

玻璃钢与复合材料的生产及应用

——有机、无机玻璃钢及其相关材料的综述

主 编 王禹阶

副主编 崔 鹏

特约稿作者：（以姓氏笔画为序）

王胜宝 王秀祯 付怀颂

冯树起 朱立新 庄祖明

刘玉周 杨宝森 李明福

李宝武 张剑辉 陈基文

陈 博 周祝林 钟天麟

姚树镇 唐德明 梁胜华

焦社杰 赖风声

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

玻璃钢与复合材料的生产及应用:有机、无机玻璃钢及其相关材料的综述/王禹阶主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2005.10

ISBN 7-81093-325-6

I. 玻... II. 王... III. 玻璃钢—文集 IV. TQ327.1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 123119 号

玻璃钢与复合材料的生产及应用 ——有机、无机玻璃钢及其相关材料的综述

主编 王禹阶

责任编辑 孟宪余 陆向军

出版	合肥工业大学出版社	开本	787×1092 1/16
地址	合肥市屯溪路 193 号	印张	27.5 字数 655 千字
邮编	230009	发行	全国新华书店
电话	总编室:0551-2903038	印刷	合肥现代印务有限公司
	发行部:0551-2903198	纸张	山东光华纸业公司
版次	2005 年 11 月第 1 版	网址	www.hfutpress.com.cn
印次	2005 年 11 月第 1 次印刷	E-mail	press@hfutpress.com.cn

ISBN 7-81093-325-6/TQ·4 定价:48.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

祝贺母校成立六十周年！

该书完成之时，正值母校六十周年校庆。谨此向有五年栽培之恩的母校合肥工业大学，致以最诚挚的祝贺！

王禹阶敬礼

序

悉王禹阶先生编著的《玻璃钢与复合材料的生产及应用》行将付梓,这是王君的第三本专著。

坊间有关玻璃钢/复合材料的书籍不多,而且真正能够达到“传道”、“解惑”,即对业者有实际参考价值的书就更少。王君从事玻璃钢/复合材料行业 40 余年,理论基础知识扎实、实践经验丰富,其《有机、无机玻璃钢技术问答》、《无机玻璃钢工艺及应用》问世后,广受读者欢迎。本书的出版,相信将予广大玻璃钢/复合材料业者新的可资参考与借鉴的丰富内容。

改革开放 20 余年来,我国玻璃钢工业发展取得了举世瞩目的成就,2004 年热固性玻璃钢产量达 114 万吨,为 1984 年的 43 倍、1994 年的 7.6 倍。玻璃钢最常用的树脂——不饱和聚酯树脂(本书有关于这方面的知识介绍)的生产量及市场用量已逾百万吨,超过美国(2004 年美国产量为 87 万吨)。

目前我国玻璃钢与复合材料行业发展中面临的困难与问题也不少。技术层次不高,新技术与新产品开发力度不够,产品质量及附加值偏低,废料回收与污染治理尚未引起广泛的重视……

为了促进我国经济持续、健康地发展,国家提出要建设节约型社会、加快发展循环经济。玻璃钢业者可加大可再生能源相关产品(如太阳能、风能等)与节能、节水型产品(如高性能玻璃钢门窗、反渗透装置、新型冷却塔等)的研究开发,而这一切势必要求业者具有一定的理论知识与实践经验,因而本书的出版是有其积极意义的。

王君年事已高,早年从事科研,中年从事生产,晚年笔耕不辍,热心服务、不计名利,实属难能可贵。

望本书能予广大业者以启迪,共同总结经验,亦祝王君有新的好作品问世。

是为序。

陈 博

2005 年立秋于京西三里河

读者朋友,要读好这本书,请务必读读前言!

