

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.05.027

聚丙烯微孔发泡材料制备及改性进展

眭晓龙

(北京农业职业学院,北京 102442)

摘要:聚丙烯(PP)微孔发泡材料具有质轻、力学性能较高的特点,PP基体性质、发泡剂种类、发泡制备成型工艺、化学改性方法、共混及填充改性等方法均可以影响发泡材料的泡孔结构及发泡材料的性能。综述了PP微孔发泡材料的制备成型工艺、化学、共混、纳米、填充等改性方法研究进展,指出采用成本低廉、无毒的化学类发泡剂制备泡孔结构良好的PP微孔发泡材料将是今后研究的热点。PP的交联及接枝改性技术,与其它聚合物、填料共混技术是改善泡孔结构、提高泡沫材料发泡性能和力学性能的途径,研究改性材料与PP基体材料的界面相容性问题也是今后的研究方向。

关键词:聚丙烯;微孔发泡;制备;改性;共混;纳米;进展

中图分类号: TQ325.1+4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)05-0125-05

Progress of Preparation and Modification of Microcellular Polypropylene Foam

Sui Xiaolong

(Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442, China)

Abstract : Polypropylene(PP) foam has good mechanical properties. PP matrix properties, foaming agent, foam preparation process, chemical modification, blending and filling modification methods can affect the cell structure of foam and the performance of foamed material. The research progress of PP microcellular foam material's preparation process, and modification methods such as chemical modification, blending, nanometer filling was overviewed. It was pointed out that adopting low cost, non-toxic chemical foaming agent to prepare good foam structure PP micro foaming material would be a hotspot in future research. Modification of crosslinking and grafting with PP, blending with other polymers, the filler technology is the way to improve the cell structure, the foaming properties and the mechanical properties of foam materials. The interface compatibility of modified materials and PP substrate is the direction of future research.

Keywords : polypropylene ; microcellular foam ; preparation ; modification ; blending ; nanometer ; progress

微孔发泡塑料是指泡孔直径 $< 100\ \mu\text{m}$ 、泡孔密度为 $10^9 \sim 10^{12}$ 个/ cm^3 的闭孔结构发泡塑料,其具有质轻、力学性能高、减震、隔音效果好的特点,因而被广泛应用于汽车、飞机、家电零部件及精密包装的生产。20世纪80年代初期,美国J. E. Martini等^[1]首次提出微孔发泡塑料的概念,并以 CO_2 、 N_2 等惰性气体作为发泡剂,研制出微孔发泡塑料。

在高温高压下,将超临界 CO_2 或 N_2 导入聚丙烯(PP)材料中,形成PP/超临界流体单相溶液,并诱导气泡成核、生长,最终形成PP微孔发泡材料。通用PP由于其是线性半结晶聚合物,加工温度窗口较窄,难以得到封闭泡孔结构,所以

制造PP微孔发泡材料较多使用高熔体强度PP(HMSPP)^[2]。

发泡剂除物理发泡剂如 CO_2 、 N_2 等惰性气体外,化学发泡剂如偶氮二甲酰胺(AC)等也常被采用,其种类和用量对PP微孔发泡材料制备和性能也有较大影响。例如吴建等^[3]利用新型发泡剂RS3000($\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_{12}\text{N}_3\text{S}_3$),发泡效果明显优于AC和 NaHCO_3 。汪菊英等^[4]以超临界 CO_2 流体和丁烷为发泡剂,用快速释压的方法,制备了PP微孔发泡材料。

发泡成型工艺条件、对PP基体进行化学改性(交联、接枝等)、与聚合物共混改性、填充纤维、纳米粒子等方法都对泡孔直径、密度及分布情况等产生影响,进而对PP微孔发泡

通讯作者: 眭晓龙, 讲师, 主要从事建筑装饰材料设计 & 研究 E-mail: 1768636382@qq.com

收稿日期: 2018-02-28

引用格式: 眭晓龙. 聚丙烯微孔发泡材料制备及改性进展[J]. 工程塑料应用, 2018, 46(5): 125-129.

Sui Xiaolong. Progress of preparation and modification of microcellular polypropylene foam[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(5): 125-129.

