

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-181731

(P2019-181731A)

(43) 公開日 令和1年10月24日(2019.10.24)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
B 3 2 B 15/08 (2006.01) B 3 2 B 15/08 N 4 F 1 0 0

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2018-72464 (P2018-72464)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成30年4月4日 (2018.4.4)		日本製鉄株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
		(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100187702
			弁理士 福地 律生
		(74) 代理人	100162204
			弁理士 齋藤 学
		(74) 代理人	100160543
			弁理士 河野上 正晴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合積層板

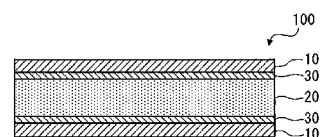
(57) 【要約】

【課題】軽量であり、良好な曲げ剛性を有し、複雑な工程や特別な金型を要せずに、密着性の良いかしめ継ぎ手を得ること、及び負角成形を行うことが可能な複合積層板を提供する。

【解決手段】接着層を介して樹脂層を金属層で挟んだ構造を含み、前記接着層は、100℃以上225℃未満の融点を有し、前記樹脂層は、前記接着層の融点よりも高い融点を有し、前記金属層の線膨張係数 η_f に対する前記樹脂層の線膨張係数 η_p の比率 η_p/η_f は3以上であり、全体の板厚が0.8mm以上である、複合積層板。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

接着層を介して樹脂層を金属層で挟んだ構造を含み、
前記接着層は、100℃以上225℃未満の融点を有し、
前記樹脂層は、前記接着層の融点よりも高い融点を有し、
前記金属層の線膨張係数 η_f に対する前記樹脂層の線膨張係数 η_p の比率 η_p/η_f は3以上であり、
全体の板厚が0.8mm以上である、
複合積層板。

【請求項 2】

前記金属層の合計厚みに対する前記樹脂層の合計厚みの比率が1.00より大きい、請求項1に記載の複合積層板。

【請求項 3】

金属層／接着層／樹脂層／接着層／金属層の5層構造を有する、請求項1または2に記載の複合積層板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、複合積層板に関し、特に、密着曲げ性に優れ、または、負角成形が可能な複合積層板に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、自動車の外板として、鋼板が用いられ、また、軽量化を目的としてアルミニウム板も用いられている（特許文献1）。

【0003】

また、鋼板やアルミニウム板を自動車の外板として用いるためには、密着性の良いかしめ継ぎ手を得る必要がある（特許文献2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-101239号公報

【特許文献2】特開2005-28368号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、軽量化のために鋼板やアルミニウム板の板厚を薄くすると、曲げ剛性（張り剛性）が低下して高級感が得られない。面外方向への曲げを受ける場合の曲げ剛性は、素材の弾性係数と形状の断面2次モーメント I の積で表わされる。弾性係数は素材固有の値であり、断面2次モーメント I は以下の式：

$$I = b \times t^3 / 12$$

（式中、 b は幅であり、 t は板厚である）

で表され、板厚の3乗に比例する。

【0006】

また、ヘミング加工によって密着性の良いかしめ継ぎ手を得るため、または負角成形を行うためには、複雑な工程や特別な金型を必要とし、コストが高くなる問題もある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の要旨は、以下のとおりである。

（1）本開示の複合積層板は、接着層を介して樹脂層を金属層で挟んだ構造を含み、前記接着層は、100℃以上225℃未満の融点を有し、

前記樹脂層は、前記接着層の融点よりも高い融点を有し、

前記金属層の線膨張係数 η_f に対する前記樹脂層の線膨張係数 η_p の比率 η_p / η_f は 3 以上であり、

全体の板厚は、0.8 mm 以上である。

(2) 上記 (1) に記載の複合積層板において、前記金属層の合計厚みに対する前記樹脂層の合計厚みの比率が 1.00 より大きい。

(3) 上記 (1) または (2) に記載の複合積層板は、金属層／接着層／樹脂層／接着層／金属層の 5 層構造を有する。

【発明の効果】

【0008】

10

本開示の複合積層板によれば、軽量化を図ることができるので、全体の板厚を大きくして良好な曲げ剛性を得つつ、複雑な工程や特別な金型を要せずに、密着性の良いかしめ継ぎ手を得ること、及び負角成形を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】図 1 は、5 層構造を有する複合積層板の断面模式図である。

【図 2】図 2 は、内板を配置して外板の複合積層板をヘミング加工したときの断面模式図である。

【図 3】図 3 は、図 2 のヘミング加工した複合積層板を、熱処理及び冷却処理したときの断面模式図である。

20

【図 4】図 4 は、従来のハット形鋼 (A) 及び (C)、並びに本開示の複合積層板を用いて得られた負角構造体 (B) の断面形状、断面二次モーメント、占有面積 (体積)、及び部材剛性の断面効率の比較を示す。

