

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.10.025

芳纶纤维表面活化的物、化结构本质分析^{*}

刘铁民¹, 林雅¹, 么伟², 罗苾聪¹

(1. 西安建筑科技大学材料与矿资学院, 西安 710055; 2. 吉林省吉林联科特种石墨材料有限公司, 吉林 132200)

摘要: 在深入分析对比聚合物/芳纶纤维复合材料界面改性本质的基础上, 将目前世界范围内主要的芳纶纤维表面活化机理重新进行了物理和化学类种属的划分, 并着重从物理、化学结构角度剖析了各种机理的优缺点和发展方向。

关键词: 芳纶纤维; 复合材料; 结构; 表面活化; 机理

中图分类号: TQ342 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)10-0123-05

Physics & Chemistry Structure Essence Analysis of Surface Activation Mechanism for Aramid Fibers

Liu Tiemin¹, Lin Ya¹, Yao Wei², Luo Congcong¹

(1. College of Materials & Mineral Resources, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. Jilin Unitech Special Graphite Material Limited Company, Jilin 132200, China)

Abstract: Based on deep analysis and comparison for interface modification essence of polymer / aramid fiber composite, the main surface activation mechanisms of Aramid fiber all over the world were reclassified into a new physical or chemical species. Moreover, the merits, demerits and development direction of each mechanism are emphatically analyzed from the perspective of physical & chemical structure.

Keywords: Aramid fiber; composite; structure; surface activation; mechanism

芳纶纤维 (AF) 因具备轻质、高比强、高比模、耐热和化学环境中的稳定性等诸多优点而在航空、航天和军事用先进复合材料 (ACM) 领域拥有广阔的应用前景; 但是, AF 高惰性的表面不易被树脂基体充分浸润, 难以形成理想的复合材料结合界面, 致使其优异的综合性能无法得到充分发挥。因此, 表面活化改性一直是 AF 在 ACM 领域大规模应用亟待解决的瓶颈性问题^[1-2]。自 20 世纪 70 年代以来, 世界各国的研究人员就上述问题不断进行着各种研究和探索, 新的思路和方法不断涌现; 但时至今日, 各种相关文献、资料大多只是简要介绍活化机理和方法, 而对于支持该种机理的、更深入的、物理和化学结构层次的根源却缺少全面和系统的剖析和总结, 而这正是笔者所试图分析和探讨的问题。

1 AF 的物理、化学结构

“结构决定性能, 性能又是结构的外在体现”, 因此, 在探讨 AF 表面活化改性之前, 应该首先找到其表面致惰的结构根源。

1.1 物理结构

AF 原纤聚合物首先通过单体的缩聚反应合成, 然后在极性溶剂作用下, 利用“干喷-湿纺”的液晶纺丝技术制备而成。其物理结构如图 1 所示。由图 1 可以看出, AF 表面异常光滑, 导致其表面色散自由能低 (注: 根据浸润理论, 欲

使液体充分浸润固体表面, 则固体需要较大的表面自由能, 且固、液相表面能之差应尽可能大), 不利于树脂基体的浸润。

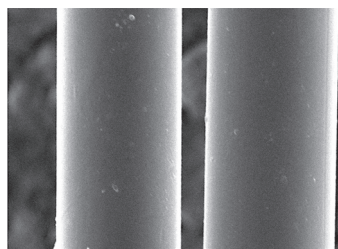


图 1 AF 的扫描电子显微镜照片

在液晶纺丝过程中, 拉伸应力和温度的梯度分布等外部因素迫使 AF 在径向存在长度、空隙和原纤取向方面的差异, 原纤凝固后会形成特殊的“皮芯结构”, 如图 2 所示。其芯层的分子链取向度低、排列松散, 彼此之间的结合力为氢键, 结晶度低; 其表层由呈伸直棒状的刚性大分子链组成, 它们紧密地排列, 并沿轴向高度取向, 形成具有较高结晶度

