

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-65163

(P2023-65163A)

(43)公開日 令和5年5月12日(2023.5.12)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 K 9/64 (2006.01)	F 0 2 K 9/64	4 E 1 6 7
B 2 3 K 20/00 (2006.01)	B 2 3 K 20/00	3 1 0 L
B 2 3 K 1/00 (2006.01)	B 2 3 K 1/00	3 3 0 P

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全19頁)

(21)出願番号	特願2021-175814(P2021-175814)	(71)出願人	521472025 インターステラテクノロジズ株式会社 北海道広尾郡大樹町字芽武149番地7
(22)出願日	令和3年10月27日(2021.10.27)	(74)代理人	110003199 弁理士法人高田・高橋国際特許事務所
		(72)発明者	為政 博史 北海道広尾郡大樹町字芽武149番地7 インターステラテクノロジズ株式会社内
		Fターム(参考)	4E167 AA08 DA11

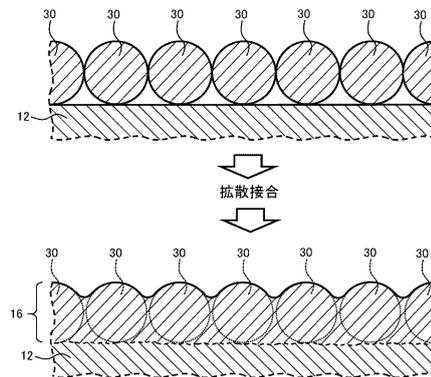
(54)【発明の名称】 ロケットエンジンの燃焼器及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】大掛かりな設備を必要とすることなく且つ少ない工数で製造することができる燃焼器であって、高い確実性を持って封止された冷却流体流路を有する燃焼器を提供する。

【解決手段】本実施形態に係る燃焼器は、燃焼室を構成する金属製の内筒12と、内筒の外面に形成された冷却流体流路と、内筒12の外表面を覆って冷却流体流路を封止する封止層16とを備える。封止層16は、内筒12の外表面に巻き付けられた金属線材30の拡散接合による接合体で構成され、内筒12の外表面に拡散接合によって接合されている。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃焼室を構成する金属製の内筒と、
 前記内筒の外面に形成された冷却流体流路と、
 前記内筒の外면을覆って前記冷却流体流路を封止する封止層と、を備え、
 前記封止層は、
 前記内筒の外面に巻き付けられた金属線材の冶金的接合による接合体で構成され、
 前記内筒の外面に前記冶金的接合によって接合されている
 ことを特徴とするロケットエンジンの燃焼器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のロケットエンジンの燃焼器において、
 前記冶金的接合は拡散接合である
 ことを特徴とするロケットエンジンの燃焼器。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のロケットエンジンの燃焼器において、
 前記冶金的接合はろう接合である
 ことを特徴とするロケットエンジンの燃焼器。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のロケットエンジンの燃焼器において、
 前記封止層の表面に密着して前記内筒を保持する外筒をさらに備える
 ことを特徴とするロケットエンジンの燃焼器。

【請求項 5】

燃焼室を構成する金属製の内筒の外面に冷却流体流路を形成することと、
 前記内筒の外面に金属線材を巻き付けることと、
 前記金属線材が巻き付けられた前記内筒を前記金属線材の拡散温度以上の温度に加熱し、
 前記金属線材同士及び前記金属線材と前記内筒とを拡散接合することによって前記冷却
 流体流路を封止することと、を含む
 ことを特徴とするロケットエンジンの燃焼器の製造方法。

【請求項 6】

燃焼室を構成する金属製の内筒の外面に冷却流体流路を形成することと、
 前記内筒の外表面と金属線材の少なくとも一方にろう材を付着させることと、
 前記内筒の外面に前記金属線材を巻き付けることと、
 前記金属線材が巻き付けられた前記内筒を前記ろう材の熔融温度以上の温度に加熱し、
 前記金属線材同士及び前記金属線材と前記内筒とをろう接合することによって前記冷却流
 体流路を封止することと、を含む
 ことを特徴とするロケットエンジンの燃焼器の製造方法。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載のロケットエンジンの燃焼器の製造方法において、
 前記内筒の外面に前記金属線材をガイドするための連続溝を設けること、をさらに含む
 ことを特徴とするロケットエンジンの燃焼器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロケットエンジンの燃焼器及びその製造方法に関し、詳しくは、再生冷却式
 燃焼器に用いて好適な燃焼器及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には燃焼室とノズルとを備えた従来のロケットエンジンの構造が開示されて
 いる。燃焼室では燃料を酸化剤と混合させて燃焼させる。その際の燃室内の温度は典型的
 には 5000 ~ 6000 度 F に達し、燃焼室内の圧力は典型的には 1000 ~ 4000 ポ

10

20

30

40

50

ンドに達する。燃焼室で生成された高温高圧のガスはノズルにおいて膨張し、後方に排出されることによってロケットに推進力を与える。一般に、ノズルはその全体或いは上部の一部が燃焼室と一体化されている。本明細書では、燃焼室にノズルの全体或いは一部が一体化されているロケットエンジンの構成部品を燃焼器と称する。

【0003】

ロケットエンジンの作動時、燃焼器の内部空間は高温にさらされる。このため燃焼器にとって内部空間を形成する壁の冷却は不可欠である。燃焼器の壁を冷却する方法としては、壁の内部に流路を作り、その流路に冷却流体を流して冷却流体と壁との間で熱交換を行わせる方法が一般的である。再生冷却式燃焼器の場合、冷却流体には一般に液体燃料が使用されている。

10

【0004】

燃焼器の壁に冷却流体流路を設ける従来方法としては、まず、機械的な切削加工により内壁材（内筒）の外面に冷却流体流路となる溝を形成し、次に、電気鋳造法にて内壁材の外面にめっき処理を行うことによって冷却流体流路を封止する方法が知られている。この方法では内壁材の外表面を覆うめっきが外筒として機能する。しかし、めっき処理は非常に労働集約的な作業であり、臨界的なくつかの動作が必要とされる。このため、典型的な設計形状の燃焼器の場合、その製造過程においてかなりの頻度で再加工が必要になっていた。

