

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.05.026

金属-塑料一体化成型技术金属前处理方法研究进展

李查¹, 陈静¹, 李又兵^{1,2}, 魏依明¹, 曾晓燕¹

(1. 重庆理工大学材料科学与工程学院, 重庆 400054; 2. 重庆市模具技术重点实验室, 重庆 400054)

摘要: 有助于实现汽车轻量化的金属-塑料一体化成型技术越来越受到关注, 金属表面前处理是金属-塑料一体化成型技术中的关键环节。在此主要介绍了当前金属-塑料一体化成型中常见的金属前处理方法, 以及经过不同处理后的金属表面效果, 总结了良好的金属粘接面需具备的性质, 综述了基于不同前处理方法的金属-塑料一体化成型技术的研究进展, 并对一体化成型技术的发展前景进行了展望。

关键词: 塑料; 金属; 一体化; 表面处理

中图分类号: TQ327 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)05-0121-04

Research Progress of Metal Pretreatment Methods in Metal-Plastic Integrated Molding Technology

Li Cha¹, Chen Jing¹, Li Youbing^{1,2}, Wei Yiming¹, Zeng Xiaoyan¹

(1. College of Materials Science and Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China;

2. Chongqing Key Laboratory of Mould Technology, Chongqing 400054, China)

Abstract: Metal-plastic integrated technology is becoming more and more important for the realization of automotive lightweight, metal surface pretreatment is the key link in the integrated metal plastic forming technology. In the paper, the common metal pretreatment methods in metal-plastic integrated molding and the effect of metal surface after different treatment were introduced, the properties of good metal bonding surfaces were summarized, the research progress of plastic-metal integrated molding technology based on different pretreatment methods was reviewed, and the development prospect of integrated molding technology was forecasted.

Keywords: plastic; metal; integration molding; surface treatment

近年来,随着汽车产量和保有量的持续增加,能源消耗日益增多,环境污染日益严重。为推动汽车行业的健康可持续发展,汽车轻量化逐渐成为汽车发展的主流趋势,要实现汽车轻量化,使用轻质材料例如轻质合金或者合成树脂就是一有效途径^[1],这就要求将轻质金属与塑料进行有效连接。传统连接方式主要使用胶粘剂或铆接两种方式,前者对环境有一定的要求,而且常常伴随VOC(挥发性有机化合物)的释放^[2-3];后者需要对塑料和金属进行钻孔,容易产生应力集中,抗疲劳性差。因此发展不使用粘结剂的金属塑料一体化成型技术成为当前汽车轻量化技术重要发展方向之一。

1 金属塑料一体化成型技术

金属-塑料一体化成型技术流程: 首先对金属表面进行预处理(包括物理处理或化学处理),在金属表面形成微

纳米孔洞或凹槽,再将塑料以模压、注塑、焊接等方式与金属搭接成型,从而实现金属塑料一体化连接成型。

金属塑料一体化成型过程是一个复杂的物理以及化学过程,金属材料表面结构与形态在很大程度上影响与塑料制品最终的结合强度^[4-5]。金属塑料搭接头是由金属界面与塑料制品表面组成的复杂连接系统,在受热成型过程中,塑料熔体流动充入金属表面形成的微纳结构表面,在冷却过程中形成微纳铆接效果,可见界面性能直接影响金属的连接强度,因此对金属表面进行必要的前处理成为金属塑料一体化成型技术的关键^[6]。

2 金属表面前处理技术

很多合金如铝合金、不锈钢、钛合金即便在干燥空气中,也易形成自然氧化膜,这种自然氧化膜结构松散、与基体

基金项目: 重庆市研究生科研创新项目(CYS17282),重庆理工大学研究生创新基金项目(YCX2016237)

通讯作者: 李查,硕士,主要从事高分子材料成型技术研究 E-mail: 2279880307@qq.com

收稿日期: 2018-03-02

引用格式: 李查,陈静,李又兵,等. 金属-塑料一体化成型技术金属前处理方法研究进展[J]. 工程塑料应用,2018,46(5): 121-124.

