

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3848902号  
(P3848902)

(45) 発行日 平成18年11月22日(2006.11.22)

(24) 登録日 平成18年9月1日(2006.9.1)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>F O 1 B 31/08</b>	<b>(2006.01)</b>	F O 1 B	31/08
<b>F 1 6 L 59/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 L	59/00
<b>F 2 2 B 37/04</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 2 B	37/04

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2002-214221 (P2002-214221)	(73) 特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都港区港南二丁目16番5号
(22) 出願日	平成14年7月23日(2002.7.23)	(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
(65) 公開番号	特開2004-52717 (P2004-52717A)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(43) 公開日	平成16年2月19日(2004.2.19)	(74) 代理人	100101465 弁理士 青山 正和
審査請求日	平成14年7月23日(2002.7.23)	(74) 代理人	100122312 弁理士 堀内 正優
前置審査		(72) 発明者	駒井 伸好 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】耐熱材料選択方法及び耐熱材料選択プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ある設定温度で所定の設定強度を有する耐熱材料を選択する場合に、  
前記設定温度から高温側へ所定温度上昇した際の目標破壊時間低下率又は目標破壊時間低下量を定めておき、

各耐熱材料の強度回帰曲線に基づき、前記設定温度から前記所定温度上昇した際の破壊時間低下率又は破壊時間低下量が前記目標破壊時間低下率又は目標破壊時間低下量以下の材料を選択する

ことを特徴とする耐熱材料選択方法。

【請求項2】

前記目標強度低下率、前記目標強度低下量、前記目標破壊時間低下率、又は前記目標破壊時間低下量は、標準試料に基づき算出されることを特徴とする請求項1に記載の耐熱材料選択方法。

【請求項3】

請求項1または2のいずれかに記載の耐熱材料選択方法によって選択された耐熱材料を用いたことを特徴とするボイラ。

【請求項4】

ある温度で所定の強度を有する耐熱材料を選択する場合に、  
その温度から高温側へ所定温度上昇した際の目標破壊時間低下率又は目標破壊時間低下量を定めると、

10

20

各耐熱材料の強度回帰曲線に基づき、前記選択温度から前記所定温度上昇した際の破壊時間低下率又は破壊時間低下量が前記目標破断時間低下率又は目標破壊時間低下量以下の材料を選択する処理

をコンピュータに実行させることを特徴とする耐熱材料選択プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発電プラント等の耐熱鋼などに使用される耐熱材料選択方法及び耐熱材料選択プログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】

通常、発電プラントの過熱器、再熱器、ウォータウォール、節炭器などは、高温にさらされることから、耐食性等を考慮して所定の耐熱材料が用いられる。これらの高温で使用される機器（小径管等）は、想定温度における引張特性及びクリープ強度を考慮して定められた許容引張応力をもとにして設計されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、これらの高温で使用される機器（小径管等）は、しばしば火力発電プラントの燃焼ガス流れ、燃料の性状、燃焼条件等によって、設定温度より高温になることがあり、その場合、引張強度およびクリープ強度が低下して、予定よりも早期に破壊することがある。特に最近、耐熱性に優れる材料として開発された高強度フェライト鋼の場合、高温でも高い許容引張強度が得られているが、ある温度を超えるとその許容引張強度が大幅に低下し、短時間で破壊を起こすことがある。

【0004】

本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、設定温度より高温になっても大きな強度低下や早期破壊を起こさない材料を選択できる耐熱材料選択方法及び耐熱材料選択プログラムの提供を目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の耐熱材料選択方法は、ある設定温度で所定の設定強度を有する耐熱材料を選択する場合に、前記設定温度から高温側へ所定温度上昇した際の目標破壊時間低下率又は目標破壊時間低下量を定めておき、各耐熱材料の強度回帰曲線に基づき、前記設定温度から前記所定温度上昇した際の破壊時間低下率又は破壊時間低下量が前記目標破壊時間低下率又は目標破壊時間低下量以下の材料を選択することを特徴とする。

このようにすると、設定温度より高温になっても目標破壊時間低下率（量）以下の材料のみを選択するので、温度上昇に伴う予想しなかった早期破壊を起こす問題が生じない。

【0007】

本発明の耐熱材料選択方法において、前記目標強度低下率、前記目標強度低下量、前記目標破壊時間低下率、又は前記目標破壊時間低下量は、標準試料に基づき算出されるものでもよい。

