

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-117482
(P2012-117482A)

(43) 公開日 平成24年6月21日(2012.6.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2F 1/00 (2006.01)	FO2F 1/00 E	3G024
FO2B 77/11 (2006.01)	FO2B 77/11 A	
FO2F 1/24 (2006.01)	FO2F 1/24 C	
FO2F 3/14 (2006.01)	FO2F 1/24 M	
FO2F 3/00 (2006.01)	FO2F 1/00 F	

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-269567 (P2010-269567)
(22) 出願日 平成22年12月2日 (2010.12.2)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100091096
弁理士 平木 祐輔
(74) 代理人 100105463
弁理士 関谷 三男
(74) 代理人 100129861
弁理士 石川 滝治
(72) 発明者 佐藤 貴康
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 竹内 良宜
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

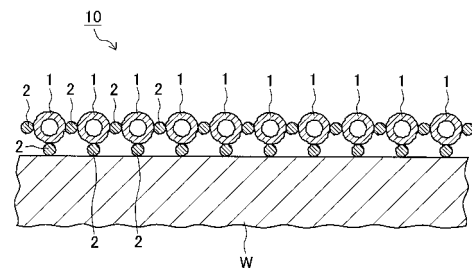
(54) 【発明の名称】 遮熱膜とその形成方法

(57) 【要約】

【課題】 低熱伝導率かつ低熱容量であって、しかも、熱膨張と熱収縮の繰り返しに追従できる変形性能を有するとともに、シリンダブロック等の金属母材の壁面との間で熱変形差に起因する界面剥離の生じ難い遮熱膜と、この遮熱膜を壁面に形成する方法を提供する。

【解決手段】 金属母材の壁面Wに形成される遮熱膜10であって、複数のセラミックス中空粒子1、...が金属相2と点接合することで相互に接合されて遮熱膜10を形成しており、遮熱膜10を形成するセラミックス中空粒子1と壁面Wもそれぞれが金属相2と点接合することで相互に接合されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

金属母材の壁面に形成される遮熱膜であって、
複数のセラミックス中空粒子が金属相と点接合することで相互に接合されて前記遮熱膜を形成しており、

前記遮熱膜を形成するセラミックス中空粒子と前記壁面もそれぞれが金属相と点接合することで相互に接合されている遮熱膜。

【請求項 2】

前記中空粒子が 2 以上の平均粒径の異なるセラミックス中空粒子からなる請求項 1 に記載の遮熱膜。

【請求項 3】

前記セラミックス中空粒子が、アルミナ中空粒子、シリカ中空粒子、アルミナとシリカの複合材からなる中空粒子のいずれか一種もしくは複数からなる請求項 1 または 2 に記載の遮熱膜。

【請求項 4】

前記金属相は、銀、銅、金のいずれか一種のナノ粒子が溶解され、次いで焼結されて形成されたものである請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の遮熱膜。

【請求項 5】

前記壁面が内燃機関の燃焼室に臨む壁面である請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の遮熱膜。

【請求項 6】

少なくとも金属粒と溶剤とからなる金属粒ペーストとセラミックス中空粒子を混合してスラリーを生成し、

金属母材の壁面に前記スラリーを塗布し、少なくとも溶剤の沸点以上の温度で加熱して前記溶剤を揮発させ、さらに少なくとも金属粒の溶融温度以上の温度で加熱することで金属粒を溶融させて複数のセラミックス中空粒子間で溶融金属が焼結してなる金属相を形成し、複数のセラミックス中空粒子が金属相と点接合することで相互に接合されて遮熱膜を形成し、かつ、遮熱膜を形成するセラミックス中空粒子と前記壁面も金属相を介して相互に点接合される遮熱膜の形成方法。

【請求項 7】

2 以上の平均粒径の異なるセラミックス中空粒子を使用する請求項 6 に記載の遮熱膜の形成方法。

【請求項 8】

前記セラミックス中空粒子として、アルミナ中空粒子、シリカ中空粒子、アルミナとシリカの複合材からなる中空粒子のいずれか一種もしくは複数を使用する請求項 6 または 7 に記載の遮熱膜の形成方法。

【請求項 9】

前記金属粒として、銀、銅、金のいずれか一種のナノ粒子を使用する請求項 6 ~ 8 のいずれかに記載の遮熱膜の形成方法。

【請求項 10】

前記壁面が内燃機関の燃焼室に臨む壁面である請求項 6 ~ 9 のいずれかに記載の遮熱膜の形成方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、金属母材の壁面に形成される遮熱膜とその形成方法に係り、たとえば内燃機関の燃焼室に臨む壁面の一部もしくは全部に形成される遮熱膜とその形成方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

