



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116005039 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 25

(21) 申请号	202211726007.2	<i>G22C 32/00</i> (2006.01)
(22) 申请日	2022.12.30	<i>G22C 49/06</i> (2006.01)
(71) 申请人	安徽工业大学	<i>G22C 49/14</i> (2006.01)
地址	243002 安徽省马鞍山市花山区湖东路59号	<i>G22C 47/14</i> (2006.01)
(72) 发明人	丁祥 粟广军 钱昊 胡兴胜 彭国胜 冉松林	<i>G22C 47/04</i> (2006.01)
(74) 专利代理机构	安徽知问律师事务所 34134	<i>B22F 3/11</i> (2006.01)
专利代理师	刘丽芳	<i>B22F 1/18</i> (2022.01)
(51) Int. Cl.		<i>B22F 1/14</i> (2022.01)
		<i>G22C 1/08</i> (2006.01)
		<i>G22C 101/10</i> (2006.01)
		<i>G22C 101/06</i> (2006.01)
		<i>G22C 21/00</i> (2006.01)
		<i>G22C 21/08</i> (2006.01)
		<i>G22C 21/02</i> (2006.01)
		<i>G22C 21/14</i> (2006.01)
		<i>G22C 21/16</i> (2006.01)

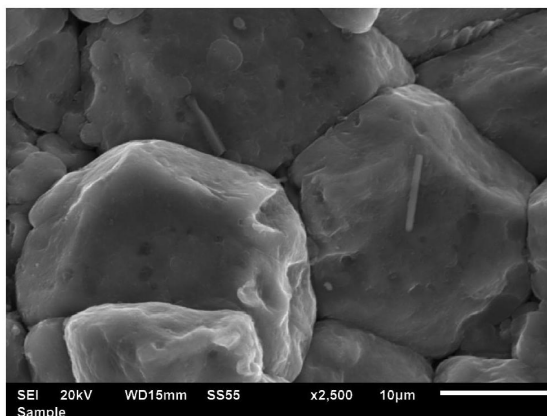
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种泡沫铝及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种泡沫铝及其制备方法,属于泡沫铝制造技术领域。本发明的方法在发泡之前将增强相与塑性金属粉末混合,形成表面具有塑性金属包裹的改性增强相,再与原料基体混合,增强相被塑性较好的金属大范围包裹,在粉末冶金法制备泡沫铝的压制过程中将会与金属粉末结合致密,提高了致密度,利于后续发泡。制得的泡沫铝前驱体致密度高,泡沫铝因增强相与基体润湿性能改善使其压缩性能好。



1. 一种泡沫铝,其特征在于,所述泡沫铝中混合有增强相,所述增强相和泡沫铝之间有金属间化合物,所述金属间化合物的熔点为400-550℃。

2. 根据权利要求1所述一种泡沫铝,其特征在于,所述增强相为陶瓷颗粒、晶须或短纤维中的一种,所述陶瓷颗粒为SiC或Al₂O₃颗粒,粒径为200~400目;所述晶须为莫来石或尖晶石晶须,直径0.2~0.5μm,长径比20~60;所述短纤维为碳纤维,长度在20~80μm。

3. 根据权利要求1所述一种泡沫铝,其特征在于,所述金属间化合物为塑性金属与铝合金形成,所述塑性金属选自铝、铜、镁或锡粉中的一种。

4. 根据权利要求3所述一种泡沫铝,其特征在于,所述增强相与塑性金属粉末的质量比为1:(2~6)。

5. 根据权利要求3所述一种泡沫铝,其特征在于,所述塑性金属为塑性金属粉末,所述塑性金属粉末的粒径范围为500~800目。

6. 一种制备权利要求1-5任一项所述泡沫铝的方法,其特征在于,具体步骤如下:

步骤S1、制备改性增强相:将增强相与塑性金属粉末按一定质量比混合均匀后压块,破碎、过筛,获得外表面被塑性金属粉末包裹的增强相,记为改性增强相;

