

佛山长玻纤增强热塑性复合材料加工工艺的发展及推广应用（上）

李伟，廖灏飞，张海琛，童俊

（佛山大学机电工程与自动化学院，广东 佛山 528000）

摘要：长玻纤增强热塑性复合材料是在日常生活中被广泛应用的高分子材料。传统螺杆机械设备制备长玻纤增强热塑性复合材料的加工过程能耗高、效率低，不利于资源节约。随着复合材料工业发展的重大转变，绿色制造成为复合材料加工技术发展的新方向，以制造业立市的佛山，紧跟制造业发展新趋势尤为重要。通过分析传统加工工艺的利弊，优化长玻纤增强热塑性复合材料制备技术，推广新型加工工艺的应用，推动复合材料绿色制备新技术在佛山的发展并展望未来的发展趋势。

关键词：长玻纤；复合材料；在线配混；注塑成型；绿色制造

中图分类号：TQ320.66

文献标识码：B

文章编号：1009-797X(2025)05-0001-08

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.05.001

0 引言

高分子材料经过多年的发展，已经成为了与钢材、水泥、木材并驾齐驱的基础材料。相对于其他基础材料，高分子材料有着密度小、质量轻、成型工艺好、绝缘性能好、生产效率高和价格低廉等特点^[1]，是推动人类文明进步的重要基础。进入 21 世纪以来，纤维增强热塑性复合材料因其具有良好的力学性能，使它一直是高分子材料领域备受关注的高性能复合材料之一。纤维增强复合材料是高分子材料的一个重要分支，是以热塑性聚合物为基体树脂，纤维为增强材料并通过一定的工艺技术制备的高性能材料^[2]。通过添加玻纤、碳纤等纤维可以改善高分子材料的性能，拓宽复合材料的用途。对于作为增强材料的纤维，要求其长度较长、具有高的强度、比基体材料的更小的断裂伸长率、较高的加工温度以及较低的密度。除此之外，由于复合材料中纤维用量大，所以还要求纤维的价格较低。目前，用于热塑性复合材料的纤维主要包括碳纤维^[3]、有机纤维^[4]和玻璃纤维^[5]，其中又以玻璃纤维应用最为广泛。

玻璃纤维具有拉伸强度高、耐热性好等优点，而热塑性材料本身具有较好的刚度、抗弯曲疲劳性好、成型加工性能优异、价格低廉的特点，但其力学性能较差^[6]。综合热塑性材料和玻璃纤维两者的优点，热塑性材料作为基本相，玻璃纤维作为增强相，利用外

增强原理，可以很好的结合玻纤和热塑性材料两者的优势制备高性能的增强型复合材料。相对于基体树脂材料，复合材料的各项力学性能能够提高到先前的两倍到三倍不等，而像刚性和抗蠕变性等其他性能能够提高到先前的两倍到五倍不等。而且玻纤增强热塑性材料的热变形温度与基体材料相比上升的程度较大，而且具有良好的耐热性和耐腐蚀性，但具备优点的同时也有劣势的产生，玻纤增强热塑性材料的热膨胀系数以及成型收缩率则会有减小的趋势^[7]。

纤维增强热塑性复合材料性能卓越的原理在于在对力学性能的贡献方面，基体树脂^[8]和玻璃纤维扮演着不同作用。基体材料的作用是接受外界载荷并将其分配到增强纤维上，纤维的主要功能则是承担外界的载荷，赋予复合材料高的力学性能，并且决定了玻纤增强复合材料结构件强度和刚度方面的性能。自上世纪七十年代起，螺杆式注射机^[9]的广泛使用极大地推动了复合材料的发展，使得玻纤增强热塑性复合材料得到了大规模生产和应用。这种材料综合了玻璃纤维的卓越性能和热塑性材料的特有特性，例如可回收性，

作者简介：李伟（1981-），男，工学博士，主要从事机械设计理论、高分子材料加工新理论与新装备教学与研究工作，主持市厅级项目 2 项，横向项目 3 项，专利 10 余项，近 3 年公开发表专业论文 4 篇（第一作者），其中 SCI 收录 3 篇。

表现出显著的环境友好性。

玻纤增强热塑性复合材料属于应用较为广泛的材料,适用于表面质量及综合机械性能要求高、产品形状复杂的注塑件的生产成型。目前,玻纤增强热塑性复合材料主要应用于汽车^[10]、化工^[11]、家电^[12]、通讯、机械、军工、体育器材、医疗器械等国民经济支柱行业中大型塑料制品、特殊性能要求的制品及大型、高性能塑料件的加工制造,特别是在汽车零配件专用塑料市场上的应用发展潜力十分巨大^[13],在汽车配件上实现以塑代钢,减轻汽车配重,节约了宝贵的贵金属和不可再生的能源。同样,在民用产品高值化方面玻纤增强热塑性复合材料大放光彩。利用玻纤增强热塑性复合材料轻便、高强度的特点,其在奢侈品、玩具和小型零部件方面得到了广泛的应用。在我国,一些产量在万吨以上的改性塑料企业拥有和掌握了制造玻纤增强热塑性复合材料产品的基本技术,主要的企业包括广州金发科技股份有限公司和上海杰事杰新材料股份有限公司等。

