

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2011/045895 A1

(43) 国際公開日

2011 年 4 月 21 日(21.04.2011)

PCT

- (51) 国際特許分類:
B32B 3/30 (2006.01) B32B 15/14 (2006.01)
B32B 15/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/005659
- (22) 国際出願日: 2010 年 9 月 16 日(16.09.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-239152 2009 年 10 月 16 日(16.10.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アイシン精機株式会社(AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 朝生 敏裕 (ASO, Toshihiro) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP). 内海 朗(UCHIMI, Akira) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 ア

イシン精機株式会社内 Aichi (JP). 鈴木 康弘 (SUZUKI, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP). 鶴賀 利幸(TSURUGA, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP).

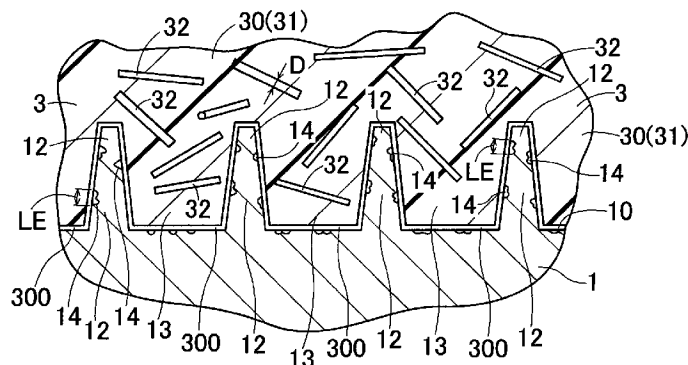
- (74) 代理人: 大川 宏(OHKAWA, Hiroshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅 3 丁目 2 番 5 号 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: COMPOSITE MOLDED ARTICLE

(54) 発明の名称: 複合成形品

[図2]



(57) Abstract: Provided is a composite molded article which has high resistance to peeling at the interface thereof and suppresses excessive peeling of a fiber-reinforced polymer portion even when subjected repeatedly to thermal shock. The composite molded article comprises a metal member having a surface of a metal base; and a fiber-reinforced polymer portion constituted of a polymer material as a matrix for covering at least a part of the surface of the metal member and a plurality of reinforcing fibers for reinforcing the matrix. The surface of the metal member has projections juxtaposed regularly or irregularly at a pitch distance larger than the diameters of the reinforcing fibers. The juxtaposed projections form spaces for penetration of a part of the matrix and penetration of at least a part of the reinforcing fibers.

(57) 要約: 界面における耐剥離性を高めることができ、熱衝撃が繰り返して作用するときであっても、繊維強化高分子材料部の過剰剥離を抑制できる複合成形品が提供される。複合成形品は、金属を母材とする表面をもつ金属部材と、金属部材の表面の少なくとも一部に被覆されマトリックスとなる高分子材料とマトリックスを補強する複数の補強繊維とを有する繊維強化高分子材料部とを有する。金属部材の表面は、補強繊維の径よりも大きなピッチ間隔を隔てて周期的にまたは不規則的に複数並設された突部を有する。対向する突部は、マトリックスの一部が進入し且つ補強繊維のうちの少なくとも一部が進入できる進入空間を形成する。



WO 2011/045895 A1



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称：複合成形品

技術分野

[0001] 本発明は、金属部材の表面に繊維強化高分子材料部を被覆した構造をもつ複合成形品に関する。

背景技術

[0002] 従来、金属を母材とする表面をもつ金属部材と、金属部材の表面に被覆された樹脂部とからなる複合成形品が知られている（特許文献１～３）。特許文献１によれば、金属部材の表面にケミカルエッチングを施し、そのエッチング面に樹脂が被覆されるように熱可塑性樹脂を射出成形によりインサート成形して樹脂部を形成し、複合成形品を形成する。この文献によれば、冷熱サイクルが繰り返されたとしても、高い気密性を確保できると記載されている。特許文献２によれば、マグネシウム合金で形成された金属部材の表面に化成処理を施し、金属酸化物、金属炭酸化物、金属リン酸化物からなる表層を形成し、その後、表層の凹凸部に、ポリブチレンテレフタレート樹脂またはポリフェニレンサルファイド樹脂を主成分とする樹脂層を被覆させた複合成形品が開示されている。このものでは、表層には、直径で約１０ナノメートル、長さ１００ナノメートル程度の円形柱が多数形成されている。特許文献３によれば、金属材料で形成された金属部材と樹脂材料とを重ね合わせた状態で、接合部に存在する樹脂材料を２００～１５００℃にレーザビームを用いて加熱させ、接合部の樹脂材料に気泡を発生させる接合方法が開示されている。気泡は０．０１～５．０ミリメートルとされている。このものによれば、金属部材と樹脂材料との接合強度を高めることができると記載されている。

特許文献１：特開２００１－２２５３５２号公報

特許文献２：特開２００７－３０１９７２号公報

特許文献３：国際公開WO 2007/029440号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] 上記した複合成形品では、金属部材の表面と金属部材の表面に被覆された樹脂部との界面における剪断強度をできるだけ高めることができ、樹脂部の剥離を抑制できる。しかしながら、厳しい冷熱サイクルが繰り返して作用するような厳しい使用環境で複合成形品が使用される場合には、上記した複合成形品は、必ずしも充分に対応できず、樹脂部が過剰剥離するおそれがある。例えば、車両のエンジンルームに代表される厳しい環境では、厳しい冷熱サイクルが繰り返して複合成形品に作用するため、充分に対応できず、使用期間が長くなると、樹脂部が過剰剥離するおそれがある。

[0004] 本発明は上記した実情に鑑みてなされたものであり、金属部材の表面と金属部材の表面に被覆された繊維強化高分子材料部との界面における耐剥離性を高めることができ、加熱および冷却に起因する厳しい熱衝撃が繰り返して複合成形品に作用するときであっても、繊維強化高分子材料部の過剰剥離を抑制できる複合成形品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

[0005] 様相 1 の本発明に係る複合成形品は、(i) 金属を母材とする表面をもつ金属部材と、(i i) 金属部材の表面の少なくとも一部に被覆され、マトリックスとなる高分子材料とマトリックスを補強する複数の補強繊維とを有する繊維強化高分子材料部とを具備しており、(i i i) 金属部材の表面は、補強繊維の径よりも大きなピッチ間隔を隔てて周期的にまたは不規則的に複数並設された突部を有しており、(i v) 対向する突部は、繊維強化高分子材料部を構成する高分子材料の一部が進入し且つ補強繊維のうちの少なくとも一部が進入できる進入空間を形成している。

[0006] 本発明によれば、金属部材の表面に形成された突部は、補強繊維の径よりも大きなピッチ間隔を隔てて周期的にまたは不規則的に複数並設されている。従って、金属部材と繊維強化高分子材料部との界面に発生する剪断応力に基づく歪を、突部により分断することができる。このため熱衝撃が繰り返し

て作用する厳しい環境において複合成形品が使用されるときであっても、界面における剥離を抑えることができる。更に、進入空間には、繊維強化高分子材料部のマクリックスを構成する高分子材料の一部が進入する。これにより金属部材の表面と繊維強化高分子材料部との界面における剪断強度を更に高めることができる。更に、対向する突部間で形成される進入空間には、補強繊維のうちの少なくとも一部が進入でき、進入空間に進入されている高分子材料を補強繊維で補強するのに有利となる。これにより前記した界面における剪断強度を一層高めることができる。

[0007] ところで、金属部材の表面と繊維強化高分子材料部との界面に着目すると、補強繊維それ自体が界面に存在する確率は低い。繊維強化高分子材料部を構成する高分子材料で形成された薄層が界面に存在している確率が高いと考えられる。以下、薄層をWBL（WBL：Weak Boundary Layer）とも称する。ここで薄層は、高分子材料で形成されており、補強繊維が存在している確率が低いため、繊維強化高分子材料部それ自体の強度に比較すると、機械的強度が劣る層であると考えられる。この場合、熱衝撃等の力が界面に作用した場合には、応力集中により薄層が破壊する可能性がある。上記したように対向する突部間に存在する進入空間に、補強繊維のうちの少なくとも一部が進入すると、薄層が存在していたとしても、補強繊維の補強効果により、界面における剪断強度を高めることができると考えられる。

[0008] 様相２の本発明に係る複合成形品によれば、更に、突部を形成する壁面は、進入空間に露出する複数の微小凹部および／または微小凸部を有する。

[0009] 更に様相２に係る本発明によれば、突部を形成する壁面は、進入空間に露出する複数の微小凹部および／または微小凸部を有する。微小凹部は、進入空間の開口寸法よりも小さな微小開口をもつ。微小凸部は、進入空間の開口寸法よりも小さな突出量をもつ。突部の壁面に形成されている微小凹部および／または微小凸部により、金属部材と繊維強化高分子材料部との界面における係合度を更に高め、前記した進入空間に進入されている高分子材料の剪断強度を一層高めることができ、界面における耐剥離性を向上させる。

発明の効果

[0010] 以上説明したように本発明によれば、金属部材と繊維強化高分子材料部との界面における剪断応力に基づく歪みを、突部により分断させることができる。このため界面における剪断破壊に対する耐久性を高めることができ、界面における剥離を抑制できる。このため、加熱および冷却に起因する熱衝撃が長期間にわたり繰り返して作用する環境において複合成形品が使用されるときであっても、界面における過剰剥離を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施形態 1 に係り、金属部材の厚み方向に沿って切断した突部を模式的に示す断面図である。

[0012] [図2]実施形態 1 に係り、金属部材の突部に F R P 部が被覆されている状態を模式的に示す断面図である。

[0013] [図3]実施形態 1 に係り、転造前の金属部材の表面を模式的に示す断面図である。

[0014] [図4]実施形態 1 に係り、金属部材の表面を転造しつつ突部を形成している状態を模式的に示す断面図である。

[0015] [図5]実施形態 1 に係り、金属部材の表面に形成されている突部を模式的に示す平面図である。

[0016] [図6]実施形態 2 に係り、図 6 A は金属部材の表面に形成されている進入空間を模式的に示す平面図であり、図 6 B は金属部材の表面に形成されている進入空間を模式的に示す断面図（V I - V I 線に沿った断面図）である。

[0017] [図7]実施形態 3 に係り、転写用の成型型の加圧により金属部材の表面に突部を転写させる状態を模式的に示す図である。

[0018] [図8]実施形態 4 に係り、金属部材の表面に形成されている突部を模式的に示す平面図である。

[0019] [図9]実施形態 5 に係り、金属部材の表面に形成されている突部を模式的に示す平面図である。

[0020] [図10]実施形態 6 に係り、突部を形成する転写加工要素を部分的に示す平面

図である。

- [0021] [図11]実施形態 7 に係り、金属部材の表面に形成されている突部を模式的に示す断面図である。
- [0022] [図12]実施形態 7 に係り、金属部材の表面の突部に F R P 部が被覆されている状態を模式的に示す断面図である。
- [0023] [図13]実施形態 9 に係り、金属部材の表面に形成されている突部を模式的に示す断面図である。
- [0024] [図14]実施形態 9 に係り、金属部材の表面の突部に F R P 部が被覆されている状態を模式的に示す断面図である。
- [0025] [図15]実施形態 1 0 に係り、金属部材の表面にマスキング部材を被覆した状態でブラスト処理した状態を模式的に示す断面図である。
- [0026] [図16]実施形態 1 0 に係り、金属部材の表面の突部に F R P 部が被覆されている状態を模式的に示す断面図である。
- [0027] [図17]図 1 7 A および図 1 7 B は実施形態 1 1 に係り、金属部材の表面に形成された突部を模式的に示す平面図である。
- [0028] [図18]三層積層体を熱膨張変化形態を模式的に示す図である。
- [0029] [図19]W B L に作用する剪断応力と突部間のピッチ間隔 L A との関係を示すグラフである。
- [0030] [図20]試験片の斜視図である。
- [0031] [図21]走査型電子顕微鏡で撮像した写真図（倍率 5 0 倍）である。
- [0032] [図22]走査型電子顕微鏡で撮像した拡大写真図（倍率 2 0 0 倍）である。
- [0033] [図23]試験片の斜視図である。
- [0034] [図24]ガラス繊維含有のナイロンで試験片の F R P 部を形成した場合において、横軸を突部のピッチ間隔とし、縦軸を剪断強度および保持率（％）にした関係を示すグラフである。
- [0035] [図25]ガラス繊維含有の P P S 樹脂で試験片の F R P 部を形成した場合において、横軸を突部のピッチ間隔とし、縦軸を剪断強度および保持率（％）とした関係を示すグラフである。

[0036] [図26]横軸を（進入空間の深さ／突部間のピッチ間隔）に関する α 値とし、縦軸を接合破断強度および保持率（%）とした関係を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

[0037] 界面に発生する剪断応力に基づく歪の分断について、本発明の図18に示す三層積層体（初期寸法： l_i ）を例にとって説明する。第1層（ $x=1$ ）は樹脂層、第3層（ $x=3$ ）は金属部材、中間層である第2層（ $x=2$ ）はWBLとする。この積層体に ΔT の温度変化が与えられると、各層（ $x=1 \sim 3$ ）は、式1で示される Δl_x （ $x=1 \sim 3$ ）ぶん寸法変化して l_x （ $x=1 \sim 3$ ）になろうとする。すなわち、第1層（ $x=1$ ）については、基本的には、 $\Delta l_1 = l_i \cdot \beta_1 \cdot \Delta T$ となる。第2層（ $x=2$ ）については、基本的には、 $\Delta l_2 = l_i \cdot \beta_2 \cdot \Delta T$ となる。第3層（ $x=3$ ）については、基本的には、 $\Delta l_3 = l_i \cdot \beta_3 \cdot \Delta T$ となる。従って第1層（ $x=1$ ）の長さ l_1 については、基本的には、 $l_1 = l_i + \Delta l_1$ となる。第2層（ $x=2$ ）の長さ l_2 については、基本的には、 $l_2 = l_i + \Delta l_2$ となる。第3層（ $x=3$ ）の長さ l_3 については、基本的には、 $l_3 = l_i + \Delta l_3$ となる。

[0038] しかし各層（ $x=1 \sim 3$ ）の界面は互いに接合されているため、自由に滑ることができない。よって、 ΔT の温度変化が発生するとき、三層積層体の実際の長さは l' となる。 l' と l_x との差は、各層に歪として残存する。歪によって発生する剪断応力が材料の剪断強度を超えると、亀裂が発生し、成長すると考えられる。

l' では、各層の歪により生じる引張力と圧縮力とのバランスが取れている筈である。よって力の釣り合いは基本的には式2となり、三層積層体の平均寸法 l' が求まる。寸法変化に相当する歪量 Δl_x （ $\Delta l_x = l' - l_x$ ）に基づく各層の剪断応力 τ_x は、各層の厚み d_x と関係し、基本的には式3で求まると考えられる。

[0039] 式3により求められる剪断応力 τ_2 が、第2層であるWBLの剪断強度を上回るとき、WBLに亀裂が発生すると考えられる。この際に第1層と第3層との線膨張差による応力を考えることは言うまでもないが、WBL自体の線

膨張によっても歪が発生し、剪断応力が発生する。このため界面の接合状態によっては、WB Lに微細な亀裂が発生する。このため、冷熱サイクルの繰り返しに基づく熱衝撃により、亀裂が成長するため、WB Lの破壊に至ると考えられる。

[0040] [数1]

$$\Delta l_x = l_i \beta_x \Delta T \quad \dots \text{式1}$$

l_i : 初期寸法 β_x : x層の線膨張係数 ΔT : 温度変化

[0041] [数2]

$$\begin{aligned} A_1 E_1 (l' - l_1) + A_2 E_2 (l' - l_2) + A_3 E_3 (l' - l_3) &= 0 \\ l' &= \frac{A_1 E_1 l_1 + A_2 E_2 l_2 + A_3 E_3 l_3}{A_1 E_1 + A_2 E_2 + A_3 E_3} \end{aligned} \quad \dots \text{式2}$$

A_x : x層断面積 E_x : x層縦弾性係数（ヤング率）

[0042] [数3]

$$\begin{aligned} \gamma_x &= \Delta l_x / d_x = \tau_x / G_x \quad \dots \text{式3} \\ \tau_x &= \Delta l_x \times G_x / d_x \end{aligned}$$

γ_x : x層剪断歪 G_x : x層横弾性係数（剛性率）

τ_x : x層剪断応力 d_x : x層厚み

[0043] なお、水、酸化、アルカリなどの浸透による加水分解や有機溶媒による応力割れ等に代表される化学的劣化がWB L等に加わることがあるため、WB Lの機械的物性の低下が更に進行し、より低い剪断応力でWB Lが破壊に至るようになるおそれがある。WB Lが破壊すれば、第1層と第2層との剥離が進行すると考えられる。上記した式3に基づけば、WB Lに作用する剪断応力τ₂を小さくさせるためには、歪Δl₂を分断させて小さくさせること、（i i）高分子材料の剛性を低下させて横弾性係数（剛性率）G₂を小さくさせることが有効であることがわかる。そこで本発明者は、（i）を考慮し、

