

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3761232号
(P3761232)

(45) 発行日 平成18年3月29日(2006.3.29)

(24) 登録日 平成18年1月20日(2006.1.20)

(51) Int. Cl. F I
G 2 1 C 3/322 (2006.01) G 2 1 C 3/30 G D B Q
G 2 1 C 3/326 (2006.01) G 2 1 C 3/30 G D B Y

請求項の数 2 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平7-324105 (22) 出願日 平成7年12月13日(1995.12.13) (65) 公開番号 特開平9-159775 (43) 公開日 平成9年6月20日(1997.6.20) 審査請求日 平成13年7月5日(2001.7.5)</p> <p>前置審査</p>	<p>(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 100109900 弁理士 堀口 浩 (72) 発明者 草ヶ谷 和幸 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</p> <p>審査官 青木 洋平</p> <p>(56) 参考文献 特開平03-051796(JP,A) 特開平04-236394(JP,A) 特開平06-011587(JP,A) 特開昭48-067694(JP,A) 最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 原子炉燃料集合体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

角筒状をなすチャンネルボックスと、このチャンネルボックス内に複数本配置された燃料棒と、これらの燃料棒より短い部分長燃料棒と、前記部分長燃料棒の少なくとも一端の上部に設置された冷却材流制御器とを具備する原子炉燃料集合体において、前記冷却材流制御器は、複数箇所に切欠部を有し、上端が外側へ開いた花弁型偏向翼を有する円管であって、さらに前記花弁型偏向翼の上端の両端が上端の中央部よりも当該部分長燃料棒の中心から離れる方向へ湾曲し上端全体が、前記部分長燃料棒に隣接する燃料棒の方向へ湾曲していることを特徴とする原子炉燃料集合体。

【請求項2】

角筒状をなすチャンネルボックスと、このチャンネルボックスに複数本配置された燃料棒と、これらの燃料棒より短い部分長燃料棒と、前記部分長燃料棒の少なくとも一端の上部に設置された冷却材流制御器とを具備する原子炉燃料集合体において、前記冷却材流制御器は螺旋状に成形され、かつこの螺旋状に成形された翼が前記部分長燃料棒に隣接する燃料棒の方向に突起部分を有し、さらにこの突起部分の先端がばね形状をなすことを特徴とする原子炉燃料集合体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、沸騰水型原子炉の原子炉燃料集合体に関する。

【 0 0 0 2 】

【 従来 の 技 術 】

沸騰水型原子炉の炉心では、燃料棒の発熱を炉心下方から上方へ流れる冷却材によって除熱している。このとき冷却材中の液相が沸騰を始めるので、冷却材の流れに沿って冷却材中に気泡（ボイド）が発生する。従って、冷却材中に発生する気泡の容積に占める割合、すなわちボイド率は炉心上部ほど高くなる。そのため、特に炉心上部において冷却材の圧力損失が大きくなる傾向がある。

【 0 0 0 3 】

また、原子炉停止時には炉心上部のボイド率がゼロに近くなり、運転時と比べて炉心上部の減速材密度が非常に大きくなる。そのため中性子の減速が進みすぎて、制御棒によって炉心を未臨界に保つための余裕（炉停止余裕と呼ばれる。）が小さくなり、原子炉の運転を安定的に停止する際の1つの課題となっていた。

10

【 0 0 0 4 】

このような課題を解決するために、図7に示すような原子炉燃料集合体1が従来より設計されている。図7は一般的な原子炉燃料集合体の軸方向断面図である。

【 0 0 0 5 】

原子炉燃料集合体1は、角筒状のチャンネルボックス2で覆われており、このチャンネルボックス2内には多数本の燃料棒3が配置されている。原子炉燃料集合体1の軸方向の上端及び下端は、上部タイプレート4及び下部タイプレート5で支持され、原子炉燃料集合体1の軸方向の数箇所には燃料棒3の間隔を保持するスペーサ6が配置され、燃料棒3の軸方向への摺動を抑制している。原子炉燃料集合体1の断面中央部にはウォータロッド7が配置され、このウォータロッド7の内部では冷却材が上方へ流れている。

20

【 0 0 0 6 】

さらに燃料棒のうち一部は、他の燃料棒3より短く形成された部分長燃料棒8となっている。こうして燃料棒の一部を部分長燃料棒8とすることにより、炉心上部の冷却材の流路面積を広げて圧力損失を低減し、同時に炉心上部に存在する燃料の量を減らして炉停止余裕を確保している。

