



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115073855 A

(43) 申请公布日 2022.09.20

(21) 申请号 202211010183.6

B29B 9/06 (2006.01)

(22) 申请日 2022.08.23

B29C 44/02 (2006.01)

(71) 申请人 江苏中科聚合新材料产业技术研究院有限公司

B29C 44/60 (2006.01)

地址 213125 江苏省常州市新北区薛家镇庆阳路6号

B29C 48/92 (2019.01)

B29D 7/01 (2006.01)

(72) 发明人 周光远 周会鹏 李巍 周文强

(74) 专利代理机构 重庆律知诚专利代理事务所(普通合伙) 50281

专利代理师 殷兴旺 王俊超

(51) Int. Cl.

C08L 23/14 (2006.01)

C08K 3/34 (2006.01)

C08J 3/22 (2006.01)

C08J 9/12 (2006.01)

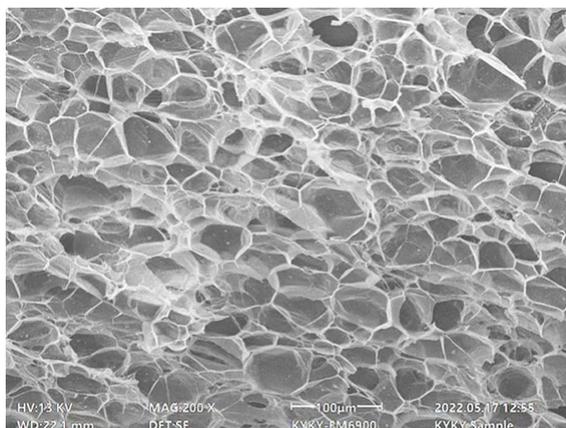
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种改性聚丙烯耐热发泡材料及其制备方法和应用

(57) 摘要

本发明公开了一种改性聚丙烯耐热发泡材料及其制备方法和应用,属于新材料技术领域。所述改性聚丙烯耐热发泡材料采用硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备而成;所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒,以重量份数计,包括以下成分,聚丙烯树脂:70~90份;硅酸盐:5~20份;相容助剂:3~5份;偶联剂:2~5份。本发明提供的改性聚丙烯耐热发泡材料的泡孔直径为50-200 μm,发泡倍率10-30倍;且在110℃高温下在长宽高各方向的尺寸收缩率均小于0.2%,具有良好的耐高温性能。



1. 一种改性聚丙烯耐热发泡材料,其特征在于,采用硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备而成;所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒,以重量份数计,包括以下成分,

聚丙烯树脂:70~90份;

硅酸盐:5~20份;

相容助剂:3~5份;

偶联剂:2~5份;

所述聚丙烯树脂为具有共聚单体的聚丙烯树脂,其在230℃、负载2.16Kg条件下的熔体流动速率为2~10g/10min。

2. 根据权利要求1所述的改性聚丙烯耐热发泡材料,其特征在于,所述聚丙烯树脂为巴塞尔RS1684。

3. 根据权利要求1所述的改性聚丙烯耐热发泡材料,其特征在于,所述硅酸盐为蒙脱土、高岭土、莫斯科土和滑石粉中的一种或多种,其粒径为800~4000目。

4. 根据权利要求1所述的改性聚丙烯耐热发泡材料,其特征在于,所述相容助剂为PP-g-MAH。

5. 根据权利要求1所述的改性聚丙烯耐热发泡材料,其特征在于,所述偶联剂为钛酸酯偶联剂和/或硅烷偶联剂。

6. 根据权利要求1所述的改性聚丙烯耐热发泡材料,其特征在于,所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒的制备方法为,

将聚丙烯树脂、硅酸盐、相容助剂和偶联剂采用高速混合机混合10~15分钟,得到混合物;

用双螺杆挤出机将混合物熔融共混后挤出拉条、水冷、切粒、干燥、分筛,得到所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒;

