

(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2014-2020

(P2014-2020A)

(43) 公開日 平成26年1月9日(2014.1.9)

(51) Int.Cl.
G01N 17/00 (2006.01)F1
G01N 17/00テーマコード (参考)
2G050

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2012-137076 (P2012-137076)	(71) 出願人	000156938
(22) 出願日	平成24年6月18日 (2012.6.18)		関西電力株式会社
		(74) 代理人	大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号 110001449 特許業務法人プロフィック特許事務所
		(72) 発明者	京 将司 兵庫県尼崎市若王寺3丁目11番20号 関西電力株式会社研究開発室電力技術研究 所内
		(72) 発明者	中森 正治 兵庫県高砂市曾根町1049番地の3 株 式会社高温腐食・防食テクノサーチ内
		(72) 発明者	石橋 修 大阪府高石市高砂3丁目69番地 大阪富 士工業株式会社技術センター内 最終頁に続く

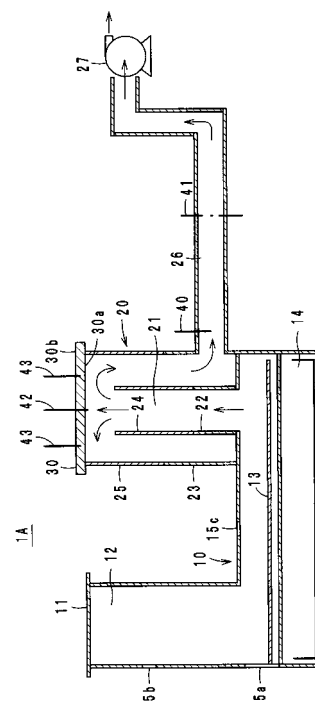
(54) 【発明の名称】 高温燃焼腐食試験装置

(57) 【要約】

【課題】 高温燃焼腐食試験において、実缶を用いることなく、簡易な設備によって、かつ、実缶とほぼ同じ条件で高温腐食試験を可能とすること。

【解決手段】 燃焼室10と、燃焼室10に連通して燃焼ガスを流通させる燃焼ガス流路20と、燃焼ガス流路20に配置された高温腐食試験部材30と、を備えた高温燃焼腐食試験装置。高温腐食試験部材30は、燃焼ガス流路20に露出した試験面30aと外気に露出した冷却面30bとを有し、燃焼ガス流路20に着脱可能に取り付けられている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃焼室と、
 前記燃焼室に連通して燃焼ガスを流通させる燃焼ガス流路と、
 前記燃焼ガス流路に配置された高温腐食試験部材と、
 を備え、
 前記高温腐食試験部材は、前記燃焼ガス流路に露出した試験面と外気に露出した冷却面とを有し、前記燃焼ガス流路に着脱可能に取り付けられていること、
 を特徴とする高温燃焼腐食試験装置。

【請求項 2】

10

前記高温腐食試験部材は、金属材料からなる板状部材であり、前記燃焼ガスが衝突する位置に前記試験面が配置されていること、を特徴とする請求項 1 に記載の高温燃焼腐食試験装置。

【請求項 3】

前記燃焼ガス流路は交換可能な炉高調整リングを備え、該炉高調整リングを交換することにより、前記燃焼室から前記高温腐食試験部材までの距離を調整すること、を特徴とする請求項 2 に記載の高温燃焼腐食試験装置。

【請求項 4】

前記高温腐食試験部材は、金属材料からなる筒状部材であり、前記燃焼ガス流路の一部を構成するように配置されていること、を特徴とする請求項 1 に記載の高温燃焼腐食試験装置。

20

【請求項 5】

前記燃焼ガス流路には、前記高温腐食試験部材の前記燃焼ガスの流通方向上流側で前記燃焼ガスの炎を遮る保炎板が配置されていること、を特徴とする請求項 4 に記載の高温燃焼腐食試験装置。

【請求項 6】

燃焼材として石炭を用いること、を特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載の高温燃焼腐食試験装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、高温燃焼腐食試験装置、特に、石炭を燃焼した際に発生する高温燃焼ガスによるボイラ基材の腐食程度を試験するための高温燃焼腐食試験装置に関する。