Li Cha, Chen Jing, Li Youbing, et al. Research progress of metal pretreatment methods in metal-plastic integrated molding technology[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(5): 121-124.

结合强度差,很难与塑料进行有效的粘结,通过对金属表面进行前处理,就可以很好地清除掉自然氧化膜,并代之以新的、适合粘结的氧化膜。

在金属-塑料一体化成型工艺中,金属表面处理方法有很多种,主要包括预处理、机械处理、化学腐蚀、阳极氧化、等离子体处理、激光处理等。

2.1 预处理

经过切割成块的金属表面常附着灰尘、油污等,所以在使用前要进行酒精清洗以及有机溶剂脱脂工序,常用的有机溶剂有丙酮、汽油、乙酸乙酯等。

2.2 机械处理

最常见的机械处理方式就是砂纸打磨,不仅可以去除已有表面氧化层以及表面缺陷,还可以增加一定的表面粗糙度,增加表面粗糙度有利于增大聚合物与金属基体的接触面积,有利于提高两者之间的连接强度。

K. Nagatsuka 等^[7]使用砂纸水磨铝合金表面,并采用搅拌摩擦焊搭接玻纤增强 PA6 与处理过的铝合金,与未处理的铝合金相比,测得最大拉伸力由 1.0 kN 增大到 2.9 kN,通过 X 射线光电子能谱分析(XPS)表征发现湿磨过程中合金表面 Al_2O_3 转变为 $\text{Al}(\text{OH})_3$,尼龙 6(PA6)中的一 NHx 基和一 CHx 基能够与 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 产生氢键,不过氢键导致的连接强度的提升效果有限,主要还是因为铝合金表面经过砂纸水磨后具有一定的表面粗糙度。

在金属表面进行喷丸、喷砂处理,金属表面获得较砂纸打磨更为明显的粗糙度,有利于增加和塑料层之间的附着力。

黄殿凯等^[8]对 45# 钢进行喷丸处理,喷丸速度为 60 m/s,喷丸距离 200~400 mm,喷完后平均谷深 R_m 为 6 mm,然后与预先配好的共混混料塑料层在 380℃ 高温下进行压制成型,制备出结合性能良好的 PES-金属复合材料,其结合强度最高达 70.44N,喷丸处理除了能使金属表面产生一定的粗糙度,还能使基体表面活化,从而提高喷涂层的结合强度。

H. Eisler 等^[9]在钢片表面进行金刚砂喷砂处理,并与玻纤增强的 PA66 进行模压成型,与未喷丸处理钢片搭接成型相比,最大平均拉伸力从 0.7 kN 提升到了 1.6 kN;将喷料从 185 μm 的细砂换成 710 μm 的粗砂,最大拉伸力提高到 2.3 kN。干涉仪测得表面粗糙度从 1.75 μm 增长到了 2.59 μm ,表面粗糙度的增加导致金属嵌体与聚合物之间形成更大的附着力,从而提升了搭接强度。

2.3 化学处理

常用的化学处理就是在金属表面进行酸、碱液浸蚀处理,形成一层有利于搭接的新鲜氧化膜。常用的碱性腐蚀液

有氢氧化钠、碳酸钠、硅酸钠、肥皂等^[10],其中以氢氧化钠应用最为广泛。王士喜^[11]采用 NaOH 水溶液对铝合金表面进行清洗和刻蚀预处理,并对铝合金进行水合肼溶液浸泡和等离子体气相法沉积处理,在金属表面一层形成 SiOx 复合膜,采用自制模具将处理后的铝合金和聚苯硫醚进行层压,结合强度达到 6 MPa 以上,红外光谱和扫描电镜发现:复合膜的沉积速率越大、排列越紧密越有利于铝塑界面的结合强度和铝合金的腐蚀性能的提高,这与沉积膜的粒径小以及形成化学键有关。

