

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.03.009

高抗冲高模量聚碳酸酯复合材料的制备

李红刚,祁博,马述伟

(东莞奥能工程塑料有限公司,广东东莞 523382)

摘要:以 α -磷酸锆(α -ZrP)为刚性研磨介质,超高分子量聚乙烯(PE-UHMW)为抗冲击改性剂,聚碳酸酯(PC)作为基体材料,通过母粒法(两步熔融共混法)制备了高抗冲高模量复合材料。研究了PE-UHMW添加量及几种无机填料对复合材料力学性能及微观结构的影响。结果表明,当PE-UHMW含量为8份、 α -ZrP含量为2份时,复合材料的冲击强度、弯曲弹性模量达到最大值。 α -ZrP的加入还使复合材料的其它力学性能得到了一定程度改善。经扫描电子显微镜分析表明, α -ZrP的加入起到了助分散的作用,促进了PE-UHMW在基体树脂中的均匀分散,所以冲击性能得到进一步提高。

关键词:聚碳酸酯;超高分子量聚乙烯; α -磷酸锆;复合材料;冲击强度

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)03-0045-05

Preparation of Polycarbonate Composites with High Shock Resistance and Modulus

Li Honggang, Qi Bo, Ma Shuwei

(Honour Engineering Plastics Co. Ltd., Dongguan 523382, China)

Abstract: A kind of polycarbonate(PC) composite with high shock-resistance and modulus was developed with α -ZrP as rigid attrition medium, ultra-high molecular weight polyethylene(PE-UHMW) as toughening modifier and PC as matrix material by means of master batch method. The effects of PE-UHMW content and several kinds of inorganic fillers on mechanical properties and microcosmic structure of the composite were investigated. The results show that when the mass fraction of PE-UHMW is 8 phr and α -ZrP is 2 phr, the impact strength and flexural modulus of PC/PE-UHMW/ α -ZrP composite reaches the maximum value. Furthermore, the incorporation of α -ZrP is effective to improve the other mechanical properties of composite to a certain extent. The SEM analysis shows that α -ZrP plays a dispersion effect to promote PE-UHMW uniformly disperse in the matrix resin, so the impact performance can be further improved.

Keywords: polycarbonate; PE-UHMW; α -ZrP; composite; impact strength

现今塑料已经成为一类不可或缺的材料,被广泛用于电子、汽车、建筑、装饰等行业。特别是在国家提倡“以塑代钢、以塑代木”以建设节约型、环保型社会之后,就对其提出了更加广泛和苛刻的要求^[1]。而单一的聚合物材料往往难以满足要求,这就需要继续开发合成新型聚合物材料或对现有聚合物进行改性。其中,共混改性是一种非常有效、相对简单的途径,越来越引起人们的兴趣和重视^[2]。

聚碳酸酯(PC)树脂是一种综合性能优良的热塑性工程塑料,已在很多领域得到了广泛应用^[3-6]。但在某些苛刻条件、环境下,纯PC材料的性能不能满足要求。例如,用PC材料来制造头盔,其抗冲击性能还不能达到高端头盔的使用要求,不能通过美国SNELL测试标准。虽然玻璃钢能够达到该要求,但此材料加工复杂、成型周期长、制作成本很

高。当前解决这一矛盾的行之有效的办法就是对PC进行共混改性^[7],拓展PC在防暴盔甲材料等领域的应用具有十分重要的意义。超高分子量聚乙烯(PE-UHMW)^[8]具有极其优异的耐冲击抗撕裂性能,可以用PE-UHMW作为PC的抗冲击改性剂。但是PE-UHMW加工困难,与其它聚合物相容困难^[9-11],一般需采用四螺杆挤出机等特殊设备及工艺才能达到一定的分散效果,或是用反应型增容剂来改善相容性,但效果都不理想。基于上述问题,笔者选用滑石粉、凹凸棒土、蒙脱土(MMT)、 α -磷酸锆(α -ZrP)^[12-14]和PE-UHMW来对PC进行改性,研究了加工方法、PE-UHMW添加量、不同类填料对复合材料力学性能及微观结构的影响,得到了高

联系人:祁博,硕士研究生,主要从事高分子改性与功能化研究
收稿日期:2014-12-17

抗冲、高模量等综合性能优良的三元共混复合材料。该材料有望在坦克装甲、防弹背心、头盔等要求高抗冲性的设备中得到应用。

1 实验部分

1.1 主要原料

PC : Panlite L-1250Y, 分子量 23 000 ~ 26 000, 日本帝人公司;

