



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I856461 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：111149357 (22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 22 日

(51)Int. Cl. : C08K13/06 (2006.01) C08K3/32 (2006.01)
C08K5/56 (2006.01) C08K9/04 (2006.01)
C08K9/10 (2006.01) C08K9/12 (2006.01)
C08L23/06 (2006.01) C08J9/12 (2006.01)
B82Y30/00 (2011.01)

(30)優先權：2022/01/14 美國 63/299,629

(71)申請人：臺灣塑膠工業股份有限公司 (中華民國) FORMOSA PLASTICS CORPORATION (TW)
雲林縣麥寮鄉台塑工業園區 1 號
德克薩斯農工大學系統 (美國) THE TEXAS A&M UNIVERSITY SYSTEM (US)
美國

(72)發明人：蘇 皇宇 SUE, HUNG-JUE (US)；趙明臻 ZHAO, MINGZHEN (CN)；巫宏懋 WU, HONG-MAO (TW)；吳政龍 WU, JEN-LONG (TW)；康文浩 KANG, WEN-HAO (TW)；林貴斌 LIN, KUEI-PIN (TW)；洪啟明 HONG, CHIMING (TW)

(74)代理人：李世章；秦建譜

(56)參考文獻：
TW 202200536A CN 103897309A
JP 2021-503513A US 2021/0284779A1

審查人員：楊謹瑋

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：5 共 32 頁

(54)名稱
熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑與發泡材料

(57)摘要

本發明提供一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其包含一氣體吸附劑以及一奈米化合物。氣體吸附劑包含一中心結構及一短鏈烷烴，短鏈烷烴與中心結構之間形成一第一化學鍵結。奈米化合物包含一片狀結構及一長鏈烷烴，長鏈烷烴與片狀結構之間形成一第二化學鍵結。據此，本發明的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑可增加氣體溶解度，並均勻分散於高分子材料中，熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的化學結構能改善高分子材料的熔體強度及應變硬化性質，有利於形成均勻緻密的孔洞結構，並提升發泡材料的機械性質。

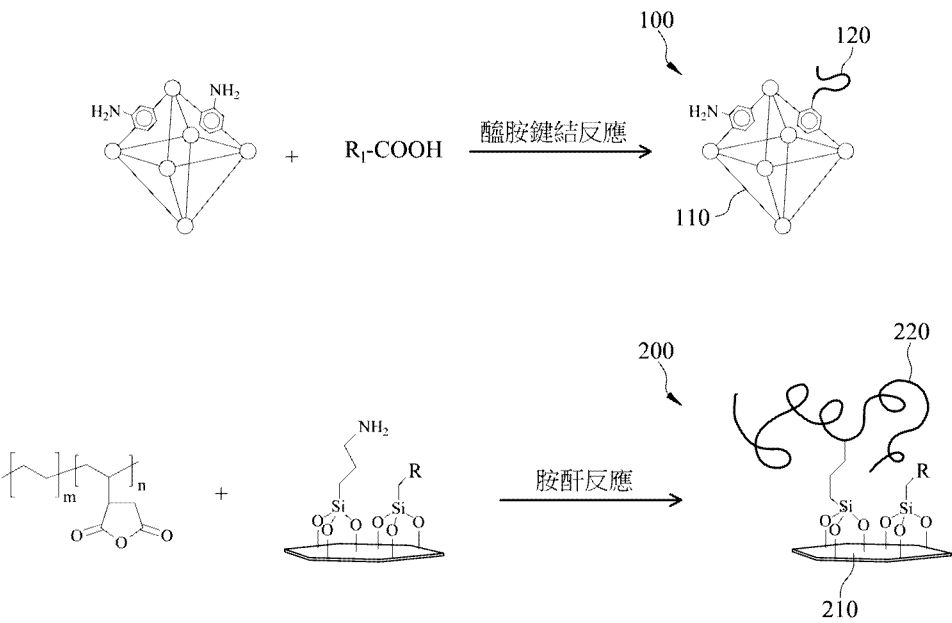
A thermoplastic and thermoset foam nucleation additive is provided in the present disclosure. The thermoplastic and thermoset foam nucleation additive includes a gas absorbent and a nano-compound. The gas absorbent includes a central structure and a short alkyl chain. The short alkyl chain is connected to the central structure through a first chemical bond. The nano-compound includes a flake structure and a long alkyl chain. The long alkyl chain is connected to the flake structure through a second chemical bond. Therefore, the gas solubility can be enhanced by the thermoplastic and thermoset foam nucleation additive of the present disclosure. The thermoplastic and thermoset foam nucleation additive can be evenly dispersed

in the polymer material. The melt strength and strain hardening behavior of the polymer material can be improved due to the chemical structure of the thermoplastic and thermoset foam nucleation additive. It is favorable for forming uniform and dense porous structure and enhancing the mechanical properties of the foamed material.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100:氣體吸附劑
- 110:中心結構
- 120:短鏈烷烴
- 200:奈米化合物
- 210:片狀結構
- 220:長鏈烷烴



第 1A 圖



I856461

【發明摘要】

【中文發明名稱】熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑與發泡材料

【英文發明名稱】THERMOPLASTIC AND THERMOSET FOAM NUCLEATION
ADDITIVE AND FOAMED MATERIAL

【中文】

本發明提供一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其包含一氣體吸附劑以及一奈米化合物。氣體吸附劑包含一中心結構及一短鏈烷烴，短鏈烷烴與中心結構之間形成一第一化學鍵結。奈米化合物包含一片狀結構及一長鏈烷烴，長鏈烷烴與片狀結構之間形成一第二化學鍵結。據此，本發明的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑可增加氣體溶解度，並均勻分散於高分子材料中，熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的化學結構能改善高分子材料的熔體強度及應變硬化性質，有利於形成均勻緻密的孔洞結構，並提升發泡材料的機械性質。

【英文】

A thermoplastic and thermoset foam nucleation additive is provided in the present disclosure. The thermoplastic and thermoset foam nucleation additive includes a gas absorbent and a nano-compound. The gas absorbent includes a central structure and a short alkyl chain. The short alkyl chain is connected to the central structure through a first chemical bond. The nano-compound includes a flake structure and a long alkyl

chain. The long alkyl chain is connected to the flake structure through a second chemical bond. Therefore, the gas solubility can be enhanced by the thermoplastic and thermoset foam nucleation additive of the present disclosure. The thermoplastic and thermoset foam nucleation additive can be evenly dispersed in the polymer material. The melt strength and strain hardening behavior of the polymer material can be improved due to the chemical structure of the thermoplastic and thermoset foam nucleation additive. It is favorable for forming uniform and dense porous structure and enhancing the mechanical properties of the foamed material.

