

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.09.028

离心静电纺丝的模式*

彭浩,张敬男,李秀红,宋庆松,刘勇

(北京化工大学机电工程学院,北京 100029)

摘要:介绍了离心静电纺丝的原理及特点,根据纺丝介质的不同,将离心静电纺丝分为溶液离心静电纺丝和熔体离心静电纺丝两类,并将这两类纺丝方法的装置分为常规模式和改进模式,总结了各种装置的结构特征、纺丝的优缺点。指出了现阶段离心静电纺丝存在的一些问题,并提出了相应的改进方案。

关键词:离心静电纺丝装置;常规模式;改进模式

中图分类号: TQ340.64 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)09-0138-05

Modes of Centrifugal Electrospinning

Peng Hao, Zhang Jingnan, Li Xiuhong, Song Qingsong, Liu Yong

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: The mechanism and characteristics of centrifugal electrospinning were introduced. According to the different spinning materials, the centrifugal electrospinning was divided into solution centrifugal electrospinning and melt centrifugal electrospinning. The devices of the two type centrifugal electrospinning were divided into two types: conventional mode and revised mode. The structural characteristics, the advantages and disadvantages of all kinds of devices were summarized. The problems of the centrifugal electrospinning were pointed out and some advices for improvement were proposed.

Keywords: centrifugal electrospinning device; conventional mode; revised mode

随着纳米技术的不断发展,纳米纤维可以广泛应用于过滤、生物传感、药物载体、组织工程和燃料电池等领域^[1-2]。静电纺丝和离心纺丝是两种由塑料制备纳米纤维的有效方法,但是两种方法都存在一些缺点,例如:静电纺丝所需的操作电压太高,因而操作比较危险,并且其纺丝效率较低,不适于工业化生产^[3-5]。而离心纺丝制备的纤维较粗,纤维直径差别较大,直接影响纳米纤维的应用^[6-8]。鉴于这两种纺丝方法存在的缺点,科研工作者提出了一种新的纺丝方法——离心静电纺丝。离心静电纺丝是将离心纺丝和静电纺丝结合起来的一门新技术,这种方法不仅克服了单一纺丝方法的技术缺点,而且集合了这两种纺丝方法的优点,其纺丝效率高,制备的纤维力学性能好,纺丝原料多样化^[9-11]。离心静电纺丝技术的出现大大增加了纳米纤维的应用前景。笔者针对离心静电纺丝近年来的发展情况进行了综述,总结了离心静电纺丝的原理和特点,指出了现阶段离心静电纺丝装置存在的问题。

1 离心静电纺丝的原理和特点

离心静电纺丝是一种双重纺丝方法,在纺丝过程中,离心力和静电力同时作用于液体射流上,当这两种力的合力超过了液体射流的表面张力和粘滞阻力时,液体射流被充分拉伸^[12],从而获得性能优异的超细纤维。

离心静电纺丝的主要特点:一是制备同样性能的纺丝

纤维,相对于普通的离心纺丝和静电纺丝,离心静电纺丝所需电压和转速均较低,因此操作危险度降低。另外熔体离心静电纺丝采用固态聚合物作为纺丝原材料,不仅避免了溶剂的使用,而且节省了配制溶液的时间,大大降低了纺丝的成本^[13];二是离心静电纺丝中离心场的加入可以显著消除静电纺丝的射流弯曲不稳定性,提高纤维的取向度和结晶性,从而提高纤维的力学性能,扩大纤维的应用领域^[14-15];三是离心静电纺丝装置的结构多样化,具体表现在纺丝部件、收集部件、加热部件、测温部件都有多种形式,多种部件的组合有利于组装出更加合理、高效的离心静电纺丝装置。但同时复杂的结构需要合理的布置,才能保证整体装置的安全运行;四是离心静电纺丝的纺丝原料多样化,根据纺丝原料状态的不同,离心静电纺丝主要分为溶液离心静电纺丝和熔体离心静电纺丝。笔者详细介绍两大类离心静电纺丝装置。

