

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7626802号
(P7626802)

(45)発行日 令和7年2月4日(2025.2.4)

(24)登録日 令和7年1月27日(2025.1.27)

(51)国際特許分類

F I

F 1 7 C 11/00 (2006.01)

F 1 7 C 11/00

C

請求項の数 4 (全10頁)

(21)出願番号	特願2023-116178(P2023-116178)	(73)特許権者	000225201 那須電機鉄工株式会社 東京都新宿区新宿 2 - 1 - 1 2
(22)出願日	令和5年7月14日(2023.7.14)	(74)代理人	100075410 弁理士 藤沢 則昭
(65)公開番号	特開2025-12960(P2025-12960A)	(74)代理人	100135541 弁理士 藤沢 昭太郎
(43)公開日	令和7年1月24日(2025.1.24)	(72)発明者	徳山 栄基 東京都新宿区新宿二丁目 1 番 1 2 号 那 須電機鉄工株式会社内
審査請求日	令和5年7月14日(2023.7.14)	(72)発明者	田嶋 一公 東京都新宿区新宿二丁目 1 番 1 2 号 那 須電機鉄工株式会社内
		審査官	矢澤 周一郎
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 水素吸蔵合金タンク

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】
円筒管タンク筐体内に、当該タンク筐体の内径の 8 割以上の外径を有し、中央部に中心空洞部があり、長手方向に連続して形成されたタンク長軸方向にばね性を有する螺旋形状フィンが単独で設けられ、当該螺旋形状フィンの間に水素吸蔵合金が充填されていることを特徴とする、水素吸蔵合金タンク。

【請求項 2】
前記螺旋形状フィンのピッチはタンク筐体の外径の 2 倍以下としたことを特徴とする、請求項 1 に記載の水素吸蔵合金タンク。

【請求項 3】
前記螺旋形状フィンの長さは、タンクの長さの 2 / 3 以上としたことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の水素吸蔵合金タンク。

【請求項 4】
前記螺旋形状フィンは熱伝導材から成ることを特徴とする、請求項 1 に記載の水素吸蔵合金タンク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、水素吸蔵合金が充填された円筒形のタンクにおいて、縦置き使用の可能な水素吸蔵合金タンクに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、水素吸蔵合金タンクは、余剰の再生可能エネルギーを利用して生成した水素を少しずつ吸収するとともに、大量に貯蔵した水素を少しずつ放出するような定置式の水素貯蔵設備へ利用されるようになってきた。そしてさらに最近では、現在汎用されている、例えばLPGタンクと同様なボンベ又はタンクのデリバリー流通方式の需要が見込まれている。

【0003】

この水素吸蔵合金タンクにおけるデリバリー流通方式を考えた場合、従来のLPGボンベ相当に軽量化することが望ましい。さらに、従来のLPGボンベと同様に輸送時や運用時も含めて設置面積が小さくなる事や着脱可搬性が高まることから、円筒形タンクの縦置き利用が望ましい。

10

【0004】

しかしながら、通常円筒形の水素吸蔵合金タンクの利用では、水素の吸蔵放出による合金粉末の膨張収縮の繰り返しによって粉末は細密凝集化し、その状態で水素吸蔵による膨張によって粉末凝集付近のタンク筐体が局所的応力増加となってしまう現象があるため、縦置き利用はしないことが原則となっている。

【0005】

特に従来の合金は、水素吸蔵放出により粉末自体が微細化してしまい、その際粉末は新生面が生まれつつ凝集化するため、最終的にはポーラス状に固体化してしまう事象も発生する。このことがより強い膨張力を生むためタンク筐体の破壊となる恐れがある。

20

【0006】

一方、合金自体が微細化しない構造だと、細密凝集化もある程度で限界を向かえるので、そこから膨張力の増加はなくなる。よって合金がある程度凝集しきった状態での膨張による外力に対して、タンク筐体が耐えられるか否かで、長期耐久性を保持できるかが決まる。

