

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7009534号  
(P7009534)

(45)発行日 令和4年1月25日(2022.1.25)

(24)登録日 令和4年1月14日(2022.1.14)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 M	10/658 (2014.01)	H 0 1 M	10/658
H 0 1 M	10/6555 (2014.01)	H 0 1 M	10/6555
H 0 1 M	10/653 (2014.01)	H 0 1 M	10/653
H 0 1 M	10/651 (2014.01)	H 0 1 M	10/651

請求項の数 13 (全17頁)

(21)出願番号	特願2020-43369(P2020-43369)	(73)特許権者	000219602 住友理工株式会社 愛知県小牧市東三丁目 1 番地
(22)出願日	令和2年3月12日(2020.3.12)	(73)特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地
(65)公開番号	特開2021-144879(P2021-144879 A)	(74)代理人	100115657 弁理士 進藤 素子
(43)公開日	令和3年9月24日(2021.9.24)	(74)代理人	100115646 弁理士 東口 倫昭
審査請求日	令和3年4月5日(2021.4.5)	(74)代理人	100196759 弁理士 工藤 雪
		(72)発明者	片山 直樹 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工 株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 バッテリーパック用断熱材およびバッテリーパック

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

断熱層と、該断熱層を挟んで配置される第一基材および第二基材と、を備え、  
該断熱層は、複数の粒子が連結して骨格をなし、内部に細孔を有し、表面および内部のうち少なくとも表面に疎水部位を有する多孔質構造体と、補強繊維と、バインダーとしての金属酸化物のナノ粒子と、を有し、500 下で30分間保持する熱重量分析における該断熱層の質量減量率は10%以下であり、  
該断熱層、該第一基材および該第二基材の積層方向を厚さ方向として、該厚さ方向に15MPaの荷重を加えて圧縮する圧縮試験を行った場合に、該圧縮試験前の厚さに対する該圧縮試験後の厚さの変化率は70%より小さいことを特徴とするバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 2】

前記ナノ粒子は、シリカ粒子である請求項1に記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 3】

前記多孔質構造体は、複数のシリカ粒子が連結して骨格をなすシリカエアロゲルである請求項1または請求項2に記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 4】

前記断熱層における前記多孔質構造体の含有量は、該多孔質構造体および前記補強繊維を除く成分の100質量部に対して50質量部以上280質量部以下である請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 5】

前記補強繊維は、ガラス繊維およびアルミナ繊維から選ばれる一種以上である請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 6】

前記断熱層における前記補強繊維の含有量は、前記多孔質構造体および該補強繊維を除く成分の 100 質量部に対して 5 質量部以上 200 質量部以下である請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 7】

前記補強繊維の直径は、 $6.5\text{ }\mu\text{m}$  以上  $18\text{ }\mu\text{m}$  以下、長さは  $3\text{ mm}$  以上  $25\text{ mm}$  以下である請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載のバッテリーパック用断熱材。

10

## 【請求項 8】

前記第一基材および前記第二基材の少なくとも一方は、ガラスクロスである請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 9】

前記断熱層を挟んで前記第一基材および前記第二基材が積層される本体部と、該断熱層の周囲に該第一基材と該第二基材とが重なる周縁部と、を有する請求項 1 ないし請求項 8 のいずれかに記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 10】

前記周縁部において、前記第一基材と前記第二基材とは融着されている請求項 9 に記載のバッテリーパック用断熱材。

20

## 【請求項 11】

前記周縁部には、前記第一基材と前記第二基材とを固定する固定部材が配置される請求項 9 または請求項 10 に記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 12】

前記固定部材は、弾性を有する請求項 11 に記載のバッテリーパック用断熱材。

## 【請求項 13】

リチウムイオン電池からなる複数のバッテリーセルと、隣り合う該バッテリーセル間に配置され、請求項 1 ないし請求項 12 のいずれかに記載のバッテリーパック用断熱材と、を有することを特徴とするバッテリーパック。

## 【発明の詳細な説明】

30

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、複数のバッテリーセルが収容されるバッテリーパックにおいて、バッテリーセル間に配置される断熱材に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

ハイブリッド自動車や電気自動車には、複数のバッテリーセルを収容したバッテリーパックが搭載される。バッテリーパックにおいては、複数のバッテリーセルが積層されてなるバッテリーモジュールが、積層方向の両側から締結部材により固定された状態で筐体内に収容される。例えば特許文献 1 には、隣り合うバッテリーセルの間に介装される複合シートが記載されている。当該複合シートは、断熱層を有し、一つのバッテリーセルの温度が上昇した際、隣接するバッテリーセルへの熱の伝達を抑制する。断熱層は、不織布にシリカキセロゲルを担持して形成されている。

40

## 【0003】

シリカキセロゲルやシリカエアロゲルは、シリカ微粒子が連結して骨格をなし  $10\sim 50\text{ nm}$  程度の大きさの細孔構造を有する多孔質材料である。この種の多孔質材料の熱伝導率は、空気の熱伝導率よりも小さい。よって、この種の多孔質材料は、断熱材の材料として広く使用されている。例えば特許文献 2 には、水分散性ポリウレタンによって結合されたシリカエアロゲルを含み、熱伝導率が  $0.025\text{ W/m}\cdot\text{K}$  以下の物品が記載されている。当該物品のようにシリカエアロゲルを用いる場合には、それを固定して脱落を抑制する

50

ために、ウレタン樹脂などのバインダーが使用される。しかしながら、ウレタンバインダーを使用した従来の断熱材を500程度の高温雰囲気で使用すると、有機成分であるウレタンバインダーが分解、劣化して、ガスが発生したり、クラックが生じて形状が保持できないおそれがある。また、ウレタンバインダーは比較的軟質であるため、圧縮されると断熱材が潰れてしまい、断熱構造を維持することが難しいという問題があった。

【0004】

他方、例えば特許文献3～6には、ケイ酸塩などの無機化合物をバインダーとして使用した複合材料が提案されている。すなわち、特許文献3には、シリカエアロゲルと、有機バインダーまたは無機バインダーと、ガラス繊維と、を有する複合材料が記載されており、無機バインダーとしては水ガラス（ケイ酸ナトリウム）が記載されている。特許文献4には、エアロゲルを、水溶性バインダーおよび粉末ケイ酸ナトリウムなどの無機バインダーを用いて固化した断熱材が記載されている。特許文献5には、不織布（パッキング）の上に、エアロゲルおよびケイ酸ナトリウムなどの無機バインダーを有する層が形成された可撓性絶縁構造体が記載されている。特許文献6には、シリカエアロゲル、水熱反応により結晶を形成できるセラミックス原料液、界面活性剤、および補強繊維を有する断熱材組成物が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】国際公開第2017/159527号

