

Safety and Labor Protection in the Production of Epoxy Resin Chemical Materials

Yinggang Li

Linxi County Emergency Management Bureau, Chifeng, Inner Mongolia, 025250, China

Abstract

Epoxy resin as a kind of chemical materials, has the characteristics of high chemical stability, at the same time, has good high temperature resistance and electrical insulation. Epoxy resin chemical materials are widely used because of their low production cost. However, epoxy resin has low mechanical properties, poor hydrophobic and oleophobic properties. In recent years, with the increasing requirements of the chemical industry for material performance, epoxy resin chemical materials have been modified on the original basis, and are more comprehensive and superior, and have been widely used in various fields of the national economy industry. Based on this, this paper mainly analyzes the safety and labor protection of epoxy resin chemical materials in the production process.

Keywords

epoxy resin; production; protection; safe

环氧树脂化工材料生产中的安全与劳动保护

李英刚

林西县应急管理局, 中国 · 内蒙古 赤峰 025250

摘 要

环氧树脂作为化工材料的一种, 具有化学稳定性高的特点, 同时, 具有良好的耐高温性能和电绝缘性。环氧树脂化工材料由于其生产成本低廉, 因此被广泛使用。然而, 环氧树脂具有力学性能低、憎水和憎油性较差的问题。近年来, 随着化工行业对于材料性能的要求日益提升, 因此, 环氧树脂化工材料在原有基础上被进行了一定的改性, 综合性更加优越, 现已被广泛应用于国民经济产业的各个领域之中。基于此, 论文主要就环氧树脂化工材料在生产过程中的安全与劳动保护问题进行分析。

关键词

环氧树脂; 生产; 保护; 安全

1 引言

环氧树脂是一种具有重要价值的有机化工材料, 其具有粘合性高、收缩性好、耐化学腐蚀和介电性能优良等特征。现阶段, 环氧树脂化工材料重要应用于涂料制造、粘合剂制作、浇铸材料制作等领域, 在国民经济产业中的汽车业、建筑业和食品包装行业等被广泛应用, 已然成为各领域不可或缺的重要材料。近年来, 国家对于安全问题的管理更加严格, 对于环保问题的重视程度显著提升。在这样的社会大背景之下, 清洁生产、绿色化工和低碳减排等逐渐成为主要的产业政策导向, 也成了化工材料生产的未来主要趋势。因此, 环氧树脂的生产工艺朝着更加安全、环保、节能、高效的方向发展。在环氧树脂生产过程中对工艺进行优化升级, 更加能

够满足政策和市场的发展要求。

2 环氧树脂化工材料简介

环氧树脂作为一种在化工生产中发挥着重要作用的高分子材料, 力学性能较为稳定, 在各类生产行业中被广泛应用。环氧树脂化工材料的结构特性主要展现在三个层面: 第一, 环氧树脂由环氧基和氨基等分子结构组成, 分子结构复杂。在这之中, 环氧基是主要的分子结构。由于环氧树脂在分子结构方面展现出了明显的复杂性, 因此, 当其被应用于不同生产领域时, 普遍能够表现出良好的反应活性。第二, 在多数情况下, 环氧树脂主要与固化剂发生反应, 因此, 其在网络结构方面强度较好。这种结构使得环氧树脂具有良好的耐化学性和热稳定性。第三, 在热性能方面, 环氧树脂化工材料由于其在分子结构方面表现出的鲜明特征, 因此, 在高温环境下具有良好的热稳定性。同时, 环氧树脂在阻燃性能方面也表现得较为优越, 能够在降低火灾事故危害等方面

【作者简介】李英刚(1985-), 男, 中国内蒙古赤峰人, 本科, 注册安全工程师, 从事劳动安全研究。

发挥重要作用。

3 环氧树脂化工材料生产中的安全问题

3.1 对皮肤表面组织的刺激

环氧树脂化工材料受其分子末端化合物所表现出的化学特征的影响，因此，极易容易导致生产人员发生皮肤过敏的问题。大多数情况下，这种过敏症状表现为生产人员的眼睑水肿、结膜充血和角膜损伤。除此之外，固化剂中的毒性成分还会对生产人员的皮肤和黏膜造成一定的刺激。胺作为一种有机碱，能够溶于水和脂肪之中，因此，当其停留于人的皮肤表面时，会在人体的皮肤脂肪中发生溶解和渗透，进而导致生产人员发生皮炎。当其长时间停留于人的皮肤表面时，会对人的皮肤产生更为严重的刺激，进而导致生产人员发生泛发性强皮炎症。这种皮炎的症状主要表现为点状红斑，更有甚者，还会导致生产人员的皮肤产生水泡，导致局部皮肤组织坏死。倘若生产人员在高浓度的环境中与其长期接触，还会对生产人员的呼吸道产生严重的影响，导致生产人员患上气管炎或支气管炎。同时，环氧树脂作为一种化工材料，当其为一种溶剂时，生产人员一旦吸入，则会发生呼吸困难、眩晕和恶心等症状，当这种症状较为严重时，呼吸功能还会出现衰退的情况。

