



(21)申請案號：111135159 (22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 16 日

(51)Int. Cl. : C08J11/14 (2006.01) C08J11/24 (2006.01)
C07C27/02 (2006.01) C07C27/26 (2006.01)

(30)優先權：2021/09/16 美國 63/244,795

(71)申請人：美商賽克股份有限公司 (美國) CIRC, INC. (US)
美國

(72)發明人：威洛比 朱莉 安 克羅 WILLOUGHBY, JULIE ANN-CROWE (US)；蘇 訓正
SU, HSUN-CHENG (US)；巴拉 格奧爾基 弗洛林 BARLA, GHEORGHE FLORIN
(US)；艾特伍 提摩西 伊桑 ATWOOD, TIMOTHY ETHAN (US)；梅爾森 艾
倫 斯圖爾特 MYERSON, ALLAN STUART (US)

(74)代理人：陳長文；呂光

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：46 項 圖式數：0 共 33 頁

(54)名稱

解聚合於廢棄材料中的聚酯之方法

(57)摘要

本發明揭示一種解聚合於廢棄材料中的聚酯之方法。該方法包含：將包含該聚酯之該廢棄材料供應至解聚合容器；解聚合該聚酯以形成包含再生二醇、再生二酸及催化劑之經解聚合之混合物；使該再生二酸及該催化劑與該再生二醇分離以形成包括該再生二酸及該催化劑之再生組合物；及使該再生組合物與該再生二醇分開。另外，揭示一種自廢棄材料之解聚合形成的再生組合物，其中該再生組合物包含再生二酸及催化劑，且其中該催化劑以 5 ppm 至 300 ppm 之量存在。

A method of depolymerizing a polyester in a waste material is disclosed. The method comprises: supplying the waste material comprising the polyester to a depolymerization vessel; depolymerizing the polyester to form a depolymerized mixture comprising a regenerated diol, a regenerated diacid, and a catalyst; isolating the regenerated diacid and the catalyst from the regenerated diol to form a regenerated composition including the regenerated acid and the catalyst; and separating the regenerated composition from the regenerated diol. In addition, a regenerated composition formed from depolymerization of a waste material is disclosed wherein the regenerated composition comprises a regenerated diacid and a catalyst and wherein the catalyst is present in an amount of from 5 ppm to 300 ppm.

【發明摘要】

【中文發明名稱】

解聚合於廢棄材料中的聚酯之方法

【英文發明名稱】

METHOD OF DEPOLYMERIZING A POLYESTER IN A WASTE MATERIAL

【中文】

本發明揭示一種解聚合於廢棄材料中的聚酯之方法。該方法包含：將包含該聚酯之該廢棄材料供應至解聚合容器；解聚合該聚酯以形成包含再生二醇、再生二酸及催化劑之經解聚合之混合物；使該再生二酸及該催化劑與該再生二醇分離以形成包括該再生二酸及該催化劑之再生組合物；及使該再生組合物與該再生二醇分開。另外，揭示一種自廢棄材料之解聚合形成的再生組合物，其中該再生組合物包含再生二酸及催化劑，且其中該催化劑以5 ppm至300 ppm之量存在。

【英文】

A method of depolymerizing a polyester in a waste material is disclosed. The method comprises: supplying the waste material comprising the polyester to a depolymerization vessel; depolymerizing the polyester to form a depolymerized mixture comprising a regenerated diol, a regenerated diacid, and a catalyst; isolating the regenerated diacid and the catalyst from the regenerated diol to form a regenerated composition including the regenerated acid and the catalyst; and separating the regenerated composition from the regenerated diol. In addition, a

regenerated composition formed from depolymerization of a waste material is disclosed wherein the regenerated composition comprises a regenerated diacid and a catalyst and wherein the catalyst is present in an amount of from 5 ppm to 300 ppm.

【指定代表圖】

無

【代表圖之符號簡單說明】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

解聚合於廢棄材料中的聚酯之方法

【英文發明名稱】

METHOD OF DEPOLYMERIZING A POLYESTER IN A WASTE
MATERIAL

【技術領域】

【先前技術】

【0001】 一般而言，諸如聚對苯二甲酸乙二酯之聚酯用於多種應用，諸如膜、織物、消費品。然而，此等材料具有有限之使用壽命，其中此等材料主要最終流入填埋場或廢料設施中。最近，再使用及再循環此等材料已受到許多關注。在一些情況下，聚酯可僅經容易地加工以供再使用。然而，在其他情況下，聚酯可能需要藉由使酯鍵分解且將聚合物還原成其單體組分而解聚合。藉由此類解聚合，習知製程需要最終產生高度純化之單體組分以供下游使用(潛在地用於聚合反應中)之步驟。然而，此製程可能具有缺點，諸如需要額外的材料及設備資本以及額外的用於加工及聚合之時間。

【0002】 因此，需要提供一種解聚合製程，從而產生使得下游製程更高效之單體組分。

【發明內容】

【0003】 根據本發明之一個實施例，揭示一種解聚合於廢棄材料中的聚酯之方法。該方法包含：將包含聚酯之廢棄材料供應至解聚合容器；解聚合聚酯以形成包含再生二醇、再生二酸及催化劑之經解聚合之混合

物；使再生二酸及催化劑與再生二醇分離以形成包括再生二酸及催化劑之再生組合物；及使再生組合物與再生二醇分開。

【0004】 根據本發明之另一實施例，揭示一種自廢棄材料之解聚合形成的再生組合物。再生組合物包含再生二酸及催化劑，其中催化劑以5 ppm至300 ppm之量存在。

【0005】 本發明之其他特徵及態樣更詳細地闡述於下文中。

【實施方式】

【0006】 一般熟習此項技術者應理解，本論述僅為例示性實施例之描述，且並不意欲限制本發明之更廣態樣。

【0007】 一般言之，本發明係關於一種解聚合於廢棄材料中的聚酯之方法。本發明人已發現，該方法可允許關於再生二酸之特定印記(footprint)或表徵，其可允許使用再生二酸進行更高效的下游聚合。特別地，如本文所揭示之方法允許形成包括再生二酸與催化劑之再生組合物。

【0008】 經解聚合之聚酯可包括任何形式之聚酯且不必受限於本發明。例如，聚酯可包括但不限於線性脂族聚酯、超分支(hyperbranched)聚酯、雜環聚酯、脂族芳族聚酯、全芳族共聚酯等。在一個實施例中，聚酯可包含線性脂族聚酯。在另一實施例中，聚酯可包含脂族-芳族聚酯。在又一實施例中，聚酯可為雜環聚酯。

【0009】 特別地，聚酯可包括但不限於聚對苯二甲酸乙二酯、聚對苯二甲酸丁二酯、聚萘二甲酸乙二酯、聚乳酸、聚乙醇酸、聚- ϵ -己內酯、聚羥基丁酸酯、聚對苯二甲酸丙二酯(polytrimethylene terephthalate)、聚(2,5-呋喃二羧酸乙二酯)、聚(2,5-呋喃二羧酸丙二酯)、聚(2,5-呋喃二羧酸丁二酯)、聚(2,5-呋喃二羧酸己二酯)或其混合物。在一

個實施例中，聚酯可包括聚對苯二甲酸丁二酯。在一個特定實施例中，聚酯可包括聚對苯二甲酸乙二酯。

【0010】 在一個實施例中，聚酯可為基於生物之(bio-based)聚酯。一般而言，此等聚酯可為脂族聚酯。此等基於生物之聚酯可包括但不限於聚乳酸、聚乙醇酸、聚- ϵ -己內酯、聚羥基丁酸酯等，或其混合物。

