

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5833904号  
(P5833904)

(45) 発行日 平成27年12月16日(2015.12.16)

(24) 登録日 平成27年11月6日(2015.11.6)

(51) Int.Cl. F 1  
G 2 1 C 3/324 (2006.01) G 2 1 C 3/30 GDFH

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-266017 (P2011-266017)	(73) 特許権者	000165697 原子燃料工業株式会社
(22) 出願日	平成23年12月5日(2011.12.5)		東京都品川区東品川二丁目2番4号 天王洲ファーストタワー13階
(65) 公開番号	特開2013-117489 (P2013-117489A)	(73) 特許権者	505374783 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
(43) 公開日	平成25年6月13日(2013.6.13)		茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1
審査請求日	平成26年6月26日(2014.6.26)	(74) 代理人	110000442 特許業務法人 武和国際特許事務所
		(72) 発明者	本田 真樹 茨城県那珂郡東海村村松3135-41 原子燃料工業株式会社 東海事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高速炉用ラップ管およびその接合方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ラップ管の開口端部に、継ぎ手管体の開口端部を溶接して一体化する高速炉用ラップ管において、

前記ラップ管は、六角形の外形を成すと共にフェライト系ステンレス鋼から構成され、  
前記継ぎ手管体は、前記ラップ管と同じ六角形の外形を成し、オーステナイト系ステンレス鋼から構成されると共に、その開口端部に前記ラップ管の開口端面が当接する突き当て面、及び当該突き当て面から連続して前記ラップ管の軸方向に延びる芯出し筒部を有し、

前記ラップ管の開口端部を前記継ぎ手管体の芯出し筒部に沿って嵌合し、前記ラップ管の開口端面を前記継ぎ手管体の突き当て面に当接した状態で、前記ラップ管の開口端面と前記継ぎ手管体の突き当て面を溶接したことを特徴とする高速炉用ラップ管。

【請求項2】

請求項1に記載の高速炉用ラップ管において、  
前記継ぎ手管体の芯出し筒部の管体径方向の肉厚  $t_2$  が、前記ラップ管の管体径方向の肉厚  $t_1$  よりも厚い ( $t_2 > t_1$ ) ことを特徴とする高速炉用ラップ管。

【請求項3】

請求項1または2に記載の高速炉用ラップ管において、  
前記芯出し筒部が当該継ぎ手管体の径方向内側に形成され、前記ラップ管の開口端部が前記芯出し筒部の径方向外側から嵌合することを特徴とする高速炉用ラップ管。

10

20

## 【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の高速炉用ラップ管において、前記芯出し筒部の前記ラップ管側の先端部外周にラップ管嵌合案内内部が設けられていることを特徴とする高速炉用ラップ管。

## 【請求項 5】

請求項 3 に記載の高速炉用ラップ管において、前記芯出し筒部の内周の形状が当該継ぎ手管体の外形と相似する六角形をしており、前記芯出し筒部の管体径方向の肉厚  $t_2$  が各辺でほぼ等しいことを特徴とする高速炉用ラップ管。

## 【請求項 6】

六角形の外形を成すと共にフェライト系ステンレス鋼から構成されるラップ管と、前記ラップ管と同じ六角形の外形を成し、オーステナイト系ステンレス鋼から構成されると共に、一端である開口端部に前記ラップ管の開口端面が当接する突き当て面、及び当該突き当て面から連続して前記ラップ管の軸方向に延びる芯出し筒部を有する継ぎ手管体と、を溶接して一体化する高速炉用ラップ管の接合方法であって、

前記ラップ管の開口端部を前記継ぎ手管体の芯出し筒部に沿って嵌合して、前記ラップ管の開口端面を前記継ぎ手管体の突き当て面に当接する第 1 工程と、

前記第 1 工程の後に行われ、前記ラップ管の開口端面と前記継ぎ手管体の突き当て面を溶接する第 2 工程と、

前記第 2 工程の後に行われ、前記ラップ管と前記継ぎ手管体の接合体を熱処理する第 3 工程と、を含むことを特徴とする高速炉用ラップ管の接合方法。

## 【請求項 7】

請求項 6 に記載の高速炉用ラップ管の接合方法において、前記第 2 工程以降に、前記芯出し筒部を除去する第 4 工程をさらに含むことを特徴とする高速炉用ラップ管の接合方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、高速炉用ラップ管（以下、ラップ管と略称することもある）に係り、特にラップ管の開口端部における異種材料の溶接構造に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

高速炉用燃料集合体は、六角管形状をしたラップ管内に、スペーサワイヤが巻き付けられた多数の燃料被覆管が装荷されている。このラップ管の上部および下部には、ハンドリングヘッドとエントランスノズルが、それぞれ溶接により接合されている。

## 【0003】

従来の高速炉用燃料集合体は、ラップ管、ハンドリングヘッドならびにエントランスノズルが全てオーステナイト系ステンレス鋼で構成されていた。しかしながら、近年、経済性等の観点から燃料の高燃焼度が求められており、オーステナイト系ステンレス鋼に比べて耐スエリング性が高いフェライト系ステンレス鋼をラップ管の材質として適用する必要が出てきた。

