明　細　書

発明の名称 ：

二段式コールドヘッドの分解方法、およびディスプレーサ取出ジグ

技術分野

[0001] 本発明は、二段式コールドヘッドの分解方法、およびディスプレーサ取出ジグに関する。

背景技術

[0002] 従来、極低温冷凍機をクライオスタットなどの極低温真空容器に装着するために、スリーブを備えた装着構造を使用することが知られている。極低温真空容器内には例えば超伝導コイルなどの被冷却物が収容され、この被冷却物はスリーブ末端に熱接触している。極低温冷凍機のコールドヘッドはスリーブの内部に装着されており、スリーブを介して被冷却物を冷却する。

[0003] 極低温冷凍機を長期的に運転するなかで、極低温冷凍機のメンテナンスが定期的に必要とされうる。コールドヘッドはスリーブに対していくらか移動可能であるので、コールドヘッドとスリーブの熱接触を解除することができる。コールドヘッドは例えば室温などメンテナンス作業に都合のよい温度に昇温される一方、被冷却物は極低温に維持することができる。極低温冷凍機のメンテナンスのために被冷却物の昇温と再冷却をする必要がなく、これにより極低温冷凍機のメンテナンス所要時間は短縮される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０２０－１３４００６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] メンテナンスの際にコールドヘッドは分解される。たとえば二段式のギフォード・マクマホン（Gifford-McMahon；ＧＭ）冷凍機であれば、一段ディスプレーサおよび二段ディスプレーサからなるディスプレーサ組立体がコール

ドヘッドからから引き抜かれる。こうして取り外されたディスプレーサ組立体には、消耗部品の交換などメンテナンスが施され、または新品と交換され、コールドヘッドは再び組み立てられる。

[0006] しかしながら、現場で起こりうる異常事態の例として、二段ディスプレーサと二段シリンダが何らかの原因で噛み込みを起こし、二段ディスプレーサが二段シリンダに嵌まり込んで動かなくなるケースがある。その結果、分解のためにディスプレーサ組立体を引き抜こうとする際に、一段ディスプレーサと二段ディスプレーサの連結部に過剰な力が働いて破損し、一段ディスプレーサだけが引き抜かれ、二段ディスプレーサがコールドヘッド内に取り残されてしまうことがある。こうしてコールドヘッド内に残置された二段ディスプレーサを現場で取り外すことができなければ、コールドヘッドのメンテナンスを完了できなくなり、極低温冷凍機の運転を再開することもできなくなる。

[0007] 本発明のある態様の例示的な目的のひとつは、二段式コールドヘッド内に残置された二段ディスプレーサを取り出すことを可能にする二段式コールドヘッドの分解方法およびこの方法に適するディスプレーサ取出ジグを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明のある態様によると、二段式コールドヘッドの分解方法は、二段式コールドヘッド内に残置された二段ディスプレーサにディスプレーサ取出ジグを取り付けることと、二段ディスプレーサが二段式コールドヘッドから引き抜かれるようにディスプレーサ取出ジグを操作することと、を備える。

[0009] 本発明のある態様によると、二段式コールドヘッドの分解方法が提供される。二段式コールドヘッドは、一段ディスプレーサと二段ディスプレーサを備えるディスプレーサ組立体と、一段ディスプレーサと連結されたディスプレーサ駆動軸とを備える。分解方法は、ディスプレーサ駆動軸にディスプレーサ取出ジグを取り付けることと、ディスプレーサ組立体が二段式コールドヘッドから引き抜かれるようにディスプレーサ取出ジグを操作することと、

を備える。

[0010] 本発明のある態様によると、ディスプレーサ取出ジグは、二段式コールドヘッドの二段ディスプレーサに係合可能な把持具と、把持具を昇降させるように構成されたリフターと、を備える。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、二段式コールドヘッド内に残置された二段ディスプレーサを取り出すことを可能にする二段式コールドヘッドの分解方法およびこの方法に適するディスプレーサ取出ジグを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態に係る極低温冷凍機を概略的に示す図である。

[図2]実施の形態に係る極低温冷凍機を概略的に示す図である。

[図3]図１および図２に示されるディスプレーサ組立体における一段ディスプレーサと二段ディスプレーサの連結構造の例を模式的に示す分解斜視図である。

[図4]図４（ａ）から図４（ｃ）は、実施の形態に係るディスプレーサ取出ジグを概略的に示す図である。

[図5]図５（ａ）および図５（ｂ）は、実施の形態に係るディスプレーサ取出ジグを概略的に示す図である。

[図6]実施の形態に係るコールドヘッドの分解方法を示す概略図である。

[図7]実施の形態に係るコールドヘッドの分解方法を示す概略図である。

[図8]図８（ａ）および図８（ｂ）は、実施の形態に係るディスプレーサ取出ジグの把持具の他の例を概略的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。説明および図面において同一または同等の構成要素、部材、処理には同一の符号を付し、重複する説明は適宜省略する。図示される各部の縮尺や形状は、説明を容易にするために便宜的に設定されており、特に言及がない限り限定的に解釈されるものではない。実施の形態は例示であり、本発

明の範囲を何ら限定するものではない。実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

[0014] 図１および図２は、実施の形態に係る極低温冷凍機１０を概略的に示す図である。図１には、極低温冷凍機１０の外観を示し、図２には、極低温冷凍機１０の内部構造を示す。極低温冷凍機１０は、一例として、二段式のギフォード・マクマホン（Gifford-McMahon；ＧＭ）冷凍機である。

