

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008 年 1 月 24 日 (24.01.2008)

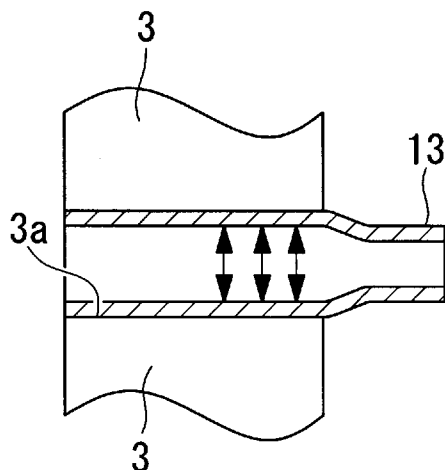
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/010427 A1

- (51) 国際特許分類:
F28F 9/16 (2006.01) B21D 39/10 (2006.01)
B21D 39/08 (2006.01) F28D 7/16 (2006.01)
- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外(FUJITA, Takaharu et al.); 〒2200012 神奈川県横浜市西区みなとみらい 3-3-1 三菱重工横浜ビル 24F Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/063569
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (22) 国際出願日: 2007 年 7 月 6 日 (06.07.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-199325 2006 年 7 月 21 日 (21.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 番 5 号 Tokyo (JP).
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 室屋 格 (MUROYA, Itaru) [JP/JP]; 〒6768686 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂研究所内 Hyogo (JP). 岩本 洋一 (IWAMOTO, Yoichi) [JP/JP]; 〒6768686 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂研究所内 Hyogo (JP). 渡辺 久訓 (WATANABE, Hisanori) [JP/JP]; 〒6768686 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂研究所内 Hyogo (JP).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: PIPE EXPANDING METHOD

(54) 発明の名称: 拡管方法



(57) Abstract: Provided is a pipe expanding method by which an inspection range (region) of a heat transfer pipe fixed to a pipe plate can be reduced and a time required for the inspection can be shortened. In the pipe expanding method, the heat transfer pipe (13) inserted into a pipe hole (3a) of the pipe plate (3) is fixed by pipe expansion. The outer circumference surface of the heat transfer pipe (13) is adhered to the inner circumference surface of the pipe hole (3a), over an end surface on a primary side to an end surface on a secondary side of the pipe plate (3). Then, within a range of a prescribed distance from the vicinity of the end surface on the secondary side or that of the end surface on the secondary side to the end surface on the primary side, a surface pressure between the transfer pipe (13) and the pipe plate (3) is further increased.

(57) 要約: 管板に固定された伝熱管の検査範囲 (領域) を低減させることができるとともに、当該検査に要する時間を短縮させることができる拡管方法を提供すること。管板 (3) の管穴 (3a) に挿入された伝熱管 (13) を拡管により固定する拡管方法であって、前記管板 (3) の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴 (3a) の内周面に前

記伝熱管 (13) の外周面を密着させた後、前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲において、伝熱管 (13) と管板 (3) との間の面圧をさらに増加させるようにした。

WO 2008/010427 A1

明 細 書

拡張方法

技術分野

- [0001] 本発明は、伝熱管を拡張させることにより蒸気発生器や熱交換器の管板に伝熱管を固定する拡張方法に関するものである。

背景技術

- [0002] 蒸気発生器や熱交換器の管板に伝熱管を固定する工法としては、例えば、特許文献1に開示されたものが知られている。

特許文献1:特開昭60-172797号公報

発明の開示

- [0003] しかしながら、上記特許文献1に開示された拡張方法では、二次側への伝熱管の抜け出しを防止するための保持力が、管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって得られる伝熱管と管板との間の面圧により保証されている。そのため、当該箇所を検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)する場合、管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって実施しなければならず、当該検査に多大な時間を要してしまうといった問題点があった。
- [0004] 本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、管板に固定された伝熱管の検査範囲(領域)を低減させることができるとともに、当該検査に要する時間を短縮させることができる拡張方法を提供することを目的とする。
- [0005] 本発明は、上記課題を解決するため、以下の手段を採用した。

本発明の第1の態様は、管板の管穴に挿入された伝熱管を拡張により固定する拡張方法であって、前記管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴の内周面に前記伝熱管の外周面を密着させた後、前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲において、伝熱管と管板との間の面圧をさらに増加させるようにした。

この態様によれば、管板の二次側の端面あるいは端面近傍から一次側の端面に向かう所定距離の範囲で、管穴内に挿入された伝熱管の外周面と、管穴の内周面との

面圧が増加して、密着性が向上することとなる。

これにより、管板に保持されている伝熱管に全周亀裂が生じ、伝熱管が全周亀裂により切断された場合でも、二次側の端面近傍から全周亀裂までの範囲の拡管が、二次側への伝熱管の抜け出しを防止するための保持力を有しており、かつ、管板に保持されている伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体(例えば、原子炉冷却材)が、二次側の流体(例えば、給水)中にリークする(漏れ出す)ことを防止することがなければ、この範囲(二次側の端面近傍から全周亀裂までの範囲)だけを検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させることができる。