壁や杭のような複数の突部を所定のピッチ間隔以下で周期的または不規則的に金属部材の表面に形成することが有効であると着想した。このように歪を複数の突部により分断させるという着想に基づいて、本発明は開発されている。対向する突部のピッチ間隔としては、式3に基づいて求めることができる。

[0044] 一例として、ガラス繊維で強化したPPS樹脂からなるFRP部をアルミニウム合金の金属部材に被覆させた複合成形品について説明を加える。この場合、初期寸法 l_i （対向する突部間のピッチ間隔 LA に相当）と剪断応力 τ_2 との関係を求めた。その結果を図19の特性線WAとして示す。この場合、 $23^{\circ}\text{C} \leftrightarrow \text{マイナス} 40^{\circ}\text{C}$ の冷熱サイクルを1サイクルとし、FRP部の厚みを3ミリメートル、金属部材の厚みを3ミリメートルとし、WBLの厚みは10ナノメートルとした。算出にあたって用いた物性値を表1に示す。

[0045]

[表1]

	線膨張係数 ($1/K$)	縦弾性係数 (MPa)	横弾性係数 (MPa)	剪断強度 (MPa)	破断伸び (%)
アルミニウム合金	2.37×10^{-5}	70000	27000	—	—
FRP部	1.70×10^{-5}	10800	4100	190	2.2
WBL (PPS樹脂)	8.00×10^{-5}	3900	1500	85	30

FRP部はガラス繊維をPPS樹脂に配合したもの (ガラス繊維: 30質量%)

[0046] 図19において、PPS樹脂自体の剪断強度を特性線 S_t として示す。特性線 S_t を上回る領域では、界面に存在するWBL自体が破壊するおそれがある領域を示し、特性線 S_t を下回る領域では、界面に存在するWBL自体の破壊が発生しない領域を示すと考えられる。図19の特性線 W_A によれば、対向する突部間の初期寸法 l_i (対向する突部間のピッチ間隔 L_A に相当

）が 1.0×10^{-4} メートル＝１００マイクロメートルを大きく超えていれば（例えば３０００マイクロメートルよりも大きい側に超える場合）、界面に存在するＷＢＬが破壊されるおそれがあり、界面における剥離が促進すると考えられる。これに対して、図１９の特性線ＷＡによれば、ＰＰＳ樹脂の場合には、対向する突部間の初期寸法 l_i が１００マイクロメートル以下であれば、界面に存在するＷＢＬの破壊が阻止され、界面における剥離が発生しないと考えられる。従って、金属部材としてアルミニウム合金が用いられ、繊維強化高分子材料部（ＦＲＰ部）を構成する高分子材料としてＰＰＳ樹脂が用いられている場合には、界面剥離を防止させるためには、図１９に基づけば、対向する突部間のピッチ間隔 L_A については１００マイクロメートル以下に設定することがひとつの目安となり得ると考えられる。更に、ＰＰＳ樹脂を用いた複合成形品の実用的な耐剥離強度を考慮すると、剪断応力は、図１９の特性線 S_r を下回れば良いと考えられる。この場合、対向する突部間の初期寸法 l_i （対向する突部間のピッチ間隔 L_A に相当）が５００マイクロメートルまたは１０００マイクロメートルを大きく超えていれば、界面に存在するＷＢＬが破壊されるおそれが高くなる。勿論、１００マイクロメートルおよび１０００マイクロメートルはひとつの目安に過ぎず、ＷＢＬの材質、剛性および厚み等の要因の如何に応じて、対向する突部間のピッチ間隔 L_A は適宜調整され、突部間のピッチ間隔 L_A は３０００マイクロメートル以下に設定することも、ひとつの目安となり得ると考えられる。このように高分子材料の剛性が変化すれば、当然、ピッチ間隔 L_A は変更される。なお、金属部材の表面に対して垂直方向から投影する平面視において前記突部は連結されている。

[0047] さて本発明によれば、進入空間および突部は、金属部材の表面に形成された転写面で形成されていることが好ましい。転写面としては、回転する転造ローラ、非回転の転動型等の転造要素（転写加工要素）の型面の凹凸を金属部材の表面に転写させた転造面（転写面）が挙げられる。転造ローラはローレットを含む。または転写面としては、成形型（転写加工要素）を型締めし

、成形型の成形面に形成されている凹凸を金属部材の表面に加圧させて転写できる。場合によっては、進入空間および突部は、投射体の群を金属部材の表面に衝突させるブラスト処理面で形成されていることもできる。投射体の群を構成する投射体としては、ショット、グリッド、砂粒子等が挙げられる。投射体の材質は金属、セラミックスが挙げられる。グリッドは、球状または疑似球状をなすショットよりも異形状をなす粒子を意味し、一般的には高い研削性をもつ。金属線材をこれの長さ方向に切断したほぼ円柱形状または疑似円柱形状をなすカットワイヤショットを用いることもできる。カットワイヤショットは、金属部材の表面に対して高い研削性をもつ。

[0048] 本発明によれば、金属部材を構成する金属は、アルミニウム、アルミニウム合金、マグネシウム、マグネシウム合金、鉄、鉄合金、チタン、チタン合金、銅、銅合金のうちの少なくとも1種であることが好ましい。繊維強化高分子材料部を構成する高分子材料は、樹脂でもゴムでも良い。樹脂は熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂のいずれでも良い。具体的には、高分子材料は、ナイロン（ポリアミド）、ポリイミド、ポリアセタール、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリブチレンテレフタレート（PBT）、ポリフェニレンサルファイド（PPS）、ポリエーテルサルホン（PES）、ポリエーテルイミド（PEI）、ポリフェニレンエーテル（PPE）、ポリサルホン、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリプロピレン、アクリル樹脂、塩化ビニル樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アクリロニトリルブタジエンスチレン（ABS）、アクリロニトリルブタジエン（AB）、液晶ポリマーのうちの少なくとも1種であることが好ましい。これらのうちの少なくとも1種を主要成分とするものでも良い。

[0049] 金属部材の表面は複数並設された突部を有する。対向する突部（最も接近して対向する突部）は、進入空間を形成するように、補強繊維の径Dよりも大きなピッチ間隔LAを隔てて周期的にまたは不規則的に形成されている。金属部材の表面に対して垂直方向から投影する平面視において、隣設する突

部は互いに連結されていることが好ましい。突部が強化され、突部の損傷が抑制される。進入空間には、繊維強化高分子材料部を構成する高分子材料の一部が進入するため、界面における接合強度を更に高めるのに有利である。この進入空間には、補強繊維のうちの少なくとも一部が進入できる。従って、突部間のピッチ間隔 L_A は補強繊維の径 D よりも大きくされている。突部を形成する壁面は、進入空間に露出する複数の微小凹部および／または微小凸部を有する。微小凹部は、進入空間の開口寸法よりも小さな微小開口をもつ。微小凸部は、進入空間の開口寸法よりも小さな突出量を有する微小開口をもつ。微小凹部および微小凸部は、例えばエッチング処理、転造加工、型成形で形成でき、更にはレーザビーム等の高エネルギー密度ビームを照射させても良い。

[0050] 繊維強化高分子材料部を構成する補強繊維は、ガラス繊維、セラミックス繊維、金属繊維、炭素繊維、高分子高強度繊維のうちの少なくとも1種であることが好ましい。セラミックス繊維として、アルミナ繊維、シリカ繊維、アルミナーシリカ繊維、窒化珪素繊維、炭素珪素繊維、ジルコニア繊維のうちの少なくとも1種が挙げられる。高分子高強度繊維としては超高強度ポリエチレン繊維、超高強度ポリビニルアルコール繊維、アラミド繊維、ポリアセタール繊維が挙げられる。補強繊維としては短繊維（繊維長：例えば1または2ミリメートル以下）、長繊維、ウイスカが挙げられる。繊維強化高分子材料部に埋設されている補強繊維の平均繊維長 K がピッチ間隔 L_A よりも小さい場合、平均繊維長 K がピッチ間隔 L_A に接近している場合（ $K/L_A = 0.5 \sim 2.0$ の範囲、 $0.8 \sim 1.5$ の範囲）には、進入空間に補強繊維を進入させて進入空間の高分子材料を補強させるのに貢献できる。

[0051] 金属部材の表面は、周期的にまたは不規則的に複数並設された突部を有する。対向する突部間のピッチ間隔を L_A とすると、 L_A は補強繊維の径 D よりも大きい（ $L_A > D$ ）。ピッチ間隔 L_A は、高分子材料の種類（剛性）、 WBL の厚みおよび補強繊維の径 D 等の要因に応じて設定されるが、 $10 \sim 5000$ マイクロメートルの範囲の任意値、 $20 \sim 4000$ マイクロメートル

ルの範囲の任意値、30～2000マイクロメートルの範囲の任意値、40～1000マイクロメートルの範囲の任意値を例示できる。ピッチ間隔 L_A の上限値としては、高分子材料の種類および補強繊維の径 D 等の要因に応じて、5000マイクロメートル、4000マイクロメートル、3000マイクロメートル、1500マイクロメートル、800マイクロメートル、500マイクロメートルが挙げられ、更には、400マイクロメートル、300マイクロメートル、200マイクロメートル、150マイクロメートル、130マイクロメートルが挙げられる。ピッチ間隔 L_A の下限値としては、高分子材料の種類（剛性）、 WBL の厚みおよび補強繊維の径 D 等の要因に応じて、10マイクロメートル、30マイクロメートル、50マイクロメートル、70マイクロメートルが挙げられる。

[0052] 根元のピッチ間隔 L_B は、高分子材料の種類（剛性）、 WBL の厚みおよび補強繊維の径 D 等の要因に応じて設定されるが、10～5000マイクロメートルの範囲の任意値、20～4000マイクロメートルの範囲の任意値、30～2000マイクロメートルの範囲の任意値、40～1000マイクロメートルの範囲の任意値を例示できる。ピッチ間隔 L_A の上限値としては、高分子材料の種類および補強繊維の径 D 等の要因に応じて、4000マイクロメートル、3000マイクロメートル、1500マイクロメートル、800マイクロメートル、500マイクロメートルが挙げられ、更には、400マイクロメートル、300マイクロメートル、200マイクロメートル、150マイクロメートル、130マイクロメートルが挙げられる。ピッチ間隔 L_A の下限値としては、高分子材料の種類（剛性）、 WBL の厚みおよび補強繊維の径 D 等の要因に応じて、10マイクロメートル、30マイクロメートル、50マイクロメートル、70マイクロメートルが挙げられる。

[0053] 開口寸法 L_C は、高分子材料の種類（剛性）、 WBL の厚みおよび補強繊維の径 D 等の要因に応じて設定されるが、10～5000マイクロメートルの範囲の任意値、20～4000マイクロメートルの範囲の任意値、30～2000マイクロメートルの範囲の任意値、40～1000マイクロメートル

ルの範囲の任意値を例示できる。ピッチ間隔 LA の上限値としては、高分子材料の種類および補強繊維の径 D 等の要因に応じて、5000マイクロメートル、4000マイクロメートル、3000マイクロメートル、1500マイクロメートル、800マイクロメートル、500マイクロメートルが挙げられ、更には、400マイクロメートル、300マイクロメートル、200マイクロメートル、150マイクロメートル、130マイクロメートルが挙げられる。ピッチ間隔 LA の下限値としては、高分子材料の種類（剛性）、 WBL の厚みおよび補強繊維の径 D 等の要因に応じて、10マイクロメートル、30マイクロメートル、50マイクロメートル、70マイクロメートルが挙げられる。

[0054] 上記した界面の強度を高めることを考慮すると、次のようにすることができる。すなわち、 WBL の厚みを t_w とすると、ピッチ間隔 LA としては $t_w \times (5 \sim 100)$ とすることができる。また $t_w \times (10 \sim 50)$ 、 $t_w \times (20 \sim 40)$ とすることができる。突部の高さを HA （進入空間の深さに相当）とすると、高さ HA としては $LA \times (0.5 \sim 2)$ とすることができる。また $LA \times (0.7 \sim 1.7)$ 、 $LA \times (1.0 \sim 1.5)$ とすることができる。微小凹部の微小開口は10マイクロメートル以下、7マイクロメートル以下、5マイクロメートル以下、3マイクロメートル以下とすることができる。

[0055] （実施形態1）

図1～図5は実施形態1の概念を模式的に示す。図1はFRP部3を被覆する前の金属部材1の断面を示す。図2はFRP部3を被覆した金属部材1の断面を示す。図2に示すように、複合成形品は、アルミニウム合金またはマグネシウム合金を母材とする表面10をもつ金属部材1と、金属部材1の表面10に被覆されたFRP部3（繊維強化高分子材料部）とで形成されている。FRP部3は、マトリックス30となる樹脂材料31（高分子材料）と、マトリックス30を補強する複数の補強繊維32（例えばガラス繊維など）とを有する。金属部材1の表面10は、補強繊維32の径 D よりも大き

なピッチ間隔 L_A （図1参照）を隔てて周期的に複数並設された突部12を有する。FRP部3を構成するマトリックス30の種類に応じて、ピッチ間隔 L_A は、例えば、40～500マイクロメートルの範囲内、50～300マイクロメートルの範囲内、70～150マイクロメートルの範囲内とされている。突部12の高さ H_A は例えば50～200マイクロメートルの範囲内、70～150マイクロメートルの範囲内とされている。ここで、 $L_A = H_A$ 、 $L_A \div H_A$ 、 $L_A > H_A$ 、 $L_A < H_A$ のいずれでも良い。

[0056] 図1に示すように、突部12を形成する壁面12cは互いに背向しており、且つ、隣設して向かい合う他の突部12を形成する壁面12cに対向している。壁面12cは、壁面12cで形成されている突部12の頂部に向かうにつれて接近するように底面12eに対して傾斜角 θ で傾斜している。このように壁面12cが傾斜されているため、突部12の根元のピッチ間隔 L_B （図1参照）は、突部12の頂部のピッチ間隔 L_A よりも小さくできる。この場合、界面における歪の分断性を高めるのに有利である。突部12を形成する壁面12cには、進入空間13に対面する複数の微小凹部14がアトラダムに形成されている。微小凹部14は、進入空間13の開口寸法 L_C よりも小さな微小開口をもつ。微小凹部14は、転造後のエッチング処理（ウェットエッチング処理）により形成できる。エッチング処理後に金属部材1を洗浄することが好ましい。金属部材1がアルミニウム合金等である場合には、金属部材1の表面10にはミクロ的な表面酸化薄膜が形成されていることが多い。転造による加圧により金属部材1の表面酸化薄膜の破壊が期待できる場合には、エッチング処理を促進させることができる。

[0057] 金属部材1がアルミニウム合金である場合には、エッチング液は、例えば、OF-901（荏原ユーザライト製）、水酸化マグネシウムを含むことができる。また、エッチング液は、溶媒を水とし、硫酸10g／リットル以上、フッ化アンモニウム10g／リットル以上を含むことができる。但し、エッチング液の成分および組成はこれらに限定されるものではない。

[0058] 上記したように突部12および微小凹部14を金属部材1に形成した後、

金属部材 1 を成形型のキャビティにセットした状態で射出成形して F R P 部 3 を成形できる。射出条件としては、例えば、金型温度 $40 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 、シリンダ温度 $250 \sim 350^{\circ}\text{C}$ 、射出圧力 $100 \sim 180\text{MPa}$ 、射出速度 $10 \sim 100\text{mm/sec}$ にできる。但し、これらに限定されるものではない。射出後において保圧工程を実行し、キャビティに装填された樹脂材料に加える圧力を保持した。これにより樹脂材料を突部 12 間の進入空間 13 および微小凹部 14 に良好に進入させるのに有利となる。保圧工程では、保圧力 $40 \sim 80\text{MPa}$ 、保圧時間 $10 \sim 15$ 秒間とした。射出成形した後に、F R P 部 3 を熱処理することが好ましい。この場合、樹脂の結晶化度を高めることを期待できる。

[0059] 図 1 に示すように、互いに対向する突部 12 により進入空間 13 が形成されている。図 2 に示すように、金属部材 1 の進入空間 13 には、F R P 部 3 のマトリックス 30 を構成する樹脂材料 31 の一部が進入し、且つ、補強繊維 32 のうちの少なくとも一部が進入する。これにより金属部材 1 と F R P 部 3 との界面における剪断強度の向上を期待できる。

エッチング処理前の進入空間 13 および突部 12 は、金属部材 1 の表面 10 に形成された転写面として機能する転造面 15 で形成されている。従って、突部 12 のピッチ間隔 L_A および突部 12 の高さ H_A を目標位置に目標どおりとなるように、複数の突部 12 を金属部材 1 の表面 10 に任意に形成することができる。従って、ピッチ間隔 L_A を全部の突部 12 にわたり均等としている。突部 12 の壁面 12c は底面 12e に対する勾配 θ (図 1 参照) をもつ。