【図 5】図 5 は、曲げ剛性を評価する方法を説明する断面模式図である。

【図 6】図 6 は、ヘミング加工された複合積層体を側面から見た外観写真である。

【図 7】図 7 は、ヘミング加工された複合積層体を側面から見た外観写真である。

【図 8】図 8 は、ヘミング加工された金属板を側面から見た外観写真である。

【図 9】図 9 は、プレス曲げによるヘミング加工を説明する模式図である。

【図 10】図 10 は、ローラーヘムによるヘミング加工を説明する模式図である。

【図 11】図 11 は、熱処理及び室温への冷却処理後の複合積層板を側面から見た外観写真である。

30

【図 12】図 12 は、ヘミング加工後に熱処理及び冷却処理が施された複合積層板を側面から見た外観写真である。

【図 13】図 13 は、ヘミング加工後に熱処理及び冷却処理が施された複合積層板を側面から見た外観写真である。

【図 14】図 14 は、シミュレーション解析モデルである。

【図 15】図 15 は、シミュレーション結果である。

【図 16】図 16 は、シミュレーション結果である。

【図 17】図 17 は、曲げ内側の解析モデルである。

【図 18】図 18 は、曲げ外側の解析モデルである。

40

【図 19】図 19 は、図 17 のモデルについて、熱収縮の解析を行って得られた変位量を表すコンター図である。

【図 20】図 20 は、図 18 のモデルについて、熱収縮の解析を行って得られた変位量を表すコンター図である。

【図 21】図 21 は、金属層の線膨張係数 η_f に対する樹脂層の線膨張係数 η_p の比率 η_p / η_f による曲げ内 R の閉じ角度を表すグラフである。

【図 22】図 22 は、曲げ剛性を表すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本開示の複合積層板は、接着層を介して樹脂層を金属板で挟んだ構造を含む。複合積層

50

板に含まれる層数は特に限定されるものではなく、接着層を介して樹脂層を金属板で挟んだ構造を含む限り、複合積層板は所望の構成を有することができる。例えば、図1の断面模式図に示すように、複合積層板100は、金属層10／接着層30／樹脂層20／接着層30／金属層10の5層構造を有してもよく、この5層構造に金属層、接着層、及び樹脂層のうち少なくとも1層をさらに加えた構造を有してもよく、あるいは、線材を用いて網状に形成した網状の線材層をさらに含んでもよい。例えば、複合積層板は、金属層／接着層／網状の線材層／樹脂層／網状の線材層／接着層／金属層の7層構造を有してもよい。複合積層板は、好ましくは、金属層／接着層／樹脂層／接着／金属層の5層構造を有する。

【0011】

10

本開示の複合積層板によれば、曲げ加工後に、熱処理及び冷却処理を行うことにより、ヘミング加工やハット形鋼の成形における曲げ加工で形成した内側曲げ角度（以下、曲げ角度という）をさらに小さくすることができるので、複雑な工程や特別な金型を要せずに、内板と外板との間の密着性を向上したかしめ継ぎ手、または負角構造体を得ることができる。

【0012】

複合積層板の全体の板厚は、0.8mm以上、好ましくは1.0mm以上、より好ましくは1.2mm以上、さらに好ましくは1.4mm以上である。複合積層板が上記範囲の板厚を有することにより、曲げ剛性を確保して外板の高級感を高めることができる。

【0013】

20

複合積層板が備える金属層の合計厚みは、好ましくは0.03～0.40mm、より好ましくは0.05～0.20mm、さらに好ましくは0.07～0.15mmである。

【0014】

複合積層板が備える樹脂層の合計厚みは、好ましくは0.06～0.80mm、より好ましくは0.10～0.50mm、さらに好ましくは0.14～0.30mmである。

【0015】

金属層及び樹脂層が上記範囲の厚みを有することにより、複合積層板の軽量化及び曲げ剛性をより向上することができる。

【0016】

複合積層板が備える樹脂層の合計厚み／複合積層板が備える金属層の合計厚みの比率は、好ましくは1.00より大きく6.00以下、より好ましくは1.50以上5.50以下、さらに好ましくは1.75以上5.00以下、さらにより好ましくは2.00以上4.00以下である。

30

【0017】

金属層及び樹脂層が、上記樹脂層の厚み／金属層の厚みの比率を有することにより、複合積層板のさらなる軽量化及び曲げ剛性のさらなる向上を図ることができ、より優れた密着性を有するかしめ継ぎ手を得ること、及びより容易に負角成形を行うことが可能となる。

【0018】

接着層は接着剤で構成され、接着剤は、100℃以上225℃未満の融点を有する。接着剤は、好ましくは180℃以下、より好ましくは170℃以下、さらに好ましくは160℃以下の融点を有する。

40

【0019】

接着剤は、好ましくは、熱圧着型変性ポリプロピレン接着剤、熱可塑性樹脂系接着剤、エラストマー系接着剤、及び無機系接着剤のうち少なくとも1つである。熱圧着型変性ポリプロピレン接着剤は、約160℃～170℃の融点を有し得る。

