

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4015789号  
(P4015789)

(45) 発行日 平成19年11月28日(2007.11.28)

(24) 登録日 平成19年9月21日(2007.9.21)

(51) Int. Cl.

F I

G 2 1 D 1/00 (2006.01)  
 C 2 2 C 38/00 (2006.01)  
 C 2 3 C 8/14 (2006.01)  
 C 2 3 F 15/00 (2006.01)  
 F 2 8 F 21/08 (2006.01)

G 2 1 D 1/00 Y  
 C 2 2 C 38/00 3 O 2 Z  
 C 2 3 C 8/14  
 C 2 3 F 15/00  
 F 2 8 F 21/08 Z

請求項の数 11 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-257394  
 (22) 出願日 平成11年9月10日(1999.9.10)  
 (65) 公開番号 特開2001-83284(P2001-83284A)  
 (43) 公開日 平成13年3月30日(2001.3.30)  
 審査請求日 平成16年7月13日(2004.7.13)

(73) 特許権者 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100078765  
 弁理士 波多野 久  
 (74) 代理人 100078802  
 弁理士 関口 俊三  
 (72) 発明者 平沢 肇  
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
 式会社東芝 横浜事業所内  
 (72) 発明者 小林 実  
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
 式会社東芝 横浜事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 給水加熱器用伝熱管の製造方法、同方法により製造された給水加熱器用伝熱管および同伝熱管を用いた給水加熱器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

クロムを含有するステンレス鋼により、中空管を製造した後、酸素濃度20～100%の処理媒体雰囲気のもとで、220以上に加熱する表面処理を施すことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

【請求項 2】

請求項1記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、処理媒体として、空気もしくは水蒸気、またはこれらにオゾンもしくは過酸化水素を添加したものをを用いることを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

【請求項 3】

請求項1記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、処理媒体を高周波プラズマに通して用いることを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

【請求項 4】

請求項1から3までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、電気炉による加熱と処理媒体の流体供給とを連続的または間欠的に行うことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

【請求項 5】

請求項1から3までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、給水加熱器用伝熱管に電流供給による加熱と処理媒体の流体供給とを連続的または間欠的に行うことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

10

20

## 【請求項 6】

請求項 1 から 3 までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、給水加熱器用伝熱管に高周波電流による誘導加熱と処理媒体の流体供給とを連続的または間欠的に行うことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

## 【請求項 7】

請求項 1 から 6 までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、加熱工程と処理媒体の供給工程とを、製造段階における酸洗工程の後に行なうことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

## 【請求項 8】

請求項 1 から 6 までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、加熱工程と処理媒体の供給工程とを、製造段階における水素雰囲気での最終熱処理工程の直後に行なうことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

10

## 【請求項 9】

請求項 1 から 6 までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、加熱工程と処理媒体の供給工程とを、給水加熱器用伝熱管の組立て後に行なうことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法。

## 【請求項 10】

請求項 1 から 9 までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法によって製造された給水加熱器用伝熱管であって、クロムを含有するステンレス鋼により構成された給水加熱器用伝熱管であって、その表面に、厚さ  $0.01 \sim 5 \mu\text{m}$  のニッケルフェライト酸化膜を形成したことを特徴とする給水加熱器用伝熱管。

20

## 【請求項 11】

原子炉の給水系に設置される給水加熱器であって、請求項 10 記載の伝熱管を用いて構成したことを特徴とする給水加熱器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、給水加熱器用伝熱管の製造方法、同方法により製造された給水加熱器用伝熱管および同伝熱管を用いた給水加熱器に係るものであり、特に運転時における伝熱管からのクロムの溶出抑制が有効的に図れる給水加熱器用伝熱管の製造方法、同方法により製造された給水加熱器用伝熱管および同伝熱管を用いた給水加熱器に関する。

30

## 【0002】

## 【従来の技術】

一般に、原子力発電設備に設けられる給水加熱器の伝熱管には、クロム (Cr) を含むステンレス鋼が適用されている。従来では、この伝熱管として、製造段階の押出工程あるいは抽伸工程の後に酸洗処理を施すことにより、表面に酸化皮膜がないものが使用されている。

## 【0003】

ところが、このような表面に酸化皮膜がない給水加熱器の伝熱管を使用した設備においては、原子炉運転時に伝熱管の表面から多量のクロムが溶出することが判明している。近年の研究によると、原子炉内のクロム量が増加すると、炉水中の  $\text{Co}^{60}$  イオンを増加させるとともに、原子炉内の機器にクロムが付着することによって機器性能を低下させるなどの問題が指摘されている。

40

## 【0004】

そこで、原子炉内のクロム量を減少させるため、主発生源である給水加熱器の伝熱管からのクロム溶出を抑制する必要性が求められているが、これまで確立した技術が知られていない。なお、クロム溶出抑制に類似した公知技術として、高温大気中において伝熱管表面に酸化皮膜を形成し、これによりコバルトの溶出抑制を図る提案はなされている (例えば特開昭 62 - 85894 号公報、特開昭 61 - 245094 号公報等)。

## 【0005】

50

**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上述した従来技術では、酸化皮膜の形成が不安定で、得られる膜厚が不均一となる等、給水加熱器の伝熱管からのクロム溶出を必ずしも十分に抑制することができない。このため、現在においても給水加熱器の伝熱管が、原子力発電所における主要核種  $\text{Co-60}$  の親元素コバルト主発生源の一つとなっている。

**【0006】**

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、クロム溶出抑制手段として、伝熱管の表面にニッケルフェライト酸化膜層を形成し、その際にニッケルフェライト酸化膜層を均一に、かつ効率よく形成することができる給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供することにある。

