

大尺寸 ACCH 芳纶纸蜂窝浸胶工艺研究

Study on Dipping Process of Large Size ACCH Aramid Paper Honeycomb

中航复合材料有限责任公司 杨进军 马建忠 刘文品

[摘要] 本文研究了大尺寸 ACCH 芳纶纸蜂窝浸胶单位体积上胶量与浸胶提升速度的关系,提出了浸胶提升速度与胶液密度的经验公式,试验验证表明,按照计算的提升速度进行浸胶后,蜂窝实测密度与目标值偏差在 0.43 kg/m^3 以内。同时分析了流胶时间对大尺寸 ACCH 芳纶纸蜂窝密度均匀性的影响,结果表明:当流胶时间在 40s 时,制备的蜂窝密度均匀性好,密度均匀性(Cv 值)小于 4%。

关键词: 浸胶 提升速度 流胶时间

[ABSTRACT] In this paper, the relationship between the resin pickup per unit volume and rising velocity of the honeycomb block during dipping process is studied, a theoretical formula between the velocity and resin density is established. Experimental verification shows that the deviation between the target density and the tested density after dipping per the calculated velocity is within 0.43 kg/m^3 . The effect of resin flowing time on the uniformity of honeycomb density is analyzed, the result shows that when the flowing time is 40s, the uniformity of the honeycomb density is good, and the Cv value is less than 4%.

Keywords: Dipping Rising velocity Flowing time

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S1.068

芳纶纸蜂窝芯材具有轻质、高强、高模、阻燃、耐高温、低介电损耗等一系列优良性能,已在航空航天、高速铁路等领域得到了广泛的应用。浸胶是制备芳纶纸蜂窝的关键工序之一,浸胶工艺直接决定了芳纶纸蜂窝的密度以及密度均匀性,并进一步影响蜂窝性能^[1-3]。目前国内芳纶纸蜂窝浸渍高度一般在 150~450mm 以内,在该高度范围内浸胶设备造价低,浸胶工艺简单易控,但缺点是芳纶纸蜂窝尺寸应用受限,原材料利用率低。而大尺寸芳纶纸蜂窝制备由于设备及工艺存在瓶颈,国内开展较少。

为进一步提高芳纶纸蜂窝产品质量,拓宽应用领域,提高制备效率,中航复合材料有限责任公司自行研制了一整套大尺寸芳纶纸蜂窝生产线,生产制备的芳纶

纸蜂窝尺寸为长 2650mm × 宽 1350mm × 高 914mm。

本文利用自行研制的大尺寸蜂窝浸胶机,通过研究浸胶提升速度与单位体积上胶量的关系,提出了浸胶提升速度与胶液密度的经验公式,最后研究了流胶时间对蜂窝密度均匀性的影响。

1 试验部分

1.1 主要原材料

主要原材料见表 1。

表1 主要原材料

名称	型号	技术要求
蜂窝块	ACCH-2-1/8	孔格边长 1.83mm,尺寸:长 2650mm × 宽 1350mm × 高 900mm
酚醛树脂	PR-43204	执行规范:1-057001

1.2 主要设备

主要设备及用途见表 2。

表2 主要设备及用途

名称	用途	生产单位
大尺寸蜂窝浸胶机	蜂窝浸渍酚醛树脂	中航复合材料有限责任公司
X002 烘干固化烘箱	蜂窝浸渍后烘干与固化	北京众磊有限公司
A14 片切机	蜂窝片切	美国 FERRY 公司
蜂窝测厚测重仪	蜂窝片料测厚测重	中航复合材料有限责任公司

1.3 试验方法

1.3.1 浸胶提升速度与胶液密度的关系

利用 ACCH-2-1/8 未浸胶蜂窝块做上胶量试验,首先将浸胶胶液密度调节为适宜浸胶范围($0.9\sim 1.1 \text{ g/cm}^3$),且保持不变,把浸胶吊篮提升速度设置为 $25\sim 80 \text{ mm/min}$,依次观察浸胶提升速度与蜂窝块单位体积上胶量的关系。结果见表 3。

