

木质素在木材胶黏剂中的应用现状

涂怀刚¹ 宿高明²

1. 山东顺创新材料科技有限公司 山东临沂 276000

2. 山东珺宜环保科技有限公司 山东临沂 276000

摘要: 木质素是一种来源丰富的生物质资源,在环保胶黏剂领域极具发展潜力。木质素是一类含有酚羟基、醇羟基、甲氧基等活性基团的高分子化合物,这些特性使得其有很好的改性能力和化学反应性。比如,通过对木质素进行化学改性,改善其与树脂之间的相容性,进而改善胶黏剂的性能。同时木质素的大量应用也能有效缓解环境污染,全球每年有大量的木质素废弃物被认为是工业副产物,而基于木质素的胶黏剂,既能降低对矿物资源的依赖,又能降低碳的排放量。

关键词: 木质素; 木材胶黏剂; 应用现状

引言

木质素是植物体内最主要的组分,其含量约为30%,是一种极具发展潜力的天然聚合物。木质素作为一种高效、可再生的可再生能源材料,在木材加工、化工和能源领域具有广泛的用途。但是,受原材料和生产过程的制约,造成了其化学组成复杂、催化性能不高的问题。长久以来,人们将其视为废物,用于燃料、添加剂和分散剂等低增值产品,而没有被充分利用。直到石油危机发生前,天然存在的木质素作为一种可再生的芳香化合物,在能源、化工、材料等方面引起了世界各国的重视。以木质素为基础的各种研究也随之展开。木质素作为一种重要的生物活性物质,在许多领域都具有广泛的应用前景。从结构上讲,其酚羟基、羧基以及苯环结构等非反应性中心可用作胶黏剂,为木质胶黏剂的制备提供理论基础。随着人类对石油资源的日益紧张,人们对建筑材料的要求也越来越高,因此利用木质素作为胶黏剂的研究日益引起人们的重视。

一、木质素的物理化学性质

不同来源的木质素在结构及化学特性方面存在较大

差别,在自然界中,木质素与周围的纤维素、半纤维素形成的结构也十分复杂且无规则,难以在大部分溶剂中溶解。目前,国内外对其理化性质的研究主要是从植物细胞壁木质素中分离得到的。但是在此过程中,木质素原有的结构会受到一定程度的破坏,并且会产生类似于缩合的副反应,从而影响到木质素的性能。木素的理化特性是:接近白,分开后颜色深棕色,在大多数溶剂中难以溶解,无熔点,热稳定性好,分子量在数十万至数百万之间,含有苯环、甲氧基、羟基等基团,能够发生多种氧化还原反应,但其催化活性一般不高^[1]。木质素是一种新型的胶黏剂,其分子结构中含有大量的羟基,这是一种非常有效的反应活性位点,木质素的含量及种类是影响木质素活力的主要因素。

二、木质素改性胶黏剂的制备技术

(一) 木质素的化学改性方法

对木质素进行化学改性是改善其使用性能的关键。木质素是一种具有多种化学改性功能的单体,包含酚羟基、醇羟基和甲氧基等活性基团。如磺化、酯化、醚化等,可改善木质素的溶解性,改善其与树脂的相容性。磺化木质素是常用的改性产物,其中的磺酸基能改善胶黏剂的电荷稳定性。在此基础上,进一步将木质素与丙烯酸、醋酸乙烯酯等高分子单体进行接枝共聚,得到高黏附力的共聚物。这些化学改性方法将为开发环保、功能化的新型胶黏剂奠定基础。

(二) 木质素与树脂的复合技术

木质素与树脂的复合技术是改善木质素胶黏剂性能的关键环节。木质素是结构复杂的有机高分子,富含多

作者简介:

涂怀刚(1982.07—),男,汉族,江西南昌人,硕士,研究方向:木材胶黏剂、高性能助剂、聚氨酯胶黏剂等。
宿高明(1987.02—),男,汉族,山东临沂人,本科,高级技师,研究方向:环保材料研发,环境监测,环保设备技术等。

个羟基、羧基、甲氧基等活性基团，可以与多种树脂进行黏结。如与酚醛、环氧或PU等树脂复配，可改善其耐热、粘着及耐水性。研究表明，经过适当改性，在保持较好黏结强度的前提下，木质素与树脂的黏结强度可达50:50以上^[2]。同时，这种复合技术还将充分发挥木质素的降解特性，降低其对石油树脂的依赖程度，从而实现绿色、可持续发展。

（三）木质素在热压胶合中的应用技术

木质素在热压胶合中的应用技术是当前的热门课题。在热压胶合过程中，木质素的热稳定性能和与树脂间的协同效应是关键。木质素的热塑性使得它可以在较高的温度下，与木材表面形成一层连续的黏结薄膜。比如，在超过200℃时，对木质素进行改性，可使其耐热性能得到改善，从而达到热压符合的要求。将其与苯酚和环氧等多种树脂复配，可改善胶黏剂的抗水、耐热性能，并保证了热压成型时牢固的胶接界面。