高分子材料在加工过程中,由于设备种类以及对设备的各项参数的控制,都会影响到制品最终的性能,现有的玻纤增强热塑性复合材料主要采用的是注射成型方法^[14]。玻纤增强型复合材料在生产过程中,玻纤的剩余平均长度是决定复合材料力学性能的主要因素,玻纤剩余平均长度的增加,复合材料的拉伸性能、弯曲性能和冲击性能也随之提高。按照玻璃纤维剩余平均长度的不同,可将玻璃纤维增强热塑性复合材料分为短玻纤增强热塑性复合材料(SFRT)与长玻纤增强热塑性复合材料(LFRT)^[15]。由于SFRT中玻纤长度在1 mm以下,加上在制品制备过程中玻纤的二次断裂,长度远小于1 mm,使得对制品性能增强的效果不是十分明显,大大限制了SFRT在应用领域上的发展。相对于SFRT,LFRT中的玻璃纤维长度在2~7 mm,具备更高的比模量、抗蠕变性、抗冲击与抗拉伸性能,在力学性能上显得更为优越。而生产过程中,设备的各项参数如熔融温度、螺杆转速、注射压力、牵引速度等都对玻纤的剩余平均长度产生影响。熔融温度升高,导致熔体黏性降低玻纤受到的剪切力减小,玻纤保留长度随温度升高呈上升趋势。拉伸强度受注射速率的影响较大,拉伸强度随注射速率的升高而升高。弯曲强度受熔融温度的影响较大,弯曲强度随熔融温度升高呈现先升高后降低的趋势。冲击强度受注射压力的影响较大,冲击强度随注射压力的升高先升高后

降低。添加了玻璃纤维可以显著提升热塑性材料的性能,但对生产过程设备控制精度的要求也会相应的提高。因此工艺参数和加工设备的优化设计对玻纤增强热塑性复合材料的加工就显得尤为重要。长玻纤增强型复合材料注射成型设备作为轻工装备的重要组成部分,随着高分子材料的性能和功能不断创新,以及其与金属、木材、纤维和无机材料等的复合化技术的持续进步,高分子材料在制造业和日常生活中的应用日益广泛。这些发展为长玻纤增强型复合材料注射成型设备行业的未来带来了巨大的发展潜力,预示着其在专用设备制造业中将占据极为重要的地位。发展高效、降耗、环保的高分子材料加工装备及工艺正成为长玻纤增强型复合材料加工工业的趋势。

长玻纤增强热塑性复合材料的制备加工是决定其性能的重要环节,也是目前制约长玻纤增强热塑性复合材料性能提升与生产成本降低的重要因素。通过对长玻纤增强热塑性复合材料加工中存在的共性基础问题的研究与突破,形成具有自主知识产权的纤维增强热塑性复合材料注塑成型加工方法与技术。佛山地处粤港澳大湾区和珠江西岸的关键位置,是一座重要的制造业城市,高分子材料加工制品及其加工设备在佛山制造业领域扮演着举足轻重的角色,它们同样是推动佛山制造业向更高层次发展的关键所在。本文将在长玻纤增强热塑性复合材料制备技术、长玻纤增强热塑性复合材料在佛山的推广应用方面取得创新性研究成果,系统分析长玻纤增强热塑性复合材料在佛山的成果开发、转化、应用宣传、技术培训等工作,在提升纤维增强热塑性复合材料注塑成型加工领域学术水平的同时,积极促进项目深度融合佛山产业,服务佛山产业,提升佛山产业,为材料的推广应用奠定良好的基础。

1 玻纤增强热塑性复合材料新型制备工艺

1.1 玻纤增强热塑性复合材料三大制备工艺

高分子材料只有通过加工成型才能获得所需的形状、结构与性能,成为有实用价值的材料与制品^[16]。高分子材料加工技术及装备在很大程度上决定了最终高分子材料制品的性能。塑料产品的更新换代和上档次的的关键之一是技术装备的更新、改造以及加工工艺的进步。目前,长玻纤增强热塑性复合材料加工行业与时俱进,聚焦节能降排,缩短工时,也诞生了一些