【指定代表圖】第 1A 圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 0 : 氣 體 吸 附 劑

1 1 0 : 中 心 結 構

1 2 0 : 短 鏈 烷 烴

2 0 0 : 奈 米 化 合 物

2 1 0 : 片 狀 結 構

2 2 0 : 長 鏈 烷 烴

【發明說明書】

【中文發明名稱】熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑與發泡材料

【英文發明名稱】THERMOPLASTIC AND THERMOSET FOAM NUCLEATION
ADDITIVE AND FOAMED MATERIAL

【技術領域】

【0001】 本發明是有關一種發泡成核添加劑與發泡材料，尤其是有關一種可改善發泡特性的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑與其發泡材料。

【先前技術】

【0002】 熱塑性發泡材料與熱固性發泡材料被廣泛應用於隔熱和隔音，前述的發泡材料均具有孔洞結構，以達到阻絕熱量與聲音的效果，並使材料具有足夠的機械強度與密度。習知發泡材料的製備方法可分為物理性發泡或化學性發泡。物理性發泡是在高分子材料中添加發泡劑（如二氧化碳、氮氣或碳氫化合物等），再加以擠出成型，當高分子材料離開擠出成型裝置時，外界壓力下降，使得發泡劑釋放而產生孔洞結構。化學性發泡則是透過添加特定化合物，使高分子材料於固化過程中產生特定的化學反應，進而製造氣體並形成孔洞結構。

【0003】 與化學性發泡相比，物理性發泡較無汙染且對環境較為友善，屬於目前主流的發泡方法。在物理性發泡材料

中，最常見為聚烯烴高分子搭配二氧化碳或氮氣所製備的聚烯烴發泡材料，然而，聚烯烴發泡材料仍有許多不足之處。舉例而言，聚烯烴高分子多為線性的化學結構，其熔體強度低，導致發泡後的機械性質不佳。除此之外，二氧化碳與氮氣在聚烯烴高分子中的氣體溶解度相對較低，導致孔洞結構不理想，限制了聚烯烴發泡材料的應用。

【0004】 有鑑於此，製備一種具有優秀機械強度與良好的孔洞結構的發泡材料遂成為相關業者努力的目標。

【發明內容】

【0005】 為達成上述目標，本發明提供一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其可提升高分子材料的熔體強度以及氣體溶解度，以製備出具有優秀性質的發泡材料。

【0006】 本發明的一實施方式提供一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其用於一發泡材料中。熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含一氣體吸附劑以及一奈米化合物。氣體吸附劑包含一中心結構及一短鏈烷烴，短鏈烷烴與中心結構之間形成一第一化學鍵結。奈米化合物包含一片狀結構及一長鏈烷烴，長鏈烷烴與片狀結構之間形成一第二化學鍵結。其中，奈米化合物與氣體吸附劑混合以形成所述熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，短鏈烷烴的碳數為 8 至 18，且長鏈烷烴的分子量為 50000 g/mole 至 130000 g/mole。

【0007】 據此，本發明的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加

劑透過使用氣體吸附劑，可以大幅增加氣體於高分子材料中的溶解度，且短鏈烷烴能進一步幫助氣體吸附劑分散於高分子材料中，有利於形成均勻緻密的孔洞結構。再者，奈米化合物上的長鏈烷烴能改善高分子材料的熔體強度及應變硬化性質，進而提升發泡材料的機械性質。

【0008】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中片狀結構可為一脫層石墨烯片、一脫層奈米矽片或一脫層磷酸鋁片。

【0009】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中長鏈烷烴與片狀結構可透過一胺酐反應形成第二化學鍵結。

【0010】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的總重量以100%計，氣體吸附劑佔熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的重量比例為P1，其可滿足條件： $0\% < P1 \leq 10\%$ 。

【0011】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的總重量以100%計，奈米化合物佔熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的重量比例為P2，其可滿足條件： $0\% < P2 \leq 17\%$ 。

【0012】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中片狀結構與長鏈烷烴的重量比可為1:6至1:15。

【0013】 本發明的另一實施方式提供一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其用於一發泡材料中。熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含一氣體吸附劑。氣體吸附劑

包含一中心結構、一短鏈烷烴及一長鏈烷烴，短鏈烷烴與中心結構之間形成一第一化學鍵結，長鏈烷烴與中心結構之間形成一第二化學鍵結。其中，短鏈烷烴的碳數為 8 至 18，且長鏈烷烴的分子量為 50000 g/mole 至 130000 g/mole。

【0014】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中所述中心結構可為一碳材料、一金屬有機骨架材料或一共價有機骨架材料。

【0015】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中第一化學鍵結可為一醯胺鍵。

【0016】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中長鏈烷烴與中心結構可透過一胺酐反應形成第二化學鍵結。

【0017】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中所述中心結構與短鏈烷烴的重量比可為 1:4 至 1:20。

【0018】 依據前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中所述中心結構與長鏈烷烴的重量比可為 1:13。

【0019】 本發明的又一實施方式提供一種發泡材料，其包含前述的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑以及一高分子材料。高分子材料包含一熱塑性聚合物或一熱固性聚合物，高分子材料與熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑混合，且熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑用以促進高分子材料聚合及發泡。

【圖式簡單說明】

【0020】 為讓本發明的上述和其他目的、特徵、優點與實施例能更明顯易懂，所附圖式的說明如下：

第 1 A 圖為本發明第一實施方式的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的製備流程示意圖；

第 1 B 圖為第 1 A 圖的奈米化合物的詳細合成示意圖；

第 2 圖為本發明第二實施方式的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的製備流程示意圖；

第 3 A 圖為第一比較例以超臨界二氧化碳發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖；

第 3 B 圖為第三比較例以超臨界二氧化碳發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖；

第 3 C 圖為第一實施例以超臨界二氧化碳發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖；

第 4 A 圖為第一比較例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖；

第 4 B 圖為第四比較例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖；

第 4 C 圖為第五比較例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖；

第 4 D 圖為第三實施例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖；

第 4 E 圖為第四實施例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖；以及

第 5 圖為第一比較例至第三比較例、第一實施例及第二實施例的拉伸黏度比較圖。

【實施方式】

【0021】 下述將更詳細討論本發明各實施方式。然而，此實施方式可為各種發明概念的應用，可被具體實行在各種不同的特定範圍內。特定的實施方式是僅以說明為目的，且不受限於揭露的範圍。

【0022】 本發明中，有時以鍵線式 (skeleton formula) 表示化合物結構，此種表示法可以省略碳原子、氫原子以及碳氫鍵。倘若，結構式中有明確繪出官能基的，則以繪示者為準。

【0023】 請一併參照第 1A 圖，第 1A 圖為本發明第一實施方式的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的製備流程示意圖。本發明的第一實施方式提供一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其用於一發泡材料中。熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含一氣體吸附劑 100 以及一奈米化合物 200，且奈米化合物 200 與氣體吸附劑 100 混合以形成所述熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑。

【0024】 詳言之，氣體吸附劑 100 包含一中心結構 110 及一短鏈烷烴 120，短鏈烷烴 120 與中心結構 110 之間形成一第一化學鍵結（未標號）。在第 1A 圖中，中心結構 110 是以胺化的 UiO-66 材料 (UiO-66-NH₂；C₄₈H₃₄N₆O₃₂Zr₆) 為例，短鏈烷烴 120 是以帶有羧基的

碳鏈為例，因此中心結構 110 與短鏈烷烴 120 之間可進行醯胺（amide）鍵結反應，且第一化學鍵結即為一醯胺鍵。

【0025】 中心結構 110 主要用於攜帶與釋放氣體分子，因此中心結構 110 可為一碳材料、一金屬有機骨架（metal-organic framework；MOF）材料或一共價有機骨架（covalent-organic framework；COF）材料，亦可為其他氣體吸附材料，如沸石、分子篩或氣凝膠等。

【0026】 短鏈烷烴 120 的碳數為 8 至 18，且中心結構 110 與短鏈烷烴 120 的重量比可為 1:4 至 1:20。由於中心結構 110 本身在高分子材料中的分散性不佳，容易產生凝集或沉降，而短鏈烷烴 120 與高分子材料的碳鏈性質相似，可以輕易分散於高分子材料中，因此透過中心結構 110 結合短鏈烷烴 120，能改善中心結構 110 的分散性，進而使發泡後的孔洞結構更加均勻。另外，經相關實驗證實，當中心結構 110 與短鏈烷烴 120 的重量比不小於 1:4 時，可維持穩定的分散效果，若其重量比小於 1:4 時，則會產生明顯的團聚與沉澱現象。

