

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6353686号
(P6353686)

(45) 発行日 平成30年7月4日 (2018.7.4)

(24) 登録日 平成30年6月15日 (2018.6.15)

(51) Int. Cl.	F I
B 6 4 G 1/58 (2006.01)	B 6 4 G 1/58
B 2 9 C 70/06 (2006.01)	B 2 9 C 67/14 L
B 2 9 K 105/08 (2006.01)	B 2 9 K 105:08
B 2 9 L 31/30 (2006.01)	B 2 9 L 31:30

請求項の数 1 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2014-81352 (P2014-81352)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成26年4月10日 (2014.4.10)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2015-202701 (P2015-202701A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成27年11月16日 (2015.11.16)	(73) 特許権者	312005186
審査請求日	平成28年9月9日 (2016.9.9)		リグナイト株式会社
前置審査			大阪府堺市西区築港新町2丁5番地
		(74) 代理人	100205350
			弁理士 狩野 芳正
		(72) 発明者	塚原 愛一郎
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	武田 文人
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 再突入機の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アプレータを作製する工程と、
前記アプレータを機体本体に接合する工程と
を具備し、
前記アプレータを作製する工程は、
材料溶液を準備する工程と、
未硬化のバインダー樹脂と、硬化された粒状樹脂とを含む前記材料溶液に、繊維で形成された基材を含浸させる工程と、
前記材料溶液に前記基材を含浸させる工程の後、前記未硬化のバインダー樹脂を硬化させる工程と
を備え、
前記アプレータを前記機体本体に接合する工程では、前記アプレータが、前記機体本体の形状に合わせて曲げながら前記機体本体に接合され、
前記アプレータに含まれる前記バインダー樹脂の含有量は、前記アプレータを前記機体本体に接合する工程において前記アプレータを前記機体本体の形状に合わせて曲げることができる程度の可とう性を前記アプレータが有するように調節された

再突入機の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、アブレータ及び再突入機並びにそれらの製造方法に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

宇宙空間から大気圏への再突入を行う再突入機（例えば、再突入回収カプセルや宇宙往還機）には、再突入する際の空力加熱から機体を保護するためにアブレータが取り付けられる。アブレータとは、自らが熱分解することによって機体本体への熱の伝達を遮断する構造体であり、一般には、樹脂、又は、樹脂と無機物（繊維）の複合材で形成される。例えば、特許文献 1（特開 2 0 1 3 - 1 2 1 7 8 6 号公報）は、第 1 樹脂が含浸した第 1 繊維からなる内層アブレータと、第 1 樹脂が含浸した第 1 繊維からなり、内層アブレータより低密度の外層アブレータとを備えるアブレータを開示している。また、特許文献 2（特開平 9 - 3 1 6 2 1 7 号公報）は、炭素繊維 / 炭素複合材中にフェノール樹脂を含浸させたアブレータを開示している。

10

【 0 0 0 3 】

また、非特許文献 1（Miread Stackpoole et al. "Development of Low Density Flexible Carbon Phenolic Ablators" NSMMS-2011, June 27-30 2011, Madison, WI）は、可とう性を有しているアブレータを開示している。樹脂を硬化させて構成される一般的なアブレータは、可とう性を有していないので、硬化において治具（例えば、金型）を用いて機体形状に合わせた形状に成形するか、硬化後に切削加工や研磨加工によって機体形状に合わせた形状に加工する必要がある。しかしながら、このような手法は、治具コストや加工コストが必要であり、コスト面で問題がある。一方、可とう性を有するアブレータは、機体に取り付ける際に機体形状に合わせて変形させることが可能であるため、機体形状に合わせるための治具や加工が不要であり、コストの低減に有効である。非特許文献 1 に開示されたアブレータは、カーボン繊維（ファイバーフォームやフェルト）と、それに含浸されたフェノール樹脂とで構成されている。なお、可とう性を有するアブレータについては、特許文献 3（米国特許 7, 9 3 1, 9 6 2 号）にも開示されている。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 3 - 1 2 1 7 8 6 号公報