[0006] 本発明の第2の態様は、管板の管穴に挿入された伝熱管を拡管により固定する拡管方法であって、前記管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴の内周面に前記伝熱管の外周面を密着させた後、前記伝熱管の管内に冷媒を供給し、前記伝熱管が十分に冷えたら前記冷媒の供給を停止して、前記伝熱管を常温に戻すようにした。

この態様によれば、伝熱管全体が一旦冷やされて、伝熱管と管板との間の面圧が低下させられた後、伝熱管全体が常温に戻ることによって、管穴内に挿入された伝熱管の外周面と、管穴の内周面とのなじみが良くなり、管穴内に挿入された伝熱管の外周面と、管穴の内周面との面圧が増加して、密着性が向上することとなる。

これにより、二次側への伝熱管の抜け出しを防止するための保持力を増加させることができるとともに、管板に保持されている伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体(例えば、原子炉冷却材)が、二次側の流体(例えば、給水)中にリークする(漏れ出す)ことを防止することができる。

また、伝熱管に所定の引き抜き力をかけても伝熱管が管穴から抜け出すことがなく、かつ、伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体(例えば、原子炉冷却材)が、二次側の流体(例えば、給水)中にリークする(漏れ出す)ことがない範囲だけを検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させる

ことができる。

[0007] 本発明の第3の態様は、管板の管穴に挿入された伝熱管を拡管により固定する拡管方法であって、前記管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴の内周面に前記伝熱管の外周面を密着させた後、前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲を、さらにローラ拡管するようにした。

この態様によれば、ローラ拡管した範囲は管穴内に挿入された伝熱管の外周面と、管穴の内周面との面圧と密着性が増加する。特に、面圧と密着性の高いローラ拡管を二次側の端面近傍で実施することにより、短い範囲の拡管で保持力とリーク防止を満足することが可能となる。

これにより、二次側への伝熱管の抜け出しを防止するための保持力を増加させることができるとともに、管板に保持されている伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体（例えば、原子炉冷却材）が、二次側の流体（例えば、給水）中にリークする（漏れ出す）ことを防止することができる。

また、伝熱管に所定の引き抜き力をかけても伝熱管が管穴から抜け出すことがなく、かつ、伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体（例えば、原子炉冷却材）が、二次側の流体（例えば、給水）中にリークする（漏れ出す）ことがない範囲だけを検査（例えば、回転ECT（Eddy Current Test）による応力腐食割れの検査）すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させることができる。

[0008] 本発明の第4の態様は、管板の管穴に挿入された伝熱管を拡管により固定する拡管方法であって、前記管板の一次側の端面から二次側の端面に向かう所定距離の範囲をローラ拡管する第1工程、前記管板の二次側の端面から一次側の端面に向かう所定距離の範囲を、所定の液圧で液圧拡管する第2工程、前記第1工程および前記第2工程においてまだ拡管されていない範囲をローラ拡管する第3工程、前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲を、前記所定の液圧よりも高い液圧で、さらに液圧拡管する第4工程を順次行うようにした。

この態様によれば、管板の二次側の端面あるいは端面近傍から一次側の端面に向かう所定距離の範囲で、管穴内に挿入された伝熱管の外周面と、管穴の内周面との面圧が増加して、密着性が向上することとなる。

これにより、二次側への伝熱管の抜け出しを防止するための保持力を増加させることができるとともに、管板に保持されている伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体(例えば、原子炉冷却材)が、二次側の流体(例えば、給水)中にリークする(漏れ出す)ことを防止することができる。

また、伝熱管に所定の引き抜き力をかけても伝熱管が管穴から抜け出すことがなく、かつ、伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体(例えば、原子炉冷却材)が、二次側の流体(例えば、給水)中にリークする(漏れ出す)ことがない範囲だけを検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させることができる。

[0009] 本発明の第5の態様は、管板の管穴に挿入された伝熱管を拡管により固定する拡管方法であって、前記管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴の内周面に前記伝熱管の外周面を密着させた後、前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲を、さらに冷却しながらローラ拡管するようにした。

この態様によれば、伝熱管が一旦冷やされて、伝熱管と管板との間の面圧が低下させられた後、伝熱管が常温に戻ることによって、管穴内に挿入された伝熱管の外周面と、管穴の内周面とのなじみが良くなり、管穴内に挿入された伝熱管の外周面と、管穴の内周面との面圧が増加して、密着性が向上することとなる。

これにより、二次側への伝熱管の抜け出しを防止するための保持力を増加させることができるとともに、管板に保持されている伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体(例えば、原子炉冷却材)が、二次側の流体(例えば、給水)中にリークする(漏れ出す)ことを防止することができる。

