

讨论与建议

欧洲木材热处理产业和标准化

丁涛, 蔡家斌, 耿君

(南京林业大学材料科学与工程学院, 南京 210037)

摘要: 欧洲木材热处理产业发达,已建立起较为健全的产业体系。学术界、产业界和政府技术研发、产品生产、标准化工作和质量认证体系等方面,有效地发挥了各自的作用。芬兰的热处理技术是科技成果产业化的成功典范。建议我国热处理木材产业借鉴欧洲的成功经验,加强产学研合作,促进生产规范化和质量标准化,引入统一的认证机制,促进产业良性发展。

关键词: 木材热处理; 欧洲; 产业; 标准化

中图分类号: S781.7 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2015)03-0026-05

Review on Thermally Modified Timber Industry and Standardization in Europe

DING Tao, CAI Jia-bin, GENG Jun

(College of Materials Science and Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The thermally modified timber industry has been well developed in Europe and a relatively matured industrial system has been built. Academic forces, enterprises and governments in Europe have made their own contributions to technology development, product manufacturing, standardization and quality certification toward advancing the thermal modification technology. Finnish Thermowood technology is one of the most successful examples in terms of technology industrialization. In order to develop thermal modification timber industry in China, it is necessary to learn more from the Europe by carrying out more cooperation among enterprises, research organizations and educational organizations and by promoting production standardization and quality certification.

Key words: thermally modified timber; Europe; industrialization; standardization

热处理木材是将木材置于 200 ℃左右的环境中进行加热处理的一种物理改性方法,可提高木材的尺寸稳定性和生物耐久性,并调节材色。热处理木材的规模化生产始于 20 世纪 90 年代,欧洲在木材热处理技术的产业化推广方面一直处于领先地位,其产能由

2002 年的不足 5 万 m³,到 2011 年的 30 万 m³以上,10 年间产能增加了近 10 倍^[1]。2013 年产量估计达 34.9 万 m³,同期产能为 40.6 万 m³^[2]。

近年来,木材热处理技术在北美和中国也获得了快速产业化推广。北美热处理材产量目前已突破 10 万 m³/a^[3]。我国虽然未见热处理木材产量的权威统计数据,但许多企业已通过独立研发、国内采购或国外引进的方式,开始热处理木材产品的开发与生产,产业化应用已完全展开。

收稿日期: 2014-08-07; 修改日期: 2015-04-11

基金项目: 引进国际先进林业科学技术计划(“948”计划)项目“速生木材热压-高温热处理关键技术引进”(2011-4-12); 江苏省高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介: 丁涛(1977—),男,南京林业大学副教授,博士。

鉴于欧洲在热处理木材方面的技术与规模优势,笔者对欧洲热处理木材的产业与标准化现状进行了梳理总结,旨为国内相关科研、教学及企业人员提供参考。

1 产业现状

图 1 列出的是 2011 年欧洲主要国家热处理木材的产能^[4-5]。芬兰热处理木材的产能最高,其年产能约占欧洲总产能的一半,其次是俄罗斯和德国。

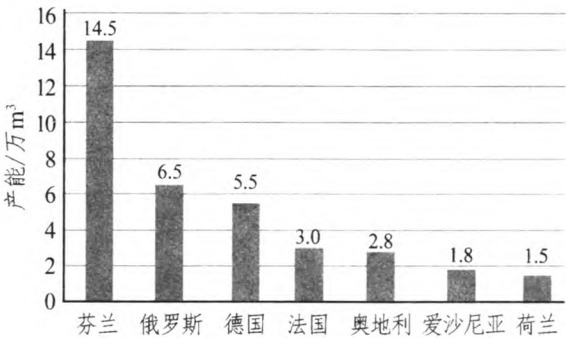


图 1 2011 年欧洲主要国家热处理木材的产能
Fig. 1 Thermally modified timber capacity in major European countries in 2011

1.1 芬兰

芬兰 Thermowood 木材热处理技术的产业化程度最高。Thermowood 是一个注册商标,由芬兰 Thermowood 协会(后更名为 International Thermowood Association, ITWA)在 2000 年注册。

ITWA 目前拥有 13 家会员企业,其热处理木材的销售量由 2002 年的 2.46 万 m³,增加到 2014 年的 14.57 万 m³,年增长率达 17.5%^[6]。