## 【0004】

フェライト系ステンレス鋼製のラップ管を適用するためには、オーステナイト系ステンレス鋼製のハンドリングヘッドあるいはエントランスノズルを溶接する必要があるが、溶接部に  $\delta$  フェライト組織が生成した場合、原子炉の稼働中に溶接部が脆化する可能性が高く、衝撃特性の低下により、機械強度が保てなくなるという問題が生じる。

## 【0005】

このため熱処理を行い、前記  $\delta$  フェライト組織を消滅させる必要がある。しかし、ハンドリングヘッド等を接合したラップ管の全長は高速原子炉「もんじゅ」の場合で、約 4 2

10

20

30

40

50

00mmと長く、大型の熱処理炉が必要となる。

【0006】

前述のような技術的課題を解決するため、ラップ管に予めオーステナイト系ステンレス鋼製の継ぎ手部を設ける方法（下記特許文献1，2参照）、あるいはオーステナイト系ステンレス鋼製の継ぎ手部材を機械的に接合する方法（下記特許文献3，4，非特許文献1参照）などが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第3572285号公報

10

【特許文献2】特開平7-260973号公報

【特許文献3】特許第4229289号公報

【特許文献4】特許第3117285号公報

【非特許文献1】「PNC-FMS鋼ラップ管とSUS316鋼の異材溶接技術開発」サイクル機構技報No.13，2001年12月

【0008】

図19ならびに図20は前記特許文献3で提案されたラップ管とハンドリングヘッドとの接合構造を説明するための図であって、図19はラップ管の上部と継ぎ手部材とハンドリングヘッドの分解斜視図、図20はラップ管の上部と継ぎ手部材とハンドリングヘッドの接合構造を示す拡大断面図である。

20

【0009】

これらの図に示すように、フェライト系ステンレス鋼製のラップ管51とオーステナイト系ステンレス鋼製のハンドリングヘッド52がオーステナイト系ステンレス鋼製の継ぎ手部材53を介して接合されている。

【0010】

図19に示すように、六角管形状をしたラップ管51の上端開口部の内側に同じ六角管形状をした継ぎ手部材53の下端嵌合部54を嵌入し、ラップ管51の平面部に形成されたネジ孔55から継ぎ手部材53の平面部に形成されたネジ孔56に向けてネジ57を差し込んで締め付け、ラップ管51と継ぎ手部材53を機械的に連結する。

30

【0011】

さらに継ぎ手部材53の上端開口部の内側に同じ六角管形状をしたハンドリングヘッド52を挿入して、両者の接合部をTIG溶接58（図20参照）することにより、継ぎ手部材53を介して、異種材料のラップ管51とハンドリングヘッド52を接合する構造になっている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

前記ラップ管に予めオーステナイト系ステンレス鋼製の継手部を設ける方法ならびに機械的接合による方法は、次のような技術的問題点を有している。

(1) ラップ管にオーステナイト系ステンレス鋼製の継手部を設ける方法

40

通常ラップ管の製造工程において、丸管の状態では継ぎ手部を溶接、熱処理する工程が追加されるため、工程数が増えて、ラップ管の価格上昇に繋がる。ラップ管の価格上昇はできるだけ抑えることが必要である。

【0013】

(2) ラップ管にオーステナイト系ステンレス鋼製の継手部材を機械的に接合する方法

ラップ管とハンドリングヘッドなどとの接合強度は接合部材のせん断応力に依存するが、図19ならびに図20に示すネジ締め構造であれば、ネジ57の付近は所定の接合強度が得られても、ネジ57から離れた所は十分な接合強度が得られない。

【0014】

さらに放射線による劣化や冷却材であるナトリウムによる流力振動などによりネジ57

50

が緩んだり脱離して、接合状態の健全性が保てなくなること、およびネジ孔 5 5、5 6 からのナトリウム漏れが懸念される。

【0015】

管と管との溶接は一般に用いられる技術であるが、高速炉用ラッパ管は六角形の特殊形状をしているため、ラッパ管と継ぎ手部材とを突き合わせ溶接するだけでは、次のような技術的問題が生じる。

【0016】

(1) ラッパ管は引き抜き加工によって製作されるため、その断面寸法は正六角形からずれることがある。一方、継ぎ手部材は引き抜き加工あるいは切削加工によって製作されるため、その断面寸法はラッパ管と合わないことがある。そのため、ラッパ管と継ぎ手部材の接合部表面は一定ではなく、段差などが生じることがある。

10

【0017】

さらに、溶接によって溶けた金属が内面側に移行して、内外表面の溶融ビード形状が不安定になり、アンダーカットや溶け込み不良などの溶接欠陥が生じることがある。特にラッパ管は高速炉用燃料集合体の強度部材であるため、溶接欠陥によりラッパ管の肉厚が減少することは好ましくない。

【0018】

(2) ラッパ管および継ぎ手部材は六角形管体などの多角形管体であるため、多角形管体の中心を中心軸として回転溶接する場合、電子ビーム溶接であれば電子銃との距離、タンダステン-不活性ガス溶接(TIG溶接)であれば電極との距離が一定せず、回転角に応じて常に溶接条件を制御しなければ、安定した溶接部を得ることができず、溶け込み不良やアンダーカットが生じることがある。

20

【0019】

(3) 溶接変形を防止するためにラッパ管や継ぎ手部材を拘束する場合、ラッパ管や継ぎ手部材の肉厚が比較的薄いため(高速実験炉用ラッパ管の場合、例えば外側対面距離約80mmに対して肉厚は約2mm)、強固に固定することが難しく、溶接後の曲がりを防止することが困難である。