PE-UHMW : U050, 分子量 300 万 ~ 500 万, 韩国大韩油化工业株式会社;

相容剂: 高密度聚乙烯接枝甲基丙烯酸缩水甘油酯 (HDPE-g-GMA), 市售;

流动改性剂: PE 蜡, 宁波孚美化工有限公司;

抗氧剂: 1076, 168, 市售;

α -ZrP : XDK801, 厦门鑫达康无机材料有限公司;

滑石粉: PY-666, 海城市品扬滑石矿业有限公司;

凹凸棒土: 106, 南京亚东奥土矿业有限公司;

MMT : K-10, 上海紫一试剂厂。

1.2 主要仪器与设备

同向双螺杆挤出机: TDS-40 B 型, 南京诺达挤出装备有限公司;

注塑机: SAI 200 II / 260 型, 海天塑机集团有限公司;

万能材料试验机: XWW-20 A 型, 承德市金建检测仪器有限公司;

熔体流动速率 (MFR) 仪: XNR-400 B 型, 承德市金建检测仪器有限公司;

电子悬臂梁冲击试验机: XJUD-5.5 型, 承德市金建检测仪器有限公司;

场发射扫描电子显微镜 (SEM) : JSM-6380 LV 型, 日本日立公司。

1.3 试样制备

复合材料分别采用一步法和母料法来制备。

一步法: 将纯 PC 粉料在 110 °C 下干燥 4 h, 然后将 PC、PE-UHMW、相容剂、流动改性剂和抗氧剂按一定配比准确称量, 投入到高速混合机中充分混合后经双螺杆挤出机挤出造粒, 得到复合材料, 挤出温度设定范围为 250 ~ 280 °C。

母料法: 首先将 PE-UHMW、相容剂、流动改性剂和抗氧剂按一定配比准确称量, 在高速混合机中充分混合后经双螺杆挤出机挤出造粒, 得到 PE-UHMW 分散母粒, 挤出温度设定范围为 230 ~

260 °C; 其次, 将纯 PC 粉料在 110 °C 下干燥 4 h, 然后将 PC、母粒和抗氧剂按一定配比准确称量, 在高速混合机中充分混合后经双螺杆挤出机挤出造粒, 得到复合材料, 挤出温度设定范围为 250 ~ 280 °C。

复合物粒料充分干燥后, 采用注塑机注塑成标准测试样条。

1.4 性能测试

MFR 按 ASTM D1238-2010 测试, 负载 1.2 kg, 测试温度 300 °C;

拉伸性能按 ASTM D638-2010 测试, 拉伸速率 50 mm/min;

弯曲性能按 ASTM D790-2010 测试, 弯曲速率 2.0 mm/min;

缺口冲击强度按 ASTM D256-2010 测试, 环境温度 23 °C 和 -30 °C;

SEM 分析: 将试样置于液氮中冷却脆断, 断面真空镀金后用 SEM 观察断裂形貌并拍照。

2 结果与讨论

2.1 不同加工方法对复合材料性能的影响

PE-UHMW 是一种具有优异耐冲击性的聚合物, 但是其加工困难, 与 PC 的相容性差。要想使 PE-UHMW 在复合材料中发挥其优异的耐冲击性, 就要提高 PE-UHMW 在共混物中的分散性, 而加工方式对其分散有至关重要的影响。所以, 为了研究加工方法对复合材料性能的影响, 在此将 PE-UHMW 和相容剂按 1 / 1.5 的质量配比^[15]混入 PC 中 (PE-UHMW 含量为 5 份), 分别采用一步法和母料法来制备复合材料。复合材料的各项性能数据见表 1。

表 1 两种方法得到的复合材料的性能

项目	一步法	母料法
MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	9.68	9.56
冲击强度 / (J · m ⁻¹)	402.1	525.1
拉伸强度 / MPa	44.8	54.3
断裂伸长率 / %	91	109
弯曲强度 / MPa	66.2	69.2
弯曲弹性模量 / MPa	1 628	1 734

从表 1 可以看出, 加工方法对材料的 MFR 影响相对较小, 但对复合材料的力学性能有明显影响。母料法制得的复合材料的各项力学性能明显优于一步法的, 尤其是冲击强度和断裂伸长率提高较为明显, 分别提高了 31% 和 25%。这些性能的提高一方面可能是经过两次熔融挤出, 相容剂与 PE-UHMW 进行了充分的接触并能将 PE-UHMW 很好地包覆, 而有利于 PE-UHMW 在复合材料中的分散; 另一