10

**【0007】**

また、本発明の他の目的は、クロムの溶出抑制が有効的に図れる給水加熱器用伝熱管および同伝熱管を用いた給水加熱器を提供することにある。

**【0008】****【課題を解決するための手段】**

前記の目的を達成するため、請求項1の発明では、クロムを含有するステンレス鋼により、中空管を製造した後、酸素濃度20～100%の処理媒体雰囲気のもとで、220以上に加熱する表面処理を施すことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

**【0009】**

本発明によれば、給水加熱器用伝熱管材料のクロム溶出抑制に必要なニッケルフェライト酸化皮膜厚さを得るための処理時間の短縮化に対応できる。すなわち、給水加熱器用伝熱管のクロム溶出抑制効果があるニッケルフェライト酸化皮膜厚は、 $0.01\mu\text{m}$ 以上である。このニッケルフェライト酸化皮膜厚さを得るために、本発明では、酸素量を多く供給することによって伝熱管表面の酸化を促進させる、これによりフェライト酸化皮膜の生成速度を増加させ、処理時間を短縮することができる。なお、処理媒体雰囲気の酸素濃度が20%未満では酸化が不十分となる。また、加熱温度が220未満では、この温度に相当する給水加熱器の使用温度で十分な効果が得られない。

20

**【0010】**

請求項2の発明では、請求項1記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、処理媒体として、空気もしくは水蒸気、またはこれらにオゾンもしくは過酸化水素を添加したものをを用いることを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

30

**【0011】**

本発明によれば、さらに処理時間の短縮化が図れる。すなわち、水蒸気の場合はそれ自体が酸化材として機能し、さらに空気や水蒸気にオゾンまたは過酸化水素を添加した場合には、これらの酸化剤としての機能が增強される。このため、酸素単独含有状態で使用する場合に比し、さらに伝熱管表面の酸化を促進させることができる。これにより、ニッケルフェライト酸化皮膜の生成速度を増加させることができ、処理時間の一層の短縮が図れる。

**【0012】**

請求項3の発明では、請求項1記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、処理媒体を高周波プラズマに通して用いることを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

40

**【0013】**

本発明によれば、さらに処理時間の短縮化に対応することができる。すなわち、高周波プラズマを通すことにより処理媒体の酸素をラジカル化させ、これにより酸化剤としての機能を増大させ、酸素単独の場合に比して伝熱管表面の酸化を促進させることができる。これにより、ニッケルフェライト酸化皮膜の生成速度を増加させ、処理時間を短縮することができる。

**【0014】**

50

請求項4の発明は、請求項1から3までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、電気炉による加熱と処理媒体の流体供給とを連続的または間欠的に行うことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

【0015】

本発明によれば、処理媒体を連続的または間欠的に流すことにより、処理媒体を静止させて処理した場合に比し、給水加熱器用伝熱管材料のクロム溶出抑制に必要なニッケルフェライトの酸化皮膜厚さをより均一に生成することができる。

【0016】

請求項5の発明では、請求項1から3までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、給水加熱器用伝熱管に電流供給による加熱と処理媒体の流体供給とを連続的または間欠的に行うことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

10

【0017】

本発明によれば、クロム溶出抑制に必要なニッケルフェライトの酸化皮膜生成のための加熱工程、および厚さを均一にするための工程について、良好に対応することができる。すなわち、電流供給により加熱処理エリアの小型化が図れるとともに、伝熱管温度の均一化が図れる。しかも、電流を連続的または間欠的に供給することにより、処理媒体を静止で処理する場合に比して、より均一な酸化皮膜が生成できる。

【0018】

請求項6の発明では、請求項1から3までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、給水加熱器用伝熱管に高周波電流による誘導加熱と処理媒体の流体供給とを連続的または間欠的に行うことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

20

【0019】

本発明によっても、請求項1から3までと同様の効果が奏される。

【0020】

請求項7の発明では、請求項1から6までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、加熱工程と処理媒体の供給工程とを、製造段階における酸洗工程の後に行なうことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

【0021】

本発明によれば、加熱および媒体供給の工程を製造工程における酸洗浄処理後の段階に組入れることにより、容易に各伝熱管の厚さを均一にすることができ、しかも伝熱管全体としての厚さの均一化が図れ、伝熱管1本1本の厚さのばらつきを小さくすることができる。

30

【0022】

請求項8の発明では、請求項1から6までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、加熱工程と処理媒体の供給工程とを、製造段階における水素雰囲気での最終熱処理工程の直後に行なうことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

【0023】

本発明によれば、加熱工程を製造工程における水素雰囲気での最終熱処理後の工程の中に入れることにより、伝熱管の厚さを均一にし、かつ伝熱管1本1本の厚さのばらつきも小さくすることができる。

40

【0024】

請求項9の発明では、請求項1から6までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法において、加熱工程と処理媒体の供給工程とを、給水加熱器用伝熱管の組立て後に行なうことを特徴とする給水加熱器用伝熱管の製造方法を提供する。

【0025】

本発明によれば、加熱および媒体供給工程を給水加熱器製造後に行えるので、処理時間の短縮化に対応することができる。

【0026】

50

請求項 10 の発明では、請求項 1 から 9 までのいずれかに記載の給水加熱器用伝熱管の製造方法によって製造された給水加熱器用伝熱管であって、クロムを含有するステンレス鋼により構成された給水加熱器用伝熱管であって、その表面に、厚さ 0.01 ~ 5  $\mu\text{m}$  のニッケルフェライト酸化膜を形成したことを特徴とする給水加熱器用伝熱管を提供する。

【0027】

このような本発明の給水加熱器用伝熱管によると、運転中の給水加熱器における伝熱管からのクロムの溶出抑制が有効的に、かつ安定的に図れるようになる。すなわち、従来技術のもとでは、給水加熱器用伝熱管からのクロム溶出抑制手段としての有効な酸化膜の種類および膜厚等が必ずしも明確ではなかったところ、厚さ 0.01 ~ 5  $\mu\text{m}$  のニッケルフェライト酸化膜を形成した伝熱管によると、伝熱管からのクロム溶出を極めて効果的に抑制することができる。

