

同向双螺杆单头螺纹元件螺棱宽度变化对螺杆运行的影响

王禄¹, 刘鑫传¹, 王小平², 苗泽宝²

(1. 大连橡胶塑料机械有限公司, 辽宁 大连 116039;

2. 国家能源集团宁夏煤业有限责任公司烯烃一分公司, 宁夏 银川 750409)

摘要:同向双螺杆挤出机作为塑料挤出加工的常用设备,在如今塑料行业迅猛发展的推动下,其产量、扭矩和转速大幅度提高,应用日益广泛。提高同向双螺杆挤出机生产效率、改善产品质量和实现设备的多功能化是实现其高性能化的基本要求,也是研发的难点所在。改变螺纹元件的构型也是一个重要的因素。同向双螺杆的大导程单头螺纹元件往往被应用在螺杆头位置,有着辅助支撑及输送等作用。文中所述通过改变同向双螺杆的单头螺纹元件螺棱宽度研究其对物料的填充度和压力分布、螺杆受力、螺杆混炼能力的影响。通过分析结果表明随着螺棱宽度加大,螺杆的填充度降低,混炼能力提高。

关键词:单头螺纹元件;螺棱宽度;混炼能力;压力分布;受力

中图分类号: TQ320.671

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)09-0015-06

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2024.09.004

作为连续混炼设备,双螺杆挤出机主要用于塑料改性,它是随着塑料工业的发展而发展起来的^[1],同向双螺杆挤出机最显著的特点是螺杆和机筒都采用“积木式”设计。螺杆由套装在芯轴上的若干元件组成,如螺纹元件、捏合块、齿形混合盘、挡环等;机筒也是由不同机筒段(全封闭、带排气口、带加料口)组成。根据特定的物料、配方和将要制备混合物性能的要求,通过科学组合,将不同类型、不同数目的螺纹元件和机筒元件按一定顺序组合起来,从而高效地完成设定的混合任务。并通过改变螺杆和机筒组合顺序,实现对不同物料、配方的最佳使用效果,达到一机多用、一机多能的目的。此外,积木式设计的另一优点是可以局部更换磨损了的螺纹元件和机筒元件,避免了整个螺杆或筒体的报废,大大降低了维修成本。通过组合各种螺纹元件,所有同向双螺杆挤出机都有加料、熔融、混合、排气、建压和输送功能,实现物料的输送、塑化、剪切、排气、建压以及挤出等各种工艺过程。因此,螺杆的构型对整个同向双螺杆挤出机的性能影响至关重要。

本文描述了一种常规螺杆组合,通过更换不同螺棱宽度的单头螺纹元件研究其对整个螺杆组合性能的影响。利用 Polyfiow 软件,从组合内物料填充度和压

力状态、螺杆组合受载荷以及螺杆混炼能力等三个方面对组合的性能进行了研究。

1 组合与工艺介绍

1.1 螺杆组合介绍

图1给出了一种335螺杆组合示意图。螺纹元件直径331 mm,中心距离276 mm,螺杆全长11 095 mm,机筒内孔直径335 mm。该组合共计包括39个元件。其中编号为34~37的过渡块和单头螺纹元件是本报告着重对比的部分。对应螺棱宽度256.5 mm、260 mm和265.5 mm三种情况。表1给出了组合中各个位置元件的类型和规格。



图1 螺杆组合,从左到右为挤出方向

螺棱宽度说明:螺棱宽度的调整是通过改变单头螺纹元件扇形端面的展开角度(如图2框选的角度)进行的,分析螺棱持续加宽对螺杆的影响趋势;但是螺棱宽度不能无限增大,过大的螺棱宽度会使螺棱间