【0020】

一般に、自動車の外板を作製する際、外板に接するように外板の端部に沿って内板を配置し、外板が内側に配置される内板に密着するように外板にヘミング加工が行われ、かしめ継ぎ手を形成して外板を内板に密着させる。さらに、かしめ継ぎ手を有する外板に、1

50

00～225℃、特に170～180℃で20～30分間、焼付け塗装処理（BH処理）が行われる。

【0021】

本開示の複合積層板においては、接着層の接着剤が上記範囲の融点を有することにより、加熱を伴うBH処理工程で、接着剤の流動性を高めて、ヘミング加工の際に金属層と樹脂層との間に発生した応力を緩和し、その後の冷却過程で、外力無しに、ヘミング加工で形成した曲げ角度をさらに閉じることができるので、良好な密着性を有するかしめ継ぎ手を得ることができる。本開示の複合積層板には、BH処理工程に代えてまたは加えて、単なる熱処理を行ってもよい。BH処理工程または熱処理における温度は、好ましくは、接着剤の（融点－20℃）以上、且つ樹脂層の融点未満である。BH処理工程または熱処理における温度の下限は、より好ましくは接着剤の融点以上、さらに好ましくは接着剤の融点よりも高い。プレス加工を行う場合またはフランジ加工を行う場合にも、好ましくは、熱処理として同様のBH処理を行う。

10

【0022】

樹脂層は樹脂で構成される。樹脂層の樹脂は、接着層の接着剤の融点よりも高い融点、好ましくは接着層の接着剤の融点より20℃以上高い融点を有する。樹脂層の樹脂は、好ましくは熱可塑性である。樹脂層の樹脂は、好ましくは225℃超、より好ましくは250℃以上、さらに好ましくは270℃以上、さらにより好ましくは290℃以上の融点を有する。樹脂層の樹脂が、上記範囲の融点を有することにより、熱処理において樹脂層が溶融することを防止することができる。

20

【0023】

樹脂層の樹脂は、好ましくは、ポリアミド6（PA6）、アセチルセルロース、ポリブチレンテレフタレート、ポリアミド66（PA66）、ポリエチレンテレフタレート、ポリフェニレンスルファイド、及びポリアミドイミドのうち少なくとも1つである。ポリアミド6（PA6）は約225℃の融点、アセチルセルロースは約230℃の融点、ポリブチレンテレフタレートは約245℃の融点、ポリアミド66（PA66）は約265℃の融点、ポリエチレンテレフタレートは約255℃の融点、ポリフェニレンスルファイドは約290℃の融点、ポリアミドイミドは約300℃の融点を有し得る。

【0024】

図2に、内板40を配置して外板の複合積層板100をヘミング加工したときの断面模式図を示す。図3に、図2のヘミング加工した複合積層板100を、上記所定の温度で熱処理し、次いで100℃未満に冷却処理したときの断面模式図を示す。図2に示すように、ヘミング加工後はスプリングバックが起こるため、複合積層板のかしめ継ぎ手の曲げ角度が開いて、外板と内板との密着性が低下する。本開示の複合積層板によれば、ヘミング加工後に熱処理及び冷却処理を行うことにより、図3に示すように、かしめ継ぎ手の曲げ角度が閉じるために、密着性の高いかしめ継ぎ手を得ることができる。

30

【0025】

理論に束縛されるものではないが、曲げ角度が閉じる理由は以下のように考えられる。本開示の複合積層板から得られたかしめ継ぎ手またはハット形構造体の熱処理過程で、金属層と樹脂層との間の線膨張係数差に起因する熱歪みが発生する。ここで、接着剤の（融点－20℃）以上の温度で熱処理すると、接着剤が軟化または溶融するため、金属層と樹脂層との間の接着力が低下して金属層と樹脂層との間でずれが生じ、金属層と樹脂層との線膨張差に起因する熱歪みが緩和する。熱処理をした後、100℃未満までの冷却過程で、金属層と樹脂層との間で硬化または再接着が生じ、金属層及び樹脂層は収縮し、線膨張係数差により金属層と樹脂層との間にせん断応力が発生して、曲げ角度が閉じる方向に変形すると考えられる。

40

【0026】

100℃未満では金属層と樹脂層との層間は固定され、熱処理の際に接着剤が軟化または溶融し金属層と樹脂層との層間がずれる必要がある。

【0027】

50

金属層は、 225°C 超の融点を有する金属板または合金板で構成され、好ましくは鋼板、アルミニウム合金板、銅合金板、純チタン板、チタン合金板、またはマグネシウム合金板であることができる。鋼板は、好ましくは $270\sim 590\text{MPa}$ の引張強度を有し、例えばめっき鋼板、電気めっき鋼板、ぶりき、または缶用鋼板（TFS：ティンフリースチール）であることができる。

【0028】

接着層の一層の厚みは、好ましくは $0.001\sim 0.200\text{mm}$ 、より好ましくは $0.050\sim 0.100\text{mm}$ 、さらに好ましくは $0.100\sim 0.050\text{mm}$ である。接着層が上記範囲の厚みを有することにより、樹脂層と金属層とを良好に接着することができる。