1.3.2 流胶时间对浸胶后蜂窝密度均匀性的影响

利用 4 块 ACCH-2-1/8 蜂窝,使用相同参数胶液密度和提升速度进行浸胶,以使蜂窝固化后密度达到 48 kg/m^3 。在浸胶翻转流胶时,将流胶时间分别控制在

表3 ACCH-2-1/8蜂窝浸胶提升速度与上胶量的关系

试验编号	提升速度 / (mm·min ⁻¹)	单位体积上胶量 / (kg·m ⁻³)
1	25	12.37
2	30	11.84
3	35	12.67
4	45	20.92
5	50	22.34
6	60	23.63
7	80	25.61

10s、40s、60s、80s,然后经烘干固化后将蜂窝利用片切机逐块片切成 12.7mm 厚的片料,再利用蜂窝测重测厚仪测量蜂窝密度,统计得出每块蜂窝片切后片料密度分布均匀性即离散系数,离散系数越小密度越均匀;最后算出每块蜂窝最大最小密度值与目标密度 48kg/m³ 的上下最大偏差,以考察是否符合蜂窝密度的指标要求,从而选择出最佳流胶时间控制参数。蜂窝片切加工如图 1 所示。

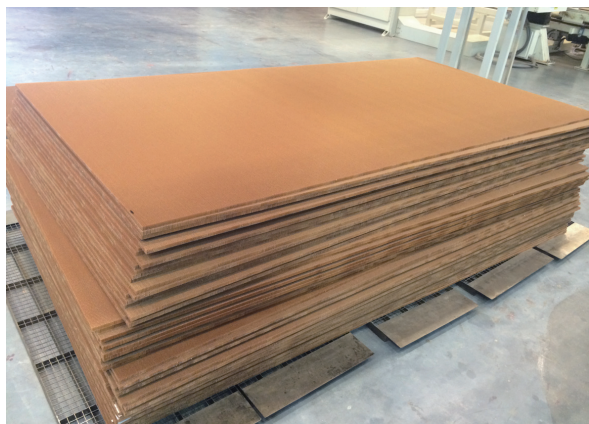


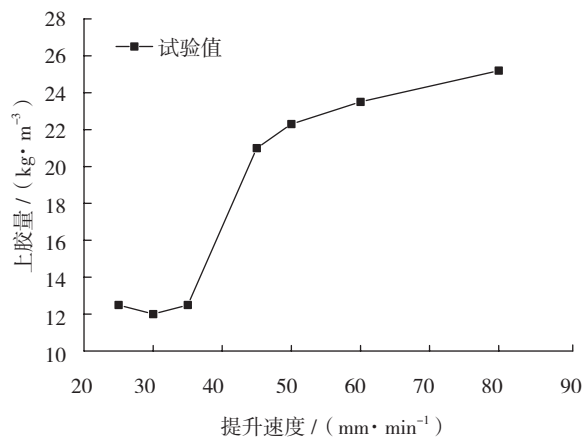
图1 蜂窝片切加工

Fig.1 Honeycomb slicing process

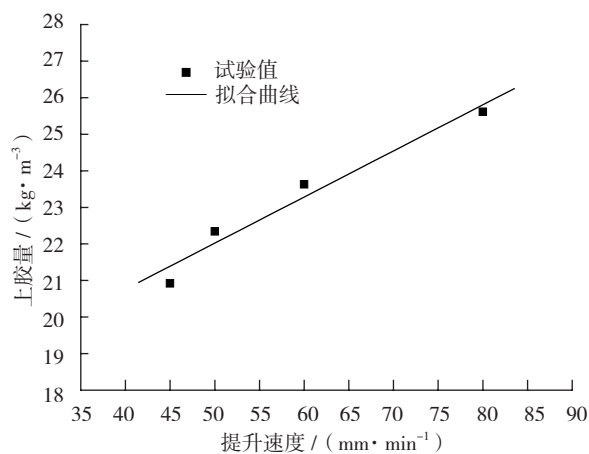
2 结果与讨论

2.1 浸胶提升速度与胶液密度的关系

2.1.1 浸胶提升速度与胶液密度的关系及公式推导



(a) 提升速度 25~80mm/min



(b) 提升速度 45~80mm/min

图2 浸胶提升速度与单位体积上胶量曲线

Fig. 2 Graph of rising velocity and resin pickup per unit volume

从表 3 中数据可看出,浸胶提升速度越快,单位体积浸挂到蜂窝孔壁上的树脂越多,且在蜂窝块浸胶提升时,提升速度与单位体积上胶量基本呈正比,但试验也发现,当提升速度小于 35mm/min 时,由于速度过慢,浸挂在蜂窝孔壁上的胶液大部分已流出,只剩下少量渗入芳纶纸内的树脂,此时单位体积上胶量基本趋于稳定,与提升速度无明显线性关系,如图 2 (a) 所示。将表 4 给出的当提升速度大于 35mm/min 时浸胶提升速度与单位体积上胶量的关系进行线性拟合,拟合曲线如图 2 (b) 所示。

经过线性拟合,可得提升速度 v 与单位体积上胶量 δ 的关系式:

$$\delta = 0.126v + 15.72 \quad (1)$$