Thermowood 产品主要由 9 家芬兰本土企业提供,均是 ITWA 会员,年产能共计 15.8 万 m³。既有林产工业的行业巨头,也有新兴的中小企业。如图 2 所示,Thermowood 产品中,以耐久性更好的 Thermo-D 级户外材产品为主,其在 Thermowood 总销量中的比重逐年递增。约 90% 的木材树种为欧洲赤松(*Pinus sylvestris*)和云杉(*Picea abies*)。

Suomen Lämpöpuu Oy 是 Thermowood 的研发参与单位,目前产能 2 万 m³/a,计划增至 5 万 m³/a^[7]。产能最大的是 Oy Lunawood Ltd,达 6.2 万 m³/a;其旗下还拥有 Lunacomp Oy,利用 Thermowood

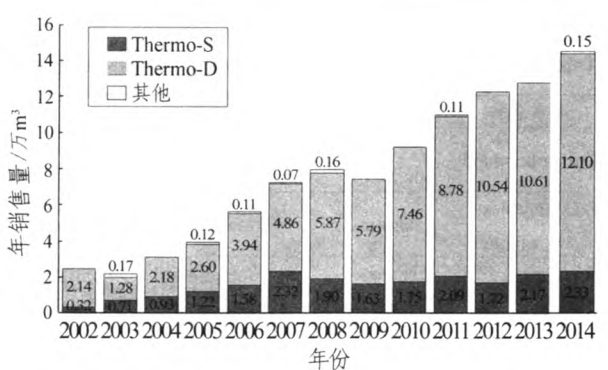


图 2 2002—2014 年 Thermowood 产品的销售量
Fig. 2 Annual sales of Thermowood from 2002 to 2014

的加工剩余物生产木塑复合材。Stora Enso 和 Metsä Wood,都是知名的林产品跨国企业,其热处理木材的产能均超过 2 万 m³/a,除了芬兰的工厂,他们也在其他国家生产和销售 Thermowood 产品。如 2007 年,Stora Enso 投资 3 500 万欧元在奥地利 Bad St Leonhard 建成投产了一家 Thermowood 工厂^[8]。

虽然 ITWA 会员拥有 Thermowood 商标的排他使用权,但由于 Thermowood 的设备供应商也曾向非会员企业出售过相当数量的 Thermowood 处理窑,因而市场上也存在很多基于 Thermowood 技术的热处理材产品。2011 年这类产品的产量约为 Thermowood 产品总产量的 64%~73%。这些非会员企业大多年产能低于 1 万 m³,选用本地树种,尤其是阔叶树材原料,其处理工艺往往在 Thermowood 工艺的基础上有所调整。一些企业甚至注册了自己的工艺名称,如法国 Bois durables de Bourgogne 的 Thermoprocess 和爱沙尼亚 Brenstol 的 Termory。

1.2 其他国家

除芬兰外,俄罗斯、德国、法国等国也是欧洲热处理木材的主要生产国,与芬兰企业拥有统一的 Thermowood 技术不同,这些国家的热处理木材产业呈现出多种技术并存的局面,仅法国就有 7 类不同的技术(表 1)。

独立和分散,是这些国家热处理木材产业最大的特点。既有本国的特有技术,如德国的 OHT 热油处理技术、Vacu 负压热处理技术,法国的 Retification 氮气处理技术等,也有从其他国家引进的技术,但并没有形成主导性热处理技术。

表 1 法国热处理木材主要生产企业及技术

企业名称	所在地	热处理技术	年产能/m ³
Dumoulin wood	Champigny-sur-Marne	Besson	-
Bois durables de Bourgogne	Charolles	Thermowood	4000
Silvalbp	Thones	Thermowood	8000
Sefcco	Deyvillers	Retification	5000
Retiwood	Roche La Molière	Retification	10000
Kit Foret	Cublize	Perdure	4000
Thermo Color Bois	Saint Nicolas du Tertre	WTT	3000
Bois Durable de Picardie	Picardy	Moldrup	—
Ecolwood	Monistrol sur Loire	Termovuoto	—
Ethicwood	Anglars Saint Felix	—	—
EG Clemenson	Grimaud	Retification	—

