

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4063356号  
(P4063356)

(45) 発行日 平成20年3月19日 (2008.3.19)

(24) 登録日 平成20年1月11日 (2008.1.11)

(51) Int. Cl.

F I

G 2 1 C 5/10 (2006.01)

G 2 1 C 5/10 G D B

G 2 1 C 19/02 (2006.01)

G 2 1 C 19/02 J

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-154211  
 (22) 出願日 平成9年6月12日 (1997.6.12)  
 (65) 公開番号 特開平10-62577  
 (43) 公開日 平成10年3月6日 (1998.3.6)  
 審査請求日 平成16年5月11日 (2004.5.11)  
 (31) 優先権主張番号 08/669879  
 (32) 優先日 平成8年6月21日 (1996.6.21)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ  
 GENERAL ELECTRIC CO  
 MPANY  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタデイ、リバーロード、1 番  
 (74) 代理人 100093908  
 弁理士 松本 研一  
 (72) 発明者 ガリイ・ジェイ・バラーズ  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン  
 ・ホセ、ヤーウッド・コート、1155 番  
 (72) 発明者 アレックス・ブレイアー・ファイフ  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン  
 ・ホセ、リトル・フォールズ・ドライブ、  
 6555 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 原子炉用のシュラウド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料バンドルの横方向の動きを制限するために原子炉圧力容器内に配置するためのシュラウドにおいて、

前記原子炉圧力容器の内径より小さい外径を持つほぼ円筒形の本体 (16) と、該本体の第1端部 (18) に配置されたフランジ (20) とを有し、該フランジには複数のボルト開口 (22) が設けられている第1シュラウド部分 (12)、および

前記原子炉圧力容器の内径より小さい外径を持つほぼ円筒形の本体 (16) と、該本体の第1端部 (18) に配置されたフランジ (20) とを有し、該フランジには複数のボルト開口 (22) が設けられている第2シュラウド部分 (14) を含んでおり、

前記第1シュラウド部分 (12) の前記本体 (16) の前記第1端部 (18) が、前記原子炉圧力容器の中心線から該第1端部の壁の中心まで測った半径  $R_{mc}$  を持ち、また前記第1シュラウド部分の前記本体の中央部分が、前記原子炉圧力容器の中心線から該中央部分の壁の中心まで測った半径  $R_n$  を持ち、前記半径  $R_{mc}$  が前記半径  $R_n$  より大きいことを特徴とするシュラウド。

【請求項 2】

前記第1シュラウド部分の前記フランジには複数の扇形切欠き (42) が形成されている請求項1記載のシュラウド。

【請求項 3】

10

20

前記第 1 シュラウド部分の前記フランジが前記中央部分と前記第 1 端部との間の境界部分 ( 2 6 ) に配置されており、

前記第 1 シュラウド部分の前記フランジは、前記第 1 シュラウド部分の前記本体 ( 1 6 ) 側の第 1 フランジ面 ( 2 8 ) および該第 1 フランジ面と対向する、第 1 シュラウド部分 ( 1 2 ) の前記第 1 端部 ( 1 8 ) 側の第 2 フランジ面 ( 3 0 ) を持ち、

断面で、前記第 2 フランジ面は前記第 1 端部 ( 1 8 ) 外面から長さ B 1 を持ち、前記該第 1 フランジ面は前記本体 ( 1 6 ) 外面から長さ B 2 を持ち、長さ B 2 が長さ B 1 より大きい、請求項 1 記載のシュラウド。

【請求項 4】

燃料バンドルの横方向の動きを制限するために原子炉圧力容器内に配置するためのシュラウドにおいて、

10

前記原子炉圧力容器の内径より小さい外径を持つほぼ円筒形の本体 ( 1 6 ) と、該本体の第 1 端部 ( 1 8 ) に配置されたフランジ ( 2 0 ) とを有し、該フランジには複数のボルト開口 ( 2 2 ) が設けられている第 1 シュラウド部分 ( 1 2 )、および

