金属粉体表面的 OH 形成氢键, 同时进行加热, 产生缩合脱水反应, 形成共价键结合。由此通过硅烷偶联剂可将非金属粉体材料与有机高分子材料之间产生一种良好

的界面结合, 使两者可紧密的结合到一起。

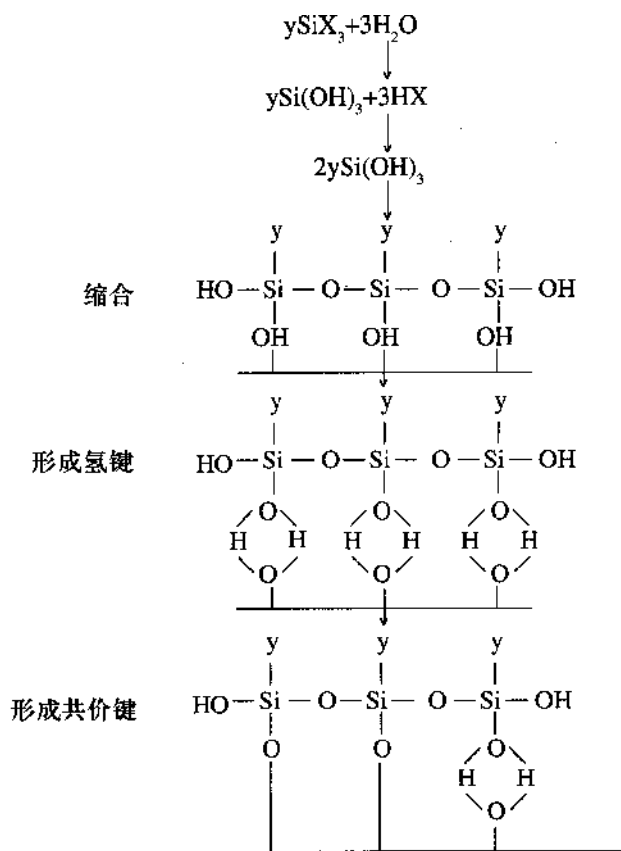
在硅烷偶联剂这两类互异的基团中, 以 Y 基团最为重要, 它对有机高分子制品的性能影响很大, 起决定偶联剂性能的作用。只有当 Y 基团能和对应的有机高分子材料起很好的反应效果, 才能使其基材的性能得到提高。一般要求 Y 基团要与有机高分子材料能很好的相溶, 并能起到偶联的作用。所以对不同的有机高分子材料应考虑选择适当的 Y 基团硅烷偶联剂。

## 2 硅烷偶联剂与非金属粉体的作用机理

近年来, 利用硅烷偶联剂可水解基团的反应特性, 使非交联的有机高分子材料实现了交联固化或改性, 并可通过对某些材料引入特定功能性的基团, 达到改变某些性能的目的, 使其应用面十分广泛。然而硅烷偶联剂比较成熟的作用机理是化学键结合理论。此理论认为: 硅烷偶联剂中含有两类不同的化学官能团, 它的一端能与无机材料 OH 反应, 形成氢键, 并在一定的条件下缩合、脱水和固化, 形成共价键; 另一端又能与有机高分子材料结合, 从而使有机高分子材料——硅烷偶联剂——无机材料之间产生一种良好的界面结合, 将两种性质差异较大的材料牢固的结合在一起。

硅烷偶联剂与非金属粉体的反应过程如图 1。该反应过程分为四步, 第一步是硅烷偶联剂中与 Si 相连的 3 个水解基团与水反应, 生成硅醇; 第二步是硅醇之间脱水, 缩合成 Si-OH 的低聚硅氧烷; 第三步是低聚硅氧烷的 Si-OH 与非金属粉体表面上的 OH 反应, 形成氢键; 第四步是加热的过程中产生脱水及固化, 达到与非金属粉

体形成牢固的共价键结合。



### 3 在非金属材料表面改性中应注意的问题

#### 3.1、硅烷偶联剂的选择

非金属材料表面改性技术是一门与应用技术密切相关的技术，从应用角度来说是很强的针对性。由于硅烷偶联剂的水解效果取决于  $\text{Si}-\text{X}$ ，而与有机高分子材料的反应活性则取决于  $\text{C}-\text{Y}$ 。因此对于不同的基材或处理的对象，选择合适的硅烷偶联剂是至关重要的。

由于非金属材料表面改性主要是解决：一是非金属材料分散问题；二是粉体与有机高分子材料界面结合的问题；三是粉体表面改性后的功能化及专用化问题。而使用硅烷偶联剂，基本上可以解决以上问题。但是需要根据硅烷偶联剂的结构特性及它与非金属材料的作用机理，同时还应考虑下游有机高分子制品的基料性质、主体配方、工艺技术要求及非金属粉体的物理化学性质，对其进行正确的和有针对性的选择。

硅烷偶联剂的选择方法主要是通过试验预选，并应

在既有经验或有规律的基础上进行。例如：一般情况下，不饱和树脂多选用甲基丙烯酰氧基、链烯基硅烷偶联剂；环氧树脂多选用氨基硅烷偶联剂；硫磺硫化的橡胶多选用巯基硅烷偶联剂等。

硅烷偶联剂的选择还应考虑是否选择两种以上的偶联剂。在有些情况下选择两种偶联剂是十分必要的，可以起到协同和多功能化的效果。如选择了两种以上的偶联剂，还应认真的考虑哪一种偶联剂先加或后加的问题。

