

文章编号: 1000-582x(2001)01-0151-04

·研究综述·

石膏基植物纤维板的吸水性及防水措施

张东翔, 黄晓军, 袁昭慧, 徐红

(重庆大学 环境与化学化工学院, 重庆 400044)

摘要: 从石膏晶体结构、植物纤维结构及石膏基植物纤维板的显微结构与材料特性出发, 探讨了石膏基植物纤维板的吸水原理, 以及相应的防水措施。总结了国内外有关石膏与植物纤维耐水性研究工作的现状, 阐释了石膏基植物纤维板耐水方面的应用特点。

关键词: 石膏纤维板; 防水剂; 植物纤维; 新型建材

中图分类号: TU 528.47; TU 528.042.6; TU 522.09

文献标识码: A

石膏基植物纤维板是以石膏为基质, 植物纤维为增强材料, 添加必要的辅助原料, 经冷压而成的一种性能优良的轻质建筑材料, 其主要用于建筑内隔墙及室内装修, 与传统的实心粘土砖比较有着较为明显的优点: 自重轻; 节约能耗; 增加使用面积; 便于施工及使用灵活; 装饰新颖美观; 无污染; 良好的隔热、隔声以及可调节室内湿度等性能^[1,2]。石膏基植物纤维板在国内外都具有非常广阔的市场前景。但是由于石膏基植物纤维板存在易吸水以及吸水后强度等性能下降的缺点, 所以在湿度比较大的环境中降低了使用性能的发 挥, 并且限制了向国内外市场的进一步开拓与市场竞争力的提高。

笔者就石膏基植物纤维板易吸水的主要原因进行分析, 并总结国内外石膏基植物纤维板防水添加剂的最新研究动态, 为今后的研究和生产提供帮助, 并可以进一步用于电厂脱硫石膏、磷石膏以及农作物秸秆等的综合利用。

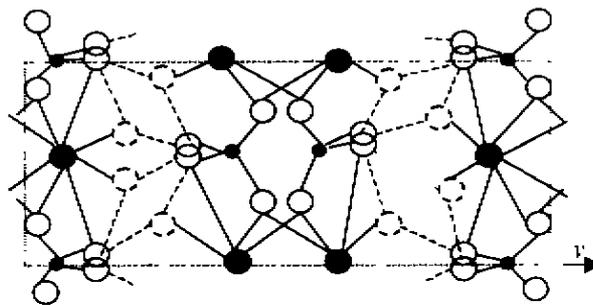
1 石膏纤维板吸水原理

从石膏基植物纤维板的原材料来分析, 石膏微溶于水, 植物纤维虽不溶于水, 但吸水后会发生润胀; 显微结构分析表明这类板材是一种多微孔结构, 具有毛细吸水特性。所以石膏纤维板易吸水变形、翘曲。石膏制品干燥状态的抗压强度可达 6~10 Mpa, 但处于

水饱和时抗压强度损失近 70% 以上^[1]。

1.1 石膏晶体结构

石膏晶体结构分析(图 1)表明 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 晶体为层状结构。图 1 中的层是棱视的, 每个层本身是复合层, 由含有 H_2O 、 $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ 和 H_2O 四层组成。复合层内部每个 Ca^{2+} 离子分别与 SO_4^{2-} 基中的六个氧原子和两个水分子配位。每个水分子与一个 Ca^{2+} 离子并(借氢键)和两个不同 SO_4^{2-} 基中的两个氧原子相连接, 这两个氧原子中一个在它的本层,



●S; ●Ca; ○O, □H₂O

注: 投影在垂直于 x 轴平面上的石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 单斜结构晶胞的理想化平面图。图中的层是棱视的, 在图的中部为一完整层, 两边是两个半层。氢键以虚线表示。

图中四个氧原子和一个硫原子相连接表示一个 SO_4^{2-}

图 1 石膏晶体结构

· 收稿日期: 2000-04-24

· 基金项目: 国家春晖计划项目[1999-8]

· 作者简介: 张东翔(1965-), 男, 内蒙古人, 重庆大学副教授, 博士。主要研究方向为资源综合利用与化学工程。

另一个在毗连层,氢键是连接复合层间唯一的键^[4,5]。在垂直于层的方向的热膨胀系数比其他方向大得多,该氢键在外来的化学键(如水中的氢键)的干扰下则很容易破坏。以上分析表明二水石膏晶体为各向异性结构,水分、热等条件很容易破坏这些氢键,进而产生晶体的层解离,造成石膏晶体结构的破坏。