10

【0029】

外板をヘミング加工して内板とかしめ継ぎ手を形成する場合、外板を曲げた部分（フランジ部分）の内板と外板との密着性が重要である。

【0030】

外板は、ヘミング加工された後、密着性確保のためにシーラー塗布され得る。かしめ継ぎ手は、プレス曲げ、ローラーヘム等のヘミング加工によって成形されるが、スプリングバックが生じ、密着性が低下し得る。本開示の複合積層板によれば、ヘミング加工により成形されたかしめ継ぎ手の密着性向上が可能になる。

【0031】

本開示の複合積層板は、ヘミング加工後またはプレス加工後に、熱処理及び冷却処理を経て室温に戻したときに、熱処理前よりも曲げ角度を低減することができる。熱処理前の曲げ角度に対する曲げ角度の低減角度（閉じ角度）は、好ましくは 0.55° 以上、より好ましくは 2.00° 以上、さらに好ましくは 2.30° 以上、さらにより好ましくは 2.50° 以上、さらにより好ましくは 2.60° 以上、さらにより好ましくは 5.00° 以上、さらにより好ましくは 5.10° 以上である。曲げ角度の低減角度の上限は特に限定されないが、例えば 20° または 10° であることができる。

20

【0032】

金属層の線膨張係数 η_f に対する樹脂層の線膨張係数 η_p の比率 η_p/η_f が大きいほど、熱処理後の冷却過程での曲げ角度の閉じ角度（変化量）が大きくなり、密着性に優れたかしめ継ぎ手を得ることができ、または容易に負角構造体を得ることができる。

30

【0033】

金属層の線膨張係数 η_f に対する樹脂層の線膨張係数 η_p の比率 η_p/η_f は、3以上、好ましくは5以上、より好ましくは7以上である。かしめ継ぎ手を成形する場合、比率 η_p/η_f が大きいほど、熱処理後の冷却過程での曲げ角度の閉じ角度（変化量）が大きくなり、密着性に優れたかしめ継ぎ手を得ることが可能であり、上記範囲で、工業的に必要なかしめ力を得ることができる。負角構造体を成形する場合も、比率 η_p/η_f が大きいほど、熱処理後の冷却過程での曲げ角度の閉じ角度（変化量）が大きくなり、複雑な工程や特別な金型を要せずに、曲げ角度がより小さい負角構造体を容易に得ることができる。曲げ角度がより小さい負角構造体は、断面2次モーメントを得るための効率がより高く、剛性がより優れている。 η_p/η_f の上限値は特に限定されるものではないが、例えば η_p/η_f を20以下にしてもよい。

40

【0034】

90° 曲げの場合に η_p/η_f が3であると、熱処理及び冷却処理により、曲げ角度の閉じ角度（変化量）は 0.55° になる。稜線開き角度の合計が 180° 以上となる部品においては、閉じ角度の合計は 1.1° になる。一般に、ヘミング加工により、内板と外板とでかしめ継ぎ手を形成する場合に必要なフランジ長さは 25mm であり、面精度は $\pm 0.5\text{mm}$ である。すなわち、面精度が低い場合は 0.5mm の隙間が生じ、接合不良が生じ得る。 η_p/η_f を3以上にすることによって、フランジ端の隙間を 0.5mm （ $25\text{mm} \times \sin(1.1^{\circ}) = 0.5\text{mm}$ ）狭めて、隙間を塞ぐことができる。

【0035】

50

例えば、樹脂層の材料として好ましいポリアミド6 (PA6) の線膨張係数は、 $5.9 \sim 10 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であり、アセチルセルロースの線膨張係数は、 $8 \sim 18 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であり、ポリブチレンテレフタレートの線膨張係数は、 $6.0 \sim 9.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であり、ポリアミド66 (PA66) の線膨張係数は、 $8 \sim 10 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であり、ポリエチレンテレフタレートの線膨張係数は、 $6.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であり、ポリフェニレンスルファイドの線膨張係数は、 $4.9 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であり、ポリアミドイミドの線膨張係数は、 $3.1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ である。例えば、金属層の材料として好ましい鋼板の線膨張係数は、 $9.0 \sim 12.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であり、アルミニウム板の線膨張係数は、 $23 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であり、銅板の線膨張係数は、 $17.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。 η_p / η_f が所望の比率になるように、金属層及び樹脂層の材料を選択することができる。

10

【0036】

複合積層板は、金属板の間に接着剤を介して樹脂を挟み、熱間圧着して、作製され得る。熱間圧着は、例えば、温度を $100 \sim 200 ^\circ\text{C}$ に加熱しながら、 $0.01 \sim 5.00 \text{ MPa}$ の圧力で $1.0 \times 10^1 \sim 1.0 \times 10^5$ 秒間、プレスすることによって行われる。