前 言

该书是本人一生中最后一本书,算是封笔之作了。本人自走出大学校门,在上海玻璃钢研究所工作近 10 年,后举家去大西南支援内地建设 10 年,再后调到南京玻璃钢总厂直至退休。退休后时间充裕了,且更勤奋、更忙了,过去不敢想、不能做到的事去做了:申请了专利技术;一鼓作气写了四本书。

第一本 《玻璃钢技术问答》,1997 年由“中国玻璃钢工业协会”出版;

第二本 《有机、无机玻璃钢技术问答》,2001 年由化学工业出版社出版;

第三本 《无机玻璃钢工艺及应用》,2004 年由化学工业出版社出版;

第四本 即该书。

前三本书中,最受读者青睐的是第二本和第三本。这本书又如何?有待广大读者评价。这本书是将第一本和第三本书,即有机玻璃钢(FRP)和无机玻璃钢(FRIM)两书去粗取精,修改后的综合版本,同时又增加了如下内容:

(1)增加了酚醛树脂、不饱和聚酯树脂、环氧树脂的生产工艺及其原料和成品分析。

(2)增加并补充了有机玻璃钢、无机玻璃钢的生产工艺及其相关的原辅材料的生产及应用内容。

(3)书中共增加大约 20 篇特约稿。这些特约稿是全国各地在玻璃钢领域有所建树的工程师、老总们根据自身实践写出的文章。他们在企业和技术上是有成就的,是出类拔萃的,且有着丰富的实践经验,这些文章值得大家读一读!

该书共分上、中、下三篇,为了便于阅读,现分别介绍如下:

上篇:玻璃钢材料

这里有两篇特约稿:《玻璃纤维在玻璃钢中的应用》及一位博士写的《不饱和聚酯的增韧改性及机理》,还有玻璃钢应用的酚醛、聚酯等树脂的生产工艺及原料分析,特别是无机玻璃钢应用的原辅材料,都值得大家一读。

中篇:有机玻璃钢(FRP)生产工艺、性能及应用

该篇详细介绍了各种有机玻璃钢的生产工艺性能及用途,内容广泛,特别是其中的两篇特约稿:《玻璃钢典型产品设计常识》、《玻璃钢船建造》,都是质量较高的文章,值得一读!

下篇:无机玻璃钢(FRIM)的生产及应用

为了适应当前全国大搞无机玻璃钢的需求,在该篇中投入的特约稿件也最多。有具体产品制作工艺,有具体产品的制作方法,特别是第二十二章的 FRP 和 FRIM 两种玻璃钢的复合工艺及复合产品沼气池。还有第二十五章,FRIM 各地最新技术,内容丰富新颖,不可不读!

该书的问世,就本人而言,是心满意足了。

像前几本书一样,要感谢众多行家朋友,特别是老朋友陈博先生和“菱镁协会”的王杰先生,还有一贯给予支持的已经过世的老专家林树益先生。在这本书的出版过程中,得到了我

的母校合肥工业大学的各级领导以及黄淑德、刘盘兴两位老同学的鼎力相助,在此表示感谢。

我也深知,在仓促中完成此书,错误难免,恳请各位读者朋友及专家们给予批评指正。夕阳无限好,只是近黄昏。这书是最后的书,这话是最后的话,在此预祝广大读者朋友,在未来的玻璃钢领域里做出更大成就,更上一层楼!

王禹阶

2005年11月于南京

目 录

上篇 玻璃钢材料

第一章 玻璃钢概述	(3)
第一节 玻璃钢的种类及特点	(3)
第二节 玻璃钢生产、原料及发展	(5)
第三节 中国玻璃钢工业	(6)
特约稿:国内外玻璃钢行业发展概况(陈博)	(8)
第二章 增强材料	(13)
第一节 玻璃纤维的生产、规格及品种	(13)
第二节 特种玻璃纤维	(15)
第三节 用于 FRP 的玻璃纤维制品	(18)
第四节 玻璃纤维的性能	(22)
特约稿:玻璃纤维生产在玻璃钢中的应用(冯树起)	(27)
第三章 树脂	(40)
第一节 树脂和塑料	(40)
第二节 热固性树脂主要品种的应用	(42)
第三节 酚醛树脂	(47)
第四节 环氧树脂	(55)
第五节 不饱和聚酯树脂	(75)
特约稿:不饱和聚酯的增韧改性及机理(朱立新)	(85)
第四章 聚酯树脂的固化及应用	(90)
第一节 固化剂、促进剂	(90)
第二节 聚酯树脂的固化机理	(92)
第三节 聚酯树脂的特性及使用配方举例	(98)
第五章 常用聚酯树脂的生产工艺	(100)
第一节 不饱和聚酯树脂生产的设备、管理及补救方法	(100)
第二节 不饱和聚酯树脂技术指标和操作工艺	(104)
第三节 不饱和聚酯树脂的原料分析	(111)
第四节 不饱和聚酯树脂成品分析	(117)
第五节 不饱和聚酯树脂的安全生产及主要原料的特性	(123)