材料的性能产生极其重要影响^[5-6]。笔者综述了PP微孔发泡材料的制备工艺及其工艺条件对其性能的影响,并对其化学改性、共混改性、纳米改性、填充改性等改性方法进行了详细阐述。

1 制备工艺

微孔发泡材料的制备方法主要有间歇成型法、注射成型法、连续挤出成型法、模压热成型法等几种^[7]。间歇式发泡成型过程示意图见图1。而微孔发泡注射成型法中有释压法、二次开模法、松退法、欠注法等,其中二次开模法应用较多。

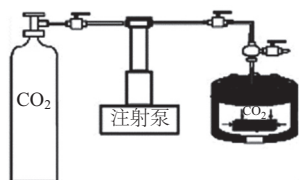


图1 间歇式发泡成型过程示意图

王喜顺等^[8]采用单螺杆挤出机,CO₂为发泡剂,对PP/CaCO₃复合材料进行挤出发泡。采用正交法设计实验,利用Design-Expert统计软件得到加工工艺参数对泡体形态的影响规律。结果表明,螺杆转速为46~52 r/min、机头温度为170℃、熔体温度为180~189℃,CaCO₃含量为6.67%~7.9%时,可得到较好的PP/CaCO₃微孔发泡制品。

超临界流体注射微孔发泡的影响因素除注射速度、注射压力、模具温度外,注气量及注气速度也是影响其泡孔结构的重要因素。李蓓等^[9]以超临界N₂注射成型PP微孔发泡塑料,研究关键工艺参数如注气时间、注射温度、注射速率对超临界微孔发泡塑料泡孔结构和拉伸性能的影响。先将PP粒料通过料斗加入到注塑机机筒中,通过注塑发泡控制器调控来自高压氮气压缩机的超临界N₂,以一定速率注入螺杆中间段,与熔体混合为均相体系。在保持较短的注气时间和较高注射速率下,通过调整注射温度可获得泡孔尺寸小、密度高且拉伸性能好的PP微孔发泡材料。

张平等^[10]将PP粒料在平板硫化机上压成环状坯料,将其放入发泡室中,加热到设定温度,转子转动使物料熔融塑化,同时将超临界CO₂注入到聚合物熔体中进行发泡。随发泡温度的升高,发泡体系熔体黏度和表面张力降低,泡孔变大,泡孔密度减小。与发泡温度相比,CO₂饱和压力对泡孔结构的影响较小。

刘阳夫等^[11]采用欠注塑发泡成型工艺,通过控制射胶时间制备了PP微孔发泡材料,研究了射胶时间和熔体温度对PP微孔发泡材料发泡行为的影响。当射胶时间为1.6 s和1.8 s时,PP发泡行为较理想,泡孔直径分别为34 μm和50 μm;熔体温度为180℃时,PP发泡行为较理想,泡孔直径为35 μm。

2 微孔发泡材料改性方法

2.1 化学改性

在制备PP微孔泡沫前,可通过交联、接枝等化学改性方法对PP基体进行改性,以有效提高PP的熔体强度、并获得均匀的泡孔结构。例如,李春红等^[12]采用反应挤出法对PP进行硅烷交联改性,制备HMSPP,并采用模压发泡制备PP微孔泡沫材料。

彭朝荣等^[13]采用交联敏化剂三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTA)及电子加速器对PP片材进行辐照交联,再通过模压发泡,发泡剂为对甲苯磺酰氨基脲,获得了高发泡倍率的微孔泡沫材料。研究了交联助剂、辐照气氛及吸收剂量对辐照交联PP凝胶含量的影响以及PP发泡的工艺条件。结果表明,当PP凝胶分数为35%~55%时及在合适的发泡温度和压力下可得到闭孔结构、泡孔均匀、表观密度为0.032 g/cm³的微孔泡沫材料。

Li Xiaohu等^[14]将PP与交联敏化剂三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTMA)混合,模压成片材。而后PP片材由γ射线照射,并以超临界CO₂发泡。以凝胶含量测试方法研究了γ射线辐射对PP的结构和性能的影响。结果表明,交联后PP的黏度降低,PP辐照交联后可得到理想的闭孔泡孔结构。交联PP合适的辐照吸收剂量为10~20 kGy,此时PP凝胶质量分数为25%~35%。在10 kGy辐照吸收剂量下,交联PP的发泡温度窗口为12℃。