2 溶液离心静电纺丝模式

2.1 常规模式的溶液离心静电纺丝装置

常规模式的溶液离心静电纺丝装置主要由动力部件、高压发生器、纺丝部件和收集部件组成。动力部件一般是采

* 国家自然科学基金项目(21374008)

联系人:刘勇,副教授,博导,主要研究高分子纳米复合材料的理论与应用

收稿日期:2015-06-21

用高速旋转电机与变频器配合来带动纺丝部件的旋转,以此使纺丝溶液获得离心力。高压发生器为纺丝溶液提供高压静电力。在两种力的同时作用下完成纤维的纺丝过程,收集部件实现纤维的收集。

2010年,Liao Chiachun等^[16-17]首次提出离心静电纺丝装置,此装置在操作电压为25 kV、转速为1800 r/min条件下,成功制备出部分透明的双酚A聚碳酸酯纳米纤维,此纤维结晶度高、取向度好。2011年,Li Mengmeng等^[18]采用弯折90°的注射器喷头,将收集装置放置于纺丝部件下端,垂直收集纳米纤维。此离心静电纺丝装置在操作电压为2.8~3 kV、转速为390 r/min条件下,就可以制备出取向度较好的纤维膜和不同角度的双层膜。相对于文献^[16-17]中离心静电纺丝需要的操作电压和转速,此离心静电纺丝的操作电压和转速都降低了一个数量级。因为这些纺丝工艺参数的降低,使纺丝过程更容易、更安全。2012年,F. Dabirian等运用一种垂直离心静电纺丝装置进行试验,将整套装置旋转90°布置。实验结果表明,此离心静电纺丝装置的产量比传统静电纺丝装置的产量大大提高,收集到的纤维性能也更优良^[19]。

常规模式的溶液离心静电纺丝装置的优点明显:一是离心静电纺丝装置的产量比传统静电纺丝装置的产量大大提高,而且可以制备出性能更加优良的纤维;二是离心静电纺丝装置的工艺条件要求大大降低,纺丝过程更容易、更安全。但同时它也存在几个问题:一是单个喷头的效率还达不到批量化生产的要求;二是纤维的有序度还需要进一步提高;三是装置没有密封,无法克服喷头周围高速旋转气流的影响。针对以上问题,科研工作者对该纺丝装置进行了不断改进,开发出改进模式的溶液离心静电纺丝装置。

2.2 改进模式的溶液离心静电纺丝装置

改进模式的溶液离心静电纺丝装置是在常规模式的溶液离心静电纺丝装置的基础上,针对纺丝部件、收集部件和密封部件等进行改进,通过改变装置的结构,以此获得性能良好的超细纤维。

(1) 针对纺丝部件进行改进的溶液离心静电纺丝装置。

针对纺丝部件进行改进,主要是改变单个注射器喷头的结构,总结起来有以下3种:第一种是多喷头纺丝结构。2014年,M. Kancheva等^[12]在纺丝部件圆周方向上均匀固定四个注射器,多个注射器同时进行纺丝,大大提高了纺丝效率。均匀排布的注射器能保证离心旋转部件的平衡,使纺丝纤维过程更加稳定。第二种是无针头式纺丝结构。直接在纺丝部件上设置纺丝孔,通过微孔结构进行纳米纤维纺织。2012年,刘延波等^[20]公开了专利102828260A,其纺丝部件由一个带外凸钉的内圆辊和一个带内凸钉的外圆筒相

嵌组成,两者同轴组装,交插的凸钉处有适当间隙,外圆筒的上表面均布设有1~3排纺丝孔。此装置密封性良好,可实现纳米纤维的规模化、连续化生产,有效地降低生产成本,提高了纤维的性能。第三种是金属网格式纺丝结构。2010年,李世江等^[21]公开了专利102061530A,此装置采用由金属网制成的旋转甩筒,金属网眼代替了纺丝喷头。由于金属网眼数量众多,提高了离心静电纺丝装置的工作效率,可用于规模化生产。

