

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6372515号
(P6372515)

(45) 発行日 平成30年8月15日 (2018. 8. 15)

(24) 登録日 平成30年7月27日 (2018. 7. 27)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 3 K 20/12 (2006. 01)

B 2 3 K 20/12 3 6 0

H 0 1 L 23/34 (2006. 01)

B 2 3 K 20/12 3 2 0

F 2 8 D 1/06 (2006. 01)

B 2 3 K 20/12 3 6 2

F 2 8 D 15/02 (2006. 01)

H 0 1 L 23/34 Z

F 2 8 D 1/06 B

請求項の数 10 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-85512 (P2016-85512)
 (22) 出願日 平成28年4月21日 (2016. 4. 21)
 (65) 公開番号 特開2017-42816 (P2017-42816A)
 (43) 公開日 平成29年3月2日 (2017. 3. 2)
 審査請求日 平成29年7月3日 (2017. 7. 3)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-166411 (P2015-166411)
 (32) 優先日 平成27年8月26日 (2015. 8. 26)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004743
 日本軽金属株式会社
 東京都品川区東品川二丁目2番20号
 (74) 代理人 110001807
 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
 (72) 発明者 堀 久司
 静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号
 日本軽金属株式会社 グループ技術セン
 ター内
 (72) 発明者 瀬尾 伸城
 静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号
 日本軽金属株式会社 グループ技術セン
 ター内
 審査官 岩見 勤

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液冷ジャケットの製造方法及び液冷ジャケット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

底部、前記底部の周縁から立ち上る周壁部及び前記底部から立ち上るとともに端面に突出部を備える支持部を有するジャケット本体と、前記突出部に挿入される孔部を備えるとともに前記ジャケット本体の開口部を封止する封止体とで構成され、前記ジャケット本体と前記封止体とを接合する液冷ジャケットの製造方法であって、

前記周壁部の内周縁に、段差底面と当該段差底面から立ち上る段差側面とを有する周壁段差部を形成し、かつ、前記支持部の端面を前記段差底面と同一の高さ位置に形成する準備工程と、

前記ジャケット本体に前記封止体を載置し、前記段差側面と前記封止体の外周側面とを突き合わせて第一突合せ部を形成するとともに、前記突出部に前記孔部を挿入し前記突出部の外周側面と前記孔部の孔壁とを突き合わせて第二突合せ部を形成する載置工程と、

前記第一突合せ部に沿って回転ツールを一周させて摩擦攪拌接合を行う第一本接合工程と、前記第二突合せ部に沿って前記回転ツールを一周させて摩擦攪拌接合を行う第二本接合工程と、を含み、

摩擦攪拌後に前記回転ツールを前記封止体から離脱させることにより前記第一本接合工程と、前記第二本接合工程とを、別工程で行うとともに、

前記第二本接合工程では、塑性化領域で前記突出部の上端面が覆われるように摩擦攪拌を行うことを特徴とする液冷ジャケットの製造方法。

【請求項 2】

10

20

前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程に先だって、前記第一突合せ部及び前記第二突合せ部の少なくともいずれかを仮接合する仮接合工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の液冷ジャケットの製造方法。

【請求項 3】

前記準備工程では、前記ジャケット本体の前記底部が表面側に凸となるように形成し、かつ、前記封止体が表面側に凸となるように形成することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の液冷ジャケットの製造方法。

【請求項 4】

前記ジャケット本体の変形量を予め計測しておき、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程において、前記回転ツールの攪拌ピンの挿入深さを前記変形量に合わせて調節しながら摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項 3 に記載の液冷ジャケットの製造方法。

10

【請求項 5】

前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、冷却媒体が流れる冷却板を前記底部の裏面側に設置し、前記冷却板で前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の液冷ジャケットの製造方法。

【請求項 6】

前記冷却板の表面と前記底部の裏面とを面接触させ、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする請求項 5 に記載の液冷ジャケットの製造方法。

20

【請求項 7】

前記冷却板は、前記冷却媒体が流れる冷却流路を有し、

前記第一突合せ部に沿う平面形状となるように前記冷却流路を形成することを特徴とする請求項 5 又は請求項 6 に記載の液冷ジャケットの製造方法。

【請求項 8】

前記冷却媒体が流れる冷却流路を、前記冷却板に埋設された冷却管によって構成することを特徴とする請求項 5 乃至請求項 7 のいずれか一項に記載の液冷ジャケットの製造方法。

【請求項 9】

前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体と前記封止体とで構成される中空部に冷却媒体を流し、前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の液冷ジャケットの製造方法。

30

【請求項 10】

底部、前記底部の周縁から立ち上る周壁部及び前記底部から立ち上り端面に突出部を備えた支持部を有するジャケット本体と、

前記支持部の前記突出部が挿入される孔部を備えるとともに前記ジャケット本体の開口部を封止する封止体と、を有し、

前記周壁部は内周縁に周壁段差部を有し、

前記周壁段差部の段差側面と前記封止体の外周側面とが突き合わされた第一突合せ部及び前記突出部の外周側面と前記孔部の孔壁とが突き合わせされた第二突合せ部がそれぞれ摩擦攪拌接合されているとともに、前記突出部の上端面が摩擦攪拌によって形成された塑性化領域で覆われていることを特徴とする液冷ジャケット。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液冷ジャケットの製造方法及び液冷ジャケットに関する。

【背景技術】

【0002】

金属部材同士を接合する方法として、摩擦攪拌接合（FSW=Friction Stir Welding

50

）が知られている。摩擦攪拌接合とは、回転ツールを回転させつつ金属部材同士の突合せ部に沿って移動させ、回転ツールと金属部材との摩擦熱により突合せ部の金属を塑性流動させることで、金属部材同士を固相接合させるものである。

【0003】

近年、パーソナルコンピュータに代表される電子機器は、その性能が向上するにつれて、搭載されるCPU（発熱体）の発熱量が増大しており、CPUの冷却が重要になっている。従来、CPUを冷却するために、空冷ファン方式のヒートシンクが使用されてきたが、ファン騒音や、空冷方式での冷却限界といった問題がクローズアップされるようになり、次世代冷却方式として、液冷ジャケットが注目されている。

【0004】

このような液冷ジャケットの製造方法として、金属製の構成部材同士を摩擦攪拌接合によって接合する技術が特許文献1で開示されている。従来の液冷ジャケットは、上方が開放された箱状のジャケット本体と、ジャケット本体の開口部を封止する板状の封止体とで構成されている。従来の液冷ジャケットの製造方法は、ジャケット本体と封止体とを重ね合わせて形成された重合部を、回転ツールを用いて摩擦攪拌接合するというものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2015-131323号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来の液冷ジャケットの製造方法では、ジャケット本体の上に封止体を載置するだけであるため、ジャケット本体に対する封止体の位置決めが困難になるという問題がある。また、摩擦攪拌接合を行う際に、ジャケット本体に対して封止体が移動してしまうおそれがある。

【0007】

そこで、本発明は、封止体の位置決めを容易に行うことができる液冷ジャケットの製造方法及び液冷ジャケットを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

このような課題を解決するために本発明は、底部、前記底部の周縁から立ち上る周壁部及び前記底部から立ち上るとともに端面に突出部を備える支持部を有するジャケット本体と、前記突出部に挿入される孔部を備えるとともに前記ジャケット本体の開口部を封止する封止体とで構成され、前記ジャケット本体と前記封止体とを接合する液冷ジャケットの製造方法であって、前記周壁部の内周縁に、段差底面と当該段差底面から立ち上る段差側面とを有する周壁段差部を形成し、かつ、前記支持部の端面を前記段差底面と同一の高さ位置に形成する準備工程と、前記ジャケット本体に前記封止体を載置し、前記段差側面と前記封止体の外周側面とを突き合わせて第一突合せ部を形成するとともに、前記突出部に前記孔部を挿入し前記突出部の外周側面と前記孔部の孔壁とを突き合わせて第二突合せ部を形成する載置工程と、前記第一突合せ部に沿って回転ツールを一周させて摩擦攪拌接合を行う第一本接合工程と、前記第二突合せ部に沿って前記回転ツールを一周させて摩擦攪拌接合を行う第二本接合工程と、を含み、摩擦攪拌後に前記回転ツールを前記封止体から離脱させることにより前記第一本接合工程と、前記第二本接合工程とを、別工程で行うとともに、前記第二本接合工程では、塑性化領域で前記突出部の上端面が覆われるように摩擦攪拌を行うことを特徴とする。