碱性处理剂可以有效清除金属表面油污、活化表面,但处理后金属基体表面并不能产生多孔氧化膜,通常与其它处理法复合使用,通常作为表面处理工艺中清除油脂、去除自然氧化膜的一道工序^[12,13]。R. Y. Yeh 等^[14]通过氨水溶液腐蚀和等离子体喷涂处理铝合金表面,铝合金表面分别形成了数量不均的纳米孔洞和厚度为 0.1 mm 的涂层,通过注塑将聚丙烯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(PP/ABS)共混塑料和铝合金进行搭接成型,通过腐蚀和喷涂两步处理的金属与塑料的试样比没有处理的搭接试样的结合强度提高了 2.5 倍,最高剪切强度达到 14.46 MPa,傅立叶变换红外光谱和接触角实验发现,化学腐蚀使得金属表面获得了极性基团,提高了铝合金与 PP/ABS 共混塑料的连接强度。

酸蚀处理能使表面产生化学活性,应用最广的是铬酸盐化学氧化体系。经过铬酸盐体系制备的化学氧化膜厚度均匀,多孔结构增大了孔比表面积,能很好地与塑料层形成复合结构,从而增大结合强度^[15-16]。

P. A. Fabrin 等^[17]配制复合腐蚀液对铝合金表面进行刻蚀形成孔洞,利用注塑成型对铝合金和热塑性弹性体(TPE)进行直接连接,最大剥离强度可达到 9.33 N/cm;通过某一腐蚀液处理的剥离强度只有 1.68 N/cm。研究了嵌件的厚度对结合强度的影响,分析认为两种材料的热膨胀系数、塑料熔体流入铝合金表面的速度以及冷却速度都会影响两者的结合强度。

2.4 阳极氧化

金属表面经阳极氧化之后,获得清洁、高能、机械性能稳定,有较好微观粗糙度的表面^[18]。影响阳极氧化效果的参数有很多,例如电解液成分及浓度、氧化温度、氧化电压、氧化时间等,可以通过调节一个参数或多个参数获得想要的表面效果。

He Peigang 等^[19]研究了不同阳极氧化温度对 Ti 合金表面微观结构的影响,随着阳极氧化的温度从 0℃ 增大到 40℃,氧化层的厚度从 1200 nm 减小到 200 nm,在更高的温度下,离子流动更频繁,从而加快了氧化层的溶解速率。40℃ 时, Ti 合金表面形成了一层蜂窝状的氧化层,孔洞直径

在 100~200 nm 之间,分布均匀。经实验表征,氧化层表面粗糙度从 657.0 nm 到 817.2 nm 不等。对比未处理的样品,经过在氧化温度为 0,25,40℃ 的条件下氧化处理后的样品的剪切强度分别提高了 217%,225%,317.2%。通过扫描电子显微镜 (SEM) 分析,未处理样品粘结失效位置主要发生在环氧树脂和合金之间;经过氧化温度为 40℃ 的阳极氧化后,失效方式主要为树脂本身的内聚破坏失效,当氧化温度在 0℃ 和 25℃ 时,各种失效方式混合存在(包括氧化层失效、环氧树脂和 Ti 合金之间粘合失效和树脂内聚破坏失效),进一步分析认为纳米蜂窝状结构有利于 Ti 合金和树脂的机械互锁,从而提升了复合材料的剪切强度。

Wu Ruomei 等^[20]利用阳极氧化法来处理铝合金表面,电解液成分主要有硫酸、草酸、重铬酸钾,通过改变电解液浓度、氧化时间以及电流等参数,确定了最佳阳极氧化条件,在该阳极氧化条件下,铝合金表面形成了一层多孔层,孔径约为 20 μm ,接着通过流延成型在处理后的铝合金表面涂覆一层 PP 膜,当 PP 溶液浓度为 5 g/L 时,铝合金多孔层上的孔径减小为原来的一半,孔径的减小表明 PP 已经顺利进入到铝合金表面的多孔层中。

