

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6455021号  
(P6455021)

(45) 発行日 平成31年1月23日(2019.1.23)

(24) 登録日 平成30年12月28日(2018.12.28)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>B 2 3 K</b>	<b>26/386</b>	<b>(2014.01)</b>	B 2 3 K 26/386
<b>B 2 9 C</b>	<b>65/56</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 9 C 65/56
<b>B 2 9 C</b>	<b>45/14</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 9 C 45/14

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2014-169280 (P2014-169280)	(73) 特許権者	000002945 オムロン株式会社
(22) 出願日	平成26年8月22日(2014.8.22)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地
(65) 公開番号	特開2016-43382 (P2016-43382A)	(74) 代理人	110000947 特許業務法人あーく特許事務所
(43) 公開日	平成28年4月4日(2016.4.4)	(72) 発明者	西川 和義 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
審査請求日	平成29年7月7日(2017.7.7)	(72) 発明者	角谷 彰朗 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	廣野 聡 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 接合構造体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1部材と第2部材とが接合された接合構造体の製造方法であって、  
1パルスが複数のサブパルスで構成されたレーザを前記第1部材の表面に照射することにより、開口を有する穿孔部を前記第1部材の表面に形成する工程と、  
前記第1部材の穿孔部に前記第2部材を充填して固化させる工程とを備え、  
サブパルスの1周期は、15 ns以下であることを特徴とする接合構造体の製造方法。

【請求項2】

請求項1に記載の接合構造体の製造方法において、  
前記穿孔部の内周面に、内側に突出する突出部が形成されることを特徴とする接合構造体の製造方法。

【請求項3】

請求項1または2に記載の接合構造体の製造方法において、  
前記第1部材は、金属、熱可塑性樹脂、または、熱硬化性樹脂であることを特徴とする接合構造体の製造方法。

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1つに記載の接合構造体の製造方法において、  
前記第2部材は、熱可塑性樹脂、または、熱硬化性樹脂であることを特徴とする接合構造体の製造方法。

【請求項5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の接合構造体の製造方法において、

1 パルスのサブパルス数は、2 以上 50 以下であることを特徴とする接合構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、接合構造体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、異なる材料からなる第 1 部材および第 2 部材が接合された接合構造体が知られている（たとえば、特許文献 1 参照）。 10

【0003】

特許文献 1 には、金属材料に樹脂などの異種材料を接合させる接合方法が開示されている。具体的には、金属材料の表面に、クロス状にレーザスキャニング加工が施されることにより、その表面に多数の突起（凹凸部）が形成される。そして、その突起が形成された金属材料に異種材料が接合された場合には、異種材料が凹状部に入り込むことにより、アンカー効果が発揮されるので、金属材料と異種材料との接合強度が向上される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 4020957 号公報 20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の接合方法では、レーザにより金属表面に対して穿孔部（凹部）を形成する場合に、表面の開口径に対して穿孔部を深くすることが困難であり、接合強度を向上させることが困難であるという問題点がある。

【0006】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、接合強度の向上を図ることが可能な接合構造体の製造方法を提供することである。 30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による接合構造体の製造方法は、第 1 部材と第 2 部材とが接合された接合構造体の製造方法であり、1 パルスが複数のサブパルスで構成されたレーザを第 1 部材の表面に照射することにより、開口を有する穿孔部を第 1 部材の表面に形成する工程と、第 1 部材の穿孔部に第 2 部材を充填して固化させる工程とを備える。サブパルスの 1 周期は、15 ns 以下である。

【0008】

このように構成することによって、1 パルスが複数のサブパルスで構成されたレーザにより穿孔部を形成することにより、表面の開口径に対して穿孔部を深くすることができるので、接合強度の向上を図ることができる。 40

【0009】

上記接合構造体の製造方法において、穿孔部の内周面に、内側に突出する突出部が形成されるようにしてもよい。

【0010】

上記接合構造体の製造方法において、第 1 部材は、金属、熱可塑性樹脂、または、熱硬化性樹脂であってもよい。

【0011】

上記接合構造体の製造方法において、第 2 部材は、熱可塑性樹脂、または、熱硬化性樹脂であってもよい。 50

## 【 0 0 1 3 】

上記接合構造体の製造方法において、1パルスのサブパルス数は、2以上50以下であってもよい。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 6 】

本発明の接合構造体の製造方法によれば、接合強度の向上を図ることができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 本発明の第1実施形態による接合構造体の断面の模式図である。