【0009】

かかる製造方法によれば、支持部の突出部に封止体の孔部を挿入するため、封止体の位置決めを容易に行うことができる。また、本接合工程の際に、封止体が移動するのを防ぐことができる。また、第一突合せ部に加え、第二突合せ部（支持部と封止体）を接合する

10

20

30

40

50

ことにより、液冷ジャケットの強度を高めることができる。

【 0 0 1 2 】

また、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程に先だって、前記第一突合せ部及び前記第二突合せ部の少なくともいずれかを仮接合する仮接合工程を含むことが好ましい。

【 0 0 1 3 】

かかる製造方法によれば、本接合工程の際の第一突合せ部及び第二突合せ部の目開きを防ぐことができる。

【 0 0 1 4 】

また、前記準備工程では、前記ジャケット本体の前記底部が表面側に凸となるように形成し、かつ、前記封止体が表面側に凸となるように形成することが好ましい。

10

【 0 0 1 5 】

摩擦攪拌接合の入熱によって塑性化領域に熱収縮が発生し、液冷ジャケットの封止体側が凹状となるように変形するおそれがあるが、かかる製造方法によれば、ジャケット本体及び封止体を予め凸状にしておき、熱収縮を利用することで液冷ジャケットを平坦にすることができる。

【 0 0 1 6 】

また、前記ジャケット本体の変形量を予め計測しておき、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程において、前記回転ツールの攪拌ピンの挿入深さを前記変形量に合わせて調節しながら摩擦攪拌を行うことが好ましい。

【 0 0 1 7 】

20

かかる製造方法によれば、液冷ジャケット及び封止体を凸状にして摩擦攪拌接合を行った場合でも、液冷ジャケットに形成される塑性化領域の長さ及び幅を一定にすることができる。

【 0 0 1 8 】

また、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、冷却媒体が流れる冷却板を前記底部の裏面側に設置し、前記冷却板で前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌を行うことが好ましい。

【 0 0 1 9 】

かかる製造方法によれば、摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮による液冷ジャケットの変形を小さくすることができる。

30

【 0 0 2 0 】

また、前記冷却板の表面と前記底部の裏面とを面接触させ、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌接合を行うことが好ましい。

【 0 0 2 1 】

かかる製造方法によれば、摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮による液冷ジャケットの変形を小さくすることができる。

【 0 0 2 2 】

また、前記冷却板は、前記冷却媒体が流れる冷却流路を有し、前記第一突合せ部に沿う平面形状となるように前記冷却流路を形成することが好ましい。

40

【 0 0 2 3 】

かかる製造方法によれば、摩擦攪拌される部分を集中的に冷却できるため、冷却効率を高めることができる。

【 0 0 2 4 】

また、前記冷却媒体が流れる冷却流路を、前記冷却板に埋設された冷却管によって構成することが好ましい。

【 0 0 2 5 】

かかる製造方法によれば、冷却媒体の管理を容易に行うことができる。

【 0 0 2 6 】

また、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体と前記封

50

止体とで構成される中空部に冷却媒体を流し、前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌を行うことが好ましい。

【0027】

かかる製造方法によれば、摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮による液冷ジャケットの変形を小さくすることができる。また、冷却板等を用いずに、ジャケット本体自体を利用して冷却することができる。

【0028】

また、本発明は、底部、前記底部の周縁から立ち上る周壁部及び前記底部から立ち上り端面に突出部を備えた支持部を有するジャケット本体と、前記支持部の前記突出部が挿入される孔部を備えるとともに前記ジャケット本体の開口部を封止する封止体と、を有し、

前記周壁部は内周縁に周壁段差部を有し、前記周壁段差部の段差側面と前記封止体の外周側面とが突き合わされた第一突合せ部及び前記突出部の外周側面と前記孔部の孔壁とが突き合せされた第二突合せ部がそれぞれ摩擦攪拌接合されているとともに、前記突出部の上端面が摩擦攪拌によって形成された塑性化領域で覆われていることを特徴とする。

【0029】

かかる構成によれば、支持部の突出部に封止体の孔部を挿入するため、封止体の位置決めを容易に行うことができる。また、支持部と封止体とを接合することにより、液冷ジャケットの強度を高めることができる。

【発明の効果】

【0030】

本発明に係る液冷ジャケットの製造方法及び液冷ジャケットによれば、封止体の位置決めを容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1A】本実施形態の本接合用回転ツールを示した側面図である。

【図1B】本実施形態の本接合用回転ツールの接合形態を示した模式断面図である。

【図2A】本実施形態の仮接合用回転ツールを示した側面図である。

【図2B】本実施形態の仮接合用回転ツールの接合形態を示した模式断面図である。

【図3】本発明の第一実施形態に係る液冷ジャケットを示す分解斜視図である。

【図4A】第一実施形態に係る液冷ジャケットを示す斜視図である。

【図4B】第一実施形態に係る液冷ジャケットを示す図4AのI-I断面図である。

【図5】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の載置工程を示す断面図である。

【図6】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の仮接合工程を示す平面図である。

。

【図7A】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二本接合工程を示す平面図である。

【図7B】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二本接合工程を示す図7AのII-II断面図である。

【図8A】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一本接合工程を示す平面図である。

【図8B】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一本接合工程を示す図8AのIII-III断面図である。

【図9】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一変形例を示す平面図である。

。

【図10】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一変形例を示す断面図である。

【図11】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二変形例を示す平面図である。

【図12】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第三変形例を示す斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3 A】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第四変形例を示す斜視図である。

【図 1 3 B】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第四変形例を示すジャケット本体及び封止体をテーブルに固定した状態を示す斜視図である。

【図 1 4】第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第五変形例を示す斜視図である

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 2 】

〔第一実施形態〕

本発明の第一実施形態に係る液冷ジャケット及び液冷ジャケットの製造方法について、図面を参照して詳細に説明する。まずは、本実施形態で用いる本接合用回転ツール及び仮接合用回転ツールについて説明する。

【 0 0 3 3 】

図 1 A に示すように、本接合用回転ツール F は、連結部 F 1 と、攪拌ピン F 2 とで構成されている。本接合用回転ツール F は、特許請求の範囲の「回転ツール」に相当する。本接合用回転ツール F は、例えば工具鋼で形成されている。連結部 F 1 は、図 1 B に示す摩擦攪拌装置の回転軸 D に連結される部位である。連結部 F 1 は円柱状を呈し、ボルトが締結されるネジ孔 B、B が形成されている。

【 0 0 3 4 】

攪拌ピン F 2 は、連結部 F 1 から垂下しており、連結部 F 1 と同軸になっている。攪拌ピン F 2 は連結部 F 1 から離間するにつれて先細りになっている。攪拌ピン F 2 の長さは、後記する封止体 3 の板厚よりも大きくなっている。攪拌ピン F 2 の外周面には螺旋溝 F 3 が刻設されている。本実施形態では、本接合用回転ツール F を右回転させるため、螺旋溝 F 3 は、基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。

【 0 0 3 5 】

なお、本接合用回転ツール F を左回転させる場合は、螺旋溝 F 3 を基端から先端に向かうにつれて右回りに形成することが好ましい。螺旋溝 F 3 をこのように設定することで、摩擦攪拌の際に塑性流動化した金属が螺旋溝 F 3 によって攪拌ピン F 2 の先端側に導かれる。これにより、被接合金属部材（後記するジャケット本体 2 及び封止体 3）の外部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。

【 0 0 3 6 】

図 1 B に示すように、本接合用回転ツール F を用いて摩擦攪拌接合をする際には、被接合金属部材に回転した攪拌ピン F 2 のみを挿入し、被接合金属部材と連結部 F 1 とは離間させつつ移動させる。言い換えると、攪拌ピン F 2 の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。本接合用回転ツール F の移動軌跡には摩擦攪拌された金属が硬化することにより塑性化領域 W 1 が形成される。