从产能上看,这些国家的木材热处理企业普遍是产能低于 1 万 m³/a 的中小型企业,多数独立运营。拥有自主热处理技术的企业,往往身兼技术提供商和产品生产商双重角色,市场较为分散。

部分企业间有某种形式的合作,形成一些松散联盟。如 7 家德国企业和奥地利企业联合制定了热处理木材质量认证系统 Qualitätssiegel für Thermoholz;法国 6 家木材加工企业联合兴建 Bois durables de Bourgogne,专注木材热处理业务。但这些机构均未形成如 ITWA 那般可发挥多重职能的产业联盟。

在应用上,北欧热处理木材以户外产品为主,主要树种是欧洲赤松(*Pinus sylvestris*)、欧洲云杉(*Picea abies*)、垂枝桦(*Betula pendula*)和欧洲山杨(*Populus tremula*);而在欧洲南部,热处理木材应用的多样性明显增强,除户外产品外,还用于室内家具、地板和装饰等领域,水青冈木(*Fagus spp.*)、栎木(*Quercus spp.*)、白蜡木(*Fraxinus spp.*)和海岸松(*Pinus pinaster*)等是常见的原料。

2 标准化与认证

2.1 标准化

热处理木材的标准化工作最早由 ITWA 开展。2003 年 ITWA 发布了 Thermowood 手册,对原材料要求、加工工艺、产品等级、性能与应用等做了明确说

明。根据处理工艺和产品用途,热处理产品可分为 2 个级别:“Thermo-S”侧重于产品的尺寸稳定性,“Thermo-D”强调产品的生物耐久性(表 2)^[9]。虽然 Thermowood 有明确的分类标准,但也可根据特定的树种和应用领域,开发定制产品。

表 2 不同级别 Thermowood 产品的处理温度和性能

Tab. 2 Treating temperatures and properties of “Thermo-S” and “Thermo-D”				
指标	针叶树材(松木、云杉)		阔叶树材(桦木、白杨)	
	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-D
处理温度/℃	190	212	185	200
耐候性	增强	显著增强	不变	增强
尺寸稳定性	增强	显著增强	增强	增强
抗弯强度	不变	减弱	不变	减弱
颜色深度	加深	显著加深	加深	显著加深

政府层面的热处理木材标准化工作始于 2007 年,欧洲标准化委员会于同年通过了热处理木材的欧盟技术规范。标准草案名为“CEN/TS 15679: 2007, Thermal Modified Timber - Definitions and Characteristics”,确定了热处理木材的定义,并规范了性能测试方法。2008 年起在各成员国征集意见,但目前尚未正式成为欧盟标准。

2.2 认证体系

目前欧洲存在数个适用于木材热处理的认证体系(表 3)。尽管这些体系从认证对象到认证项目都有所区别,但基本上覆盖了从产品生产到消费的完整质量认证体系,还建立了质量追踪机制。

1) TMT 认证体系 依照 CEN/TS 15679:2007 进行产品定义和性能测试,由德国木材技术开发与测试实验室(EPH)创立,提供 3 种产品认证: TMT interior, TMT exterior 和 TMT exterior plus,分别对应于室内用热处理木材、室外与地面非接触热处理木材和室外与地面接触热处理木材^[10]。

2) KOMO 认证服务 主要面向建筑行业,认证对象包括所有改性木材,由荷兰 KOMO 基金会负责管理,由该基金会授权的认证机构进行产品认证。

3) 热处理木材质量徽章(Qualitätssiegel für Thermoholz) 由 7 家德国及奥地利热处理材企业于 2011 年创立的认证体系。该体系有自己的热处理木材产品定义,由名为 zehn Gebote für Thermoholz 的质量委员会依据标准来开展质量评估与证书发放工作。

表 3 欧洲木材热处理的认证体系
Tab. 3 Thermally modified timber
certification systems in Europe

认证机构	国家	认证对象	标识
EPH	德国	热处理 木材	
KOMO 基金	荷兰	改性木材	
Thermoholz-Qualität e.V	德国	热处理 木材	
Inspecta Sertifiointi Oy	芬兰	Thermowood	
ITWA	芬兰	Thermowood	

4) FI 及 Thermowood 质量标识 Thermowood 生产阶段的质量控制交由第三方机构 Inspecta Oy 负责,向合格的会员企业颁发 FI 认证标志。FI 认证标志的持有者,有权使用 ITWA 的 Thermowood 产品质量标识。