10

20

30

40

50

ガソリンエンジンやディーゼルエンジン等の内燃機関は、主にエンジンブロックとシリンダヘッドから構成されており、その燃焼室は、シリンダブロックのボア面と、このボアに組み込まれたピストン頂面と、シリンダヘッドの底面と、シリンダヘッド内に配設された吸入および排気バルブの頂面から画成されている。昨今の内燃機関に要求される高出力化にともなってその冷却損失を低減することが重要になってくるが、この冷却損失を低減する方策の一つとして、燃焼室の内壁にセラミックスからなる遮熱膜を形成する方法を挙げることができる。

【0003】

しかし、上記するセラミックスは一般に低い熱伝導率を有し、かつ高い熱容量を有することから、定常的な表面温度上昇による吸気効率の低下やノッキング（燃焼室内に熱が籠ることに起因する異常燃焼）が発生するために燃焼室の内壁への被膜素材として普及していないのが現状である。

10

【0004】

このことから、燃焼室の壁面に形成される遮熱膜は、耐熱性と断熱性は勿論のこと、低熱伝導率と低熱容量の素材から形成されるのが望ましい。さらに、この低熱伝導率および低熱容量であることに加えて、燃焼室内での燃焼時の爆発圧や噴射圧、熱膨張と熱収縮の繰り返しに追従できる変形性能を有する被膜であること、およびシリンダブロック等の母材との間で熱変形量に起因する界面剥離の生じ難い被膜であることが望ましい。

【0005】

ここで、従来の特許技術に目を転じるに、特許文献1, 2には、内燃機関の燃焼室を形成する母材よりも低い熱伝導率を有し、かつ母材と同等もしくは母材よりも低い熱容量を有する材料の内部に気泡が形成された断熱用薄膜を有する内燃機関が開示されている。

20

【0006】

上記する特許文献1, 2には内燃機関の燃焼室の内壁に低熱伝導率で低熱容量の被膜を形成する技術が開示されており、上記するように性能に優れた断熱膜（遮熱膜）となり得る。

【0007】

しかし、これらの断熱膜構造は、セラミックス等からなる断熱材の内部に気泡が形成されたものであることから、断熱膜に良好な変形性能を期待し難く、この断熱膜が燃焼室内での熱膨張と熱収縮の繰り返し応力を受ける過程で熱疲労による損傷が齎され、さらには、アルミ母材の基材との間で熱変形差が大きくなり易く、断熱膜と基材の界面で剥離が生じ易いという課題が生じ得る。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2009-243352号公報

【特許文献2】特開2009-243355号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は上記する問題に鑑みてなされたものであり、低熱伝導率かつ低熱容量であって、しかも、熱膨張と熱収縮の繰り返しに追従できる変形性能を有するとともに、シリンダブロック等の金属母材の壁面との間で熱変形差に起因する界面剥離の生じ難い遮熱膜と、この遮熱膜を壁面に形成する方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記目的を達成すべく、本発明による遮熱膜は、金属母材の壁面に形成される遮熱膜であって、複数のセラミックス中空粒子が金属相と点接合することで相互に接合されて前記遮熱膜を形成しており、前記遮熱膜を形成するセラミックス中空粒子と前記壁面もそれぞれが金属相と点接合することで相互に接合されているものである。

50

【0011】

本発明の遮熱膜が形成される壁面の母材金属は、たとえばアルミニウムや、銅、チタン、ニッケル、銅やそれらの合金からなり、この壁面用途としては、内燃機関の燃焼室に臨む壁面のほか、車両の吸排気ラインを構成する壁面、タービンブレードを構成する壁面、内燃機関や家屋、スペースシャトル等を収容するハウジングの外壁など、低熱伝導率と低熱容量が要求される様々な用途壁面を挙げることができる。そして、この遮熱膜が内燃機関に適用される場合において、この内燃機関はガソリンエンジンやディーゼルエンジンのいずれを対象としたものであってもよいし、さらにこの遮熱膜は、内燃機関の燃焼室を構成するシリンダブロックのボア面、このボアに組み込まれたピストン頂面、シリンダヘッドの底面、シリンダヘッド内に配設された吸入および排気バルブの頂面のすべての壁面に適用されてもよいし、そのうちのいずれか一つもしくは複数に適用されてもよい。

10

【0012】

また、セラミックス中空粒子としては、アルミナ中空粒子やシリカ中空粒子、アルミナとシリカの複合材（双方の粒子の結合材）からなる中空粒子などを挙げることができる。さらに、この遮熱膜は、中空粒子同士が金属相を介して層状に形成されるものであり、この1層の厚みが中空粒子の平均粒径で規定される場合に、複数の中空粒子からなる1層の遮熱膜であってもよいし、2層以上からなる遮熱膜（各層を構成する中空粒子の平均粒径の合計が遮熱膜の厚みとなる）であってもよい。

