

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 登録実用新案公報(U)

(11) 実用新案登録番号

実用新案登録第3136873号
(U3136873)

(45) 発行日 平成19年11月8日(2007.11.8)

(24) 登録日 平成19年10月17日(2007.10.17)

(51) Int. Cl. F I
DO4H 1/42 (2006.01) DO4H 1/42 A
DO1F 9/10 (2006.01) DO1F 9/10 A
F27D 1/00 (2006.01) F27D 1/00 D
F27D 17/00 (2006.01) F27D 17/00 I O I Z

評価書の請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 実願2007-6264 (U2007-6264)
 (22) 出願日 平成19年8月14日(2007.8.14)

実用新案法第11条において準用する特許法第30条第1項適用申請有り 工業加熱 第44巻第4号 社団法人 日本工業炉協会平成19年7月15日発行

(73) 実用新案権者 500509564
 株式会社サン・フロンティア・テクノロジー
 宮城県仙台市太白区茂庭台2丁目6番8号
 (73) 実用新案権者 391030099
 株式会社旭製作所
 埼玉県岩槻市大字掛7915番地
 (73) 実用新案権者 594046282
 新潟ファーネス工業株式会社
 新潟県新潟市上所2丁目9番10号
 (74) 代理人 100108176
 弁理士 白木 大太郎

最終頁に続く

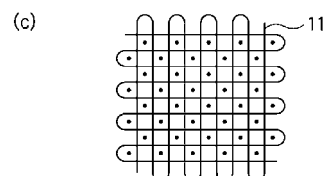
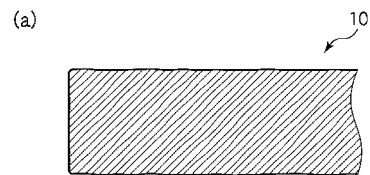
(54) 【考案の名称】 高温ガス顕熱回収マット

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 工業用炉に適用するのに特に適し、その適用により工業用炉の省エネルギー化を達成できる高温ガス顕熱回収マットを提供する。

【解決手段】 高温ガス顕熱回収用マット10を、SiC系繊維11を厚み：5～10mm、容積空隙率：90～95%、通気抵抗による圧力損失：50～200Paとなるようにマット状に堆積又は編み上げてなるものとする。高温ガス顕熱回収用マットは工業用炉の熱フィルター又は熱レフレクターとして使用され、20～40%の大きな省エネルギーを達成できる。

【選択図】 図1



【実用新案登録請求の範囲】**【請求項1】**

S i - C系繊維を、厚み：5 ~ 10 mm、容積空隙率：90 ~ 95 %、通気抵抗による圧力損失：50 ~ 200 Paとなるように堆積又は編み上げてなる高温ガス顕熱自己回収マット。

【請求項2】

熱フィルター又は熱レфлекターとして使用される請求項1記載の高温ガス顕熱自己回収マット。

【請求項3】

少なくとも表裏面のうち1面が耐熱性の金網により覆われてなる請求項1 ~ 2のいずれかに記載の高温ガス顕熱回収マット。 10

【考案の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本考案は、各種加熱炉から排出される高温ガスの顕熱を効率的に炉内において自己回収するために用いる高温ガス顕熱回収マットに関する。

【背景技術】**【0002】**

工業加熱炉における最も顕著な熱損失は、高温排ガスにより系外に持ち出される顕熱によるものである。この高温排ガスの顕熱を炉内において直接回収し、炉内に還元できれば、理想的な省エネルギー炉を構築することができる。高温ガスを通過させ、その顕熱を渡し取り、炉内に向けて放射する機能を有する熱フィルターに関する伝熱工学的理論計算が非特許文献1に発表され、その実現により数10%に達する燃料消費量の節約が可能ながことが示唆されている。また、特許文献1には、「加熱炉内に於ける被加熱物体と燃焼ガス排出口との間に金網等の適度の通気性を有する熱回収物体を配置し、該熱回収物体に燃焼ガスの持つ熱量を吸収せしめ、高温にされた熱回収物体からの放射熱をも被加熱物の加熱に利用する方法。」が開示されている。 20

【0003】

また、特許文献2には、炉壁が耐火レンガにより形成され炉内の被加熱物を輻射熱により加熱する加熱炉において、前記炉壁のうち少なくとも内壁側が黒色顔料を混入した耐火レンガにより形成することによって、従来の加熱炉に比べて、燃焼排ガス温度を低下させ、被加熱物の昇温速度を向上することができることが記載されている。 30