其中,将混合物熔融共混后挤出的参数包括:挤出机主喂料50kg/h;加料阶段温度为170~190℃;熔融段温度为190~220℃;计量段温度为190~220℃;挤出的温度为170~220℃,挤出的螺杆转速为70~200rpm,挤出的口模压力为2~8MPa。

7. 一种改性聚丙烯耐热发泡材料的制备方法,其特征在于,包括以下步骤,

S1. 将权利要求1所述的硅酸盐改性的聚丙烯母粒使用模压设备压成板材后,经过冷却定型得到厚度为10-50mm的聚丙烯预发泡板;其中,所述模压设备的参数设置为温度200-220℃、压力4-6MPa、时间10-15min;

S2. 将聚丙烯预发泡板放入恒温T的模腔内,充入超临界流体进行渗透、溶胀,达到平衡状态,形成聚合物-超临界流体均相体系;

S3. 以泄压速率10-80MPa/s泄压发泡,使体系内压力泄压至0,聚丙烯预发泡板发泡膨胀,得到发泡10-30倍的聚丙烯发泡板材,即为权利要求1所述的改性聚丙烯耐热发泡材料。

8. 根据权利要求7所述的改性聚丙烯耐热发泡材料的制备方法,其特征在于,步骤S2中,所述的T低于聚丙烯的熔融温度 $T_m$ ;采用的超临界流体为超临界 $N_2$ 和/或 $CO_2$ ,超临界流体压力7.2-20MPa,平衡时间1-5h。

9. 根据权利要求7所述的改性聚丙烯耐热发泡材料的制备方法,其特征在于,步骤S3中,所述泄压速率优选为20-50MPa/s。

10. 一种改性聚丙烯耐热发泡材料的应用,其特征在于,将权利要求1所述的改性聚丙烯

烯耐热发泡材料用于汽车顶棚和建筑领域。

## 一种改性聚丙烯耐热发泡材料及其制备方法和应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及新材料技术领域,具体涉及一种改性聚丙烯耐热发泡材料及其制备方法和应用。

### 背景技术

[0002] 聚丙烯是一种结构规整的结晶性聚合物,系白色蜡状材料,外观透明而轻。化学式为 $(C_3H_6)_n$ ,密度为 $0.89\sim 0.91g/cm^3$ ,易燃,熔点 $165^\circ C$ ,使用温度范围为 $-30\sim 140^\circ C$ 。聚丙烯是一种性能优良的热塑性合成树脂,具有耐化学性、耐热性、电绝缘性、高强度机械性能和良好的高耐磨加工性能等优点,使得聚丙烯自问世以来,便迅速在机械、汽车、电子电器、建筑、纺织、包装、农林渔业和食品工业等众多领域得到广泛的开发应用。

[0003] 发泡聚丙烯(Expanded polypropylene)是一种高性能发泡树脂,树脂经过物理、化学等方式发泡(膨胀)5倍~50倍,得到的发泡制品具有轻质省料、节能环保、抗冲吸能等优点,不仅可以节约大量的原料,减少地球资源的浪费,而且具有优异隔热性,被应用于建筑保温、汽车隔热等领域。

[0004] 但是,发泡聚丙烯在 $80^\circ C$ 以上的温度很容易发生尺寸变形,从而影响发泡聚丙烯在较高温度场景( $80\sim 110^\circ C$ )的长期使用。特别是用于汽车顶棚和建筑材料时,其要求发泡聚丙烯在 $90^\circ C$ 下的收缩率小于 $0.5\%$ ,而目前采用的发泡聚丙烯材料在 $90^\circ C$ 下的收缩率为 $2\sim 3\%$ ,无法满足作为汽车顶棚和建筑材料的使用要求。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术存在的上述不足,本发明的目的在于解决现有的发泡聚丙烯材料在 $80\sim 110^\circ C$ 以上易发生尺寸变化导致其无法满足使用要求的问题,提供一种改性聚丙烯耐热发泡材料,该改性聚丙烯耐热发泡材料在 $110^\circ C$ 高温下在长宽高各方向的尺寸收缩率均小于 $0.2\%$ ,能够满足汽车顶棚领域和建筑领域的使用要求。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