^{*} 陕西省教育厅自然科学研究项目 (11JK0598), 国家博士后基金项目 (20090451371), 西安建筑科技大学人才基金项目 (DB09039)

联系人: 刘铁民, 副教授, 硕导, 主要从事聚合物加工与改性, 聚合物基复合材料及碳/碳复合材料研究

收稿日期: 2015-07-15

和取向度的原纤结构,使其在力学、热学和化学稳定性等方面表现优异,同时也在轴向和径向上呈现出明显的各向异性^[3]。从高分子化学的角度来看,上述这种结晶度较高的表面聚集态,属于典型的化学惰性结构^[4],原因在于晶格能对活性基团的束缚作用。

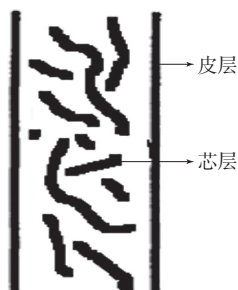


图2 AF的结构模型

另一方面,上述聚集态结构(结晶状态)是在AF加工和成型过程中形成的,这个过程也会对其表面的化学活性造成影响。根据物理化学原理^[5],在上述过程中表面层分子链上的极、活性基团一定会自发地向内部翻转,尽量采取向内的取向以降低表面极化自由能(注:材料总表面能由色散自由能和极化自由能两部分构成,前者决定于其表面粗糙度,后者决定于其表面极性),使整个体系处于一种更加稳定的低能量水平,这就进一步造成了AF缺乏极、活性基团的表面状态。针对这个问题,本课题组进行过如下的机理尝试:在加工成型过程中温度最高的阶段,分子链上极、活性官能团活动能力最强,伸展和取向必然在空间各个方向机会均等,必定会有相当数目的基团朝向纤维表面以外,此时,如果通过速冷等方法冻结这种基团取向状态,使其来不及向内部翻转,将改变AF表面缺少极、活性基团的情况。但是,这种剧烈的工艺过程必然导致纤维表面的结晶结构发生改变,如晶粒直径缩小、结晶度下降等,这势必削弱或破坏AF优异的力学和耐热性能赖以存在的结构基础。对此,课题组采取了施加一定应力诱发晶核形成的方式予以解决,获得了一定的效果。

1.2 化学结构

按照美国联邦商务部的定义^[6],AF是“芳香族聚酰胺”纤维的简称,它是由线性大分子构成的有机合成纤维。AF大分子的主链含有酰胺基和芳香环两种官能团,且85%以上的酰胺基与芳香环直接键合;对于每个链节,酰胺基上的氮原子和羰基碳均通过取代氢原子而直接与芳香环相连。按照大分子链节中酰胺、亚胺键与苯环上碳原子相连接位置的不同,芳香聚酰胺可分为邻位、间位及对位3种^[7],但不论是哪一类AF,其主要的化学结构均以苯环和酰胺基团为结构基础。

对AF结构特点进行深入剖析:曾有理论认为,酰胺基

团在AF分子链当中具有所谓的“极、活性”,其中羰基是极性基团,胺基氢原子由于氮原子的电负性较强,共用电子对向氮原子偏移,共价键对氢原子的束缚作用降低,而使这个氢原子易于脱去或与其它基团(如环氧基团)发生反应,具有一定的“活性”^[8];实际上,分子链当中苯环上的大键、胺基氮原子上的孤对电子和羰基上的键共同构成了一个大的共轭体系,电子的离域效应使羰基氧的极性降低,并且改善了共用电子对向氮原子偏移的状态,从而使胺基氢原子的活性大幅降低;另一方面,分子链上大量存在的苯环拥有较大的空间位阻效应,对于被夹在其间的酰胺基来说,极大地阻碍了其氢原子与树脂基体相应官能团的碰撞和反应(注:按照物理化学理论,相互碰撞是基团之间发生化学反应的必要条件),因此,这个所谓的“活性”氢原子实质上已经被严重地钝化了。