【 0 0 3 7 】

仮接合用回転ツール G は、図 2 A に示すように、ショルダ部 G 1 と、攪拌ピン G 2 とで構成されている。仮接合用回転ツール G は、例えば工具鋼で形成されている。ショルダ部 G 1 は、図 2 B に示すように、摩擦攪拌装置の回転軸 D に連結される部位であるとともに、塑性流動化した金属を押える部位である。ショルダ部 G 1 は円柱状を呈する。ショルダ部 G 1 の下端面は、流動化した金属が外部へ流出するのを防ぐために凹状になっている。

【 0 0 3 8 】

攪拌ピン G 2 は、ショルダ部 G 1 から垂下しており、ショルダ部 G 1 と同軸になっている。攪拌ピン G 2 はショルダ部 G 1 から離間するにつれて先細りになっている。攪拌ピン G 2 の外周面には螺旋溝 G 3 が刻設されている。

【 0 0 3 9 】

図 2 B に示すように、仮接合用回転ツール G を用いて摩擦攪拌接合をする際には、回転した攪拌ピン G 2 とショルダ部 G 1 の下端を被接合金属部材に挿入しつつ移動させる。仮接合用回転ツール G の移動軌跡には摩擦攪拌された金属が硬化することにより塑性化領域

10

20

30

40

50

W 0 が形成される。

【 0 0 4 0 】

次に、本実施形態の液冷ジャケットについて説明する。図 3 に示すように、本実施形態に係る液冷ジャケット 1 は、ジャケット本体 2 と、封止体 3 とで構成されている。ジャケット本体 2 は、上方に開口した箱状体である。なお、以下の説明における「表面」とは「裏面」の反対側の面という意味である。

【 0 0 4 1 】

ジャケット本体 2 は、底部 1 0 と、周壁部 1 1 と、支持部 1 2 とを含んで構成されている。ジャケット本体 2 は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等の摩擦攪拌可能な金属で形成されている。底部 1 0 は、平面視矩形の板状を呈する。周壁部 1 1 は、底部 1 0 の周縁に立設されており、平面視矩形枠状を呈する。周壁部 1 1 は、同じ板厚からなる壁部 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C , 1 1 D で構成されている。壁部 1 1 A , 1 1 B は短辺部となっており、互いに対向している。また、壁部 1 1 C , 1 1 D は長辺部となっており、互いに対向している。底部 1 0 及び周壁部 1 1 の内部には凹部 1 3 が形成されている。

10

【 0 0 4 2 】

周壁部 1 1 の端面 1 1 a には、ジャケット本体 2 の開口部の周縁に沿って周壁段差部 1 4 が形成されている。周壁段差部 1 4 は、段差底面 1 4 a と、段差底面 1 4 a から立ち上がる段差側面 1 4 b とで構成されている。段差底面 1 4 a は、端面 1 1 a から一段下がった位置に形成されている。

20

【 0 0 4 3 】

支持部 1 2 は、底部 1 0 に立設されており、直方体を呈する。支持部 1 2 は、壁部 1 1 A から連続するとともに、壁部 1 1 B に向けて延設されている。壁部 1 1 B と支持部 1 2 の先端部は所定の間隔をあけて離間している。支持部 1 2 の端面 1 2 a と段差底面 1 4 a とは面一になっている。なお、支持部 1 2 は、周壁部 1 1 から離間して形成してもよい。

【 0 0 4 4 】

支持部 1 2 の端面 1 2 a には、3つの突出部 1 7 が間をあけて形成されている。突出部 1 7 の形状は特に制限されないが、本実施形態では円柱状を呈する。また、突出部 1 7 の個数は特に制限されないが、本実施形態では3つになっている。

【 0 0 4 5 】

封止体 3 は、平面視矩形を呈する板状部材である。封止体 3 の材料は特に制限されないが、本実施形態では、ジャケット本体 2 と同じ材料で形成されている。封止体 3 は、周壁段差部 1 4 にはほぼ隙間なく載置される大きさで形成されている。封止体 3 の板厚寸法は、段差側面 1 4 b の高さ寸法及び突出部 1 7 の高さ寸法と略同等になっている。封止体 3 には、板厚方向に貫通する平面視円形の孔部 4 が3つ形成されている。孔部 4 は、突出部 1 7 が挿入する部位であり、突出部 1 7 に対応する位置に形成されている。孔部 4 は、突出部 1 7 がほぼ隙間なく挿入される大きさになっている。

30

【 0 0 4 6 】

図 4 A 及び図 4 B に示すように、液冷ジャケット 1 は、ジャケット本体 2 と封止体 3 とが摩擦攪拌によって接合されて一体化されている。液冷ジャケット 1 は、段差側面 1 4 b と封止体 3 の外周側面 3 c とが突き合わされた第一突合せ部 J 1 及び突出部 1 7 の外周側面と孔部 4 の孔壁とが突き合わされた第二突合せ部 J 2 が摩擦攪拌によって接合されている。摩擦攪拌を行った部位には、塑性化領域 W 1 , W 2 がそれぞれ形成されている。液冷ジャケット 1 の内部には、熱を外部に輸送する熱輸送流体が流れる中空部 1 5 が形成されている。

40

【 0 0 4 7 】

次に、第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。液冷ジャケットの製造方法では、準備工程と、載置工程と、固定工程と、仮接合工程と、本接合工程と、バリ切除工程とを行う。なお、当該工程の順番は限定されるものではない。

【 0 0 4 8 】

50

準備工程は、ジャケット本体 2 及び封止体 3 を形成する工程である。載置工程は、ジャケット本体 2 に封止体 3 を載置する工程である。図 5 に示すように、載置工程では、ジャケット本体 2 の周壁段差部 1 4 に封止体 3 を載置して、周壁段差部 1 4 の段差側面 1 4 b と、封止体 3 の外周側面 3 c とを突き合わせる。これにより、封止体 3 の周縁に沿って第一突合せ部 J 1 が形成される。また、封止体 3 の孔部 4 の孔壁と突出部 1 7 の外周側面とが突き合わされて第二突合せ部 J 2 が形成される。封止体 3 の表面 3 a と周壁部 1 1 の端面 1 1 a とは面一になる。

【 0 0 4 9 】

固定工程は、ジャケット本体 2 及び封止体 3 をテーブル（図示省略）に固定する工程である。固定工程では、ジャケット本体 2 及び封止体 3 を、クランプ等の固定治具によって

10

【 0 0 5 0 】

仮接合工程は、ジャケット本体 2 と封止体 3 とを仮接合する工程である。図 6 に示すように、仮接合工程では、仮接合用回転ツール G を用いて第一突合せ部 J 1 に対して摩擦攪拌接合を行う。仮接合用回転ツール G の移動軌跡には、塑性化領域 W 0 が形成される。仮接合は連続的に行ってもよいし、図 6 に示すように断続的に行ってもよい。仮接合用回転ツール G は小型であるため、当該仮接合におけるジャケット本体 2 及び封止体 3 の熱変形は小さくなっている。

【 0 0 5 1 】

本接合工程は、回転ツールを用いてジャケット本体 2 と封止体 3 とを摩擦攪拌接合する工程である。本実施形態の本接合工程では、本接合用回転ツール F を用いて第一突合せ部 J 1 に対して摩擦攪拌接合を行う第一本接合工程と、第二突合せ部 J 2 に対して摩擦攪拌接合を行う第二本接合工程とを行う。第一本接合工程と第二本接合工程はどちらを先に

20

【 0 0 5 2 】

図 7 A 及び図 7 B に示すように、第二本接合工程は、本接合用回転ツール F を用いて第二突合せ部 J 2 を摩擦攪拌接合する工程である。第二本接合工程では、第二突合せ部 J 2 上に設定した開始位置 s 1 に右回転させた攪拌ピン F 2 を挿入し、第二突合せ部 J 2 に沿って突出部 1 7 に対して右回りで本接合用回転ツール F を一周させる。図 7 B に示すように、攪拌ピン F 2 の挿入深さは、攪拌ピン F 2 の先端が、支持部 1 2 の端面 1 2 a に達するように設定するとともに、封止体 3 及び支持部 1 2 に攪拌ピン F 2 のみが接触するように設定する。そして、本接合用回転ツール F を一定の高さを保った状態で相対移動させる。