特表2013-534958号公報

特表平11-513349号公報

特開2004-10423号公報

特開2017-155402号公報

国際公開第2013/141189号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前述したように、バッテリーパックに收容される複数のバッテリーセルは、締結部材により積層方向両側から加圧される。このため、バッテリーセル間に介装される断熱材には、圧縮されても潰れにくく断熱性を維持できることが要求される。

【0007】

また、断熱材を構成する断熱層の材料として多孔質材料を用いる場合、断熱層には、高温雰囲気で使用しても形状を保持できること（耐熱性）、および圧縮されても潰れや割れが生じにくく断熱性を維持できること（耐圧縮性）の両方が要求される。しかしながら、バインダーとして無機化合物を使用すると、バインダーの分解、劣化による問題は改善されるが、成形体が硬く、脆くなる。上記特許文献3～5には、単に無機バインダーを使用することしか記載されていないため、これだけでは、耐熱性および耐圧縮性を向上させることは難しい。上記特許文献6においては、水熱反応により結晶を形成できるセラミックス原料液を使用し、それを含む断熱材組成物を脱水、加熱および加圧することにより、シリカエアロゲルおよび補強繊維の表面でセラミックス結晶の合成を進行させている。形成されたセラミックス結晶は、シリカエアロゲル同士を結合するバインダーとしての役割を果たす。特許文献6に記載された製造方法によると、断熱材組成物の調製、金型内への注入および脱水、得られた一次成形体の加熱および加圧という工程が必要である。よって、工数が多く煩雑でコストがかかる。加えて、金型を用いて成形するため、薄膜化が難しい。また、形成されたセラミックス結晶は、針状、繊維状などの形状を有し、粒径が1～50μm程度のバルク結晶である（特許文献6の段落[0028]、[0057]）。このため、得られる断熱材は、所望の耐熱性および耐圧縮性を満足するものではない。

【0008】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、断熱性だけでなく耐熱性および

10

20

30

40

50

耐圧縮性にも優れた断熱層を有するバッテリーパック用断熱材を提供することを課題とする。また、当該バッテリーパック用断熱材を有するバッテリーパックを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1) 上記課題を解決するため、本発明のバッテリーパック用断熱材は、断熱層と、該断熱層を挟んで配置される第一基材および第二基材と、を備え、該断熱層は、複数の粒子が連結して骨格をなし、内部に細孔を有し、表面および内部のうち少なくとも表面に疎水部位を有する多孔質構造体と、補強繊維と、バインダーとしての金属酸化物のナノ粒子と、を有し、500 下で30分間保持する熱重量分析における該断熱層の質量減量率は10 %以下であり、該断熱層、該第一基材および該第二基材の積層方向を厚さ方向として、該厚さ方向に15 MPaの荷重を加えて圧縮する圧縮試験を行った場合に、該圧縮試験前の厚さに対する該圧縮試験後の厚さの変化率は70 %より小さいことを特徴とする。

10

【0010】

(2) 上記課題を解決するため、本発明のバッテリーパックは、リチウムイオン電池からなる複数のバッテリーセルと、隣り合う該バッテリーセル間に配置され、上記(1)の構成を有するバッテリーパック用断熱材と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

(1) 本発明のバッテリーパック用断熱材(以下、単に「本発明の断熱材」と称す場合がある)によると、多孔質構造体を有する断熱層が二つの基材間に挟持される。これにより、多孔質構造体の脱落(粉落ち)が抑制される。また、本発明の断熱材について、厚さ方向に15 MPaの荷重を加えて圧縮する圧縮試験を行った場合に、該圧縮試験前の厚さに対する該圧縮試験後の厚さの変化率は70 %より小さい。すなわち、本発明の断熱材は、圧縮されても潰れにくく、所望の断熱性を維持することができる。

20

【0012】

断熱層を構成する多孔質構造体は、複数の粒子が連結して骨格をなし、内部に細孔を有し、表面および内部のうち少なくとも表面に疎水部位を有する。多孔質構造体の骨格と骨格との間に形成される細孔の大きさは10 ~ 50 nm程度であり、細孔の多くは、50 nm以下のいわゆるメソ孔である。メソ孔は、空気の平均自由行程よりも小さいため、熱の移動が阻害される。よって、当該断熱層を有する本発明の断熱材は、優れた断熱効果を発揮する。

30

【0013】

断熱層は、構成成分を結合させるバインダーとして、金属酸化物のナノ粒子を有する。バインダーとして有機材料を使用しないため、高温雰囲気で使用しても、バインダーの分解、劣化によるガスの発生やクラックの発生が生じない。よって、断熱層は、高温下においても形状を保持することができ、質量が減少しにくい。すなわち、断熱層を500 下で30分間保持した場合、その前後の質量から算出される質量減量率は10 %以下である。

【0014】

バインダーとして金属酸化物のナノ粒子を使用すると、ウレタン樹脂などの有機材料を使用した場合と比較して、断熱層を硬質にすることができる。このため、圧縮されても断熱層が潰れにくく、断熱構造を維持することができる。また、バインダーを、上記特許文献6に記載されているバルク結晶ではなく、ナノ粒子(ナノメートルオーダーの粒子)にすることにより、無機化合物を有することによる硬さや脆さの欠点が改善される。

40

【0015】

加えて、断熱層は、補強繊維を有する。金属酸化物のナノ粒子と補強繊維との両方の作用により、高温下での形状保持性(耐熱性)が向上し、圧縮されても潰れにくく割れにくくなる(つまり、耐圧縮性が向上する)。これにより、断熱層は、圧縮されても断熱性を維持することができる。また、補強繊維を有することにより断熱層を形成するための塗料の安定性、成膜性が向上するため、断熱層の強度および耐熱性が向上する。以上より、本発

50

明のバッテリーパック用断熱材は、断熱性、耐熱性および耐圧縮性に優れる。

【 0 0 1 6 】

( 2 ) 本発明のバッテリーパックによると、隣り合うバッテリーセル間に、本発明の断熱材が介装される。前述したように、本発明の断熱材は、圧縮されても潰れにくい。したがって、本発明のバッテリーパックによると、複数のバッテリーセルが積層方向両側から加圧されていても、断熱材の断熱性が低下しにくい。また、本発明の断熱材を構成する断熱層は、断熱性だけでなく、高温下での形状保持性(耐熱性)に優れる。加えて、圧縮されても潰れにくく割れにくい(つまり、耐圧縮性に優れる)。したがって、本発明のバッテリーパックによると、一つのバッテリーセルの温度が上昇したとしても、そのバッテリーセルと隣接するバッテリーセルとの間に本発明の断熱材が介在することにより、隣接するバッテリーセル間における熱の伝達が抑制され、温度上昇の連鎖を抑制することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図 1】第一実施形態のバッテリーパックの断面模式図である。