[0015] 極低温冷凍機１０は、圧縮機１２と二段式のコールドヘッド１４とを備える。圧縮機１２は、極低温冷凍機１０の作動ガスをコールドヘッド１４から回収し、回収した作動ガスを昇圧して、再び作動ガスをコールドヘッド１４に供給するよう構成されている。コールドヘッド１４は、膨張機とも呼ばれる。作動ガスは、冷媒ガスとも称され、通例はヘリウムガスであるが、適切な他のガスが用いられてもよい。

[0016] なお、一般に、圧縮機１２からコールドヘッド１４に供給される作動ガスの圧力と、コールドヘッド１４から圧縮機１２に回収される作動ガスの圧力は、ともに大気圧よりかなり高く、それぞれ第１高圧及び第２高圧と呼ぶことができる。説明の便宜上、第１高圧及び第２高圧はそれぞれ単に高圧及び低圧とも呼ばれる。典型的には、高圧は例えば２～３ＭＰａである。低圧は例えば０．５～１．５ＭＰａであり、例えば約０．８ＭＰａである。理解のために、作動ガスの流れる方向を矢印で示す。

[0017] コールドヘッド１４は、冷凍機シリンダ１６と、ディスプレーサ組立体１８とを備える。冷凍機シリンダ１６は、ディスプレーサ組立体１８の直線往復運動をガイドするとともに、ディスプレーサ組立体１８との間に作動ガスの膨張室（３２、３４）を形成する。また、コールドヘッド１４は、膨張室への作動ガスの吸気開始タイミングおよび膨張室からの作動ガスの排気開始タイミングを定める圧力切替バルブ４０を備える。

[0018] 本書では、極低温冷凍機１０の構成要素間の位置関係を説明するために、便宜上、ディスプレーサの軸方向往復動の上死点に近い側を「上」、下死点に近い側を「下」と表記することとする。上死点は膨張空間の容積が最大と

なるディスプレーサの位置であり、下死点は膨張空間の容積が最小となるディスプレーサの位置である。極低温冷凍機１０の運転時には軸方向上方から下方へと温度が下がる温度勾配が生じるので、上側を高温側、下側を低温側と呼ぶこともできる。

[0019] 冷凍機シリンダ１６は、一段シリンダ１６ａ、二段シリンダ１６ｂを有する。一段シリンダ１６ａと二段シリンダ１６ｂは、一例として、円筒形状を有する部材であり、二段シリンダ１６ｂが一段シリンダ１６ａよりも小径である。一段シリンダ１６ａと二段シリンダ１６ｂは同軸に配置され、一段シリンダ１６ａの下端が二段シリンダ１６ｂの上端に剛に連結されている。

[0020] ディスプレーサ組立体１８は、互いに連結された一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂを備え、これらは一体に移動する。一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂは、一例として、円筒形状を有する部材であり、二段ディスプレーサ１８ｂが一段ディスプレーサ１８ａよりも小径である。一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂは同軸に配置されている。

[0021] 一段ディスプレーサ１８ａは、一段シリンダ１６ａに収容され、二段ディスプレーサ１８ｂは、二段シリンダ１６ｂに収容されている。一段ディスプレーサ１８ａは、一段シリンダ１６ａに沿って軸方向に往復移動可能であり、二段ディスプレーサ１８ｂは、二段シリンダ１６ｂに沿って軸方向に往復移動可能である。

[0022] 図２に示されるように、一段ディスプレーサ１８ａは、第１蓄冷器２６を収容する。第１蓄冷器２６は、一段ディスプレーサ１８ａの筒状の本体部の中に、例えば銅などの金網またはその他適宜の第１蓄冷材を充填することによって形成されている。一段ディスプレーサ１８ａの上蓋部および下蓋部は一段ディスプレーサ１８ａの本体部とは別の部材として提供されてもよく、一段ディスプレーサ１８ａの上蓋部および下蓋部は、締結、溶接など適宜の手段で本体に固定され、それにより第１蓄冷材が一段ディスプレーサ１８ａに収容されてもよい。

[0023] 同様に、二段ディスプレーサ１８ｂは、第２蓄冷器２８を収容する。第２蓄冷器２８は、二段ディスプレーサ１８ｂの筒状の本体部の中に、例えばビスマスなどの非磁性蓄冷材、$HoCu_2$などの磁性蓄冷材、またはその他適宜の第２蓄冷材を充填することによって形成されている。第２蓄冷材は粒状に成形されていてもよい。二段ディスプレーサ１８ｂの上蓋部および下蓋部は二段ディスプレーサ１８ｂの本体部とは別の部材として提供されてもよく、二段ディスプレーサ１８ｂの上蓋部および下蓋部は、締結、溶接など適宜の手段で本体に固定され、それにより第２蓄冷材が二段ディスプレーサ１８ｂに収容されてもよい。

[0024] ディスプレーサ組立体１８は、室温室３０、第１膨張室３２、第２膨張室３４を冷凍機シリンダ１６の内部に形成する。極低温冷凍機１０によって冷却すべき所望の物体または媒体との熱交換のために、コールドヘッド１４は、第１冷却ステージ３３と第２冷却ステージ３５を備える。室温室３０は、一段ディスプレーサ１８ａの上蓋部と一段シリンダ１６ａの上部との間に形成される。第１膨張室３２は、一段ディスプレーサ１８ａの下蓋部と第１冷却ステージ３３との間に形成される。第２膨張室３４は、二段ディスプレーサ１８ｂの下蓋部と第２冷却ステージ３５との間に形成される。第１冷却ステージ３３は、第１膨張室３２を取り囲むように一段シリンダ１６ａの下部に固着され、第２冷却ステージ３５は、第２膨張室３４を取り囲むように二段シリンダ１６ｂの下部に固着されている。第１冷却ステージ３３および第２冷却ステージ３５は、例えば純銅（例えば、無酸素銅、タフピッチ銅など）、または他の高熱伝導金属で形成される。