【0020】

本発明の目的は、このような従来技術の課題を解消し、溶接後の曲がりが少なく、信頼性の高い高速炉用ラッパ管およびその接合方法を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0021】

前記目的を達成するため、本発明の第1の手段は、

ラッパ管の開口端部に、継ぎ手管体の開口端部を溶接して一体化する高速炉用ラッパ管において、

前記ラッパ管は、六角形の外形を成すと共にフェライト系ステンレス鋼から構成され、前記継ぎ手管体は、前記ラッパ管と同じ六角形の外形を成し、オーステナイト系ステンレス鋼から構成されると共に、その開口端部に前記ラッパ管の開口端面が当接する突き当て面、及び当該突き当て面から連続して前記ラッパ管の軸方向に延びる芯出し筒部を有し

40

、前記ラッパ管の開口端部を前記継ぎ手管体の芯出し筒部に沿って嵌合し、前記ラッパ管の開口端面を前記継ぎ手管体の突き当て面に当接した状態で、前記ラッパ管の開口端面と前記継ぎ手管体の突き当て面を溶接したことを特徴とするものである。

【0022】

本発明の第2の手段は前記第1の手段において、

前記継ぎ手管体の芯出し筒部の管体径方向の肉厚 $t_2$ が、前記ラッパ管の管体径方向の肉厚 $t_1$ よりも厚い( $t_2 > t_1$ )ことを特徴とするものである。

【0023】

本発明の第3の手段は前記第1または第2の手段において、

前記芯出し筒部が当該継ぎ手管体の径方向内側に形成され、前記ラッパ管の開口端部が

50

前記芯出し筒部の径方向外側から嵌合することを特徴とするものである。

【0024】

本発明の第4の手段は前記第1ないし第3のいずれかの手段において、前記芯出し筒部の前記ラップ管側の先端部外周にラップ管嵌合案内内部が設けられていることを特徴とするものである。

【0025】

本発明の第5の手段は前記第3の手段において、

前記芯出し筒部の内周の形状が当該継ぎ手管体の外形と相似する六角形をしており、前記芯出し筒部の管体径方向の肉厚  $t_2$  が各辺でほぼ等しいことを特徴とするものである。

【0027】

本発明の第6の手段は、

六角形の外形を成すと共にフェライト系ステンレス鋼から構成されるラップ管と、前記ラップ管と同じ六角形の外形を成し、オーステナイト系ステンレス鋼から構成されると共に、一端である開口端部に前記ラップ管の開口端面が当接する突き当て面、及び当該突き当て面から連続して前記ラップ管の軸方向に延びる芯出し筒部を有する継ぎ手管体と、を溶接して一体化する高速炉用ラップ管の接合方法であって、

前記ラップ管の開口端部を前記継ぎ手管体の芯出し筒部に沿って嵌合して、前記ラップ管の開口端面を前記継ぎ手管体の突き当て面に当接する第1工程と、

前記第1工程の後に行われ、前記ラップ管の開口端面と前記継ぎ手管体の突き当て面を溶接する第2工程と、

前記第2工程の後に行われ、前記ラップ管と前記継ぎ手管体の接合体を熱処理する第3工程と、を含むことを特徴とするものである。

【0028】

本発明の第7の手段は前記第6の手段において、

前記第2工程以降に、前記芯出し筒部を除去する第4工程をさらに含むことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0030】

本発明は前述のような構成になっており、溶接後の曲がり少なく、信頼性の高い高速炉用ラップ管およびその接合方法を提供することができる。

【0031】

特に、溶接工程では、「ラップ管の厚み」での溶接ではなく、「ラップ管の厚み」+「溶接継ぎ手の厚み」としての溶接となることから、溶接条件設定が容易となり、溶接の信頼性を向上させることができる。

【0032】

また、ラップ管と継ぎ手部材ならびに継ぎ手部材とハンドリングヘッドとの接合を、ネジ等による機械的結合と異なり、余分な部品等を必要とせず、溶接のみによる接合となるため、安価に接合することができる。

【0033】

さらに、本発明では接合部が全て溶接であることから、ネジ等用の孔が不要であり、非常に簡素化された形状となることから、高速炉用等の燃料において必要な冷却材であるナトリウムの洗浄作業等や放射能汚染後の除染作業が容易に行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の実施例に係るラップ管の一部を断面にした正面図である。

【図2】そのラップ管の左側面図である。

【図3】継ぎ手管体の一部を断面にした正面図である。

【図4】その継ぎ手管体の左側面図である。

【図5】溶接して一体化したラップ管と継ぎ手管体の接合体の一部を断面にした正面図である。

10

20

30

40

50

【図 6】その接合体の左側面図である。

【図 7】ラップ管と継ぎ手管体の溶接部付近の拡大断面図である。

【図 8】芯出し筒部を切削除去した後の接合体の一部を断面にした正面図である。

【図 9】その接合体の左側面図である。

【図 10】溶接後のラップ管と継ぎ手管体の接合体の曲がり測定した結果を示す図である。

【図 11】その接合体の曲がり測定する装置とその測定方法を説明するための正面図である。

【図 12】その測定装置と測定方法を説明するための側面図である。

【図 13】その接合体の曲がりの決め方を説明するための図である。

10

【図 14】本発明の実施例に係る高速炉用燃料集合体の分解断面図である。

【図 15】その高速炉用燃料集合体の接合手順を説明するためのフローチャートである。

【図 16】本発明の第 1 変形例に係る継ぎ手管体の一部を断面にした正面図である。

【図 17】その継ぎ手管体の左側面図である。

【図 18】本発明の第 2 変形例に係るラップ管と継ぎ手管体の接合体における溶接前後の状態を示す要部断面図である。

【図 19】従来提案されたラップ管の上部と継ぎ手部材とハンドリングヘッドの分解斜視図である。

【図 20】そのラップ管の上部と継ぎ手部材とハンドリングヘッドの接合構造を示す拡大断面図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0035】