【0005】

具体的には、冷却流体流路を封止する処理の間、冷却流体流路はワックス材料で満たされる。外部に露出された内壁材の外表面は銀の粉末で磨かれ、導電性のめっき可能な表面が形成される。その表面上に水素バリアがめっきされ、それに続いてニッケルがめっきされることにより冷却流体圧力に耐える閉じた構造が形成される。このように冷却流体流路の封止にはいくつかのめっき処理が必要であり、また、いくつかの中間的な機械加工工程が必要である。そして、全てのめっき処理は、めっきされた材料の結合力を低下させる汚染の他、めっき化学液およびその他の処理パラメータについて問題を有している。完成までの間に異常が発生した場合には、冷却流体流路上のめっきされた材料は機械加工により除去されて再度めっき処理が繰り返されなければならない。ゆえに、めっきを用いて冷却流体流路を封止する従来方法は、完成までに多くの時間と労力を必要とするため製造コストが高くなってしまふ。

20

30

【0006】

さらに、上述の従来方法では、めっき処理の完了に続いてワックス材料を冷却流体流路から除去する処理が必要とされる。ワックス材料が残留して存在すると次の動作における汚染の原因となるためである。ゆえに、上述の従来方法は、ワックス材料の除去処理のためにも多くの時間と労力を必要とする。

【0007】

また、燃焼器の壁に冷却流体流路を設ける方法としては、特許文献2に開示された方法も知られている。特許文献2に開示された方法は、冷却流体流路となる溝を内筒の外表面に形成し、その内筒に外筒をろう接合あるいは拡散接合するというものである。接合時に両部材を密着させる方法には、熱間等方圧加圧法（以下HIPと略す）が採用されている。HIPとは、水やアルゴンなどのガスを圧力媒体とし、通常98MPa（1000kgf/cm²）以上の高い等方圧力と1000以上の温度との相乗効果を利用して加圧処理する技術である。

40

【0008】

しかし、HIPによる施工には大がかりな設備が必要であるため、特許文献2に開示された方法では設備費が高み製造コストが高くなってしまふ。さらに、外筒は2分割形状で加工されるが、その合わせ面の接合不良によって冷却流体や燃焼ガスの漏れが発生しやすいという問題もある。

【0009】

一方、これまで述べた電気鋳造法やHIPを用いる方法とは異なる方法が特許文献3に

50

開示されている。特許文献3に開示された方法は、内筒と外筒とを拡散接合する拡散接合用治具として、カーボンコンポジット材（以下C/C材と略す）を用いて形成した治具を使用するというものである。拡散接合用治具は、拡散接合すべき被拡散接合体を挟持する一対の挟持部材とその挟持部材を連結する連結部材とからなり、少なくとも連結部材がC/C材で形成されている。C/C材は熱膨張率が極めて小さいので、被接合部材と拡散接合用治具との熱膨張率の差により十分な接合圧力を確保することができる。

【0010】

特許文献3に開示された方法では、機械的な切削等によって冷却流体流路となる溝を加工した内筒に外筒を精度良く合わせる必要がある。しかし、曲面形状である両部品を精度良く加工するのは困難であり、両部品間に隙間が発生した場合には接合不良が発生するという問題がある。さらに、特許文献2に開示された方法と同様、2分割された外筒の合わせ面の接合不良によって冷却流体や燃焼ガスの漏れが発生しやすいという問題もある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2005-513322号公報

【特許文献2】特開2004-169702号公報

【特許文献3】特開2010-064099号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0012】

本発明は、上述のような課題に鑑みてなされたものであり、その第1の目的は、大掛かりな設備を必要とすることなく且つ少ない工数で製造することができる燃焼器であって、高い確実性を持って封止された冷却流体流路を有する燃焼器を提供することである。また、本発明の第2の目的は、高い確実性を持って封止された冷却流体流路を有する燃焼器を大掛かりな設備を必要とすることなく且つ少ない工数で製造する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明が提供するロケットエンジンの燃焼器は、燃焼室を構成する金属製の内筒と、内筒の外面に形成された冷却流体流路と、内筒の外表面を覆って冷却流体流路を封止する封止層とを備える。封止層は、内筒の外表面に巻き付けられた金属線材の冶金的接合による接合体で構成され、内筒の外表面に冶金的接合によって接合されている。

30

【0014】

本発明のロケットエンジンの燃焼器において、冶金的接合は拡散接合でもよいし、ろう接合でもよい。また、本発明のロケットエンジンの燃焼器は、封止層の表面に密着して内筒を保持する外筒をさらに備えてもよい。

【0015】

本発明が提供するロケットエンジンの燃焼器の第1の製造方法は、燃焼室を構成する金属製の内筒の外表面に冷却流体流路を形成することと、内筒の外表面に金属線材を巻き付けることと、金属線材が巻き付けられた内筒を金属線材の拡散温度以上の温度に加熱し、金属線材同士及び金属線材と内筒とを拡散接合することによって冷却流体流路を封止することを含む。

40

【0016】

本発明が提供するロケットエンジンの燃焼器の第2の製造方法は、燃焼室を構成する金属製の内筒の外表面に冷却流体流路を形成することと、内筒の外表面と金属線材の少なくとも一方にろう材を付着させることと、内筒の外表面に金属線材を巻き付けることと、金属線材が巻き付けられた内筒をろう材の溶融温度以上の温度に加熱し、金属線材同士及び金属線材と内筒とをろう接合することによって冷却流体流路を封止することを含む。

【0017】

50

本発明のロケットエンジンの燃焼器の第 1 の製造方法及び第 2 の製造方法は、内筒の外面に金属線材をガイドするための連続溝を設けること、をさらに含んでもよい。

【発明の効果】

【0018】

上述のように本発明のロケットエンジンの燃焼器は、内筒の外面に巻き付けられた金属線材の冶金的接合による接合体で構成され、内筒の外面に冶金的接合によって接合された封止層を備える。冶金的接合は電気鋳造法やHIPと比較して大掛かりな設備を必要とすることなく且つ少ない工数で済むため、本発明のロケットエンジンの燃焼器は製造コストを抑えることができる。また、上記のように形成される封止層によれば冷却流体流路は高い確実性を持って封止されるので、冷却流体の漏れが発生する可能性は低く抑えられる。そして、本発明のロケットエンジンの燃焼器の第 1 の製造方法及び第 2 の製造方法によれば、高い確実性を持って封止された冷却流体流路を有する燃焼器を大掛かりな設備を必要とすることなく且つ少ない工数で製造することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図 1】本発明が適用される燃焼器の構成例を示す図である。