多喷头纺丝结构、无针头式纺丝结构和金属网格式纺丝结构的离心静电纺丝装置最大的特点是纺丝效率高,适用于工业化生产。

(2) 针对收集部件进行改进的溶液离心静电纺丝装置。

针对收集部件进行改进的离心静电纺丝装置,总结起来有以下两种:第一种是收集板沿圆周方向均匀布置。2012年,D. Edmondson等^[22]采用平行电极收集板,收集板沿圆周方向均匀排布。此装置成功制取了具备较大比表面积、高取向度、高均匀度的不同材料的(聚偏二氟乙烯、壳聚糖、聚氧化乙烯)一维纳米纤维。2014年,徐岚等^[23]公开了专利103774252A,装置中多个收集板以静电纺丝机为中心设置成环形。此装置可制备大量取向性纳米纤维,大大提高了纺丝效率。第二种是通过增设T型架收集部件,在收集纤维结束后通过旋转T型架可以获得绞线结构的纳米纤维。2013年,刘术亮等^[24-25]通过以上方式获得绞线结构的有序纤维,绞线结构使多根纳米纤维结合在一起,提高了微纳米纤维的力学强度。

针对收集部件进行改进的溶液离心静电纺丝装置,其最重要的特点是:收集效率高,收集到的纤维有序度更高,改进的T型架还可以收集到绞线结构的纳米纤维,提高了纤维的力学性能,有助于提升纳米纤维的应用前景。

(3) 增设密封部件的溶液离心静电纺丝装置。

纺丝部件高速旋转时会产生高速气流,暴露的液体射流受到高速气流的影响会引起溶剂的快速蒸发,导致射流拉伸困难,最终会导致收集的纳米纤维较粗。因此通过密封纺丝部件隔绝旋转过程中产生的高速气流,可以获得性能更加优异的纤维。

2012年,A. Valipouri等^[1]展出了一种气封式离心静电纺丝装置,如图1所示,通过在纺丝圆筒上增设固定的隔绝气流板,隔绝了旋转气流的影响。纺丝喷头和接收装置同时旋转可以制取纯度更高、取向度更好、直径更加均匀的纳米纤维。这对于蒸发率较高的溶剂试样也同样适用,因此大大增加了对于纺丝材料的选择范围。

3 熔体离心静电纺丝模式

相对于溶液离心静电纺丝装置,熔体离心静电纺丝装

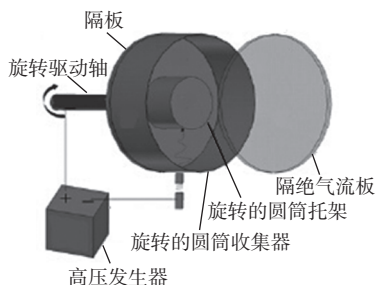


图1 气封式离心静电纺丝装置图

置需要增设高温加热部件和测温部件,这就大大增加了装置的复杂性和操作的危险性,但同时也拓宽了对纺丝材料的选择。近年来熔体离心静电纺丝发展非常迅速。

3.1 常规模式的熔体离心静电纺丝装置

常规模式的熔体离心静电纺丝装置如图2所示^[26],该装置主要由动力部件、纺丝部件、加热部件、测温部件、收集部件、高压发生器等组成。相对于溶液离心静电纺丝装置而言,熔体离心静电纺丝装置在纺丝部件下端增设了加热部件,在纺丝部件上增设了测温部件,以此可以对聚合物进行加热熔融和测温。2012年, Li Jin等^[26]首次提出熔体离心静电纺丝装置,在工艺参数为温度 600 K、电压 25 kV、转速 250 r/min 下,通过对镍纳米颗粒掺杂的热塑性酚醛树脂进行纺丝,经过热处理后成功制取了直径为 2~50 μm 超细的碳纤维。此装置顺利地完成了对固体类聚合物的加热熔融和纺丝过程。