作者简介:王禄(1992-),男,本科,工程师,主要从事大型双螺杆混炼挤出机设计工作。

收稿日期:2023-06-28

隙减小, 导致该位置温度急剧上升而使物料局部热降解^[2]。

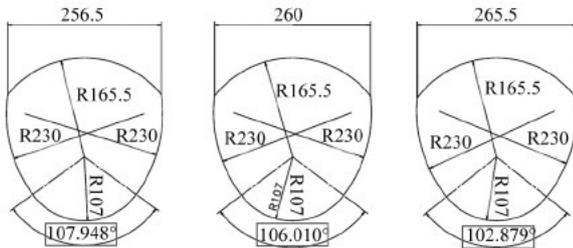


图2 JSW335 单头螺纹元件端面螺棱宽度调整

表1 螺杆组合元件类型及规格(自上而下为挤出方向)

序号	名称	规格
1	螺纹元件	L214-134
2	螺纹元件	L502.5-251.25
3	螺纹元件	L502.5-251.25
4	螺纹元件	L502.5-251.25
5	螺纹元件	L502.5-251.25
6	螺纹元件	L502.5-251.25
7	螺纹元件	L502.5-251.25
8	螺纹元件	L502.5-251.25
9	螺纹元件	L502.5-251.25
10	螺纹元件	L418.75-418.75
11	螺纹元件	L335-335
12	螺纹元件	L335-335
13	螺纹元件	L335-335
14	捏合元件	K307.14-3-45
15	捏合元件	K400.12-3-45
16	捏合元件	K297.74-3-45
17	捏合元件	K335-5-45
18	过渡元件	Gate
19	螺纹元件	L418.75-418.75
20	捏合元件	K335-5-90
21	捏合元件	K335-5-90
22	螺纹元件	L335-167.5L
23	螺纹元件	L502.5-251.25
24	螺纹元件	L502.5-251.25
25	螺纹元件	L502.5-251.25
26	螺纹元件	L502.5-251.25
27	螺纹元件	L502.5-251.25
28	螺纹元件	L418.75-418.75
29	螺纹元件	L335-335
30	螺纹元件	L335-335
31	螺纹元件	L335-335
32	螺纹元件	L335-335
33	螺纹元件	L335-251.25
34*	过渡块	GD (256.5) (260) (265.5)
35*	单头螺纹元件	S335-251.25 (256.5) (260) (265.5)
36*	单头螺纹元件	S335-335 (256.5) (260) (265.5)
37*	过渡块	GD (256.5) (260) (265.5)
38	齿形元件	SME251.25-251.25G
39	齿形元件	SME251.25-251.25

1.2 工艺参数

分析中螺杆组合出料口压力设定值为 10 MPa, 螺杆转速设定为 241 r/min。整体产能设定为 45 t/h。物料密度为 920 kg/m³。物料的黏度使用 Bird-Carreau 描述, 相关流变参数贴近典型牌号 PP。

2 填充度和压力分布

从图 3 和图 4 给出的螺杆组合内压力和填充度分布可以看出。在给定工艺条件下, 螺杆处于较高的产能负载状态。由于仅仅是对局部螺纹元件进行替换, 所以整体运行状态差异不显著。但是, 从压力分布可以看出, 在调换了元件后, 整个螺杆上游的压力分布曲线并不重合。随着单头螺纹元件螺棱宽度的增加, 其对应的压力分布曲线逐渐靠下。由于单头螺纹元件的螺棱宽度越厚, 对物料的扭转限制越大, 其回流效果越小, 正向输送能力越强^[3]。可见, 在输送相同产能物料时, 较宽螺棱单头螺纹元件的输送能力更强, 也可理解为在保证相同的输送能力下, 较宽螺棱单头螺纹元件能适应熔融指数更高的物料。由于整体非 0 压力已经延伸到加料段, 所以大部分元件都处于完全充满状态。在填充度分布图中, 替换三种元件后, 填充度分布的差异表现在组合中第三个元件处。综上所述, 更换了较宽螺棱的单头螺纹元件后, 使得螺杆的填充度略微降低。

3 螺杆受力

螺杆在混炼过程中, 物料对螺杆的作用力会表现在扭矩、轴向力和径向力三个方面。本文将从这三方面, 对比两种螺杆在加工同一种物料时的受力状态。

表2 调换组合局部的载荷数据

宽度/mm	扭矩/Nm	轴向力/N	径向力/N
256.5	5 567.958	-34 964	38 554.64
260	5 763.047	-37 361.7	40 419.18
265.5	5 965.948	-38 453.8	42 025.86