方面, PE-UHMW 树脂分子长链易受剪切力作用发生断裂,所以在制备分散母粒的过程中,切断了 PE-UHMW 的分子链,使其超长的分子链变短,而有利于其在复合材料中进一步分散。因此,以下实验中复合材料都以母料法来制备。

2.2 PE-UHMW 含量对复合材料性能的影响

表 2 给出了不同含量的 PE-UHMW 对复合材料力学性能的影响。其中, PE-UHMW 和相容剂的质量配比为 1 / 1.5。

表 2 PE-UHMW 含量对复合材料力学性能的影响

项目	PE-UHMW 含量 / 份			
	5	7	9	11
MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	9.12	8.85	7.4	7.9
冲击强度 / (J · m ⁻¹)	578.7	703.2	628.9	590.5
拉伸强度 / MPa	55.6	58.1	61.8	57.8
断裂伸长率 / %	109	120	129	110
弯曲强度 / MPa	69.8	79.2	76.9	78.1
弯曲弹性模量 / MPa	1719	1850	1770	1743

从表 2 可以看到, 复合材料的 MFR 随着 PE-UHMW 含量的增加而不断降低,这是由于 PE-UHMW 的分子量很大,分子链间的无规缠结使其热运动反应迟缓,熔体黏度极高,所以它的加入会降低复合材料的流动性。同时,复合材料的力学性能随着 PE-UHMW 用量的增加而出现先增后减的情况,其中 PE-UHMW 用量对复合材料的冲击强度影响尤为明显,随着 PE-UHMW 用量增加,材料的冲击强度迅速提高,当 PE-UHMW 用量为 7 份时,复合材料的冲击强度由 578.7 J / m 增加到 703.2 J / m,提高了约 22%,这是由于引入的少量超长链的 PE-UHMW 在基体中形成了物理缠结及串锁的骨架结构,当材料受到外力作用时,通过基体中这种缠结和串锁的骨架吸收并能传递冲击能,起到了增韧增强作用^[16];而当 PE-UHMW 用量超过 7 份时,其冲击强度又急剧下降,这又是由于 PE-UHMW 具有极高的熔体黏度、流动性极差,过多加入很难将如此高黏度的聚合物均匀分散在 PC 基体中,导致共混效果不佳,出现了多相结构,所以宏观上反映就是材料的性能较差。为了更准确反映 PE-UHMW 含量与复合材料冲击强度的关系,根据表 2 数据作图并进行拟合得到了图 1。从图 1 可以看出,当 PE-UHMW 含量达到 8 份时,复合材料的冲击强度达到最大值。所以,后面复合材料中 PE-UHMW 含量固定为 8 份。