3 产业发展因素

3.1 政策因素

热处理木材是防腐木的竞争产品,其优势在于,处理过程中未添加任何化学药剂,环境友好性远高于防腐木。早在 2004 年,欧盟委员会(European Commission)就已发布限制指令 Directive 76/769/EEC,几乎全面禁止了含砷防腐剂的使用,而替代的防腐剂价格比原含砷防腐剂高出 15%~30%。由此热处理木材的市场推广获得了巨大的政策优势和价格竞争力。

然而,热处理木材也有不足,在与土壤接触的应用中,其防腐性能并不敌防腐木,且其防腐性能是以损失力学性能为代价的^[11]。

此外,近年来,欧盟国家对木材盗伐问题日益重视,非政府机构的森林认证体系,如 FSC 和 PEFC 获

得了广泛的接受,并成为市场准入条件之一。2013 年实施的“欧盟锯材管理规定”(EU Timber Regulation),明确禁止了盗伐材在欧盟的流通。这些因素使得欧盟市场上热带材的供应量下滑^[12]。而热处理后材色加深,在外观上接近热带阔叶树材,因而也被很多企业选为热带材阔叶树的替代材,市场空间获得了进一步拓展。

3.2 经济因素

多数木材热处理技术提供商为中小型企业,极易受到生产成本和经济周期波动的影响。Stellac Oy 曾经是木材热处理技术的主要提供商,于 2011 年宣布破产;Menz Holz 的热油处理技术曾视为德国代表性的木材热处理技术,但也于 2012 年破产,后被一家私募股权投资公司 Trigon Equity Partners 收购;曾是 Thermoholz 热处理技术供应商的奥地利 Mirako 公司,在 2011 年破产后被德国 Haussermann 公司收购。

这些公司破产时间的集中并非偶然,均为 2008 年经济危机影响的体现。但全球金融危机也让热处理木材凭借相对低廉的价格,挤占了部分热带阔叶树材的市场份额,在随后几年,其销量未减反增。

另一方面,行业龙头企业和投资公司的支持,对木材热处理技术的推广起到了极大的促进作用。上述破产企业多被实力更加雄厚的企业收购,注资后重新焕发活力,产品仍然不断供向市场,有的企业产量还提升。

如 Stora Enso 是最早生产 Thermowood 的企业之一,2001 年投资 240 万欧元在芬兰兴建了第一个木材热处理工厂^[13],2005 年追加 160 万欧元增加产能^[14-15],2007 年将生产扩大至奥地利,在 Bad St. Leonhard 建立了一个新厂^[8]。

又如 Oy Lunawood Ltd,在 2008 年的产能为 3.5 万 m³,2010 年私募股权投资公司收购了其 74% 的股份,产能迅速扩充,2012 年达到 4.6 万 m³,2013 年增至 6.2 万 m³,是目前 Thermowood 产能最大的企业。销售额由 2009 年的 930 万欧元,增长至 2012 年的 1 950 万欧元^[16-17]。

3.3 研发因素

多数木材热处理技术源于科研院所的科研项目。科研人员一直是探索木材热改性机理的核心力量,也是生产工艺改进的主要参与者。

作为产业化推广最成功的木材热处理技术, Thermowood 的基础研究由芬兰技术研究中心(VTT)完成,开发工作则得到了米凯利环境技术研究院(Institute of Environmental Technology in Mikkeli)和坦佩雷理工大学(Technical University of Tampere)的支持。强大的技术研发力量不断提升了 Thermowood 处理装备的生产能力,1999 年单个工厂的产能为 $1 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,而 2001 年第 2 代工厂的产能增至 $2.5 \text{ 万} \sim 4 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。产能的提高为企业赢得了成本优势,增强了市场竞争力。

法国代表性的木材热处理技术 Retification,是圣艾蒂安国立高等矿业学校(1'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne)Guyonnet 教授科研团队的研发成果。

德国的热油热处理工艺,研发工作主要由 Rapp 教授与汉堡联邦林业与森林研究中心(Federal Research Centre for Forestry and Forest)合作完成。