1.2 纤维表面的吸水作用

分离后的纤维或纤维束具有巨大的自由表面,在这些自由表面上存在着羟基、羧基、醛基等极性基团,其中主要是羟基。这些基团对极性的水分子有强烈的吸附作用,而且纤维表面通常所带有的负电荷必然增加纤维对水分子的吸附能力,其吸附量可达5%~6%^[6]。水分子进入纤维细胞壁内的微毛细管后,就会加大分子链间的距离(图2),产生润胀效应,降低纤维的内聚力,使得纤维内部的组织结构变得更为松弛。润胀后纤维直径可以膨胀2~3倍^[7],其产生的应力对整体结构会造成破坏作用。所以植物纤维表面对水分的吸附作用是影响石膏基纤维板变形及其它性能变化的重要原因。

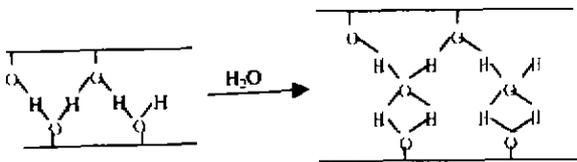


图2 纤维吸水润胀

1.3 石膏植物纤维板显微结构分析

在石膏纤维板的显微结构层次上观察到许多尺度不均匀的微小孔隙。这些孔隙产生原因可能是多种多样的^[8]：

1) 石膏水化过程产生的非均匀孔隙数量较多,约占凝胶总体积的25%~35%,但孔径极小,一般对石膏纤维板的抗渗性能影响不大;

2) 石膏水化过程中的过量水在石膏纤维板坯内干燥蒸发后产生遗留孔隙。其孔径直径为数百埃至十微米,数量和大小与石膏比、水化程度有关。这类孔隙的毛细渗水性比较大;

3) 石膏和纤维配比不当,石膏粉贫瘠,不足以填满植物纤维之间的间隙而出现的余留孔。

4) 石膏纤维板结构形成时,石膏和植物纤维材料变形不一致而引起的接触缝隙,这类孔隙比毛细孔大,可能引起渗漏;

5) 纤维细胞壁本身含有的微毛细管有较强的吸水作用。

石膏纤维板中的这些孔隙不仅引起吸水现象,而

且也会影响板材的强度。

1.4 石膏纤维板的毛细吸水原理

由1.3所述,石膏基植物纤维板中含有大量的毛细管(半径一般大于 5×10^{-9} m),当液体水与毛细管接触时,在固体表面引力作用下,固-液层面水分子的密度增加,水分子间斥力大于引力,结果水沿着管壁上升^[9]。

由Laplace方程(式1):

$$\Delta P = 2(\sigma_{Lk} \cdot \cos\theta) / r \quad (1)$$

$$\sigma_{Sc} - \sigma_{SL} = \sigma_{Lk} \cos\theta \quad (2)$$

由于石膏纤维板毛细管内表面为高能表面,易为水润湿,所以管内液面呈凹形(图3a)。接触角 $\theta < 90^\circ$, $\Delta P > 0$,水可以自发的进入毛细孔。从式2可知板材中加入适合的表面活性剂,降低 σ_{Sc} 或增大 σ_{SL} ,使得 $\sigma_{Sc} - \sigma_{SL}$ 的值为负,即 $\theta > 90^\circ$, $\Delta P < 0$ (图3b),变高能表面为低能表面使之不亲水,从而防止水分进入^[10]。

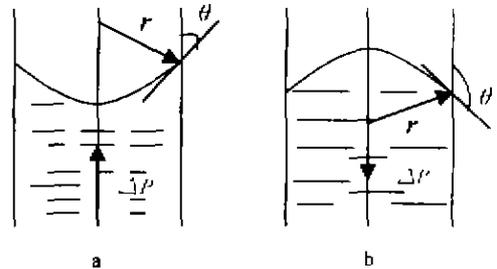


图3 纤维板毛细吸水现象

此外,当纤维板吸水后,会出现渗透现象。纤维细胞壁相当于半透膜,水溶性物质在细胞壁内外形成浓度差而发生渗透吸水;纤维表面半径小于 $5 \cdot 10^{-7}$ cm的微毛细管还能够凝结空气中的水蒸气而吸水,这些水分能使石膏基植物纤维板轻微变形^[6,11]。

2 石膏纤维板的防水措施

石膏基植物纤维板易于吸水,吸水后导致强度及其它性能下降,降低了作为建筑材料的使用性能。为了提高石膏基植物纤维板的耐水性能,可以从几个方面着手。

2.1 提高石膏的耐水性

在石膏基植物纤维板生产过程中可以掺入适量水泥或火山灰胶结材等材料,这些外加剂在水化时发育生成具有高强度、稳定性及抗水性的针状晶体结构,并与石膏晶体交叉、共生,起到增强作用并弥补石膏晶体遇水易遭破坏的弱点^[12]。