【0027】 奈米化合物 200 包含一片狀結構 210 及一長鏈烷烴 220，長鏈烷烴 220 與片狀結構 210 之間形成一第二化學鍵結（未標號）。在第 1A 圖中，片狀結構 210 是以脫層（exfoliated）磷酸鋯（zirconium phosphate；ZrP）片為例，長鏈烷烴 220 是以乙烯－馬來酸酐共聚物（polyethylene-graft-maleic anhydride；

PE-M A) 為例，因此片狀結構 210 與長鏈烷烴 220 之間可進行胺酐反應 (a m i n e - a n h y d r i d e r e a c t i o n) ，以形成第二化學鍵結。其中，長鏈烷烴 220 中的馬來酸酐含量可為 0.2 w t . % 至 1.5 w t . % 。

【0028】 請參照第 1 B 圖，第 1 B 圖為第 1 A 圖的奈米化合物 200 的詳細合成示意圖。由第 1 B 圖可以看出，當脫層磷酸鋁與乙烯－馬來酸酐共聚物進行胺酐反應時，脫層磷酸鋁上的胺基與乙烯－馬來酸酐共聚物的酸酐可以反應並形成鍵結，進而形成醯胺化合物或醯亞胺化合物，且醯胺化合物或醯亞胺化合物均可作為本發明的奈米化合物 200 並帶來特定的技術效果。

【0029】 片狀結構 210 可提升高分子材料的材料性質，例如抗氧化性、機械強度以及熔體強度 (m e l t s t r e n g t h) ，因此片狀結構 210 可為一脫層石墨烯片、一脫層奈米矽片或脫層磷酸鋁片。

【0030】 長鏈烷烴 220 的分子量為 50000 g / m o l e 至 130000 g / m o l e ，且片狀結構 210 與長鏈烷烴 220 的重量比可為 1:6 至 1:15。長鏈烷烴 220 可與高分子材料的碳鏈交纏，形成較為複雜的網狀結構，因此高分子材料的熔體強度與應變硬化 (s t r a i n h a r d e n i n g) 性質皆能提升。

【0031】 此外，熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的總重量以 100 % 計，氣體吸附劑 100 佔熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的重量比例為 P1，其可滿足條件： $0 \% < P1$

$\leq 10\%$ ；而奈米化合物 200 佔熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的重量比例為 $P2$ ，其可滿足條件： $0\% < P2 \leq 17\%$ 。藉由控制奈米化合物 200 與氣體吸附劑 100 的比例，有助於在發泡效果與材料的機械強度之間取得平衡。

【0032】請參照第 2 圖，第 2 圖為本發明第二實施方式的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的製備流程示意圖。本發明的第二實施方式提供一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其包含一氣體吸附劑 300。氣體吸附劑 300 包含一中心結構 310、一短鏈烷烴 320 以及一長鏈烷烴 330，短鏈烷烴 320 與長鏈烷烴 330 均與中心結構 310 連接，其中，中心結構 310、短鏈烷烴 320 及長鏈烷烴 330 的化學結構以及中心結構 310 與短鏈烷烴 320 的連接方式均與第一實施方式相同，於此不再贅述。

【0033】長鏈烷烴 330 與中心結構 310 之間形成一第二化學鍵結。在第 2 圖中，中心結構 310 是以胺化的 UiO-66 材料為例，長鏈烷烴 330 是以乙烯－馬來酸酐共聚物為例，因此中心結構 310 與長鏈烷烴 330 之間可進行胺酐反應，以形成第二化學鍵結，且中心結構 310 與長鏈烷烴 330 的重量比可為 1:13。藉此，可在單一中心結構 310 接上短鏈烷烴 320 與長鏈烷烴 330，以達到增加氣體吸附量的效果，同時改善氣體吸附劑 300 的分散性及高分子材料的材料性質。

【0034】本發明另提供一種發泡材料，其包含前述第一實施方式或第二實施方式的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加

劑以及高分子材料。高分子材料包含一熱塑性聚合物或一熱固性聚合物，高分子材料與熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑混合，且熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑用以促進高分子材料聚合及發泡。

【0035】 茲以下列具體實施例進一步示範說明本發明，用以有利於本發明所屬技術領域通常知識者，可在不需過度解讀的情形下完整利用並實踐本發明，而不應將這些實施例視為對本發明範圍的限制，但用於說明如何實施本發明的材料及方法。

【0036】 < 第一實施例 >

【0037】 第一實施例的發泡材料所使用的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含氣體吸附劑以及奈米化合物。詳言之，氣體吸附劑是將胺化的 UiO-66 材料 0.012 克與硬脂酸 (stearic acid) 0.228 克加入二甲苯 (xylene) 溶劑中，並於 25°C 至 130°C 下反應 1 小時後進行潤洗而得。奈米化合物是將脫層磷酸鋯片 0.09 克與低分子量乙烯－馬來酸酐共聚物 0.6 克加入二甲苯溶劑中，並於 130°C 下反應 1 小時後而得，且奈米化合物中的脫層磷酸鋯片含量為 13 wt.%。

【0038】 再者，將線性高密度聚乙烯 (high-density polyethylene, HDPE) 溶解於二甲苯溶劑中，再與前述氣體吸附劑及奈米化合物混合，並於 130°C 下反應 10 分鐘後形成待發泡材料。接著，將待發泡材料在 80°C 下乾燥 1 小時後，以超臨界二氧化碳 (supercritical

carbon dioxide, ScCO_2) 發泡方法進行發泡，以獲得第一實施例的發泡材料。

【0039】 < 第二實施例 >

【0040】 第二實施例的發泡材料所使用的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含氣體吸附劑。詳言之，氣體吸附劑是將胺化的 UiO-66 材料 0.012 克與硬脂酸 0.228 克加入二甲苯溶劑中，並於 25°C 至 130°C 下反應 1 小時後，再加入低分子量乙烯－馬來酸酐共聚物 0.6 克，並於 25°C 至 130°C 下反應 1 小時後而得。

【0041】 再者，將線性高密度聚乙烯溶解於二甲苯溶劑中，再與前述氣體吸附劑混合，並於 130°C 下反應 10 分鐘後形成待發泡材料。接著，將待發泡材料在 80°C 下乾燥 1 小時後，以超臨界二氧化碳發泡方法進行發泡，以獲得第二實施例的發泡材料。

【0042】 < 第三實施例 >

【0043】 第三實施例的發泡材料所使用的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含氣體吸附劑。詳言之，氣體吸附劑是將胺化的 UiO-66 材料 0.04 克與硬脂酸 0.76 克加入二甲苯溶劑中，並於 25°C 至 130°C 下反應 1 小時後，再加入低分子量乙烯－馬來酸酐共聚物 1 克，並於 25°C 至 130°C 下反應 1 小時後而得。

【0044】 再者，將線性高密度聚乙烯 10 克溶解於二甲苯溶劑中，再與前述氣體吸附劑混合，並於 130°C 下反應 10 分鐘後形成待發泡材料。接著，將待發泡材料在 80°C 下