新工艺、新设备。

目前玻纤增强热塑性复合材料的主流制备工艺大致可分为三类：热模压成型、拉挤成型、注射成型。这三种制备工艺可以满足大部分玻纤增强型塑料制品的生产需要。

热模压成型工艺，作为复合材料加工的一种常用方法，具有操作简便、生产效率高等优势^[17]。该工艺首先涉及将热塑性复合材料加热至熔融状态。在此过程中，材料的温度和时间控制至关重要，因为这将直接影响最终产品的质量和性能。材料达到适宜的流动性后，通常会混入专门的改性材料，如碳纤维、玻璃纤维或其他高性能纤维，以提高其机械强度和耐热性。热模压成型工艺的一个显著优势是其生产的复合材料制品具有良好的热稳定性和优异的机械性能。此外，该工艺还允许生产具有复杂几何形状和精确尺寸的产品，扩展了复合材料应用的范围。然而，为了确保产品的高性能和制造过程的效率，工艺参数的精确控制和材料选择至关重要。热模压成型工艺不断发展，以适应日益增长的工业应用需求和新材料的开发，是复合材料制造领域的一个重要和不断进步的分支。

拉挤成型工艺是生产具有恒定截面的复合材料制品的一种高效、自动化的方法^[18]。这种技术主要用于制造具有连续长度和统一截面的复合材料，如管材、棒材和型材等。其核心在于通过牵引装置连续地拉动纤维或其织物穿过整个制造流程。拉挤成型工艺的显著优点在于其高度的自动化和连续性，这使得生产效率大幅提高。此外，由于拉挤工艺可以连续进行，因此它极大地提高了材料的一致性和质量控制，使得最终产品具有出色的性能稳定性。这种工艺特别适用于需要大量、标准化的复合材料制品的生产。由于其高效率 and 灵活性，拉挤成型在复合材料制造领域占据了重要地位。尽管如此，拉挤成型工艺的优化仍在持续，以适应新材料的开发和更加严苛的应用需求。

注射成型，也称为注射模塑成型，是复合材料加工中应用最为广泛的方法之一^[19]。其核心优势在于能够高效生产出形状复杂、尺寸精确的复合材料制品，甚至可以包含嵌入式组件。这种技术特别适合于批量生产，因为它不仅提供了高生产效率，还能实现近净成形，即几乎不需要后续加工。注射成型工艺以将复合材料放入螺杆式机械中开始，通过精确控制热能和机械力，实现材料的均匀熔融和挤压。注射成型完成后，得到尺寸精确的复合材料制品。注塑成型生产效

率高、生产局限性小、样式丰富，可以生产尺寸由大到小、结构由简单到复杂的各式复合材料制品而且尺寸精确，能够适应大多数复合材料加工成型的需求。

1.2 长玻纤增强热塑性复合材料的在线配混成型方法

目前流行的长玻纤增强热塑性材料注射成型方法主要采用“两步法”。两步注射成型加工方法所造成的设备能耗高、资源浪费等问题一直是阻碍玻纤增强复合材料发展的一大障碍。该方法需要预先通过双螺杆挤出机塑化挤出—冷却—造粒的工序来制备 LFRT 母粒，再将所制得的料粒一起放进注射机中，经过再一次高温塑化后进入模腔保压、冷却成型，该方法所制备的 LFRT 经过两次塑化，故也称“两步法”，其工艺流程如图 1 所示。两步法具有成型工艺简单等优点，但是劳动消耗大，重复加热能耗高，综合效率不高。由于二次螺杆机械力程对玻纤的剪切作用，导致了玻纤结构破坏，从而对复合材料最终的性能产生影响。

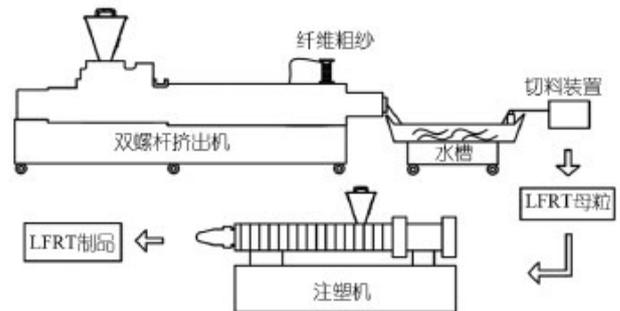
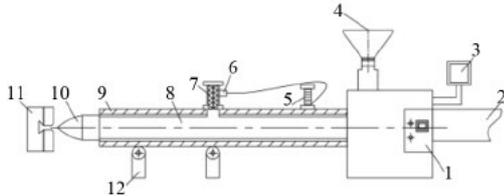


