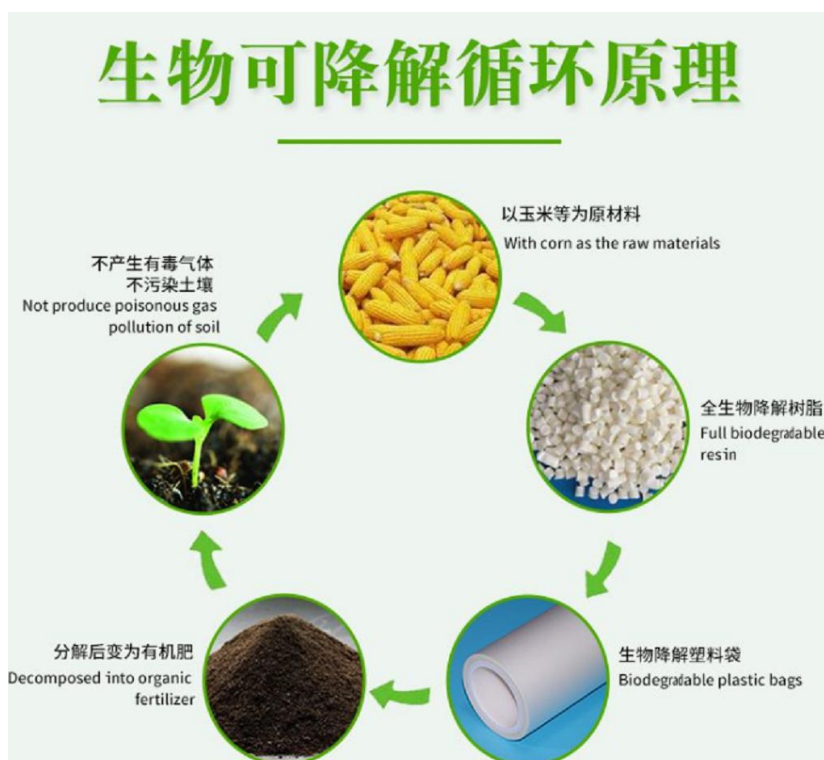


专业实践报告

轻化工技术学院 陈大华

合聚高分子材料科技（广东）有限公司成立于 2020 年，是一家从事绿色环保改性塑料研发、制造及销售的高科技企业。主要产品为完全生物降解改性塑料。该企业处于初创期和快速发展期，2020 年产值不超过 200 万元，2021 年 1-8 月产值已突破 2000 万元。

在合聚高分子专业实践的 2 个月时间里，本人主要从事 PBAT 产品开发及产业化工作。主要成绩有：1、完成了淀粉改性 PBAT 吹膜料的开发及产业化工作，截止目前，该产品助力企业新增产值约 600 万元；2、完成了高填充完全生物降解母粒的开发及产业化，截止目前，该产品助力企业新增产值约 550 万元。



对本次专业实践分五个部分进行总结，具体如下：

1、对实践岗位的职责技能非常熟悉

本人在塑料改性企业从事产品开发工作近 20 年，进入学校工作 3 年。因此在合聚的这段时间能快速上手，在不到一周的时间内就能完全胜任降解塑料改性的开发岗位，在后来的两个月时间里，不断优化配方及工艺、不断优化关键品质控制点，顺利开发出了淀粉改性 PBAT 吹膜料 BDP-600 及高填充完全生物降解母粒 BDP-800MB 两大产品，已大量应用各大商超的购物袋，获得客户高度评价。目前我协助开发的系列产品已成功应用于各大品牌，主要如下：



2、对专业（课程）建设方面的创新成果或建议

完全生物降解塑料是减少塑料的白色污染、降低碳排放的关键途径之一，是大势所趋。因此应强化与之相关的课程建设。在本人主讲的《塑料材料与助剂》课程中，单独添加一章完全生物降解塑料的相关内容，帮助学生紧跟时代脉搏。该课件将在明年上半年投入使用，因此在今年年底前完成新课件的开发。目前已着手进行。



3、专业实践的收获很大

本次实践收获很大。一是补上了本人在完全生物降解塑料改性方面的技术和实践短板，我以前主要从事工程塑料的改性，在降解塑料改性方面积累和实践不多。本次实践，我亲自动手，经历了完全降解改性塑料研发的全过程，开发出的产品也经得起市场检验，这点颇为自豪。