【図 2】同バッテリーパックに収容されている断熱材の断面図である。

【図 3】同断熱材の正面図である。

【図 4】第二実施形態の断熱材の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明のバッテリーパック用断熱材およびバッテリーパックの実施の形態について説明する。

20

【 0 0 1 9 】

< 第一実施形態 >

まず、第一実施形態のバッテリーパック用断熱材(以下、実施の形態の説明においては、単に「断熱材」と称する場合がある。)およびバッテリーパックの構成を説明する。図 1 に、本実施形態のバッテリーパックの構成を説明するための断面模式図を示す。図 2 に、同バッテリーパックに収容されている断熱材の断面図を示す。図 3 に、同断熱材の正面図を示す。図 3 においては、説明の便宜上、断熱層を透過して点線で示す。図 1、図 2 に示すように、バッテリーパック 1 は、筐体 10 と、複数のバッテリーセル 2 と、断熱材 3 と、を有している。

30

【 0 0 2 0 】

筐体 10 は、金属製であり箱状を呈している。複数のバッテリーセル 2 は、リチウムイオン電池からなる。複数のバッテリーセル 2 は、各々、矩形薄板状を呈しており、厚さ方向に積層されている。断熱材 3 は、隣り合うバッテリーセル 2 の間に配置されている。断熱材 3 は、断熱層 30 と第一基材 31 と第二基材 32 とを有している。

【 0 0 2 1 】

断熱層 30 は、シリカエアロゲルとガラス繊維とシリカ粒子とを有している。シリカ粒子は、平均粒子径が 12 nm のナノ粒子である。シリカエアロゲルおよびガラス繊維は、シリカ粒子を介して結合されている。断熱層 30 は、厚さ 2 mm の矩形シート状を呈している。断熱層 30 を 500 下で 30 分間保持した場合の質量減量率は 10 % である。

40

【 0 0 2 2 】

第一基材 31 は、断熱層 30 の厚さ方向の片側に配置されている。第一基材 31 は、ガラスクロスからなる。第一基材 31 の厚さは 0.1 mm であり、面方向の大きさは断熱層 30 のそれよりも一回り大きい。断熱層 30 と第一基材 31 との接触面において、断熱層 30 は第一基材 31 の網目に含浸されている。これにより、断熱層 30 と第一基材 31 とは接着されている。第二基材 32 は、断熱層 30 を挟んで第一基材 31 とは反対側に配置されている。第二基材 32 も第一基材 31 と同じガラスクロスからなる。第二基材 32 の厚さは 0.1 mm であり、面方向の大きさは断熱層 30 のそれよりも一回り大きい。断熱層 30 と第二基材 32 との接触面において、断熱層 30 は第二基材 32 の網目に含浸されている。これにより、断熱層 30 と第二基材 32 とは接着されている。

50

## 【 0 0 2 3 】

第一基材 3 1 および第二基材 3 2 の材質、形状および大きさは、全て同じである。断熱層 3 0 の周囲において、第一基材 3 1 および第二基材 3 2 は融着されている。すなわち、図 3 に示すように、断熱材 3 は、本体部 3 3 と周縁部と 3 4 とを有している。本体部 3 3 は、断熱層 3 0、第一基材 3 1 および第二基材 3 2 が厚さ方向に重なっている部分である。周縁部 3 4 は、断熱層 3 0 の周囲において、第一基材 3 1 および第二基材 3 2 が重なっている部分である。周縁部 3 4 には、第一基材 3 1 と第二基材 3 2 との融着により形成された融着部 3 5 が配置されている。このように、断熱層 3 0 は、第一基材 3 1 および第二基材 3 2 から形成される袋状の閉空間に収容されている。

## 【 0 0 2 4 】

断熱層 3 0、第一基材 3 1 および第二基材 3 2 の積層方向を厚さ方向として、断熱材 3 について厚さ方向に 1 5 M P a の荷重を加えて圧縮する圧縮試験を行った場合に、断熱材 3 の圧縮試験前の厚さに対する圧縮試験後の厚さの変化率は 5 9 % である。

## 【 0 0 2 5 】

バッテリーパック 1 は、さらに図示しない締結部材を有している。締結部材は、複数のバッテリーセル 2 が断熱材 3 を介して積層されてなるバッテリーモジュールを、積層方向に締め付けて固定している。

## 【 0 0 2 6 】

次に、本実施形態の断熱材およびバッテリーパックの作用効果を説明する。断熱材 3 は、シリカエアロゲル（多孔質構造体）を含む断熱層 3 0 を有する。このため、断熱材 3 は、優れた断熱効果を発揮する。断熱層 3 0 は、二枚のガラスクロス（第一基材 3 1 および第二基材 3 2）から形成される袋状の閉空間に収容される。これにより、シリカエアロゲルの脱落（粉落ち）が抑制される。

## 【 0 0 2 7 】

断熱層 3 0 において、シリカエアロゲルなどの構成成分を結合するバインダーは、シリカ粒子である。バインダーとして有機材料を使用しないため、高温雰囲気で使用しても、バインダーの分解、劣化によるガスの発生やクラックの発生が生じない。よって、断熱層 3 0 は、高温下においても形状を保持することができ、質量が減少しにくい。また、バインダーとしてシリカ粒子を使用すると、ウレタン樹脂などの有機材料を使用した場合と比較して、断熱層 3 0 が硬質になる。このため、圧縮されても断熱層 3 0 が潰れにくく、断熱構造を維持することができる。また、シリカ粒子はバルク結晶ではなく、ナノ粒子であるため、無機化合物を有していても断熱層 3 0 は硬くなりすぎず、脆くなりにくい。

## 【 0 0 2 8 】

断熱層 3 0 は、ガラス繊維（補強繊維）を有する。シリカ粒子とガラス繊維との両方の作用により、高温下での形状保持性（耐熱性）が向上し、圧縮されても潰れにくく割れにくくなる（耐圧縮性が向上する）。具体的には、所定の圧縮試験を行った場合の断熱材 3 の厚さの変化率は、7 0 % より小さい。したがって、断熱材 3 は、圧縮されても潰れにくく、所望の断熱性を維持することができる。また、ガラス繊維を有することにより、断熱層 3 0 を形成するための塗料の安定性、成膜性が向上する。このことも、断熱層 3 0 の強度および耐熱性の向上に寄与する。

## 【 0 0 2 9 】

バッテリーパック 1 においては、隣り合うバッテリーセル 2 間に、断熱材 3 が介装される。断熱材 3 は、圧縮されても潰れにくい。したがって、バッテリーパック 1 によると、複数のバッテリーセル 2 が積層方向両側から加圧されていても、断熱材 3 の断熱性が低下しにくい。また、断熱層 3 0 は、断熱性および耐圧縮性だけでなく、高温下での形状保持性（耐熱性）に優れる。したがって、バッテリーパック 1 によると、一つのバッテリーセル 2 の温度が上昇したとしても、そのバッテリーセル 2 と隣接するバッテリーセル 2 との間に断熱材 3 が介在することにより、隣接するバッテリーセル 2 間における熱の伝達が抑制され、温度上昇の連鎖が抑制される。