本発明は前述したような構成を有し、継ぎ手部材（継ぎ手管体）にラップ管との嵌め合い構造（芯出し筒部）を持たせ、ラップ管と継ぎ手部材との溶接後に嵌め合い構造部分を除去することで、継ぎ手部材がラップ管と同一断面寸法となり、寸法精度の高い高速炉用ラップ管を得ることができる。

【0036】

具体的には、継ぎ手部材に、ラップ管と同一の寸法部分を有する後述の側筒部の部分と、ラップ管を嵌め合わせるための後述の突き当て面と芯出し筒部で構成される段差部を有する部分とを設ける。この段差部の外側対面寸法は、ラップ管の内側対面寸法に合わせている。

30

【0037】

ラップ管と継ぎ手部材の接合は、継ぎ手部材の段差部にラップ管を嵌め合わせて、ラップ管と継ぎ手部材の中心を一致させた後に、電子ビーム溶接や TIG 溶接などの適宜な方法で溶接する。

ラップ管と継ぎ手部材の接合後、突き出した継ぎ手部材の段差部を、切削加工などの適宜な方法で削除する。

溶接によって生じる  $\delta$  フェライト組織は、切削加工の前後のいずれかで熱処理することにより消滅させる。

【0038】

40

これにより、ラップ管とハンドリングヘッドあるいはラップ管とエントランスノズルとの溶接はオーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接となり、従来の溶接法で溶接できる。

【0039】

次に本発明の実施例に係る高速炉用ラップ管を図面とともに説明する。

図 1 は一部を断面にしたラップ管の正面図、図 2 はそのラップ管の左側面図、図 3 は一部を断面にした継ぎ手管体の正面図、図 4 はその継ぎ手管体の左側面図、図 5 は溶接して一体化したラップ管と継ぎ手管体の接合体の一部を断面にした正面図、図 6 はその接合体の左側面図、図 7 はラップ管と継ぎ手管体の溶接部付近の拡大断面図、図 8 は溶接後に内側に突出している芯出し筒部を切削除去した後の接合体の一部を断面にした正面図、図 9 はその接合体の左側面図である。

50

## 【0040】

図1ならびに図2に示すようにラップ管1は六角管形状の管体からなり、両端に開口端部2a, 2bを有し、ラップ管1は引き抜き加工によって製作される。本実施例では、ラップ管1の外側対面距離は約80mm、径方向の肉厚 $t_1$ は約2mmである。

ラップ管1には、耐スエリング性を向上するためにフェライト系ステンレス鋼が用いられ、本実施例では下記の化学成分を有するフェライト/マルテンサイト鋼を使用している。

## 【0041】

C : 0.09~0.15 (重量%)、

Cr : 10.0~12.0 (重量%)、

Si :  $\leq$ 0.10 (重量%)、

Mo : 0.30~0.70 (重量%)、

Mn : 0.40~0.80 (重量%)、

W : 1.70~2.30 (重量%)、

P :  $\leq$ 0.030 (重量%)、

V : 0.15~0.25 (重量%)、

S :  $\leq$ 0.030 (重量%)、

Nb : 0.020~0.080 (重量%)、

Ni : 0.20~0.60 (重量%)、

N : 0.030~0.070 (重量%)、

残部 : Feおよび不可避不純物。

10

20

## 【0042】

このラップ管1の両側の開口端部2aあるいは2bに、継ぎ手管体3が溶接される。この継ぎ手管体3もラップ管1と同じように外形が六角形をした側筒部4を有し、その側筒部4の一方の開口端部には、ラップ管1の開口端面5(図1参照)が当接する突き当て面6と芯出し筒部7が、継ぎ手管体3の径方向に沿った厚さ方向に隣接して設けられている。

## 【0043】

本実施例の場合は図3に示すように、芯出し筒部7は突き当て面6の径方向内側に設けられており、突き当て面6と芯出し筒部7外周面との間にラップ管1の肉厚 $t_1$ と略同寸の段差部8が形成されている。

30

## 【0044】

図5に示すように芯出し筒部7はラップ管1の軸方向に伸びており、芯出し筒部7の径方向の肉厚 $t_2$ はラップ管1の径方向の肉厚 $t_1$ よりも厚く設定されて(本実施例の場合、4~5mm)、芯出し筒部7にラップ管1を嵌合した際にラップ管1を確実に保持できる機械的強度を有している。

## 【0045】

また、芯出し筒部7の外周の形状ならびに外寸は、ラップ管1の内周の形状ならびに内寸と略同じに設定されている。さらに、前記突き当て面6と芯出し筒部7の外周面との直角度は、精度よく確保されている。