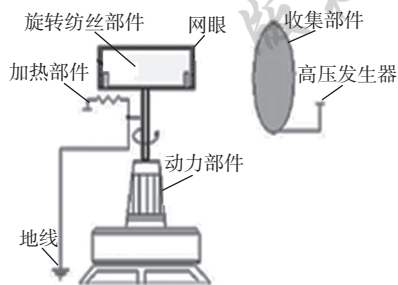


图2 常规的熔体离心静电纺丝装置

熔体离心静电纺丝装置的出现拓宽了对纺丝材料的选择。但同时也存在一些问题:一是纺丝装置的效率达不到工业化需求;二是纺丝纤维的直径较粗,不能满足高标准的要求。针对以上问题,科研工作者继续改进装置,研发了改进模式的熔体离心静电纺丝装置。

3.2 改进模式的熔体离心静电纺丝装置

改进模式的熔体离心静电纺丝装置主要是针对纺丝部件、测温部件、收集部件、密封部件进行改进或者增设其它部件。笔者针对现有的熔体离心静电纺丝装置进行详细介绍。

改进的纺丝部件主要是采用伞形喷头式、多喷头式或多流道、无喷头式纺丝部件。

(1) 伞形喷头式纺丝部件。

2012年,李秀红等^[27]展示了一种熔体离心静电纺丝装置。此装置结构的变化是将纺丝喷头改为伞形喷头结构,另外此装置还将收集板沿周向均匀排列,在圆周方向上等距离地布置上收集板。此装置在低电压和低转速条件下可获得大量的有序超细纤维,并且其纤维结晶度得到提高。2014年,刘勇等^[28]公开了专利 104088024A,该专利的装置是在常规模式的熔体离心静电纺丝装置的基础上,增设了电磁加热装置、红外测温仪以及多层喷嘴的伞形喷头。其电磁加热装置位于储液部件下端,能有效控制加热温度。红外测温仪可以实时检测熔体的温度,并反馈温度信息。两者的配合能够有效地控制熔体需要的温度。另外其伞形喷头为多层喷嘴结构,伞形喷头结构类似于两个同轴的圆锥体结构,内外圆锥体的表面之间有一定的间隙,此结构在离心力作用下可以批量化地制备纳米纤维。通过向加料室内间断补充物料可以实现整个装置的连续纺丝,多层喷嘴大大提高了纺丝效率。以上两种装置都可实现纤维的有序化、超细化和批量化生产。

(2) 多喷头式纺丝部件。

2013年,刘勇等^[29]公开了专利 103215664A。在该专利中,熔体离心静电纺丝装置的加热装置采用红外加热,红外灯管位于储料部件的下端。供料部件为一小型挤出机,位于储料部件的上端。测温的热电偶通过储料部件正上方的开口直接插入储料部件内。储料部件两端设有两个喷头。储料部件内部结构呈流线型,可以实现物料无浪费。2013年,刘勇等^[30]又公开了专利 103215662A。在该专利中,熔体离心静电纺丝装置的主要变动包括甩盘、接收圈、加热盘和温控系统。其纺丝部件为纺丝甩盘,甩盘中心凹陷处为加料皿,甩盘圆周均布有多个针孔喷口,甩盘截面逐渐变窄,可使熔体在甩盘腔内无积料地充分流动。在离心力的作用下,将熔体甩到甩盘圆周,在甩盘圆周上的针孔喷口处形成大量的微小液滴,然后在电场力作用下喷射成丝。以上两个装置都实现了纺丝纤维的超细化,提高了纺丝效率,并克服了单针头效率低和多针头易堵塞等缺点。

(3) 多流道、无喷头式纺丝部件。

2014年,邹守宝等^[31]公开了专利 104178826A,其多流道纺丝部件示意图如图3所示,储料部件为多层次的复合式结构,在形成泰勒锥之前就对熔融物料进行前期的挤压、分流。另外每个通道分叉形成多个通道,分叉处可以将熔融物料不断分切,最终熔融物料再受离心力和静电力作用,制备成纳米纤维。多流道纺丝喷头结构由1个入口分流成 $2n$ 个出口,能够实现高效纺丝,制备出纳米级的纤维。但同时其内部多流道也存在清洁难度大的问题。