【背景技術】

【0002】

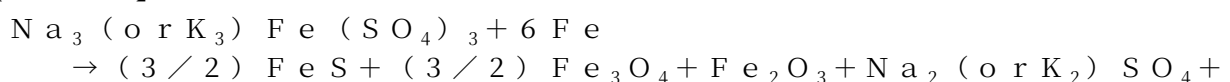
石炭燃焼ボイラは、石炭の燃焼により発生する 1000℃前後の高温燃焼ガスと金属伝熱管（以下、伝熱管と称する）の内部を流れる 300～500℃の高圧水蒸気又は高圧水との熱交換を行い、高温高圧の水蒸気を得ることを目的としている。石炭を燃焼させると、通常、10～30%程度の灰分が発生し、それらが伝熱面に付着して伝熱障害や高温腐食による伝熱面の減肉が発生する。

40

【0003】

石炭灰の主成分はアルミナ（ Al_2O_3 ）やシリカ（ SiO_2 ）、鉄酸化物（ Fe_2O_3 ）などであるが、灰分中に含まれる硫黄（S）分やナトリウム（Na）、カリウム（K）などが $Na_3Fe(SO_4)_3$ や $K_3Fe(SO_4)_3$ などの化学式で代表されるアルカリ・鉄・硫酸塩錯化合物を形成し、以下に示す式（1）のように伝熱管と反応し、反応面に腐食が発生して減肉の原因となっている。なお、式（1）では、伝熱管の金属成分を鉄（Fe）としている。

【0004】



50

(3/2) O₂ …… (1)

【0005】

また、石炭に含有される塩素 (Cl) 分なども NaCl として伝熱管に付着し、高温腐食を加速させることが知られている。石炭灰の伝熱面への付着現象は、衝突付着や凝縮付着に大別される。アルミナやシリカなどの高融点成分は衝突付着である。蒸気圧が高く、ガス成分として存在する割合の大きい硫黄分やナトリウムなどの化合物は、高温燃焼ガスから低温の伝熱面への凝縮付着が主体となる。凝縮した硫黄分やナトリウム、カリウムなどの化合物は以下の表1に示すように融点が低く、その一部は溶融して高融点化合物を固着する“のり”として作用し、灰分の付着を促進する。

【0006】

10

【表1】

表1 石炭灰中の代表的な低融点化合物の例

化合物	融点(°C)
K ₃ Fe(SO ₄) ₃	618
Na ₃ Fe(SO ₄) ₃	624
KFe(SO ₄) ₂	694
NaFe(SO ₄) ₂	690
Na ₂ SO ₄	884
K ₂ SO ₄	1069
Al ₂ O ₃	2030 (参考)

20

【0007】

以上のように、本発明者らの知見によれば、伝熱面に付着する石炭灰の組成は石炭の炭種は勿論、燃焼ガス流れや燃焼ガスと伝熱面の温度（ガス露出面と外部露出面との温度差）によって決まる。また、伝熱管の高温腐食速度は伝熱管自体の種類と付着する石炭灰の組成、ガス温度、伝熱管の温度によって変化する。

【0008】

従来、石炭燃焼ボイラの伝熱面に対する石炭灰付着、堆積とそれに起因する高温腐食現象を再現するため、以下のような手法が採用されている。

30

(1) 実缶へ実際の伝熱面と内部流体温度、メタル温度などを同じ条件としたテスト管を挿入し、一定時間運転し、伝熱管の腐食程度を調査する。

(2) 実缶同様の腐食試験用石炭燃焼小型ボイラを建設し、燃焼ガス中に伝熱管を挿入して一定時間運転し、伝熱管の腐食程度を調査する。

(3) 電気炉中に実缶より採取した付着灰を塗布又は付着灰中へ埋没させた試験片を設置し、所定温度で一定時間暴露し、試験片の腐食程度を調査する。この金属材料の高温腐食試験方法については、非特許文献1として掲げた日本工業規格 J I S Z 2 2 9 1 に規定されている。