【0013】

また、使用されるセラミックス中空粒子としては、1種類の平均粒径のセラミックス中空粒子を使用して遮熱膜を形成してもよいし、2以上の平均粒径の異なるセラミックス中空粒子を使用して遮熱膜を形成してもよい。さらに後者の実施の形態においては、相対的に大径のセラミックス中空粒子からなる層が壁面に直接接合される形態であってもよいし、逆に相対的に小径のセラミックス中空粒子からなる層が壁面に直接接合される形態であってもよい。

20

【0014】

ここで、「複数のセラミックス中空粒子が金属相と点接合する」とは、セラミックス中空粒子同士を中空粒子の粒径よりも幅の狭い金属相で接合することを意味している。これは、たとえば金属粒を溶解させ、次いで焼結させることで熔融金属がセラミックス中空粒子間で毛細管現象によって縮まりながらセラミックス中空粒子に対して相対的に小さな相をなして周囲のセラミックス中空粒子と接合し、この際にセラミックス中空粒子が相対的に幅狭な金属相と接合（点接合）することになる。

30

【0015】

この金属相は、銀、銅、金のいずれか一種のナノ粒子が溶解され、次いで焼結されて形成されてなるものが好ましい。

【0016】

金属粒の溶解に際しては、その粒径が小さくなるほど低温度でそれを溶解できること（たとえば銀の場合には、300nm程度のナノ粒子とすることで本来の融点：1000程度のものを500程度の比較的低温で溶解することができる）と、逆に小さすぎるとはナノ粒子自体の製造困難性を来たすことなどから、たとえば数十nm～数百nm程度の範囲の平均粒径の金属粒を使用するのが好ましい。そして、上で挙げた金属素材は、ナノ粒子を形成できることと酸化され難いことからその適用が好ましいと言える。

40

【0017】

上記する本発明の遮熱膜によれば、これがセラミックス中空粒子からなる薄膜であることから低熱伝導率かつ低熱容量の遮熱膜となる。さらに、セラミックス中空粒子に比して相対的に小さな金属相でセラミックス中空粒子同士が点接合されていることにより、その膜構造は変形性能（可撓性）に優れた構造となる。

【0018】

この膜構造に起因する変形性能に関しては、上記する特許文献1, 2で開示されるセラミックス等からなる断熱材の内部に気泡が形成された断熱膜と構造比較すると理解が容易

50

となる。すなわち、特許文献 1, 2 で開示されるセラミックス膜の場合にはその内部構造が当該セラミックスによって剛なブロック構造を形成している。このため、この断熱膜に対して比較的低い外圧が作用した場合にはそのブロック構造を保持できるものの、断熱膜が変形されるような比較的高い外圧が作用した場合には変形性能が低いために膜内部に亀裂が生じ易くなってしまふ。

【0019】

さらに、この断熱膜が形成される金属母材からなる壁面は金属ゆえに大きく熱膨張や熱収縮することになるが、この壁面の熱変形の際に、変形性能の低い断熱膜ではこの壁面の熱変形に追従することができず、壁面と断熱膜の間の界面で剥離が生じ易くなり、接着性の低下に起因して耐久性の低い断熱膜構造となってしまう。

10

【0020】

これに対し、本発明の遮熱膜では、セラミックス中空粒子同士が金属相で点接合されていることから、セラミックス中空粒子と金属相が強固に点接合されながら、この点接合を形成する金属相自体の変形性能が高いことに加えて、遮熱膜全体としての構造も変形性能に富む柔な網構造を形成している。そのため、遮熱膜に対してこれを変形させるだけの高い外圧が作用した場合でも容易に変形してその内部に亀裂等が生じることもないし、金属母材の壁面の大きな熱変形にも容易に追従できることから界面剥離の問題も生じ難く、耐久性の高い壁面と遮熱膜とからなる遮熱膜構造を形成できるのである。

【0021】

本発明者等の検証によれば、上記する遮熱膜を内燃機関の燃焼室を構成する壁面に適用することで、たとえば乗用車用の小型過給直接噴射ディーゼルエンジンであって、機関回転数が 2100 rpm、平均有効圧力が 1.6 MPa 相当の燃費最良点において、最大 5% の燃費向上が得られることが見積もられている。この 5% の燃費向上というのは、実験の際に、計測誤差として埋もれることなく、明らかに有意な差として燃費向上が証明できる値であり、遮熱膜の表面温度が 260 から 220 へ 40 低下する際の時間がおよそ 45 msec の場合にこれが燃費 5% 向上に相当するとされている。

20

【0022】

本発明者等によれば、上記する本発明の遮熱膜を内燃機関の燃焼室を構成する壁面に適用することで、燃費 5% 向上に相当する 40 降下時間：45 msec よりも短い 39 msec が得られることが実証されており、このことは、従来構造の内燃機関に比して 5% 以上の燃費向上を図れることを示すものである。

