

长玻纤增强热塑性塑料熔融浸渍模头的发展概况

陈可娟 何敏 汪涛

(华南理工大学塑料橡胶机械研究室, 广州 510641)

摘要 综述了制备长玻纤增强热塑性塑料熔融浸渍工艺中熔融浸渍模头的发展概况, 同时预测了以后熔融浸渍模头的发展及改进方向。

关键词 长玻纤增强 热塑性树脂 浸渍工艺 熔融浸渍模头

长玻纤增强热塑性塑料 (LGFRT) 是一种质量轻强度高的复合材料, 比短玻纤增强热塑性塑料 (SGFRT) 具有更好的力学性能和耐温性能, 能更好地发挥玻纤增强剂的作用。这种复合材料主要应用在比 SGFRT 要求更高的场合, 现已广泛应用于汽车工业、机械制造、电子电器、化工环保、航天通讯、建筑等部门及行业^[1]。在汽车零配件中的应用尤为广泛, 制品一般为保险杠、挡泥板、发动机罩、仪表盘、车门、座椅靠背、暖气机叶轮等。在电子电气和信息技术方面, LGFRT 用以制造仪表罩壳、接线盒、电视机后盖、风扇叶片等。在化工防腐方面, LGFRT 用作贮罐、管道、内管等^[1-2]。目前国内对 SGFRT 研究和应用较多, 但对 LGFRT 的研究还较少, 导致 LGFRT 的浸渍方法和效率与其它工业发达国家有很大的差距, 但从应用的角度来看, LGFRT 具有更广阔的发展前景。

由于热塑性树脂的熔体粘度一般都超过 100 Pa · s, 使玻纤难以获得良好浸渍, 因此制备 LGFRT 的技术关键就在于解决如何使长玻纤获得良好浸渍问题, 国内外对此进行了大量的研究, 目前主要开发的浸渍工艺有熔融浸渍法、溶液浸渍法、粉末浸渍法、悬浮浸渍法和混合纱浸渍法等^[3-4], 但没有一种工艺是十分完善的, 或明显地优于其它浸渍工艺的, 在实际应用中, 要根据不同热塑性树脂的性质和复合材料的应用领域来选取最佳的工艺过程。目前国内外研究较多的是熔融浸渍工艺, 该工艺国外研究的较多也较成熟, 但国内起步较晚, 如长玻纤增强 PP 粒料在我国仍处于试制阶段。熔融浸渍模头在熔融浸渍工艺中起至关重要的作用, 下面就熔融浸渍模头做较为详细的介绍。

1 熔融浸渍模头

熔融浸渍是最常用的浸渍方法, 它是利用热塑性树脂的熔融再熔融的特性, 使玻纤通过熔融浸渍树脂槽浸渍树脂。通常是使玻纤束经过充满高压熔

体的模头, 促使玻纤和熔体进行强制性的浸渍, 达到理想的浸渍效果。这一方法主要用于连续生产 LGFRT 料粒。图 1 为熔融浸渍法的工艺流程图, 其中熔融浸渍模头对玻纤的浸渍效果和效率起着至关重要的作用。



图 1 熔融浸渍工艺流程图

工业规模的熔融浸渍模头主要有弯曲流道浸渍模头、导丝辊牵引浸渍模头和驱动导轮副浸渍模头等, 它们的共同特点是当玻纤丝束被牵引前行绕过弯曲位时, 在张力作用下, 玻纤丝束被展开, 促进熔体对玻纤丝束的浸渍。

1.1 弯曲流道浸渍模头

早期的 LGFRT 的成型是利用类似正弦曲线的弯曲流道的波峰和波谷给连续长玻纤施加张力来分散玻纤, 同时热塑性树脂对连续玻纤进行浸渍。由于玻纤与弯曲流道的波峰和波谷直接接触, 因此很容易造成玻纤折断和成团, 从而严重影响了 LGFRT 料粒的质量和产量。