步骤S2、制备泡沫铝:取一定质量步骤S1所得改性增强相加入金属粉末原料和发泡剂中混匀,制得发泡前驱体,发泡,制得泡沫铝。

7. 根据权利要求6所述一种泡沫铝的制备方法,其特征在于,粉末冶金法制备泡沫铝的原料包括金属粉末原料、改性增强相和发泡剂,所述改性增强相的加入量为粉末冶金法制备泡沫铝的原料的3.0wt%~9.0wt%,所述发泡剂的加入量为粉末冶金法制备泡沫铝的原料的0.5wt%~1.0wt%,其余组分为金属粉末原料。

8. 根据权利要求7所述一种泡沫铝的制备方法,其特征在于,所述金属粉末原料包括Al粉、Mg粉或AlMg50合金粉、Si粉或AlSi12合金粉、Cu粉和Sn粉,各元素的质量分数为Al:74~90%、Mg:3~6%、Si:3~8%、Cu:2~6%、Sn:2~6%,所述金属粉末原料的粒度为200~400目。

9. 根据权利要求7所述一种泡沫铝的制备方法,其特征在于,所述发泡剂为氢化钛。

10. 根据权利要求6所述一种泡沫铝的制备方法,其特征在于,步骤S2中所述发泡前驱体在发泡温度为580~620℃,保温5~20min后冷却获得性能增强的泡沫铝。

一种泡沫铝及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于泡沫铝制造技术领域,更具体地说,涉及一种泡沫铝及其制备方法。

背景技术

[0002] 泡沫铝是一种多孔结构功能一体化材料,集轻质、吸能、减震、缓冲、隔音、隔热、电磁屏蔽等多种优异功能于一身,满足系统减重、结构承载和多功能综合需求,在未来航空航天、汽车制造、轨道交通等领域具有广阔的开发及应用前景。

[0003] 提高泡沫铝压缩强度是扩大泡沫铝应用的重要途径之一,粉末冶金法制备泡沫铝的发泡时间一般较短,很难通过控制基体成分组成,实现在短暂的发泡过程中原位自生成增强相,因此,目前主要通过外加增强相来提升泡沫铝材料的力学性能。增强相主要有陶瓷颗粒、晶须与短纤维等,同原位反应自生成的增强相相比,外加增强相在与基体的化学相容性及润湿性方面表现更差,导致增强效果不佳。在熔体发泡法制备泡沫铝过程中,虽然增强相作为第二相外加,但增强相与基体之间通过固-液结合,结合界面具有较好的润湿性;相比之下,粉末冶金法制备泡沫铝时外加的增强相只能与基体通过固-固物理结合,润湿性较差。但粉末冶金法在制备泡沫铝填充件及异形件上优势突出,为扩大优势,通过提升外加增强相与泡沫铝基体润湿性来提高其力学性能是值得研究的重要创新点。虽然有研究报道通过在增强相外表面镀金属来改善其与基体的润湿性能,但操作过程较为复杂。

[0004] 经检索,专利公开号为CN101798665A,发明名称为一种铝基泡沫材料的制备方法,首先在碳纤维表面镀覆一层金属,向铝或铝合金熔体中加入带有金属镀层的碳纤维,然后加入氢化钛并搅拌均匀,发泡后取出并冷却得到碳纤维增强的铝基泡沫材料。本发明将碳纤维引入泡沫铝材料的制备之中,实现了气泡的稳定和材料性能的提高。与现有技术相比,本发明制备的泡沫铝材料的压缩强度高于6MPa,冲击韧性提高约30%,能量吸收能力提高50%以上。然而电镀法工艺操作复杂,电镀过程中使用大量的酸、碱、重金属和易燃、易爆及危险化学品等原料,并产生危害人体健康和污染环境的废水、废气、废渣;同样,化学镀法工艺复杂,镀液成分对环境也会造成污染。另外,两种工艺获得的镀层厚度均较薄,不利于增强相与泡沫铝之间形成金属间化合物。