图3 多流道纺丝部件示意图

(4) 增设其它装置的熔体离心静电纺装置。

2013年,张有忱等^[32]公开了专利103409861A,在该专利中,熔体离心静电纺丝装置如图4所示,此装置采用辊筒收集,增设了空气压缩机和旋风真空发生器,通过联合使用新增的装置,在腔室内形成旋转气流,引导纤维形成捻线,使得纤维的弹性、耐磨性等性能均有所提高,实现了纳米纤维的取向可控性,成功地纺织了新型纳米结构纤维,为纳米纤维在特定行业的工业化应用创造了条件^[33]。

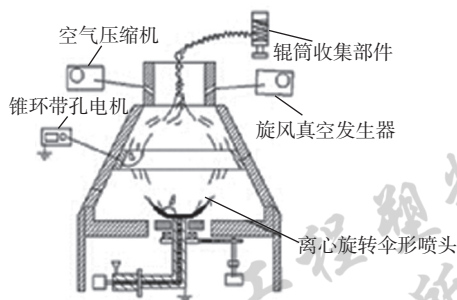


图4 增设其它装置的熔体离心静电纺丝装置

4 离心静电纺丝存在的问题和对策

离心静电纺丝的应用前景广泛,发展也非常迅速,但离心静电纺丝仍然存在如下问题:

(1) 离心静电纺丝装置相对复杂,对于纺丝过程中影响因素的研究还不够透彻,也没有建立详尽的数学模型^[34]。针对这个问题,笔者计划采用本实验室的离心静电纺丝装置进行大量的实验探索,系统地总结出离心静电纺丝过程中各种参数的影响规律,并建立详尽的数学模型,为以后离心静电纺丝的工业化进展提供参考。

(2) 测温装置的测温误差较大。无线红外测温由于测温距离变动导致测温误差较大。直接接触式测温热电偶与旋转纺丝部件直接接触,导致热电偶处于动态过程,测温不仅出现误差,而且热电偶随着纺丝部件旋转容易绞断。针对这个问题,可以考虑采用无线测温传感器,通过将测温探头固定在纺丝部件内壁上,以无线的方式反馈温度信息。

(3) 由于纺丝电压比较高,纺丝部件的高速旋转,使得离心静电纺丝装置存在一定危险性。针对这个问题,可以合理布置高压电线,将整套装置合理封装起来。

(4) 现代社会对于特殊结构的纳米纤维需求较大,例如

同轴静电纺丝制备的中空纳米纤维^[35-36]。现在的离心静电纺丝装置的结构设计不够多元化,难以制备出特殊形态的纤维结构。针对这一问题,需要不断地改进离心静电纺丝装置,例如可以考虑结合3D打印技术来改进装置,以此来制备特殊形态的纤维实体,以满足社会需求^[37-38]。

5 结语

离心静电纺丝相对于传统的离心纺丝和静电纺丝,在纺丝效率、制备纤维的性能、对于纺丝材料的选择范围、工业化应用等方面都有很大的改善。但是现阶段对离心静电纺丝装置的研究还处于实验阶段,需要针对离心静电纺丝装置存在的问题,不断提出改进方法并改进装置,在此基础上进行大量的实验探索和工艺研究,并根据实验结果的反馈完善装置,以达到工业化制备性能优良的纳米纤维水平。这对于纳米材料行业的长远发展具有深远的意义。