また、伝熱管に所定の引き抜き力をかけても伝熱管が管穴から抜け出すことがなく、かつ、伝熱管に亀裂が生じた場合でも伝熱管の管内を通過する一次側の流体(例

えば、原子炉冷却材)が、二次側の流体(例えば、給水)中にリークする(漏れ出す)ことがない範囲だけを検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させることができる。

[0010] 上記態様において、前記管板の二次側から一次側に向かって徐々に拡張するテーパ部を備えたものであるとさらに好適である。

この態様によれば、伝熱管の管内を通過する一次側の流体(例えば、原子炉冷却材)により伝熱管が半径方向外側に押し上げられることとなるので、管穴内に挿入された伝熱管の外周面と、管穴の内周面との面圧をさらに増加させることができ、密着性をさらに向上させることができるとともに、二次側への伝熱管の抜け出しを防止するための保持力をさらに増加させることができる。

[0011] 本発明の第6の態様は、管板と、この管板の管穴に挿入される伝熱管とを備えた蒸気発生器の製造方法であって、上記いずれかの拡張方法を用いて、前記管穴に前記伝熱管が固定されている。

この態様によれば、管板に固定された伝熱管の検査範囲(領域)を低減させることができるとともに、当該検査に要する時間を短縮させることができるので、蒸気発生器の保守点検に要する時間を短縮することができるとともに、蒸気発生器の稼働率を向上させることができる。

[0012] 本発明によれば、管板に固定された伝熱管の検査範囲(領域)を低減させることができるとともに、当該検査に要する時間を短縮させることができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]原子炉用蒸気発生器1の全体を示す断面図である。

[図2A]本発明による拡張方法を説明するための図であって、第1工程の説明図である。

[図2B]本発明による拡張方法を説明するための図であって、第2工程の説明図である。

[図2C]本発明による拡張方法を説明するための図であって、第3工程の説明図である。

[図2D]本発明による拡張方法を説明するための図であって、第4工程の説明図である。

[図3]伝熱管を管板に固定する部分にローラ式の拡張工具を配置した状態の縦断面図である。

[図4]本発明による拡張方法を説明するための図であって、第5工程の説明図である。

[図5]伝熱管を管板に固定する部分に他のローラ式の拡張工具を配置した状態の縦断面図である。

[図6]本発明による拡張方法を適用することができる他の管穴の縦断面図である。

符号の説明

- [0014] 1 原子炉用蒸気発生器
 3 管板
 3a 管穴
 13 伝熱管

発明を実施するための最良の形態

- [0015] 以下、本発明による拡張方法の第1実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図1は、原子炉用蒸気発生器1の全体を示す断面図である。この原子炉用蒸気発生器1の下部側には、管板3が設けられており、この管板3の下端には、原子炉冷却材の入口水室5および出口水室7が形成されている。また、この原子炉用蒸気発生器1の上部側には、周りを取り囲むように胴9が設けられており、この胴9の内部には、包囲管11および複数の逆U字形伝熱管(以下、「伝熱管」という。)13が配設されている。これら伝熱管13はそれぞれ、細くかつ薄肉に形成されており、また、各伝熱管13内を高温の原子炉冷却材が貫流し、胴側流体である給水15を加熱し、蒸気を発生するように構成されている。

一方、各伝熱管13の両端部は、対応する管板3の管穴3a(図2A～図2D参照)内にそれぞれ挿着されている。そして、各伝熱管13は、鉛直方向に間隔を置いた複数の支持板17により伝熱管13は横方向に支持されている。

[0016] このような構成を有する原子炉用蒸気発生器1において、原子炉から供給された高温の冷却材は、入口水室5を介して伝熱管13内に流入して貫流し、熱交換により熱を失って低温になり出口水室7まで流れたのち、原子炉に戻るようになっている。

一方、給水リング21から原子炉用蒸気発生器1内に流入した給水15は、包囲管11と胴9との間を下向きに流れ、管板3の上を流れたのち、伝熱管13に沿って上向きに流れる。このとき、給水15は前述した原子炉冷却材と熱交換をし、一部は蒸気となる。そして、加熱される給水15が上向きに流れるに際し、支持板17を貫通し、汽水分離バーン23を通して分離された蒸気が流出するようになっている。

なお、管板3は、例えば、SA508等の低合金鋼で作られており、伝熱管13は、例えば、インコネル600あるいはインコネル690で作られている。

[0017] つぎに、本実施形態に係る拡張方法について、図2A～図2Dおよび図3を用いて説明する。

まず、第1工程として、図2Aに示すように、管板3を板厚方向に貫通する各管穴3a内に、対応する伝熱管13の各端部をそれぞれ挿入し、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の一次側の端面から二次側の端面に向かって所定距離の範囲(図2A中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡張工具30を用いて拡張する。

ローラ式の拡張工具30は、先細軸をなすマンドレル31の周囲に衛星ローラ32を自転および公転可能に取り付けたものを伝熱管13内に挿入し、拡張位置でマンドレル31にスラストを与えつつ回転トルクを与えて回転させることにより衛星ローラ32が自転および公転しつつ拡張力が伝わり拡張を行なうものである。