比较典型的弯曲流道浸渍模头是日本 Polyplastic 公司的弯曲流道浸渍模头, 见图 2^[5]。玻纤丝束 (F) 从纤维人口进入模头, 塑化好的塑料熔体从熔体人口 (43) 注入蛇形流道浸渍玻纤丝束, 经熔体浸渍过的玻纤丝束连续不断地从模头出口处拉出, 实现连续玻纤的熔融浸渍。在弯曲流道的波峰和波谷, 玻纤丝束受张力作用往横向展开, 加速熔体对玻纤丝束的浸渍。该公司考虑到多流道蛇形管浸渍模头中各流道压力的差异, 可能造成不均匀挤出和生产的不稳定, 因此采用分枝流道分配结构连接各蛇形管流道, 以确保各浸渍流道压力的一致和操作的稳定性。

早期的弯曲流道浸渍模头中, 弯曲流道的各波

峰和波谷的高度相同,玻纤丝束在波峰和波谷受到的张力沿前进方向递增,在靠近模头出口的波峰或波谷张力最大。在浸渍操作时,这种设计容易导致玻纤单丝的折损,特别是在高的牵引速度下,过大的张力可能将玻纤丝束拉断,造成生产操作的不稳定。Polyplastic公司在改进原有设计中,采用从入口到出口波峰高度递减的设计(见图3),使丝束在各波峰和波谷的受力峰值均匀,以提高生产速度^[6]。

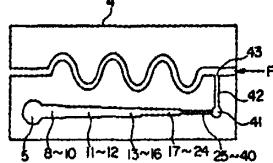


图2 弯曲流道熔融浸渍模头剖面示意图

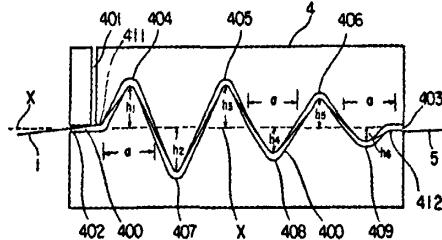


图3 递减波峰弯曲流道浸渍模头示意图

此外还有法国阿托化学公司在中国申请的弯曲流道浸渍模头的专利^[7]、常州兴柏化工公司不等高波峰蛇形管浸渍模头的专利^[8]等。

1.2 导丝辊牵引浸渍模头

比较典型的导丝辊牵引浸渍模头有日本 Chisso 公司的导丝辊熔融浸渍模头,结构如图 4 所示^[9]。玻纤丝束(4)从玻纤入口(3)进入浸渍池,绕过至少三个导丝辊(5),经口模(7)拉出。自由旋转的导丝辊可减少它们对丝束的摩擦折损,有助提高浸渍的线速度。

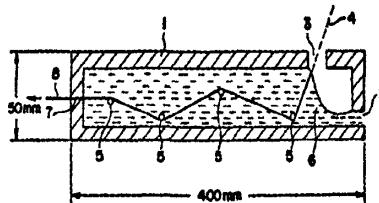


图4 导辊牵引熔融浸渍模头示意图

日本 Chisso 公司也对最初的导丝辊熔融浸渍模头进行改良,在浸渍池内设置成对的导丝辊。导丝辊的横断面为圆形或去角多边形,导丝辊的径向间距控制在 20~300 倍单丝直径。浸渍时玻纤丝束从两导丝辊间的空隙穿过,但不与导丝辊接触,见图

5^[10]。他们认为,在熔体内移动的玻纤丝束会带动熔体一起往前流动,当流动的熔体遇到导丝辊时会折返产生旋流,压向玻纤丝束,促进熔体向玻纤丝束内的流动,从而取得高的浸渍速度。他们的数据表明,非接触导丝辊熔融模头的最大浸渍线速度可从接触型的 20 m/min 提高到 30 m/min。