30

【 0 0 5 3 】

本接合用回転ツール F の移動軌跡には塑性化領域 W 2 が形成される。本接合用回転ツール F を一周させて、塑性化領域 W 2 の始端と終端とを重複させたら、本接合用回転ツール F を封止体 3 から離脱させる。なお、本実施形態では、3 つの第二突合せ部 J 2 に対して別々に摩擦攪拌接合を行うが、例えば、本接合用回転ツール F を直線的に相対移動させて、3 つの第二突合せ部 J 2 を 1 パスで摩擦攪拌接合してもよい。また、本接合用回転ツール F の先端を支持部 1 2 の端面 1 2 a に接触させずに、少なくとも塑性化領域 W 2 が端面 1 2 a に達するように挿入深さを設定してもよい。第二本接合工程によって、第二突合せ部 J 2 が摩擦攪拌接合されるとともに支持部 1 2 の端面 1 2 a と封止体 3 の裏面 3 b との重合部も摩擦攪拌接合される。

40

【 0 0 5 4 】

図 8 A 及び図 8 B に示すように、第一本接合工程は、本接合用回転ツール F を用いて第一突合せ部 J 1 に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。第一本接合工程では、右回転させた本接合用回転ツール F を開始位置 s 2 に挿入し、第一突合せ部 J 1 に沿って相対移動させる。本実施形態では、本接合用回転ツール F を封止体 3 の周縁に沿って右回りに一周させる。

【 0 0 5 5 】

50

図 8 B に示すように、攪拌ピン F 2 の挿入深さは、攪拌ピン F 2 の先端が、段差底面 1 4 a に達するように設定するとともに、封止体 3 及び周壁部 1 1 に攪拌ピン F 2 のみが接触するように設定する。そして、本接合用回転ツール F を一定の高さを保った状態で第一突合せ部 J 1 に沿って移動させる。本実施形態では、第一突合せ部 J 1 に加えて、段差底面 1 4 a と封止体 3 の裏面 3 b との重合部も摩擦攪拌接合される。

【 0 0 5 6 】

なお、本接合用回転ツール F の挿入深さは、必ずしも一定でなくてもよい。また、本接合用回転ツール F の先端を段差底面 1 4 a に接触させずに、少なくとも塑性化領域 W 1 が段差底面 1 4 a に達するように挿入深さを設定してもよい。

【 0 0 5 7 】

本実施形態のように、本接合用回転ツール F を封止体 3 の周りを右回りに移動させる場合は、本接合用回転ツール F を右回転させることが好ましい。一方、本接合用回転ツール F を封止体 3 の周りに左回りに移動させる場合は、本接合用回転ツール F を左回転させることが好ましい。

【 0 0 5 8 】

回転ツール F を右回転させると進行方向左側、左回転させると進行方向右側に接合欠陥が発生する可能性があり、板厚の薄い封止体 3 に当該接合欠陥が形成されると水密性及び気密性が低下するおそれがある。しかし、本接合用回転ツール F の移動方向及び回転方向を前記した設定にすることで、摩擦攪拌接合に伴う接合欠陥が比較的厚さの大きいジャケット本体 2 側に形成されるため、水密性及び気密性の低下を抑制することができる。

【 0 0 5 9 】

図 8 A に示すように、本接合用回転ツール F を第一突合せ部 J 1 に沿って一周させた後、開始位置 s 2 を通過させて、そのまま第二中間点 s 3 まで移動させる。そして、壁部 1 1 A の端面 1 1 a に設定された終了位置 e 1 まで本接合用回転ツール F を移動させたら、上方に移動させて壁部 1 1 A から本接合用回転ツール F を離脱させる。

【 0 0 6 0 】

本接合用回転ツール F を壁部 1 1 A から離脱させた後に、壁部 1 1 A の端面 1 1 a に引抜跡が残存する場合は、当該引抜跡を補修する補修工程を行ってもよい。補修工程は、例えば、肉盛溶接を行って当該引抜跡に溶接金属を埋めて補修することができる。これにより、壁部 1 1 A の端面 1 1 a を平坦にすることができる。

【 0 0 6 1 】

なお、本接合用回転ツール F を周壁部 1 1 から離脱させる場合は、例えば、本接合用回転ツール F を周壁部 1 1 の端面 1 1 a 上で移動させつつ、本接合用回転ツール F を徐々に上方に移動させて、本接合用回転ツール F の挿入深さが徐々に浅くなるようにしてもよい。このようにすることで、端面 1 1 a に本接合工程後の引抜跡が残存しないか、もしくは引抜跡を小さくすることができる。

【 0 0 6 2 】

バリ切除工程では、本接合工程によってジャケット本体 2 及び封止体 3 の表面に露出するバリを切除する。これにより、ジャケット本体 2 及び封止体 3 の表面をきれいに仕上げることができる。以上の工程により、図 4 に示す液冷ジャケット 1 が形成される。

【 0 0 6 3 】

以上説明した液冷ジャケットの製造方法及び液冷ジャケット 1 によれば、載置工程において、封止体 3 の孔部 4 を、支持部 1 2 の突出部 1 7 に挿入するようにしたため、ジャケット本体 2 に対して封止体 3 を容易に位置決めすることができる。また、第一本接合工程又は第二本接合工程の際に、ジャケット本体 2 に対して封止体 3 が移動するのを防ぐことができる。

【 0 0 6 4 】

また、第一本接合工程及び第二本接合工程において、従来のようにジャケット本体 2 及び封止体 3 に回転ツールのショルダ部を入り込ませないため、従来よりも塑性化領域の幅を小さくできるとともに、ジャケット本体 2 及び封止体 3 に作用する押圧力を

10

20

30

40

50

低減することができる。従来の製造方法では、段差底面 14 a の幅を回転ツールのショルダ部の半径よりも大きく設定する必要があった。しかし、本実施形態によれば、段差底面 14 a の幅を小さくしても、封止体 3 と周壁部 11 とで構成される内隅部からの金属材料の流出を防ぐことができるため、設計の自由度を向上させることができる。

【0065】

また、支持部 12 においては、従来の回転ツールであると、支持部 12 の幅をショルダ部の直径よりも大きく設定する必要があった。しかし、本実施形態によれば、支持部 12 の幅を小さくしても、封止体 3 と支持部 12 とで構成される内隅部からの金属材料の流出を防ぐことができるため、設計の自由度を向上させることができる。

【0066】

また、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、攪拌ピン F 2 のみをジャケット本体 2 及び封止体 3 に挿入するため、回転ツールのショルダ部を押し込む場合に比べて摩擦攪拌装置にかかる負荷を軽減することができるとともに、本接合用回転ツール F の操作性も良好となる。また、摩擦攪拌装置にかかる負荷を軽減することができるため、摩擦攪拌装置に大きな負荷がかからない状態で、第一突合せ部 J 1 及び第二突合せ部 J 2 の深い位置を接合することができる。

【0067】

また、本実施形態に係る液冷ジャケット 1 は、ジャケット本体 2 の底部 10 に立設されるとともに封止体 3 の裏面 3 b に接合される支持部 12 が形成されているため変形しにくい。つまり、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、耐変形性の高い液冷ジャケット 1 を製造することができる。

【0068】

また、本接合用回転ツール F を比較的厚さの小さい封止体 3 上で引き抜くと、引抜跡の補修が困難であったり、引き抜き作業が安定せずに封止体 3 に欠陥が発生したりするという問題があるが、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、封止体 3 に比べて厚さが大きい周壁部 11 (壁部 11 A) で本接合用回転ツール F を引き抜くことで、かかる問題を解消することができる。

【0069】

また、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、本接合工程の前に仮接合工程を行うことで、第一本接合工程の際に第一突合せ部 J 1 の目開きを防ぐことができる。なお、本実施形態では、第一突合せ部 J 1 のみに仮接合を行ったが、第一突合せ部 J 1 及び第二突合せ部 J 2 の少なくとも一方に仮接合を行えばよい。

【0070】

以上、本発明の第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、本接合工程において、ジャケット本体 2 の内部に冷却媒体を流してジャケット本体 2 及び封止体 3 を冷却しながら摩擦攪拌接合を行ってもよい。これにより、摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮に起因する液冷ジャケット 1 の変形を小さくすることができる。また、別途冷却板、冷却手段等を用いずに、ジャケット本体 2 及び封止体 3 自体を利用して冷却することができる。