[0025] 第１蓄冷器２６は、一段ディスプレーサ１８ａの上蓋部に形成された作動ガス流路３６ａを通じて室温室３０に接続され、一段ディスプレーサ１８ａの下蓋部に形成された作動ガス流路３６ｂを通じて第１膨張室３２に接続されている。第２蓄冷器２８は、一段ディスプレーサ１８ａの下蓋部から二段ディスプレーサ１８ｂの上蓋部へと形成された作動ガス流路３６ｃを通じて第１蓄冷器２６に接続されている。また、第２蓄冷器２８は、二段ディスプ

レーサ１８ｂの下蓋部に形成された作動ガス流路３６ｄを通じて第２膨張室３４に接続されている。

[0026] 第１膨張室３２、第２膨張室３４と室温室３０との間の作動ガス流れが、冷凍機シリンダ１６とディスプレーサ組立体１８との間のクリアランスではなく、第１蓄冷器２６、第２蓄冷器２８に導かれるようにするために、第１シール３８ａ、第２シール３８ｂが設けられていてもよい。第１シール３８ａは、一段ディスプレーサ１８ａと一段シリンダ１６ａとの間に配置されるように一段ディスプレーサ１８ａの上蓋部に装着されてもよい。第２シール３８ｂは、二段ディスプレーサ１８ｂと二段シリンダ１６ｂとの間に配置されるように二段ディスプレーサ１８ｂの上蓋部に装着されてもよい。

[0027] 図１に示されるように、コールドヘッド１４は、圧力切替バルブ４０を収容する冷凍機ハウジング２０を備える。冷凍機ハウジング２０は、冷凍機シリンダ１６と結合され、それにより、圧力切替バルブ４０およびディスプレーサ組立体１８を収容する気密容器が構成される。冷凍機ハウジング２０および冷凍機シリンダ１６は、気密容器として内外の圧力差に耐えるように、例えばステンレス鋼などの金属材料またはその他の適する高強度材料で形成される。

[0028] 圧力切替バルブ４０は、図２に示されるように、高圧バルブ４０ａと低圧バルブ４０ｂを備え、冷凍機シリンダ１６内に周期的圧力変動を発生させるように構成されている。圧縮機１２の作動ガス吐出口が高圧バルブ４０ａを介して室温室３０に接続され、圧縮機１２の作動ガス吸入口が低圧バルブ４０ｂを介して室温室３０に接続されている。高圧バルブ４０ａと低圧バルブ４０ｂは、選択的かつ交互に開閉するように（すなわち、一方が開いているとき他方が閉じるように）構成されている。

[0029] 圧力切替バルブ４０は、ロータリーバルブの形式をとってもよい。すなわち、圧力切替バルブ４０は、静止したバルブ本体に対するバルブディスクの回転摺動によって高圧バルブ４０ａと低圧バルブ４０ｂが交互に開閉されるように構成されていてもよい。その場合、膨張機モータ４２が圧力切替バル

ブ４０のバルブディスクを回転させるように圧力切替バルブ４０に連結されていてもよい。たとえば、圧力切替バルブ４０は、バルブ回転軸が膨張機モータ４２の回転軸と同軸となるように配置される。

[0030] あるいは、高圧バルブ４０ａと低圧バルブ４０ｂはそれぞれ個別に制御可能なバルブであってもよく、その場合、圧力切替バルブ４０は、膨張機モータ４２に連結されていなくてもよい。

[0031] コールドヘッド１４は、膨張機モータ４２と運動変換機構４３とを備える。膨張機モータ４２は、コールドヘッド１４を駆動する駆動源であり、例えば、三相交流で駆動する電気モータである。膨張機モータ４２は、冷凍機ハウジング２０に取り付けられている。運動変換機構４３は、圧力切替バルブ４０と同様に、冷凍機ハウジング２０に収容されている。

[0032] 膨張機モータ４２は、たとえばスコッチヨーク機構などの運動変換機構４３を介してディスプレーサ駆動軸４４に連結されている。運動変換機構４３は、膨張機モータ４２が出力する回転運動をディスプレーサ駆動軸４４の直線往復運動に変換する。ディスプレーサ駆動軸４４は、運動変換機構４３から室温室３０の中へと延び、一段ディスプレーサ１８ａの上蓋部に固定されている。膨張機モータ４２の回転は運動変換機構４３によってディスプレーサ駆動軸４４の軸方向往復動に変換され、ディスプレーサ組立体１８は冷凍機シリンダ１６内を軸方向に直線的に往復する。

[0033] 以上の構成により、極低温冷凍機１０は、圧縮機１２および膨張機モータ４２が運転されるとき、第１膨張室３２および第２膨張室３４において周期的な容積変動とこれに同期した作動ガスの圧力変動を発生させる。典型的には、吸気工程においては、低圧バルブ４０ｂが閉じ高圧バルブ４０ａが開くことによって、高圧の作動ガスが圧縮機１２から高圧バルブ４０ａを通じて室温室３０に流入し、第１蓄冷器２６を通じて第１膨張室３２に供給され、第２蓄冷器２８を通じて第２膨張室３４に供給される。こうして、第１膨張室３２、第２膨張室３４は低圧から高圧へと昇圧される。このとき、ディスプレーサ組立体１８が下死点から上死点へと上動され第１膨張室３２と第２