40

継ぎ手管体3は後述するハンドリングヘッド14やエントランスノズル15(ともに図14参照)と同じオーステナイト系ステンレス鋼(例えばSUS316)から構成されている。

## 【0046】

図5に示すように、ラップ管1の一方の開口端部2aを芯出し筒部7に外嵌する。この嵌合をスムーズに行なうため、芯出し筒部7のラップ管側の先端部外周に丸味あるいはテーパ状のラップ管嵌合案内9が設けられている。

## 【0047】

このようにしてラップ管1を芯出し筒部7に嵌合することにより、ラップ管1の開口端面5が継ぎ手管体3の突き当て面6に当接して、継ぎ手管体3に対してラップ管1が傾く

50

ことなく、ラップ管 1 が芯出し筒部 7 により確実に同一方向に保持されて、ラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の中心軸が合致する。

【0048】

この状態でラップ管 1 の開口端面 5 と継ぎ手管体 3 の突き当て面 6 との接合部が溶接 10 される。この溶接 10 には、例えば電子ビーム溶接あるいはタンゲステン—不活性ガス溶接（TIG 溶接）などが適用される。この溶接 10 は、ラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の接合体を回転しながら、ラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の接合部全周にわたって施される。

【0049】

図 7 は、ラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の溶接部付近の拡大断面図である。この図は溶接部の拡大写真を線図化したものであり、この図から明らかなように、溶接 10 による溶け込みはラップ管 1、継ぎ手管体 3 の外表面から芯出し筒部 7 の所まで達しており、アンダーカットや溶け込み不良というような問題は生じていない。

10

【0050】

ラップ管 1 と継ぎ手管体 3 を溶接した状態では図 5 に示すように、継ぎ手管体 3 内において芯出し筒部 7 が内側に突き出した状態になっているから、図 7 において一点鎖線で示す切削線 11 の所まで、切削加工により芯出し筒部 7 を除去する。この切削加工後の状態が図 8 ならびに図 9 に示されており、ラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の内面が面一になっている。

本実施例では芯出し筒部 7 を除去したが、芯出し筒部 7 が邪魔にならないのであれば、そのまま芯出し筒部 7 を残しておいても構わない。

20

【0051】

前述の異材溶接 10 によって生じる  $\delta$  フェライト組織は、切削加工の前後の何れかで熱処理することにより消滅することができる。熱処理としては、溶接部を 1050℃で 10 分間以上焼ならしを行えば、溶接部近傍に生じた  $\delta$  フェライト組織がほぼ完全に消失することが、実験で確認されている。

【0052】

図 10 は、溶接後のラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の接合体の曲がり測定した結果を示す図であり、図中の一般的な技術による方法とは、芯出し筒部 7 の無い単なる六角管形状をした継ぎ手管体とラップ管を突き合わせ溶接した従来の方法である。

【0053】

図 11 ならびに図 12 は、前記接合体の曲がり測定する装置とその測定方法を説明するための正面図ならびに側面図である。

30

図 11 に示している点 (1) ~ (8) は、接合体上の測定点を示しており、点 (6) と点 (7) はラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の溶接部の両サイドの位置で、溶接ビートの中央から 5 mm 離れた位置である。

【0054】

次に曲がりの測定方法について説明する。

1. ラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の接合体を基台 12 上に水平に載せる。
2. 図 12 に示すようにリニアゲージ 13 を測定アーム 14 に取り付け、リニアゲージ 13 を接合体の上側の面（図では六角面 1）の略中央の位置に接触させる。測定点 (1) を「0」（基準点）とする。
3. リニアゲージ 13 を接合体の軸方向に沿って移動して、点 (2) ~ (8) の位置を測定する。

40

【0055】

4. 各 (1) ~ (8) の測定点を図 13 のようにプロットして、点 (1) と点 (8) を直線で結ぶ。

【0056】

5. その直線から各 (2) ~ (7) の測定点までの幅のうち最大幅をその面の曲がりとする。図 13 の例では、点 (4) が前記直線から最も離れているから、点 (4) の値がその面の曲がり寸法となる。

50



## 【0057】

6. 前記1～5の測定方法で接合体の6面を順次測定して、各面からの曲がり寸法の最大値を当該接合体の曲がり寸法とする。図10の本発明による方法では、六角面3の値0.09mmが最大値であるから、その値が接合体の曲がり寸法となる。

## 【0058】

図10の測定結果から明らかなように、一般的な技術による従来の方法であれば接合体の曲がり寸法は0.17mm(六角面2)であるのに対して、本発明による方法であれば接合体の曲がり寸法は0.09mm(六角面3)であり、接合体の曲がり寸法を従来よりも約47%低減することができた。また平均値で見ると、一般的な技術による方法であれば接合体の平均曲がり寸法は0.11mmであるのに対して、本発明による方法であれば接合体の平均曲がり寸法は0.06mmであり、接合体の平均曲がり寸法を従来よりも約45%低減することができた。

10

## 【0059】

このように接合体の曲がりが少ないということは、接合体の真直度が高いということであり、燃料被覆管の装荷などに支障をきたすことがなく、さらに、接合体の溶接不良あるいは破壊の起点が殆ど無いことを意味しており、信頼性の高い高速炉用ラッパ管である。