## 【 0 0 3 0 】

### < 第二実施形態 >

本実施形態の断熱材およびバッテリーパックと第一実施形態のそれとの相違点は、断熱材の周縁部に融着部ではなく固定部材が配置されている点である。ここでは、主に相違点を説明する。図4に、本実施形態の断熱材の断面図を示す。図4は、前出図2に対応しており、図2と同じ部位については同じ符号で示す。

#### 【0031】

図4に示すように、断熱材3は、断熱層30と第一基材31と第二基材32とを有している。断熱層30は、ガラスクロスからなる第一基材31と第二基材32との間に挟持されている。断熱材3は、本体部33と周縁部34とを有している。周縁部34、すなわち断熱層30の周囲における、第一基材31と第二基材32との間には、固定部材36が配置されている。固定部材36は、熱可塑性エラストマー製の接着剤からなる。固定部材36の厚さは、断熱層30の厚さとほぼ同じである。固定部材36により、第一基材31と第二基材32とは接着されている。

10

#### 【0032】

本実施形態の断熱材およびバッテリーパックと第一実施形態のそれとは、構成が共通する部分に関しては、同様の作用効果を有する。本実施形態の断熱材3によると、周縁部34に固定部材36が配置される。固定部材36は、熱可塑性エラストマー製であるため、弾性を有する。加えて、固定部材36の厚さは、断熱層30の厚さとほぼ同じである。これにより、断熱材3は、バッテリーセル2の積層方向における荷重を吸収することができる。よって、断熱材3は、バッテリーモジュールの締め付け後に生じるスプリングバックに対する追従性が高い。

20

#### 【0033】

### < その他の実施形態 >

以上、本発明の断熱材およびバッテリーパックを実施する二つの形態について説明した。しかしながら、実施の形態は上記形態に限定されるものではない。本発明の断熱材およびバッテリーパックは、当業者が行い得る変更、改良などを施した種々の形態にて実施することができる。

#### 【0034】

### [ バッテリーパック用断熱材 ]

本発明のバッテリーパック用断熱材は、断熱層と、該断熱層を挟んで配置される第一基材および第二基材と、を備える。

30

#### 【0035】

### ( 1 ) 断熱層

断熱層は、多孔質構造体と、補強繊維と、バインダーとしての金属酸化物のナノ粒子と、を有する。多孔質構造体は、複数の粒子が連結して骨格をなし、内部に細孔を有し、表面および内部のうち少なくとも表面に疎水部位を有する。多孔質構造体の構造、形状、大きさなどは、特に限定されない。例えば、骨格をなす粒子（一次粒子）の直径は2～5nm程度、骨格と骨格との間に形成される細孔の大きさは10～50nm程度であることが望ましい。

#### 【0036】

多孔質構造体の最大長さを粒子径とした場合、多孔質構造体の平均粒子径は1～200μm程度が望ましい。多孔質構造体の粒子径が大きいほど、表面積が小さくなり細孔（空隙）容積が大きくなるため、断熱性を高める効果は大きくなる。例えば、平均粒子径が10μm以上のものが好適である。一方、断熱層を形成するための塗料の安定性や塗工のしやすさを考慮すると、平均粒子径が100μm以下のものが好適である。また、粒子径が異なる二種類以上を併用すると、小径の多孔質構造体が大径の多孔質構造体間の隙間に入りこむため、充填量を多くすることができ、断熱性を高める効果が大きくなる。

40

#### 【0037】

多孔質構造体の種類は特に限定されない。一次粒子として、例えば、シリカ、アルミナ、ジルコニア、チタニアなどが挙げられる。なかでも化学的安定性に優れるという観点から

50

、一次粒子がシリカである多孔質構造体が望ましい。例えば、複数のシリカ粒子が連結して骨格をなすシリカエアロゲルが挙げられる。なお、エアロゲルを製造する際の乾燥方法の違いにより、常圧で乾燥したものを「キセロゲル」、超臨界で乾燥したものを「エアロゲル」と呼び分けることがあるが、本明細書においては、その両方を含めて「エアロゲル」と称す。

#### 【0038】

多孔質構造体は、表面および内部のうち少なくとも表面に疎水部位を有する。表面に疎水部位を有すると、水分などの染み込みを抑制することができるため、細孔構造が維持され、断熱性が損なわれにくい。例えば、少なくとも表面に疎水部位を有するシリカエアロゲルは、製造過程において、疎水基を付与するなどの疎水化処理を施して製造することができる。

10

#### 【0039】

多孔質構造体の含有量は、断熱層の熱伝導率、硬さ、耐圧縮性などを考慮して適宜決定すればよい。例えば、熱伝導率を小さくし所望の耐圧縮性を実現するという観点では、多孔質構造体の含有量は、多孔質構造体および補強繊維を除く成分の100質量部に対して25質量部以上であることが望ましい。50質量部以上であるとより好適である。一方、多孔質構造体が多すぎると成膜性が低下したり粉落ちしやすくなる。よって、多孔質構造体の含有量は、多孔質構造体および補強繊維を除く成分の100質量部に対して280質量部以下であることが望ましい。

#### 【0040】

補強繊維は、多孔質構造体の周りに物理的に絡み合っており存在し、多孔質構造体の脱落を抑制すると共に、成膜性および耐熱性を向上させる。補強繊維の種類は特に限定されないが、高温下で使用した際に有機成分の分解、劣化を抑制するという観点から、無機系の繊維材料が望ましい。例えば、ガラス繊維、アルミナ繊維などのセラミック繊維が好適である。

20

#### 【0041】

補強繊維の大きさは、断熱層の断熱性、耐熱性、断熱層を形成する際の成膜性などを考慮して適宜決定すればよい。例えば、補強繊維が細すぎると、凝集しやすくなるため、断熱層を形成するための塗料の粘度上昇を招いて成膜性が低下するおそれがある。好適な補強繊維の直径は、6.5  $\mu\text{m}$ 以上である。反対に、補強繊維が太すぎると、補強効果が小さくなるため、成膜性や耐熱性が低下したり、熱の伝達経路が形成されやすくなるため熱伝導率が大きくなり断熱性が低下するおそれがある。好適な補強繊維の直径は、18  $\mu\text{m}$ 以下である。また、補強繊維が短すぎると、補強効果が小さくなるため、成膜性や耐熱性が低下するおそれがある。好適な長さは、3 mm以上である。反対に、補強繊維が長すぎると、凝集しやすくなるため、断熱層を形成するための塗料の粘度上昇を招いて成膜性が低下するおそれがある。また、熱の伝達経路が形成されやすくなるため熱伝導率が大きくなり断熱性が低下するおそれがある。好適な補強繊維の長さは、25 mm以下である。

