

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.12.009

ABS 汽车仪表盘加工工艺对其质量影响

周振

(攀枝花学院交通与汽车工程学院,四川攀枝花 617000)

摘要:设计了一种丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)的汽车仪表盘,并对其进行了注塑加工。对料筒温度进行了分段优化,并对注塑压力、保压压力、保压时间、模具温度等参数进行优化。结果表明,当注塑机料筒进行 5 段控温,每段温度分别为 220,240,260,240℃和 220℃,注塑压力为 12 MPa,保压压力为 2.5 MPa、保压时间为 5 s,模具温度为 60℃时,所制备出的仪表盘的表观性能和质量最佳,未出现熔接痕、气孔等缺陷,翘曲变形仅为 1.057 mm,尺寸收缩率仅为 0.4%。

关键词:丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料;注塑加工;汽车仪表盘;工艺优化

中图分类号: TB741 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)12-0041-05

Influence of Processing of ABS Automobile Dashboard on Its Quality

Zhou Zhen

(School of Transportation and Automotive Engineering, Panzhihua University, Panzhihua 617000, China)

Abstract : A kind of automobile dashboard made of ABS material was designed, and its injection molding was carried out. The parameters of barrel temperatures, injection pressure, holding pressure, holding time and mold temperature were optimized. The experimental results show that, when the temperature of each section of the barrel are 220,240,260,240℃ and 220℃, injection pressure is 12 MPa, holding pressure is 2.5 MPa, holding time is 5 s, mold temperature is 60℃, the obtained product show the best apparent performance and quality, without defects such as weld mark and air hole, and their warpages are only 1.057 mm, the size shrinkages are only 0.4%.

Keywords : acrylonitrile butadiene styrene injection ; injecton ; automobile dashboard ; processing parameters optimization

丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)具有十分优异的物理和化学性能。其中丙烯腈单元为 ABS 塑料提供强度和刚性,丁二烯单元为其提供韧性、苯乙烯单元可以提升其刚性和硬度,因此 ABS 塑料是一种兼具较高强度、韧性、表面硬度的高分子材料。除此之外,ABS 塑料还具有较优异的尺寸稳定性、化学稳定性、耐老化性等,能够广泛应用于日用产品及汽车零部件的制备^[1-5]。随着汽车轻量化概念的提出,高分子材料在汽车中的应用愈加广泛,ABS 就是一种常用于汽车内饰和外饰生产的高分子材料,可用于汽车方向盘、仪表盘、后视镜外壳、保险杠、内饰板等零部件的制造。

对于大部分汽车零部件,其壁薄的结构特性导致了在生产过程中容易产生大量的气孔、熔接痕以及产生较为严重的翘曲变形和尺寸收缩等缺陷,从而无法应用到汽车的装配中^[6-10]。薄壁产品的注塑工艺优化和控制是决定其表观性能和质量的关键问题。因此在生产过程中需要对注塑工艺参数进行细致地优化。例如,料筒温度会影响到 ABS 熔融过程和流体黏度,合适的料筒温度能够保证熔体流动性和充模性能良好。除此之外,注塑压力、保压压力、保压温度、模具温度等均会对 ABS 熔体的流动性、充模性、冷却过程等造成影响,进而影响其翘曲变形、尺寸收缩等性能^[11-15]。

基金项目: 钒钛资源综合利用四川省重点实验室资金项目(2019FTSZ08),攀枝花学院高教研究所项目(GJ2017—06)

通信作者: 周振,硕士,教授,主要从事汽车与交通安全控制方面的教学研究 E-mail: khgfub123@163.com

收稿日期: 2020-09-24

引用格式: 周振. ABS 汽车仪表盘加工工艺对其质量影响[J]. 工程塑料应用,2020,48(12): 41-45.

Zhou Zhen. Influence of processing of ABS automobile dashboard on its quality[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(12): 41-45.

