

GMT 材料制造与应用研究进展^{*}

陈二龙 周 玉

(哈尔滨工业大学材料科学与工程学院 哈尔滨 150001)

陈 辉 张淑萍 陈蔚岗

(哈尔滨玻璃钢研究所 哈尔滨 150036)

摘 要 综述了 GMT 材料的制造技术及其特点,包括用熔体浸渍法和抄纸法生产 GMT 的工艺及材料性能,介绍了 GMT 材料在不同领域中的应用及回收应用进展,包括各领域的产品种类及用量,指出了 GMT 材料的发展趋势。

关键词 GMT,制造,应用

GMT Materials Manufacture and Applications

Chen Erlong Zhou Yu

(School of Material Science and Engineering, Harbin Institute of Technology Harbin 150001)

Chen Hui Zhang Shuping Chen Weigang

(Harbin Glass Fiber Reinforced Plastic Institute Harbin 150036)

Abstract Manufacturing technology and characteristics of glass mat reinforced thermoplastics sheet (GMT) materials are summarized, including manufacturing processes and properties of the GMT made by melt impregnation process and wet / paper process. Applications of the GMT in different fields and progress in applications of the recycled GMT are introduced, including products categories and consumption, and development trend of GMT materials.

Key words GMT, Manufacture, Applications

GMT 是玻璃纤维毡增强热塑性塑料片材的英文简称(Glass Mat Reinforced Thermoplastics Sheet),其所用基体树脂主要是聚丙烯(PP)树脂,玻璃纤维的含量一般在 20%~45%(质量分数)之间,属于热塑性复合材料,与传统的热固性复合材料相比,其成型周期短、韧性好、密度低、可回收利用,被称为 21 世纪绿色工业材料,其应用领域已由汽车工业发展到建筑业、化学防腐、体育器材、家具制造等领域^[1~3],年增长率达 24%,2000 年产量已达 450 kt。

1 GMT 材料的制造

目前,GMT 材料的制造方法,大体上可分为两类,即熔体浸渍法(干法)和抄纸法(湿法)。

1.1 熔体浸渍法(干法)

熔体浸渍法(Melt Impregnation Process)是 70 年代初由美国 PPG 公司开发的一种 GMT 生产方法,如图 1 所示。它是将两层玻璃纤维毡夹在三层 PP 树脂之间,其中间层是熔化的 PP,而顶层和底层既可以是 PP 薄膜,也可以是熔化的 PP,将这种夹层结构置于高于 PP 熔点之下,用履带式压机进行压塑,随后使之冷却,再切成规格各异的不同片材,供模压制

收稿日期:2001-04-23;修回日期:2001-10-17

*国家 863 计划资助项目 863-715-012-0011

陈二龙,1965 年出生,博士生,主要从事热塑性复合材料研究工作

宇航材料工艺 2002 年 第 3 期

— 11 —

造厂家使用^[4]。

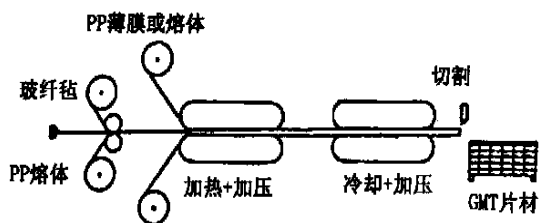


图1 GMT材料干法制造工艺

Fig. 1 Melt impregnation process of GMT materials

采用这种制造工艺生产 GMT 材料时,玻璃纤维的种类不同,GMT 材料的性能亦不同,如果片材的性能需要各向同性,玻璃纤维毡中的纤维取向是可

以完全随意的;若片材的性能需要各向异性,则纤维毡中的纤维是按所需方向排列的。在制品成型时,若仅需要较低的流动性,则可采用通常的短切原丝毡或连续纤维毡;如果需要较高的流动性能,则应采用玻璃纤维无捻粗纱制造的专用针刺毡^[5,6]。