在了解了AF物理和化学结构的基础上,进一步剖析了目前主要的AF表面活化改性机理的靶向目标及优、缺点。

2 物理改性机理

如果依据复合材料界面改性的作用本质,即是否在树脂基体与AF表面分子链之间生成了化学键合作用,可以简单地把目前出现的各种方法划归物理和化学机理两大类(注:传统的划分,依据对AF表面进行处理的手段性质和步骤,可分为物理、化学和物理-化学联用三大类)。前者主要通过酸、碱等试剂的腐蚀性或超声波对纤维周围液体产生剧烈空化作用而释放出的能量刻蚀AF光滑的表面^[9-12],既可以剥离纤维表面结构中的薄弱层,消除应力集中区域,又可以在纤维表面造成一定数量的“坑、沟、槽”等“物理性缺陷”结构,在树脂浸入其中并固化后,利用机械“嵌、铆”的互锁作用,以及树脂与纤维表面的摩擦作用、静电吸附作用来提高复合材料的界面结合强度。应该看到,这种物理机理的目标在于提高纤维表面的色散自由能,但仍存在如下缺点:

(1) 刻蚀深度和强度难以把握,容易造成纤维表面结晶结构和内部本体结构的破坏,从而造成AF力学、耐热等综合性能的下降;

(2) 由于树脂与纤维之间仅是靠物理作用发生联系,其强度不及化学键合牢固、持久和稳定,易受环境或工艺等诸多外界因素的影响。

3 化学改性机理

众所周知,在所有微观层面的相互作用力当中,化学主键合力又被称为共价键力(如共价键、离子键和金属键等)要比其它形式的次价键结合[如氢键和范德华力(物理作用)]强至少一个数量级。因此,如何在AF与树脂基体之间形成稳定、牢固的化学键合作用,一直是该领域的难点和热点问题^[13]。

3.1 针对酰胺基氢原子的改性机理

这类机理的目标是利用酰胺基(—NH—)上所谓的“活泼”氢原子发生取代反应,而在 AF 分子链结构中引入新的极、活性原子或基团。

20 世纪 90 年代,国内研究人员就开始利用 T. S. Kell 提出的理论改善 AF 增强复合材料的界面性能^[14],具体做法是首先使金属化剂 NaH, KH 在冠醚帮助下溶于二甲基亚砜(DMSO);然后利用其与—NH—上氢原子发生取代反应,而使 AF 表面金属化;最后这个金属钠离子(Na⁺)将能够与卤代烃、聚合性单体或多官能环氧化物发生表面接枝反应,反应机理如图 3 所示。

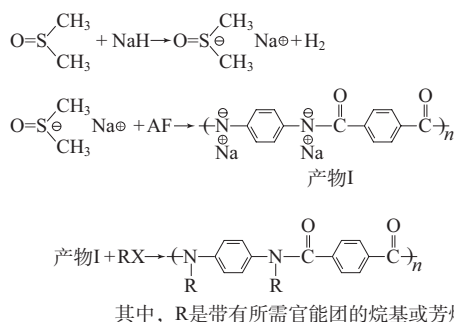


图 3 AF 表面金属化及接枝反应机理

通过以上接枝反应, AF 表面可以引入所需化学活性基团,增进纤维与树脂基体之间的化学键合作用。该机理实质上还包括 RF 胶乳浸渍、异氰酸酯亲电取代等方法^[15-18]。

但是,通过前面的结构剖析可知, AF 表面仅含有很少的所谓“活性氢原子”,而且它们不仅已被物理的晶格能束缚(注:仅能在各自的平衡位置作有限的热震动),还同时被化学的共轭作用和空间位阻效应所严重钝化,所以这种改性机理的效果必然不够理想。后续发表的文献显示^[19],利用 T. S. Kell 理论改善 AF 增强复合材料界面性能的研究者在后来转而研究对 AF 成型前的原材料聚对苯二甲酰对苯二胺(PPTA)进行化学接枝尝试,其反应机理如图 4 所示。

