

# 热塑性增强塑料

热塑性增强塑料

平

0327

版  
社

章学平 编著·轻工业出版社

# 热塑性增强塑料

章学平 编著

轻工业出版社

## 内 容 提 要

本书介绍了增强材料(以玻璃纤维为主)、热塑性增强塑料粒料制造、成型加工、制品及模具设计要点,以及各种主要的热塑性增强塑料品种性能、加工及应用。

本书可供塑料、机械、电器、化工、交通、纺织、仪器仪表等工业部门的有关技术人员在材料选用、制品设计、加工及应用方面作为参考,也可供大专院校师生参考。

## 热塑性增强塑料

章学平 编著

\*

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

八九九二〇部队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

\*

787×1092毫米 1/32 印张,  $8\frac{28}{32}$  插页, 1 字数, 194千字

1984年2月 第一版第一次印刷

印数: 1—9,900 定价: 1.05元

统一书号: 15042·1789

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	1
第一节 热塑性增强塑料的性能特点.....	3
第二节 热塑性增强塑料的发展和应用.....	20
<b>第二章 增强材料</b> .....	24
第一节 玻璃纤维.....	24
一、玻璃纤维的生产.....	24
二、玻璃纤维的分类和性能.....	30
三、长玻璃纤维制品的品种和规格.....	36
第二节 其它增强材料.....	41
一、碳纤维.....	41
二、硼纤维及其它增强材料.....	44
三、石棉纤维.....	49
<b>第三章 玻璃纤维的表面处理</b> .....	51
第一节 玻璃的表面性质.....	53
第二节 玻璃纤维的热化学处理.....	55
第三节 玻璃纤维的化学处理（前处理）.....	56
<b>第四章 热塑性增强塑料粒料的制造</b> .....	67
第一节 长纤维增强塑料粒料制造.....	70
第二节 长纤维增强塑料包覆机头设计.....	73
一、型芯设计.....	74
二、集束装置设计.....	75
三、机头型腔及出料口设计.....	76
第三节 牵引切粒机.....	77

第四节	短纤维增强粒料制造	81
<b>第五章</b>	<b>热塑性增强塑料的注射成型</b>	<b>90</b>
第一节	热塑性增强塑料注射成型特点	91
一、	流动特性	91
二、	在成型过程中纤维长度的变化	93
三、	在成型加工中纤维的排列方向	97
四、	拼缝强度	99
五、	成型收缩	103
第二节	热塑性增强塑料注射成型条件与物性	110
一、	注射成型机及喷嘴形式	110
二、	物料干燥	111
三、	料筒温度	113
四、	注射速度与注射压力	114
五、	螺杆背压及螺杆转速	115
六、	模具温度	117
第三节	热塑性增强塑料注射成型机的磨损与 腐蚀	119
<b>第六章</b>	<b>热塑性增强塑料的制品设计及模具设计</b>	
	<b>要点</b>	<b>122</b>
第一节	热塑性增强塑料制品设计	122
一、	材料特性——选材	122
二、	制品的成型性	123
三、	模具结构与制造方法	124
四、	制品使用条件	124
五、	经济性	124
六、	热塑性增强塑料制品设计具体要点	124

第二节	热塑性增强塑料模具设计要点 .....	127
一、	流动特性、流道浇口及排气 .....	128
二、	成型收缩 .....	131
三、	顶出机构 .....	132
四、	易损部分设计 .....	132
五、	模具材质 .....	133
<b>第七章</b>	<b>热塑性增强塑料各论 .....</b>	<b>134</b>
第一节	增强聚酰胺类 .....	134
一、	概况 .....	134
二、	性能及加工 .....	135
三、	应用 .....	144
第二节	增强聚烯烃类 .....	146
一、	概况 .....	146
二、	性能及加工 .....	152
三、	应用 .....	164
第三节	增强聚苯乙烯类 .....	165
一、	概况 .....	165
二、	性能及加工 .....	167
三、	应用 .....	173
第四节	增强聚甲醛 .....	174
一、	概况 .....	174
二、	性能及加工 .....	175
三、	应用 .....	186
第五节	增强聚对苯二甲酸乙二醇酯 .....	187
一、	概况 .....	187
二、	性能及加工 .....	188

三、应用 .....	201
第六节 增强聚对苯二甲酸丁二醇酯 .....	201
一、概况 .....	201
二、性能及加工 .....	202
三、应用 .....	217
第七节 增强聚碳酸酯 .....	220
一、概况 .....	220
二、性能及加工 .....	221
三、应用 .....	232
第八节 增强改性聚苯醚 .....	233
一、概况 .....	233
二、性能及加工 .....	234
三、应用 .....	251
第九节 增强聚苯硫醚 .....	252
一、概况 .....	252
二、性能及加工 .....	253
三、应用 .....	265
<b>第八章 热塑性增强塑料展望 .....</b>	<b>266</b>
第一节 片状模塑料 .....	267
一、和金属相比 .....	268
二、和FRTP注射制品比 .....	268
三、和SMC相比 .....	268
第二节 热塑性增强结构泡沫塑料 .....	271
<b>参考文献 .....</b>	<b>276</b>