例如，木质素胶黏剂在人造板生产中显示出良好的应用潜力。通过对热压工艺条件（如压力、温度、时间等）的优化，达到高效利用木质素胶黏剂，减少生产成本，减少对环境的污染^[3]。但其热压成型时的流场调控及胶接强度均匀化仍是亟待解决的关键问题，亟待深入研究。

未来的研究方向可能包括开发新的改性策略，如纳米改性或酶催化改性，以提高木质素在热压条件下的性能。此外，建立更准确的数学模型来预测和控制热压过程中的胶黏剂性能，也将有助于木质素胶黏剂在木材行业的广泛使用和营销。

（四）木质素聚乙烯亚胺木材胶黏剂

木质素聚乙烯亚胺木材胶黏剂以生物蛋白为原料，利用其高粘接强度、良好的密封性和低对界面结合能力的要求，构建基于生物蛋白的生物胶，是一种高效的新型木材粘合剂。海洋蛋白质是一种很好的粘合材料，其能将贝壳或其他物品与湿润、不平整的表面紧密结合。其优良的吸附特性与其表面的儿茶酚、巯基、氨基、亚胺等基团密切相关。从结构上讲，木质素是以苯基丙烷为基本单元的，其生成具有邻苯二酚基团的可能性。同时利用木质素的基团如酚羟基、醛基、羧基等，将其与含氨基、亚胺等基团进行反应，制备出具有生物活性的生物胶黏剂。其中，聚乙烯亚胺能与伯胺、仲胺发生较强的化学反应，能与环氧树脂、酸及异氰酸酯等化合物发生反应，是一种重要的木质胶黏剂原材料^[4]。

三、木质素基胶黏剂的性能评估

（一）机械性能与耐久性

木质素胶黏剂的机械强度及使用寿命是制约其广泛应用于木材加工业的重要因素。木质素的分子结构赋予了它很好的交联能力，它能够增加胶接强度，进而改善制品的力学性能。比如，通过对木质素进行化学改性，可以使木质素与树脂间的键合力得到增强，从而使胶黏剂的抗张、抗冲击性能得到显著提高。

在耐久性方面，木质素胶黏剂具有良好的抗气候变化（湿度、温度、微生物等）性能。例如，某案例显示，经过特别改良的木质素胶黏剂，经两年的室外应用，其胶接强度可达80%，且经久耐用^[5]。但是，与传统胶黏剂相比，木质素胶黏剂在长时间浸泡和恶劣气候环境中的耐久性还有待提高。

目前，人们正致力于通过添加功能化的纳米填料、发展新型网络结构等手段来提高材料的性能。通过多尺度数值模拟与试验验证，最终获得兼具优异力学性能与耐久性且兼顾环保的木质素胶黏剂。这种不断的革新将会促进木质素胶黏剂在工业中的应用，从而达到更加有效、可持续的生产工艺。

（二）环保性与生物降解性

木质素是一种新型的天然高分子材料，其应用于木材胶黏剂中，大大改善了其环保性能。木质素胶黏剂具有较高的使用寿命，以及较低的碳排放量，符合可持续发展理念。另外，木质素具有良好的生物降解性能，可被自然界中的微生物降解，降低了对环境的长期危害^[6]。因此，木质素胶黏剂在木材加工、家具加工等方面有着广阔的应用前景，也将为相关产业的“绿色化”发展提供新思路。

（三）与传统胶黏剂的性能对比

木质素胶黏剂是一种新型的胶黏剂，从生态角度出发，利用木质素作为胶黏剂，不仅可以降低对石化产品的依赖，而且可以降低碳的排放量。但前期研究发现，较早阶段的木质素胶黏剂在耐水、耐热、初粘性等性能上与酚醛、脲醛等传统胶黏剂相比较差，制约了其在一些高要求领域的应用。近年来，通过对木质素进行化学改性与复配，使其性能有了较大的改善。采用特殊功能基团或与高性能树脂复配，可在不影响其机械性能的前提下，改善其在湿润环境下的耐久性。但目前木质素胶黏剂在大规模工业化生产过程中存在着成本高、稳定性差等问题。相对于传统胶黏剂，木质素的萃取及改性工艺更为复杂，从而提高了生产成本。所以，在保证产品性能的前提下，需要进一步改进制造过程，减少制造成本，增强市场竞争力。

四、应用现状与挑战

(一) 木质素胶黏剂在不同木材加工领域的应用

木质素胶黏剂在不同木材加工领域具有广阔的应用前景。在家具生产中,由于具有良好的环保性,木质素胶黏剂正逐步替代传统的防甲醛胶黏剂。例如,某研究显示,以木质素为基料的板材家具,其甲醛释放大大降低,同时也能满足环保要求。另外,木质素胶黏剂还可用于制备定向跨径、叠层薄木等建筑用材,在改善制品力学、耐老化、降低环境污染的前提下,具有广阔的应用前景。