【図 2】本発明が適用される燃焼器の封止層の概要を説明する模式図である。

【図 3】本発明が適用される燃焼器の封止層の概要を説明する模式図である。

【図 4】本発明が適用される燃焼器の封止層の概要を説明する模式図である。

【図 5】本発明の第 1 実施形態に係る燃焼器の封止層の構成例を示す模式図である。

20

【図 6】本発明の第 1 実施形態に係る燃焼器の製造方法を示すフローチャートである。

【図 7】本発明の第 2 実施形態に係る燃焼器の封止層の第 1 の構成例を示す模式図である。

【図 8】本発明の第 2 実施形態に係る燃焼器の封止層の第 2 の構成例を示す模式図である。

【図 9】本発明の第 2 実施形態に係る燃焼器の製造方法を示すフローチャートである。

【図 10】金属線材を 1 層に巻く巻き方を示す図である。

【図 11】金属線材を 2 層に巻く巻き方を示す図である。

【図 12】金属線材を 3 層に巻く巻き方を示す図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0020】

以下、図面を参照して本開示の実施形態について説明する。ただし、以下に示す実施形態において各要素の個数、数量、量、範囲等の数に言及した場合、特に明示した場合や原理的に明らかにその数に特定される場合を除いて、その言及した数に、本開示に係る思想が限定されるものではない。また、以下に示す実施形態において説明する構造等は、特に明示した場合や明らかに原理的にそれに特定される場合を除いて、本開示に係る思想に必ずしも必須のものではない。

【0021】

1. 概要

本発明は、例えば、図 1 に模式的に示される再生冷却式の燃焼器 4 に適用される。燃焼器 4 はロケットエンジン 2 を構成する部品であり、燃焼器 4 の排気口にはノズル 6 が取り付けられている。本発明が適用される燃焼器 4 を備えるロケットエンジン 2 は単段式ロケットのエンジンでもよいし、多段式ロケットのエンジンでもよい。例えば、2 段式ロケットの場合であれば、ロケットエンジン 2 は第 1 段エンジンでもよいし第 2 段エンジンでもよい。また、本発明が適用される燃焼器 4 を備えるロケットエンジン 2 の推力には特に限定はないが、例えば 10 kN ~ 100 kN が一つの好適な推力の範囲である。

40

【0022】

燃焼器 4 は燃焼室 10 を構成する内筒 12 と内筒 12 の外側に取り付けられた外筒 18 とを備える。内筒 12 は金属で製作されている。内筒 12 の壁の内部には冷却流体流路 14 が形成されている。冷却流体流路 14 は燃焼器 4 の後端から先端に向けて内筒 12 の全

50

周に等間隔に多数本形成されている。それぞれの冷却流体流路 14 は外筒 18 の後端部と先端部にそれぞれ形成されたドーナツ状のマニホールド 20, 21 に接続されている。後端部のマニホールド 20 から冷却流体流路 14 には冷却流体としての高圧の液体燃料が供給される。冷却流体は内筒 12 の壁との間で熱交換しながら冷却流体流路 14 を流れ、先端部のマニホールド 21 に集められる。先端部のマニホールド 21 に集められた冷却流体は、燃焼器 4 の先端に取り付けられた図示しない噴射器から別系統で供給される酸化剤とともに燃焼室 10 内に噴射される。

【0023】

冷却流体流路 14 は、詳しくは、内筒 12 の外面に形成された溝であり、内筒 12 の外面を覆う封止層 16 によって封止されている。本発明が適用される燃焼器 4 では、封止層 16 が冷却流体流路 14 からの冷却流体の漏れを防ぐシール部材として機能する。外筒 18 は封止層 16 の表面に密着して内筒 12 を保持し、冷却流体流路 14 を流れる冷却流体の圧力から封止層 16 を保護している。外筒 18 は例えばステンレス等の金属で製作されている。外筒 18 の製造方法に限定はなく、例えば、機械加工による 2 分割製法、めっき法や溶射法等による一体積層法等を用いることができる。外筒 18 にはシール部材としての機能は求められないため、2 分割形状であっても接合面からの冷却流体の漏れが発生するおそれはない。

10

【0024】

図 2 は本発明が適用される燃焼器 4 の封止層 16 の概要を説明する模式図である。図 2 に示す構成は図 1 における A 部の構成に相当する。図 2 に示すように、冷却流体流路 14 は内筒 12 の外面に形成された溝である。冷却流体流路 14 の断面形状は内筒 12 の径方向に長い縦長の長方形である。一例では、冷却流体流路 14 の深さは幅の 5 乃至 10 倍である。

20

【0025】

本発明が適用される燃焼器 4 では、内筒 12 の外面に周方向に隙間なく巻き付けられた金属線材 30 によって冷却流体流路 14 の開口部分が蓋をされている。ただし、図 2 に示す例では、金属線材 30 によって冷却流体流路 14 がどのように蓋をされているか分かりやすく表示するため、一部の金属線材 30 は途中で斜めに切断されている。

【0026】

金属線材 30 の材質には限定はないが、好ましくは内筒 12 の材質に近い材質、特に好ましくは内筒 12 の材質と同じ材質のものが選定される。金属線材 30 の材質と内筒 12 の材質との組み合わせ次第では、熱処理によって脆い金属間化合物が生成されるおそれがあるからである。

30

【0027】

金属線材 30 の断面形状にも特に限定はない。図 2 に示す例では断面形状が円形の金属線材 30 が用いられているが、例えば、金属線材の断面形状は偏平円形、楕円形、三角形、四角形、五角形以上の角を有する多角形などであってもよい。ただし、金属線材 30 の太さに関しては好適な範囲が存在する。これに関しては追って実施例において説明する。

【0028】

また、図 2 に示す例では金属線材 30 は単層に巻かれているが、冷却流体流路 14 の開口部により確実に蓋をするためには金属線材 30 は多層に巻かれてもよい。図 3 に示す例では、下層の金属線材 30 の真上に上層の金属線材 30 を重ねるようにして金属線材 30 は 2 層に巻かれている。さらに、図 4 に示す例のように、下層の金属線材 30 と金属線材 30 との間に上層の金属線材 30 が位置するように金属線材 30 を多層に巻き重ねてもよい。なお、図 4 に示すように、内筒 12 の外面には金属線材 30 をガイドするための連続溝 15 が形成されてもよい。連続溝 15 は内筒 12 の先端から後端までの金属線材 30 が巻かれる部位に螺旋状に形成される。内筒 12 の形状の円筒部分と円錐部分のうち、特に円錐部分に金属線材 30 を巻き付ける際の滑り止めとして連続溝 15 は有用である。連続溝 15 は機械的な切削加工により形成することができる。