30

【 特許文献 2 】 特開平 9 - 3 1 6 2 1 7 号公報

【 特許文献 3 】 米国特許 7, 9 3 1, 9 6 2 号

【 非特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 非特許文献 1 】 Miread Stackpoole et al. "Development of Low Density Flexible Carbon Phenolic Ablators" NSMMS-2011, June 27-30 2011, Madison, WI http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110015026_2011015871.pdf

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

40

非特許文献 1 に開示された技術においては、必要な可とう性をアブレータに与えるために、フェノール樹脂の含有量を比較的少量にすることが必要になる。その一方で、アブレータは、自身が熱分解することで機体を保護するので、フェノール樹脂の含有量の低減は、機体を空力加熱から保護する性能の低下を招く。

【 0 0 0 7 】

したがって、本発明の目的は、可とう性を有しながら、機体保護性能を向上させたアブレータを提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の一の観点では、アブレータが、繊維で形成された基材と、粒状樹脂と、前記基

50

材に含浸され、前記粒状樹脂と前記基材とを結合するバインダー樹脂とを含んでいる。

【0009】

アブレータに含まれるバインダー樹脂の量は、該アブレータが可とう性を有するように調節される。

【0010】

粒状樹脂としては、球状樹脂が用いられることが好ましい。また、粒状樹脂とバインダー樹脂とは、フェノール樹脂又はフラン樹脂、若しくは、これらを混合した混合樹脂で形成されることが好ましい。また、該基材が炭素繊維であることが望ましい。

【0011】

本発明の他の観点では、再突入機が、上記のアブレータと、該アブレータが取り付けられた機体本体とを具備している。

10

【0012】

本発明の更に他の観点では、アブレータの製造方法が、未硬化の樹脂と硬化された粒状樹脂とを含む材料溶液を基材に含浸させる工程と、該材料溶液を基材に含浸させる工程の後、該未硬化の樹脂を硬化させる工程とを具備する。

【0013】

本発明の更に他の観点では、再突入機の製造方法が、アブレータを作製する工程と、該アブレータを機体本体に接合する工程とを具備する。アブレータを作製する工程は、未硬化の樹脂と硬化された粒状樹脂とを含む材料溶液を基材に含浸させる工程と、該材料溶液を基材に含浸させる工程の後、該未硬化の樹脂を硬化させる工程とを具備する。

20

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、可とう性を有しながら、機体保護性能を向上させたアブレータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施形態におけるアブレータ及び再突入機の製造方法を示す概念図である。

【図2】本発明の実施例及び比較例のアブレータの製造条件を示す表である。

【図3】本発明の実施例のアーキ試験の結果を示すグラフである。

30

【図4】本発明の実施例のアーキ試験の結果を示す表である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の一実施形態のアブレータ及びその製造方法について説明する。

【0017】

本発明の一実施形態では、アブレータが、繊維で形成された基材と、粒状樹脂（粒子状の樹脂）と、該繊維に含浸され、該粒状樹脂と該基材とを結合するバインダー樹脂とを含んでいる。

【0018】

40

基材を構成する繊維としては、例えば、炭素繊維（CF）、ガラス繊維、シリカ繊維、玄武岩繊維、PBO（ポリパラフェニレンベンズオキサゾール）繊維、アルミナ繊維、チラノ繊維が用いられ得る。再突入機の耐熱性の向上の観点からは、基材を構成する繊維として炭素繊維を用いることが好ましい。一実施形態では、基材としては、炭素繊維の不織布を2層以上積層し、積層された不織布をニードルパンチにより交絡させて形成された炭素繊維フェルトが使用され得る。

【0019】

また、粒状樹脂としては、球状樹脂（球状の粒子の樹脂）を用いることが好ましい。言い換えれば、粒状樹脂の各粒子の形状は、球状であることが好ましい。粒状樹脂として球状樹脂を使用することにより、粒状樹脂が基材の繊維の全体に行き渡りやすくなる。一実