2.5 等离子体处理

通过低温等离子体表面处理,金属表面发生多种物理、化学变化,可以形成表面刻蚀,并有较好的粗糙度。

S. Aliasghari 等^[21]在硅酸盐电解质溶液中对 5052 铝合金进行等离子氧化 (PEO) 预处理,将处理后的铝合金与 PP 进行搅拌摩擦电焊搭接,研究发现等离子体氧化预处理的铝合金与 PP 连接件的剪切拉伸强度为 1.2 kN,而未处理的铝合金和 PP 搭接的剪切拉伸强度只有 0.36 kN,SEM 发现 PEO 处理后的铝合金与 PP 呈纤维状的韧性断裂拉伸失效,而未经过 PEO 处理的界面失效显示为光滑的粘结失效,SEM 与傅立叶变换红外光谱发现熔融的 PP 进入了富集大量含 Si 物质的 PEO 涂层区域内的孔洞,铝合金和 PP 之间形成了微观机械互锁,而且可能存在化学连接;对断裂样条表面的 PP 进行 DSC 分析,处理过后的铝合金附近的 PP 结晶度降低了 40%,而未处理过的铝合金附近的 PP 结晶度大约只降低了 10%,这可能是 PEO 涂层的隔热性导致了 PP 所需要的融化温度提高。

R. Y. Yeh 等^[22]在铝合金表面进行等离子体电解氧化形成孔径为 4 μm 的微孔。与聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 进行注塑,结果显示孔隙度在 20% 时达到最大剪切强度 8.6 MPa,分析认为金属表面的孔隙度是 PET 与铝合金连接成功的关键因素,而铝片表面的粗糙度和孔径大小对结合强度没有太大作用。

2.6 激光处理

近几年,研究者们通过激光烧蚀金属表面,获得一定尺寸的表面凹槽,然后与塑料层进行搭接,或者直接利用高能激光器连接金属与塑料,激光处理正成为金属塑料一体化成型技术中的研究热点。

A. Roesner 等^[23]利用激光烧蚀不锈钢表面在表面形成微观凹槽,然后控制热量输入和加热时间使得塑料熔体进入金属表面凹槽,再对两者加以一定的压力后保压一段时间,测得两者最大剪切拉伸强度可以达到 24 MPa。

K. Taki 等^[24]利用激光烧蚀铝合金表面,在表面形成 200 μm × 200 μm 的网格状凹槽,再将铝合金与塑料通过精密注塑连接成型,网格的深度和长度是连接强度的重要影响因素,塑料与金属之间有效连接面积影响着两者的连接强度;剪切拉伸实验表明塑料与铝合金之间存在三种失效方式:界面失效、粘附失效以及基体断裂失效,当发生基体断裂失效时,最大应力与聚合物的拉伸强度成比例,由于发生弯曲变形,最大应力约为塑料拉伸强度的 60%,实验中采取的三种塑料基体聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT),聚苯乙烯 (PS),ABS 中 PBT 的连接效果最佳,可以达到 180 N,说明铝合金与 PBT 之间具有良好的连接效果。

K. W. Jung 等^[25]通过脉冲激光焊接铝合金和碳纤维增强的 PA6,两者连接强度达到 3.0 kN,主要的断裂位置发生在界面处的碳纤维熔融区域或连接界面处,熔融的塑料和碳纤维留在铝合金的断裂处,通过 SEM 分析在整个碳纤维熔融区域形成了很多亚毫米级的气泡,并且界面处的熔融塑料流入了铝合金表面的晶界;透射电子显微镜和能谱仪 (EDS) 分析发现铝合金和塑料之间形成了化学键。