【0007】

凝集しきる前にタンク材料の降伏点を越えると、その後は繰り返しの度に残留歪みは増加し、永久歪みは増加の一途を辿る。また、降伏点に達しなくとも疲労限度以内の応力に抑えられないと、水素吸蔵放出の繰り返しに対して恒久的な使用に耐えられない。よって微細化しない合金粉末であっても縦置きタンクとして長期使用を達成するためにタンク筐体の材料強度を高める必要があり、結果として高価な金属を用いたり、板厚を増すことで重量の重いタンクとなりデリバリー作業性を低下させてしまう。

30

【0008】

この合金膨張によるタンク内圧方向の力は、アスペクト比が高いほど大きくなる。アスペクト比が大きいと単位断面積当たりの自重が大きくなるため、膨張に応じて合金充填層全体が押し上げられなくなり、その分タンク内圧を高める外力として作用してしまうからである。場合によっては、タンクの長手方向の中間部で局所的に細密凝集化することもあり、その場合局所的な応力の増大となる恐れがある。

【0009】

また、特に水素吸蔵放出により微細化が進み新生面が生成されるような合金の場合は、高アスペクト比による単位面積あたりの自重作用荷重の増加が合金粉末のポーラス状の固体化を促進させてしまう。よって合金の水素吸蔵放出（膨張、収縮）に対して、合金重量方向の凝集化を防ぐような内部構造を検討する必要がある。

40

【0010】

この水素吸蔵合金タンクは、合金が水素を吸蔵放出する際に発生する反応熱を除熱する機構が求められる。除熱方式は水冷式と空冷式の2つに大別され、水冷式ではタンクの外周部や内部に熱媒経路を設け、熱媒との熱交換により合金反応熱を除熱するものであり、空冷式は主にタンクと大気との熱交換により合金反応熱を除熱するものである。両者ともに効率的に除熱を行うためにタンク内部の合金充填部に熱伝達材を備えることが一般的であり、図10及び図11に示すように、タンク20内を放射フィン21で区分し、その中に水素吸蔵合金粉末22が充填されるものが横置き定置式の利用として製品化されている。

50

【0011】

このような水素吸蔵合金タンクにおいて、合金凝集化による応力増加を防ぐ対策として、既にいくつかの開発品がある。特許文献1のものは、水素貯蔵用タンク内に、相互に隙間を設けて収容された複数のカプセル容器内に水素吸蔵合金が充填され、これらのカプセル容器は吸蔵合金の水素吸蔵時の膨張及び水素放出時の収縮に応じて弾性変形可能であるカプセル容器及び水素貯蔵用タンクである。

【0012】

また、特許文献2はタンク筐体内の放射状フィンに仕切られた小室に、一部収縮可能な空間を設け、その空間が合金膨張時に収縮することで、タンク筐体への内圧力を抑制する水素貯蔵タンクである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【文献】特開2005-9549号公報

【文献】特開2009-222200号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

前記特許文献1のものは、タンク内に相互に隙間を設けて複数のカプセル容器を設け、これらのカプセル容器にそれぞれ水素吸蔵合金を充填しなければならず、構造が複雑で、水素吸蔵合金を充填するのに手間がかかる。また、特許文献2のものは、タンク容器内を放射状のフィンで多数に仕切りつて小室を設け、さらに、各小室内の一部に収縮可能な空間を設けており構造が複雑であり、製造にも手間がかかる。

【0015】

この発明は、上記の点に着目し、構造が簡単でかつ水素吸蔵合金の粉末を容易かつ迅速に充填でき、水素吸蔵合金粉末が細密凝集化しない、縦置きが可能な水素吸蔵合金タンクを提供することを目的としたものである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

請求項1の発明は、円筒管タンク筐体内に、当該タンク筐体の内径の8割以上の外径を有し、中央部に中心空洞部があり、長手方向に連続して形成されたタンク長軸方向にばね性を有する螺旋形状フィンが単独で設けられ、当該螺旋形状フィンの間に水素吸蔵合金が充填されている、水素吸蔵合金タンクとした。