当前,采用这种方法生产 GMT 片材的主要厂家有 Azdel (GE Plastics)、Elastogran (BASF) 和 Simalit (Shell) 等公司。国内华东理工大学采用此方法也能批量生产 GMT 片材^[7]。Azdel 是美国一家专门生产 GMT 及其产品的公司,其片材性能见表 1。Simalit 公司是瑞士一家公司,其片材性能如表 2 所示。

表1 Azdel 公司干法片材的典型性能

Tab. 1 Typical GMT properties of Azdel company with melt impregnation process

玻纤含量 / % (质量分数)	密度 / g cm^{-3}	弯曲强度 / MPa	弯曲模量 / GPa	拉伸强度 / MPa	拉伸模量 / GPa	断裂伸长率 / %	冲击强度 / kJ m^{-2}	热变形温度 /
30	1.13	140	4.5	85	5.5	2	15	165
40	1.19	160	5.5	95	7.0	2	-	165

表2 Simalit 公司干法片材的性能

Tab. 2 Typical GMT properties of Simalit company with melt impregnation process

型号*	密度 / g cm^{-3}	弯曲强度 / MPa	弯曲模量 / GPa	拉伸强度 / MPa	拉伸模量 / GPa	断裂伸长率 / %	冲击强度 / kJ m^{-2}	热变形温度 /
GM20PP	1.02	90	3.5	55	3.5	1.8	45	149
GM30PP	1.13	110	4.5	70	4.5	1.8	55	153
GM40PP	1.22	140	5.5	90	6.0	1.7	75	156
GM20/ UD20PP	1.24	230	8.5	240	12.0	1.7	130	158

* GM 为无序玻纤毡;UD 为单向增强材料;PP 为聚丙烯树脂。

1.2 抄纸法(湿法)

抄纸法(Wet/ Paper Process)是由法国 Arjomari 公司和英国 Wiggins Teaper 公司开发的,用这种方法生产的 GMT 材料特点是其流动性好,特别适合于制造复杂几何形状和薄壁结构的部件,工艺如图 2 所示。它是将短切长度在 6 mm 和 25 mm 范围内的玻璃纤维、PP 粉料和分散剂一起分散在水中,使其均匀分散,然后除水烘干,将干燥后的片材在高于 PP 熔点温度下进行热压,使之熔合在一起。

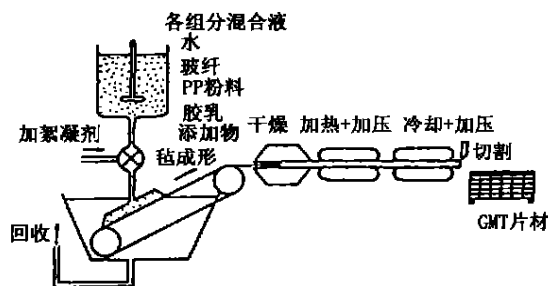


图2 GMT材料湿法制造工艺

Fig. 2 Wet/ Paper process of GMT materials

用抄纸法制作 GMT 材料的特点是玻璃纤维均匀地分散在整个片材中,可以根据终端产品的性能要求,制成不同密度和厚度的片材,生产工艺的灵活性和产品的多样化是这种工艺的主要优点。为使产品具有更高的刚度或硬度、更好的机械性能、符合汽车要求的表面外观、阻燃性或 EMI 屏蔽性能等等,在混合料中可加入任何纤维和添加剂,在生产办公设备外壳的 EMI/FRI 屏蔽材料方面,加入导电纤维可获得最佳性能价格比。此外,这种 GMT 的极好流动性能,成为制作复杂几何形状和薄壁结构应用的理想材料。

当前,采用这种方法生产 GMT 片材的主要厂家有 Azdel 公司、Arjomari 公司和新日铁集团等,国内哈尔滨玻璃钢研究所设计、制造了一条年产 600 t 的湿法生产线^[8]。