俄罗斯建筑工业科研设计研究院^[13]采用石膏水泥火山灰胶结材、磷石膏胶结材、石英砂及水溶性外加

剂等材料,削弱二水石膏晶体的亲水性和可溶性,改善了石膏制品的性能。邓玉和^[14]等采用的水泥和硼砂复合防水剂对石膏制品防水性,特别是吸水厚度膨胀率改善效果明显。但是,由于水泥及火山灰等为碱性材料,对植物纤维有水解作用,影响了板材的色泽,甚至于使用性能。

2.2 施加有机防水剂

为起到良好的防水效果,有许多工作在石膏(基植物纤维板)中加入乳化石蜡、有机硅防水剂等憎水性物质。其作用机理为:1)堵塞纤维板中部分孔隙,截断水分传递的渠道;2)减少由于毛细作用而引起的水分的流动性;3)遮盖纤维表面的羟基等极性官能团,降低其吸附作用。

美国专利^[3]介绍把熔融的蜡质材料如石蜡、沥青等喷射到石膏浆中形成很细的石蜡或沥青颗粒,可以提高石膏制品的耐水性能。

宋中健^[3]等采用沥青、石蜡共乳化的方法制备的石膏防水乳液可以有效地提高石膏制品的耐水性。濮安彬^[15]等通过改进石蜡乳化设备制得的石蜡乳液防水剂不仅防水效果良好,而且延长了乳液的储存周期。但由于石蜡等为油性物质,会阻碍石膏与纤维之间的结合,从而降低了产品的强度。

崔孟忠^[16]等介绍采用硅烷与硅氧烷的复配物,藉自身的乳化作用形成微乳液制得的有机硅防水剂掺加到石膏制品等建筑材料中,能起到很好的防水保护作用,并同时兼具有优良的憎水性、耐高低温性、较强的抗酸雨、抗盐性能以及能显著降低板材的开裂、散裂、冻融破坏、化学剥蚀、生物生长、风化及脏物堆积。

2.3 施加无机及混合防水剂

无机防水剂(以M1500防水剂^[17]为代表)由于表面张力小而具有极强的渗透力,将其施加到石膏基植物纤维板中,能生成不溶性钙盐,堵塞基层内毛细孔通道,形成永久性防水层。

俞志强^[8]研制了一种由无机和有机复合而成的高效防水剂CWF,主要成分由硬脂酸、重铬酸钾、硫酸铜、氢氧化钾、硫酸铝钾、三乙醇胺和氯化钠等组分组成。其掺加到石膏基植物纤维板中,能提高板材的密实性,具有很好的抗渗性能。

据韩国^[18]有关资料介绍,目前氧化锆化合物强烈的憎水性颇受关注,氢氧化锆或醋酸锆脂肪酸族氨络合物与脂肪酸一起掺入石膏粉中,不仅具有缓凝作用,而且使吸水性变小,产生憎水效果。

2.4 掺入有机高分子聚合物

在石膏纤维板中掺入高分子聚合物,可以在石膏

晶体相和聚合物相之间形成相互穿透的三维空间网状结构,而且高分子聚合物对纤维也起粘结作用,形成石膏与纤维之间的连接桥,同时聚合物相填充纤维板中的孔隙,起到了防水和增强的效果^[19-21]。

根据日本专利平4-2536介绍,将一种液体高分子树脂(分子量约200万的特殊变性聚酯共重合树脂)PAMASIRUDO材料加入到石膏纤维板后,树脂中大量的 $-COO^-$ 与 Ca^{2+} 结合生成稳定的羧酸钙不仅能起到增强效果,而且还可填充于板中缝隙,故具有很好的防水性能、增强性能、耐气候性能、抗盐分渗透性以及抗老化等性能。该材料可以根据要求制备成水溶性或油性等类型,还可以将板材改造成为防微波辐射,甚至于防放射性辐射的功能性材料。但高昂的添加剂成本限制了PAMASIRUDO在实际应用领域中的拓展。

据英国专利^[3]报道,将由聚酯树脂或改性聚酯树脂、酚醛清漆环氧树脂、聚脂和环氧酚醛清漆用固化剂组成的防水材料加入到石膏制品等建筑材料中能起到良好的防水效果。

2.5 热处理

在保证石膏晶体结构的同时,对纤维板进行适当温度的热处理(热处理温度不超过 $50^{\circ}C$),使得纤维中的一些亲水性较强的低分子组分发生分解,并且汽化、蒸发;纤维中含有的木素,通过热处理,合成类似酚醛树脂的缩合物,既不溶于水又具有一定粘结力;同时石蜡等高熔点防水剂在热处理过程中重新均匀分布成单分子膜,起到防水作用^[22]。

2.6 产品浸油及贴面

具有不饱和键和极性官能团的憎水性油能与石膏基植物纤维板中的羟基产生较强的键和作用与吸附力,覆盖基材表面和堵塞毛细管,形成耐水膜,且薄膜本身具有一定的强度,所以可以提高产品的耐水性能和强度^[11]。但由于需要增添浸油槽及相应的干燥设备,不仅工艺、设备复杂化,而且大大提高产品的成本,因此,除有特殊需要,尽量不要考虑。