二是和企业相关负责人建立了深度信任及合作关系，为以后深层次的产教科合作打下了坚实基础。合聚现在还在起步期，资金投入多，如果我们急着向企业要横向经费，企业的资金会更困难。我们先协助对方成长壮大，待企业走上正轨后，我们才有可能获得更多的横向经费。在未来的一到两年内，和企业联合申请纵向项目，待企业产值做大后，一起报奖。目前我们和企业已经在按步骤实施，争取把这个合作做成产教科的典范。

4、专业实践的具体内容

4.1 淀粉改性 PBAT 产品开发

淀粉改性 PBAT 具有较高难度，淀粉的分散和塑化是关键。

4.1.1 淀粉的结构和性质

淀粉的分子结构分为直链淀粉和支链淀粉。直链淀粉主要由脱水葡萄糖单元通过 α -1, 4-糖苷键连接而成，含有少量由 1,6-糖苷键连接的分支。支链淀粉的主链由 α -1,4-糖苷键连接而成，支链由 α -1,6-糖苷键连接。天然淀粉一般由 70% ~ 80%支链淀粉和 20% ~

30%直链淀粉组成。

将淀粉在冷水中充分分散，升高温度，淀粉吸水膨胀转变为淀粉糊。淀粉糊在光滑平面上干燥，形成淀粉膜。这种淀粉膜力学性能差、韧性低，通过对淀粉改性处理和与增强剂共混制得力学性能良好的淀粉基薄膜，可作为淀粉基降解塑料使用。

4.1.2 淀粉基生物降解塑料

淀粉基生物降解塑料的设计思路往往是将淀粉进行改性处理改善其热塑成膜性能，或者将淀粉与其他成膜材料、增强剂材料共混制备生物降解塑料。

常见的淀粉基复合降解塑料将淀粉和合成高分子聚合物（如聚乙烯醇 PVA、聚乳酸 PLA 等）、天然高分子聚合物（如植物纤维、淀粉颗粒、细菌纤维素、壳聚糖等）、其他添加材料（如黏土、石墨烯、滑石粉等）以及增塑剂共混复合，获得淀粉基复合降解塑料。

这些塑料均能实现完全生物降解，可应用于包装材料、食品容器、一次性餐具、缓冲包材、儿童玩具等多种领域。

天然淀粉为天然的多羟基化合物，分子之间存在大量的氢键，这种分子间强的相互作用使其分解温度低于熔融温度，导致天然淀粉没有可加工性。

在淀粉中加入小分子增塑剂，经过高温、高压和剪切作用能够使淀粉具有可加工性能，使天然淀粉变成热塑性淀粉。

制作热塑性淀粉的常用方法是将淀粉、甘油和水充分混合分散，在一定温度下搅拌一定时间，获得凝胶状态的热塑性淀粉。进一步添

加增强剂，对热塑性淀粉材料的性能进行改善。

为获得容易被生物降解、可取代石油衍生物的包装材料，研究者以不同植物来源的淀粉为原料，添加一定量的甘油，采用流延法制备了热塑性淀粉基薄膜。热塑改性后的淀粉具有大的淀粉结构域、良好的热稳定性能和抗吸水性，但膜的刚度低。为改善对热塑性淀粉膜的性能，他们在热塑性淀粉基质中加入纤维素纳米粒子，获得的膜在刚性、热稳定性、耐湿性等方面均有所提高。

利用甘油增塑改性玉米淀粉，然后将热塑改性淀粉和蜡质淀粉、纤维素纳米晶体复合，制备热塑性玉米淀粉基生物纳米复合材料。经复合后，材料的力学性能和透氧性提高，热稳定性降低。

从小麦秸秆中获取纳米纤维素，将淀粉、甘油、纳米纤维素混合并持续加热搅拌，获得黏稠的热塑性淀粉基复合物，并用流延法制作薄膜。相比于未复合纳米纤维素的薄膜，随着纳米纤维素含量的增加，复合薄膜的力学性能先增强后降低，这与纤维的团聚有关。