乾燥 1 小時後，以超臨界氮氣（*supercritical nitrogen*，*ScN₂*）發泡方法進行發泡，以獲得第三實施例的發泡材料。

【0045】 < 第四實施例 >

【0046】 第四實施例的發泡材料所使用的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含氣體吸附劑。詳言之，氣體吸附劑是將胺化的 *UiO-66* 材料 0.04 克與硬脂酸 0.76 克加入二甲苯溶劑中，並於 25°C 至 130°C 下反應 1 小時後，再加入高分子量乙烯－馬來酸酐共聚物 1 克，並於 25°C 至 130°C 下反應 1 小時後而得。

【0047】 再者，將線性高密度聚乙烯 10 克溶解於二甲苯溶劑中，再與前述氣體吸附劑混合，並於 130°C 下反應 10 分鐘後形成待發泡材料。接著，將待發泡材料在 80°C 下乾燥 1 小時後，以超臨界氮氣發泡方法進行發泡，以獲得第四實施例的發泡材料。

【0048】 必須說明的是，雖本發明第一實施例至第四實施例的氣體吸附劑之中心結構均選用多孔性化合物，然實際應用時，仍可選擇其他具有氣體吸附能力、且能與短鏈烷烴形成鍵結的材料作為氣體吸附劑之中心結構，是以本發明並不以上述材料種類為限。

【0049】 < 第一比較例 >

【0050】 第一比較例的發泡材料並未使用本發明之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑。簡言之，第一比較例的發泡材料是在純化後的線性高密度聚乙烯中添加 3 wt.% 的

滑石粉作為發泡成核添加劑，再以超臨界二氧化碳發泡方法或超臨界氮氣發泡方法進行發泡而得。

【0051】 < 第二比較例 >

【0052】 第二比較例的發泡材料並未使用本發明之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑。簡言之，第二比較例的發泡材料是將純化後的長分支型高密度聚乙烯以超臨界二氧化碳發泡方法進行發泡而得。

【0053】 < 第三比較例 >

【0054】 第三比較例的發泡材料所使用的發泡成核添加劑僅包含奈米化合物。詳言之，奈米化合物是將脫層磷酸鋅片 0.09 克與高分子量乙烯－馬來酸酐共聚物 0.6 克加入二甲苯溶劑中，並於 130°C 下反應 1 小時後而得，且奈米化合物中的脫層磷酸鋅片含量為 13 wt.%。

【0055】 再者，將線性高密度聚乙烯溶解於二甲苯溶劑中，再與前述奈米化合物混合，並於 130°C 下反應 10 分鐘後形成待發泡材料。接著，將待發泡材料在 80°C 下乾燥 1 小時後，以超臨界二氧化碳發泡方法進行發泡，以獲得第三比較例的發泡材料。

【0056】 < 第四比較例 >

【0057】 第四比較例的發泡材料並未使用本發明之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑。簡言之，第四比較例的發泡材料是在純化後的線性高密度聚乙烯中添加 3 wt.% 的滑石粉作為發泡成核添加劑，並額外添加 10 wt.% 的低分子量乙烯－馬來酸酐共聚物，再以超臨界氮氣發泡方法進

行發泡而得。

【0058】 < 第五比較例 >

【0059】 第五比較例的發泡材料並未使用本發明之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑。簡言之，第五比較例的發泡材料是在純化後的線性高密度聚乙烯中添加 3 wt.% 的滑石粉作為發泡成核添加劑，並額外添加 10 wt.% 的低分子量乙烯－馬來酸酐共聚物，再以超臨界氮氣發泡方法進行發泡而得。

【0060】 上述實施例與比較例中所指的長分支型高密度聚乙烯為具有長分支結構的高密度聚乙烯，其可產生明顯的應變硬化特性。此外，有關高密度聚乙烯與乙烯－馬來酸酐共聚物的相關材料參數已列於下表一。

表一				
	熔點 (°C)	分子量 (g/mol)	分子量分布	馬來酸酐含量 (wt.%)
線性 高密度聚乙烯	134	75,000	5	N/A
長分支型 高密度聚乙烯	129	90,000	8.62	N/A
低分子量 乙烯－馬來酸酐共聚物	127	49,900	4.07	1.5
高分子量 乙烯－馬來酸酐共聚物	133	130,600	5.32	0.2

【0061】 此外，前述超臨界二氧化碳發泡方法與超臨界氮氣

發泡方法之流程如下：首先，將造粒切割後的待發泡材料放入含浸杯中備用，並將發泡所使用的氣體升溫至 100°C 至 170°C 且加壓至 130 kg/cm^2 ，使氣體進入超臨界態。接著，對一槽體進行升溫，待所述槽體達到目標溫度後，放入裝有待發泡材料的含浸杯，再關閉槽體並注入超臨界氣體，直到槽體壓力達 60 kg/cm^2 至 100 kg/cm^2 並維持約 30 分鐘至 120 分鐘。最後，當含浸達到所需時間後，對槽體進行快速洩壓，洩壓時間可小於 0.3 秒，再將含浸杯中的發泡材料取出置入冰水浴中進行定型及冷卻，並待發泡材料乾燥後進行後續檢測實驗。

【0062】 < 孔洞結構比較 >

【0063】 請參照第 3 A 圖及第 3 B 圖，第 3 A 圖為第一比較例以超臨界二氧化碳發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖，第 3 B 圖為第三比較例以超臨界二氧化碳發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖。由第 3 A 圖可看出，第一比較例的發泡材料結構不佳，其孔洞尺寸不一，且靠近發泡材料中心處的發泡效果不良，進而對發泡材料整體的結構強度產生負面影響。由第 3 B 圖可看出，加入奈米化合物後雖能改善發泡材料的孔洞結構，但不同孔洞的尺寸仍有明顯差異，且發泡材料一側的發泡效果不佳，是以奈米化合物對於改善發泡效果仍有一定極限。

【0064】 請參照第 3 C 圖，第 3 C 圖為第一實施例以超臨界二氧化碳發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖。由第 3 C 圖可看出，加入氣體吸附劑以及奈米化合物後，由於

氣體吸附劑可攜帶較多氣體且可平均分散於高密度聚乙烯中，而奈米化合物可強化高密度聚乙烯的化學結構，因此發泡材料內部的孔洞呈現均勻分布，且孔洞尺寸差異不大，證明其發泡效果較為一致，有助於提升發泡材料的機械強度。

【0065】 請參照第 4 A 圖至第 4 C 圖，第 4 A 圖為第一比較例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖，第 4 B 圖為第四比較例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖，第 4 C 圖為第五比較例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖。由第 4 A 圖可以看出，第一比較例的發泡表現不佳，且由第 4 B 圖及第 4 C 圖可以看出，第四比較例與第五比較例的發泡結果與第一比較例相似，其無明顯的發泡行為。

【0066】 請參照第 4 D 圖與第 4 E 圖，第 4 D 圖為第三實施例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖，第 4 E 圖為第四實施例以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料的剖面顯微鏡圖。由第 4 D 圖及第 4 E 圖可以看出，當線性高密度聚乙烯添加熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑後，可提高超臨界氮氣的吸附量，且透過使用乙烯－馬來酸酐共聚物，可產生足夠的熔體強度，致使超臨界氮氣洩壓而產生物理發泡行為時，可較前述比較例產生更優秀的發泡結構。

【0067】 此外，由第 3 C 圖、第 4 D 圖與第 4 E 圖可以看出，以超臨界氮氣發泡方法所製成的發泡材料與以超臨界二氧

化碳發泡方法所製成的發泡材料皆具有緻密的孔洞結構，說明不論以何種氣體進行發泡，本發明的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑均可改善發泡材料的發泡效果，其應用範圍極為廣泛。