## 【0060】

図14に示すように、ラッパ管1の両端部にオーステナイト系ステンレス鋼(例えばSUS316)製の継ぎ手管体3aと継ぎ手管体3bが溶接される。そして継ぎ手管体3aには同じオーステナイト系ステンレス鋼(例えばSUS316)からなるハンドリングヘッド14が溶接され、継ぎ手管体3bには同じオーステナイト系ステンレス鋼(例えばSUS316)からなるエントランスノズル15が溶接されて、高速炉用燃料集合体を構成する。

20

## 【0061】

継ぎ手管体3aとハンドリングヘッド14ならびに継ぎ手管体3bとエントランスノズル15はともに同材質で構成されているから、溶接部付近に $\delta$ フェライト組織が生成することはなく、電子ビーム溶接やTIG溶接などの適宜な方法で溶接することができる。

## 【0062】

図15は、本発明の実施例に係る高速炉用燃料集合体の接合手順をまとめたフローチャートである。

30

## 【0063】

- S1: 継ぎ手管体3の開口端部に、突き当て面6と芯出し筒部7を形成する。
- S2: ラッパ管1の両側開口端部を、それぞれ継ぎ手管体3の芯出し筒部7に嵌合して、ラッパ管1の開口端面5を継ぎ手管体3の突き当て面6に当接する。
- S3: ラッパ管1の開口端面5と継ぎ手管体3の突き当て面6を溶接する。
- S4: 継ぎ手管体3の芯出し筒部7を切削除去する。
- S5: ラッパ管1と継ぎ手管体3の接合体を熱処理する。
- S6: 一方の継ぎ手管体3aにハンドリングヘッド14を溶接し、他方の継ぎ手管体3bにエントランスノズル15を溶接する。

40

## 【0064】

なお、芯出し筒部7が邪魔にならないのであれば、芯出し筒部7の切削除去工程(S4)は不要である。また、S5の接合体の熱処理工程を、S3の溶接工程とS4の芯出し筒部7の切削工程との間に入れることも可能である。

## 【0065】

図16ならびに図17は本発明の第1変形例に係る継ぎ手管体3を示す図で、図16はその継ぎ手管体3の一部を断面にした正面図、図17はその継ぎ手管体3の左側面図である。この変形例において図3ならびに図4に示す継ぎ手管体3と相違する点は、芯出し筒部7の内周の形状が円形になっている点である。

## 【0066】

ただ、芯出し筒部7の内周を円形にすると、芯出し筒部7の肉厚 $t_2$ が薄い部分と厚い

50

部分が交互にでき、芯出し筒部 7 を切削する場合には肉厚の変化により切削がしづらいという難点がある。その点図 3 ならびに図 4 に示す継ぎ手管体 3 のように、芯出し筒部 7 の内周の形状が継ぎ手管体 3 の外形と同じ多角形をしており、芯出し筒部 7 の肉厚  $t_2$  が各辺でほぼ等しいと、芯出し筒部 7 の切削工程が容易である。

【0067】

図 18 は本発明の第 2 変形例に係るラップ管 1 と継ぎ手管体 3 の接合体における溶接前後の状態を示す図で、同図 (a) は溶接前後の状態を示す要部断面図、同図 (b) は溶接後の状態を示す要部断面図である。

【0068】

この変形例において図 5 ならびに図 8 に示す前記実施例と相違する点は、図 18 (a) に示すように芯出し筒部 7 が突き付き当て面 6 の径方向外側に設けられている点である。従ってこの変形例の場合、芯出し筒部 7 の内周の形状ならびに寸法が、ラップ管 1 の外周の形状ならびに寸法と略同じになっている。

10

【0069】

図 18 (a) に示すように、ラップ管 1 の開口端部 2 a を芯出し筒部 7 の内側に嵌入して、ラップ管 1 の開口端面 5 を継ぎ手管体 3 の突き当て面 6 に当接し、ラップ管 1 の位置決めを行ない、開口端面 5 と突き当て面 6 の接合部を全周にわたって溶接 10 をする。

【0070】

その後図 18 (b) に示すように、継ぎ手管体 3 の芯出し筒部 7 を研削除去して、ラップ管 1 の外周面と継ぎ手管体 3 の外周面を面一とする。この変形例の場合、継ぎ手管体 3 の芯出し筒部 7 が外側に露呈しているから研削作業が簡単である。その際、ラップ管部分で芯出しをした状態で研磨できるため、接合体の曲がり量をより低減する効果がある。

20

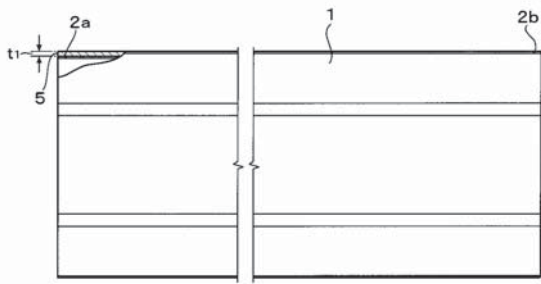
【符号の説明】

【0071】

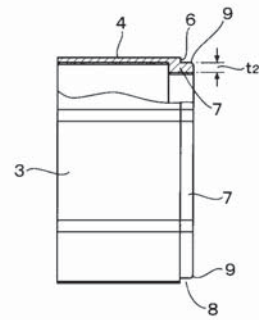
- 1：ラップ管、
- 2 a, 2 b：開口端部、
- 3, 3 a, 3 b：継ぎ手管体、
- 4：側筒部、
- 5：開口端面、
- 6：突き当て面、
- 7：芯出し筒部、
- 8：段差部、
- 9：ラップ管嵌合案内内部、
- 10：溶接、
- 11：切削線、
- 14：ハンドリングヘッド、
- 15：エントランスノズル、
- t 1：ラップ管の肉厚、
- t 2：芯出し筒部の肉厚。