【0011】 另外，聚酯可為雜環聚酯。雜環可包括飽和鍵或不飽和鍵。在一個特定實施例中，雜環包括至少一個不飽和碳-碳鍵。雜環聚酯可包括基於呋喃之聚酯。一般而言，此等聚酯可獲自2,5-呋喃二羧酸酯。例如，基於呋喃之聚酯可包括但不限於聚(2,5-呋喃二羧酸乙二酯)、聚(2,5-呋喃二羧酸丙二酯)、聚(2,5-呋喃二羧酸丁二酯)、聚(2,5-呋喃二羧酸己二酯)及其共聚酯。

【0012】 此外，如所指示，聚酯可為廢棄材料之一部分。在不意欲限制之情況下，廢棄材料可包括多種材料。例如，廢棄材料之來源可為已使用材料或再循環材料。例如，廢棄材料可為消費前來源(諸如以副產品形式產生之廢品)或消費後來源(諸如已使用材料)。廢棄材料可呈織物、纖維、紗線、膜、晶片等形式。例如，廢棄材料可為包括纖維及/或紗線之織物。就此而言，廢棄材料可為廢棄織物。此外，聚酯可以各種形式存在。例如，聚酯可以纖維、紗線、膜、晶片等形式存在。在一個實施例中，聚酯可以膜或晶片形式存在。在另一實施例中，聚酯可以纖維或紗線形式存在。例如，聚酯可以纖維之形式存在。在另一實施例中，聚酯可以紗線之形式存在。因此，聚酯或廢棄材料之原料不必受限於本發明。

【0013】 當以廢棄材料諸如廢棄織物存在時，聚酯可單獨存在或在其他聚合物存在下存在。就此而言，聚酯可為包括聚酯及至少一種其他聚

合物之起始廢棄材料(諸如廢棄織物)之一部分。在一個實施例中，至少一種其他聚合物可為除聚酯以外之聚合物。至少一種其他聚合物可包括但不限於纖維素、聚醯胺、聚醚-聚脲共聚物、聚胺基甲酸酯、木質纖維素、矽氧烷、天然聚合纖維或其組合。在一個實施例中，至少一種其他聚合物包含聚醯胺。例如，聚醯胺可為耐綸。另外，聚醯胺可尤其為多肽。此外，聚合物可包括天然聚合纖維，諸如角蛋白、幾丁質、聚葡萄糖胺糖、膠原蛋白或其混合物。在另一實施例中，至少一種其他聚合物包含聚醚-聚脲共聚物。例如，聚醚-聚脲共聚物可為彈性纖維(例如，胺綸(elastane))。在又一實施例中，至少一種其他聚合物包括纖維素。纖維素可包括但不限於嫫縈、棉、黏膠纖維(viscose)、溶解性纖維素(lyocell)、乙酸纖維素等。另外，在一個實施例中，纖維素可為再生纖維素。

【0014】 一般而言，當至少一種其他聚合物與聚酯一起存在時，按聚合物(亦即，聚酯及至少一種其他聚合物)之總重量計，聚酯以0.01 wt.%或更多，諸如1 wt.%或更多、諸如2 wt.%或更多、諸如5 wt.%或更多、諸如10 wt.%或更多、諸如15 wt.%或更多、諸如20 wt.%或更多、諸如30 wt.%或更多、諸如40 wt.%或更多、諸如50 wt.%或更多、諸如60 wt.%或更多、諸如70 wt.%或更多、諸如80 wt.%或更多、諸如85 wt.%或更多、諸如90 wt.%或更多、諸如95 wt.%或更多、諸如98 wt.%或更多、諸如99 wt.%或更多、諸如100 wt.%之量存在。按聚合物(亦即，聚酯及至少一種其他聚合物)之總重量計，聚酯可以100 wt.%或更少，諸如99.9 wt.%或更少、諸如99 wt.%或更少、諸如98 wt.%或更少、諸如95 wt.%或更少、諸如90 wt.%或更少、諸如80 wt.%或更少、諸如70 wt.%或更少、諸如60 wt.%或更少、諸如50 wt.%或更少、諸如40 wt.%或更少、諸如30 wt.%或

更少、諸如20 wt.%或更少、諸如15 wt.%或更少、諸如10 wt.%或更少、諸如5 wt.%或更少之量存在。

【0015】 此外，當至少一種其他聚合物與聚酯一起存在時，按聚合物(亦即，聚酯及至少一種其他聚合物)之總重量計，至少一種其他聚合物以0.01 wt.%或更多，諸如1 wt.%或更多、諸如2 wt.%或更多、諸如5 wt.%或更多、諸如10 wt.%或更多、諸如15 wt.%或更多、諸如20 wt.%或更多、諸如30 wt.%或更多、諸如40 wt.%或更多、諸如50 wt.%或更多、諸如60 wt.%或更多、諸如70 wt.%或更多、諸如80 wt.%或更多、諸如85 wt.%或更多、諸如90 wt.%或更多、諸如95 wt.%或更多、諸如98 wt.%或更多、諸如99 wt.%或更多、諸如100 wt.%之量存在。按聚合物(亦即，聚酯及至少一種其他聚合物)之總重量計，至少一種其他聚合物可以100 wt.%或更少，諸如99.9 wt.%或更少、諸如99 wt.%或更少、諸如98 wt.%或更少、諸如95 wt.%或更少、諸如90 wt.%或更少、諸如80 wt.%或更少、諸如70 wt.%或更少、諸如60 wt.%或更少、諸如50 wt.%或更少、諸如40 wt.%或更少、諸如30 wt.%或更少、諸如20 wt.%或更少、諸如15 wt.%或更少、諸如10 wt.%或更少、諸如5 wt.%或更少之量存在。此類前述重量百分比可相對於單一一種其他聚合物或除聚酯以外之複數種其他聚合物。

【0016】 一般而言，聚酯可由二酸(亦即，二羧酸)及二醇形成，其中二酸與二醇在如本文所定義之催化劑存在下聚合。例如，此類聚合可稱為酯化反應或酯化聚合。就此而言，解聚合可產生包括再生二酸及催化劑之再生組合物。此外，再生組合物亦可包括再生二醇。再生二醇及再生二酸之性質可視經受解聚合之特定聚酯而定。此外，解聚合方法可允許再生

二酸之形成，因為，在不意欲受理論限制之情況下，該方法可防止再生二酸之去羧。

【0017】 例如，再生二酸可包括但不限於飽和二酸、不飽和二酸或其混合物。在一個實施例中，再生二酸包含飽和二酸。飽和二酸包含乙二酸、丙二酸、丁二酸、戊二酸、己二酸、庚二酸、辛二酸、壬二酸、癸二酸或其混合物。

【0018】 在一個實施例中，再生二酸包含不飽和二酸。例如，不飽和二酸包含直鏈不飽和二酸、分支鏈不飽和二酸、芳族二酸或其混合物。在一個實施例中，不飽和二酸包含直鏈不飽和二酸。在另一實施例中，不飽和二酸包含分支鏈不飽和二酸。在又一實施例中，不飽和二酸包含芳族二酸。芳族二酸可為多環的。例如，多環芳族二酸可包括稠合、橋接或螺環芳族二酸。