【0037】

本開示の複合積層板によれば、プレス加工による曲げ加工後に熱処理及び冷却処理を行って曲げ角度を閉じることができるため、負角成形を容易に行うことができる。負角成形とは、 90° よりも小さい曲げ角度を有する成形部を形成することをいう。通常のプレス工法では負角構造体を成形することはできない。負角構造体を成形するには、多工程化や斜めから金型を移動させるカム工法が必要となるが、コストが高くなる。

20

【0038】

本開示の複合積層板を用いて得られる負角構造体は、優れた断面二次モーメント、占有面積（体積）、及び部材剛性の断面効率を両立することができる。

【0039】

図4に、金属板を用いて従来工法で作製したハット形鋼(A)、本開示の複合積層板を用いてハット形鋼(A)と同じ断面形状のハット形鋼を従来工法で作製し、次いで熱処理及び冷却処理して作製した負角構造体(B)、及び金属板を用いてフランジ部が負角構造体(B)と同じ幅を有するようにした通常工法で作製したハット形鋼(C)の断面形状、断面二次モーメント、占有面積（体積）、及び部材剛性の断面効率の比較を示す。

30

【0040】

断面二次モーメントについては、断面積が最も大きいハット形鋼(A)が優れているが、負角構造体(B)も線長（図芯からの距離）が大きいので良好であり、ハット形鋼(C)は断面積が小さいので劣っている。

【0041】

占有面積（体積）については、断面積が最も大きいハット形鋼(A)が劣っており、負角構造体(B)及びハット形鋼(C)は優れている。

【0042】

部材剛性の断面効率については、ハット形鋼(A)及びハット形鋼(C)は不十分であるが、負角構造体(B)は優れている。

40

【実施例】

【0043】

(実施例1)

それぞれの板厚が 0.2 mm で線膨張係数 η_f が $11.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ の2枚の缶用鋼板(TFS)の間に、融点が $160 ^\circ\text{C}$ の熱圧着型変性ポリプロピレンを接着剤として介して、 0.54 mm の板厚、 $225 ^\circ\text{C}$ の融点、及び $8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ の線膨張係数 η_p を有するポリアミド6 (PA6)を挟み、 $180 ^\circ\text{C}$ 、 10000 kg で、 1.0×10^5 秒間、熱間圧着して、板厚が 1.1 mm の5層の複合積層板を作製した。圧着後の複合積層板の縦横寸法は、 $400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ であった。缶用鋼板の線膨張係数 η_f に対するポリアミド6の線膨張係数 η_p の比率 η_p / η_f は、 6.8 であった。金属層の合計厚み

50

に対する樹脂層の合計厚みの比率は1.35であった。

【0044】

作製した複合積層板について、図5に示す方法にしたがって、曲げ剛性を評価した。図5は、寸法が1.1mm×30mm×200mmの複合積層板100を、100mm間隔で配置したR5.0mmの支持点の上に配置し、中央部を、R5.0mmのパンチで押し込んで曲げ成形したときの曲げ剛性を測定する方法を表す。アルミニウム板及び缶用鋼板(TFS)についても、同様に曲げ剛性を評価した。

【0045】

図22に示すように、実施例1で作製した複合積層板は、0.50mm厚の缶用鋼板(TFS)と同等の質量で0.50mm厚の缶用鋼板の曲げ剛性よりも大幅に高い曲げ剛性が得られた。この曲げ剛性は、1.3mm厚のアルミニウム板と同等であった。このように、実施例1で作製した複合積層板は、軽量且つ高い曲げ剛性を示した。

【0046】

(実施例2)

それぞれの板厚が0.2mmで線膨張係数 ηf が $11.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ の2枚のブリキ板の間に、融点が160℃の熱圧着型変性ポリプロピレンを接着剤として介して、0.54mmの板厚、225℃の融点及び $8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ の線膨張係数 ηf を有するポリアミド6(PA6)を挟み、180℃、10000kgで、 1.0×10^5 秒間、熱間圧着して、板厚が1.1mmの5層の複合積層板を作製した。圧着後の複合積層板の縦横寸法は、400mm×600mmであった。ブリキ板の線膨張係数 ηf に対するポリアミド6の線膨張係数 ηp の比率 $\eta p / \eta f$ は、6.8であった。

【0047】

内板無しで、内R曲げ半径が1.0mmのヘミング加工を、図9に示すプレス曲げで行い、図6に示すヘミング加工された複合積層板を得た。図9に示すように、プレス曲げでは、全2工程で180度曲げを完了した。次いで、乾燥炉に入れて、大気中で、170℃まで0.1℃/秒で加熱し、170℃で20分間の熱処理を行い、その後室温まで空冷した。熱処理及び冷却処理を行うことによって、複合積層板は、ヘミング加工部の曲げ角度が閉じる方向に変形した。

【0048】

(実施例3)