【 0 0 0 7 】

図8は一般的な部分長燃料棒8の上端部付近における冷却材の流動状態を模式的に示した拡大断面図である。燃料棒の除熱にあたっては、冷却材のうち液相は主に燃料棒表面付近を流れ、気相は燃料棒間の間隙を流れるような場合が最も理想的であり、除熱効果が高い。しかし実際には、図8に示すように、燃料棒3付近は環状流と呼ばれる流動状態になっている。すなわち、燃料棒3の表面を液膜と呼ばれる液相19が覆って上方に流れ、この液膜19の沸騰によって燃料棒3の除熱が行われ、また燃料棒3間の間隙はボイド20が占めている。一方部分長燃料棒8の上端部では、部分長燃料棒8の表面を下方から流れてきた液膜19が燃料棒3間の間隙に放出され、液滴21となって、周りの燃料棒3の除熱に寄与していないという問題点がある。

30

【 0 0 0 8 】

このため従来より、例えば特開平3-51796公報、特開平5-150066公報に開示されているように、部分長燃料棒8の上端に冷却材流制御器を設け、部分長燃料棒8の表面を流れてくる液膜9を他の燃料棒3の表面へ飛散させ、燃料棒の除熱効果を向上させる工夫がなされてきた。

40

【 0 0 0 9 】

図9及び図10は、かかる工夫がなされた燃料集合体の、部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の一例の斜視図である。

図9には、部分長燃料棒8の上端に円管の上端を外側に切り開いた、切欠部22を有する構造が示されている。この切欠部22間の偏向翼12によって、部分長燃料棒8の表面を流れてくる冷却材の流れを強制的に周囲へ偏向させ、部分長燃料棒8の周囲の燃料棒3の液膜量を増大させることにより、周囲の燃料棒3の除熱を促進している。

【 0 0 1 0 】

50

また図10には、部分長燃料棒8の上端に螺旋翼23を設けた構造が示されている。これにより、部分長燃料棒8の表面を流れてくる冷却材を旋回させ、液相と気相にかかる遠心力の差を利用して、液相のみを効率よく周囲に飛散させることにより周囲の燃料棒3の除熱を促進している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

以上説明したように、従来の部分長燃料棒8の上端部に設けられる冷却材流制御器は、部分長燃料棒8の表面を流れてくる冷却材の流れを変えて、周囲の燃料棒の除熱を促進させる働きを有する。

【0012】

しかしながら、図9に示す冷却材流制御器は、冷却材の流れを周囲に偏向させるのみであり、部分長燃料棒8の周囲の燃料棒3の液膜量を十分に増大させることができなかった。

【0013】

また図10に示す冷却材流制御器では、螺旋翼23は下端が部分長燃料棒8の上端にて固定されているのみである。一方、原子炉運転中には、高圧下での冷却材流によって螺旋翼23は連続的に振動するから、螺旋翼23はこの振動によって破損する可能性がある。螺旋翼23が破損した場合、その破片が周囲の燃料棒に接触すると、あるいは螺旋翼の振幅が大きくなって螺旋翼の一部が周囲の燃料棒に強く接触すると、燃料棒表面に傷がついたり、また燃料棒が破損することも考えられる。

【0014】

本発明は上記課題を鑑みてなされたもので、図9に示すような偏向翼12における構造や配置を工夫し新たな構造の偏向翼とすることによって、部分長燃料棒8表面を流れてくる冷却材を偏向する能力をさらに高めた冷却材流制御器を具備する原子炉燃料集合体を提供することを目的とする。

【0015】

また本発明は、図10に示すような螺旋翼23における構造や配置を工夫し新たな構造とすることによって、振動による破損や周囲の燃料棒との干渉が生じないような、より強固な支持構造からなる冷却材流制御器を具備する原子炉燃料集合体を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1記載の発明においては、部分長燃料棒上端部に設けられる冷却材流制御器は、複数箇所に切欠部を有し、上端が外側へ開いた花卉型偏向翼を有する円管であって、さらに前記花卉型偏向翼の上端の両端が上端の中央部よりも当該部分長燃料棒の中心から離れる方向へ湾曲し上端全体が、前記部分長燃料棒に隣接する燃料棒の方向へ湾曲していることを特徴とする原子炉燃料集合体を提供する。