2.3 无机填料对复合材料性能的影响

为得到综合性能优异的材料,向 PC / PE-UHMW

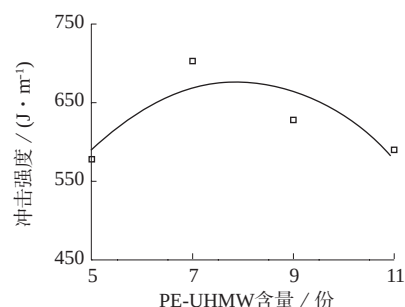


图 1 PE-UHMW 含量与复合材料冲击强度关系的拟合曲线

体系中分别加入 2 份滑石粉、凹凸棒土、MMT 和 α -ZrP,研究不同类型填料对复合材料力学性能的影响,结果如表 3 所示。

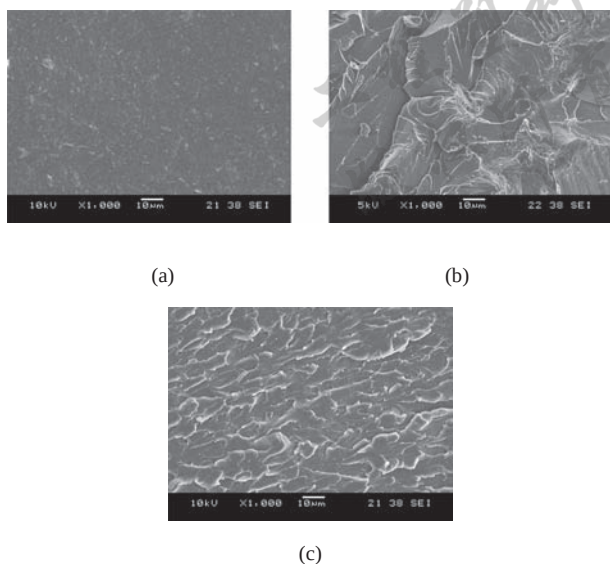
表 3 无机填料对复合材料性能的影响

项目	滑石粉	凹凸棒土	MMT	α -ZrP
MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	10.5	6.4	9.1	9.5
冲击强度 / (J · m ⁻¹)	524.5	667.8	753.2	898.6
拉伸强度 / MPa	48.7	55.0	62.6	67.8
断裂伸长率 / %	67	72	83	87
弯曲强度 / MPa	60.3	84.1	81.2	87.9
弯曲弹性模量 / MPa	1602	2023	2214	2474

从表 3 可以看到,不同类型无机填料对复合材料性能的影响是截然不同的。加入粒状滑石粉时,复合材料除了 MFR 升高之外,其它性能都出现了明显下降,这是由于滑石粉呈碱性,它的加入会使对碱性敏感的 PC 基体发生分解,所以表现出上述情况。而纤维状的凹凸棒土的加入对复合材料的性能影响不大,只是 MFR 和冲击强度有所降低,这是由于无机凹凸棒土与聚合物相容性不好,难于在基体中分散,所以影响了复合材料的流动性和其它的一些性能。MMT 和 α -ZrP 的加入都会使复合材料的性能提高,其原因可能归结为以下几点:首先,在所制备的复合材料中,PE-UHMW 包覆纳米粒子形成“沙袋结构”,此结构增加了 PE-UHMW 与 PC 的有效界面面积,使材料在受到外力冲击时对银纹的引发和终止更加有效,同时,当材料受到冲击时,团聚的纳米粒子间发生相对滑移,先于聚合物基体发生变形,这种团聚体的变形、银纹的引发和终止需要吸收大量的能力,因此材料的韧性得到改善^[17];此外,MMT, α -ZrP 片层间具有微弱的结合力,在加工过程中受到外力时,片层间会产生相对滑移,这也对分散性有所帮助^[18]。加入 α -ZrP 的复合材料具有最好的性能,冲击强度提高到了大约 900 J / m,这可能是由于 PC 基体和 α -ZrP 片上的极性基团相互形成了分子间氢键,提高了基体和 α -ZrP 的相互作用,致使性能得到提高。

2.4 SEM 分析

用 SEM 对不同试件的冲击断口断面进行了观察,选择出各类典型的断口形貌,见图 2。图 2a 是由一步法制得的 PC/PE-UHMW 复合材料,可以发现其断裂面较光滑,共混物的形态结构呈“海-岛状”,PE-UHMW 以“岛状”分布在 PC “海基体”中,分散相的尺寸分布不均匀,基体发生的屈服形变轻微。图 2b 是由母料法制得的 PC/PE-UHMW 复合材料,冲击断口呈现出特有的波纹状褶皱带,这是由于冲击使材料产生了较大的塑性形变,断裂后形成大变形回弹褶皱带,基体形变程度的增加也正好在力学性能中得到反映,但提高的幅度有限^[19-20]。图 2c 是 PC/PE-UHMW/ α -ZrP 复合材料,冲击断口平面起伏较大,出现很多韧窝。这表明在受到冲击力时,产生了极大的塑形形变,在断裂时,韧窝边缘产生了较多的次级裂纹,显然断裂时消耗能量要比前两种材料大得多^[21-22]。同时,PE-UHMW 和 α -ZrP 的分散情况较好,很少出现团聚形象,故冲击强度增加。



a—PC/PE-UHMW(一步法); b—PC/PE-UHMW(母料法);
c—PC/PE-UHMW/ α -ZrP

图2 复合材料的冲击断口 SEM 照片

3 结论

(1) 母料法制备的 PC/PE-UHMW 复合材料的力学性能优于一步法。

(2) PC/PE-UHMW 复合材料中含有 7 份 PE-UHMW 时,复合材料的力学性能较好,尤其是冲击强度由 578.7 J/m 增加到 703.2 J/m。