第六章	填充材料	(126)
第七章	玻璃纤维表面处理及偶联剂的应用	(131)
第八章	模具材料	(138)
第九章	脱模剂	(146)
第十章	无机玻璃钢的原辅材料	(151)
第一节	概述	(151)
第二节	FRIM 的主要原料	(152)
特约稿:	营口地区镁质材料的发展(李明福、李宝武)	(165)

中篇 FRP 生产工艺、性能及应用

第十一章	玻璃钢生产	(173)
第一节	玻璃钢车间	(173)
第二节	手糊 FRP 工艺	(176)
第三节	FRP 产品的加工、检验、入库	(189)
特约稿:	聚合物复合材料(玻璃钢)的性能(钟天麟)	(193)
特约稿:	FRP 手糊工艺及新材料的应用(王胜宝)	(196)
第四节	劳动保护及安全生产	(199)
特约稿:	玻璃钢爬山烟囱的设计制作(梁胜华、陈基文)	(200)
第十二章	几种手糊 FRP 产品的施工简介	(204)
特约稿:	玻璃钢船艇建造(姚树镇)	(221)
第十三章	FRP 机械生产方式	(228)
第一节	缠绕成型法(附卷管)	(228)
第二节	袋压法	(230)
第三节	模压法	(231)
第四节	层压法	(237)
第五节	喷射成型法	(242)
第六节	连续挤拉成型法	(243)
第七节	其他成型方法	(243)
第十四章	RTM 成型法	(245)
第十五章	FRP 部件的连接及胶接	(253)
第一节	FRP 部件的机械连接法	(253)

第二节	FRP 部件的胶接法连接	(254)
第三节	热塑性塑料的连接	(255)
第四节	粘接面的表面处理	(256)
第十六章	玻璃钢的基本性能	(259)
第一节	力学性能	(259)
特约稿:	玻璃钢典型产品设计常识(周祝林)	(269)
第二节	耐热性、耐燃性能	(281)
第三节	耐水性能	(289)
第四节	耐化学腐蚀性能	(292)
第五节	电性能	(298)
第六节	耐老化性能	(299)
第七节	透光性能	(301)

下篇 无机玻璃钢(FRIM)的生产及应用

第十七章	FRIM 的配料及固化	(305)
第一节	镁水泥的反应产物	(305)
第二节	镁水泥的反应历程	(310)
第三节	浆体的用量及溶液配制	(313)
特约稿:	新型菱镁制品发泡剂的特点及其应用(付怀颂)	(315)
第四节	玻璃纤维增强的 FRIM	(316)
第十八章	FRIM 的添加剂及性能	(318)
特约稿:	对 FRIM 材料改性添加剂的认识(王秀祯)	(318)
第一节	抗水性	(320)
第二节	镁水泥的膨胀性和变形性	(323)
第三节	镁水泥制品的返潮返卤现象	(325)
第四节	镁水泥制品的表面泛霜现象	(326)
第五节	镁水泥的稳定性及开裂问题	(327)
第六节	镁水泥的耐磨性、抗渗性及其他性能	(329)
第七节	镁水泥废弃产品的利用	(331)
第十九章	FRIM 的常用添加剂	(333)
第二十章	FRIM 生产中存在的问题及具有的特点	(341)
第二十一章	提高 FRIM 强度及固化速度	(345)
第一节	提高 FRIM 的强度	(345)
第二节	提高 FRIM 的固化速度	(347)