30

【0023】

また、本発明は遮熱膜の形成方法にも及ぶものであり、この遮熱膜の形成方法は、少なくとも金属粒と溶剤とからなる金属粒ペーストとセラミックス中空粒子を混合してスラリーを生成し、金属母材の壁面に前記スラリーを塗布し、少なくとも溶剤の沸点以上の温度で加熱して前記溶剤を揮発させ、さらに少なくとも金属粒の溶融温度以上の温度で加熱することで金属粒を溶融させて複数のセラミックス中空粒子間で溶融金属が焼結してなる金属相を形成し、複数のセラミックス中空粒子が金属相と点接合することで相互に接合されて遮熱膜を形成し、かつ、遮熱膜を形成するセラミックス中空粒子と前記壁面も金属相を介して相互に点接合されるものである。

40

【0024】

使用されるセラミックス中空粒子としては、既述するように、アルミナ中空粒子、シリカ中空粒子、アルミナとシリカの複合材からなる中空粒子のいずれか一種もしくは複数を使用することができる。この中空粒子の作製方法は特に限定されるものでないが、たとえば回転チャンパー内に数十 μm 程度の平均粒径のポリマー粉体とサブミクロン以下のセラミックス粉体を入れて回転チャンパーを高速回転させることでポリマー粉体表面に可及的に均一な厚みでセラミックス粉体がコーティングされた複合粒子を製造する。次いで、この複合粒子をたとえば 1000 以上で焼成して複合粒子を構成するポリマー粉体を熱分解（ガス化）することで、セラミックス中空粒子を製造することができる。この製造方法において、ポリマー粉体の粒径を調整することによってセラミックス中空粒子の粒径を所

50

望に制御することができる。また、セラミックス中空粒子がアルミナとシリカの複合材からなる中空粒子の場合は、上記回転チャンパー内にアルミナとシリカを入れてポリマー粉体表面にコーティングさせ、焼成することでこれらが結合した複合材からなるセラミックス中空粒子を製造することができる。

【0025】

また、スラリーを形成する溶剤種によってその沸点は相違し、たとえば溶剤として水を使用する場合は100、モノイソブチレート系溶剤を使用する場合は250程度で最初の加熱処理がおこなわれる。

【0026】

さらに、金属粒として銀等のナノ粒子を使用する場合にはその溶融温度が既述するように500程度となることから、銀ナノ粒子を使用する場合には溶剤揮発後にさらに高い500以上の温度で加熱処理することによって銀ナノ粒子をセラミックス中空粒子間で溶融させる。セラミックス中空粒子間で溶融した銀ナノ粒子は毛細管現象によって縮まりながらセラミックス中空粒子に対して相対的に小さな金属相をなして焼結し、セラミックス中空粒子と点接合されることで遮熱膜が形成される。

10

【0027】

そして、この遮熱膜の形成と同時に該遮熱膜を構成する各セラミックス中空粒子と壁面の間においても同様に溶融した銀ナノ粒子が毛細管現象によって縮まりながら金属相をなして、これらが点接合される。さらに、セラミックス中空粒子と壁面も金属相を介して相互に点接合されることにより、接合強度が高く、かつ変形性能に優れた接続構造が形成される。

20

【発明の効果】

【0028】

以上の説明から理解できるように、本発明の遮熱膜とその形成方法によれば、この遮熱膜が複数のセラミックス中空粒子が金属相と点接合することで相互に接合されて形成されるとともに、遮熱膜を形成するセラミックス中空粒子と壁面もそれぞれが金属相と点接合して相互に接合されていることで、低熱伝導率かつ低熱容量であって、しかも変形性能に優れた遮熱膜が、高い接続強度を有し、かつ変形性能に優れた接続構造を介して金属母材の壁面と接合された遮熱膜構造を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0029】

【図1】金属母材の壁面に形成される遮熱膜の一実施の形態の縦断面図である。

【図2】金属母材の壁面に形成される遮熱膜の他の実施の形態の縦断面図である。

【図3】(a)、(b)、(c)はともに、金属母材の壁面に形成される遮熱膜のさらに他の実施の形態の縦断面図である。

【図4】壁面の熱変形と、この熱変形に追随する遮熱膜の変形態様を説明した模式図である。

【図5】(a)、(b)、(c)の順で本発明の遮熱膜の形成方法を説明したフロー図である。

【図6】遮熱膜が内燃機関の燃焼室に臨む壁面に適用された実施例を示す縦断面図である。

40

【図7】(a)は冷却試験の概要を説明する模式図であり、(b)は冷却試験結果に基づく冷却曲線とこれから割り出される40降下時間を示す図である。

【図8】冷却試験によって特定された、従来構造の遮熱膜(比較例)と本発明の遮熱膜(実施例)の40降下時間を示すグラフである。

【図9】壁面に形成された遮熱膜のSEM写真図である。

【図10】(a)は図9のSEM写真図におけるAg組成像を示す写真図であり、(b)はAl組成像を示す写真図であり、(c)はSi組成像を示す写真図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