(3) 不同类型的无机填料对 PC/PE-UHMW 复

合材料的影响不同,当加入 α -ZrP 时,复合材料具有优异的综合性能,冲击强度接近 900 J/m,其它性能也有不同程度的提高。

(4) α -ZrP 的加入起到了助分散的作用,使 PE-UHMW 在复合材料中具有更好的分散效果。

参考文献

- [1] 刘英俊. 我国改性塑料行业十一五期间发展概况及十二五展望[J]. 中国塑料, 2011, 25(3):1-5.
Liu Yingjun. China modified plastics industry during the eleventh five-year plan and its prospect during the twelfth five-year plan[J]. China Plastics, 2011, 25(3):1-5.
- [2] 王祖钰. 高抗冲高表面硬度聚合物合金的制备及性能研究[D]. 广州: 广州工业大学, 2013.
Wang Zuyu. Study on the preparation and properties of high impact high surface hardness polymer blends[D]. GuangZhou:Guangdong University of Technology, 2013.
- [3] 李建国, 孙婧丽. 聚碳酸酯的生产和应用[J]. 中国城市经济, 2011(3):114-115.
Li Jianguo, Sun Lingli. The production and application of polycarbonate[J]. China Urban Economy, 2011(3):114-115.
- [4] Feng Jun, Zhou Renxi, Zhang Xianzheng. Construction of functional aliphatic polycarbonates for biomedical applications[J]. Progress in Polymer Science, 2012, 37(2):211-220.
- [5] Stenzler J S, Goulbourne N C. The effect of polyacrylate microstructure on the impact response of PMMA / PC multi-laminates[J]. International Journal of Impact Engineering, 2011, 38(7):567-570.
- [6] 顾书英, 许乾慰, 张懿. 聚碳酸酯板的特性及其在建筑领域的应用[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(1):105-107.
Gu Shuying, Xu Qinwei, Zhang Yi. Characteristics of polycarbonate sheets and their applications in construction fields[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):105-107.
- [7] 张贞祥. 低温高抗冲阻燃聚碳酸酯的制备及性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
Zhang Zhengxiang. Preparation and properties of flame retardant polycarbonate with high impact strength at low temperature[D]. GuangZhou:South China University of Technology, 2013.
- [8] 张炜, 李志, 沈贤婷, 等. 超高分子量聚乙烯力学性能与可纺性研究[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(1):18-22.
Zhang Wei, Li Zhi, Shen Xianting, et al. Study on mechanical property and spinnability of PE-UHMW power[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):18-22.
- [9] 赵志鸿, 张廷友, 吕召胜, 等. 超高分子量聚乙烯加工改性研究进展[J]. 工程塑料应用, 2012, 40(1):99-102.
Zhao Zhihong, Zhang Tingyou, Lyu Zhaosheng, et al. Processing modification research development of PE-UHMW[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(1):99-102.