[0060] 転造にあたり、図 3 に示す平坦状の表面 10 をもつ金属部材 1 を用いる。図 4 に示すように、リング形状の転造凸部 40 およびリング形状の転造溝部 41 をもつ転造ローラ 4 (転写加工要素) を回転させつつ、転造凸部 40 および転造溝部 41 を金属部材 1 の表面 10 に転写させる。これにより進入空間 13 および突部 12 は形成されている。この場合、金属部材 1 に単数の転造ローラ 4 を押し当てる方式でも良いし、あるいは、金属部材 1 を挟むよう

に２個１組の転造ローラ４（転写加工要素）を用いても良い。転造加工は、常温域で実行される冷間加工でも良いし、熱間状態で実行される熱間加工でも良いし、熱間と冷間との間の温間状態で実行される温間加工でも良い。転造が冷間加工として実行されると、加工硬化による突部１２の強化および圧密化を期待できる。温間加工または熱間加工であれば、成形容易性が期待できるため、金属部材１の材質が硬いものでも良い。

[0061] 本実施形態によれば、金属部材１の表面１０とＦＲＰ部３との界面に発生する剪断応力に基づく歪を、複数の突部１２により分断できる。このため金属部材１の表面１０とＦＲＰ部３との界面における剪断破壊に対する耐久性を高めることができる。よって加熱および冷却に起因する熱衝撃が長期間にわたり繰り返して複合成形品に作用するときであっても、界面の剥離が抑制され、ひいてはＦＲＰ部３の剥離が抑制される。更に本実施形態によれば、図２に示すように、進入空間１３には、ＦＲＰ部３のマトリックス３０を構成する樹脂材料３１および補強繊維３２の一部が進入する。これにより進入空間１３に進入した樹脂材料３１を補強繊維３２で補強させるのに有利となる。このため、金属部材１の表面１０とＦＲＰ部３との界面における剪断強度を更に高めることができ、耐剥離性を向上させることができる。

[0062] 更にまた、突部１２を形成する壁面１２ｃには、複数の微小凹部１４が形成されている。微小凹部１４は、突部１２間の進入空間１３に対面すると共に進入空間１３の開口寸法ＬＣよりも小さな開口寸法ＬＥ（図２参照）を有する微小開口をもつ。これにより金属部材１とＦＲＰ部３との係合度を更に高め、前記した界面における剪断強度を一層高めることができ、耐剥離性を一層向上させることができる。

[0063] ところで、金属部材１の表面１０と金属部材１の表面１０に被覆されたＦＲＰ部３との界面に着目すると、ＦＲＰ部３に含まれている補強繊維３２が界面に存在する確率は低く、ＦＲＰ部３を構成する樹脂のみで形成された薄層３００が界面に存在している確率が高いと考えられる。ここで薄層３００は、樹脂のみで形成されており、補強繊維３２の存在確率が低いため、ＦＲ

P部3自体に比較すると、機械的強度が劣る層であり、熱衝撃等の力が作用した場合には、応力集中により破壊する可能性がある。しかしながら上記したように対向する突部12間に形成される進入空間13に、補強繊維32のうちの少なくとも一部が進入すると、前記した界面における剪断強度を一層高めることができると考えられる。

[0064] 図5は金属部材1の表面10の平面視の一例を示す。平面視によれば、突部12は、互いに直交するX方向およびY方向に縦横に連結する格子壁状に形成されている。このため、複数の方向に対して剥離に対する耐久性を高めるのに有利である。進入空間13の平面視は四角形状（正方形、多角形状）をなす。平面視において進入空間13の中央部13cの回りを1周するように突部12が連続して形成されているため、進入空間13の中央部13cに対する異方性を低減させるのに有利である。よって、剥離に対する異方性を低減させるのに有利である。図5に示すように、突部12は交差して連結されているため、複数の交差部12kを有する。交差部12kにより突部12は補強されている。よって剪断応力が大きいときであっても、あるいは、突部12の厚みが薄いときであっても、突部12の転倒や変形はできるだけ抑えられている。このため歪を分断させる効果を長期にわたり維持できる。殊に転造加工が冷間で実行されるときには、加工硬化による突部12および交差部12kの強化を期待できる。但し、交差部12kを廃止し、各突部12を独立させても良い。

なお本実施形態によれば、場合によっては、耐剥離性が充分に得られるときには、エッチング処理を廃止し、微小凹部14を突部12に形成せずとも良い。この場合であっても、界面における剪断応力に基づく歪を突部12による分断できるため、FRP部3の耐剥離性を高めることができる。

[0065] （実施形態2）

図6は実施形態2を示す。本実施形態は実施形態1と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図6Aは複数個並設されている進入空間13の平面視を示す。図6Bは

図6AのV I - V I 線に沿った断面を示す。突部12で形成される進入空間13は、縦横に複数個形成されている。進入空間13は正四角錐形状をなしている。従って転造ローラ（転写要素）のうち進入空間13を構成する凸部は、中央部13cに相当する頂部を備える正四角錐形状をなしている。金属部材1に対する高い食い込み性が確保されている。進入空間13を構成する壁面12cは、三角形形状をなしている。底部の中央部13cは進入空間13のうち最も深い底部であり、上記した転造ローラのうち正四角錐形状の前記凸部の頂部の位置に相当する。なお $LA = LC$ （ $LA \div LC$ ）、 $LB = 0$ （ $LB \div 0$ ）とされており、図6Bに示すように、突部12のうち頂上部12pの厚みは実質的にゼロである。突部12の厚みは中央部13cに向かうにつれて厚くなり、突部12の全体の強度が確保されている。

[0066] （実施形態3）

図7は実施形態3を示す。本実施形態は実施形態1と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。保持型50の載置面50aに金属部材1を設置する。この状態で、転写用の型部52cをもつ成型型52（転写加工要素）を一方向（Z方向）に下降移動させ、金属部材1の表面10に加圧させる。その後、成型型52を保持型50から離間させるように上昇させる。これにより金属部材1の表面10に突部12および進入空間13が形成される。成型型52の加圧方向は一方向であり、成型型52の離間方向は加圧方向と反対方向であるため、突部12の転写精度が高い。成型加工は、冷間加工、熱間加工、温間加工でも良い。なお本実施形態においても、エッチング処理により微小凹部を形成することが好ましいが、耐剥離性が十分に確保されるならば、場合によってはエッチング処理を廃止しても良い。この場合であっても、界面における剪断応力に基づく歪を突部12による分断できるため、FRP部3の耐剥離性を高めることができる。

[0067] （実施形態4）

図8は実施形態4を示す。本実施形態は実施形態1～3と基本的には同様

の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図8は金属部材1の表面10に形成された突部12および進入空間13の平面図を示す。対向する突部12は、交差部12kにより補強されており、歪を分断させる効果を長期にわたり維持できる。進入空間13は平面視で四角形状（正方形）をなす。且つ、進入空間13の底面12eの中央部13cの深さが最も深くされている。中央部13cから突部12に向けて深さが浅くなっている。このように進入空間13の中央部13cが最も深くされているため、補強繊維32が進入空間13の中央部13cに進入し易くなっている。この場合、進入空間13に進入した樹脂材料を補強させるのに有利である。よって、FRP部3と金属部材1の表面10との界面の剥離を抑制させるのに有利である。なお本実施形態においても、エッチング処理を施して複数の微小凹部を突部12にアランダムに形成することが好ましい。但し、場合によっては、エッチング処理を廃止し、微小凹部を形成せずとも良い。この場合であっても、界面における剪断応力に基づく歪を突部12による分断できるため、FRP部3の耐剥離性を高めることができる。

[0068] （実施形態5）

図9は実施形態5を示す。本実施形態は実施形態1、2と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図9は金属部材1の表面10に形成された突部12および進入空間13の平面図を示す。進入空間13は平面で六角形状（多角形、正多角形）をなしている。進入空間13の底面12eの中央部13cの回りを1周するように突部12が連続して形成されているため、進入空間13の中央部13cに対する異方性を低減させるのに有利である。よって、剥離に対する異方性を低減させるのに有利である。進入空間13の深さは、中央部13cの深さが最も深くされていても良いし、あるいは、均一な深さでも良い。突部12のピッチ間隔LAは、突部12間の最長間隔とすることができる。なお本実施形態においても、エッチング処理を施し微小凹部を突部12に形成することが好ましい。但し、場合によっては、エッチング処理を廃止し、微小凹

部を形成せずとも良い。

[0069] (実施形態 6)

図 10 は実施形態 6 を示す。本実施形態は実施形態 1, 2 と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図 10 に示すように、断面円形状をなす複数の線材 401 を束ねて集合させることにより転写加工要素 400 が形成されている。対向する線材 401 間は隙間 402 となる。転写加工要素 400 を、金属部材の表面にほぼ垂直方向に沿って強圧させて押し込めば、隙間 402 に相当する部位に、突部 12 が形成される。突部 12 同士は連結されておらず、互いに独立して金属部材の表面から突出する。図 10 に示すように、対向する突部 12 間の開口寸法 LC は、基本的には、線材 401 の外径寸法に相当する。LC, LA を小さくさせるには、線材 401 の外径を小さくすれば良い。複数の線材 401 を束ねて集合させることにより転写加工要素 400 が形成されるため、転写加工要素 400 の構造が簡素化される。破損しても線材 401 を交換すれば良い。なお本実施形態においても、エッチング処理を施して微小凹部を突部 12 に形成することが好ましい。但し、場合によっては、エッチング処理を廃止し、微小凹部を形成せずとも良い。

[0070] (実施形態 7)

図 11 および図 12 は実施形態 7 を示す。本実施形態は実施形態 1, 2 と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。進入空間 13 および突部 12 は、アルミニウム合金で形成されている金属部材 1 の表面 10 に形成された転写面として機能する転造面として形成されている。対向する突部 12 間のピッチ間隔は不均等とされている。具体的に、複合成形品のうち、熱衝撃が相対的に小さな領域 M2 では、ピッチ間隔 LA2 を相対的に大きく設定されている。しかし熱衝撃が相対的に大きい領域 M1 では、ピッチ間隔 LA1 は相対的に小さくされており、従って、熱衝撃に起因する剪断応力に基づく歪を分断でき、界面における剥離を抑制できる。この場合、熱衝撃が相対的に大きい領域 M1 におい

て有利となる。更に、突部 12 を形成する壁面 12c は、進入空間 13 に露出する複数の微小凹部 14 を有する。これにより金属部材 1 の表面 10 と FRP 部 3 との界面における係合度を更に高め、前記した界面における剪断強度を一層高めることができる。本実施形態によれば、前記した各実施形態と同様に、加熱および冷却に起因する熱衝撃が長期間にわたり繰り返して複合成形品に作用するときであっても、FRP 部 3 の剥離が一層抑制される。なお本実施形態においても、エッチング処理を施し微小凹部 14 を突部 12 に形成することが好ましい。但し、場合によっては、エッチング処理を廃止し、微小凹部 14 を形成せずとも良い。

[0071] (実施形態 8)

図 1 ～図 5 を準用できる。本実施形態においても、進入空間 13 および突部 12 は、アルミニウム合金で形成されている金属部材 1 の表面 10 に形成された転造面で形成されている。本実施形態においても、熱衝撃に起因する剪断応力に基づく歪を分断でき、界面における剥離を抑制できる。突部 12 の高さを H_A とし、ピッチ間隔を L_A とし、マトリックス 30 に埋設されている補強繊維 32 (例えばガラス繊維) の平均繊維長を K とし、補強繊維 32 の径を D とすると、 L_A は $(1.2 \sim 5) \times H_A$ よりも大きくされている。更には、 $(2.0 \sim 4.0) \times H_A$ よりも大きくされている。この場合、 L_A は K および D よりも大きくされている。この場合、対向する突部 12 に形成されている進入空間 13 に、マトリックス 30 の樹脂が進入する他に、補強繊維 32 が進入し易くなる。この場合、界面の剪断強度をガラス繊維でできるだけ高めることが期待できる。このような本実施形態によれば、加熱および冷却に起因する熱衝撃が長期間にわたり複合成形品に繰り返して作用するときであっても、FRP 部 3 の剥離が一層抑制される。なお本実施形態においても、エッチング処理等を施し微小凹部を突部 12 に形成することが好ましい。但し、場合によっては、エッチング処理を廃止し、微小凹部を形成せずとも良い。

[0072] (実施形態 9)

図 1 3 および図 1 4 は実施形態 9 の概念を模式的に示す。本実施形態は実施形態 1, 2 と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。進入空間 1 3 および突部 1 2 は、アルミニウム合金で形成されている金属部材 1 の表面 1 0 に、ショット、グリッド、砂粒子等の投射体の群を衝突させたブラスト処理面 1 7 で形成されている。金属部材 1 の表面 1 0 のうち、硬度が相対的に低い部分が削られて進入空間 1 3 を形成すると考えられる。金属部材 1 の表面 1 0 のうち、硬度が相対的に高い部分、あるいは、投射体の衝突が少なかった部分が突部 1 2 を形成すると考えられる。対向する突部 1 2 間のピッチ間隔 L_A は不均等とされているが、前記した各実施形態と同様に、熱衝撃に起因する剪断応力に基づく歪を突部 1 2 により分断でき、界面における剥離を抑制できる。図 1 4 に示すように、進入空間 1 3 には、FRP 部 3 のマトリックス 3 0 を構成する樹脂材料 3 1 の一部が進入すると共に、補強繊維 3 2 (ガラス繊維) の一部が進入する。これにより金属部材 1 の表面 1 0 と FRP 部 3 との界面における剪断強度を高めることができる。

更に、対向する突部 1 2 間に存在する進入空間 1 3 には、補強繊維 3 2 のうちの少なくとも一部が進入できる。これにより進入空間 1 3 に進入する樹脂材料 3 1 を補強でき、界面における剪断強度を一層高めることができる。更にまた、突部 1 2 を形成する壁面 1 2 c は、進入空間 1 3 に露出する複数の微小凹部 1 4 を有する。これにより金属部材 1 と FRP 部 3 との界面における係合度を更に高め、前記した界面における剪断強度を一層高めることができる。本実施形態によれば、前記した実施形態と同様に、加熱および冷却に起因する熱衝撃が長期間にわたり繰り返して作用するときであっても、FRP 部 3 の剥離が一層抑制される。なお本実施形態においても、エッチング処理を施して微小凹部 1 4 を突部 1 2 に形成することが好ましい。

[0073] ブラスト処理とエッチング処理とが併用されているため、硬さが低い部位がブラスト処理で研削されると共に、化学的に溶解し易い部分が溶解されるため、突部 1 2 の形状を複合的に加工できる。更にエッチング処理後にブラ

スト処理されると、エッチング処理で形成された微小凹部がブラスト処理により潰れる弊害がある。しかし本実施形態によれば、エッチング処理前にブラスト処理されるため、上記した弊害が抑えられ、エッチング処理で形成された微小凹部が良好に維持される。また、金属部材 1 がアルミニウム合金等である場合には、金属部材 1 の表面 10 にはミクロ的な表面酸化薄膜が形成されていることが多い。ブラスト処理に基づく研掃作用または研削作用により、金属部材 1 の表面酸化薄膜の除去が期待できる。この場合、金属の母材の露出性が高くなるため、エッチング処理を促進させることができる。但し、場合によっては、エッチング処理を廃止し、微小凹部を形成せずとも良い。

[0074] (実施形態 10)

図 15 および図 16 は実施形態 10 の概念を模式的に示す。本実施形態は実施形態 1, 2 と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。進入空間 13 および突部 12 は、アルミニウム合金等の金属で形成されている金属部材 1 の表面 10 に投射体 500 の群を衝突させたブラスト処理面 17 で形成されている。図 15 に示すように、ブラスト処理では、被覆部 60 と空間 62 を有するマスキング部材 6 を用いる。マスキング部材 6 で金属部材 1 の表面 10 を覆った状態で、金属部材 1 の表面 10 に投射体 500 (空間 62 を通過できるサイズ) の群を上方から衝突させる。空間 62 に対面する部分は、ショット、グリッド、砂等の投射体 500 の衝突を許容するため、削られ、進入空間 13 を形成する。被覆部 60 で覆われている部分は、投射体 500 の衝突を制限できるため、突部 12 を形成する。マスキング部材 6 は硬質の材料 (例えば炭素鋼、合金鋼、セラミックス) で形成されていることが好ましい。この場合、突部 12 間のピッチ間隔 L_A は、マスキング部材 6 の被覆部 60 のピッチ間隔にほぼ相当するため、目標どおりに設定される。従って、金属機材の材質、FRP 部 3 の材質などに応じて、マスキング部材 6 の被覆部 60 のピッチ間隔を調整すれば、突部 12 間のピッチ間隔 L_A を調整できる。殊に、マスキ