[0018] つづいて、第2工程として、図2Bに示すように、拡張された伝熱管13の外周面と、管穴3aの内周面との間の(僅かな)隙間を塞ぐように、伝熱管13の外周面および管穴3aの内周面に沿って、管板3の一次側の端面にシール溶接を施す(行う)。

つぎに、第3工程として、図2Cに示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の二次側の端面から一次側の端面に向かって所定距離の範囲(図2C中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、本出願人が先に出願した特開2001-269732号公報に開示されている液圧式の拡張工具(図示せず)を用いて拡張する。

そして、第4工程として、図2Dに示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、第1工程および第3工程においてまだ拡管されていない範囲(図2D中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡管工具30を用いて拡管し、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の外周面全体を、管穴3aの内周面と密着させる。

[0019] 最後に、第5工程として、図示しない冷媒供給源から供給される冷媒(例えば、液体窒素)を伝熱管13の管内に通しながら、伝熱管13全体を冷却する。このとき、伝熱管13は、半径方向および長さ方向に縮むこととなり、伝熱管13と管板3との間の面圧が低下することとなる。そして、伝熱管13全体が十分に冷えたら(この状態で所定時間経過したら)冷媒供給源からの冷媒の供給を停止する。

[0020] 本実施形態に係る拡管方法によれば、第5工程において伝熱管13全体が一旦冷やされて、伝熱管13と管板3との間の面圧が低下させられた後、伝熱管13全体が常温に戻ることによって、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の外周面と、管穴3aの内周面とのなじみが良くなり、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の外周面と、管穴3aの内周面との面圧が増加して、密着性が向上することとなる。

これにより、二次側への伝熱管13の抜け出しを防止するための保持力を増加させることができるとともに、管板3に保持されている伝熱管13に亀裂が生じた場合でも伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材が、給水15中にリークする(漏れ出す)ことを防止することができる。

また、伝熱管13に所定の引き抜き力をかけても伝熱管13が管穴3aから抜け出すことがなく、かつ、伝熱管13に亀裂が生じた場合でも伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材が、給水15中にリークする(漏れ出す)ことがない範囲だけを検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させることができる。

なお、管板3の熱容量は伝熱管13の熱容量よりも十分に大きいので、伝熱管13を冷却する際に、管板3まで一様に冷却されてしまうといったことは起こらないようになっている。

[0021] 本発明による拡管方法の第2実施形態について、図2A～図2D、図3、および図4

を参照しながら説明する。

まず、第1工程として、図2Aに示すように、管板3を板厚方向に貫通する各管穴3a内に、対応する伝熱管13の各端部をそれぞれ挿入し、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の一次側の端面から二次側の端面に向かって所定距離の範囲(図2A中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡管工具30を用いて拡管する。

ローラ式の拡管工具30は、先細軸をなすマンドレル31の周囲に衛星ローラ32を自転および公転可能に取り付けたものを伝熱管13内に挿入し、拡管位置でマンドレル31にスラストを与えつつ回転トルクを与えて回転させることにより衛星ローラ32が自転および公転しつつ拡管力が伝わり拡管を行なうものである。

[0022] つづいて、第2工程として、図2Bに示すように、拡管された伝熱管13の外周面と、管穴3aの内周面との間の(僅かな)隙間を塞ぐように、伝熱管13の外周面および管穴3aの内周面に沿って、管板3の一次側の端面にシール溶接を施す(行う)。

つぎに、第3工程として、図2Cに示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の二次側の端面から一次側の端面に向かって所定距離の範囲(図2C中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、本出願人が先に出願した特開2001-269732号公報に開示されている液圧式の拡管工具(図示せず)を用いて拡管する。

そして、第4工程として、図2Dに示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、第1工程および第3工程においてまだ拡管されていない範囲(図2D中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡管工具30を用いて拡管し、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の外周面全体を、管穴3aの内周面と密着させる。

[0023] 最後に、第5工程として、図4に示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の二次側の端面近傍から一次側の端面に向かって所定距離の範囲(図4中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡管工具30を用いて拡管する。

[0024] 本実施形態に係る拡管方法によれば、第5工程において管板3の二次側の端面近傍から一次側の端面に向かう所定距離の範囲で、管穴3a内に挿入された伝熱管13

の外周面と、管穴3aの内周面との面圧が増加して、密着性が向上することとなる。

これにより、二次側への伝熱管13の抜け出しを防止するための保持力を増加させることができるとともに、管板3に保持されている伝熱管13に亀裂が生じた場合でも伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材が、給水15中にリークする(漏れ出す)ことを防止することができる。

また、伝熱管13に所定の引き抜き力をかけても伝熱管13が管穴3aから抜け出すことがなく、かつ、伝熱管13に亀裂が生じた場合でも伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材が、給水15中にリークする(漏れ出す)ことがない範囲だけを検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させることができる。