【0019】

また請求項2記載の発明においては、部分長燃料棒上端部に設けられる冷却材流制御器は、螺旋状に成形され、かつこの螺旋状に成形された翼が前記部分長燃料棒に隣接する燃料棒の方向に突起部分を有し、さらにこの突起部分の先端がばね形状をなすことを特徴とする原子炉燃料集合体を提供する。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態につき図面を参照して説明する。なお、上記従来の技術と同じ構成部分については同一符号を付して詳細な説明を省略する。

図1(a)は本発明を理解するための参考例1である原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図、図1(b)は図1(a)における冷却材の流れを模式的に示した斜視図、図1(c)は図1(b)の上面図である。なお説明のため、図1(c)では、部分長燃料棒に隣接する燃料棒8本を併せて示した。

【0023】

10

20

30

40

50

図 1 (a) において、燃料集合体の部分長燃料棒 8 上端に設置された冷却材流制御器の偏向翼 9 は、図 9 に示した偏向翼 1 2 を変形したものである。すなわち、円管の複数箇所に切欠部 2 2 を設け、この円管の上端を外側へ開き、かつ切欠部 2 2 間にできる花弁型の偏向翼の上端をねじるように成形したものである。また、図 1 (b) 及び (c) では、偏向翼 9 を部分長燃料棒 8 の隣接する燃料棒 3 の方向に 4 個設置しているが、偏向翼 9 の数はこれに限定されるものではない。例えば隣接する燃料棒 3 の数に応じて偏向翼 9 を 8 個有するものも考えられる。

【 0 0 2 4 】

このように偏向翼にねじりを入れることで、部分長燃料棒 8 の表面を下方から流れてきた冷却材に、外側への偏向作用と同時に旋回的作用が加えられる。旋回によって与えられる遠心力は気相よりも液相の方が大きいために、特に液相を効率よく周囲に飛散させることができる。また図 1 (c) に示すように、冷却材の流れの偏向方向は、部分長燃料棒 8 に隣接する燃料棒 3 へと集中している。したがって、図 9 に示す場合と比べて、隣接する燃料棒 3 の液膜量を増大させることにより除熱効果を高め、冷却効率を上げることができる。

10

【 0 0 2 5 】

図 2 (a) は本発明の第 1 の実施形態における原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図、図 2 (b) は図 2 (a) における冷却材の流れを模式的に示した斜視図、図 2 (c) は図 2 (b) の上面図である。なお説明のため、図 2 (c) では、部分長燃料棒に隣接する燃料棒 8 本を併せて示した。

20

【 0 0 2 6 】

図 2 (a) において、燃料集合体の部分長燃料棒 8 上端に設置された冷却材流制御器の偏向翼 1 0 は、図 9 に示した偏向翼 1 2 を変形したものである。すなわち、短円管の複数箇所に切欠部 2 2 を設け、この円管の上端を外側へ開き、かつ切欠部 2 2 間にできる花弁型の偏向翼の上端の両端が上端の中央部よりも当該部分長燃料棒の中心から離れる方向へ湾曲し、上端全体を部分長燃料棒 8 の隣接する燃料棒 3 の方向へ湾曲させるように成形したものである。また、図 2 (b) 及び (c) では、偏向翼 1 0 を部分長燃料棒 8 の隣接する燃料棒 3 の方向に 4 個設置しているが、偏向翼 1 0 の数はこれに限定されるものではない。例えば隣接する燃料棒 3 の数に応じて偏向翼 9 を 8 個有するものも考えられる。

【 0 0 2 7 】

このように偏向翼を湾曲させることで、部分長燃料棒 8 の表面を下方から流れてきた冷却材の偏向方向の範囲を限定することができる。すなわち、図 2 (c) に示すように、部分長燃料棒 8 に隣接する燃料棒 3 の方向へ集中的に冷却材を与えることができる。したがって、図 9 に示す場合と比べて、隣接する燃料棒 3 の液膜量を増大させることにより除熱効果を高め、冷却効率を上げることができる。

30

【 0 0 2 8 】

図 3 は本発明を理解するための参考例 2 である原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。図 3 において、燃料集合体の部分長燃料棒 8 上端に設置された冷却材流制御器は、部分長燃料棒 8 と同程度の口径である円管 1 1 の複数箇所に、外側に切り開いた形状の偏向翼 1 2 を設けるように成形したものである。この偏向翼 1 2 は、円管 1 1 の鉛直方向に複数段にわたって設けられている。