グ部材 6 を金属部材 1 の表面 10 に接触させるか、接近させれば、突部 12 間のピッチ間隔 LA を目標どおりに設定することができる。このようにマスキング部材 6 を用いてブラスト処理すれば、ブラスト処理であっても、突部 12 および進入空間 13 を規則的（周期的）に且つ再現性よく金属部材 1 の表面 10 に形成することができる利点が得られる。なおマスキング部材 6 は、ブラスト処理により摩耗するようなレジスト膜等の軟質の材料を金属部材 1 に被覆させて形成されていても良い。この場合においても、ブラストの初期、中期において、マスキング部材 6 により摩耗が抑えられるため、突部を形成できる。

[0075] 本実施形態においても、前記した実施形態と同様に、熱衝撃に起因する歪を突部 12 により分断でき、金属部材 1 の表面 10 と FRP 部 3 との界面における剥離を抑制できる。進入空間 13 には、FRP 部 3 のマトリックス 30 を構成する樹脂材料 31 の一部が進入すると共に補強繊維 32 の一部が進入する。これにより金属部材 1 の表面 10 と FRP 部 3 との界面における剪断強度を更に高めることができる。更にまた、突部 12 を形成する壁面 12c は、進入空間 13 に露出する複数の微小凹部 14 を有する。これにより金属部材 1 の表面 10 と FRP 部 3 との界面における係合度を更に高め、前記した界面における剪断強度を一層高めることができる。本実施形態によれば、前記した実施形態と同様に、加熱および冷却に起因する熱衝撃が長期間にわたり複合成品に繰り返して作用するときであっても、FRP 部 3 の剥離が一層抑制される。なお本実施形態においても、エッチング処理を施し微小凹部 14 を突部 12 に形成することが好ましい。但し、場合によっては、エッチング処理を廃止し、微小凹部 14 を形成せずとも良い。

[0076] （実施形態 11）

図 17A および図 17B は実施形態 11 の概念を拡大して模式的に示す。本実施形態は実施形態 1、2 と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図 17 は、FRP 部が被覆される前の進入空間 13 および突部 12 の平面視を示す。進入空間 1

3 および突部 12 は、転写加工要素として機能する転造ロールの加圧または成形型の成形面の加圧により形成されている。突部 12 は格子状に形成されている。図 17A では、突部 12 の壁面 12c には複数の微小凹部 14 が進入空間 13 に露出するように形成されている。微小凹部 14 は、進入空間 13 の開口寸法 LC よりも小さな微小開口をもつ。図 17B では、突部 12 の壁面 12c には複数の微小凸部 19 が進入空間 13 に対面するように形成されている。微小凸部 19 は、進入空間 13 の開口寸法 LC よりも小さな突出量をもつ。更に、微小凸部 19 の突出量は、進入空間 13 を形成する突部 12 の根元部の壁厚よりも小さな突出量をもつ。

[0077] 微小凹部 14 および微小凸部 19 は、転造ロールの加圧または成形型の成形面の加圧により突部 12 および進入空間 13 の成形と同時に成形できるため、工程を簡素化でき、エッチング処理の廃止も期待でき、コストダウンに貢献できる。しかも微小凹部 14 および微小凸部 19 を成形するときにおいて、冷間加工であれば、加工硬化による突部 12 の強化をも期待できる。ここで、微小凹部 14 が突部 12 に形成されている場合には、突部 12 の厚みが低減されるため、突部 12 の強度の懸念が発生し得るが、突部 12 同士を連結している交差部 12k により突部 12 を連結強化できる。従って、長期間にわたり剥離に対する耐久性を向上させることができる。場合によっては、交差部 12k を設けず、突部 12 同士を独立させても良い。

[0078] 本実施形態においても、FRP 部 3 を構成するマトリックス 30 の一部が進入空間 13 に進入すると共に、進入空間 13 に対面する微小凹部 14 および微小凸部 19 に係合することが可能となる。この場合、FRP 部 3 と金属部材 1 の突部 12 との係合性を更に向上でき、FRP 部 3 の剥離を抑制するのに有利となる。微小凸部 19 は、対向する突部 12 に向けて突出しているため、対向する突部 12 のピッチ間隔 LA を小さくするのに貢献でき、歪の分断性を向上できる。突部 12 の壁面 12c に微小凹部 14 および微小凸部 19 を混在させても良い。なお本実施形態においては、エッチング処理を廃止できるが、場合によっては、エッチング処理を併用しても良い。

[0079] [実施例 1]

幅 25 ミリメートル、長さ 100 ミリメートル、厚み 3 ミリメートルのサイズをもつ平板（アルミ押出材，JIS A5052）からなる金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に、転造ローラ（材質：超硬合金）を金属片の表面にあてがい、転造加工により複数の突部 12 を形成した（図 1 参照）。具体的にはフライス盤上に金属片を固定し、刃具として転造ローラを用いて実行した。ステージ速度は 75 mm/min、転造ローラの外径は 20 ミリメートル、切込量は 70 マイクロメートルとした。対向する突部 12 により進入空間 13 が形成される。隣接する突部 12 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 100 マイクロメートル、深さ H_A は 67 マイクロメートル、傾斜角 θ （図 1 参照）は 60 度であった。

[0080] 次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。細孔の微小開口は進入空間 13 に対面する。微小開口の開口は 3 マイクロメートル程度、深さは 10 マイクロメートル程度であった。エッチング処理においては、エッチング液は、溶媒を水とし、OF-901（荏原ユージライト製）12 g/リットル、水酸化マグネシウム 25 g/リットルを含む。エッチング液の目標温度は 50℃とし、エッチング時間は 10 分間とした。その後、金属片を射出成形用の金型のキャビティにセットした。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成品で形成された試験片（図 20 参照）を形成した。金属部材と FRP 部とが重なる部分の寸法は 25 ミリメートル×10 ミリメートルとした。射出成形の条件としては、基本的には、金型温度 130℃、シリンダ温度 320℃、射出圧力 100 MPa、射出速度 60 mm/sec、射出時間 1 秒、スクリー回転速度 100 rpm とした。射出成形後において、保圧工程を実行し、キャビティに装填された樹脂材料に加える圧力を保持した。これにより樹脂材料を突部 12 間の進入空間 13 および微小凹部 14 に良好に進入させるのに有利となる。保圧工程では、保圧力 50 MPa、保圧時

間 10 秒間とした。

[0081] ここで、FRP部3（ガラス繊維：30質量％，PPS：70質量％）は繊維強化高分子材料部に相当する。金属片は金属部材1に相当する。射出成形前の樹脂材料に配合されているガラス繊維は、平均径13マイクロメートル、平均繊維長3ミリメートルのもの（日東紡株式会社）を用いた。但し、ガラス繊維は射出成形により折損して短くなることがある。成形後に測定したところ、ガラス繊維の平均繊維長は100マイクロメートルであった。

[0082] [実施例2]

本実施例は基本的には実施例1と同様の構成、および同様の作用効果を有する。実施例1と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材1に相当）の表面10に、転造加工により複数の突部12を形成した。但し、隣接する突部12の頂点のピッチ間隔LAは200マイクロメートル、深さHAは67マイクロメートル、傾斜角 θ は38度であった。次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部14に相当）を突部12の表面10に形成した。細孔の微小開口は進入空間13に対面する。微小開口の開口は3マイクロメートル程度、深さは10マイクロメートル程度であった。その後、金属片を射出成形用の金型のキャビティにセットした。その後、実施例1と同様に、ガラス繊維を含むPPS樹脂で形成された樹脂材料（ガラス繊維：30質量％）をキャビティに射出成形し、FRP部3（厚み：3ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図20参照）を形成した。射出成形の条件としては、実施例1と同様とした。

[0083] [実施例3]

本実施例は基本的には実施例1と同様の構成、および同様の作用効果を有する。実施例1と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材1に相当）の表面10に、転造加工により複数の突部12を形成した。但し、隣接する突部12の頂点のピッチ間隔LAは200マイクロメートル、深さHAは133マイクロメートル、傾斜角 θ は60度であった。次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部14に相当）を突部12の表面10に形成した。

。微小開口の開口は3マイクロメートル程度、深さは10マイクロメートル程度であった。その後、金属片を射出成形用の金型のキャビティにセットした。その後、実施例1と同様に、ガラス繊維を含むPPS樹脂で形成された樹脂材料（ガラス繊維：30質量%）をキャビティに射出成形し、FRP部3（厚み：3ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図20参照）を形成した。射出成形の条件としては、実施例1と同様とした。

[0084] [実施例4]

本実施例は基本的には実施例1と同様の構成、および同様の作用効果を有する。実施例1と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材1に相当）の表面10に、ブラスト処理により粗面を形成した。ブラスト処理の条件としては、ショット径0.3~0.5ミリメートル（不定形）、ショット硬度40~50HRC、投射速度80m/secとした。ブラスト処理後の粗面は、平均粗さ100~120 μ m（R μ m）であった。粗面には複数の突部12が不規則的にアランダムに並設されている。隣接する突部12の頂点のピッチ間隔LAは100マイクロメートル以上であり、深さHAは50~150マイクロメートル程度であった。次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部14に相当）を突部12の表面10に形成した。微小開口の開口は3マイクロメートル程度、深さは10マイクロメートル程度であった。その後、金属片を射出成形用の金型のキャビティにセットした。その後、実施例1と同様に、ガラス繊維を含むPPS樹脂で形成された樹脂材料（ガラス繊維：30質量%）をキャビティに射出成形し、FRP部3（厚み：3ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図20参照）を形成した。射出成形の条件としては、実施例1と同様とした。

[0085] [実施例5]

本実施例は基本的には実施例1と同様の構成、および同様の作用効果を有する。実施例1と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材1に相当）の表面10に、転造加工により複数の突部12を形成した。但し、

隣接する突部 12 の頂点のピッチ間隔 L_A は 100 マイクロメートル、深さ H_A は 67 マイクロメートル、傾斜角 θ は 60 度であった。次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。微小開口の開口は 3 マイクロメートル程度、深さは 10 マイクロメートル程度であった。次に、金属片を熱板上で 300℃ に加熱した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂シート（ガラス繊維：30 質量%）を圧着させ、プレス型で押圧してプレス冷却させた。これにより FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 20 参照）を形成した。

[0086] [実施例 6]

本実施例は基本的には実施例 1 と同様の構成、および同様の作用効果を有する。実施例 1 と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に、転造加工により複数の突部 12 を形成した。但し、隣接する突部 12 の頂点のピッチ間隔 L_A は 200 マイクロメートル、深さ H_A は 67 マイクロメートル、傾斜角 θ は 38 度であった。次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。微小開口の開口は 3 マイクロメートル程度、深さは 10 マイクロメートル程度であった。次に、金属片を熱板上で 300℃ に加熱した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂シート（ガラス繊維：30 質量%）を圧着させ、プレス型で押圧してプレス冷却させた。これにより FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 20 参照）を形成した。

[0087] [実施例 7]

本実施例は基本的には実施例 1 と同様の構成、および同様の作用効果を有する。実施例 1 と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に、転造加工により複数の突部 12 を形成した。但し、隣接する突部 12 の頂点のピッチ間隔 L_A は 200 マイクロメートル、深さ H_A は 133 マイクロメートル、傾斜角 θ は 60 度であった。次に、エッチ

ング処理し、細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。微小開口の開口は 3 マイクロメートル程度、深さは 10 マイクロメートル程度であった。次に、金属片を熱板上で 300℃ に加熱した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂シート（ガラス繊維：30 質量%）を圧着させ、プレス型で押圧してプレス冷却させた。これにより FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 20 参照）を形成した。

[0088] [実施例 8]

本実施例は基本的には実施例 1 と同様の構成、および同様の作用効果を有する。実施例 1 と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に、ブラスト処理により粗面を形成した。粗面は平均粗さ 100～120 μm (R_z) であった。粗面には複数の突部 12 が不規則的に並設されている。隣接する突部 12 の頂点のピッチ間隔 L_A は基本的には 100 マイクロメートル以上であり、深さ H_A は基本的には 50～100 マイクロメートル程度であった。次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。微小開口の開口は 3 マイクロメートル程度、深さは 10 マイクロメートル程度であった。次に、金属片を熱板上で 300℃ に加熱した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂シート（ガラス繊維：30 質量%）を圧着させ、プレス型で押圧してプレス冷却させた。これにより FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 20 参照）を形成した。

[0089] [比較例 1]

比較例 1 では突部が形成されていない。実施例 1 と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材に相当）の表面に、エッチング処理により、細孔を形成した。細孔の微小開口の開口は 3 マイクロメートル程度、深さは 10 マイクロメートル程度であった。金属片の表面は転造加工もブラスト処理もされていない。その後、金属片を射出成形用の金型のキャビティにセ

ットし、実施例 1 と同様に、ガラス繊維を含む P P S 樹脂で形成された樹脂材料（ガラス繊維：30 質量%）をキャビティに射出成形し、FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成品で形成された試験片（図 20 参照）を形成した。射出成形の条件としては、実施例 1 と同様とした。

[0090] [比較例 2]

比較例 1 では突部が形成されていない。実施例 1 と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材に相当）の表面に、エッチング処理により、細孔を形成した。細孔の微小開口の開口は 3 マイクロメートル程度、深さは 10 マイクロメートル程度であった。金属片の表面は転造加工もブラスト処理もされていない。その後、金属片を熱板上で 300℃ に加熱した。その後、ガラス繊維を含む P P S 樹脂で形成された樹脂シート（ガラス繊維：30 質量%）を圧着させ、プレス型で押圧してプレス冷却させた。これにより FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成品で形成された試験片（図 20 参照）を形成した。

[0091] [評価試験]

実施例および比較例に係る試験片（図 20 参照）の界面に剪断力を与えるように試験片を図 20 の F 方向（長さ方向）に引張り、試験片の界面における初期剪断強度を求めた。実施例および比較例に係る試験片について、冷熱サイクルを繰り返すことにより熱衝撃を繰り返して試験片に作用させた後、熱衝撃後の剪断強度を求めた。冷熱サイクルは 150℃（1 時間保持）←→ マイナス 40℃（1 時間保持）を 1 サイクルとし、100 サイクル実行した。試験結果を表 2 に示す。

[0092]

[表2]

	剪断強度 (MP a)										
	実施例								比較例		
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	
初期剪断強度 MPa	30	30	30	30	30	30	30	30	29	29	
熱衝撃後の剪断 強度 MPa	30	23	30	29	30	19	30	27	17	15	

[0093] 試験片の剪断強度が30MPaであることは、試験片の金属部材1とFRP部3との界面における剥離ではなく、FRP部3自体が破壊したことを意味する。従って、表2から理解できるように、実施例1～8については界面における初期剪断強度は良好であり、金属部材1とFRP部3との界面における剥離ではなく、FRP部3自体が破壊された。熱衝撃を繰り返して作用させたときには、実施例1、3、5、7については、界面における剪断強度は良好であり、金属部材1とFRP部3との界面における剥離ではなく、FRP部3自体が破壊された。また実施例2については界面が破壊し、界面における剪断強度は23MPaであり、良好であった。実施例4については界面が破壊し、界面における剪断強度は29MPaであり、良好であった。また実施例6については界面が破壊し、界面における剪断強度は19MPaであり、良好であった。実施例8については界面が破壊し、界面における剪断強度は27MPaであり、良好であった。比較例1～4については、熱衝撃後の剪断強度は低かった。

[0094] 図21は、実施例8に係る試験片（ブラスト処理およびエッチング処理済み）の界面を走査型電子顕微鏡で撮像した写真図を示す。図22は、図21のうち白線で区画された領域を拡大して示す。図21および図22に示すように、突部間の進入空間には、FRP部の樹脂材料が装填されていると共に、ガラス繊維が進入している。対向する突部間のピッチ間隔LAは、平均で100～300マイクロメートル程度であると考えられる。

[0095] [実施例1B]

幅25ミリメートル、長さ50ミリメートル、厚み3ミリメートルのサイズをもつ平板（アルミ押出材，JIS A5052）からなる金属片（金属部材1に相当）の表面10に、型（材質：超硬合金）を押圧し、複数の突部12を形成した（図1参照）。型は、頂点間ピッチ100マイクロメートル、深さ67マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片（金属部材1に相当）の表面10に形成した。隣接する突部12の頂点中央のピッチ間隔LAは100マイクロメートル、深さHAは50マイクロ

メートル、傾斜角 θ （図1参照）は60度であった。ここで、対向する突部12により進入空間13が形成された。次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部14に相当）を突部12の表面10に形成した。細孔の微小開口は進入空間13に対面する。微小開口の開口は3マイクロメートル以下（最小でも200ナノメートル程度）、深さは10マイクロメートル以下（最小でも200ナノメートル程度）であった。エッチング処理においては、実施例1と同様に、エッチング液は、溶媒を水とし、OF-901（荏原ユージライト製）12g／リットル、水酸化マグネシウム25g／リットルを含む。エッチング液の目標温度は50℃とし、エッチング時間は10分間とした。