10

【0028】

ここで、ニッケルフェライト酸化膜の厚さが 0.01  $\mu\text{m}$  未満では、要求されるクロム溶出抑制効果が十分に奏されない。逆に 5  $\mu\text{m}$  を超えると、不要厚さとなり、また余分な処理時間がかかる。本発明において、特に効果的なニッケルフェライト酸化膜の厚さは、0.1 ~ 3  $\mu\text{m}$  の範囲である。

【0029】

ここで、ニッケルフェライト酸化膜の厚さが 0.01  $\mu\text{m}$  未満では、要求されるクロム溶出抑制効果が十分に奏されない。逆に 5  $\mu\text{m}$  を超えると、不要厚さとなり、また余分な処理時間がかかる。本発明において、特に効果的なニッケルフェライト酸化膜の厚さは、0.1 ~ 3  $\mu\text{m}$  の範囲である。

20

【0030】

請求項 11 の発明では、原子炉の給水系に設置される給水加熱器であって、請求項 10 記載の伝熱管を用いて構成したことを特徴とする給水加熱器を提供する。

【0031】

本発明により、原子炉内でのクロム量低減、ひいては  $\text{Co}^{60}$  イオンの減少が有効的に図れ、原子炉内の機器性能低下等の問題も解消できる。

【0032】

ところで、従来行われてきたコバルト抑制技術による処理条件のもとでは、酸化皮膜の厚さが一般的に薄く、クロム抑制の効果が低い。そのため、酸化皮膜を厚くする必要があるが、上述した公知技術等によるこれまでの処理条件では、酸化皮膜の生成速度が遅く、必要厚さの酸化皮膜生成までに時間が多くかかる問題があった。また、雰囲気ガスの対流がないこと等により、酸化皮膜が不均一になり、伝熱管のクロム溶出抑制効果が一定とならない等の問題もあった。

30

【0033】

そこで、本発明の製造方法では、伝熱管の表面にニッケルフェライト酸化膜層を形成する場合に、加熱条件ないし加熱方法を改良し、そのニッケルフェライト酸化膜層を均一に、かつ効率よく形成できるようにするものである。

【0034】

【発明の実施の形態】

40

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の実施形態においては、給水加熱器用伝熱管の材料であるクロムを含むステンレス鋼として、例えば SUS304 を適用している。ただし、SUS304 以外のものであっても、クロムを含むステンレス鋼であれば略同様に適用することができる。

【0035】

[第1実施形態(図1~図4)]

図1は本実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図であり、図2は全工程の流れを示す図である。図3および図4は作用説明図である。

【0036】

まず、製造方法の全工程を図2によって説明する。この図2に示すように、本実施形態

50

では原材料の溶解工程（S 1 0 1）および造塊工程（S 1 0 2）の後、圧延工程（S 1 0 3）により棒材を形成する。そして、加熱工程（S 1 0 4）および熱間押し出し工程（S 1 0 5）により管の粗加工を行い、酸洗工程（S 1 0 6）による表面処理を行う。

【0037】

次に、冷間抽伸工程（S 1 0 7）、熱処理工程（S 1 0 8）および酸洗工程（S 1 0 9）を必要回数繰返した後、仕上抽伸工程（S 1 1 0）を行い、最終熱処理工程（S 1 1 1）の後に、酸洗工程（S 1 1 2）により再び表面処理を行う。

【0038】

この後、本発明の加熱処理工程（S 1 1 3）を行い、その後に曲げ加工工程（S 1 1 4）を行って、U字管完成（S 1 1 5）となる。

10

【0039】

図1により、上述したステップS 1 1 3における本発明の加熱処理工程の詳細を説明する。

【0040】

図1に示すように、本実施形態では、電気炉1内に、伝熱管としての中空管（なお、図示のものはU字状に曲成する前の直管であるが、以下、U字状に曲成したものも含めて全て「伝熱管」と称する）2を配置し、この伝熱管2に処理媒体としてのガスを供給配管3から供給する。

【0041】

供給配管3は、電気炉1の外部にガス入口3aを有し、電気炉1内に熱交換用の配管部分を経て、伝熱管2の端部および外周面側中間部に向う吹出し口3bを有する。ガス出口3bから離れた電気炉1の炉壁部分には、吹出されたガスを炉外に排出するためのガス排出口4が設けられている。

20

【0042】

そして、加熱処理を行う場合には、電気炉1内の温度を220℃以上として、ガス入口3aより酸素濃度20～100%のガス（例えば空気）を注入し、吹出し口3bよりガスを吹出す。吹出されたガス5は、図2に示した酸洗工程（S 1 1 2）によって表面処理された伝熱管2の内外周面に、連続的または間欠的に供給される。これにより、伝熱管2の表面にはニッケルフェライト酸化皮膜が生成される。

【0043】

30

図3は、ガス中の酸素濃度を20～100%の範囲で変化させた場合における本実施形態の方法によるニッケルフェライト酸化皮膜の生成時間を、大気中でのクロム抑制効果のあるニッケルフェライト酸化皮膜の生成時間に対する相対生成時間として示したものである。酸素濃度30%では大気中の場合に比して約0.8と生成時間が短縮され、酸素濃度40%以上では約0.6まで短縮されることがわかる。

【0044】

図4は、ニッケルフェライト酸化皮膜の厚さのばらつき（%）を、各種の加熱雰囲気について調べた結果を示している。この図4から明らかなように、静止大気中で生成したニッケルフェライト酸化皮膜厚のばらつきAは約30%であるのに対し、本実施形態における電流による加熱方式のもとでガス（酸素濃度40%）を連続的に供給した場合のばらつきB1と、同加熱方式のもとでガス（酸素濃度40%）を間欠的に供給した場合のばらつきB2とは、共に10%以下であり、ばらつき度合いが従来に比して大幅に低下することがわかる。

