

综 述

木质刨花板的刨花形态研究发展概述

钱大威

1 前言

刨花板的工业化生产始于本世纪初期,属技术密集型产业^[6]。这种新型大幅面人造板的出现,拓宽了人造板生产的原料来源,同时也使木材工业的综合利用效率达到了一个前所未有的高水平。随着社会对刨花板需求量的不断增加,板材质量越来越被消费者和制造商们所重视。刨花的形态是决定刨花板性能和用途的主要工艺因子之一,除此之外,刨花的形态对选择及使用刨花板生产设备也有极其深远的影响,它不仅涉及刨花制备、再碎和分选等设备,而且也关系到刨花输送、干燥、施胶、铺装、板坯输送等设备,刨花形态甚至影响到压机的开档及闭合速度^[8]。近一个世纪来,国内、外学者在刨花形态对刨花板性能的影响方面进行了广泛、深入的研究。刨花性能与刨花板性能的关系非常复杂,要发现并掌握这些规律绝非易事,在某种程度上说还是一门艺术和技巧^[6],虽然如此,经过长期的研究和探索,近年来世界各国在刨花形态研究方面取得了许多共同和近似的结论。

目前,我国刨花板质量尚不能令人满意,其中不少是属于原料方面的问题。本文通过回顾国内外几十年来对刨花形态的研究概况,着重介绍最有代表性的研究结论和近几年世界上最新的研究成果,希望能对提高我国刨花板科研和生产水平起到积极促进作用。

2 早期的研究

本世纪初至60年代,研究的重点多集中在刨花形态与刨花板力学强度的关系方面。在此分别叙述标准刨花和工厂刨花的研究情况。

2.1 标准刨花

刨花形态包括刨花的几何尺寸和形状。标准刨花(flake)是由专用设备切削得到的具有预定尺寸和均匀厚度的扁平状木片,其形状和尺寸容易控制,因而人们对标准刨花投入了大量的研究,并取得了成果。

据 Mottet A. L.^[8]报道, Watson H. 于1905年在美国专利中首先提出,刨花形态是影响刨花板性能的一个重要因素。1937年, Pfohl 在瑞士专利中又提出,专门生产的刨片尺寸对刨花板性能有重要影响。1949年,美国的 Long-Bell 木材联合试验室首先进行了刨花形态与刨花板性能关系的研究。

Post B. W.^[11]在1959~1961年间曾在他的论文中

提出了一个当时很有名的结论,即刨花的几何尺寸和施胶量与刨花板静曲强度之间的关系,这一结论使人们了解到刨花形态的重要性。Post 认为,施胶量对刨花板强度的影响只在一定范围内起作用,有时增加施胶量对刨花板静曲强度的增强作用不如加大刨花长厚比更明显。

Rackwitz G.^[12]对刨花形态与刨花板结构的关系以及刨花的压缩性能进行了深入研究。他用刨花板模拟砖墙结构,则刨花如同纵方向排列的砖块,当刨花板受拉应力作用时,如果在刨花本身和胶层间都有断裂发生,则可认为这样的结构是最佳的。基于这一点, Rackwitz 导出了“最佳”刨花长度和厚度值,然后再通过试验进行验证和修正。限于篇幅,本文只介绍最终修正经验公式:

$$\begin{aligned} S_{opt2} &= S_{opt1} \times \rho_{oh2} / \rho_{oh1} \\ &\approx (220 \sim 290) \times \rho_{oh2} \quad (1) \end{aligned}$$

式中: S_{opt1} , ρ_{oh1} 分别为建立数学模型用的刨花最佳长厚比及树种的绝干密度;