图 5、图 6 和图 7 分别给出了更换三种不同螺棱宽度的单头螺纹元件后扭矩、轴向力和径向力载荷的对比情况。由此可见, 局部元件更换对螺杆组合扭矩、轴向力和径向力分布影响很小。但是从局部扭矩数据(表 2)中可以看出, 单头螺纹元件螺棱越宽, 物料的反作用扭矩、轴向力和径向力载荷均越大。值得注意的是, 与双头螺纹元件和啮合盘元件不同, 单头全啮合螺纹元件的径向力会促进两根螺杆相互靠近。增加单头螺纹元件螺棱宽度, 则更加有利于防止螺杆扫膛磨损。同时, 螺棱宽度增加, 还有利于改善螺杆在机筒内的悬浮状态, 降低螺杆和机筒的磨损。

4 螺杆混炼能力评价

关于对螺杆混炼能力的评价是依托黏性耗散功率、物料在组合内各个元件内的平均停留时间、以及

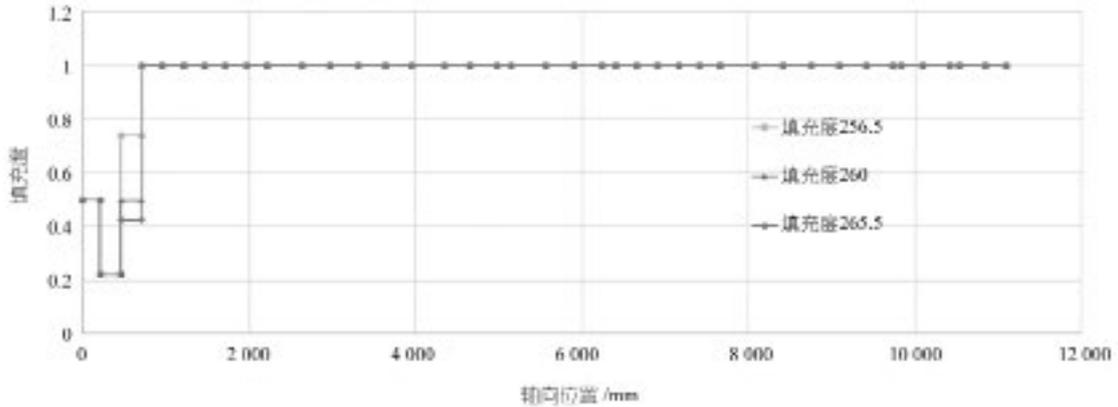


图3 JSW335 螺杆内物料填充度分布

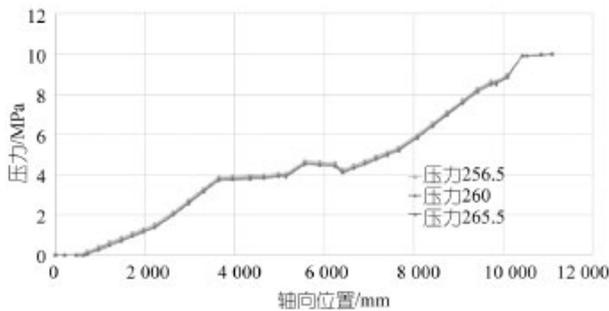


图4 JSW335 螺杆内压力分布

物料在螺杆组合内经历力的剪切历程三个指标来进行对比衡量的。由于聚合物具有剪切生热的特性，所以根据黏性耗散功率可以间接表明物料在螺杆内承受的剪切应力。停留时间表示了物料在螺杆局部各个元件内的停留时间，但是单独使用这一指标对混炼强度的表征有些片面。高的停留时间，只有与高剪切区域重合才能直接表征混炼强度。为此，这里使用了局部螺纹元件的剪切应力均值及物料在其内的停留时间乘积

