

聚丙烯管材外增强试验研究

黎定标

(江西航天科技学院生物与环境工程院,南昌 330013)

摘要 对聚丙烯(PP)管材用玻璃纤维增强塑料(GFRP)增强的PP/GFRP复合管进行了层间剪切强度测试和瞬时水压爆破试验,研究了PP管材的不同表面处理方法与粘结剂配方对PP/GFRP复合管层间剪切强度和爆破强度的影响。试验结果表明,经SH表面处理剂处理并使用SW粘结剂的PP/GFRP复合管具有显著的增强效果,且这种处理方法无污染、价廉,工程上易于实施。

关键词 聚丙烯 纤维增强塑料 表面处理 爆破压力

聚丙烯(PP)具有耐化学药品性和耐热性优良、加工容易,成本低廉等优点,自1957年工业化以来发展很快,目前成为世界第三大塑料品种^[1],已在管道、容器、换热器、塔设备,以及汽车内外饰件等方面得到广泛应用,并获得良好效果。

PP的缺点是强度较低,线膨胀系数大(为聚氯乙烯的1~3倍、碳钢的10~20倍),刚性差,易老化,低温脆性大。这些缺点可通过各种途径来克服,如在PP中填充短切玻璃纤维,可提高其拉伸强度及刚性,降低线膨胀系数;在PP中填充碳酸钙可提高刚性,降低线膨胀系数和材料成本。但这些方法对提高全PP制设备或管材的承压能力却是无效的,因为全PP制设备或管材的薄弱环节是焊缝,通过上述办法虽然提高了板材或管材的强度,但焊缝没有得到增强,仍为薄弱环节。

为使整个PP设备或管材增强,可采用外增强的方法,即在设备、管材制成后,在其外部用玻璃纤维增强塑料(GFRP)增强,但PP是一种非极性材料,很难与其它材料粘结。笔者曾采用多种方法对PP表面进行处理以使之易于粘结。试验结果证明,某些方法是行之有效的,可获得较为满意的结果。

1 实验部分

此课题的研究内容主要包括:(1)用不同方法对PP管材进行表面处理后,以不同的粘结剂配方缠绕相同厚度的GFRP,进行层间剪切强度测试,对比处理方法和配方的优劣。(2)用不同方法对PP管材进行表面处理后,以不同的粘结剂配方,缠绕不同厚度的GFRP进行增强,进行常温瞬时水压爆破试验,对比增强效果。

1.1 表面处理方法

(1)拉毛处理 对PP管材试样表面先用粗砂纸充分拉毛(施工时可采用喷砂处理),以不见PP

管材成型光滑表面为限,再用丙酮擦洗干净。

(2)气体火焰处理 将PP管材试样表面在火焰上快速氧化处理,直至表面光滑发亮。但此法不太好控制,操作时必须非常小心,应确保碳化面积小于8%。

(3)铬酸-硫酸处理 将10份重铬酸钾倒入100份浓硫酸溶液中加热至80~90℃,使其溶解并搅拌均匀,再将试样浸入混合液中3~5 min后,取出用水冲洗干净,晾干。

(4)SH处理剂处理 将SH处理剂均匀涂布于PP管材表面,待不粘手后即可。

1.2 粘结剂配方

配方1:由环氧树脂100份、低分子聚酰胺60份、聚硫橡胶40份和适量改性剂组成。

配方2:SW粘结剂,其特点是粘合力高,收缩小,工艺性能好,常温固化而不产生挥发性物质,粘结层致密、无气孔。

1.3 试样制备及分组

(1)PP/GFRP复合管的层间剪切强度试样按GB 1446-83制备。将50个试样分为10组,每组5个。各组层间剪切试样的表面处理方法及粘结剂配方见表1。

表 1 各组层间剪切试样表面处理方法及粘结剂配方			
试样号	表面处理方法	组别	粘结剂配方
1#	未处理	1	配方1
		2	配方2
2#	拉毛处理	3	配方1
		4	配方2
3#	气体火焰处理	5	配方1
		6	配方2
4#	铬酸-硫酸处理	7	配方1
		8	配方2
5#	SH处理剂处理	9	配方1
		10	配方2

(2) 将 50 mm ×3.4 mm 的 PP 管缠绕不同厚度的 GFRP, 制成 PP/GFRP 复合管, 截成 500 mm 长 (其中密封长度为 200 mm)。将 64 个试样分为 16 组, 每组 4 个。各组爆破试样表面处理方法、粘结剂配方及缠绕 GFRP 厚度见表 2。

表 2 各组爆破试样表面处理方法、粘结剂配方及缠绕 FRP 厚度				
试样号	表面处理方法	粘结剂配方	组别	缠绕 FRP 厚度/mm
1 [#]	拉毛处理	配方 1	1	0.4
			2	1
		配方 2	3	0.4
			4	1
2 [#]	气体火焰处理	配方 1	5	0.4
			6	1
		配方 2	7	0.4
			8	1
3 [#]	铬酸 - 硫酸处理	配方 1	9	0.4
			10	1
		配方 2	11	0.4
			12	1
4 [#]	SH 处理剂处理	配方 1	13	0.4
			14	1
		配方 2	15	0.4
			16	1

