

蜂窝型芯子胶条分离强度试验方法研究

上海玻璃钢研究所 周祝林 杨云娣

航空航天工业部六二一所 张子龙

一、前言

蜂窝夹层结构是夹层结构中使用最早、应用最广的一种。蜂窝型芯子的质量和性能对蜂窝夹层结构起较大的作用。蜂窝型芯子的胶条分离强度是芯子质量的主要指标之一,此性能好差直接影响蜂窝夹层结构的成型工艺及蜂窝夹层结构产品的质量。

蜂窝型芯子按材料可分金属与非金属。金属蜂窝主要以铝蜂窝为主;非金属蜂窝较多,有玻璃布、纱管纸、牛皮纸、Nomex 纸等。目前制成蜂窝芯子主要用胶粘,因此,蜂窝型芯子胶条分离强度试验方法是通用的。

我们在制订蜂窝型芯子胶条分离强度试验方法(国标)过程中,前后进行了近 1000 根铝蜂窝、玻璃布蜂窝、纸蜂窝、Nomex 纸蜂窝的胶条分离强度试验,进行了多峰格和单峰格、不同试样长度及不同加载速度的对比试验等。

二、试验结果

1.不同试样宽度(峰格数)的试验结果

国外不少标准是采用多峰格试样,而国内多数单位采用单峰格试样。为了比较两种试样的试验结果,我们进行了不同试样宽度(即宽度方向有不同峰格数目)的试验,试验结果见表 1 及图 1。

表 1 不同试样宽度的试验结果

试样	宽度	峰格数	1	3	5	7	12
		胶条数	1	2	3	4	6
玻璃布蜂窝	C=10 (mm)210 mm 长 12 个峰格	\bar{N}_b (N/m)	470	488	535	450	—
		Cv (%)	9.0	8.3	10.0	18.0	—
	C=15 (mm)310 mm 长 12 个峰格	\bar{N}_b (N/m)	520	—	460	501	—
		Cv (%)	12.0	—	13.0	8.0	—
Nomex 纸蜂窝	182 mm 长 30 个 峰格	\bar{N}_b (N/m)	901	—	891	923	—
		Cv (%)	13	—	6.8	7.0	—
	260 mm 长 42 个 峰格	\bar{N}_b (N/m)	910	—	—	789	849
		Cv (%)	5.1	—	—	1.9	6.3
纱管纸蜂窝	C=15 (mm)210 mm 长 25 个峰格	\bar{N}_b (N/m)	292	251	248	214	—
		Cv (%)	14.0	5.9	11.0	12.0	—

注: 1. Nomex 纸蜂窝的峰格边长 C=3.5mm。

2. 玻璃布与纱管纸蜂窝的加载速度为 100mm/min;
Nomex 纸蜂窝为 50mm/min。

材料工程

2.不同试样长度的试验结果

试样的长度对试验结果有一定影响。由于有一些蜂窝不易伸展,无法测量尺寸,加之峰格尺寸变化较大,因此长度方向也以峰格数计算。几批不同长度试样的试验结果见表 2 及图 2。

3.加载速度对试验结果的影响

我们进行了不同加载速度的蜂窝胶条分离强度试验,试验结果见表 3 及图 3。

4.试样厚度对试验结果的影响

不同试样厚度 h 对试验结果的影响见表 4 及图 4。该试样为玻璃布蜂窝,峰格边长 C 为 10mm 和 15mm 两种。

5.处理对试验结果的影响

玻璃布蜂窝芯子经 80℃ 4 小时热处理,及浸在酒精中 1 小时处理后的试验结果列于表 5。

6.同样材料不同峰格边长的试验结果

同样材料不同峰格边长的试验结果列于表 6。该试样为玻璃布蜂窝,单峰格。

三、结论

由上述试验结果可以作出下列几点结论:

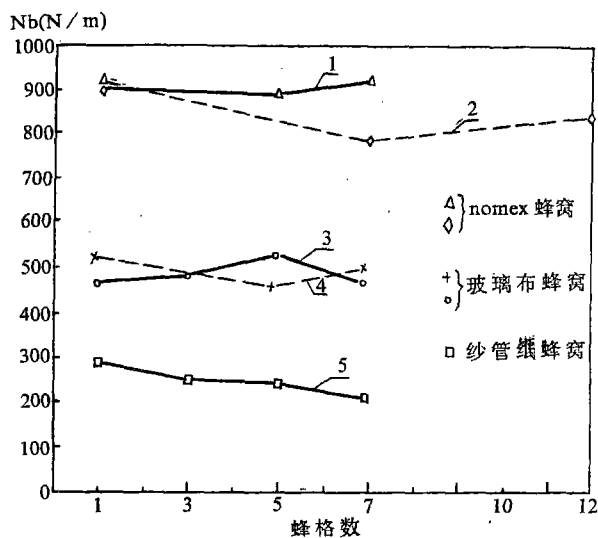


图1 试样宽度对试验结果的影响

1—Nomex 纸蜂窝试样,长度为 30 个峰格;

2—Nomex 纸蜂窝试样,长度为 260mm;

3—玻璃布蜂窝试样,试峰格边长 C=10mm;

4—玻璃布蜂窝试样,峰格边长 C=15mm;

5—纱管纸蜂窝试样,峰格边长 C=5mm,长度为 25 个峰格。

1. 试样宽度 (蜂格数) 对试验结果略有影响, 一般来讲, 多蜂格试样比单蜂格试样略低, 但又不是绝对的, 如图 1 中的 1, 3 曲线。这主要由于蜂窝胶条分离强度本身离散性较大。因此, 根据国内外有关标准, 该试验方法采用单蜂格试样和多蜂格试样是可行的。

2. 从图 2 可以看出, 试样长度对试验结果略有影响, 总的趋势是随着试样长度增长略有降低, 因此试验方法文本中规定试样长度是必要的。由于有一些蜂窝芯不易伸展, 不便测量尺寸, 因此用蜂格数表示试样长度较合适。按文本规定的蜂格数目及公式的要求, 试样试验区的长度基本上为 200mm, 这与美国 ASTM 的有关标准是一致的。

表 2 不同试样长度的试验结果

材料与性能			试样长度 (蜂格数)		3	5	7	8	10	12	15	20	30	42 (260mm)	
玻璃布 蜂窝	单蜂格		$\bar{N}_b(N/m)$	559	615	555	—	470	—	503	—	—	—	—	
			Cv (%)	10.2	10.6	22.0	—	9.0	—	10.2	—	—	—	—	
	多蜂格 (七孔)		$\bar{N}_b(N/m)$	543	530	—	—	435	—	406	—	—	—	—	
			Cv (%)	15.7	6.6	—	—	18.0	—	6.3	—	—	—	—	
Nomex 纸蜂窝	单蜂格		$\bar{N}_b(N/m)$	—	—	—	—	—	1008	—	—	901	910	—	
			Cv (%)	—	—	—	—	—	13.8	—	—	13.2	5.1	—	
	多 蜂 格	五孔	$\bar{N}_b(N/m)$	—	—	—	—	—	905	—	—	891	—	—	
			Cv (%)	—	—	—	—	—	6.5	—	—	6.8	—	—	
		七孔	$\bar{N}_b(N/m)$	—	—	—	—	—	910	—	—	923	789	—	
			Cv (%)	—	—	—	—	—	15.7	—	—	7.0	1.9	—	
	铝蜂窝	单蜂格		$\bar{N}_b(N/m)$	—	822	—	642	—	617	—	647	—	—	—
				Cv (%)	—	20.0	—	10.8	—	15.2	—	4.6	—	—	—
纱管纸 蜂窝	单蜂格		$\bar{N}_b(N/m)$	—	301	—	276	—	276	300	294	283	—	—	
			Cv (%)	—	7.0	—	13.3	—	14.0	7.0	13.2	11.5	—	—	
	多蜂格 (七孔)		$\bar{N}_b(N/m)$	—	—	—	234	—	236	203	204	201	—	—	
			Cv (%)	—	—	—	7.1	—	3.6	8.4	5.9	8.7	—	—	

注: 1. 玻璃布蜂窝边长 $C=10\text{mm}$;
2. Nomex 纸蜂窝边长 $C=3.5\text{mm}$;
3. 铝蜂窝边长 $C=5\text{mm}$;
4. 纱管纸蜂窝边长 $C=5\text{mm}$

表 3 加载速度对胶条分离线强度的影响

加载速度 (mm/min)		20	25	50	100	150	200
玻璃布蜂窝 $C=10\text{mm}$ (618 环氧胶)	\bar{N}_b (N/m)	—	443	470	473	—	576
	Cv (%)	—	16.0	16.0	17.4	—	16.0
铝蜂窝 $C=3\text{mm}$ (SY-13 胶)	\bar{N}_b (N/m)	1799	—	1876	2064	2156	2233
	Cv (%)	9.7	—	8.7	8.7	5.9	5.2