40

【0045】

[第2実施形態（図1、図5）]

本実施形態でも、図1に示した電気炉1による熱処理方式を適用する。ただし、ガス入口3aより電気炉1内に供給する処理媒体として、酸素濃度20～100%のガスに加え、水蒸気、過酸化水素もしくはオゾンを注入する。あるいは同ガスに加えて、高周波プラズマを通した酸素濃度20～100%のガスを注入する。このような処理媒体を使用することによって、伝熱管2にニッケルフェライト酸化皮膜を生成させる。

50

## 【 0 0 4 6 】

図 5 は、本実施形態の方法によるニッケルフェライト酸化皮膜の生成時間を、大気中でのクロム抑制効果のあるニッケルフェライト酸化皮膜の生成時間に対する相対生成時間として示したものである。この図 5 から明らかなように、大気中での加熱の場合 C に比し、酸素濃度 40 % のガスを供給した場合 D 1、酸素濃度 40 % のガスに水蒸気を 5 % 加えた場合 D 2、同じく過酸化水素を 5 % 加えた場合 D 3、オゾンを加えた場合 D 4、および高周波プラズマを通したガスの場合 D 5 には、ニッケルフェライト酸化皮膜の生成時間が短縮され、それぞれ約 0.6 前後まで短縮されることがわかる。

## 【 0 0 4 7 】

なお、図示しないが、注入ガスの酸素濃度を 20 ~ 100 % の範囲で種々変更し、あるいは水蒸気や過酸化水素の添加割合を種々変化しても前記と略同様の効果が奏される。 10

## 【 0 0 4 8 】

## [ 第 3 実施形態 ( 図 6、図 7 ) ]

図 6 は本実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図であり、図 7 は作用説明図である。

## 【 0 0 4 9 】

本実施形態では、加熱媒体として水、例えば純水を適用する。この純水の溶存酸素濃度は 200 p p b 以上とする。図 6 は、この純水を使用する過熱設備を示している。伝熱管 2 を収容する加熱容器 6 に隔壁を介して熱交換器室 7 が設けられ、これらの加熱容器 6 内と熱交換器室 7 とに水 8 が水循環配管 8 a、8 b によって循環するようになっている。水循環配管 8 a は強制循環用のポンプ 9 を有する。 20

## 【 0 0 5 0 】

加熱処理を行う場合には、加熱容器 6 内の伝熱管 2 を、220 以上の水 8 の循環によって加熱する。この水 8 が、図 2 に示した酸洗工程 ( S 1 1 2 ) によって表面処理された伝熱管 2 の内外周面に、連続的または間欠的に供給される。これにより、伝熱管 2 の表面にはニッケルフェライト酸化皮膜が生成される。

## 【 0 0 5 1 】

図 7 は、本実施形態により形成されるニッケルフェライト酸化皮膜の厚さのばらつき ( % ) を、各種の加熱雰囲気について調べた結果を示している。この図 3 から明らかなように、静止大気中で生成したニッケルフェライト酸化皮膜厚のばらつき E は約 30 % であるのに対し、本実施形態における加熱方式のもとで水 ( 280 ) を連続的に供給した場合のばらつき F 1 と、間欠的に供給した場合のばらつき F 2 とは、共に 10 % 以下であり、ばらつき度合いが従来に比して大幅に低下することがわかる。これにより、本実施形態によれば、均一な皮膜が形成されることが確認できる。 30

## 【 0 0 5 2 】

## [ 第 4 実施形態 ( 図 8 ) ]

本実施形態は、図 1 に示した電気炉 1 による熱処理方式を適用し、ガス入口 3 a より電気炉 1 内に供給する処理媒体として、酸素濃度 20 ~ 100 % のガスに加え、水蒸気、過酸化水素もしくはオゾンを連続的に、または間欠的に注入する。あるいは同ガスに加えて、高周波プラズマを通した酸素濃度 20 ~ 100 % のガスを、連続的または間欠的に注入する。このような処理媒体を使用することによって、伝熱管 2 にニッケルフェライト酸化皮膜を生成させる。 40

## 【 0 0 5 3 】

図 8 は、本実施形態の方法によるニッケルフェライト酸化皮膜の厚さのばらつき ( % ) を、大気中でのクロム抑制効果のあるニッケルフェライト酸化皮膜の生成時間に対する相対生成時間として示したものである。この図 8 から明らかなように、静止大気中での加熱の場合 G には、厚さのばらつきが約 30 % と高い。これに対し、酸素濃度 40 % のガスを連続的に供給した場合 H 1、酸素濃度 40 % のガスを 5 分毎に間欠的に供給した場合 H 2、酸素濃度 40 % のガスに水蒸気を 5 % 加えて連続的に供給した場合 H 3、同じく過酸化水素を 5 % 加えて連続的に供給した場合 H 4、オゾンを加えて連続的に供給した場合 H 5 50

、および高周波プラズマを通したガスを連続的に供給した場合 H 6 には、ニッケルフェライト酸化皮膜の厚さのばらつきが略 15 % 以下と、半減以上の値となる。すなわち、ばらつきが小さく均一な皮膜ができる。

【 0 0 5 4 】

[ 第 5 実施形態 ( 図 9 、 図 1 0 ) ]

本実施形態は、給水加熱器用伝熱管に電流供給による加熱と処理媒体の流体供給とを連続的または間欠的に行うものである。なお、本実施形態および次の第 6 実施形態では、本発明による加熱処理工程を図 2 に示した場合と異なり、U 字管完成 ( S 1 1 5 ) の後に行う。

【 0 0 5 5 】

10

図 9 は本実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図であり、図 1 0 は作用説明図である。