前記原子炉圧力容器の内径より小さい外径を持つほぼ円筒形の本体 ( 1 6 ) と、該本体の第 1 端部 ( 1 8 ) に配置されたフランジ ( 2 0 ) とを有し、該フランジには複数のボルト開口 ( 2 2 ) が設けられている第 2 シュラウド部分 ( 1 4 )

を含んでおり、

前記第 1 シュラウド部分の前記本体の一部分が壁厚 C 1 を持ち、前記第 1 シュラウド部分の前記本体の別の部分が壁厚 C 2 を持ち、壁厚 C 2 が壁厚 C 1 より大きいシュラウド。

20

【請求項 5】

燃料バンドルの横方向の動きを制限するために原子炉圧力容器内に配置するためのシュラウドにおいて、

前記原子炉圧力容器の内径より小さい外径を持つほぼ円筒形の本体 ( 1 6 ) と、該本体の第 1 端部 ( 1 8 ) に配置されたフランジ ( 2 0 ) とを有し、該フランジには複数のボルト開口 ( 2 2 ) が設けられている第 1 シュラウド部分 ( 1 2 )、および

前記原子炉圧力容器の内径より小さい外径を持つほぼ円筒形の本体 ( 1 6 ) と、該本体の第 1 端部 ( 1 8 ) に配置されたフランジ ( 2 0 ) とを有し、該フランジには複数のボルト開口 ( 2 2 ) が設けられている第 2 シュラウド部分 ( 1 4 )

を含んでおり、

30

前記第 2 シュラウド部分のフランジには複数の扇形切欠き ( 4 2 ) が形成されており、前記第 2 シュラウド部分の前記本体 ( 1 6 ) の前記第 1 端部 ( 1 8 ) が、前記原子炉圧力容器の中心線から該第 1 端部の壁の中心まで測った半径 R m c を持ち、また前記第 2 シュラウド部分の前記本体 ( 1 6 ) の中央部分が、前記原子炉圧力容器の中心線から該中央部分の壁の中心まで測った半径 R n を持ち、半径 R m c は半径 R n より大きく、また前記第 2 シュラウド部分の前記フランジが前記中央部分と前記第 1 端部との間の境界部分 ( 2 6 ) に配置されており、

前記第 2 シュラウド部分 ( 1 4 ) の前記フランジ ( 2 0 ) は該第 2 シュラウド部分 ( 1 4 ) の前記中央部分側の第 1 フランジ面 ( 2 8 ) および該第 1 フランジ面 ( 2 8 ) と対向する、第 2 シュラウド部分 ( 1 4 ) の前記第 1 端部 ( 1 8 ) 側の第 2 フランジ面 ( 3 0 ) を持ち、

40

断面で、前記第 2 フランジ面は前記第 1 端部 ( 1 8 ) 外面から長さ B 1 を持ち、前記該第 1 フランジ面は前記中央部分 ( 1 6 ) 外面から長さ B 2 を持ち、長さ B 2 は長さ B 1 より大きく、更に前記第 2 シュラウド部分の前記本体の一部分が壁厚 C 1 を持ち、前記第 2 シュラウド部分の前記本体の別の部分が壁厚 C 2 を持ち、壁厚 C 2 が壁厚 C 1 より大きいシュラウド。

【請求項 6】

前記第 1 シュラウド部分 ( 1 2 ) の前記フランジ ( 2 0 ) に設けられた前記ボルト開口 ( 2 2 ) の少なくとも幾つかは、前記第 2 シュラウド部分 ( 1 4 ) の前記フランジ ( 2 0 ) に設けられたそれぞれの前記ボルト開口 ( 2 2 ) と整合している請求項 1 記載のシュラ

50

ウド。

【請求項 7】

前記第 1 シュラウド部分 ( 1 2 ) が前記第 2 シュラウド部分 ( 1 4 ) に溶接されており、前記第 1 シュラウド部分の前記フランジと前記第 2 シュラウド部分の前記フランジとの間の距離 A が溶接部を検査できるように定められている請求項 1 記載のシュラウド。