一种改性聚丙烯耐热发泡材料,采用硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备而成;所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒,以重量份数计,包括以下成分,

聚丙烯树脂:70~90份;

硅酸盐:5~20份;

相容助剂:3~5份;

偶联剂:2~5份;

所述聚丙烯树脂为具有共聚单体的聚丙烯树脂,其在 $230^\circ C$ 、负载 $2.16Kg$ 条件下的熔体流动速率为 $2\sim 10g/10min$ 。

[0007] 作为优选,所述聚丙烯树脂为巴塞尔RS1684。

[0008] 作为优选,所述硅酸盐为蒙脱土、高岭土、莫斯科土和滑石粉中的一种或多种,其粒径为 $800\sim 4000$ 目。

[0009] 作为优选,所述相容助剂为PP-g-MAH。

[0010] 作为优选,所述偶联剂为钛酸酯偶联剂和/或硅烷偶联剂。

[0011] 作为优选,所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒的制备方法为,

将聚丙烯树脂、硅酸盐、相容助剂和偶联剂采用高速混合机混合10~15分钟,得到混合物;

用双螺杆挤出机将混合物熔融共混后挤出拉条、水冷、切粒、干燥、分筛,得到所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒;

其中,将混合物熔融共混后挤出的参数包括:挤出机主喂料50kg/h;加料阶段温度为170~190℃;熔融段温度为190~220℃;计量段温度为190~220℃;挤出的温度为170~220℃,挤出的螺杆转速为70~200rpm,挤出的口模压力为2~8MPa。双螺杆挤出温度设置在170-220℃之间,是因为低于170℃时聚丙烯无法融化,配方中的各种成分无法混合均匀,而温度高于220℃则会导致聚丙烯分解,降低最后材料的力学性能。螺杆转速与口模压力是根据加工生产过程中使用的设备以及对产量的要求来实时调整。当螺杆转速低于70rpm时,无法将各成分混合均匀,高于200rpm时,产生的摩擦热和过强的剪切会导致聚丙烯分解。而口模压力低于2MPa会导致难以拉条,高于8MPa则会影响机器寿命。

[0012] 本发明的目的之二在于提供一种改性聚丙烯耐热发泡材料的制备方法,包括以下步骤,

S1.将所述的硅酸盐改性的聚丙烯母粒使用模压设备压成板材后,经过冷却定型得到厚度为10-50mm的聚丙烯预发泡板;其中,所述模压设备的参数设置为温度200-220℃、压力4-6MPa、时间10-15min;

S2.将聚丙烯预发泡板放入恒温T的模腔内,充入超临界流体进行渗透、溶胀,达到平衡状态,形成聚合物-超临界流体均相体系;

S3.以泄压速率10-80MPa/s泄压发泡,使体系内压力泄压至0,聚丙烯预发泡板发泡膨胀,得到发泡10-30倍的聚丙烯发泡板材,即为所述的改性聚丙烯耐热发泡材料。

[0013] 制备聚丙烯预发泡板时,模压参数设置在温度200-220℃,是因为温度低于200℃会导致聚丙烯母粒难以融化,而高于220℃则会导致聚丙烯母粒分解。设置压力在4-6MPa是为了排除母粒堆积之间的空气,防止预发泡板材B中有空洞影响发泡以及性能,但高于6MPa熔体会溢料损失,浪费材料。模压时间10-15min是为了提供充分的时间让聚丙烯母粒充分熔融,内部晶体完全瓦解,并且让其中的空气被挤压出去。

[0014] 其中,步骤S2中,所述的T低于聚丙烯的熔融温度 $T_m$ ,优选160-165℃。采用的超临界流体为超临界 $N_2$ 和/或 $CO_2$ ,超临界流体压力7.2-20MPa,平衡时间1-5h。

