

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3738754号

(P3738754)

(45) 発行日 平成18年1月25日(2006.1.25)

(24) 登録日 平成17年11月11日(2005.11.11)

(51) Int.Cl.

F 1

C 2 3 C 2/12 (2006.01)

C 2 3 C 2/12

C 2 3 C 2/28 (2006.01)

C 2 3 C 2/28

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-202770 (P2002-202770)
 (22) 出願日 平成14年7月11日(2002.7.11)
 (65) 公開番号 特開2004-43887 (P2004-43887A)
 (43) 公開日 平成16年2月12日(2004.2.12)
 審査請求日 平成16年10月27日(2004.10.27)

(73) 特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 100102141
 弁理士 的場 基憲
 (72) 発明者 高木 潔
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内
 (72) 発明者 中西 栄三郎
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内
 (72) 発明者 吉田 智行
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電着塗装用アルミニウムめっき構造部材及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面に Al-Si-Fe 合金層を形成した鋼板からなり、該合金層の上にさらに電着塗装層が積層される電着塗装用のアルミニウムめっき構造部材であって、

上記合金層の硬さが鋼板表面から合金層厚さの 50% 以上にわたって鋼板素地硬さ以下であると共に、合金層における酸化物重量が 500 mg/dm^2 以下であることを特徴とする電着塗装用アルミニウムめっき構造部材。

【請求項2】

Al-Si-Fe 合金層が組成もしくは化合物相が異なる 2 層以上の多層構造をなし、鋼板素地と接する層が最軟層であることを特徴とする請求項1に記載の電着塗装用アルミニウムめっき構造部材。

【請求項3】

Al-Si-Fe 合金層が組成もしくは化合物相が異なる 2 層以上の多層構造をなし、鋼板素地と接する層が 85~95% の Fe を含有すると共に、合金層の平均硬さより Hv 硬さで 20% 以上軟らかいことを特徴とする請求項1又は2に記載の電着塗装用アルミニウムめっき構造部材。

【請求項4】

Al-Si-Fe 合金層が組成もしくは化合物相が異なる 3 層以上の多層構造をなして 1 層以上の中間層を含み、その中間層の少なくとも 1 層が 25~40% の Al を含有すると共に、硬さが鋼板素地硬さ以下であることを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に

10

20

記載の電着塗装用アルミニウムめっき構造部材。

【請求項 5】

Al-Si-Fe 合金層が組成もしくは化合物相が異なる 3 層以上の多層構造をなし、その最外層が鋼板素地よりも硬質であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の電着塗装用アルミニウムめっき構造部材。

【請求項 6】

Al-Si-Fe 合金層の最表外層の Fe 濃度が 35～50%であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の電着塗装用アルミニウムめっき構造部材。

【請求項 7】

溶融アルミニウムめっき鋼板を 1～10℃/sec の速度で昇温し、900～950℃
で 2～8 分保持した後、5～15℃/sec の速度で 700～800℃に冷却し、所定の
形状に成形した後、700～800℃の温度から 20～100℃/sec の速度で 300
℃以下まで急冷することを特徴とする電着塗装用アルミニウムめっき構造部材の製造方法
。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、アルミニウムめっき鋼板に加熱処理および成形加工を施してなる電着塗装用
の構造部材に係わり、さらに詳しくは、表面に Al-Si-Fe 系合金層を備え、成形性
、溶接性、耐食性に優れ、例えば自動車用構造部材として好適に使用される電着塗装用アル
ミニウムめっき構造部材と、このような構造部材の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

溶融アルミニウムめっき鋼板は、酸化皮膜形成による耐食性の良さ、鉛などの重金属を
含まないことによる環境への負荷の少なさ等により、例えば自動車用部材として、マフラー
、燃料タンク、遮熱板などに使用されている（例えば、特開 2000-204463 号
公報参照）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、溶融アルミニウムめっき鋼板は、硬質な Al-Fe 合金層を含み、しか
も鋼板素地との界面に存在するため、成形に難点があり、しかも成形時にこの合金層にク
ラックが入るため、十分な耐食性を確保するために別途処理工程を要する場合があった。
また、溶接時においては、アルミニウムめっき層の溶融点が低く、めっき表層におけるアル
ミニウム単層部の熱伝導度が十分でなく、溶接性に難点があった。これらのことから、
溶融アルミニウムめっき鋼板は、その適用部位が限定されてしまうという課題があった。

【0004】

本発明は、このような従来の溶融アルミニウムめっき鋼板における上記課題に着目してな
されたものであって、耐食性と共に、成形性および溶接性に優れ、例えば自動車用構造部
材にも適用することができるアルミニウムめっき構造部材と、アルミニウムめっき構造部
材の製造方法を提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明に係わる電着塗装用アルミニウムめっき構造部材は、表面に Al-Si-Fe 合
金層を形成したアルミニウムめっき鋼板からなるものであって、その合金層の大半の部分
の硬さが鋼板素地の硬さと同等もしくは素地よりも軟らかく、かつ合金層の酸化物重量が
500mg/dm² 以下である構成としたことを特徴としている。