Azdel 公司是唯一两种 GMT 生产方法均采用的公司,为了与 Melt GMT 法生产的产品相区别,用这种方法生产的产品名称后加“F”,即“Azdel F”,其“Azmet F”性能如表 3 所示。Arjomari 公司生产的 GMT 片材性能如表 4 所示。新日铁集团生产的 GMT 片材性能如表 5 所示。哈尔滨玻璃钢研究所生产片材的幅宽为 500 mm,其性能如表 6 所示。

表 3 “Azmet F”的典型性能

Tab.3 Typical GMT properties of “Azmet F”

玻纤含量 / % (质量分数)	密度 / g·cm ⁻³	弯曲强度 / MPa	弯曲模量 / GPa	拉伸强度 / MPa	拉伸模量 / GPa	断裂伸长率 / %	冲击强度 / kJ·m ⁻²	热变形温度 /
30	1.52	173	6.63	117	6.63	2	35	220

表 4 Arjomari 公司 GMT 的典型性能

Tab.4 Typical GMT properties of Arjomari company

玻纤含量 / % (质量分数)	密度 / g·cm ⁻³	弯曲强度 / MPa	弯曲模量 / GPa	拉伸强度 / MPa	热变形温度 /
30	1.15	115	4.8	70	155

表 5 新日铁集团 GMT 片材典型性能

Tab.5 Typical GMT properties of New Japan Steel company

型号	玻纤含量 / % (质量分数)	密度 / g·cm ⁻³	弯曲强度 / MPa	弯曲模量 / GPa	拉伸强度 / MPa	拉伸模量 / GPa	冲击强度 / kJ·m ⁻²	热变形温度 /
R3038	30	1.12	120	4.8	75	4.1	45	158
R4038	40	1.22	150	5.9	110	5.0	67	162

表 6 哈尔滨玻璃钢研究所 GMT 片材典型性能

Tab.6 Typical GMT properties of Harbin FRP Institute

型号	玻纤含量 / % (质量分数)	密度 / g·cm ⁻³	弯曲强度 / MPa	弯曲模量 / GPa	拉伸强度 / MPa	拉伸模量 / GPa	冲击强度 / kJ·m ⁻²	热变形温度 /
GF/PP—30	30	1.09	124.4	4.56	84.4	5.45	44.3	146
GF/PP—40	40	1.21	140.9	7.75	97.5	6.30	48.1	158

2 GMT 材料的应用

2.1 GMT 材料在汽车工业中的应用

GMT 材料制品成型因为仅需要物理加工,所以生产周期短、生产率高、生产成本低。此外,还可模

压制造较大、较轻、形状复杂的部件,且尺寸稳定性好^[9,10]。哈尔滨玻璃钢研究所与中国一汽集团正在合作开发汽车部件。

2.1.1 前端部件

欧洲 GMT 制作汽车前端部件的用量约占汽车总用量的 28%, Golf A3、Polo AO3、Audi80 和小型 AudiAB 均采用 GMT 前端部件。用 GMT 制作前端部件的优点是可将包括车头灯、风机和散热器座、发动机罩搭扣以及保险杠固定点等功能集于一体^[11],从而取代多个金属部件,与同等强度的钢部件相比,质量可减轻 20%,生产费用可下降 10%。与片状模塑料相比,GMT 前端部件在装配上和防震性上均具有优势。

2.1.2 座椅壳体

GMT 座椅壳体占 GMT 欧洲汽车用量的 20%,这种座椅壳体可采用不同颜色,如大理石纹或木纹^[12,13]。

2.1.3 发动机隔噪罩

GMT 发动机隔噪罩约占 GMT 在汽车总用量的 20%,主要是利用了 GMT 材料的抗冲击性能和耐低温性能。

2.1.4 保险杠

在美国,GMT 已广泛用于模制汽车保险杠。而现在则发展为由数层单向 GMT(GMT-VD)组成性能更好的单向保险杠,这种保险杠在低温下也具有好的刚度,能量吸收及故障自动保险性能优良,质量较轻,可按材料性能进行模制,可满足主要应力方向上的高刚度和高强度要求^[14,15]。