【0009】

40

ところで、前記(1)の試験方法では、実缶へテスト管を挿入するため、炉壁部への設置工事が必要となり、実缶の定期検査などの停缶を利用した改造工事となる。このため、工事期間やテスト開始時期及びテスト期間を実缶の稼動条件に合わせる必要があり、定期的に大きな制約を受ける。また、テスト管の内部は実缶同様に、高圧の水蒸気（又は水）を流して伝熱管の温度を調整するため、設備費用が多大となる。さらに、試験条件は実缶の運転条件に左右されるため、起動、停止や日常の運転条件の変動などの影響を受け、試験結果の解析が困難であるという問題点がある。

【0010】

前記(2)の試験方法は、試験専用ボイラであるため、各種試験条件の設置が比較的容易であるが、建設に長時間を要し、費用も多大となる。また、ボイラ運転のために専属の

50

有資格者（ボイラ技士など）が必要で、運転（試験）費用も高くなる。

【0011】

前記（3）の試験方法は、試験設備は比較的簡便で、試験自体も容易であるが、ガス温度と試験片温度が同じで、腐食性成分のガス相からの凝縮がない反面、塗布又は埋没に使用した灰分から腐食性成分の蒸発を生じるため、灰中の腐食性成分濃度が試験時間とともに減少するという問題点がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【非特許文献1】日本工業規格 J I S Z 2 2 9 1

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

そこで、本発明の目的は、実缶を用いることなく、簡易な設備によって、かつ、実缶とほぼ同じ条件で高温腐食試験を行うことのできる試験装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の一形態である高温燃焼腐食試験装置は、
燃焼室と、

前記燃焼室に連通して燃焼ガスを流通させる燃焼ガス流路と、

前記燃焼ガス流路に配置された高温腐食試験部材と、

を備え、

20

前記高温腐食試験部材は、前記燃焼ガス流路に露出した試験面と外気に露出した冷却面とを有し、前記燃焼ガス流路に着脱可能に取り付けられていること、
を特徴とする。

【0015】

前記高温燃焼腐食試験装置においては、少なくとも燃焼室と燃焼ガス流路とで構成され、実缶を使用することがない。一方、高温腐食試験部材は燃焼ガス流路に露出した試験面と、外気に露出した冷却面とを有しているため、実缶とほぼ同じ条件で高温腐食試験を実施できる。

30

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、実缶を用いることなく、簡易な設備によって、かつ、実缶とほぼ同じ条件で高温腐食試験を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】第1実施例である高温燃焼腐食試験装置を示す概略構成図である。

【図2】第2実施例である高温燃焼腐食試験装置を示す概略構成図である。

【図3】前記第2実施例である高温燃焼腐食試験装置に使用される試験部材を示し、（A）は平面図、（B）は斜視図、（C）はセグメントの斜視図、（D）はセグメントの側面図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明に係る高温燃焼腐食試験装置の実施例について、添付図面を参照して説明する。なお、各図において同じ部材、部分には共通する符号を付し、重複する説明は省略する。

【0019】

（第1実施例の構成と稼働、図1参照）

第1実施例である高温燃焼腐食試験装置1Aは、石炭燃焼時における燃焼ガスの衝突付着の試験を行うためのもので、図1に示すように、石炭を燃焼させる燃焼室10と、燃焼

50

室 10 に連通して燃焼ガスを流通させる燃焼ガス流路 20 とで構成され、燃焼ガス流路 20 には高温腐食試験部材 30 が配置されている。

【0020】

詳しくは、燃焼室 10 は、開閉自在な蓋 11 を備えた石炭投入口 12、可動式火格子 13、燃焼灰受け皿 14 とで構成されており、開度を調整可能な空気孔 15a, 15b, 15c が形成されている。燃焼ガス流路 20 は、石炭投入口 12 とは離れた側に設けた垂直流路部 21 と、水平流路部（以下、煙道 26 と記す）とを備え、煙道 26 の先端は上方に屈曲し、排気ファン 27 が取り付けられている。垂直流路部 21 には内筒部 22 と外筒部 23 を設け、内筒部 22 上にガス流調整リング 24 を設け、外筒部 23 上に炉高調整リング 25 を設けている。また、煙道 26 には、煙道ガス温度計測用熱電対 40、差圧計 41 が配置されている。燃焼室 10 及び燃焼ガス流路 20 を構成する各部材は周知のガスボイラと同じ素材の金属材にて形成されている。