【 図 2 】 図1の接合構造体の製造方法を説明するための図であって、第1部材に穿孔部が形成された状態を示した模式図である。 10

【 図 3 】 本発明の第2実施形態による接合構造体の断面の模式図である。

【 図 4 】 図3の接合構造体の製造方法を説明するための図であって、第1部材に穿孔部が形成された状態を示した模式図である。

【 図 5 】 実施例の第1部材がレーザーにより加工される状態を示した斜視図である。

【 図 6 】 実施例の接合構造体を示した斜視図である。

【 図 7 】 第1実施形態の第1変形例による第1部材を示した模式図である。

【 図 8 】 第1実施形態の第2変形例による第1部材を示した模式図である。

【 図 9 】 第1実施形態の第3変形例による第1部材を示した模式図である。

【 図 1 0 】 第1実施形態の第4変形例による第1部材を示した模式図である。 20

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

## 【 0 0 1 9 】

(第1実施形態)

まず、図1を参照して、本発明の第1実施形態による接合構造体100について説明する。

## 【 0 0 2 0 】

接合構造体100は、図1に示すように、異なる材料からなる第1部材10および第2部材20が接合されたものである。第1部材10の表面13には、開口を有する穿孔部11が形成され、その穿孔部11の内周面には、内側に突出する突出部12が形成されている。そして、第1部材10の穿孔部11には、第2部材20が充填されて固化されている。なお、図1は、第1部材10および第2部材20の接合界面を拡大して模式的に示した図であり、実際には穿孔部11が複数設けられているが、図1では1つだけ示した。 30

## 【 0 0 2 1 】

第1部材10の材料は、金属、熱可塑性樹脂、または、熱硬化性樹脂であり、第2部材20の材料は、熱可塑性樹脂、または、熱硬化性樹脂である。

## 【 0 0 2 2 】

上記金属の一例としては、鉄系金属、ステンレス系金属、銅系金属、アルミ系金属、マグネシウム系金属、および、それらの合金が挙げられる。また、金属成型体であってもよく、亜鉛ダイカスト、アルミダイカスト、粉末冶金などであってもよい。 40

## 【 0 0 2 3 】

上記熱可塑性樹脂の一例としては、PVC(ポリ塩化ビニル)、PS(ポリスチレン)、AS(アクリロニトリル・スチレン)、ABS(アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)、PMMA(ポリメチルメタクリレート)、PE(ポリエチレン)、PP(ポリプロピレン)、PC(ポリカーボネート)、m-PPE(変性ポリフェニレンエーテル)、PA6(ポリアミド6)、PA66(ポリアミド66)、POM(ポリアセタール)、PET(ポリエチレンテレフタレート)、PBT(ポリブチレンテレフタレート)、PSF(ポリサルホン)、PAR(ポリアリレート)、PEI(ポリエーテルイミド)、PPS(ポリフェニレンサルファイド)、PES(ポリエーテルサルホン)、PEEK(ポリエ 50

ーテルエーテルケトン)、P A I (ポリアミドイミド)、L C P (液晶ポリマー)、P V D C (ポリ塩化ビニリデン)、P T F E (ポリテトラフルオロエチレン)、P C T F E (ポリクロロトリフルオロエチレン)、および、P V D F (ポリフッ化ビニリデン)が挙げられる。また、T P E (熱可塑性エラストマ)であってもよく、T P E の一例としては、T P O (オレフィン系)、T P S (スチレン系)、T P E E (エステル系)、T P U (ウレタン系)、T P A (ナイロン系)、および、T P V C (塩化ビニル系)が挙げられる。

【0024】

上記熱硬化性樹脂の一例としては、E P (エポキシ)、P U R (ポリウレタン)、U F (ユリアホルムアルデヒド)、M F (メラミンホルムアルデヒド)、P F (フェノールホルムアルデヒド)、U P (不飽和ポリエステル)、および、S I (シリコーン)が挙げられる。また、F R P (繊維強化プラスチック)であってもよい。

10

【0025】

なお、上記した熱可塑性樹脂および熱硬化性樹脂には、充填剤が添加されていてもよい。充填剤の一例としては、無機系充填剤(ガラス繊維、無機塩類など)、金属系充填剤、有機系充填剤、および、炭素繊維などが挙げられる。

【0026】

穿孔部11は、平面的に見てほぼ円形の非貫通孔であり、第1部材10の表面13に複数形成されている。穿孔部11の表面13の開口径R1は、30 $\mu$ m以上、100 $\mu$ m以下が好ましい。これは、開口径R1が30 $\mu$ mを下回ると、第2部材20の充填性が悪化してアンカー効果が低下する可能性があるためである。一方、開口径R1が100 $\mu$ mを上