30

#### 【0042】

補強繊維の含有量は、断熱層の成膜性、耐熱性などを考慮して適宜決定すればよい。例えば、成膜性を確保し、所望の耐熱性を実現するという観点では、補強繊維の含有量は、多孔質構造体および補強繊維を除く成分の100質量部に対して5質量部以上であることが望ましい。一方、補強繊維が多すぎると凝集し、断熱層を形成するための塗料の粘度上昇を招いて成膜性が低下するおそれがある。また、熱の伝達経路が形成されやすくなるため熱伝導率が大きくなり断熱性が低下するおそれがある。よって、補強繊維の含有量は、多孔質構造体および補強繊維を除く成分の100質量部に対して200質量部以下、さらには130質量部以下であることが望ましい。

40

#### 【0043】

金属酸化物のナノ粒子は、多孔質構造体、補強繊維などの断熱層の構成成分を結合させるバインダーである。金属酸化物の種類は特に限定されず、シリカ、チタニア、酸化亜鉛、ジルコニアなどが挙げられる。なかでも、多孔質構造体や補強繊維と相溶しやすく、安価で入手しやすいという理由から、シリカが好適である。すなわち、金属酸化物のナノ粒子

50



はシリカ粒子であることが望ましい。

#### 【 0 0 4 4 】

断熱層は、500℃以下で30分間保持する熱重量分析における質量減量率が10%以下である。熱重量分析(TGA)は、断熱層のサンプルを、500℃下の空気雰囲気中で30分間保持して加熱前後の質量を測定する。質量減量率は、次式(I)により算出する。

質量減量率(%) =  $(W_0 - W_1) / W_0 \times 100 \dots (I)$

[ W<sub>0</sub> : 加熱前のサンプル質量、W<sub>1</sub> : 加熱後のサンプル質量 ]

断熱層は、多孔質構造体、補強繊維、金属酸化物のナノ粒子に加えて、他の成分を有してもよい。例えば、断熱層を形成するための塗料を調製する際に、多孔質構造体の分散性を向上させるために添加される増粘剤、分散剤、界面活性剤などが挙げられる。

10

#### 【 0 0 4 5 】

##### ( 2 ) 第一基材および第二基材

第一基材は断熱層の片側に配置され、第二基材は断熱層を挟んで第一基材とは反対側に配置される。材質、形状、大きさなどの点において、第一基材と第二基材とは同じでも異なってもよい。第一基材および第二基材としては、布帛、不織布、シート材などを使用すればよく、なかでも熱伝導率が比較的小さいものがよい。また、高温下においても形状保持性が高く、難燃性を有するものが望ましい。例えば、ガラス繊維や金属繊維などの無機繊維から製造される布帛、不織布が挙げられる。特に、ガラスクロスが好適である。第一基材および第二基材は、一層から構成されるものでも、二層以上の積層体でもよい。

#### 【 0 0 4 6 】

本発明の断熱材は、断熱層を挟んで第一基材および第二基材が積層される本体部と、断熱層の周囲に第一基材と第二基材とが重なる周縁部と、を有するよう構成することができる。この場合、周縁部において第一基材と第二基材とを固定することにより、二つの基材から形成される袋状の空間に断熱層を収容することができる。固定される周縁部は、一部でも全部でもよい。周縁部の全部を固定すると、断熱層を閉空間に収容できるため、多孔質構造体の粉落ち抑制に効果的である。固定方法は、特に限定されないが、例えば、レーザーなどを用いて第一基材と第二基材とを融着すればよい。あるいは、接着剤、クリップ部材、かしめ部材、板ばね部材などの固定部材を用いてもよい。また、熱可塑性エラストマーおよびゴムなどのエラストマー、樹脂、金属からなる部材を接着剤で固定して、固定部材としてもよい。接着剤としては、エラストマーまたは樹脂を用いた有機系の接着剤が挙げられる。例えば、接着剤が弾性を有すると、断熱材が積層方向(厚さ方向)に圧縮された場合に、その荷重を吸収することができる。また、バッテリーモジュールの締め付け後に生じるスプリングバックにも、追従することができる。この場合、接着剤の厚さを断熱層の厚さ以上にとると、断熱層の割れの抑制に効果的である。また、難燃性を高めるといふ観点から、有機系の接着剤であればフッ素ゴムなどの難燃性を有するものや、無機系の接着剤を用いることが望ましい。

20

30

#### 【 0 0 4 7 】

##### ( 3 ) バッテリーパック用断熱材の耐圧縮性

本発明のバッテリーパック用断熱材は、断熱層、第一基材および第二基材の積層方向を厚さ方向として、厚さ方向に15MPaの荷重を加えて圧縮する圧縮試験を行った場合に、圧縮試験前の厚さに対する圧縮試験後の厚さの変化率は70%より小さい。

40

#### 【 0 0 4 8 】

圧縮試験は、次のようにして行うものとする。まず、予め厚さを測定した断熱材を、速度3mm/minにて圧縮圧が15MPaになるまで圧縮し、圧縮圧が15MPaに到達したらそのまま1分間保持する。その後、同様の速度で圧縮圧が0MPa(無負荷)になる状態まで戻す。そして、断熱材の厚さを測定し、厚さ変化率を次式(II)により算出する。厚さ変化率は、65%以下、さらには60%以下であるとより好適である。

厚さ変化率(%) =  $(T_0 - T_1) / T_0 \times 100 \dots (II)$

[ T<sub>0</sub> : 圧縮前の断熱層の厚さ、T<sub>1</sub> : 圧縮後の断熱層の厚さ ]

##### ( 4 ) バッテリーパック用断熱材の製造方法

50

本発明の断熱材は、多孔質構造体と、補強繊維と、金属酸化物のナノ粒子と、を有する組成物を固化し、それを第一基材および第二基材で挟んで製造することができる。本発明の断熱材の製造方法の一例として、多孔質構造体と、補強繊維と、金属酸化物のナノ粒子が液体に分散している分散液と、を有する断熱層用塗料を調製する塗料調製工程と、該断熱層用塗料を第一基材に塗布する塗布工程と、形成された塗膜に第二基材を重ねて積層体を形成した後、該塗膜を硬化させる硬化工程と、を有する方法を挙げることができる。