【0004】

【特許文献1】特公昭55-25353号公報

【特許文献2】特開平8-210782号公報

【非特許文献1】越後亮三：「ガスエンタルピーと輻射エネルギー間の効果的転換方法と工業炉への応用」日本機械学会論文誌（B編）45巻（1982）p.2315 - 2323

【考案の開示】**【考案が解決しようとする課題】****【0005】**

これらの手段により、加熱炉から排出される高温ガスの顕熱を効率的に炉内において自己回収して炉内に還元し、省エネルギー効果を得ることが期待される。しかしながら、現実の工業用炉において、上記手段を実現するためには、多くの工学的問題を解決しなければならない。例えば、特許文献1に記載のように金網を用いる場合には、工業的に安定して操業できるレベルに達せしめるためには、金網の酸化による劣化・損耗、熱歪みによる変形・破壊、熱伝導による熱回収率の低下などの問題を解決しなければならない。また、金網を多孔セラミックスに置き換えた場合は、加熱・冷却時に生ずる膨張 - 収縮に起因する破損等の致命的欠陥を解決しなければならない。 40

【0006】

特許文献2に係る発明を工業用炉に適用する場合にも多くの解決すべき課題がある。例 50

えば、使用する寿命が長く、かつ黒体輻射の高い耐火レンガの寿命が供給されなければならないが、そのような耐火レンガはいまだ供給されていない。また、耐火レンガを通しての熱伝導による炉壁から外部に流れる顕熱が増加し、熱回収率の低下を招くという問題もある。

【0007】

しかしながら、上記の工学的課題はいずれも現在に至るまで解決されていない。そのため、特許文献1及び非特許文献1により提案された加熱炉がその実現により大きな省エネルギー効果をもたらすものであるにも拘らず未だ実用レベルには達していない。本考案は、上記課題を解決することを目的とし、工業用炉に適用するのに特に適し、その適用により工業用炉の省エネルギー化を達成できる高温ガス顕熱回収マットを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本考案者は、上記課題を解決するために、ポリマー・ルートにより作成されたSi-C系繊維に着目し、これを特に工業用炉の高温ガス顕熱回収マットとして適した構造に組み上げたとき、前記効果を効果的に発揮できるという事実を確認し、本考案を完成した。

【0009】

具体的には、本考案に係る高温ガス顕熱回収マットは、Si-C系繊維を、厚み：5～10mm、容積空隙率：90～95%、通気抵抗による圧力損失：50～200Paとなるように堆積又は編み上げてなるものである。

20

【0010】

上記高温ガス顕熱自己回収マットは、熱フィルター又は熱フレクターとして使用することができる。また、上記高温ガス顕熱回収マットを、少なくともその表裏面のうち1面が耐熱性の金網により覆われてなるものとすることができる。

【考案の効果】

【0011】

本考案に係る高温ガス顕熱回収マットは、耐熱性が高く、強度の大きいSi-C系繊維を空隙率が大きいマットに編み上げ又は堆積したものであり、その通気抵抗による圧力損失が低く、熱伝達係数が大きいので、工業用炉に適用したとき、酸化による劣化・損耗、熱歪みによる破壊、熱伝導による熱回収率の低下などが発生することなく、工業的に安定して省エネルギー化を達成することができる。

30

【考案を実施するための最良の形態】

【0012】

図1は、本考案に係る高温ガス顕熱回収マットの(a)平面図、(b)側面図、(c)一部拡大模式図である。図1に示すように、本考案に係る高温ガス顕熱回収用部材10は、Si-C系繊維11を厚み：5～10mm、容積空隙率：90～95%、通気抵抗による圧力損失：50～200Paとなるように堆積又は編み上げたものである。

【0013】

本考案に使用するSi-C系繊維11は、直径5～15 μ m程度の繊維であり、その微細構造は、図2のナノ尺度構造モデルに示すように、その表面が緻密なSiO₂薄膜12で覆われており、内部にはSi-C-Oアモルファス・マトリックス13中に-SiCナノ結晶14並びにsp²-Cナノ・クラスター15が析出し、かつこれらの結晶界面及び-SiCナノ結晶とsp²-Cナノ・クラスターとの界面に差渡し1nm以下のナノ・ポイド16が存在する多相ナノ・コンポジットである。炉内において高温排ガスが繊維に接触して伝達された熱は、繊維表面を被覆する厚み10nm程度の薄いSiO₂ガラス膜12を通過して、熱伝達率の高いsp²-Cナノ・クラスター14に伝達され、-SiCナノ結晶13に蓄えられる。比熱の小さい-SiCナノ結晶13の温度は急速に上昇し、やがて輻射熱として熱を炉内に放出する。