[0096] その後、金属片を射出成形用の金型のキャビティにセットした。その後、ガラス繊維を含むナイロンで形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP部3（厚み：3ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成品で形成された試験片（図23参照）を形成した。金属部材とFRP部とが重なる部分の寸法は5ミリメートル×25ミリメートルとした。射出成形の条件としては、基本的には、金型温度130℃、シリンダ温度320℃、射出圧力100MPa、射出速度60mm／sec、射出時間1秒、スクリー一回転速度100rpmとした。射出成形後において、保圧工程を実行し、キャビティに装填された樹脂材料に加える圧力を保持した。これにより樹脂材料を突部12間の進入空間13および微小凹部14に良好に進入させるのに有利となる。保圧工程では、保圧力50MPa、保圧時間10秒間とした。

ここで、FRP部3（ガラス繊維：30質量%）は繊維強化高分子材料部に相当する。金属片は金属部材1に相当する。射出成形前の樹脂材料に配合されているガラス繊維は、平均径13マイクロメートル、平均繊維長3ミリメートルのもの（日東紡株式会社）を用いた。但し、ガラス繊維は射出成形により折損して短くなることがある。成形後に測定したところ、ガラス繊維の平均繊維長は100マイクロメートルであった。射出成形後、試験片を120℃の高温槽中で24時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0097] [実施例 2 B]

実施例 2 B は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 1 0 に押圧する型（材質：超硬合金）は、頂点間ピッチ 2 0 0 マイクロメートル、深さ 1 3 3 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 1 0 に形成した。隣接する突部 1 2 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 2 0 0 マイクロメートル、深さ H_A は 1 0 0 マイクロメートル、傾斜角 θ （図 1 参照）は 6 0 度であった。その後、エッチング処理により細孔（微小凹部 1 4 に相当）を突部 1 2 の表面 1 0 に形成した。その後、ガラス繊維を含むナイロンで形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 2 3 参照）を形成した。射出成形後、試験片を 1 2 0 °C の高温槽中で 2 4 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0098] [実施例 3 B]

実施例 3 B は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 1 0 に押圧する型（材質：超硬合金）は、頂点間ピッチ 3 0 0 マイクロメートル、深さ 2 0 0 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 1 0 に形成した。隣接する突部 1 2 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 3 0 0 マイクロメートル、深さ H_A は 1 6 0 マイクロメートル、傾斜角 θ （図 1 参照）は 6 0 度であった。その後、エッチング処理により細孔（微小凹部 1 4 に相当）を突部 1 2 の表面 1 0 に形成した。その後、ガラス繊維を含むナイロンで形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 2 3 参照）を形成した。射出成形後、試験片を 1 2 0 °C の高温槽中で 2 4 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0099] [実施例 4 B]

実施例 4 B は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片（金属部

材 1 に相当) の表面 1 0 に押圧する型 (材質: 超硬合金) は、頂点間ピッチ 6 0 0 マイクロメートル、深さ 4 0 0 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片 (金属部材 1 に相当) の表面 1 0 に形成した。隣接する突部 1 2 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 6 0 0 マイクロメートル、深さ H_A は 3 0 0 マイクロメートル、傾斜角 θ (図 1 参照) は 6 0 度であった。その後、エッチング処理により細孔 (微小凹部 1 4 に相当) を突部 1 2 の表面 1 0 に形成した。その後、ガラス繊維を含むナイロンで形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3 (厚み: 3 ミリメートル) と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片 (図 2 3 参照) を形成した。射出成形後、試験片を 1 2 0 °C の高温槽中で 2 4 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0100] [実施例 5 B]

実施例 5 B は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片 (金属部材 1 に相当) の表面 1 0 に押圧する型 (材質: 超硬合金) は、頂点間ピッチ 1 0 0 0 マイクロメートル、深さ 4 0 0 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片 (金属部材 1 に相当) の表面 1 0 に形成した。隣接する突部 1 2 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 1 0 0 0 マイクロメートル、深さ H_A は 3 1 0 マイクロメートル、傾斜角 θ (図 1 参照) は 6 0 度であった。その後、エッチング処理により細孔 (微小凹部 1 4 に相当) を突部 1 2 の表面 1 0 に形成した。その後、ガラス繊維を含むナイロンで形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3 (厚み: 3 ミリメートル) と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片 (図 2 3 参照) を形成した。射出成形後、試験片を 1 2 0 °C の高温槽中で 2 4 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0101] [実施例 6 B]

実施例 6 B は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片 (金属部材 1 に相当) の表面 1 0 に押圧する型 (材質: 超硬合金) は、頂点間ピッチ 2 0 0 マイクロメートル、深さ 6 7 マイクロメートルのピラミッド状の凸部

をもつ。これにより、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に形成した。隣接する突部 12 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 200 マイクロメートル、深さ H_A は 50 マイクロメートル、傾斜角 θ （図 1 参照）は 60 度であった。その後、エッチング処理により細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。その後、ガラス繊維を含むナイロン樹脂で形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 23 参照）を形成した。射出成形後、試験片を 120℃ の高温槽中で 24 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0102] [比較例 1 B]

比較例 1 B は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、突部を形成しておらず、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に型（材質：超硬合金）を押圧しなかった。比較例 1 B では、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 にエッチング処理し、細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。細孔の微小開口は進入空間 13 に対面する。微小開口の開口は 3 マイクロメートル以下（最小でも 200 ナノメートル程度）、深さは 10 マイクロメートル以下（最小でも 200 ナノメートル程度）であった。エッチング処理においては、実施例 1、1 B と同様に、エッチング液は、溶媒を水とし、OF-901（荏原ユーザライト製）12 g／リットル、水酸化マグネシウム 25 g／リットルを含む。エッチング液の目標温度は 50℃ とし、エッチング時間は 10 分間とした。射出成形後、試験片を 120℃ の高温槽中で 24 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0103] [実施例 1 C]

実施例 1 C は実施例 1 B と基本的には同様である。即ち、幅 25 ミリメートル、長さ 50 ミリメートル、厚み 3 ミリメートルのサイズをもつ平板（アルミ押出材、JIS A5052）からなる金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に、型（材質：超硬合金）を押圧し、複数の突部 12 を形成した（図 1 参照）。型は、頂点間ピッチ 100 マイクロメートル、深さ 67 マイク

ロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に形成した。隣接する突部 12 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 100 マイクロメートル、深さ H_A は 50 マイクロメートル、傾斜角 θ （図 1 参照）は 60 度であった。ここで、対向する突部 12 により進入空間 13 が形成された。

次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。細孔の微小開口は進入空間 13 に対面する。微小開口の開口は 3 マイクロメートル以下（最小でも 200 ナノメートル程度）、深さは 10 マイクロメートル以下（最小でも 200 ナノメートル程度）であった。その後、金属片を射出成形用の金型のキャビティにセットした。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成品で形成された試験片（図 23 参照）を形成した。金属部材と FRP 部とが重なる部分の寸法は 5 ミリメートル×25 ミリメートルとした。射出成形の条件としては、基本的には、金型温度 130℃、シリンダ温度 320℃、射出圧力 100 MPa、射出速度 60 mm/sec、射出時間 1 秒、スクリー一回転速度 100 rpm とした。射出成形後において、保圧工程を実行し、キャビティに装填された樹脂材料に加える圧力を保持した。これにより樹脂材料を突部 12 間の進入空間 13 および微小凹部 14 に良好に進入させるのに有利となる。保圧工程では、保圧力 50 MPa、保圧時間 10 秒間とした。ここで、FRP 部 3（ガラス繊維：30 質量%）は繊維強化高分子材料部に相当する。金属片は金属部材 1 に相当する。射出成形後、試験片を 120℃の高温槽中で 24 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0104] [実施例 2 C]

実施例 2 C は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に押圧する型（材質：超硬合金）は、頂点間ピッチ 200 マイクロメートル、深さ 133 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に形成した

。隣接する突部 12 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 200 マイクロメートル、深さ H_A は 100 マイクロメートル、傾斜角 θ (図 1 参照) は 60 度であった。その後、エッチング処理により細孔 (微小凹部 14 に相当) を突部 12 の表面 10 に形成した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3 (厚み: 3 ミリメートル) と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片 (図 23 参照) を形成した。射出成形後、試験片を 120 °C の高温槽中で 24 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0105] [実施例 3 C]

実施例 3 C は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片 (金属部材 1 に相当) の表面 10 に押圧する型 (材質: 超硬合金) は、頂点間ピッチ 300 マイクロメートル、深さ 200 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片 (金属部材 1 に相当) の表面 10 に形成した。隣接する突部 12 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 300 マイクロメートル、深さ H_A は 160 マイクロメートル、傾斜角 θ (図 1 参照) は 60 度であった。その後、エッチング処理により細孔 (微小凹部 14 に相当) を突部 12 の表面 10 に形成した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3 (厚み: 3 ミリメートル) と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片 (図 23 参照) を形成した。射出成形後、試験片を 120 °C の高温槽中で 24 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0106] [実施例 4 C]

実施例 4 C は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片 (金属部材 1 に相当) の表面 10 に押圧する型 (材質: 超硬合金) は、頂点間ピッチ 600 マイクロメートル、深さ 400 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片 (金属部材 1 に相当) の表面 10 に形成した。隣接する突部 12 の頂点中央のピッチ間隔 L_A は 600 マイクロメートル、深さ H_A は 300 マイクロメートル、傾斜角 θ (図 1 参照) は 60 度であ

った。その後、エッチング処理により細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 23 参照）を形成した。射出成形後、試験片を 120℃ の高温槽中で 24 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0107] [実施例 5 C]

実施例 5 C は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に押圧する型（材質：超硬合金）は、頂点間ピッチ 1000 マイクロメートル、深さ 400 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に形成した。隣接する突部 12 の頂点中央のピッチ間隔 LA は 1000 マイクロメートル、深さ HA は 310 マイクロメートル、傾斜角 θ （図 1 参照）は 60 度であった。その後、エッチング処理により細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP 部 3（厚み：3 ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図 23 参照）を形成した。射出成形後、試験片を 120℃ の高温槽中で 24 時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0108] [実施例 6 C]

実施例 6 C は実施例 1 B と基本的には同様である。但し、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に押圧する型（材質：超硬合金）は、頂点間ピッチ 200 マイクロメートル、深さ 67 マイクロメートルのピラミッド状の凸部をもつ。これにより、金属片（金属部材 1 に相当）の表面 10 に形成した。隣接する突部 12 の頂点中央のピッチ間隔 LA は 200 マイクロメートル、深さ HA は 50 マイクロメートル、傾斜角 θ （図 1 参照）は 60 度であった。その後、エッチング処理により細孔（微小凹部 14 に相当）を突部 12 の表面 10 に形成した。その後、ガラス繊維を含む PPS 樹脂で形成された樹

脂材料をキャビティに射出成形し、FRP部3（厚み：3ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図23参照）を形成した。射出成形後、試験片を120℃の高温槽中で24時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0109] [比較例1C]

比較例1Cは実施例1Cと基本的には同様である。但し、突部を形成せず、金属片（金属部材1に相当）の表面10に型（材質：超硬合金）を押圧しなかった。比較例1Cでは、金属片（金属部材1に相当）の表面10にエッチング処理し、細孔（微小凹部14に相当）を突部12の表面10に形成した。細孔の微小開口は進入空間13に対面する。微小開口の開口は3マイクロメートル以下（最小でも200ナノメートル程度）、深さは10マイクロメートル以下（最小でも200ナノメートル程度）であった。その後、ガラス繊維を含むPPS樹脂で形成された樹脂材料をキャビティに射出成形し、FRP部3（厚み：3ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で形成された試験片（図23参照）を形成した。射出成形後、試験片を120℃の高温槽中で24時間熱処理し、後述する評価試験に供した。

[0110] [実施例1D]

本実施例は基本的には実施例1と同様の構成、および同様の作用効果を有する。実施例1と同種の平板（アルミ押出材）からなる金属片（金属部材1に相当）の表面10に、ブラスト処理により粗面を形成した。粗面は平均粗さ100～120 μ m（R_a）であった。粗面には複数の突部12が不規則的に並設されている。隣接する突部12の頂点のピッチ間隔L_Aは基本的には80～150マイクロメートル以上であり、深さH_Aは基本的には50～100マイクロメートル程度であると考えられる。次に、エッチング処理し、細孔（微小凹部14に相当）を突部12の表面10に形成した。微小開口の開口は3マイクロメートル以下、深さは10マイクロメートル以下であった。その後、ガラス繊維を含むPPS樹脂を射出成形着させた。これによりFRP部3（厚み：3ミリメートル）と金属片とを一体化させた複合成形品で

形成された試験片（図 20 参照）を形成した。

[0111] [評価試験]

上記した実施例 1 B～6 B、実施例 1 C～6 C、比較例 1 D、実施例 1 D に係る試験片（図 23 参照）の界面に剪断力を与えるように試験片を図 20 の F 方向（長さ方向）に引張り、試験片の界面における初期剪断強度を求めた。かかる試験片について、冷熱サイクルを繰り返すことにより熱衝撃を繰り返す熱衝撃試験を試験片に実施した後、試験片の熱衝撃後の剪断強度を求めた。冷熱サイクルは 150℃（1 時間保持）←→マイナス 40℃（1 時間保持）を 1 サイクルとし、100 サイクル実行した。初期剪断強度、熱衝撃後の剪断強度および保持率の試験結果を表 3 および図 24 に示す。ここで、初期剪断強度は、熱衝撃試験を実施する前の剪断強度を意味する。保持率（％）は、（熱衝撃後の剪断強度／初期剪断強度）×100（％）を示す。保持率（％）が高いことは、熱衝撃後の剪断強度が維持されることを意味する。

[0112]

[表3]

工法	実 施 例						比較例	実 施 例						比較例	実施例
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	1B	1C	2C	3C	4C	5C	6C	1C	1D
	100	200	300	600	1000	200	0	0	100	200	300	600	1000	200	Rz 110
ピッチ LA μm	100	200	300	600	1000	200	0	0	100	200	300	600	1000	200	
深さ HA μm	50	100	166	300	310	50	0	50	100	160	300	310	310	50	
細孔の径 μm	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
細孔の深さ μm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
組み合わせ	Al/ PA	Al/ PA	Al/ PA	Al/ PA	Al/ PA	Al/ PA	Al/ PA	Al/ PA	Al/ PP S	Al/ PPS	Al/ PPS	Al/ PPS	Al/ PPS	Al/ PPS	Al/ PPS
初期剪断強度 MPa	14.9	15.5	15.6	15.8	15.3	14.8	14.3	25.3	26.4	27.1	26.9	26.0	24.6	24.3	28.1
熱衝撃後の剪断 強度 MPa	14.8	15.3	13.9	8.2	1.3	8.3	2.3	25.4	26.2	26.7	22.6	17.3	20.1	12.2	19.3

[0113] 表3に示すように、ガラス繊維を含むナイロン（ポリアミド，PA）を射出成形した実施例1B～6Bであっても、初期剪断強度は良好であり、大きな変動は無かった。但し、熱衝撃後の剪断強度は、突部12のピッチ間隔L Aの大きさの影響を受け易い。更に、表3に示すように、ガラス繊維を含む

PPS樹脂（エンジニアプラスチックの１種）を射出成形した実施例１Ｃ～６Ｃについては、初期剪断強度は良好であり、更に、突部１２のピッチ間隔ＬＡの大きさの影響を受けるものの、熱衝撃後の剪断強度でも１７ＭＰａ以上あり、良好であった。ショットブラスト処理した実施例１Ｄ（ $R_z 110$ ）についても、初期剪断強度は良好であり、更に、熱衝撃後の剪断強度も１９．３ＭＰａ以上あり、良好であった。 $R_z 110$ は、突部のピッチ間隔が５０～１０００マイクロメートルに相当すると考えられる。 R_z は、１０点平均粗さを意味する。図２４は、ガラス繊維を含むナイロンを射出成形した実施例１Ｂ～６Ｂにおける試験結果を示す。特性線Ｗ１は保持率を示す。図２４から理解できるように、隣接する突部１２の頂点のピッチ間隔ＬＡはある一定領域において山形の特性が得られる。ガラス繊維を含むナイロンを射出成形した試験片によれば、保持率を４０％以上とするには、ピッチ間隔ＬＡは６０～７００マイクロメートルが有効である。保持率を６０％以上とするには、ピッチ間隔ＬＡは８０～６５０マイクロメートルが有効である。保持率を７０％以上とするには、ピッチ間隔ＬＡは９０～５５０マイクロメートルが有効である。

[0114] 図２５は、ガラス繊維を含むPPS樹脂で形成された樹脂シートを射出成形した実施例１Ｃ～６Ｃにおける試験結果を示す。特性線Ｗ２は保持率を示す。図２５から理解できるように、隣接する突部１２の頂点のピッチ間隔ＬＡはある一定領域において山形の特性が得られる。ガラス繊維を含むPPS樹脂を射出成形した試験片によれば、保持率を５０％以上とするには、ピッチ間隔ＬＡは５０～１５００マイクロメートル程度が有効であると考えられる。保持率を６０％以上とするには、ピッチ間隔ＬＡは６０～１２００マイクロメートル程度が有効である。保持率を７０％以上とするには、ピッチ間隔ＬＡは９０～１０００マイクロメートルが有効である。保持率を８０％以上とするには、ピッチ間隔ＬＡは９０～６５０マイクロメートルが有効である。このように樹脂の材質は保持率に大きく影響する。PPS以外の強靱なエンジニアプラスチックを用いれば、ピッチ間隔ＬＡは１０～３０００マイ