图 1 两步法成型工艺示意图

传统的两步法成型加工耗能、效率低，复合材料经历的两次剪切过程大大缩短了长玻纤在成型制品中的长度，此种方法无法代表未来的发展趋势。因此需要新的成型设备及加工工艺来克服这些困难与不足。在线配混注射成型技术，作为当前国内外纤维增强聚合物基复合材料领域的前沿和高效方法，通过在注射生产线上直接混合连续长纤维、塑料和助剂，实现了制造流程的优化。这一工艺不仅省略了传统造粒步骤，而且能够迅速根据不同的应用需求进行调整。该方法集配混与注射成型于一体，高效地完成复合材料的生产，也称“一步法”（如图 2 所示）。一步法节能且自动化程度高，但是设备和工艺复杂。

项目实施单位提出了“螺杆—线式在线配混注射成型技术”，塑料原料由上游加料口加入，连续的纤维由下游加料口加入。纤维进入料筒后直接与聚合物熔体接触，对纤维起到润滑保护作用，从而减少对纤

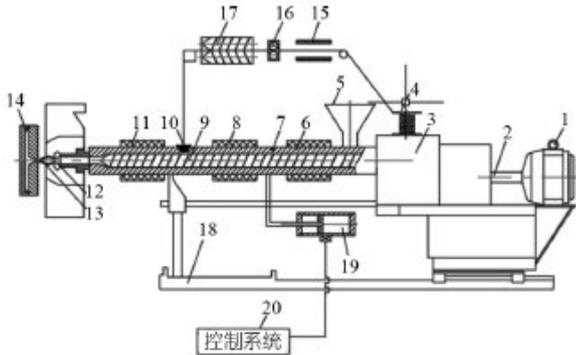
纤维的破坏。通过控制熔融状态下纤维在熔体中的解缠结，最终控制纤维在熔体中的分散。计量完成后，进入注射阶段，在在线配混与注射成型协同作用下，熔体通过喷嘴注入到模腔中，实现充模过程。



1—整机控制系统；2—液压系统；3—操作面板；4—PP 投放料斗；5—长玻璃纤维；6—切纤装置；7—强制喂料双螺杆；8—塑化螺杆；9—机筒；10—模头；11—模具

图 2 在线配混注塑成型生产线示意图

如图 3 所示，热塑性树脂从料斗 5 中加入，在单螺杆 9 的作用下向前进行塑化运输。长纤维 4 在切纤装置 16 和侧喂料装置 17 的作用下进入料筒与熔融热塑性树脂进行配混，经过一段时间熔融塑化后，借助液压系统 19 的外力，将塑化后 LFRT 从模头 13 挤出进入模腔 14 制得 LFRT，实现了 LFRT 在线配混。采用单螺杆塑化一线式结构，单螺杆协同完成塑化配混与注射成型两个过程，纤维切断导入位置放置在由熔融段到计量段的初始阶段。



1—驱动电机；2—传动轴；3—变速箱；4—连续纤维；5—料斗；6—热电偶；7—熔胶筒；8—外加热器；9—螺杆；10—进料口；11—保护套；12—分流锥；13—模头；14—模腔；15—加热器；16—切纤装置；17—喂纤装置；18—机架；19—液压系统；20—控制系统

图 3 单螺杆在线配混注射成型原理示意图

最终实现的单螺杆塑化一线式在线配混注射成型装置三维模型如图 4 所示。

实际加工制造装配的在线配混注射成型机如图 5 所示。

1.3 长玻纤增强热塑性复合材料的在线配混成型技术创新

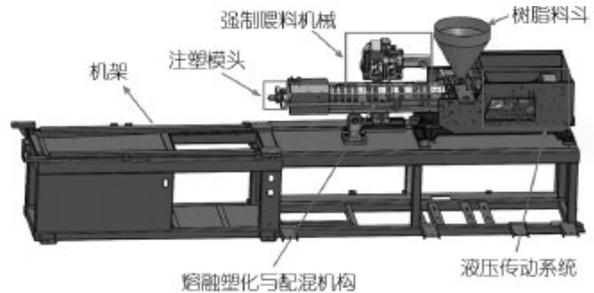


图 4 螺杆一线式注射成型设备 3D 总装图



图 5 注射机整机图

在线配混成型技术，就是将原材料的配混过程融入制品成型过程（挤出或注塑）中，使塑料复合材料的配混与成型在一条生产线上连续不间断完成的技术。其工作原理是：在生产线上游设置一台连续供料的设备，可以是多组分的体积计量进料或者失重计量进料装置，将塑料和各种添加剂、颜料等按比例加入具有混合功能的注射机中^[20]。注射机执行以下功能：首先将熔融的基体塑料与各种添加剂彻底混合，其次需要对熔体进行强力搅拌和均化，直至达到无应力状态，最后从纱筒中拉出玻璃纤维无捻粗纱，按特定长度切断并送入料筒。在这个过程中，玻璃纤维一边被剪切和折断，一边被塑料熔体浸渍并在剪切力的作用下均匀分散于熔体中。一旦玻璃纤维均匀分散，物料便可以直送入下游进行注射成型，最终制得成品。