[0015] 模腔温度T低于聚丙烯熔点 $T_m$ 即165℃,是因为聚丙烯超临界发泡工艺需要足够的温度让聚丙烯分子链出现软化,让二氧化碳分子可以浸润到聚丙烯预发泡板之中,并在泄压之后让二氧化碳可以在聚丙烯预发泡板中形成孔洞,温度过低会导致发泡倍率过小或者不发泡,温度过高会导致聚丙烯发泡板完全融化,分子链无法包裹聚丙烯,无法发泡,因此模腔温度设置在160~165℃。超临界流体压力设置在7.2-20MPa时渗透效率高,低于7.2MPa通常渗透时间超过5h,生产效率低,而高于20MPa对设备的要求高,造价昂贵,生产成本低。设置保压时间1-5h是为了让二氧化碳在较高的压力下有充足的时间浸润整个聚丙烯预发泡板中,从而获得性能良好的聚丙烯发泡板材C。

[0016] 步骤S3中,所述泄压速率优选为20-50MPa/s,这是因为泄压速率低于20MPa/s泡孔粗大外观质量较差,高于50MPa/s发泡倍率较低,可能达不到发泡要求。

[0017] 本发明的目的之三在于提供一种改性聚丙烯耐热发泡材料的应用,将所述的改性聚丙烯耐热发泡材料用于汽车顶棚和建筑领域。

[0018] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

1、本发明提供的改性聚丙烯耐热发泡材料,采用硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备而成,该硅酸盐改性的聚丙烯母粒的耐高温效果主要是具有共聚单体的聚丙烯树脂(即具有双熔融峰的聚丙烯树脂)和层状的硅酸盐粉末的相互作用带来的:一方面,层状硅酸盐粉末在聚丙烯的晶区,在异相成核的作用下形成更多、更小的结晶,提高了聚丙烯的结晶度,特别是提高了高温晶型的结晶度,从10%提高到16%,进而抑制在高温下由于结晶收缩带来的尺寸变化,表现为高温下的抗形变能力提高。另一方面,硅酸盐粉末在聚丙烯的非晶区,均匀分散并有序排列,这样在挤出拉条制备母粒过程中,片状结构沿挤出方向形成取向,在后续发泡的过程中,进一步抑制变形,提高耐温性能。再者,硅酸盐粉末跟聚丙烯基体的相容性较好,通过相容助剂增加无机粉末与有机树脂的分散性和界面结合力,使得耐温性能进一步提高。因此,采用该硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备得到的改性聚丙烯耐热发泡材料具有良好的耐高温性能。

[0019] 2、本发明提供的改性聚丙烯耐热发泡材料的制备方法,首先通过控制硅酸盐改性的聚丙烯母粒的制备工艺,使聚丙烯分子链和硅酸盐沿挤出方向形成取向,进一步提高耐温性。其次,将硅酸盐改性的聚丙烯母粒模压成聚丙烯预发泡板,再通过超临界流体发泡工艺发泡获得聚丙烯发泡板材。这样,通过对发泡工艺中的各种参数进行控制,使硅酸盐高填充改性,提高了聚丙烯发泡板材的耐高温性能,并且整个制备工艺过程绿色环保,生产效率高。

[0020] 3、本发明提供的改性聚丙烯耐热发泡材料,由于其采用硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备而成,因而具有该聚丙烯母粒具有的耐高温性能,其在110℃高温下在长宽高各方向的尺寸收缩率均小于0.2%,满足汽车顶棚和建筑材料领域的使用要求。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明实施例1制备的改性聚丙烯耐热发泡材料的SEM图。

[0022] 图2为对比例1制备的发泡材料的SEM图。

## 具体实施方式

[0023] 实施例1

一种改性聚丙烯耐热发泡材料,采用硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备而成。所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒,包括巴塞尔RS1684(230℃、负载2.16Kg条件下的熔体流动速率为3g/10min)90kg、4000目蒙脱土5kg、PP-g-MAH(杜邦P613)3kg、钛酸酯偶联剂(NDZ-201)2kg。

[0024] 其中,所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒的制备方法为:

将巴塞尔RS1684、蒙脱土、杜邦P613和NDZ-201充分干燥后,通过高速混合机混合,得到混合物;