[0025] 本発明による拡張方法の第3実施形態について、図2A～図2Dおよび図3を参照しながら説明する。

まず、第1工程として、図2Aに示すように、管板3を板厚方向に貫通する各管穴3a内に、対応する伝熱管13の各端部をそれぞれ挿入し、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の一次側の端面から二次側の端面に向かって所定距離の範囲(図2A中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡張工具30を用いて拡張する。

ローラ式の拡張工具30は、先細軸をなすマンドレル31の周囲に衛星ローラ32を自転および公転可能に取り付けたものを伝熱管13内に挿入し、拡張位置でマンドレル31にスラストを与えつつ回転トルクを与えて回転させることにより衛星ローラ32が自転および公転しつつ拡張力が伝わり拡張を行なうものである。

[0026] つづいて、第2工程として、図2Bに示すように、拡張された伝熱管13の外周面と、管穴3aの内周面との間の(僅かな)隙間を塞ぐように、伝熱管13の外周面および管穴3aの内周面に沿って、管板3の一次側の端面にシール溶接を施す(行う)。

つぎに、第3工程として、図2Cに示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の二次側の端面から一次側の端面に向かって所定距離の範囲(図2C中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、本出願人が先に出願した特開2001-269732号公報に開示されている液圧式の拡張工具(図示せず)を用いて拡張する。

そして、第4工程として、図2Dに示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、第1工程および第3工程においてまだ拡管されていない範囲(図2D中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡管工具30を用いて拡管し、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の外周面全体を、管穴3aの内周面と密着させる。

[0027] 最後に、第5工程として、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の二次側の端面から一次側の端面までの範囲を、例えば、本出願人が先に出願した特開2001-269732号公報に開示されている液圧式の拡管工具(図示せず)を用いるとともに、当該工具に供給する液圧を第3工程における液圧の約1.03倍としてさらに拡管する。

[0028] 本実施形態に係る拡管方法によれば、第5工程において管板3の二次側の端面から一次側の端面に向かう所定距離の範囲で、管穴3a内に挿入された伝熱管13の外周面と、管穴3aの内周面との面圧が増加して、密着性が向上することとなる。

これにより、二次側への伝熱管13の抜け出しを防止するための保持力を増加させることができるとともに、管板3に保持されている伝熱管13に亀裂が生じた場合でも伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材が、給水15中にリークする(漏れ出す)ことを防止することができる。

また、伝熱管13に所定の引き抜き力をかけても伝熱管13が管穴3aから抜け出すことがなく、かつ、伝熱管13に亀裂が生じた場合でも伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材が、給水15中にリークする(漏れ出す)ことがない範囲だけを検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させることができる。

[0029] 本発明による拡管方法の第4実施形態について、図2A～図2D、図3、および図5を参照しながら説明する。

まず、第1工程として、図2Aに示すように、管板3を板厚方向に貫通する各管穴3a内に、対応する伝熱管13の各端部をそれぞれ挿入し、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の一次側の端面から二次側の端面に向かって所定距離の範囲(図2A中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡管

工具30を用いて拡管する。

ローラ式の拡管工具30は、先細軸をなすマンドレル31の周囲に衛星ローラ32を自転および公転可能に取り付けたものを伝熱管13内に挿入し、拡管位置でマンドレル31にスラストを与えつつ回転トルクを与えて回転させることにより衛星ローラ32が自転および公転しつつ拡管力が伝わり拡管を行なうものである。

[0030] つづいて、第2工程として、図2Bに示すように、拡管された伝熱管13の外周面と、管穴3aの内周面との間の(僅かな)隙間を塞ぐように、伝熱管13の外周面および管穴3aの内周面に沿って、管板3の一次側の端面にシール溶接を施す(行う)。

つぎに、第3工程として、図2Cに示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の二次側の端面から一次側の端面に向かって所定距離の範囲(図2C中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、本出願人が先に出願した特開2001-269732号公報に開示されている液圧式の拡管工具(図示せず)を用いて拡管する。

そして、第4工程として、図2Dに示すように、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、第1工程および第3工程においてまだ拡管されていない範囲(図2D中に実線矢印で示す範囲)を、例えば、図3に示すようなローラ式の拡管工具30を用いて拡管し、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の外周面全体を、管穴3aの内周面と密着させる。

[0031] 最後に、第5工程として、管穴3a内に挿入された伝熱管13の各端部の、管板3の二次側の端面から一次側の端面までの範囲を、例えば、図5に示すようなローラ式の拡管工具50を用いて拡管する。