図10に示すローラーヘムでヘミング加工を行ったこと以外は、実施例2と同じ条件で複合積層板を作製し、内R曲げ半径が1.0mmのヘミング加工を行い、図7に示すヘミング加工された複合積層板を得た。図10に示すように、ローラーヘムでは、全4工程で180度曲げを完了した。次いで、実施例2と同様に熱処理及び冷却処理を行った。

【0049】

図11に、170℃で20分間の熱処理及び室温への冷却処理後の、実施例3の複合積層板を側面から見た外観写真を示す。熱処理及び冷却処理を行うことによって、複合積層板は、ヘミング加工部の曲げ角度が閉じる方向に変形した。

【0050】

(実施例4)

170℃で5分間の熱処理を行い、その後室温まで空冷したこと以外は、実施例3と同じ条件で複合積層板を作製し、ヘミング加工を行い、熱処理及び冷却処理を行い、図13に示すヘミング加工された複合積層板を得た。熱処理及び冷却処理を行うことによって、複合積層板は、ヘミング加工部の曲げ角度が閉じる方向に変形した。

【0051】

(実施例5)

140℃まで加熱した後、温度を保持せずに室温に空冷したこと以外は、実施例3と同じ条件で複合積層板を作製し、ヘミング加工を行い、熱処理及び冷却処理を行い、図12に示すヘミング加工された複合積層板を得た。熱処理及び冷却処理を行うことによって、複合積層板は、ヘミング加工部の曲げ角度が閉じる方向に変形した。

【0052】

(実施例6)

接着剤として、融点が170℃の熱圧着型変性ポリプロピレンを用いたこと以外は、実施例2と同じ条件で複合積層板を作製し、内R曲げ半径が1.0mmのヘミング加工を行い、複合積層板を得た。次いで、実施例2と同じ条件で熱処理及び冷却処理を行った。

【0053】

(比較例1)

0.2mm厚のブリキ板について、実施例2と同じ条件でヘミング加工を行い、図8に示すヘミング加工された金属板を得た。

【0054】

表1に、実施例2～6の複合積層板及び比較例1の金属板の、熱処理前を基準にして、熱処理及び冷却処理を経た後に曲げ角度が閉じた角度（変化量）を示す。

【0055】

【表1】

表1

	内R曲げ半径が閉じた角度
実施例2	2.6°
実施例3	5.1°
実施例4	5.0°
実施例5	2.5°
実施例6	2.3°
比較例1	0.4°

【0056】

比較例1の鋼板の曲げ角度は、熱処理及び冷却処理の前と後ではほぼ一定であったが、実施例2～6の複合積層板は、熱処理及び冷却処理により、曲げ角度が熱処理前よりも大幅に小さくなった。

【0057】

(シミュレーション解析)

熱処理及び室温冷却処理で、曲げ角度が閉じる方向に変化することを、熱処理過程で接着剤が溶融し且つ冷却過程で金属層と樹脂層との間で再接着が行われると仮定して、シミュレーション解析を行った。

【0058】

図14に解析モデルを示す。0.7mm厚の樹脂層を0.2mm厚（合計0.4mm厚）の鋼板層で挟んだ長さ20mmの複合積層板を、曲げ角度が90°で内側曲げ半径Rが1mmのコーナーでつないだモデルを作成した。作成したモデルにおいて、接着剤は溶融せずに鋼板層及び樹脂層の接合を保ち、鋼板層と樹脂層とは共有接点を有する。このモデルについて、180℃から25℃に冷却する際の熱収縮歪みを計算した。鋼板層及び樹脂層の物性値を表2に示す。

【0059】

【表2】

表2

	材料	ヤング率 (GPa)	熱膨張係数 (1/℃)
鋼板層	鋼板	205.8	11.7×10^{-6}
樹脂層	PA6	3.0	8.0×10^{-5}

【0060】

図15及び図16に、シミュレーション結果を示す。図15に示すように、180℃か

ら 25℃に冷却することで、曲げ角度は 1.6°減少した。図 16 の結果から、冷却する際に、曲げ角度は、ほぼ線形に減少することが分かる。

【0061】

曲げ内側と曲げ外側に分けて、冷却過程で曲げ角度が減少することについて、さらに解析を行った。図 17 に、曲げ内側の解析モデルを示し、図 18 に、曲げ外側の解析モデルを示す。

【0062】

図 17 及び図 18 は、0.7mm 厚の樹脂層を 0.2mm 厚の鋼板層で挟んだ長さ 4mm の複合積層板を曲げ角度が 90°で内側曲げ半径 R が 1mm のコーナーでつないだものを、樹脂層の厚み方向の中心位置で、鋼板層及び樹脂層の接合面に平行にきった場合のモデルである。すなわち、図 17 及び図 18 のそれぞれにおいて、樹脂層の厚みは 0.35mm である。

【0063】

図 17 のモデルについて、熱収縮の解析を行った結果を図 19 に示す。図 18 のモデルについて、熱収縮の解析を行った結果を図 20 に示す。図 19 及び図 20 の変位量を表すコンター図から、曲げ内側の曲げ角度は冷却処理で大きくなり、曲げ外側の曲げ角度は冷却処理で小さくなることが分かる。