参考文献

- [1] Valipouri A, et al. *Fibers and Polymers*, 2013, 14(6):941-949.
- [2] Wang Li, et al. *Microelectronic Engineering*, 2011, 88:1 718-1 721.
- [3] 高鹤森. *材料导报*, 2012, 26(20):102-106.
Gao Hesen. *Materials Review*, 2012, 26(20):102-106.
- [4] 杨大祥,等. *材料导报*, 2011, 25(8):64-68.
Yang Daxiang, et al. *Materials Review*, 2011, 25(8):64-68.
- [5] 李秀红,等. *纺织学报*, 2014, 35(10):164-167.
Li Xiuhon, et al. *Journal of Textile Research*, 2014, 35(10):164-167.
- [6] Lu Yao, et al. *European Polymer Journal*, 2013, 49:3 834-3 845.
- [7] 宋天丹,等. *纺织导报*, 2014(1):61-63.
Song Tiandan, et al. *China Textile Leader*, 2014(1):61-63.
- [8] McEachin Z, et al. *Journal of Applied Polymer Science*, 2012, 126(2):473-479.
- [9] Sarkar K, et al. *Materials Today*, 2010, 3(11):12-14.
- [10] Dabirian F, et al. *Journal of Electrostatics*, 2011, 69:540-546.
- [11] Chang Weimin, et al. *Chemical Engineering Journal*, 2014, 244:540-551.
- [12] Kancheva M. *Materials Letters*, 2014, 136:150-152.
- [13] Liu Shuliang, et al. *Journal of Nanomaterials*, 2013, 2013, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/713275>.
- [14] Liao Chiachun, et al. *Polymer*, 2011, 52:4 303-4 318.
- [15] Mehrdad K, et al. *Korean of Chemical Engineers*, 2014, 31(9):1 695-1 706.
- [16] Liao Chiachun, et al. *European Polymer Journal*, 2011, 47:911-924.
- [17] Liao Chiachun, et al. *Polymer*, 2010, 57:2 887-2 896.
- [18] Li Mengmeng, et al. *Journal of Materials Chemistry*, 2011, 21:13 159-13 162.
- [19] Dabirian F, et al. *Fibers and Polymers*, 2013, 14(9):1 497-1 504.

- [20] 刘延波,等.一种离心式无针头静电纺丝装置:中国,102828260A[P].2012-12-19.
Liu Yanbo, et al. A centrifugal needleless electrospinning device:CN,102828260A[P].2012-12-19.
- [21] 李世江,等.离心式静电纺丝装置:中国,102061530A[P].2011-05-18.
Li Shijiang, et al. The centrifugal electrospinning devices:CN,102061530A[P].2011-05-18.
- [22] Edmondson D, et al. Journal of Materials Chemistry, 2012, 22:18 646-18 652.
- [23] 徐岚,等.一种大量制备取向性纳米纤维的离心静电纺丝装置:中国,103774252A[P].2014-05-07.
Xu Lan, et al. A centrifugal electrospinning device of large-scale preparation of orientation nanofibers:CN,103774252A[P].2014-05-07.
- [24] 刘术亮,等.青岛大学学报(自然科学版),2013,26(1):45-49.
Liu Shuliang, et al. Journal of Qingdao University(Natural Science Edition), 2013, 26(1):45-49.
- [25] 龙云泽,等.一种制备纳米纤维绞线结构的装置:中国,102212893A[P].2011-10-12.
Long Yunze, et al. A device for preparing nanorope-fibers:CN,102212893A[P].2011-10-12.
- [26] Li Jin, et al. Carbon, 2012, 50:2 045-2 060.
- [27] 李秀红,等.聚乳酸的离心熔体静电纺丝[C]//中国化学会第29届学术年会摘要集.北京:中国化学会,2014:1-2.
Li Xiuhong, et al. Centrifugal melt electrospinning of PLA[C]// The session abstract of the 29th annual seminar Chinese chemical society. Beijing:Chinese Chemical Society, 2014:1-2.
- [28] 刘勇,等.一种新型的离心熔体静电纺丝装置:中国,104088024A[P].2014-07-10.
Liu Yong, et al. A new type of centrifugal melt-electrospinning device:CN,104088024A[P].2014-07-10.
- [29] 刘勇,等.一种离心式静电纺丝装置:中国,103215664A[P].2013-07-24.
Liu Yong, et al. A centrifugal electrospinning device:CN,103215664A[P].2013-07-24.
- [30] 刘勇,等.一种间断式离心熔体静电纺丝装置:中国,103215662A[P].2013-07-24.
Liu Yong, et al. A intermittent centrifugal melt-electrospinning device:CN,103215662A[P].2013-07-24.
- [31] 邹守宝,等.离心静电连续纺纳米纤维装置:中国,104178826A[P].2014-12-03.
Zou Shoubao, et al. A centrifugal electrospinning continuous preparation of nanofibers device:CN,104178826A[P].2014-12-03.
- [32] 张有忱,等.一种离心静电纺纳米捻线高速制备装置及工艺:中国,103409861A[P].2013-11-27.
Zhang Youchen, et al. A centrifugal electrospinning preparation of nano-twisting fibers device and process:CN,103409861A[P].2013-11-27.
- [33] Mindru T B, et al. Fibers and Polymers, 2013, 14(9):1 526-1 534.
- [34] 张智明,等.高分子通报,2013(5):29-33.
Zhang Zhiming, et al. Chinese Polymer Bulletin, 2013(5):29-33.
- [35] 何创龙,等.复合材料学报,2005,22(6):1-8.
He Chuanglong, et al. Acta Materiae Compositae Sinica, 2005, 22(6):1-8.
- [36] 孙良奎,等.高分子学报,2009(1):62-65.
Sun Liangkui, et al. Acta Polymerica Sinica, 2009(1):62-65.
- [37] 徐锋.机械制造与自动化,2015(1):98-101.
Xu Feng. Machine Building & Automation, 2015(1):98-101.
- [38] 张海荣,等.医疗卫生装备,2015,36(3):118-120.
Zhang Hairong, et al. Chinese Medical Equipment Journal, 2015, 36(3):118-120.