【0019】 例如，不飽和二酸可包含順丁烯二酸、反丁烯二酸、戊烯二酸或其混合物。在一個特定實施例中，芳族二酸可包含對苯二甲酸、鄰苯二甲酸、間苯二甲酸、萘二羧酸或其混合物。在一個實施例中，芳族二酸可包含鄰苯二甲酸、間苯二甲酸、萘二羧酸或其混合物。在一個特定實施例中，芳族二酸可包含對苯二甲酸。

【0020】 如本文所指示，再生組合物亦包含催化劑。由於本文所用之方法，催化劑可維持其催化活性。催化劑可包括銻、鍺、鈦、鈷、鋁或其混合物。在一個實施例中，催化劑可包括鍺、鈦、鈷、鋁或其混合物。在一個特定實施例中，催化劑可包括銻。例如，銻可包含三氧化銻、乙酸銻（例如，三乙酸銻，亦稱為乙酸銻(III)）、乙二醇銻(antimony glycolate)、銻/金屬複合物或其混合物。例如，銻/金屬複合物可包含銻及

過渡金屬及/或鹼金屬。在一個實施例中，銻/金屬複合物可包含過渡金屬及鹼金屬兩者。過渡金屬可包含但不限於鈷、錳、鋅或其混合物。鹼金屬可包含鋰、鈉、鉀、銣或其混合物。在一個實施例中，銻催化劑可包含乙酸銻(例如，三乙酸銻)、乙二醇銻、銻/金屬複合物或其混合物。在一個特定實施例中，銻可包含三氧化銻。在另一特定實施例中，銻可包含乙酸銻，諸如三乙酸銻。

【0021】 在解聚合後，再生組合物可包括一定量之催化劑。例如，催化劑可以大於0 ppm，諸如5 ppm或更多、諸如10 ppm或更多、諸如15 ppm或更多、諸如20 ppm或更多、諸如25 ppm或更多、諸如30 ppm或更多、諸如40 ppm或更多、諸如50 ppm或更多、諸如60 ppm或更多、諸如70 ppm或更多、諸如75 ppm或更多、諸如90 ppm或更多、諸如100 ppm或更多、諸如125 ppm或更多、諸如150 ppm或更多、諸如180 ppm或更多、諸如200 ppm或更多之量存在。催化劑可以350 ppm或更少，諸如300 ppm或更少、諸如275 ppm或更少、諸如250 ppm或更少、諸如225 ppm或更少、諸如200 ppm或更少、諸如190 ppm或更少、諸如170 ppm或更少、諸如150 ppm或更少、諸如130 ppm或更少、諸如110 ppm或更少、諸如100 ppm或更少、諸如90 ppm或更少之量存在。

【0022】 換言之，按再生二酸之重量計，催化劑可以大於0 wt.%，諸如0.0005 wt.%或更多、諸如0.001 wt.%或更多、諸如0.002 wt.%或更多、諸如0.003 wt.%或更多、諸如0.004 wt.%或更多、諸如0.005 wt.%或更多、諸如0.006 wt.%或更多、諸如0.007 wt.%或更多、諸如0.0075 wt.%或更多、諸如0.008 wt.%或更多、諸如0.01 wt.%或更多、諸如0.012 wt.%或更多、諸如0.014 wt.%或更多、諸如0.015 wt.%或更多、諸如

0.018 wt.%或更多、諸如0.02 wt.%或更多、諸如0.022 wt.%或更多、諸如0.025 wt.%或更多、諸如0.028 wt.%或更多、諸如0.03 wt.%或更多、諸如0.04 wt.%或更多之量存在。按再生二酸之重量計，催化劑可以0.05 wt.%或更少，諸如0.048 wt.%或更少、諸如0.045 wt.%或更少、諸如0.043 wt.%或更少、諸如0.04 wt.%或更少、諸如0.037 wt.%或更少、諸如0.035 wt.%或更少、諸如0.033 wt.%或更少、諸如0.03 wt.%或更少、諸如0.028 wt.%或更少、諸如0.025 wt.%或更少、諸如0.022 wt.%或更少、諸如0.02 wt.%或更少、諸如0.018 wt.%或更少、諸如0.016 wt.%或更少、諸如0.015 wt.%或更少、諸如0.013 wt.%或更少、諸如0.011 wt.%或更少、諸如0.01 wt.%或更少、諸如0.009 wt.%或更少、諸如0.008 wt.%或更少、諸如0.007 wt.%或更少、諸如0.005 wt.%或更少、諸如0.003 wt.%或更少、諸如0.002 wt.%或更少、諸如0.001 wt.%或更少之量存在。

【0023】 再生二酸可以80 wt.%或更多，諸如85 wt.%或更多、諸如90 wt.%或更多、諸如95 wt.%或更多、諸如97 wt.%或更多、諸如98 wt.%或更多、諸如99 wt.%或更多、諸如99.5 wt.%或更多、諸如99.7 wt.%或更多、諸如99.8 wt.%或更多、諸如99.9 wt.%或更多、諸如99.95 wt.%或更多、諸如99.96 wt.%或更多、諸如99.97 wt.%或更多、諸如99.98 wt.%或更多、諸如99.99 wt.%或更多之量存在。再生二酸可以少於100 wt.%，諸如99.99999 wt.%或更少、諸如99.9999 wt.%或更少、諸如99.9995 wt.%或更少、諸如99.999 wt.%或更少、諸如99.995 wt.%或更少、諸如99.9 wt.%或更少之量存在。

【0024】 就此而言，本發明亦係關於一種包括再生二酸及催化劑之再生組合物。包括再生二酸及催化劑之再生組合物可來自如本文所揭示之

廢棄材料，諸如廢棄織物材料。再生二酸及催化劑可為如本文所提及之任何二酸及催化劑。此外，催化劑可以如上文所提及之量存在於再生組合物中。

【0025】 如上文所指示，解聚合亦可產生再生二醇。例如，再生二醇可為(但不限於)脂族二醇、芳族二醇或其混合物。在一個實施例中，再生二醇可包含芳族二醇。芳族二醇可為多環的。例如，多環芳族二醇可包括稠合、橋接或螺環芳族二醇。芳族二醇可包含兒茶酚、間苯二酚、對苯二酚或其混合物。在另一實施例中，再生二醇包含脂族二醇。例如，脂族二醇可包含乙二醇、丁二醇(例如，1,2-丁二醇、1,3-丁二醇、1,4-丁二醇、2,3-丁二醇)、丙二醇(例如，1,2-丙二醇、1,3-丙二醇)、戊二醇(例如，1,5-戊二醇、2,3-戊二醇、2,4-戊二醇等)、己二醇(例如，1,6-己二醇、2,5-己二醇等)、四乙二醇或其混合物。在一個實施例中，脂族二醇包含丁二醇、丙二醇或其混合物。在一個特定實施例中，脂族二醇包含乙二醇。

【0026】 雖然前述提供關於解聚合製程之一般描述，但下文提供其他細節。一般而言，用於進行解聚合之裝置未必受限。例如，解聚合可在解聚合容器中進行，其亦可互換地稱為反應器。特別地，該容器可為允許在水熱條件下解聚合之容器。與裝置無關，解聚合可以連續製程、分批製程或半連續製程進行。在一個實施例中，解聚合可以連續製程進行。在另一實施例中，解聚合可以分批製程進行。在又一實施例中，解聚合可以半連續製程進行。