30

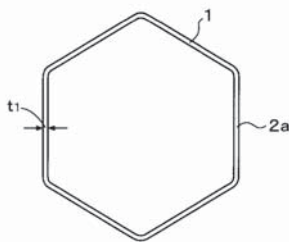
【図 1】



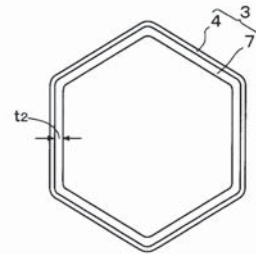
【図 3】



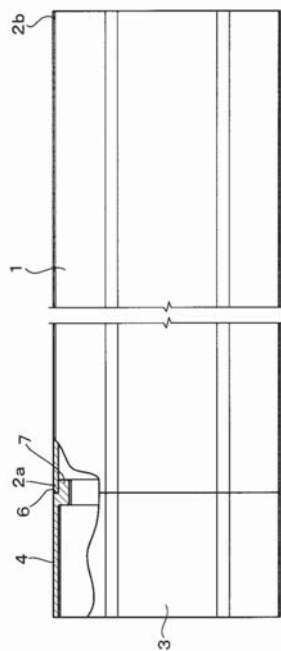
【図 2】



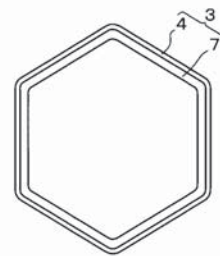
【図 4】



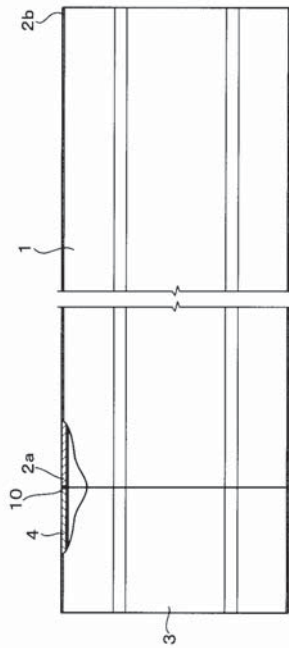
【図 5】



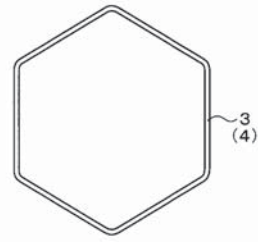
【図 6】



【図 8】



【図 9】

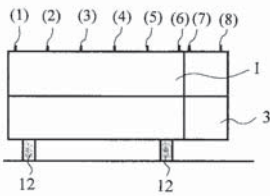


【図 10】

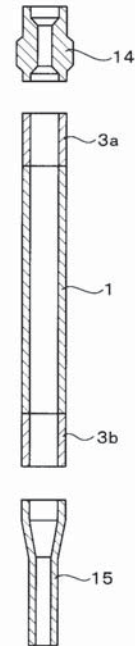
[単位:mm]

	一般的な技術による方法	本発明による方法
六角面1	0.053	0.026
六角面2	0.168	0.076
六角面3	0.082	0.093
六角面4	0.090	0.060
六角面5	0.111	0.042
六角面6	0.137	0.038
最大	0.168	0.093
最小	0.053	0.026
平均	0.107	0.056