【0017】

また、請求項2の発明は、前記螺旋形状フィンのピッチはタンク筐体外径の2倍以下の長さとした、請求項1に記載の水素吸蔵合金タンクとした。

【0018】

また、請求項3の発明は、前記螺旋形状フィンの長さは、タンクの長さの2/3以上とした、請求項1又は2に記載の水素吸蔵合金タンクとした。

【0019】

また、請求項4の発明は、前記螺旋形状フィンは熱伝導材から成る、請求項1に記載の水素吸蔵合金タンクとした。

【発明の効果】

【0020】

請求項1の発明によれば、従来から使用されている伝熱用フィンの形状を連続した螺旋形状にし、その螺旋形状フィンの間に水素吸蔵合金が充填されているため、水素吸蔵合金タンクを縦置きした場合でも、重力方向に複数仕切りがあるような状態となり、水素吸蔵合金の水素吸蔵放出における膨張、収縮、さらに自重の関係から発生するタンク底部の細密凝集化を防ぐことができる。

【0021】

従来の放射フィンのタンクを縦置きした場合、放射フィンによる仕切りにて構成される小室のアスペクト比が大きく、20を超える場合もある。しかしながら、この発明では螺旋形状フィンにし、その螺旋形状フィンの間に水素吸蔵合金が充填されることで、合金充填部は断面アスペクト比が低いチューブ形状が底部から縦方向に向かって螺旋状のように形成される。この充填形状により合金充填層の単位断面積あたりの重力方向の力は大きく軽減される。従って、この発明のタンクを縦置きした場合であっても円筒形タンクでありながら、合金充填層としてはチューブ管の横置き状態を作り上げられる。

【0022】

また、この発明のタンクを縦置きした場合、螺旋形状フィンによる連続した仕切り構造により、合金の膨張力を仕切りの上面と仕切りの下面とで逆向きの分力として作用するため、螺旋ピッチ間の合金層の上層と下層の間で剪断力が発生し、合金を層分離させることで、過度な凝集を防ぐことができる。

10

【0023】

仮にフィンピッチ中の合金層の一部細密化により膨張力が高まった場合でも、螺旋形状フィンのバネ変形により、膨張力を縦方向に逃がすことができ、過度な合金膨張力をタンク内圧方向に作用させないようにしている。

【0024】

以上の様に請求項1の発明では、水素吸蔵放出における膨張、収縮、及び自重の関係から発生するタンク底部の細密凝集化を防ぐ対策をとった従来の開発品より極めて簡単な構成であり、円筒形であれば様々なアスペクト比でも対応可能である。さらに、縦方向で、完全に独立した小室を設けないことから、螺旋形状フィンを挿入後に、上部から合金を充填することが可能で、タンクの量産性が非常に高い。また、上述のように、合金膨張力が大きく軽減できることからタンク筐体の過度な応力を考える必要がなくなるため、タンク筐体の軽量化に寄与する。それ故、前記タンクデリバリーシステムにも適用可能である。

20

【0025】

また、請求項2の発明によれば、前記螺旋形状フィンのピッチはタンク筐体外径の2倍以下の長さとすることでチューブ形状の合金層の長さを一定以上に確保し、合金充填層の単位断面積あたりの重力方向の力は大きく軽減され、効果を確実なものとしている。

【0026】

また、請求項3の発明によれば、前記螺旋形状フィンの長さは、タンクの長さの2/3以上とすることで、チューブ形状の合金層の長さを一定以上に確保し、合金充填層の単位断面積あたりの重力方向の力は大きく軽減され、効果を確実なものとしている。

30

【0027】

また、請求項4の発明によれば、前記螺旋形状フィンが熱伝導材で形成されているため、水素吸蔵合金の反応熱を当該螺旋形状フィンからタンク外壁に伝え、大気との熱交換性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】この発明の実施の形態例1の水素吸蔵合金タンクを縦置きにした状態の縦断面図である。

40

【図2】この発明の実施の形態例1の水素吸蔵合金タンクを縦置きにした状態の上部キャップを外した状態の正面図である。

【図3】この発明の実施の形態例1の水素吸蔵合金タンクを縦置きにした状態の拡大横断面図である。

【図4】この発明の実施の形態例1の水素吸蔵合金タンクを縦置きにした状態の拡大一部縦断面図である。

【図5】この発明の実施の形態例1の水素吸蔵合金タンクの螺旋形状フィンによる合金層のチューブ形状化のイメージ図である。

【図6】この発明の実施の形態例1の水素吸蔵合金タンクの螺旋形状フィンによる合金層に作用する力のイメージ図である。

50

【図 7】従来の水素吸蔵合金タンクの繰り返し水素吸蔵放出試験結果を示すグラフ図で、（a）図は吸蔵 1 回目、（b）図は吸蔵 10 回目の夫々の水素量に対する応力を示す図である。