[0005] 此外,专利公开号为CN105624451A,发明名称为一种高强高韧泡沫铝及其制备方法。泡沫铝的密度为 $0.4\sim 1\text{g}/\text{cm}^3$,泡孔平均尺寸为 $2\sim 5\text{mm}$,其孔壁由铝基体以及均匀弥散在其中的增强颗粒构成,增强颗粒与铝基体形成高强度结合的冶金界面。首先将铝基体粉、增强颗粒和发泡剂颗粒均匀混合并冷压制成粗坯,粗坯经真空热除气之后热变形加工制成可发泡的预制体,经加热发泡制得泡沫铝。按照增强颗粒的体积百分含量为 $3\sim 25\%$ 的比例将铝基体粉末和增强颗粒进行混合。大塑性变形有助于铝基体与增强颗粒实现高强度结合的冶金界面,从而改善发泡过程中增强颗粒与熔融铝基体的润湿性,减少颗粒偏聚,有助于获得颗粒分布均匀的泡沫铝。专利公开号为CN109321787A,发明名称为一种铝基复合材料的制备方法。以可塑性变形的金属颗粒为载体,连同 TiH_2 及增强相进行球磨,使 TiH_2 和增强相镶嵌吸附在载体上,制备得发泡混合物;将铝或铝合金熔体置入坩埚内,在指定温度下,

添加适量铝箔包裹的发泡混合体,并进行高速搅拌;取出搅拌设备,对坩埚进行保温沉积;达到指定保温沉积时间后,取出坩埚,并对其冷却,获得泡沫体底部的铝基复合材料。上述方案中首先将金属颗粒、增强相和发泡剂颗粒均匀混合制得发泡混合体,其不足之处在于,获得的增强材料泡孔分布极不均匀,其上部为泡沫层,下部为无泡层的铝基复合材料;并且,增强相连同发泡剂一起与金属颗粒混合,造成增强相包覆不完全,不利于增强相与泡沫金属之间形成金属间化合物。

发明内容

[0006] 1. 要解决的问题

[0007] 针对现有粉末冶金法制备泡沫铝过程中增强相与泡沫铝基体润湿性差的问题,本发明提供一种泡沫铝及其制备方法,利用该方法制得的增强相与泡沫铝基体润湿性好。

[0008] 2. 技术方案

[0009] 为了解决上述问题,本发明所采用的技术方案如下:

[0010] 本发明提供一种泡沫铝的制备方法,具体步骤如下:

[0011] 步骤S1、增强相预处理:将增强相与塑性金属粉末按一定质量比混合均匀后压块,破碎、过筛,获得一定粒径且外表面被塑性金属包裹的增强相,记为改性增强相;

[0012] 所述增强相为陶瓷颗粒、晶须或短纤维中的一种,所述陶瓷颗粒为SiC或 Al_2O_3 颗粒,粒径为200~400目;晶须为莫来石或尖晶石晶须,直径0.2~0.5 μm ,长径比20~60;短纤维为碳纤维,长度在20~80 μm 。其中颗粒增强相主要通过陶瓷颗粒的高强度,均匀分散在基体中起到增强作用;晶须与纤维主要利用增强相的高长径比,均匀交织在基体中,起到网状增强效果。所述塑性金属粉末选自铝、铜、镁或锡中的一种或多种,其与铝合金形成熔点位于400-550 $^{\circ}C$ 的金属间化合物,从而在发泡之前,金属间化合物先熔化对增强相进行润湿,所述塑性金属粉末的粒径范围为500~800目,小于增强相粒径,能最大程度上保证增强相外表面被粒径较小的塑性金属完全包裹。所述增强相与塑性金属粉末的质量比为1:(2~6),增强相过多则包覆率低,导致性能提升率较低;塑性金属粉末过多则增强相添加量相对过低,同样导致性能提升率低。相较于现有技术【马有草.快速粉末冶金发泡法制备碳纳米管增强泡沫铝复合材料及其压缩性能[D].天津大学.】中将碳纳米管直接包覆在泡沫铝基体表面,本发明采用陶瓷相作为增强相,增强效果更显著。