10

【0021】

さらに、垂直流路部 21 の天井部には高温腐食試験部材 30 が設置されている。この試験部材 30 は、ステンレスなどの金属材からなる板状部材であって、垂直流路部 21 の天井部に着脱可能（例えば、ボルト締めにて）に取り付けられている。試験部材 30 は、内面側を燃焼ガス流路 20 に露出した試験面 30a とされ、外面側を外気に露出した冷却面 30b とされている。また、試験部材 30 には、ガス温度計測用熱電対 42 が外部から流路 20 に貫通した状態で取り付けられ、さらに、試験部材 30 自体の温度を計測するための熱電対 43 が取り付けられている。

20

【0022】

第 1 実施例である試験装置 1A において、稼働させるには、まず、内筒部 22 にガス流調整リング 24 をセットするとともに、外筒部 23 に炉高調整リング 25 をセットし、次いで、試験部材 30、熱電対 42, 43 を取り付け、さらに、熱電対 40 を煙道 26 の所定位置に取り付ける。次に、可動式火格子 13 上に紙類や木片などを適宜投入し、かつ、投入口 12 より石炭を適量投入する。

【0023】

その後、空気孔 15a を利用して紙類や木片に着火し、石炭の燃焼を開始する。同時に、排気ファン 27 の運転も開始する。熱電対 42, 43 にて燃焼ガス温度の上昇と試験部材 30 の温度を確認しながら、煙道 26 に設置した差圧計 41 を監視し、所定の燃焼ガス温度になるように、空気孔 15a, 15b, 15c の開度を調整する。

30

【0024】

燃焼ガス温度が所定温度に到達、安定化した後、試験部材 30 の温度を熱電対 43 により測定、記録する。さらに、試験条件の確認項目として、差圧計 41 による燃焼排ガス量及び熱電対 40 による煙道ガス温度を確認、記録する。所定量の石炭を所定時間だけ燃焼させた後、試験部材 30 を取り外し、試験面 30a に対する燃焼ガスの衝突付着による高温腐食について評価する。実験条件やその実験結果については後述する。

【0025】

なお、石炭の燃焼により発生した灰分は可動式火格子 13 の直下にある燃焼灰受け皿 14 に落下するが、一部は火格子 13 上に堆積し、燃焼を阻害するため、適宜火格子 13 を動かし、灰分を受け皿 14 に落下させ、石炭の燃焼を促進させる。

40

【0026】

また、投入口 12 への石炭の供給や受け皿 14 に堆積した燃焼灰の除去は、燃焼ガス温度の動向を監視し、燃焼ガス温度が所定温度域より低下し始めるのを目安としてそれらを確認し、必要に応じて実施する。

【0027】

前記第 1 実施例である高温燃焼腐食試験装置 1A においては、少なくとも燃焼室 10 と燃焼ガス流路 20 とで構成され、実缶を使用することなく、高温腐食試験を実施できる。即ち、実缶を用いることはないので、試験を実缶の稼働条件に合わせる必要はなく、ボイラでもないので専属の有資格者を必要とすることもない。また、高温腐食試験部材 30 は

50

燃焼ガス流路20に露出した試験面30aと、外気に露出した冷却面30bとを有しているため、試験面30aや冷却面30bの温度を調整しながら、実缶とほぼ同じ条件で高温腐食試験を実施できる。さらに、炉高調整リング25やガス流調整リング24を交換可能としているため、燃焼室10から試験部材30までの距離を調整できる。

【0028】

(第2実施例の構成と稼働、図2及び図3参照)

第2実施例である高温燃焼腐食試験装置1Bは、石炭燃焼時における燃焼ガスの凝縮付着の試験を行うためのもので、図2に示すように、石炭を燃焼させる燃焼室10と、燃焼室10に連通して燃焼ガスを流通させる燃焼ガス流路20とで構成され、燃焼ガス流路20には高温腐食試験部材35が配置されている。