このようにすると、従来から耐熱材料としての十分な実績があり、温度上昇時の応力低下によるトラブルの少ない標準試料を目標基準として用いることができるので、通常考えられる温度上昇変動時の強度低下によって容易に破壊しない材料をより適切に選択できる。

【0008】

本発明のボイラは、前記耐熱材料選択方法によって選択された耐熱材料を用いたことを特徴とする。

【0010】

本発明の耐熱材料選択プログラムは、ある温度で所定の強度を有する耐熱材料を選択する場合に、その温度から高温側へ所定温度上昇した際の目標破壊時間低下率又は目標破壊

10

20

30

40

50

時間低下量を定めると、各耐熱材料の強度回帰曲線に基づき、前記選択温度から前記所定温度上昇した際の破壊時間低下率又は破壊時間低下量が前記目標破壊時間低下率又は目標破壊時間低下量以下の材料を選択する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明について各図に基づいて説明する。図1は本発明に係る耐熱材料選択プログラムを実現するためのコンピュータの構成を示す。

この図において、コンピュータ10は、CPU(制御部)2、応力-温度曲線DB4、応力-LMP曲線DB6、入力手段8、出力手段9、及び耐熱材料選択プログラムを格納する図示しないメモリ等を備えている。なお、「LMP」は、Larson-Miller Parameter(ラーソンミラーパラメータ)の略記であるが、詳細は後述する。又、応力-LMP曲線は、各耐熱材料のクリープ破壊(破断)強度に対する「強度回帰曲線」の一例であるが、材料のクリープ破断特性は、LMPを用いて整理する方法以外にも、複数提案されており、適宜、その強度回帰曲線を選択して用いてもよい。

10

#### 【0012】

CPU2はコンピュータ10全体を制御し、入力手段8は操作者からの入力を受付ける。又、出力手段9は処理結果を出力する。応力-温度曲線DB4、応力-LMP曲線DB6は、それぞれ耐熱材料毎の特性データを格納しているが、詳細は後述する。そして、CPU2は、入力手段への入力項目と各DB4、6に基づいて耐熱材料選択プログラムを実行させ、結果を出力するようになっている。

20

#### 【0013】

図2は、ある耐熱材料(2.25Cr-1Mo鋼、JIS STBA24、以下「標準試料」という)の応力-温度曲線を示す。この図において、縦軸の「許容引張応力」は、ある温度における材料の引張強度やクリープ強度に所定の安全率を見込んで設定された値である。一般に、材料の許容引張応力は使用温度上昇に伴って低下するが、その低下率が問題となる。つまり、例えば図において、使用温度 $T_0$ で許容引張応力が $\sigma_0$ の材料を選択した場合、実際の使用環境で温度が $T_0 + \Delta T$ まで上昇したとき、応力は $\sigma_0$ だけ低下する。従って、その材料の使用環境での負荷応力 $\sigma_1$ に比べ、応力低下が顕著になると、早期にクリープ破壊等が生じることになる。そこで、本発明は、温度が上昇しても応力低下(あるいは破断)の少ない材料を選択しようとするものである。

30

#### 【0014】

次に、コンピュータ10上で行う耐熱材料選択の処理フローについて図3を参照して説明する。この図において、まず操作者は、ある使用環境に用いる材料の設定温度 $T_1$ と設定応力 $\sigma_1$ を入力し、CPU2は入力を受付ける(ステップS10)。例えば、ボイラの伝熱管にある材料を用いる場合、伝熱管材料の温度が $T_1$ 、管の負荷応力が $\sigma_1$ であるときが該当する。ここでいう応力は、例えば上記した許容引張応力とすればよい。CPU2は、応力-温度曲線DB4から、 $T_1$ における応力が $\sigma_1$ 以上の材料データを抽出する(ステップS12)。

#### 【0015】

次に、CPU2は、標準試料の使用温度 $T_0$ と、温度上昇度 $\Delta T$ の入力を受け付ける(ステップS14)。そして、CPU2は、標準試料の応力-温度曲線から、温度上昇時( $T_0 + \Delta T$ )の応力低下率を算出する(ステップS16)。ここで、ステップS14、16の処理の具体例を前記図2に基づいて説明すると、標準試料の使用温度が $T_0$ から $T_0 + \Delta T$ に変化したときの許容引張応力の変化量 $\Delta \sigma$ を求め、これより応力低下率( $\Delta \sigma / \sigma_0$ )を算出することとなる。このように、標準試料における応力低下率を求めておけば、従来から耐熱材料としての実績があり、温度上昇時の応力低下によるトラブルの少ない材料の応力低下率を基準として用いることができる。なお、予め応力低下率がわかっている場合、ステップS14、16の代わりに直接、目標とする応力低下率を入力するようしてもよい。又、標準試料は、実際に用いる材料より耐熱性それ自体は劣ることが多いため、