【請求項 8】

更に、ボルト ( 3 2 ) が前記第 1 シュラウド部分の前記フランジに設けられた前記ボルト開口および前記第 2 シュラウド部分の前記フランジに設けられた前記ボルト開口を通して延在しており、前記ボルトは、シャンク部 ( 3 4 )、並びに第 1 および第 2 ねじ付き端部 ( 3 6 , 3 8 ) を有している請求項 1 記載のシュラウド。

10

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は一般に原子炉に関するものであり、更に詳しくは原子炉の炉心シュラウドの隣接する円筒形部分同士の間継手に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【発明の背景】

沸騰水型原子炉は典型的には円筒形のステンレス鋼製のシュラウド内に配置された燃料炉心を含んでいる。具体的に述べると、炉心の中心軸線がシュラウドの中心軸線とほぼ同軸であり、シュラウドの両端は開放して、水がシュラウドの下端から流入してシュラウドの上端から流出することができる。シュラウドは炉心の燃料バンドルの横方向の動きを制限する。

20

【 0 0 0 3 】

シュラウドはその寸法が大きいので、複数のステンレス鋼製の円筒形シュラウド部分を一緒に溶接することによって形成される。具体的に述べると、隣接するシュラウド部分のそれぞれの端部同士が周方向の溶接部によって接合される。この溶接継手は、原子炉の全ての動作モードに伴う垂直方向および横方向荷重を支持する。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、シュラウドの溶接部は、粒間応力腐食割れ ( I G S C C ) として知られている有害な作用に対するシュラウド材料の感受性を増大させる。シュラウド溶接部に I G S C C の発生が認められた場合、このシュラウド溶接部によって最初に支持されていた垂直方向および横方向荷重に対する代わりの機械的支持体を容易に且つ素早く設けることが望ましい。その上、このような機械的支持体が充分長い寿命を有し、このため原子炉がその設計寿命を完全に実現できることが望ましい。更に、このような機械的支持体が、I G S C C の発生の検出前のシュラウド溶接部の寿命期間中に、シュラウド溶接部の検査を妨害しないことが望ましい。

30

【特許文献 1】

欧州特許公開 7 1 6 4 2 3 号公報

【 0 0 0 5 】

【発明の概要】

40

本発明は、これらのおよび他の目的を達成する原子炉用のシュラウドを提供する。本発明のシュラウドは、一態様によれば、第 1 および第 2 シュラウド部分を含み、各シュラウド部分はほぼ円筒形の本体で構成され、第 1 端部および第 2 端部を有する。各シュラウド部分の第 1 端部は半径  $R_m$  を持ち、ほぼ円筒形の本体は半径  $R_n$  を持つ。半径  $R_m$  は半径  $R_n$  より大きい。

【 0 0 0 6 】

各シュラウド部分の第 1 端部にはフランジが配置されている。フランジには複数のボルト開口が設けられており、また複数の扇形切欠きが形成されている。各シュラウド部分のフランジは、各シュラウド部分の本体と第 1 端部との間の境界部分に配置されている。フランジは第 1 フランジ面 (例えば上面) および第 2 フランジ面 (例えば下面) を持つ。第 2

50

フランジ面は長さ  $B_1$  を持ち、第 1 フランジ面は長さ  $B_2$  を持つ。第 1 フランジ面の長さ  $B_2$  は第 2 フランジ面の長さ  $B_1$  より大きい。シュラウド部分の端部の壁の中の中心線からフランジのボルト開口の最も近い縁までのレバーアーム距離（応力中心距離） $E$  が、シュラウド部分の端部における曲げモーメント（ $M_1$ ）を低減するように最小にされる。また、端部は壁厚  $C_1$  を持ち、本体は壁厚  $C_2$  を持つ。壁厚  $C_2$  は壁厚  $C_1$  より大きい。

#### 【0007】

第 1 シュラウド部分の第 1 端部は第 2 シュラウド部分に溶接されている。第 1 シュラウド部分のフランジに設けられたボルト開口の少なくとも幾つかは、第 2 シュラウド部分のフランジに設けられたそれぞれのボルト開口と整合する。第 1 シュラウド部分のフランジと第 2 シュラウド部分のフランジとの間の距離  $A$  は、周知の装置および方法を使用して溶接部を検査できるように定められている。