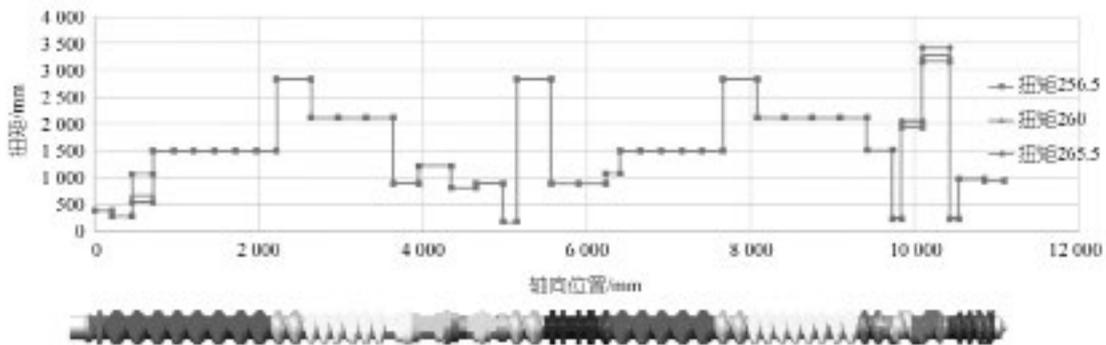


图5 JSW335 螺杆内元件所受扭矩分布

(局部平均剪切应力历程) 作为混炼螺杆混炼能力的指标。

图8、图9和图10分别给出了黏性耗散功率、元件内物料局部停留时间分布和物料累计剪切经历分布的状态。可以看出，各组曲线均在更换了单头螺纹元件的局部出现了一定偏差。表3给出了调换组合局部的混炼能力评价指标具体数据。可见，螺棱越宽，元件内的黏性生热越高，物料经历的混炼历程越大，但停留时间降低。总体上，增加螺棱宽度后，是有利于提高螺杆组合混炼能力的。

表3 调换组合局部的混炼能力评价指标

宽度/mm	黏性耗散功率/W	剪切历程/Pa·s	停留时间/s
256.5	223 124	38 013.86	3.765 015
260	229 436.6	40 857.98	3.738 912
265.5	235 091.5	43 626.14	3.696 544

