

编者按:中国福马机械集团有限公司承担了国家高技术研究发展计划(“863计划”)项目,开展了“人造板连续平压和精准控制技术”的课题研究,并形成了多项具有自主知识产权的技术。其开发的“BPY74265宽幅人造板连续压机成型压制系统”,被国家科技部、环保部、商务部和质检总局联合认定为“2014年度国家重点新产品”;参与制订的行业标准LY/T 2730-2016《连续平压热压机》已颁布施行;投入市场的八英尺、六英尺生产线通过验收并可靠运行。本刊自2017年第1期起开辟专栏,报道此项研究的系列技术成果,旨为我国人造板企业的装备升级提供参考。

连续平压热压机的发展历程与应用拓展

盛振湘, 岳群飞, 瞿国富, 张红建, 任 丁

(中国福马机械集团有限公司, 北京 100029)

摘要:通过对人造板连续平压热压机发展的回顾,总结双钢带连续平压热压机跨行业借鉴及取得技术进步的历程;并介绍连续平压热压机在胶合板、三层木塑复合人造板及有机玻璃(PMMA)板领域的应用拓展情况。

关键词:连续平压热压机;等容加压;等压加压;胶合板;木塑复合人造板;PMMA

中图分类号:TS64;TS653 文献标识码:B 文章编号:1001-8654(2017)06-0030-05

Development and Future Applications for Continuous Presses

SHENG Zhen-xiang, YUE Qun-fei, QU Guo-fu, ZHANG Hong-jian, REN Ding

(China Foma (Group) Co., Ltd., Beijing 100029, China)

Abstract: The development, technical progress and applications for continuous presses for wood-based panel production were reviewed and summarized. New application potentials such as plywood production, 3-layer wood-plastic composite production and polymethyl methacrylate (PMMA) production for continuous presses were presented.

Key words: continuous press; isochoric press; isobaric press; plywood; wood-plastic composites; PMMA

经过几十年的不断改进与完善,人造板连续平压热压机的技术水平已经有了大幅提升,在人造板生产中的作用越来越重要。据统计^[1-2],到2017年,我国连续压机生产线的设计产量占各种人造板整个设计产量的比例为:纤维板 41%,刨花板 35.6%。2016—2017年间,我国新增人造板生产线中连续压机生产线占比为:纤维板 74%;刨花板 82%。纵观连续平压热压机的发展历程,也是通过借鉴引入、

改进提高、完善超越等步骤取得了技术的进步,其应用领域还在不断地拓展。

1 连续平压热压机的发展历程

人造板生产技术始于胶合板制造,尔后是纤维板,最后是刨花板。但连续平压热压机的应用最早是在刨花板生产线上,先是采用双履带形式,之后是双钢带形式。双钢带连续平压热压机由瑞典的山特维克公司率先开发^[3],最初主要应用于塑料、合成材料、复合层压材料等行业,其特点是压力和间距基本不变。干法纤维板和刨花板等人造板生产时,

收稿日期:2017-08-30;修改日期:2017-09-18

作者简介:盛振湘(1958—),男,中国福马机械集团有限公司副总工程师,教授级高级工程师。

由于板坯压缩比较大, 压制过程中的压力和间距需不断变化, 因此, 人造板的双钢带连续平压热压机, 在进入端、压机压力和间距分布上, 进行了一系列的改进。相关专利大部分集中在进入端的原理结构、设备压力与间距位置的调整等方面。

人造板连续平压热压机得到快速发展的原由众说纷纭, 但从生产应用层面来看, 优点主要体现在:

- 1) 压制相同厚度的板材, 密度降低 5%, 仍然能获得与多层压机压制板材相近的物理力学性能^[3];
- 2) 厚度公差小, 预固化层薄, 有效减少了砂光量;
- 3) 连续生产确保了产品质量的稳定性, 满足下游板式家具产业对规模化定制生产与稳定质量的要求;
- 4) 成品板材的幅面规格变化灵活, 市场适应性强;
- 5) 厚度变化对产量影响最小, 能大幅提高薄板产量。

1.1 国外概况

人造板双钢带连续平压热压机相关理论设想在 20 世纪 60 年代就已经提出, 但由于理论、设计、技术和制造上存在诸多困难, 初期发展缓慢, 专利数量很少, 只有零星的分布, 且技术水平较低。如第 1 件相关专利在 1966 年公布后, 到 1970—1973 年每年仅 1 件专利公布。这一时期产生的专利占该领域专利总数的 1%。