膨張室３４の容積が増加される。高圧バルブ４０ａが閉じると吸気工程は終了する。

[0034] 排気工程においては、高圧バルブ４０ａが閉じ低圧バルブ４０ｂが開くことによって、高圧の第１膨張室３２、第２膨張室３４が圧縮機１２の低圧の作動ガス吸入口に開放される。それにより、作動ガスが第１膨張室３２、第２膨張室３４で膨張し、その結果低圧となった作動ガスが第１膨張室３２、第２膨張室３４から第１蓄冷器２６、第２蓄冷器２８を通じて室温室３０へと排出される。このとき、ディスプレーサ組立体１８が上死点から下死点へと下動され第１膨張室３２と第２膨張室３４の容積が減少される。作動ガスはコールドヘッド１４から低圧バルブ４０ｂを通じて圧縮機１２に回収される。低圧バルブ４０ｂが閉じると排気工程は終了する。

[0035] このようにして、たとえばＧＭサイクルなどの冷凍サイクルが構成され、第１冷却ステージ３３および第２冷却ステージ３５が所望の極低温に冷却される。第１冷却ステージ３３は、例えば約３０Ｋ～約７０Ｋの範囲にある第１冷却温度に冷却されることができる。第２冷却ステージ３５は、第１冷却温度より低い第２冷却温度（例えば、約１Ｋ～約４Ｋ）に冷却されることができる。

[0036] 図３は、図１および図２に示されるディスプレーサ組立体１８における一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂの連結構造の例を模式的に示す分解斜視図である。図示されるように、一段ディスプレーサ１８ａの低温端（図１および図２における下蓋部）には、一段ディスプレーサ１８ａの中心軸と同軸に円筒状の凹部４６が設けられている。凹部４６は、上側に小径部４６ａ、下側に大径部４６ｂを有する。一段ディスプレーサ１８ａの低温端にはさらに、一段ディスプレーサ１８ａの中心軸と直交して径方向に一段ディスプレーサ１８ａおよび凹部４６の小径部４６ａを貫通する一段ディスプレーサピン穴４８ａが設けられている。

[0037] また、二段ディスプレーサ１８ｂの高温端（図１および図２における上蓋部）には、二段ディスプレーサ１８ｂの中心軸と同軸に円筒状の凹部４７（

図６参照）が設けられている。二段ディスプレーサ１８ｂの高温端にはさらに、二段ディスプレーサ１８ｂの中心軸と直交して径方向に二段ディスプレーサ１８ｂおよび凹部４７を貫通する二段ディスプレーサピン穴４８ｂが設けられている。

[0038] 一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂとの間には、短い円柱状の連結体５０が設けられている。連結体５０の一方の端部（図３において上端）には、連結体５０の中心軸と直交して径方向に貫通する第１ピン穴５０ａが設けられ、連結体５０の他方の端部（図３において下端）には、連結体５０の中心軸と直交して径方向に貫通する第２ピン穴５０ｂが設けられている。第１ピン穴５０ａと第２ピン穴５０ｂは、連結体５０の中心軸に沿って異なる位置で、互いに直交するように設けられている。

[0039] 連結体５０の一方の端部は、一段ディスプレーサ１８ａに設けられた凹部４６の小径部４６ａに挿入可能であり、連結体５０が挿入されたとき第１ピン穴５０ａが一段ディスプレーサピン穴４８ａと連通する。第１連結ピン５２ａが一段ディスプレーサピン穴４８ａおよび第１ピン穴５０ａに挿入され、それにより、連結体５０は一段ディスプレーサ１８ａと連結される。また、連結体５０の他方の端部は、二段ディスプレーサ１８ｂの凹部に挿入可能であり、連結体５０が挿入されたとき第２ピン穴５０ｂが二段ディスプレーサピン穴４８ｂと連通する。第２連結ピン５２ｂが二段ディスプレーサピン穴４８ｂおよび第２ピン穴５０ｂに挿入され、それにより、連結体５０は二段ディスプレーサ１８ｂと連結される。このようにして、一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂとが連結体５０を介して連結される。

[0040] なお、一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂの連結構造は、他の構成もとりうる。例えば、連結体５０を用いることは必須ではなく、一段ディスプレーサ１８ａの凹部４６に二段ディスプレーサ１８ｂが挿入され、一本の連結ピンで一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂが連結されてもよい。

[0041] 本書の冒頭で述べたように、極低温冷凍機１０のメンテナンスのために、

コールドヘッド１４が分解されることがある。このとき、冷凍機ハウジング２０と冷凍機シリンダ１６の締結が解除され、冷凍機ハウジング２０が冷凍機シリンダ１６から持ち上げられる。冷凍機ハウジング２０内の膨張機モータ４２および運動変換機構４３などのディスプレーサ駆動機構とともに、ディスプレーサ組立体１８も冷凍機シリンダ１６に対し引き上げられる。こうして一段ディスプレーサ１８ａおよび二段ディスプレーサ１８ｂがそれぞれ一段シリンダ１６ａおよび二段シリンダ１６ｂから引き抜かれ、最終的に冷凍機ハウジング２０およびディスプレーサ組立体１８がコールドヘッド１４から取り外される。

[0042] しかしながら、現場で起こりうる異常事態の例として、二段ディスプレーサ１８ｂと二段シリンダ１６ｂが何らかの原因で噛み込みを起こし、二段ディスプレーサ１８ｂが二段シリンダ１６ｂ内に嵌まり込んで動かなくなるケースがある。その結果、分解のためにディスプレーサ組立体１８を冷凍機シリンダ１６から引き抜こうとする際に、一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂの連結部に過剰な力が働き、連結部が破損する（例えば、第２連結ピン５２ｂが折れる）ことがある。一段ディスプレーサ１８ａだけが引き抜かれ、二段ディスプレーサ１８ｂが二段シリンダ１６ｂに取り残されてしまうことがある。二段ディスプレーサ１８ｂがコールドヘッド１４内に残置されたままでは、コールドヘッド１４のメンテナンスを完了できず、極低温冷凍機１０の運転を再開することもできない。