5 结论

更换不同宽度单头螺纹元件后，螺杆的运行状态发生了一定程度的变化，具体如下：

(1) 在调换了元件后，整个螺杆上游的压力分布曲线并不重合。对应单头螺纹元件宽度越宽，压力分布曲线越靠下。可见，在输送相同产能物料时，较宽

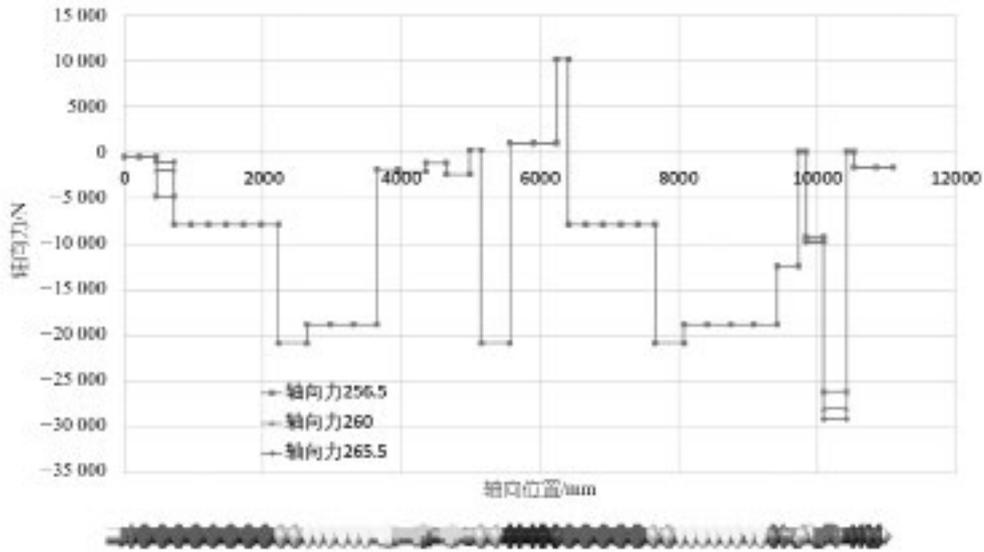


图6 JSW335 螺杆内元件所受轴向力分布

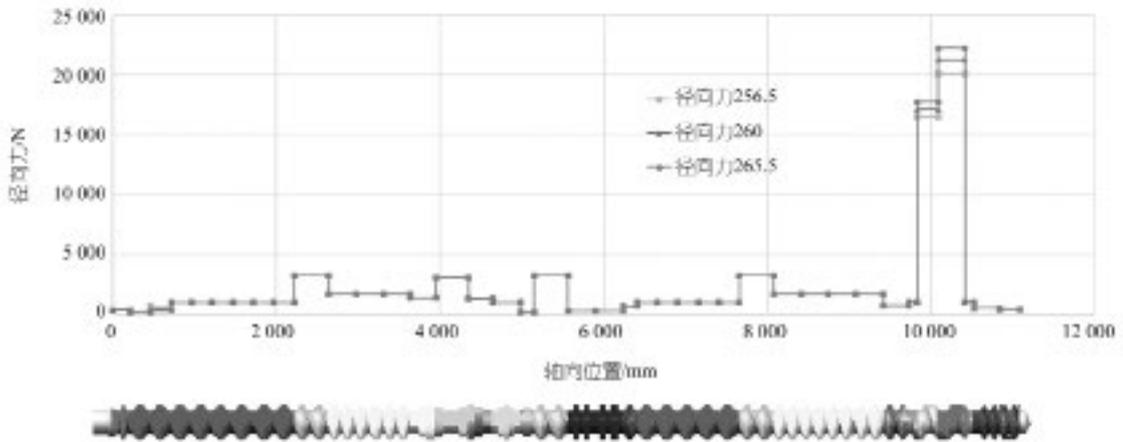


图7 JSW335 螺杆内元件所受径向力分布

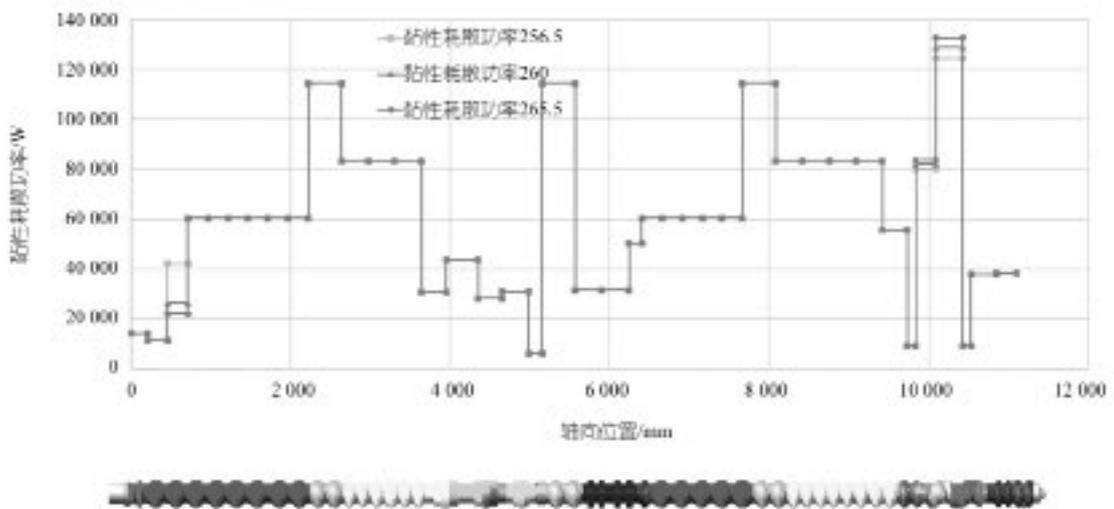


图8 JSW335 螺纹元件内物料经历剪切所造成的耗散功率分布

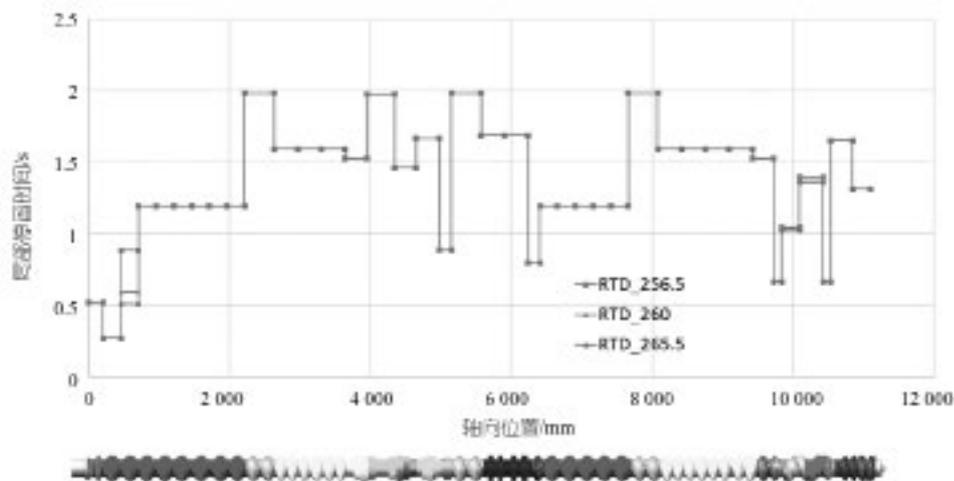


图9 JSW335 螺纹元件内物料的停留时间分布

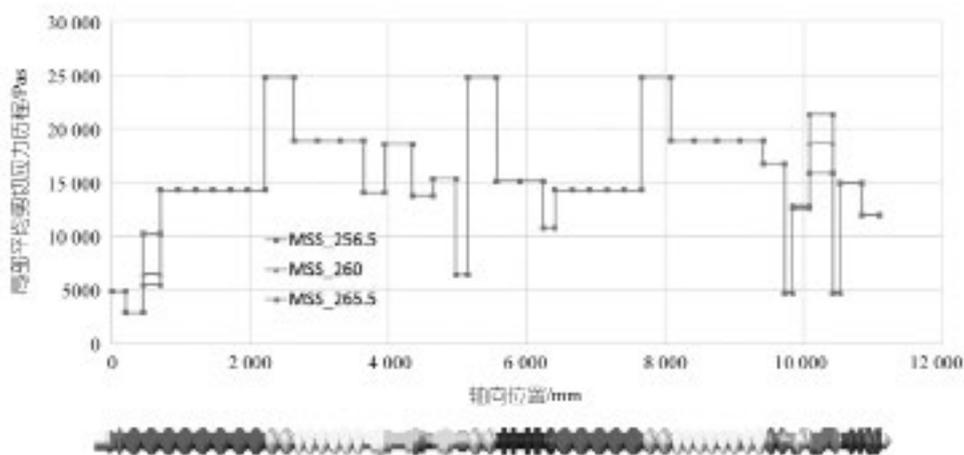


图10 JSW335 螺纹元件内物料累计剪切经历分布

螺棱单头螺纹元件的输送能力更强。同时，更换了较宽螺棱的单头螺纹元件后，使得螺杆的填充度降低。

(2) 单头螺纹元件螺棱越宽，物料的反作用扭矩越大、轴向力和径向力载荷也越大。加宽单头螺纹元件螺棱，有利于防止两根螺杆分开，有利于防止螺杆扫膛磨损。同时，螺棱宽度增加，还有利于改善螺杆在机筒内的悬浮状态，降低螺杆和机筒的磨损。

(3) 增加螺棱宽度后，有利于提高路螺杆的混炼

能力。

参考文献：

- [1] 耿孝正. 双螺杆挤出机及其应用 [J]. 中国塑料, 2005(02):73.
- [2] 柳和生, 黄文伟. 啮合型同向旋转双螺杆螺纹头数选择及螺杆间隙设计 [J]. 塑料工业, 1992:24-28.
- [3] 韩亚楠, 罗兵, 江波, 等. 啮合同向双螺杆挤出机单/双头螺纹元件熔体输送与混合特性的研究 [J]. 化工机械, 2009,36(05):411-417.