ローラ式の拡管工具50は、先細軸をなすマンドレル51の周囲に衛星ローラ52を自転および公転可能に取り付けたものを伝熱管13内に挿入し、拡管位置でマンドレル51にスラストを与えつつ回転トルクを与えて回転させることにより衛星ローラ52が自転および公転しつつ拡管力が伝わり拡管を行なうものである。また、マンドレル51の中心部には、回転軸線に沿って中心穴51aが穿設されているとともに、中心穴51aの半径方向外側には、回転軸線と直交する方向に沿って、中心穴51aとマンドレル51の外周面とを連通する連通孔51bが複数穿設されている。さらに、中心穴51a内には、図示しない冷媒供給源から冷媒(例えば、液体窒素)が供給されるようになっており

、中心穴51a内に供給された冷媒は、連通孔51bから伝熱管13の内壁面に向かって噴き付けられ、伝熱管13が冷却されるようになっている。このとき、伝熱管13は、半径方向および長さ方向に縮むこととなり、伝熱管13と管板3との間の面圧が低下することとなる。そして、伝熱管13が十分に冷えたら(この状態で所定時間経過したら)冷媒供給源からの冷媒の供給を停止する。

[0032] 本実施形態に係る拡張方法によれば、第5工程において管板3の二次側の端面近傍から一次側の端面に向かう所定距離の範囲で、管穴3a内に挿入された伝熱管13の外周面と、管穴3aの内周面との面圧が増加して、密着性が向上することとなる。

これにより、二次側への伝熱管13の抜け出しを防止するための保持力を増加させることができるとともに、管板3に保持されている伝熱管13に亀裂が生じた場合でも伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材が、給水15中にリークする(漏れ出す)ことを防止することができる。

また、伝熱管13に所定の引き抜き力をかけても伝熱管13が管穴3aから抜け出すことがなく、かつ、伝熱管13に亀裂が生じた場合でも伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材が、給水15中にリークする(漏れ出す)ことがない範囲だけを検査(例えば、回転ECT(Eddy Current Test)による応力腐食割れの検査)すればよいこととなるので、当該検査に要する時間を大幅に低減させることができる。

[0033] なお、上述した実施形態において管穴3aの断面形状が、図6に示すような形状を有しているとさらに好適である。すなわち、上述した実施形態において管穴3aに、二次側から一次側に向かって徐々に(漸次)拡張する、言い換えれば、一次側から二次側に向かって徐々に(漸次)縮径するテーパ部3bが設けられているとさらに好適である。

このようなテーパ部3bを設けることにより、伝熱管13の管内を通過する原子炉冷却材により伝熱管13が半径方向外側に押し広げられることとなるので、管穴3a内に挿入された伝熱管13の外周面と、管穴3aの内周面との面圧をさらに増加させることができ、密着性をさらに向上させることができるとともに、二次側への伝熱管13の抜け出しを防止するための保持力をさらに増加させることができる。

[0034] また、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、適宜必要に応じて変

形実施することが可能である。例えば、上述した実施形態において、図3に示すようなローラ式の拡張工具30を用いる代わりに、図5に示すようなローラ式の拡張工具50を用いることもできる。

請求の範囲

- [1] 管板の管穴に挿入された伝熱管を拡張管により固定する拡張方法であって、
前記管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴の内周面に前記伝熱管の外周面を密着させた後、前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲において、伝熱管と管板との間の面圧をさらに増加させるようにしたことを特徴とする拡張方法。
- [2] 管板の管穴に挿入された伝熱管を拡張管により固定する拡張方法であって、
前記管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴の内周面に前記伝熱管の外周面を密着させた後、前記伝熱管の管内に冷媒を供給し、前記伝熱管が十分に冷えたら前記冷媒の供給を停止して、前記伝熱管を常温に戻すようにしたことを特徴とする拡張方法。
- [3] 管板の管穴に挿入された伝熱管を拡張管により固定する拡張方法であって、
前記管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴の内周面に前記伝熱管の外周面を密着させた後、前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲を、さらにローラ拡張するようにしたことを特徴とする拡張方法。
- [4] 管板の管穴に挿入された伝熱管を拡張管により固定する拡張方法であって、
前記管板の一次側の端面から二次側の端面に向かう所定距離の範囲をローラ拡張する第1工程、
前記管板の二次側の端面から一次側の端面に向かう所定距離の範囲を、所定の液圧で液圧拡張する第2工程、
前記第1工程および前記第2工程においてまだ拡張されていない範囲をローラ拡張する第3工程、
前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲を、前記所定の液圧よりも高い液圧で、さらに液圧拡張する第4工程を順次行うようにしたことを特徴とする拡張方法。
- [5] 管板の管穴に挿入された伝熱管を拡張管により固定する拡張方法であって、
前記管板の一次側の端面から二次側の端面にわたって、前記管穴の内周面に前