20

【0027】

また、穿孔部11の間隔(所定の穿孔部11の中心と、所定の穿孔部11と隣接する穿孔部11の中心との距離)は、200 $\mu$ m以下であることが好ましい。これは、穿孔部11の間隔が200 $\mu$ mを上回ると、単位面積あたりの穿孔部11の数が減少してアンカー効果が低下する可能性があるためである。なお、穿孔部11の間隔の下限の一例としては、穿孔部11が重畳して潰れない距離である。また、穿孔部11の間隔は同じであることが好ましい。これは、穿孔部11が等間隔であると、せん断方向の接合強度が等方的になるためである。

30

【0028】

ここで、第1実施形態の穿孔部11は、深さ方向(Z方向)において表面13側から底部113に向けて開口径が大きくなる拡径部111と、深さ方向において表面13側から底部113に向けて開口径が小さくなる縮径部112とが連なるように形成されている。拡径部111は、曲線状に拡径するように形成され、縮径部112は、曲線状に縮径するように形成されている。

【0029】

そして、拡径部111が表面13側に配置されるとともに、縮径部112が底部113側に配置されている。このため、穿孔部11において、拡径部111と縮径部112との境界部分の開口径(内径)R2が最も大きくなっており、開口径R1が開口径R2よりも小さくなっている。これにより、突出部12が第1部材10の表面13側に配置されている。この突出部12は、たとえば、周方向における全長にわたって形成されており、環状に形成されている。

40

【0030】

この穿孔部11は、加工用のレーザが照射されることによって形成される。レーザの種類としては、パルス発振が可能な観点から、ファイバレーザ、Y A Gレーザ、Y V O<sub>4</sub>レーザ、半導体レーザ、炭酸ガスレーザ、エキシマレーザが選択でき、レーザの波長を考慮すると、ファイバレーザ、Y A Gレーザ、Y A Gレーザの第2高調波、Y V O<sub>4</sub>レーザ、半導体レーザが好ましい。なお、レーザの出力は、レーザの照射径、第1部材10の材料の種類、第1部材10の形状(たとえば厚み)などを考慮して設定される。たとえば、レ

50

ーザの出力上限は40Wが好ましい。これは、レーザの出力が40Wを超えると、エネルギーが大きく、突出部12を有する穿孔部11を形成することが困難であるためである。

【0031】

また、穿孔部11は、1パルスが複数のサブパルスで構成されるレーザが照射されることにより形成されている。なお、このようなレーザを射出する装置の一例としては、オムロン製のファイバレーザマーカMX-Z2000またはMX-Z2050を挙げることができる。具体的には、第1部材10にレーザが照射されると、第1部材10が局部的に溶融されることにより穿孔部11の形成が進行する。このとき、レーザが複数のサブパルスで構成されているため、溶融された第1部材10が飛散されにくく、穿孔部11の近傍に堆積されやすい。そして、穿孔部11の形成が進行すると、溶融された第1部材10が穿孔部11の内部に堆積されることにより、突出部12が形成される。このため、突出部12により、レーザの反射波が穿孔部11の内部に閉じ込められるようになり、レーザによる加工がより深さ方向に進行することになる。つまり、レーザのエネルギーを深さ方向に集中させやすくなっている。その結果、穿孔部11では、表面の開口径R1に対して深さが大きくなる。なお、レーザの照射方向は、たとえば、表面13に対して垂直方向であり、穿孔部11の軸心が表面13に対して垂直になる。

10

【0032】

このように、1パルスが複数のサブパルスで構成されるレーザを照射することにより、表面の開口径R1に対して穿孔部11の深さを大きくすることができるので、アンカー効果が大きくなり、接合強度の向上を図ることができる。さらに、熱サイクル環境下において、第1部材10および第2部材20の線膨張係数差に起因する剥離応力が発生しても、接合強度を維持することができる。すなわち、熱サイクル環境下における耐久性の向上を図ることができる。

20

【0033】

なお、上記ファイバレーザマーカによる加工条件としては、サブパルスの1周期が15ns以下であることが好ましい。これは、サブパルスの1周期が15nsを超えると、熱伝導によりエネルギーが拡散しやすくなり、突出部12を有する穿孔部11を形成しにくくなるためである。なお、サブパルスの1周期は、サブパルスの1回分の照射時間と、そのサブパルスの照射が終了されてから次のサブパルスの照射が開始されるまでの間隔との合計時間である。

30

【0034】

また、上記ファイバレーザマーカによる加工条件としては、1パルスのサブパルス数は、2以上50以下であることが好ましい。これは、サブパルス数が50を超えると、サブパルスの単位あたりの出力が小さくなり、突出部12を有する穿孔部11を形成しにくくなるためである。

【0035】

そして、第2部材20は、穿孔部11が形成された第1部材10の表面13に接合されている。この第2部材20は、たとえば、射出成形、熱板溶着、レーザ溶着、注型硬化、超音波溶着、または、振動溶着によって第1部材10に接合されている。これにより、第2部材20が穿孔部11に充填された状態で固化されている。