クロメートルであっても、高い保持率が得られると考えられる。

[0115] 更に、上記した試験結果に基づいて、（進入空間 13 の深さ／突部 12 のピッチ間隔 L_A ）の値が接合破断強度に影響を与える程度について評価した。図 26 は評価結果を示す。深さは突部 12 の高さに相当する。特性線 W3 は保持率を示す。図 26 の横軸は、 α 値、即ち、[進入空間の深さ（マイクロメートル）／突部間のピッチ間隔 L_A （マイクロメートル）との値] $\times 100\%$ を示す。図 26 の縦軸は接合破断強度を示す。図 26 から理解できるように、 α 値が増加するにつれて、熱衝撃後の接合破断強度が高くなると共に、保持率も高くなる。このことから、進入空間 13 の深さ／ピッチ間隔に関する α 値が大きい方が、熱衝撃後の接合破断強度が高くなり、保持率も高くなることがわかる。図 26 に示すように α 値が 50% であれば、熱衝撃後の接合破断強度は初期の接合破断強度に実質的に相当する値となる。従って、 α 値は 30% 以上、40% 以上、50% 以上が好ましい。

[0116] （その他）アルミニウム合金としては、展伸用でも良いし、鋳造用でも良いし、亜共晶組成でも良いし、共晶組成でも良いし、過共晶組成でも良い。マグネシウム合金でも同様である。本発明は上記し且つ図面に示した実施形態および実施例のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施できる。上記した実施形態および実施例に特有の構造および製法は、基本的には他の実施形態および他の実施例にも適用できる。

[0117] 上記した記載から次の技術的思想も把握できる。

[付記項 1] マトリックスとなる高分子材料とマトリックスを補強する複数の補強繊維とを有する繊維強化高分子材料と、金属を母材とする表面をもつ金属部材とを準備する工程と、繊維強化高分子材料部のマトリックスを構成する高分子材料の一部が進入し且つ補強繊維のうちの少なくとも一部が進入できる進入空間を金属部材の表面に形成するように、補強繊維の径よりも大きなピッチ間隔を隔てて複数の突部を周期的にまたは不規則的に金属部材の表面に並設させる工程と、金属部材の表面のうち突部が形成されている部位に、繊維強化高分子材料を被覆させて複合成形品を形成する工程とを実施

する複合成形品の製造方法。この方法によれば、複合成形品において、繊維強化高分子材料部のマトリックスを構成する高分子材料の一部が進入空間に進入し、且つ、補強繊維のうちの少なくとも一部が進入空間に進入できる。

〔付記項 2〕マトリックスとなる高分子材料とマトリックスを補強する複数の補強繊維とを有する繊維強化高分子材料と、金属を母材とする表面をもつ金属部材とを準備する工程と、繊維強化高分子材料部のマトリックスを構成する高分子材料の一部が進入し且つ補強繊維のうちの少なくとも一部が進入できる進入空間を金属部材の表面に形成するように、補強繊維の径よりも大きなピッチ間隔を隔てて複数の突部を周期的にまたは不規則的に金属部材の表面に並設させると共に、対向する突部間の進入空間に露出する複数の微小凹部および／または微小凸部を突部の壁面に形成する工程と、金属部材の表面のうち突部が形成されている部位に、繊維強化高分子材料を被覆させて複合成形品を形成する工程とを実施する複合成形品の製造方法。この方法によれば、複合成形品において、繊維強化高分子材料部のマトリックスを構成する高分子材料の一部が進入空間に進入し、且つ、補強繊維のうちの少なくとも一部が進入空間に進入できる。更に、突部の壁面には微小凹部および／または微小凸部が形成されているため、繊維強化高分子材料部の係合性および耐剥離性を高めることができる。

〔付記項 3〕金属を母材とする表面をもつ金属部材と、金属部材の表面の少なくとも一部に被覆され、マトリックスとなる高分子材料とマトリックスを補強する複数の補強繊維とを有する繊維強化高分子材料部とを具備しており、金属部材の表面は、所定のピッチ間隔 L_A を隔てて周期的にまたは不規則的に複数並設された突部を有している複合成形品。

〔付記項 4〕金属を母材とする表面をもつ金属部材と、金属部材の表面の少なくとも一部に被覆され、マトリックスとなる高分子材料とマトリックスを補強する複数の補強繊維とを有する繊維強化高分子材料部とを具備しており、金属部材の表面は、所定のピッチ間隔を隔てて周期的にまたは不規則的に複数並設された突部を有しており、対向する突部は、前記繊維強化高分子

材料部を構成する前記高分子材料の一部が進入する進入空間を形成しており、且つ、前記突部を形成する壁面は、進入空間に露出する複数の微小凹部および／または微小凸部を有する複合成品。

産業上の利用可能性

[0118] 本発明は加熱および冷却が繰り返されて熱衝撃性が高い雰囲気には搭載される部品に利用することができる。例えば、車両のエンジンルーム、モータ収容室、電池収容室などに搭載される部品に利用することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 金属を母材とする表面をもつ金属部材と、
前記金属部材の表面の少なくとも一部に被覆され、マトリックスとなる高分子材料と前記マトリックスを補強する複数の補強繊維とを有する繊維強化高分子材料部とを具備しており、
前記金属部材の表面は、前記補強繊維の径よりも大きなピッチ間隔を隔てて周期的にまたは不規則的に複数並設された突部を有しており、対向する前記突部は、前記繊維強化高分子材料部を構成する前記高分子材料の一部が進入し且つ前記補強繊維のうちの少なくとも一部が進入できる進入空間を形成している複合成形品。
- [請求項2] 請求項1において、前記突部を形成する壁面は、前記進入空間に露出する複数の微小凹部および／または微小凸部を有する複合成形品。
- [請求項3] 請求項1または2において、前記進入空間および前記突部は、前記金属部材の前記表面に形成された転写面で形成されている複合成形品。
- [請求項4] 請求項1または2において、前記進入空間および前記突部は、投射体の群を前記金属部材の前記表面に衝突させたブラスト処理面で形成されている複合成形品。
- [請求項5] 請求項1～4のうち的一项において、前記ピッチ間隔は10～3000マイクロメートルの範囲内であり、前記金属部材の前記表面に対して垂直方向から投影する平面視において前記突部は連結されている複合成形品。
- [請求項6] 請求項1～5のうち的一项において、[前記進入空間の深さ（マイクロメートル）／前記突部間のピッチ間隔LA（マイクロメートル）の値]×100%を α 値とすると、 α 値は20%以上である複合成形品。
- [請求項7] 請求項1～6のうち的一项において、前記金属部材を構成する前記金属は、アルミニウム、アルミニウム合金、マグネシウム、マグネシ

ウム合金、鉄、鉄合金、チタン、チタン合金、銅、銅合金のうちの少なくとも１種であり、

前記繊維強化高分子材料部を構成する前記高分子材料は、ナイロン、ポリイミド、ポリアセタール、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリブチレンテレフタレート（PBT）、ポリフェニレンサルファイド（PPS）、ポリエーテルサルホン（PES）、ポリエーテルイミド（PEI）、ポリフェニレンエーテル（PPE）、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリプロピレン、アクリル樹脂、塩化ビニル樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アクリロニトリルブタジエンスチレン（ABS）、アクリロニトリルブタジエン（AB）、液晶ポリマーのうちの少なくとも１種であり、

前記繊維強化高分子材料部を構成する前記補強繊維はガラス繊維、セラミックス繊維、金属繊維、炭素繊維のうちの少なくとも１種である複合成形品。

[請求項8] 請求項１～７のうちの一項において、前記繊維強化高分子材料部を構成する前記高分子材料は、ナイロン系樹脂であり、前記ピッチ間隔は５０～７００マイクロメートルの範囲内である複合成形品。

[請求項9] 請求項１～７のうちの一項において、前記繊維強化高分子材料部を構成する前記高分子材料は、ポリフェニレンサルファイド（PPS）系樹脂であり、前記ピッチ間隔は５０～１０００マイクロメートルの範囲内である複合成形品。

補正された請求の範囲
[2011年2月15日(15.02.2011)国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) 金属を母材とする表面をもつ金属部材と、
前記金属部材の表面の少なくとも一部に被覆され、マトリックスとなる高分子材料と前記マトリックスを補強する複数の補強繊維とを有する繊維強化高分子材料部とを具備しており、
前記金属部材の表面は、前記補強繊維の径よりも大きなピッチ間隔を隔てて周期的にまたは不規則的に複数並設された突部を有しており、対向する前記突部は、前記繊維強化高分子材料部を構成する前記高分子材料の一部が進入し且つ前記補強繊維のうちの少なくとも一部が進入できる進入空間を形成しており、
前記ピッチ間隔は 10～3000 マイクロメートルの範囲内であり、前記金属部材の前記表面に対して垂直方向から投影する平面視において前記突部は連結されている複合成形品。
- [請求項 2] 請求項 1 において、前記突部を形成する壁面は、前記進入空間に露出する複数の微小凹部および／または微小凸部を有する複合成形品。
- [請求項 3] 請求項 1 または 2 において、前記進入空間および前記突部は、前記金属部材の前記表面に形成された転写面で形成されている複合成形品。
- [請求項 4] 請求項 1 または 2 において、前記進入空間および前記突部は、投射体の群を前記金属部材の前記表面に衝突させたブラスト処理面で形成されている複合成形品。
- [請求項 5] (削除)
- [請求項 6] (補正後) 請求項 1～4 のうち的一项において、[前記進入空間の深さ(マイクロメートル)／前記突部間のピッチ間隔 LA (マイクロメートル) の値] × 100 % を α 値とすると、 α 値は 20 % 以上である複合成形品。
- [請求項 7] (補正後) 請求項 1～4 および 6 のうち的一项において、前記金属部材を構成する前記金属は、アルミニウム、アルミニウム合金、マグネシウム、マグネシ

ウム合金、鉄、鉄合金、チタン、チタン合金、銅、銅合金のうちの少なくとも1種であり、

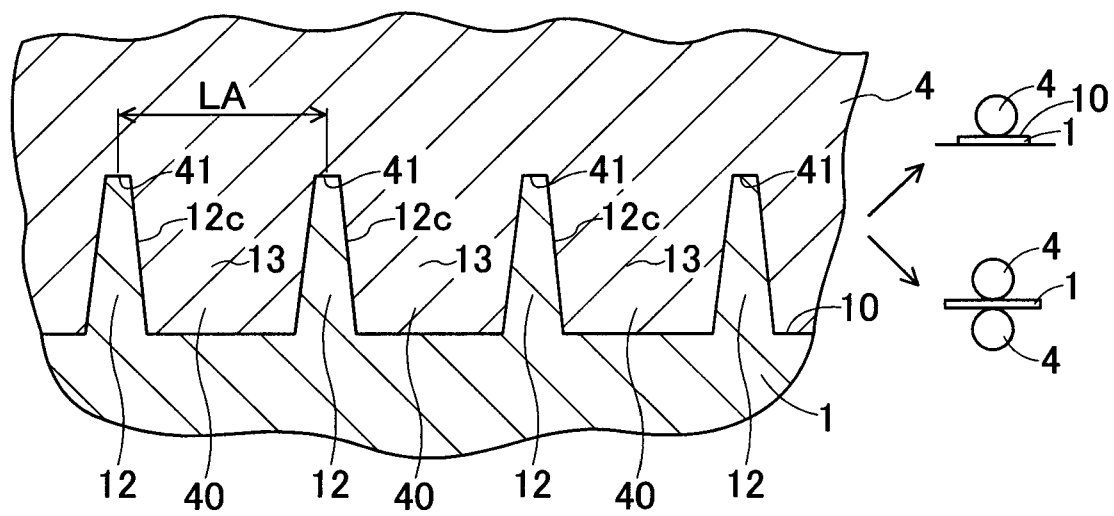
前記繊維強化高分子材料部を構成する前記高分子材料は、ナイロン、ポリイミド、ポリアセタール、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリブチレンテレフタレート (PBT)、ポリフェニレンサルファイド (PPS)、ポリエーテルサルホン (PES)、ポリエーテルイミド (PEI)、ポリフェニレンエーテル (PPE)、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリプロピレン、アクリル樹脂、塩化ビニル樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アクリロニトリル-ブタジエンスチレン (ABS)、アクリロニトリル-ブタジエン (AB)、液晶ポリマーのうちの少なくとも1種であり、

前記繊維強化高分子材料部を構成する前記補強繊維はガラス繊維、セラミックス繊維、金属繊維、炭素繊維のうちの少なくとも1種である複合成形品。

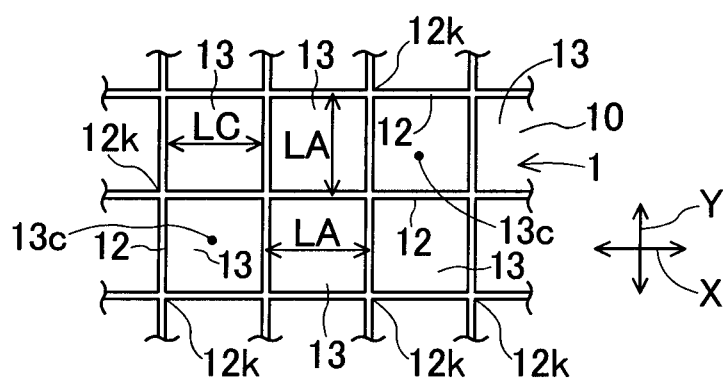
[請求項8] (補正後) 請求項1～4, 6および7のうち的一项において、前記繊維強化高分子材料部を構成する前記高分子材料は、ナイロン系樹脂であり、前記ピッチ間隔は50～700マイクロメートルの範囲内である複合成形品。

[請求項9] (補正後) 請求項1～4, 6および7のうち的一项において、前記繊維強化高分子材料部を構成する前記高分子材料は、ポリフェニレンサルファイド (PPS) 系樹脂であり、前記ピッチ間隔は50～1000マイクロメートルの範囲内である複合成形品。

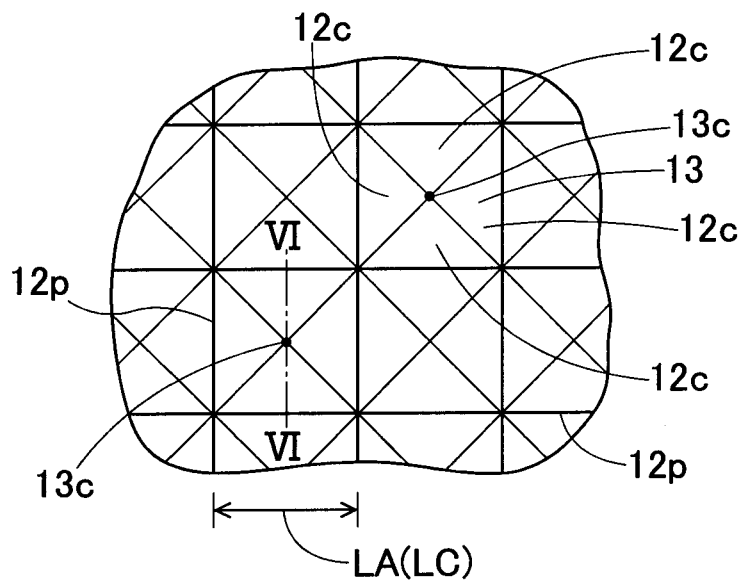
[図4]



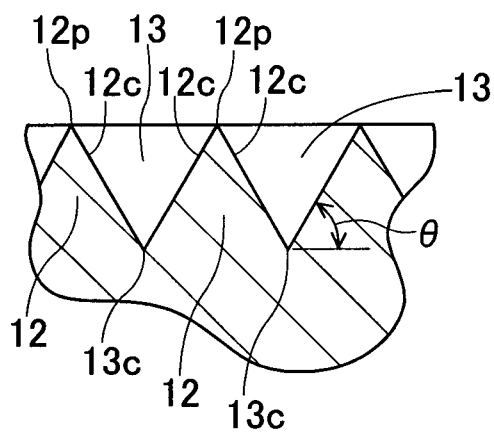
[図5]



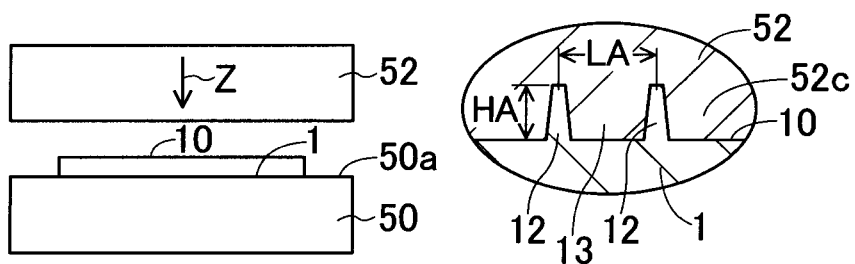
[図6A]