50

以下、図面を参照して本発明の遮熱膜とその形成方法の実施の形態を説明する。なお、図示する遮熱膜が適用される実施例は内燃機関の燃焼室に臨む壁面であるが、遮熱膜が適用される壁面用途としては、この燃焼室に臨む壁面のほかに、車両の吸排気ラインを構成する壁面、タービンブレードを構成する壁面、内燃機関や家屋、スペースシャトル等を収容するハウジングの外壁など、低熱伝導率と低熱容量が要求される様々な用途壁面を挙げることができる。

【0031】

図1、図2、図3 a ~ c はいずれも金属母材の壁面に形成される本発明の遮熱膜の実施の形態を示す縦断面図である。

【0032】

図1で示す遮熱膜10は、複数のセラミックス中空粒子1, ... がそれぞれ金属相2と点接合し、この金属相2を介してセラミックス中空粒子1, ... が相互に接合されて1層の遮熱膜10を形成しており、セラミックス中空粒子1, ... のそれぞれはさらに、金属相2を介して壁面Wと点接合している。

【0033】

この「点接合」とは、図からも明らかなように、セラミックス中空粒子1の寸法に比して幅狭で小さな金属相2がセラミックス中空粒子1と接合していることを示称するものである。

【0034】

ここで使用されるセラミックス中空粒子1, ... はいずれも粒径が同程度であり、かつ同素材のセラミックスから形成されている。

【0035】

セラミックス中空粒子1のセラミックス素材としては、アルミナやシリカ、アルミナとシリカの複合材(双方の粒子の結合材)などを挙げることができる。

【0036】

また、金属相2は、銀、銅、金のいずれか一種のナノ粒子(数十nm~数百nm程度の範囲の平均粒径の金属粒)が溶解され、次いで焼結されて形成されたものであり、金属ナノ粒子がセラミックス中空粒子1, 1間で溶融し、焼結する過程で毛細管現象によって縮みながら固まることによって図示例のような点接合を形成することになる。

【0037】

また、壁面を構成する母材金属は、たとえばアルミニウムや、鋼、チタン、ニッケル、銅やそれらの合金からなり、この壁面用途として内燃機関の燃焼室に臨む壁面を挙げることができる。

【0038】

図1で示す遮熱膜10は、複数のセラミックス中空粒子1, ... がそれぞれ金属相2と強固に点接合されており、かつ、遮熱膜10の構造が網状構造を呈している。したがって、低熱伝導率かつ低熱容量であることに加えて、その網状構造によって齎される変形性能と接合部をなす金属相2自体の変形性能が相俟って、変形性能に優れた遮熱膜10となっている。

【0039】

さらに、遮熱膜10を構成するセラミックス中空粒子1と壁面Wも同様に金属相2との点接合によって相互に接合されていることから、接合界面は高い接合強度と優れた変形性能を有している。

【0040】

一方、図2で示す遮熱膜10Aは、粒子径も同程度で同素材のセラミックスからなる中空粒子1, ... が金属相2と点接合して2層構造をなす遮熱膜である。

【0041】

図1で示す遮熱膜10と比較して2層構造であることから、金属相2による点接合箇所の一部に不具合が生じた場合でも遮熱膜10Aとしての断熱性能を担保できるというメリットを有している。なお、本発明者等によれば、3層以上の遮熱膜を形成したとしてもそ

10

20

30

40

50

の断熱性能が大きく向上しないことも特定されており、このことと材料コストや遮熱膜の形成効率等を総合勘案すれば、遮熱膜 10, 10A のように 1 層構造もしくは 2 層構造の遮熱膜が好ましいと言える。

【0042】

一方、図 3 a で示す遮熱膜 10B は、粒径の異なる複数種類のセラミックス中空粒子 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e を使用して形成された遮熱膜である。

【0043】

また、図 3 b で示す遮熱膜 10C は、相対的に大径のセラミックス中空粒子 1 a からなる層を壁面 W に直接接合させ、この層の上に相対的に小径のセラミックス中空粒子 1 b からなる層を接合してなる 2 層構造の遮熱膜である。

10

【0044】

さらに、図 3 c で示す遮熱膜 10D は遮熱膜 10C と逆の構造であり、相対的に小径のセラミックス中空粒子 1 b からなる層を壁面 W に直接接合させ、この層の上に相対的に大径のセラミックス中空粒子 1 a からなる層を接合してなる 2 層構造の遮熱膜である。