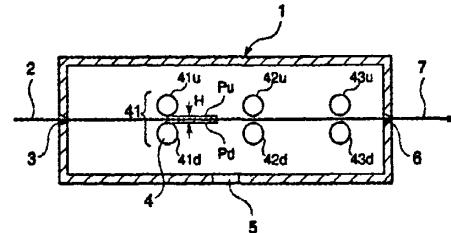


图5 Chisso 非接触导丝辊熔融浸渍模头示意图

在接触型导丝辊开束装置中,他们也在接触辊邻近的位置添加从动辊(5),以改善开束和浸渍效果(见图 6)^[9]。在以后的设计中,Chisso 采用这种接触和非接触导丝辊的组合(见图 7),如组合凹凸辊^[11]。一般在模头入口处设置至少三个接触导丝辊,而在浸渍池的出口段设置非接触导丝辊。

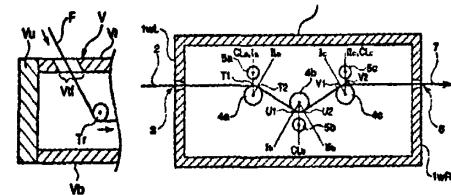


图6 Chisso 开束装置示意图

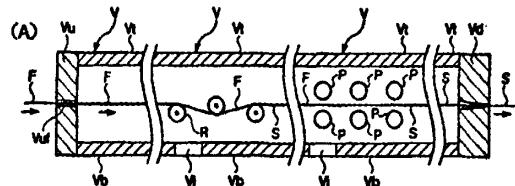


图7 Chisso 复合导丝辊熔融浸渍模头结构示意图

目前已经有多家公司开发出各个种类的导辊牵引浸渍模头,以适合不同 LGFRT 产品的需要。原 Shell 公司研发部曾提出采用中空的固定导丝辊,并在玻纤丝束包覆的扇形区域开锉平行于导丝辊(垂直于玻纤轴)、与内孔相通的方孔,见图 8^[12]。注入轴心通道的塑料熔体从方孔漫出,形成垂直于丝束平面的径向流动,强化熔体向玻纤丝束的渗透,同时减少玻纤与导丝辊的摩擦和折损。

国内广州金发公司专利申请中描述的熔融浸渍模头特征在于其熔融浸渍模中的浸渍独立流道,见图 9 和图 10^[13]。该发明专利采用了浸渍独立流道,

使得每束连续长玻纤都能独立前进,避免玻纤束之间的干扰,而可自由旋转并沿纵向开有圆弧形凹槽的张力辊,则可以在旋转时带动热塑性熔体产生足够的熔体紊流,提高浸渍效果。

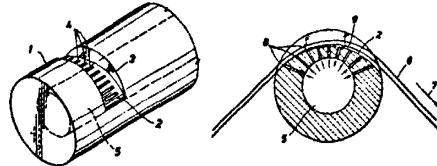
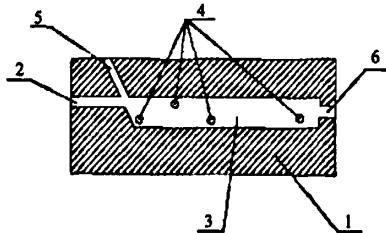


图 8 Shell 径向供胶导丝辊的剖面示意图



1—浸渍设备外体;2—热塑性树脂熔体夹缝流道;3—浸渍独立流道;
4—张力辊;5—连续长玻纤入口通道;6—浸渍出口

图 9 浸渍设备的垂直横截面示意图

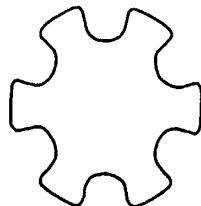


图 10 张力辊的垂直横截面示意图

1.3 驱动旋转熔融浸渍模头^[14]

在专利文献中,还有另类具有驱动结构的熔融浸渍模头,多为驱动旋转模头。有代表性的结构如图 11。玻纤丝束(3)从入口流道(2)进入浸渍腔(5),绕过转子(7)后,从出口流道(4)挤出。据称驱动转子能大大提高玻纤浸渍的线速度和稳定性,但数据有待进一步查证。

