

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5774246号
(P5774246)

(45) 発行日 平成27年9月9日(2015.9.9)

(24) 登録日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00 A
B 2 9 C 45/14 (2006.01)	B 2 9 C 45/14

請求項の数 7 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2015-27513 (P2015-27513)	(73) 特許権者	501041528
(22) 出願日	平成27年2月16日 (2015.2.16)		ダイセルポリマー株式会社
(62) 分割の表示	特願2014-15162 (P2014-15162)		東京都港区港南2丁目18番1号
原出願日	平成26年1月30日 (2014.1.30)	(73) 特許権者	000002901
(65) 公開番号	特開2015-142943 (P2015-142943A)		株式会社ダイセル
(43) 公開日	平成27年8月6日 (2015.8.6)		大阪府大阪市北区梅田三丁目4番5号
審査請求日	平成27年3月9日 (2015.3.9)	(74) 代理人	100087642
(31) 優先権主張番号	特願2013-63670 (P2013-63670)		弁理士 古谷 聡
(32) 優先日	平成25年3月26日 (2013.3.26)	(74) 代理人	100098408
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 義経 和昌
(31) 優先権主張番号	特願2013-149092 (P2013-149092)	(72) 発明者	池田 大次
(32) 優先日	平成25年7月18日 (2013.7.18)		兵庫県姫路市網干区新在家1239 株式
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		会社ダイセル内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属成形体の粗面化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属成形体の表面に対して、連続波レーザーを使用して2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射することで前記金属成形体の表面を粗面化する、金属成形体の粗面化方法。

【請求項 2】

前記金属成形体の表面に対して、連続波レーザーを使用して2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射するとき、直線、曲線およびこれらの組み合わせからなる線が形成されるようにレーザー光を連続照射する、請求項1記載の金属成形体の粗面化方法。

【請求項 3】

前記金属成形体の表面に対して、連続波レーザーを使用して2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射するとき、
直線、曲線およびこれらの組み合わせからなる線が形成されるようにレーザー光を連続照射し、

レーザー光を複数回連続照射して1本の直線または1本の曲線を形成する、請求項1記載の金属成形体の粗面化方法。

【請求項 4】

前記金属成形体の表面に対して、2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射するとき、

10

20

複数本の直線、複数本の曲線およびこれらの組み合わせからなる線が形成されるようにレーザー光を連続照射し、

前記複数本の直線、または前記複数本の曲線が、それぞれ0.005～1mmの範囲で等間隔に形成されるようにレーザー光を連続照射する、請求項1記載の金属成形体の粗面化方法。

【請求項5】

前記金属成形体の接合面に対して、2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射するとき、

複数本の直線、複数本の曲線およびこれらの組み合わせからなる線が形成されるようにレーザー光を連続照射し、

前記複数本の直線、または前記複数本の曲線が、それぞれ0.005～1mmの範囲で等間隔に形成されたものを1群として、各群の間隔が0.01～1mmの範囲で等間隔になるように複数群形成されるようにレーザー光を連続照射する、請求項1記載の金属成形体の粗面化方法。

【請求項6】

前記レーザー光を連続照射するとき、下記要件(A)、(B)であるときの加工時間が0.1～30秒の範囲になるようにレーザー光を連続照射する工程である、請求項1記載の金属成形体の粗面化方法。

(A)レーザー光の照射速度が2000～15000mm/sec

(B)金属成形体の接合面の面積が100mm²

【請求項7】

前記レーザー光を連続照射するとき、

連続波レーザーの照射速度が2,000～15,000mm/secであり、

レーザー出力が250～2000W、レーザービーム径(スポット径)が10～100μmであり、

前記レーザー出力とスポット面積($\pi \cdot [\text{スポット径} / 2]^2$)から求められるエネルギー密度($W / \mu m^2$)が0.2～10W/ μm^2 の範囲になるようにレーザー光を連続照射する工程である、請求項1記載の金属成形体の粗面化方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属成形体と樹脂成形体からなる複合成形体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

各種部品の軽量化の観点から、金属代替品として樹脂成形体が使用されているが、全ての金属部品を樹脂で代替することは難しい場合も多い。そのような場合には、金属成形体と樹脂成形体を接合一体化することで新たな複合部品を製造することが考えられる。

しかしながら、金属成形体と樹脂成形体を工業的に有利な方法で、かつ高い接合強度で接合一体化できる技術は実用化されていない。

【0003】

特許文献1には、金属表面に対して、一つの走査方向にレーザースキャニングする工程と、それにクロスする走査方向にレーザースキャニングする工程を含む、異種材料(樹脂)と接合するための金属表面のレーザー加工方法の発明が記載されている。

特許文献2には、特許文献1の発明において、さらに複数回重疊的にレーザースキャニングするレーザー加工方法の発明が開示されている。

【0004】

しかしながら、特許文献1、2の発明は、必ずクロスする2つの方向に対してレーザースキャンする必要があるため、加工時間が長く掛かりすぎるといって改善の余地がある。

さらにクロス方向へのレーザースキャンにより十分な表面粗し処理ができることから、

10

20

30

40

50

接合強度は高くできることが考えられるが、表面粗さ状態が均一にならず、金属と樹脂との接合部分の強度の方向性が安定しないおそれがあるという問題がある。

例えば、１つの接合体はＸ軸方向への剪断力や引張強度が最も高いが、他の接合体は、Ｘ軸方向とは異なるＹ軸方向への剪断力や引張強度が最も高く、さらに別の接合体は、Ｘ軸およびＹ軸方向とは異なるＺ軸方向への剪断力や引張強度が最も高くなるという問題が発生するおそれがある。

製品によっては（例えば、一方向への回転体部品や一方向への往復運動部品）、特定方向への高い接合強度を有する金属と樹脂の複合体が求められる場合があるが、特許文献１、２の発明では前記の要望には十分に應えることができない。

【０００５】

10

また接合面が複雑な形状や幅の細い部分を含む形状のものである場合（例えば星形、三角形、ダンベル型）には、クロス方向にレーザースキャンする方法では、部分的に表面粗し処理が不均一になる結果、十分な接合強度が得られないことも考えられる。

【０００６】

特許文献３には、金属表面にレーザ光を照射して凹凸を形成し、凹凸形成部位に樹脂、ゴム等を射出成形する電気電子部品の製造方法が記載されている。

実施形態１～３では、金属長尺コイル表面にレーザ照射して凹凸を形成することが記載されている。そして、段落番号１０では、金属長尺コイル表面をストライプ状や梨地状に荒らすこと、段落番号１９では、金属長尺コイル表面をストライプ状、点線状、波線状、ローレット状、梨地状に荒らすことが記載されている。

20

しかし、段落番号２１、２２の発明の効果に記載されているとおり、レーザ照射をする目的は、金属表面に微細で不規則な凹凸を形成し、それによりアンカー効果を高めるためである。特に処理対象が金属長尺コイルであることから、どのような凹凸を形成した場合でも、必然的に微細で不規則な凹凸になるものと考えられる。

よって、特許文献３の発明は、特許文献１、２の発明のようにクロス方向にレーザ照射して表面に微細な凹凸を形成する発明と同じ技術的思想を開示しているものである。

【０００７】

特許文献４は、金属成形体と樹脂成形体からなる複合成形体の製造方法の発明である。金属成形体の接合面に対して、一方向又は異なる方向に直線及び／又は曲線からなるマーキングを形成するようにレーザースキャンする工程であり、各直線及び／又は各曲線からなるマーキングが互いに交差しないようにレーザースキャンする工程を有している。図６から図９には、四角形、円形、楕円形、三角形のマーキングパターンが示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】特許第４０２０９５７号公報

【特許文献２】特開２０１０－１６７４７５号公報

【特許文献３】特開平１０－２９４０２４号公報

【特許文献４】国際公開２０１２／０９０６７１号

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

従来技術の方法は、いずれもレーザをパルス波（非連続波）で照射する方法であることから、加工速度が遅くなるという課題があった。

【００１０】

本発明は、加工速度を高めることができ、かつ異なる方向の接合強度も高めることができる複合成形体の製造方法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】

【００１１】

本発明は、課題の解決手段として、

50

金属成形体と樹脂成形体が接合された複合成形体の製造方法であって、
前記金属成形体の接合面に対して、連続波レーザーを使用して2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射する工程、

前工程においてレーザー光が照射された金属成形体の接合面を含む部分を金型内に配置して、前記樹脂成形体となる樹脂を射出成形する工程を有している、複合成形体の製造方法を提供する。

また本発明は、課題の他の解決手段として、

金属成形体と樹脂成形体が接合された複合成形体の製造方法であって、

前記金属成形体の接合面に対して、連続波レーザーを使用して2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射する工程、

前工程においてレーザー光が照射された金属成形体の接合面を含む部分を金型内に配置して、少なくとも前記接合面と前記樹脂成形体となる樹脂を接触させた状態で圧縮成形する工程を有している、複合成形体の製造方法を提供する。

【発明の効果】

【0012】

本発明の複合成形体の製造方法によれば、加工速度を高めることができ、その結果、加工時間を短縮することができ、さらに金属成形体と樹脂成形体の接合強度も高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の複合成形体の厚さ方向の断面図（部分拡大図を含む）。

【図2】本発明の他実施形態である複合成形体の厚さ方向の断面図。

【図3】レーザー光の連続照射パターンの説明図。

【図4】別実施形態であるレーザー光の連続照射パターンの説明図。

【図5】さらに別実施形態であるレーザー光の連続照射パターンの説明図。

【図6】一実施形態であるレーザー光の連続照射パターンの説明図。

【図7】（a）は図6に示すD-D間の矢印方向から見たときの断面図、（b）は図6に示すD-D間の矢印方向から見たときの別実施形態の断面図。

【図8】（a）は図6に示すA-A間の矢印方向から見たときの断面図、（b）は図6に示すB-B間の矢印方向から見たときの断面図、（c）は図6に示すC-C間の矢印方向から見たときの断面図。

【図9】射出成形を実施するときの複合成形体の製造方法の説明図。

【図10】実施例1でレーザーを連続照射した後の金属成形体表面のSEM写真。

【図11】実施例2でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図12】実施例3でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図13】実施例4でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図14】実施例5でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図15】実施例6でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図16】比較例2でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図17】接合面に平行方向に引っ張ったときのせん断接合強度（S1）を測定するための測定方法の説明図。

【図18】射出成形を実施するときの複合成形体の製造方法の説明図。

【図19】製造された複合成形体の斜視図。

【図20】図19の複合成形体の引張り接合強度（S2）の測定方法の説明図。

【図21】圧縮成形を実施するときの複合成形体の製造方法の説明図。

【図22】圧縮成形で製造された複合成形体の斜視図。

【図23】接合面に垂直方向に引っ張ったときの引張り接合強度（S2）を測定するための測定方法の説明図。

【図24】実施例10で得た複合成形体の厚さ方向断面のSEM写真。

【図25】実施例11で得た複合成形体の厚さ方向断面のSEM写真。

10

20

30

40

50

【図26】実施例12で得た複合成形体の厚さ方向断面のSEM写真。

【図27】実施例15で得た複合成形体の厚さ方向断面のSEM写真。

【図28】実施例16でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図29】実施例16で得た複合成形体の厚さ方向断面のSEM写真。

【図30】実施例17でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図31】実施例21でレーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