【0027】 解聚合可使用允許分解酯鍵之各種方法進行。例如，在一個實施例中，解聚合可諸如藉由使用一元醇或多元醇經由醇解進行。醇解

之一個實例可為甲醇解。在特定實施例中，解聚合可經由水解進行。關於後者，在解聚合期間可不提供諸如甲醇之醇來降解或分解聚酯。

【0028】 一般而言，容器可包括解聚合混合物。例如，解聚合混合物可包括廢棄織物。另外，解聚合混合物亦可包括液相。液相可包括水、二醇或其混合物。在一個實施例中，液相可包括水。在另一實施例中，液相可包括二醇，諸如上文所提及之再生二醇的實例，諸如乙二醇。當液相包括水時，水可以液相之50 wt.%或更多，諸如60 wt.%或更多、諸如70 wt.%或更多、諸如80 wt.%或更多、諸如90 wt.%或更多、諸如95 wt.%或更多、諸如98 wt.%或更多、諸如99 wt.%或更多之量存在。在一個實施例中，整個液相(亦即，100 wt.%)可包括水。

【0029】 按固體及液體(亦即，解聚合混合物)之總重量計，固體含量可為0.01 wt.%或更多，諸如1 wt.%或更多、諸如2 wt.%或更多、諸如5 wt.%或更多、諸如10 wt.%或更多、諸如15 wt.%或更多、諸如20 wt.%或更多、諸如30 wt.%或更多、諸如40 wt.%或更多、諸如50 wt.%或更多、諸如60 wt.%或更多、諸如70 wt.%或更多、諸如80 wt.%或更多、諸如85 wt.%或更多、諸如90 wt.%或更多、諸如95 wt.%或更多、諸如98 wt.%或更多、諸如99 wt.%或更多。按固體及液體(亦即，解聚合混合物)之總重量計，固體含量可為少於100 wt.%，諸如99.9 wt.%或更少、諸如99 wt.%或更少、諸如98 wt.%或更少、諸如95 wt.%或更少、諸如90 wt.%或更少、諸如80 wt.%或更少、諸如70 wt.%或更少、諸如60 wt.%或更少、諸如50 wt.%或更少、諸如40 wt.%或更少、諸如30 wt.%或更少、諸如20 wt.%或更少、諸如15 wt.%或更少、諸如10 wt.%或更少、諸如5 wt.%或更少。

【0030】 關於固體，按固體之總重量計，諸如廢棄織物之廢棄材料可以0.01 wt.%或更多，諸如1 wt.%或更多、諸如2 wt.%或更多、諸如5 wt.%或更多、諸如10 wt.%或更多、諸如15 wt.%或更多、諸如20 wt.%或更多、諸如30 wt.%或更多、諸如40 wt.%或更多、諸如50 wt.%或更多、諸如60 wt.%或更多、諸如70 wt.%或更多、諸如80 wt.%或更多、諸如85 wt.%或更多、諸如90 wt.%或更多、諸如95 wt.%或更多、諸如98 wt.%或更多、諸如99 wt.%或更多、諸如100 wt.%之量存在。按固體之總重量計，廢棄材料可以100 wt.%或更少，諸如99.9 wt.%或更少、諸如99 wt.%或更少、諸如98 wt.%或更少、諸如95 wt.%或更少、諸如90 wt.%或更少、諸如80 wt.%或更少、諸如70 wt.%或更少、諸如60 wt.%或更少、諸如50 wt.%或更少、諸如40 wt.%或更少、諸如30 wt.%或更少、諸如20 wt.%或更少、諸如15 wt.%或更少、諸如10 wt.%或更少、諸如5 wt.%或更少之量存在。

【0031】 解聚合可在鹼性條件下進行。例如，pH可大於7，諸如7.5或更大、諸如8或更大、諸如8.5或更大、諸如9或更大、諸如9.5或更大、諸如10或更大、諸如11或更大、諸如12或更大。pH可為14或更小，諸如13或更小、諸如12.5或更小、諸如12或更小、諸如11.5或更小、諸如11或更小、諸如10.5或更小、諸如10或更小、諸如9.5或更小、諸如9或更小。例如，作為一個實例，pH可為12至13。

【0032】 在獲得鹼性pH之其他實施例中，可將鹼提供至混合物。鹼可為弱鹼或強鹼。在一個實施例中，鹼可為弱鹼。例如，鹼可包括但不限於氨、甲胺、三甲胺、胼、氫氧化銨等。在另一實施例中，鹼可為強鹼。例如，鹼可包括但不限於氫氧化鉀、氫氧化鈉、氫氧化鋇、氫氧化鈣、氫

氧化鋰、氫氧化鎂等。因此，鹼可為鹼金屬氫氧化物、鹼土金屬氫氧化物、氫氧化銨或其混合物。當使用時，鹼可以解聚合混合物之0.01 wt.%或更多，諸如0.05 wt.%或更多、諸如0.1 wt.%或更多、諸如0.2 wt.%或更多、諸如0.3 wt.%或更多、諸如0.5 wt.%或更多、諸如1 wt.%或更多、諸如2 wt.%或更多、諸如3 wt.%或更多、諸如5 wt.%或更多、諸如7 wt.%或更多、諸如10 wt.%或更多、諸如12 wt.%或更多、諸如14 wt.%或更多之量存在。鹼可以解聚合混合物之15 wt.%或更少，諸如13 wt.%或更少、諸如11 wt.%或更少、諸如10 wt.%或更少、諸如8 wt.%或更少、諸如6 wt.%或更少、諸如5 wt.%或更少、諸如4 wt.%或更少、諸如3 wt.%或更少、諸如2 wt.%或更少、諸如1 wt.%或更少、諸如0.8 wt.%或更少、諸如0.5 wt.%或更少之量存在。

【0033】 此外，其餘的解聚合條件未必受限。例如，解聚合可在50℃或更高，諸如60℃或更高、諸如70℃或更高、諸如80℃或更高、諸如90℃或更高、諸如100℃或更高、諸如110℃或更高、諸如120℃或更高、諸如130℃或更高、諸如150℃或更高、諸如180℃或更高之溫度下進行。溫度可為250℃或更低，諸如240℃或更低、諸如220℃或更低、諸如200℃或更低、諸如190℃或更低、諸如180℃或更低、諸如170℃或更低、諸如160℃或更低、諸如150℃或更低、諸如140℃或更低。特別地，解聚合可在常壓沸點(100℃)與水之臨界溫度(374℃)之間的溫度下進行。

【0034】 解聚合可在1 kPa或更大，諸如2 kPa或更大、諸如3 kPa或更大、諸如5 kPa或更大、諸如10 kPa或更大、諸如20 kPa或更大、諸如50 kPa或更大、諸如80 kPa或更大、諸如100 kPa或更大、諸如130 kPa或更大、諸如150 kPa或更大、諸如200 kPa或更大、諸如250 kPa或更大、

諸如300 kPa或更大、諸如500 kPa或更大、諸如800 kPa或更大、諸如1000 kPa或更大、諸如1200 kPa或更大、諸如1500 kPa或更大之壓力下進行。壓力可為2000 kPa或更小，諸如1800 kPa或更小、諸如1500 kPa或更小、諸如1300 kPa或更小、諸如1000 kPa或更小、諸如700 kPa或更小、諸如500 kPa或更小、諸如400 kPa或更小、諸如300 kPa或更小、諸如200 kPa或更小、諸如100 kPa或更小、諸如70 kPa或更小、諸如50 kPa或更小、諸如40 kPa或更小、諸如30 kPa或更小、諸如25 kPa或更小、諸如20 kPa或更小、諸如15 kPa或更小、諸如10 kPa或更小。此外，壓力可為水之蒸氣壓力。