50

施形態では、粒状樹脂としては、例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度の直径の球状樹脂が用いられ得る。

【0020】

粒状樹脂及びバインダー樹脂の材料としては、例えば、フェノール樹脂、フラン樹脂、フェノール樹脂とフラン樹脂とを混合した混合樹脂及びエポキシ樹脂が用いられ得る。再突入機の耐熱性の向上の観点からは、粒状樹脂及びバインダー樹脂の材料としては、フェノール樹脂、フラン樹脂及びフェノール樹脂とフラン樹脂とを混合した混合樹脂が好ましい。フェノール樹脂及びフラン樹脂は、一般に、耐熱性に優れており、粒状樹脂及びバインダー樹脂としてフェノール樹脂、フラン樹脂又はこれらの混合樹脂を用いることで、アプレータの機体保護性能を向上させることができる。

10

【0021】

本実施形態のアプレータの構成によれば、粒状樹脂とバインダー樹脂の含有量を適切にコントロールすることにより、可とう性を有しながら、機体保護性能を向上させることができる。バインダー樹脂の含有量が多いと、繊維間の結合が強固になり、アプレータが剛体になる（即ち、可とう性を失う）。逆に、バインダー樹脂の含有量が少ないと、繊維間の結合を弱くし、アプレータに可とう性を与えることができる。本実施形態のアプレータにおいては、バインダー樹脂の含有量をコントロールすることで、バインダー樹脂による繊維間の結合を弱くし、アプレータに可とう性が付与されている。

【0022】

その一方で、アプレータの耐熱性、即ち、機体保護性能は、バインダー樹脂の含有量のみならず、粒状樹脂の含有量にも依存する。ここで、粒状樹脂は繊維間の結合にあまり寄与しないことに留意されたい。アプレータが粒状樹脂を含んでいても、アプレータは可とう性を失わない。言い換えれば、バインダー樹脂の含有量が少なくても、粒状樹脂を含ませることでアプレータの耐熱性、即ち、機体保護性能を向上させることができる。このように、本実施形態のアプレータの構成によれば、バインダー樹脂の含有量をアプレータが可とう性を有する程度まで低減する一方で、適切な量の粒状樹脂をアプレータに含ませることで十分な機体保護性能を提供することができる。

20

【0023】

図1は、一実施形態におけるアプレータ及び再突入機の製造方法を示す概念図である。図1(a)に図示されているように、まず、フェルト基材1が作製される。アプレータが複数のアプレータ部材で構成される場合、再突入機の機体本体の形状に合わせて型紙が作製され、その型紙に合わせて複数のアプレータ部材に対応するフェルト基材1が作製される。上述のように、フェルト基材1は、例えば、炭素繊維又はガラス繊維で形成され得る。

30

【0024】

続いて、図1(b)に図示されているように、樹脂のフェルト基材1への含浸が行われる。より具体的には、未硬化の樹脂が溶解され、更に、粒状樹脂（球状樹脂）が分散された材料溶液が用意され、その材料溶液にフェルト基材1が浸される。これにより、材料溶液がフェルト基材1に含浸される。後述されるように、材料溶液に含まれる未硬化の樹脂は、後の工程で硬化され、アプレータに含まれるバインダー樹脂となる。一方、材料溶液に含まれている粒状樹脂（球状樹脂）としては、硬化済みの樹脂が用いられる。これは、粒状樹脂は、直接的にはフェルト基材1の繊維間を結合する機能を有していないことを意味している。