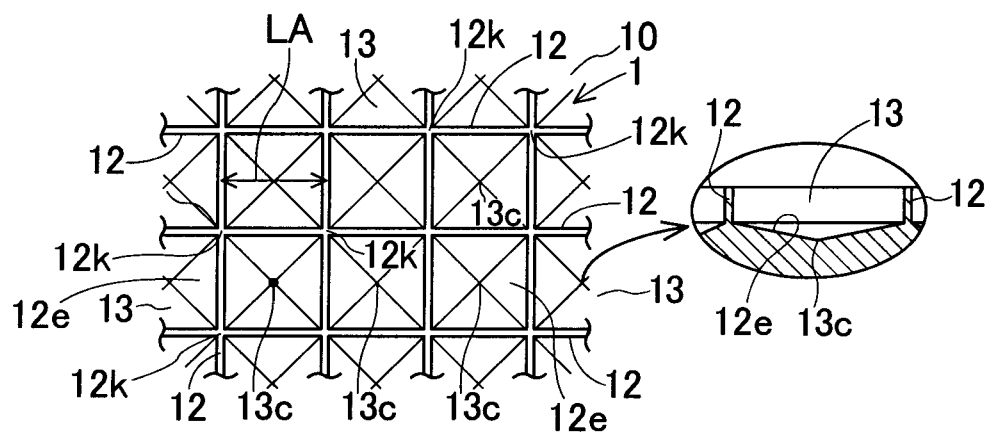
[図6B]



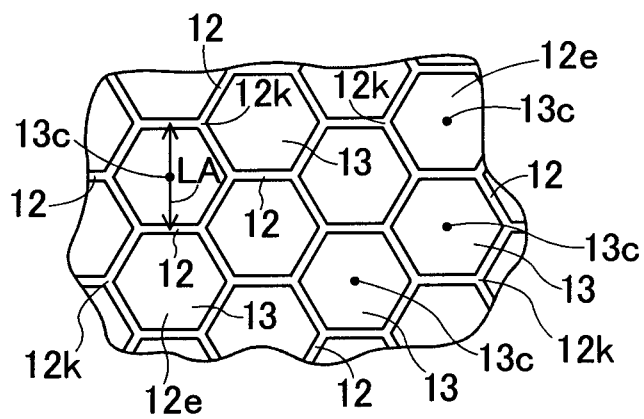
[図7]



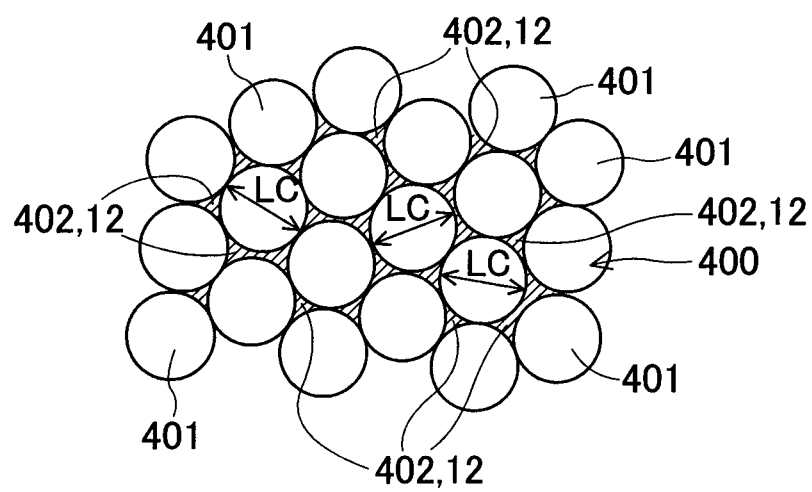
[図8]



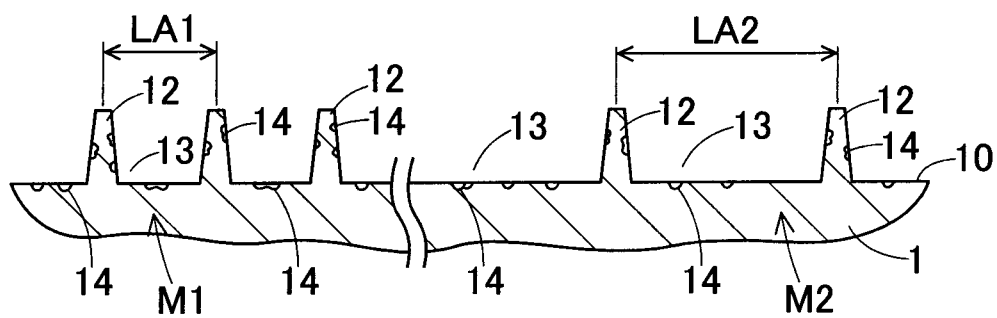
[図9]



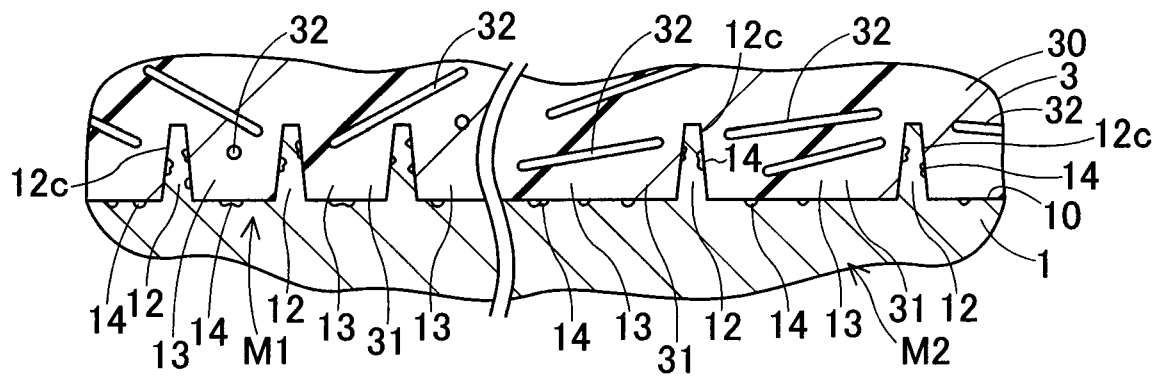
[図10]



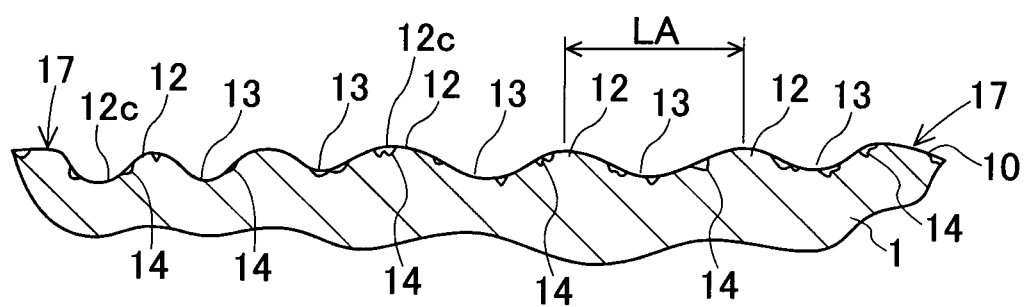
[図11]



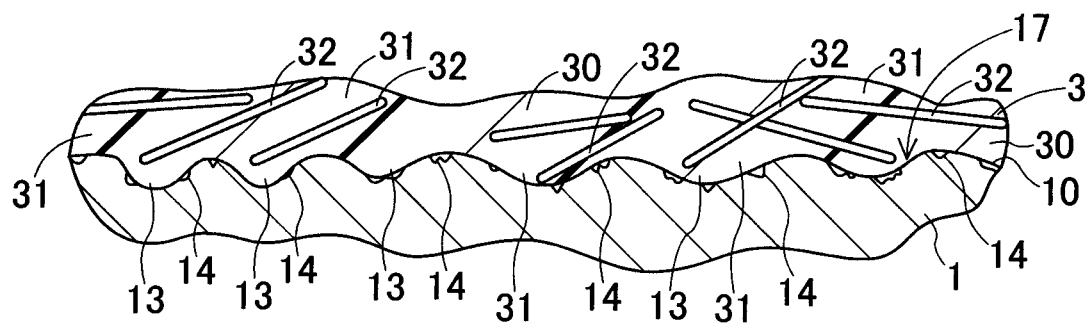
[図12]



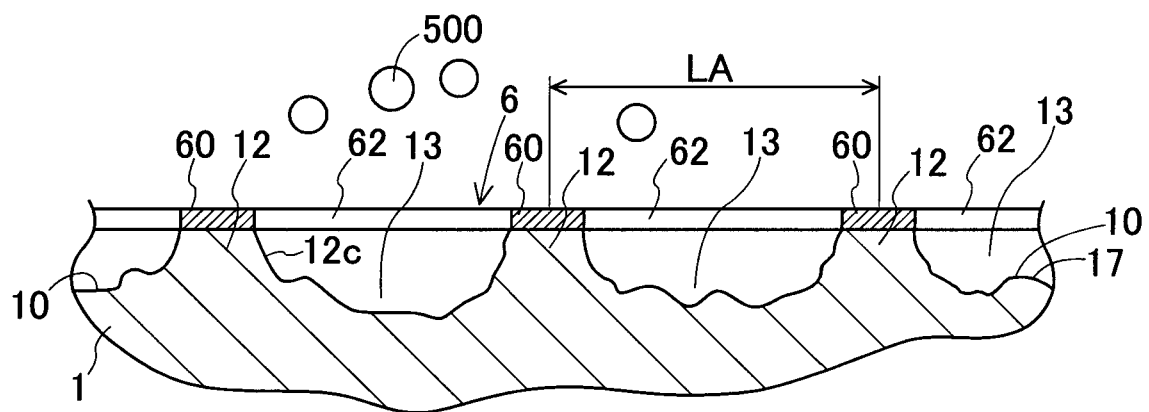
[図13]



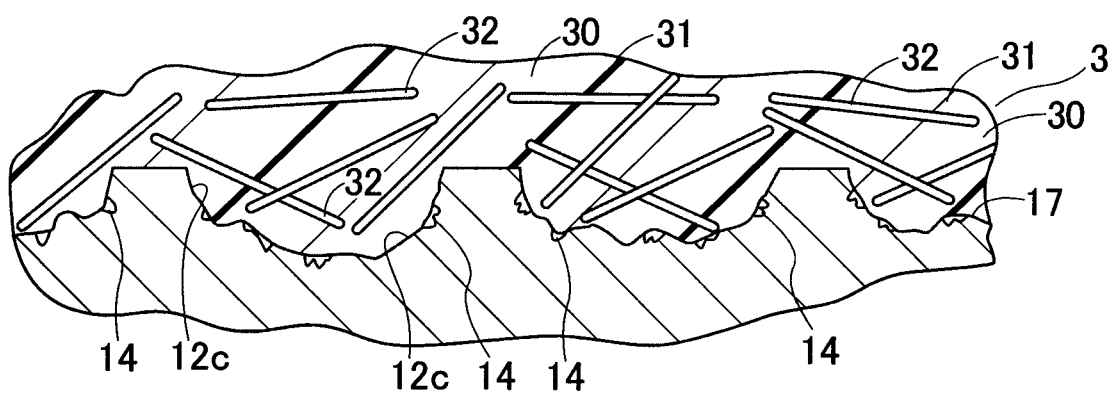
[図14]



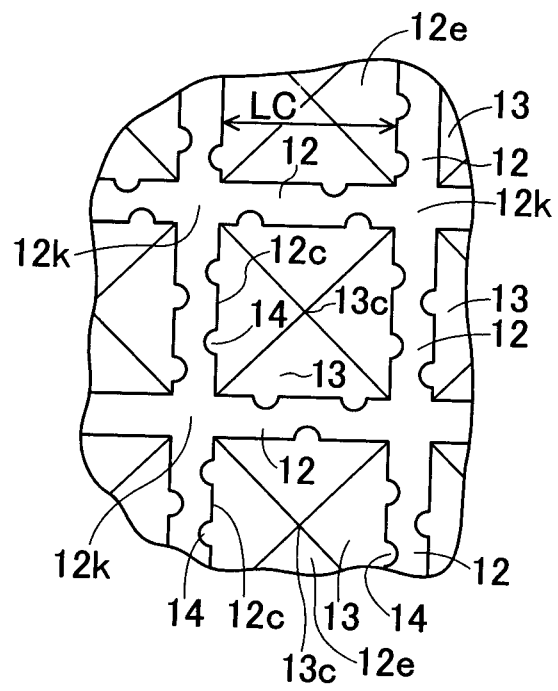
[図15]



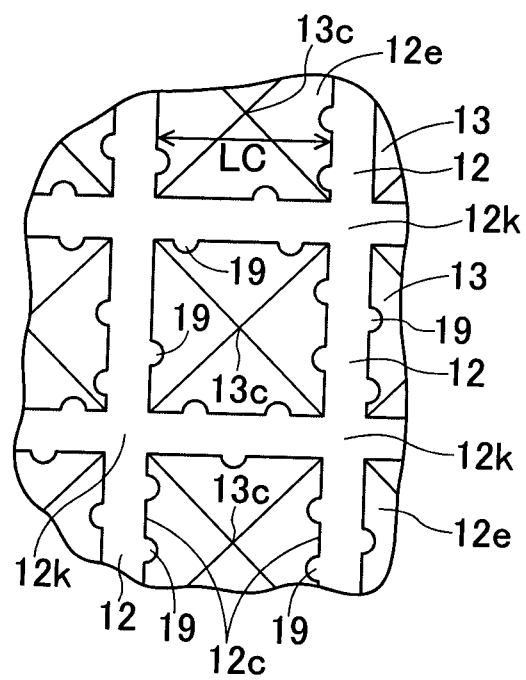
[図16]



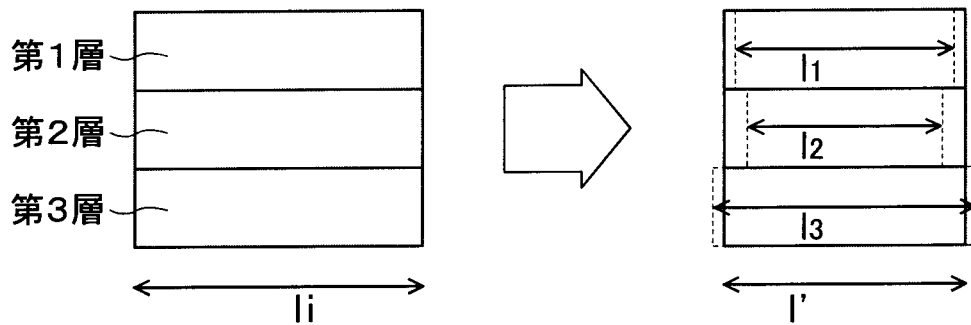
[図17A]



[図17B]

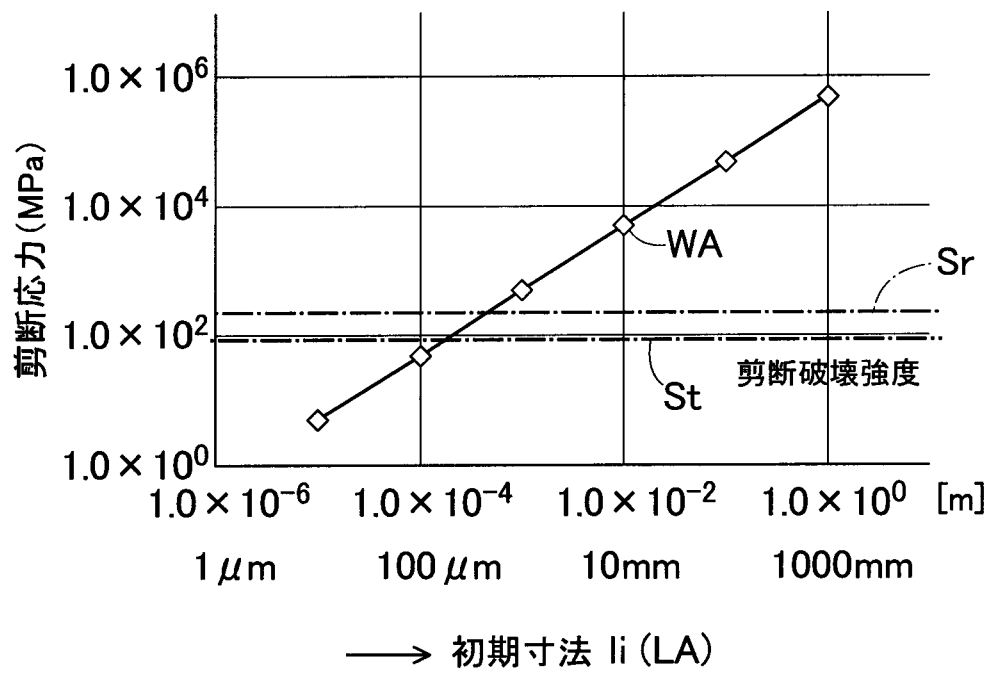


[図18]