【0035】 解聚合可進行0.01小時或更長，諸如0.02小時或更長、諸如0.05小時或更長、諸如0.1小時或更長、諸如0.2小時或更長、諸如0.3小時或更長、諸如0.5小時或更長、諸如1小時或更長、諸如2小時或更長、諸如3小時或更長、諸如4小時或更長、諸如5小時或更長、諸如6小時或更長、諸如8小時或更長、諸如10小時或更長、諸如12小時或更長、諸如15小時或更長。時間可為24小時或更短，諸如20小時或更短、諸如18小時或更短、諸如15小時或更短、諸如13小時或更短、諸如11小時或更短、諸如10小時或更短、諸如8小時或更短、諸如6小時或更短、諸如5小時或更短、諸如4小時或更短、諸如3小時或更短、諸如2小時或更短、諸如1小時或更短、諸如0.8小時或更短、諸如0.6小時或更短、諸如0.5小時或更短、諸如0.4小時或更短、諸如0.3小時或更短、諸如0.2小時或更短、諸如0.1小時或更短。

【0036】 在解聚合後，經解聚合之混合物可包括再生二醇及再生二酸，諸如再生二酸之鹽。例如，再生二酸，諸如再生二酸之鹽可溶解於液

體介質中。該鹽可為鹼金屬鹽或鹼土金屬鹽。在一個實施例中，鹽可為鹼金屬鹽，諸如二鹼金屬鹽。例如，鹽可包含鋰、鈉、鉀、銻或其混合物。在一個實施例中，鹽可包含二鋰、二鈉、二鉀、二銻或其混合物。在另一實施例中，鹽可包含鹼金屬鹽。例如，鹽可包含鋁、鎂、鈣、鋇、鋇或其混合物。

【0037】 經解聚合之混合物亦可包括如本文所描述之催化劑。此外，再生二酸、再生二醇及/或催化劑可呈經溶解之成分形式存在於經解聚合之混合物中。例如，在一個實施例中，可溶解再生二酸。在另一實施例中，可溶解再生二醇。在又一實施例中，可溶解催化劑。

【0038】 如本文所指示，廢棄材料可包括除聚酯之外之其他聚合物。就此而言，此類聚合物在解聚合反應期間可能不會解聚合。因此，此類聚合物亦可存在於經解聚合之混合物中。因此，在解聚合完成後，可將此類聚合物自經解聚合之混合物移除或分離。此類移除或分離可經由機械手段，諸如過濾器。然而，應理解，此項技術中通常已知之其他手段亦可用於將其他聚合物自經解聚合之混合物分離。溫度未必受限且可為室溫或更高。例如，溫度可為20°C或更高，諸如30°C或更高、諸如40°C或更高、諸如50°C或更高、諸如60°C或更高、諸如70°C或更高、諸如80°C或更高、諸如90°C或更高、諸如100°C或更高、諸如110°C或更高、諸如120°C或更高、諸如130°C或更高、諸如150°C或更高、諸如180°C或更高。溫度可為250°C或更低，諸如240°C或更低、諸如220°C或更低、諸如200°C或更低、諸如190°C或更低、諸如180°C或更低、諸如170°C或更低、諸如160°C或更低、諸如150°C或更低、諸如140°C或更低。

【0039】 亦可澄清經解聚合之混合物，尤其經解聚合及經分離之混

合物。例如，可使用此項技術中通常已知之手段(諸如過濾(例如，膜過濾)、離心等)來澄清混合物。特別地，過濾可為矽藻土過濾。此類步驟可允許減少或移除混合物內之固體。

【0040】 另外或替代地，混合物可經歷使用脫色劑之脫色步驟。例如，可使混合物經受包含諸如活性炭之脫色碳的脫色劑。可輔助脫色之其他脫色劑可包括過氧化物(例如，過氧化氫、過氧化鈉等)、次氯酸鹽(例如，次氯酸鈉、次氯酸鈣、次氯酸鋰等)、碳酸鹽(例如，碳酸鈉)、過氧乙酸、氯化鈉、亞硫酸氫鈉等。

【0041】 經解聚合之混合物(例如，使用或不使用前述分離、澄清及/或脫色)可隨後經受分離步驟，諸如沈澱步驟。關於分離，此類製程可包括蒸餾等。在一個特定實施例中，分離可為沈澱(或結晶)步驟。例如，沈澱步驟可允許再生二酸之沈澱。類似地，沈澱步驟亦可允許催化劑之沈澱。為了開始沈澱，可將酸提供至經解聚合之混合物。酸可為弱酸或強酸。在一個實施例中，酸可為弱酸。例如，酸可為(但不限於)乙酸、甲酸、苯甲酸、草酸、氫氟酸、磷酸、亞硝酸等。在另一實施例中，酸可為強酸。例如，酸可為(但不限於)氫氯酸、硝酸、硫酸、氫溴酸、氫碘酸、氯酸、過氯酸等。酸之濃度不必受限於本發明。例如，濃度可為1%或更高，諸如5%或更高、諸如10%或更高、諸如15%或更高、諸如20%或更高、諸如25%或更高、諸如30%或更高、諸如40%或更高、諸如50%或更高、諸如60%或更高、諸如70%或更高、諸如80%或更高、諸如90%或更高、諸如100%。濃度可為100%或更低，諸如95%或更低、諸如90%或更低、諸如80%或更低、諸如70%或更低、諸如60%或更低、諸如50%或更低、諸如40%或更低、諸如30%或更低、諸如25%或更低、諸如20%或更

低、諸如15%或更低、諸如10%或更低、諸如5%或更低。

【0042】 就此而言，可減小經解聚合之混合物的pH以便使沈澱開始及/或發生。例如，pH可為7或更小，諸如6.5或更小、諸如6或更小、諸如5.5或更小、諸如5或更小、諸如4.5或更小、諸如4或更小、諸如3.5或更小、諸如3或更小、諸如2.5或更小。pH可為1或更大，諸如1.5或更大、諸如2或更大、諸如2.5或更大、諸如3或更大、諸如3.5或更大、諸如4或更大、諸如4.5或更大、諸如5或更大、諸如5.5或更大。就此而言，在沈澱期間之最終pH可在前述pH範圍內。

【0043】 另外，允許再生二酸及/或催化劑進行沈澱之滯留時間可為0.5分鐘或更長，諸如1分鐘或更長、諸如2分鐘或更長、諸如3分鐘或更長、諸如5分鐘或更長、諸如10分鐘或更長、諸如15分鐘或更長、諸如20分鐘或更長、諸如25分鐘或更長、諸如30分鐘或更長、諸如45分鐘或更長、諸如1小時或更長。允許再生二酸及/或催化劑進行沈澱之滯留時間可為10小時或更短，諸如8小時或更短、諸如6小時或更短、諸如5小時或更短、諸如4小時或更短、諸如3小時或更短、諸如2小時或更短、諸如1小時或更短、諸如50分鐘或更短、諸如40分鐘或更短、諸如30分鐘或更短、諸如25分鐘或更短、諸如20分鐘或更短、諸如15分鐘或更短、諸如10分鐘或更短、諸如8分鐘或更短、諸如6分鐘或更短、諸如5分鐘或更短、諸如4分鐘或更短、諸如3分鐘或更短、諸如2分鐘或更短。