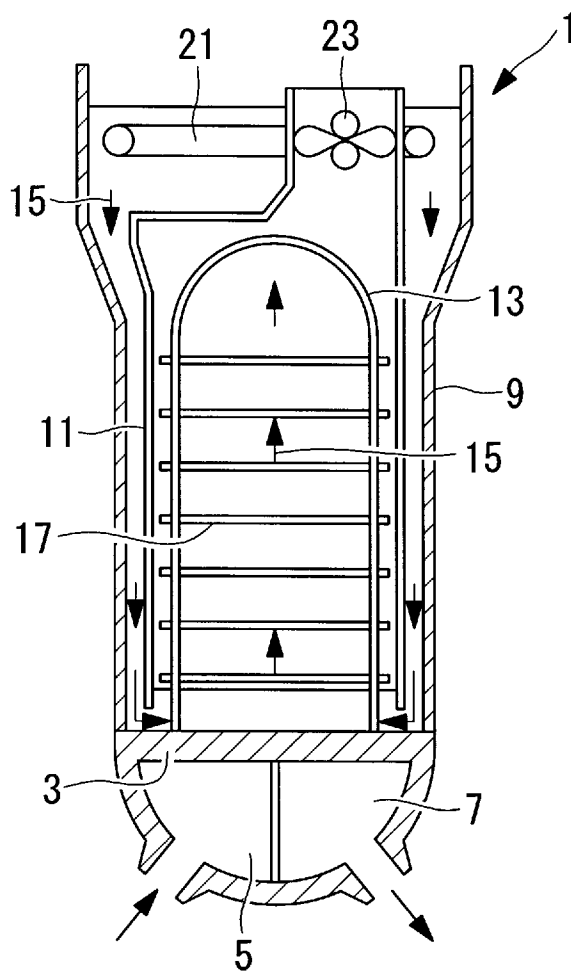
記伝熱管の外周面を密着させた後、前記二次側の端面あるいは前記二次側の端面近傍から前記一次側の端面に向かう所定距離の範囲を、さらに冷却しながらローラ拡管するようにしたことを特徴とする拡管方法。

[6] 前記管穴が、前記管板の二次側から一次側に向かって徐々に拡径するテーパ部を備えたものであることを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載の拡管方法。

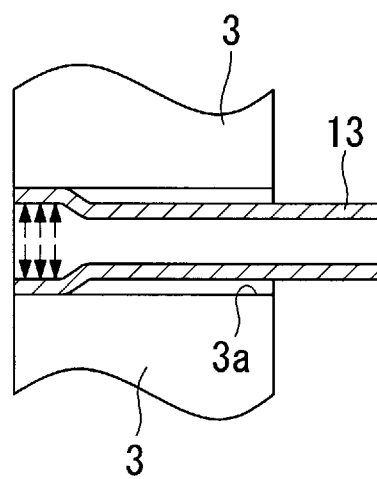
[7] 管板と、この管板の管穴に挿入される伝熱管とを備えた蒸気発生器の製造方法であって、

請求項1ないし6のいずれか一項に記載の拡管方法を用いて、前記管穴に前記伝熱管が固定されていることを特徴とする蒸気発生器の製造方法。

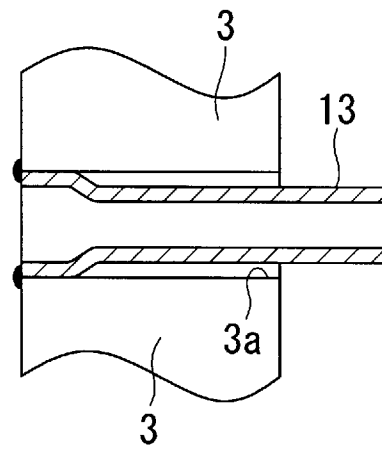
[図1]



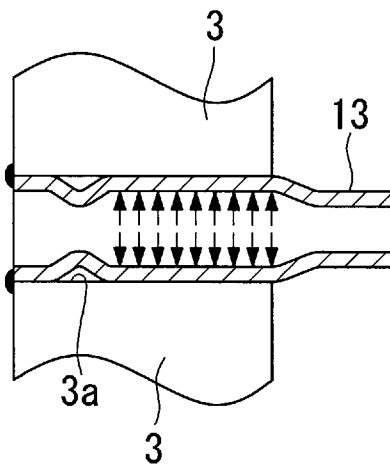
[図2A]



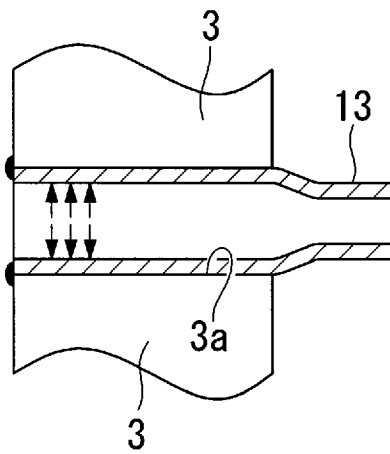
[図2B]