40

50

通常  $T_0 < T_1$  の関係にある。しかし、本発明では、標準試料の使用温度近傍での応力低下率を指標とし、これより応力低下しない材料を選択することを目的とするので、 $T_0$  と  $T_1$  が一致することは必須ではない。

【0016】

次に、CPU 2 は、ステップ S 1 2 で抽出した材料データから、温度上昇時 ( $T_1 + T$ ) の応力低下率を算出する (ステップ S 1 8)。そして、CPU 2 は、ステップ S 1 8 で算出した応力低下率が標準試料以下の材料を抽出し、抽出結果を出力する (ステップ S 2 0)。

【0017】

図 4 は、ステップ S 1 8、2 0 の処理の具体例を示す。まず、上記ステップ S 1 2 で材料 1、2 の応力 - 温度曲線データが抽出されたとする。これらの材料 1、2 は、いずれも  $T_1$  における許容引張応力が 1 以上のものである。次に、各耐熱材料 1、2 の使用温度が  $T_1$  から  $T_1 + T$  に変化したときの許容引張応力の変化量  $\Delta\sigma_1$ 、 $\Delta\sigma_2$  を求め、これよりそれぞれの材料の応力低下率を算出することとなる。ここで、 $T$  の値は、ステップ S 1 4 における標準試料の  $T$  と同一である。つまり、標準試料におけるのと同じ温度上昇度を見越した場合の、各耐熱材料の応力低下率を求めていることとなる。この例では、材料 1 は材料 2 より、 $T_1$  での応力が高いものの、温度上昇時の応力低下率が標準試料のそれ ( ) より大きいため不採用となり、一方で、温度上昇時の応力低下率が標準試料のそれ ( ) より小さくなっている材料 2 が選択される。

【0018】

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。この実施形態では、上記応力低下率の代わりに、破壊時間低下率を指標として選択を行うことが特徴となっている。そのため、この実施形態では、応力回帰曲線を材料の特性データとして用いる。まず応力回帰曲線について、図 5 及び図 6 を参照して説明する。

図 5 は、金属材料技術研究所発行のクリープデータシートを参考にして、上記標準試料 (STBA 2 4) の応力 - クリープ破断時間曲線を図示したものである。クリープ破断時間曲線は、温度によってそれぞれ異なっている。又、図 6 は、図 5 のデータを LMP で整理した曲線を示す。ここで、LMP は、式 1

$$LMP = (T + 273) \times (C + \log t_r) / 1000 \quad (1)$$

で表される ( $T$ : 温度 ( )、 $C$ : フィッティング係数、 $t_r$ : クリープ破断時間 (hr))。

【0019】

そして、例えばこの材料 (標準試料) を応力 70 MPa、使用温度 550 で用いた場合のクリープ破断時間は、図 6 の曲線から応力 70 MPa のときの LMP を求め ( $LMP = 20.7 \times 10^3$ )、上記式 1 に  $T$  を代入することで計算することができる。この例では、550 での  $t_r = 142000$  hr、580 での  $t_r = 185000$  hr となるので、これより温度上昇に伴う破壊時間低下率が求まる。

【0020】

次に、コンピュータ 1 0 上での処理フローを図 7 を参照して説明する。この図において、まず操作者は、ある使用環境に用いたい材料の設定温度  $T_1$  と設定応力  $\sigma_1$  を入力し、CPU 2 は入力を受付ける (ステップ S 3 0)。CPU 2 は、応力 - 温度曲線 DB 4 から、 $T_1$  における応力が 1 以上の材料データを抽出する (ステップ S 3 2)。ステップ S 3 0、3 2 は、前記ステップ S 1 0、1 2 と同様である。

