

明 細 書

発明の名称：

プラスチック材料の気化装置、ならびにプラスチック材料から炭化水素化合物を取り出す装置および方法

技術分野

[0001] 本発明は、プラスチック材料の気化装置に関する。

背景技術

[0002] プラスチック材料を構成している複数の炭化水素成分を分離する目的で、プラスチック材料を加熱することによって、当該材料を気化させる装置が知られている。このような装置は、プラスチック材料に伝わる熱量を均等にするために、加熱容器の内部においてプラスチック材料を攪拌する攪拌板を備えていることが一般的である（特許文献１～３）。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献１：特開平９－９５６７８号公報（１９９７年４月８日公開）
特許文献２：特開平７－３７６２１号公報（１９９５年４月２６日公開）
特許文献３：特開平７－７４３３８号公報（１９９５年８月９日公開）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0004] 上述のような装置における攪拌板の横断面は、一般的に平板状またはＬ字型を有している。平板状の攪拌板は、加熱によって溶融したプラスチック材料を十分に攪拌できず、Ｌ字型の攪拌板は、溶融したプラスチック材料を長くかぎ状の部分に捉え、プラスチック材料から熱を奪ってしまう。
- [0005] 本発明の一態様は、溶融したプラスチックを不要に捉えることなく、溶融したプラスチック材料に対して等しく熱を伝えることのできる、プラスチック材料の気化装置を実現することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係るプラスチック材料を気化させる装置は、上部において円筒部分を有しており、かつ下部において逆円錐部分もしくは逆円錐台部分を有している容器、当該容器内の上部から下部まで伸びている軸、および当該軸を中心に回転する攪拌翼を備えており、上記攪拌翼が、上記軸を通る平面に沿って4つ2組として設けられており、各組の攪拌翼のそれぞれは互いに、上記軸を中心にして逆方向に伸びており、当該攪拌翼の一方の組は、当該攪拌翼の他方の組が上記軸に接続されている位置より、当該軸の下側先端に近い位置に接続されており、上記攪拌翼のうち一方の組および他方の組はそれぞれ、（a）横断面の形状として、湾曲する凸面および当該凸面と逆向きの湾曲する凹面を有しており、当該湾曲する凹面は、上記攪拌翼が回転するとき前方を向いている；または（b）横断面の形状として、半円を有しており、当該一方の組の半円における平面は、上記攪拌翼が回転するとき前方を向いており、当該他方の半円における円弧は容器上部を向いている。

発明の効果

[0007] 本発明の一態様によれば、熔融したプラスチックを不要に捉えることなく、熔融したプラスチック材料に対して等しく熱を伝えることのできる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の一実施形態に係る装置の構成を表わす図であり、図1の1010は、装置全体の断面を表わし、図1の1020は、1010における、4つの攪拌翼のA-A'断面およびB-B'断面を表わし、図1の1030は、投入口3の拡大斜視図である。■補足事項■ 図1に付ける番号を、外国出願用に、形式的に変更致しました。これ以降の説明にも同じ変更を加えております。

[図2]本発明の他の実施形態に係る装置の構成を表わす図である。

発明を実施するための形態

[0009] 〔プラスチック材料の気化装置〕

本発明の一実施形態は、プラスチック材料の気化装置である。当該気化装置は、上部において円筒部分を有しており、かつ下部において逆円錐部分もしくは逆円錐台部分を有している容器、当該容器内の上部から下部まで伸びている軸、および当該軸を中心に回転する攪拌翼を備えており、上記攪拌翼が、上記軸を通る平面に沿って4つ2組として設けられており、各組の攪拌翼のそれぞれは互いに、上記軸を中心にして逆方向に伸びており、当該攪拌翼の一方の組は、当該攪拌翼の他方の組が上記軸に接続されている位置より、当該軸の下側先端に近い位置に接続されており、上記攪拌翼のうち一方の組および他方の組はそれぞれ、（a）横断面の形状として、湾曲する凸面および当該凸面と逆向きの湾曲する凹面を有しており、当該湾曲する凹面は、上記攪拌翼が回転するとき前方を向いている；または（b）横断面の形状として、半円を有しており、当該一方の組の半円における平面は、上記攪拌翼が回転するとき前方を向いており、当該他方の半円における円弧は容器上部を向いている。

[0010] 上記気化装置の一例（特に上記（a）の場合）を、図1を参照して、以下に説明する。図1の1010は、装置全体の断面を表わし、図1の1020は、1010における、4つの攪拌翼のA-A'断面およびB-B'断面を表わし、図1の1030は、投入口3の拡大斜視図である。