10

#### 【0008】

第 1 シュラウド部分のフランジと第 2 シュラウド部分のフランジとの間の距離  $A$  が両シュラウド部分間の溶接部を検査できるようになっているので、原子炉の寿命に至るまでに、このような溶接部は超音波試験（ $UT$ ）のような周知の装置および方法を使用して容易に検査することができる。

溶接部における  $IGSCC$  の発生が検出された場合、次の作業が実施される。まずボルトが第 1 シュラウド部分のフランジに設けられたボルト開口に挿入されて、第 2 シュラウド部分のフランジに設けられた整合したボルト開口に通される。各ボルトは、一態様によれば、シャンク部、並びに第 1 および第 2 ねじ付き端部を有する。シャンク部は直径  $D_1$  を持ち、各ねじ付き端部は直径  $D_2$  を持つ。直径  $D_1$  は直径  $D_2$  より小さい。ナットがねじ付き端部にねじ係合されて、それぞれのフランジに対して締め付けられる。

20

#### 【0009】

以下により詳しく説明するように、上記のシュラウド部分の構成およびボルトは、シュラウド部分における曲げ応力を最小にし、要求される応力基準を満足する。更に、フランジは原子炉内に存在するハードウェアと干渉しない。このような構成はまた、原子炉が設計寿命を完全に実現できるように充分長い寿命を有すると信じられる。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

図 1 は、第 1 シュラウド部分 12 および第 2 シュラウド部分 14 を含むシュラウド 10 の断面図である。第 1 シュラウド部分 12 および第 2 シュラウド部分 14 の各々は、第 1 端部 18 および第 2 端部（図示していない）を持つほぼ円筒形の本体 16 を含んでいる。各シュラウド部分の第 2 端部は、一実施態様では、第 1 端部 18 と同じ構成である。各シュラウド部分 12 および 14 において、フランジ 20 が第 1 端部 18 の所に配置されており、フランジ 20 には複数のボルト開口 22 が設けられている。第 1 シュラウド部分 12 は第 2 シュラウド部分 14 に溶接されている。第 1 シュラウド部分 12 のフランジ 20 に設けられたボルト開口 22 の少なくとも幾つかは、第 2 シュラウド部分 14 のフランジ 20 に設けられたそれぞれのボルト開口 22 と整合する。第 1 シュラウド部分 12 のフランジ 20 と第 2 シュラウド部分 14 のフランジ 20 との間の距離  $A$  は、周知の装置および方法を使用して溶接部 24 を検査できるように定められる。各シュラウド部分 12 および 14 の本体 16 の第 1 端部 18 は、原子炉圧力容器の中心線から第 1 端部 18 の壁の中心まで測った半径  $R_{mc}$  を持つ。また、本体 16 の中央部分は、原子炉圧力容器の中心線から該中央部分の壁の中心まで測った半径  $R_n$  を持つ。半径  $R_{mc}$  は半径  $R_n$  より大きい。

30

40

#### 【0011】

フランジ 20 は本体 16 と第 1 端部 18 との間の境界部分 26 に配置されている。フランジ 20 は第 1 フランジ面 28 および第 2 フランジ面 30 を持つ。第 2 フランジ面 30 は長さ  $B_1$  を持ち、第 1 フランジ面 28 は長さ  $B_2$  を持つ。第 1 フランジ面 28 の長さ  $B_2$  は第 2 フランジ面 30 の長さ  $B_1$  より大きい。端部 18 の壁の中の中心線からボルト開口 22 の最も近い縁までのレバーアーム距離  $E$  が、端部 18 における曲げモーメント（ $M_1$ ）を低減するように最小にされる。また、端部 18 は壁厚  $C_1$  を持ち、本体 16 は壁厚  $C_2$