【0021】

次に、CPU 2 は、標準試料の使用応力  $\sigma_0$ 、使用温度  $T_0$ 、温度上昇度  $T$  の入力を受け付ける (ステップ S 3 4)。そして、CPU 2 は、標準試料の応力 - LMP 曲線から、温度上昇時 ( $T_0 + T$ ) のクリープ破断時間低下率を算出する (ステップ S 3 6)。ここで、ステップ S 3 4、3 6 の処理の具体例を前記図 6 に基づいて説明すると、まず、標準試料の  $\sigma_0$  における LMP を曲線から求め、次に、式 1 に  $T_0$ 、 $T_0 + T$  をそれぞれ代入することで、 $T_0$ 、 $T_0 + T$  における破断寿命  $t_{r0}$ 、 $t_r$  をそれぞれ計算する。

そして、各破断時間から破断時間低下率 ( $t_r / t_{r0}$ ) を算出する。このように、標準試料における破断時間低下率を求めておけば、従来から耐熱材料としての実績があり、温度上昇時の応力低下によるトラブルの少ない材料の破断時間低下率を基準として用いることができる。なお、予め破断時間低下率がわかっているならば、ステップ S 3 4、3 6 の代わりに直接、目標とする破断時間低下率を入力するようにしてもよい。

#### 【0022】

次に、CPU 2 は、ステップ S 3 2 で抽出した材料データに関し、その材料に対応する応力回帰曲線データを DB 6 から抽出する。そして、上記標準試料の場合と同様な方法で、抽出した材料が設定温度  $T_1$  から  $T$  上昇したときの破断時間低下率を算出する (ステップ S 3 8)。ここで、 $T$  の値は、ステップ S 1 4 における標準試料の  $T$  と同一である。つまり、標準試料におけるのと同じ温度上昇度を見越した場合の、各耐熱材料の応力低下率を求めていることとなる。そして、CPU 2 は、ステップ S 3 8 で算出した破断時間低下率が標準試料以下の材料を抽出し、抽出結果を出力する (ステップ S 4 0)。

なお、上記した各実施形態では、耐熱材料の強度低下率や破壊時間低下率に着目したが、強度低下量や破壊時間低下量に着目してもよい。量に着目する場合とは、例えば、破壊時間が 1 万時間を超えるか否かで判断を行う場合等が該当する。

#### 【0023】

##### 【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、設定温度より高温になっても目標強度低下率や目標破壊時間低下率以下の低下率の材料のみを選択するので、予想しなかった大幅な強度低下や早期破壊を高温時に起こす問題が生じない。そのため、高温でより安全な材料を選択できる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係る耐熱材料選択プログラムを実現するためのコンピュータの構成を示す図である。

【図 2】 標準試料の応力 - 温度曲線を示す図である。

【図 3】 耐熱材料選択の処理フローを示す図である。

【図 4】 ステップ S 1 8、2 0 の処理の具体例を示す模式図である。

【図 5】 標準試料の応力 - クリープ破断時間曲線を示す図である。

【図 6】 図 5 のデータを応力 - LMP で分類した曲線を示す図である。

【図 7】 耐熱材料選択の処理フローを示す別の図である。

##### 【符号の説明】

ステップ S 1 0 ある設定温度  $T_1$  で所定の設定強度  $\sigma_1$  を有する耐熱材料を選択する手順

ステップ S 1 6 設定温度から高温側へ所定温度  $T$  上昇した際の目標強度低下率を定める手順

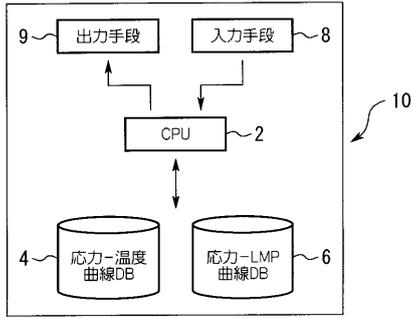
ステップ S 1 8、2 0 各耐熱材料の強度回帰曲線に基づき、設定温度から所定温度上昇した際の強度低下率が目標強度低下率以下の材料を選択する手順