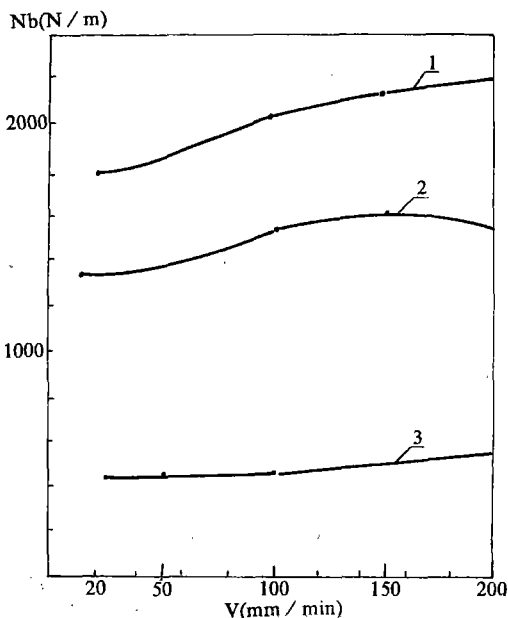


图 3 加载速度对胶层分离线强度的影响
1—铝蜂窝, SY-13 胶, 芯子规格 0.05×3 ;
2—铝蜂窝, JX-9 胶, 芯子规格 0.03×3 ;
3—玻璃布蜂窝, 618 环氧胶, 芯子规格 0.2×10 。

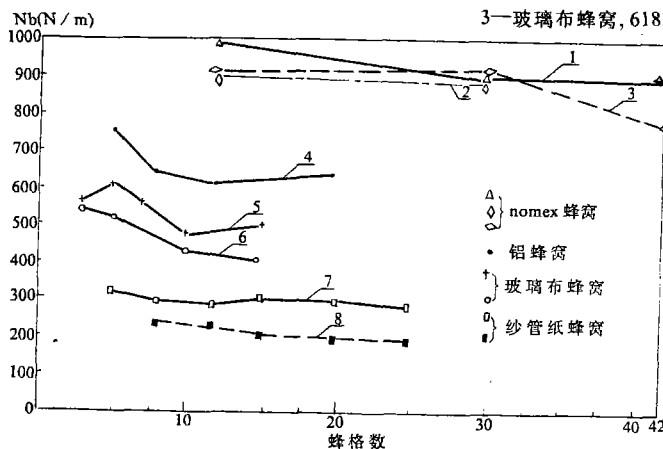


图 2 不同试样长度的试验结果比较

1—Nomex 蜂窝, 单蜂格试样, $C=35\text{mm}$;
2—Nomex 蜂窝, 多蜂格试样, 五孔, $C=3.5\text{mm}$;
3—Nomex 蜂窝, 多蜂格试样, 七孔, $C=3.5\text{mm}$;
4—铝蜂窝, 单蜂格试样, $C=5\text{mm}$;
5—玻璃布蜂窝, 单蜂格试样, $C=10\text{mm}$;
6—玻璃布蜂窝, 多蜂格试样, 七孔, $C=10\text{mm}$;
7—纱管纸蜂窝, 单蜂格试样, $C=5\text{mm}$;
8—纱管纸蜂窝, 多蜂格试样, 七孔, $C=5\text{mm}$ 。

表4 不同试样厚度的试验结果

试样宽度(蜂格数)	性能	蜂格边长 C(mm)				
		10		15		
		试样厚度 h(mm)				
		20	15	10	20	15
1	\bar{N}_b (N/m)	470	520	367	520	460
	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)	0.047	0.052	0.037	0.035	0.031
	Cv (%)	9.0	12.3	16.5	12.0	17.4
5	\bar{N}_b (N/m)	535	483	463	460	515
	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)	0.054	0.048	0.046	0.031	0.034
	Cv (%)	15.0	11.7	3.0	13.2	16.6
7	\bar{N}_b (N/m)	450	452	462	501	408
	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)	0.045	0.045	0.046	0.033	0.027
	Cv (%)	18.5	22.0	11.5	8.0	21.1