【0068】 < 拉伸黏度比較 >

【0069】 請參照第 5 圖，第 5 圖為第一比較例至第三比較例、第一實施例及第二實施例的拉伸黏度比較圖。由第 5 圖可看出，第一比較例的發泡材料的拉伸黏度明顯較低，第二比較例的發泡材料透過使用長分支結構的高密度聚乙烯，其在長步驟時間下的拉伸黏度有所提升，說明第二比較例的應變硬化性質優於第一比較例，但第二比較例的發泡材料整體的拉伸黏度仍然不佳。

【0070】 第三比較例的發泡材料透過加入奈米化合物，其拉伸黏度略微提升，且第三比較例的奈米化合物是以高分子量乙烯－馬來酸酐共聚物進行改質，高分子量乙烯－馬來酸酐共聚物有助於改善發泡材料的應變硬化性質，但第三比較例的發泡材料整體的拉伸黏度仍然不佳。

【0071】 相較之下，第一實施例與第二實施例的發泡材料進一步使用氣體吸附劑，其拉伸黏度大幅提升，在發泡過程中，較高的拉伸黏度可避免孔洞韌性不足而破裂，因此可改善孔洞結構的穩定性，進而提升發泡材料的機械強度。再者，由於第一實施例與第二實施例的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑僅使用低分子量的乙烯－馬來酸酐共聚物，其雖能改善發泡材料的應變硬化性質，但改善程度並

不明顯，但第一實施例與第二實施例的氣體吸附劑與奈米化合物亦可使用高分子量乙烯－馬來酸酐共聚物進行改質，可以更進一步提升發泡材料的應變硬化性質，並獲得更優秀的材料特性。

【0072】 綜上所述，本發明的熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑透過使用氣體吸附劑，可以大幅增加氣體於高分子材料中的溶解度，且短鏈烷烴能進一步幫助氣體吸附劑分散於高分子材料中，有利於形成均勻緻密的孔洞結構。再者，奈米化合物上的長鏈烷烴能改善高分子材料的熔體強度及應變硬化性質，進而提升發泡材料的機械性質。

【0073】 雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可作各種的更動與潤飾，因此本發明的保護範圍當視後附的申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0074】

1 0 0 , 3 0 0 : 氣體吸附劑

1 1 0 , 3 1 0 : 中心結構

1 2 0 , 3 2 0 : 短鏈烷烴

2 0 0 : 奈米化合物

2 1 0 : 片狀結構

2 2 0 , 3 3 0 : 長鏈烷烴

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其用於一發泡材料中，該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含：

一氣體吸附劑，其包含：

一中心結構；及

一短鏈烷烴，該短鏈烷烴與該中心結構之間形成一第一化學鍵結；以及

一奈米化合物，其包含：

一片狀結構；及

一長鏈烷烴，該長鏈烷烴與該片狀結構之間形成一第二化學鍵結；

其中，該奈米化合物與該氣體吸附劑混合以形成該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，該短鏈烷烴的碳數為 8 至 18，且該長鏈烷烴的分子量為 50000 g/mole 至 130000 g/mole ；

其中，該中心結構與該短鏈烷烴的重量比為 1:4 至 1:20，且該片狀結構與該長鏈烷烴的重量比為 1:6 至 1:15。

【請求項 2】如請求項 1 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該中心結構為一碳材料、一金屬有機骨架材料或一共價有機骨架材料。

【請求項 3】如請求項 1 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該第一化學鍵結為一醯胺鍵。

【請求項 4】如請求項 1 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該片狀結構為一脫層石墨烯片、一脫層奈米矽片或一脫層磷酸鋁片。

【請求項 5】如請求項 1 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該長鏈烷烴與該片狀結構是透過一胺酐反應形成該第二化學鍵結。

【請求項 6】如請求項 1 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的總重量以 100% 計，該氣體吸附劑佔該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的重量比例為 $P1$ ，其滿足條件： $0\% < P1 \leq 10\%$ 。

【請求項 7】如請求項 1 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的總重量以 100% 計，該奈米化合物佔該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑的重量比例為 $P2$ ，其滿足條件： $0\% < P2 \leq 17\%$ 。

【請求項 8】一種發泡材料，其包含：

如請求項 1 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑；以及

一高分子材料，其包含一熱塑性聚合物或一熱固性聚合物，該高分子材料與該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑混合，且該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑用以促進該高分子材料聚合及發泡。

【請求項 9】一種熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其用於一發泡材料中，該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑包含：

一氣體吸附劑，其包含：

一中心結構；

一短鏈烷烴，該短鏈烷烴與該中心結構之間形成一第一化學鍵結；及

一長鏈烷烴，該長鏈烷烴與該中心結構之間形成一第二化學鍵結；

其中，該短鏈烷烴的碳數為 8 至 18，且該長鏈烷烴的分子量為 50000 g/mole 至 130000 g/mole；

其中，該中心結構與該短鏈烷烴的重量比為 1:4 至 1:20，且該中心結構與該長鏈烷烴的重量比為 1:13。

【請求項 10】如請求項 9 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該中心結構為一碳材料、一金屬有機骨架材料或一共價有機骨架材料。

【請求項 11】如請求項 9 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該第一化學鍵結為一醯胺鍵。

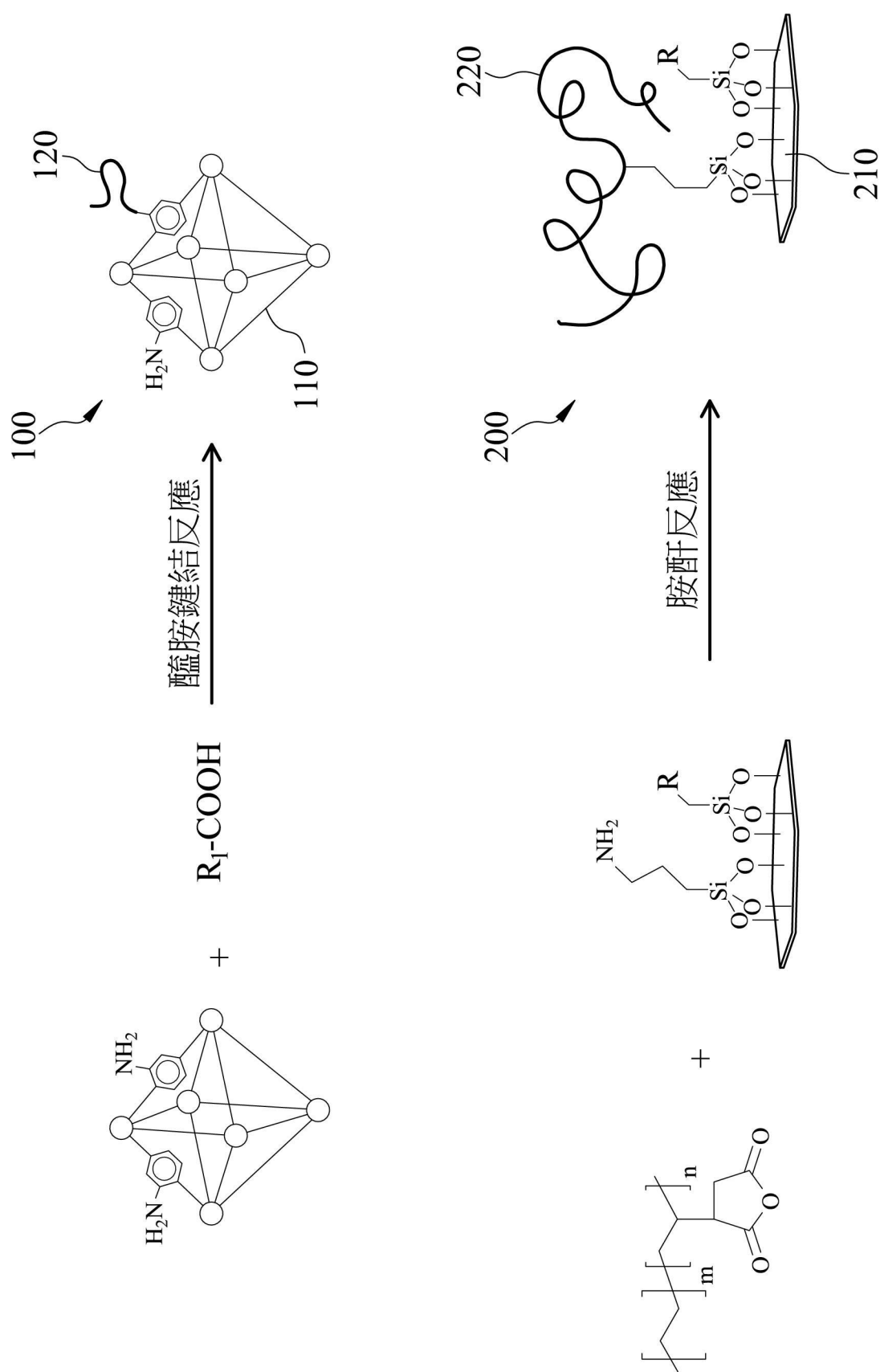
【請求項 12】如請求項 9 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑，其中該長鏈烷烴與該中心結構是透過一胺酐反應形成該第二化學鍵結。