S_{opt2} , ρ_{oh2} 分别为所求的刨花最佳长厚比及树种的绝干密度。

式(1)说明,如果某一树种木材的绝干密度为 0.5 g/cm^3 ,则该树种刨花的最佳长厚比应为 $110 \sim 145$ 。一般来讲,长厚比大的刨花适用于刨花板的表层结构,这样有利于提高刨花板的静曲强度。Rackwitz 分别用 0.2 mm 和 0.4 mm 厚的云杉刨花进行的试验结果表明,当刨花长厚比在 $100 \sim 125$ 范围内时,刨花板静曲强度和内结合强度同时达到最高值,随着刨花长厚比的进一步增加,内结合强度随之下降。试验还发现,刨花厚度在 $0.2 \sim 0.4 \text{ mm}$ 范围内的刨花长厚比对刨花板强度的影响非常相似,但绝对值相差很大,说明长厚比对刨花板性能的影响关键在于刨花长度。因此,在制造三层刨花板时,表层刨花的长厚比应选取上述最佳范围,而芯层刨花长厚比应小一点。多年来的大量事实也验证了这一正确结论。此外, Rackwitz 还对刨花几何尺寸与刨花板内结合强度的关系进行了研究。他认为刨花的相互交叠对刨花板内结合强度有很大影响。刨花板中斜搭的刨花会分解掉一部分垂直于刨花板表面的拉力,因而减小了板面的垂直负荷,使其内结合强度增加。由于长厚比小的刨花斜搭的概率更大,当这种刨花含量较高时,刨花板的内结合强度也较高。Rackwitz 的研究结论虽然较早,但与现在许多公认的原则接近,因此他的研究价值不可低估。但由于砖墙结构模型的

局限性,使他无法对刨花宽度与刨花板强度的关系作进一步探讨。

1968年 Kusian R.^[4]从平面投影出发假设随机铺装时刨花排列成最紧密的形式,并由刨花间隙和刨花面积推导出板坯间隙与刨花体积的关系,从而得出刨花长宽比与板坯密度之间的关系为一曲线:

$$[(m \ln^2 + 1) - (m \ln^2 - 1)^2] \propto r_d \quad (2)$$

式中: m —刨花长宽比;

r_d —刨花密度。

式(2)说明,刨花长宽比越小,板坯密度越大。刨花宽度值的减小还会使板坯平面密度的波动性增加

2.2 工厂刨花

工厂刨花(shaving)是刨花板原料的重要来源。它是在木材加工过程中由旋转刀头沿木纹纹理方向切削加工时附带得到的木材碎料,这种刨花无一定尺寸,且厚薄不均,多呈卷曲状,因此,衡量工厂刨花比衡量标准刨花要复杂得多,除几何尺寸外,刨花的木纹纹理方向、卷曲程度、破损程度、表面光洁程度以及厚度的均匀性等都是影响刨花板性能的因素,对其形态的研究难度远比对标准刨花大。

Maloney T. M.^[5]最早开展了这方面的研究工作,他的研究表明长厚比较大的刨花制成的刨花板具有较高的静曲强度和较低的内结合强度。1964年 Heebink B. C.^[2]等人对平刨刨花形态进行了深入详细的研究,他们认为工厂刨花的形态与切削刀具的参数关系密切,刀头直径、刀头角(刀头轴线与木段长轴之间的夹角)和刀前角的影响最大,而切削深度、刀具组合和刀面倾斜的影响不大。工厂刨花的木材纹理应尽量平行于刨花长度方向。刨花的卷曲和破损都会导致刨花板性能的下降。Heebink等人的研究结果还表明,用新伐材刨花制成的刨花板,其静曲强度和线性膨胀均优于木材含水率低于16%时制造的刨花板。1966年 Zenker, R.^[19,20]也曾提出,在湿状态下对工厂刨花进行再碎,刨花的质量可大大提高,这样不仅解决了刨花的卷曲问题,而且刨花两端还有一定程度的纤维化,将这种刨花用于刨花板芯层,有利于提高刨花之间的胶结,提高刨花板内结合强度。

从上面的介绍可以看出,在近七十年的时间内,国外对刨花的研究主要集中在几何尺寸和形状方面。木质刨花的长、宽、厚和它们之间的比值,以及刨花的形状等都对刨花板性能产生影响。至此我们可以得出以下几条原则性结论:

(1)如从刨花板强度考虑,长厚比大的刨花用于表层结构,以提高刨花板的静曲强度,长厚比小一些的刨花用于刨花板芯层,以提高刨花板的内结合强度;

(2)刨花宽度的减小会使刨花板平面密度和平面密度的波动性增加;

(3)圆棒形的刨花对刨花板的质量很为不利,在生

产中应尽量防止出现;

(4)应尽量保持刨花形状的完整,刨花的表面应光滑、平整。

3 70年代后的研究状况

自70年代以后,世界刨花板工业有了飞速发展,西方工业化国家的刨花板科研和生产取得了很大进展。在这一期间,许多新型板材问世,如:美国流行的大片刨花板,加拿大和美国流行的华夫板和定向板等。新板种的出现,促进了对刨花形态的更深入研究。另外,刨花板在家具中的广泛使用,使人们对刨花板的表面质量与饰面质量的关系也进行了深入研究。