【図 8】この発明の実施の形態例 1 の水素吸蔵合金タンクの繰り返し水素吸蔵放出試験結果を示すグラフ図で、（a）図は吸蔵 1 回目、（b）図は吸蔵 10 回目の夫々の水素量に対する応力を示す図である。

【図 9】この発明の実施の形態例 2 の水素吸蔵合金タンクを縦置きにした状態の縦断面図である。

【図 10】従来の水素吸蔵合金タンクを縦置きにした状態の縦断面図である。

【図 11】従来の水素吸蔵合金タンクを縦置きにした拡大横断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

（実施の形態例 1）

この発明の実施の形態例 1 の水素吸蔵合金タンク A を図 1 ～図 6 に基づいて説明する。

【0030】

まず、水素吸蔵合金タンク A は図 1 に示すように、円筒形状のタンク筐体 1 の内部に、当該タンク筐体 1 の内径の 8 割以上の外径を有する長手方向に連続して形成された螺旋形状フィン 2 を設けている。この螺旋形状フィン 2 は、図 3 に示すように、平面視中央部に円形孔が形成され、当該円形孔により螺旋形状フィン 2 の上端から下端まで中心空洞部 3 が形成されている。そしてタンク筐体 1 内に充填された水素吸蔵合金 4 の粉末が当該螺旋形状フィン 2 で仕切られた隙間及び前記中心空洞部 3 に満たされている（図 4 参照）。また、タンク筐体 1 の上端には、水素の吸蔵、放出のためのバルブつまみ 5 が設けられている。

【0031】

また、前記螺旋形状フィン 2 は鋼材等の熱伝導部材で構成されている。そして、前記螺旋形状フィン 2 のピッチはタンク筐体 1 の外径以下が望ましいが、チューブ形状の合金層の長さを一定以上に確保する意味ではタンク筐体 1 の外径の 2 倍以下であればよい。また、前記螺旋形状フィン 2 の長さは、タンク本体 1 の長さの $2/3$ 以上とすることで、チューブ形状の合金層の長さを一定以上に確保している。

【0032】

当該水素吸蔵合金タンク A は、縦置きした場合、その螺旋形状フィン 2 の間に水素吸蔵合金 4 が充填されることで、図 5 に示すように、合金充填部は断面アスペクト比が低いチューブ形状が底部から縦方向に向かって螺旋状のように形成される。また、螺旋形状フィン 2 による連続した仕切り構造により、図 6 に示すように、合金 4 の膨張力を上面の仕切り 2 a と下面の仕切り 2 b とで逆向きの分力として作用するため、螺旋ピッチ間の合金層の上層と下層の間で剪断力が発生し、合金 4 を層分離させることで、過度な凝集を防ぐことができる。

【0033】

また、当該水素吸蔵合金タンク A は、縦置きした場合、前記螺旋形状フィン 2 が設けられることにより、タンク筐体 1 内に充填された合金粉末は重力方向に複数の仕切りが設けられたような状態となり、当該合金層の単位断面積当たりの重力方向の力は大きく軽減され、合金の水素吸蔵・放出における膨張、収縮さらに自重の関係から発生するタンク筐体 1 の下部の細密凝集化を防ぐことが出来る。

【0036】

この発明の水素吸蔵合金タンク A と従来品について縦置きにした状態で、繰り返し水素吸蔵放出試験を実施した結果を、図 7 及び図 8 に示す。試験では 1 MPa の圧力で水素を水素吸蔵合金タンクに充填し、満充填した後に充填した水素を全て放出することを繰り返している。なお、試験結果値はタンクの長手方向の一定間隔の高さ毎に応力を測ったものである。また、前記従来品とは、放射状フィンのデリバリー用タンクで、この発明の水素吸蔵合金タンク（デリバリー用）と同じく外形寸法が長さ 1210 mm × 直径 139.8 mm、タンク重量 65 kg（うち合金充填量 45 kg）とした。