第三节	冬天提高固化速度的方法	(348)
第四节	氯化镁加热配料法	(349)
第二十二章	FRP 和 FRIM 的复合	(351)
第一节	两种玻璃钢的复合工艺	(352)
第二节	FRP 与 FRIM 的复合产品	(355)
	特约稿:FRP/FRIM 复合技术在沼气池体上的成功运用(张剑辉)	(363)
第三节	改进型有机复合法与 FRP—FRIM 复合法的区别	(365)
第二十三章	FRIM 的几种典型产品	(367)
第一节	通风管道的生产	(367)
	特约稿:FRIM 住宅、酒楼厨卫排气管道的生产(赖风声)	(372)
	特约稿:无机玻璃钢风道的应用(唐德明)	(374)
第二节	防火板生产现状及设想	(375)
第三节	蔬菜大棚骨架的生产	(377)
	特约稿:无机玻璃钢大棚支架(付怀颂)	(380)
第四节	保温板	(382)
第五节	镁水泥在蜂窝夹层结构中的应用	(383)
第六节	玻璃纤维在镁水泥混凝土中的应用	(383)
第七节	FRIM 在房屋建筑上的应用	(386)
	特约稿:无机玻璃钢在新型墙体材料中的应用(焦社杰、杨宝森)	(388)
	特约稿:带企口榫槽轻质夹芯墙板结构与安装设计(庄祖明)	(393)
第二十四章	几种镁水泥产品的简介	(403)
第一节	镁水泥锯末混凝土	(403)
第二节	镁水泥磨具的生产	(406)
第三节	镁水泥混凝土	(408)
	特约稿:镁水泥的应用及前景(刘玉周)	(412)
第四节	镁水泥的新品种——磷酸镁水泥开发初步成功	(414)
第五节	聚氨酯软模	(416)
第二十五章	FRIM 最新技术	(419)
	主要参考书目	(427)

上 篇

玻 璃 钢 材 料

第一章 玻璃钢概述

第一节 玻璃钢的种类及特点

一、概述

长期以来,提到“玻璃钢”人们都知道是用玻璃纤维来增强有机树脂,用不饱和树脂、环氧树脂等复合而成的增强材料,在国际上统称为“玻璃纤维增强塑料”,并用英文缩写为“FRP”。

fiber reinforced plastics(纤维增强塑料)缩写为“FRP”。

也有写为:glass reinforced plastics(玻璃增强塑料),缩写为“GRP”。

以“FRP”作为这种增强材料的代称,已为国际上所公认,在中国又给它起了一个响亮的名字——“玻璃钢”。

随着技术的发展,氯氧镁水泥大力也发展起来了,特别是在中国发展速度更是突飞猛进。用玻璃纤维来增强氯氧镁水泥而获得了一种新型复合材料,在中国称为“无机玻璃钢”。

到了 20 世纪 80 年代末,作者与“中国玻璃钢工业协会”共同出版的第一本书《玻璃钢技术问答》时,首次又将 FRP 称之为“有机玻璃钢”,这样就将两种玻璃钢区分开来了,谓之“有机玻璃钢”和“无机玻璃钢”。后来笔者又将“无机玻璃钢”用英文译为: fiber reinforced inorganic material.

在本书里,凡提到“有机玻璃钢”和“无机玻璃钢”这两个名词时,一般都分别以 FRP 和 FRIM 来代之。

中国的 FRP 是从 1958 年开发生产的,当时国家规定了三代”任务,即:代钢、代木、代棉。经过几十年的努力,代棉任务已经完成,而代钢、代木任务仍在努力之中,特别是 FRIM 的出现,为攻克“三代”的历史任务,增加了新的“并肩战斗者”。

因树脂有热塑性和热固性之分,所以塑料也分为热塑性和热固性两种。如果用玻璃纤维去增强热塑性塑料,就叫做热塑性玻璃钢(FIP);如果用玻璃纤维去增强热固性塑料,就叫做热固性玻璃钢(FRP)。目前生产的玻璃钢主要指热固性玻璃钢。从材料使用角度来看,FRP 是一种复合材料,从其本身的复合材料来看,FRP 是一种结构。

二、FRP 的品种

FRP 的品种有很多,其命名是由所用的树脂名称而定。如用不饱和聚酯树脂制成的就叫作聚酯 FRP;用环氧树脂制成的,就叫环氧 FRP。还有酚醛 FRP、脲醛 FRP、三聚氰胺甲醛 FRP、聚氨酯 FRP、有机硅 FRP、丁苯 FRP 和聚丁二烯 FRP 等等。我国目前 FRP 的常用树脂以聚酯、环氧、酚醛三大树脂为主。如果增强材料不用玻璃纤维,而是用棉纤维等其

他纤维,因与“玻璃”无缘,所以不能称为 FRP,称为塑料更妥。

三、FRP 的优点与缺点

(一)轻质高强度

相对密度在 $1.5\sim 2.0\text{g/cm}^3$ 之间,只有碳钢的 $1/5\sim 1/4$ 。可是拉伸强度相接近,甚至超过碳钢,而比强度可以与高级合金钢相比。因此在航空、火箭、高压容器以及其他需要减轻自重的制品中应用。某些环氧 FRP 的拉伸、弯曲和压缩强度均能达到 400MPa 以上。见表 1-1。