#### 3.2、表面改性工艺的确定

粉体表面改性的工艺应根据所选用的硅烷偶联剂与非金属材料反应的机理进行确定。如对煅烧高岭土进行表面改性时，首先要对煅烧高岭土进行动态加热，并且应加热到  $100 \sim 110$ ，此时以雾化法加入水解后的硅烷偶联剂或复合偶联剂，在硅烷偶联剂与高岭土反应过程中应保持一定的反应时间，因不同的反应时间其改性的效果是不同的。这一加热反应过程是脱水和固化，以使硅烷偶联剂与煅烧高岭土形成稳定的和牢固的共价键结合。

经偶联剂改性的粉体，都会产生假结颗粒和缩合后产生的硬颗粒，给产品质量带来了很大的影响，所以一定要进行有效的分级，只有这样才能保证产品的质量。

另外，硅烷偶联剂的水解是其调配的重要一环，水解的效果好与差，直接关系到非金属材料表面改性的效果。水的加入量应根据硅烷与水反应达到最佳的硅醇量来考虑。为了水解的比较彻底，应在水解时加入一定量的有机酸使之加快水解的速度和效果。

粉体表面改性中，偶联剂的加入量应根据参加改性粉体的重量、比表面积及硅烷偶联剂的润湿面积计算出其加入的参考量，并根据参考量进行试验，确定出最佳加入量。

#### 3.3、表面改性设备的选择

非金属材料表面改性设备的选择，应根据其表面改性机理所确定的加工工艺为基准，选择和配套无污染的表面改性设备。目前国内的表面改性设备比较多，但是有些表面改性设备没有遵循非金属材料表面改性的机理及工艺要求等制造的，造成粉体表面改性的效果好，由此要对购置的改性设备进行改造和配套后才能达到较好



的效果。所以表面改性设备的选择是我们搞好粉体表面改性工作最重要的一个环节。

根据非金属粉体表面改性的机理及工艺等，在选择表面改性设备时应考虑满足以下几点要求：

表面改性设备能将非金属粉体在动态状况下加热到 130℃，并在 90℃ ~ 130℃ 之间保温。加热和保温时间能够自动控制。

要有排气装置，可将表面改性前后余的水以蒸气的方式排出，达到形成共价键的效果。

非金属粉体在表面改性中应处在高速动态的状况下。

表面改性设备应满足表面改性剂分加的要求。

为解决表面改性中产生的假团聚和硬团聚体，一定要进行有效的分级，应有专用的分级设备进行配套。

近年来，我国生产的部分非金属粉体表面改性设备，没有完全的满足以上几点要求，特别是在表面改性时的温度和反应时间不够，以增加表面改性剂的用量作弥补；其次是表面改性剂不能分加；其三是没有排气装置；其四是经表面改性后的粉体没有进行有效的分级，对产品质量有明显的影晌等。由此我们在选择粉体表面改性设备时，一定要认真的考虑粉体表面改性的机理及工艺，并以此为依据，合理的选择和配套表面改性生产线。

另外，粉体表面改性设备生产厂家也应以粉体表面

改性的机理及工艺为依据，合理的设计和制造出理想的粉体表面改性机组。

#### 4、结束语

非金属粉体的表面改性是其深加工的一种重要手段，要搞好粉体的表面改性工作首先要以其表面改性的机理为依据，同时考虑下游有机高分子的基料及制品的主体配方，合理的选择硅烷偶联剂和复配专用偶联剂；其次应考虑确定合适的表面改性工艺；其三应根据表面改性的机理及工艺选择和配套表面改性设备。

经表面改性的非金属粉体上有机高分子制品工业中的应用，在我国取得了明显的效果，已成为有机高分子行业不可缺少的重要原料。由于非金属粉体深加工技术的迅速发展，为有机高分子制品行业提供了选择和探索的多种条件，也引导和促进了非金属行业的持续性发展，使我们加强了非金属深加工产口及应用技术的开发。为此我们应该把非金属粉体表面改性向功能型、专用型及高附加值型转化，以达到产品升级的目标。

#### 参考文献

- [1] . 杜作栋 . 有机硅化学 . 北京 . 高等教育出版社 . 1990 ;
- [2] . 李宝智 . 煤系煅烧高岭土的表面改性和应用效果及应用注意的问题[J] 中国非金属矿工业导刊 2003 3;
- [3] . 李光亮 . 有机硅高分子化学 . 北京 . 科学出版社 . 1998 .

## 欢迎订购《中国粉末冶金企业名录》

国内近年来第一本粉末冶金企业黄页簿——《中国粉末冶金企业名录》，经过华东五省一市粉末冶金学会和中国粉末冶金商务网组成的编委会全体同志近一年的努力，现在正式推出。

本名录汇集了全国一千三百多家粉末冶金及相关企业的信息，包括公司名称、企业简介、联系方式等。该书门类齐全、覆盖面广，实用性强，并采用分类查询以及地域查询等多种查询方式，是一本难得的企业资料手册。

本名录无论是对于粉末冶金产品采购的主机企业，还是对于粉末冶金产品生产企业以及粉末冶金设备和原料企业，都有着很强的实用价值。

定价：200元/册(含邮资) 订购电话：010-82930764