3.2 极性毒性分析

当环氧树脂的相对分子质量较小时，其极性毒性就会越大。环氧树脂活性稀释剂中大多属于低相对分子质量的化合物，由于其挥发性极为活跃，因此，对生产人员造成的危害要明显高于双酚 A 环氧树脂。在生产过程中，其对人体产生的危害主要基于同人体之间的皮肤接触而发生。除此之外，在部分情况下，也会因呼吸道吸入而对人体产生危害。在环氧树脂生产过程中，当发生管道破裂等意外事故时，会导致生产人员误吸入大量的氧化乙烯，进而发生急性中毒的严重情况。而由于环氧树脂在固化之前尚未表现出一定的挥发性，因此，生产人员在常温环境下吸入，并不会产生明显的危害。

4 环氧树脂化工材料的安全生产

4.1 硅氧键平衡

硅基化合物以其卓越的热稳定性和抗氧化特性而受到重视，这主要得益于其 Si-O 键所具备的高断裂能。这些键能够通过羟基或烷氧基团被整合入聚合物链中。此外，在特定的条件下，聚合物网络中的 Si-O-Si 键能够发生裂解与重组，这一特性为材料的自我修复、回收以及重复使用提供了可能。基于这一原理，科研人员已经研制出了众多可回收和可再生的环氧树脂产品。利用硅氧键的动态平衡特性，LIUQF 等人采用常见的 E44 型环氧树脂为基础材料，并以 KOH 作为触媒，成功研制出了一种可以回收的环氧树脂。在环氧树脂内部的交联网络中，KOH 催化使得硅醚键能够被再次重组，并具备了一定的动态可逆性，具体如图 1 所示。

由于硅醚键具有良好的重组性，因此，环氧树脂因此而具备了卓越的机械性能，同时能够在实际生产过程中得到再次重塑，且能够被再次加工，这使得环保型环氧树脂的生产具备了更加丰富的方向。然而，在这类环氧树脂系统中，KOH 作为催化剂始终以游离的形态而存在，同环氧树脂的基材尚不具备高度的亲合性，因此使得环氧树脂在二次利用的过程中，难以实现均匀地分布，会对材料的热分解温度产生负面影响。

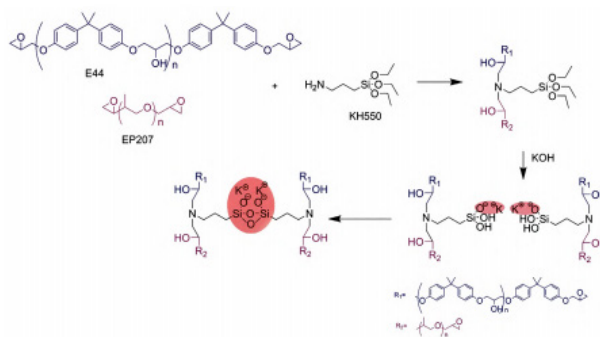


图 1 KOH 催化硅醚键的可逆断开和形成示意图

为克服催化剂分布不均的难题，增强可回收型环氧树脂的热解稳定性及其杨氏模量，使其能更好地适应热固性树脂的标准应用场景，科研人员采取了一种新策略，即在固化剂体系中引入活性硅氧烷键，进而实现环氧树脂的交联处理，从而显著提高了其耐高温性能和机械强度。有团队将硅氧烷低聚物作为催化剂和固化介质，由此生产出了具备良好性能，且可被循环使用的环氧树脂。在硅醇酸钾催化基团与聚硅氧烷主链的化学反应下，环氧树脂的基体内部实现了均匀地分布，使得硅氧键能够在良好的条件下再次充足，确保了环氧树脂化工材料在网络结构层面的稳定性。这种新型环氧树脂展现出优异的应力松弛特性（在 90℃ 下的松弛时间为 376.8s，而在 170℃ 下仅需 40.2s），同时保持了较高的力学性能（断裂应力达到 46.6MPa，杨氏模量为 2.2GPa）。受硅醇酸钾催化作用的影响，环氧树脂的内部结构会在一定时间内保持良好的硅氧烷动态平衡状态，在这种动态平衡状态下，环氧树脂具有良好的自我修复和回收能力。就当前环氧树脂的实际生产情况而言，可以进行二次回收利用的环氧树脂中，硅氧键分解和重构工作的完成，主要依赖于催化剂在其中发挥的促进作用。在催化剂的作用下，环氧树脂能够得到多次的修复和反复利用。在将其二次利用后，环氧树脂依然具有良好的力学性能。因此，环氧树脂的二次回收和利用极大程度上降低了生产人员在工作过程中所受到的危害，而环氧树脂在电气设备、绝缘材料等领域的反复利用，也使得生产人员在生产过程中不必再与挥发性物质产生多次接触，皮肤过敏等不良反应的发生概率能够得到明显降低。