40

【0025】

本実施形態では、未硬化の樹脂としてレゾールが用いられる。これは、最終的にアプレータに含まれるバインダー樹脂としてフェノール樹脂が用いられることを意味している。一方、粒状樹脂としては既に硬化されたフェノール樹脂又はフラン樹脂が用いられる。また、未硬化の樹脂が溶解される溶媒としては、メタノールが使用される。即ち、本実施形態では、レゾールがメタノールに溶解されたレゾールワニスに、硬化済みのフェノール樹脂又はフラン樹脂で形成された粒状樹脂（球状樹脂）が分散された溶液が、材料溶液とし

50

て用いられる。粒状樹脂としては、例えば、直径 10 μm の球状樹脂が用いられる。

【0026】

アプレータに含まれるバインダー樹脂の含有量は、材料溶液に含まれる未硬化の樹脂の含有量（本実施形態では、材料溶液に含まれるレゾールの含有量）で調節可能である。材料溶液に含まれる未硬化の樹脂の含有量は、最終的に作製されるアプレータが可とう性を有するように調節される。

【0027】

続いて、図 1 (c) に図示されているように、フェルト基材 1 に含浸された材料溶液の溶媒が、風乾によって蒸発される。レゾールワニスに硬化済みのフェノール樹脂又はフラン樹脂で形成された粒状樹脂が分散された溶液が材料溶液として用いられる本実施形態では、レゾールワニスに含まれる溶媒のメタノールが風乾によって蒸発される。

10

【0028】

続いて、図 1 (d) に図示されているように、フェルト基材 1 に含浸された未硬化の樹脂が硬化される。本実施形態では、フェルト基材 1 に含浸されたレゾールが、加熱炉で加熱することで硬化される。これにより、アプレータを構成する部品の作製に用いられるアプレータ部材 2 が完成する。本実施形態では、アプレータ部材 2 から作製された部品を組み合わせた組立体が、アプレータとして用いられる。

【0029】

更に、図 1 (e) に図示されているように、機体本体 4 にアプレータが接合される。詳細には、アプレータ部材 2 が裁断されてアプレータを構成する部品 3 が作製され、部品 3 が接着剤によって機体本体 4 に接着される。ここで、本実施形態では、アプレータ部材 2 が可とう性を有しており、アプレータ部材 2 から作製された部品 3 の接着の際には、各部品 3 を機体本体 4 の形状に合わせて曲げることが可能である。これは、少ない労力でアプレータを機体本体 4 に接合できることを意味している。可とう性を有しないアプレータを機体本体に接合する場合、アプレータを機体本体の形状に合わせた型を用いて成型するか、アプレータを切削加工する必要がある。一方、可とう性を有する本実施形態のアプレータは、機体本体 4 の形状にフィットさせることが容易であり、アプレータを機体本体 4 に接合する作業に要するコストや労力を低減させることができる。

20

【0030】

以下では、本発明の実施例について説明する。

30

【実施例】

【0031】

本発明のアプレータを模擬した試料が作製された。基材としては、ニードルパンチを施して作製された炭素繊維フェルトが使用された。また、球状樹脂とバインダー樹脂としては、いずれも、フェノール樹脂が使用された。

【0032】

図 2 は、試料の作製条件を示す表である。実施例 1 ~ 3 の試料と、比較例 1 の試料が作製された。基材としては、いずれも、炭素繊維フェルトが用いられた。

【0033】

試料の作製で用いられる材料溶液としては、2 種類の材料溶液が用意された。実施例 1 ~ 3 の試料の作製に用いられる材料溶液としては、レゾールがメタノールに溶解されたレゾールワニスに、硬化済みのフェノール樹脂で形成された粒状樹脂（球状樹脂）が分散された溶液が用意された。粒状樹脂としては、直径が約 10 μm の球状樹脂が用いられた。実施例 1 では、材料溶液におけるレゾールの含有量、及び、粒状樹脂の含有量は、いずれも、1 質量%であった。実施例 2 では、材料溶液におけるレゾールの含有量は 2.0 質量%であり、粒状樹脂の含有量は、5.0 質量%であった。また、実施例 3 では、材料溶液におけるレゾールの含有量、及び、粒状樹脂の含有量は、いずれも、2.5 質量%であった。