【 0 0 5 6 】

図 9 に示すように、空気層 1 0 を有する加熱容器 1 1 内に、U 字状に曲げた伝熱管 2 を配置し、この伝熱管 2 の両端に電極 1 2 , 1 3 を接続する。各電極 1 2 , 1 3 は外部設置の電源 1 4 に配線 1 5 を介して接続し、電流を印加する。なお、供給電流は、例えば直流を適用するが、交流電流でもよい。また、加熱媒体 5 の供給は、前記各実施形態と同様に行う。すなわち、供給配管 3 、ガス排出口 4 等が、例えば図 1 と略同様に設けられる。

【 0 0 5 7 】

皮膜形成時においては、加熱容器 1 1 内の伝熱管 2 に両端の電極 1 2 , 1 3 を介して電流を供給するとともに、加熱容器 1 1 内にガス入口 3 a よりガスを連続的または間欠的に供給する。これにより、クロム抑制効果のあるフェライト酸化皮膜を生成させる。温度条件等については、前記各実施形態と同様である。

20

【 0 0 5 8 】

本実施形態によると、クロム溶出抑制に必要なニッケルフェライトの酸化皮膜生成のための加熱工程、および厚さを均一にするための工程について、良好に対応することができる。すなわち、電流供給により加熱処理エリアの小型化が図れるとともに、伝熱管温度の均一化が図れる。しかも、電流を連続的または間欠的に供給することにより、処理媒体を静止で処理する場合に比して、より均一な酸化皮膜が生成できる。

【 0 0 5 9 】

30

図 1 0 は、本実施形態により形成されるニッケルフェライト酸化皮膜の厚さのばらつき ( % ) を、各種の加熱雰囲気について調べた結果を示している。この図 1 0 から明らかなように、静止大気中で生成したニッケルフェライト酸化皮膜厚のばらつき I は約 3 0 % であるのに対し、本実施形態における加熱方式のもとで酸素濃度 4 0 % のガスを連続供給した場合のばらつき J 1 と、酸素濃度 4 0 % のガスを 5 分毎に間欠的に供給した場合のばらつき J 2 とは、共に 1 0 % 以下であり、ばらつき度合いが従来に比して大幅に低下することがわかる。これにより、本実施形態によれば、均一な皮膜が形成されることが確認できる。

【 0 0 6 0 】

[ 第 6 実施形態 ( 図 1 1 、 図 1 2 ) ]

40

本実施形態は、上記の第 5 実施形態の変形例であり、伝熱管 2 を高周波電流による誘導加熱するものである。

【 0 0 6 1 】

図 1 1 は本実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図であり、図 1 2 は作用説明図である。

【 0 0 6 2 】

図 1 1 に示すように、空気層 1 0 を有する加熱容器 1 1 内に、誘導加熱用のコイル 1 6 を設け、U 字状に曲げた伝熱管 2 をコイル 1 6 内に配置する。コイル 1 6 には外部設置の電源 1 7 から配線 1 8 を介して高周波電流を供給する。なお、加熱媒体 5 の供給は、前記各実施形態と同様に行う。すなわち、供給配管 3 、ガス排出口 4 等が、例えば図 1 と略同

50

様に設けられる。

【0063】

皮膜形成時においては、加熱容器11内の伝熱管2を高周波電流により誘導加熱するとともに、加熱容器11内にガス入口3aよりガスまたは蒸気等を連続的または間欠的に供給する。これにより、クロム抑制効果のあるフェライト酸化皮膜を生成させる。温度条件等については、前記各実施形態と同様である。

【0064】

本実施形態によっても、クロム溶出抑制に必要なニッケルフェライトの酸化皮膜生成のための加熱工程、および厚さを均一にするための工程について、良好に対応することができる。すなわち、電流供給により加熱処理エリアの小型化が図れるとともに、伝熱管温度の均一化が図れる。しかも、電流を連続的または間欠的に供給することにより、処理媒体を静止で処理する場合に比して、より均一な酸化皮膜が生成できる。

10

【0065】

図12は、本実施形態により形成されるニッケルフェライト酸化皮膜の厚さのばらつき(%)を、各種の加熱雰囲気について調べた結果を示している。この図12から明らかなように、静止大気中で生成したニッケルフェライト酸化皮膜厚のばらつきKは約30%であるのに対し、本実施形態における加熱方式のもとで酸素濃度40%のガスを連続供給した場合のばらつきL1と、酸素濃度40%のガスに水蒸気を5%加えたものを連続供給した場合のばらつきL2とは、共に10%前後であり、ばらつき度合いが従来に比して大幅に低下することがわかる。これにより、本実施形態によれば、均一な皮膜が形成されることが確認できる。

20

【0066】

[第7実施形態(図13、図14)]

本実施形態は、第1実施形態における製造工程(図2)の変形例についてのものである。

【0067】

図13は、第1変形例を示すものである。すなわち、本例では図2に示した製造工程のうち、本発明の加熱処理工程(S113)の前における酸洗工程(S112)を省略したものである。その他の工程については、図2のものと同様であるから、図13に工程記号をS201～S214まで付し、説明を省略する。

30

【0068】

また、図14は、第2変形例を示すものである。すなわち、本例では原材料の溶解工程(S301)、造塊工程(S302)、圧延工程(S303)により棒材を形成した後、押出し工程(S304)。

【0069】

および酸洗工程(S305)を行う。

【0070】

次に、圧延または抽伸工程(S306)、熱処理工程(S307)および酸洗工程(S308)を必要回数繰返した後、空引抽伸工程(S309)を行い、最終熱処理工程(S310)の後に曲げ加工工程(S311)を行う。

40

【0071】

そして、酸洗工程(S312)により再び表面処理を行った後、本発明の加熱処理工程(S313)を行い、U字管完成(S314)となる。

【0072】

したがって、本例は、前述した第5実施形態および第6実施形態の場合に適用される。

【0073】

[第8実施形態(図15～図17)]