4.2 D-A 加成

D-A 加成作用指的是共轭二烯烃与取代烯类（通常作

为亲双烯体)相互作用,形成取代环己烯产物的过程。在温度受到一定限制的情况下,共轭二烯烃能够同取代烯烃之间相互进行交联,进而实现环氧树脂网络结构密度的提升。在较高温度的条件下,D-A反应的可逆性得到凸显,环氧树脂原本互相交联的网状结构会得到分解,这种主要依赖于温度的变化而发生的可逆反应,为环氧树脂材料的再次加工处理提供了新的策略。科研工作者将D-A反应的可逆性应用于环氧树脂,制成了具备重塑特性的环保型环氧树脂材料。

现阶段,研发含有D-A键的循环利用型环氧树脂主要采取两种策略:

其一,对固化剂进行化学改造,将D-A键置入改造后的固化剂内,使得经过改性的固化剂不仅能够与环氧基团发生开环聚合反应形成交联网络,而且D-A键还能够充当可逆键,以调控网络结构的断裂与重塑。BAIN团队采取二氨基辛烷、马来酸酐与糠胺为原料,通过反复的探索和实践,研制出了含有D-A结构的新型交联剂,并与二缩水甘油醚之间发生了化学反应,由此产生了含有D-A结构的环氧树脂材料。而KUAN GX小组通过将含有D-A结构的新型交联剂与聚醚胺之间相互作用,使得双酚A二缩水甘油醚发生了固化的现象,由此合成了同样包含D-A结构的环氧树脂材料。

其二,是将共轭双烯引入环氧树脂的反应单体当中,并由此生产出相应的低聚合物,并在此基础上,将其与相应的衍生物之间进行反应,进而生产出基本的环氧树脂网络结构。在这样的情况下,环氧树脂的内部会形成动态D-A键。且能够在多样化的温度和环境条件下得到再次的修复和二次利用。例如,FANMJ这类含有氧乙烯基团的双酚A型环氧树脂,在与糠胺发生化学反应之后,能够制备出含有咪唑功能团的聚羟基氨基醚预聚体。在此基础上,能够制备出具备良好可逆性的动态D-A键。含有上述成分的环氧树脂化工材料,能够在135℃及10MPa的压力环境下得以再次重塑,并在120℃的条件下再次被溶解和回收。ILORERO团队采用双酚A二缩水甘油醚、间二甲苯二胺、糠胺以及马来酰亚胺作为原料,研制出了一种新型的含D-A结构单元的环氧树脂。这种树脂在90℃~180℃的温度范围内能够进行再加工和重塑,而一旦温度降至60℃以下,其性能便会恢复至初始状态。与此同时,在室温环境下,丙酮等溶剂可在24h之内再次回收和利用。虽然D-A反应使得环氧树脂能够得以再次回收和利用,但是,D-A反应在一定程度上降

低了环氧树脂化工材料的力学性能,因此,需要在D-A反应的基础上,找到环氧树脂在力学性能保证和可回收性能实现二者之间的有效平衡,以此确保环氧树脂能够在化工生产过程中得到二次回收和利用。

在上述两种思路的基础上,环氧树脂包含动态D-A键网络结构。但是,D-A键的重生只能够发生在部分情况下,而不能在普遍情况下得到广泛使用,这使得环氧树脂的二次回收和自我修复依然存在一定的限制。只有将这种限制进行消除,才能够有效降低生产人员在从事环氧树脂生产过程中造成的安全危害。为解决这一问题,相关人员在反复的实验和探索过程中,发现了双重动态可逆键的方法。在这种情况下,环氧树脂的回收和自我修复成效能够得到明显提升。例如,ZHANGBR等通过实验发现,咪唑-马来酰亚胺基环氧树脂体系中引入氢键以后,环氧树脂能够在90℃的条件下,在7h内断裂面实现完全修复。

但是,这并不意味着D-A加成反应能够有效降低环氧树脂生产过程中危害情况发生的可能性。D-A加成反应合成简单,且需要的环境条件相对温和,且反应后的环氧树脂能够具备良好的再生和重塑性能,但是,其热稳定性相对较低,且极易容易受到高温环境的影响。因此,未来的探索和实践,仍然需要对其在高温条件下的稳定性进行更加深入的探索 and 实验,以此确保其能够在实践中得到更加广泛的应用,进而提升生产过程中的安全性。

5 结语

环氧树脂作为一种重要的化工材料,其在强度、硬度和耐腐蚀性等方面所表现出的良好性能,使其在多个领域中被广泛使用。然而,随着人们安全意识、环保意识的逐渐提升,因此,环氧树脂现阶段面临着显著的改进和优化问题,其中,着重需要解决环氧树脂的有毒性、易燃性和易挥发性等问题。在未来的发展过程中,要使环氧树脂能够得到更加广泛的应用,就需要在技术层面进行更加多元化的探索和创新。

参考文献

- [1] 伍云健,胡益然,林慧,等.基于席夫碱基的可降解环氧绝缘材料性能研究[J].高压技术,2023,49(11):4490-4497.
- [2] 郭鹏翔,李进,孔晓晓,等.混合酸酐固化双酚A环氧树脂介电性能研究[J].绝缘材料,2022,55(6):16-21.
- [3] 饶建波.一种新型氟化环氧树脂的制备及工艺研究[J].信息记录材料,2019,20(12):30-32.