【図32】実験例1のエネルギー密度と溝深さとの関係を示すグラフと、複合成形体の厚さ方向断面のSEM写真。

【図33】実験例1のエネルギー密度と溝幅との関係を示すグラフと、レーザーを連続照射した後の金属成形体の接合面のSEM写真。

10

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の製造方法で得られる複合成形体1は、図1に示すように、金属成形体10と樹脂成形体20が金属成形体の接合面12において接合されたものである。

【0015】

以下、複合成形体1の製造方法を工程ごとに説明する。

最初の工程では、金属成形体10の接合面12に対して、連続波レーザーを使用して2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射する。

この工程では、接合面12に対して高い照射速度でレーザー光を連続照射することで、ごく短時間で接合面12を粗面にすることができる。図1の接合面12（部分拡大図）は、粗面にされた状態が誇張されて図示されている。

20

【0016】

連続波レーザーの照射速度は、2000～20,000mm/secが好ましく、2,000～18,000mm/secがより好ましく、2,000～15,000mm/secがさらに好ましい。

連続波レーザーの照射速度が前記範囲であると、加工速度を高めることができ（即ち、加工時間を短縮することができる）、接合強度も高いレベルに維持することができる。

【0017】

この工程では、下記要件（A）、（B）であるときの加工時間が0.1～30秒の範囲になるようにレーザー光を連続照射することが好ましい。

30

（A）レーザー光の照射速度が2000～15000mm/sec

（B）金属成形体の接合面の面積が100mm²

要件（A）、（B）であるときの加工時間を上記範囲内にするとき、接合面12の全面を粗面にする（粗面化する）ことができる。

【0018】

レーザー光の連続照射は、例えば次のような方法を適用することができるが、接合面12を粗面化できる方法であれば特に制限されるものではない。

（I）図3、図4に示すように、接合面（例えば長方形とする）12の一辺（短辺または長辺）側から反対側の辺に向かって1本の直線または曲線が形成されるように連続照射し、これを繰り返して複数本の直線または曲線を形成する方法。

40

（II）接合面の一辺側から反対側の辺に向かって連続的に直線または曲線が形成されるように連続照射し、今度は逆方向に間隔をおいての直線または曲線が形成されるように連続照射することを繰り返す方法。

（III）接合面の一辺側から反対側の辺に向かって連続照射し、今度は直交する方向に対して連続照射する方法。

（IV）接合面に対してランダムに連続照射する方法。

【0019】

（I）～（IV）の方法を実施するとき、レーザー光を複数回連続照射して1本の直線または1本の曲線を形成することもできる。

同じ連続照射条件であれば、1本の直線または1本の曲線を形成するための照射回数（

50

繰り返し回数)が増加するほど接合面 1 2 に対する粗面化の程度が大きくなる。

【0020】

(I)、(II)の方法において、複数本の直線または複数本の曲線を形成するとき、それぞれの直線または曲線が 0.005 ~ 1 mm の範囲 (図 3 に示す b 1 の間隔) で等間隔に形成されるようにレーザー光を連続照射することができる。

このときの間隔は、レーザー光のビーム径 (スポット径) よりも大きくなるようにする、また、このときの直線または曲線の本数は、金属成形体 10 の接合面の面積に応じて調整することができる。

【0021】

(I)、(II)の方法において、複数本の直線または複数本の曲線を形成するとき、それぞれの直線または曲線が 0.005 ~ 1 mm の範囲 (図 3、図 4 に示す b 1 の間隔) で等間隔に形成されるようにレーザー光を連続照射することができる。

そして、これらの複数本の直線または複数本の曲線を 1 群として、これを複数群形成することができる。

このときの各群の間隔は 0.01 ~ 1 mm の範囲 (図 4 に示す b 2 の間隔) で等間隔になるようにすることができる。

なお、図 3、図 4 に示す連続照射方法に代えて、図 5 に示すように、連続照射開始から連続照射終了までの間、中断することなく連続照射する方法も実施することができる。

【0022】

レーザー光の連続照射は、例えば次のような条件で実施することができる。

出力は 4 ~ 4000 W が好ましく、50 ~ 2500 W がより好ましく、100 ~ 2000 W がさらに好ましく、250 ~ 2000 W がさらに好ましい。

ビーム径 (スポット径) は 5 ~ 200 μm が好ましく、5 ~ 100 μm がより好ましく、10 ~ 100 μm がさらに好ましく、11 ~ 80 μm がさらに好ましい。

さらに出力とスポット径の組み合わせの好ましい範囲は、レーザー出力とレーザー照射スポット面積 ($\pi \cdot [\text{スポット径} / 2]^2$) から求められるエネルギー密度 ($\text{W} / \mu\text{m}^2$) より選択することができる。

エネルギー密度 ($\text{W} / \mu\text{m}^2$) は、0.1 $\text{W} / \mu\text{m}^2$ 以上が好ましく、0.2 ~ 10 $\text{W} / \mu\text{m}^2$ がより好ましく、0.2 ~ 6.0 $\text{W} / \mu\text{m}^2$ がさらに好ましい。

エネルギー密度 ($\text{W} / \mu\text{m}^2$) が同じであるとき、出力 (W) が大きい方がより大きなスポット面積 (μm^2) に対してレーザー照射できることになるため、処理速度 (1 秒当たりのレーザー照射面積; mm^2 / sec) が大きくなり、加工時間も短くすることができる。

波長は 300 ~ 1200 nm が好ましく、500 ~ 1200 nm がより好ましい。

焦点位置は -10 ~ +10 mm が好ましく、-6 ~ +6 mm がより好ましい。

【0023】

連続波レーザーの照射速度、レーザー出力、レーザービーム径 (スポット径) およびエネルギー密度との好ましい関係は、連続波レーザーの照射速度が 2,000 ~ 15,000 mm/sec であり、レーザー出力が 250 ~ 2000 W、レーザービーム径 (スポット径) が 10 ~ 100 μm であり、前記レーザー出力とスポット面積 ($\pi \cdot [\text{スポット径} / 2]^2$) から求められるエネルギー密度 ($\text{W} / \mu\text{m}^2$) が 0.2 ~ 10 $\text{W} / \mu\text{m}^2$ の範囲である。

【0024】

金属成形体 10 の金属は特に制限されるものではなく、用途に応じて公知の金属から適宜選択することができる。例えば、鉄、各種ステンレス、アルミニウムまたはその合金、銅、マグネシウムおよびそれらを含む合金から選ばれるものを挙げることができる。

金属成形体 10 の接合面 1 2 は、図 1 に示すような平面でもよいし、図 2 に示すような曲面でもよいし、平面と曲面の両方を有しているものでもよい。

【0025】

連続波レーザーは公知のものを使用することができ、例えば、YVO4 レーザー、ファイバーレーザー、エキシマレーザー、炭酸ガスレーザー、紫外線レーザー、YAG レーザー、

10

20

30

40

50

半導体レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、He-Neレーザー、窒素レーザー、キレートレーザー、色素レーザーを使用することができる。

【0026】

本発明の複合成形体の製造方法では、金属成形体の接合面12に対して、連続波レーザーを使用して2000mm/sec以上の照射速度でレーザー光を連続照射しているため、レーザー光が連続照射された部分は粗面化される。

このときの金属成形体の接合面12の状態の一実施形態を図6～図8により説明する。

図6に示すとおり、レーザー光（例えば、スポット径11μm）を連続照射して多数の線（図面では3本の線61～63を示している。各線の間隔は50μm程度。）を形成することで粗面化することができる。1本の直線への照射回数は1～10回が好ましい。

10

このとき、粗面化された接合面12を含む金属成形体10の表層部は、図7(a)、図8(a)～(c)に示すようになっている。なお、「金属成形体10の表層部」は、表面から粗面化により形成された開放孔（幹孔または枝孔）の深さ程度までの部分である。

なお、1本の直線への照射回数が10回を超える回数である場合には、粗面化のレベルをより高めることができ、複合成形体1において金属成形体10と樹脂成形体20の接合強度を高めることができるが、合計照射時間が長くなる。このため、目的とする複合成形体1の接合強度と製造時間との関係を考慮して、1本の直線への照射回数を決めることが好ましい。1本の直線への照射回数が10回を超える回数であるとき、好ましくは10回超～50回以下、より好ましくは15～40回、さらに好ましくは20～35回である。

【0027】

20

粗面化された接合面12を含む金属成形体10の表層部は、図7、図8に示すように、接合面12側に開口部31のある開放孔30を有している。

開放孔30は、厚さ方向に形成された開口部31を有する幹孔32と、幹孔32の内壁面から幹孔32とは異なる方向に形成された枝孔33からなる。枝孔33は、1本または複数本形成されていてもよい。

なお、複合成形体1において金属成形体10と樹脂成形体20の接合強度が維持できるのであれば、開放孔30の一部が幹孔32のみからなり、枝孔33がないものでもよい。

【0028】

粗面化された接合面12を含む金属成形体10の表層部は、図7、図8に示すように、接合面12側に開口部のない内部空間40を有している。

30

内部空間40は、トンネル接続路50により開放孔30と接続されている。

【0029】

粗面化された接合面12を含む金属成形体10の表層部は、図7(b)に示すように、複数の開放孔30が一つになった開放空間45を有していてもよいし、開放空間45は、開放孔30と内部空間40が一つになって形成されたものでもよい。一つの開放空間45は、一つの開放孔30よりも内容積の大きなものである。

なお、多数の開放孔30が一つになって溝状の開放空間45が形成されていてもよい。

【0030】

図示していないが、図8(a)に示すような2つの内部空間40同士がトンネル接続路50で接続されていてもよいし、図7(b)に示すような開放空間45と、開口孔30、内部空間40、他の開放空間45がトンネル接続路50で接続されていてもよい。

40

【0031】

内部空間40は、全てが開放孔30および開放空間45の一方または両方とトンネル接続路50で接続されているものであるが、複合成形体1において金属成形体10と樹脂成形体20の接合強度が維持できるのであれば、内部空間40のうちの一部が開放孔30および開放空間45と接続されていない閉塞状態の空間であってもよい。

【0032】

このようにレーザー光を連続照射したときに図7、図8で示されるような開放孔30、内部空間40などが形成される詳細は不明であるが、所定速度以上でレーザー光を連続照射したとき、金属成形体表面に一旦は孔や溝が形成されるが、溶融した金属が盛り上がった

50

て蓋をしたり、堰き止めたりする結果、開放孔 30、内部空間 40、開放空間 45 が形成されるものと考えられる。

また、同様に開放孔 30 の枝孔 33 やトンネル接続路 50 が形成される詳細も不明であるが、一旦形成された孔や溝の底部付近に滞留した熱によって、孔や溝の側壁部分が溶融する結果、幹孔 32 の内壁面が溶融して枝孔 33 が形成され、さらに枝孔 33 が延ばされてトンネル接続路 50 が形成されるものと考えられる。

なお、連続波レーザーに代えてパルスレーザーを使用したときには、金属成形体の接合面には開放孔や溝が形成されるが、開口部を有していない内部空間と、前記開放孔と前記内部空間を接続する接続通路は形成されない。

【0033】

次の工程では、粗面化された金属成形体 10 の接合面 12 を含む部分と樹脂成形体 20 を一体化させる。

この工程では、

前工程においてレーザー光が照射された金属成形体の接合面を含む部分を金型内に配置して、前記樹脂成形体となる樹脂を射出成形する工程、または

前工程においてレーザー光が照射された金属成形体の接合面を含む部分を金型内に配置して、少なくとも前記接合面と前記樹脂成形体となる樹脂を接触させた状態で圧縮成形する工程、