[0011] 気化装置10は、プラスチック材料を、加熱によって気化させる容器7を備えており、容器7の内部には、八角柱5a（軸）および八角柱5aに接続されている4つの攪拌翼1a～dが収納されている。容器7の上面には、投入口3が開けられており、容器7の上部壁面には、プラスチック材料の加熱によって発生した気体を、液化装置30に導く管9が設けられている。八角柱5aの上端は、八角形の内面を有している継手5bに対してその下方から挿入されている。

[0012] 八角形の横断面を有している駆動軸5cの下端は、気化装置10の運転前に、継手5bに対して上方から挿入される。図1の1010に示すように、

駆動軸 5 c の下側先端は、先端に近づくにしたがって横断面積が小さくなる、逆八角錐台（テーパ状）を有している。八角柱 5 a および駆動軸 5 c の横断面はそれぞれ、ほぼ等しい面積を有している正八角形であり、継手 5 b の内面も正八角形であり、当該横断面よりわずかに大きい面積を有している。したがって、継手 5 b 上部における八角形の開口に部分的に挿入した後に、駆動軸 5 c を徐々に下げると、八角柱 5 a および駆動軸 5 c の中心が一致し、八角柱 5 a および駆動軸 5 c を構成する各壁面が揃う。駆動軸 5 c の逆八角錐台が、継手 5 b の内面に対して滑り、かつ回転し、当該逆八角錐台および内面とのずれが、駆動軸 5 c の重量にしたがって修正される。

[0013] 図 1 では省略されているが、駆動軸 5 c は、モータなどの動力に接続されており、当該動力からの回転エネルギーを、継手 5 b および八角柱 5 a を介して、各攪拌翼 1 a ～ d に伝える。容器 7 は、攪拌翼 1 a および c が伸びている高さまでが少なくとも、液体炭化水素燃料の燃焼を利用する加熱炉に覆われている。

[0014] 図 1 の 1030 に示すように、プラスチック材料の投入口 3 は、上部に広い開口を有しており、下部に上部より小さい開口を有している。投入口 3 の外径は、およそ逆円錐台形である。投入口 3 の周面には、繰り返し波打っている導電性の抵抗加熱線 3 a が、当該逆円錐台形の軸方向に沿って設けられている。抵抗加熱線 3 a および投入口 3 の周面は、他の部材によって覆われていない。この例における投入口 3 では、抵抗加熱線 3 a の、過剰な加熱およびそれに伴う脱落を防ぐために、抵抗加熱線 3 a は、投入口 3 の周方向に巻き付けられておらず、抵抗加熱線 3 a の放熱を妨げる他の部材によって覆われていない。

[0015] 投入口 3 の内部は、抵抗加熱線 3 a から受け取る熱によって、約 300 ～ 400℃（後述する合成樹脂の融点をわずかに超える温度）に維持されている。投入口 3 の上部から投入されたプラスチック材料は、投入口 3 の壁面からの熱を受け取って部分的に溶融する。溶融したプラスチック材料は、当該壁面を伝って投入口 3 の下部付近に達する。完全に溶融している（低い

粘性の) プラスティック材料は、容器 7 の内部に落下し、部分的に溶融している(高い粘性の) プラスティック材料は、粘性が低くなるまで、当該下部付近に留まる。投入口 3 の下部に形成されている開口には、バルブなどの開閉部材が取り付けられていない。当該下部付近に留まっている高い粘性のプラスチック材料が、当該開口を塞ぐ役割を果たすためである。したがって、容器 7 において気化した成分のほとんどは、当該開口から気化装置 10 の外部に放出されない。

[0016] 容器 7 の内部の温度は、上記プラスチック材料の一部を気化させる温度から選択され、容器 11 の内部の温度は、容器 7 において気化された成分の一部を液化させる温度から選択される。一例として、気化装置 10 における容器 7 の内部は、加熱炉からの熱を受け取って 400℃～500℃に維持されており、液化装置 30 における容器 11 の内部は、400℃未満に維持されている。他の例として、気化装置 10 における容器 7 の内部は、加熱炉からの熱を受け取って 350℃～450℃に維持されており、液化装置 30 における容器 11 の内部は、容器 7 の内部より低い温度に維持されている。いずれの例でも、容器 7 において気化した成分のほとんどは、上述のように投入口 3 から放出されずに、管 9 を通って容器 11 に導かれる。

[0017] 投入口 3 の下部にある開口から落下した、プラスチック材料は、容器 7 の逆円錐台部分に溜まり、当該逆円錐台部分を介して、上記加熱炉から熱をさらに受け取る。投入口 3 の開口から落下したプラスチック材料は、攪拌翼 1a～1d (特に 1b および 1d) にほとんど捉えられない。図 1 の 1020 に示すように、攪拌翼 1b および 1d は、容器 7 の上方から壁面に向いている凸状の曲面を有しているからである。凸状の曲面の上に落下したプラスチック材料は、当該曲面を滑り落ち、容器 7 の底部に達する。