40

【0036】

このような接合構造体100は、たとえば、光電センサの金属ケース(図示省略)に樹脂カバー(図示省略)を接合させる場合に適用可能である。この場合には、金属ケースが第1部材10に相当し、樹脂カバーが第2部材20に相当する。

【0037】

- 接合構造体の製造方法 -

次に、図1および図2を参照して、第1実施形態による接合構造体100の製造方法について説明する。

【0038】

まず、図2に示すように、第1部材10の表面13に1パルスが複数のサブパルスで構

50

成されたレーザを照射することにより、第1部材10の表面13に穿孔部11を形成するとともに、その穿孔部11の内周面に突出部12を形成する。このとき、突出部12が形成されると、レーザの反射波が穿孔部11の内部に閉じ込められるようになり、レーザによる加工がより深さ方向に進行することになる。これにより、穿孔部11では、表面の開口径R1に対して深さが大きくなる。

【0039】

その後、第1部材10の穿孔部11に第2部材20を充填し、その第2部材20を固化させる。これにより、第1部材10および第2部材20が接合され、接合構造体100（図1参照）が形成される。なお、第2部材20は、たとえば、射出成形、熱板溶着、レーザ溶着、注型硬化、超音波溶着、または、振動溶着によって接合される。

10

【0040】

（第2実施形態）

次に、図3を参照して、本発明の第2実施形態による接合構造体200について説明する。

【0041】

接合構造体200は、図3に示すように、異なる材料からなる第1部材30および第2部材20が接合されたものである。第1部材30の表面33には、開口を有する穿孔部31が形成され、その穿孔部31の内周面には、内側に突出する突出部32が形成されている。そして、第1部材30の穿孔部31には、第2部材20が充填されて固化されている。

20

【0042】

第2実施形態の穿孔部31は、深さ方向（Z方向）において表面33側から底部314に向けて開口径が小さくなる縮径部311と、深さ方向において表面33側から底部314に向けて開口径が大きくなる拡径部312と、深さ方向において表面33側から底部314に向けて開口径が小さくなる縮径部313とが連なるように形成されている。縮径部311は、直線状に縮径するように形成され、拡径部312は、曲線状に拡径するように形成され、縮径部313は、曲線状に縮径するように形成されている。

【0043】

そして、表面33側から底部314側に向けて順に、縮径部311、拡径部312および縮径部313が配置されている。このため、穿孔部31において、縮径部311と拡径部312との境界部分の開口径（内径）R4が、表面33の開口径R3、および、拡径部312と縮径部313との境界部分の開口径R5よりも小さくなっている。これにより、突出部32が底部314側に入り込んだ位置に配置されている。この突出部32は、たとえば、周方向における全長にわたって形成されており、環状に形成されている。

30

【0044】

なお、第1部材30のその他の構成は、上記した第1部材10と同様である。

【0045】

- 接合構造体の製造方法 -

次に、図3および図4を参照して、第2実施形態による接合構造体200の製造方法について説明する。

40

【0046】

まず、図4に示すように、第1部材30の表面33に1パルスが複数のサブパルスで構成されたレーザを照射することにより、第1部材30の表面33に穿孔部31を形成するとともに、その穿孔部31の内周面に突出部32を形成する。このとき、突出部32が形成されると、レーザの反射波が穿孔部31の内部に閉じ込められるようになり、レーザによる加工がより深さ方向に進行することになる。これにより、穿孔部31では、表面の開口径R3に対して深さが大きくなる。

【0047】

なお、第2実施形態では、第1実施形態と異なり、突出部32が底部314側に入り込んだ位置に配置されるが、このような違いは、たとえば、第1部材30の材料やレーザ照

50

射条件などの違いに起因する。

【0048】

その後、第1部材30の穿孔部31に第2部材20を充填し、その第2部材20を固化させる。これにより、第1部材30および第2部材20が接合され、接合構造体200（図3参照）が形成される。なお、第2部材20は、たとえば、射出成形、熱板溶着、レーザー溶着、注型硬化、超音波溶着、または、振動溶着によって接合される。

【0049】

- 実験例 -

次に、図5および図6を参照して、上記した第2実施形態の効果を確認するために行った実験例1および2について説明する。

【0050】

[ 実験例1 ]

この実験例1では、第2実施形態に対応する実施例1～4による接合構造体500（図6参照）と、比較例1による接合構造体とを作製し、それぞれについての接合評価を行った。なお、接合評価としては、熱衝撃試験を行っていないものについて接合強度を測定するとともに、熱衝撃試験後のものについて接合強度を測定し、その測定結果に基づいて合否判定を行った。その結果を表1に示す。