のいずれかの方法を適用することができる。

その他、熱可塑性樹脂および熱硬化性樹脂の成形方法として使用される公知の成形方法も適用することができる。

熱可塑性樹脂を使用した場合には、溶融した樹脂に圧力などをかけることで、金属成形体に形成された孔や溝やトンネル接続路内に樹脂を入り込ませた後、樹脂を冷却固化させることで複合成形体を得られる方法であればよい。射出成形や圧縮成形のほか、射出圧縮成形などの成形方法も使用することができる。

熱硬化性樹脂を使用した場合には、液状或いは溶融状態の樹脂に圧力などをかけることで、金属成形体に形成された孔や溝やトンネル接続路内に樹脂を入り込ませた後、樹脂を熱硬化させることで複合成形体を得られる成形方法であればよい。射出成形や圧縮成形のほか、トランスファー成形などの成形方法も使用することができる。

【0034】

圧縮成形法を適用するときは、例えば、型枠内に接合面 12 が露出された状態で（接合面が表側になった状態で）金属成形体 10 を配置し、そこに熱可塑性樹脂、熱可塑性エラストマー、熱硬化性樹脂（但し、プレポリマー）を入れた後で、圧縮する方法を適用することができる。

なお、射出成形法と圧縮成形法で熱硬化性樹脂（プレポリマー）を使用したときは、後工程において加熱などを行うことで熱硬化させる。

【0035】

この工程で使用する樹脂成形体の樹脂は、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂のほか、熱可塑性エラストマーも含まれる。

熱可塑性樹脂は、用途に応じて公知の熱可塑性樹脂から適宜選択することができる。例えば、ポリアミド系樹脂（PA6、PA66等の脂肪族ポリアミド、芳香族ポリアミド）、ポリスチレン、ABS樹脂、AS樹脂等のスチレン単位を含む共重合体、ポリエチレン、エチレン単位を含む共重合体、ポリプロピレン、プロピレン単位を含む共重合体、その他のポリオレフィン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリカーボネート系樹脂、アクリル系樹脂、メタクリル系樹脂、ポリエステル系樹脂、ポリアセタール系樹脂、ポリフェニレンスルフィド系樹脂を挙げることができる。

【0036】

熱硬化性樹脂は、用途に応じて公知の熱硬化性樹脂から適宜選択することができる。例えば、尿素樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、レソルシノール樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン、ビニルウレタンを挙げることができる。

【 0 0 3 7 】

熱可塑性エラストマーは、用途に応じて公知の熱可塑性エラストマーから適宜選択することができる。例えば、スチレン系エラストマー、塩化ビニル系エラストマー、オレフィン系エラストマー、ウレタン系エラストマー、ポリエステル系エラストマー、ニトリル系エラストマー、ポリアミド系エラストマーを挙げることができる。

【 0 0 3 8 】

これらの熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、熱可塑性エラストマーには、公知の繊維状充填材を配合することができる。

公知の繊維状充填材としては、炭素繊維、無機繊維、金属繊維、有機繊維等を挙げることができる。

10

炭素繊維は周知のものであり、PAN系、ピッチ系、レーヨン系、リグニン系等のものを用いることができる。

無機繊維としては、ガラス繊維、玄武岩繊維、シリカ繊維、シリカ・アルミナ繊維、ジルコニア繊維、窒化ホウ素繊維、窒化ケイ素繊維等を挙げることができる。

金属繊維としては、ステンレス、アルミニウム、銅等からなる繊維を挙げることができる。

有機繊維としては、ポリアミド繊維（全芳香族ポリアミド繊維、ジアミンとジカルボン酸のいずれか一方が芳香族化合物である半芳香族ポリアミド繊維、脂肪族ポリアミド繊維）、ポリビニルアルコール繊維、アクリル繊維、ポリオレフィン繊維、ポリオキシメチレン繊維、ポリテトラフルオロエチレン繊維、ポリエステル繊維（全芳香族ポリエステル繊維を含む）、ポリフェニレンスルフィド繊維、ポリイミド繊維、液晶ポリエステル繊維などの合成繊維や天然繊維（セルロース系繊維など）や再生セルロース（レーヨン）繊維などを用いることができる。

20

【 0 0 3 9 】

これらの繊維状充填材は、繊維径が3～60 μmの範囲のものを使用することができるが、これらの中でも、例えば金属成形体10の接合面12が粗面化されて形成される開放孔30などの開口径より小さな繊維径のものを使用することが好ましい。繊維径は、より望ましくは5～30 μm、さらに望ましくは7～20 μmである。

このような開放孔30などの開口径より小さな繊維径の繊維状充填材を使用したときには、金属成形体の開放孔30などの内部に繊維状充填材の一部が張り込んだ状態の複合成形体が得られ、金属成形体と樹脂成形体の接合強度が高められるので好ましい。

30

熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、熱可塑性エラストマー100質量部に対する繊維状充填材の配合量は5～250質量部が好ましい。より望ましくは、25～200質量部、さらに望ましくは45～150質量部である。

【 0 0 4 0 】

本発明の製造方法により得られた複合成形体1は、図7および図8に示すような金属成形体10が有している開放孔30、内部空間40、トンネル接続路50、開放空間45内に、樹脂成形体20を形成する樹脂が入り込んだ状態で一体にされている。

開放孔30と（幹孔32と枝孔33）開放空間45の内部には、それぞれの開口部分から樹脂が入り込んでおり、内部空間40の内部には、開放孔30や開放空間45の開口部から入り込んだ樹脂がトンネル接続路50を通して入り込んでいる。

40

このため、本発明の製造方法により得られた複合成形体1は、開放孔30や開放空間45内のみに樹脂が入り込んだ複合成形体と比べると、図1において金属成形体10と樹脂成形体20の接合面12に対して、金属成形体10の端部を固定した状態で樹脂成形体20を平行方向（図1のX方向）に引っ張ったときのせん断接合強度（S1）と、金属成形体10と樹脂成形体20の接合面12に対して垂直方向（図1のY方向）に引っ張ったときの引張り接合強度（S2）の両方が高くなる。

【 実施例 】

【 0 0 4 1 】

実施例1～6、比較例1～3

50

実施例および比較例は、図 9 に示す金属成形体（アルミニウム：A5052）の接合面 1 2 の全面（40mm²の広さ範囲）に対して、表 1 に示す条件でレーザー光を連続照射した。

実施例 1 ～ 5、比較例 1 ～ 3 は図 3 に示すようにレーザー光を連続照射し、実施例 6 は図 4 に示すようにレーザー光を連続照射した。

次に、処理後の金属成形体を使用して、下記の方法で射出成形して、実施例および比較例の図 1 7 に示す複合成形体を得た。

【 0 0 4 2 】

図 1 0 は、実施例 1 の連続波レーザーによる連続照射後における金属成形体の接合面の S E M 写真（100倍、500倍、700倍、2500倍）である。接合面が粗面化され、小さな凹部が形成された状態が確認できた。

10

図 1 1 は、実施例 2 の連続波レーザーによる連続照射後における金属成形体の接合面の S E M 写真（100倍、500倍である）。接合面が粗面化され、小さな凹部が形成された状態が確認できた。

図 1 2 は、実施例 3 の連続波レーザーによる連続照射後における金属成形体の接合面の S E M 写真（100倍、500倍である）。接合面が粗面化され、小さな凹部が形成された状態が確認できた。

図 1 3 は、実施例 4 の連続波レーザーによる連続照射後における金属成形体の接合面の S E M 写真（100倍、500倍である）。接合面が粗面化され、小さな凹部が形成された状態が確認できた。

図 1 4 は、実施例 5 の連続波レーザーによる連続照射後における金属成形体の接合面の S E M 写真（100倍、500倍である）。接合面が粗面化され、小さな凹部が形成された状態が確認できた。

20

図 1 5 は、実施例 6 の連続波レーザーによる連続照射後における金属成形体の接合面の S E M 写真（100倍、500倍である）。接合面が粗面化され、小さな凹部が形成された状態が確認できた。

図 1 6 は、比較例 2 の連続波レーザーによる連続照射後における金属成形体の接合面の S E M 写真（100倍、500倍である）。照射速度が 1 0 0 0 mm / sec であることから、接合面の粗面化が十分になされていなかった。

【 0 0 4 3 】

< 射出成形 >

30

樹脂：GF60%強化PA66樹脂（ブラストロンPA66 - GF60 - 01（L 7）：ダイセルポリマー（株）製）、ガラス繊維の繊維長：1 1 mm

樹脂温度：3 2 0

金型温度：1 0 0

射出成形機：ファナック製ROBOSHOT S2000i100B）

【 0 0 4 4 】

〔引張試験〕

実施例および比較例の図 1 7 に示す複合成形体を用い、引張試験を行ってせん断接合強度（S 1）を評価した。結果を表 1 に示す。

引張試験は、金属成形体 1 0 側の端部を固定した状態で、金属成形体 1 0 と樹脂成形体 2 0 が破断するまで図 1 7 に示す X 方向（図 1 の X 方向であり、接合面 1 2 に対して平行方向）に引っ張った場合の接合面 1 2 が破壊されるまでの最大荷重を測定した。

40

< 引張試験条件 >

試験機：オリエンテック社製テンシロン（UCT - 1T）

引張速度：5 mm / min

チャック間距離：5 0 mm

【 0 0 4 5 】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	比較例 1	比較例 2	比較例 3
金属の種類	Al						Al		
樹脂の種類	PA66 (GF入り)						PA66 (GF入り)		
接合方法	射出成形						射出成形		
レーザー発振器	ファイバーレーザー						YVO ₄ レーザー	ファイバーレーザー	
波形	連続波	連続波	連続波	連続波	連続波	連続波	パルス波	連続波	連続波
出力(W)	274	274	274	274	274	274	6	274	274
波長(nm)	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1064	1070	1070
パルス幅(nsec)	—	—	—	—	—	—	30	—	—
周波数(kHz)	—	—	—	—	—	—	50	—	—
スポット径(μm)	11	11	11	11	11	11	30	11	11
エネルギー密度(W/μm ²)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	0.0085	2.8	2.8
レーザー照射速度(mm/sec)	10000	10000	10000	13333	13333	13333	500	1000	100
ライン本数	80	80	80	80	40	99	500	80	80
ライン間隔(b1)(mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.03	0.008	0.05	0.05
ライン群間隔(b2)(mm)	—	—	—	—	—	0.06	—	—	—
繰返し回数(回)	1	3	10	1	1	3	1	1	1
処理面積(mm ²)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
加工時間(s)	0.4	1	3	0.3	0.2	1.3	20	4	40
せん断接合強度(MPa)	5	18	25	8	12	29	3	0	0

【0046】

実施例 1 と比較例 1 との対比から確認できるとおり、実施例 1 では 1 / 50 の加工時間で、より高い接合強度の複合成形体が得られた。

工業的規模で大量生産することを考慮すれば、加工時間の短縮ができる（即ち、製造に要するエネルギーも低減できる）実施例 1 の製造方法の工業的価値は非常に大きなものである。

10

20

30

40

50

実施例 1 と実施例 2、3 との対比から確認できるとおり、実施例 2、3 のようにレーザー照射の繰り返し回数を増加させることで接合強度を高めることができるが、その場合であっても、比較例 1 ～ 3 と比べると加工時間を短縮することができた。