10

【0029】

燃焼室10は、前記第1実施例と同様の構成を備えている。燃焼ガス流路20は、石炭投入口12とは離れた側に設けた垂直流路部21と、水平流路部(煙道26)とを備えている。煙道26は垂直流路部21の先端部から水平方向に延在している。垂直流路部21には内筒部22と外筒部23が設けられ、外筒部23上に円錐形状をなす炉高調整リング50を設けている。炉高調整リング50にはガス温度計測用熱電対44が設置されている。外筒部23と炉高調整リング50との間には金網51が設置されており、該金網51の中央部には保炎板52が載置される。また、煙道26には、煙道ガス温度計測用熱電対40、差圧計41及び排気ファン27が配置されていることは前記第1実施例と同様である。

20

【0030】

さらに、炉高調整リング50の上端部には高温腐食試験部材35が設置されている。この試験部材35は、ステンレスなどの金属材からなる筒状部材であって、炉高調整リング50の上端部に着脱可能(例えば、リングとの嵌合にて)に取り付けられている。試験部材35は、図3に示すように、互いに嵌合可能なように3等分されたセグメント36にて構成され、内面側を燃焼ガス流路20に露出した試験面35aとされ、外面側を外気に露出した冷却面35bとされている。また、試験部材35には、ガス温度計測用熱電対42が上方から流路に貫通した状態で配置され、さらに、試験部材35自体の温度を計測するための熱電対43が取り付けられている。前記保炎板52は、試験部材35が燃焼室10からの炎に直接晒されることを防止するために、炎を遮るものである。

30

【0031】

第2実施例である試験装置1Bにおいて、稼働させるには、まず、金網51に保炎板52をセットするとともに、外筒部23に炉高調整リング50をセットし、次いで、試験部材35、熱電対42、43を取り付け、さらに、熱電対40を煙道26の所定位置に取り付ける。次に、可動式火格子13上に紙類や木片などを適宜投入し、かつ、投入口12より石炭を適量投入し、着火、石炭の燃焼を開始し、排気ファン27の運転を開始することは前記第1実施例と同様である。そして、熱電対42、43、44にて燃焼ガス温度の上昇と試験部材35の温度を確認しながら、煙道26に設置した差圧計41を監視し、所定の燃焼ガス温度になるように、空気孔15a、15b、15cの開度を調整する。

【0032】

燃焼ガス温度が所定温度に到達、安定化した後、試験部材35の温度を熱電対43により測定、記録する。さらに、試験条件の確認項目として、差圧計41による燃焼排ガス量及び熱電対40による煙道ガス温度を確認、記録する。所定量の石炭を所定時間だけ燃焼させた後、試験部材35を取り外し、試験面35aに対する燃焼ガスの凝固付着による高温腐食について評価する。実験条件やその実験結果については後述する。

40

【0033】

前記第2実施例である高温燃焼腐食試験装置1Bにおける作用効果は、基本的に前記第1実施例と同様である。

【0034】

(実験例)

50

以下に、第1実施例である試験装置1Aを使用した実験例1, 2, 3及び第2実施例である試験装置1Bを使用した実験例4と、それらの実験結果について説明する。以下の実験例1～4では、国内で比較的入手が容易な太平洋の海底炭（精選新特中塊炭：太平洋石炭販売輸送株式会社）を使用した。