表面喷涂防水材料或者用塑料薄膜、金属薄膜覆贴,不但可以使产品美观,而且能防止水分从表面浸入石膏纤维板内。

2.7 聚合处理

将乙烯基单体注入石膏纤维板中,然后采用高能射线辐照或借助于引发剂和热量的作用,使有机单体与石膏纤维板的组分发生接枝共聚反应或以聚合物填充于板材的微孔中,达到防水的作用^[23]。

3 结论

1) 由于石膏基植物纤维板是由多种物质组成的混合体,吸水现象比较复杂,所以需要从其主要组分及板材的显微结构对吸水原理进行综合考虑。

2) 选择石膏基植物纤维板的防水措施,除了根据自身条件及环境,还应当从多种角度进行考虑,在具体研究与生产过程中,往往采用多种防水措施。

符号说明:

r —毛细孔半径; ΔP —压力差; θ —固液表面接触角;
 σ_{Lg} —液气表面张力; σ_{Sg} —固气表面张力; σ_{SL} —固液表面张力。

参考文献:

- [1] 魏超平.石膏板吸湿解潮性能的研究[J].新型建筑材料,1997,(2):39-41.
- [2] 龚洛书.耐水增强石膏陶粒隔墙板的性能与工艺[J].新型建筑材料,1998,(9):10-12.
- [3] 宋中健.耐水石膏研究[J].哈尔滨建筑大学学报,1997,30(4):83-87.
- [4] 袁润章.胶凝材料学[M].武汉工业大学出版社,1993 1-7.
- [5] R. C. 埃文思.结晶化学导论[M].胡玉才译.北京:人民教育出版社,1981.284-285.
- [6] 陆仁书.纤维板制造学[M].中国林业出版社,1991 72-74.
- [7] 隆官泉.造纸原理与工程[M].中国轻工业出版社,1994.19-25.
- [8] 俞志强.CWF 高效防水剂及施工应用[J].中国建筑防水,1997,(5):17-19.
- [9] 于衍真.石膏基植物纤维复合板耐水性能研究[J].新型建筑材料,1997,(9):10-12.
- [10] 朱步瑶,赵振国.界面化学基础[M].北京:化学工业出版社,1996.15-18.
- [11] 徐咏兰.中密度纤维板[M].北京:中国林业出版社,1997.58.
- [12] 王玉平.水硬性材料对石膏制品的改性研究[J].新型建筑材料,1996,(10):31-33.
- [13] 孙健.提高石膏制品耐水性能和抗冻性的方法[J].建材工业信息,1996,(7):10.
- [14] 邓玉和,古野毅.添加剂对石膏刨花板性能的影响[J].林产工业,1998,25(2):5-7.
- [15] 濮安彬.刨花板用防水剂制造技术及石蜡乳化设备[J].木材加工机械,1996,(4):4-7.
- [16] 崔猛忠.有机硅建筑防水材料的性能与研究进展[J].化学建材,2000,(3):34-36.
- [17] 袁大伟.外墙防水剂原理及施工[J].中国建筑防水,1998,(4):10-11.
- [18] 徐学存.韩国混凝土砂浆防水剂现状[J].中国建筑防水,1998,(3):35-36.
- [19] 徐雅君.苯-丙型共聚乳液-水泥砂浆共混体系的研究(I)[J].北京化工大学学报,1998,25(4):28-32.
- [20] 徐雅君.苯-丙型共聚乳液-水泥砂浆共混体系的研究(II)[J].北京化工大学学报,1999,26(1):21-23.
- [21] 徐雅君.苯-丙型共聚乳液-水泥砂浆共混体系的研究(III)[J].北京化工大学学报,1999,26(4):44-45.
- [22] 王凯.木材工业实用大全[M].北京:中国林业出版社,1998.198.
- [23] 尹思慈.木材学[M].北京:中国林业出版社,1996.240-241.

Approach Un-waterproof of Vegetal Fiberboard Based on Gypsum and the Measure of Waterproof

ZHANG Dong-xiang, HUANG Xiao-jun, YUAN Zhao-hui, XU Hong

(College of Environment and Chemistry & Chemical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: With the analysis of the structure of gypsum crystal, the structure of vegetal fiber, the microstructure of vegetal fiberboard based on gypsum and its material characteristic, the theory of sobbing water of vegetal fiberboard based on gypsum and relevant measure of waterproof are approached. The domestic and overseas research works of waterproof performance of vegetal fiber and gypsum board are introduced. The features of waterproof of vegetal fiberboard based on gypsum are described.

Key words: gypsum fiberboard; water-proofing admixture; vegetal fiber; building material

(责任编辑 张小强)