[0043] そこで、この実施の形態では、現場で容易に行えるコールドヘッド１４の分解方法が提案される。この方法では、以下に説明するディスプレーサ取出ジグ６０を使用して、コールドヘッド１４内に残置された二段ディスプレーサ１８ｂを取り出すことが可能となる。

[0044] 図４（ａ）から図４（ｃ）は、実施の形態に係るディスプレーサ取出ジグ６０を概略的に示す図である。図４（ａ）にはディスプレーサ取出ジグ６０の正面図、図４（ｂ）にはディスプレーサ取出ジグ６０の側面図、図４（ｃ）にはディスプレーサ取出ジグ６０の一部切り欠き斜視図が示される。

[0045] ディスプレーサ取出ジグ６０は、コールドヘッド１４の二段ディスプレーサ１８ｂと係合可能な把持具７０と、把持具７０を昇降させるように構成されたリフター８０と、を備える。

[0046] 把持具７０は、縦方向（図において上下方向）に互いに平行に延在する２本の縦ロッド７２と、縦方向に垂直な方向である横方向に延在しこれら縦ロッド７２を支持する横架ロッド７４とを備える。各縦ロッド７２は、基部７２ａと先端部７２ｂとを備える。縦ロッド７２は、この例では矩形断面を有するが、他の断面形状を有してもよい。

[0047] 縦ロッド７２の基部７２ａは、その中心部に横架ロッド７４を受け入れる貫通穴を有するリング状の形状を有する。縦ロッド７２の基部７２ａのこの貫通穴に横架ロッド７４が挿し込まれることで、縦ロッド７２は、横架ロッド７４に対して横方向に移動可能となるように横架ロッド７４と連結されている。この例では、横架ロッド７４は円形断面を有し、縦ロッド７２の基部７２ａの貫通穴も同じ円形断面を有しており、これにより、縦ロッド７２は、横架ロッド７４まわりに回動可能でもある。なお、横架ロッド７４は矩形断面など他の断面形状を有してもよく、縦ロッド７２の基部７２ａの貫通穴もこれに対応する形状を有してもよい。

[0048] また、把持具７０は、二段ディスプレーサピン穴４８ｂに挿し込むことができるように定められた形状を有する把持ピン７６を備える。よって、把持ピン７６は、二段ディスプレーサピン穴４８ｂに対応する形状を有する。例えば、二段ディスプレーサピン穴４８ｂが丸穴である場合、これに対応して把持ピン７６は円柱状のピンである。

[0049] 把持ピン７６は各縦ロッド７２に設けられており、すなわちこの実施の形態では、把持具７０には２本の把持ピン７６が設けられている。縦ロッド７２の先端部７２ｂには、把持ピン７６が挿し込まれる把持ピン穴が設けられている。この把持ピン穴は、縦ロッド７２の先端部７２ｂを横方向に貫通している。把持ピン７６は、この把持ピン穴に挿し込まれることで縦ロッド７２に装着される。

[0050] 把持ピン７６は、交換可能である。つまり、把持ピン７６は、取り外し可能に縦ロッド７２に装着されている。必要に応じて、装着された把持ピン７６を把持ピン穴から引き抜いて、別の把持ピン７６（例えば、新品の把持ピン７６）を新たに把持ピン穴に挿し込んで縦ロッド７２に装着することができる。後述するコールドヘッド分解方法では、二段ディスプレーサ１８ｂを二段シリンダ１６ｂから引き抜くとき、把持ピン７６に大きな力が働き、把持ピン７６は変形しうる。変形した使用済みの把持ピン７６を未変形の別の把持ピン７６と交換することにより、同じディスプレーサ取出ジグ６０を次回のコールドヘッド分解作業にも使用することができる。

[0051] リフター８０は、支持体８２と、支持体８２に組み込まれた送りねじ機構８４と、を備える。支持体８２は、図示されるように、縦方向に互いに平行に延在する２本の支持ロッドからなり、各支持ロッドは、基部８２ａと先端部８２ｂとを備える。各支持ロッドには、基部８２ａから先端部８２ｂへと縦方向に延びるスリット８２ｃが設けられている。

[0052] 送りねじ機構８４は、支持体８２に回転可能に支持された送りねじ８６と送りねじ８６に螺合するナット部８８とを有し、支持体８２に対する送りねじ８６の回転によりナット部８８が支持体８２に対して移動するように構成されている。図４（ｃ）では、理解を容易にするために、送りねじ８６の中心軸および横架ロッド７４の中心軸を通る平面で、支持体８２のうち片側の支持ロッドを切り欠いて図示している。送りねじ８６は、支持ロッドの先端部８２ｂに回転可能に支持され、スリット８２ｃ内を縦方向に延在している。送りねじ８６のねじ頭８６ａが支持ロッドの先端部８２ｂ上に設けられ、このねじ頭８６ａを作業者が回転させることにより、送りねじ機構８４を操作可能である。送りねじ８６のねじ部８６ｂは、スリット８２ｃ内に配置されている。

[0053] ナット部８８は、横架ロッド７４の両端に設けられ、横架ロッド７４の一部となっている。図示の状態では、支持ロッドの基部８２ａに近接する送りねじ８６のねじ部８６ｂの先端部で、送りねじ８６がナット部８８に螺合し