Niemz P.^[9]于1980年研究了各种尺寸的刨花后发现,大片刨花板的最佳尺寸是:长60~80 mm,宽15 mm左右,厚0.7 mm左右。

1970年 Kehr E. 和 Jensen U.^[3]对家具用刨花板的表面细刨花(长 ≤ 8 mm,宽 ≤ 0.25 mm)形态与刨花板表面粗糙度的关系进行了分析后指出,以细刨花作为刨花板表层原料可以使刨花板表面粗糙度低于50 μ m,从而制造出高质量的单张纸贴面装饰板,但如果表层原料中砂光粉尘含量较大,虽然可使刨花板表面光洁、平滑,但这是以牺牲静曲强度为代价的。在表层原料中混入适量的具有一定硬度的粗刨花,也可以降低刨花板贴面后的粗糙度,但这只能起到一定的作用,如用细长刨花(长厚比15~40)为表层原料,虽然对板面粗糙度的改进效果优于较粗的刨花,但由于细长刨花在拌胶和铺装中易形成密度较高的“胶团”,贴面后受环境温、湿度变化的影响会造成板面的凹凸不平。

近二十年来,国外在刨花板性能与原料形态研究方面进一步强调了“层”(Layer)的概念,并逐渐补充完善了层理论。层是指一层或两层纹理方向相同的、平行层积在一起的刨片或刨花。事实上,早在六十年代末,Suchsland O.就提出了刨花板结构中“层”的简化模型^[15]。他把刨花板看成一个非连续的层结构,刨花则是通过铺装机的作用,随机地构成平行于板面的层的组元,正是这些组元的各项性能决定并影响着刨花板本身的性能。但是Suchsland忽略了那些与板面不平行的刨花的作用。随后又有多篇关于刨花板层结构的研究报告探讨了层的性能对刨花板平面密度、剖面密度、MOR MOE IB等性能的影响^[1,7,10,13]。限于当时的技术条件,上述对层结构的研究只是建立在比较简单的模型基础上,因此结论也是比较粗放的。

4 最近十年的研究成果和今后的发展方向

随着计算机技术的发展,刨花板层结构理论研究进入了一个新阶段。Suo S.^[16]1991年利用电子计算机模拟了刨花板特征结构,并根据“层”理论,预测刨花板的最大吸水和吸湿厚度膨胀率。在早期的刨花几何尺

寸方面的研究大多分别针对刨花长度和宽度进行, 1993年 Xu Wei^[17]的研究发现,刨花长度和宽度对刨花板平面密度均匀性的影响近似,可以将它们看成为一个尺寸变量,从而简化了研究内容,使刨花板平面密度波动的控制更加有效。随后, Steiner P. R.^[14]的研究又发现,刨花板平面密度的波动不仅受刨花尺寸和数量的影响,还取决于试件的尺寸,因为不同尺寸的试件中所含的刨花与刨花的间隙数量不同,另外,间隙的大小也是影响平面密度波动的因素之一。因此,他们认为刨花厚度、刨花密度、木材密度和板坯密度等决定了刨花板的密度分布,而刨花的层数和板坯成型方式则决定了刨花板平面密度分布的均匀性。在剖面密度方面, Xu Wei等^[18]研究后指出,刨花板和 MDF的剖面密度的分布影响板的内结合强度和吸水厚度膨胀率,而恰恰是“层”的厚度和密度等因素决定了板的剖面密度。

回顾近一个世纪对刨花板原料形态的研究可以看出,从早期的对刨花长、宽、厚以及它们之间的比值的研究,到对工厂刨花形状和表面质量的探讨,发展至今已将刨花板中由刨花组成的层作为一个整体来考虑,分析“层”结构对刨花板性能的影响。因此,在刨花板原料与刨花板性能关系研究方面,“层”理论的运用将越来越广泛、深入,并在今后一段时间内仍然成为这方面研究的重要技术手段。

据报道^[22],在全球范围内从过去五年至下世纪初, OSB和 MDF的产量呈逐年增长的趋势,在北美和欧洲,普通刨花板市场正受到 OSB和 MDF的冲击。因此,对刨花形态的研究也会侧重于这两个方面。由于世界森林资源结构的变化,国际人造板市场正看好复合板产品,农作物的秸、秆等越来越多地用来制造复合板,因此,对这类原料的研究也将进一步深入。