【0051】

【表1】

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	比較例1
第1部材		SUS				
第2部材		PBT				
パルス	サブパルス数	20	2	20	50	単一パルス
	サブパルスの1周期	15.0ns	15.0ns	10.5ns	15.0ns	
穿孔部	表面の開口径	58μm	55μm	54μm	56μm	65μm
	深さ	74μm	42μm	65μm	86μm	34μm
接合性	接合強度 (熱衝撃試験前)	16.7MPa	12.3MPa	15.3MPa	18.5MPa	12.2MPa
	接合強度 (熱衝撃試験後)	16.0MPa	11.1MPa	14.8MPa	18.1MPa	8.9MPa
	接合強度 保持率	96%	90%	97%	98%	73%
合否判定		○	○	○	○	×

【0052】

まず、実施例1～4による接合構造体500の作製方法について説明する。

【0053】

実施例1～4の接合構造体500では、第1部材501の材料としてSUS304を用いた。この第1部材501は、図5に示すように、板状に形成されており、長さが100mmであり、幅が29mmであり、厚みが3mmである。

【0054】

そして、第1部材501の表面の所定領域Rにレーザーを照射する。この所定領域Rは、接合構造体500が接合される面積であり、12.5mm×20mmとした。実施例1～4で共通するレーザーの照射条件は、以下のとおりである。

【0055】

< レーザ照射条件 >

レーザー：ファイバレーザー（波長1062nm）

周波数：10kHz

出力：3.8 W

走査速度：650 mm / sec

走査回数：20回

照射間隔：65 μm

また、表1に示すように、実施例1では、サブパルス数を20に設定するとともに、サブパルスの1周期を15.0 nsに設定した。実施例2では、サブパルス数を2に設定するとともに、サブパルスの1周期を15.0 nsに設定した。実施例3では、サブパルス数を20に設定するとともに、サブパルスの1周期を10.5 nsに設定した。実施例4では、サブパルス数を50に設定するとともに、サブパルスの1周期を15.0 nsに設定した。

10

#### 【0056】

なお、周波数は、複数のサブパルスによって構成されるパルスの周波数である。つまり、この照射条件では、1秒間に650 mm移動しながら65 μmの間隔で1万回レーザ（パルス）を照射し、そのパルスが複数のサブパルスによって構成されている。なお、走査回数は、レーザが同じ箇所に繰り返し照射される回数である。また、実施例1、2および4では、サブパルスの1回分の照射時間が7.5 nsであり、サブパルスの照射間隔が7.5 nsである。また、実施例3では、サブパルスの1回分の照射時間が3 nsであり、サブパルスの照射間隔が7.5 nsである。

#### 【0057】

このように、1パルスが複数のサブパルスで構成されるレーザを照射することにより、第1部材501の表面の所定領域Rには穿孔部が形成されるとともに、その穿孔部に突出部が形成される。

20

#### 【0058】

そして、インサート成形により、第1部材501の表面に第2部材502を接合した。実施例1～4の接合構造体500では、第2部材502の材料としてPBT（ウインテックポリマー製のジュラネックス（登録商標）3316）を用いた。また、成形機は、日本製鋼所製のJ35EL3を用いた。成形条件は以下のとおりである。

#### 【0059】

<成形条件>

予備乾燥：120 × 5時間

金型温度：120

シリンダ温度：270

保圧：100 MPa

このようにして、実施例1～4の接合構造体500を作製した。なお、第2部材502は、板状に形成されており、長さが100 mmであり、幅が25 mmであり、厚みが3 mmである。

30

#### 【0060】

次に、比較例1による接合構造体の作製方法について説明する。

#### 【0061】

比較例1の接合構造体では、第1部材および第2部材の材料として実施例1～4と同じものを用いるとともに、成形条件も同じ設定にした。そして、比較例1の接合構造体では、パルスコントロール機能のないファイバレーザを用いて穿孔部を形成した。すなわち、1パルスが複数のサブパルスで構成されていないレーザ（単一パルス）を照射することにより穿孔部が形成された。このため、比較例1の第1部材には、すり鉢状（円錐状）の穿孔部が形成された。

40

#### 【0062】

そして、実施例1～4の接合構造体500および比較例1の接合構造体について、接合評価を行った。

#### 【0063】

なお、接合強度は、インストロン製の電気機械式万能試験機5900を用いて測定した

50



。具体的には、せん断方向について引張速度5 mm/minで試験を行い、第2部材の破断または接合界面の破断で試験を終了した。そして、その試験での最大強度を接合強度として採用した。