笔者设计了一种 ABS 材质的汽车仪表盘,汽车仪表盘外壳结构如图 1 所示。较详细地对其加工过程中注塑机的料筒温度、注塑压力、保压压力、保压温度和模具温度进行了优化,得到了最佳的注塑工艺条件。



图 1 汽车仪表盘外壳结构

1 实验部分

1.1 主要原料

ABS: 牌号 PA-756H, 注塑级, 熔体流动速率为 75 g/10 min, 密度为 1.05 g/cm³, 热变形温度为 99℃, 维卡软化点为 105℃, 台湾奇美实业股份有限公司。

1.2 仪器及设备

注塑机: 35T 型, 深圳市今益注塑机有限公司;

全自动翘曲度测量仪: AMV430 型, 深圳市奥成仪器科技有限公司。

1.3 汽车仪表盘的注塑

预先在 80℃烘箱内将 ABS 烘干备用。

将注塑机的料筒分 5 段进行控温, 分别设计了 5 种温度参数组合, 见表 1。当各参数稳定到预设的工艺条件时, 将预先烘干的 ABS 加入到注塑机料筒中, 首先对注塑机料筒进行清洗 3 次。清洗结束后, 于全自动模式下进行汽车仪表盘的注塑, 每一种工艺参数下注塑 5 个制件。

表 1 料筒温度参数组合

组合编号	温度参数 /℃				
	第 1 段	第 2 段	第 3 段	第 4 段	第 5 段
1	180	200	220	200	180
2	220	240	260	240	220
3	260	280	300	280	260
4	220	220	240	240	260
5	260	260	260	260	260

1.4 性能测试

尺寸收缩率按照 GB/T 15585-1995 测量计算; 翘曲变形量按照 GB/T 14483-1993 测试。

2 结果与讨论

2.1 料筒温度对制件质量的影响

先设计了 3 种梯度升温, 再梯度降温的温度参数组合 (表 1, 温度参数组合编号 1~3)。当注塑压力为 12 MPa, 保压压力为 2.5 MPa, 保压时间为 5 s, 模具温度为 60℃时, 改变上述温度参数对汽车

仪表盘进行注塑成型, 最终仪表盘的外观情况、翘曲变形量和尺寸收缩率见表 2。

表 2 不同温度参数组合下所制备的汽车仪表盘外观及性能

组合编号	外观情况	翘曲变形量 /mm	标准差 /mm	尺寸收缩率 /%	标准差 /%
1	无气孔	1.677	0.008	0.4	0.01
2	无气孔	1.057	0.008	0.4	0.02
3	无气孔	1.426	0.005	0.5	0.01
4	无气孔	1.314	0.007	0.5	0.01
5	无气孔	1.401	0.003	0.6	0.03

当温度参数组合为组合 1 时, 所制备的仪表盘外观未出现明显气孔, 翘曲变形量为 1.677 mm, 尺寸收缩率为 0.4%; 当温度参数组合为组合 2 时, 所制备的仪表盘外观也未出现明显气孔, 翘曲变形量进一步下降, 为 1.057 mm, 尺寸收缩率没发生明显变化, 依然为 0.4%; 当温度参数组合为组合 3 时, 所制备的仪表盘边缘处也未出现气孔, 翘曲变形量又再次出现升高, 为 1.426 mm, 且尺寸收缩率也出现升高, 为 0.5%。相比之下, 当温度参数组合为组合 2 时, 所制备的汽车仪表盘的外观质量最佳, 翘曲变形量和尺寸收缩率也最小。当料筒温度超过 260℃时, ABS 容易发生一定程度的分解, 且熔体温度较高, 冷却不均匀, 因此发生较为明显的翘曲变形和尺寸收缩; 而当温度低于 220℃时, ABS 熔体流动性不好, 充模性能较差, 因此会产生明显的尺寸收缩和翘曲变形。因此, 较为适合 ABS 塑料注塑加工的温度区间为 220~260℃范围内。随后, 又改变温度参数组合, 分别设计了一种持续阶段升温的方案 (组合 4) 和一种保持温度为 260℃不变的方案 (组合 5), 在保持其它注塑工艺参数不变的情况下, 相应的仪表盘的外观情况、翘曲变形量和尺寸收缩率列于表 2。当温度参数组合为组合 4 时, 制件的外观也未出现明显的气孔, 翘曲变形量为 1.314 mm, 尺寸收缩率为 0.5%; 当温度参数组合为组合 5 时, 制件的外观也未出现明显的气孔, 翘曲变形量为 1.401 mm, 尺寸收缩率为 0.6%。这主要是由于, 随着料筒阶段性升温或料筒温度一直保持为 260℃时, ABS 熔体在料筒内的流动性能和充模性能均得到了一定程度的保障, 但充入模具的 ABS 熔体料筒温度依然较高, 所以容易产生翘曲变形和尺寸收缩。这两种情况与温度参数组合 3 类似, 由于料筒温度没有超过 260℃, 未出现 ABS 熔体分解的现象, 所以制件外观未出现明显气泡。因此最佳的料筒温度组合应为五段控温, 温度先上升后下降, 分别为 220, 240, 260, 240℃和 220℃。