40

【0029】

50

封止層 16 は、上述のように単層或いは多層に巻かれた金属線材 30 によって形成されている。ただし、金属線材 30 を単に巻き付けただけでは、どれだけ隙間なく又どれだけ多層に巻き付けたところで冷却流体の漏れは防ぐことはできない。そこで、本発明が適用される燃焼器 4 では、金属線材 30 同士が冶金的接合によって接合された接合体によって封止層 16 が形成されている。さらに、封止層 16 を構成する金属線材 30 は内筒 12 と冶金的接合によって接合されている。このように金属線材 30 同士及び金属線材 30 と内筒 12 とを冶金的接合によって接合することで、高い確実性を持って冷却流体流路 14 を封止することが可能となる。

【0030】

以下、燃焼器 4 の封止層 16 の構成例と燃焼器 4 の製造方法について 2 つの実施形態を具体的に説明する。 10

【0031】

2. 第 1 実施形態

図 5 は第 1 実施形態に係る燃焼器 4 の封止層 16 の構成例を示す模式図である。第 1 実施形態では、金属線材 30 がそのまま内筒 12 の外面に巻き付けられる。ただし、図 5 に示す例では説明を簡単にするために金属線材 30 は単層とされているが、金属線材 30 の層数は封止層 16 の必要厚さ等の条件に応じて決まる。

【0032】

第 1 実施形態では、金属線材 30 同士及び金属線材 30 と内筒 12 とを接合する冶金的接合として拡散接合が用いられる。金属線材 30 が巻き付けられた内筒 12 を金属線材 30 の拡散温度以上の温度に加熱することによって、金属線材 30 同士は拡散焼結により接合されるとともに、金属線材 30 と内筒 12 も拡散焼結により接合される。これにより、金属線材 30 同士の拡散焼結による焼結体によって封止層 16 が形成される。この封止層 16 は内筒 12 との間でも拡散焼結により接合されているので、隙間が無く、高い確実性を持って冷却流体流路 14 を封止することができる。 20

【0033】

第 1 実施形態では、冷却流体流路 14 の開口部は封止層 16 を構成する金属線材 30 の焼結体によって蓋をされる。冷却流体流路 14 は幅が狭く縦に深い断面形状であるため、冷却流体流路 14 の内面面積全体に占める封止層 16 による蓋部分の面積の割合は僅かである。ゆえに、封止層 16 で蓋をされた部分の表面は滑らかではないが、その影響による圧力損失の増大が特に問題になることはない。 30

【0034】

図 6 は第 1 実施形態に係る燃焼器 4 の製造方法を示すフローチャートである。まず、ステップ S 11 では、内筒 12 の設計形状への加工が行われる。設計形状はロケットエンジン 2 に求められる性能から決まる。基本的には、本発明はどのような設計形状の内筒 12 を有する燃焼器 4 にも適用可能である。

【0035】

ステップ S 12 では、内筒 12 の外面に冷却流体流路 14 が形成される。冷却流体流路 14 の形成は例えば機械的な切削加工により行われる。冷却流体流路 14 は内筒 12 の軸方向に延びる溝であり、内筒 12 の全周に等間隔で多数本形成される。 40

【0036】

ステップ S 13 では、冷却流体流路 14 が形成された内筒 12 の外面に金属線材 30 が巻き付けられる。金属線材 30 は冷却流体流路 14 の開口部を全て覆うように内筒 12 の先端部から後端部まで巻き付けられ、必要な封止層 16 の厚さが得られる層数まで繰り返し巻き付けられる。その際、巻き崩れが起きないように金属線材 30 には所定の張力がかけられる。特に曲面部分は巻き崩れし易いので、金属線材 30 は張力をかけながら巻き付けられる。

【0037】

ステップ S 14 では、金属線材 30 を巻き付けられた内筒 12 が金属線材 30 の拡散温度以上の温度まで加熱される。加熱は水素などの還元雰囲気下で行われる。この加熱によ 50

って金属線材 30 同士及び金属線材 30 と内筒 12 とが拡散接合され、冷却流体流路 14 を封止する封止層 16 が形成される。封止層 16 の形成後、封止層 16 の表面に密着して内筒 12 を保持するように外筒 18 が取り付けられる。

【0038】

3. 第2実施形態

図7は第2実施形態に係る燃焼器4の封止層16の第1の構成例を示す模式図である。第2実施形態の第1の構成例では、内筒12の外面にろう材32を付着させ、ろう材32が付着した内筒12の外面に金属線材30が巻き付けられる。ろう材32としては例えば銀を用いることができ、めっきによって内筒12の外面に付着させることができる。なお、図7に示す例では説明を簡単にするために金属線材30は単層とされているが、金属線材30の層数は封止層16の必要厚さ等の条件に応じて決まる。

10

【0039】

図8は第2実施形態に係る燃焼器4の封止層16の第2の構成例を示す模式図である。第2実施形態の第2の構成例では、内筒12の外面にろう材32を付着させるとともに、金属線材30の表面にもろう材34を付着させ、ろう材32が付着した内筒12の外面にろう材34が付着した金属線材30が巻き付けられる。ろう材32, 34としては例えば銀を用いることができ、めっきによって内筒12の外面及び金属線材30に付着させることができる。ただし、ろう材32とろう材34とは同じ材質が好ましいが、互いに接合可能であり且つ熱処理によって脆い金属間化合物を生成しないのであれば異なる材質であってもよい。なお、図8に示す例では説明を簡単にするために金属線材30は単層とされているが、金属線材30の層数は封止層16の必要厚さ等の条件に応じて決まる。

20

【0040】

第2実施形態では、金属線材30同士及び金属線材30と内筒12とを接合する冶金的接合としてろう接合が用いられる。図7に示す第1の構成例では、金属線材30が巻き付けられた内筒12をろう材32の熔融温度以上の温度に加熱することによって、金属線材30同士はろう材32によってろう接合される。このように金属線材30同士のろう接合によって形成された封止層16は内筒12ともろう材32によってろう接合される。このように構成された封止層16は、隙間が無く、高い確実性を持って冷却流体流路14を封止することができる。

【0041】

図8に示す第2の構成例では、金属線材30が巻き付けられた内筒12をろう材32, 34の熔融温度以上の温度に加熱する。ろう材32, 34が熔融して混合したろう材36によって金属線材30同士はろう接合される。金属線材30同士のろう接合によって形成された封止層16は内筒12ともろう材36によってろう接合される。このように構成された封止層16は、隙間が無く、高い確実性を持って冷却流体流路14を封止することができる。