【0037】

従来の放射フィン構造では、繰り返す毎にタンクに作用する応力振幅は増幅し、図7の（b）図で示すように、10回繰り返して230MPaと降伏点を超えることが確認された。一方、この発明の水素吸蔵合金タンクAでは、図8の（b）図で示すように、10回繰り返しても応力振幅は初回（図8の（a）図）と変わらず、20MPa程度で一定であった。また、従来品ではタンクの長手方向位置での応力のばらつきも大きかった（100MPa以上）が、この発明品では5MPaと極めて小さいことを確認した。

【0038】

また、20MPaの応力振幅値は、タンクに1MPa内圧が作用した時の応力値に近いことからこの発明品では、合金膨張力がタンク内圧側に作用していないことを示しており、螺旋形状フィン構造による合金膨張力緩和効果を確認できた。

【0039】

（実施の形態例2）

次にこの発明の実施の形態例2の水素吸蔵合金タンクBを図9に基づいて説明する。

【0040】

この水素吸蔵合金タンクBは、図9に示すように、タンク筐体1内で長手方向に、間隔を開けて、メッシュ板9を設けて、タンク筐体1内を複数段に仕切り、当該各仕切り10の中に前記螺旋状フィン2を設け、これらの各仕切り10内の螺旋形状フィン2の間に水素吸蔵合金4を充填させ、前記各メッシュ板9は水素ガスは通すが、前記水素吸蔵合金4を通さない構成とした。他の構成は前記実施の形態例1と同じである。

【0041】

なお、この発明の水素吸蔵合金タンクA及びBは上述のように、縦置き使用可能であるが、横置きでの使用も可能である。また、これらのタンクは空冷式でも水冷式でも適用できる。また、充填される水素吸蔵合金粉末についても、繰り返し水素吸蔵放出により微細化する合金であっても、微細化しない合金であっても適用できる。また、図中の螺旋形状フィン2の図示は概略的に描いたものである。

【符号の説明】

【0042】

A	水素吸蔵合金タンク		
B	水素吸蔵合金タンク		
1	タンク筐体	2	螺旋形状フィン
2 a	上面の仕切り	2 b	下面の仕切り
3	中心空洞部	4	水素吸蔵合金
5	バルブつまみ	9	メッシュ板
10	仕切り		

10

20

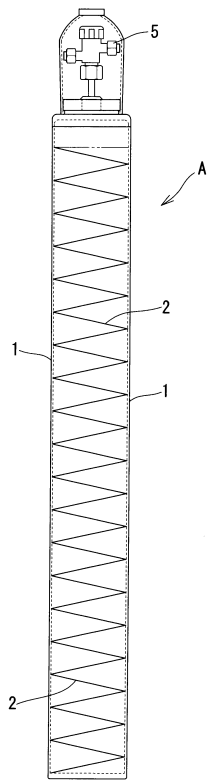
30

40

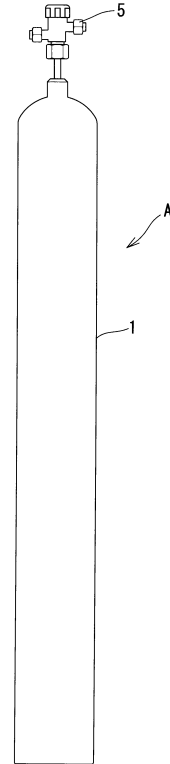
50

【図面】

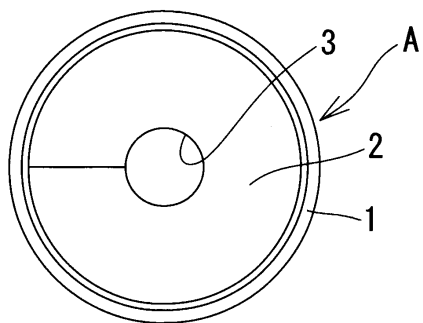
【図 1】



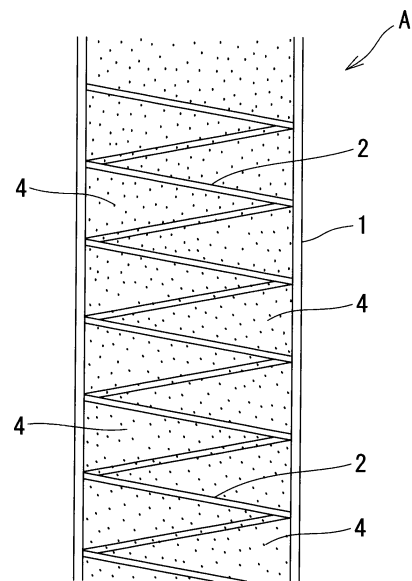
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