【0064】

図 19 及び図 20 の解析結果から、鋼板を曲げ外に配置した場合、せん断応力の最大値は 217MPa であり、鋼板を曲げ内に配置した場合、せん断応力の最大値は 161MPa であることが分かった。

【0065】

以上の結果より、鋼板を曲げ外に配置した方が、鋼板を曲げ内に配置するよりも、角閉じ方向の変位量と層間のせん断応力は大きいことが分かる。鋼板を曲げ外に配置した方が、鋼板を曲げ内に配置するよりも、鋼板層と樹脂層との間の境界面積が大きい。境界面積が大きい方がせん断応力は大きくなり、曲げ角度の曲げ方向を支配するため、複合積層板の曲げ角度は、冷却に伴い小さくなると考えられる。

【0066】

鋼板層の線膨張係数 η_f を 11.7×10^{-6} (／℃) に固定して、表 3 及び図 21 に示すように、樹脂層の線膨張係数 η_p を変更して、線膨張係数比率 η_p / η_f を 1～11 の範囲で変更して、線膨張係数比率 η_p / η_f に対する曲げ内 R の閉じ角度を調べた。

【0067】

【表 3】

表 3

η_p / η_f	閉じ角度 (°)
1	0.02
3	0.55
5	1.09
7	1.58
9	2.16
11	2.71

【0068】

金属層の線膨張係数 η_f に対する樹脂層の線膨張係数 η_p の比率 η_p / η_f が大きいほど、熱処理後の冷却過程での曲げ角度の閉じ角度（変化量）が大きくなり、密着性に優れたかしめ継ぎ手を得ることができ、負角成形体を容易に得ることができる。 η_p / η_f が 3 以上で、熱処理及び冷却処理による曲げ角度の閉じ角度（変化量）は 0.55°以上になる。

【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

1 0 0 複合積層板

1 0 金属層

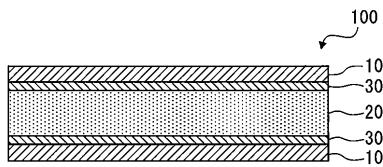
2 0 樹脂層

3 0 接着層

4 0 内板

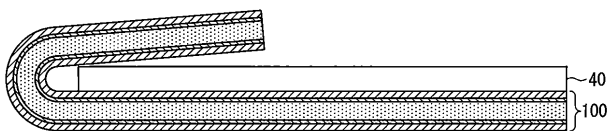
【 図 1 】

図1



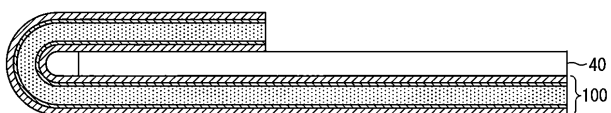
【 図 2 】

図2



【 図 3 】

図3



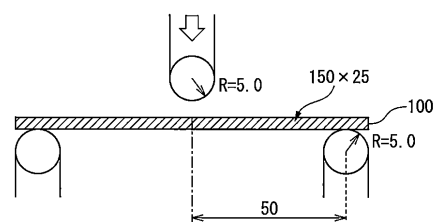
【 図 4 】

図4

	断面形状	断面2次 モーメント	占有面積 (体積)	部材剛性の 断面効率
ハット形鋼(A)		優	不可	不十分
負角構造体(B)		良	優	優
ハット形鋼(C)		不可	優	不十分