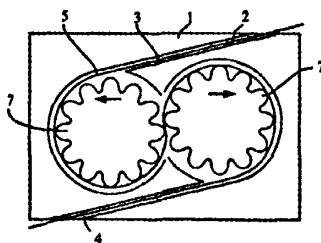
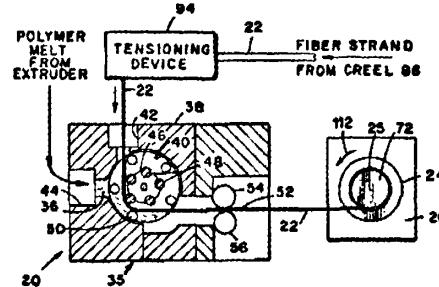


图 11 驱动旋转熔融浸渍模头示意图

1.4 驱动导轮副浸渍模头

在专利文献中,还有驱动导轮副浸渍模头^[15],结构示意图如图 12。玻纤丝束(22)经过一个张力

装置进入到浸渍腔(40)内,浸渍腔(40)内装有驱动导轮副(46)、转动导辊(48)和固定导辊(50)。转动导辊(48)和驱动导轮副(46)的转动带动玻纤丝束前进,且转动导辊(48)的切线速度和玻纤束前进的速度一致,以减少玻纤丝束的断裂和增强玻纤丝束的完整性。浸渍腔(40)中的固定导辊(50)使塑料熔体产生涡流,使得塑料熔体与玻纤更好的浸渍。定型压辊(54、56)为一对可活动的辊,可上下移动来调节两辊间的间隙。



46—驱动导轮副;48—转动导辊;50—固定导辊;54—定型压辊
图 12 驱动导轮副浸渍模头示意图

2 结语

综上所述,前人对 LGFRT 的熔融浸渍工艺中的浸渍模头进行了许多发明及改进,把它们应用在实际生产中并取得了成效,如在一定程度上提高了玻纤的牵引速度和玻纤在树脂中的均匀度等。然而,现有熔融浸渍模头能达到的玻纤牵引速度和玻纤在树脂中的均匀度有时候还不能满足工业的要求,因此对于如何大幅度提高玻纤牵引速度以及玻纤在树脂中的均匀度等需要进一步的研究和分析,同时也是今后 LGFRT 熔融浸渍模头的发展方向。

参 考 文 献

- [1] 姜润喜. 长纤维增强热塑性复合材料的开发与应用[J]. 合成技术及应用, 2007, 22(1): 24~28.
- [2] 钱伯章. 长纤维增强热塑性塑料的发展进展[J]. 橡塑技术与装备, 2008, 34(2): 24~27.
- [3] 李光波. 悬浮拉挤法制备长玻纤增强及中复合材料的研究[D]. 上海: 东华大学, 2006.
- [4] 吴靖. 长纤维增强热塑性复合材料的研究进展[J]. 化工进展, 1995(2): 1~4.
- [5] Polyplastics Co., Ltd. Apparatus, method, and coating die for producing long fiber-reinforced thermoplastic resin composition; US, 5783129[P]. 1993-08-17.
- [6] Polyplastics Co., Ltd. Cross-head die and method for manufacturing a resin structure reinforced with long fibers; US, 5658513[P]. 1994-10-18.
- [7] 阿托化学公司. 用长纤维增强的热塑性树脂的制备方法: 中国, 1021643C[P]. 1989-12-06.