40

【 0 0 2 9 】

こうして円管 1 1 の鉛直方向複数段にわたり偏向翼 1 2 を設けることで、部分長燃料棒 8 の表面を下方から流れてきた冷却材のうち、下方の偏向翼 1 2 によって十分外側へ偏向されなかったものを、この偏向翼 1 2 より上方にある偏向翼 1 2 によって偏向させることができる。また、部分長燃料棒 8 の上方を飛散している液滴の一部を外側に偏向させることができる。したがって、図 9 に示すような鉛直方向 1 段の偏向翼と比べて、部分長燃料棒 3 に隣接する燃料棒 3 の表面の液膜量を増大させる効果が大きいから、除熱効果を高め、冷却効率を上げることができる。

【 0 0 3 0 】

50

また、円管 11 に設ける偏向翼 12 の代わりに、第 1 の実施形態として図 1 で示したねじりの入った偏向翼 9 や、あるいは第 2 の実施形態として図 2 で示した湾曲した偏向翼 10 を用いてもよい。この場合は上述の効果に加えて第 1 あるいは第 2 の実施形態において述べた効果も有すると考えられる。

【0031】

図 4 は本発明の第 2 の実施形態における原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。ここでは説明のため、この部分長燃料棒 8 に隣接する燃料棒 3 を 2 本だけ併せて示した。

【0032】

図 4 において、燃料集合体の部分長燃料棒 8 上端に設置された冷却材流制御器の螺旋翼 13 は、図 10 に示した螺旋翼 23 を変形したものである。すなわちこの螺旋翼 13 は、図 10 の螺旋翼 23 の上方で、部分長燃料棒 8 に隣接する燃料棒 3 に近い部分数箇所に突起部分 14 を設け、この突起部分 14 の先端をばね形状 15 に成形したものである。

【0033】

この構成によって、部分長燃料棒 8 の表面を流れてくる冷却材の流れを旋回させ、液相と気相にかかる遠心力の差を利用して液相のみを効率よく周囲に飛散させることにより、周囲の燃料棒 3 の除熱を促進することができる。

【0034】

さらに、螺旋翼 13 が冷却材流によって振動して、隣接する燃料棒 3 に接近するような場合でも、螺旋翼 13 が直接燃料棒 3 と接することがなく、螺旋翼 13 に付属する突起部分 14 が燃料棒 3 とばね形状 15 を介して接するから、このばね形状 15 が緩衝部材の役割を果たし、周辺の燃料棒 3 の接触する箇所に過大な応力が与えられることを防止できるから、冷却材流制御器の過度の振動が抑制される。よってこの螺旋翼 13 は、図 10 に示した螺旋翼 23 と比べて、隣接する燃料棒 3 との干渉が生じにくい構造となっている。

【0035】

図 5 は本発明を理解するための参考例 3 である原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。図 5 において、燃料集合体の部分長燃料棒 8 上端に設置された冷却材流制御器は、図 10 に示した螺旋翼 23 を円管 16 で収納したものである。この円管 16 は部分長燃料棒 8 と同程度の口径で、管側面に開口部が設けられ、冷却材の一部が円管 16 内に入り出すような構造になっている。図 5 では円管 16 側面の開口部は、鉛直方向複数箇所に円形に設けられているが、例えば冷却材の流れ方などによって開口部の形状及び設置箇所を変更することも考えられる。

【0036】

この構成によって、部分長燃料棒 8 の表面を流れてくる冷却材の一部が円管 16 の開口部から円管 16 内部に流入し、円管 16 内面に接する螺旋翼 23 によって旋回作用を受け、開口部から円管 16 の外側に流出する。螺旋翼 23 の作用により、外部に流出した冷却材のうち液相のみを効率よく周囲に飛散させることができるから、周辺の燃料棒 3 の除熱を促進することができる。

【0037】

さらに、この構造によれば、螺旋翼 23 が円管 16 によって支持されているから、大きな振幅の振動発生を抑制することができる。よってこの冷却材流制御器は、図 10 に示す螺旋翼 23 のみからなる場合と比べて、隣接する燃料棒 3 との干渉が生じにくい構造となっている。

【0038】

図 6 は本発明を理解するための参考例 4 である原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。図 6 において、燃料集合体の部分長燃料棒 8 上端に設置された冷却材流制御器は、円柱 17 に螺旋状の溝 18 を設け、ドリル状に成形したものである。

【0039】

この構成によって、部分長燃料棒 8 の表面を流れてくる冷却材には、螺旋翼 13 の場合と

10

20

30

40

50

同様に、偏向作用と同時に旋回作用が加わるから、冷却材のうち液相のみを効率よく周囲に飛散させることができる。したがって、隣接する燃料棒3の除熱効果を高めることができる。