10

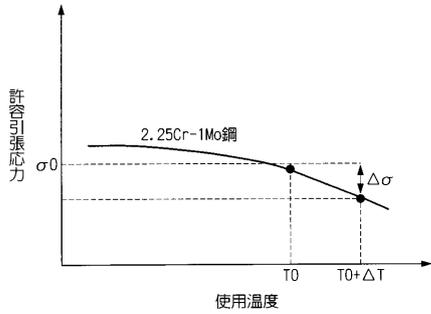
20

30

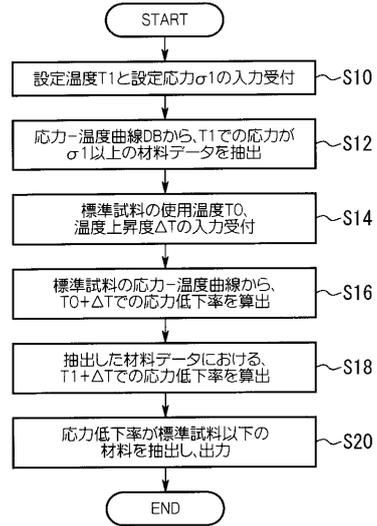
【 図 1 】



【 図 2 】

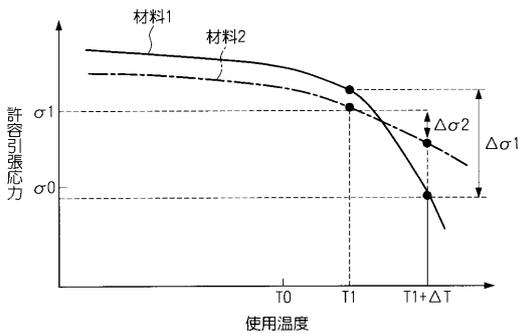


【 図 3 】



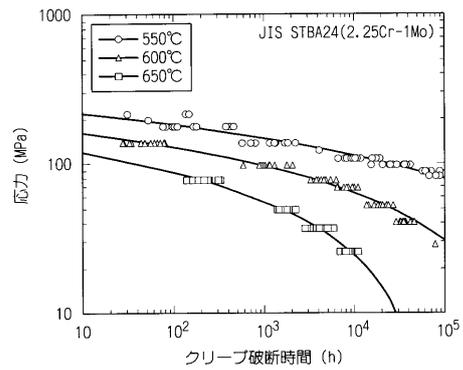
ステップS10:ある設定温度T1で所定の設定強度  $\sigma_1$  を有する耐熱材料を選択する手順  
 ステップS16:設定温度から高温側へ所定温度 $\Delta T$ 上昇した際の目標強度低下率を定める手順  
 ステップS18, 20:各材料の強度回復曲線に基づき、設定温度から所定温度上昇した際の強度低下率が目標強度低下率以下の材料を選択する手順

【 図 4 】

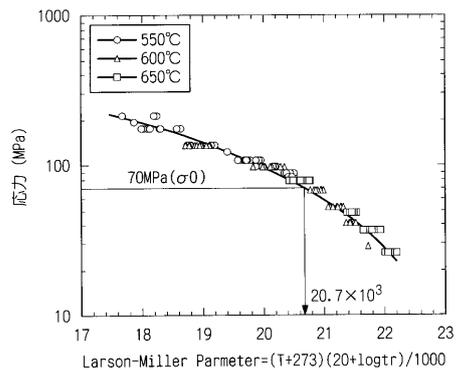


T1;設定温度  
 $\sigma_1$ ;設定強度  
 $\Delta T$ ;温度上昇度

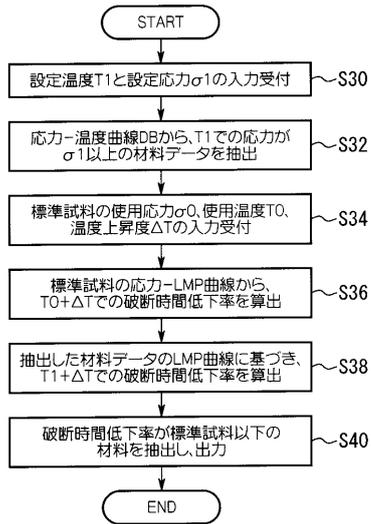
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



ステップS30;ある設定温度T1で所定の設定強度 $\sigma_1$ を有する耐熱材料を選択する手順  
 ステップS36;設定温度から高温側へ所定温度 $\Delta T$ 上昇した際の目標破断時間低下率を定める手順  
 ステップS38、40;各材料の強度対LMP曲線に基づき、設定温度から所定温度上昇した際の破断時間低下率が目標破断時間低下率以下の材料を選択する手順

---

フロントページの続き

- (72)発明者 高野 康公  
長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社 長崎造船所内
- (72)発明者 小林 雅浩  
長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社 長崎造船所内
- (72)発明者 椎橋 啓  
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 三菱重工業株式会社内

審査官 杉山 豊博

- (56)参考文献 特開平10-148305(JP,A)  
特開2001-043235(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- F01B 31/08
  - F16L 59/00
  - F22B 37/04