【0044】 在一個實施例中，考慮到更受控之沈澱，pH之降低可為漸進的。就此而言，沈澱可在至少兩個時間間隔期間進行，各時間間隔處於不同pH下。

【0045】 例如，pH可降低至前述範圍內且在進一步降低之前保持一

定時段。例如，pH之初始降低可為0.5或更大，諸如1或更大、諸如1.5或更大、諸如2或更大、諸如2.5或更大、諸如3或更大。pH之初始降低可為5或更小，諸如4.5或更小、諸如4或更小、諸如3.5或更小、諸如3或更小、諸如2.5或更小。在完成初始降低後，可使再生二酸進行沈澱持續0.5分鐘或更長，諸如1分鐘或更長、諸如2分鐘或更長、諸如3分鐘或更長、諸如5分鐘或更長、諸如10分鐘或更長、諸如15分鐘或更長、諸如20分鐘或更長、諸如25分鐘或更長、諸如30分鐘或更長、諸如45分鐘或更長、諸如1小時或更長。可使再生二酸進行沈澱持續10小時或更短，諸如8小時或更短、諸如6小時或更短、諸如5小時或更短、諸如4小時或更短、諸如3小時或更短、諸如2小時或更短、諸如1小時或更短、諸如50分鐘或更短、諸如40分鐘或更短、諸如30分鐘或更短、諸如25分鐘或更短、諸如20分鐘或更短、諸如15分鐘或更短、諸如10分鐘或更短、諸如8分鐘或更短、諸如6分鐘或更短、諸如5分鐘或更短、諸如4分鐘或更短、諸如3分鐘或更短、諸如2分鐘或更短。

【0046】 其後，可在第二次pH降低之步驟中進一步降低pH。pH之此類降低可為5或更小，諸如4.5或更小、諸如4或更小、諸如3.5或更小、諸如3或更小、諸如2.5或更小。在完成初始降低後，可使再生二酸進行沈澱持續0.5分鐘或更長，諸如1分鐘或更長、諸如2分鐘或更長、諸如3分鐘或更長、諸如5分鐘或更長、諸如10分鐘或更長、諸如15分鐘或更長、諸如20分鐘或更長、諸如25分鐘或更長、諸如30分鐘或更長、諸如45分鐘或更長、諸如1小時或更長。可使再生二酸進行沈澱持續10小時或更短，諸如8小時或更短、諸如6小時或更短、諸如5小時或更短、諸如4小時或更短、諸如3小時或更短、諸如2小時或更短、諸如1小時或更短、諸如50

分鐘或更短、諸如40分鐘或更短、諸如30分鐘或更短、諸如25分鐘或更短、諸如20分鐘或更短、諸如15分鐘或更短、諸如10分鐘或更短、諸如8分鐘或更短、諸如6分鐘或更短、諸如5分鐘或更短、諸如4分鐘或更短、諸如3分鐘或更短、諸如2分鐘或更短。

【0047】 雖然前述提及兩個降低pH之步驟，但應理解，降低pH之步驟的數目及降低各pH之程度可不必受限於本發明。例如，製程亦可包括第三次降低pH之步驟，其中如上文關於第一次及第二次降低之步驟所指示減少降低時間。

【0048】 在再生二酸及/或催化劑已沈澱之後，包括再生二酸及催化劑之再生組合物可自經沈澱之混合物分離，該經沈澱之混合物可包括再生二醇及/或液體介質。此類分離可使用機械手段。例如，可使用此項技術中通常已知之手段(諸如過濾(例如，壓濾機)、離心、傾析等)進行分離。其後，可洗滌包括再生二酸及催化劑之再生組合物且使其在環境條件下或在加熱裝置中乾燥。

【0049】 此外，包括再生二酸及催化劑之再生組合物可經老化以獲得所要晶體尺寸。例如，最初，再生二酸之平均晶體尺寸可小於25微米，諸如23微米或更小、諸如20微米或更小、諸如18微米或更小、諸如15微米或更小、諸如13微米或更小、諸如10微米或更小。在進行如本文所揭示之老化及方法後，平均晶體尺寸可為50微米或更大，諸如60微米或更大、諸如70微米或更大、諸如75微米或更大、諸如80微米或更大、諸如85微米或更大、諸如90微米或更大、諸如93微米或更大、諸如95微米或更大、諸如98微米或更大、諸如100微米或更大。平均晶體尺寸可為200微米或更小，諸如190微米或更小、諸如180微米或更小、諸如170微米或

更小、諸如160微米或更小、諸如150微米或更小、諸如140微米或更小、諸如130微米或更小、諸如125微米或更小、諸如120微米或更小、諸如115微米或更小、諸如110微米或更小、諸如108微米或更小、諸如105微米或更小、諸如103微米或更小、諸如100微米或更小。此外，在一個實施例中，尺寸分佈可為單峰尺寸分佈。一般而言，晶體尺寸可使用此項技術中已知之手段，諸如雷射光散射來測定。

【0050】 再生二酸之純度亦可提高。就此而言，再生二酸之純度可為80%或更高，諸如85%或更高、諸如90%或更高、諸如93%或更高、諸如95%或更高、諸如97%或更高、諸如98%或更高、諸如99%或更高。純度可使用此項技術中通常已知之手段來測定。

【0051】 在與再生二醇分離之後，可洗滌及/或過濾再生組合物直至獲得一般中性之pH。然而，應理解，再生二酸及催化劑可在無任何洗滌及/或過濾的情況下老化以便獲得所要晶體尺寸。

【0052】 老化可在所要pH下進行。例如，pH可為6或更大，諸如6.1或更大、諸如6.2或更大、諸如6.3或更大、諸如6.4或更大、諸如6.5或更大、諸如6.6或更大、諸如6.7或更大、諸如6.8或更大、諸如6.9或更大、諸如7或更大。pH可為8.0或更小，諸如7.9或更小、諸如7.8或更小、諸如7.7或更小、諸如7.6或更小、諸如7.5或更小、諸如7.4或更小、諸如7.3或更小、諸如7.2或更小、諸如7.1或更小、諸如7或更小。

【0053】 另外，老化係在液體介質中進行。例如，液體介質可為如上文所論述之關於用於解聚合中的彼等液體介質中之任一者。液體介質可包括水、有機溶劑或其混合物。在一個特定實施例中，液體介質可為水。在另一實施例中，液體介質可為有機溶劑。例如，有機溶劑可包括但不限

於乙酸、二甲基甲醯胺及/或二甲亞砷。在一個特定實施例中，溶劑可包括：包括乙酸之有機溶劑。在一個實施例中，液體介質可包括乙酸與水之組合。

【0054】 此外，液體介質內之固體含量可為5 wt.%或更多，諸如10 wt.%或更多、諸如15 wt.%或更多、諸如20 wt.%或更多、諸如25 wt.%或更多。固體含量可為50 wt.%或更少，諸如45 wt.%或更少、諸如35 wt.%或更少、諸如30 wt.%或更少、諸如25 wt.%或更少、諸如20 wt.%或更少、諸如15 wt.%或更少。在老化及乾燥包括再生二酸及催化劑之再生組合物後的最終固體含量可為90 wt.%或更多，諸如95 wt.%或更多、諸如98 wt.%或更多、諸如99 wt.%或更多。雖然以上通常係指液體介質內之固體含量，但在一個實施例中，前述亦可指液體介質內之再生二酸的固體含量。

【0055】 一般而言，在老化之前固體及液體介質之組合可稱為預老化混合物。當進行老化時，可使用如此項技術中通常已知之混合器件或攪拌器件在液體介質內混合固體。然而，在某些實施例中，應理解，可不使用混合器件或攪拌器件。