【0035】

実験例1での装置と試験条件

燃焼室：直径150mm

炉高調整リング：外径285mm、内径279mm、高さ50mm

内筒：外径190mm、内径184mm、高さ80mm

試験部材：SS400鋼、直径300mm、厚さ10mm

石炭燃焼量：約20kg/h（定常燃焼時）

試験時間：連続10時間

10

【0036】

実験例2での装置と試験条件

燃焼室：直径150mm

炉高調整リング：外径285mm、内径279mm、高さ100mm

内筒：外径190mm、内径184mm、高さ135mm

試験部材：SS400鋼、直径300mm、厚さ10mm

石炭燃焼量：約20kg/h（定常燃焼時）

試験時間：連続10時間

20

【0037】

実験例3での装置と試験条件

燃焼室：直径150mm

炉高調整リング：外径285mm、内径279mm、高さ150mm

内筒：外径190mm、内径184mm、高さ185mm

試験部材：SS400鋼、直径300mm、厚さ10mm

石炭燃焼量：約20kg/h（定常燃焼時）

試験時間：連続10時間

【0038】

実験例4での装置と試験条件

燃焼室：直径150mm

炉高調整リング：上面外径105.5mm、底面外径280mm、厚さ3.2mm、高さ257mm

内筒：外径190mm、内径184mm、高さ185mm

試験部材：SS400鋼、外形105.5mm、厚さ4mm、高さ77mmの円筒管を図3に示すように3分割したもの。

石炭燃焼量：約20kg/h（定常燃焼時）

試験時間：連続24時間

30

【0039】

次に、各実験例1～4における実験結果について記載する。

40

【0040】

実験例1での結果

燃焼ガス温度：950～1150℃

試験部材温度：550～650℃

試験面（内側面）に灰白色の石炭灰が付着していた。石炭灰の分析結果は表2に示す。また、試験面には燃焼ガス衝突部を中心に100μm程度の凹凸が発生していた。

燃焼廃ガス温度：800～950℃

【0041】

実験例2での結果

燃焼ガス温度：900～1100℃

50

試験部材温度：500～550℃

試験面（内側面）に灰白色の石炭灰が付着していた。石炭灰の分析結果は表2に示す。
また、試験面には燃焼ガス衝突部を中心に50～60μm程度の凹凸が発生していた。

燃焼廃ガス温度：800～900℃

【0042】

実験例3での結果

燃焼ガス温度：850～1000℃

試験部材温度：400～450℃

試験面（内側面）に灰白色の石炭灰が付着していた。石炭灰の分析結果は表2に示す。
また、試験面には燃焼ガス衝突部を中心に20～30μm程度の凹凸が発生していた。

燃焼廃ガス温度：800～900℃

【0043】

実験例4での結果

燃焼ガス温度：850～1000℃

試験部材温度：400～450℃

試験面（内側面）に灰白色若しくは灰黒色の石炭灰が付着していた。また、試験面には酸化腐食による5μm程度の凹凸が発生していた。

燃焼廃ガス温度：800～900℃

【0044】

【表2】

表2 本発明による腐食試験で生成した石炭灰の化学分析結果（％）

	実験例1	実験例2	実験例3
Si as SiO ₂	27.3	28.5	26.0
Fe as Fe ₂ O ₃	12.9	10.5	12.0
Al as Al ₂ O ₃	20.4	20.1	21.5
Ca as CaO	18.3	17.6	19.0
Mg as MgO	5.42	4.66	6.20
Na as Na ₂ O	2.16	2.50	2.80
K as K ₂ O	0.74	0.85	0.77
Ti as TiO ₂	1.56	1.32	1.76
P as P ₂ O ₃	4.02	3.56	5.87
S	2.35	2.52	2.85
他	4.85	7.89	4.77

【0045】

（他の実施例）

なお、本発明に係る高温燃焼腐食試験装置は前記実施例に限定するものではなく、その要旨の範囲内で種々に変更することができる。

【0046】

特に、試験装置全体の構成や大きさ、その細部の構成は任意であり、試験部材を着脱可能に取り付ける構成なども任意である。また、本発明は、石炭を燃焼したガスの腐食試験に限ることなく、他の燃料を燃焼したガスの腐食試験に適用することも可能である。そして、試験方法や試験条件はそれぞれ例示した前記のもの以外に種々の方法、条件を採用可能であることは勿論である。狭い意味での「腐食」という文言にこだわることなく、例えば、試験面に灰付着成分の抑制のための添加剤を設け、該添加剤の性能試験なども行うことができる。

【産業上の利用可能性】

【0047】

以上のように、本発明は、高温燃焼腐食試験装置に有用であり、特に、実缶を用いることなく、簡易な設備によって、かつ、実缶とほぼ同じ条件で高温腐食試験を行うことができる点で優れている。