1.5 性能测试

PP/GFRP 复合管的层间剪切强度按 GB 1450.1 - 83 测试;

PP/GFRP 复合管的瞬时水压爆破试验按 GB 5351 - 85 进行。

2 结果与讨论

2.1 表面处理对 PP/GFRP 复合管性能的影响

如上所述, PP 与其它材料不易粘结, 所以无论采用何种办法进行外增强, 都必须对欲粘的 PP 制品表面进行活化处理, 使其表面材料发生极性化等化学变化, 或使结晶部分非结晶化, 以易于粘结, 否则就达不到增强的目的。

表 3 列出 PP/GFRP 复合管的层间剪切强度。从表 3 可以看出, 表面处理方法不同, PP/GFRP 复合管的层间剪切强度不同, 其中铬酸 - 硫酸处理和 SH 处理剂处理的 7、8 组和 9、10 组试样的层间剪切强度最高, 比不处理的试样提高 40 倍左右; 气体火焰处理的 5、6 组试样次之, 其层间剪切强度比不处理的试样提高 26 倍左右。经上述表面处理的试样, 有的层间剪切强度提高不多, 有的存在不易控制、污染严重等缺陷^[2]。目前采用 SH 表面处理剂处理是一种简便、快速、易控制、效果好、无毒无污染、价廉的处理方法, 处理后的试样层间剪切强度大于 8 MPa, 即使部分试样破坏也不发生在粘结面而发生在 PP 材料本身。

据文献[3]介绍, 国产 PP 管材常温瞬时爆破时

表 3 PP/GFRP 复合管的层间剪切强度 MPa							
试样号 ¹⁾	组别	各测试值					平均值
1 [#]	1	0.19	0.20	0.18	0.22	0.21	0.20
	2	0.23	0.25	0.22	0.26	0.19	0.23
2 [#]	3	1.70	1.72	1.68	1.73	1.72	1.71
	4	1.74	1.82	1.75	1.76	1.73	1.76
3 [#]	5	5.12	5.48	5.44	5.73	4.93	5.34
	6	5.61	5.68	6.11	5.02	5.18	5.52
4 [#]	7	8.68	8.22	8.23	8.47	— ²⁾	8.25
	8	8.68	8.72	8.88	8.70	8.64	8.72
5 [#]	9	8.87	8.73	8.22 ³⁾	8.38	7.41	8.32
	10	8.60	8.35	9.20 ³⁾	8.15	8.56	8.57

注: 1) 试样号同表 1;

2) 测试前已破坏;

3) PP 已破坏。

的环向应力约 3.5 MPa, 经按下式计算:

$$\sigma_0 = PD/2t$$

式中: σ_0 ——计算应力, MPa;

P ——设计压力, MPa;

D ——公称直径, mm;

t ——壁厚, mm。

得爆破压力为 4.76 MPa。表 4 为不同 GFRP 厚度的 PP/GFRP 复合管的瞬时水压爆破压力。从表 4 可知, 缠绕 0.4 mm GFRP 后, 不同表面处理方法处理的试样的爆破压力为 6.12 ~8.40 MPa, 比未处理时提高 28.5% ~76.5%; 缠绕 1 mm GFRP 后, 不同表面处理方法处理的试样的爆破压力为 8.75 ~14.30 MPa, 比未处理时提高 83.8% ~200.4%, 试验证明在经表面处理的 PP 管材上缠绕一定厚度的 GFRP 有明显的增强效果。

表 4 PP/FRP 复合管的瞬时水压爆破压力 MPa						
试样号 ¹⁾	组别 ²⁾	各测试值				平均值
1 [#]	1	5.89	6.02	6.18	6.40	6.12
	3	6.15	6.92	7.05	6.58	6.67
2 [#]	5	6.89	7.42	7.22	7.02	7.03
	7	7.15	7.52	7.48	7.45	7.40
3 [#]	9	7.73	7.81	8.04	8.34	7.98
	11	8.54	7.90	8.37	8.78	8.40
4 [#]	13	7.51	8.11	7.79	7.95	7.84
	15	7.94	7.52	8.18	8.04	7.92
1 [#]	2	8.88	9.45	8.67	8.00	8.75
	4	9.31	8.75	8.58	9.40	8.99
2 [#]	6	10.21	10.47	— ³⁾	10.07	10.25
	8	10.38	10.39	9.78	11.05	10.40
3 [#]	10	12.65	13.01	12.92	12.30	12.72
	12	14.12	13.86	14.51	14.71	14.30
4 [#]	14	12.00	12.62	12.73	— ³⁾	12.45
	16	14.01	14.13	13.58	14.10	13.96

注: 1) 试样号同表 2;

2) 组别中单号缠绕 GFRP 的厚度为 0.4 mm; 双号缠绕 GFRP 的厚度为 1 mm;