Influence of the variation of the screw edge width of the co-rotating twin-screw single head threaded element on the operation of the screw

Wang Lu¹, Liu Xinchuan¹, Wang Xiaoping², Miao Zebao²

(1. Dalian Rubber & Plastics Machinery Co. LTD., Dalian 116039, Liaoning, China;

2. CHN Energy Ningxia Coal Industry Co. LTD. Olefin Branch 1, Yinchuan 750409, Ningxia, China)

Abstract: As a commonly used equipment for plastic extrusion processing, the co-rotating twin-screw extruder has seen a significant increase in output, torque, and speed driven by the rapid development of the plastic industry, and its application is becoming increasingly widespread. Improving the production efficiency of co rotating twin-screw extruders, enhancing product quality, and achieving equipment multifunctionality are the basic requirements for achieving their high performance, as well as the difficulties in research and development. Changing the configuration of threaded components is also an important factor. The large lead single head threaded component of co rotating twin-screw is often applied at the screw head position, which has auxiliary support and conveying functions. This article studies the effects of changing the rib width of co rotating twin-screw on the filling degree and pressure distribution of materials, screw force, and screw mixing ability. The analysis results show that as the width of the screw edge increases, the filling degree of the screw decreases and the mixing ability improves.

Key words: single head threaded component; spiral edge width; mixing ability; pressure distribution; force bearing

(R-03)



重磅发布！帝人碳纤维热塑预浸料及 PC 产品轻量化新应用

Heavy Release! New application of Teijin carbon fiber thermoplastic prepreg and lightweight PC products

7月29日，日本帝人（TEIJIN）宣布，公司 Tenax™TPCL（一种碳纤维热塑预浸料）及其聚碳酸酯（PC）Panlite® Sheet 产品被 VAIO 用于世界上最轻的便携式显示器 VAIO Vision+™ 的外壳，该产品重约为 325 g，最薄处约为 3.9 mm。

其中，Tenax™TPCL 中间体，用于 VAIO Vision+™ 外壳夹层的顶层和底层，是一种片状材料，由热塑性树脂浸渍的编织碳纤维制成。它重量轻，耐热，耐冲击，坚固，符合电气产品阻燃要求。

Panlite® 板材，由 PC 树脂制成，用于中间层，具有优异的尺寸稳定性，重量轻，抗冲击性好。

减少碳排放和简化制造

对比传统外壳使用金属部件组装，需要在制造过程中安装，新型显示器的外壳结构采用 Panlite® 薄膜夹在 Tenax™ TPCL 层之间的设计，无需金属部件即可实现组装所需的连接形状和强度。

这种材料解决方案使能够在单次成型步骤中制造复杂的三维形状，有助于减少制造外壳所需的步骤，并减少二氧化碳排放。

连续碳纤维增强热塑性复合材料（CFRTP）是指以热塑性树脂为基体，连续性纤维为增强材料，经过树脂熔融浸渍、挤压等工艺形成的轻质、高强度、高刚性、高韧性、可回收的新型热塑性复合材料。

与热固性复合材料相比，CFRTP 具有成型工艺简单且周期短、原材料储存不受限、可回收循环利用等优点，在航空航天，交通运输，汽车工业，电子电气，运动休闲等领域广泛应用，成为近年来国内外复合材料企业研究和开发的热点。

日本帝人从 2011 年 9 月开始批量供应碳纤维增强的热塑性预浸料，树脂基体包括 PEEK，PEI 和 PC 等，并研发了连续纤维增强热塑性复合材料快速成型技术，其应用目标涵盖汽车、航天航空和一般工业领域。

摘编自“慧正资讯”

(R-03)