30

【0042】

第2実施形態では、冷却流体流路14の開口部は封止層16を構成する金属線材30及びろう材32, 36によって蓋をされる。冷却流体流路14は幅が狭く縦に深い断面形状であるため、冷却流体流路14の内面面積全体に占める封止層16による蓋部分の面積の割合は僅かである。ゆえに、封止層16で蓋をされた部分の表面は滑らかではないが、その影響による圧力損失の増大が特に問題になることはない。

40

【0043】

図9は第2実施形態に係る燃焼器4の製造方法を示すフローチャートである。まず、ステップS21では、内筒12の設計形状への加工が行われる。設計形状はロケットエンジン2に求められる性能から決まる。基本的には、本発明はどのような設計形状の内筒12を有する燃焼器4にも適用可能である。

【0044】

ステップS22では、内筒12の外面に冷却流体流路14が形成される。冷却流体流路14の形成は例えば機械的な切削加工により行われる。冷却流体流路14は内筒12の軸

50

方向に延びる溝であり、内筒 1 2 の全周に等間隔で多数本形成される。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 2 3 では、内筒 1 2 の外面と金属線材 3 0 の少なくとも一方へろう材が付着される。図 7 に示す例では内筒 1 2 の外面へろう材 3 2 が付着され、図 8 に示す例では内筒 1 2 の外面と金属線材 3 0 のそれぞれにろう材 3 2 , 3 4 が付着されている。これらに加えて、金属線材 3 0 のみにろう材を付着させてもよい。

【 0 0 4 6 】

ステップ S 2 4 では、冷却流体流路 1 4 が形成された内筒 1 2 の外面に金属線材 3 0 が巻き付けられる。金属線材 3 0 は冷却流体流路 1 4 の開口部を全て覆うように内筒 1 2 の先端部から後端部まで巻き付けられ、必要な封止層 1 6 の厚さが得られる層数まで繰り返し巻き付けられる。その際、巻き崩れが起きないように金属線材 3 0 には所定の張力がかけられる。特に曲面部分は巻き崩れし易いので、金属線材 3 0 は張力をかけながら巻き付けられる。

10

【 0 0 4 7 】

ステップ S 2 5 では、金属線材 3 0 を巻き付けられた内筒 1 2 がろう材 3 2 , 3 4 の熔融温度以上の温度まで加熱される。ただし、金属線材 3 0 の拡散温度は超えないようにする。加熱は水素などの還元雰囲気下で行われる。この加熱によって金属線材 3 0 同士及び金属線材 3 0 と内筒 1 2 とがろう材 3 2 , 3 6 よってろう接合され、冷却流体流路 1 4 を封止する封止層 1 6 が形成される。封止層 1 6 の形成後、封止層 1 6 の表面に密着して内筒 1 2 を保持するように外筒 1 8 が取り付けられる。

20

【 0 0 4 8 】

4 . 金属線材の巻き方

ここで、内筒 1 2 の外面への金属線材 3 0 の巻き方について図 1 0 乃至図 1 2 を用いて説明する。図 1 0 は金属線材 3 0 を 1 層に巻く巻き方の例を示し、図 1 1 は金属線材 3 0 を 2 層に巻く巻き方の例を示し、図 1 2 は金属線材 3 0 を 3 層に巻く巻き方の例を示している。金属線材 3 0 の太さと必要とされる封止層 1 6 の厚さとの関係次第ではより多層に巻かれる場合もあるが、ここで示す 1 層から 3 層までの巻き方を適宜組み合わせることによって多層にも対応することができる。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 には 1 層巻きの例として 3 つのパターン 1 A , 1 B , 1 C が示されている。パターン 1 A では、円形の金属線材 3 0 A が内筒 1 2 の外面に巻き付けられている。パターン 1 B では、偏平円形の金属線材 3 0 B が長辺を縦にして内筒 1 2 の外面に巻き付けられている。パターン 1 C では、偏平円形の金属線材 3 0 C が長辺を横にして内筒 1 2 の外面に巻き付けられている。本明細書では、パターン 1 B に示すような巻き方向を縦の巻き方向と呼び、パターン 1 C に示すような巻き方向を横の巻き方向と呼ぶ。楕円や角形のような長辺と短辺を有する金属線材の場合、縦又は横の巻き方向が選択されることになる。一方、円形のように長辺と短辺が存在しない金属線材の場合、巻き方向も存在しない。

30

【 0 0 5 0 】

なお、内筒 1 2 の外面の先端部及び後端部には、図 1 0 に示すように、押し当て壁 4 0 が形成されている。押し当て壁 4 0 は金属線材 3 0 (図 1 0 に示す例では 3 0 A , 3 0 B , 3 0 C) を内筒 1 2 の外面に巻き付ける際に利用される。金属線材 3 0 を押し当て壁 4 0 に押し当てながら巻き付けていくことで、金属線材 3 0 を隙間なく巻き付けることができる。押し当て壁 4 0 は機械的な切削加工により形成することができる。図 1 0 には押し当て壁 4 0 の高さの一例として 5 mm が示されている。

40

【 0 0 5 1 】

図 1 1 には 2 層巻きの例として 3 つのパターン 2 A , 2 B , 2 C が示されている。パターン 2 A では、円形の金属線材 3 0 A が内筒 1 2 の外面に 2 層に巻き付けられている。2 層目の金属線材 3 0 A は 1 層目の金属線材 3 0 A の真上に重ねて配置されているが、1 層目の 2 つの金属線材 3 0 A , 3 0 A の間に 2 層目の金属線材 3 0 A が配置されるようにしてもよい。パターン 2 B では、1 層目には長辺を横にした偏平円形の金属線材 3 0 C が巻

50

き付けられ、2層目には長辺を縦にした偏平円形の金属線材30Bが巻き付けられている。パターン2Cでは、1層目には長辺を縦にした偏平円形の金属線材30Bが巻き付けられ、2層目には長辺を横にした偏平円形の金属線材30Cが巻き付けられている。

【0052】

図12には3層巻きの例として3つのパターン3A, 3B, 3Cが示されている。パターン3Aでは、円形の金属線材30Aが内筒12の外面に3層に巻き付けられている。2層目と3層目の金属線材30Aは1層目の金属線材30Aの真上に重ねて配置されているが、2層目の金属線材30Aを横にずらし、1層目の2つの金属線材30A, 30Aの間に2層目の金属線材30Aが配置され、2層目の2つの金属線材30A, 30Aの間に3層目の金属線材30Aが配置されるようにしてもよい。パターン2Bでは、1層目と3層目には長辺を横にした偏平円形の金属線材30Cが巻き付けられ、2層目には長辺を縦にした偏平円形の金属線材30Bが巻き付けられている。パターン2Cでは、1層目と3層目には長辺を縦にした偏平円形の金属線材30Bが巻き付けられ、2層目には長辺を横にした偏平円形の金属線材30Cが巻き付けられている。このように巻き方向を層ごとに変えることによって、層間に隙間が生じることを抑えることができる。

