

实用技术

夹钳-吸盘式单层快速贴面 生产线的研制设计

赵晓岗,汪强华,袁保存,瞿国富,王学平

(苏福马股份有限公司,江苏苏州 215003)

摘要: 介绍了夹钳-吸盘式单层快速压贴生产线主要设备热压机及装卸板机的结构特点和工作原理,测试结果表明,该生产线将大大提高人造板厂装饰贴面的生产率。

关键词: 夹钳-吸盘式;装卸板机;快速贴面生产线

中图分类号:TS653 文献标识码:B 文章编号:1001-8654(2003)01-0027-04

Design of Clamp Frame-vacuum Chuck Type Single-deck Fast Overlaying Production Line

ZHAO Xiao-gang, WANG Qiang-hua, YUAN Bao-cun, JU Guo-fu, WANG Xue-ping

(SUFOMA Co. Ltd., Suzhou 215003, Jiangsu, China)

Abstract: The SFL6100 single-deck fast overlaying production line is a new product developed by SUFOMA Company Ltd. In this article, the design principles, structural features and parameter calculations for the main equipment in the line, such as the hot press and the loading & unloading machine, were discussed and their advantages analyzed. The test results for the equipment showed that the efficiency of this new type of overlaying production line could be greatly increased when the clamp frame-vacuum chuck devices were installed on the loading and unloading machine.

Key words: Clamp frame-vacuum chuck type; Loading and unloading machine; Fast overlaying prouduction line

在刨花板或中密度纤维板(MDF)表面采用较低的单位压力覆贴改性三聚氰胺树脂浸渍装饰纸,可使其表面获得美丽的纹理图案,并改善其光洁度、耐水、耐磨、耐烫、耐污染等性能。该项技术于 1969 年首先在德国研制成功,与传统三聚氰胺装饰板压制技术相比较,主要特点是覆贴的单位压力较低,生产周期短,节约能源;采用单层压机,热上热下,压制周期一般不超过 60 s。由于上述优点,该项技术在欧洲研制成功后发展很快。有资料报导,在西欧家具业中,浸渍纸贴面板的用量超过板材总量的 1/3,市场前景广阔^[1]。

80 年代初,中国林科院木材工业研究所引入该项技术并开展消化设计工作,笔者所在公司在 1985

年制造出第一台样机—J8500 单层快速压贴生产线。在总结试制经验的基础上,于 90 年代研制成功比较先进的 SL9200、SL9900 系列低压短周期贴面生产线,深受用户的欢迎,在国内已有相当的知名度和市场占有率。但由于设备结构的限制,尚不能完全满足人造板用户的多种需要。面对激烈的市场竞争,在市场调研的基础上,吸取国外先进技术并结合多年的开发经验,笔者所在公司又开发了 SFL6100 新型夹钳-吸盘式快速贴面生产线,该生产线由热压机、快速装卸板机、输送辊台、真空吸板机、刷光机、液压升降台等设备组成,其特点:

(1) 采用夹钳及吸盘实现无垫板同时快速装、卸板,减少压贴辅助时间,保证贴面板的质量;

(2) 压机采用高压蓄能器,优化控制油路,缩短

收稿日期:2002-07-24

作者简介:赵晓岗(1966—),男,苏福马股份有限公司高级工程师。

板坯“无压受热时间”;

(3)装卸板机采用进口伺服电机及控制器,输出力矩大,动态响应快,跑车定位精度高。

对该生产线中热压机及快速装卸板机的设计分析如下。

1 SFL 6100 快速贴面生产线技术参数

压机总压力	20 651 kN
主油缸	$\Phi 360 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$
提升缸	$\Phi 140/80 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$
系统工作压力	26 MPa
闭合升压时间	$\leq 3.5 \text{ s}$
贴面板规格	$(3 \sim 40) \text{ mm} \times 1\,830 \text{ mm} \times 3\,050 \text{ mm}$
装机总功率	200 kW
最大跑车速度	130 m/min
辅助时间	$\leq 16 \text{ s}$
热压周期	45 s 以内