宝马采用 ABS/PC 合金塑料生产手套箱

通过与丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)专业生产厂商 Elix Polymers 的密切合作,宝马集团已经采用其 ABS/聚碳酸酯(PC)合金塑料 Elix Ultra 4105 LNS308 来生产注塑成型手套箱。

手套箱由宝马集团位于德国兰茨胡特的工厂生产,用于宝马的一系列车型中,包括 1 系、3 系、5 系以及 5 系 Gran Turismo。

据悉,新开发的 ABS/PC 合金加工性能更好,大大降低了注塑件的报废率。而且,流动性能有所提高,生产周期因此缩短,每小时能生产更多汽车零部件。

来自 Elix Polymers 的 Herter 表示,此次与宝马集团的合作是一个很好的例子,充分说明我们是如何与 OEM 和供应商紧密合作的。通过与行业的合作, Elix Polymers 具备了开发新型高耐热、低排放、高流动性 ABS 材料的能力。这些新产品满足汽车行业的严苛要求,适合内外饰件应用。

Herter 还说,宝马集团技术部门和 Elix Polymers 之间有着密切的合作关系,已经找到了一种定制化解决方案,可大幅节省成本,提高生产率。(环球塑化网)

白俄罗斯公司新建 3.5 万 t/a 的 PA6 工厂

白俄罗斯石化产品生产商 Grodno Azot PTC Khimvolokno 近期在格罗德诺新建一家产能达 3.5 万 t/a 的 PA6 生产厂。

该公司称,新装置已经启动生产,并已产 7 000 t 的 PA6 颗粒料。

自启动以来,该装置经过几番调整,在不久的将来将满功率运营。PTC Khimvolokno 作为 Grodno Azot 化学集团的旗下公司,将负责新装置的运营。据 Khimvolokno 称, PA6 新装置将更好地垂直整合 Grodno Azot 集团的己内酰胺产品。己内酰胺是制造 PA 的一种基本原料。该集团己内酰胺年产能达 14 万 t。目前, Grodno Azot 所产的己内酰胺有一半(60 000 t)用于出口销售。(中塑在线)