10

【実施例】

【0053】

(水耐圧/気密試験)

各実施例及び比較例では、金属線材同士及び金属線材と内筒とを冶金的接合により接合することによって冷却流体流路が封止された燃焼器を製作した。さらに内筒を保持するステンレス製の外筒を機械加工による2分割製法で製作し、燃焼器の外面を外筒で保持した。そして、燃焼器の冷却流体流路中に水を流して2.0MPaの圧力を10分間かけ、圧力の低下が起きるかどうかを観察した。また、併せて封止層の厚みと焼結率についても計測した。

20

【0054】

全ての実施例及び比較例に共通する事項として、燃焼器を構成する内筒は所定の設計形状のものを用いた。外径に代表される内筒のサイズも全ての実施例及び比較例に共通であり、内筒に形成される冷却流体流路の本数や断面形状も全ての実施例及び比較例に共通である。銅合金の円柱材料を機械加工により内筒の設計形状に加工した後、機械加工によりその外面に複数の冷却流体の流路を加工した。流路の形状(特に幅)は内筒の軸方向の位置によって異なり、燃焼室とノズルとの間のくびれ部付近において最も幅が狭くなる。実施例では、くびれ部付近における流路の形状を幅1.2mm、深さ3.0mmとした。

30

【0055】

封止用の金属線材には、内筒が銅合金であることからリン青銅線材を使用した。金属線材の断面形状は円形、角形、或いは楕円形とした。角形の金属線材は長辺と短辺のアスペクト比が10:3のものを用いた。楕円形の金属線材は長辺と短辺のアスペクト比が10:3のものを用いた。

【0056】

拡散接合処理を行った実施例では、水素雰囲気下においてリン青銅線材の拡散温度以上の温度である900をピーク温度として2時間加熱した。ろう接合処理を行った実施例では、ろう材として冷却流体流路が加工された内筒の外面に厚さ10μmのAgめっきを施した。そして、水素雰囲気下においてAgの溶融温度以上の温度である780をピーク温度として1時間加熱した。

40

【0057】

(実施例1)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が0.5mmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0058】

50

(実施例 2)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が1.0mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0059】

(実施例 3)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が1.0mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0060】

(実施例 4)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が0.5mmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0061】

(実施例 5)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が1.0mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0062】

(実施例 6)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が1.0mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0063】

実施例1から実施例6の燃焼器の製造法について、それぞれの詳細と評価結果とを表1に示す。

【0064】

【表1】

	内筒			封止用線材			熱処理条件			評価結果			
	外径	材質	ろう材	材質	断面形状	長辺	巻き方向	温度(°C)	時間(hrs)	雰囲気	封止層厚み	焼結率(%)	水耐圧/気密試験
実施例1	φ226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材(C5212W)	円形	0.5mm	—	900	2	H2	2.5mm	0.88	Good
実施例2	φ226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材(C5213W)	角形	1.0mm	横	900	2	H2	2.0mm	0.93	Good
実施例3	φ226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材(C5214W)	楕円形	1.0mm	横	900	2	H2	2.2mm	0.9	Good
実施例4	φ226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材(C5215W)	円形	0.5mm	—	780	1	H2	3.0mm	0.82	Good
実施例5	φ226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材(C5216W)	角形	1.0mm	横	780	1	H2	2.5mm	0.87	Good
実施例6	φ226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材(C5217W)	楕円形	1.0mm	横	780	1	H2	2.8mm	0.85	Good

【0065】

(実施例 7)

内筒はCu-Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が20μmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を

用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 6 6 】

(実施例 8)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が200 μmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 6 7 】

(実施例 9)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が380 μmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 6 8 】

(実施例 1 0)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が2.0 mmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 6 9 】

(実施例 1 1)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が3.4 mmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 7 0 】

(実施例 1 2)

内筒はCu - Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が5.1 mmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 7 1 】

(実施例 1 3)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が6.6 mmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 7 2 】

(実施例 1 4)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が8.1 mmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 7 3 】

(実施例 1 5)

内筒はCu - Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が9.5 mmのものを使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 7 4 】

実施例7から実施例15の燃焼器の製造法について、それぞれの詳細と評価結果とを表2に示す。

【 0 0 7 5 】

【 表 2 】

	内筒			封止用線材				熱処理条件			評価結果		
	外径	材質	ろう材	材質	断面形状	長辺	巻き方向	温度 (°C)	時間 (hrs)	雰囲気	封止層厚み	焼結率 (%)	水耐圧/気密試験
実施例7	φ 226	Cu-Cr	—	リン青銅線材 (C5218W)	円形	20 μm	—	900	2	H2	2.0mm	0.93	Good
実施例8	φ 226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材 (C5219W)	円形	200 μm	—	780	1	H2	2.5mm	0.91	Good
実施例9	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5220W)	円形	380 μm	—	900	2	H2	2.8mm	0.86	Good
実施例10	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5221W)	円形	2.0mm	—	900	2	H2	3.0mm	0.82	Good
実施例11	φ 226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材 (C5222W)	円形	3.4mm	—	780	1	H2	3.1mm	0.81	Good
実施例12	φ 226	Cu-Cr	—	リン青銅線材 (C5223W)	円形	5.1mm	—	900	2	H2	3.3mm	0.79	Good
実施例13	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5224W)	円形	6.6mm	—	900	2	H2	3.4mm	0.77	Good
実施例14	φ 226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材 (C5225W)	円形	8.1mm	—	780	1	H2	3.5mm	0.76	Good
実施例15	φ 226	Cu-Cr	—	リン青銅線材 (C5226W)	円形	9.5mm	—	900	2	H2	3.6mm	0.75	Good

10

【 0 0 7 6 】

(実施例 1 6)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が30 μmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

20

【 0 0 7 7 】

(実施例 1 7)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が250 μmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

30

【 0 0 7 8 】

(実施例 1 8)

内筒はCu-Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が420 μmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 7 9 】

(実施例 1 9)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が710 μmのものを巻き方向を縦にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

40

【 0 0 8 0 】

(実施例 2 0)

内筒はCu-Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が3.3 mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【 0 0 8 1 】

(実施例 2 1)

50

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が5.0mmのものを巻き方向を縦にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0082】

(実施例22)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が6.4mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0083】