【0056】 老化之溫度可為120°C或更高，諸如130°C或更高、諸如140°C或更高、諸如150°C或更高、諸如160°C或更高、諸如170°C或更高、諸如180°C或更高、諸如190°C或更高、諸如200°C或更高、諸如210°C或更高、諸如220°C或更高。溫度可為300°C或更低，諸如290°C或更低、諸如280°C或更低、諸如270°C或更低、諸如260°C或更低、諸如250°C或更低、諸如240°C或更低、諸如230°C或更低、諸如220°C或更低、諸如210°C或更低。

【0057】 在一個實施例中，老化可藉由使用熱循環進行，例如其中該溫度在溫度之間浮動。例如，熱循環可在5°C內，諸如10°C內、諸如15°C內、諸如20°C內、諸如25°C內之範圍內。熱循環可為至少4°C或更高，諸如5°C或更高、諸如7°C或更高、諸如9°C或更高、諸如10°C或更高、諸如13°C或更高、諸如15°C或更高、諸如18°C或更高、諸如20°C或更高。熱循環可為40°C或更低，諸如35°C或更低、諸如30°C或更低、諸如25°C或更低、諸如23°C或更低、諸如20°C或更低、諸如17°C或更低、諸如15°C或更低、諸如14°C或更低、諸如12°C或更低、諸如10°C或更低、諸如9°C或更低、諸如7°C或更低。此類熱循環可在如上文所提及之溫度內。僅作為一個實例，熱循環可為10°C之範圍(例如，在210°C至220°C之間)。作為另一實例，熱循環可為在180°C或更高至250°C或更低之溫度範圍內的15°C內(例如，5°C、10°C等)之範圍。

【0058】 循環之數目未必受限。例如，循環之數目可基於所要尺寸。例如，循環之數目可為1或更多，諸如2或更多、諸如3或更多、諸如4或更多、諸如5或更多、諸如6或更多、諸如7或更多、諸如8或更多、諸如9或更多、諸如10或更多、諸如12或更多、諸如15或更多、諸如17或更多、諸如20或更多。循環之數目可為50或更少，諸如45或更少、諸如40或更少、諸如35或更少、諸如30或更少、諸如25或更少、諸如20或更少、諸如18或更少、諸如16或更少、諸如15或更少、諸如14或更少、諸如12或更少、諸如10或更少、諸如9或更少、諸如8或更少、諸如7或更少、諸如6或更少、諸如5或更少。

【0059】 當在循環期間升高溫度時，溫度可以0.5°C/min或更高，諸如1°C/min或更高、諸如2°C/min或更高、諸如3°C/min或更高、諸如4°C

/min或更高、諸如5°C/min或更高、諸如7°C/min或更高、諸如10°C/min或更高之速率變化。溫度可以20°C/min或更低，諸如18°C/min或更低、諸如15°C/min或更低、諸如13°C/min或更低、諸如11°C/min或更低、諸如10°C/min或更低、諸如8°C/min或更低、諸如6°C/min或更低、諸如5°C/min或更低、諸如4°C/min或更低、諸如3°C/min或更低、諸如2°C/min或更低之速率變化。

【0060】 當在循環期間降低溫度時，溫度可以0.5°C/min或更高，諸如1°C/min或更高、諸如2°C/min或更高、諸如3°C/min或更高、諸如4°C/min或更高、諸如5°C/min或更高、諸如7°C/min或更高、諸如10°C/min或更高之速率變化。溫度可以20°C/min或更低，諸如18°C/min或更低、諸如15°C/min或更低、諸如13°C/min或更低、諸如11°C/min或更低、諸如10°C/min或更低、諸如8°C/min或更低、諸如6°C/min或更低、諸如5°C/min或更低、諸如4°C/min或更低、諸如3°C/min或更低、諸如2°C/min或更低之速率變化。

【0061】 一般而言，再生組合物可在單個器件內經歷溫度變化及/或循環。替代地，再生組合物可經歷溫度變化或使用第二器件經受不同溫度。例如，再生組合物可在如上文所指示之第一溫度下的第一器件內，其中隨後將再生組合物轉移至如上文所指示之第二溫度下的第二器件。就此而言，再生組合物可在第一器件與第二器件之間循環，從而在各對應器件內經歷溫度變化。

【0062】 類似地，再生組合物可在如上文所指示之第一溫度下的第一器件內，其中至少一部分之再生組合物經由如上文所指示之第二溫度下的第二器件轉移。就此而言，至少一部分之再生組合物可在第一器件與第

二器件之間循環，從而在各對應器件內經歷溫度變化。

【0063】 就此而言，第一溫度及第二溫度中之一者通常大於另一者。就此而言，在不意欲受理論限制時，再生二酸之較小晶體可在較高溫度下溶解，從而在經受循環之較低或較冷溫度時生長至現有晶體上。因此，可將長晶之量減至最少或避免長晶，從而產生得到較小尺寸之較新晶體。

【0064】 作為另一實例，再生組合物可在一個溫度下之一個器件內。其後，為了使晶體老化，可將至少一部分之再生組合物經由第二及較高溫度下之諸如熱交換器之第二器件流通或循環。替代地，可將至少一部分之再生組合物經由第二及較低溫度下之諸如冷卻器或冷卻器件之第二器件流通或循環。與方法無關，具有溫度變化之循環可有助於控制再生二酸之晶體的生長。

【0065】 可使用此項技術中之手段來升高溫度。例如，可藉由使用加熱器件、溫熱或熱空氣、熱交換器等來升高溫度。亦可使用此項技術中之手段來降低溫度。例如，可使用經冷卻之空氣、冷凍器或冷卻器等來降低溫度。此外，視方法而定，循環及老化可以分批製程進行。在另一實施例中，循環及老化可以連續或半連續製程進行。

【0066】 在獲得所要尺寸後，可使用機械手段將包括再生二酸及催化劑之再生組合物與液體介質(或經老化之混合物)分離。例如，可使用此項技術中通常已知之手段(諸如過濾(例如，壓濾機)、離心、傾析等)進行分離。替代地，可簡單地使固體沈降，其中移除液體介質。其後，可使用此項技術中通常已知之手段使固體乾燥。此外，已老化及純化之再生組合物亦可具有如上文所提及之關於重量百分比等之特徵。

【0067】 如本文所指示，再生組合物包含再生二酸及催化劑。在一個實施例中，在如本文所描述之解聚合反應期間可不引入催化劑。在另一實施例中，此類催化劑可不在如本文所描述之解聚合製程之任何步驟期間引入。例如，催化劑可不在進行解聚合之前添加至原料中。

【0068】 此外，在一個實施例中，在用於形成聚酯之二酸及二醇之聚合中通常採用的催化劑可不在如本文所描述之解聚合反應期間引入。在另一實施例中，此類催化劑可不在如本文所描述之解聚合製程之任何步驟期間引入。例如，催化劑可不在進行解聚合之前添加至原料中。

【0069】 另外，再生二酸可具有峰值溫度，其在以根據差示掃描量熱法測定之標準參考物之峰值溫度的一定度數內。例如，若再生二酸為再生對苯二甲酸，則峰值溫度可在標準對苯二甲酸參考物之峰值溫度的一定度數內。例如，此類差值可在10度內，諸如在9度內、諸如在8度內、諸如在7度內、諸如在6度內、諸如在5度內、諸如在4.5度內、諸如在4度內、諸如在3.5度內、諸如在3度內、諸如在2.5度內、諸如在2度內、諸如在1.5度內、諸如在1度內。對於此類測定，差示掃描量熱法可使用TA Instruments Discovery Model DSC利用「加熱-冷卻-加熱(heat-cool-heat)」法以基於加工歷史移除任何熱歷史來進行。第二加熱掃描可以10°C/分鐘之速率自0°C或-90°C至325°C進行。