将工业玉米淀粉利用甘油热塑改性后，分别利用从剑麻、大麻中获得的纤维增强热塑玉米淀粉制备复合材料。发现剑麻和大麻纤维的掺入使热塑性玉米淀粉的玻璃化转变温度 T_g 升高，刚性增强，力学性能无显著改变。此外，向复合材料中添加天然乳胶，进行增塑改性，改性后复合材料的吸水性降低，材料的热稳定性和力学性能无明显影响。

以 D-山梨醇作为淀粉的塑化剂，在加热剪切的条件下对淀粉进行塑化改性。加入纤维素纳米纤维 (CNF) 对热塑改性的淀粉进行增

强改性，发现 CNF 可改善热塑性淀粉的力学性能和湿敏性。CNF 在挤出过程中聚集，而螺杆挤出技术需要分散更均匀的复合物才能得到均匀的材料。

热塑改性的淀粉基生物降解塑料克服了天然淀粉不具加工性的缺陷，但制备的产品存在韧性差、耐压不高、易碎，特别是遇水后产品易软化，使产品的使用性能受到影响。仍需进一步调整改进产品配方和工艺，使产品具有更好的使用性能。表 1 为热塑改性淀粉基生物降解塑料。

表 1 热塑改性淀粉基生物降解塑料

淀粉种类	热塑改性方法	复合物	应用
木薯淀粉	与甘油、柠檬酸、硬脂酸共混加热挤出	PBAT、纤维素纳米晶须	蔬菜包装
玉米淀粉	与甘油、水、硬脂酸、柠檬酸共混加热挤出	乳清蛋白、蒙脱土、迷迭香精油	抗氧化包装材料
木薯淀粉	与甘油共混加热挤出	丁烯二醇-乙醇共聚物	包装材料
玉米淀粉	与甘油、山梨醇共混加热挤出	PLA	包装材料
玉米淀粉	与甘油共混后加入酒石酸共混加热挤出	PBAT	生物降解塑料
玉米淀粉	与甘油共混加热挤出	乙酸纤维素	食品包装材料
玉米淀粉	与甘油共混加热挤出	Jamaica 花提取物	生物降解材料
玉米淀粉	与甘油共混加热挤出	PHB	生物降解塑料
玉米淀粉	与甘油、水共混加热挤出	PLA、PBAT	生物降解载体

4.1.3 淀粉/PBAT 生物降解塑料的改性要点

增塑剂种类及含量、螺杆组合、淀粉比例等是关键要点。特别需要注意的是淀粉改性 PBAT 常温降解比较快，因此容易导致产品货架期短从而出现大规模产品召回事故。本次实践重点开发了淀粉改性 PBAT 的加速老化实验方法，正在申请发明专利。

说明书

一、发明创造名称

一种 PBAT 薄膜热封强度衰减的快速测试方法

二、技术领域

本发明涉及生物降解高分子材料 PBAT 技术领域，特别是涉及一种 PBAT 薄膜热封强度衰减的快速测试方法

三、背景技术

随着限塑令的推行，完全生物降解塑料 PBAT 已大量应用于一次性购物袋等包装领域。PBAT 购物袋的原材料一般以淀粉填充改性 PBAT 或碳酸钙填充改性 PBAT 为主。PBAT 购物袋生产过程一般有三步：吹膜、印刷、封口（热封）制袋。这三步可以串联成一条连续生产线，也可分步进行。但最多的还是把第三步独立出来。这就意味着吹好的 PBAT 薄膜一般需要放置数小时或数天甚至十几天才能进入到封口（热封）制袋这个生产环节。

目前购物袋生产厂家发现 PBAT 薄膜刚吹出来马上去进行热封制袋，其封口强度最高；随着薄膜放置时间的延长，其封口强度呈现快速

说明书

一、发明创造名称

一种 PBAT 薄膜落镖冲击强度衰减的快速测试方法

二、技术领域

本发明涉及生物降解高分子材料 PBAT 技术领域，特别是涉及一种 PBAT 薄膜落镖冲击强度衰减的快速测试方法

三、背景技术

随着限塑令的执行，完全生物降解塑料 PBAT 已大量应用于一次性购物袋等包装领域。其中生物降解购物袋国家标准 GB/T 38082-2019 中第 6.6.5 小节对购物袋的落镖冲击强度（冲击破损质量）有明确要求。目前购物袋生产厂家发现生物降解购物袋刚制作出来的第一天，其落镖冲击强度最高，随着放置时间的延长，落镖冲击强度呈现快速下降趋势，一般到第 7 天后才会趋于稳定。因此厂家要获得一个稳定可信的落镖冲击强度数据，测试周期至少需要 7 天。