[0018] 逆円錐台部分に溜まったプラスチック材料は、攪拌翼 1a～d の軸回転によって混合され、逆円錐台部分からほぼ等しく熱を受け取る。攪拌翼 1a～d (特に 1a および 1c) の軸回転は、攪拌されているプラスチック材料を、ほとんど捉えない。図 1 の 1020 に示されるように、攪拌翼 1a お

よび1 cは、上方から壁面に向いている凹状の曲面を有しているからである。例えば、攪拌されているプラスチック材料は、攪拌翼1 aの軸回転（図面における1 aの右への移動）によって、当該曲面上を滑り、当該曲面に持ち上げられ、攪拌翼1 aの後方に移動する。

[0019] 攪拌翼1 a～dの軸回転は、プラスチック材料の攪拌と同時に、固形の混入物（500℃程度では溶融しない金属など）を、逆円錐台部分にふり落としすることができる。溶融および気化しない固形物は、溶融しているプラスチック材料よりも容易に攪拌翼1 a～dから滑り落ち、次第に沈降していく。

[0020] 以上のように、容器7において均質に攪拌されることによって効率的に気化された成分は、投入口3から外部に放出されることなく、管9を通して液化装置30の容器11に達する。

[0021] 液化装置30は、容器11、ヒータ13および管15、17を備えている。気化装置10から容器11に達した、気化された成分は、部分的に凝結し、液体炭化水素として管17から取り出される。凝結しなかった成分は、さらなる液化装置（図示せず）に、管15を介して送られる。また、液体炭化水素を、管17から取り出さずに、ヒータ13による加熱によって、ふたたび気化させ、さらなる液化装置に送り出してもよい。この例では、ヒータ13は、縦向き（容器11の下部から、上部に向かって）に配置されているが、横向き（容器11の側面から内部に向かって）に配置され得る。なお、管17から取り出された液体炭化水素は、気化装置10の下部を覆う加熱炉における燃焼に利用され得る。

[0022] プラスチック材料は、合成樹脂（例えば、ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）、ポリエチレンテレフタレート（PET）およびポリエチレン（PE）など）を含んでいる種々の材料である。廃棄物を有効利用できるという観点から、プラスチック材料は、廃棄物から回収された材料であることが好ましい。

[0023] 〔プラスチック材料から炭化水素化合物を取り出す装置〕

本発明における他の実施形態は、プラスチック材料から炭化水素化合物を取り出す装置（以下、取り出し装置）であり、当該取り出し装置は、気化装置（図１に示されている気化装置１０）および２つの冷却槽を備えている。当該冷却槽の一方（１次冷却槽）として、当該取り出し装置では、図１に示されている液化装置３０が利用されている。以下では、図１を用いた説明と重複しない点のみを、本実施形態に係る取り出し装置について、図２を参照して説明する。

[0024] 図２に示されているように、取り出し装置１００は、気化装置１０、冷却槽３０（１次冷却槽）および冷却槽５０（２次冷却槽）を備えている。管９は気化装置１０および冷却槽３０を、管１５は冷却槽３０および冷却槽５０を、繋いでいる。冷却槽５０は、取り出し装置１００の運転時には、冷媒（例えば水）によって冷却されている（図示せず）。したがって、取り出し装置１００の運転時に管１７および２１を閉じ、管１９を解放すると、気化装置１０から管９を通して冷却槽３０に達した気体は、さらに管１５を通して冷却槽５０に達する。

[0025] 取り出し装置１００は、大きく分けて２つの運転モードを実行する。運転モードａではヒータ１３を動作させ、運転モードｂではヒータ１３を動作させない。したがって、運転モードｂのみを実行する取り出し装置１００は、ヒータ１３を備えていなくてもよい。

[0026] 運転モードａでは、冷却槽３０は、ヒータ１３からの熱によって、気化装置１０より低く、かつ冷却槽５０より高い温度に維持される。運転モードａでは、気化装置１０（最も高温）から送り出される気体は、冷却槽３０（２番目に高温）および冷却槽５０（最も低温）を経ることによって、段階的に冷却される。気化装置１０から冷却槽３０に達した気体のうち沸点の高い炭化水素が凝集し、冷却槽３０に留まる。冷却槽３０の温度を気化装置１０の温度に近づけるほど、より沸点の高い炭化水素が冷却槽３０を通過し、冷却槽５０に達する。冷却槽５０に達した炭化水素は、その一部が凝集し、残りが管１９を通して取り出し装置１００の外部に取り出される。