【0071】

また、第一実施形態では仮接合用回転ツール G を用いて仮接合を行ったが、本接合用回転ツール F を用いて仮接合を行ってもよい。これにより、回転ツールを交換する手間を省略することができる。また、仮接合工程は、溶接によって行ってもよい。

【0072】

〔第一変形例〕

次に、第一変形例に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図 9 に示すように、第一変形例では、第一本接合工程において、本接合用回転ツール F を封止体 3 の周りに二周させる点で第一実施形態と相違する。第一変形例では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

【 0 0 7 3 】

図 9 に示すように、第一変形例の第一本接合工程では、第一突合せ部 J 1 に沿って本接合用回転ツール F を一周させて、開始位置 s 2 を通過したら、本接合用回転ツール F を外側（封止体 3 から離間する側）に偏移させて、塑性化領域 W 1 の外側と攪拌ピン F 2 とが重なるようにして本接合用回転ツール F を封止体 3 周りにもう一周させる。図 1 0 に示すように、二周目の摩擦攪拌接合によって、塑性化領域 W 1 b が形成される。本実施形態では、二周目の本接合用回転ツール F の回転軸が、塑性化領域 W 1 の外端を通るように本接合用回転ツール F のルートを設定している。

【 0 0 7 4 】

本接合用回転ツール F を二周させた後、第二中間点 s 3（図 9 参照）と終了位置 e 1 とを結ぶ線上まで本接合用回転ツール F を移動させたら、終了位置 e 1 で本接合用回転ツール F を周壁部 1 1 から離脱させる。

10

【 0 0 7 5 】

以上説明した第一変形例によれば、第一本接合工程において、本接合用回転ツール F を二周させることにより、液冷ジャケット 1 の水密性及び気密性を向上させることができる。前記したように、本接合用回転ツール F を右回転させつつ封止体 3 に対して右回りに移動させる場合、塑性化領域 W 1 の外側に接合欠陥が形成されるおそれがある（本接合用回転ツール F を左回転させつつ左回りに移動させる場合も同様）。しかし、第一変形例のように、塑性化領域 W 1 の外側を再度摩擦攪拌することにより、当該接合欠陥を補修することができる。これにより、液冷ジャケット 1 の水密性及び気密性を向上させることができる。

20

【 0 0 7 6 】

〔第二変形例〕

次に、第二変形例に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図 1 1 に示すように、第二変形例では、第一本接合工程において、タブ材 T B を用いる点で第一実施形態と相違する。第二変形例では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

【 0 0 7 7 】

図 1 1 に示すように、第二変形例の第一本接合工程では、タブ材配置工程と、引き抜き工程とを含んで行う。タブ材配置工程は、ジャケット本体 2 の壁部 1 1 A にタブ材 T B を配設する工程である。タブ材 T B の材料は特に制限されないが、第二変形例ではジャケット本体 2 と同等の材料を用いている。ジャケット本体 2 とタブ材 T B とは溶接又は摩擦攪拌接合によって接合する。タブ材 T B の大きさは特に制限されないが、第二変形例では、タブ材 T B の幅寸法とジャケット本体 2 の幅寸法は同等になっている。タブ材 T B の表面と周壁部 1 1 の端面 1 1 a とは面一になっている。

30

【 0 0 7 8 】

本接合用回転ツール F を第一突合せ部 J 1 に沿って一周させた後、本接合用回転ツール F を第二中間点 s 3 まで移動させたら、本接合用回転ツール F を離脱させずにそのまま引き抜き工程に移行する。引き抜き工程は、タブ材 T B から本接合用回転ツール F を離脱させる工程である。

【 0 0 7 9 】

引き抜き工程では、第二中間点 s 3 からタブ材 T B 内に本接合用回転ツール F を移動させつつ、タブ材 T B 上で本接合用回転ツール F を渦巻き状に移動させる。この際、引き抜き工程の終了位置 e 2 に向けて本接合用回転ツール F の挿入深さが徐々に浅くなるようにすることが好ましい。終了位置 e 2 でタブ材 T B から本接合用回転ツール F を離脱させたら、ジャケット本体 2 からタブ材 T B を切除する。

40

【 0 0 8 0 】

第二変形例によれば、タブ材 T B を用いることでジャケット本体 2 に引抜跡が残存しないため、引抜跡を補修する補修工程を省略することができる。なお、タブ材 T B 上での本接合用回転ツール F の移動軌跡は渦巻き状に限定するものではなく、蛇行状、直線状に設定してもよい。また、本接合用回転ツール F の挿入深さを徐々に浅くせずに、タブ材 T B

50

上で本接合用回転ツール F を上方に引き抜いてもよい。

【 0 0 8 1 】

〔 第三変形例 〕

次に、第三変形例に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図 1 2 に示すように、第三変形例では、冷却板を用いて本接合工程を行う点で第一実施形態と相違する。第三変形例では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

【 0 0 8 2 】

図 1 2 に示すように、第三変形例では、固定工程を行う際に、予め封止体 3 が仮接合されたジャケット本体 2 をテーブル K に固定する。テーブル K は、直方体を呈する基板 K 1 と、基板 K 1 の四隅に形成されたクランプ K 3 と、基板 K 1 の内部に配設された冷却管 W P によって構成されている。テーブル K は、ジャケット本体 2 を移動不能に拘束するとともに、特許請求の範囲の「冷却板」として機能する部材である。

【 0 0 8 3 】

冷却管 W P は、基板 K 1 の内部に埋設される管状部材である。冷却管 W P の内部には、基板 K 1 を冷却する冷却媒体が流通する。冷却管 W P の配設位置、つまり、冷却媒体が流れる冷却流路の形状は特に制限されないが、第三変形例では第一本接合工程における本接合用回転ツール F の移動軌跡に沿う平面形状になっている。即ち、平面視した際に、冷却管 W P と第一突合せ部 J 1 とが略重なるように冷却管 W P が配設されている。

【 0 0 8 4 】

第三変形例の本接合工程では、ジャケット本体 2 をテーブル K に固定した後、冷却管 W P に冷却媒体を流しながら摩擦攪拌接合を行う。これにより、摩擦攪拌の際の摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮に起因する液冷ジャケット 1 の変形を小さくすることができる。また、第三変形例では、平面視した場合に、冷却流路と第一突合せ部 J 1 (仮接合用回転ツール G 及び本接合用回転ツール F の移動軌跡) とが重なるようになっているため、摩擦熱が発生する部分を集中的に冷却できる。これにより、冷却効率を高めることができる。また、冷却管 W P を配設して冷却媒体を流通させるため、冷却媒体の管理が容易となる。また、テーブル K (冷却板) とジャケット本体 2 とが面接触するため、冷却効率を高めることができる。

【 0 0 8 5 】

なお、テーブル K (冷却板) を用いてジャケット本体 2 及び封止体 3 を冷却するとともに、ジャケット本体 2 の内部にも冷却媒体を流しつつ摩擦攪拌接合を行ってもよい。

【 0 0 8 6 】

〔 第四変形例 〕

次に、第四変形例に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図 1 3 A 及び図 1 3 の B に示すように、第四変形例では、ジャケット本体 2 の表面側及び封止体 3 の表面 3 a が凸状となるように湾曲させた状態で本接合工程を行う点で第一実施形態と相違する。第四変形例では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

【 0 0 8 7 】

図 1 3 A に示すように、第四変形例では、テーブル K A を用いる。テーブル K A は、直方体を呈する基板 K A 1 と、基板 K A 1 の中央に形成されたスペーサ K A 2 と、基板 K A 1 の四隅に形成されたクランプ K A 3 とで構成されている。スペーサ K A 2 は、基板 K A 1 と一体でも別体でもよい。

【 0 0 8 8 】

第四変形例の固定工程では、仮接合工程を行って一体化したジャケット本体 2 及び封止体 3 をクランプ K A 3 によってテーブル K A に固定する。図 1 3 B に示すように、ジャケット本体 2 及び封止体 3 をテーブル K A に固定すると、ジャケット本体 2 の底部 1 0、端面 1 1 a 及び封止体 3 の表面 3 a が上方に凸状となるように湾曲する。より詳しくは、ジャケット本体 2 の壁部 1 1 A の第一辺部 2 1、壁部 1 1 B の第二辺部 2 2、壁部 1 1 C の第三辺部 2 3 及び壁部 1 1 D の第四辺部 2 4 が曲線となるように湾曲する。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