【0064】

また、熱衝撃試験は、エスベック製の冷熱衝撃装置TSD-100を用いて行った。具体的には、-40で30分間の低温さらしと、85で30分間の高温さらしとを100回繰り返し行った。

【0065】

そして、熱サイクル環境下での信頼性を判断するために、以下の基準で合否判断を行った。

10

【0066】

合格( ) : 「熱衝撃試験後の接合強度」 / 「熱衝撃試験前の接合強度」  $\geq$  90%

不合格(x) : 「熱衝撃試験後の接合強度」 / 「熱衝撃試験前の接合強度」  $<$  90%

上記した表1に示すように、実施例1~4の接合構造体500は、比較例1の接合構造体に比べて、表面の開口径に対して穿孔部の深さが大きくなっていった。これは、実施例1~4の接合構造体500では、1パルスが複数のサブパルスで構成されるレーザを照射することにより、穿孔部に突出部が形成されるため、レーザの反射波が穿孔部の内部に閉じ込められるようになり、レーザによる加工がより深さ方向に進行するためである。

【0067】

そして、実施例1~4の接合構造体500は、比較例1の接合構造体に比べて、熱衝撃試験の前後において、接合強度が高くなっていった。これは、実施例1~4の接合構造体500では、表面の開口径に対して穿孔部の深さが大きいことにより、アンカー効果が大きくなり、接合強度が向上したためであると考えられる。

20

【0068】

さらに、実施例1~4の接合構造体500では、熱衝撃試験前の接合強度を熱衝撃試験後においても90%以上維持できることが判明した。これに対して、比較例1の接合構造体では、熱衝撃試験後に接合強度が大幅に低下している。したがって、実施例1~4の接合構造体500のように、1パルスが複数のサブパルスで構成されるレーザにより深い穿孔部を形成することにより、熱サイクル環境下における耐久性の向上を図ることができた。

30

【0069】

[実験例2]

この実験例2では、第2実施形態に対応する実施例5~8による接合構造体と、比較例2による接合構造体とを作製し、それぞれについての接合評価を行った。なお、接合評価は実験例1と同様に行った。その結果を表2に示す。

【0070】

【表 2】

		実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	比較例2
第1部材		PPS				
第2部材		PBT				
パルス	サブパルス数	20	2	20	50	単一パルス
	サブパルスの1周期	15.0ns	15.0ns	10.5ns	15.0ns	
穿孔部	表面の開口径	54 $\mu$ m	49 $\mu$ m	53 $\mu$ m	58 $\mu$ m	72 $\mu$ m
	深さ	65 $\mu$ m	40 $\mu$ m	59 $\mu$ m	76 $\mu$ m	35 $\mu$ m
接合性	接合強度 (熱衝撃試験前)	15.4MPa	14.3MPa	15.2MPa	16.3MPa	10.2MPa
	接合強度 (熱衝撃試験後)	14.7MPa	13.5MPa	14.1MPa	15.5MPa	4.1MPa
	接合強度 保持率	95%	94%	93%	95%	40%
合否判定		○	○	○	○	×

10

## 【0071】

この実験例2では、第1部材の材料を実験例1から変更した。具体的には、実験例2の接合構造体では、第1部材の材料としてPPS（ポリプラスチック製のフォートロン（登録商標）1140）を用いた。また、第1部材の材料の変更に伴い、実施例5～8で共通するレーザー照射条件を以下のようにした。

20

## 【0072】

<レーザー照射条件>

レーザー：ファイバレーザー（波長1062nm）

周波数：10kHz

出力：1.1W

走査速度：650mm/sec

走査回数：3回

照射間隔：65 $\mu$ m

30

また、表2に示すように、実施例5では、サブパルス数を20に設定するとともに、サブパルスの1周期を15.0nsに設定した。実施例6では、サブパルス数を2に設定するとともに、サブパルスの1周期を15.0nsに設定した。実施例7では、サブパルス数を20に設定するとともに、サブパルスの1周期を10.5nsに設定した。実施例8では、サブパルス数を50に設定するとともに、サブパルスの1周期を15.0nsに設定した。

## 【0073】

上記した表2に示すように、実施例5～8の接合構造体は、比較例2の接合構造体に比べて、表面の開口径に対して穿孔部の深さが大きくなっていた。これは、実施例5～8の接合構造体では、1パルスが複数のサブパルスで構成されるレーザーを照射することにより、穿孔部に突出部が形成されるため、レーザーの反射波が穿孔部の内部に閉じ込められるようになり、レーザーによる加工がより深さ方向に進行するためである。