# 第一章 概 论

近年来，塑料已作为结构材料广泛应用于工农业生产部门。正由“代用材料”转为“必用材料”。在我国向四个现代化进军的大好形势下，对它的需要量正在迅猛地增长着。

鉴于飞机、造船、机械、电机、轻工、纺织、石油化工、电子仪表等一系列工业技术部门的发展，对材料提出了更高的要求。制造轻质、高强、坚牢、加工成型简便的新材料，是我们当前迫切的任务。这一方面有赖于高分子材料品种之发展；另一方面我们对现有高分子材料进行改性，以提高其各项物理机械性能指标，也是一条极为重要的、必不可少的途径。

所谓增强塑料，就是高分子树脂与增强性填料（增强材料）相结合而提高了机械强度的一种有机复合材料。玻璃纤维及其制品称为增强材料，而棉布、纸张、无机物粉料等则称为填充材料或改性材料。这样区分的理由在于玻璃纤维的增强作用比起其它材料的增强作用，有着十分显著的优越性。

自六十年代以来，由于高分子树脂的填料研究工作进展十分迅速，增强材料和填充材料品种名目繁多，为了在制造和应用时有一个明确的概念，所以在使用玻璃纤维作增强材料时，称之为玻璃纤维增强塑料。



玻璃纤维增强塑料俗称玻璃钢，由于它具有较高的比强度、良好的耐热性能、电性能、耐腐蚀性能，以及简便的加工方法，所以应用日益广泛，发展十分迅速。

用于玻璃纤维增强塑料的高分子树脂种类很多，过去一般认为，此类高分子属于热固性树脂。例如酚醛树脂、环氧树脂、聚酯树脂、有机硅树脂、呋喃树脂、三聚氰胺树脂等，以及近年来发展的三聚氰氨三丙烯酸酯(TAC)，聚邻苯二甲酸二丙烯酯(DAP)和聚间苯二甲酸二丙烯酯(DAIP)、聚酰亚胺等二十多种。其中以环氧树脂、聚酯树脂和酚醛树脂用量最多，应用最广。热固性树脂玻璃钢其分子结构为立体网状结构，制成成品后就不能再熔融或再成型。

自六十年代以来，国内外已成功地采用热塑性高分子树脂制成玻璃钢，并已投入正常生产。其中有聚酰胺类树脂、聚碳酸酯、聚苯醚树脂、氯化聚醚树脂、聚氯乙烯树脂，聚苯乙烯类树脂，聚烯烃类树脂等十几种。可以毫不夸大地说，所有热塑性高分子树脂皆可制成玻璃纤维增强塑料。它的特点是在熔融状态下可成型为一定形状的制品、冷却定型，然后可再行加热熔融而制成另一形状的制品，可重复多次而其物理机械性能不发生显著变化。另外，它可一次制成形状十分复杂而尺寸十分精密的制品，生产周期仅需数分钟。这是热固性玻璃纤维增强塑料所不及的。

通常将热固性增强塑料简称为FRP (Fiber Reinforced Plastics)。而将热塑性增强塑料简称为FRTP (Fiber Reinforced Thermo Plastics)。

由于FRTP的出现，使热塑性塑料的物理机械性能有了一个飞跃。甚至一些通用塑料经过增强以后，也能作为工程

材料而应用。对于某些工程塑料，通过增强，其性能跨进了金属强度范畴，因而大大扩展了热塑性塑料作为结构材料应用于工程领域的深度和广度。

## 第一节 热塑性增强塑料的性能特点

热塑性玻璃纤维增强塑料的性能特点，概括起来大致有以下几点：

### 1. 比强度高

按单位重量来计算强度，称作比强度。增强塑料的比强度是优于一般金属材料的。虽然玻璃纤维的比重较有机纤维为大，但比一般金属为低，和铝相当，其值约为2.25~2.9左右（碳纤维比重为1.85）。高分子树脂的比重一般为0.9~1.4左右（聚四氟乙烯比重为2.1~2.3左右）。由于在树脂中添加了玻璃纤维，因而增强塑料的比重一般都增大。但即使如此，FRTP的比重在1.1~1.6之间，只有钢铁的五分之一至六分之一。而它所增加的机械强度却很显著，因而可以较小的单位重量获得很高的机械强度。

由表1-1所列举的几种典型金属及热塑性增强塑料的比强度值，可以看到有的增强塑料比强度已超过了高级合金钢。所以我们可以说，热塑性玻璃纤维增强塑料是一类轻质高强的新型工程结构材料。它在飞机、火箭、导弹以及其它要求减轻重量的运载工具方面之应用，尤有极为重要的意义。