陈琪等^[15]将PP和马来酸酐接枝聚丙烯(PP-g-MAH)分别和废旧轮胎胶粉共混,采用超临界CO₂为发泡剂以及间歇式发泡成型方法制备了微孔发泡材料。PP/废旧轮胎胶粉微孔泡沫材料因二者的不相容性以及胶粉的成核剂的作用,使得PP/废旧轮胎胶粉微孔发泡材料具有双孔结构,破坏了泡孔的均匀性;而PP-g-MAH/废旧轮胎胶粉因废旧胶粉中的-OH与MAH基团产生反应,改善了界面结合性,使得泡孔变小,获得了泡孔均匀的微孔发泡材料。

许治昕等^[16]采用自制的饱和聚酯对线型均聚PP进行熔融接枝改性。改性后的PP形成了微交联结构,其中凝胶含量约为10%,且凝胶的交联点之间平均相对分子质量达到3.0×10⁵。这种微交联的PP和未改性的线型PP相比,具有相近的剪切黏度和熔体流动速率,但熔体弹性明显增加,且有应变硬化行为,其最大拉伸黏度是本体PP的10倍。因此,微交联结构的引入改善了PP的发泡性能。

Wang Long等^[17]采用长链支化PP及发泡注射成型(FIM)法制备了PP微孔泡沫材料。即使在快速冷却速率下,PP的长链分支都可以提高其结晶温度。长链支化PP的FIM技术不仅降低了泡孔尺寸且提高了泡孔密度。研究表明,引入长链分支是制造高膨胀微孔泡沫的好方法,该高膨

胀 PP 微孔泡沫可用于建筑和运输中。

2.2 聚合物共混改性

PP 属结晶型聚合物,其微孔发泡的温度范围较窄,将 PP 与其他树脂共混改性可有效提高 PP 的熔体强度,减小其结晶度,从而可以改善泡孔结构^[18]。

孙晓辉^[19]将 PP 分别与两种高密度聚乙烯 (PE-HD) 共混,并采用超临界 CO₂ 作为发泡剂进行高压釜发泡,得到 PP / PE-HD 微孔发泡材料。PP 与黏弹性低于其本身的 PE-HD 共混时,随 PE-HD 含量的增加,熔体的黏弹性逐渐减小,当 PE-HD 含量为 25% 时,能够得到均匀细小的微孔结构;PP 与黏弹性高于其本身的 PE-HD 共混时,随 PE-HD 含量增加,熔体的黏弹性逐渐增大,但所得 PP / PE-HD 发泡材料的泡孔尺寸、孔隙率却不减反增,且泡孔结构完整。

侯雁婷等^[20]以 PP 与 4 种聚乙烯 [低密度聚乙烯 (PE-LD)、线性低密度聚乙烯 (PE-LLD)、高密度聚乙烯 (PE-HD)、热塑性弹性体 (TPE)] 共混物作为原料,采用超临界 CO₂ 作为发泡剂,在同向双螺杆挤出机-熔体泵发泡系统上进行挤出发泡。结果表明,PP / PE-HD、PP / TPE 发泡共混体系的储能模量和零切黏度较大,使用这两种发泡体系可以得到泡孔尺寸小、泡孔均匀性好的发泡制品,且制品泡孔致密。

吴清锋等^[21]以 CO₂ 为发泡剂,制备了 PP / 苯乙烯-丁二烯-苯乙烯共聚物 / 聚二甲基硅氧烷 (PP / SBS / PDMS) 发泡材料。引入 SBS 能显著改善发泡样品的泡孔形态,引入 PDMS 后共混物的泡孔尺寸降低,泡孔密度进一步增大。在高压降速率下,PP / SBS / PDMS 微孔发泡材料的泡孔形态得到进一步改善。