【請求項 13】一種發泡材料，其包含：

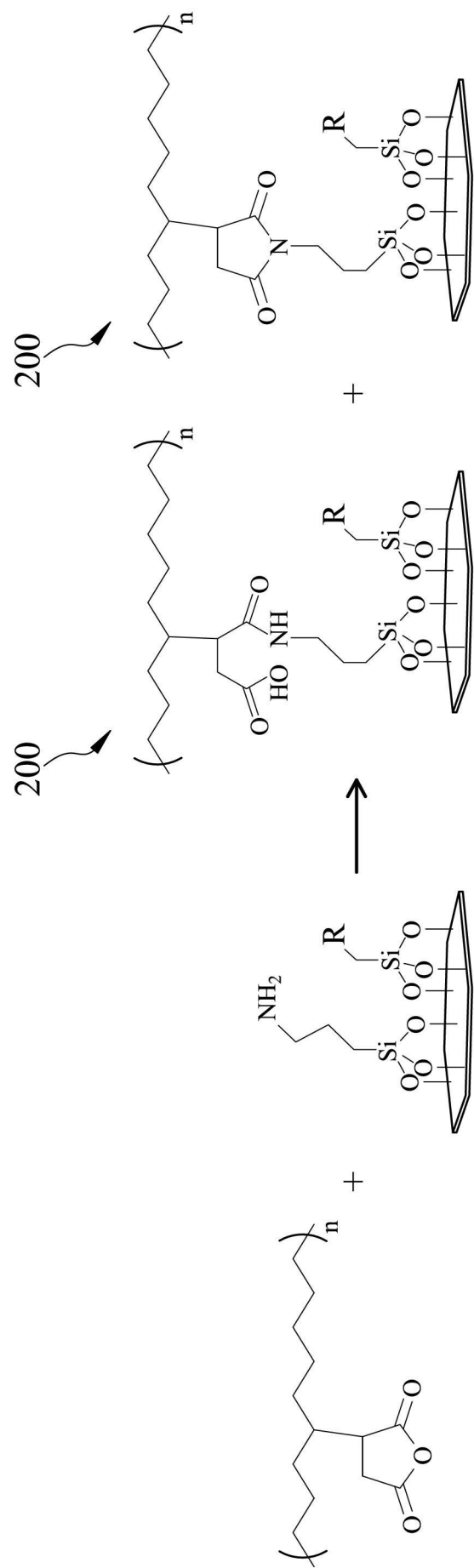
如請求項 9 所述之熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑；以及

一高分子材料，其包含一熱塑性聚合物或一熱固性聚合物，該高分子材料與該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑混合，且該熱塑性與熱固性塑膠發泡成核添加劑用以促進該高分子材料聚合及發泡。