在线配混注塑成型是长玻纤增强热塑性复合材料成型的最新且最具潜力的技术。其主要优点有两个，一个是低成本，在生产中大型结构部件时相比长玻璃纤维毡片热塑性塑料（GMT）压塑部件成本低 20%~50%，工艺过程短，聚合物受热次数减少，更好地保留纤维的长度。相对于长纤维粒料，材料成本可以减少约 60%，最终产品成本可以减少约 40%。二是制品总的性能优异，由于提高并保证了极限纤维长度，使制品的强度，刚度得到提高。通过制品与模具设计

和工艺条件的优化，制品的力学性能可以接近 GMT 制品。另外还有成型周期短、制品没有边角废料、回收方便等优点。

在线配混要求高分子物料在完全熔融的状态中配混入硬材料玻璃纤维，对于纤维的分散性有较高的要求。传统的螺杆不能胜任，要用专用设计的波浪状螺杆。波浪螺杆的设计采用无压缩、低剪切流变原理，前后螺槽容积不变，实现前后螺槽熔体的等压，避免

传统螺杆因前后螺槽压力变化导致玻纤剧烈折损。

原理要求螺杆结构分段构型+波浪状分散设计，引入强制挤压原理，利用波浪状形成体积脉动捏合作用，更快更好的传质传热，实现聚合物的可控降解，从而少用或不用增容剂的情况下提高聚合物/长玻纤界面相容性，以改善熔体和玻纤的分散性^[21]，提升塑化熔体与长玻纤的混合效果，这在在线配混连续注射成型加工塑化和分散方面是一个创新，如下图6所示。

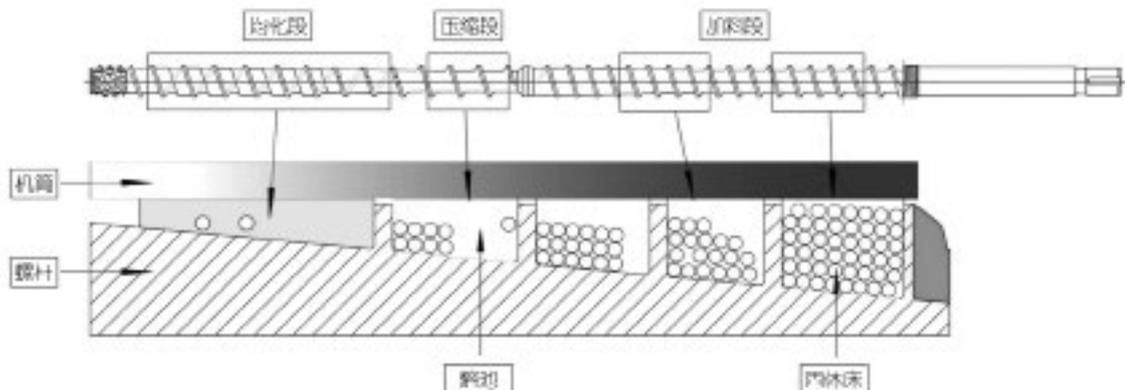


图6 无压缩低剪切波浪螺杆塑化熔融机理图

相比于传统的高分子材料加工成型原理都是基于剪切形变支配的塑化运输机理，波浪螺杆具有的强制挤压作用，使得在线配混注射成型技术在节能减排、节约资源方面也有其突出的特点，主要表现为：

(1) 引入强制挤压作用，结合外加热系统，可以使得物料能较快的达到熔融状态，缩短塑化运输的热史和应力史，降低塑化运输能耗。

(2) 物料在塑化运输过程依靠强制挤压推进，具有完全正应力特性，物料速度方向与受力方向一致，效率提高。

(3) 塑化运输过程历程缩短，减少了长径比，相应的塑化运输设备体积缩小，可节约钢材。

(4) 塑化运输过程历程缩短，引入了强制挤压作用，避免了强剪切作用，大大减弱了物料的降解速率，物料的有效可循环利用次数增多，节约了高分子材料^[22]。

(5) 波浪状螺杆具有的强制挤压作用不仅能够大大缩短高分子材料加工的热机械历程，节能降耗，而且这种加工过程对不相容塑料具有强制增容作用。

实验证明，用传统螺杆加工设备不好加工的多相多组份体系，经强制挤压加工后制品性能大为改善，说明新设备对不同种类材料具有优异的相容性能。同时，由于避免了强剪切作用，在降低了高分子材料多