四、发明内容

(1) 本发明的目的在于克服生物降解购物袋落镖冲击强度检测周期长达 7

产品资料 DATA SHEET



HEGENECO® 生物降解塑料

产品牌号 BDP-600

产品描述 Description: 淀粉改性 PBAT / Starch modified PBAT

主要特征 FEATURES	主要应用 APPLICATIONS
<ul style="list-style-type: none">可完全生物降解、工业/家庭堆肥Totally Biodegradation, Home Compostable良好的成型加工稳定性Good Processing Stability	<ul style="list-style-type: none">吹膜加工 Blowing Film流延加工 Casting Film

材料性能 Material Properties

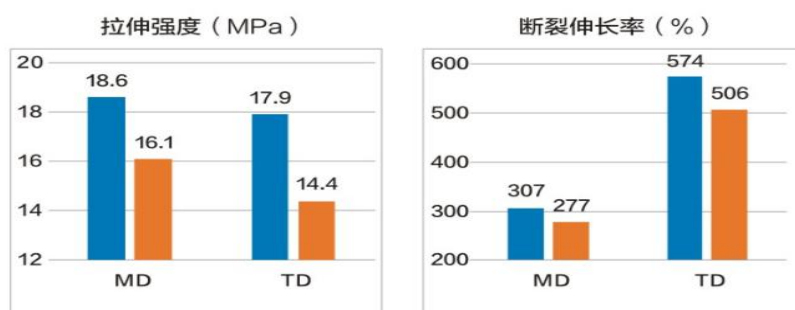
性能 Properties	测试标准 Test Standard	测试条件 Test Condition	国际单位 S.I. Unit	典型值 ^[1] Typical Value
原料 Material				
熔体流动速率 Melt Flow Rate	ISO 1133	190°C, 2.16kg	g/10min	2.0-6.0
密度 Density	ISO 1183	23°C	g/cm ³	1.25-1.35
熔程 Melt Range	DSC	-	°C	90-130
吹塑薄膜 Blowing Film (以厚度 25μm 薄膜为例)				
拉伸强度 MD/TD Tensile Strength	ISO 527	23°C	MPa	15/12
断裂伸长率 MD/TD Elongation at break	ISO 527	23°C	%	300/400
撕裂强度 MD/TD Tear Strength	ISO 6383-2	23°C	mN	1000/2000
落镖冲击 Dart Drop	ISO 7765-1	23°C	g	>200

[1] 典型物性值，不作为品质保证的依据

4.2 高填充完全生物降解母粒的开发

填充剂种类及含量、螺杆组合是关键要点。该产品具有分散性、力学性能好、成本低等众多优点。通过不断调整螺杆组合和填充剂种类及含量，最终开发了吹膜成型性能稳定、缺陷少、力学性能优良的可满足应用需求的高浓度母料。

BDP-800MB功能母料 (PBAT基碳酸钙母料)



备注：

※ 蓝色为PBAT纯树脂与BDP-800MB母料按1.5:1直接吹膜（ CaCO_3 含量30%）；

※ 橙色为30% CaCO_3 填充PBAT改性料吹膜。

注：薄膜厚度25 μm

● 产品特性：

（1）PBAT为基体，碳酸钙含量75%；

（2）具有优越的分散性与加工性，可与纯树脂、改性PBAT料直接混合，采用吹塑、流延等成型加工方法制备各种生物降解包装袋。所得制品强度韧性等力学性能更高，成本更低。降本幅度高达20%。

5、完全生物降解塑料的还需要攻克的关键技术

完全生物降解塑料品种繁多，目前应用最多最广的还是 PBAT 和 PLA 两大类，主要用于一次性购物袋、餐具等领域。未来会逐步扩大到常规一次性包装领域。最终形成万亿级的市场规模。未来几年，需要重点攻克低成本技术、可控降解技术、连续挤出高倍发泡技术等关键技术，完全生物降解塑料才能一次性包装领域大规模地取代传统

塑料，减少白色污染。这也是我本人后面五年的重点研究内容，努力为环境保护尽一份自己的力量。