#### 【0049】

この製造方法においては、上記特許文献6に記載されているように、断熱層の製造過程において水熱反応を進行させてバルク結晶を合成する必要はなく、金型を使用する必要もない。よって、断熱層を比較的簡単に製造できると共に、断熱層用塗料を塗布する方法を採用するため、断熱層の薄膜化が容易である。また、断熱層用塗料は、補強繊維を有するため、安定性、成膜性に優れる。よって、強度および耐熱性に優れた断熱層を製造することができる。

10

#### 【0050】

塗料調製工程において、断熱層用塗料は、金属酸化物のナノ粒子が液体に分散している分散液に、多孔質構造体、補強繊維、および必要に応じて添加される成分を加えて攪拌して調製すればよい。分散液を構成する液体（分散媒）は、特に限定されないが、多孔質構造体の細孔への浸入を抑制するという観点から、疎水性の液体ではなく水（純水、水道水などを含む）などの親水性の液体を用いることが望ましい。例えば、金属酸化物のナノ粒子がシリカ粒子の場合、ケイ酸ナトリウム水溶液、水を分散媒とするコロイダルシリカなどが挙げられる。金属酸化物のナノ粒子がチタニア粒子の場合、チタニアの水分散液などが挙げられる。攪拌は、羽根攪拌でもよいが、積極的にせん断力を加えたり、超音波を加えたりしてもよい。自転公転攪拌装置や、メディア型攪拌装置を用いてもよい。

20

#### 【0051】

塗布工程において、断熱層用塗料を塗布するには、バーコーター、ダイコーター、コンマコーター（登録商標）、ロールコーターなどの塗工機や、スプレーなどを使用すればよい。あるいは、断熱層用塗料に第一基材を浸漬した後、乾燥させてもよい。塗布、浸漬のいずれの方法においても、第一基材が布帛などの多孔質な材料からなる場合には、断熱層用塗料の一部を第一基材の内部に含浸させてもよい。また、第一基材と断熱層との接着性を向上させるため、第一基材の表面にカップリング処理を施すなどの下処理をしてから、断熱層用塗料を塗布してもよい。

30

#### 【0052】

硬化工程においては、[第一基材/断熱層用塗料の塗膜/第二基材]からなる積層体を形成してから、塗膜を硬化させる。例えば、積層体を乾燥させて塗膜を硬化させればよい。乾燥は、断熱層用塗料の分散媒に応じて適宜行えばよく、例えば水の場合には、室温～150 程度の温度下で所定時間保持すればよい。

#### 【0053】

##### [ バッテリーパック ]

複数のバッテリーセルと、本発明の断熱材と、を積層させて、バッテリーパックを構成することができる。バッテリーセルの種類は特に限定されないが、例えばリチウムイオン電池などが挙げられる。本発明の断熱材を使用したバッテリーパックの一例として、本発明のバッテリーパックは、リチウムイオン電池からなる複数のバッテリーセルと、隣り合う該バッテリーセル間に配置される本発明の断熱材と、を有する。本発明のバッテリーパックにおける他の構成は限定されない。本発明のバッテリーパックは、複数のバッテリーセルと本発明の断熱材とが積層されてなるバッテリーモジュールを、積層方向の両側から締め付ける締結部材、バッテリーモジュールを収容する筐体などを有してもよい。

40

#### 【実施例】

#### 【0054】

次に、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明する。

#### 【0055】

50

### ( 1 ) バッテリーパック用断熱材の製造

まず、後出の表 1、表 2 に示す配合量（単位は質量部）にて、種々の断熱層用塗料を調製した。次に、調製した断熱層用塗料を、第一のガラスクロスの上に塗膜厚さ 2 mm 狙いで塗布した。そして、塗膜の上に第二のガラスクロスを重ねて積層体を形成し、それを熱風オーブンに入れて 80 で 1 時間保持した後、100 に昇温して質量減少が無くなる状態まで乾燥した。このようにして、[ 第一のガラスクロス / 断熱層 / 第二のガラスクロス ] からなるシート状の断熱材のサンプルを製造した。第一のガラスクロスは本発明における第一基材、第二のガラスクロスは本発明における第二基材の概念に含まれる。以下、各サンプルにおける断熱層用塗料の調製方法を詳しく説明する。

#### 【 0 0 5 6 】

##### [ 実施例 1 ~ 1 5、1 7 ]

コロイダルシリカ（シリカ粒子の水分散液；シグマアルドリッチ社製「LUDOX（登録商標）LS」）に、増粘剤としてのポリエチレンオキサイド（住友精化（株）製「PEO（登録商標）- 2 9」）を添加して攪拌した。続いて、シリカエアロゲルの粉碎処理品を添加して攪拌し、その後さらにガラス繊維を添加して攪拌して断熱層用塗料を調製した。なお、断熱層用塗料の粘度調整が必要な場合は、コロイダルシリカを水で希釈して使用した。シリカエアロゲルの粉碎処理品は、表面および内部に疎水部位を有するシリカエアロゲル（キャボットコーポレーション製「P 2 0 0」）を家庭用ミキサーを用いて粉碎処理したものであり、その平均粒子径は 1 0 0 μm である。ガラス繊維については、日本電気硝子（株）製「チョップドストランド」の中から、アスペクト比（長さ / 直径）が異なる五種類（A ~ E）を選んで使用した。

#### 【 0 0 5 7 】

##### [ 実施例 1 6 ]

シリカエアロゲルの粉碎処理品に代えて、粉碎処理をしていないシリカエアロゲル（キャボットコーポレーション製「P 2 0 0」）を使用した以外は、実施例 2 と同様にして断熱層用塗料を調製した。実施例 1 ~ 1 7 の断熱層用塗料は、本発明の断熱層用塗料の概念に含まれる。

#### 【 0 0 5 8 】

##### [ 比較例 1 ]

バインダーとして無機バインダーではなく従来の有機バインダーを使用し、ガラス繊維を添加せずに断熱層用塗料を調製した。すなわち、水に、バインダーとしてのウレタン樹脂エマルジョン（三洋化成工業（株）製「パーマリン（登録商標）UA - 3 6 8」、固形分 5 0 質量%）、および増粘剤としてのポリエチレンオキサイド（同上）を添加して攪拌した後、シリカエアロゲルの粉碎処理品を添加して攪拌して、比較例 1 の断熱層用塗料を調製した。