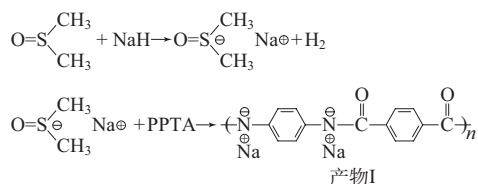


图 4 PPTA 的化学接枝反应机理

原因应该在于看到了加工成型过程中所形成的高结晶度和高取向度的惰性聚集态结构严重阻碍了接枝反应的进行,而对这种惰性结构的破坏又会降低 AF 的综合性能,两难之下才选择了从原材料入手的思路。不难想象,即使此方法使原料 PPTA 表面接枝上了一定数量的极、活性官能团,但要想获得纤维产品依然要经历纺丝成型的加工过程,必然还会引入并受制于基团的向内翻转以及惰性的结晶结构。

还有利用硅烷偶联剂对 AF 增强复合材料进行界面改性的研究^[20]。从硅烷偶联剂的化学结构可知,其改性本质是利用硅烷分子链上经水解反应得到的羟基与纤维表面的羟基、羰基氧或活性氢原子通过消去反应形成醚键,或通过静电引力形成氢键的键合作用。但是, AF 表面分子结构中的羟基以及所谓“活性氢原子”很少,而且被严重钝化,羰基氧极性降低,加之这些基团向内翻转的取向结构,致使期望的次价键键合作用形成几率非常小,所以时至今日,硅烷偶联剂只在玻璃纤维增强树脂基复合材料的界面改性中有理想的效果。

3.2 针对酰胺基的改性机理

这种机理的目标是在催化剂的作用下,使 AF 分子结构中的酰胺基发生水解反应,从而使纤维表面产生更多羧基、羟基和“活性”胺基,并与其它活性试剂发生接枝反应,形成化学键合作用,从而使复合材料的拉伸强度、界面粘附性能提高^[21]。

与上一种机理相类似,该思路的不利之处在于,首先, AF 结构中酰胺基大多被巨大的苯环结构所包围,一般都非常难水解;其次,如果发生水解反应,实际上就意味着 AF 分子链结构开始发生降解反应,如果控制不当,降解反应的结果必然导致其综合性能的下降;再次,酰胺的水解反应都需要酸或碱的催化作用才能实现,酸碱催化剂对 AF 的本体结构也存在腐蚀和破坏的作用。所以,选择合适的处理条件,使 AF 仅仅表面发生水解且水解度(即降解度)控制适当,是该类机理需要进一步深入研究的重点。

3.3 针对苯环的改性机理

由于 AF 分子结构中的酰胺基团被夹在苯环结构中间,周围化学构造所营造的共轭作用和空间位阻效应使其失去化学活性,所以产生了针对苯环的改性机理;另一方面,苯环周围的酰胺基是中等致活基团,不会明显阻碍发生在苯环上的亲电取代反应。这类机理主要包括利用苯环上的硝化还原反应、氯磺化反应以及傅瑞德-克拉夫茨(Friedel-Crafts)反应等,目标是在 AF 表面分子结构中引入极、活性基团,增进纤维与树脂基体之间的化学键合作用^[22-23]。

硝化还原机理是先利用硝化介质发生亲电取代反应,在 AF 分子链中的苯环上引入硝基(—NO₂) ;然后在一定介质中,用还原剂如硼氢化钠(NaBH₄) 等将硝基还原成胺基,从而在纤维表面引入极、活性基团,提高树脂基体对纤维的浸润性和界面粘结强度。氯磺化机理是先利用氯磺化剂的亲电取代反应在 AF 分子链中的苯环上引入氯磺酸基团(—SO₂Cl) ;然后与含有反应活性官能团(如—OH, —NH₂) 等的试剂反应,从而在 AF 表面分子结构中接枝上极、活性基团。以上两类机理的反应,反应速度快,易引入其它极性基