第四変形例の本接合工程では、本接合用回転ツールFを用いて本接合工程を行う。本接合工程では、ジャケット本体2及び封止体3の少なくともいずれか一方の変形量を計測しておき、攪拌ピンF2の挿入深さを前記変形量に合わせて調節しながら摩擦攪拌接合を行う。つまり、ジャケット本体2の端面11a及び封止体3の表面3aの曲面に沿って本接合用回転ツールFの移動軌跡が曲線となるように移動させる。このようにすることで、塑性化領域W1の深さ及び幅を一定にすることができる。

【0090】

摩擦攪拌接合の入熱によって塑性化領域W1に熱収縮が発生し、ジャケット本体2及び封止体3側が凹状に変形するおそれがあるが、第四変形例の本接合工程によれば、端面11a及び表面3aに引張応力が作用するようにジャケット本体2及び封止体3を予め凸状に固定しているため、摩擦攪拌接合後の熱収縮を利用することで液冷ジャケット1を平坦にすることができる。また、従来の回転ツールで本接合工程を行う場合、ジャケット本体2及び封止体3が凸状に反っていると回転ツールのショルダが、ジャケット本体2及び封止体3に接触し、操作性が悪いという問題がある。しかし、第四変形例によれば、本接合用回転ツールFには、ショルダ部が存在しないため、ジャケット本体2及び封止体3が凸状に反っている場合でも、本接合用回転ツールFの操作性が良好となる。

【0091】

なお、ジャケット本体2及び封止体3の変形量の計測については、公知の高さ検知装置を用いればよい。また、例えば、テーブルKAからジャケット本体2及び封止体3の少なくともいずれか一方までの高さを検知する検知装置が装備された摩擦攪拌装置を用いて、ジャケット本体2又は封止体3の変形量を検知しながら本接合工程を行ってもよい。

【0092】

また、第四変形例では、第一辺部21～第四辺部24の全てが曲線となるようにジャケット本体2及び封止体3を湾曲させたがこれに限定されるものではない。例えば、第一辺部21及び第二辺部22が直線となり、第三辺部23及び第四辺部24が曲線となるように湾曲させてもよい。また、例えば、第一辺部21及び第二辺部22が曲線となり、第三辺部23及び第四辺部24が直線となるように湾曲させてもよい。

【0093】

また、第四変形例ではジャケット本体2又は封止体3の変形量に応じて攪拌ピンF2の高さ位置を変更したが、テーブルKAに対する攪拌ピンF2の高さを一定にして本接合工程を行ってもよい。

【0094】

また、スペーサKA2は、ジャケット本体2及び封止体3の表面側が凸状となるように固定することができればどのような形状であってもよい。また、ジャケット本体2及び封止体3の表面側が凸状となるように固定することができればスペーサKA2は省略してもよい。また、本実施形態では、平らなジャケット本体2及び封止体3を固定工程の際に表面側が凸状となるように変形させたが、予めダイキャスト等により表面側が凸状となるジャケット本体2及び封止体3を成形し、当該ジャケット本体2及び封止体3をテーブルKAに固定してもよい。このような方法であっても、本接合工程による熱収縮を利用して液冷ジャケットを平坦にすることができる。

【0095】

また、本接合用回転ツールF及び仮接合用回転ツールGは、例えば、先端にスピンドルユニット等の回転駆動手段を備えたアームロボットに取り付けてもよい。アームロボットに取り付けることにより、本接合用回転ツールF及び仮接合用回転ツールGの回転中心軸の傾斜角度や挿入深さを容易に変更することができる。

【0096】

〔第五変形例〕

次に、第五変形例に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図14に示すように、第五変形例では、冷却板を用いつつ、ジャケット本体2及び封止体3を凸状となるように湾曲させた状態で本接合工程を行う点で第一実施形態と相違する。第五変形例では

、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

【0097】

図14に示すように、第五変形例では、固定工程を行う際に、ジャケット本体2をテーブルKBに固定する。テーブルKBは、直方体を呈する基板KB1と、基板KB1の中央に配設されたスペーサKB2と、基板KB1の四隅に形成されたクランプKB3と、基板KB1の内部に埋設された冷却管WPとで構成されている。テーブルKBは、ジャケット本体2を移動不能に拘束するとともに、特許請求の範囲の「冷却板」として機能する部材である。

【0098】

スペーサKB2は、上方に凸状となるように湾曲した曲面KB2aと、曲面KB2aの両端に形成され基板KB1から立ち上がる立面KB2b、KB2bとで構成されている。スペーサKB2の第一辺部Ka及び第二辺部Kbは曲線になっており、第三辺部Kc及び第四辺部Kdは直線になっている。

10

【0099】

冷却管WPは、基板KB1の内部に埋設される管状部材である。冷却管WPの内部には、基板KB1を冷却する冷却媒体が流通する。冷却管WPの配設位置、つまり、冷却媒体が流れる冷却流路の形状は特に制限されないが、第五変形例では第一本接合工程における本接合用回転ツールFの移動軌跡に沿う平面形状になっている。即ち、平面視した際に、冷却管WPと第一突合せ部J1とが略重なるように冷却管WPが配設されている。

【0100】

20

第五変形例の固定工程では、仮接合を行って一体化したジャケット本体2及び封止体3をクランプKB3によってテーブルKBに固定する。より詳しくは、ジャケット本体2の底部10の裏面が曲面KB2aと面接触するようにテーブルKBに固定する。ジャケット本体2をテーブルKBに固定すると、ジャケット本体2の表面側及び封止体3の表面3aが上方に凸状となるように湾曲する。また、ジャケット本体2の壁部11Aの第一辺部21、壁部11Bの第二辺部22が曲線となり、壁部11Cの第三辺部23及び壁部11Dの第四辺部24が直線となるように湾曲する。

【0101】

第五変形例の本接合工程では、本接合用回転ツールFを用いて第一本接合工程及び第二本接合工程を行う。第一本接合工程では、ジャケット本体2及び封止体3の少なくともいずれか一方の変形量を計測しておき、攪拌ピンF2挿入深さを前記変形量に合わせて調節しながら第一突合せ部J1に摩擦攪拌接合を行う。つまり、ジャケット本体2の端面11a及び封止体3の表面3aの曲面に沿って本接合用回転ツールFの移動軌跡が曲線となるように移動させる。このようにすることで、塑性化領域W1の深さ及び幅を一定にすることができる。

30

【0102】

摩擦攪拌接合の入熱によって塑性化領域W1に熱収縮が発生し、液冷ジャケット1の封止体3側が凹状に変形するおそれがあるが、第五変形例の本接合工程によれば、端面11a及び表面3aに引張応力が作用するようにジャケット本体2及び封止体3を予め凸状に固定しているため、摩擦攪拌接合後の熱収縮を利用することで液冷ジャケットを平坦にすることができる。

40

【0103】

また、第五変形例では、ジャケット本体2の底部10の凹状となっている裏面に、スペーサKB2の曲面KB2aを面接触させている。これにより、ジャケット本体2及び封止体3をより効果的に冷却しながら摩擦攪拌接合を行うことができる。摩擦攪拌接合における摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮に起因する液冷ジャケットの変形を小さくすることができる。これにより、本接合工程に先だって、ジャケット本体2及び封止体3を凸状とする際に、ジャケット本体2及び封止体3の曲率を小さくすることができる。

【0104】

なお、ジャケット本体2及び封止体3の変形量の計測については、公知の高さ検知装置

50

を用いればよい。また、例えば、テーブルＫＢからジャケット本体２及び封止体３の少なくともいずれか一方までの高さを検知する検知装置が装備された摩擦攪拌装置を用いて、ジャケット本体２又は封止体３の変形量を検知しながら本接合工程を行ってもよい。

【０１０５】

また、第五変形例では、第一辺部２１及び第二辺部２２が曲線となるようにジャケット本体２及び封止体３を湾曲させたがこれに限定されるものではない。例えば、球面を具備するスパーサＫＢ２を形成し、当該球面にジャケット本体２の底部１０の裏面が面接触するようにしてもよい。この場合は、テーブルＫＢにジャケット本体２を固定すると、第一辺部２１～第四辺部２４のすべてが曲線となる。