40

【0034】

一方、比較例 1 の試料の製造に用いられる材料溶液としては、レゾールがメタノールに

50

溶解されたレゾールワニスが用いられた。比較例のアブレータの製造に用いられる材料溶液には、粒状樹脂は含まれていないことに留意されたい。比較例では、材料溶液におけるレゾールの含有量は、5.0%であった。

【0035】

上記の各材料溶液が基材に含浸され、更に、基材に含浸された材料溶液から風乾によって溶剤が蒸発された。更に、加熱によってレゾールが硬化され、試料が作製された。

【0036】

図2の表の「質量変化」の欄は、元の基材の質量と、最終的に作製された試料の質量を示している。例えば、実施例1については、元の基材が1.75gであり、最終的に作製された試料の質量が2.05gである。実施例2、3及び比較例についても同様である。最終的に製造されたアブレータの質量と元の基材の質量との差が、最終的にアブレータに含まれる樹脂の質量である。

10

【0037】

図2の表の「基材の質量に対する樹脂の重量の比」の欄は基材の質量に対する、最終的にアブレータに含まれる樹脂の質量の比を示している。ここで、実施例1～3の試料については、最終的にアブレータに含まれる樹脂の質量は、バインダー樹脂の質量と粒状樹脂の質量の合計であることに留意されたい。一方、比較例の試料については、粒状樹脂は含まれていないので、最終的にアブレータに含まれる樹脂の質量は、バインダー樹脂の質量と同一である。

【0038】

20

ここで、上述のように、実施例1～3では、いずれも、材料溶液におけるレゾールの含有量、及び、粒状樹脂の含有量の比は、いずれも、1:1であるから、概ね、実施例1～3のアブレータに最終的に含まれる樹脂の半分はバインダー樹脂であり、残りの半分は粒状樹脂であると推定される。

【0039】

比較例1では、基材の質量に対する樹脂の質量の比（即ち、基材の質量に対するバインダー樹脂の質量の比）が32%であったが、可とう性を有しないアブレータが作製された。

【0040】

一方、実施例1では、基材の質量に対する樹脂の質量の比（即ち、基材の質量に対する球状樹脂とバインダー樹脂の質量の合計の比）が17%であり、可とう性を有するアブレータが作製された。

30

【0041】

実施例2、3では、基材の質量に対する樹脂の質量の比が、それぞれ、53%、56%であり、試料に含まれる樹脂のトータルの含有量は比較例1よりも多かったが、実施例2、3の試料は、可とう性を示した。これは、粒状樹脂（球状樹脂）を含む本実施形態のアブレータは、可とう性を有しながら、機体保護性能を向上できることを意味している。

【0042】

図3、図4は、実施例2の試料についてアーク加熱試験を行った結果を示している。アーク加熱試験とは、アブレータの再突入時の空力加熱に対する耐熱性を試験するために用いられる手法であり、アーク加熱によって試料を加熱して試料の耐熱性を試験する手法である。アーク加熱の条件としては、 1.2 MW/m^2 の電力密度でアーク放電が行われ、25秒間のアーク加熱が行われた。

40

【0043】

図3は、アーク加熱試験における試料の表面温度の50秒間の変化を示すグラフである。最初の25秒は、アーク加熱が行われており、残りの25秒はアーク加熱が停止されている。アーク加熱により、表面温度は上昇し、表面の最高温度は1817℃に達した。その後、アーク加熱が停止されると、表面温度は低下し、1000℃未満になった。