【0045】

上記いずれの形態の遮熱膜であっても、その構造は網状構造を呈し、金属相 2 との点接合を介して強固かつ変形性能に富む態様で壁面 W と接合されている。

【0046】

図 4 は、壁面の熱変形と、この熱変形に追従する遮熱膜の変形態様を説明した模式図である。

20

【0047】

既述するように、遮熱膜 10A はセラミックス中空粒子 1, ... がそれぞれ金属相 2 と強固に点接合されて網状構造を呈していることから、金属母材の壁面 W が大きく熱膨張 (X1 方向) や熱収縮 (X2 方向) した場合であっても、界面の点接合をなす金属相 2 が変形し (Y1 方向、Y2 方向)、さらには、遮熱膜 10A を構成するセラミックス中空粒子 1, 1 間の金属相 2 が同様に変形することで (Y1 方向、Y2 方向)、自身に亀裂等を生じさせることなく壁面 W の熱変形に追従することができる。

【0048】

このことから、壁面 W の熱変形が激しい内燃機関の燃焼室においても、その壁面に形成された遮熱膜と壁面との界面剥離も生じ難くなり、高耐久な遮熱膜構造となる。

30

【0049】

次に、図 5 を参照して本発明の遮熱膜の形成方法を概説する。図 5 は、図 5 a, b, c の順で遮熱膜の形成方法のフロー図となっている。なお、ここでは、金属粒として Ag ナノ粒子を使用し、セラミックス中空粒子として Al_2O_3 と SiO_2 の複合材を使用する場合を取り上げる。

【0050】

まず、図 5 a で示すように、容器 K 内に Al_2O_3 と SiO_2 の複合材からなるセラミックス中空粒子 1 と、Ag ナノ粒子 (平均粒径が 300 nm 程度)、ガラスフリット、セルロース系樹脂、モノイソブチレート系溶剤からなる Ag ペースト P を投入し、十分に攪拌することにより、図 5 b で示すように Al_2O_3 と SiO_2 の複合材からなる中空粒子 1 の周りに Ag ペースト P が付着してなるスラリー S が生成される。

40

【0051】

なお、容器 K 内に投入される Al_2O_3 と SiO_2 の複合材からなるセラミックス中空粒子 1 の製作方法は次のとおりである。すなわち、不図示の回転チャンバー内に数十 μm 程度の平均粒径のポリマー粉体とサブミクロン以下の Al_2O_3 粉体および SiO_2 粉体を入れて回転チャンバーを高速回転させることにより、ポリマー粉体表面に可及的均一な厚みで Al_2O_3 粉体や SiO_2 粉体がコーティングされた複合粒子を製造する。次いで、この複合粒子をたとえば 1000 以上で焼成して複合粒子を構成するポリマー粉体を熱分解 (ガス化) することで、 Al_2O_3 と SiO_2 が結合してなる複合材からなる中空粒子を製造することができる。

50

【0052】

生成されたスラリーSを図5cの上図のように壁面Wに塗工し、次いで、モノイソブチレート系溶剤の沸点である250 程度以上の温度で加熱処理する。

【0053】

この加熱処理によって溶剤が揮発すると、図3cの中図で示すように中空粒子1の周囲でペーストPが凝縮する。

【0054】

さらに、Agナノ粒子の融点である500 程度以上の温度で加熱処理することによって、溶剤の揮発が進展するとともに、中空粒子1, 1間や中空粒子1と壁面W間では溶融したAgが毛細管現象によって縮みながら焼結していき、図3cの下図で示すように点接合をなす金属相2を形成して中空粒子1, 1同士を接合し、かつ中空粒子1と壁面Wを接合する。

10

【0055】

図6は、このような形成方法を経て形成された遮熱膜が内燃機関の燃焼室に臨む壁面に適用された実施例を示す縦断面図である。

【0056】

図示する内燃機関Nは、ディーゼルエンジンをその対象としたものであり、その内部に冷却水ジャケットJが形成されたシリンダブロックSBと、シリンダブロックSB上に配設されたシリンダヘッドSHと、シリンダヘッドSH内に画成された吸気ポートKPおよび排気ポートHPとそれらが燃焼室NSに臨む開口に昇降自在に装着された吸気バルブKVおよび排気バルブHVと、シリンダブロックSBの下方開口から昇降自在に形成されたピストンPSから大略構成されている。なお、本発明の内燃機関がガソリンエンジンを対象としたものであってもよいことは勿論のことである。

20

【0057】

この内燃機関Nを構成する各構成部材はともにアルミニウムもしくはその合金から形成されている。なお、構成部材がアルミニウムもしくはその合金以外の素材で形成され、かつ、構成部材の表面がアルミニウムもしくはその合金にてアルミ化されている形態であってもよい。