次循环加工过程中的降解程度的同时，还可大大减轻增强纤维被剪断的几率，保持纤维的长径比，从而提高制品的力学性能。

1.4 实际产品案例

利用在线配混注射成型方法加工长玻纤增强聚丙烯复合材料，制得的叶片如下图7所示。该注塑叶片添加了20%的玻纤，通过与不加玻纤的纯聚丙烯进行比较，制品的拉伸强度增长了17.1%，拉伸模量增长了182.2%。制品的冲击强度相对于纯聚丙烯制品，足足增长了182.8%。可以看见，长玻纤注塑成型制品力学强度有很大的提升，在某些场合可以以塑代钢，节约宝贵的金属材料。

2 长玻纤增强热塑性复合材料在线配混成型技术的应用价值

2.1 长玻纤在线配混注塑成型技术的创新与产业化进展

在线配混注塑成型技术是结合控制系统、在线配混注塑成型系统和常规挤出系统实现对长玻纤与热塑性材料均匀配混的成型技术。在设备结构、工作原理和成型方法有别于传统成型技术，对长玻纤增强热塑性复合材料在线配混注塑成型的研究均为创新性研究。



图7 在线配混注塑叶片图

2021年1月26日,广东省机械工程学会在佛山市组织并主持召开广东伊之密精密注塑科技有限公司、广东伊之密精密机械股份有限公司、佛山大学完成的“长纤维在线配混注射成型关键技术及装备的研发与产业化”科技成果鉴定会,指明长纤维在线配混注射成型总体技术处于国际先进水平。目前,在线配混成型设备样机已经通过测试,可靠性高,值得大力宣传和推广。

作为一项高新技术产品,长玻纤增强热塑性在线配混注射成型设备在21世纪的技术突破与产业化进程中扮演了关键角色。自改革开放以来,广东省的工业经济指标一直位居全国前列,得益于合资、外资企业与国内新兴企业的蓬勃发展,这片热土已成为生机勃勃的沃土,特别是随着航空航天、汽车、医疗器材、电子通讯以及高性能民用产品等行业的迅猛发展与日益成熟,对于高新设备的需求不断增长。通过广东伊之密精密注塑科技有限公司与佛山大学成功研发的具有独立知识产权的长玻纤增强热塑性在线配混注射成型设备,不仅实现了技术上的重大飞跃,而且推动了相关产业的快速发展。该设备的应用大幅降低了航空航天内饰件、汽车结构件、医疗器材以及民用产品等行业的生产成本,将注塑成型技术推向了一个新的高度,实现了高性能化、功能化,并且更加节能、高效、低成本。该设备在国内的性能处于领先水平,与国际顶尖技术比肩,显著缩小了我国与发达国家在同类产品上的技术差距,并填补了国内市场的空白,作为替代进口的高品质塑料机械产品,这一设备的研发充分展示了我省在高端制造领域的创新能力。长纤维在线配混注射成型项目的成功不仅提升了企业的自主创新能力,还为培养高素质的技术人才奠定了基础,进一步巩固了相关企业在行业中的领先地位。

如今,随着全球化时代的来临,世界经济呈现出日益密切的国际经济合作和交流。在这个国际市场日益交融和融合的背景下,全球产业结构调整和生产的国际化的趋势加速显现。国际分工的规模和深度均实现了显著发展,这为我国进入国际市场提供了宝贵的机遇。长玻纤增强热塑性在线配混注射成型设备将带来巨大的经济和社会价值,该设备适合我省产业发展政策及规划,是推动我省工业发展的优势项目,也是佛山市和顺德区产业结构调整中,政府优先支持的重点发展领域。该项目的开发实施将为研究开发和制备大型注射成型设备打下关键的技术基础,推动我国的塑料机械水平不断提升。

项目从2019年下半年开始推广,目前通过公司向行业内相关汽车企业、家电企业进行设备推广应用,经济效益显著。2020年新增销售额34789万元。2021年新增销售额55628万元,新增利润6675万元。2022年新增销售额72453万元,新增利润8694万元。项目自推广以来,共实现销售收入162870万元,实现利润15967万元。

应用新设备具有节能降耗、高效率、低成本等特点,有利于减少自然资源的消耗。按锁模力160t这一级别来比较,传统注射设备平均每小时总能耗约12kW,而新设备平均每小时总能耗约为8.5kW。也就是说,用新设备生产制品每小时要节省3.5度电。一年按7000h生产,则1台UN160A5S的新设备一年就节能24500度电。按工业用电约1元/度电计算,则为企业创造经济效益2.45万元。假设所有应用新设备都按每小时节省3.5度电计算,则230台新设备每年就为企业创造经济效益达563.5万元。初步估算,未来5年内如果有2000台该类型的新设备投入生产应用,每年将可节约用电达0.49亿度以上,社会效益显著。新设备在2019年的橡塑展上大放异彩,收到了全国很多企业的订单。