1977 年, 由德国 Kusters 公司制造的世界第一台人造板双钢带连续平压式热压机, 在比利时 Spano 刨花板工厂投产^[3]。该压机首先应用于刨花板生产的原因, 一方面是欧洲刨花板工艺成熟, 另一方面刨花板相对于法纤维板的压缩比小, 受碎料板坯结构的结合力及空隙等影响因子的限制, 压制速度较慢, 适应了当时技术条件下刨花板的压制。

1981 年, 德国 Bison 公司推出了首台钢带油膜型连续平压刨花板热压机^[3], 其设计理念与 Kusters 公司的辊毯式完全不同。连续压机使用钢带驱动板坯, 为了尽可能减小钢带运行的摩擦力, Kusters 采用的是多排滚子链设置在压板与钢带之间, 循环运动的滚动摩擦形式; Bison 采用在压板与钢带之间设置带润滑油导向槽垫板, 使压板与钢带之间形成一个密封且分布均匀的静压油膜腔, 为滑动摩擦形式。两种形式逐渐演变成双钢带压机两种作用力的传动工作原理与结构: 1) 等容加压机, 单位面积下, 通过热压板、滚子链和钢带等零部件机械传递作用

力; 2) 等压加压机, 单位面积下, 通过高压空气或热压油形成的压力腔, 传递气、液压作用力。

1984 年, 德国 Siempelkamp 公司应用全宽辊杆式辊毯原理, 开发的 ContiRoll 型连续压机进入了市场^[3], 第一台压机安装在美国, 用于干法中密度纤维板的生产。为适应干法中密度纤维板大压缩比的特点, ContiRoll 型连续压机采用了弹性板加调节油缸的柔性进入端结构方式, 使压机进料段的弹性板曲率半径可根据板坯厚度进行调整, 快速进入压机。

1990 年, 德国 Dieffenbacher 公司推出了第一台 CPS 型连续平压热压机, 也加入了人造板连续平压热压机的竞争行列, 安装地点在丹麦^[3]。压机采用上、下混合式加压布局, 其显著特点是机架两侧拉板可旋转开启, 进入端采用楔形折板多段调节。压机的应用拓展延伸到刨花板 (PB)、中/高密度纤维板 (HDF/MDF)、定向刨花板 (OSB)、单板层积材 (LVL) 和其他人造板。

连续平压热压机的标志性进步是在 1997 年, Kusters 公司推出了带冷却段的压机^[3], 可在连续压制状态下, 由热压转入冷却压制, 有效降低板内的蒸汽压力, 缩短排汽时间, 有利于胶的固化, 并降低热能消耗, 减少鼓泡分层的发生; 而且, 板坯可以较高的含水率进入, 改善传热过程, 从而提高生产能力。成品板的含水率接近平衡含水率, 减少板材吸水膨胀和板面变形, 提高了制品的质量。

进入新世纪, 国际人造板装备市场的竞争日趋激烈, 人造板装备制造企业走上了大型化和集团化之路。德国 Bison 公司被收购后, 转让给 Valmet 公司, 后又与 kusters 公司的压机部一起, 被 Metso 公司收购, 成立 Metso 人造板部。2008 年, Metso 人造板部又被 Siempelkamp 公司和 Dieffenbacher 公司瓜分。当前, 国外已形成了 Siempelkamp 和 Dieffenbacher 两大生产连续平压热压机并提供生产线的集团。

1.2 国内概况

公开的资料表明, 我国连续平压热压机的理论研究始于 1999 年^[4]。2006 年上海人造板机器厂有限公司率先成功研制产品, 之后, 敦化市亚联机械制造有限公司、中国福马机械集团有限公司、上海捷成企业管理集团有限公司、三门峡市易兴人造板设备有限公司等公司也开始了连续平压热压机的开发研制。

为提升我国连续平压热压机的自主研发能力和追赶世界先进水平, 2009 年中国福马牵头主持了国家高技术研究发展规划 (“863 计划”) “人造板连续平压和精准控制技术” 课题研究, 研发创新形成了多项自主知识产权。“BPY74265 宽幅人造板连续压机成型压制系统”, 被国家科技部、环保部、商务部和质检总局联合认定为“2014 年度国家重点新产品”; 行业标准 LY/T 2730-2016《连续平压热压机》, 在 2016 年颁布施行。

中国自主研发的 4、6、8 英尺连续平压热压机系列产品, 在进入端的结构型式、辊杆与链条的联接方式、消除热膨胀的热压板及框架板的特色结构等方面, 均形成了相关专有技术, 能够满足 MDF、PB、OSB 等多个品种、不同规格板材的生产要求。投入市场后运行可靠, 市场不断扩大, 并出口至乌克兰、伊朗等国。国产连续平压热压机面世以后, 连续压机生产线的售价至少下降 25%~30%, 为我国人造板产业发展做出了贡献。