单位体积上胶量 δ 与目标密度 ρ_1 的理论计算公式如下:

$$\delta = (\rho_1 - \rho_0)/R_c \quad (2)$$

作者在《蜂窝浸胶-烘干-固化质量模型研究》^[4]

一文中研究得到胶液密度与固含量 R_c 的关系为

$$R_c = (1.897\rho - 1.499) \times 100\% \quad (3)$$

由式(1)、(2)、(3)可推导得出 ACCH-2-1/8 蜂窝理论提升速度 v 与目标密度 ρ_1 的关系:

$$v = \frac{100(\rho_1 - \rho_0)}{23.9\rho' - 18.9} - 124.8 \quad (4)$$

式中, v 为蜂窝理论提升速度, ρ_0 为蜂窝浸胶前密度, ρ_1 为蜂窝浸胶后目标密度, ρ' 为浸胶胶液密度。公式(4)表征了浸胶密度与浸胶提升速度的关系,可根据所需要浸胶的目标密度确定浸胶时的提升速度。

2.1.2 浸胶经验公式工艺验证

ACCH-2-1/8 浸前蜂窝密度为 30kg/m^3 , 蜂窝目标密度为 48kg/m^3 , 如按两次浸胶达到目标密度, 则每次浸胶后蜂窝密度增量 $\Delta\rho = (\rho_1 - \rho_0)$ 为 9kg/m^3 , 表 4 给出了 ACCH-2-1/8 蜂窝在不同胶液密度条件下利用浸胶经验

表4 ACCH-2-1/8蜂窝在不同胶液密度条件下的提升速度

序号	胶液密度 / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	$(\rho_1 - \rho_0)$ 设定值 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	提升速度 v / ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	$(\rho_1 - \rho_0)$ 实测值 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
1	0.985	9	69	8.57
2	0.990	9	64	9.08
3	0.995	9	60	8.76
4	1.000	9	55	9.33

公式计算出的提升速度浸胶, 得出的蜂窝密度实际增量与理论设定增量结果对比。从结果看出, 利用经验公式(4)推导出的提升速度浸胶, 得出的实际 $\Delta\rho$ 与预设值最大偏差仅为 0.43kg/m^3 , 满足浸胶工艺要求, 说明该经验公式对实际浸胶密度的过程控制具有理论指导意义。