実施例 1 ～ 3 と実施例 4 ～ 6 との対比から確認できるとおり、実施例 4 ～ 6 のようにレーザーの照射速度を高めたときにはよりせん断接合強度 (S 1) (図 1、図 17 の X 方向への接合強度) を高めることができた。

【 0 0 4 7 】

実施例 7 ～ 9、比較例 4 ～ 6

実施例および比較例は、図 18 に示す金属成形体 (アルミニウム : A5052) の接合面 12 の全面 (90mm² の広さ範囲) に対して、表 2 に示す条件でレーザー光を連続照射した。

10

その後、実施例 1 ～ 6、比較例 1 ～ 3 と同様に実施して、図 19 に示す複合成形体を得た。

得られた複合成形体について、図 1 で示す Y 方向 (図 20 の Y 方向) に相当する引張り接合強度 (S 2) を次の方法にて測定した。

引張試験は、図 20 に示すように、金属成形体 10 側の治具 70 により固定した状態で、金属成形体 10 と樹脂成形体 20 が破断するまで図 20 の Y 方向 (図 1 の Y 方向であり、接合面 12 に対して垂直方向) に引っ張った場合の接合面 12 が破壊されるまでの最大荷重を測定した。

< 引張試験条件 >

試験機 : オリエンテック社製テンシロン (UCT - 1T)

20

引張速度 : 5 mm / min

チャック間距離 : 50 mm

【 0 0 4 8 】

【表 2】

	実施例7	実施例8	実施例9	比較例4	比較例5	比較例6
金属の種類	AI			AI		
樹脂の種類	PA66(GF入り)			PA66(GF入り)		
接合方法	射出成形			射出成形		
レーザー発振器	ファイバーレーザー			YVO ₄ レーザー	ファイバーレーザー	
波形	連続波	連続波	連続波	パルス波	連続波	連続波
出力(W)	274	274	274	6	274	274
波長(nm)	1070	1070	1070	1064	1070	1070
パルス幅(nsec)	—	—	—	30	—	—
周波数(kHz)	—	—	—	50	—	—
スポット径(μm)	11	11	11	30	11	11
エネルギー密度(W/μm ²)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
レーザー照射速度(mm/sec)	10000	10000	10000	500	1000	100
ライン本数	120	120	120	750	120	120
ライン間隔(b1)(mm)	0.05	0.05	0.05	0.008	0.05	0.05
ライン群間隔(b2)(mm)	—	—	—	—	—	—
繰返し回数(回)	1	3	10	1	1	1
処理面積(mm ²)	90	90	90	90	90	90
加工時間(s)	0.6	1.6	3	30	6	60
引張り接合強度(MPa)	4	14	21	0	0	0

【0049】

表2の実施例7～9（接合面12の面積90mm²）は表1の実施例1～3（接合面12の面積40mm²）に対応するものであるが、接合面12の面積が2.25倍となっている。

しかし、表2の比較例4～6との対比から明らかとなり、本願発明の製造方法を適用することにより、金属成形体10と樹脂成形体20の接合面12（面積90mm²）に対して垂直方向（図1のY方向）に引っ張ったときの引張り接合強度（S2）も高くできることが確認できた。

【0050】

実施例10～15、比較例7～9

実施例および比較例は、図21に示す金属成形体（アルミニウム：A5052）の接合面12の全面（40mm²の広さ範囲）に対して、表3に示す条件でレーザーを連続照射した。

実施例10～14、比較例8、9は図3に示すようにレーザー光を連続照射し、実施例15は図4に示すようにレーザー光を連続照射し、比較例7は図5に示すようにレーザー光を連続照射した。

次に、処理後の金属成形体を使用して、下記の方法で圧縮成形して、実施例および比較例の複合成形体を得た。

【 0 0 5 1 】

< 圧縮成形 >

金属成形体 1 0 を接合面 1 2 が上になるように型枠内（テフロン製）に配置し、接合面 1 2 上に樹脂ペレットを加えた。その後、型枠を鉄板で挟みこみ、下記条件で圧縮して、図 2 2 に示す複合成形体を得た。

樹脂ペレット：PA66樹脂（2015B，宇部興産（株）製）

温度：285

圧力：1 MPa（予熱時）、10 MPa

時間：2 分間（予熱時）、3 分間

成形機：東洋精機製作所製圧縮機（mini test press-10）

10

【 0 0 5 2 】

〔 引張試験 〕

実施例および比較例の複合成形体を用い、引張試験を行って引張り接合強度（S 2）を評価した。結果を表 3 に示す。

引張試験は、次のようにして実施した。

図 2 3 に示すように、複合成形体の樹脂成形体 2 0 の露出面に対して、アルミニウム板 7 2 a とその面に対して垂直方向に固定された引張部 7 3 a からなる治具 7 4 a を接着剤 7 1 a により固着した。

同様に図 2 3 に示すように、複合成形体の金属成形体 1 0 の露出面に対して、アルミニウム板 7 2 b とその面に対して垂直方向に固定された固定部 7 3 b からなる治具 7 4 b を接着剤 7 1 b により固着した。

20

固定部 7 3 b を固定した状態で、下記条件にて引張部 7 3 a を引っ張った場合の接合面 1 2 が破壊されるまでの最大荷重を測定した。

< 引張試験条件 >

試験機：テンシロン

引張速度：5 mm/min

チャック間距離：16 mm

【 0 0 5 3 】

〔 内部空間の観察方法 〕

開口部を有していない内部空間の有無を確認した。以下にその方法を示す。

30

複合成形体の接合面 1 2 を含む接合部において、レーザー照射方向に対して垂直方向（図 6 の A-A、B-B、C-C 方向）にランダムに 3 箇所切断し、それぞれの表層部の断面部を走査型電子顕微鏡（SEM）で無作為に 3 点観察した。

SEM 観察写真（500 倍）において内部空間の有無を確認できた場合、その個数を数えた。なお、内部空間の最大径が 10 μ m 以下のものは除外した。

内部空間の個数（9 箇所での平均値）を示した（表 3）。

また、内部空間を微小部 X 線分析（EDX）で分析し、樹脂が内部空間まで侵入していることを確認した。

SEM：日立ハイテクノロジーズ社製 S-3400N

EDX 分析装置：アメテック（旧エダックス・ジャパン）社製 Apollo XP

40

また、図 2 のように複合成形体の金属面が曲面の場合には、曲面の接線に対して垂直方向にサンプルを切断することで、同様の測定が可能である。

なお、顕微レーザーラマン分光測定装置を用いても樹脂が内部空間まで侵入していることを確認できる。

【 0 0 5 4 】

【表 3】

	実施例10	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	比較例7	比較例8	比較例9
金属の種類	AI						AI		
樹脂の種類	PA66						PA66		
接合方法	圧縮成形						圧縮成形		
レーザー発振器	ファイバレーザー						ファイバレーザー		
波形	連続波	連続波	連続波	連続波	連続波	連続波	パルス波	連続波	連続波
出力(W)	274	274	274	274	274	274	30	274	274
波長(nm)	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070
パルス幅(nsec)	—	—	—	—	—	—	50	—	—
周波数(kHz)	—	—	—	—	—	—	30	—	—
スポット径(μm)	11	11	11	11	11	11	45	11	11
エネルギー密度($\text{W}/\mu\text{m}^2$)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	0.019	2.8	2.8
レーザー照射速度(mm/sec)	10000	10000	10000	13333	13333	13333	500	1000	100
ライン本数	80	80	80	80	40	99	60	80	80
ライン間隔(b1)(mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.03	0.06	0.05	0.05
ライン間隔(b2)(mm)	—	—	—	—	—	0.06	0.09	—	—
繰返し回数(回)	1	3	10	1	1	3	1	1	1
処理面積(mm^2)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
加工時間(s)	0.4	1	3	0.3	0.2	1.3	1.2	4	40
内部空間(個)	5	7	6	3	2	3	0	0	0
引張り接合強度(MPa)	19	21	28	18	16	22	1	0	0

【0055】

実施例10～15は、金属成形体10を接合面12に対して、それぞれ実施例1～6と同様にしてレーザー光を連続照射したものであるから、金属成形体10を接合面12の表面は、それぞれ実施例1～6において示したSEM写真(図10～図15)と同様のものとなる。

【0056】

10

20

30

40

50

図 2 4 は、実施例 1 0 の複合成形体の厚さ方向への断面の S E M 写真である（図 6 の A ~ C の断面図）。

相対的に白く見える部分が金属成形体 1 0 であり、相対的に黒く見える部分が樹脂成形体 2 0 である。

図 2 4 からは厚さ方向に形成された複数の孔と、複数の独立した空間が確認でき、それらは全て黒く見えることから、樹脂が侵入していることが確認できる。

厚さ方向に形成された孔は、開放孔 3 0 の幹孔 3 2 に相当する孔と認められる。

独立した空間は、幹孔 3 2 の内壁面から幹孔 3 2 の形成方向とは異なる方向に延ばされた枝孔 3 3 の断面であるか、内部空間 4 0 であると認められる。

そして、内部空間 4 0 であるとする、内部に樹脂が侵入していることから、開放孔 3 0 とトンネル接続路 5 0 で接続されているものと考えられる。

このため、実施例 1 0 の複合成形体は、接合面 1 2 に対して垂直方向に引っ張ったとき（図 1 の Y 方向）の引張り接合強度（S 2）が高くなっている。

【 0 0 5 7 】

図 2 5 は、実施例 1 1 の複合成形体の厚さ方向への断面の S E M 写真である（図 6 の A ~ C の断面図）。

相対的に白く見える部分が金属成形体 1 0 であり、相対的に黒く見える部分が樹脂成形体 2 0 である。

図 2 5 からは厚さ方向に形成された複数の孔と、複数の独立した空間が確認でき、それらは全て黒く見えることから、樹脂が侵入していることが確認できる。

厚さ方向に形成された孔は、開放孔 3 0 の幹孔 3 2 に相当する孔と認められる。

独立した空間は、幹孔 3 2 の内壁面から幹孔 3 2 の形成方向とは異なる方向に延ばされた枝孔 3 3 の断面であるか、内部空間 4 0 であると認められる。

そして、内部空間 4 0 であるとする、内部に樹脂が侵入していることから、開放孔 3 0 とトンネル接続路 5 0 で接続されているものと考えられる。

このため、実施例 1 1 の複合成形体は、接合面 1 2 に対して垂直方向に引っ張ったとき（図 1 の Y 方向）の引張り接合強度（S 2）が高くなっている。

【 0 0 5 8 】

図 2 6 は、実施例 1 2 の複合成形体の厚さ方向への断面の S E M 写真である（図 6 の A ~ C の断面図）。

図 2 6 からは厚さ方向に形成された複数の孔と、複数の独立した空間が確認でき、それらは全て黒く見えることから、樹脂が侵入していることが確認できる。

厚さ方向に形成された孔は、開放孔 3 0 の幹孔 3 2 に相当する孔と認められる。

独立した空間は、幹孔 3 2 の内壁面から幹孔 3 2 の形成方向とは異なる方向に延ばされた枝孔 3 3 の断面であるか、内部空間 4 0 であると認められる。

そして、内部空間 4 0 であるとする、内部に樹脂が侵入していることから、開放孔 3 0 とトンネル接続路 5 0 で接続されているものと考えられる。

このため、実施例 1 2 の複合成形体は、接合面 1 2 に対して垂直方向に引っ張ったとき（図 1 の Y 方向）の引張り接合強度（S 2）が高くなっている。

【 0 0 5 9 】

図 2 7 は、実施例 1 5 の複合成形体の厚さ方向への断面の S E M 写真である。

相対的に白く見える部分が金属成形体 1 0 であり、相対的に黒く見える部分が樹脂成形体 2 0 である。

金属成形体 1 0 には、多数の開放孔 3 0 が形成されていることが確認できる。

このため、実施例 1 5 の複合成形体は、接合面 1 2 に対して垂直方向に引っ張ったとき（図 1 の Y 方向）の引張り接合強度（S 2）が高くなっている。

【 0 0 6 0 】

実施例 1 6 ~ 1 8

実施例 7 ~ 9（表 2）と同様にして、図 1 8 に示す金属成形体（表 4 に示す金属）の接合面 1 2 の全面（90mm²の広さ範囲）に対して、表 4 に示す条件でレーザー光を連続照射