[0013] 由于粉末冶金法制备泡沫铝的原料基体为金属粉末,进行发泡之前,要进行压制获得致密度较高的发泡前驱体;由于粉末冶金法制备泡沫铝时外加的增强相与基体只能通过固-固物理结合,结合力较差,导致发泡前驱体致密度不高,因此,本发明在发泡之前将增强相与塑性金属粉末混合,形成表面具有塑性金属包裹的增强相,再与原料基体混合,增强相被塑性较好的金属大范围包裹,在压制过程中将会与金属粉末结合致密,提高了致密度,利于后续发泡。

[0014] 所述压块过程在压力为400~600MPa下压块,获得压块厚度为1~2mm,直径为50mm的圆柱体;将压块破碎后过筛,得到粒径范围在100~300目被塑性金属包裹的增强相,记为改性增强相;

[0015] 步骤S2、制备泡沫铝:取一定质量步骤S1所得改性增强相加入金属粉末原料和发泡剂中混匀,进行泡沫铝的制备,使得增强相与泡沫铝基体润湿性得到改善,从而获得性能

增强的泡沫铝材料。粉末冶金法制备泡沫铝的原料包括金属粉末原料、改性增强相和发泡剂,所述改性增强相的加入量为粉末冶金法制备泡沫铝的原料的3.0wt%~9.0wt%,过多则导致发泡过程中基体粘度增大,形成的泡孔结构较差,过少则对泡沫铝的屈服强度提升率有限。改性增强相的包覆率越高,屈服强度越高,当包覆率一定时,改性增强相的添加量越大,屈服强度越高,如图3-4所示,当包覆率一定,为95%时,屈服强度在改性增强相的添加量为3wt%-9wt%的范围内先增大后减小,在添加量为6wt%时,屈服强度提升效果最好。所述金属粉末原料选自200~400目的Al粉、Mg粉或AlMg50合金粉、Si粉或AlSi12合金粉、Cu粉和Sn粉;制备过程中,按Al的质量分数为74~90%、Mg为3~6%、Si为3~8%、Cu为2~6%、Sn为2~6%进行组合形成金属粉末原料;所述发泡剂为氢化钛,发泡剂的加入量为粉末冶金法制备泡沫铝的原料的0.5wt%~1.0wt%,其余组分为金属粉末原料。将改性增强相与金属粉末原料和发泡剂混匀后制备发泡前驱体;发泡前驱体在发泡温度为580~620℃,保温5~20min后冷却获得性能增强的泡沫铝。

[0016] 3.有益效果

[0017] 相比于现有技术,本发明的有益效果为:

[0018] (1)本发明的一种泡沫铝的制备方法中,采用塑性金属粉末对增强相进行改性,制得的泡沫铝前驱体致密度高,泡沫铝因增强相与基体润湿性能改善使其压缩性能好;

[0019] (2)制备过程简单,操作方便,可与粉末冶金法制备泡沫铝工艺实现设备完全共享,不需要任何新增设备,在工业化生产上优势明显。

附图说明

[0020] 以下将结合附图和实施例来对本发明的技术方案作进一步的详细描述,但是应当知道,这些附图仅是为解释目的而设计的,因此不作为本发明范围的限定。此外,除非特别指出,这些附图仅意在概念性地说明此处描述的结构构造,而不必要依比例进行绘制。

[0021] 图1为实施例3经改性增强相扫描电镜照片;

[0022] 图2为实施例3增润湿性改善前后的泡沫铝压缩性能对比;