广东伊之密高速包装系统有限公司是一家从事生产、研发、销售包装用PET瓶坯成套生产设备、塑料包装容器成套生产设备、高速包装专用注塑机、周边自动化配套设备、模具设计与制造、模具及机器相关零配件等的公司。该公司在购进的在线配混注塑机上进行实验并改进了包装专用注塑设备,扩展了包装注塑设备的应用范围,提高了该公司包装注塑设备的竞争优势,提高了该公司的经济效益。

广东伊之密精密橡塑装备科技有限公司是专门从

事塑料和橡胶加工专用设备研发和制造等的公司。该公司在购进的在线配混注塑机基础上,利用其关键技术开发并改进了塑料、橡胶复合材料加工专用设备,提高了该公司产品的竞争优势,提高了该公司的经济效益,近三年新增利润近3 000万元。

东莞市欧蒙家居用品有限公司致力于研发和生产高端塑胶制品,如厨房用具、不锈钢便当盒、饭盒、水杯、婴幼儿用品等多个系列。购买了伊之密公司的新产品1650A5S在线配混注塑机,取得了明显的经济效益和社会效益。该公司多年的应用证明,伊之密的伺服注塑机具有如下优点:

(1) 注塑机的控制系统精密而有效,很好的解决了长纤维填充均匀及与热塑性塑料的相容性问题,注塑产品成型效果好,并且精度稳定,完全满足公司要求。

(2) 采用了精密的伺服控制技术,在保证动力充足的条件下,注塑机整机的能耗较低(比其他知名公司注塑机的低5%~7%),节能效果较明显,压力也不会衰减。

合肥惠天模塑有限公司从广东伊之密精密注压科技有限公司购进一批设备,其中包括伺服节能精密高响应注塑成型机。应用结果表明:该设备结构紧凑、操作简单、工艺参数设置方便,相对于传统PET瓶坯成型机在能耗方面大大降低、有效节省了生产成本,同时生产效率也大大提高,提升了公司的利润空间。

佛山市顺德区容桂今桂塑料厂购买了伊之密公司生产的注塑机共30多台。经使用证明,该系列设备在使用过程中表现良好,节能方面有较大优势,成型周期短,为该公司节约了成本。在售后方面反应速度快,为该公司提供了专业化的技术支持。

昆山振鑫塑料包装厂采购的伊之密公司生产的一批注塑机,采用新型的塑化系统与高性能的节能型伺服电机液压泵,保证了机器设备优良性能。经使用证明,设备运行能耗小、制品质量稳定、故障率低。

深圳市中蒲实业有限公司采购伊之密公司注塑机12台,经应用证明这些设备在使用的过程中表现出良好的性能,具体在于效率高、能耗低,与我司购买的其他公司生产的同类设备相比节能约50%左右。

深圳市驰路新交通安全设施有限公司购进了一批伊之密公司生产的注塑机,应用结果表明:该设备结构紧凑、操作简单、工艺参数设置方便,相对于传统PET瓶坯成型机在能耗方面大大降低、有效节省了生产成本,同时生产效率也大大提高,提升了公司的利

润空间。

2.2 学科创新与人才培养模式应用价值

长玻纤在线配混注射成型项目的成功开展促进了学校与企业的联系,促成了相关产学研融合发展的新局面,有利于学校根据企业的需求培养人才,同时针对该项目,也摸清了佛山地区长玻纤增强热塑性塑料复合材料的加工技术水平及发展趋势,有利于相关部门根据调研报告出台科技创新政策,促进相关产业的发展。

作为佛山市本地唯一的一所全日制本科院校,佛山大学在紧贴产业、服务地方方面义不容辞。学校机械工程学科是省重点学科,该学科紧密契合佛山的优势产业,围绕着该项目的建设,在智能制造、新材料等方面开展卓有成效的合作研究与开发,形成一些特色鲜明的学术方向。特色学科建设,顾名思义,旨在通过改革和创新将机械工程学科打造成有别于传统教学思想、教学模式、教学方法、产出成效且有别于其他学校或地区的同类专业。通过项目建设有助于提升学科的科技素质与能力,依据佛山企业产业转型特点和佛山市先进制造产业发展战略需要,学科服务于地方。项目建设将学科建设和服务地方产业完美的结合在了一起,提升了学科的增值服务能力,实现科教相长,实施项目建设,强化了教师的主体创新意识,以教学改革与人才培养作为科研工作的保障,以科技成果带动教学发展。结合机械工程学科“博士点申报”的工作进展,项目建设将耦合到申博建设工作之中以及硕士和博士研究生培养工作之中,也将大大彰显学科的地方特色及提升科技创新能力。