ている。ナット部８８は、送りねじ８６と螺合した状態で支持体８２のスリット８２ｃに配置され、送りねじ８６の回転によりスリット８２ｃに沿って縦方向に移動可能である。ナット部８８すなわち横架ロッド７４の縦方向移動により、横架ロッド７４に支持された縦ロッド７２および把持ピン７６も縦方向移動する。このようにして、把持具７０は、ナット部８８と一体に移動するようにナット部８８に連結されている。

[0054] 図５（ａ）および図５（ｂ）は、実施の形態に係るディスプレーサ取出ジグ６０を概略的に示す図である。図５（ａ）にはディスプレーサ取出ジグ６０の正面図、図５（ｂ）にはディスプレーサ取出ジグ６０の斜視図が示される。図４（ａ）から図４（ｃ）には、ディスプレーサ取出ジグ６０の展開状態が示されるのに対して、図５（ａ）および図５（ｂ）には、ディスプレーサ取出ジグ６０の格納状態が示される。

[0055] 図５（ａ）および図５（ｂ）に示される格納状態では、図４（ａ）から図４（ｃ）に示される展開状態と比較して、把持具７０の縦ロッド７２が横架ロッド７４まわりに約１８０度回転されてリフター８０へと折り畳まれている。このように、実施の形態に係るディスプレーサ取出ジグ６０は、折り畳み可能である。これにより、格納状態におけるディスプレーサ取出ジグ６０の縦方向の長さは、展開状態に比べておよそ半分に短くなる。このようにして、折り畳みによってディスプレーサ取出ジグ６０をコンパクトにすることによって、ディスプレーサ取出ジグ６０の収納スペースを小さくすることができる。これは、不使用時のディスプレーサ取出ジグ６０の保管に役立つ。なお、ディスプレーサ取出ジグ６０を折り畳むことに代えて、ディスプレーサ取出ジグ６０は、リフター８０から把持具７０を取り外す等、分解されて保管されてもよい。

[0056] 図６は、実施の形態に係るコールドヘッド１４の分解方法を示す概略図である。理解を容易にするために、図６では、冷凍機シリンダ１６はその中心軸を含む平面で切断して図示している。

[0057] この分解方法は、図６の左部に示すように、冷凍機シリンダ１６の二段シ

リンダ１６ｂに二段ディスプレーサ１８ｂのみが取り残された状態から開始される（Ｓ１０）。この状態は、上述のように、一段ディスプレーサ１８ａと二段ディスプレーサ１８ｂの連結部が破損して一段ディスプレーサ１８ａのみが一段シリンダ１６ａから引き抜かれた結果である。

[0058] たいていの場合、二段ディスプレーサ１８ｂの二段ディスプレーサピン穴４８ｂに挿し込まれていた第２連結ピン５２ｂ（図３参照）は、一段ディスプレーサ１８ａとともに連結体５０が引き上げられるとき折れてしまい、二段ディスプレーサピン穴４８ｂから抜け落ちていると想定される。しかし、もし第２連結ピン５２ｂが二段ディスプレーサピン穴４８ｂに残存している場合には、この段階で第２連結ピン５２ｂは二段ディスプレーサピン穴４８ｂから取り除かれる。

[0059] 次に、図６の中央部に示すように、ディスプレーサ取出ジグ６０が準備され、以下に説明するように、残置された二段ディスプレーサ１８ｂにディスプレーサ取出ジグ６０が取り付けられる（Ｓ１１）。

[0060] Ｓ１１では、まず、ディスプレーサ取出ジグ６０の支持体８２が冷凍機シリンダ１６に載置される。冷凍機シリンダ１６は、一段シリンダ１６ａの上端（二段シリンダ１６ｂとは反対側の端部）にシリンダフランジ１７を備える。シリンダフランジ１７は、一段シリンダ１６ａの上端から径方向外側に延出している。支持体８２、つまり２本の支持ロッドの基部８２ａが、シリンダフランジ１７の上面に載置される。

[0061] なお、支持体８２は、シリンダフランジ１７に置かれているにすぎず、支持体８２はシリンダフランジ１７に固定されてはいない。しかし、必要に応じて、支持体８２はシリンダフランジ１７に例えばねじ止めなど適宜の手法により固定されてもよい。また、支持体８２をシリンダフランジ１７に載置または固定することに代えて、支持体８２を載置または固定するための台座が冷凍機シリンダ１６の両側に用意されてもよく、この台座に支持体８２が載置または固定されてもよい。

[0062] このとき、ディスプレーサ取出ジグ６０は展開状態にあり、縦ロッド７２

は、支持ロッドの先端部８２ｂとは反対側（図において下側）に向かって横架ロッド７４から延びている。縦ロッド７２どうしの間隔は、縦ロッド７２を横架ロッド７４に対してスライドさせて、あらかじめ調整される。縦ロッド７２の間隔は、これら縦ロッド７２を一段シリンダ１６ａに挿入するために、一段シリンダ１６ａの内径よりも小さくなるように調整される。また、縦ロッド７２の間隔は、先端部７２ｂに取り付けられた把持ピン７６と二段ディスプレーサ１８ｂの干渉を避けるために、把持ピン７６の先端どうしの間隔が二段ディスプレーサ１８ｂの外径より大きくなるように調整される。

[0063] よって、支持体８２をシリンダフランジ１７に近づけることで、縦ロッド７２が一段シリンダ１６ａ内に挿入される。縦ロッド７２の縦方向長さは一段シリンダ１６ａの深さと概ね同じ長さに設定されている。そのため、支持体８２がシリンダフランジ１７に載置されたとき、縦ロッド７２に取り付けられた把持ピン７６は、一段シリンダ１６ａの底部に配置され、残置された二段ディスプレーサ１８ｂの上端部の二段ディスプレーサピン穴４８ｂの近傍に位置することになる。