混合物经过同向双螺杆挤出机混炼挤出,加料段分四区加热温度依次为170-175-180-190℃、熔融段分四区加热温度依次为190-190-200-200℃、计量段至口模温度依次为210-210-220-220℃,挤出机主喂料50kg/h,螺杆转速180rpm;挤出加工自加料口至口模,温度从170℃逐步过渡至220℃,口模压力8MPa。熔融物料经挤出拉条、水冷、切粒、干燥、分筛,得到所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒A1。

[0025] 所述改性聚丙烯耐热发泡材料的制备方法为:

S1. 聚丙烯母粒A1使用平板硫化机,模压工艺温度220℃、压力4MPa、时间10min,经过冷却定型得到厚度10mm的聚丙烯预发泡板材B1。

[0026] S2. 将预发泡板材B1置于恒温160℃的模腔内。置换模腔内空气后,充入二氧化碳至超临界状态,控制压力在10MPa,保压渗透2h。通过气动球阀卸压,将模腔内压力从10MPa泄压至0。

[0027] S3. 通过调整气动球阀的口径大小和管路长短,来控制泄压速率在20MPa/s之间。最后打开模腔,制得改性聚丙烯耐热发泡材料C1。

[0028] 经测试,改性聚丙烯耐热发泡材料C1的密度为70kg/m<sup>3</sup>,相对于原物料膨胀了12.9倍。将其切片后通过扫描电镜观察内部结果,其SEM图如图1所示。从图1可知,C1的泡孔直径在50-100μm。将C1剖切成10mm厚的薄板,放置在110℃鼓风烘箱中烘烤9h,参见表2,板材C1在长宽高各方向的尺寸收缩率均小于0.2%。

[0029] 实施例2

一种改性聚丙烯耐热发泡材料,采用硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备而成。所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒,包括巴塞尔RS1684(230℃、负载2.16Kg条件下的熔体流动速率为3g/10min)70kg、800目高岭土20kg、PP-g-MAH(杜邦P613)5kg、硅烷偶联剂(KH-550)5kg。

[0030] 其中,所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒的制备方法为:

将巴塞尔RS1684、高岭土、杜邦P613和KH-550充分干燥后,通过高速混合机混合,得到混合物;

混合物经过同向双螺杆挤出机混炼挤出,加料段分四区加热温度依次为170-175-180-190℃、熔融段分四区加热温度依次为190-190-200-200℃、计量段至口模温度依次为210-210-220-220℃,挤出机主喂料50kg/h,螺杆转速180rpm;挤出加工自加料口至口模,温度从170℃逐步过渡至220℃,口模压力8MPa。熔融物料经挤出拉条、水冷、切粒、干燥、分筛,得到所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒A2。

[0031] 所述改性聚丙烯耐热发泡材料的制备方法为:

S1. 聚丙烯母粒A2使用平板硫化机,模压工艺温度220℃、压力4MPa、时间10min,经过冷却定型得到厚度10mm的聚丙烯预发泡板材B2。

[0032] S2. 将预发泡板材B2置于恒温164℃的模腔内。置换模腔内空气后,充入二氧化碳至超临界状态,控制压力在20MPa,保压渗透2h。通过气动球阀卸压,将模腔内压力从20MPa泄压至0。

[0033] S3. 通过调整气动球阀的口径大小和管路长短,来控制泄压速率在50MPa/s之间。最后打开模腔,制得改性聚丙烯耐热发泡材料C2。

[0034] 经测试,改性聚丙烯耐热发泡材料C2的密度为62kg/m<sup>3</sup>,相对于原物料膨胀了14.5倍。C2的泡孔直径在100-150μm。将C2剖切成10mm厚的薄板,放置在110℃鼓风烘箱中烘烤

9h,参见表2,板材C2在长宽高各方向的尺寸收缩率均小于0.2%。

#### [0035] 实施例3

一种改性聚丙烯耐热发泡材料,采用硅酸盐改性的聚丙烯母粒制备而成。所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒,包括巴塞尔RS1684(230℃、负载2.16Kg条件下的熔体流动速率为3g/10min)80kg、2000目莫斯科土15kg、PP-g-MAH(杜邦P613)2kg、硅烷偶联剂(KH-550)3kg。