40

## 【0074】

そして、実施例5～8の接合構造体は、比較例2の接合構造体に比べて、熱衝撃試験の前後において、接合強度が高くなっていた。これは、実施例5～8の接合構造体では、表面の開口径に対して穿孔部の深さが大きいことにより、アンカー効果が大きくなり、接合強度が向上したためであると考えられる。

## 【0075】

さらに、実施例5～8の接合構造体では、熱衝撃試験前の接合強度を熱衝撃試験後にお

50

いても90%以上維持できることが判明した。これに対して、比較例2の接合構造体では、熱衝撃試験後に接合強度が大幅に低下している。つまり、第1部材の材料として、樹脂であるPPSを用いた場合であっても、1パルスが複数のサブパルスで構成されるレーザにより深い穿孔部を形成することにより、接合強度の向上を図るとともに、熱サイクル環境下における耐久性の向上を図ることができた。

【0076】

(他の実施形態)

なお、今回開示した実施形態は、すべての点で例示であって、限定的な解釈の根拠となるものではない。したがって、本発明の技術的範囲は、上記した実施形態のみによって解釈されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて画定される。また、本発明の技術的範囲には、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

10

【0077】

たとえば、第1実施形態において、表面13が、平坦であってもよいし、湾曲されていてもよい。なお、第2実施形態についても同様である。

【0078】

また、第1実施形態では、拡径部111と縮径部112とが連なるように形成される例を示したが、これに限らず、拡径部と縮径部との間に深さ方向に真っ直ぐ延びる部分が形成されていてもよい。なお、第2実施形態についても同様である。

【0079】

また、第1実施形態では、穿孔部11の周囲が平坦である例を示したが、これに限らず、図7に示す第1変形例による第1部材10aのように、穿孔部11の開口の周囲に表面13から上方に隆起する隆起部14が形成されていてもよい。隆起部14は、穿孔部11の周囲を取り囲むように形成されており、平面的に見てほぼ円形に形成されている。この隆起部14は、たとえば、1パルスが複数のサブパルスで構成されるレーザが照射される際に、溶融された第1部材10aが堆積されることによって形成される。このように構成すれば、隆起部14によってもアンカー効果が発生するので、接合強度をより向上させることができる。なお、第2実施形態についても同様である。

20

【0080】

また、第1実施形態では、穿孔部11の軸心が表面13に対して垂直である例を示したが、これに限らず、図8に示す第2変形例による第1部材10bのように、穿孔部11bの軸心が表面13に対して傾斜するように形成されていてもよい。穿孔部11bの内周面には内側に突出する突出部12bが形成されている。この穿孔部11bは、たとえば、レーザの照射方向を表面13に対して斜め(45°以上90°未満)にすることにより形成される。これにより、穿孔部11bを形成する領域の上方に、レーザを照射する際の障害物が存在する場合であっても、穿孔部11bを形成することができる。なお、第2実施形態についても同様である。

30

【0081】

また、第1実施形態では、穿孔部11に1つの突出部12が形成される例を示したが、これに限らず、図9に示す第3変形例による第1部材10cのように、穿孔部11cに複数の突出部121cおよび122cが形成されていてもよい。この穿孔部11cは、たとえば、レーザの出力条件を変更して、レーザを同じ箇所照射することにより形成することが可能である。このように構成すれば、穿孔部11cの表面積が大きくなるとともに、複数の突出部121cおよび122cが形成されることにより、接合強度をより向上させることができる。なお、図9では突出部は121cおよび122cの2箇所であるが、3箇所以上形成されていてもよい。なお、第2実施形態についても同様である。

40

【0082】

また、図10に示す第1実施形態の第4変形例による第1部材10dのように、位置をずらした複数回のレーザ照射により1つの穿孔部11dを形成するようにしてもよい。すなわち、レーザ照射によって形成される穿孔部の一部が重畳されることにより、1つの穿孔部11dが形成されるようにしてもよい。穿孔部11dの内周面には内側に突出する突

50

出部 1 2 d が形成されている。なお、第 2 実施形態についても同様である。また、上記した第 1 ~ 第 4 変形例を適宜組み合わせるようにしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0083】

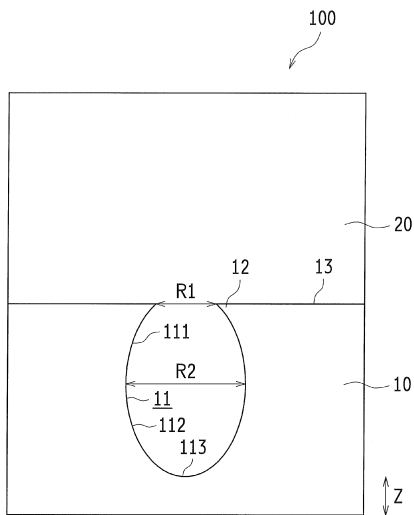
本発明は、異なる材料からなる第 1 部材および第 2 部材が接合された接合構造体の製造方法に利用可能である。