2 连续平压热压机的应用拓展

2.1 作用力传递形式^[3]

目前, 双钢带结构连续平压热压机的作用力传递形式, 已形成等容加压和等压加压的两种。

1) 等容加压: 单位面积下, 油缸的作用力通过热压板、辊杆 (链毯)、钢带等叠加的零部件, 机械无间隙刚性传递作用力压制板坯 (图 1a); 或者在单位面积下, 油缸直接作用刚性辊筒与钢带, 机械传递作用力压制板坯 (图 1b)。

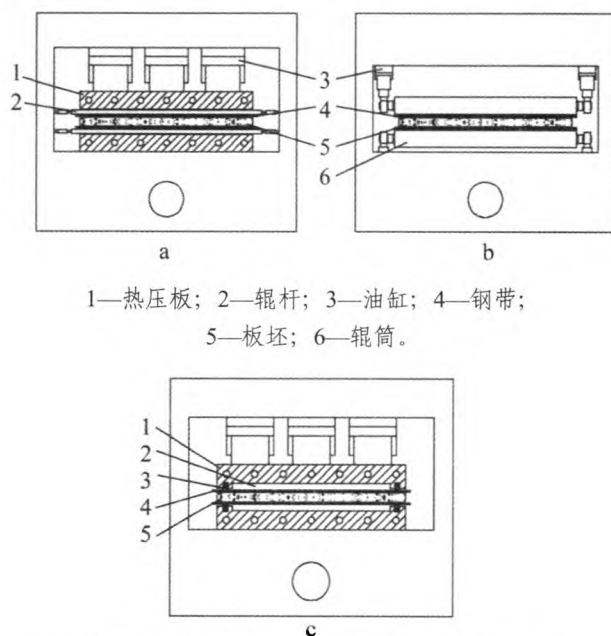
2) 等压加压: 单位面积下, 作用力借助于压缩空气或导热油, 在压板的凹槽与钢带间形成等压力的压力腔, 传递气、液压作用力压制板坯 (图 1c)。

按单位压力的大小, 通过结构组合, 派生出低压、中压、高压多种型式的双钢带连续平压热压机, 见表 1。

表 1 双钢带连续平压热压机压力结构型式

Tab.1 Different continuous press designs

压力	等容加压	等压加压
低压型 (0.7~1 MPa)	辊筒式结构	压缩空气压力腔
中压型 (5 MPa)	滚子链 (链毯) 结构	中压油压力腔
高压型 (10 MPa)		高压油压力腔



1—热压板; 2—辊杆; 3—油缸; 4—钢带;
5—板坯; 6—辊筒。

1—带凹槽热压板; 2—凹槽中的油 (气) 压力腔;
3—密封; 4—钢带; 5—板坯。

图 1 双钢带连续平压热压机作用力传递形式

Fig.1 Force transferring modes of continuous presses

等容加压压机: 适用于压制纤维、颗粒、小片状松散或松软型物料的板坯, 如 MDF、PB、OSB 等。其特点是, 以不同的压力作用在具有密度差异的板坯上, 可以精确调整板坯压制过程中的间距, 通过控制油缸的行程, 使产品的厚度均匀; 而板坯的密度差异, 可以通过精准的铺装技术解决。

等压加压压机: 适用于厚度均匀材料的贴面压制和多层材料的复合层压, 特点是可以保证压制过程中在同压力腔面积上的压力一致, 使贴合力均匀。如人造板连续贴面压机采用的就是低压型式生产。

双钢带连续平压能将加热与冷却过程在连续的压力下相结合, 既适用于需要冷状态进入、热压贴合的材料, 也适用于需要热压压制、冷压定型的材料。根据材料的特点, 还可采用等容加压和等压加压组合形式设计; 或者根据压制过程需要, 采用低压、中压或高压组合压力生产。

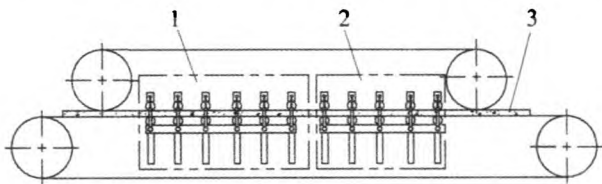
目前, 双钢带连续平压热压机除应用于 PB、MDF、OSB 以及 LVL 等人造板生产以外, 还应用于高压层压防火板、印刷电路覆铜板、塑料贴面板、橡胶板、重型输送带、塑料板及多层材料复合板的生产。在有些行业中的应用同步甚至超前于人造板行业, 行业间的交叉借鉴, 将促进应用进一步拓展。