#### 【 0 0 5 9 】

##### [ 比較例 2 ]

シリカエアロゲルを添加しない点以外は実施例 1 ~ 5 と同様にして、比較例 2 の断熱層用塗料を調製した。

#### 【 0 0 6 0 】

##### [ 比較例 3 ]

ガラス繊維を添加しない点以外は実施例 2、実施例 6 ~ 1 5、1 7 と同様にして、比較例 3 の断熱層用塗料を調製した。

#### 【 0 0 6 1 】

##### [ 比較例 4 ]

ガラス繊維を添加しない点以外は実施例 1 6（粉碎処理をしていないシリカエアロゲルを使用）と同様にして、比較例 4 の断熱層用塗料を調製した。

10

20

30

40

50

【 表 1 】

断熱層の成分 [質量部]		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4
無機バインダー (金属酸化物のナノ粒子)	シリカ粒子	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3	-	81.3	81.3	81.3
	有機バインダー	-	-	-	-	-	81.3	-	-	-
増粘剤	ウレタン樹脂	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
	ポリエチレンオキサイド	280	230	150	50	25	230	-	230	-
多孔質構造体	シリカエアロゲル(粉砕処理品)	-	-	-	-	-	-	-	-	230
	シリカエアロゲル(未処理品)	26	26	26	26	26	-	26	-	-
補強繊維	ガラス繊維A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ガラス繊維B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ガラス繊維C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ガラス繊維D	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ガラス繊維E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ガラス繊維の長さ [mm]		3	3	3	3	3	-	3	-	-
ガラス繊維の直径 [ $\mu\text{m}$ ]		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	-	6.5	-	-
ガラス繊維のアスペクト比(長さ/直径)		462	462	462	462	462	-	462	-	-
断熱層の質量減量率 [%]		10	10	10	10	10	16	10	10	10
成膜性	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	クラックの有無	無	無	無	無	無	無	無	有	有
断熱性	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	熱伝導率 [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]	0.025	0.026	0.026	0.029	0.033	0.025	0.049	0.025	0.025
耐圧縮性(熱伝導率)	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	圧縮試験後の熱伝導率 [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]	0.031	0.033	0.033	0.039	0.042	-	0.051	0.032	0.035
耐圧縮性(厚さ変化)	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	圧縮試験後の厚さ変化率 [%]	59	57	58	52	38	90	12	70	60
耐熱性 (断熱層の高温形状保持性)	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	割れの有無	無	無	無	無	無	有	無	有	有

10

20

30

40

50

## 【 表 2 】

断熱層の成分 [質量部]		実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16	実施例17
無機バインダー (金属酸化物のナノ粒子)	シリカ粒子	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3
有機バインダー	ウレタン樹脂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
増粘剤	ポリエチレンオキシサイド	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
多孔質構造体	シリカエアロゲル(粉末処理品)	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
	シリカエアロゲル(未処理品)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	230	-
補強繊維	ガラス繊維A	5	13	39	78	104	130	-	-	-	-	26	200
	ガラス繊維B	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-
	ガラス繊維C	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-
	ガラス繊維D	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-
	ガラス繊維E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-
ガラス繊維の長さ [mm]		3	3	3	3	3	3	3	13	25	13	3	3
ガラス繊維の直径 [ $\mu\text{m}$ ]		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	10	13	13	18	6.5	6.5
ガラス繊維のアスペクト比(長さ/直径)		462	462	462	462	462	462	300	1000	1923	722	462	462
断熱層の質量減量率 [%]		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
成膜性	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○※1
	クラックの有無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
断熱性	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	熱伝導率 [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]	0.026	0.026	0.025	0.025	0.026	0.026	0.025	0.026	0.024	0.025	0.025	0.027
耐圧縮性(熱伝導率)	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	圧縮試験後の熱伝導率 [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]	0.031	0.030	0.030	0.031	0.031	0.030	0.031	0.032	0.031	0.032	0.032	0.032
耐圧縮性(厚さ変化)	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	圧縮試験後の厚さ変化率 [%]	65	62	61	59	53	57	52	62	59	61	60	60
耐熱性 (断熱層の高温形状保持性)	評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	割れの有無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無

※1加工性が低下した

## 【 0 0 6 2 】

## ( 2 ) 断熱層の質量減量率

本実施例の断熱材のサンプルには、断熱層以外に二枚のガラスクロスが含まれる。このため、断熱材のサンプルから断熱層のみを質量 3 ~ 5 m g 分切り出し、それを質量減量率測定用サンプルとして、次のようにして断熱層の質量減量率を算出した。まず、質量減量率測定用サンプルを熱重量分析装置 ( T A インスツルメント社製「 Q 5 0 0 」 ) に入れ、空気雰囲気です室温から 5 0 0 まで昇温速度 8 0 / 分で加熱した。 5 0 0 に到達したらそのまま 3 0 分間保持し、それから質量減量率測定用サンプルを取り出して質量を測定した。そして、質量減量率測定用サンプルの初期質量を  $W_0$ 、 5 0 0 下、 3 0 分間保持後

10

20

30

40

50

の質量を $W_1$ として、前述した式(Ⅰ)により断熱層の質量減量率を算出した。このようにして得られた断熱層の質量減量率を、前出の表1、表2にまとめて示す。

#### 【0063】

##### (3) 断熱材の評価方法

製造した断熱材のサンプルについて、成膜性、断熱性、耐圧縮性、および耐熱性を次の方法により評価した。

#### 【0064】

##### [成膜性]

断熱材のサンプルの外観を目視観察し、クラックの有無を調べた。前出の表1、表2中、評価結果として、クラックが確認されなかった場合を○印で、クラックが確認された場合を×印で示す。

10

#### 【0065】

##### [断熱性]

断熱材のサンプルの熱伝導率を、英弘精機(株)製の熱伝導率測定器「クイックラムダ」を用いて測定した。この熱伝導率測定器は、熱伝導率の既知物質を検定用標準試料としてキャリブレーションした検定曲線を用いて相対的に熱伝導率を算出する。よって、まず標準試料として、比較例1のサンプルの製造方法と同じ方法で、シリカエアロゲルの配合量が異なる三種類の断熱材のサンプルを製造した。各サンプルにおけるシリカエアロゲルの配合量は、153質量部、230質量部、307質量部とした。次に、各サンプル(標準試料)の熱伝導率を、JIS A1412-2(1999)の熱流計法に準拠した英弘精機(株)製の熱流束計「HC-074」で測定し、この熱伝導率の値を使用して熱伝導率測定器のキャリブレーションを行った。前出の表1、表2中、評価結果として、熱伝導率が $0.045\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下の場合を○印で、 $0.045\text{ W/m}\cdot\text{K}$ より大きい場合を×印で示す。

20

#### 【0066】

##### [耐圧縮性]

断熱材のサンプルから直径60mmの円板状のサンプルを切り出して、圧縮試験用サンプルとした。圧縮試験用サンプルを圧縮試験機に設置して、 $3\text{ mm/min}$ の速度で圧縮圧が $15\text{ MPa}$ になるまで圧縮した。圧縮圧が $15\text{ MPa}$ に到達したら1分間保持し、その後、同様の速度で圧縮圧が $0\text{ MPa}$ (無負荷)になる状態まで戻した。