40

【0014】

このようなSi-C系繊維11は、宇部興産(株)からチラノ繊維として、また日本カ

50

ーボン(株)からニカロン繊維として販売されており、いわゆるポリマー・ルートで作製される。また、強度、耐酸化性、伝熱特性等の向上のために数%以下のAl, Ti, Zr等の金属元素を含有させることができる。このSi-C系繊維は、50~70mm程度の長さの短繊維に切断して不織布として堆積させ、又は数十m以上の長繊維として、図1(c)に示すように3次元に編み上げて高温ガス顕熱回収マットとする。

【0015】

この高温ガス顕熱回収マットは、図3に示すように、第一に、加熱炉21の炉室26を取り囲むように炉壁21の内壁に取り付けられて熱レフレクター22として使用される。この場合には、高温ガス顕熱回収マットが熱レフレクターとして加熱炉の高温雰囲気により急速に加熱されて輻射熱を被加熱体24に向けて放射し、その昇温速度を高めるのに役立つ。第二に、加熱炉21の排気口27を覆うように取り付けられて熱フィルター23として使用される。この場合には、加熱炉21から排出される高温排ガスの熱を渡し取り、それにより自らは高温に加熱されて輻射熱を炉室26に放出し、高温排ガスの顕熱を効率的に炉内において自己回収して炉内に還元して、被加熱体24の昇温速度を高めるのに役立つ。これら熱レフレクター、熱フィルター又はこれらの共同作用によって、バーナ25からの燃料供給量が節減されることになる。なお、図3に示す場合には、熱フィルター23を金網28で挟み込んだものとしていて、排ガス流等によりマット繊維が持ち去られることのないようになっている。

10

【0016】

このような熱フィルター効果あるいは熱レフレクター効果を得るためには、高温ガス顕熱回収マットは、厚み：5~10mm、容積空隙率：90~95%、通気抵抗による圧力損失：50~200Paの特性をもつようにすることが必要である。

20

【0017】

厚さが5mm未満では、熱フィルターとして用いたとき、高温排ガスの有する熱量を十分渡し取ることができず、また、熱レフレクターとして用いたとき、炉壁側への熱の移行を十分阻止することができない。一方、厚さが15mm超では、熱フィルターとして用いたとき、圧力損失が大きくなりすぎて、加熱炉の円滑な操業が阻害され、また、熱レフレクターとして用いたとき、操業時、炉壁からはがれやすくなるなどの問題を生ずる。

【0018】

容積空隙率は容積率で90~95%とする必要がある。90%未満であると、高温排ガス通気抵抗が大きくなり過ぎ、特に熱フィルターとして使用したとき負圧が大きくなりすぎて、加熱炉の円滑な操業が阻害されることになる。一方、95%超では、必要な強度を有するマット形成が困難になり、熱工学的特性も低下するとともに、加熱炉の省エネルギー効果が失われる。なお、容積空隙率は、たとえば製造された顕熱回収マットに静かに樹脂を注入して固化させた後、断面を光学顕微鏡によって観測して繊維の占める面積率を、たとえばリニア・アナリシスによって求めることによって定めることができる。

30

【0019】

通気抵抗による圧力損失は50~200Pa(5~20mmAq)とする必要がある。50Pa未満であると、先に述べた容積空隙率と相俟って高温排ガスと高温ガス顕熱回収マットとの間の熱交換が不十分となり、一方、200Pa%超では、熱フィルターとして用いたとき、炉内圧力が大きくなりすぎて、加熱炉の円滑な操業が阻害されることになる。また、熱レフレクターとして使用したとき、その表面からの高温排ガスの浸透が不十分となって、炉壁からの輻射熱の放出が不十分となる。

40

【0020】

なお、本考案の高温ガス顕熱回収マットは、Si-C系繊維を上記のように堆積又は編み上げた状態で使用することができるが、少なくとも表裏面のうち1面が耐熱性の金網により覆われてなるものとしておくのが好ましい。これにより、高温ガス顕熱回収用部材熱フィルターとして用いる場合に、その煙道側に当たる面に前記金網配置部が位置するようにすることができ、煙道側からの高速流体の排気により、Si-C系繊維が持ち去られるのを防止することができる(図3参照)。かかる効果を確実にするためには、熱フィルターとして用いる高温ガス顕熱回収用部材は、長繊維を三次元に編みこんだものとするのが