2 SFL6101 单层热压机

2.1 结构概述

单层热压机为下压式结构,由机架、主油缸、升降油缸、同步机构、导向机构、上/下衬板张紧机构、加热系统、气路系统及液压系统组成。机架共有四组框架,用联接板组、螺栓与底座连接。八只主油缸为压盖式结构,其底面与框架板固定,柱塞头与上热压板连接,主密封采用进口密封与国产斯特封组合。导向部分采用进口 FR 型导向带与 F3 型导向带组合,因而具有承载能力高、耐磨的特点,同时还具有纳污功能,可以避免污物磨损柱塞。衬板张紧机构在衬板两侧边采用气缸夹紧衬板,两端用螺栓固定,所有张紧机构都固定在热压板上。热压板加热回路采用四组单排分段结构,结构布置合理,确保板坯升温快,受热均匀。控制、加压、提升管路的所有管接头及管路均采用进口件。

2.2 油缸部分的强度校核与压力计算

2.2.1 油缸内径 d 的计算 设液压缸内径与柱塞直径相等,则:

$$d = \sqrt{4P/n\pi p} \dots\dots\dots (1)^{[2]}$$

式中: P —油缸总压力, N; p —油缸最高工作压力, MPa; n —油缸数量

一般浸渍纸贴面压力为 3 MPa 左右,考虑到幅宽的增加及参考国外设备的经验数据,取单位压力 $p_0 = 3.7 \text{ MPa}$, 板坯尺寸为 $W \times L = 1\,830 \text{ mm} \times 3\,050 \text{ mm}$, 所以总压力为: $P = p_0 \times W \times L = 3.7 \times$

$$10^6 \times 1\,830 \times 3\,050 \times 10^{-6} = 20\,651 \text{ kN}$$

油缸数量 $n = 8$, 系统最高工作压力 p 为 26 MPa, 将其代入(1)式, 得:

$$d = \sqrt{4P/n\pi p} = \sqrt{4 \times 20651 \times 10^3 / 8 \times \pi \times 26} = 355.6 \text{ mm}, \text{取 } d = 360 \text{ mm}$$

2.2.2 缸壁厚度的校核 液压缸需作为一个厚壁圆筒进行强度计算, 按照材料力学强度理论分析液压缸承受三向应力, 据有关资料壁厚 δ 的经验公式为:

$$\delta \geq p_{\max} \times d / (2.3 \times [\sigma] - 3 \times p_{\max}) \dots\dots\dots (2)^{[3]}$$

当油缸直径 $\Phi > 200 \text{ mm}$ 时, 材料采用 ZG 35, 其许用应力为 $[\sigma] = 100 \text{ MPa}$, $p_{\max} = 26 \text{ MPa}$, 代入(2)式计算得:

$$\delta \geq p_{\max} \times d / (2.3 \times [\sigma] - 3 \times p_{\max}) = 26 \times 0.36 / (2.3 \times 100 - 3 \times 26) = 61.6 \text{ mm}$$

实际取 $\delta = 80 \text{ mm}$

2.2.3 缸筒底部厚度 t 的计算 经验公式为 $t = (1.5 \sim 2)\delta$, 因为 $\delta = 80 \text{ mm}$, 所以取 $t = 130 \text{ mm}$ 。

2.2.4 缸体联接螺栓的校核 紧固法兰的螺栓拉应力为: $\sigma = \pi/4 \times (D_2^2 - D_1^2) \times p / (n \times f)^{[2]} \dots\dots\dots (3)$

式中: n —螺栓个数, f —螺栓螺纹底径的面积(螺栓直径 $M = 24 \text{ mm}$), D_2 —柱塞直径, D_1 —缸体导向部分内径, p —油缸最高工作压力

将 $n = 12$, $f = 3.38 \text{ cm}^2$, $D_2 = 36 \text{ cm}$, $D_1 = 37.2 \text{ cm}$, $p = 26 \text{ MPa}$ 代入(3)式, 得 $\sigma = 44.2 \text{ MPa} < 80 \text{ MPa} = [\sigma_s]$, 所以螺栓拉应力满足要求。