表1-1

几种典型金属及FRTP的比强度值

材	料	比 重	抗拉强度 (kg/cm <sup>2</sup> )	比强度
典 型 金 属	普通钢A3	7.85	4000	500
	不锈钢1Cr18Ni9Ti	8	5500	688
	合金结构钢50CrVA	8	13000	1625
	灰口铸铁HT25-47	7.4	2500	34
	硬铝合金LY12	2.8	4700	1678
	普通黄铜H59	8.4	3900	464
FRTP	增强尼龙610	1.45	2560	1766
	增强尼龙1010	1.23	1800	1463
	增强聚碳酸酯	1.42	1400	986
	增强聚丙烯	1.12	900	804

在一般情况下，增强塑料的强度和刚性随玻璃纤维含量增加而增高。而伸长率及允许变形则降低，因而在抗蠕变特性方面有了显著的改善。在动态载荷条件下的耐疲劳特性也成倍增加。在冲击强度方面，一般情况下取决于本体高分子树脂的耐冲击特性。若本体高分子树脂为脆性者，则增强后抗冲击性能成倍提高；若本体高分子树脂为韧性者，则增强后抗冲击性能不变或有所下降。

## 2. 良好的热性能

一般未增强的热塑性塑料，其热变形温度是较低的，只能在50~100℃以下使用。但增强塑料的热变形温度则显著提高，因而可在100℃以上甚至150~200℃左右进行长期工作。例如尼龙6，未增强前其热变形温度在50℃左右，而增强

以后，热变形温度可提高至190°C以上。

所谓热变形温度，就是在一定载荷下（通常是18.6kg/cm<sup>2</sup>），在一定的升温速度条件下，试条达到某一变形量时的温度。图1-1即是尼龙6和共聚甲醛随玻璃纤维含量增加而热变形温度显著提高的示例<sup>1)</sup>。

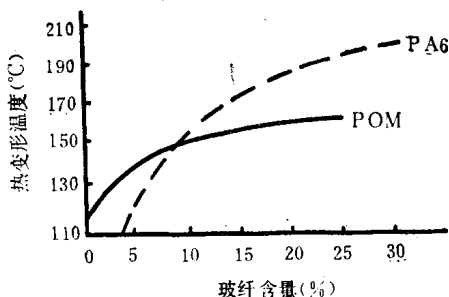


图1-1玻纤含量对FRTP热变形温度之影响  
(ASTM. D648, 18.6公斤/厘米<sup>2</sup>)

增强塑料不仅提高了耐热性能，而且也大大改善了耐低温性能。在低温情况下，FRTP的抗冲击性能大大优于本体高分子树脂。

由于玻璃纤维的加入，增强塑料热传导率降低。对于要求热传导率高的制品，可用碳纤维增强，或在玻璃纤维中添加石墨、金属粉末等易导热填料。

由于玻璃纤维的加入，增强塑料的线膨胀系数比本体树脂低1/4~1/2，因而制品成型收缩率小，这给制造尺寸精度要求比较高的制品带来了有利条件。但是成型收缩率有方向性，这一点在产品的设计、模具设计及制造时应首先考虑周到，切不可疏忽大意。

### 3. 良好的电绝缘性能

由于玻璃纤维是良好的电绝缘体，所以FRTP的电绝缘性由本体高分子树脂所决定。一般来说，FRTP是一种优良的电气绝缘材料，可作电机、电器、仪表中的绝缘零件。

作为电气材料，它应能阻燃、耐热老化、耐电弧。若用于露天，则尚需具有耐大气老化的特性。由于FRTP中玻璃纤维的存在，它有一种助燃作用，玻璃纤维正如油灯中的灯芯，促使树脂燃烧（玻璃纤维含量在50%以上时灯芯效果消失）。所以在FRTP中需添加阻燃剂；若FRTP制品长期在高温环境中工作，则高分子树脂要发生热老化，剩下玻璃纤维骨架，制品性能下降，所以必须添加耐热助剂。考虑了以上两个方面，FRTP作为电气零件，它的使用寿命及工作安全可靠都有了保证。比起未增强的塑料制品，则其性能大大提高。

FRTP制品在高频作用下仍能保持良好的介电性能，不受电磁作用，不反射无线电电波，微波透过性良好，因而在国防上也受到重视。

### 4. 良好的耐化学腐蚀性能

除氢氟酸等强腐蚀性介质外，玻璃纤维的耐化学腐蚀性是优良的。FRTP的耐化学腐蚀性能一般取决于本体高分子树脂。但在FRTP中也可改变增强材料品种，例如将玻璃纤维改用碳纤维、硼纤维或石棉纤维等等，则强度和耐腐蚀性能也随之而有所不同。