以上实验结果表明,若采用先升温后降温的方式进行加工,则能够有效消除制件气孔,降低翘曲变形。为了进一步优化温度参数,采取正交试验对温度参数进行进一步的优化,实验结果见表3。表中数据说明,料筒温度的变化均会对制件的翘曲变形程度产生影响。第1段温度和第5段温度发生变化时,制件翘曲变形量并未发生显著的变化,因此第1段温度和第5段温度并非是决定性的温度参数;然而当第2段、第3段和第4段温度发生变化时,制件的翘曲变形量则发生了明显的变化,说明这3段温度参数为决定性的温度参数。这主要是因为,第1段温度为物料预热,使得物料更容易发生软化;而第2段、第3段和第4段的温度决定了ABS转变为流体后的流动状态。合适的温度,ABS流体具有较好的流动性,残余应力小;而温度不适宜的条件,残余应力大,翘曲变形大。

表3 正交试验设计及结果

序号	A1 / °C	A2 / °C	A3 / °C	A4 / °C	A5 / °C	翘曲变形量 / mm
1	180	240	260	240	180	1.100
2	200	240	260	240	200	1.072
3	220	240	260	240	220	1.057
4	240	240	260	240	240	1.066
5	220	220	260	220	220	1.440
6	220	260	260	260	220	1.210
7	220	240	240	240	220	1.301
8	220	240	280	240	220	1.426
9	220	240	300	240	220	1.567

注:A1, A2, A3, A4, A5 分别表示第1段~第5段料筒温度。

2.2 注塑压力对制件质量的影响

笔者对注塑压力进行了优化,实验结果见表4。当温度参数组合选定为组合2,保压压力为2.5 MPa,保压时间为5 s,模具温度为60℃时,注塑压力为8 MPa和10 MPa下,所制得的汽车仪表盘边缘处出现了少许的气孔,且制件的翘曲变形较为明显,分别为1.507 mm和1.466 mm,尺寸收缩率均为0.5%。这是由于注塑压力较低,使得ABS熔体充模性能不好所导致。当注塑压力为12,14 MPa和16 MPa时,相应制件表面未观测到气孔等缺陷;当注塑压力为12 MPa时,翘曲变形量为1.057 mm,尺寸收缩率为0.4%;当注塑压力为14 MPa和16 MPa时,翘曲变形量分别为1.522 mm和1.715 mm,尺寸收缩率分别为0.6%和0.8%。当注塑压力高于12 MPa后,由于熔体内残余的内应力较高,所以容易导致翘曲变形和尺寸收缩。因此,根据以上实验结果,将该汽车仪表盘注

塑加工的注塑压力确定为12 MPa。

表4 不同注塑压力参数组合下所制备的汽车仪表盘外观及性能

注塑压力 / MPa	外观情况	翘曲变形量 / mm	标准差 / mm	尺寸收缩率 / %	标准差 / %
8	边缘有少许气孔	1.507	0.006	0.5	0.02
10	边缘有少许气孔	1.466	0.006	0.5	0.02
12	无气孔	1.057	0.008	0.4	0.02
14	无气孔	1.522	0.005	0.6	0.03
16	无气孔	1.715	0.009	0.8	0.01

2.3 保压压力对制件质量的影响

保压压力也会影响到制件的质量,尤其是对冷却过程中的尺寸收缩具有较为显著的影响。当温度参数组合为组合2,注塑压力为12 MPa,保压时间为5 s,模具温度为60℃时,进行了不同保压压力下的注塑实验,实验结果列于表5。

结果表明,当保压压力由1.5 MPa到3.5 MPa变化时,所有工艺参数下注塑所得的汽车仪表盘表面均未观测到明显的气孔。而且随着保压压力的变化,翘曲变形量虽然出现了先下降再上升的趋势,但并未出现大幅度的波动。当保压压力为2.5 MPa,相应的汽车仪表盘的翘曲变形量最低,仅为1.057 mm。然而,保压压力对制件的尺寸收缩情况具有明显的影响,当保压压力为1.5 MPa和2 MPa时,所制备的汽车仪表盘的尺寸收缩较为明显,均为0.6%,这是由于在冷却过程中保压压力不足,容易导致充模不足,所以制件出现了明显的尺寸收缩。当保压压力高于2.5 MPa后,制件的尺寸收缩便不再出现明显的变化,当保压压力为2.5~3.5 MPa时,制件的尺寸收缩率均为0.4%。综合考虑制件的翘曲变形和尺寸收缩,该汽车仪表盘注塑加工的保压压力参数确定为2.5 MPa,约为注塑压力的20%。当保压压力在1.5~3.5 MPa时,制得汽车仪表盘均无气孔。