- [8] 常州市兴柏化工有限公司. 不等高波峰蛇形管浸渍模头:中国,1827671A[P]. 2006-02-17.
- [9] Chisso Corporation. Method for opening and resin-impregnation to produce continuous fiber-reinforced thermoplastic resin composite material:US,6251206[P]. 1997-06-09.
- [10] Chisso Corporation. Method and apparatus for preparing resin-impregnated structures reinforced by continuous fibers: US, 948473[P]. 1995-11-30.
- [11] Chisso Corporation. Device for producing thermoplastic resin continuous length sections reinforced with long fibers: US, 6763869[P]. 2000-06-27.
- [12] Shell Research Limited. Process of melt impregnation:US,5798068[P]. 1994-03-17.
- [13] 广州金发科技股份有限公司. 一种连续纤维增强热塑性树脂的成型方法及成型设备:中国,101152767[P]. 2006-09-27.
- [14] Bock Orthopaed Ind. Vorrichtung zur Herstellung von endlosen Verbundwerkstoffen:DE,29821649[P]. 1998-04-04.
- [15] Fellers, John F., Pope, et al. System and method for impregnating a continuous fiber strand with a polymer melt:US,6045876[P]. 1998-04-10.

GENERAL DEVELOPMENT OF MELTING IMPREGNATION DIE FOR LONG GLASS FIBER REINFORCED THERMOPLASTIC COMPOSITES

Chen Kejuan, He Min, Wang Tao

(Research Division of Plastic & Rubber Machinery, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

ABSTRACT In this paper, the general development of melt impregnation die for preparation long glass fiber reinforced thermoplastic composites has been summarized. The development and improvement direction of melt impregnation die has also been predicted.

KEYWORDS long glass fiber reinforcement, thermoplastic composites, impregnation process

(上接第266页)

767.

- [7] 新出穀. スタック金型びそねを用いた射出成型品の製造方法:日本,P2002-234061A[P]. 2001.
- [8] 李书赞. 模具工业,1990(4):33-34.
- [9] 乙清. 模具工业,1995(10):47-48.
- [10] 王振保. 层叠式注塑模具:中国,CN95202083.1[P]. 1995.
- [11] 王振保. 模具工业,1999(9):35-37.
- [12] 王日兴. 模具工业,1999(9):32-33.
- [13] 卜建新. 模具工业,1992(5):36-37.
- [14] 冯孝中. 模具工业,2000(5):35-37.
- [15] 冯孝中. 模具工业,2002(12):39-41.
- [16] Gener D, et al. Kunststoffe German Plastics,1989,79(9):35-38.
- [17] 碓井裕雄,等. スタックモヘルド金型:日本,6-23806[P]. 1992.
- [18] Homes W, et al. Kunststoffe German Plastics,1996,86(9):

1268-1272.

- [19] Li J, et al. Kunststoffe Plastics Europe,1998,88(6):792-796.
- [20] 新出穀. 射出成型用スタックモヘルド金型:日本,P2003-300230A[P]. 2002.
- [21] 李树,等. 模具工业,1997(10):28-30.
- [22] 李健心. 机械设计与制造工程,1999(5):19-20.
- [23] 王振保,等. 塑料工业,1999(7):26-27.
- [24] 陈剑玲,等. 模具工业,2003(12):34-38.
- [25] Rozema H. Annual Technical Conference,1991(37):1773-1776.
- [26] Olaru, et al. Method and apparatus for distributing melt in a multi-level stack mold: Canada, CA2271407[P]. 2000.
- [27] Mikell Knights. Stack molds take on new tasks. [Http://www.Plasticstechnology.com/](http://www.Plasticstechnology.com/),2003,3.
- [28] Grabovskij V V. Liteinoe Proizvodstvo, 1995(3):37-38.
- [29] Kensgen H. Kunststoffe Plastics Europe, 2001, 91 (10):36-37.

THE PRESENT ANALYSIS OF DESIGN AND APPLICATION OF THE STACKED INJECTION MOULD

Liu Bin, Peng Manhua

(The Key Laboratory of Polymer Processing Engineering of Ministry of Education, National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Zou Shifang

(Dongguan Janusgroup Corp., Ltd. Dongguan 523878, China)

ABSTRACT The essential design of the stacked injection mould is firstly introduced in this paper, then the development and present application of the stacked injection mould at home and abroad is presented, and the development trend of the stacked injection mould is prospected finally.

KEYWORDS stacked injection mould, cold runner, hot runner