10

20

30

40

50

した。

その後、実施例 1 ～ 6、比較例 1 ～ 3 と同様に実施して、図 19 に示す複合成形体を得た。

得られた複合成形体について、図 1 で示す Y 方向（図 20 の Y 方向）に相当する引張り接合強度（S2）を次の方法にて測定した。

引張試験は、図 20 に示すように、金属成形体 10 側の治具 70 により固定した状態で、金属成形体 10 と樹脂成形体 20 が破断するまで図 20 の Y 方向（図 1 の Y 方向であり、接合面 12 に対して垂直方向）に引っ張った場合の接合面 12 が破壊されるまでの最大荷重を測定した。

< 引張試験条件 >

試験機：オリエンテック社製テンシロン（UCT - 1T）

引張速度：5 mm/min

チャック間距離：50 mm

【0061】

実施例 19 ～ 21

図 21 に示す金属成形体（表 4 に示す金属）の接合面 12 の全面（40mm²の広さ範囲）に対して、表 4 に示す条件でレーザーを連続照射した。

レーザー光は図 3 に示すように連続照射した。

次に、処理後の金属成形体を使用して、実施例 10 ～ 15 と同様に圧縮成形して複合成形体を得た。

引張試験と内部空間の観察方法は、実施例 10 ～ 15 と同様に実施した。

【0062】

10

20

【表 4】

	実施例16	実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	実施例21
金属の種類	Al	SUS304		Al	SUS304	
樹脂の種類	PA66 (GF入り)		PP (GF入り)	PA66		
接合方法	射出成形			圧縮成形		
レーザー発振器	ファイバレーザー					
波形	連続波	連続波	連続波	連続波	連続波	連続波
出力 (W)	274	274	274	274	274	274
波長 (nm)	1070	1070	1070	1070	1070	1070
パルス幅 (nsec)	—	—	—	—	—	—
周波数 (kHz)	—	—	—	—	—	—
スポット径 (μm)	11	11	11	11	11	11
エネルギー密度 (W/μm ²)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
レーザー照射速度 (mm/sec)	10000	7500	7500	10000	7500	10000
ライン本数	120	120	120	80	80	80
ライン間隔 (b1) (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ライン群間隔 (b2) (mm)	—	—	—	—	—	—
繰返し回数 (回)	30	10	10	30	10	10
処理面積 (mm ²)	90	90	90	40	40	40
加工時間 (s)	9	4	4	9	4	3
内部空間 (個)	—	—	—	8	6	5
引張り接合強度 (MPa)	35	39	21	29	26	21

【0063】

実施例16は、表2の実施例7～9と比べると、繰返し回数が多いため、加工時間は長くなったが、引張り接合強度(S2)は高くなった(図28、図29)。

実施例17(SUS304)は、表2の実施例9(アルミニウム)と比べると、レーザー照射速度を遅くして加工時間は長くなったが、引張り接合強度(S2)は高くなった(図30)。

実施例18(SUS304, GF入りのPP)は、実施例17(SUS304, GF入りのPA)と比べると、同じ条件であるが、引張り接合強度(S2)は低くなった。

実施例19は、表3の実施例10～12と比べると、繰返し回数が多いため、加工時間は長くなったが、引張り接合強度(S2)は高くなった。

実施例20(SUS304)、実施例21(SUS304; 図31)は、表3の実施例13(アルミニウム)と比べると、レーザー照射速度を遅くして繰返し回数を増加させたため、加工時間は長くなったが、引張り接合強度(S2)は高くなった。

【0064】

実験例1

実施例1と同様にして、アルミニウム表面にレーザー照射したときのエネルギー密度と溝の深さの関係(図32)、エネルギー密度と溝の幅の関係(図33)を試験した。

その結果、エネルギー密度が $0.3 \text{ W} / \mu\text{m}^2$ 付近において、明確な違いが認められた。

【0065】

実施例 22 ~ 35

実施例 7 ~ 9 (表 2) と同様にして、図 18 に示す金属成形体 (表 5 に示す金属) の接合面 12 の全面 (90mm^2 の広さ範囲) に対して、表 5 に示す条件でレーザー光を連続照射した。

その後、実施例 1 ~ 6、比較例 1 ~ 3 と同様に実施して、図 19 に示す複合成形体を得た。

得られた複合成形体について、図 1 で示す Y 方向 (図 20 の Y 方向) に相当する引張り接合強度 (S_2) を次の方法にて測定した。

10

引張試験は、図 20 に示すように、金属成形体 10 側の治具 70 により固定した状態で、金属成形体 10 と樹脂成形体 20 が破断するまで図 20 の Y 方向 (図 1 の Y 方向であり、接合面 12 に対して垂直方向) に引っ張った場合の接合面 12 が破壊されるまでの最大荷重を測定した。

< 引張試験条件 >

試験機：オリエンテック社製テンシロン (UCT - 1T)

引張速度： $5 \text{ mm} / \text{min}$

チャック間距離： 50 mm

【0066】

【表 5】

	実 施 例													
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
金属の種類	SUS304													
樹脂の種類	PA66(GF入り)													
接合方法	射出成形													
レーザー発振器	ファイバーレーザー													
波形	連続波													
出力(W)	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
波長(nm)	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070
スポット径(μm)	12	12	30	30	30	30	11	11	11	11	11	11	11	11
エネルギー密度(W/μm ²)	2.5	2.5	0.4	0.4	0.2	0.2	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
レーザー照射速度(mm/sec)	10000	2000	10000	2000	10000	2000	7500	7500	10000	10000	10000	10000	10000	10000
ライン本数	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
ライン間隔(b1)(mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
繰返し回数(回)	1	1	1	1	1	1	5	15	15	20	25	1	3	5
処理面積(mm ²)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
加工時間(s)	0.6	3.0	0.6	3.0	0.6	3.0	2.0	6.0	4.5	6.0	7.5	0.6	1.6	2.1
引張り接合強度(MPa)	36	10	26	3	8	8	38	44	34	38	37	4	13	26

【 0 0 6 7 】

実施例 36 ~ 42

実施例 7 ~ 9 (表 2) と同様にして、図 18 に示す金属成形体 (表 6 に示す金属) の接

10

20

30

40

50

合面 1 2 の全面 (90mm² の広さ範囲) に対して、表 6 に示す条件でレーザー光を連続照射した。

その後、実施例 1 ~ 6、比較例 1 ~ 3 と同様に実施して、図 1 9 に示す複合成形体を得た。

得られた複合成形体について、図 1 で示す Y 方向 (図 2 0 の Y 方向) に相当する引張り接合強度 (S 2) を次の方法にて測定した。

引張試験は、図 2 0 に示すように、金属成形体 1 0 側の治具 7 0 により固定した状態で、金属成形体 1 0 と樹脂成形体 2 0 が破断するまで図 2 0 の Y 方向 (図 1 の Y 方向であり、接合面 1 2 に対して垂直方向) に引っ張った場合の接合面 1 2 が破壊されるまでの最大荷重を測定した。

< 引張試験条件 >

試験機：オリエンテック社製テンシロン (UCT - 1T)

引張速度：5 mm / min

チャック間距離：5 0 mm

【 0 0 6 8 】

【表 6】

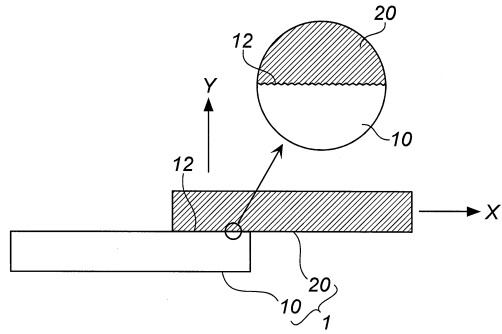
	実 施 例						
	36	37	38	39	40	41	42
金属の種類	Al(A5052)						
樹脂の種類	PA66(GF入り)						
接合方法	射出成形						
レーザー発振器	ファイバレーザー						
波形	連続波						
出力(W)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
波長(nm)	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070
スポット径(μm)	21	47	47	80	80	80	80
エネルギー密度(W/μm ²)	6.0	1.1	1.1	0.4	0.4	0.4	0.4
レーザー照射速度(mm/sec)	4300	10000	6000	10000	6000	6000	6000
ライン本数	22	37	28	37	28	28	28
ライン間隔(b1)(mm)	0.27	0.16	0.21	0.16	0.21	0.21	0.21
繰返し回数(回)	1	1	1	1	1	3	10
処理面積(mm ²)	90	90	90	90	90	90	90
加工時間(s)	0.16	0.11	0.14	0.11	0.14	0.44	1.50
引張り接合強度(MPa)	2	7	3	8	9	25	37

【符号の説明】

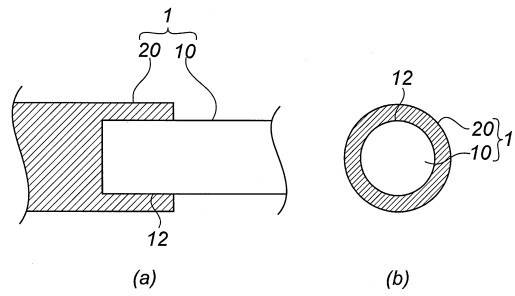
【 0 0 6 9 】

- 1 複合成形体
- 1 0 金属成形体
- 1 2 接合面
- 2 0 樹脂成形体

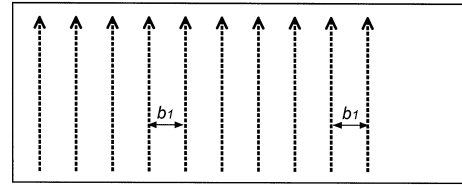
【図 1】



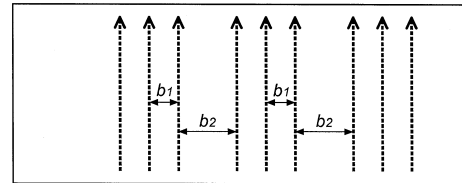
【図 2】



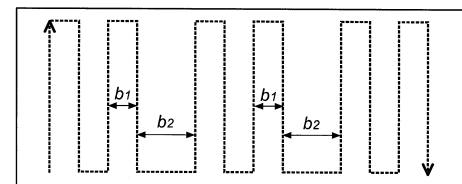
【図 3】



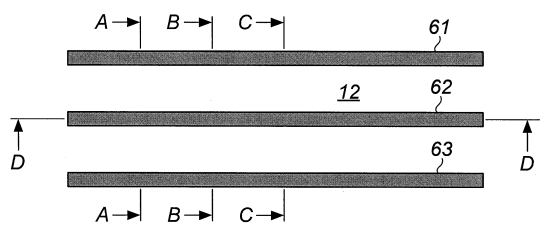
【図 4】



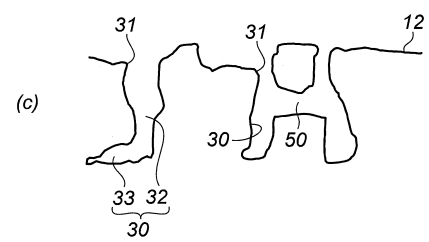
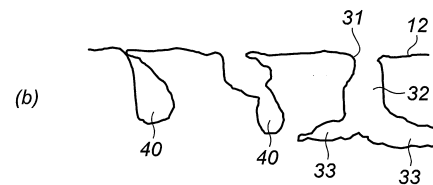
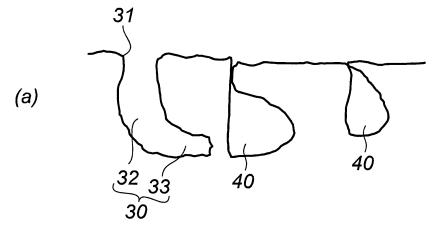
【図 5】