表5 不同保压压力参数组合下所制备的汽车仪表盘性能

保压压力 / MPa	翘曲变形量 / mm	标准差 / mm	尺寸收缩率 / %	标准差 / %
1.5	1.107	0.009	0.6	0.02
2.0	1.066	0.007	0.6	0.01
2.5	1.057	0.008	0.4	0.02
3.0	1.122	0.007	0.4	0.02
3.5	1.215	0.007	0.4	0.01

2.4 保压时间对制件质量的影响

同保压压力类似,保压时间对制件质量的影响也主要是对冷却过程中尺寸收缩的影响。当温度参数组合为组合2,注塑压力为12 MPa,保压压力为

2.5 MPa,模具温度为 60℃时,进行了不同保压时间下的注塑实验,发现注塑的汽车仪表盘外观均无气孔,其它结果见表 6。

表 6 不同保压时间参数组合下所制备的汽车仪表盘性能

保压时间 / s	翘曲变形量 / mm	标准差 / mm	尺寸收缩率 / %	标准差 / %
2	1.126	0.007	0.7	0.02
5	1.057	0.008	0.4	0.02
10	1.071	0.005	0.4	0.02
12	1.102	0.005	0.4	0.02
15	1.115	0.007	0.4	0.01

实验结果表明,当保压时间为 2 s 时,相应制件的翘曲变形量为 1.126 mm,尺寸收缩率为 0.7%;当保压时间为 5 s 时,翘曲变形量降到 1.057 mm,尺寸收缩率降到 0.4%。这是由于当保压时间为 2 s 时,保压时间不足,充入模具中的 ABS 熔体冷却过程中更容易发生收缩和翘曲变形。当保压时间高于 5 s 以后,制件的尺寸收缩不再出现明显变化,当保压时间为 5~15 s 时,尺寸收缩率均为 0.4%。随着保压时间的延长,相应汽车仪表盘的翘曲变形量逐渐提高,当保压时间由 5 s 提升至 15 s 时,相应的翘曲变形量由 1.057 mm 上升到了 1.115 mm。因此,综合考虑制件的翘曲变形和尺寸收缩,该汽车仪表盘注塑加工的保压时间确定为 5 s。

2.5 模具温度对制件质量的影响

模具温度也会影响到充入到模具中 ABS 熔体的冷却过程,进而影响到制件的表观质量、翘曲变形和尺寸收缩等情况。当温度参数组合为组合 2,注塑压力为 12 MPa,保压压力为 2.5 MPa,保压时间为 5 s 时,也对模具温度进行了优化,实验结果见表 7。

表 7 不同模具温度参数组合下所制备的汽车仪表盘外观及性能

模具温度 / ℃	外观情况	翘曲变形量 / mm	标准差 / mm	尺寸收缩率 / %	标准差 / %
40	边缘有少许气孔	1.357	0.008	0.8	0.03
50	边缘有少许气孔	1.226	0.007	0.6	0.03
60	无气孔	1.057	0.008	0.4	0.02
70	无气孔	1.217	0.005	0.5	0.01
80	无气孔	1.311	0.009	0.6	0.01

结果表明,当模具温度为 40℃和 50℃时,所制备的汽车仪表盘边缘处有少许气泡出现,且翘曲变形和尺寸收缩较为严重。当模具温度为 40℃时,相应制件的翘曲变形量为 1.357 mm,尺寸收缩率为 0.8%;当模具温度为 50℃时,相应制件的翘曲变形量为 1.226 mm,尺寸收缩率为 0.6%。这主要是由于,模具温度过低,ABS 熔体进入模具后迅速冷却,熔体的内应力来不及释放,从而造成了气孔的出现,