柱塞计算与液压缸相似, 不再重复。考虑到油缸较短, 所以油缸稳定性不必校核。框架计算略。

2.3 液压系统

液压系统采用进口大口径充液阀, 增加高压蓄能器, 使得压机快速闭合加压, 缩短板坯“无压受热时间”。SL9900 系列采用的充液阀为 PF80, 其最大流量 $Q = 400 \text{ L/min}$, 缸径 $D = 320 \text{ mm}$, 行程 $h = 300 \text{ mm}$, 充液时间为: $t = \pi D^2 h / 4Q = 3.14 \times 32^2 \times 30 / [4 \times (400 \times 1000 / 60)] \approx 3.6 \text{ s}$ 。而实际上, 热压板下降是靠主油缸柱塞及热压板自身重力作用, SL9900 系列热压机的闭合速度为 120 mm/s , 压机闭合时间为 $300 \text{ mm} / 120 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} = 2.5 \text{ s}$, 充液阀的充液时间 3.6 s 与压机闭合时间 2.5 s 相差 1.1 s , 即当压机达到完全闭合状态时, 油缸腔内尚未被液压油充满。当泵源给主油缸加压时, 需先将尚未被充满的部分充满后再加压, 使板坯的无压受热时间增加。

为此, SFL6101 型压机的液压系统改用 PF150 通径的充液阀, 最大流量 $Q = 2\,500 \text{ L/min}$, 故充液阀的充液时间为: $t = \pi D^2 h / 4Q = 3.14 \times 362 \times 30 / [4 \times$

$(1\ 000 \times 2\ 500/60)] \approx 0.732\text{ s}$ 。压机闭合速度提高,再加上高压蓄能器(NXQ-L40/31.5-A)的瞬时加压,热压机闭合加压时间可比 SL9901 缩短约 2.5 s 左右(SL9900 系列热压机闭合加压时间为 4~5 s)。

3 SFL6102 快速装卸板机

由装板机架、小车、传动系统、托架、卸板机架、出板辊台、卸板机构及卸板机架等部件组成,动作顺序为:吸盘摆进→下降→吸板→上升→跑车进→跑车停→吸盘降→放板→吸盘升→吸盘收回

3.1 驱动系统

跑车驱动采用大功率伺服电机,9300 伺服控制器,输出扭矩经减速器将动力传给双排链条,驱动跑车运动。伺服电机具有很高的功率传递密度和小的惯量,其性能远远优于普通异步电动机。整个系统具有很高的动态响应特性,其调速范围、输出力矩均大于普通变频系统,可始终保持高度柔性化驱动。由动量定律 $m(v_t - v_0) = -Ft$ 得制动力 F 的计算公式为:

$$F = -m(v_t - v_0) / t \quad (4)$$

式中: m —整个跑车的质量,为 3 000 kg;

t —制动时间。设 $t = 1\text{ s}$, $v_0 = 0.67\text{ m/s}$, $v_t = 0$,代入式(4),得 $F = 19\ 698\text{ N}$ 。

选用的电机功率为 20.3 kW,输出转矩为 75 N·m,传动比 $i = 17.92$,减速器实际输出转矩为 $M = 1\ 344\text{ N} \cdot \text{m}$ 。而制动转矩一般为额定转矩的两倍,所以制动力矩 $M_b = 1\ 344 \times 2 = 2\ 688\text{ N} \cdot \text{m}$ 。

主传动链轮分度圆直径 $d_0 = 210.7\text{ mm}$,输出轴与传动链轮速比为 1:1,所以链轮每转一周,跑车行程 $S = \pi \times d_0 = 661.9\text{ mm}$,制动力 $F_b = 2 \times M_b / d_0 = 25\ 515\text{ N}$ 。轮子外缘材料为聚氨酯,其与导轨材料钢之间的摩擦系数近似为 0.22,所以滚轮与导轨之间的摩擦力 $F_f = 3\ 000 \times 9.8 \times 0.22 = 6\ 448\text{ N}$ 。由此得总制动力 $F_z = F_b + F_f = 31\ 963\text{ N} > 19\ 698\text{ N}$,满足制动要求。

3.2 装板机构

装板机构采用托臂-夹钳的结构形式,托臂的送进与退回由丝杠螺母副的纵向移动来完成,夹钳的压紧与松开由气缸来完成。在装板机构的机架内部放有液压升降台,用于将板坯升起超过托臂上皮带辊的高度,此时托臂伸入其下方,升降台落使板坯落在伸出的托臂上,气缸带动夹钳动作将板坯夹住,跑车启动将板坯送入压机内,托臂收回,板坯靠重力作用落于下热压板上,完成送板动作。