2.2 连续压机的应用拓展

2.2.1 PMMA板连续压机

聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA），由甲基丙烯酸甲酯单体聚合而成，俗称有机玻璃。传统 PMMA 制造方法分为浇铸成型法和加压制板法，而加压制板目前有模压法和挤出法。双钢带连续压机生产 PMMA 板，被认为是模压法和挤出法之外的第三种新工艺。

PMMA 原料在部分反应的状态下为黏稠状，被注入双钢带之间，在双钢带压机间完成反应和压制过程。钢带上下各自成环状，围绕出口和入口的驱动辊与被动辊往复旋转，在钢带边缘有挡圈，可根据成品板厚调整双钢带之间的距离。压制成型过程在密闭环境中完成，分为加热区和冷却区，通过向密闭环境中通入热空气或冷空气，实现对物料的加热或冷却。压机采用辊筒式结构，通过液压系统对成组的辊筒等容加压，实现对物料的压制（图 2）。



1—加热区；2—冷却区；3—PMMA 板坯。

图 2 PMMA 连续压机示意图

Fig.2 Structure of continuous presses for PMMA production

PMMA 板连续压机长度约 100 m，钢带宽度 3 m，运行速度 100~5 000 mm/min，产品厚度 2~12 mm，最大产量约 560 万 m²。与传统生产工艺相比，其优势列于表 2。

表 2 PMMA 板三种生产方式比较

Tab.2 Different technologies of PMMA production

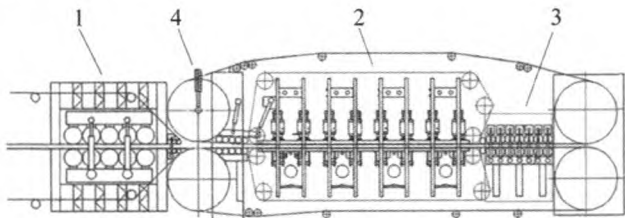
板材性能	连续平压法	模压法	挤出法
透明度	优	优	好
厚度均匀性	优	差	好
热成型性	优	差	好
分子量	高	高	低
防划痕和防化学性	优	优	差
防碎裂性	优	优	差
大规模生产	可以	受限	可以
尺寸定制	可以	受限	受限
内结合性能	极优	极优	差

模压法生产的 PMMA 板光学性能、表面硬度和机械加工性能优良，但无法大规模生产，产品厚度公差范围较大，如 3 mm 厚度误差一般为±10%，无法满足对厚度公差一致性要求比较高的场合。

挤出法生产的 PMMA 板在热成型后硬度剧烈下降，其抗拉强度与抗裂纹能力亦不及连续压机生产的 PMMA 板。

2.2.2 胶合板连续压机^[5]

目前，中国数量庞大的胶合板企业逐渐显露出规模小、机械设备简陋、工艺技术落后、产品种类单调、质量参差不齐等问题，转型升级急需先进装备的支撑。基于多年人造板连续压机开发实践经验，结合胶合板生产工艺特点，笔者公司与相关单位合作，为适应我国胶合板单板处理与连续组坯生产方式，设计开发了双钢带胶合板连续压机，其结构如图 3 所示。



1—预加热加压单元；2—加热加压单元；
3—冷却加压单元；4—钢带传输单元。

图 3 胶合板连续压机结构

Fig.3 Structure of continuous presses for plywood production

由于胶合板是大张单板层叠成型，表层单板加热后，形成的蒸汽不易穿透，使热压周期延长。要缩短热压时间，保证达到芯层胶黏剂的固化温度及生产线的产量要求，加热段前采用微波预热的方式，并施加一定的压力，以减少热损失。在加压预热阶段，胶合板板坯通过非接触式微波加热，使整个厚度的板坯受热均匀，表芯层同时快速受热。通过过渡装置和辅助加压装置，使加压预热后的板坯避免在输送过程中出现压力真空段，保证板坯连续受压。

胶合板板坯热压采取辊杆链方式作业，使板坯在高温状态下快速压实。热压后定型工艺要求的压力与温度不高，采用冷却式辊筒等容加压方式。进入冷却定厚阶段后，板坯温度降低，可根据蒸汽压力的降低调整压力。降温使得板坯内部蒸汽压力降

低, 排汽时间缩短, 从而整体热压时间缩短, 热量消耗减少; 同时, 还可以避免胶合板产品出现鼓泡、分层等缺陷。压制中的胶合板中含有一定水分, 可减少变形, 改善胶合板产品的性能。同时, 在运动辊筒上的两端油缸, 可以调整冷却段的压力与行程, 针对板坯厚度进行快速灵活调整, 起到稳定控制板厚精度的作用。