50

を持つ。壁厚  $C_2$  は壁厚  $C_1$  より大きい。

【0012】

前に説明したように、第1シュラウド部分12は第2シュラウド部分14に溶接されている。第1シュラウド部分12のフランジ20と第2シュラウド部分14のフランジ20との間の距離Aが両シュラウド部分間の周方向の溶接部24を検査できるようになっているので、原子炉の寿命に至るまでに、溶接部24は周知の装置および方法を使用して容易に検査することができる。

【0013】

図2は、本発明の一実施態様によるボルト32の正面図である。具体的に述べると、ボルト32はシャンク部34、並びに第1および第2ねじ付き端部36および38を有する。シャンク部34は直径D1を持ち、各ねじ付き端部36および38は直径D2を持つ。直径D1は直径D2より小さい。ナット40が、図示のようにねじ付き端部36および38にねじ係合される。

10

【0014】

溶接部24におけるIGSCCの発生が検出された場合、先ずボルト32が第1シュラウド部分12のフランジ20に設けられたボルト開口22に挿入されて、第2シュラウド部分14のフランジ20に設けられた整合したボルト開口22に通される。次いで、ナット40がねじ付き端部36および38にねじ係合されて、それぞれのフランジ20に対して締め付けられる。

【0015】

20

図3は、図1に示したシュラウド部分12の一部分の断面図である。一旦ボルト32がボルト開口22に装着されてフランジ20に対して締め付けられると、与荷重力 $F_i$ によりシュラウド部分12に反力 $R_1$ 並びに反曲げモーメント $M_1$ および $M_2$ が生じる。シュラウド部分12における曲げ応力を最小にするためには、レバーアーム距離E（図1）を最小にすることによって端部18における曲げモーメント $M_1$ を最小にする。曲げモーメント $M_1$ は予荷重力 $F_i$ およびレバーアーム距離Eの関数であるので、レバーアーム距離Eの低減により端部18における曲げモーメント $M_1$ および曲げ応力が最小になる。レバーアーム距離Eの最小化はボルト32とシュラウド部分12との間の所要の隙間によって制限される。

【0016】

30

更に、前に説明したように、半径 $R_{mc}$ は半径 $R_n$ より大きい。この様に半径 $R_{mc}$ を大きくしたことにより、オフセットした境界部分26が生じる。これは、第1フランジ面28の長さB2が第2フランジ面30の長さB1より大きい（図1参照）ことから明らかである。長さB2を大きくすると、ボルト32に対して使用されるワッシャ（座金）を大きくすることができ、これにより、予荷重力 $F_i$ を端部18の中央平面により近づくように分布させることができる。また、壁厚 $C_2$ は公称のシュラウド壁厚 $C_1$ より大きいので、シュラウドの曲げ応力が最小にされる。更に、ボルト32に関して、シャンク部34の直径D1がねじ付き端部36および38の直径D2より小さいので、従ってシャンク部34の可撓性が増大しているので、ねじ付き端部36および38における曲げ応力は低減される。ボルトのねじ付き端部36および38に比較的高い疲れ応力集中因子が関連しているので、上記のねじ付き端部36および38における曲げ応力の低減はボルト32の疲れ抵抗を改善する。より一般的に言えば、ボルト32のこのような構成は、疲れ応力集中因子が比較的低いシャンク部34へ曲げ応力が再分配させる。

40

【0017】

図4は、図1に示したシュラウド部分12の180°にわたる部分を示す上面図である。フランジ20が既存の原子炉内部部品と干渉しないようにするために、フランジ20に複数の扇形切欠き42が設けられている。

シュラウド部分12および14は、ゼネラル・エレクトリック社の改良型沸騰水型原子炉などの多くの異なる原子炉に使用することができる。更に、より一般的には、シュラウド部分12および14の構成は、2つの円筒体を同じように接合する任意の用途に使用する