导致产生了较明显的翘曲变形和尺寸收缩。当模具温度为 60℃时,相应制件表面观测不到明显的气孔,而且翘曲变形量和尺寸收缩率均出现了明显的降低,分别为 1.057 mm 和 0.4%。随着模具温度进一步升高,当模具温度为 70℃和 80℃时,相应制件的表面依然未出现明显的气孔,其翘曲变形量和尺寸收缩率出现了一定程度的增加。当模具温度为 70℃时,相应制件的翘曲变形量为 1.217 mm,尺寸收缩率为 0.5%;当模具温度为 80℃时,相应制件的翘曲变形量为 1.311 mm,尺寸收缩率为 0.6%。这主要是由于 ABS 熔体进入到模具中后,较高的模具温度会使 ABS 熔体具有一定的运动能力,在保压压力的作用下会产生新的内应力,从而造成翘曲变形量和尺寸收缩率的增加。因此,根据以上结果可知,较为适合汽车仪表盘注塑加工的模具温度为 60℃。

根据以上工艺参数优化结果可以得出以下结论,为了避免气孔的出现,降低制件的翘曲变形量和尺寸收缩率,可将注塑工艺参数确定为:料筒进行 5 段控温,每段温度分别为 220,240,260,240℃和 220℃,注塑压力为 12 MPa,保压压力为 2.5 MPa、保压时间为 5 s,模具温度为 60℃。

3 结论

设计了一种汽车仪表盘,并以 ABS 为材质进行了注塑加工。根据对 ABS 的性能分析,确定了工艺参数优化方案并进行了优化实验研究。实验结果表明,料筒温度、注塑压力、保压压力、保压时间和模具温度均对汽车仪表盘的外观、翘曲变形量和尺寸收缩率具有一定程度的影响。当对注塑机料筒进行 5 段式控温(呈先升高后降低变化),每段温度设定为 220,240,260,240℃和 220℃,注塑压力为 12 MPa,保压压力为 2.5 MPa、保压时间为 5 s,模具温度为 60℃时,相应的汽车仪表盘的表现质量最佳,未出现明显气泡,且翘曲变形量仅为 1.057 mm,尺寸收缩率仅为 0.4%。

参考文献

- [1] 孙路朋. 基于形态结构的 ABS 树脂稳定性分析[J]. 化工管理, 2019(23):173-174.
Sun Lupeng. Stability analysis of ABS resin based on morphological structure[J]. Chemical Enterprise Management, 2019(23):173-174.
- [2] 陈健. 低光泽 PA6 / ABS 合金的影响因素[J]. 工程塑料应用, 2019,47(6):43-47.
Chen Jian. Influence factors of low gloss PA6 / ABS alloys[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(6):43-47.
- [3] 沈海峰,程扬超,郭瑞丰,等. ABS 废弃料在汽车内饰 PC / ABS