(実施例23)

内筒はCu-Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が7.8mmのものを巻き方向を縦にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0084】

(実施例24)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が角形で長辺が9.3mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0085】

実施例16から実施例24の燃焼器の製造法について、それぞれの詳細と評価結果とを表3に示す。

【0086】

【表3】

	内筒			封止用線材			熱処理条件			評価結果			
	外径	材質	ろう材	材質	断面形状	長辺	巻き方向	温度 (°C)	時間 (hrs)	雰囲気	封止層厚み	焼結率 (%)	水耐圧/気密試験
実施例16	φ226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材 (C5227W)	角形	30μm	横	780	1	H2	1.8mm	0.95	Good
実施例17	φ226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5228W)	角形	250μm	横	900	2	H2	2.3mm	0.92	Good
実施例18	φ226	Cu-Cr	—	リン青銅線材 (C5229W)	角形	420μm	横	900	2	H2	2.7mm	0.87	Good
実施例19	φ226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5230W)	角形	710μm	縦	900	2	H2	3.0mm	0.85	Good
実施例20	φ226	Cu-Cr	—	リン青銅線材 (C5231W)	角形	3.3mm	横	900	2	H2	3.0mm	0.82	Good
実施例21	φ226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材 (C5232W)	角形	5.0mm	縦	780	1	H2	3.1mm	0.8	Good
実施例22	φ226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5233W)	角形	6.4mm	横	900	2	H2	3.2mm	0.79	Good
実施例23	φ226	Cu-Cr	Agめつき	リン青銅線材 (C5234W)	角形	7.8mm	縦	780	1	H2	3.4mm	0.78	Good
実施例24	φ226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5235W)	角形	9.3mm	横	900	2	H2	3.4mm	0.77	Good

【0087】

(実施例25)

内筒はCu-Cr-Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が50μmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0088】

10

20

30

40

50

(実施例 26)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が280 μmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0089】

(実施例 27)

内筒はCu - Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が450 μmのものを巻き方向を縦にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0090】

(実施例 28)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が750 μmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0091】

(実施例 29)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が3.1 mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0092】

(実施例 30)

内筒はCu - Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が4.8 mmのものを巻き方向を縦にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0093】

(実施例 31)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が6.1 mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0094】

(実施例 32)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が7.5 mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0095】

(実施例 33)

内筒はCu - Cr合金で作製した。金属線材は断面形状が楕円形で長辺が9.0 mmのものを巻き方向を縦にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としてはろう接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力の低下は見られなかった。

【0096】

実施例 25 から実施例 33 の燃焼器の製造法について、それぞれの詳細と評価結果とを表 4 に示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 7 】

【 表 4 】

	内筒			封止用線材				熱処理条件			評価結果		
	外径	材質	ろう材	材質	断面形状	長辺	巻き方向	温度 (°C)	時間 (hrs)	雰囲気	封止層厚み	焼結率 (%)	水耐圧/気密試験
実施例25	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5236W)	楕円形	50 μm	横	900	2	H2	1.9mm	0.94	Good
実施例26	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5237W)	楕円形	280 μm	横	900	2	H2	2.4mm	0.91	Good
実施例27	φ 226	Cu-Cr	Agめつき	リン青銅線材 (C5238W)	楕円形	450 μm	縦	780	1	H2	2.8mm	0.86	Good
実施例28	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5239W)	楕円形	750 μm	横	900	2	H2	3.0mm	0.84	Good
実施例29	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5240W)	楕円形	3.1mm	横	900	2	H2	3.1mm	0.81	Good
実施例30	φ 226	Cu-Cr	Agめつき	リン青銅線材 (C5241W)	楕円形	4.8mm	縦	780	1	H2	3.3mm	0.79	Good
実施例31	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5242W)	楕円形	6.1mm	横	900	2	H2	3.3mm	0.78	Good
実施例32	φ 226	Cu-Cr	—	リン青銅線材 (C5243W)	楕円形	7.5mm	横	900	2	H2	3.5mm	0.77	Good
実施例33	φ 226	Cu-Cr-Zr	Agめつき	リン青銅線材 (C5244W)	楕円形	9.0mm	縦	780	1	H2	3.6mm	0.76	Good

10

【 0 0 9 8 】

(比較例 1)

20

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が5 μmのものを使用した。しかし、金属線材を内筒に巻き付ける際のテンションにより金属線材が切れ、内筒に巻き付けることはできなかった。

【 0 0 9 9 】

(比較例 2)

内筒はCu - Cr - Zr合金で作製した。金属線材は断面形状が円形で長辺が12mmのものを巻き方向を横にして使用した。金属線材同士及び金属線材と内筒部材とを接合する方法としては拡散接合を用いた。水耐圧試験後に気密試験を実施した結果、圧力漏れによる圧力の低下が発生した。

30

【 0 1 0 0 】

比較例1及び比較例2の燃焼器の製造法について、それぞれの詳細と評価結果とを表5に示す。

【 0 1 0 1 】

【 表 5 】

	内筒			封止用線材				熱処理条件			評価結果		
	外径	材質	ろう材	材質	断面形状	長辺	巻き方向	温度 (°C)	時間 (hrs)	雰囲気	封止層厚み	焼結率 (%)	水耐圧/気密試験
比較例1	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5246W)	円形	5 μm	—	—	—	—	巻き線時にワイヤー切れ発生	—	—
比較例2	φ 226	Cu-Cr-Zr	—	リン青銅線材 (C5247W)	円形	12mm	—	900	2	H2	11mm	—	漏れ発生

40

【 0 1 0 2 】

(考察)

上記の実施例と比較例より、金属線材の断面形状によらず、また、拡散接合かろう接合かによらず、金属線材の太さは長辺の長さで10 μmから10mmまでの範囲が一つの好ましい範囲であると判断することができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 3 】