但是,木质素胶黏剂的实际应用还存在一定的问题。比如,与传统的胶黏剂相比,这种胶黏剂的黏结强度和防水性能要稍差一些,特别是当室外木材需要长时间接触时^[7]。因此,如何对木质素进行改性,使之能够适应不同行业对木质素胶黏剂的苛刻要求,是今后进一步研究的重点。

(二) 现有应用中遇到的技术与经济挑战

木质素胶黏剂在环保、可持续发展等领域展现了广阔的应用前景,但其实际应用还存在诸多技术与经济问题。从工艺上讲,由于木质素基团的复杂性,使得其与树脂之间的相容性较差,从而降低了其使用稳定性。另外,该方法存在反应繁琐、反应条件苛刻等缺点,导致合成成本高、环境污染严重等问题。

从经济性上看,由于生物质废弃物(如造纸业的副产品),存在着产量不稳定、地域差异等问题。木质素作为胶黏剂,其生产成本仍偏高,成为制约其市场竞争力的重要因素。因此,未来的研发工作需要专注于优化木质素改性策略,在改善其性能的基础上,探索更加经济、可持续的原料及制备方法^[8]。另外,政府的大力扶持以及消费者对环保型商品的需求,都将未来以木质素为基础的胶黏剂市场成长的主要动力。

五、木质素胶黏剂存在的问题及对策

木质素是一种廉价易得的原料。木质素作为石化材料的替代品,既能解决石油资源短缺问题,又能实现对造纸及生物质能源等工业废弃物的综合利用,促进我国造纸工业、生物质能源工业和人造板工业的协调发展。目前,国内外对木质素胶黏剂的研究虽有一定进展,但还没有达到工业化的程度。各种木质素胶黏剂仍然存在很多未解决的问题,尤其是如下方面:

一是木质素受原料来源以及分离方式的影响,导致其理化性能有较大差异。木质素是一种重要的造纸废弃物,由于其含有较多的杂质,使得其制品的性能存在较大差别。为确保有关产品的稳定性和满足有关标准,其

需要经过分离和纯化。当前,碱木素的纯化方法是通过酸析、过滤和超滤等工艺来去除不溶解的物质和盐类,进而提升其质量。

二是木质素本身活性较低。木质素改性是提高其催化活性中心的一种有效途径。除了常规的改性手段外,还需通过对其进行化学交联,使其与其他组分形成良好的黏结。同时,利用木质素主链上的醚键、碳碳键等,实现对刚性苯环结构的保护。通过该研究,有望实现对木质素的还原,并提高其活性基团的含量,为制备高性能木质胶提供理论依据。

结束语

综上所述,木质素是一种丰富的木材胶黏剂。木质素的化学结构赋予了其优良的胶黏性能,尤其是对环境的适应性,其作为一种极具潜力的可再生能源,减排潜力极大,体现了世界各国的“绿色”与“可持续发展”。通过对木质素进行化学改性,增加其溶解性、反应性等,使其具有更好的综合性能,使之能够满足不同木材加工行业的需求,如在家具生产、木质板材生产等领域具有广阔的应用前景。因此,预计木质素在木材胶黏剂中的重要地位将进一步巩固,其广泛的应用可能性将为全球木材工业的可持续发展赋予新的活力。

参考文献

- [1] 霍美玉, 刘贵锋, 霍淑平, 孔振武. 木质素及其衍生物在木材胶黏剂中应用研究进展[J]. 生物质化学工程, 2024, 58(01): 56-66.
- [2] 麻馨月. 木质素在木材胶黏剂中的应用现状[J]. 广州化工, 2023, 51(03): 12-16.
- [3] 姜鑫, 李泽, 杜官本, 邓书端. 乙二醛在木材胶黏剂领域的应用研究[J]. 林产工业, 2022, 59(10): 41-45.
- [4] 苟倩. 浅谈环保型木材胶黏剂的研究进展[J]. 当代化工研究, 2022, (06): 84-86.
- [5] 崔晖, 时彦卫. 木质素类木材胶黏剂专利分析[J]. 中国标准化, 2021, (S1): 11-18.
- [6] 王勇, 殷亚庆, 李青云, 唐爱星, 赵磊, 刘幽燕. 水相中合成木质素环氧树脂及其在木材胶黏剂中的应用[J]. 过程工程学报, 2022, 22(05): 671-679.
- [7] 马玉峰, 龚轩昂, 王春鹏. 木材胶黏剂研究进展[J]. 林产化学与工业, 2020, 40(02): 1-15.
- [8] 王森, 牡丹丹, 王英楠, 王坤铭, 孟齐, 尚欣宇, 邱明伟. 无醛玉米秸秆木质素基木材胶黏剂的制备与性能[J]. 化学与黏合, 2018, 40(04): 231-234+273.