此外,欧盟国家的学术机构和政府还设立了一些跨学科、跨国家的产学研合作机制。典型范例是设立于 1999—2003 年的欧洲木材改性专题联盟(European Thematic Network on Wood Modification),催生了两年一届的欧洲木材改性学术会议(European Conference on Wood Modification, ECWM),已成为该领域最具影响力的学术会议。木材热处理一直是 ECWM 的主要研讨议题,从 2002—2012 年,共有 80 篇木材热处理论文发表,涉及热处理工艺、材性、环境影响和产品营销等诸多主题^[18]。

另一个政府性的科研促进机制是 2010—2014 年的 COST Action FP 0904 (Thermo-Hydro-Mechanical Wood Behavior and Processing)。COST 是欧盟内部政府间的一个科学技术合作框架。COST Action FP 0904 通过主办学术会议和培训班等多种形式的交流活动,着重开展各种处理技术的基础机理研究,如木材水热作用和机械处理等方面的研究,并促进其成果转化为生产力。

4 结语

欧洲已建立起一个较为健全的热处理木材产业体系,学术界、产业界和政府各界,在木材热处理技术的研发和推广方面,均有效地发挥了各自的作用。

Thermowood 是其中最具代表性的例子,其成功归于科研机构奠定的理论基础,产学研合作的技术研发,中小企业的积极参与,大型企业的有力支撑,标准化的产品,健全的认证体系,以及能将上述因子有机整合的产业联盟。

我国热处理木材的产业化推广始于本世纪初,目前已在室外景观、庭院家具和地板等多个领域获得应用。与欧洲相似,科研机构在基础研究、装置和工艺研发等方面做了大量工作,在木材热处理技术的产业化进程中发挥了重要作用。值得一提的是,我国热处理木材的标准化工作跟进较快,热处理木材的国家和行业标准分别于 2008 年和 2012 年正式颁布。

但是与欧洲相比,我国尚未形成一个成熟的热处理木材产业体系,科研与生产之间缺乏长期有效的合作机制,技术工艺和产品质量无法得到持续的改进。市场则缺乏龙头企业的支撑,中小企业在技术研发和产品推广方面往往力不从心。一些企业仅考虑自身利益,将达不到要求的产品投放市场,影响了热处理木材的进一步提升和推广。

在此情况下,借鉴欧洲热处理木材产业的长处,一方面通过产学研的合作,进一步改进木材热处理技术与产品,另一方面促进产品规范化和标准化工作,引入统一的认证机制,必将对热处理木材产业的良性发展起到显著的促进作用。

参考文献:

- [1] Scheiding W. Thermal beech: perspectives of the material usage of beech [R]. Germany: Institute für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH, 2011.
- [2] Tetri T. Developments and markets of thermally modified wood products [C]//Proceedings of the 2nd COST Action FP0904 Conference. Nancy, France: Université de Lorraine, 2012: 130-131.
- [3] UNECE. Forest products annual market review 2012-2013 [R]. Geneva, Switzerland: United Nations Economic Commission for Europe, 2013:34.
- [4] Abibois. High temperature treatment of wood [R/OL]. France: Abibois, 2012. <http://abibois.com/category/4-preservation-et-entretien?download=14>.
- [5] Kiseleva V, Möttönen M, Riala M, et al. Wood modification and markets for modified wood in Russia [C]// Proceedings of the 7th European Conference on Wood Modification. Lisbon, Portugal: National Laboratory for Civil Engineering, 2014.

(下转第 42 页)

间,设置灯管功率及开启的灯管数。当没有工件通过时,灯管功率自动降至30%,安全节能。反光罩垂直布置,配热辐射滤波镜,大大减少到达板件表面的热辐射,将板件变形量控制在最小程度。

UV干燥机配置:灯管功率16.8 kW,腻子半固化配置单灯UV干燥机5,1盏汞灯,功率设置为40%,辐射能量UVB约80 mJ/cm²;腻子表面固化配置双灯UV干燥机7,2盏汞灯,两只灯管功率均设置为50%,辐射能量UVB约120 mJ/cm²;

底漆半固化配置单灯UV干燥机12、14和16,1盏碘镓灯,设置功率为50%,辐射能量UVV约260 mJ/cm²;