3) 一端脱扣。

2.2 粘结剂对 PP/GFRP 复合管性能的影响

粘结剂是 GFRP 增强层的重要组成部分,通过它的作用使玻璃纤维与 PP 管粘结成一体,均匀承受外力的作用。根据湿法缠绕成型的特点,粘结剂应对 PP 管和玻璃纤维有较高的粘结力,而本身应具有较好的力学性能和化学稳定性;有良好的工艺性能,稠度不大,固化条件容易实现和掌握;在固化过程中最好没有副产物和挥发物产生;使用寿命长;制成的 PP/GFRP 制品应具有较高的强度和较好的刚性。从表 3 可知,粘结剂配方不同,效果不甚显著,表面处理好的 7、8 组和 9、10 组试样中,以粘结剂配方 2(SW 粘结剂)粘结试样的层间剪切强度高些;表 4 也表明,粘结剂配方不同,在相同 GFRP 厚度的所有数据中,都是粘结剂配方 2 粘结试样的爆破压力较高。

2.3 缠绕张力

缠绕张力是湿法缠绕工艺的重要参数。张力大小、各束玻璃纤维间张力的均匀性,以及玻璃纤维各缠绕层之间的压力和粘结力均对制品质量影响极大。若张力过大,则玻璃纤维磨损较大,使玻璃纤维强度损失加大,导致制品强度下降,此外,过大的张力还可能造成 PP 管失稳;而张力过小,内层所受的压缩应力较小,致使操作时的变形较大,制品强度

低,疲劳性能差。因此各束玻璃纤维之间的张力必须均匀,否则承压时玻璃纤维不能同时承力而导致各个击破,使玻璃纤维强度的利用大受影响。由于外层玻璃纤维的缠绕张力可使全部内层玻璃纤维同时收缩,故缠绕在 PP 管上的每层玻璃纤维张力便因新缠上一层玻璃纤维而减小。为使制品各缠绕层不致于出现内松外紧现象,应由内向外逐层有规律地递减张力,尽量使内外各层玻璃纤维在缠绕完毕后所受的实际张力相同,以期在承载时内外层玻璃纤维都能同时受载^[4]。

3 结论

通过对 PP/GFRP 复合管的层间剪切强度测试和瞬时水压爆破试验可知,PP 管材表面采用 SH 处理剂处理的增强效果好,而且施工容易,无污染,价廉;粘结剂配方 2(SW 粘结剂)与 PP 管的层间剪切强度高。将二者有机地结合起来,很适合全 PP 设备或管材的外增强。

参考文献

1 李神速.浅谈五大通用塑料的应用与发展.塑料加工应用,1996(3):24
2 陈正钧.耐蚀非金属材料及应用.北京:化学工业出版社,1985.
3 兰化公司化工机械研究所.聚丙烯塑料管.化工机械,1977(1):38
4 黎定标.聚丙烯/玻璃钢复合管的研制.中国建材,1996(7):35

OUTSIDE STRENGTHENING TESTING OF POLYPROPYLENE PIPE

Li Dingbiao

(Institute of Biological and Environmental Engineering, Jiangxi College of Aeronautical Technology, Nanchang 330013, China)

ABSTRACT The interlaminar shear strength and instantaneous hydraulic pressure bursting experiment of polypropylene/glass fiber-reinforced plastics compound pipe are tested. The effects of different surface treating methods and bonding agent formula on the interlaminar shear strength and bursting strength are investigated. The results show that the strength of compound pipe treated by SH surface treating agent and SW binding agent increases observably, the treating is of nonpollution with a lower price, and is easy to operate in engineering.

KEYWORDS polypropylene, glass fiber-reinforced plastics, surface treatment, brusting pressure

新型油水分离网膜材料研制成功

中科院化学研究所近日成功制备出同时具有超疏水及超亲油性的油水分离网膜材料,在实用性功能纳米界面材料研究领域取得了新进展。

他们以普通的不锈钢丝网作为基底,通过喷涂-干燥技术,使丝网表面均匀地覆盖一层含有低表面能物质聚四氟乙烯的喷涂层。油水分离网膜不仅具有丝网原有的各种性能,如强度高、透气性强、耐腐蚀等,而且由于网膜表面特殊的微观结构赋予其特殊的超疏水及超亲油性。将由这种网膜构成的分离过滤装置应用于水上船舶、陆地车辆或飞机的输油管线中,可以实现燃油、润滑油的高纯度净化,对于保证海陆

空交通工具的安全运行及提高机械效率具有重要意义。
(科信)

高性能玻璃钢头盔受青睐

最近,国内用高性能乙烯基酯树脂制作的玻璃钢头盔通过了国际顶级认证——施奈尔认证,这证明了其安全性能十分可靠。

上海富晨公司生产的用于制作玻璃钢头盔的高性能乙烯基酯树脂具有良好的韧性、优良的断裂伸长率、与纤维的浸润性好、粘结强度高以及超强的耐冲击性。头盔厂家认为,这种高性能乙烯基酯树脂的高粘结强度和超强的抗冲击能力能有效保证玻璃钢头盔的安全系数。
(刘强)