团,但也存在着反应不易控制,易损伤纤维本体结构的缺点。

Friedel-Crafts 烷基化(亲电取代)反应是在苯环上接枝活性烷基侧链,具体机理如图5所示。

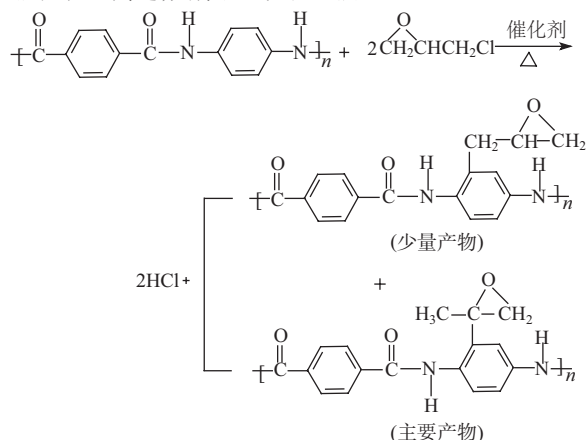


图5 AF表面Friedel-Crafts烷基化(亲电取代)反应机理

该机理虽然对AF的表面具有一定的活化效果,而且本体结构无明显破坏现象;但是,仍无法摆脱表面结晶结构的钝化作用,而需要在突破表面晶格能的束缚作用所造成的“惰性势垒”方面进一步改进,如利用超声、紫外等外部能量加剧AF表面官能团的振动幅度,当外加频率与官能团的自身振动频率合拍共振时,大量极、活性基团将挣脱晶格能的束缚而重新获得化学反应活性。

3.4 等离子体或高能射线作用机理

目前,这一大类机理因清洁和快速等优点而被广泛关注和研究^[24-36];但万变不离其宗,其机理的本质在于以等离子体、 γ 或紫外等高能射线冲击、活化AF的表面,改变其“瓶颈性”的惰性结构。高强度、高能量的冲击作用能够激发和活化晶格能所束缚的各种官能团,既能够促进AF表面的分子链结构氧化,而形成极、活性的含氧基团;又可以产生活性自由基,从而引发连锁接枝反应;还可以使原有的极、活性基团向外反转和伸展,从而在AF表面获得更多的化学反应活性中心,增进纤维与树脂基体之间的化学键合作用,有利于良好复合材料界面的形成。

这种机理的目光不仅仅局限于物理或化学某一个领域,而是首先克服了AF物理结构所造成的惰性势垒,然后再在纤维与树脂基体之间引入稳定的化学键合作用,思路科学而全面;不足之处在于目前工艺成本较高、工业化批量生产的可操作性有待提高。

4 结语

综上所述,围绕聚合物/AF复合材料界面改性所进行的研究,如果仅单纯考虑物理或化学因素的影响是非常片面和局限的;该领域的发展方向应该是首先解决物理结构和化学结构所造成的惰性势垒,然后再进行极、活性基团的引入,最后形成稳定的化学键合作用。