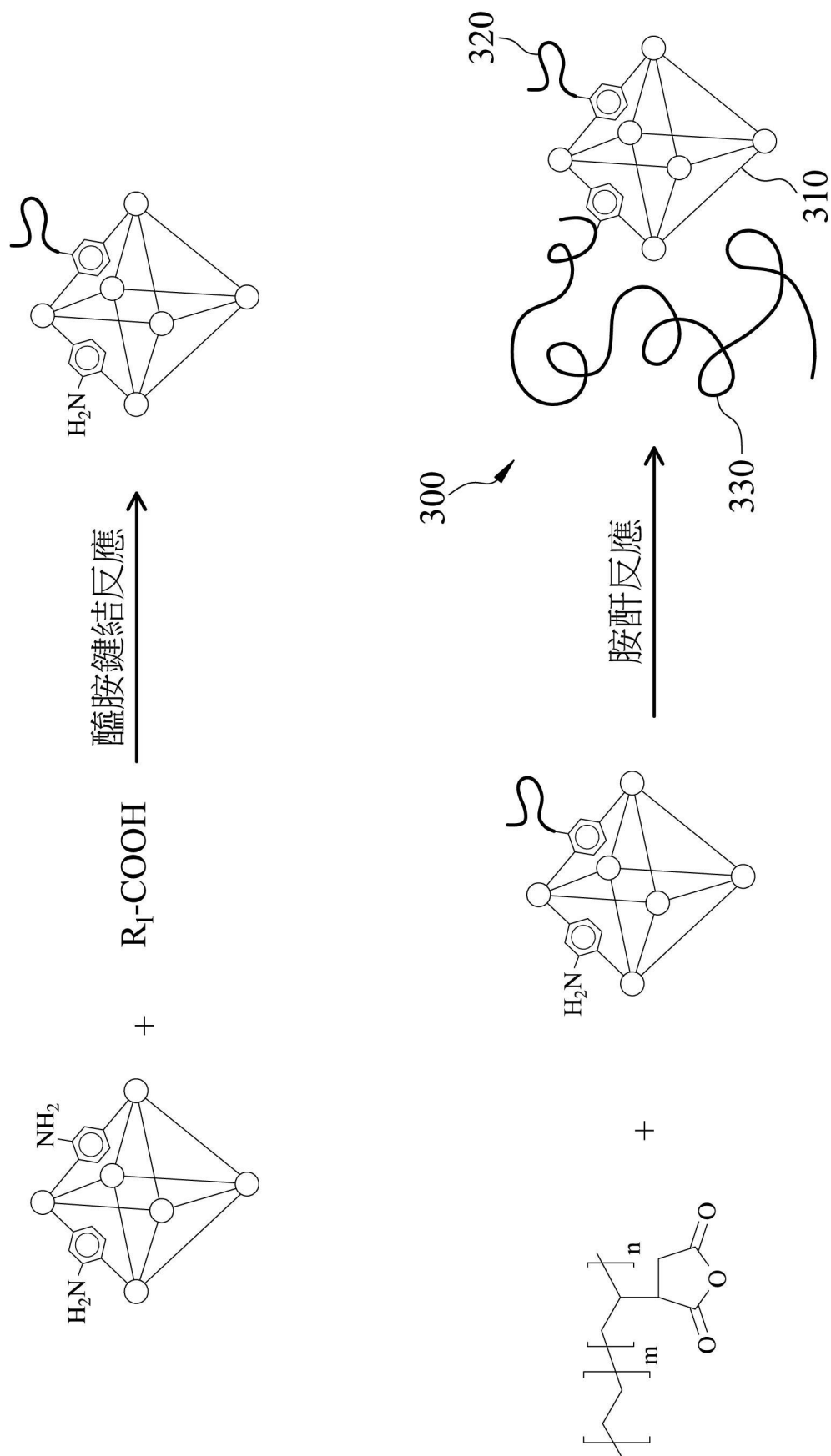
【發明圖式】



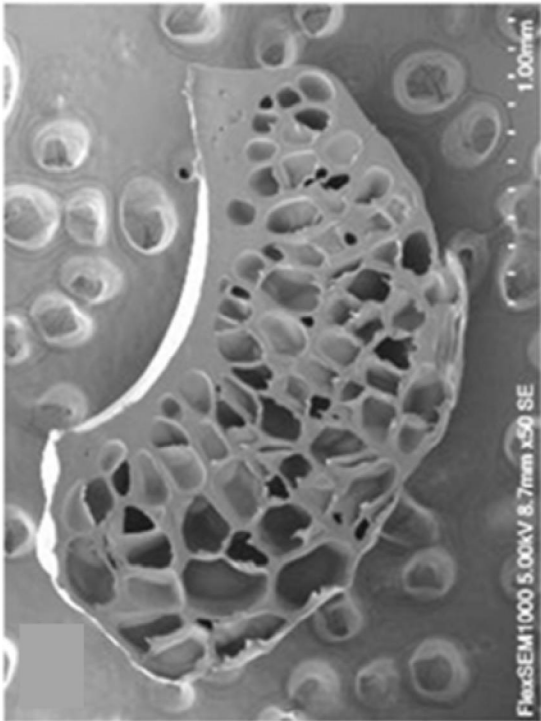
第 1A 圖



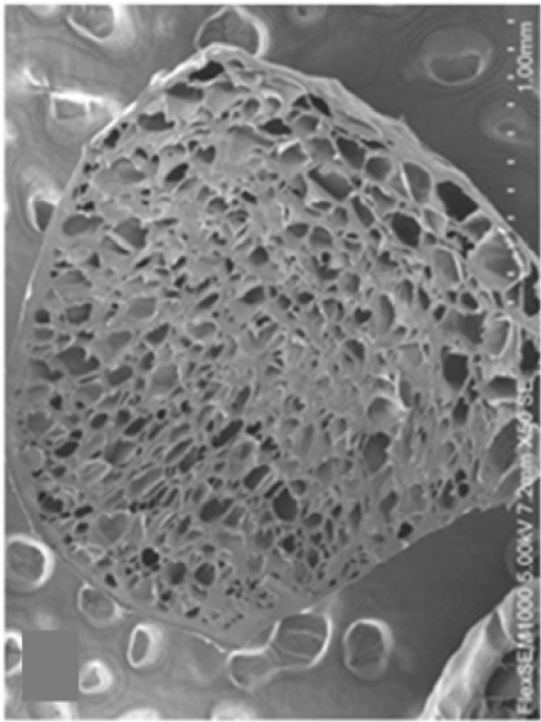
第 1B 圖



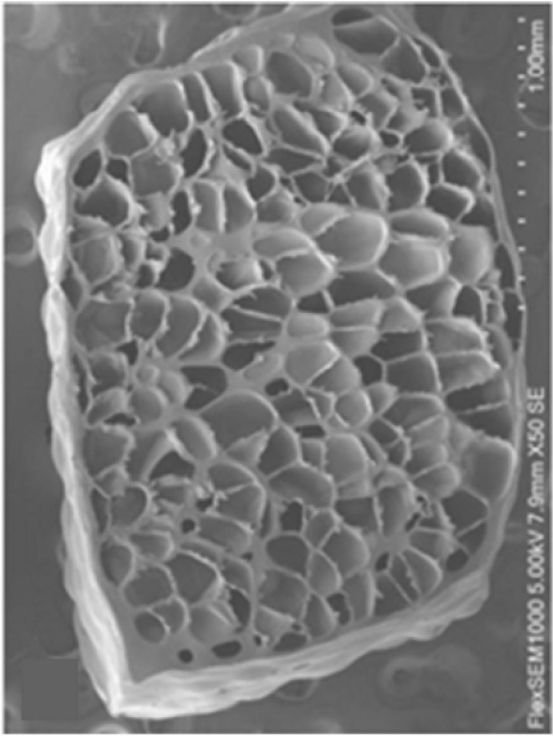
第 2 圖



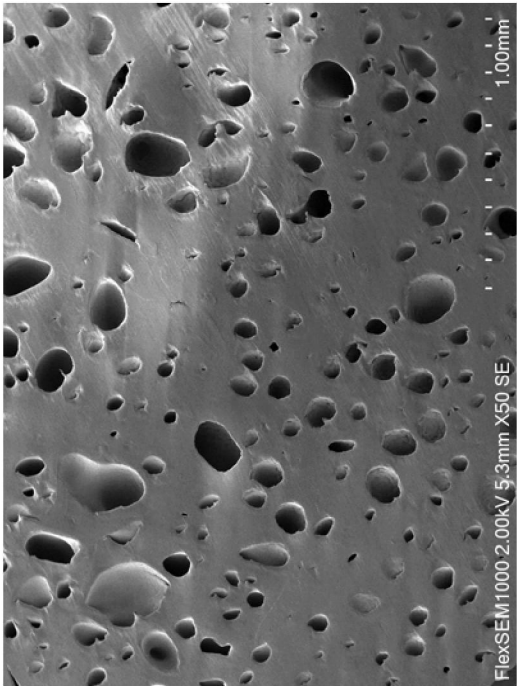
第 3B 圖