多年来,我国刨花板质量控制取得了很大成绩,但目前存在的问题仍然不少,问题多体现为板的物理、力学性能波动较大,造成这一现象的主要原因在于原料^[21],因此如何有效地控制原料质量,把好生产的第一关,是今后若干年内我国刨花板工业需要解决的重要任务。本文的目的也正是希望国内刨花板科研和生产领域在吸收和借鉴国外先进科学技术的基础上,把我国的人造板事业推向更高的水平。

5 参考文献

- Geimer R L, Montrey H M and Lehmann W F. Effects of Layer Characteristics on the Properties of Three-layer Particleboard. Forest Products Journal, 1975, 25(3): 19~ 29
- Heebink B C and Hann R A and Haskell H H. Particleboard Quality as Affected by Planer Shaving Geometry. Forest Products Journal, 1964, 15(10): 486~ 494
- Kehr E and Jensen U. Manufacture and Properties of Particle Board with Fine Particle Surface Layers. Holz als Roh-und Werkstoff. 1970, No. 10 385~ 391
- Kusian R. Model Investigation about the Influence of Particle Size

- on Structure and Strength Properties of Particle Materials. I. Theoretical Considerations. Holztechnologie, 1968, 9(3): 189~ 196
- Maloney T M, J W Talbott and G G Marra. Effect of Species on the Physical Properties of Particleboard Composed of Dry Planer Shavings. W. S. U. Work Order, 1956, No. 865. Pullman, Washington.
- Maloney T M. Modern Particleboard & Dry-process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Publications. 1977, Second Printing, April 1986
- May H A. Relationship between Properties, Raw Materials and Distribution of Density in Particleboard. Holz als Roh-und Werkstoff. 1983, 41(9): 369~ 374
- Mottet L.刨花几何形态对制造刨花板的影响.中国林业科学研究院木材工业研究所, 1982, 7. 2~ 3
- Niemz P. Investigation of the Influence of the Structure on the Properties of Particleboard. Part I. Influence of Particle Size, Specific Gravity, Resin and Wax Content. Holztechnologie, 1982, No. 4 206~ 213
- Plath L and Schnitzler E. The Density Profile, a Criterion for Evaluating Particleboard. Holz als Roh-und Werkstoff. 1974, 32(11): 443~ 449
- Post P W. Mechanical and Dimensional Properties of Flake Board. Forest Products Journal, 1961, No. 1 34~ 37
- Rackwitz G. Influence of Chip Dimensions on Some Properties of Wood Particleboard. Holz als Roh-und Werkstoff. 1963, No. 6 200~ 209
- Shen K C and Carroll M N. A New Method for Evaluation of Internal Strength of Particleboard. Forest Products Journal, 1969, 19(8): 17~ 22
- Steiner P R and Xu Wei. Influence of Flake Characteristics on Horizontal Density Distribution of Flakeboard. Forest Products Journal, 1995, 45(4): 61~ 71
- Suchsland O. Behavior of a Particleboard Mat, During the Pressing Cycle. Forest Products Journal, 1967, 17(2): 51~ 57
- Suo S. Computer Simulation Modeling of Structural Particleboard Properties. Ph. D. thesis, Univ. of Minnesota. St. Paul, Minn. 1991
- Xu Wei. Horizontal Density Distribution of Particleboard: Origin and Implications. Ph. D. thesis. Univ. of British Columbia, Vancouver, B. C., Canada, 1993
- Xu Wei and Winistorfer P M. Layer Thickness Swell and Layer Internal Bond of Medium Density Fiberboard and Oriented Strand Board. Forest Products Journal, 1995, 45(10): 67~ 71
- Zenker R. On the Quality of Peeler Shavings to be Processed in Small Particle Board Plants(I). Holztechnologie, 1966, No. 2 81~ 88
- Zenker R. On the Quality of Peeler Shavings to be Processed in Small Particle Board Plants(II). Holztechnologie, 1966, No. 3 201~ 206
- 雷得定.刨花板厚度偏差控制因素分析 I.木材工业, 1991, 5(4): 6~ 11
- 钱大威.美国华盛顿州大学木质材料和工程试验室第29届年会报道.木材工业, 1995, 9(4): 43