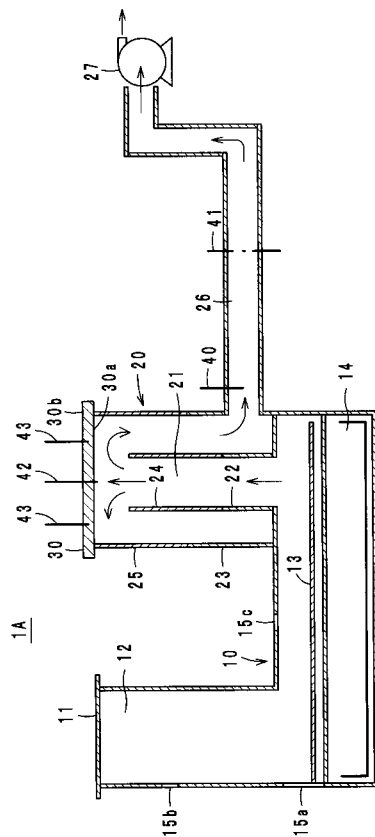
【符号の説明】

【0048】

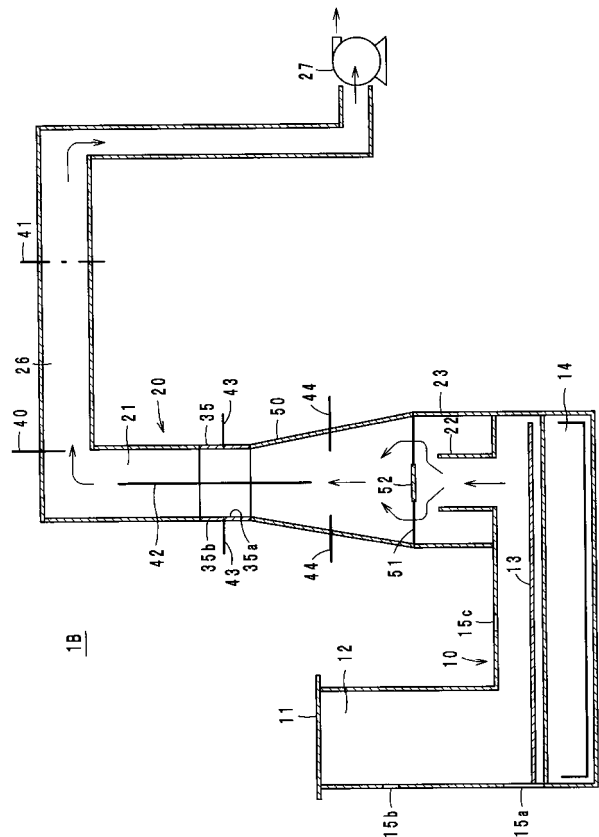
- 1 A, 1 B…高温燃焼腐食試験装置
- 10…燃焼室
- 20…燃焼ガス流路
- 25, 50…炉高調整リング
- 30, 35…高温腐食試験部材
- 30 a, 35 a…試験面
- 30 b, 35 b…冷却面
- 52…保炎板

10

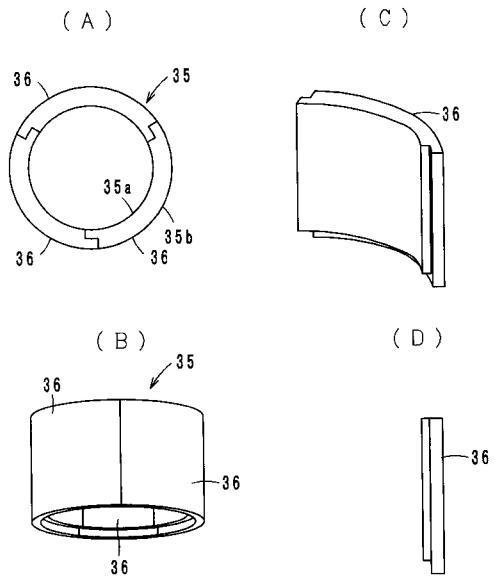
【図1】



【図2】



【図 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G050 AA01 BA10 BA20 CA02 CA06 CA10 DA02 EA01 EA05 EA06
EC05