2.2 流胶时间控制

浸胶完毕将蜂窝提升出浸胶液面后, 需要将蜂窝块翻转倒置, 使蜂窝孔格内的胶液反向流动一定时间, 以保证蜂窝浸胶密度的均匀分布。因此, 浸胶后翻转倒置的停留时间直接影响蜂窝浸胶密度均匀性。表 5 给出了 ACCH-2-1/8 蜂窝浸胶后在不同静置流胶时间条件下烘干固化得到的蜂窝块, 蜂窝目标密度值为 $(48 \pm 4.8)\text{kg/m}^3$, 经过 $h=12.7\text{mm}$ 厚度片切分析, 得出蜂窝密度均匀性 ($C_v\%$) 及密度上下偏差值。

从表 5 可看出, 流胶时间过短或过长, 都会影响

表5 流胶时间对ACCH-2-1/8蜂窝块密度均匀性的影响

蜂窝块编号	流胶时间 /s	密度均匀性 / $C_v\%$	密度上偏差 /%	密度下偏差 /%
1#	10	9.1	18.96	11.88
2#	40	2.5	5.81	2.42
3#	60	6.6	12.71	12.08
4#	80	7.8	17.50	8.75

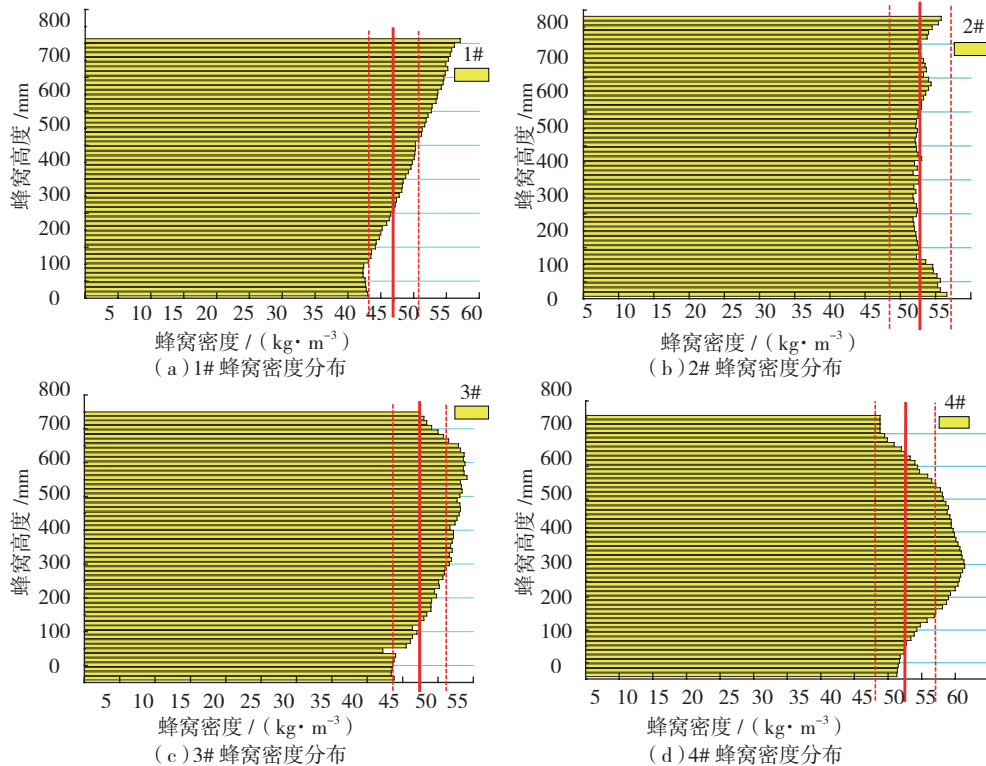


图3 ACCH-2-1/8蜂窝密度分布图 (密度指标值: $48\text{kg/m}^3 \pm 10\%$)

Fig.3 Density distribution of ACCH-2-1/8 honeycomb (required density: $48\text{kg/m}^3 \pm 10\%$)

(下转第 75 页)