本実施形態は、加熱工程と処理媒体の供給工程とを、給水加熱器用伝熱管の組立て後に行なうものである。

【0074】

50

図 1 5 は本実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図であり、加熱媒体としてガスを使用するものである。図 1 6 は作用説明図である。図 1 7 は、図 1 5 の変形例であり、加熱媒体として液体を使用するものである。

【 0 0 7 5 】

図 1 5 に示す実施形態では、複数の電熱管 2 が給水加熱器 1 9 のケーシング 1 9 a 内に配置された状態で、それらの全ての伝熱管 2 に一括して高温ガスを供給して酸化皮膜形成のための加熱処理を施す。すなわち、ケーシング 1 9 a 内の空間はヘッダ 2 0 によって仕切られており、U 字状の各伝熱管 2 はヘッダ 2 0 によって仕切られた一方の空間 1 9 b 内に配置されている。各伝熱管 2 の両端部は、ヘッダ 2 0 にあけた孔を介して他方の空間 1 9 c に開口している。

10

【 0 0 7 6 】

ガス供給配管 2 1 は、一つのガス入口 2 1 a と二つに分岐したガス出口 2 1 b , 2 1 c とを有し、これらのガス出口 2 1 b , 2 1 c は、ケーシング 1 9 a 内の各空間 1 9 b , 1 9 c にそれぞれ開口している。ガス供給配管 2 1 は、加熱器 2 2 内に通され、ガス入口 2 1 a から供給されたガスは、加熱器 2 2 で、前記各実施形態と同様の温度に加熱された後、ケーシング 1 9 a 内の各空間 1 9 b , 1 9 c に吹出されるようになっている。ケーシング 1 9 a には、各空間 1 9 b , 1 9 c からガスを排出するためのガス出口 2 3 a , 2 3 b が設けられている。

【 0 0 7 7 】

このような構成において、ケーシング 1 9 a 内に加熱媒体としてのガス 5 が供給されると、ガス供給配管 2 1 の一方のガス出口 2 1 b から吹出されたガスは、伝熱管 2 の外周面を加熱して酸化皮膜の形成に供され、また他方のガス出口 2 1 c から吹出されたガスは、伝熱管 2 の内周面に通されてその部分を加熱して酸化皮膜の形成に供される。

20

【 0 0 7 8 】

図 1 6 は、本実施形態により形成されるニッケルフェライト酸化皮膜の厚さのばらつき (%) を、各種の加熱雰囲気について調べた結果を示している。この図 1 6 から明らかなように、静止大気中で生成したニッケルフェライト酸化皮膜厚のばらつき M は約 3 0 % であるのに対し、本実施形態における加熱方式のもとで酸素濃度 4 0 % のガスを連続供給した場合のばらつき N 1 と、酸素濃度 4 0 % のガスに水蒸気を 5 % 加えたものを連続供給した場合のばらつき N 2 とは、共に 1 0 % 前後であり、ばらつき度合いが従来に比して大幅に低下することがわかる。これにより、本実施形態によれば、均一な皮膜が形成されることが確認できる。

30

【 0 0 7 9 】

図 1 7 に示す実施形態でも、給水加熱器の構成および作用については図 1 5 のものと略同様であるが、ガスに代えて液体を使用する点が異なる。すなわち、複数の電熱管 2 が給水加熱器 1 9 のケーシング 1 9 a 内に配置された状態で、それらの全ての伝熱管 2 に一括して高温液体を供給して酸化皮膜形成のための加熱処理を施す。すなわち、ケーシング 1 9 a 内の空間はヘッダ 2 0 によって仕切られており、U 字状の各伝熱管 2 はヘッダ 2 0 によって仕切られた一方の空間 1 9 b 内に配置されている。各伝熱管 2 の両端部は、ヘッダ 2 0 にあけた孔を介して他方の空間 1 9 c に開口している。

40

【 0 0 8 0 】

液体供給配管 2 4 は、ポンプ 2 5 を有してループ状に構成されており、二つに分岐した液体出口 2 4 a , 2 4 b を有する。これらの液体出口 2 4 a , 2 4 b は、ケーシング 1 9 a 内の各空間 1 9 b , 1 9 c にそれぞれ開口している。液体供給配管 2 4 は、加熱器 2 2 内に通され、液体は加熱器 2 2 で前記各実施形態と同様の温度に加熱された後、ケーシング 1 9 a 内の各空間 1 9 b , 1 9 c に吹出されるようになっている。ケーシング 1 9 a には、各空間 1 9 b , 1 9 c から液体を還流させるための液体還流口 2 4 c , 2 4 d が設けられている。

【 0 0 8 1 】

このような構成において、ケーシング 1 9 a 内に加熱媒体としての液体 2 6 が供給され

50

ると、液体供給配管 2 4 の一方の液体出口 2 4 a から吹出された液体 2 6 は、伝熱管 2 の外周面を加熱して酸化皮膜の形成に供され、また他方の液体出口 2 4 b から吹出された液体は、伝熱管 2 の内周面に通されてその部分を加熱して酸化皮膜の形成に供される。

【 0 0 8 2 】

このような図 1 7 の実施形態によっても、図 1 5 に示した実施形態と同様の効果が奏される。

【 0 0 8 3 】

【発明の効果】

以上で詳述したように、本発明によれば、給水加熱器用伝熱管の表面にクロム溶出抑制に必要なニッケルフェライト酸化皮膜を十分にかつ均一に生成させることができる。そして、酸素濃度増加および酸素濃度増加とともに添加物を加えることにより、給水加熱器用伝熱管材料のクロム溶出抑制に必要なニッケルフェライト酸化皮膜の厚さを得るための処理時間を短縮化することも可能となる。また、熱処理媒体であるガスまたは液体を、連続的または間欠的に流すことによってニッケルフェライト酸化皮膜厚さを均一にすることができ、さらに電流および高周波による加熱方式等によって加熱エリアの小型化かつ伝熱管温度の均一化によりニッケルフェライト酸化皮膜厚を均一にすることも可能となる。さらにまた、ニッケルフェライト酸化皮膜生成処理を製造工程に入れることにより、ニッケルフェライト酸化皮膜厚をより均一にすることが可能となり、ニッケルフェライト酸化皮膜生成処理を給水加熱器製造後に行うことによって、時間短縮が図れ、かつ処理溶媒を連続的または間欠的に流すことにより、伝熱管のニッケルフェライト酸化皮膜厚を均一にすることができ、そして、本発明の方法により得られる伝熱管およびそれを使用した給水加熱器により、原子炉の被爆低減に優れた効果が奏される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図。