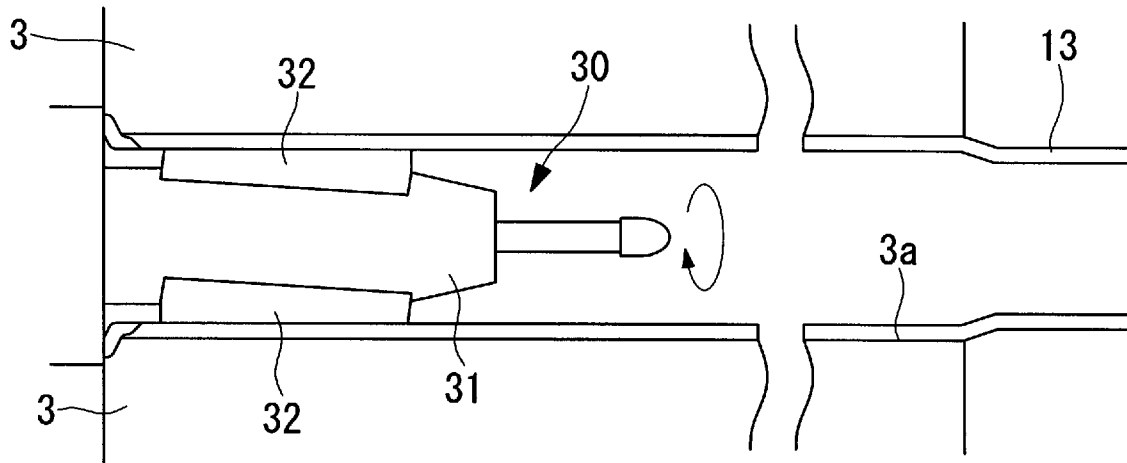
[図2C]



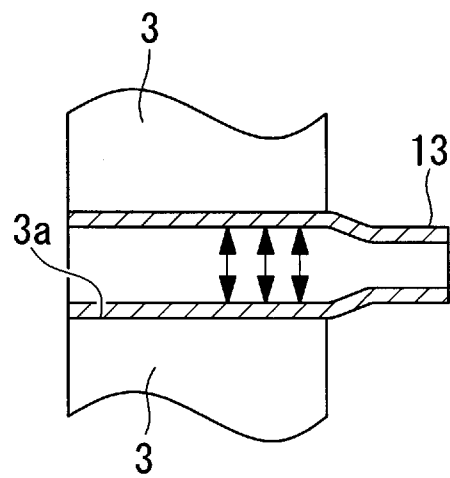
[図2D]



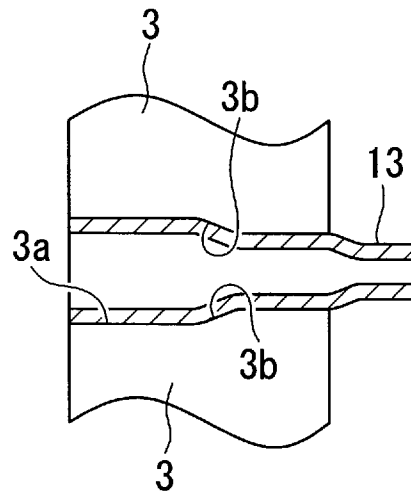
[図3]



[図4]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/063569

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F28F9/16(2006.01) i, B21D39/08(2006.01) i, B21D39/10(2006.01) i, F28D7/16(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F28F9/16, B21D39/08, B21D39/10, F28D7/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-269732 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 October, 2001 (02.10.01), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1, 3, 4, 7 2, 5, 6
Y	JP 62-104634 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 15 May, 1987 (15.05.87), Claims; page 3, upper right column, lines 14 to 18 (Family: none)	2, 5, 6, 7
Y	JP 2003-106789 A (Toyo Radiator Co., Ltd.), 09 April, 2003 (09.04.03), Claims; Fig. 5 (Family: none)	6, 7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 October, 2007 (02.10.07)

Date of mailing of the international search report
16 October, 2007 (16.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/063569

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 60-172797 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 06 September, 1985 (06.09.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F28F9/16(2006.01)i, B21D39/08(2006.01)i, B21D39/10(2006.01)i, F28D7/16(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F28F9/16, B21D39/08, B21D39/10, F28D7/16			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1922-1996年 1971-2007年 1996-2007年 1994-2007年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X Y	JP 2001-269732 A（三菱重工業株式会社）2001.10.02, 【特許請求の範囲】、【図1】（ファミリーなし）	1, 3, 4, 7 2, 5, 6	
Y	JP 62-104634 A（川崎重工業株式会社）1987.05.15, 特許請求の範囲, 第3頁右上欄第14-18行（ファミリーなし）	2, 5, 6, 7	
Y	JP 2003-106789 A（東洋ラジエーター株式会社）2003.04.09, 【特許請求の範囲】、【図5】（ファミリーなし）	6, 7	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 02.10.2007		国際調査報告の発送日 16.10.2007	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 田々井 正吾	3M 9029
		電話番号 03-3581-1101 内線 3377	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 60-172797 A (バブコック日立株式会社) 1985.09.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7