2.1.5 仪表盘托架

GMT 仪表盘托架可将支承仪表、安全气囊和加热换气系统等功能集于一体,为 GMT 提供了良好的应用机会。

2.2 在其它工业中的应用

在建筑工业中 GMT 可取代金属制作建筑模板。这种 GMT 模板具有质轻、剥离性好,结构一体化、制品表面光洁等优点;在交通运输业中用 GMT 片材在集装箱的底板上作内衬,可大大减少维护保养费用;也可用 GMT 片材作蒙皮,高强泡沫作夹芯取代硬木及金属制造集装箱^[16~18]。哈尔滨玻璃钢研究所独立开发应用了全复合材料绝缘梯配件、配电箱、泵盖、油田用机箱底板和轴承端盖等。

3 GMT 材料的回收利用

GMT 材料另一个重要特点是可回收利用,现已以批量生产的规模在汽车中进行试验,并已取得了良好的结果;方法大体如下:对回收的 GMT 部件进行加热,再模压成同等质量的同类部件或其它类型部件,可对其重复模压两次而不会明显降低性能^[19],但若重复利用在 4 次以上,则性能会有较大下降。

对回收的 GMT 进行粉碎,并制成 GMT 粉料或粒料。这种粒料非常类似于标准注塑料,可用作注塑机或挤出机的原料。

在 GMT 制造过程中,通过 GMT 粉料或粒料取代部分 PP 和玻璃纤维毡来制作 GMT,其材料性能如表 7 所示。回收 GMT 料的加入量在 10%(质量分数)以下时,不会影响 GMT 的加工性能及静态和动态性能。回收 GMT 在 30%(质量分数)以下时,不会影响其基体性能^[20]。

表 7 含回收利用料的 GMT 材料性能

Tab.7 Typical properties of the GMT with recycled materials

型号	玻纤含量 / % (质量分数)	密度 / g·cm ⁻³	回收利用 GMT 量 / % (质量分数)	拉伸强度 / MPa	拉伸模量 / GPa	断裂伸长率 / %	冲击强度 / kJ·m ⁻²
GM35PP-R	35	1.17	30	72	4.8	1.9	60
GM40PP-R	40	1.22	30	76	5.3	1.85	65

在 GMT 回收利用中,不论采取任何加工方法,最大限度地保持玻璃纤维长度,对于保持其最佳性能至关重要。

参考文献

- 1 吕赤炎. 国外 GMT 的发展动向(上). 玻璃纤维, 1997;

- (2): 27~31
- 2 吕赤炎. 国外 GMT 的发展动向(下). 玻璃纤维, 1997;
- (3): 18~23
- 3 徐维强. 中长纤维增强热塑性复合材料的应用开发动向. 纤维复合材料, 1989; (4): 35~42