2.7 其他处理手段

除了上述所讲的表面处理外,还有添加硅烷偶联剂、退火等,有机硅烷偶联剂是最常用的金属表面改性处理剂,可以显著改善金属-塑料复合件的耐久性,这主要是因为两者之间形成了稳定的共价键。陈明安^[26]采用三层(上下两层为铝合金,中间一层为塑料层)复合层压工艺探究了马来酸酐接枝聚丙烯 (PP-g-MAH) 的含量和氨基硅烷偶联剂浓度对连接强度的影响,研究得出塑料中 PP-g-MAH 的最佳含量为 20%,硅烷偶联剂处理铝合金的最佳浓度为 3%,在 PP-g-MAH 含量为 20% 和硅烷偶联剂浓度为 3% 的条件下,此时强度达到最大,为 14.5 MPa,硅烷偶联剂浓度进一步增加时,连接强度反而降低,作者分析认为硅烷偶联剂浓度继续增大到一定程度时,将会以单独相的形式存在,铝合金表面的这一弱界面层反而导致剪切强度降低。

退火可以消除残余应力,稳定尺寸,减少变形与裂纹倾向;对于具有多种氧化物的金属,还可以改变表面成分。He

Peigang 等^[27]在钛合金表面进行表面喷漆和退火处理,继而与环氧树脂形成复合件,经过拉伸测试显示表面喷漆后形成的复合件剪切强度比未处理的复合件提高了 81.3%, SEM 分析表明未经过表面喷漆和退火处理形成的复合件粘结失效方式主要为金属与塑料之间的界面失效,而经过表面喷漆和退火处理后形成的金属塑料复合件粘结失效主要发生在钛合金和金属氧化层间,说明经过处理后的样品力学性能有了较大的提升;实验结果表征分析得出:表面喷漆后环氧树脂在钛合金表面的润湿性有了很好的改善,而退火处理则改变了钛合金表面物质成分,主要是由 TiO 转变为更为稳定的 TiO₂,而 TiO₂ 较之 TiO 与环氧树脂间有更好的连接性。He Peigang 等^[28]又进一步探究了不同的表面处理手段对于钛合金表面微观结构形成的影响,包括机械打磨、喷砂处理、阳极氧化、化学刻蚀以及退火,经过五种表面处理后的钛合金形成的复合件的拉伸剪切强度最高能够达到 31.75 MPa,实验结果分析显示环氧树脂在钛合金基体表面的润湿效果经退火处理后有了良好的表现,XPS 实验中还发现了经过不同表面处理钛合金表面 Ti 系类氧化物的成分组成有所变化,通过对比得出高价态 TiO₂ 更有利于与环氧树脂间的结合。

3 结语

金属表面预处理是金属-塑料一体化成型技术中的关键环节,为了获得更为良好的金属粘结面,通常需要几种前处理方法协同作用。经探究发现,良好的金属粘结面须具备如下性质^[29-32]:①界面本身具有较高的内聚强度,不易发生脆性破裂;②属高能表面,利于树脂的润湿;③要有明显的微观粗糙度,易和塑料层形成化学键或机械啮合;④环境稳定性好。金属塑料一体化成型技术不仅能够简化制程工序、缩短工时,降低生产成本,改善环境污染,而且获得的制品连接性能稳定、耐久性好,具有良好的应用发展价值,除了适用于汽车轻量化,金属塑料一体化成型技术在医疗、电子产品等元器件组装上也有很大的应用前景^[33-35]。