- 合金中的应用[J]. 塑料工业, 2019, 47(5):94-97.
- Shen Haifeng, Cheng Yangchao, Guo Ruifeng, et al. Application of waste ABS in PC/ABS alloys used in the car interior[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(5):94-97.
- [4] 王凯歌, 曹新鑫, 吴梦林, 等. 基于 Origin 软件的 ABS 冲击力学行为分析[J]. 塑料助剂, 2019(4):45-49.
- Wang Kaige, Cao Xinxin, Wu Menglin, et al. Impact mechanical behavior analysis of ABS based on the origin software[J]. Plastic Additives, 2019(4):45-49.
- [5] 陈明, 郭爱民, 李治, 等. 接枝粉料的 AN 含量对 ABS 树脂性能的影响[J]. 塑料科技, 2019(7):46-49.
- Chen Ming, Guo Aimin, Li Zhi, et al. Influence of AN content in graft copolymer on properties of ABS resin[J]. Plastics Science and Technology, 2019(7):46-49.
- [6] 陈晓春. A 柱内饰件“一模两腔”注塑工艺参数优化[J]. 中国塑料, 2019, 33(6):112-116.
- Chen Xiaochun. Optimization of injection molding process parameters for A cylindrical inner parts in mode of one mold and two cavities[J]. China Plastics, 2019, 33(6):112-116.
- [7] 陈可. 汽车内饰件注塑生产质量问题及解决措施[J]. 时代汽车, 2017(14):22.
- Chen Ke. Quality problems and solutions of injection molding of automobile interior parts[J]. Auto Time, 2017(14):22.
- [8] 林建兵. 基于 moldflow 汽车注塑件成型技术的应用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2017.
- Lin Jianbing. Application Research on injection molding technology of automobile based on Moldflow[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2017.
- [9] 王建波, 赵娟, 成洪川. 利用 Moldflow 辅助设计汽车内饰锁本体注塑模具[J]. 装备制造技术, 2015, 2(2):47-49.
- Wang Jianbo, Zhao Juan, Cheng Hongchuan. Injection mold design for automobile interior decoration lock body[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2015, 2(2):47-49.
- [10] 陈丽君, 王宏松. 一模两腔不对称薄壁注塑件的工艺参数的 Taguchi 方法优化[J]. 塑料工业, 2012, 40(11):56-59.
- Chen Lijun, Wang Hongsong. Taguchi method optimization of injection parameters of a mold cavity asymmetry remote shell products[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(11):56-59.
- [11] 马开维, 李博, 朱佳强, 等. 工艺参数对复合材料长桁预制体变形成型制件质量的影响[J]. 北京化工大学学报: 自然科学版, 2019, 46(6):36-44.
- Ma Kaiwei, Li Bo, Zhu Jiaqiang, et al. Effects of deformation forming process parameters on quality of the composites stringers forming parts[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology: Natural Science Edition, 2019, 46(6):36-44.
- [12] 吴军, 蔡建臣. 基于 Moldflow 的 PUR 车轮注塑工艺参数优化[J]. 工程塑料应用, 2018, 46(6):56-59.
- Wu Jun, Cai Jianchen. Parameters optimization of injection molding process of PUR wheel based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):56-59.
- [13] 刘杰. 汽车门内板注塑工艺优化与模具设计[D]. 镇江: 江苏大学, 2016.
- Liu Jie. Injection molding process optimization and mold design for automobile door inner panel[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2016.
- [14] 刘钵, 陈利民. 热塑性塑料注塑工艺参数优化设计[J]. 工程塑料应用, 2005, 27(5):29-33.
- Liu Bo, Chen Limin. The optimal design of thermal plastics injection molding parameter[J]. Engineering Plastics Application, 2005, 27(5):29-33.
- [15] 徐斌, 程智虎, 陆金桂. 聚酰胺 66 齿轮注塑工艺参数优化设计方法研究[J]. 机械传动, 2018, 4(1):69-72.
- Xu Cheng, Cheng Zhihu, Lu Jingui. Study on optimization design method of PA66 gear injection molding process parameter[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2018, 4(1):69-72.
- 研究[J]. 广东化工, 2019(5):66-68.
- Wang Peitao, Cen Yin, Ai Junwei, et al. Study on the performance difference between ester exchange PC and phosgene PC[J]. Guangdong Chemical Industry, 2019(5):66-68.
- [15] 李宏, 罗筑, 于杰, 等. PBT/PC 共混体系相容性与力学性能的研究[J]. 功能材料, 2009, 40(1):11-12.
- Li Hong, Luo Zhu, Yu Jie, et al. Study on compatibility and mechanical properties of PBT / PC blends[J]. Functional Materials, 2009, 40(1):11-12.
- [16] 陆波, 徐晓强, 亢萍, 等. 超韧 PBT/PC 共混物的研制[J]. 工程塑料应用, 2006, 34(5):8-10.
- Lu Bo, Xu Xiaoqiang, Kang Ping, et al. Preparation of super tough PBT / PC blends[J]. Engineering Plastics Application, 2006, 34(5):8-10.

(上接第 30 页)

Plastics Technology and Equipment, 2006, 32(7):23-27.

- [12] 贾宝山, 白福臣. 聚碳酸酯 / 甲基丙烯酸甲酯 - 丁二烯 - 苯乙烯共混物的流变性能[J]. 高分子材料科学与工程, 2014(9):89-92.
- Jia Baoshan, Bai Fuchen. Rheological properties of polycarbonate / Methyl Methacrylate Butadiene Styrene blends[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2014(9):89-92.
- [13] 贾宝山, 马全宝, 李希俊, 等. PC / MBS 合金的力学性能和流变性能研究[J]. 塑料科技, 2014(7):53-56.
- Jia Baoshan, Ma Quanbao, Li Xijun, et al. Study on mechanical and rheological properties of PC / MBS alloy[J]. Plastics Science and Technology, 2014(7):53-56.
- [14] 王培涛, 岑茵, 艾军伟, 等. 酯交换法 PC 与光气法 PC 性能差异