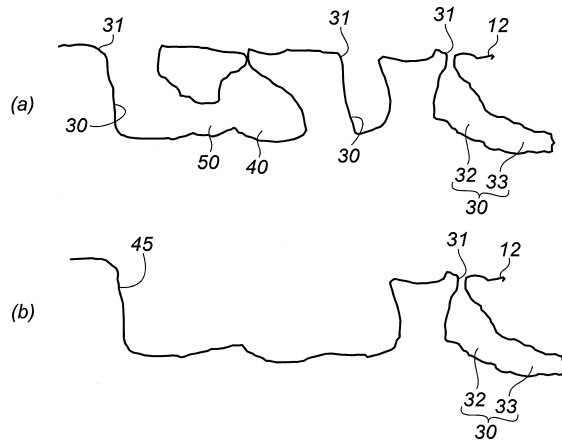
【図 6】



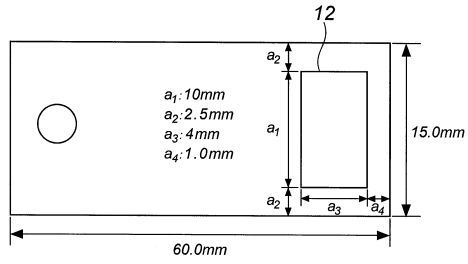
【図 8】



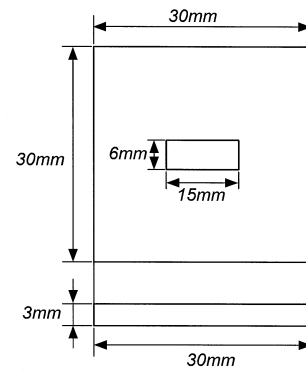
【図 7】



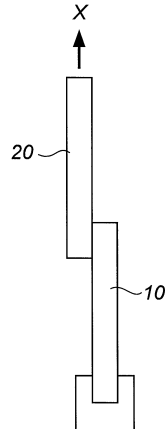
【図 9】



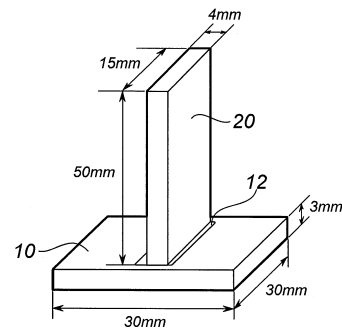
【図 18】



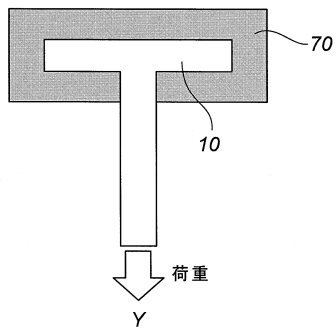
【図 17】



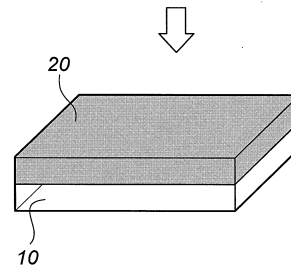
【図 19】



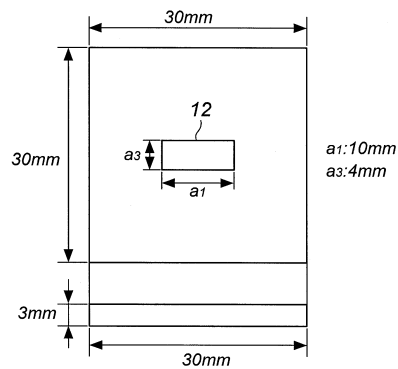
【図 20】



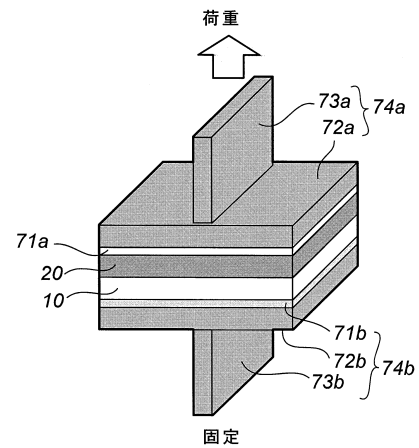
【図 22】



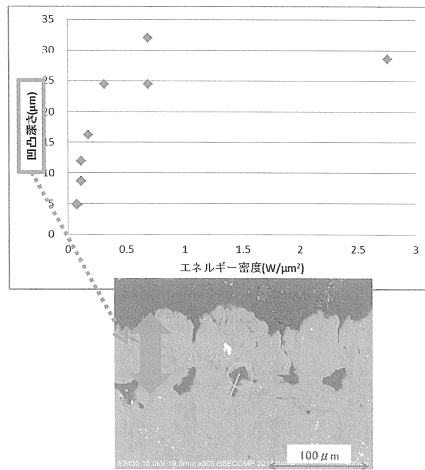
【図 21】



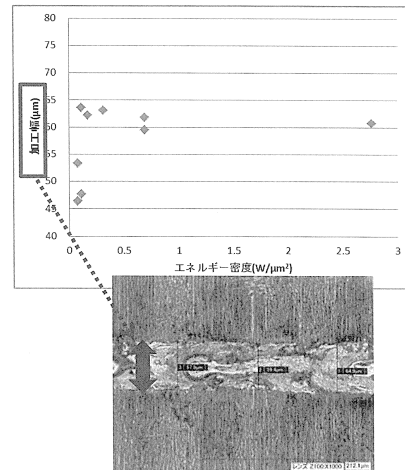