参考文献

- [1] 范子杰,桂良进,苏瑞意. 汽车安全与节能学报,2014,5(1):1-16.
Fan Zijie, Gui Liangjin, Su Ruiyi. Journal of Automotive Safety and Energy, 2014, 5(1):1-16.
- [2] 沈慧芳,陈焕钦. 化学与黏合,2005,27(4):225-228.
Shen Huifang, Chen Huanqin. Chemistry and Adhesion, 2005, 27(4):225-228.
- [3] 王晶,赵大生,孙秀英. 化学与黏合,2009,31(2):51-70.
Wang Jing, Zhao Dasheng, Sun Xiuying. Chemistry and Adhesion, 2009, 31(2):51-70.
- [4] Bishopp J A, Jobling D. The surface pretreatment of aluminium-lithium alloys for structural bonding[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 1990, 10(3):121.
- [5] Lundera O, Lapiquea F, Johnsenb B, et al. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2004, 24(2):107-117.
- [6] Baldan A. Journal of Materials Science, 2004, 39(1):1-49.
- [7] Kimiaki N, Shoichiro Y, Atsuki T, et al. Journal of Composites Part B: Engineering, 2015, 73(3):82-88.
- [8] 黄殿凯,徐健伟,李进,等. 工程塑料应用,2003,41(11):60-63.
Huang Diankai, Xu Jianwei, Li Jin, et al. Engineering Plastics Application, 2003, 41(11):60-63.
- [9] Eisler H, Reif M, Henning F. Journal of Composite Materials, 2010, 4(46):1-10.
- [10] 刘斌,陈昌乾,张步进. 模具工业. 2015, 41(7):1-4, 13.
Liu Bin, Chen Changqian, Zhang Bujin. Die & Mould Industry, 2015, 41(7):1-4, 13.
- [11] 王士喜. 铝合金的表面处理提高与聚苯硫醚结合强度及其抗腐蚀性的研究[D]. 苏州:苏州大学,2011.
Wang Shixi. Improvement of bonding strength and corrosion resistance of polystyrene sulfide by surface treatment of aluminum alloy[D]. Suzhou: Soochow University, 2011.
- [12] Nerine J C, Tien H S, Anthony P E, et al. Journal of Colloid and Interface Science, 2005, 282(1):80-86.
- [13] Barakat M A, El-Sheikh S M, Farghly S M. Separation and Purification Technology, 2005, 46(3):214-218.
- [14] Yeh R Y, Hsu R Q. Advances in Materials and Processing Technologies, 2016, 2(1):21-30.
- [15] Lunder O, Olsen B, Nisancioglu K. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2002, 22(2):143-150.
- [16] Liu Y, Arenas A M, Garcia V S, et al. Corrosion Science, 2005, 47(1):145-150.
- [17] Fabrin P A, Hoikkanen M E, Vuorinen J E. Polymer Engineering and Science, 2007, 47(8):1 187-1 191.
- [18] Hadaxinia H, Kinloch A J, Little M S G, et al. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2003, 23(6):449-461.
- [19] He Peigang, Chen Ke, Yu Bin, et al. Journal of Composites Science and Technology, 2013, 82(1):15-22.
- [20] Wu Ruomei, Liang Shuquan, Liu Jun, et al. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2013, 13(3):2 362-2 368.
- [21] Aliasghari S, Ghorbani M, Skeldon P, et al. Surface and Coatings Technology, 2017, 313(1):274-281.
- [22] Yeh R Y, Hsu R Q. Journal of Adhesion Science and Technology, 2015, 29(15):1 617-1 627.
- [23] Roesner A, Scheik S, Olowinsky A, et al. Physics Procedia, 2011, 12(1):370-377.
- [24] Taki K, Nakamura S, Takayama T, et al. Microsystem Technologies, 2016, 22(1):31-38.
- [25] Jung K W, Kawahito Y, Takahashi M, et al. Journal of Laser Applications, 2013, 25(3):530-533.
- [26] 陈明安. 铝薄板/塑料复合成型机理的研究—铝薄板成型及其聚丙烯的粘接界面特性[D]. 长沙:中南大学,2002.
Chen Mingan. Study on the forming mechanism of aluminum sheet / plastic composite aluminum sheet forming and interfacial bonding properties of polypropylene[D]. Changsha: Central South University, 2002.

- 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)