【0006】

また、本発明に係わる電着塗装用アルミニウムめっき構造部材の製造方法においては、
溶融アルミニウムめっき鋼板を 1～10℃/sec の昇温速度で 900～950℃の温度
範囲まで加熱し、当該温度に 2～8 分保持した後、5～15℃/sec の速度で 700～

800℃の温度に冷却後、所定の形状に成形し、700～800℃の温度から300℃以下の温度まで20～100℃/secの速度で急冷するようにしており、電着塗装用アルミニウムめっき構造部材の製造方法におけるこのような構成を前述した従来の課題を解決するための手段としている。

【0007】

【発明の実施の形態】

溶融アルミニウムめっき鋼板は、溶融アルミニウム浴中にストリップを連続的に浸漬することによって製造されるが、めっき金属成分として純Alを用いたもの（耐候用）と、Alの他にSiが添加されたAl-Si合金を用いたもの（耐熱用）の2種類に大別され、本発明においては、例えば3～11%程度のSiが添加された耐熱用めっき鋼板が使用される。 10

【0008】

めっき層にSiが添加されているのは、Alめっき時にAlめっき層と鋼板素地との界面に生成する硬質なAl-Fe合金層の成長を抑制し、加工時のAlめっき層の密着性、耐食性を向上させるためである。このような溶融アルミニウムめっき鋼板においては、Alめっき層と鋼板素地との界面にAl-Si-Fe合金層が生成する。

【0009】

この溶融アルミニウムめっき鋼板を特定の条件下で加熱処理すると、上記Al-Si-Fe合金層が成長し、表面まですべてAl-Si-Fe合金層に変えることができる。図2(a)に、このような加熱処理によって表面までAl-Si-Fe合金層が成長したアルミニウムめっき鋼板の断面組織の例を示す。 20

【0010】

加熱処理によって、Al-Si-Fe合金層が成長する過程においては、Alめっき層と鋼板素地の相互拡散によって、Al-Fe-Si三元系金属間化合物である α FeAlSi相、 β FeAlSi相、 γ FeAlSi相など、種々の化合物相が生成する。加熱処理後に生成するAl-Si-Fe合金層は、これらの金属間化合物からなる層構造を有し、成形性、耐食性、溶接性に優れたものとなる。

【0011】

すなわち、Al-Si-Fe合金層の硬さが鋼板素地の硬さを超えると、鋼板成形時に成形性に悪影響を及ぼすと共に、めっきの追従性が悪くなって、めっき部に亀裂が生じ、耐食性に悪影響を及ぼす。そこで、合金層の鋼板素地と接する側あるいは鋼板素地と接する層の硬度を鋼板素地以下とし、万一亀裂が発生したとしても表面側のみに留まるようにした。そして、この低硬度部分あるいは軟層部の厚さを全合金層厚さの50%以上とすることによって、合金層に表層亀裂が発生した際においても、亀裂の進展を抑え、十分な耐食性が確保されることになる。 30

【0012】

また、めっき合金層に酸化物の形で含有される酸素が多くなると、電着塗装時にピンホールを発生させ、めっきと塗膜間の密着性の低下を招くので、このような酸化物量を害のない500mg/dm²以下とする。なお、本発明において「酸化物重量」とは、後述するように試料を950℃に加熱した時の加熱前後の質量差をもって定義される。 40

【0013】

ここで、層構造が生成する理由は必ずしも明らかではないが、現時点では以下のように推定される。

- 1) 加熱保持によってFeの拡散が始まり、めっき相にFe, Siの濃度勾配が生じる。
- 2) その際、めっき合金相は、各位置での組成に応じて安定した化合物相に変態（移行）しようとする結果、組成の近似する深さ範囲毎に異なる化合物層を生成する。
- 3) 従って、加熱温度や保持時間を制御することにより、Feの拡散量も変化すると共に、安定した化合物相への変態（移行）程度も変化する。

【0014】

鋼板素地と接するAl-Si-Fe合金層は、鋼板素地からのFeの拡散により軟質化し、鋼板素地との密着性が高まる結果、成形性が向上する。具体的には、Fe含有量を85～95%の範囲とすることが好ましく、当該Fe含有量のときに、鋼板素地と接する層の硬さが目標硬さである平均めっき層硬さの80%（300～400Hv）以下となる。Fe含有量が85%未満では、Feの拡散による上述の作用が不十分となる場合があり、逆に95%を超えると、Feの拡散が過度に生じる結果、主に多層構造の最外層において耐食性に必要なAl含有量を得ることが困難となる場合がある。