50

ことができる。

【 0 0 1 8 】

上述のシュラウド部分 1 2 および 1 4 並びにボルト 3 2 は曲げ応力を最小にして、要求される応力基準を満足する。その上、このような構成は、ボルト 3 2 を利用する前に、超音波試験（ＵＴ）の様な公知の技術を使用して溶接部 2 4 を検査することを可能にする。このような構成はまた、原子炉が設計寿命を完全に実現できるように充分長い寿命を持つものと信じられる。

【 0 0 1 9 】

本発明についての以上の説明から、本発明の目的が達成されることは明らかである。本発明の実施態様を図示し説明したが、これらは例として示したものであって、本発明を限定するものでないことを理解されたい。従って、本発明の要旨および範囲は特許請求の範囲に記載の通りである。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】ボルト開口を含む、シュラウドの溶接された円筒形部分の断面図である。

【図 2】本発明の一実施態様によるボルトの正面図である。

【図 3】図 1 に示したシュラウドの一部分の横断面図である。

【図 4】図 1 に示したシュラウドのフランジの一部分の上面図である。

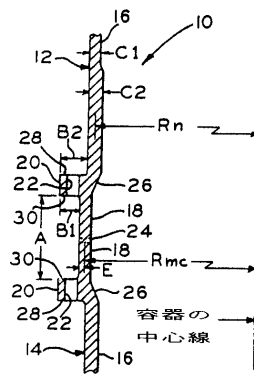
【符号の説明】

- 1 0 シュラウド
- 1 2 第 1 シュラウド部分
- 1 4 第 2 シュラウド部分
- 1 6 ほぼ円筒形の本体
- 1 8 第 1 端部
- 2 0 フランジ
- 2 2 ボルト開口
- 2 4 溶接部
- 2 6 境界部分
- 2 8 第 1 フランジ面
- 3 0 第 2 フランジ面
- 3 2 ボルト
- 3 4 シャンク部
- 3 6 ねじ付き端部
- 3 8 ねじ付き端部
- 4 0 ナット
- 4 2 扇形切欠き

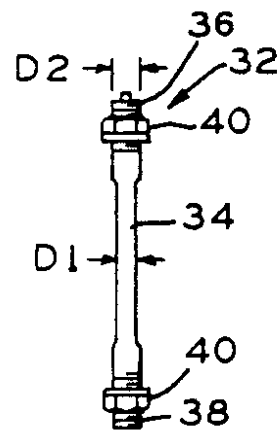
20

30

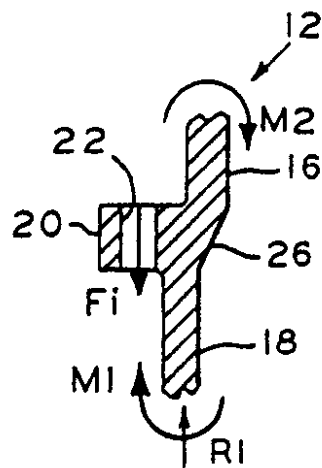
【図 1】



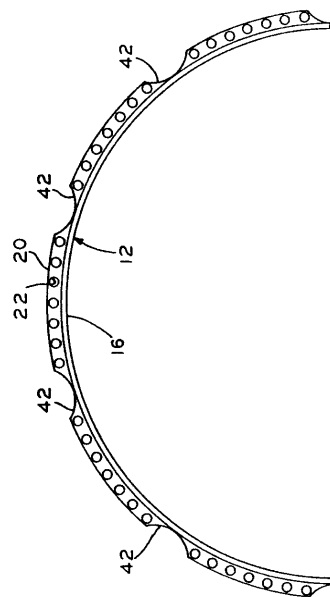
【図 2】



【図 3】



【図 4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 イズリエル・ガンズ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン・ホセ、パーク・クレスト・ドライブ、5677番

審査官 今浦 陽恵

(56)参考文献 特開平07-260990(JP,A)  
特開平04-291196(JP,A)  
特開平08-122485(JP,A)  
特開昭63-036191(JP,A)  
米国特許第05519744(US,A)  
米国特許第01366955(US,A)  
特開平07-287090(JP,A)  
特開平08-211187(JP,A)  
特開昭61-139792(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21C 5/10

G21C 19/02