通过过渡保压辊, 使经过加热加压段的板坯带压过渡到冷却定厚段, 保证了板坯良好的胶合状态, 避免发生剥离、形变等不良情况。

压制胶合板既可以采用热固性醛类胶, 也可采用热塑性非醛类连续式薄型胶膜, 在通过加压预热、加热加压及冷却定厚后, 能够快速成型, 使胶合板成品内部各层单板间粘接稳固。

2.2.3 三层木塑复合人造板连续压机

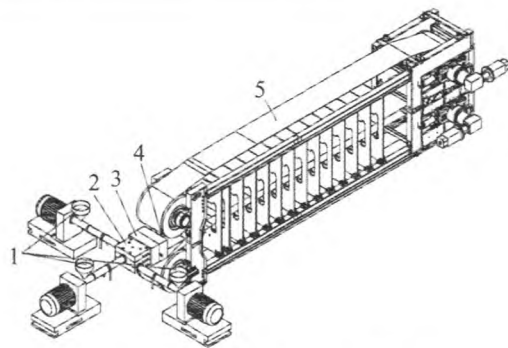
目前, 热塑性复合材料的生产方法有挤出成型、注塑成型以及模压成型等。挤出成型工艺较为成熟, 常采用单层共混法, 但生产同厚度的板材需要的物料量大, 填充物的团聚现象严重, 降低了填充的均匀性, 制品强度低; 并且, 对木材的颗粒细度和均匀性要求高, 木粉的添加量受限, 木材基本上是以填充物的形式存在于木塑板中, 板材密度很高, 使用不方便。注塑成型和模压成型为间歇性工作方式, 成型周期长, 生产效率低。

笔者公司与相关院校合作, 针对现有工艺的不足, 提出了一种高效生产层叠复合板材的方法, 通过热压压制、冷却定型工艺生产轻质木塑板。

为了降低木塑板的密度, 芯层可采用不同比例的纤维或细刨花与塑料共混, 上下表层采用木粉与塑料共混, 生产同厚度的板材, 每层物料用量减少, 混合均匀性提高。各层厚度可控, 可以实现多种密度和强度性能的板材生产。

图4所示为三层木塑复合人造板连续压机结构简图。其制备装置主要由挤出供料设备、汇流器、展宽器、对接器和连续平压机组成。

将不同木塑比例的聚合物或热塑基共混物, 分别加入到三台挤出机中挤出供料, 经过汇流器2后进入展宽器3展宽, 通过一次或二次展宽, 将熔体材料压制成本达到热压机宽度的尺寸, 经对接器送入连续平压机5的入口; 在热压区, 对板坯采用高压热油



1—进料口; 2—汇流器; 3—展宽器;
4—对接器; 5—连续压机。

图4 三层木塑复合人造板连续压机结构简图

Fig.4 Structure of continuous presses for three-layer wood-plastic composite production

等压加压, 挤出板坯中的气泡; 冷却区采用等容加压, 方便调整控制成板的厚度精度。实现了热压、冷却、输送一体化连续生产, 提高生产效率; 同时, 加热与冷却过程在连续的压力下相结合为一体设备, 便于塑料层定型与脱离钢带。

3 结语

新技术的不断涌现, 推动着双钢带连续平压热压机的快速发展。采用微波或红外线预热, 缩短热压时间, 可以缩短热压板的长度; 应用板坯增湿技术, 使板坯表面增湿, 在热压过程中可增加热传导, 缩短热压时间; 将材料的合成反应设置在钢带运行中进行, 充分利用化学反应热, 有助于板坯加热; 利用塑料薄层压贴人造板表面, 丰富了人造板的饰面方式等, 再加上等容与等压加压方式的综合利用, 将推动连续压机的应用向更多更广的领域拓展, 满足新产品工艺与应用的要求。

参考文献:

- [1] 肖晓兵, 胡广斌. 我国纤维板产业供给侧结构性改革持续推进[J]. 林产工业, 2017, 44(5): 3-4.
- [2] 胡广斌. 我国刨花板产业供给侧结构性改革持续推进[J]. 林产工业, 2017, 45(6): 3-5.
- [3] Sandvik. Steel belts for the production of wood based panels[M]. Sweden: by AB Sandvik Process Systems, Copyright©2009.
- [4] 黄菊花, 肖安崑, 许益民. 连续平压机板厚控制液压系统[J]. 南昌大学学报(工科版), 1999, 21(2): 78-83.
- [5] 中国福马机械集团有限公司. 胶合板的制备方法: 中国, CN106903761A[P], 2017-06-30.

(责任编辑 向琴)