【０１０６】

また、第五変形例ではジャケット本体２又は封止体３の変形量に応じて攪拌ピンＦ２の高さ位置を変更したが、テーブルＫＢに対する攪拌ピンＦ２の高さを一定にして本接合工程を行ってもよい。

【０１０７】

以上本発明の実施形態及び変形例について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において、適宜設計変更が可能である。例えば、第一本接合工程及び第二本接合工程は、本実施形態では本接合用回転ツールＦを用いて攪拌ピンＦ２のみをジャケット本体２及び封止体３に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行ったが、攪拌ピンとショルダ部とを備えた回転ツールを用いて、ショルダ部をジャケット本体２及び封止体３に押し込みながら摩擦攪拌接合を行ってもよい。また、封止体３に板状のフィンを複数枚並設させてもよい。

【符号の説明】

【０１０８】

１	液冷ジャケット
２	ジャケット本体
３	封止体
３ a	表面
３ b	裏面
３ c	外周側面
１ ０	底部
１ １	周壁部
１ １ a	端面
１ ２	支持部
１ ２ a	端面
１ ３	凹部
１ ４	周壁段差部
１ ４ a	段差底面
１ ４ b	段差側面
１ ７	突出部
Ｆ	本接合用回転ツール（回転ツール）
Ｆ ２	攪拌ピン
Ｇ	仮接合用回転ツール
Ｊ １	第一突合せ部
Ｊ ２	第二突合せ部
Ｋ	テーブル（冷却板）
Ｗ １	塑性化領域
Ｗ Ｐ	冷却管