【 図 5 】

図5



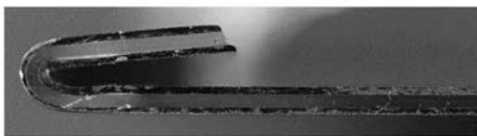
【図 6】

図6



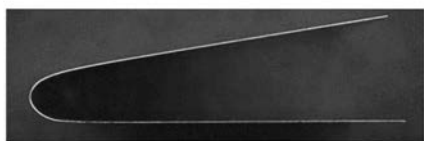
【図 7】

図7



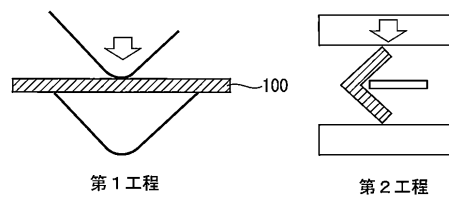
【図 8】

図8



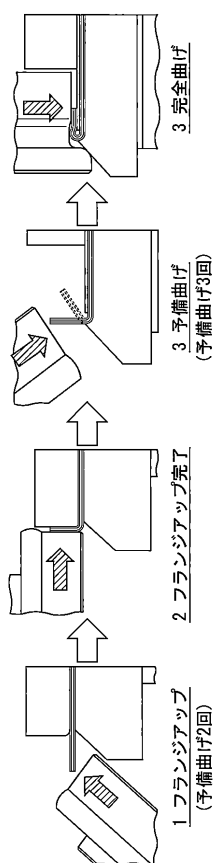
【図 9】

図9



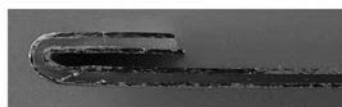
【図 10】

図10



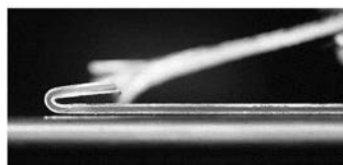
【図 11】

図11



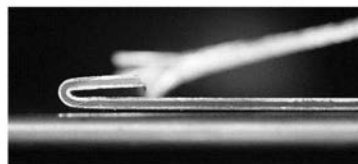
【図 12】

図12



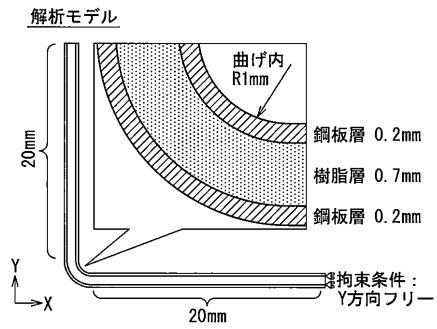
【図 13】

図13



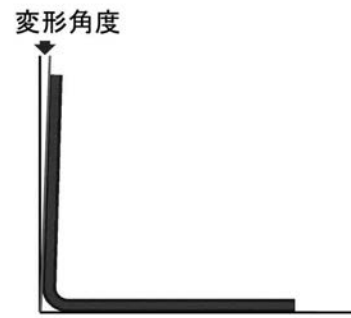
【図 1 4】

図14



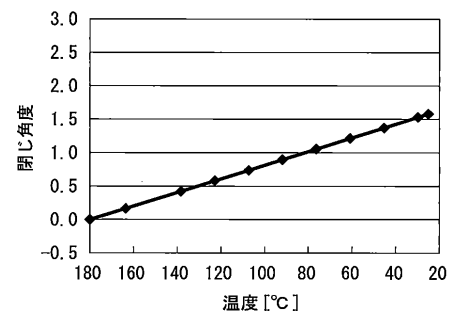
【図 1 5】

図15



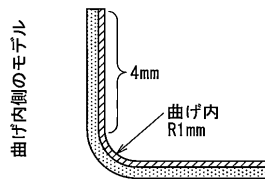
【図 1 6】

図16



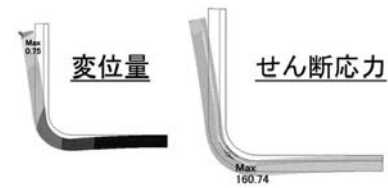
【図 1 7】

図17



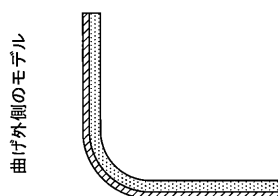
【図 1 9】

図19



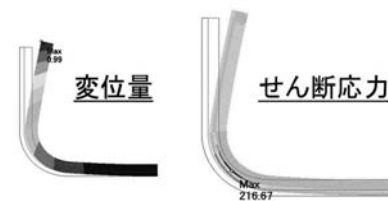
【図 1 8】

図18



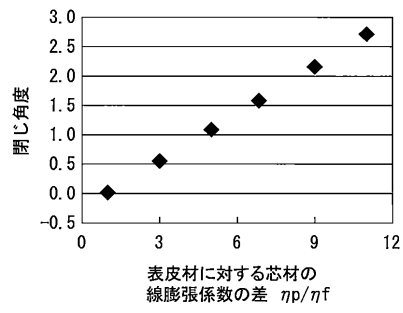
【図 2 0】

図20



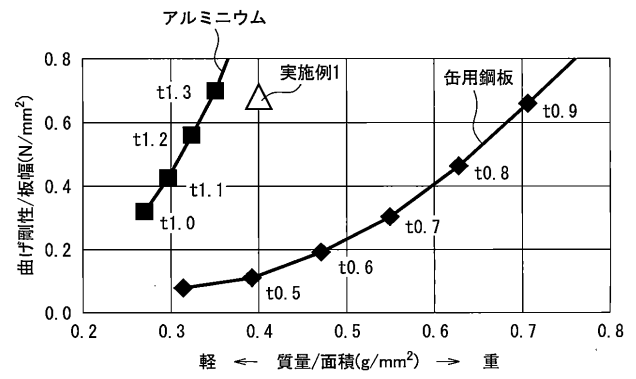
【図 2 1】

図21



【図 2 2】

図22



フロントページの続き

(72)発明者 斎藤 雅寛

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

(72)発明者 米林 亮

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

Fターム(参考) 4F100 AB01A AB03 AK01C AK07 AK46 AL06 BA03 BA05 BA06 BA10A
BA21 CB03 GB16 JA02A JA04B JA04C JL01 JL03 JL11B