2.3 纳米改性

纳米粒子可影响微孔发泡材料的泡孔结构,主要是通过影响气泡成核和气泡长大 2 个过程来实现。

邱启航等^[22]采用化学发泡法制备出 PP / nano-SiO₂ 微孔发泡复合材料,探讨了不同模具温度对 PP / nano-SiO₂ 发泡行为的影响。模具温度对 PP 复合材料发泡行为的影响主要体现在 2 个方面:一方面,影响 PP / nano-SiO₂ 复合发泡材料的泡孔结构参数,随模具温度升高,熔胶散热越慢,泡孔的直径越大,泡孔密度越小,分散状态越不稳定;另一方面,影响 PP / nano-SiO₂ 发泡材料制品内部区域面积,随模具温度升高,发泡面积越大。发泡材料的冲击强度和拉伸强度随模具温度的升高明显下降。

Li D 等^[23]将纳米 CaCO₃ 加入 PP / 短碳纤维复合材料以提高性能。纳米 CaCO₃ 的加入提高了 PP 复合材料的熔点和结晶度,并增加了熔体强度。采用减压发泡法及超临界 CO₂ 制备了 PP 微孔发泡材料。随着纳米 CaCO₃ 含量的增加,泡孔平均直径先减小后增大,而泡孔密度呈相反的变化

趋势。此外,饱和压力的增加或发泡温度的降低也会减小泡孔直径,增大泡孔密度。

Wang Mingyi 等^[24]采用马来酸酐接枝聚丙烯 (PP-g-MAH) 作为增容剂、嵌段共聚 PP(B-PP) 为基体,制备 B-PP / 纳米粘土复合材料。以超临界 CO₂ 作为发泡剂,在单螺杆挤出机上制备了 B-PP / 纳米粘土微孔发泡材料。结果表明,纳米粘土和 PP-g-MAH 的加入降低了复合体系的熔体强度和黏度,在挤出发泡过程中当超临界 CO₂ 加入量为 3% 时,纳米粘土和 PP-g-MAH 的引入增加了微孔发泡材料的膨胀率,并使泡孔密度增大。

将 MMT 作为成核剂加入到 PP 微孔泡沫材料中,可起到泡孔异相成核作用,使体系的成核点增多,从而增加泡孔密度;在气泡成核及长大过程中起到阻隔气体作用,阻隔气泡合并,加固其泡孔壁防止遭到破坏^[12]。纳米粉体在 PP 基体中易团聚,不利于均匀泡孔的形成,可对其进行有机化处理以提高其与 PP 的界面结合性。高长云等^[25]利用线性 PP 和有机化处理的纳米蒙脱土 (nano-OMMT),在双螺杆挤出机上熔融插层法制备了 PP / nano-OMMT 复合材料。在 PP / nano-OMMT 复合材料中加入少量的高熔体强度聚丙烯 (HMSPP) 以及复合发泡剂,通过连续挤出制备了 PP / HMSPP / nano-OMMT 发泡棒材。适量加入 HMSPP 可以改善复合材料的发泡性能,所得发泡制品的泡孔密度增大,泡孔的合并现象明显改善; nano-OMMT 在靠近泡孔壁面的位置有取向分布的趋势,这有利于得到闭孔形式的泡孔结构。

2.4 纤维及填料改性

短切纤维及填料填充改性微孔发泡 PP 材料,不仅起到增加泡孔致密性的作用,也起到成核剂的作用,且在填料一定含量时起到促进成核和泡孔合并的作用^[12]。

J. Lee 等^[26]研究了微孔发泡 PP / 短玻璃纤维 (SGF) 复合件的表面质量,发现熔体中 SCF 的质量分数减少可以降低填充过程中的气泡成核率,熔体前沿的泡孔破裂大幅度减少。李良^[27]采用两种长径比的 SGF 对 PP 微孔发泡材料进行增强改性,长径比为 13 : 3 的 SGF 的弯曲强度增强效果较好,SGF 与泡孔在基体中分散性较好,SGF 的加入不会引起泡孔变形,泡孔尺寸在 20 ~ 40 μm。