- [0027] 運転モードbでは、冷却槽30は加熱されず、冷却槽30および50は冷媒によって冷却される。したがって、運転モードbにおける冷却槽30は、運転モードaの冷却槽30よりはるかに低い温度（例えば冷却槽50の温度と同程度）に維持される。運転モードbでは、気化装置10から冷却槽30に達した気体は急冷され、沸点の高い炭化水素～相対的に沸点の低い炭化水素が凝集し、冷却槽30に留まる。冷却槽50に達した炭化水素は、その一部が凝集し、残りが管19を通して取り出し装置100の外部に取り出される。
- [0028] 運転モードaおよびbでは、冷却槽30および冷却槽50の温度が異なるだけでなく、取り出し装置100の外部に取り出される気体の炭化水素の量および組成が異なる。運転モードaでは、運転モードbと比べて、気体の炭化水素の量がより多く、より大きい炭素数を有している気体の炭化水素が得られる。逆に、運転モードbでは、運転モードaと比べて、液体の炭化水素の量がより多く、より大きい炭素数を有している液体の炭化水素が得られる。気化装置10からの気体は、運転モードaでは低温（冷却槽50）にさらされる時間が短く、運転モードbでは低温（冷却槽30および冷却槽50）にさらされる時間が長い。
- [0029] 運転モードaは、燃焼カロリーの高い（炭素数の大きい）気体の炭化水素を多く得ることができるので、生成された気体を、設置型の燃焼炉（例えばごみの焼却炉および発電用の炉）に供給する用途に適している。運転モードbは、備蓄および運搬に適した液化の炭化水素を多く得ることができるので、生成された液体を、移動型の燃焼炉（例えば、車両および船舶のエンジン）に供給する用途に適している。
- [0030] 運転モードaおよびbのいずれでも、冷却槽30は、気化装置10の容器7より低い温度に設定されている。容器7において気化された成分は、管9を通して、より低温の冷却槽30に流れ込む。上述の通り、投入口3の下部付近は、高い粘性のプラスチック材料（部分的に溶融している）によって塞がれている。したがって、以下の（1）～（3）によって、取り出し装置

１００では、装置内部における流体の流れは、一定の方向および流速に維持される。

[0031] （１）投入口３から容器７の内部に落下するプラスチック材料と同程度の量のプラスチック材料を、投入口３に連続的に投入する。

[0032] （２）冷却槽３０を、容器７の内部より低温に維持する。

[0033] （３）容器７において単位時間ごとに気化される気体に対応する量の生成物（気体および液体）を、管１７、１９および２１から取り出す。

[0034] 図２に示す取り出し装置１００では、冷却槽３０および５０は、同じ容積を有している。特に運転モードａでは、冷却槽３０において凝縮する気体の体積が小さく、冷却槽５０に達する気体の体積が、運転モードｂより大きい。運転モードａを実行するときの冷却槽５０は、相対的に大きな体積の気体を処理可能な容積を有していればよい。

[0035] 〔プラスチック材料から炭化水素化合物を取り出す方法〕

本発明の一実施形態は、プラスチック材料から炭化水素化合物を取り出す方法に関する。当該方法は、上述の取り出し装置（つまり図２に例示されている装置）を用いて実施される。当該方法は、以下の工程を含んでいる。

[0036] プラスチック材料を投入口３に投入する工程；

投入口３を加熱することによって、上記プラスチック材料の一部を流動化させる工程；

容器７において、攪拌翼１ａ～１ｄを用いて攪拌しながら、流動化されている上記プラスチック材料を加熱し、当該プラスチック材料に含まれている炭化水素化合物を気化させる工程；

気化されている上記炭化水素化合物を、容器７より低い温度に維持されている１次冷却槽（冷却槽３０）および２次冷却槽（冷却槽５０）に送る工程。

[0037] したがって、上記方法の詳細は、上記〔プラスチック材料の気化装置〕および〔プラスチック材料から炭化水素化合物を取り出す装置〕の記載と重複するので、繰り返さない。

産業上の利用可能性

[0038] 本発明は、プラスチック材料（特に廃棄プラスチック）の処理に利用することができる。

符号の説明

[0039] 1 a～d 攪拌翼
3 投入口
3 a 抵抗加熱線（抵抗加熱部）
5 軸
5 a 八角柱（軸）
5 b 継手（筒状継手）
5 c 駆動軸
7、11、41 容器
9、15、17、19、21 管
10 気化装置（プラスチック材料を気化させる装置）
13 ヒータ
30 液化装置、冷却槽（1次冷却槽）
50 冷却槽（2次冷却槽）
100 取り出し装置（プラスチック材料から炭化水素化合物を取り出す装置）