参考文献

- [1] 孔海娟,等.中国材料进展,2013,32(11):676-684.
Kong Haijuan, et al. Materials China, 2013, 32(11):676-684.
- [2] 张素凤,等.陕西科技大学学报:自然科学版,2014,32(5):1-4, 9.
Zhang Sufeng, et al. Journal of Shaanxi University of Science & Technology: Natural Science Edition, 2014, 32(5):1-4, 9.
- [3] 陆赵倩,等.纸和造纸,2013,32(6):41-43.
Lu Zhaoqing, et al. Paper and Paper Making, 2013, 32(6):41-43.
- [4] 王善琦.高分子化学原理[M].北京:北京航空航天大学出版社,1993.
Wang Shanqi. Principles of polymer chemistry[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1993.
- [5] 印永嘉,等.物理化学简明教程[M].4版.北京:高等教育出版社,2009.
Yin Yongjia, et al. Physical chemistry introductory tutorial[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2009.
- [6] 童鹏威,等.化工新型材料,2014,42(5):38-39, 67.
Tong Pengwei, et al. New Chemical Materials, 2014, 42(5):38-39, 67.
- [7] 冯欢,等.现代丝绸科学与技术,2014,29(4):131-134.
Feng Huan, et al. Modern Silk Science & Technology, 2014, 29(4):131-134.
- [8] 洪波,等.工程塑料应用,2014,42(6):126-130.
Hong Bo, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(6):126-130.
- [9] Liu Li, et al. Applied Surface Science, 2008, 254(9):2 594-2 599.
- [10] 李涛,等.陕西科技大学学报,2013,31(5):23-27.
Li Tao, et al. Journal of Shaanxi University of Science & Technology, 2013, 31(5):23-27.
- [11] Jeong E Y, et al. Journal of Fluorine Chemistry, 2012, 141(9):69-75.
- [12] Gao Jie, et al. Applied Surface Science, 2013, 270(4):627-633.
- [13] 厉世能,等.化工新型材料,2012,40(4):1-4.
Li Shineng, et al. New Chemical Materials, 2012, 40(4):1-4.
- [14] 雷渭媛,等.复合材料学报,1991,8(4):327-336.
Lei Wei yuan, et al. Acta Materiae Compositae Sinica, 1991, 8(4):327-336.
- [15] Kim J G, et al. Composite Structures, 2011, 93(11):2 696-2 705.
- [16] 浦丽莉,等.化学与黏合,2013,35(3):58-61.
Pu Lili, et al. Chemistry and Adhesion, 2013, 35(3):58-61.
- [17] Kabir M M, et al. Composites Part B: Engineering, 2012, 43(7), 2 883-2 892.
- [18] Chen Jianrui, et al. Applied Surface Science, 2014, 321(6):103-108.
- [19] 雷渭媛,等.玻璃钢/复合材料,1996(1):35-37.
Lei Wei yuan, et al. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 1996(1):35-37.
- [20] 孙文丹,等.玻璃钢/复合材料,2015(2):75-80.

- Sun Wendan, et al. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2015(2):75-80.
- [21] 夏英,等. 现代塑料加工应用,2012,24(2):23-26.
- Xia Ying, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2012,24(2):23-26.
- [22] 郭庆忠,等. 高科技纤维与应用,2011,36(3):45-51.
- Guo Qingzhong, et al. Hi-Tech Fiber & Application, 2011, 36(3):45-51.
- [23] Liu Tiemin, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 118:25-41.
- [24] Wang C X, et al. Applied Surface Science, 2015, 349(9):333-342.
- [25] 刘志英,等. 东华大学学报:自然科学版,2014,40(4):434-439.
- Liu Zhiying, et al. Journal of Donghua University: Natural Science Edition, 2014, 40(4):434-439.
- [26] 张曼,等. 化工新型材料,2015,43(5):76-79.
- Zhang Man, et al. New Chemical Materials, 2015, 43(5):76-79.
- [27] Xing Lixin, et al. Composites Part B: Engineering, 2015, 69(2):50-57.
- [28] Jia Caixia, et al. Applied Surface Science, 2011(9):4 165-4 170.
- [29] 李茂银,等. 化工新型材料,2013,41(12):131-133.
- Li Maoyin, et al. New Chemical Materials, 2013, 41(12):131-133.
- [30] Gu Ruxi, et al. Applied Surface Science, 2012, 258(24):10 168-10 174.
- [31] Zhang Xiangyi, et al. Vacuum, 2013, 97(11):1-8.
- [32] Ebru B, et al. Composites Part B: Engineering, 2013, 45(1):565-572.
- [33] Zhou Zhou, et al. Applied Surface Science, 2012, 258, (10):4 411-4 416.
- [34] Park S J, et al. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2015, 78(3):53-58.
- [35] Sun Jie, et al. Surface and Coatings Technology, 2010, 204(24): 4 101-4 106.
- [36] Wang Huaixi, et al. Polymer Degradation and Stability, 2012, 97 (9):1 755-1 761.