【符号の説明】

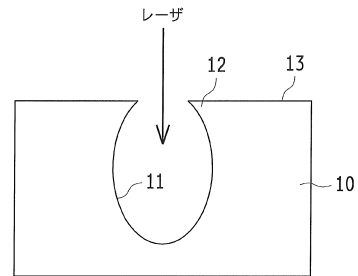
【0084】

- 10、10 a、10 b、10 c、10 d      第 1 部材
- 11、11 b、11 c、11 d          穿孔部
- 12、12 b、12 1 c、12 2 c、12 d   突出部
- 13                                  表面
- 20                                  第 2 部材
- 30                                  第 1 部材
- 31                                  穿孔部
- 32                                  突出部
- 33                                  表面
- 100                                接合構造体
- 200                                接合構造体

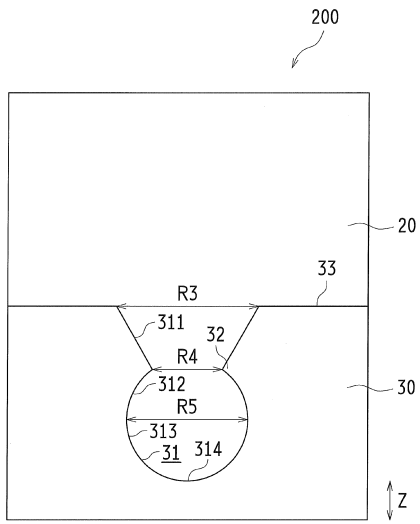
【図 1】



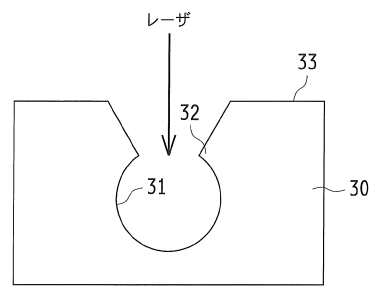
【図 2】



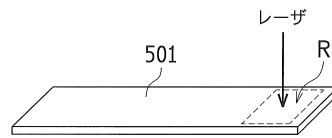
【図3】



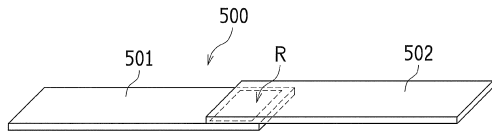
【図4】



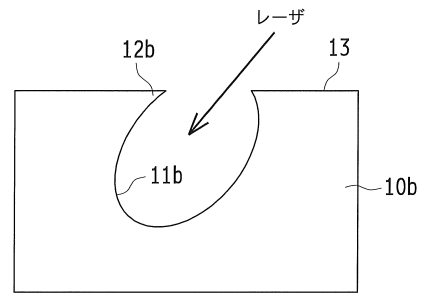
【図5】



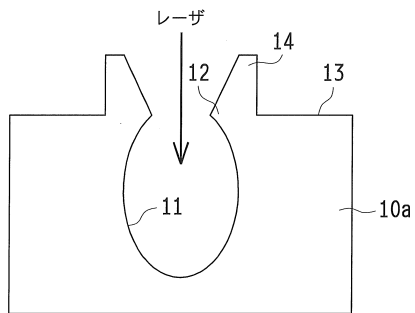
【図6】



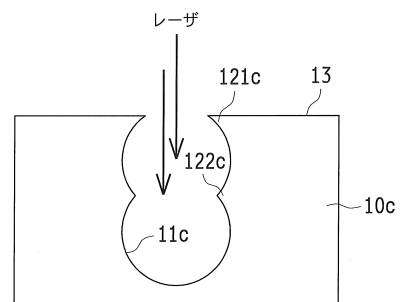
【図8】



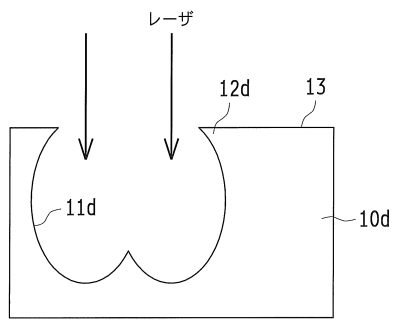
【図7】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 博田 知之

京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

審査官 岩見 勤

(56)参考文献 特開2013-107273(JP,A)

米国特許出願公開第2009/0017242(US,A1)

特開昭60-248337(JP,A)

特表2013-529137(JP,A)

特開2014-166693(JP,A)

特開2015-100959(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

B23K 26/386

B29C 65/56

B29C 45/14