[0036] 其中,所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒的制备方法为:

将巴塞尔RS1684、莫斯科土、杜邦P613和KH-550充分干燥后,通过高速混合机混合,得到混合物;

混合物经过同向双螺杆挤出机混炼挤出,加料段分四区加热温度依次为170-175-180-190℃、熔融段分四区加热温度依次为190-190-200-200℃、计量段至口模温度依次为210-210-220-220℃,挤出机主喂料50kg/h,螺杆转速180rpm;挤出加工自加料口至口模,温度从170℃逐步过渡至220℃,口模压力8MPa。熔融物料经挤出拉条、水冷、切粒、干燥、分筛,得到所述硅酸盐改性的聚丙烯母粒A3。

[0037] 所述改性聚丙烯耐热发泡材料的制备方法为:

S1.聚丙烯母粒A3使用平板硫化机,模压工艺温度220℃、压力4MPa、时间15min,经过冷却定型得到厚度50mm的聚丙烯预发泡板材B3。

[0038] S2.将预发泡板材B3置于恒温165℃的模腔内。置换模腔内空气后,充入二氧化碳至超临界状态,控制压力在15MPa,保压渗透5h。通过气动球阀卸压,将模腔内压力从15MPa泄压至0。

[0039] S3.通过调整气动球阀的口径大小和管路长短,来控制泄压速率在30MPa/s之间。最后打开模腔,制得改性聚丙烯耐热发泡材料C3。

[0040] 经测试,改性聚丙烯耐热发泡材料C3的密度为30kg/m<sup>3</sup>,相对于原物料膨胀了30倍。C3的泡孔直径在150-200μm。将C3剖切成10mm厚的薄板,放置在110℃鼓风烘箱中烘烤9h,参见表2,板材C3在长宽高各方向的尺寸收缩率均小于0.2%。

#### [0041] 对比例1

与实施例1不同之处在于直接使用巴塞尔RS1684(230℃、负载2.16Kg条件下的熔体流动速率为3g/10min)100kg在平板硫化机上模压成型,模压工艺温度220℃、压力4MPa、时间10min,经过冷却定型得到厚度10mm的聚丙烯预发泡板材。

[0042] 将预发泡板材置于恒温160℃的模腔内。置换模腔内空气后,充入二氧化碳至超临界状态,控制压力在10MPa,保压渗透2h。通过气动球阀卸压,将模腔内压力从10MPa泄压至0。通过调整气动球阀的口径大小和管路长短控制泄压速率为20MPa/s,最后打开模腔,制得聚丙烯发泡板。

[0043] 经测试密度65kg/m<sup>3</sup>,相对于原物料膨胀了13.8倍,其SEM照片如附图2所示。从图2可以看到,部分泡孔合并泡孔在50-200μm,泡孔均匀性变差。同时耐热试验结果表明,参见表2,板材收缩在长度和宽度方向的尺寸变化率均大于0.5%,不满足汽车和建筑领域的使用需求。

#### [0044] 对比例2

对比例2与实施例2的不同之处在于,在实施例2的基础上,增加硅酸盐的用量。具体包括:巴塞尔RS1684(230℃、负载2.16Kg条件下的熔体流动速率为3g/10min)60kg,800目

高岭土30kg、PP-g-MAH(杜邦P613) 5kg、硅烷偶联剂(KH-550) 5kg。

[0045] 其他工艺与实施例2相同。

[0046] 将对比例2制得聚丙烯发泡板材进行测量,其密度为 $130\text{kg}/\text{m}^3$ ,相对于原物料膨胀了6.9倍,制备的板材发泡难度增大,发泡倍率较小。同时,将制得聚丙烯发泡板材剖切成10mm厚的薄板,放置在 $110^\circ\text{C}$ 鼓风烘箱中烘烤9h,参见表2,板材收缩率热尺寸变化率大于0.5%,也不满足汽车和建筑领域的使用需求。