【0044】

図4に示されているように、アーク加熱試験の前においては、実施例2の試料は、質量

50

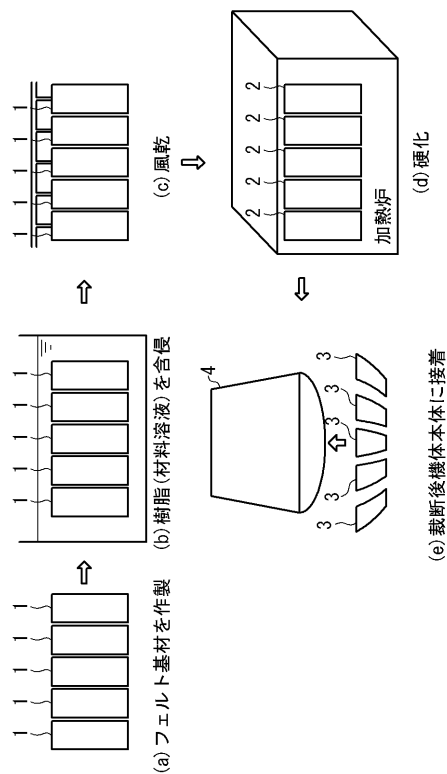
が 5 . 0 9 g であり、板厚が 1 9 . 2 mm であった。アーク加熱試験後には、試料の質量は、3 . 5 9 g まで減少し、板厚は 1 6 . 0 mm まで減少した。質量の減少は、1 . 5 0 g であり、板厚の減少は 3 . 2 mm であった。この結果は、実施例 2 の試料が、アプレータとして求められる耐熱性を有していることを示している。

【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

- 1 : フェルト基材
- 2 : アプレータ部材
- 3 : 部品
- 4 : 機体本体

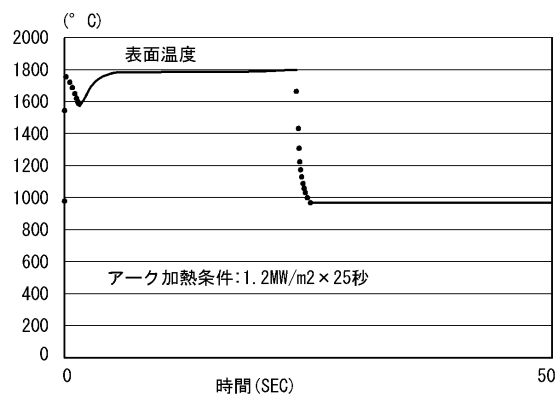
【 図 1 】



【 図 2 】

	実施例1	実施例2	実施例3	比較例1
基材	CFフェルト	CFフェルト	CFフェルト	CFフェルト
材料溶液中の樹脂の配合	レゾール 1.0% 球状樹脂 1.0%	レゾール 2.0% 球状樹脂 5.0%	レゾール 2.5% 球状樹脂 2.5%	レゾール 5.0% -
質量変化	1.75g→2.05g	3.32g→5.09g	1.33g→2.07g	1.17g→1.55g
基材の質量に対する樹脂の質量の比	17%	53%	56%	32%
可とう性	あり	あり	あり	なし

【図 3】



【図 4】

項目	結果	単位
CF素材	3.32	g
試験前質量	5.09	g
試験後質量	3.59	g
質量減少	1.50	g
試験前板厚	19.2	mm
試験後板厚	16.0	mm
板厚減少量	3.2	mm
表面最高温度	1817	°C

フロントページの続き

- (72)発明者 渡邊 惇子
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 武田 信輔
大阪府堺市西区築港新町２丁５番地 リグナイト株式会社内
- (72)発明者 井出 勇
大阪府堺市西区築港新町２丁５番地 リグナイト株式会社内

審査官 諸星 圭祐

- (56)参考文献 特開平０９－２３９８４７（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２４７１００（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０２８１６６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－１４７７９８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－１８０４７０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－０２３２４０（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２６８３９７（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０６１３６４１８（ＵＳ，Ａ）
米国特許第０７９３１９６２（ＵＳ，Ｂ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

B 6 4 G 1 / 0 0 - 1 / 6 8
B 2 9 K 1 0 5 / 0 8
B 2 9 L 3 1 / 3 0
B 2 9 C 7 0 / 0 0 - 7 0 / 8 8