【0040】

さらに、この構成によれば、冷却材流制御器自体が円柱形状であるため、隣接する燃料棒3に接するような大きな振幅の振動発生は抑制される。よってこの冷却材流制御器は、図10に示す螺旋翼23のみからなる場合と比べて、隣接する燃料棒3との干渉が生じにくい構造となっている。

【0042】

【発明の効果】

上述した請求項1記載の原子炉燃料集合体の冷却材流制御器は、従来の偏向翼を有する冷却材流制御器をさらに改良したものであり、この改良によって偏向翼による冷却材の偏向作用を高め、冷却材流を周囲の燃料棒の方向へと集中させることにより、従来の冷却材流制御器と比べて、部分長燃料棒表面を流れる冷却材流を周辺の燃料棒の除熱により有効に利用できる。

【0043】

また上述した請求項2記載の原子炉燃料集合体の冷却材流制御器は、従来の螺旋翼を有する冷却材流制御器をさらに改良したものであり、この改良によって螺旋翼により冷却材の液相を効率よく周囲に飛散させることで高い冷却効率を有すると同時に、冷却材流による大きな振幅の振動を抑制し、周辺の燃料棒との干渉を防止することができる。またこれらの冷却材流制御器は、部分長燃料棒によって強く支持されているから、必要ならばこの冷却材流制御器の長さを若干長めに設定するなど、冷却材流制御器の長さを最適化することで、冷却材の偏向能力をさらに高めることも可能である。ゆえに、本発明の冷却材流制御器によって、冷却材による燃料棒の冷却効率を向上させ、燃料集合体の健全性をより一層高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (a)は本発明を理解するための参考例1である原子炉燃料集合体の部分長燃料棒上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図、(b)は(a)における冷却材の流れを模式的に示した斜視図、(c)は(b)の上面図である。

【図2】 (a)は本発明の第1の実施形態における原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図、(b)は(a)における冷却材の流れを模式的に示した斜視図、(c)は(b)の上面図である。

【図3】 本発明を理解するための参考例2である原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。

【図4】 本発明の第2の実施形態における原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。

【図5】 本発明を理解するための参考例3である原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。

【図6】 本発明を理解するための参考例4である原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。

【図7】 一般的な原子炉燃料集合体の軸方向断面図である。

【図8】 一般的な原子炉燃料集合体の部分長燃料棒の上端部付近における冷却材の流動状態を模式的に示した拡大断面図である。

【図9】 従来の原子炉燃料集合体の部分長燃料棒上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。

【図10】 従来の原子炉燃料集合体の部分長燃料棒上端部に設けられる冷却材流制御器の斜視図である。

【符号の説明】

3 燃料棒

8 部分長燃料棒

10

20

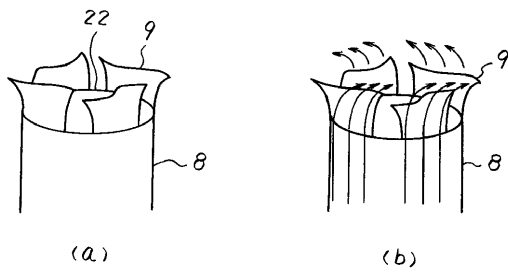
30

40

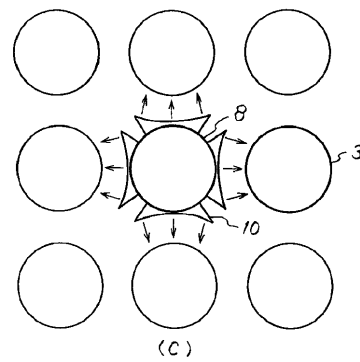
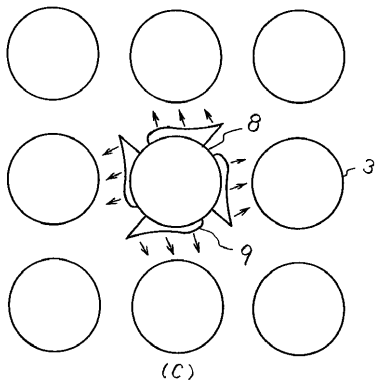
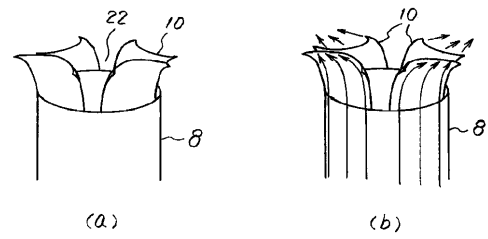
50