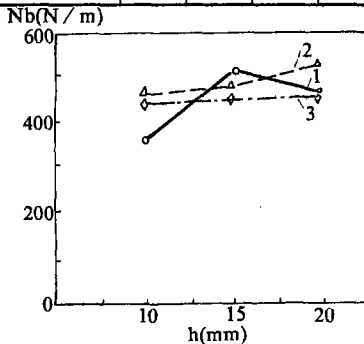
图4 试样厚度对胶条分离线强度的影响
1—单蜂格试样；2—五个蜂格试样；3—七个蜂格试样。

表5 经处理后对试验结果的影响

处理 条件	性能	蜂格边长 C(mm)			
		10		15	
		试样宽度(蜂格数)			
		1	7	1	7
原始	\bar{N}_b (N/m)	470	450	523	501
	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)	0.047	0.045	0.035	0.033
	Cv (%)	9.0	18.5	12.6	8.0
80℃ 热处理	\bar{N}_b (N/m)	534	488	529	501
	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)	0.053	0.049	0.035	0.033
	Cv (%)	18.4	10.0	26.7	10.0
酒精 处理	\bar{N}_b (N/m)	340	—	480	—
	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)	0.034	—	0.032	—
	Cv (%)	20.5	—	20.5	—

表6 不同蜂格边长的试验结果

蜂格边长 C(mm)		4	10	15
性能	\bar{N}_b (N/m)	287	470	520
	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)	0.072	0.047	0.035
	Cv (%)	14.9	9.0	12.6

3.加载速度对结果有影响,随着加载速度增大,蜂窝胶条分离强度增高。对于铝蜂窝增高较明显,对于玻璃布蜂窝不大明显。试验结果及实践证明,规定加载速度为 50~100mm/min 是较合适的。

4.从表4可见,试样厚度对试验结果的影响没有一定的趋势,这主要是由胶条分离强度本身离散性较大,而试样厚度的影响极小所致。为了有一个统一的试样尺寸,又兼顾国外已有标准,因此试验方法文本规定为 12~15mm。

5.不同的试样处理方法对试验结果有较大影响,对于胶粘的蜂窝芯,适当的加热处理会增高强度;在酒精一类化学试剂中浸渍后,强度降低。

6.同样材料不同蜂格尺寸的蜂窝芯,以胶条线分离强度 (N_b) 而言,随着蜂格边长增大而增大,而胶条面分离强度 (σ_b) 则刚好相反,随着蜂格增大,强度有所降低。这是由于蜂窝胶条分离属于不均匀扯离的受力状态。在分离时,胶条中的应力是很不均匀的,蜂格越大,不均匀的程度越大,因此,胶条面分离强度反而降低。

(参考文献略)

※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※

(上接第17页)

洁的细棉布粘溶剂擦洗玻璃表面,最后用清洁细棉布揩干,待涂覆涂料。

2.涂料的涂覆

涂料的涂覆以淋涂为主,但也可浸涂或喷涂。由于玻璃表面光洁度很高,且要求涂层流平性好,所以采用后两种方法涂覆很容易产生流挂现象。本文只介绍淋涂工艺。

涂料淋涂常用以下两种方法:一种方法是在涂料界面上加压,使其压力大于大气压力。涂料受压后按预定线路流动,涂覆到涂覆表面。该法的特点是设备简单,流速调节方便,只需调整界面压力即可。其缺点是涂料回收困难,只能靠涂料自然下流进入储料槽,对于已安装好的玻璃进行涂覆时常受到限制。另一种方法是用两个齿轮泵作为涂覆工具。一个是供料泵,另一个是回收泵。齿轮泵以电动机作为动力源。当齿轮泵转动时,齿轮啮合产生压力差,从而使涂料输料管喷枪传受到确定位置。供料泵的作用是将涂料从料筒吸出,经导管喷枪将涂料喷涂到玻璃表面;而回收泵是将暂时储于船型牛皮纸中的多余涂料回收(经导管、过滤网)入料筒内。采用这种方法的设备比较复杂,但适应性强。各种使用状态中的玻璃只要采取合适的保护措施,都可进行涂覆。

3.干燥

涂料涂覆完毕后可在常温下干燥,也可在 55~66℃ 的温度下干燥。常温干燥时间为 20 小时,加温干燥为一小时。值得一提的是,加温干燥的温度不能超过 70℃,因为温度太高会使玻璃的内应力太大而开裂。一般说来,加温干燥的涂层的附着力 and 硬度高于常温干燥的涂层。