【0070】 類似地，再生二酸可具有起始溫度，其在以根據熱解重量分析所測定之標準參考物之起始溫度的一定度數內。例如，若再生二酸為再生對苯二甲酸，則起始溫度可在標準對苯二甲酸參考物之起始溫度的一定度數內。例如，此類差值可在10度內，諸如在9度內、諸如在8度內、諸如在7度內、諸如在6度內、諸如在5度內、諸如在4.5度內、諸如在4度

內、諸如在3.5度內、諸如在3度內、諸如在2.5度內、諸如在2度內、諸如在1.5度內、諸如在1度內、諸如在0.5度內。對於此類測定，熱解重量分析可使用TA Instruments Discovery Model TGA，在氮氣氛圍中以20°C/分鐘之速率利用室溫至700°C之溫度斜變(temperature ramp)來進行。

【0071】 此外，如上文所指示，解聚合可在諸如反應器或容器之適合的裝置中進行。就此而言，亦可在適當之裝置中進行任何後續步驟(例如，澄清、脫色、分離、沈澱)。就此而言，用於進行此類步驟之裝置亦不受限於本發明。此外，在必要程度上，可使用各種管道、導管、泵、槽、閥等將裝置連接在一起。

【0072】 本發明之此等及其他修改及變化可在不脫離本發明之精神及範疇的情況下由一般熟習此項技術者實踐。另外，應理解各種實施例之態樣可整體地或部分地兩者互換。此外，一般熟習此項技術者應瞭解，前述描述僅藉助於實例，且並不意欲限制本發明進一步描述於此類隨附申請專利範圍中。

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種解聚合廢棄材料中的聚酯之方法，該方法包含：

將包含該聚酯之該廢棄材料供應至解聚合容器；

解聚合該聚酯以形成包含再生二醇、再生二酸及催化劑之經解聚合之混合物；

使該再生二酸及該催化劑與該再生二醇分離以形成包括該再生二酸及該催化劑之再生組合物；及

使該再生組合物與該再生二醇分開。

【請求項2】

如請求項1之方法，其中該廢棄材料為廢棄織物。

【請求項3】

如請求項1之方法，其中該催化劑包含銻、鈦、鈷、鉬或其混合物。

【請求項4】

如請求項1之方法，其中該催化劑包含銻。

【請求項5】

如請求項1之方法，其中該催化劑包含三氧化銻、乙二醇銻 (antimony glycolate)、銻/金屬複合物或其混合物。

【請求項6】

如請求項1之方法，其中該催化劑包含乙酸銻。

【請求項7】

如請求項1之方法，其中該催化劑以大於0 ppm至300 ppm之量存在於該再生組合物中。

【請求項8】

如請求項1之方法，其中該催化劑以大於5 ppm至250 ppm之量存在於該再生組合物中。

【請求項9】

如請求項1之方法，其中該催化劑以大於75 ppm至100 ppm之量存在於該再生組合物中。

【請求項10】

如請求項1之方法，其中按該再生二酸之重量計，該催化劑以大於0 wt.%至0.05 wt.%之量存在於該再生組合物中。

【請求項11】

如請求項1之方法，其中按該再生二酸之重量計，該催化劑以大於0.0005 wt.%至0.01 wt.%之量存在於該再生組合物中。

【請求項12】

如請求項1之方法，其中該再生二酸包含芳族二酸。

【請求項13】

如請求項12之方法，其中該芳族二酸包含鄰苯二甲酸、間苯二甲酸、萘二羧酸或其混合物。

【請求項14】

如請求項12之方法，其中該芳族二酸包含對苯二甲酸。

【請求項15】

如請求項1之方法，其中該再生二酸包含飽和二酸、不飽和二酸或其混合物。

【請求項16】

如請求項15之方法，其中該飽和二酸包含乙二酸、丙二酸、丁二酸、戊二酸、己二酸、庚二酸、辛二酸、壬二酸、癸二酸或其混合物。

【請求項17】

如請求項15之方法，其中該不飽和二酸包含順丁烯二酸、反丁烯二酸、戊烯二酸或其混合物。

【請求項18】

如請求項1之方法，其中該再生二醇包含脂族二醇。

【請求項19】

如請求項1之方法，其中該再生二醇包含乙二醇。

【請求項20】

如請求項1之方法，其中該再生二醇包含丁二醇、丙二醇、戊二醇、己二醇、四乙二醇或其混合物。

【請求項21】

如請求項1之方法，其中該再生二醇包含芳族二醇。

【請求項22】

如請求項21之方法，其中該芳族二醇包含兒茶酚、間苯二酚、對苯二酚或其混合物。

【請求項23】

如請求項1之方法，其中該解聚合係在100°C至220°C之溫度下進行。

【請求項24】

如請求項1之方法，其中該解聚合係在130°C至180°C之溫度下進行。

【請求項25】

如請求項1之方法，其中該解聚合係在水中進行。

【請求項26】

如請求項1之方法，其中該解聚合係經由水解進行。

【請求項27】

如請求項26之方法，其中該水解係在強鹼存在下進行。

【請求項28】

如請求項26之方法，其中該水解係在10或更大之pH下進行。

【請求項29】

如請求項1之方法，其進一步包含：

澄清該經解聚合之混合物。

【請求項30】

如請求項29之方法，其中該澄清包括過濾。

【請求項31】

如請求項29之方法，其進一步包含：

使該經解聚合之混合物脫色。

【請求項32】

如請求項31之方法，其中使用包含活性炭之脫色劑進行脫色。

【請求項33】

如請求項1之方法，其中分離步驟包含沈澱該再生二酸及該催化劑。

【請求項34】

如請求項33之方法，其中沈澱步驟包含將強酸添加至該經解聚合之混合物中。

【請求項35】

如請求項33之方法，其中該沈澱步驟係在6或更小之pH下進行。

【請求項36】

如請求項33之方法，其中該沈澱步驟係在3或更小之pH下進行。

【請求項37】

如請求項33之方法，其中該沈澱步驟係以兩個時間間隔進行，各時間間隔處於不同pH下。

【請求項38】

如請求項1之方法，其中該廢棄材料包含聚酯及至少一種其他聚合物。

【請求項39】

如請求項38之方法，其中該至少一種其他聚合物包含纖維素。

【請求項40】

如請求項38之方法，其中該至少一種其他聚合物包含聚醯胺。

【請求項41】

如請求項38之方法，其中該至少一種其他聚合物包含聚醚-聚脲共聚物。

【請求項42】

如請求項38之方法，其中按該等聚合物之總重量計，該聚酯以約50 wt.%或更多之量存在。

【請求項43】

如請求項38之方法，其中按該等聚合物之總重量計，該聚酯以約90 wt.%或更多之量存在。

【請求項44】

如請求項1之方法，其中該聚酯係在解聚合步驟期間在不添加催化劑

之情況下解聚合。

【請求項45】

如請求項1之方法，其中該聚酯係在該解聚合方法期間在不添加催化劑之情況下解聚合。

【請求項46】

一種自廢棄材料之解聚合形成的再生組合物，該再生組合物包含再生二酸及催化劑，其中該催化劑以5 ppm至300 ppm之量存在。