- 9、10、12 偏向翼
- 11、16 円管
- 13、23 螺旋翼
- 15 ばね形状
- 17 円柱
- 18 溝
- 22 切欠部

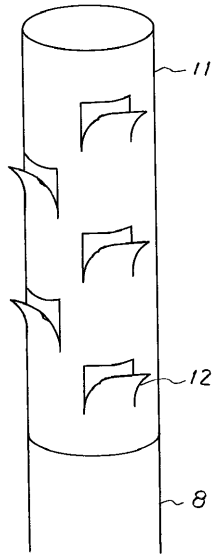
【図1】



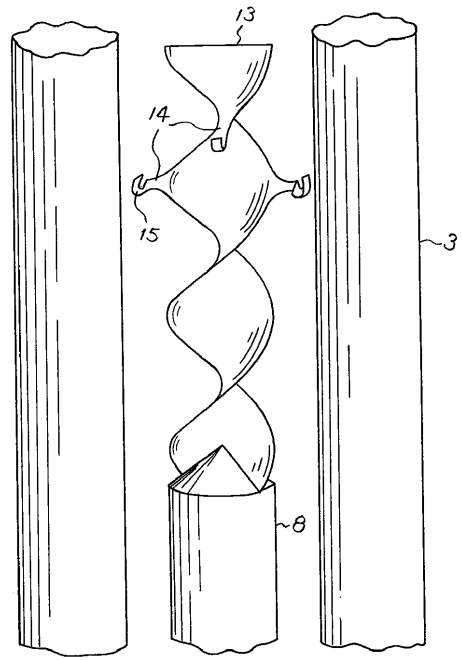
【図2】



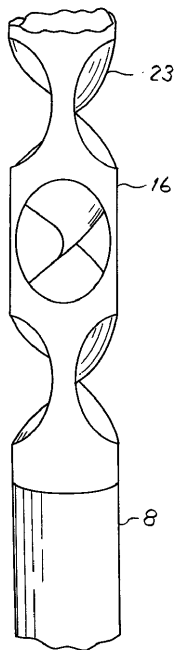
【 図 3 】



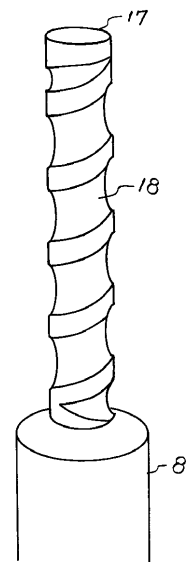
【 図 4 】



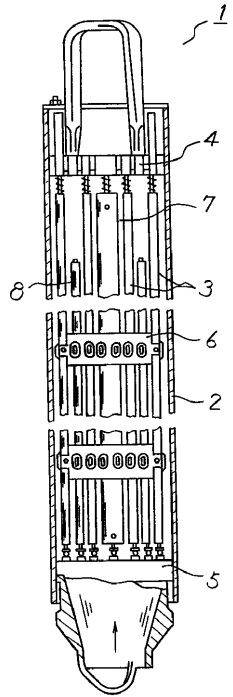
【 図 5 】



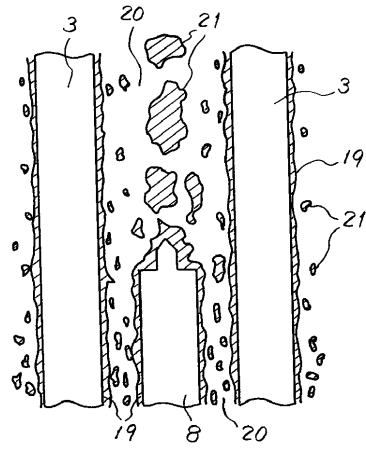
【 図 6 】



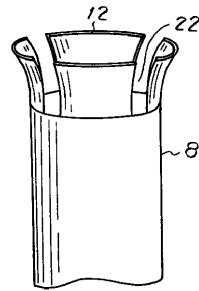
【 図 7 】



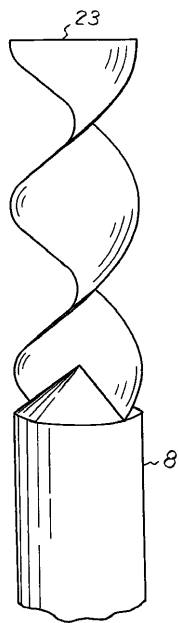
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G21C 3/30

G21C 3/34