杨继年等^[28]用单螺杆挤出机及型内二步法发泡工艺制备了 SGF 增强 PP 泡沫复合材料。SGF 的引入提高了共混体系的熔体强度,能够获得泡径细小且分布均匀的闭孔结构;偶联剂的表面包覆改善了 SGF 与 PP 的相容性,显著增强了两者的界面结合,从而使 PP / SGF 微孔泡沫材料获得优异的力学性能。

而后杨继年等又采用接枝体改善 PP 泡沫复合材料中 SGF 与 PP 的界面相容性,改善了泡沫体的发泡效果,使泡

沫体的力学性能得到了显著改善。例如,杨继年等^[29]采用型内二次发泡工艺制备了 PP-g-MAH 改性 PP /SGF 泡沫复合材料。PP-g-MAH 的引入改善了泡沫体的发泡效果,平均孔径减小了约 35%,泡孔密度提高近 4 倍且分布均匀;偶联剂的表面包覆和 PP-g-MAH 的共同作用显著改善了 PP 与 SGF 的相容性;随 SGF 含量增加,PP /SGF 泡沫材料的弯曲强度先增大后减小,而冲击强度则呈现先急剧增加而后趋缓的变化趋势。

谢敏讷等^[30]采用注塑发泡方法制备了质量比为 75 / 25 的 PP / 三元乙丙橡胶 (PP / EPDM) 共混物和质量比为 75 / 25 / 7.5 的 PP / EPDM / 云母粉复合材料制品。与共混物发泡制品相比,加入云母粉后,复合材料发泡制品的拉伸及缺口冲击强度都提到了提高,并呈现应变硬化现象。复合材料发泡制品的泡孔直径明显较小且分布较均匀,泡孔密度明显较大,结晶度较高,这些是使复合材料发泡制品具有较高力学性能的主要原因。

龚维等^[31]将改性 MgSO_4 和 CaCO_3 晶须添加到 PP 中,利用二次开模法制备了微孔发泡 PP / 晶须复合材料。分析了不同晶须种类对晶须复合材料的发泡性能和力学性能的影响。结果表明,晶须具有一定成核效应,PP / CaCO_3 晶须泡沫复合材料的泡孔尺寸约为 25.27 μm , CaCO_3 晶须的增强效果较差。 MgSO_4 晶须增强效果较好,PP / MgSO_4 微孔泡沫复合材料的泡孔尺寸约为 26.75 μm ,拉伸强度达到 30.5 MPa。由于其低成本和增强效果较好, MgSO_4 晶须被认为是用于微孔发泡 PP 复合材料的理想填料。

赵丽萍等^[32]在二次开模条件下,采用注塑成型的方法制备了微发泡 PP / 滑石粉材料。结果表明,少量滑石粉的加入使得泡孔平均直径减小,泡孔更均匀细密,发泡材料的力学性能降低较小,其中比弯曲强度几乎不变。滑石粉的质量分数为 5% 时,PP 复合材料的比强度最高,继续增加滑石粉的质量分数,反而降低材料的比强度。

3 结语

目前,超临界 CO_2 发泡技术在微孔发泡材料制备中研究较多,这种技术能够满足一定要求,但生产成本较高,不适合工业化生产。因此,采用成本低廉、无毒化学类发泡剂制备泡孔结构良好的 PP 微孔发泡材料将是今后研究热点。研究 PP 的交联及接枝改性技术,与其它聚合物共混技术,以及纳米填料、纤维改性等都是改善其泡孔结构、提高微孔泡沫材料发泡性能和力学性能的途径,研究改性材料与 PP 基体材料的界面相容性问题也是今后的研究方向。

参考文献

[1] Martini J E. The production and analysis of microcellular foam[D]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1981.