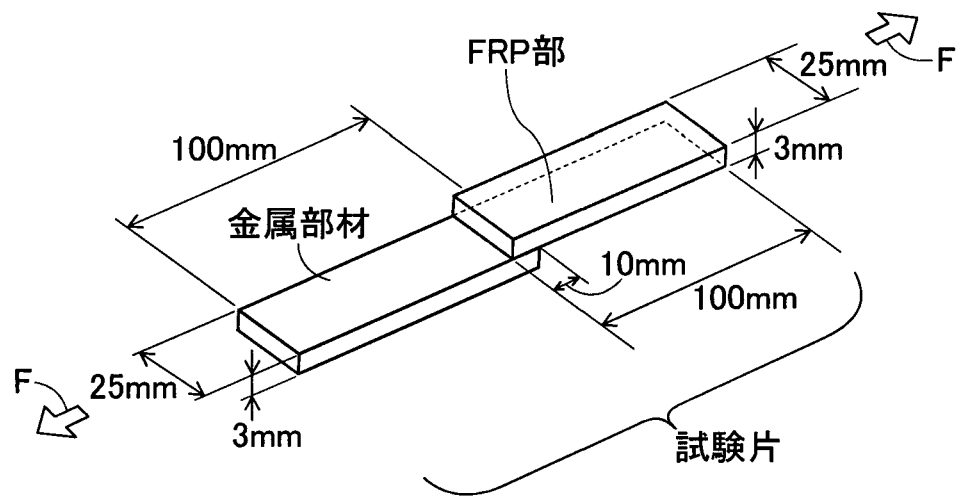


[図19]

WBLの剪断応力 (PPS樹脂／アルミ: 23°C → -40°C)

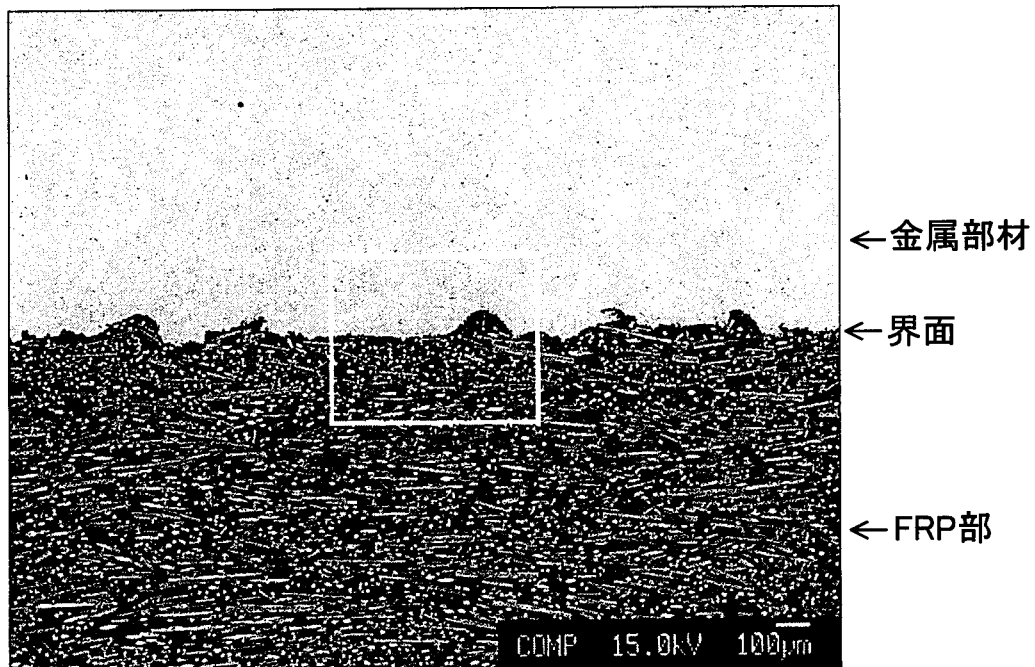


[図20]

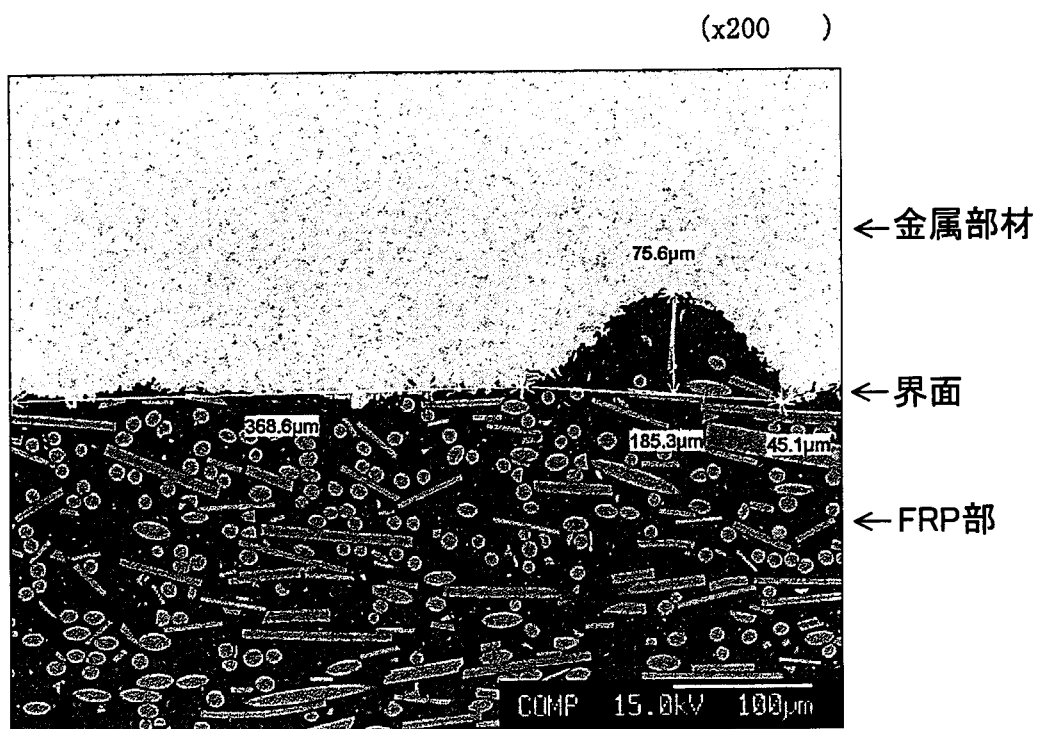


[図21]

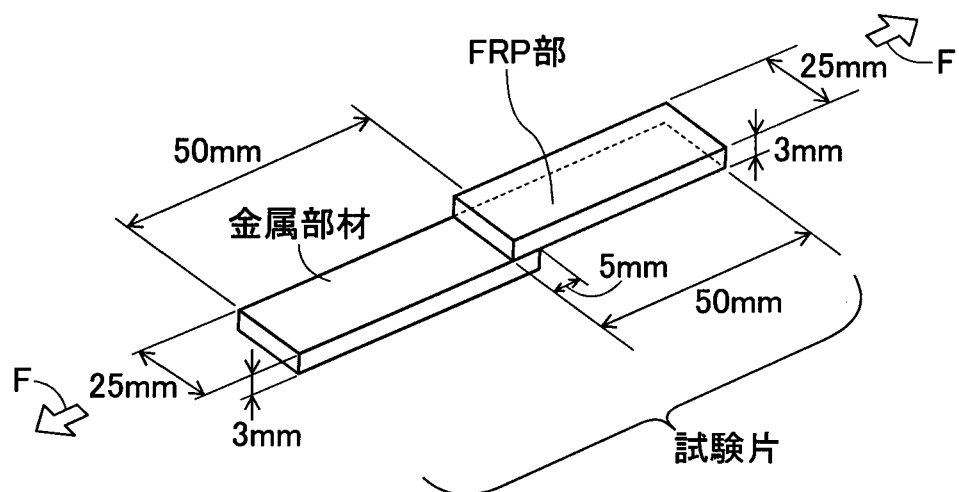
(x50)



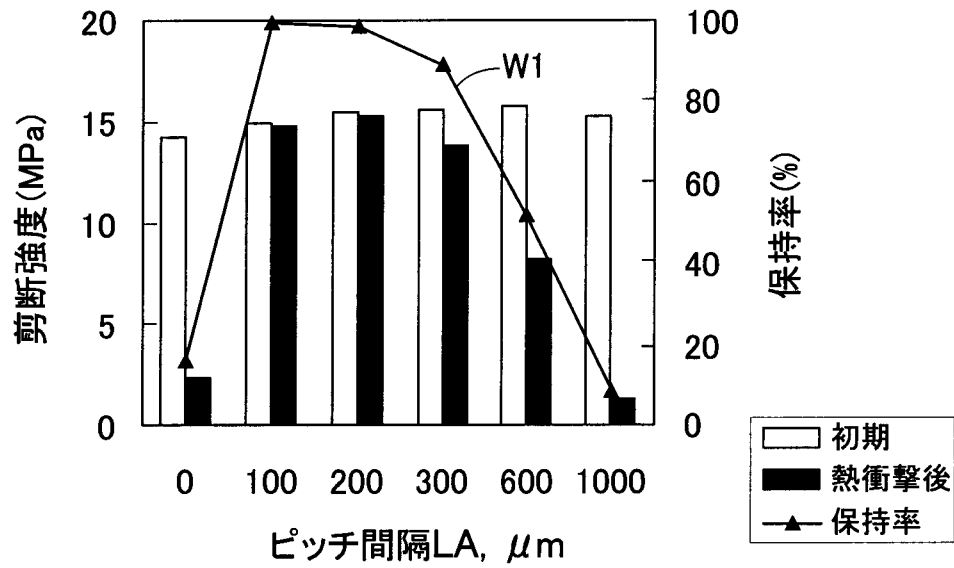
[図22]



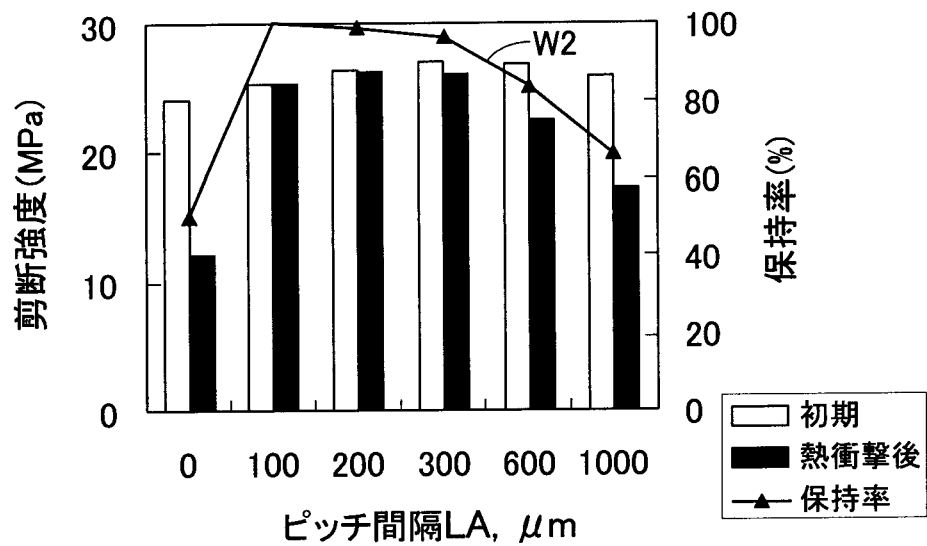
[図23]



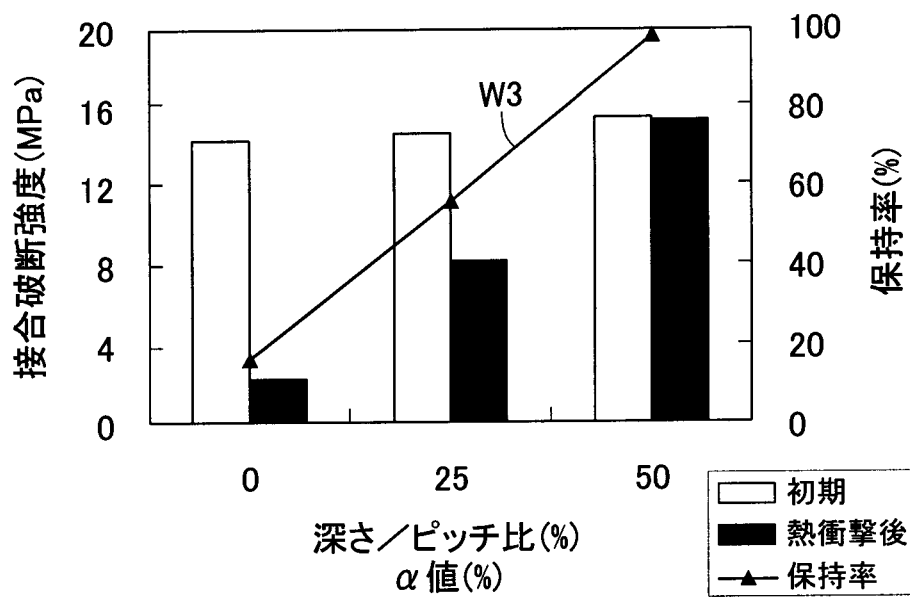
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/005659

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B3/30(2006.01)i, B32B15/08(2006.01)i, B32B15/14(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B32B1/00-43/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 10-305523 A (Tsutsunaka Plastic Industry Co., Ltd.), 17 November 1998 (17.11.1998), claims; paragraphs [0014] to [0017] (Family: none)	1-4, 6-9 5
A	JP 61-144339 A (Hitachi Chemical Co., Ltd.), 02 July 1986 (02.07.1986), claims; drawings (Family: none)	5
A	JP 03-278587 A (Shin-Kobe Electric Machinery Co., Ltd.), 10 December 1991 (10.12.1991), claims; fig. 1 (Family: none)	5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 December, 2010 (22.12.10)

Date of mailing of the international search report

11 January, 2011 (11.01.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/005659

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 05-169589 A (Daiso Co., Ltd.), 09 July 1993 (09.07.1993), claims (Family: none)	5
A	JP 01-166956 A (Shin-Kobe Electric Machinery Co., Ltd.), 30 June 1989 (30.06.1989), claims; fig. 1 (Family: none)	5

特許協力条約

P C T

国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第 40、41 条)
〔P C T 18 条、P C T 規則 43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 F-1228-P	今後の手続きについては、様式 P C T / I S A / 2 2 0 及び下記 5 を参照すること。	
国際出願番号 P C T / J P 2 0 1 0 / 0 0 5 6 5 9	国際出願日 (日.月.年) 1 6 . 0 9 . 2 0 1 0	優先日 (日.月.年) 1 6 . 1 0 . 2 0 0 9
出願人 (氏名又は名称) アイシン精機株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条 (P C T 18条) の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語に関し、この国際調査は以下のものに基づき行った。

☒ 出願時の言語による国際出願

☐ 出願時の言語から国際調査のための言語である _____ 語に翻訳された、
この国際出願の翻訳文 (P C T 規則12.3(a)及び23.1(b))

b. ☐ この国際調査報告は、P C T 規則91の規定により国際調査機関が認めた又は国際調査機関に通知された明らかな誤りの訂正を考慮して作成した (P C T 規則43.6の2(a))。

c. ☐ この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでいる (第 I 欄参照)。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない (第 II 欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している (第 III 欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第IV欄に示されているように、法施行規則第47条第1項 (P C T 規則38.2) の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から 1 月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 図面に関して

a. 要約書とともに公表される図は、

第 2 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ 出願人は図を示さなかったので、国際調査機関が選択した。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表しているので、国際調査機関が選択した。

b. ☐ 要約とともに公表される図はない。

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B32B3/30(2006.01)i, B32B15/08(2006.01)i, B32B15/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B32B1/00-43/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 10-305523 A（筒中プラスチック工業株式会社）1998. 11. 17, 特許請求の範囲、【0014】～【0017】 （ファミリーなし）	1-4, 6-9 5
A	JP 61-144339 A（日立化成工業株式会社）1986. 07. 02, 特許請求の範囲、図面 （ファミリーなし）	5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 1 2 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 1 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

4 S

3 3 4 0

常見 優

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 03-278587 A (新神戸電機株式会社) 1991. 12. 10, 特許請求の範囲、第 1 図 (ファミリーなし)	5
A	JP 05-169589 A (ダイソー株式会社) 1993. 07. 09, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	5
A	JP 01-166956 A (新神戸電機株式会社) 1989. 06. 30, 特許請求の範囲、第 1 図 (ファミリーなし)	5