【0058】

また、内燃機関Nの各構成部材で画成された燃焼室NS内には、それらが燃焼室NSに臨む壁面(シリンダボア面SB'、シリンダヘッド底面SH'、ピストン頂面PS'、バルブ頂面KV', HV')において、所定の厚みを有した図2で示す遮熱膜10Aが形成されている。

30

【0059】

内燃機関Nの燃焼室NSに臨む壁面に遮熱膜10Aが形成されていることから、この遮熱膜構造は高耐久で断熱性に優れており、さらには、燃焼室NS内のガス温度に遮熱膜10Aの温度が追従する、いわゆるスイング特性を有するものとなっている。

【0060】

[冷却試験とその結果]

本発明者等は、冷却試験を実施して、本発明の遮熱膜が形成された内燃機関による燃費向上を確認する実験をおこなった。この冷却試験の概要は、図7aで示すように、片面のみに遮熱膜を施したテストピースTPを用い、背面(遮熱膜を施していない面)を750 の高温噴射で加熱して(図中のHeat)テストピースTPの全体を250 程度に安定させ、予め所定の流速で室温噴流を流しておいたノズルをリニアモーターでテストピースTPの正面(遮熱膜を施している面)に移動させて冷却を開始する(25 の冷却エア(図中のAir)を提供するものであり、この際に背面の高温噴射は継続する)。テストピースTPの遮熱膜表面の温度をその外部にある放射温度計で測定し、その冷却時の温度低下を測定して、図7bで示す冷却曲線を作成する。この冷却試験は燃焼室内壁の吸気行程を模擬した試験方法であり、加熱された遮熱膜表面の冷却速度を評価するものである。なお、低熱伝導率で低熱容量の遮熱膜の場合には急冷速度が速くなる傾向を示す。

40

50

【0061】

作成された冷却曲線から40 低下するのに要する時間を読み取り、40 降下時間として被膜の熱特性を評価する。本発明者等によれば、実験の際に、計測誤差として埋もれることなく燃費向上率を明確に証明でき、かつ、排気ガス温度の上昇によってNO_x低減触媒の暖気時間を短縮し、NO_x低減を実現できる値として燃費向上率5%を満たす260 から220 までの40 降下時間として45 msecが特定されており(500 スイング特性)、この40 降下時間が45 msec以下となれば燃費向上率が5%以上となる。

【0062】

本実験では、特許文献1, 2で開示される従来構造の遮熱膜(比較例)と本発明の遮熱膜(実施例)を作製してそれぞれに冷却試験をおこない、それぞれの40 降下時間を測定した。測定結果を図8に示している。

10

【0063】

同図より、比較例の40 降下時間が50 msecで燃費向上率が5%を達成できないのに対して、実施例は39 msecと45 msecを大きく下回っており、燃費向上率5%以上を達成できることが実証されている。

【0064】

さらに、本発明者等は壁面上において、Al₂O₃とSiO₂が結合してなる複合材からなる中空粒子が、銀ナノ粒子が溶解され、焼結されてできた金属相で点接合されてなる遮熱膜のSEM画像を撮像し、その全体写真図に加えて、金属組成像を確認した。図9は、壁面に形成された遮熱膜のSEM写真図であり、図10aは図9のSEM写真図におけるAg組成像を示す写真図であり、図10bはAl組成像を示す写真図であり、図10cはSi組成像を示す写真図である。

20

【0065】

各図より、セラミックス中空粒子が金属相と点接合することで相互に接合されて層状に遮熱膜が形成されていること、遮熱膜を形成するセラミックス中空粒子と壁面もそれぞれが金属相と点接合することで相互に接合されていることが確認できる。

【0066】

以上、本発明の実施の形態を図面を用いて詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があったとしても、それらは本発明に含まれるものである。

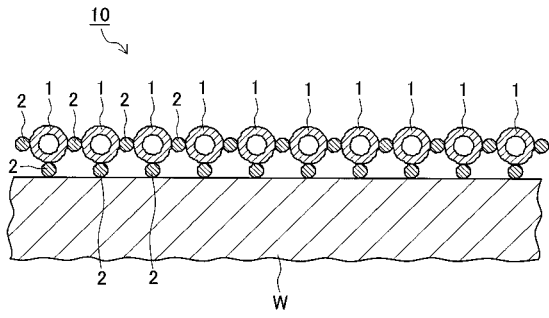
30

【符号の説明】

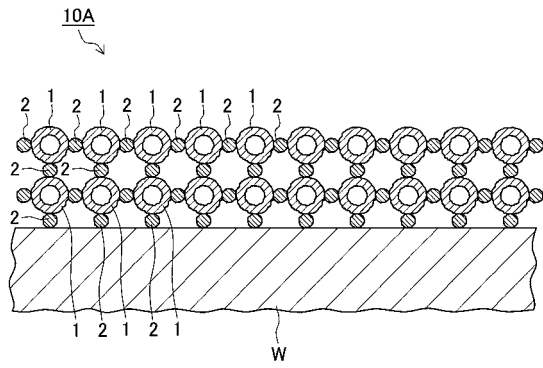
【0067】

1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e...セラミックス中空粒子、2...金属相、10, 10A, 10B, 10C, 10D...遮熱膜、W...壁面、P...ペースト、S...スラリー