对每一种塑料而言，在强度和耐化学腐蚀性方面都各有一定的特点。例如尼龙耐碱而不耐酸，聚苯醚最耐高温水蒸气，聚甲醛耐水耐有机溶剂而不耐强酸等。由于耐腐蚀塑料

品种较多，应该根据具体使用环境、塑料来源及价格，谨慎地选用。

耐腐蚀性能比较全面的有氟塑料、聚苯硫醚、氯化聚醚、聚丙烯、聚乙烯、聚氯乙烯等等。它们在化学工业中常制作管道、管件、贮槽、阀门、泵等化工设备零件，以代替不锈钢制品。虽然塑料在防腐蚀领域中发挥了广泛的、极为重要的作用，但是它也不是万能的，尤其是在高温强氧化介质条件下，塑料是不适宜选用的。应该寻找更为合宜的非金属材料如石墨、微晶玻璃、陶瓷等等作为耐腐蚀材料。表1-2为塑料耐常用化学药品一览表。

#### 5. 良好的耐老化特性

FRTP虽然在光和热的作用下会发生老化，性能下降，但下降的幅度比本体树脂为小，如表1-3<sup>27</sup>及图1-2所示即为增强尼龙6的老化例子。

对于需要防老化的FRTP制品，目前都添加各种防老化剂，因而更延长了制品的使用寿命。

#### 6. 优良的加工性能

FRTP与一般热塑性塑料一样，可采用注射成型、挤出成型、压制成型、层压成型等等加工方法，不需特殊的成型设备。

FRTP的熔融流动性与玻璃纤维含量有关，它随着玻璃纤维含量的增加而流动性能降低。但即使如此，以目前塑料加工厂所具有的成型设备和工艺条件而言，对FRTP的成型加工是不成问题的。现在已制成小至数克，大至数公斤甚至数十公斤的FRTP制品，正广泛地应用于工农业生产之中。

塑料耐常用化学药品一览表

表 1-2

塑料名称 试验条件	塑料名称			
	聚氯乙 烯	聚偏氯乙 烯	高 压 聚 乙 烯	聚 丙 烯
硫 酸	10%70°C丙, 30%室温甲, 98% 室温丙	98%、变色硬化	褪 色	2~10%100°C甲, 100%丁
硝 酸	甲	65%、乙、变色硬化	浓硝酸、开裂	发烟硝酸丁、50%60°C甲
盐 酸	<35%甲	35%、乙、暗褐色脆 化	色稍褪	30%60°C, 10%100°C乙
氢 氟 酸	50%22°C甲, 60°C丁	48%、乙、变色 硬化	甲	38%~40%20°C甲
氧 气	甲	饱 和 甲	色稍褪	干气丙, 湿气丙, 液体丁
二 氧 化 硫	干气甲, 湿气乙	干 气 甲	甲	气体100°C甲
氢 氧 化 钠	甲	50%、乙、变色硬化	色稍褪	甲
氨	干气甲, 湿气丁	丁	稍胀润	30%20°C甲

续表

塑料名称 实验条件 化学药品	聚氯乙 烯	聚偏氯乙 烯	高压聚乙 烯	聚 丙 烯
硝酸铵	甲	饱和, 稍硬化	甲	甲
过氧化氢	甲	甲	甲	30% 20°C 甲, 30% 49°C 丁
铬 酸	10% 室温甲, 50% 丁	甲	50% 甲	1% 60°C 甲, 10% 60°C 乙
重铬酸钾	甲	甲	甲	—
醋 酸	10%~80% 室温甲、冰醋酸 22°C 甲、60°C 丁	冰醋酸, 甲(稍脆)	极微膨润	100%、< 20°C, 甲; 10% < 60°C 甲
醋 酐	丁	软 化	极微膨润	乙
甲 酸	22°C 甲, 60°C 丁	乙, 硬化、脆化	甲	100% 甲, 10% 60°C 甲
顺 酐	—	甲	甲	—



续表

实验条件	塑料名称	聚氯乙 烯	聚偏氯乙 烯	高压聚乙 烯	聚 丙 烯
脂 肪 酸		甲	甲变暗褐色	甲	—
烃		丁	软 化	膨润、开裂	苯甲, 甲苯, 丁
醇		<96% 60°C 甲	稍 软	甲	甲
酯		丁	软 化	稍 膨 润	醋酸丁酯、丁
醋酸乙酯		丁	丁 软 化	稍 膨 润	丙 膨 润
二氯乙烷		丁	室 温 丁	稍 膨 润	室 温 丁
酮		丁	软 化	稍 膨 润	丙 酮 甲
尿 素		甲	甲	甲	—
氯代溶剂		CCl <sub>4</sub> , 丁	稍 软 化	膨 润	CCl <sub>4</sub> , 丁
乙 醚		丁	甲	乙	丙