色母粒市场化将走专业化营销之路

2015年9月22~24日,由中国染料工业协会色母粒专委会主办的2015全国塑料着色与色母粒学术、技贸信息交流会在成都举行。会议认为,面对激烈的市场竞争,“十三五”时期,色母粒行业发展的重点在产品功能化。

据悉,今年7月我国加入世贸组织保护期到期,对色母粒行业来说,国际低价产品的进入对国内市场造成巨大冲击。随着行业大环境发生变化,大众化的色母粒产品已不再适应激烈的市场竞争,而以功能化色母粒生产的高性能、节能环保的各类塑料制品将有广阔市场。因此,发展功能化色母粒产品将成为增强竞争力的关键。若想争取更高的市场占有率,色母粒行业必须瞄准汽车、建材、医用和农用化学品、电子信息技术等高端市场。

功能化色母粒产品标准化体系的建设正在进行,成为色母粒产品走向功能化的重要支撑。中国染料工业协会色母粒专委会秘书长乔辉表示,聚丙烯(PP)色母料、高抗冲聚苯乙烯(PS-HI)色母料两项标准已于今年4月1日起颁布实施,聚苯乙烯(PS)片材混配专用色母粒、冷热水用无规共聚聚丙烯(PP-R)管材专用色母粒标准有望在今年年底颁布实施。作为色母粒配套行业的颜料行业也有13项塑料用颜料检测化工行业标准于今年6月1日实施。

广东盛恒昌化学工业有限公司董事长罗崇远认为,色母粒行业应加强产学研对接,拓展高端产品,创新前瞻性产品,为客户提供新型的解决方案。同时,要注意捕捉市场新机遇,进入潜在市场,实现技术的产业化应用和发展,走原料工艺、树脂合成、产品应用开发一体化路线。争取到2020年,建立起具备自主创新能力、规模较大、产业配套齐全的产业体系。

罗崇远指出,要大力发展大宗、关键合成材料制造新技术和高性能功能化色母粒关键技术,在分散、着色两个领域

加大研发力度,在配方试剂、工艺设计方面下功夫,合理选择功能助剂、添加剂等。

会议强调,功能化色母粒产品开发必须以市场为导向。色母粒行业应重视高效的专业化营销网络,运用信息技术和现代物流技术提升营销水平。提倡“互联网”、产品服务、集约化发展等混合产业模式。功能化色母粒市场未来将不再仅仅满足于产品的生产,而是由销售产品延伸至销售服务,即通过智能的、可联网的产品生成数据,提供全新的数字化服务,从而开辟新的收入来源,使工业控制和管理实现最优化、有限资源最大限度使用,最终降低成本。(中化报)

高溢价产品需求催发欧洲塑料瓶盖市场

据AMI Consulting发布的一份最新塑料瓶盖行业分析报告显示,随着市场对产品附加值以及品质需求的提升,塑料瓶盖行业的市场前景积极向上。

欧洲固体食物和非碳酸饮料产品快速增长,欧洲塑料瓶盖的需求量从2010年的2150亿个增长到2014年的2300亿个。在过去的几年里,部分欧洲国家经济的复苏,使塑料瓶盖的需求有所改善。

随着研发投入的增加和专业技术水平的提升,塑料瓶盖行业也在不断发展。技术的发展使企业能以较低生产成本和快速的市场响应速度来生产高附加值和溢价的产品。

尽管饮料仍在增长,但它们现在只占35%的塑料瓶盖市场份额,非饮料的瓶盖应用正在快速增长。该报告还分析了聚乙烯和聚丙烯之间的激烈竞争,前者主要应用于饮料包装,后者则是非饮料包装。

AMI Consulting预测,从2014年到2019年,欧洲塑料瓶盖需求量将以2%的年均复合率增长,到2019年,总体需求量将达到2560亿个。创新将为组织良好的公司带来商机,是保证公司不断盈利的关键。(CPRJ)