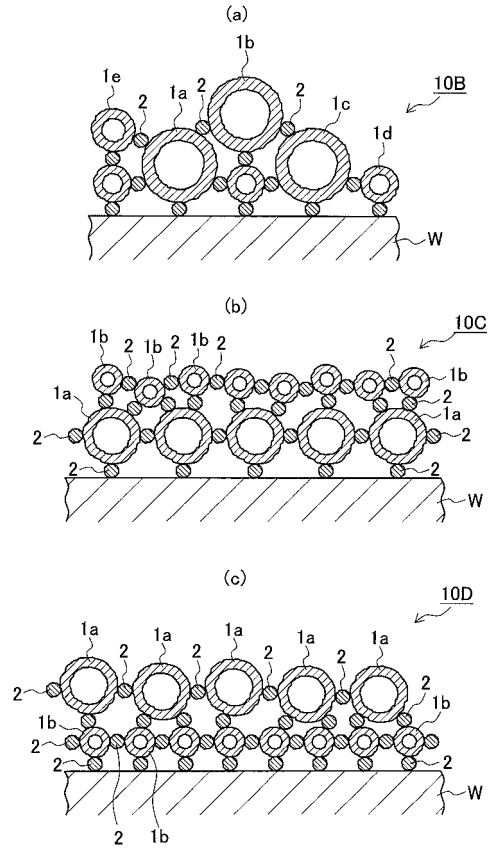
【 図 1 】



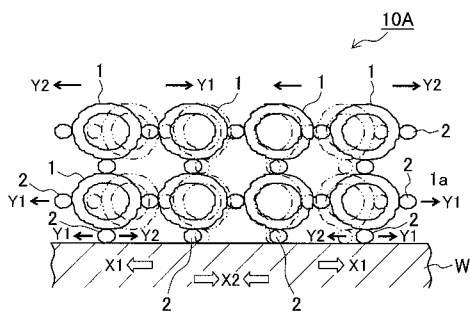
【 図 2 】



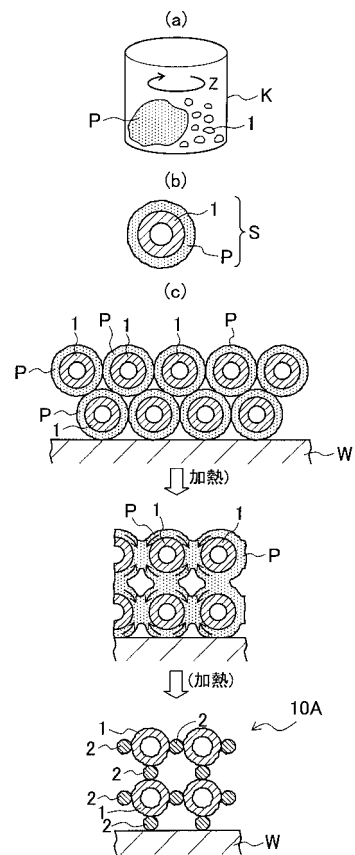
【 図 3 】



【 図 4 】

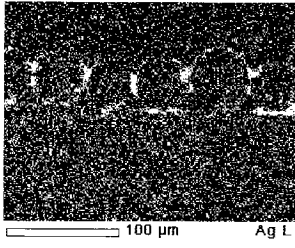


【 図 5 】

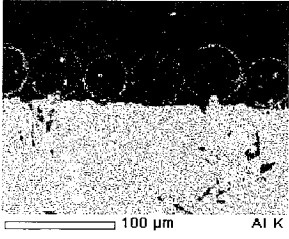


【 図 1 0 】

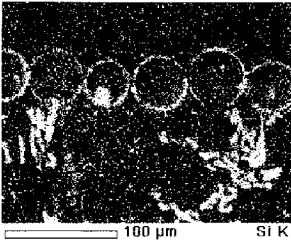
(a)



(b)



(c)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 F 3/10 (2006.01)	F 0 2 F 3/14	
	F 0 2 F 3/00	3 0 2 A
	F 0 2 F 3/10	B

(72)発明者 宇都宮 猛
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
Fターム(参考) 3G024 AA02 AA31 FA10 GA18 HA10 HA11