【図 23】



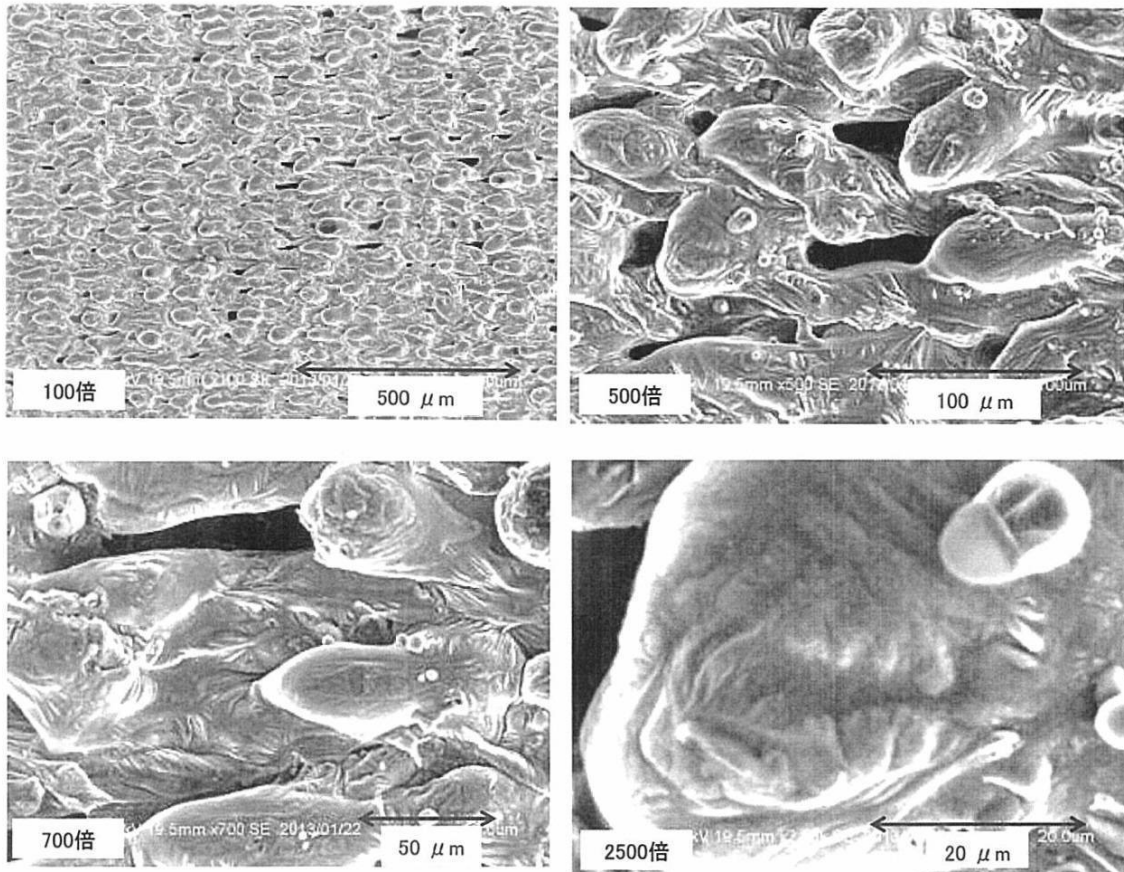
【図 3 2】



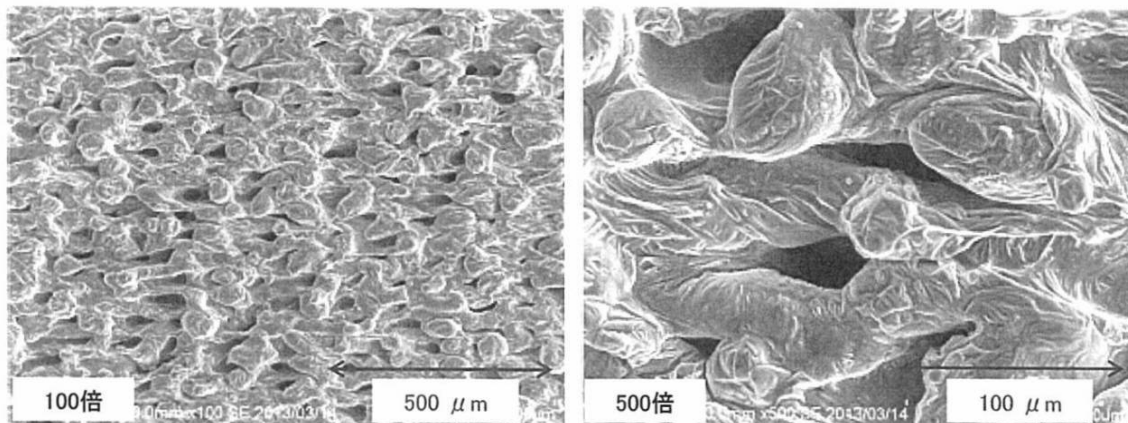
【図 3 3】



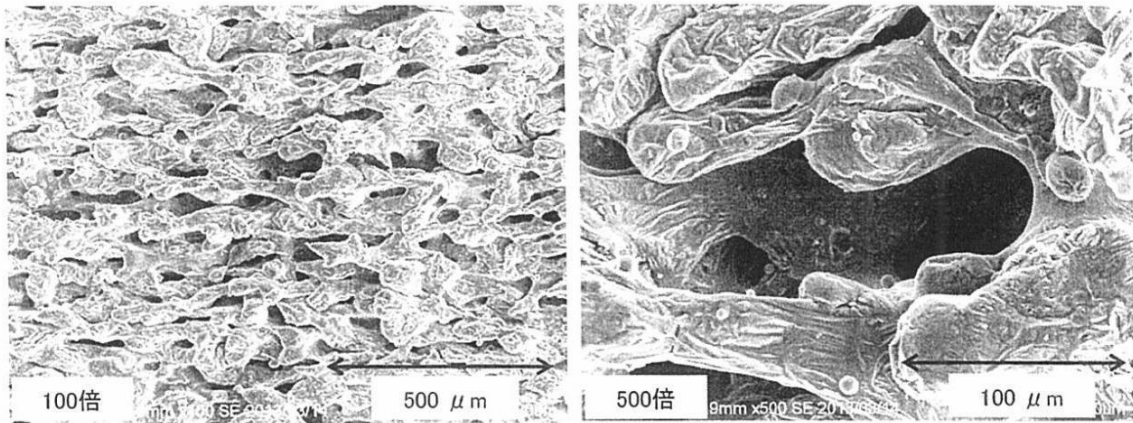
【図 10】



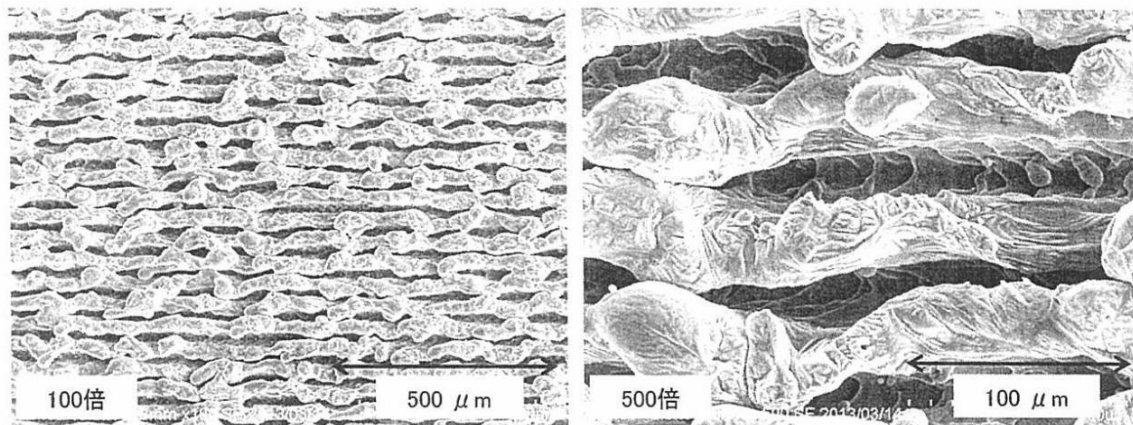
【図 11】



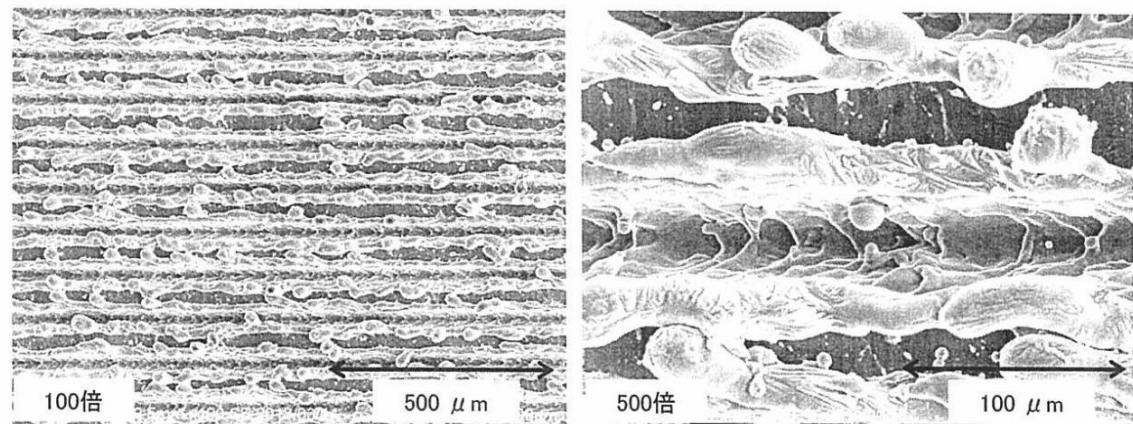
【図 1 2】

実施例3 金属表面SEM写真

【図 1 3】

実施例4 金属表面SEM写真

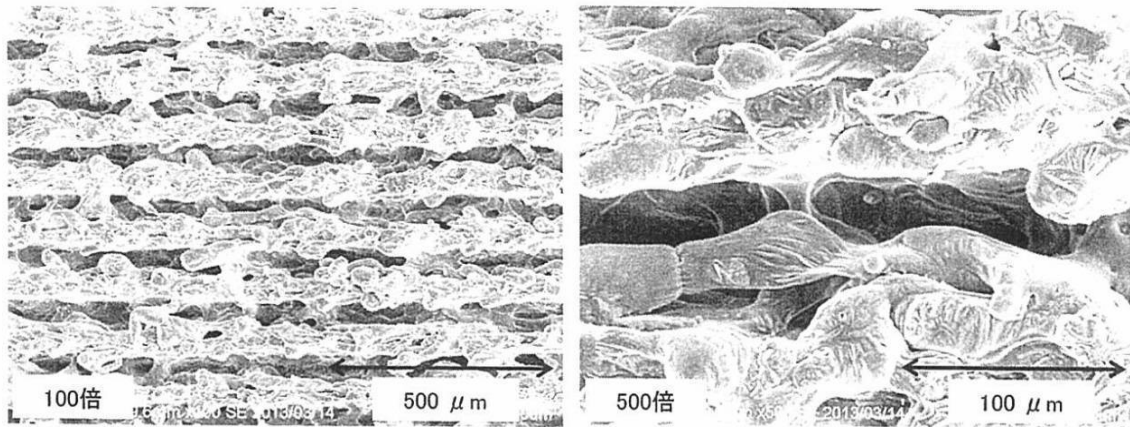
【図 1 4】

実施例5 金属表面SEM写真

【図15】

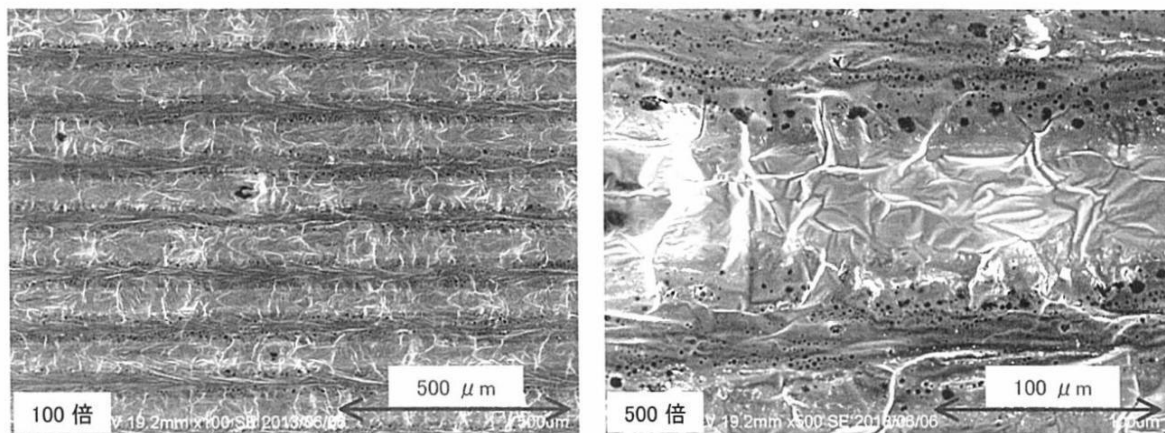
実施例6

金属表面SEM写真

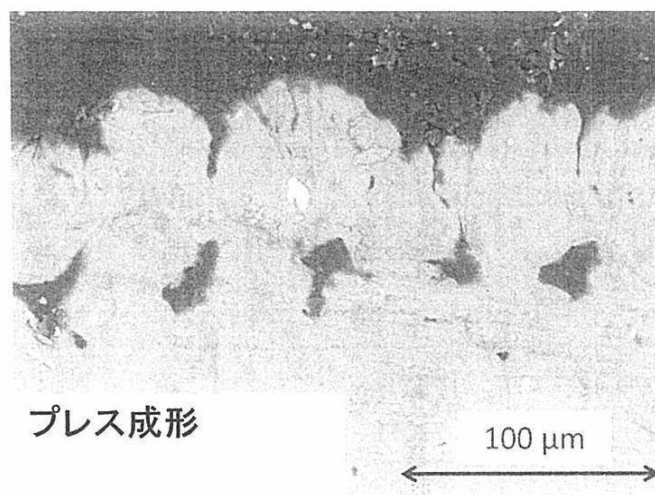


【図16】

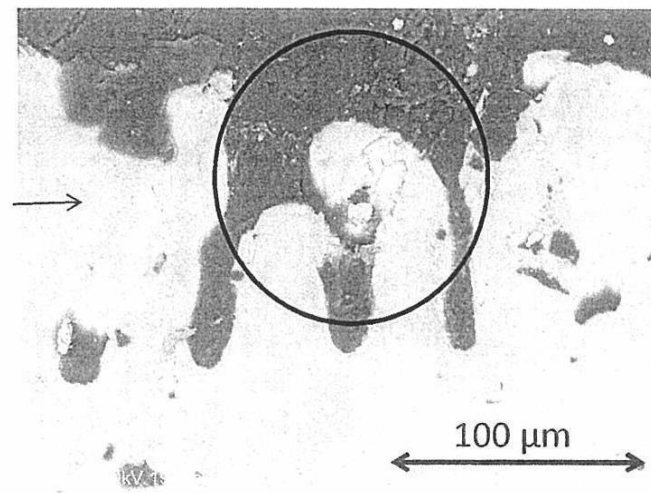
金属表面SEM(表1、比較例2)