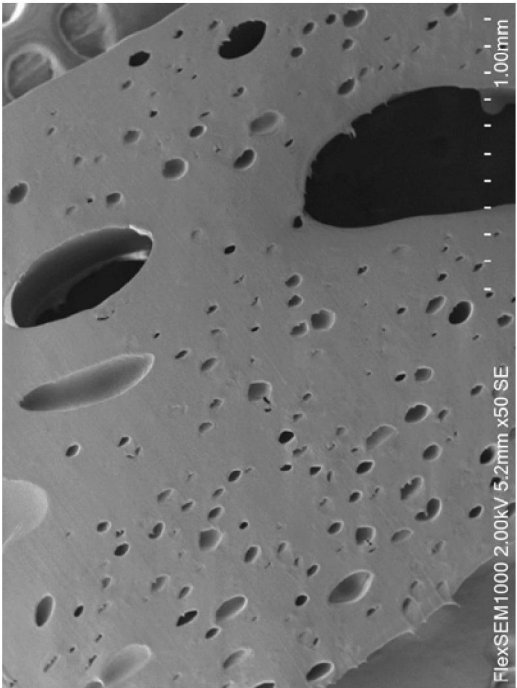
第 3A 圖



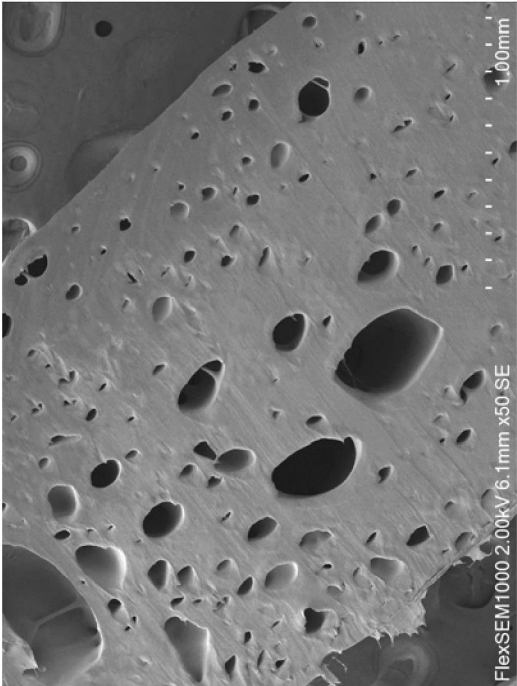
第 3C 圖



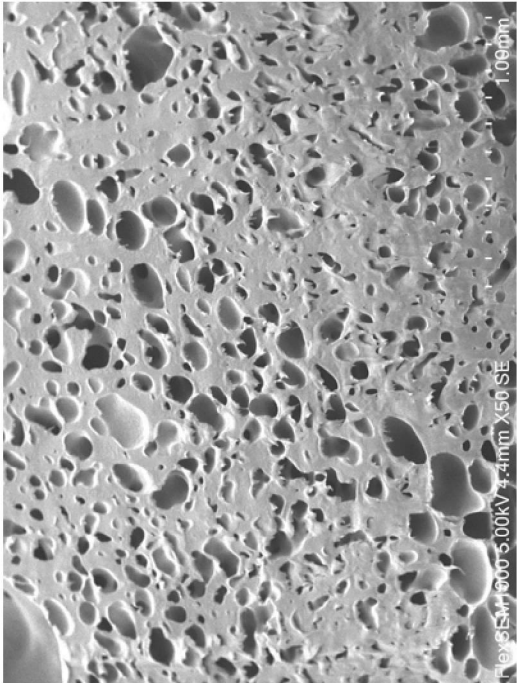
第 4A 圖



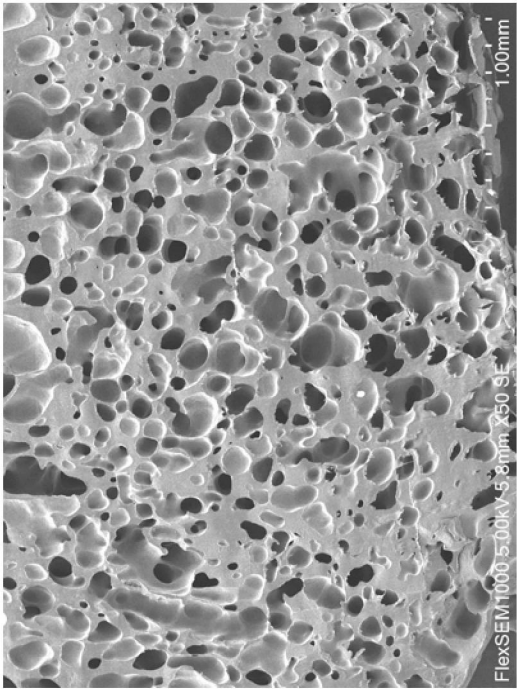
第 4B 圖



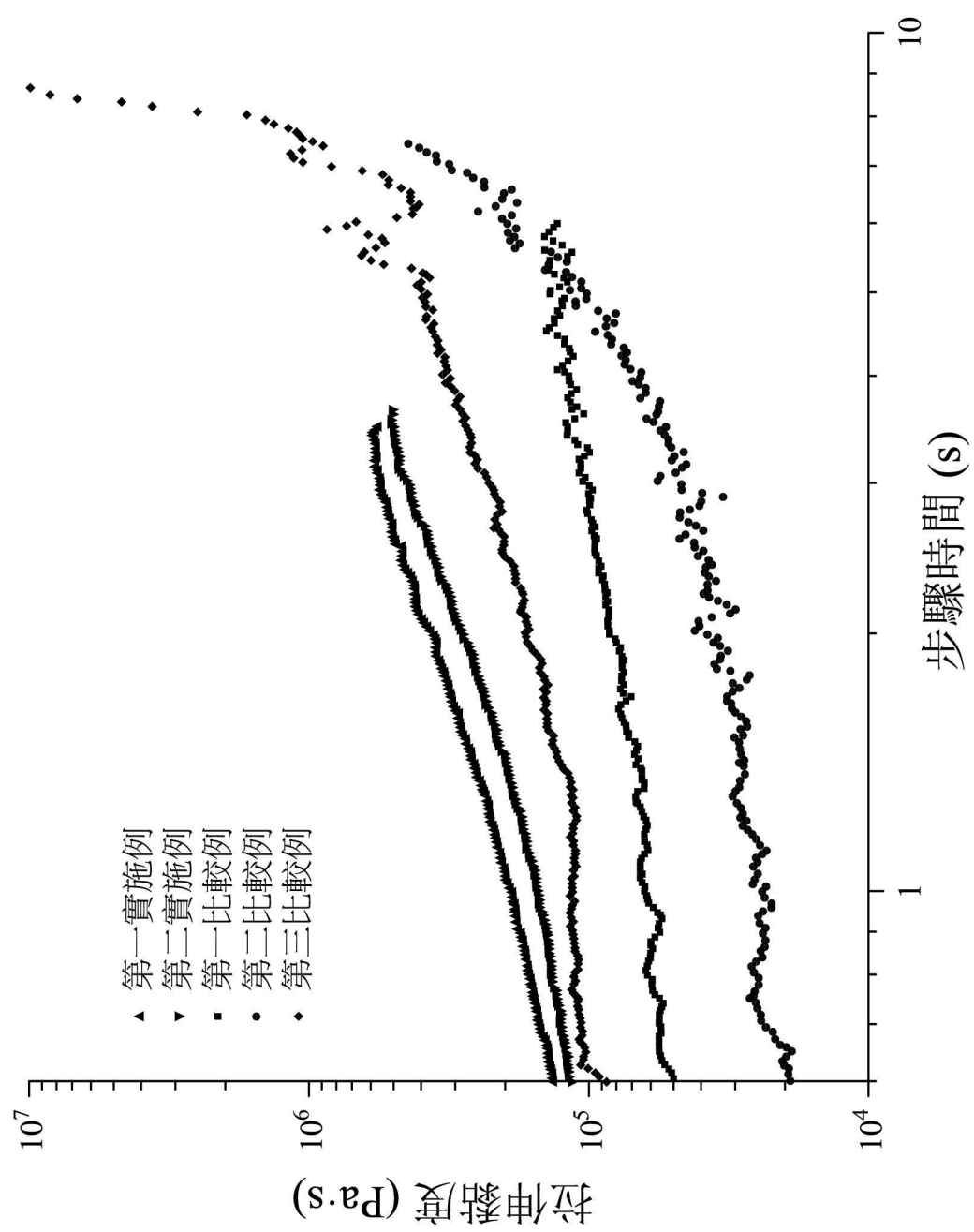
第 4C 圖



第 4E 圖



第 4D 圖



第 5 圖