50

よい。

【0021】

上記高温ガス顕熱回収マットの炉室内への取り付けの手段は特に制限されないが、加熱炉の炉壁に対し接着剤により貼りつける、あるいは、耐火セラミックス製の釘で固定するなどの手段を採用できる。また、その取り付けに当たっては、燃焼条件や炉の形式、サイズ等に合わせて上記Si-C系繊維の材質（熱的性質、直径）やマットの厚み、容積空隙率、通気抵抗等を適宜選択し、自己回収エネルギー量（比）が適当な範囲になるようにし、操業結果から計算される熱伝達係数が $10^3 \sim 10^4 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$ 以上となるように調整するのがよい。結果的には、例えば、厚み：8mmの熱フィルターを用いたとき、炉室側の温度1200 に対し、煙道側の温度を660 と大きく低下させるようにすることにより後に実施例で示すような大きな省エネルギー効果を得ることができる。

10

【実施例】

【0022】

図3に示す構造を有し、表1に示す諸元をもつバッチ式の加熱炉を構築して自動車用鑄造部品の熱処理炉とした。この熱処理炉の炉室内排気口に熱フィルターとして本考案に係る高温ガス顕熱回収用部材を、また、炉室内の床面を除く4壁面及び天井に熱レフレクターとして本考案に係る高温ガス顕熱回収用部材を取り付けて本考案を適用したときの省エネルギー効果及び操業時間短縮効果を検証した。表2に使用した高温ガス顕熱回収用部材の主要仕様を示す。

20

【0023】

【表1】

炉内有効寸法	幅1200mm×高さ1450mm×奥行き2400mm
バーナー燃焼量	600,000kcal/h (150,000kcal/hハイスピードガスバーナ4台使用)
燃料種別	プロパンガス (22,450kcal/m ³)
制御方式	比例制御及び
排気	自然ドラフト排気 (手動式ダンパー)
耐火物構成	天井、側壁及び扉：シリカーアルミナファイバブロック (250mm×300mm×300mm) 炉床及びバーナー周囲：耐火キャストASAHI-13S

30

【0024】

【表2】

Si-C系繊維	成分組成：Si-C _{1.40} -Zr _{0.01} -O _{0.34} 直径：11μm 密度：2.48g/cm ³ 引張強度：3.4GPa 比熱：0.71J/gK 熱伝導率：2.5w/mK 熱膨張率：4.0×10 ⁻³ /K
マット	体積空隙率：95% 厚み：10mm 通気抵抗による圧力損失：90~110Pa

40

【0025】

検証は、熱処理温度：900、熱処理時間：90分、バッチ当たりの熱処理量：1.0~1.5tとし、1日当たり8バッチの操業を週5日繰り返し、連続する3週間の各週における燃料（プロパン）ガスの消費量を測定することによって行った。結果は、表3にま

50

とめて示す。熱フィルターならびに熱レフレクターのいずれも装着されなかった第1週のプロパンガス消費量は、標準状態換算で、 $14.0 \text{ m}^3 / \text{t}$ であったが、熱フィルター及び熱レフレクターをともに装着した第2週及び第3週のプロパンガス消費量は、それぞれ 10.7 及び $8.4 \text{ m}^3 / \text{t}$ まで削減された。第1週を基準にとると、燃料節減率は 23.4% (第2週)、 39.6% (第3週)に及ぶ。

【0026】

【表3】

	第1週	第2週	第3週
熱フィルター	×	○	○
熱レフレクター	×	○	○
熱処理品総重量 (t)	54.9	53.4	55.1
燃料消費量 (m^3) *	767.9	572.7	468.4
燃料原単位 (m^3/t)	14.0	10.7	8.4
省エネルギー率(%)**	-----	23.4	39.6
*標準状態に換算			
**第1週を基準にとる			

10

20

【産業上の利用可能性】

【0027】

本考案の高温ガス顕熱回収マットは、柔軟、強靱でかつ、耐熱性の高いSi-C系繊維を用いているので、その寿命が長く、これまで実用化できなかった高温ガスの顕熱の炉内自己回収とそれによる省エネルギー効果を長期・安定して得ることができる。さらにその省エネルギー効果は、前記のとおり顕著である。これにより、地球温暖化の元凶であるCO₂ガスの排出量を抑制するという緊急課題に貢献することができるなど、本考案の利用可能性は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本考案に係る高温ガス顕熱回収マットの(a)平面図、(b)側面図、(c)一部拡大模式図である。