[0064] 把持ピン７６と二段ディスプレーサピン穴４８ｂの縦方向の位置合わせは、送りねじ８６を回転させてナット部８８つまり横架ロッド７４の位置を縦方向に微調整することによって可能となる。また、把持ピン７６と二段ディスプレーサピン穴４８ｂの周方向の位置合わせは、ディスプレーサ取出ジグ６０をシリンダフランジ１７上で移動させることによって可能となる。このようにして、２本の把持ピン７６が二段ディスプレーサピン穴４８ｂの両側に位置するように把持ピン７６と二段ディスプレーサピン穴４８ｂとの位置関係を調整することができる。

[0065] そして、二段シリンダ１６ｂを挟み込むようにして２本の縦ロッド７２を互いに横方向に近づけるように横架ロッド７４に対してスライドさせることで、２本の把持ピン７６がそれぞれ二段ディスプレーサピン穴４８ｂに挿し込まれる。このようにして、把持具７０が二段ディスプレーサ１８ｂと係合され、ディスプレーサ取出ジグ６０は、二段ディスプレーサ１８ｂに取り付

けられる。

[0066] なお、別の取り付け方も可能である。把持ピン７６が取り付けられた２本の縦ロッド７２の先端部７２ｂが二段ディスプレーサ１８ｂの凹部４７に挿入されてもよい。そして、これら縦ロッド７２の間隔を広げるように横架ロッド７４に対して縦ロッド７２がスライドされ、把持ピン７６が二段ディスプレーサピン穴４８ｂへと内側から挿し込まれてもよい。

[0067] 続いて、図６の右部に示すように、二段ディスプレーサ１８ｂが冷凍機シリンダ１６から引き抜かれるようにディスプレーサ取出ジグ６０が操作される（Ｓ１２）。具体的には、送りねじ８６を回転させることで（矢印９０）、ナット部８８すなわち横架ロッド７４を上昇させ（矢印９１）、それにより把持具７０に把持された二段ディスプレーサ１８ｂを二段シリンダ１６ｂから引き抜くことができる。

[0068] このようにして、リフター８０の送りねじ機構８４を操作することによって、二段シリンダ１６ｂとともに把持具７０を引き上げることができる。この後、ディスプレーサ取出ジグ６０自体をシリンダフランジ１７から持ち上げることにより、二段シリンダ１６ｂを冷凍機シリンダ１６から引き抜き、取り除くことができる。機能する別のディスプレーサ組立体１８（例えば、新品のディスプレーサ組立体１８）を準備し、これを用いてコールドヘッド１４を現場で再び組み立てることができる。

[0069] したがって、実施の形態によれば、ディスプレーサ取出ジグ６０を使用することにより、コールドヘッド１４内に残置された二段ディスプレーサ１８ｂを取り出すための、ディスプレーサ取出ジグ６０を使用したコールドヘッド１４の分解方法を提供することができる。二段ディスプレーサ１８ｂが冷凍機シリンダ１６に取り残されてしまった場合であっても、コールドヘッド１４が取り付けられた極低温装置からコールドヘッド１４をまるごと取り外すことなく、コールドヘッド１４のメンテナンスを現場で完了し、極低温冷凍機１０の運転を再開することができる。

[0070] 図７は、実施の形態に係るコールドヘッド１４の分解方法を示す概略図で

ある。ディスプレーサ取出ジグ６０は、冷凍機シリンダ１６内に残置された二段ディスプレーサ１８ｂだけではなく、破損していないディスプレーサ組立体１８の取り出しにも利用可能である。以下では、ディスプレーサ取出ジグ６０を使用して、ディスプレーサ組立体１８をコールドヘッド１４から取り出す方法を説明する。

[0071] ディスプレーサ組立体１８を駆動するための運動変換機構４３の典型例は、スコッチヨーク機構である。この場合、一段ディスプレーサ１８ａと連結されたディスプレーサ駆動軸４４は、スコッチヨーク板４５を有する。スコッチヨーク板４５には、スコッチヨーク機構のクランクピン（図示せず）の往復動のための横長窓４５ａが設けられている。

[0072] 図７に示される分解方法は、同図の左部に示すように、冷凍機シリンダ１６内にディスプレーサ組立体１８が収められた状態から開始される（Ｓ２０）。よって、一段ディスプレーサ１８ａは一段シリンダ１６ａ内にあり、二段ディスプレーサ１８ｂは二段シリンダ１６ｂ内にある。スコッチヨーク板４５を有するディスプレーサ駆動軸４４が、一段ディスプレーサ１８ａから冷凍機シリンダ１６の外へと突き出している。

[0073] 次に、図７の中央部に示すように、ディスプレーサ取出ジグ６０が準備され、スコッチヨーク板４５にディスプレーサ取出ジグ６０が取り付けられる（Ｓ２１）。図７の方法では、図６の方法とは異なり、横架ロッド７４から縦ロッド７２が取り外されている。図示されるように、横架ロッド７４がスコッチヨーク板４５の横長窓４５ａに挿し込まれた状態で、送りねじ機構８４が支持体８２に組み付けられる（つまり、横架ロッド７４の両端のナット部８８がそれぞれ対応する送りねじ８６と螺合する）。支持体８２は、シリンダフランジ１７に載置される。

[0074] 続いて、図７の右部に示すように、ディスプレーサ組立体１８が冷凍機シリンダ１６から引き抜かれるようにディスプレーサ取出ジグ６０が操作される（Ｓ２２）。具体的には、送りねじ８６を回転させることで（矢印９０）、ナット部８８すなわち横架ロッド７４を上昇させ（矢印９１）、それによ