【図 2】 前記実施形態の全工程の流れを示す図。

【図 3】 前記実施形態の作用説明図。

【図 4】 前記実施形態の作用説明図。

【図 5】 本発明の第 2 実施形態による作用説明図。

【図 6】 本発明の第 3 実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図。

【図 7】 前記実施形態の作用説明図

【図 8】 本発明の第 4 実施形態の作用説明図。

【図 9】 本発明の第 5 実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図。

【図 10】 前記実施形態の作用説明図。

【図 11】 本発明の第 5 実施形態の変形例（第 6 実施形態）を示す図。

【図 12】 前記実施形態による作用説明図。

【図 13】 本発明の第 7 実施形態を示す図。

【図 14】 図 1 3 の変形例を示す図。

【図 15】 本発明の第 8 実施形態による伝熱管の製造方法における加熱処理工程を説明するための概略図。

【図 16】 前記実施形態の作用説明図。

【図 17】 図 1 5 の変形例を示す図。

【符号の説明】

1 電気炉

2 伝熱管

3 供給配管

3 a ガス入口

3 b 吹出し口

10

20

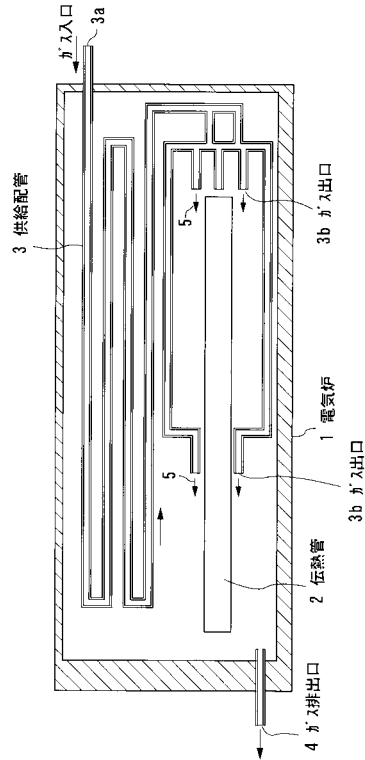
30

40

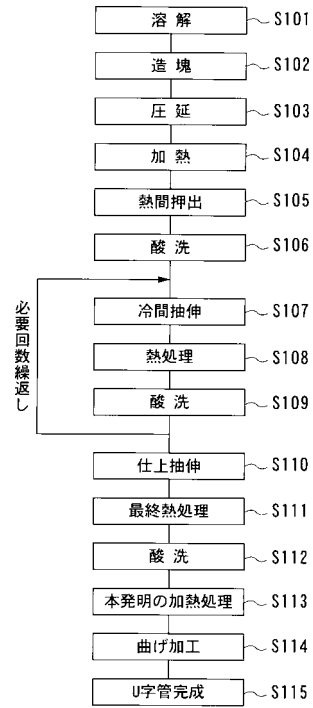
50

4	ガス排出口	
5	加熱媒体	
6	加熱容器	
7	熱交換器室	
8	水	
8 a , 8 b	水循環配管	
9	ポンプ	
10	空気層	
11	加熱容器	
12 , 13	電極	10
14	電源	
15	配線	
16	コイル	
17	電源	
18	配線	
19	給水加熱器	
19 a	ケーシング	
19 b , 19 c	空間	
20	ヘッダ	
21	ガス供給配管	20
21 a	ガス入口	
21 b , 21 c	ガス出口	
22	加熱器	
23 a , 23 b	ガス出口	
24	液体供給配管	
24 a , 24 b	液体出口	
24 c , 24 d	液体還流口	
25	ポンプ	