- [2] 汪晓鹏,等. 塑料工业,2013,41(12):9-12.
Wang Xiaopeng, et al. China Plastics Industry, 2013, 41 (12):9-12.
- [3] 吴建,等. 塑料制造,2011(1):81-83.
Wu Jian, et al. Plastics Manufacture, 2011(1):81-83.
- [4] 汪菊英,等. 塑料工业,2007,35(5):58-61.
Wang Juying, et al. China Plastics Industry, 2007, 35(5):58-61.
- [5] Zhou Changchun, et al. Composites Part B:Engineering, 2011, 42(2):318-325.
- [6] 张礼,等. 包装学报,2016,8(1):25-29.
Zhang Li, et al. Packaging Journal, 2016, 8(1):25-29.
- [7] 何继敏. 新型聚合物发泡材料及技术 [M]. 北京:化学工业出版社,2009:336-363.
He Jimin. Novel polymer foam material and technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009:336-363.
- [8] 王喜顺,等. 中国塑料,2010(5):68-73.
Wang Xishun, et al. China Plastics, 2010(5):68-73.
- [9] 李蓓,等. 工程塑料应用,2015,41(10):52-58.
Li Bei, et al. Engineering Plastics Application, 2015, 41(10):52-58.
- [10] 张平,等. 塑料工业,2007,35(6):345-347.
Zhang Ping, et al. China Plastics Industry, 2007, 35(6):345-347.
- [11] 刘阳夫,等. 塑料工业,2015,43(9):61-64.
Liu Yangfu, et al. China Plastics Industry, 2015, 43(9):61-64.
- [12] 李春红,等. 塑料科技,2011,39(2):39-42.
Li Chunhong, et al. Plastics Science and Technology, 2011, 39(2):39-42.
- [13] 彭朝荣,等. 塑料工业,2010,38(11):76-79.
Peng Chaorong, et al. China Plastics Industry, 2010, 38(11):76-79.
- [14] 李小虎,等. 功能高分子学报,2015,28(4):367-372.
Li Xiaohu, et al. Journal of Functional Polymers, 2015, 28(4):367-372.
- [15] 陈琪,等. 特种橡胶制品,2012,33(5):7-11, 26.
Chen Qi, et al. Special Purpose Rubber Products, 2012, 33(5):7-11, 26.
- [16] 许治昕,等. 高分子材料科学与工程,2014,30(7):51-55.
Xu Zhixin, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2014, 30(7):51-55.
- [17] Wang Long, et al. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2016, 55(46):11970-11982.
- [18] 陈浪,等. 包装学报,2016,8(2):20-27.
Chen Lang, et al. Packaging Journal, 2016, 8(2):20-27.
- [19] 孙晓辉. 塑料科技,2014,42(10):72-76.
Sun Xiaohui. Plastics Science and Technology, 2014, 42(10):72-76.
- [20] 侯雁婷,等. 北京化工大学学报:自然科学版,2013,40(3):50-55.

- Hou Yanting, et al. Journal of Beijing University of Chemical Technology, 2013, 40(3):50-55.
- [21] 吴清锋, 等. 塑料科技, 2009, 37(10):62-66.
- Wu Qingfeng, et al. Plastics Science and Technology, 2009, 37(10):62-66.
- [22] 邱启航, 等. 塑料, 2013, 42(5):30-33.
- Qiu Qihang, et al. Plastics, 2013, 42(5):30-33.
- [23] Li D, et al. Plastics Rubber & Composites, 2014, 43(4):130-137.
- [24] Wang Mingyi, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2016, 133(41):44094.
- [25] 高长云, 等. 塑料工业, 2010(12):67-69.
- Gao Changyun, et al. China Plastics Industry, 2010(12):67-69.
- [26] Lee J, et al. Polymer, 2011, 52(6):1436-1446.
- [27] 李良. 微孔发泡聚丙烯填充增强的研究 [D]. 贵州: 贵州大学, 2008.
- Li Liang. Study on the reinforcement of microcellular foam polypropylene[D]. Guizhou: Guizhou University, 2008.
- [28] 杨继年, 等. 南京航空航天大学学报, 2010, 42(1):88-92.
- Yang Jinian, et al. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2010, 42(1):88-92.
- [29] 杨继年, 等. 材料工程, 2012(11):57-60.
- Yang Jinian, et al. Journal of Materials Engineering, 2012(11):57-60.
- [30] 谢敏讷, 等. 塑料工业, 2011, 39(12):85-89.
- Xie Minna, et al. China Plastics Industry, 2011, 39(12):85-89.
- [31] 龚维, 等. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(3):67-70+75.
- Gong Wei, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2011, 27(3):67-70+75.
- [32] 赵丽萍, 等. 上海塑料, 2016(3):55-58.
- Zhao Liping, et al. Shanghai Plastics, 2016(3):55-58.