[0047] 实施例1-3的力学性能检测数据如表1所示。实施例1-3和对比例1-2的尺寸稳定性检测数据如表2所示。

[0048] 表1 实施例1-3的力学性能检测数据

项目	最大拉力/N	拉伸强度/MPa	压缩强度/MPa
检测标准	GB 9641-1988		GB/T 8813-2020 方法 A, 压缩 10%
实施例 1	70.13	1.88	0.71
实施例 2	69.66	1.81	0.63
实施例 3	68.94	1.75	0.56

从表1可知,实施例1-3制备的改性聚丙烯耐热发泡材料具有较高的力学性能,满足汽车顶棚和建筑材料对发泡聚丙烯材料的力学性能的要求。

[0049] 表2 实施例1-3和对比例1-2的尺寸稳定性检测数据

项目	长度尺寸变化率%	宽度尺寸变化率%	高度尺寸变化率%
检测标准	GB/T 8811-2008 ( $110^\circ\text{C}$ )		
实施例 1	0.16%	0.14%	0.15%
实施例 2	0.18%	0.15%	0.16%
实施例 3	0.16%	0.15%	0.15%
对比例 1	5%	6%	3%
对比例 2	0.8%	0.6%	0.5%

从表2可知,实施例1-3制备的发泡材料在 $110^\circ\text{C}$ 下的任意方向的尺寸变化均小于0.2%,其耐热性能满足汽车顶棚和建筑领域的使用需求。