表 1-1 部分材料的密度、强度和比强度

材料	密度(g/cm^3)	拉伸强度(MPa)	比强度(cm)
高级合金钢	8	1 280	1 600
A ₃ 钢	7.85	400	500
L ₉₁₂ 铝合金	2.8	420	1 600
铸铁	7.4	240	320
环氧 FRP	1.73	500	2 800
聚酯 FRP	1.8	290	1 600
酚脂 FRP	1.8	290	1 600
DAP FRP	1.65	360(手糊 200)	2 100
有机硅 FRP	1.6	170	1 000
二苯醚 FRP	1.7	320	1 900
泥土	2.0		
混凝土	2.4		

(二)耐腐蚀性能好

FRP 是良好的耐腐蚀材料,对大气、水,对一般浓度的酸、碱、盐,对多种油类和溶剂等都有较好的抵抗能力。因此 FRP 应用到化工防腐的各个方面,取代了碳钢、不锈钢、木材、有色金属等。

(三)电绝缘性能好

FRP 是优良的绝缘材料,用来制造绝缘体,高频下仍能保持良好的绝缘性。微波透过性良好,已广泛用于雷达天线罩。

(四)热性能良好

FRP 导热系数低,室温下为 $1.25\sim 1.67\text{kJ}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{k})$,只有金属的 $1/100\sim 1/1\,000$,是优良的绝热材料。在瞬时超高温情况下,是理想的热防护和耐烧蚀材料。能保护宇宙飞行器在 $2\,000^\circ\text{C}$ 以上承受高速气流的冲刷。

(五)可设计性好

1. 可以根据需要,灵活地设计出各种结构产品来满足使用要求,可以使产品有很好的

整体性。

2. 可以充分选择材料来满足产品的性能。如:可以设计出耐腐的、耐瞬时高温的、某方向上有特别高强度的、绝缘性好的产品,等等。

(六)工艺性优良

1. 可以根据产品形状、技术要求、用途及数量来灵活地选择成型工艺。

2. 工艺简单,可以一次成型。经济效果突出,尤其对形状复杂、不易成型、数量少的产品更能凸显出它的工艺优越性。

不能要求一种 FRP 满足所有要求,FRP 不是万能的,它也有其不足之处:

1. 弹性模量低

FRP 的弹性模量比木材大两倍,但比金刚($E=2.1 \times 10^6 \text{ MPa}$)小 10 倍,因此在产品结构中常感到刚性不足,容易变形。

FRP 可以做成薄壳结构、夹层结构,也可通过加入高模量纤维或者做成加强筋等形式来弥补弹性模量低的不足。

2. 长期耐温性差

一般 FRP 不能在高温下长期使用。通用聚酯 FRP 在 50°C 以上强度就明显下降,一般只在 100°C 以下使用;通用型环氧 FRP 在 60°C 以上,强度有明显下降。但可以选择耐高温树脂,使长期在 $200 \sim 300^\circ\text{C}$ 下工作成为可能。

3. 老化现象

老化现象是塑料的共同缺陷,FRP 也不例外,在紫外线、风沙雨雪、化学介质、机械应力等作用下 FRP 性能容易下降。

4. 湿强度低

FRP 长期在潮湿状态下工作,强度下降 50%左右,但下降有一定限度,而且干燥后又可以在很大程度上得到恢复。

可通过选择树脂和工艺,使用偶联剂,增加富树脂层或者设计时增加安全系数来克服。

5. 层间剪切强度低

层间剪切强度是靠树脂来承担的,可以通过选择工艺、使用偶联剂等方法来提高层间粘结力,最主要的是在产品的设计时,尽量避免使层间受剪。

第二节 玻璃钢生产、原料及发展

一、FRP 生产者的责任

我国 FRP 工业,在产量、品种、设备、工艺技术、原辅材料的品种及价格等方面和国外先进国家相比,还有一定差距,需要继续努力。FRP 的直接制造者,对 FRP 的发展和信誉,更肩负着不可推卸的历史责任。