30

#### 【0067】

圧縮後の圧縮試験用サンプルの熱伝導率を、前述した熱伝導率測定器を用いて測定した。前出の表1、表2中、評価結果として、熱伝導率が $0.045\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下の場合を○印で、 $0.045\text{ W/m}\cdot\text{K}$ より大きい場合を×印で示す。

#### 【0068】

圧縮前と圧縮後の圧縮試験用サンプルの厚さを測定し、前述した式(Ⅱ)により厚さ変化率を算出した。前出の表1、表2中、評価結果として、厚さ変化率が70%より小さい場合を○印で、厚さ変化率が70%以上の場合を×印で示す。

#### 【0069】

##### [耐熱性]

断熱材のサンプルを製造する時に調製した断熱層用塗料を、体積 $1\text{ cm}^3$ の直方体状の型に流し込み、熱風オープンに入れて80℃で1時間保持した後、100℃に昇温して質量減少が無くなる状態まで乾燥し脱型した。得られた成形体を、さらに600℃で10分間保持し、割れの有無を調べた。前出の表1、表2中、評価結果として、割れが確認されなかった場合を○印で、割れが確認された場合を×印で示す。

40

#### 【0070】

##### (4) 断熱材の評価結果

断熱材の評価結果を、前出の表1、表2にまとめて示す。まず、表1に示すように、無機バインダー(シリカ粒子)を使用し、補強繊維(ガラス繊維)を有する実施例1~5のサンプルにおいては、いずれも断熱層の質量減量率は10%以下であり、成膜性、断熱性、

50

耐圧縮性、および耐熱性は良好であった。すなわち、実施例 1 ～ 5 のサンプルにおいては、クラックが無い薄膜状の断熱層が形成されており、熱伝導率は比較的小さく、圧縮しても潰れにくく断熱性を維持することができた。また、高温下で保持しても割れることなく形状を保持することができた。そして、シリカエアロゲルの配合量が多くなると、熱伝導率は小さくなる（断熱性は向上する）傾向が見られたが、圧縮による厚さ変化は大きくなる傾向が見られた。

【 0 0 7 1 】

これに対して、有機バインダーを使用した比較例 1 のサンプルにおいては、断熱層の質量減量率は 1 0 % より大きく、成膜性および断熱性は良好であったものの、圧縮により潰れてしまい熱伝導率を測定することができず、耐圧縮性に劣る結果になった。また、高温下で保持すると割れが生じてしまい耐熱性も劣る結果になった。また、シリカエアロゲルを有しない比較例 2 のサンプルにおいては、所望の断熱性を得ることはできなかった。補強繊維を有しない比較例 3、4 のサンプルにおいては、成膜性が低下したことに加え、高温下で形状を保持することもできなかった。

【 0 0 7 2 】

次に、表 2 に示すように、実施例 6 ～ 1 7 のサンプルにおいても、断熱層の質量減量率は 1 0 % 以下であり、成膜性、断熱性、耐圧縮性、および耐熱性は良好であった。補強繊維の配合量を変化させた実施例 6 ～ 1 1 のサンプルを比較すると、補強繊維の配合量が多くなると、圧縮による厚さ変化は小さくなる傾向が見られ、耐圧縮性が向上することが確認された。なお、補強繊維の配合量が最も多い実施例 1 7 のサンプルにおいては、断熱層用塗料の粘度が上昇して加工性の低下がみられた。実施例 1 2 ～ 1 5 のサンプルにおいては、補強繊維の種類（アスペクト比）が異なるが、いずれも成膜性、断熱性、耐圧縮性、および耐熱性は良好であった。実施例 1 6 のサンプルは、実施例 2 のサンプルに対して、シリカエアロゲルの粉碎処理の有無が異なる。実施例 2 のように粉碎処理品を用いると、断熱層用塗料の粘度が低くなった。これにより、塗料調製時の混合分散時間を短縮することができ、加工性の向上が期待できる。また、シリカエアロゲルの粉落ち抑制効果や、形状保持性の向上も確認することができた。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 3 】

1 : バッテリーパック、1 0 : 筐体、2 : バッテリーセル、3 : 断熱材、3 0 : 断熱層、3 1 : 第一基材、3 2 : 第二基材、3 3 : 本体部、3 4 : 周縁部、3 5 : 融着部、3 6 : 固定部材。

10

20

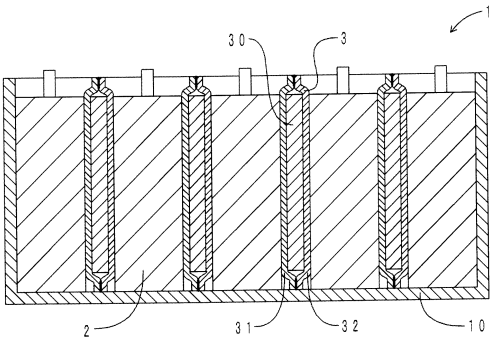
30

40

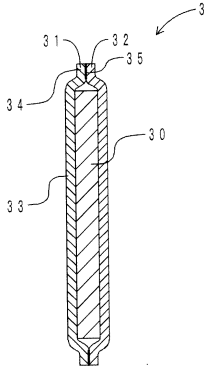
50

【図面】

【図 1】

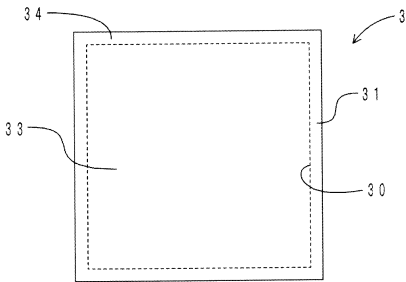


【図 2】

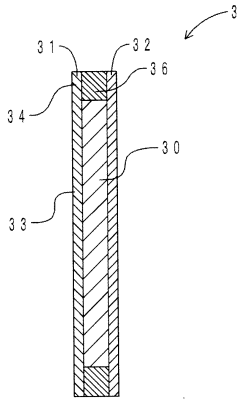


10

【図 3】



【図 4】



20

30

40

50



## フロントページの続き

- (72)発明者 熊谷 信志  
愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工株式会社内
- (72)発明者 林 翔太  
愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工株式会社内
- (72)発明者 田口 祐太朗  
愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工株式会社内
- (72)発明者 新宅 裕二  
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
- 審査官 右田 勝則
- (56)参考文献 国際公開第 2 0 1 9 / 1 0 7 5 6 0 ( W O , A 1 )  
国際公開第 2 0 1 2 / 0 5 0 0 3 5 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 0 2 - 2 6 7 0 9 2 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 1 3 / 1 4 1 1 8 9 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 1 2 - 1 4 5 2 0 4 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
H 0 1 M 1 0 / 6 5 8  
H 0 1 M 1 0 / 6 5 5 5  
H 0 1 M 1 0 / 6 5 3  
H 0 1 M 1 0 / 6 5 1