在人才培养方面,该项目紧紧围绕注射成型加工技术的一些关键、接触前沿且有益于国民经济发展的技术开展研究,充分发挥人才的才能与特长,增强平台的社会服务价值。项目以产学研的形式开展,将促进人才培养模式改革,积极探索建立有利于创新型人才脱颖而出的人才培养模式。同时更加科学地制订有关的人才培养计划,落实各项措施,培养项目急需的应用型人才,为地方经济建设发展做出贡献。完善人才培养方案,优化课程体系,结合我校作为地方高校的办学定位,适当降低公共基础课时、学分比例,提高实践教学与专业课程学时、学分数以及增加创新学分数等措施,着力构建大学生创新能力培养体系,为培养具有较强实践动手能力、创新能力和团队协作精神的应用型本科专业技术人才提供重要基础平台。

Development and promotion of processing technology for foshan long glass fiber reinforced thermoplastic composite materials (Part 1)

Li Wei, Liao Haofei, Zhang Haichen, Tong Jun

(School of Mechatronic Engineering and Automation, Foshan University, Foshan 528000, Guangdong, China)

Abstract: Long glass fiber reinforced thermoplastic composite materials are widely used polymer materials in daily life. The processing of long glass fiber reinforced thermoplastic composite materials using traditional screw mechanical equipment has high energy consumption and low efficiency, which is not conducive to resource conservation. With the significant transformation of the composite material industry, green manufacturing has become a new direction for the development of composite material processing technology. Foshan, which is based on manufacturing industry, keeps up with the new trend of manufacturing development. By analyzing the advantages and disadvantages of traditional processing techniques, optimizing the preparation technology of long glass fiber reinforced thermoplastic composite materials, promoting the application of new processing techniques, promoting the development of green preparation technology for composite materials in Foshan, and looking forward to its future development trends.

Key words: long glass fiber; compound material; online blending; injection molding; green manufacturing

(R-03)

(未完待续)



赢创推出“按需解胶”创新技术，让胶黏剂更可持续

Yingchuang launches innovative technology of "on-demand debonding" to make adhesives more sustainable

赢创开发了一种突破性的“按需解胶”技术概念，通过提升胶黏剂的可持续性，满足当今制造业在推动循环经济方面日益增长的需求。这项技术由赢创战略创新与业务孵化部门 Creavis 以及舒适与保温业务线合作开发，使用该胶黏剂可被轻松去除，便于回收和修复，从而有效满足市场的迫切需求。

胶黏剂在现代制造业中至关重要，能够提高组装效率，并实现不同材料的黏合和轻量化设计。然而，在修复和回收黏合组件时，传统胶黏剂的使用却会带来挑战。赢创的“按需解胶”创新技术通过采用可逆或可裂解的共价键作为化学结构的基础，成功应对了这些挑战，确保了经济上的可行性和操作效率。这一技术具有广泛的适用性，将有效补充现有的拉伸分离、电解胶技术等热解胶技术，成为各行业的理想选择。新技术还有望通过简化和提高产品的拆解与回收效率，推动循环经济转型。

Creavis 业务发展经理 Nicolai Kolb 博士表示：“尽管可解胶胶黏剂的需求日益增长，但目前市场上能有效拆解材料组件的解决方案仍然有限。赢创致力于引领胶黏剂创新，新技术的问世标志着我们朝着开发符合循环经济理念的、更可持续的胶黏剂解决方案迈出了重要一步。”

创新的“按需解胶”技术概念与现有的胶黏剂技术兼容（包括聚氨酯胶黏剂），能够与现有的制造工艺集成，并且具有低黏度和低毒性，提高了各种应用中的安全性和易用性。该技术提供灵活的解胶温度范围（80~150 °C），并与 1 K 和 2 K 胶黏剂体系兼容，适用于广泛的应用场景。

赢创舒适与保温业务线的先进聚氨酯技术经理 Christian Brandl 博士表示：“随着监管压力和对可持续性的关注持续影响着胶黏剂市场，这一突破性技术的发展恰逢其时。我们对‘按需解胶’技术概念的潜力充满期待，通过在材料回收、减少废物和延长产品寿命方面提供显著优势，从而满足相关监管要求。”

目前，赢创正与胶黏剂行业的部分企业开展合作，进行这一创新技术的市场试点。初步的概念验证实验显示出良好的结果，表明经过热处理后，内聚力显著下降，进一步验证了解胶过程的有效性。

摘编自“PUWORLD”

(R-03)