1. FRP 是我国的一个新兴工业,应自觉地、以科学的态度来维护 FRP 的信誉,促进其发展。

2. FRP 既然被看作一种结构,就应当认真地通过设计来使这个结构更趋于合理,使之尽善尽美。

3. “没有不好的 FRP,只有不好的应用”。如果因为 FRP 耐腐蚀,不管什么场合,不管什么 FRP 拿来就用,这样,无疑会失败。FRP 不是万能的,要扬长避短,物尽其用。

4. 由于心中无底,盲目认为产品越厚越好,结果造成“强度无比,浪费惊人”。实际上,厚度并不和强度成正比。

5. FRP 制造者,要不断引进新技术、新材料、新设备,不能为了眼前利益,使企业长期老面孔,工人的操作环境、加工工具长期得不到改善。应当上规模,联合起来,集中财力、物力、人力办集团,切勿图一时之利,越分越散,各占山头,这样,势必影响我国 FRP 工业的发展。

6. FRP 的制造者在生产经营中要加强科学管理,提高质量,降低成本。“FRP 虽好,价格难以接受”的状况,势必会影响到 FRP 在各个领域的进一步开发和应用。

7. 为了 FRP 工业的发展,各有关方面必须扎扎实实地做些实际工作,要克服在低水平下竞争的状况。希望能够有成效地进行行业管理和政策保护,这也是促进 FRP 发展必不可少的。

二、FRP 广泛使用的几种生产方法

基本上分两大类,即湿法接触成型和干法加压成型。按工艺特点来分,有手糊成型、层压成型、RTM 法成型、挤拉法成型、模压成型和缠绕成型等。手糊成型包括手糊法、袋压法、喷射法、湿糊低压法和无模手糊法。

目前世界上使用最多的成型方法有六种:手糊法、缠绕法、拉挤法、喷射法、模压法和 RTM 法。

我国有 90% 以上的 FRP 产品是用手糊法生产的。其他有模压法、拉挤法、缠绕法、层压法等。日本的手糊法也占 50%。从世界各国来看,手糊法仍占相当比重,说明它仍有生命力。手糊法的特点是用湿态树脂成型,设备简单,费用少,一次能糊 10m 以上的整体产品。缺点是机械化程度低,生产周期长,质量不稳定。近年来,我国从国外引进了挤拉、喷涂、缠绕等工艺设备,随着 FRP 工业的发展,新的工艺方法将会不断出现。

三、FRP 的主要原材料

主要有玻璃纤维及其制品树脂、固化剂、促进剂,其他材料可根据产品性能需要来决定用还是不用,用多少,如填料、颜料、稀释剂、光稳定剂等等。另外,无机玻璃钢(FRIM)已成为一种新兴的工业材料,它所用材料主要是氧化镁、氯化镁及添加剂三大部分。在以后的各章中将分别介绍。

第三节 中国玻璃钢工业

近 10 多年来,中国的 FRP 工业每年均以高于 10% 的增长率发展。产量大幅增长,技术水平也有所提高。

一、原、辅材料

(一)玻璃纤维

2004 年我国玻璃纤维产量 66.25 万吨。其中,池窑产量为 41.2 万吨,占玻璃纤维总量

的 62%。直接无捻粗纱、合股无捻纱可适应 SMC/BMC(TMC)、纤维缠绕、拉挤、喷射等多种 FRP 工艺要求。无捻粗纱布、缝编织物、复合毡、短切原丝毡、连续毡、表面毡大量生产。现已拥有 32 座池窑。2005 年将兴建 9 座池窑,新增 27.2 万吨生产能力。

(二) 不饱和聚酯树脂

2004 年中国不饱和树脂产量达 87 万吨,进口 13 万吨。中国的产量、用量均居世界首位,超过全球市场量的 1/3。

所用多种促进剂、固化剂、填料均能生产,并有出口。

二、FRP 产品

2004 年 FRP 生产总量达 117 万吨。

热固性玻璃钢(UP/FRP) 75 万吨

热塑性玻璃钢(FRTP) 27 万吨

玻纤布基覆钢板 15 万吨

主要产品:

(一) 玻璃钢管道、贮罐与压力容器

中国现拥有定长纤维缠绕、连续纤维缠绕、离心浇铸等各种制造管道与贮罐设备。管道最大生产直径 4m,长度 12m。实际使用管径达 3.1m。2004 年仅高压管道(工作压力超过 7.0MPa)产量即达 1 600km,单只贮罐最大容积实际应用的达 2 000m³。各种压力容器发展较快,近四年仅压缩天然气(CNG)瓶已生产 12 万只。对发展城市公交、减少环境污染做出了贡献。