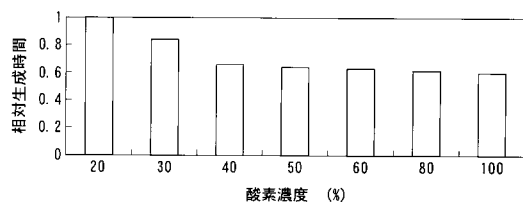
【図 1】



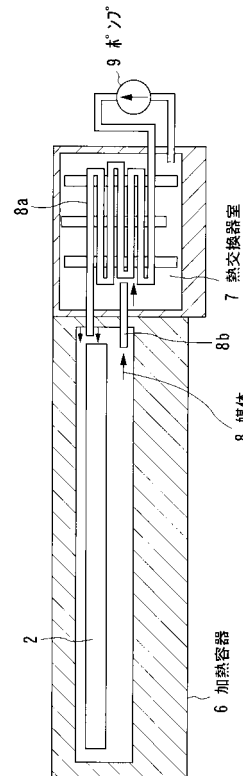
【図 2】



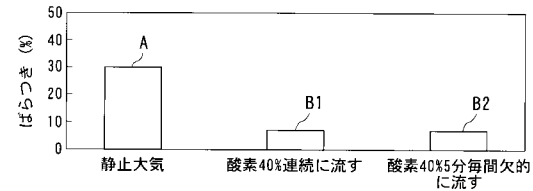
【図 3】



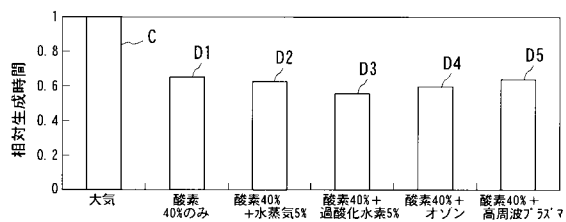
【図 6】



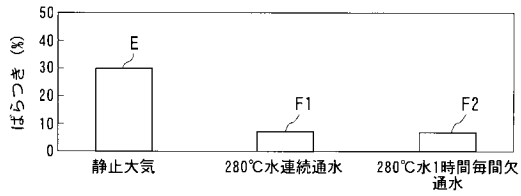
【図 4】



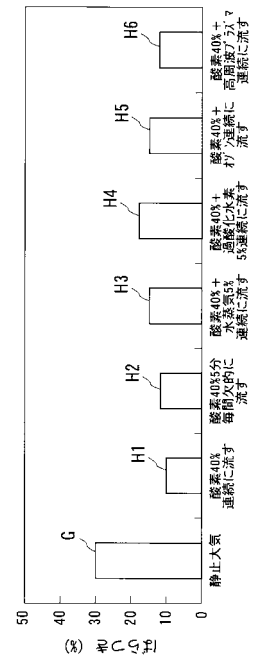
【図 5】



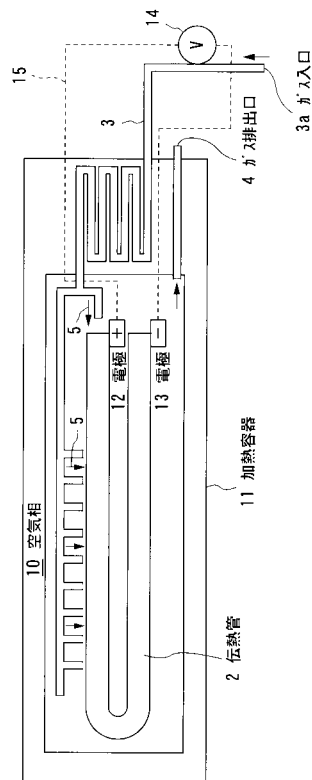
【図 7】



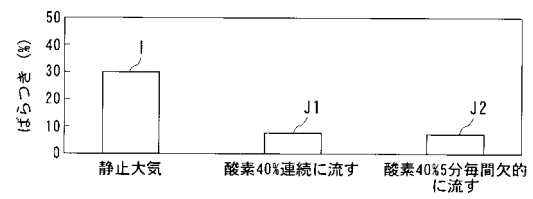
【図 8】



【図 9】

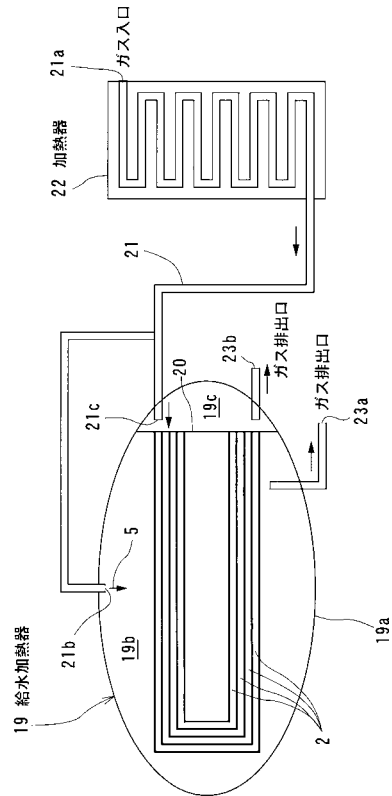


【図 10】

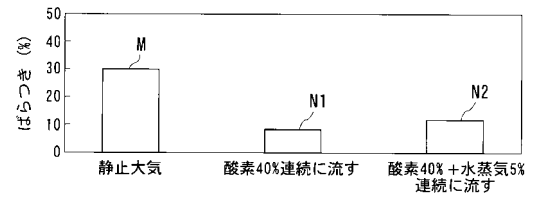




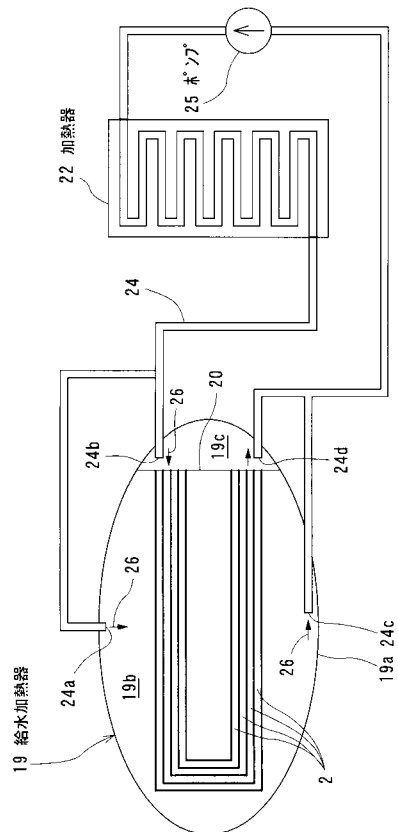
【図15】



【図16】



【図17】



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
**G 2 1 D 3/00 (2006.01)** G 2 1 D 3/00 M

(72)発明者 市川 長佳  
神奈川県川崎市川崎区浮島町 2 番 1 号 株式会社東芝 浜川崎工場内

審査官 今浦 陽恵

(56)参考文献 特開昭 6 4 - 0 6 8 6 9 6 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 2 2 0 2 9 3 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 2 1 1 1 8 4 ( J P , A )  
特開平 0 1 - 2 7 2 9 9 7 ( J P , A )  
特開平 0 2 - 0 8 0 5 5 2 ( J P , A )  
特開平 0 2 - 0 4 7 2 4 9 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G21D 1/00  
G21D 3/00 - 3/08  
F22D 1/00 - 11/06