[0023] 图3为改性增强相包覆率对泡沫铝屈服强度提升率的影响,所述改性增强相为莫来石晶须;

[0024] 图4为改性增强相添加量对泡沫铝屈服强度提升率的影响,所述改性增强相为莫来石晶须。

具体实施方式

[0025] 下文对本发明的示例性实施例的详细描述参考了附图,该附图形成描述的一部分,在该附图中作为示例示出了本发明可实施的示例性实施例。尽管这些示例性实施例被充分详细地描述以使得本领域技术人员能够实施本发明,但应当理解可实现其他实施例且可在不脱离本发明的精神和范围的情况下对本发明作各种改变。下文对本发明的实施例的更详细的描述并不用于限制所要求的本发明的范围,而仅仅为了进行举例说明且不限对本发明的特点和特征的描述,以提出执行本发明的最佳方式,并足以使得本领域技术人员能够实施本发明。因此,本发明的范围仅由所附权利要求来限定。

[0026] 表1本发明实施例1-5组分参数

		实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	
[0027]	增强相						
	种类	SiC 颗粒	Al ₂ O ₃ 颗粒	莫来石晶须	尖晶石晶须	碳纤维	
	含量 (wt%)	1	2	1.5	1	1	
	粒径 (目)	400	200	直径:0.5μm 长径比:20	直径:0.2μm 长径比:60	长度: 40μm	
[0027]	塑性金属粉末						
	种类	铝	铝	锡	镁	铜	
	含量 (wt%)	6	7	6	4	2	
	粒径 (目)	800	500	600	500	500	
[0027]	粉末原料 (以 100% 计)	Al	种类	Al 粉	Al 粉	Al 粉	Al 粉
			含量 (wt%)	78	36	76	63
	Mg	种类	Mg 粉	AlMg50 合金粉	AlMg50 合金粉	Mg 粉	AlMg50 合金粉

[0028]	Si	含量 (wt%)	4	6	8	6	8
		种类	Si 粉	AlSi12 合金粉	Si 粉	AlSi12 合金粉	Si 粉
	Cu	含量 (wt%)	6	50	6	25	8
		种类	Cu 粉	Cu 粉	Cu 粉	Cu 粉	Cu 粉
	Sn	含量 (wt%)	6	4	6	4	2
		种类	Sn 粉	Sn 粉	Sn 粉	Sn 粉	Sn 粉
发泡剂	种类	TiH ₂	TiH ₂	TiH ₂	TiH ₂	TiH ₂	
	含量 (wt%)	0.5	0.7	1.0	0.7	0.5	

[0029] 表2本发明实施例1-5工艺参数

		实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	
[0030]	步骤 S1	压力 (MPa)	500	500	400	400	600
	步骤 S2	发泡温度 (°C)	620	580	600	610	590
		保温时间 (min)	5	20	15	10	15

[0031] 实施例1

[0032] 实施例1提供一种泡沫铝的制备方法,具体步骤如下:

[0033] 步骤S1、增强相预处理:将粒径为400目的SiC颗粒增强相与粒径为800目的铝粉按质量比1:6混合均匀后,在压力为500MPa下压块,获得厚度为1.5mm,直径为50mm的圆柱体,再破碎、过200目筛,获得被金属铝包裹的SiC增强相,其微观形貌类似于图1所示;

[0034] 步骤S2、制备泡沫铝:取质量分数为7%的经以上预处理的SiC增强相加入粉末冶金法制备泡沫铝的粉末原料中混匀,制备发泡前驱体;发泡前驱体在发泡温度为620°C,保

温5min后冷却获得性能增强的泡沫铝。

[0035] 制得的改性增强相被塑性金属包裹的包覆率较高,利用该改性增强相制得的泡沫铝压缩性能高,相较于增强相未经改性的泡沫铝,其屈服强度提升率达到95%。

[0036] 实施例2

[0037] 实施例2提供一种泡沫铝的制备方法,具体步骤如下:

[0038] 步骤S1、增强相预处理:将粒径为200目的 Al_2O_3 颗粒增强相与粒径为500目的铝粉按质量比1:3.5混合均匀后,在压力为500MPa下压块,获得厚度为1.5mm,直径为50mm的圆柱体,再破碎、过100目筛,获得被金属铝包裹的 Al_2O_3 增强相,其微观形貌类似于图1所示;

[0039] 步骤S2、制备泡沫铝:取质量分数为9%的经以上预处理的 Al_2O_3 增强相加入粉末冶金法制备泡沫铝的粉末原料中混匀,制备发泡前驱体;发泡前驱体在发泡温度为580℃,保温20min后冷却获得性能增强的泡沫铝。

[0040] 实施例3

[0041] 实施例3提供一种泡沫铝的制备方法,具体步骤如下:

[0042] 步骤S1、增强相预处理:将直径为0.5 μm ,长径比为20的莫来石晶须增强相与粒径为600目的锡粉按质量比1:4混合均匀后,在压力为400MPa下压块,获得厚度为1mm,直径为50mm的圆柱体,再破碎、过200目筛,获得被金属铜包裹的莫来石晶须增强相,其微观形貌如图1所示;

[0043] 步骤S2、制备泡沫铝:取质量分数为7.5%的经以上预处理的莫来石晶须增强相加入粉末冶金法制备泡沫铝的粉末原料中混匀,制备发泡前驱体;发泡前驱体在发泡温度为600℃,保温15min后冷却获得性能增强的泡沫铝,润湿性能改善前后获得的泡沫铝力学性能对比如图2所示。

[0044] 实施例4

[0045] 实施例4提供一种泡沫铝的制备方法,具体步骤如下:

[0046] 步骤S1、增强相预处理:将直径为0.2 μm ,长径比为60的尖晶石晶须增强相与粒径为500目的镁粉按质量比1:4混合均匀后,在压力为400MPa下压块,获得厚度为2mm,直径为50mm的圆柱体,再破碎、过200目筛,获得被金属镁包裹的尖晶石晶须增强相,其微观形貌类似于图1所示;

[0047] 步骤S2、制备泡沫铝:取质量分数为5%的经以上预处理的尖晶石晶须增强相加入粉末冶金法制备泡沫铝的粉末原料中混匀,制备发泡前驱体;发泡前驱体在发泡温度为610℃,保温10min后冷却获得性能增强的泡沫铝。

[0048] 实施例5

[0049] 实施例5提供一种泡沫铝的制备方法,具体步骤如下:

[0050] 步骤S1、增强相预处理:将长度为40 μm 碳纤维增强相与粒径为500目的铜粉按质量比1:2混合均匀后,在压力为600MPa下压块,获得厚度为1mm,直径为50mm的圆柱体,再破碎、过300目筛,获得被金属锡包裹的碳纤维增强相,其微观形貌类似于图1所示;

[0051] 步骤S2、制备泡沫铝:取质量分数为3%的经以上预处理的碳纤维增强相加入粉末冶金法制备泡沫铝的粉末原料中混匀,制备发泡前驱体;发泡前驱体在发泡温度为590℃,保温15min后冷却获得性能增强的泡沫铝。