- [10] Zhipai You, Dagang Li. Highly filled bamboo charcoal powder reinforced ultra-high molecular weight polyethylene[J]. Materials Letters, 2014, 122:121–124.
- [11] Firouzi D, Youssef A, Amer M, et al. A new technique to improve the mechanical and biological performance of ultra-high molecular weight polyethylene using a nylon coating[J]. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 2014, 32:198–209.
- [12] 周贵凤,王勤,曾仁权,等. 磷酸锆及其衍生物的制备与应用[J]. 化学进展, 2014, 26(1):87–90.
- Zhou Guifeng, Wang qin, Zeng Rengquan, et al. Preparation and application of zirconium phosphate and its derivatives[J]. Progress in Chemistry, 2014, 26(1):87–90.
- [13] 殷宪国. α -磷酸锆插层复合技术及其应用[J]. 硫磷设计与粉体工程, 2013(6):5–8.
- Ying Xianguo. α -Zirconium phosphate intercalation compounding technology and its application[J]. S P & BMH Related Engineer, 2013(6):5–8.
- [14] Wu Haixia, Liu Changhua, Chen Jianguang, et al. Structure and properties of starch / α -zirconium phosphate nanocomposite films[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 77(2):358–364.
- [15] 阳范文,戴李宗,赵耀明,等. HDPE-g-GMA 增容 PC/UHMWPE 共混体系的形态结构和动态流变性能[J]. 应用化学, 2004, 21(12):1310–1314.
- Yang Fanwen, Dai Lizong, Zhao Yaoming, et al. Morphological structure and dynamic rheology of PC / UHMWPE blends compatibilized with HDPE-g-GMA[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2004, 21(12):1310–1314.
- [16] 李燕敏,王海玲,王克伟,等. PE-UHMW/PP 共混物的流动、力学与耐磨损性能研究[J]. 工程塑料应用, 2012, 40(3):26–29.
- Li Yanming, Wang Hailing, Wang Kewei, et al. Study on flow, mechanical and wear resistance properties of PE-UHMW / PP blend[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(3):26–29.
- [17] 王勇杰. 沙袋结构增韧 PA6 / EPDM-M / nano-CaCO₃ 三元复合材料的形态演变与增韧机理研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2011.
- Wang Yongjie. Study on morphological evolution and toughening mechanism of sandbag microstructure-toughened PA6 / EPDM-M / nano-CaCO₃ ternary composites[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2011.
- [18] He Xingliang, Xiao Huaping, Hyunho Choi, et al. α -Zirconium phosphate nanoplatelets as lubricant additives[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2014, 452:32–38.
- [19] 夏晋程,许振华,张伟,等. PE-UHMW 树脂的冲击性能和结晶性能试验研究[J]. 中国塑料, 2013, 27(6):33–37.
- Xia Jincheng, Xu Zhenhua, Zhang Wei, et al. Research on crystallinity and impact property of PE-UHMW resin[J]. China Plastics, 2013, 27(6):33–37.
- [20] 马卫华,钟秦,蒋香华. 高抗冲高模量聚丙烯的制备[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(5):25–27.
- Ma Weihua, Zhong Qin, Jiang Xianghua. Preparation of polypropylene with high modulus and shock resistance[J]. Engineering Plastics Application, 2005, 33(5):25–27.
- [21] 吕荣侠,何流,胡平,等. 超高分子量聚乙烯冲击能量吸收机理研究[J]. 合成树脂及塑料, 1994(11):42–47.
- Lyu Rongxia, He Liu, Hu Ping, et al. Study on absorbed impact energy of UHMW-PE[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 1994(11):42–47.
- [22] Fu Jun, Doshi B N, Oral E, et al. High temperature melted, radiation cross-linked, vitamin E stabilized oxidation resistant UHMWPE with low wear and high impact strength[J]. Polymer, 2013, 54(1):205–209.

Cardia 关闭巴西薄膜新厂, 专注于亚太业务

总部位于澳大利亚墨尔本的生物塑料和薄膜生产商 Cardia Bioplastics Ltd. 公司将关闭在巴西圣保罗的新厂, 转而在亚太地区投资建厂。

其圣保罗工厂 2014 年 9 月投产, 新设备投资额为 75 万欧元。但总经理 Frank Glatz 说, 在与 Stellar Films Group Pty. Ltd. 公司合并前, 重新审视了生产厂, 决定把资源转投到澳大利亚、中国和马来西亚的工厂。

Glatz 说:“我们务必要快速行动, 专注于把握战略性的高增长机会, 如亚太地区带来的机遇。因此, Cardia 公司采取战略决策, 决定终止对巴西薄膜和塑料袋生产厂的投资。”

他在新闻稿中说, 巴西工厂继续需要大量的设备和运营投资, 才能把握生物塑料购物袋的销售机会。目前无法联系到 Glatz 阐述巴西工厂的未来去向。

Cardia 公司是上市公司。该公司正在酝酿与澳大利亚

墨尔本的私营公司 Stellar Films 公司进行合并。Cardia 公司的股东定于 3 月 17 日对合并交易进行表决。

Glatz 说, 若成功合并, 将帮助该公司满足亚太区客户不断增长的需求。合并结束后, 新公司准备发布招股书筹资 300 万欧元, 为未来的业务发展和运营筹措资金。

Cardia 公司董事长 Richard Tegoni 在 1 月提交给澳大利亚证券交易所的声明中说, 此次并购将诞生一家年销售额超过 2 700 万欧元的公司, 可生产 Biohybrid 品牌树脂和可堆肥薄膜产品。

Stellar Films 公司在澳大利亚墨尔本和马来西亚 Port Klang 建有工厂, 客户遍及全球 27 个国家。该公司持有 Akron Industries Sdn. Bhd. 公司 50.8% 的股份, 后者在马来西亚 Nilai 生产硅胶涂层纸张和薄膜产品。

Cardia 公司 2002 年在澳大利亚墨尔本成立, 在江苏南京建有一座树脂和薄膜生产厂。 (塑新网)