りスコッチヨーク板４５およびディスプレーサ組立体１８を冷凍機シリンダ１６から引き上げることができる。この後、ディスプレーサ取出ジグ６０自体をシリンダフランジ１７から持ち上げることにより、ディスプレーサ組立体１８を冷凍機シリンダ１６から引き抜き、取り除くことができる。

[0075] 以上、本発明を実施例にもとづいて説明した。本発明は上記実施形態に限定されず、種々の設計変更が可能であり、様々な変形例が可能であること、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは、当業者に理解されるところである。ある実施の形態に関連して説明した種々の特徴は、他の実施の形態にも適用可能である。組合せによって生じる新たな実施の形態は、組み合わされる実施の形態それぞれの効果をあわせもつ。

[0076] 上述の実施の形態では、ディスプレーサ取出ジグ６０の把持具７０は、縦ロッド７２の先端部７２ｂに把持ピン７６を取り付ける構成を採用しているが、他の構成も可能である。例えば、図８（ａ）に示されるように、把持具７０は、１本の縦ロッド７２を備え、この縦ロッド７２が二段ディスプレーサ１８ｂと結合されてもよく、例えば、縦ロッド７２の先端が二段ディスプレーサ１８ｂの凹部４７に嵌め込まれてもよい。縦ロッド７２の先端にはねじ部が形成されていてもよく、このねじ部を二段ディスプレーサ１８ｂの凹部４７の内壁面に食い込ませることによって、縦ロッド７２が二段ディスプレーサ１８ｂと結合されてもよい。

[0077] あるいは、図８（ｂ）に示されるように、把持具７０は、把持ワイヤ７８を有してもよく、この把持ワイヤ７８を二段ディスプレーサピン穴４８ｂに差し込むことによって、二段シリンダ１６ｂが把持具７０に把持されてもよい。

[0078] 実施の形態にもとづき、具体的な語句を用いて本発明を説明したが、実施の形態は、本発明の原理、応用の一側面を示しているにすぎず、実施の形態には、請求の範囲に規定された本発明の思想を逸脱しない範囲において、多くの変形例や配置の変更が認められる。

産業上の利用可能性

[0079] 本発明は、二段式コールドヘッドの分解方法、およびディスプレーサ取出ジグの分野における利用が可能である。

符号の説明

[0080] １４ コールドヘッド、 １８ｂ 二段ディスプレーサ、 ６０ ディスプレーサ取出ジグ、 ７０ 把持具、 ７６ 把持ピン、 ８０ リフター、 ８２ 支持体、 ８４ 送りねじ機構、 ８６ 送りねじ、 ８８ ナット部。

請求の範囲

[請求項1] 二段式コールドヘッドの分解方法であって、

前記二段式コールドヘッド内に残置された二段ディスプレーサにディスプレーサ取出ジグを取り付けることと、

前記二段ディスプレーサが前記二段式コールドヘッドから引き抜かれるように前記ディスプレーサ取出ジグを操作することと、を備えることを特徴とする方法。

[請求項2] 前記ディスプレーサ取出ジグは、前記二段ディスプレーサに係合可能な把持具と、前記把持具を昇降させるように構成されたリフターと、を備え、

前記取り付けることは、前記把持具を前記二段ディスプレーサに係合させることを備え、

前記操作することは、前記把持具を引き上げるように前記リフターを操作することを備えることを特徴とする請求項１に記載の方法。

[請求項3] 前記把持具は、前記二段ディスプレーサのピン穴に挿し込まれる把持ピンを備えることを備えることを特徴とする請求項２に記載の方法。

[請求項4] 前記把持ピンは、交換可能であることを備えることを特徴とする請求項３に記載の方法。

[請求項5] 前記把持具は、前記二段ディスプレーサのピン穴に挿し込まれる把持ワイヤを備えることを備えることを特徴とする請求項２に記載の方法。

[請求項6] 前記把持具は、縦ロッドを備え、

前記取り付けることは、前記縦ロッドの先端を前記二段ディスプレーサに嵌め込むことを備えることを特徴とする請求項２に記載の方法。

[請求項7] 前記リフターは、支持体と、前記支持体に回転可能に支持された送りねじと前記送りねじに螺合するナット部とを有し、前記支持体に対

する前記送りねじの回転により前記ナット部が前記支持体に対して移動するように構成された送りねじ機構と、を備え、

前記把持具は、前記ナット部と一体に移動するように前記ナット部に連結されており、

前記操作することは、前記送りねじを回転させることを備えることを特徴とする請求項２に記載の方法。

[請求項8] 前記二段ディスプレーサに前記ディスプレーサ取出ジグを取り付ける前に、前記ディスプレーサ取出ジグを展開することをさらに備えることを特徴とする請求項１から７のいずれかに記載の方法。

[請求項9] 二段式コールドヘッドの分解方法であって、前記二段式コールドヘッドは、一段ディスプレーサと二段ディスプレーサを備えるディスプレーサ組立体と、前記一段ディスプレーサと連結されたディスプレーサ駆動軸とを備え、前記分解方法は、

前記ディスプレーサ駆動軸にディスプレーサ取出ジグを取り付けることと、

前記ディスプレーサ組立体が前記二段式コールドヘッドから引き抜かれるように前記ディスプレーサ取出ジグを操作することと、を備えることを特徴とする方法。

[請求項10] 二段式コールドヘッドの二段ディスプレーサに係合可能な把持具と、

前記把持具を昇降させるように構成されたリフターと、を備えることを特徴とするディスプレーサ取出ジグ。