[0052] 以上所述仅为本发明的优选实施方案,应当指出,对于本技术领域的普通技术人

员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

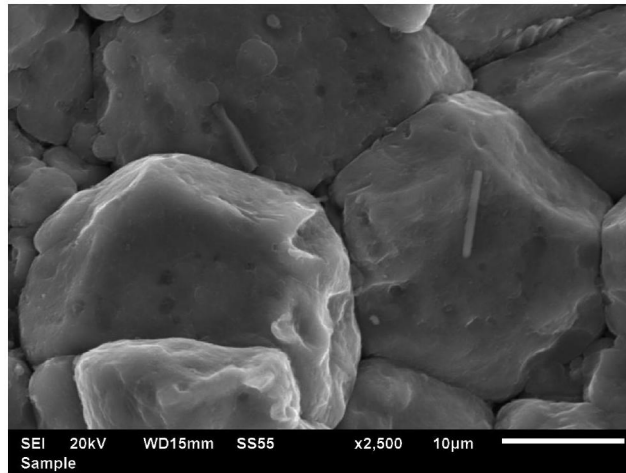


图1

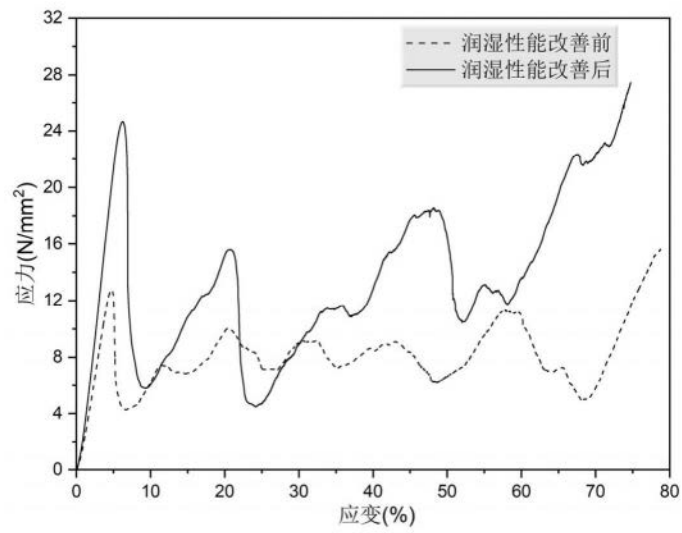


图2

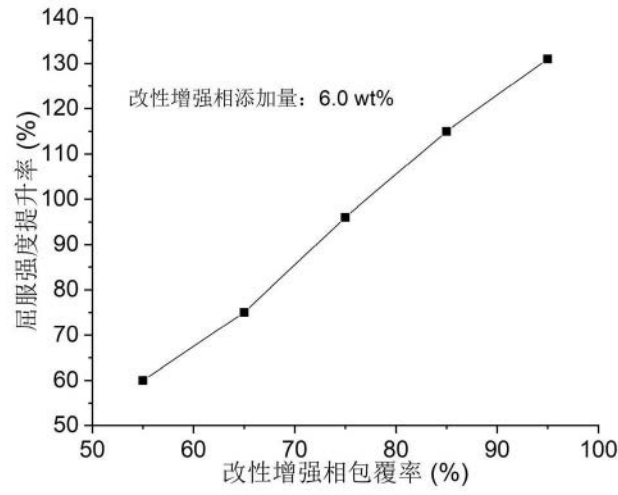


图3

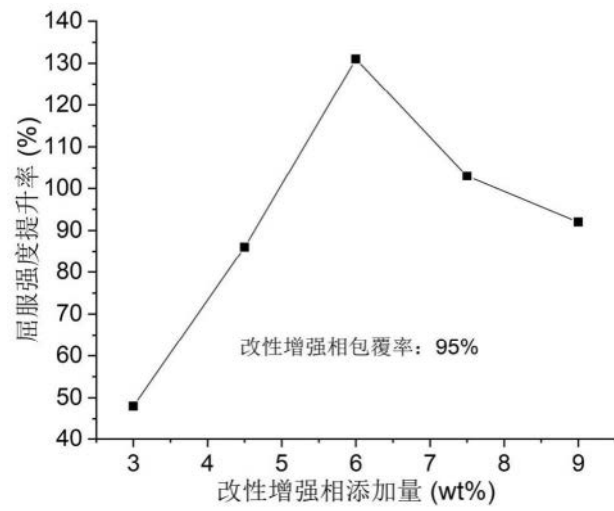


图4