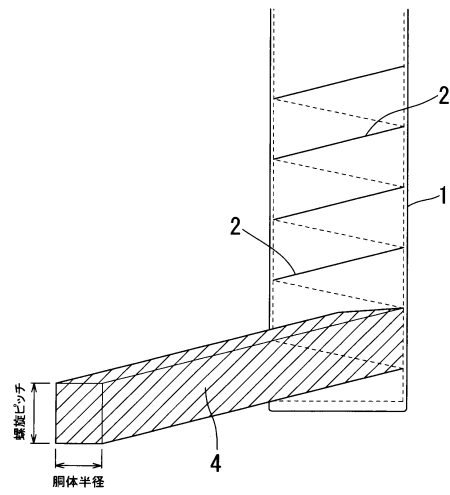
20

30

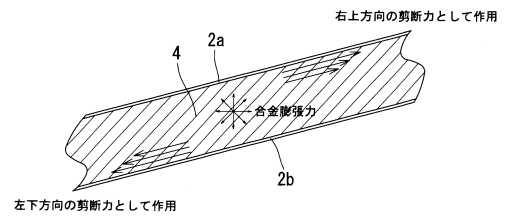
40

50

【図 5】

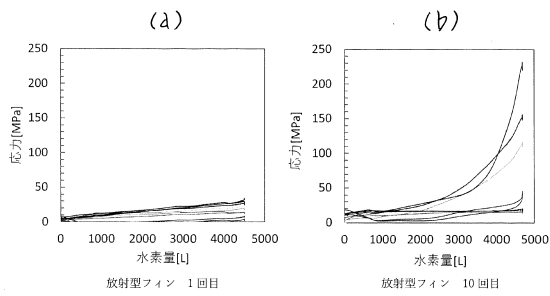


【図 6】

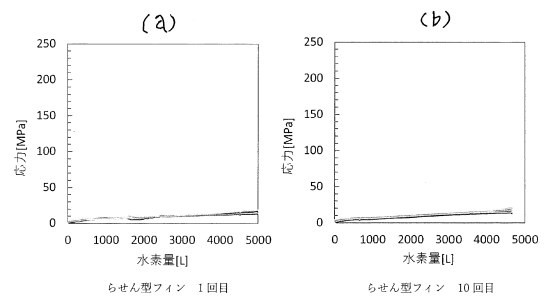


10

【図 7】



【図 8】



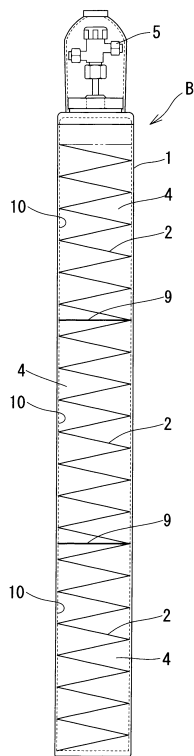
20

30

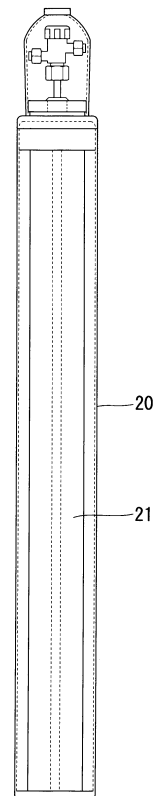
40

50

【図 9】



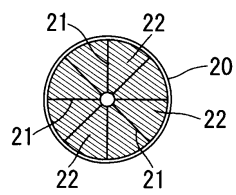
【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 中国特許出願公開第108131563 (CN, A)
特開2014-080329 (JP, A)
特開2002-295798 (JP, A)
特表2005-518514 (JP, A)
中国特許出願公開第116817171 (CN, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F17C 11/00