(二) 建筑用玻璃钢制品

冷却塔单塔最大能力为 5 000t/h。除传统的逆流塔与横流塔外,开发成功了无风机冷却塔,为降低能耗、节约用水起了不小作用。

SMC 组合式水箱已大量推广,年产模压单板(1m×1m)30 万片,雅克力浴缸已普及,传统材质的浴缸市场已萎缩。现已建成亚洲最大的单元卫生间生产线。各类风机与空调器已广泛使用。玻璃钢连续板材已大量生产并广泛应用。

(三) 船舶

已大量生产各种游艇、救生艇,航速已达 53 节。渔船最大长度达 33m,各种 FRP 船艇保有量达 8 万艘。

除传统的手糊、喷射工艺外,还采用了真空浸渍等先进方法。碳纤维、芳纶、巴沙木的使用,提高了强度、模量,降低了船艇重量,提高了船速。

(四) 拉挤产品

产品除传统的帐篷竿与格栅外,近年开发成功手机通讯天线罩、汽车空调风管、打击乐器片、门窗型材等技术难度较高的产品。

(五) 汽车与轨道交通

近年我国 SMC 模压汽车件得到了长足的发展,仅山东武城一个县即拥有 5 家 SMC 模压汽车件厂。

热塑性片材 GMRT(glass mat reinforced thermoplastics)已用于生产汽车部件。

BMC/DMC 注射成型汽车前灯反射面已达 A 级水平。

列车车厢盖件已大量采用 FRP,风道采用酚醛玻璃钢。铁轨用玻璃钢鱼尾板已在开发中。

(六) 机器与设备

在 FRP 发展的同时,与之配套的机器与设备也发展甚快,国产多轴纤维缠绕机、SMC/BMC 生产线及其专用液压机、层压板用多层压机、程序控制的履带式与液压往复式拉挤机等均已大量生产并出口。

我国作为一个发展中国家,FRP 行业在国家改革开放的大好形势下虽然已得到了长足的发展,但离国际先进水平仍有相当差距,如热塑性玻璃钢方面绝大部分产品是短纤维注射成型。

特约稿

国内外玻璃钢行业发展概况

陈 博

目前全世界玻璃钢年生产量仅约 700 万吨,但它正日益改变我们的生活,推动着人类社会进步。

一、玻璃钢溯源与国外发展沿革

在距今 7 千年的西安半坡遗址中有用草与泥拌和做的砖坯与墙壁。草相当于玻纤,泥相当于基体。早在春秋战国时期,勤劳智慧的华夏先民就以麻、线漆、竹、木等材料,制作戈、矛等长兵器的杆、弓、漆器等制品,这就是早期的复合材料,广义上的“玻璃钢”。湖北随州曾侯乙墓中出土的编钟乐器为世人所知晓,而同时出土的戈、戟等兵器的杆,是木芯外铺设纵向碳纤维,再用大漆加蚕丝予以环向缠绕。当今玻璃钢的纤维缠绕工艺的原理,岂不与两千多年前祖先所用工艺原理惊人的相似!

1940 年,美国一家实验室的技术人员不小心将加有催化剂的不饱和聚酯树脂倾倒在玻璃布上,第二天发现固化后的这种复合材料强度很高,玻璃钢遂应运而生。二次大战期间,美国以手工接触成型与抽真空固化工艺,制造了飞机雷达罩与副油箱;利用胶接技术制作了玻璃钢夹芯结构的飞机机翼;1942 年第一艘玻璃钢渔船问世;玻璃钢管试制成功并投入使用。

战后,1946 年发明了以纤维缠绕法生产压力容器的方法。1949 年预混料 DMC(BMC)模压玻璃钢面市。1950 年真空袋与压力袋成型工艺研究成功;手糊环氧玻璃钢直升收音机旋翼面市。1951~1960 年发展了布带缠绕高硅氧/酚醛耐烧蚀玻璃钢,生产导弹头锥;拉挤产品问世。1965 年起开展碳纤维、芳纶纤维复合材料即所谓先进材料研究,采用环氧或双马树脂等为基体。