2 ロケットエンジン

4 燃焼器

50

6 ノズル

10 燃焼室

12 内筒

14 冷却流体流路

15 連続溝

16 封止層

18 外筒

20, 21 マニホールド

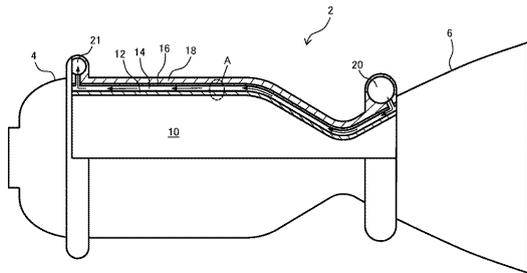
30, 30A, 30B, 30C 金属線材

32, 34, 36 ろう材

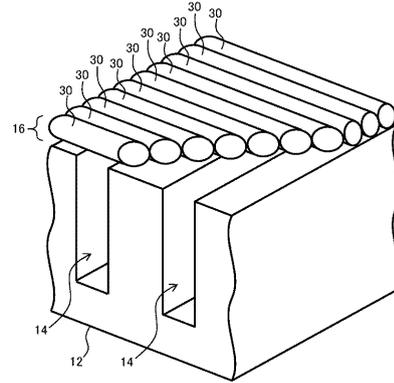
40 押し当て壁

【図面】

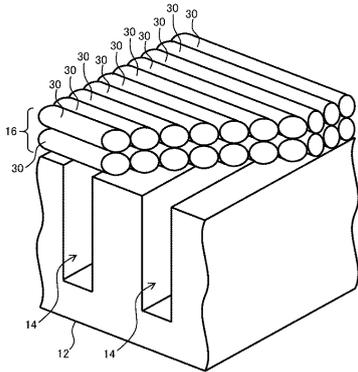
【図1】



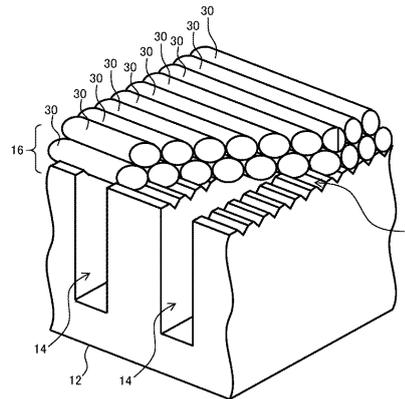
【図2】



【図3】



【図4】



10

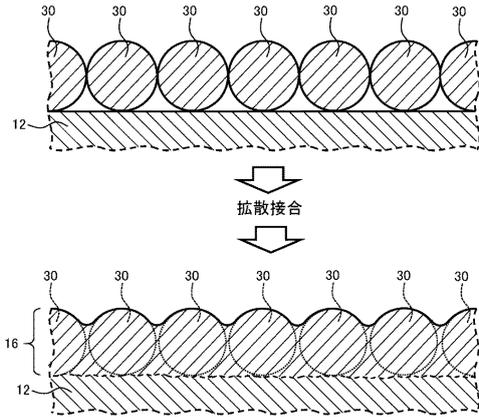
20

30

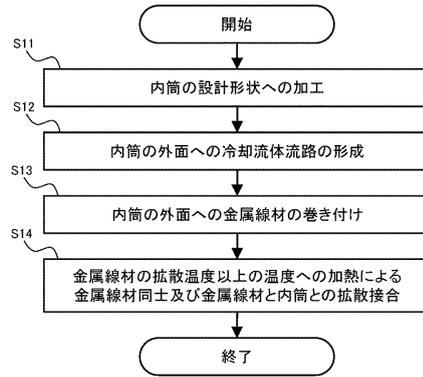
40

50

【図5】

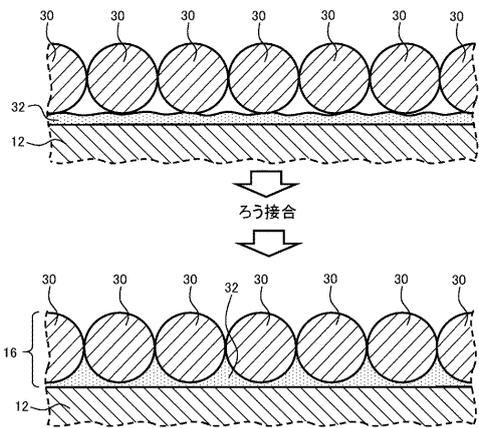


【図6】

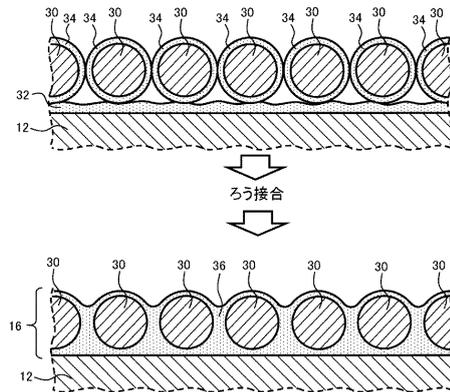


10

【図7】



【図8】



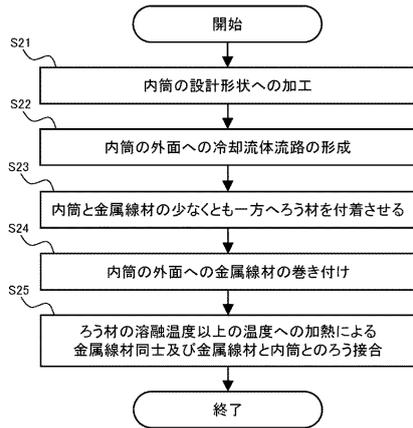
20

30

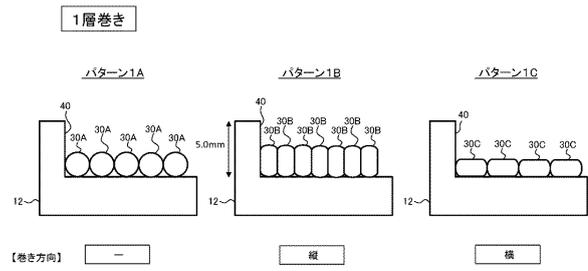
40

50

【図 9】

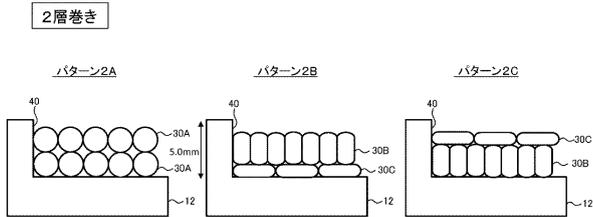


【図 10】

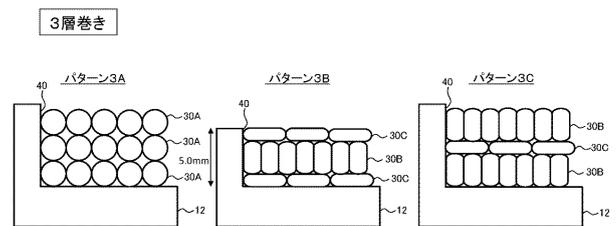


10

【図 11】



【図 12】



20

30

40

50