- 4 Krause U. Automated production of GMT parts. *Kunststoffe Plast Europe*, 1994; (10) :48 ~ 50
- 5 Liebold R. SMC BMC GMT. *Kunststoffe Plast Europe*, 1995; (10) :69 ~ 75
- 6 Seufert M, Steuer U. Sound-deadening sump guards made from GMFPP. *Kunststoffe Plast Europe*, 1998; (3) :12 ~ 15
- 7 Nowotny M. Innovative GMT-system solutions. *Kunststoffe Plast Europe*, 2000; (3) :25 ~ 27
- 8 陈二龙, 张淑萍. 中长玻璃纤维分散用悬浮助剂的研究. *纤维复合材料*, 1997; (2) :6 ~ 9
- 9 董雨达, 徐维强. GMT在汽车上的应用. *国外汽车*, 1993; (4) :27 ~ 30
- 10 徐维强, 董雨达. 中长纤维增强热塑性复合材料制品的成型技术. *纤维复合材料*, 1992; (4) :51 ~ 57
- 11 Ericsson N H. Deformation and fracture of glass-mat-reinforced polypropylene. *Composites Science and Technology*, 1992; (3) :269 ~ 281
- 12 Bigg D M. Stamping of thermoplastics matrix composites. *Polymer Composites*, 1995; (10) :261 ~ 268
- 13 Cantwell W J. The influence of stamping temperature on the properties of a glass mat thermoplastic composite. *Journal of Composite Materials*, 1996; (1) :1 266 ~ 1 281
- 14 Tucker C L. GMT breaks through automotive structural parts. *Reinforced Plastics*, 1992; (3) :36 ~ 41
- 15 Schledjewski R J. Dynamic mechanical analysis of glass mat-reinforced polypropylene (GMF-PP). *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 1993; (7) :270 ~ 277
- 16 Walles G G. Performance of random glass mat reinforced thermoplastics. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 1988; (1) :94 ~ 106
- 17 Stokes V K. Random glass mat reinforced thermoplastic composites. *Polymer Composites*, 1990; (11) :342 ~ 353
- 18 Ericson M L. The effect of microstructure on the elastic modulus and strength of preformed and commercial GMTs. *Polymer Composites*, 1993; (14) :35 ~ 41
- 19 Karger K J. Failure mode and damage zone development in a GMF-PP by acoustic emission and thermography. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 1994; (13) :32 ~ 43
- 20 Mason S G. GMT breaks through in automotive structural parts. *Reinforced Plastics*, 1992; (3) :36 ~ 41

(编辑 李洪泉)

耐磨减摩的钴基复合镀层

钴基复合镀层可采用一般镀钴液作为基液,所用粒子有 Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 Cr_3C_2 、 WC 、 TaC 、 ZrC 、 ZrB_2 、 BN 、 Cr_3N_2 、石墨、 CaF_2 等。复合镀法与熔渗法、热挤压法、粉末冶金等热加工方法相比具有工艺操作温度低、设备投资少、操作简单、易控制、能耗少、生产成本低、原材料利用率高等优点。可用具有特殊功能的复合镀层取代其它方法制备的整体实心材料。

钴具有优良的耐热性能,在 700℃ 时仍能保持一定硬度,具有优良的耐磨减摩性能,因而钴基复合镀层被应用于航空航天领域。 $\text{Co} - \text{Cr}_3\text{C}_2$ 复合镀层与制造飞机发动机材料的组合都有良好的界面耐磨损性能,可控制与 Ti 合金组成摩擦副时的磨损。该复合镀层在干燥环境中,抗高温氧化、耐磨损的最佳温度为 300 ~ 800℃,这是飞机涡轮发动机和燃气轮机的工作温度。在高于 300℃ 环境中工作,表面生成一层氧化釉膜,显出优越的耐磨性能,温度越高,釉膜生成的速度越快,其耐磨性也越好。当温度低于 200℃ 时,釉膜难于生成,故此时耐磨性较差,但 Cr_3C_2 热稳定性差,在 700℃ 以上时 Cr_3C_2 和基质 Co 反应,可用 $\text{Co} - \text{Cr}_2\text{O}_3$ 取代 $\text{Co} - \text{Cr}_3\text{C}_2$ 镀层作为耐高温磨损和抗高温氧化镀层。钴基复合镀层也可通过脉冲镀和刷镀技术获得。

本成果研究出一套工艺规范,制备出了 Co 、 $\text{Co} - \text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Co} - \text{Si}_3\text{N}_4$,其中 Co 、 $\text{Co} - \text{Cr}_2\text{O}_3$ 具有较好的耐热疲劳性,而 $\text{Co} - \text{Si}_3\text{N}_4$ 的耐热疲劳性较差。今后须进一步完善工艺,将复合电镀工艺实用化。

· 李连清 ·