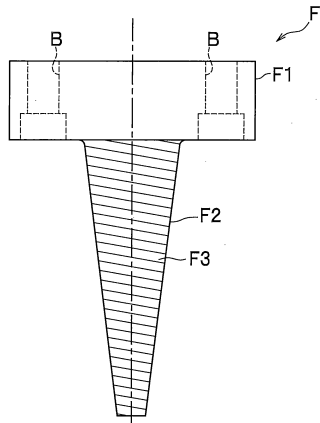
10

20

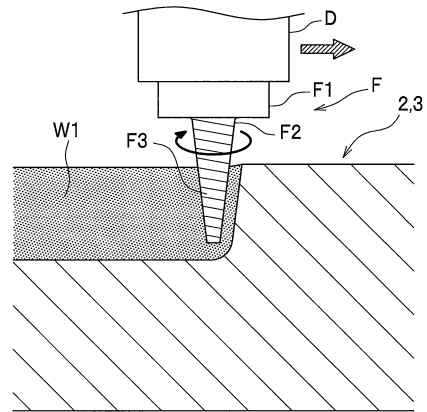
30

40

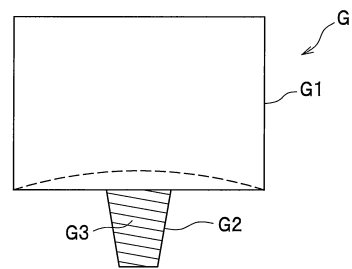
【 図 1 A 】



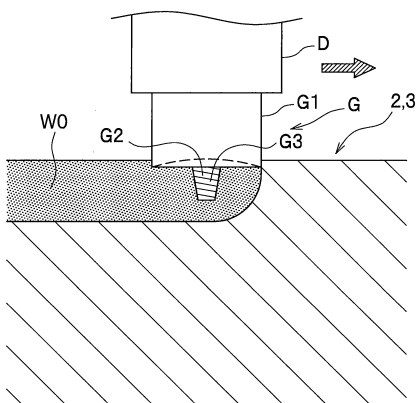
【 図 1 B 】



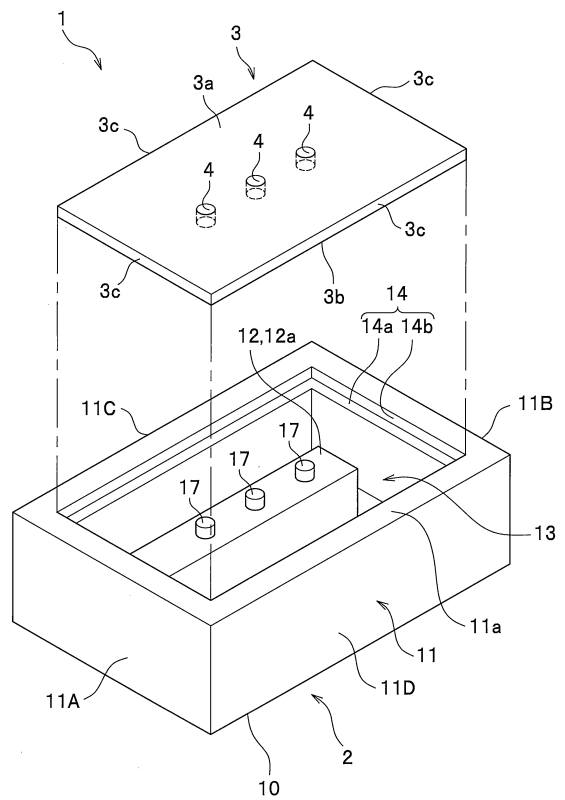
【 図 2 A 】



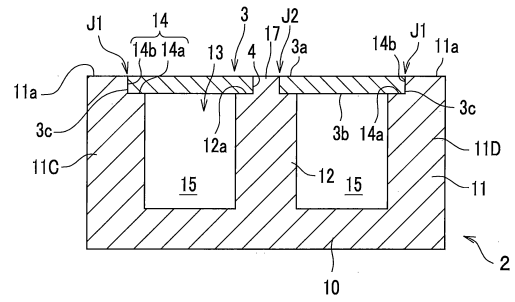
【 図 2 B 】



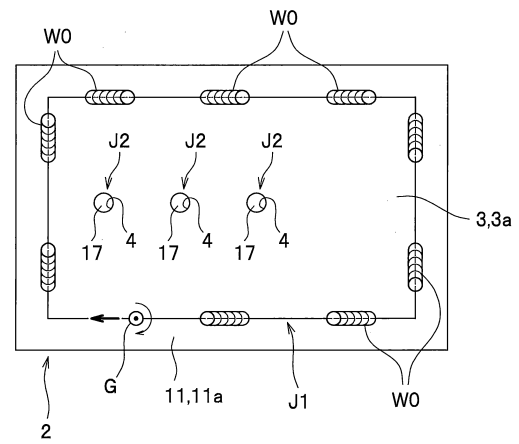
【 図 3 】



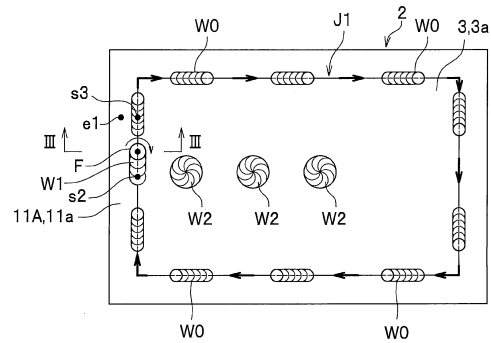
【 図 5 】



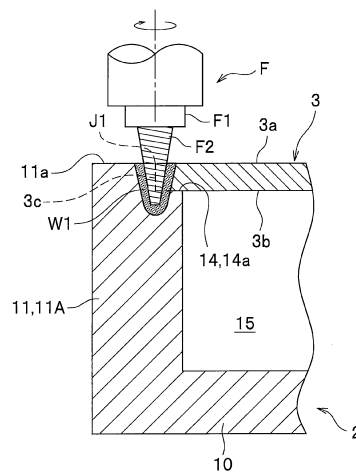
【 図 4 B 】



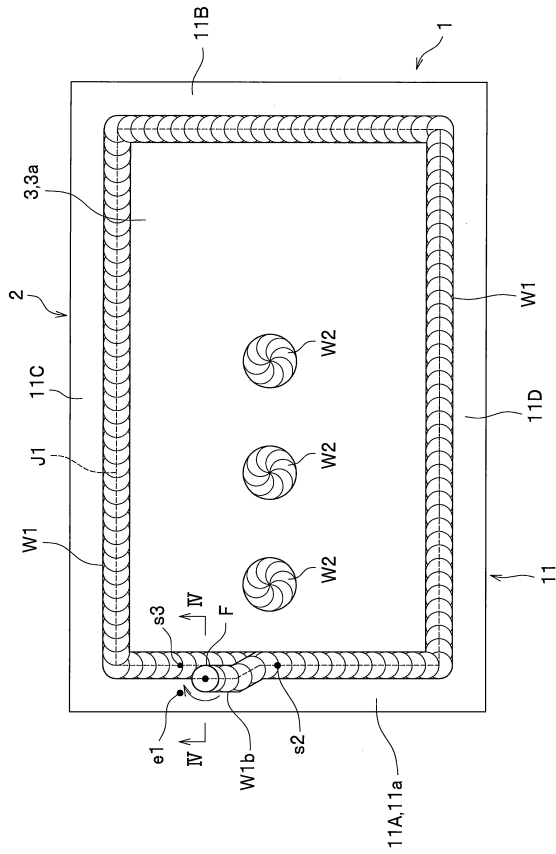
【 図 8 A 】



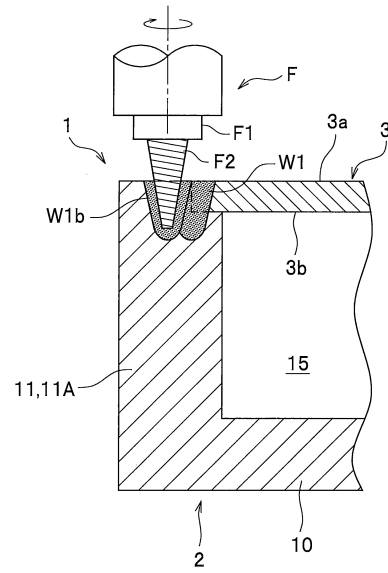
【 図 8 B 】



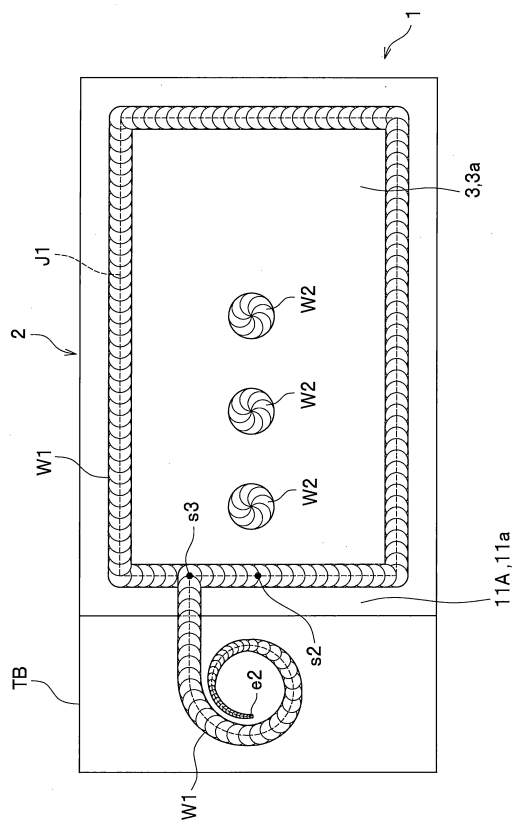
【図 9】



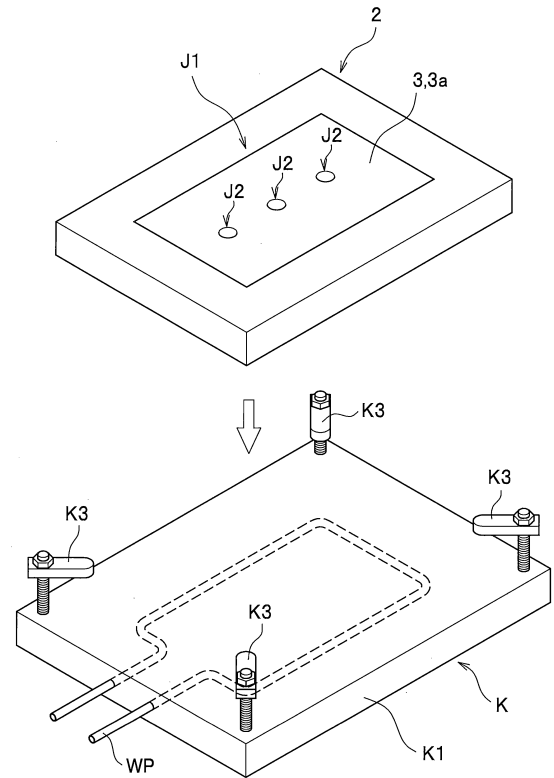
【図 10】



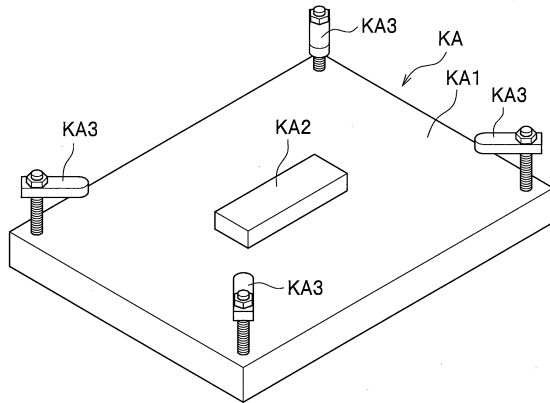
【図 11】



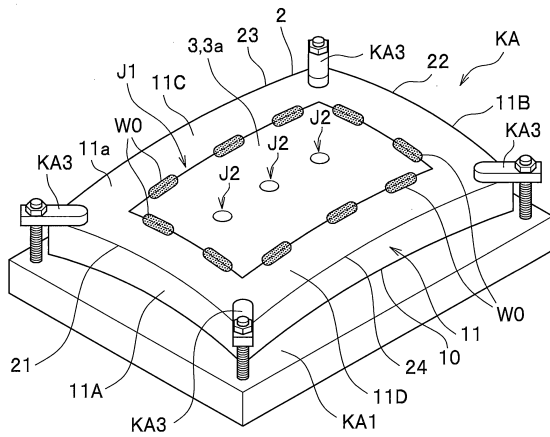
【図 12】



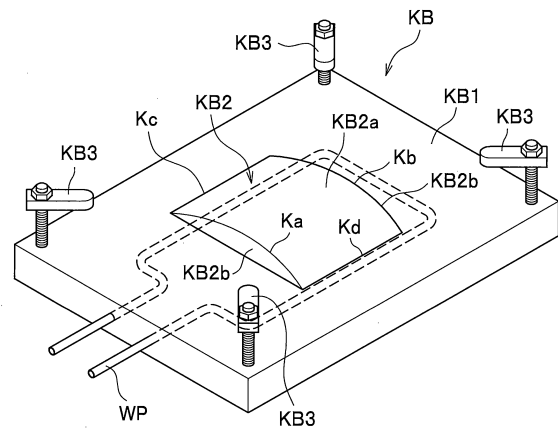
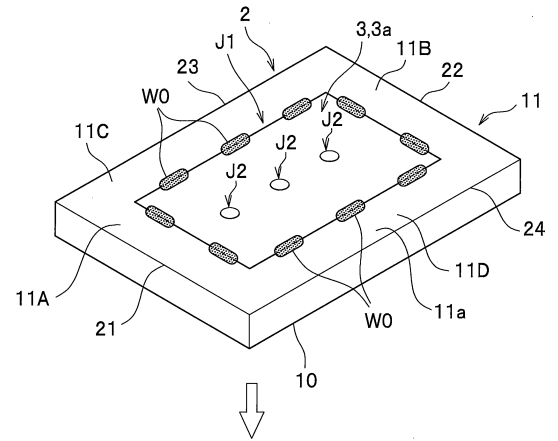
【図13A】



【図13B】



【図14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 2 8 D 15/02 1 0 2 A

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 0 4 4 1 1 9 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 3 1 3 2 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 4 / 1 0 3 8 7 4 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 3 K 2 0 / 1 2
H 0 1 L 2 3 / 3 4
F 2 8 D 1 / 0 6
F 2 8 D 1 5 / 0 2