图 1 为试制样机的速度时间曲线之一(其中加速

度 $a = \pm 6.67\text{ m/s}^2$,其中“+”对应小车加速,“-”对应小车减速,跑车行走时间 $t = 2.12\text{ s}$)。

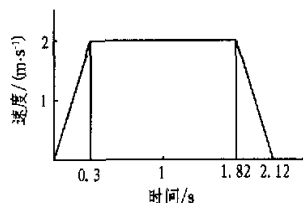


图 1 跑车速度-时间曲线

Fig. 1 Curve of wagon moving speed varying with time

3.3 卸板机构

卸板动作由六只真空吸盘的升降与摆臂的摆动来完成。真空吸盘的提升动作是由摆线针轮减速器靠链轮将动力传给同轴的三组齿轮齿条,齿条与摆臂轴的安装箱体连接在一起,从而实现吸盘的升降动作,升降的极限位置由接近开关控制。

3.3.1 吸盘升降速度 V 的计算:

$$V = i \times n \times d_0 \pi \quad (5)$$

式中: i —传动比, n —输出转速, d_0 —齿轮分度圆直径

将 $i = 1$, $n = 20\text{ r/min}$, $d_0 = 72\text{ mm}$ 代入(5)式,得 $V = 4.523\text{ m/min}$ 。升降行程 $s = 65\text{ mm}$,则升降时间为 $t = 60 \times s / V = 60 \times 0.065 / 4.523 = 0.86\text{ s}$ 。

摆动动作是由蜗轮蜗杆的啮合运动来完成。动力来自于安装在跑车架的斜齿蜗轮减速机。摆动极限位置由光电开关控制。

3.3.2 吸盘摆动速度 n_b 的计算

$$n_b = i \times n_c \quad (6)$$

式中: i —传动比, n_b —摆臂转速, n_c —输出转速

将 $i = 1/15.5$, $n_c = 199.9\text{ r/min}$ 代入(6)式,得 $n_b = 12.9\text{ r/min}$ 。摆过 90° 所需时间 $t = 60 / 12.9 \times 4 = 1.16\text{ s}$ 。

设放板时间为 0.4 s,跑车速度为 120 m/min,则装卸板时间为 $t = 8.46\text{ s}$ 。

3.3.3 吸盘吸力 F_w 的计算 每个吸盘的理论吸力 $F = 0.785 D^2 (H/760) (\text{kgf})^{[2]} = 7.694 \times D^2 (H/10^5)\text{ N}$ 。考虑到气损,每个吸盘的许用吸力 F_w 为:

$$F_w = \mu F / S$$

式中: D —吸盘工作内径, H —真空度, S —安全系数, μ —吸盘有效应力系数

将 $D = 22\text{ cm}$, $H = 0.6 \times 10^5\text{ Pa}$, $\mu = 0.9$, $S = 2$ 代入上式,得 $F = 7.694 \times 22^2 \times 0.6 \times 10^5 / 10^5 = 2\ 234.4\text{ N}$, $F_w = 0.9 \times 2\ 234.4 / 2 = 1\ 005.5\text{ N}$ 。吸盘个数为 6,总吸力 $F_s = 6 \times F_w = 6 \times 1\ 005.5 = 6\ 033\text{ N}$ 。

N. 板的重力 $W_B = L \times W \times H \times d \times 9.8$, 其中长度 $L = 3.05 \text{ m}$, 宽度 $W = 1.83 \text{ m}$, 高度 $H = 0.04 \text{ m}$, 密度 $d = 600 \text{ kg/m}^3$, 所以 $W_B = 3.05 \times 1.83 \times 0.04 \times 600 \times 9.8 = 1313 \text{ N}$. 可知, F_s 远远大于 W_B , 所以吸力满足要求。

3.4 SFL6102 与 SL9902 装卸板机性能参数的对比 (见表 1)。

表 1 两种型号装卸板机的技术参数对比

Tab. 1 Comparison of technical parameters between two types of loading and unloading machines

型号	装板规格/mm	小车行程/mm	装卸板时间/s	速度/(m·min ⁻¹)	调速方式	产量/定位精度/mm
SL9902	1220×2440	3880	<15	76	交流变频	110 <6
SFL6102	1830×3050	3800	<10	130	交流伺服	270 <1