【図2】本考案の高温ガス顕熱回収マットの製作に用いるSi-C系繊維のナノ尺度構造モデルを示す。

【図3】本考案を適用する典型的な加熱炉の模式的断面図である。

【符号の説明】

【0029】

10：高温ガス顕熱回収マット

11：Si-C系繊維

12：SiO₂ 薄膜

13：Si-C-Oアモルファス・マトリックス

14：-SiCナノ結晶

15：sp²-Cナノ・クラスター

21：加熱炉

22：熱レフレクター

23：熱フィルター

24：被加熱体

25：バーナ

26：炉室

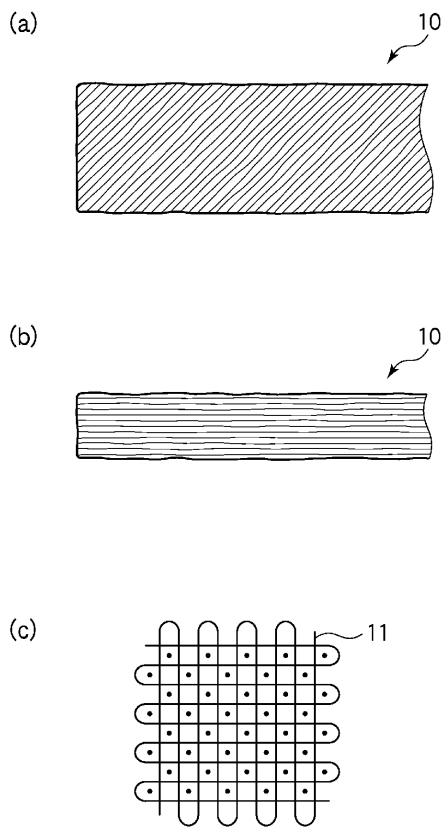
27：排気口

30

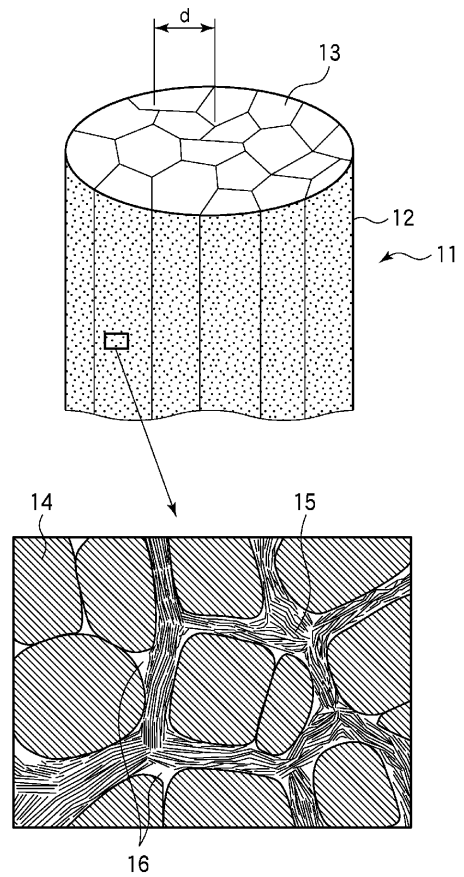
40

50

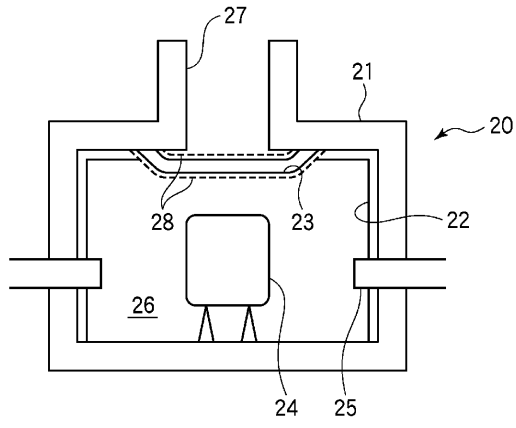
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (72)考案者 鈴木 謙爾
宮城県仙台市太白区茂庭台二丁目6番8号 株式会社サン・フロンティア・テクノロジー内
- (72)考案者 伊藤 清隆
埼玉県さいたま市岩槻区掛7915番地 株式会社旭製作所内
- (72)考案者 田淵 松実
新潟県新潟市中央区上所2丁目9番10号 新潟ファーネス工業株式会社内