面漆全固化配置三灯UV干燥机,1盏碘镓灯+2盏汞灯,三只灯管功率均设置60%,UV辐射能量为UVV 500 mJ/cm² + UVB 450 mJ/cm²。

3 结语

上述整条涂饰生产线工艺及装备的方案,在贝高(杭州)有限公司进行了验证性试验,按照相应国家标准对成品漆膜性能进行综合检测,检测结果为:

漆膜外观:平整,无辊痕、不平、针孔等,无黄变色差现象。

实测指标:漆膜附着力2级,平整度0.390 μm,光泽度48.5 Gs,硬度3H。

结果表明,漆膜性能优良,可满足MDF实色涂装需求,验证了本研究针对密度0.80 g/cm³的MDF确定的涂饰工艺方案切实可行,可供相关家具企业参考借鉴。实际应用中,针对不同密度的板材,其腻子填充存在差异。当板材密度较大时,板面孔隙减小,腻子填充涂布量可减小,填充次数亦可减少。

参考文献:

- [1] 邓背阶,何中华.家具涂饰环保技术的研究[J].家具,2002(3):13-15.
- [2] 封凤芝,封杰南,梁寿,等.木材涂装与涂装技术[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [3] 王恺.木材工业实用大全 涂装卷[M].北京:中国林业出版社,1998.
- [4] 曹平祥,王俊,钱盛宇.实木复合地板生产的关键设备[J].木材工业,2010,24(2):28-31.
- [5] 何华.家具用纤维板表面性能极其对漆膜附着力的影响[D].长沙:中南林业科技大学,2006.
- [6] 段新芳,李坚.木材涂饰前基材表面处理方法[J].木材工业,1996,16(1):7-13.
- [7] 江应,曹平祥.多层实木复合地板高耐磨涂饰工艺的研究[J].中国人造板,2014(4):13-16.

(责任编辑 向琴)

(上接第30页)

- [6] ITWA. Thermowood production statistics 2013 [R]. Finland: International Thermowood Association, 2014: 2-4.
- [7] Suomen Lämpöpuu. Company information [EB/OL]. Finland: Suomen Lämpöpuu, 2014. <http://www.suomenlampopuu.com/en/the-company/>.
- [8] Stora Enso. Annual report 2007 [R]. Finland: Stora Enso, 2007: 31.
- [9] ITWA. Thermowood handbook [G]. Finland: International Thermowood Association, 2003.
- [10] EPH. Certification mark TMT for thermally modified timber: Awarding guidelines [EB/OL]. Dresden, Germany: Entwicklungs- und Prüflabor Holztechnologie GmbH, 2012. http://www.tmt.ihd-dresden.de/fileadmin/THERMOHOL-ZTAGE/download/CM_TMT_awarding_guidelines_2012-06-15.pdf.
- [11] Hill C A S. Wood modification: chemical, thermal and other processes [M]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2006.
- [12] Eurostat. Tropical wood imports to the EU from chapter 44 of the harmonised system [DB]. Luxembourg: the statistical office of the European Union, 2014.
- [13] Fordaq. Stora Enso timber investing in heat treatment of wood [EB/OL]. Brussels, Belgium: Fordaq, 2001. http://holz.fordaq.com/fordaq/news/Stora_Enso_Timber_investing_in_3061.html.
- [14] Fordaq. Thermowood production doubled [EB/OL]. Brussels, Belgium: Fordaq, 2005. http://drevesina.fordaq.com/fordaq/news/Thermowood_StoraEnsoTimber_TekmaHeat_kiln_11329.html.
- [15] PaperMoney. Stora Enso wood products makes improvements at European mills [EB/OL]. US: Talo Analytic International, Inc. 2010. <http://www.globalpapermoney.com/stora-enso-wood-products-makes-improvements-at-european-mills-cms-4495>.
- [16] Jartek. Jartek news 2009 [R]. Lahti, Finland: Jartek Oy, 2009: 6.
- [17] CapMan. CapMan to become majority owner of Lunawood [EB/OL]. Helsinki, Finland: CapMan Plc, 2010. <http://www.capman.com/capman-group/news-and-materials/releases/release/t=CapMan+to+become+majority+owner+of+Lunawood/id=18516243>.
- [18] Jones D. Life since the European Thematic Network on Wood Modification - the first 10 years [C]. // proceedings of the 6th European Conference on Wood Modification. Ljubljana, Slovenia: University of Ljubljana, 2012: 29-36.

(责任编辑 向琴)