4 结论

通过对两种型号装卸板机的技术参数对比分析可看出, 新型快速贴面生产线具有生产周期短、装板幅面宽、产量高等显著优点。由于采用了先进的伺服控制技术, 可实现柔性启动与制动, 装卸板机跑车速度大大加快。摆臂吸盘的采用使得卸板时间大大缩短, 自动化程度显著提高, 克服了 SL9902 装卸板机

卸板链故障等弊端, 控制技术水平高。同时, 由于热压机采用了高压蓄能器、进口大口径充液阀, 减少了板坯的无压受热时间; 主油路采用进口比例阀调节系统压力, 主油缸密封件全部采用进口件, 使得热压机无论是液压系统还是结构都比以往产品有了一次飞跃。

装卸板机样机现已试制完毕, 连续工作 4 h 以上, 跑车速度实测为 120 m/min, 辅助时间 8.4 s, 比 SL9902 减少一半以上, 往复精度误差实测为 0.03 mm, 伺服电机温升 7 ℃, 电流 40 A, 与额定值 42.5 A 接近, 其余电机温升为 3 ℃, 接近开关等信号准确迅速, 动作控制可靠, 达到设计要求, 验证了伺服控制装卸板机的先进性, 从而为开发先进的宽幅系列快速压贴线打下了坚实的技术基础, 对二次贴面生产设备的更新换代以及技术创新将产生积极的推动作用。

参考文献:

- [1] 马克骏, 叶雪琳. 低压短周期贴面人造板生产中存在的主要问题及工艺上的新进展[J]. 木材加工机械, 1999(3): 29-30.
- [2] 吴新泉, 罗裕明, 齐盛田. 人造板多层热压机[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985, 68, 76, 220-221.
- [3] 雷天觉. 液压工程手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990, 741.

(上接第 7 页)

透率小于 60% 为差。每个试验条件染色 3 批单板, 即总共染色 27 批单板, 每个试验条件共抽取 6 张单板, 共得到 60 个切成 30 mm × 30 mm 的试件染透率综合评价结果, 见表 2。

3 结果与分析

3.1 染液温度的影响

由表 2 结果可看出, 染液温度为 20 ℃ 时试样单板内层染色不完全, 染透率仅在 75% 以下, 这是由于温度太低, 染液不易向单板内渗透所致。但随着温度的升高, 在温度达 60 ℃ 时, 单板的染色程度也随之提高, 当温度在 80 ℃ 时基本可以达到完全染色。考虑到温度太高(100 ℃ 以上)会由于水、热的作用加速单板的水解^[2], 对单板的强度和染色的均匀性都造成不良的影响, 故染液温度以在 70~80 ℃ 范围内为宜。

3.2 染液浓度的影响

从表 2 可见, 当染液的浓度低至 0.2% 时, 单板染色效果为差或较差。从切取的试样也可观察到, 单板不仅未能完全染色而且表面颜色也不匀, 主要是染料用量太少所致。随着染料用量增加, 染液浓度增大, 染色效果也逐渐改善。当染液浓度在 0.5% 以上时,

染色效果明显提高。一般情况下染液浓度越高, 染色单板的颜色也深。但若染液浓度超过 1%, 一方面染料用量增加, 生产成本提高, 另一方面, 随着染液浓度的增大, 染色时间也需延长, 否则单板内部不易完全染色。试验结果表明, 染液的适宜浓度在 0.5%~0.6% 间较为合适。

3.3 染色时间的影响

染色时间是直接影响生产效率和经济效益的重要因素, 因此, 在保证染色质量的前提下染色时间越短越好。表 2 结果表明, 为了保证染色均匀和良好的染透率, 染色时间控制在 5 h 左右为宜。

4 结论

按本试验所选定的漂白和染液配方, 荷木单板适宜的漂染工艺为: 漂白液温度 70~80 ℃, 漂白时间 2 h; 染液温度为 70~80 ℃, 染液浓度 0.5%~0.6%, 染色时间 5 h, 按此漂染工艺处理的荷木单板可以得到良好的染色效果。

参考文献:

- [1] 赵立. 人造板装饰[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.
- [2] 陆仁书. 纤维板制造学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.