(上接第 124 页)

- [27] He Peigang, Huang Mingyue, Stefan Fisher, et al. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2015, 57(1):49-56.
- [28] He Peigang, Chen Ke, Yang Jinglei. Journal of Applied Surface Science, 2015, 328(1):614-622.
- [29] Critchlow G W, Brewis D M. International Journal of Adhesion and Adhesives, 1996, 16(4):255-275.
- [30] Brewis D M, Critchlow G W, Curtis C A. International Journal of Adhesion and Adhesives, 1999, 19(4):253-256.
- [31] Ong C L, Shu W Y, Shen S B. International Journal of Adhesion and Adhesives, 1992, 12(2):79-84.
- [32] Huang Zhequn, Sumio Sugiyama, Jun Yanagimoto. Journal of Materials Processing Technology, 2013, 213(13):1 864-1 874.
- [33] Sarlin E, Heinonen E, Vuorinen J, et al. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2014, 49(2):51-57.
- [34] Fuellbrandt M, Kesal D, Klitzing R. V. Acs Applied Materials & Interfaces, 2015, 7(300):16 247-16 256.
- [35] Min-Young Lyu, Tae Gyun Choi. International Journal of Precision Engineering & Manufacturing, 2015, 16(1):213-220.

2017 年中国日用塑料制品全年产量达 665.14 万 t

近年来,在“以塑代钢”的市场大环境下,政策的倾斜为塑料制品行业带来了良好的前景,中国的塑料制品产量环比去年同期增加明显。随着生活水平逐年提高,人们对塑料制品的环保要求也逐步提高,绿色低碳成为该行业共识,只有不断提高塑料制品的品质,拓宽其用途,向高端市场进军,才能迎来更多的发展机遇。据中商产业研究院发布的《2018-2023 年中国塑料制品行业市场前景及投资机会研究报告》数据统计显示,2017 年中国塑料制品累计产量为 7 515.5 万 t,累计增长 3.4%。据中商产业研究院数据预测,预计 2018 年中国塑料制品累计产量将达 7 719.3 万 t,累计增长约 3.1%。其中,2017 年中国日用塑料制品累计产量为 665.14 万 t,累计增长 5.8%。

(中塑在线)

帝斯曼集团计划将热固性材料引入 3D 打印产品

皇家帝斯曼集团与 Chromatic 3D Materials 公司达成了一项合作协议,计划为 3D 打印产品引入热固性材料。帝斯曼集团通过合作进一步拓展了业务范围,据公司代表称,现在帝斯曼集团可以为各种打印技术提供最齐全的 3D 打印

材料。帝斯曼增材制造部门的副总裁 Hugo da Silva 认为:“增材制造或 3D 打印技术可以从根本上改变产品的制造方式,从而为消费者定制个性化产品,这是目前的技术所无法实现的。而这这就要求制造商必须选择最佳的材料、印刷工艺和软件,以满足消费者的要求。通过与 Chromatic 的合作,我们可以为我们的客户提供工业级的热固性材料,而这一点在目前的增材制造技术中是无法实现的。”

Chromatic 3D Materials 公司的 CEO 表示:“我们公司与帝斯曼增材制造部门有一个共同的理想,那就是为制造业带来高性能、工业级的 3D 打印解决方案。我们将共同实现 3D 打印在工业中繁荣发展的梦想。” Chromatic 3D 公司是少数几家知道如何将热固性材料用于 3D 打印技术的公司之一,这种材料可以为产品提供适应性、耐用性和弹性等优良性能,而应用于传统 3D 打印技术的热塑性塑料是不可能为产品提供这些性能的。帝斯曼集团全球范围的巨大市场与 Chromatic 公司的专业技术相结合,强强联手的两家公司将共同开发热固性材料。帝斯曼将推出的初始产品之一就是工业级柔软耐用热固性材料,这种材料是帝斯曼集团熔丝制造 (FFF) 热塑性塑料组合的重要组成部分。(材料科技在线)