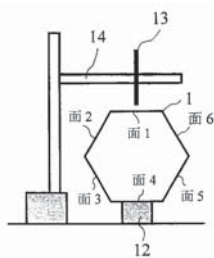
【図 11】



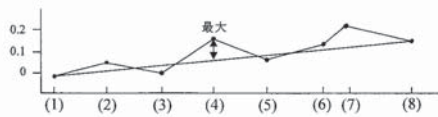
【図 14】



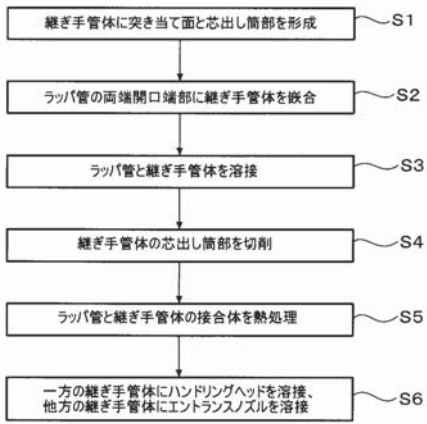
【図 12】



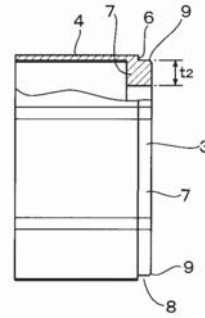
【図 13】



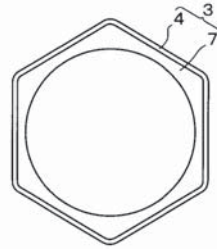
【図 15】



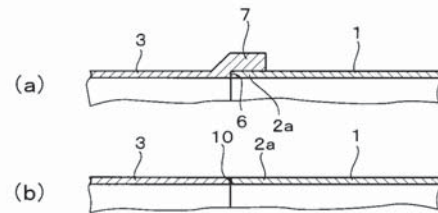
【図 16】



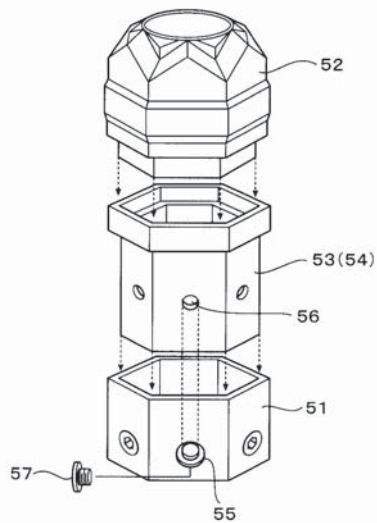
【図 17】



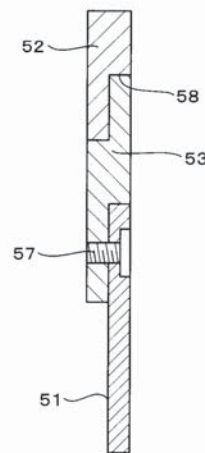
【図 18】



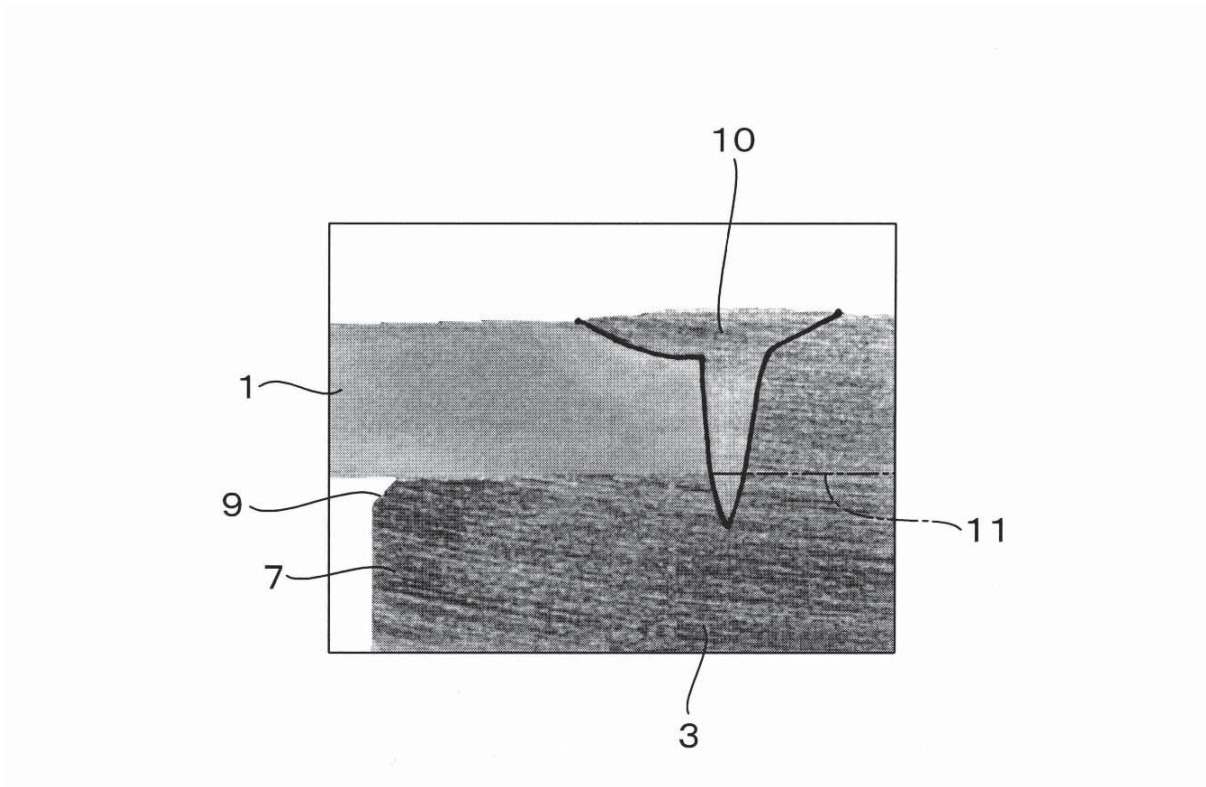
【図 19】



【図 20】



【図 7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 中村 亘

茨城県那珂郡東海村村松3135-41 原子燃料工業株式会社 東海事業所内

(72)発明者 矢野 康英

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター内

(72)発明者 皆藤 威二

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター内

審査官 青木 洋平

(56)参考文献 特開2003-149366 (JP, A)

特開2011-189409 (JP, A)

特開平10-085954 (JP, A)

特開2006-095561 (JP, A)

特開2000-158130 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21C 3/324

B23K 33/00

B23K 9/23

B23K 9/028