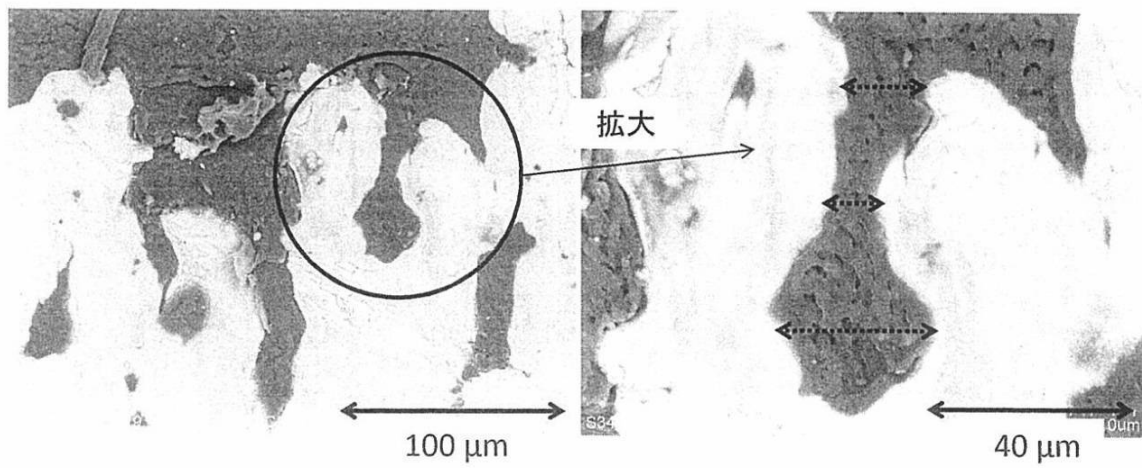
【図24】



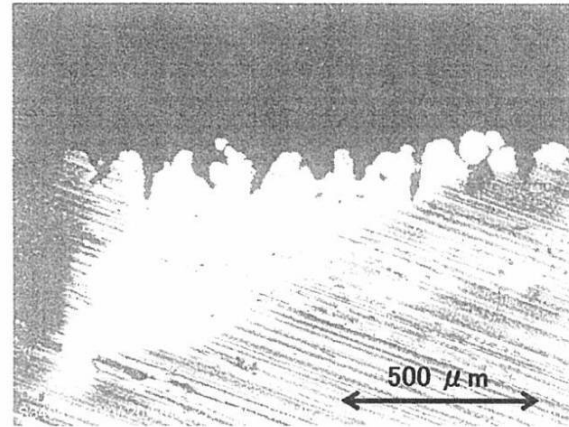
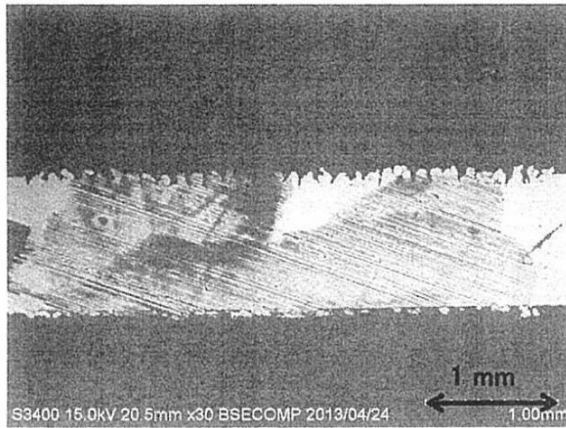
【図 2 5】

接合面断面SEM

【図 2 6】

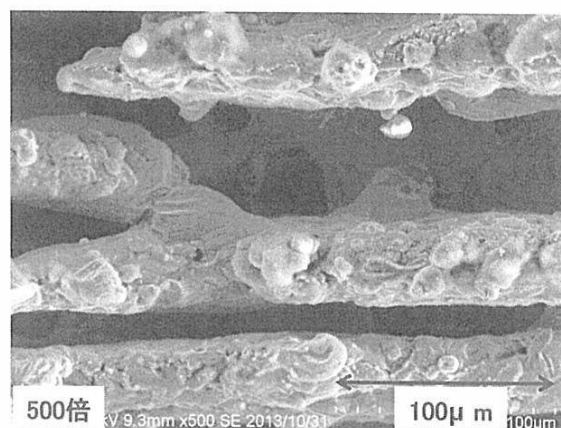
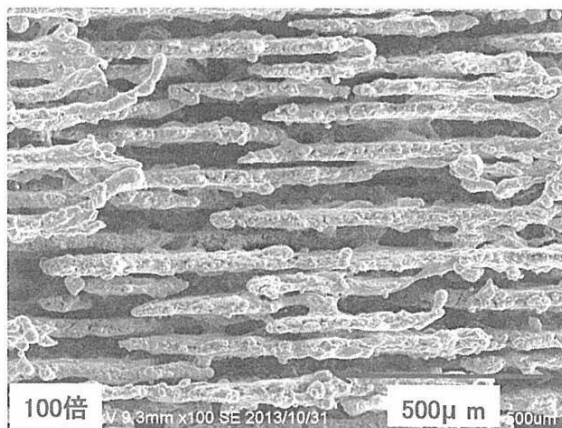
接合面断面SEM

【図 27】

金属断面SEM写真

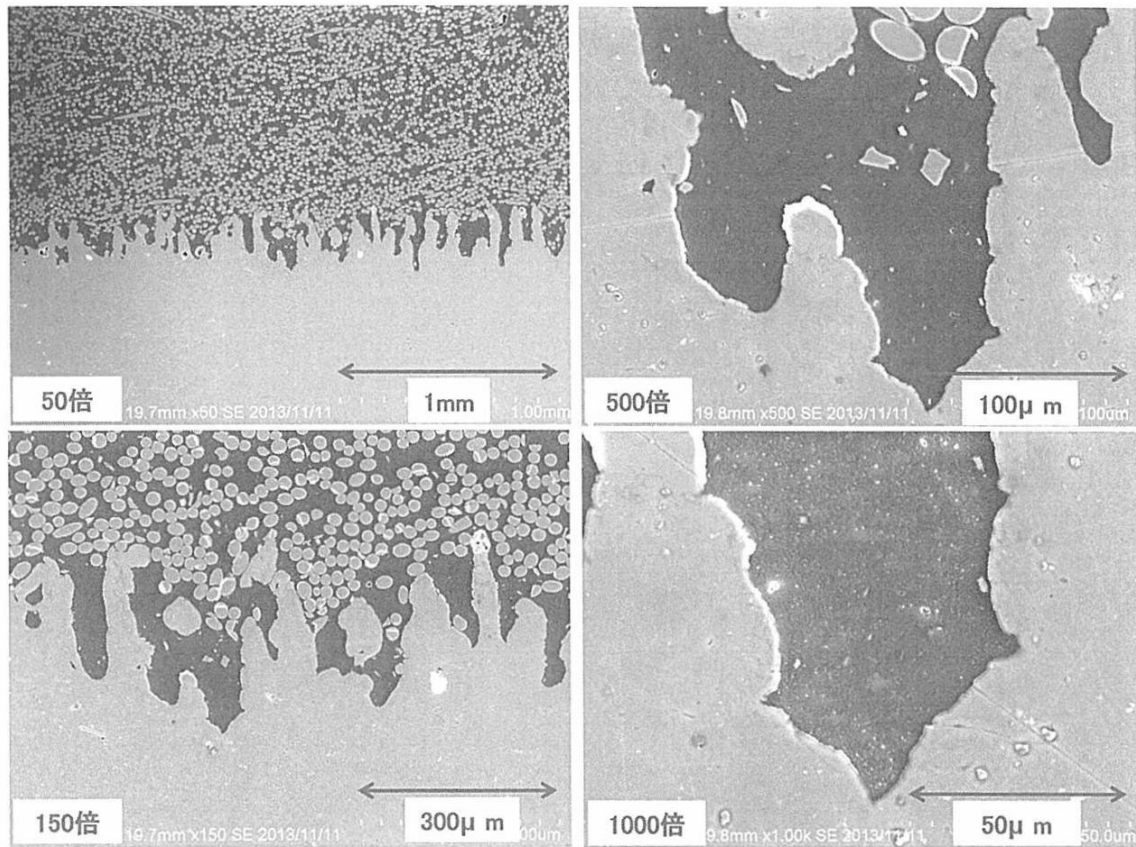
【図 28】

表4 実施例16



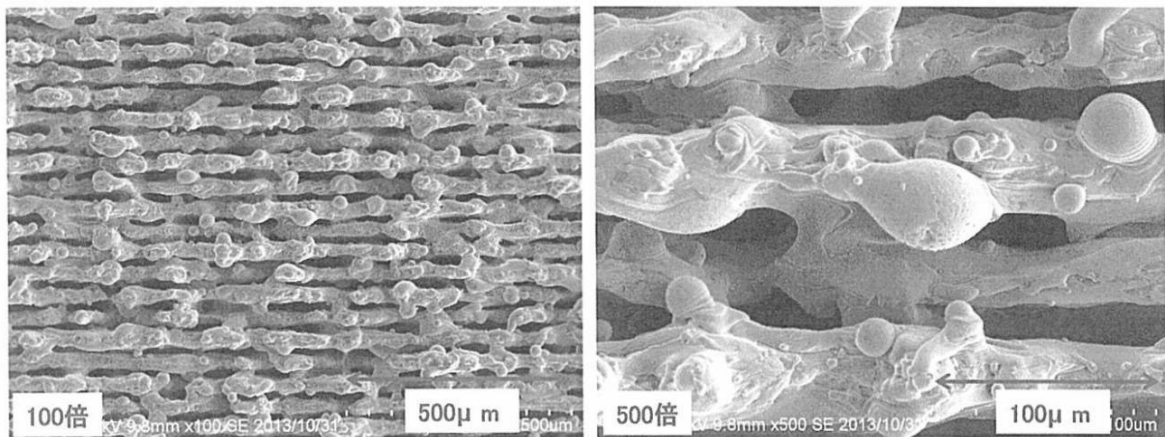
【図 29】

表4 実施例16



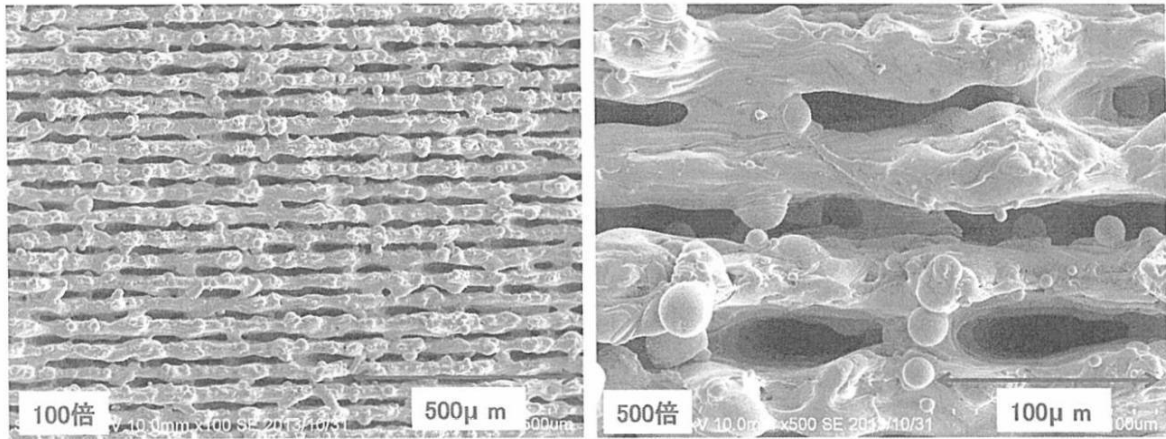
【図 30】

表4 実施例17



【図 3 1】

表4 実施例21



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2013-264914(P2013-264914)

(32)優先日 平成25年12月24日(2013.12.24)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(72)発明者 朝見 芳弘

兵庫県姫路市広畑区富士町12 ダイセルポリマー株式会社 広畑工場内

審査官 川崎 良平

(56)参考文献 特開平01-101699(JP,A)

特開2002-082320(JP,A)

国際公開第2012/090671(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

B23K 26/00

B29C 45/14