[0050] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

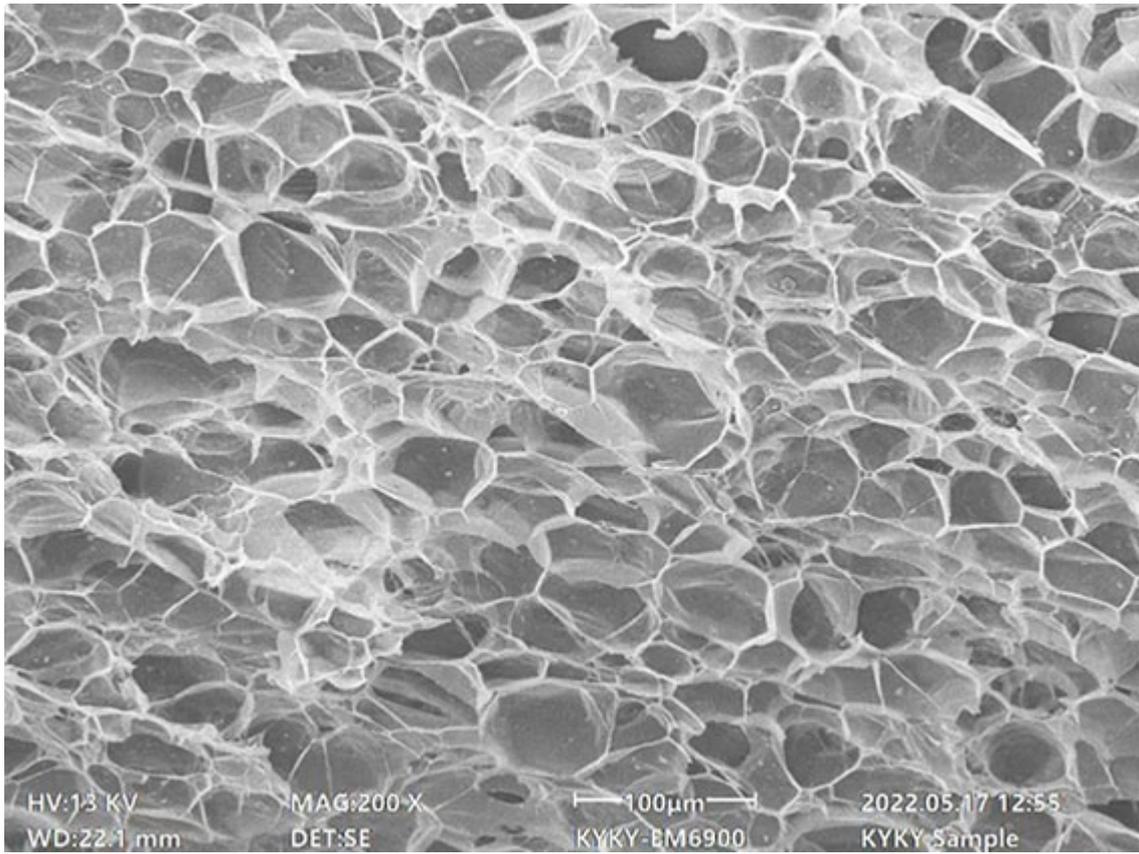


图1

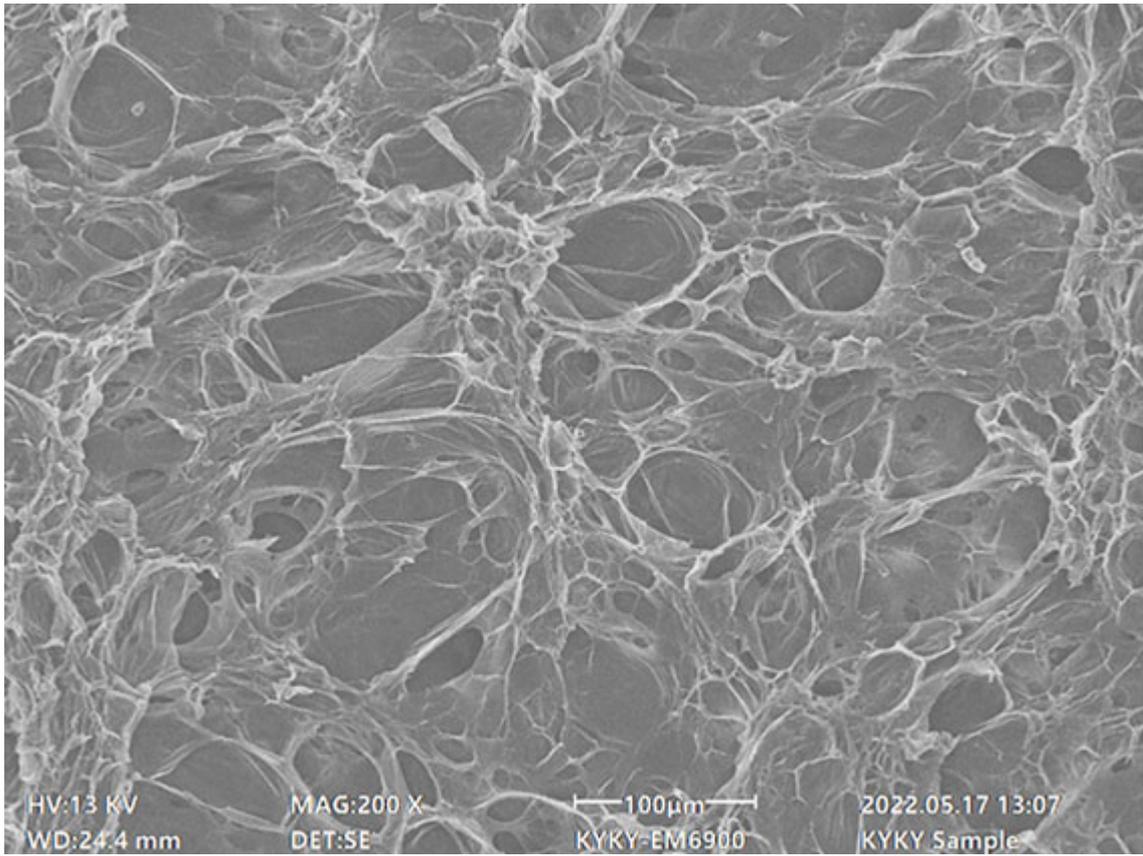


图2