なお、本発明において、「%」とは、特記しない限りすべて「質量%」を意味するものとする。

【0015】

10

Al-Si-Fe合金層は、加熱処理、及び鋼板素地からのFeの拡散により軟質化するが、過度の拡散が生じると耐食性に必要なAl含有量を確保することができなくなる。耐食性の観点から最低限必要なAl量を含むし、鋼板素地より軟らかい層を生成させるためには、3層以上の多層構造のうち少なくとも1層におけるAl含有量を25～40%の範囲とすることが望ましい。Al含有量が25%未満では、耐食性が不十分となる場合があり、40%を超えると、鋼板素地より軟らかい層の生成が困難となり、鋼板素地との密着性が損なわれる場合がある。

【0016】

溶接性については、アルミニウムめっき層を鋼板素地から拡散するFeと合金化することによって改善効果が認められる。合金化したAl-Si-Fe合金めっき層は、溶融アルミニウムめっきのAlめっき層にくらべ、融点が高く、低電流条件から溶接が可能となる。また、スポット溶接時における溶接電極へのめっき付着が防止できることから、連続打点性にも改善効果が認められる。

20

【0017】

Al-Si-Fe合金層は、全面を合金化すると共に、例えば合金組成の異なる5層構造にすることにより、熱的に安定するので望ましい。また、スポット溶接時においては、ハイト材など大きな加圧力下においても溶接ガンとの良好な接触を保つようにするためには、最外層を硬質層とすることが望ましい。

【0018】

鋼板素地から拡散するFeとアルミニウムめっき層の合金化が進み、Fe含有量が増加するに伴い、めっき層の熱伝導度が低下し、低電流での溶接が可能となる。Al-Si-Fe合金層を多層構造としたり、Fe含有量に濃度勾配を持たせたりして、最表面部のFe濃度を35～50%とすることによって、溶接性と耐食性を両立させることができる。最表面部のFe濃度が35%未満では、上述の溶接性向上作用が十分に得られにくく、50%を超えると、Al含有量が相対的に減り、耐食性確保が困難となる。

30

【0019】

表面にAl-Si-Fe合金層を形成し、上記のようなアルミニウムめっき構造部材を得るには、まず、めっき層にSiを含む耐熱用溶融アルミニウムめっき鋼板を1～10℃/secの速度で900～950℃の温度範囲に昇温し、この温度に2～8分保持する。このとき、10℃/secを超える昇温速度で900℃を超える温度に加熱すると、アルミニウムめっきの局部溶解が発生し、1℃/secに満たない昇温速度で加熱するとめっき層の酸化が進むことから好ましくない。また、加熱保持温度が900℃未満では、鋼板素地のオーステナイト化が進まず、構造部材として必要な強度が得難くなり、950℃を超えると、めっき層の酸化が進むと共に、Feがめっき層の表面にまで拡散しすぎることになる。さらに、保持時間が2分に満たない場合にはAl-Si-Fe合金層の生成が不十分となり、逆に8分を超えるとめっき層の酸化が進み、電着塗装皮膜の塗装密着性に悪影響が生じる。

40

【0020】

上記温度範囲に保持された後、鋼板は加熱炉から成形プレスに搬送されることになるが、その間、冷却が開始され、成形及びその後の急冷を所定の温度で実施するためには、加熱

50

保持後の冷却速度を $5 \sim 15^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ とすることが必要となる。すなわち、このときの冷却速度が $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 未満の場合には、めっき層の酸化が顕著となり、 $15^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ を超える速度で冷却するためには強制冷却する必要があることによる。

【0021】

所定形状への成形は $700 \sim 800^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で開始し、成形を終えた後、当該温度範囲から $20 \sim 100^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ の速度で 300°C 以下の温度まで急冷する。これによって、加熱保持時に生成した $\text{Al}-\text{Si}-\text{Fe}$ 合金層構造を維持したままで、素材鋼板が冷却され、所望形状のアルミニウムめっき構造部材が得られることになる。また、当該熱処理条件は鋼板素地事態の焼入れが可能な条件でもあり、部材の高強度化に有効である。このとき、 800°C を超えた温度で成形を開始しようとする場合には、再加熱が必要となると共に、めっきの酸化が進み易くなって好ましくなく、 700°C 未満で成形を始めた場合には、焼入れ温度が低いものとなってマルテンサイト変態が十分に行われなくなる。また、成形後の冷却速度が $20^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ に満たない場合には、マルテンサイト変態が十分ではなくなると共に、 Fe の拡散が進み過ぎ、逆に冷却速度が $100^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ を超えた場合には、生産設備における型冷却装置の大幅な性能向上が必須となるため、設備コストがかさんでしまう。なお、焼入れ時に、 300°C 以下の温度にまで急冷するのは、フェライト相が残らないように、マルテンサイト変態を十分に行わせるためである。

10

【0022】

【実施例】

以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明する。

20

【0023】

（試験1）

以下に示すような条件でアルミニウムめっき構造部材を製造し、成形性、耐食性、溶接性を調査した。

【0024】

〔供試溶融アルミニウムめっき鋼板〕

めっき原板組成： $0.22\% \text{C}$ ， $0.22\% \text{Si}$ ， $1.0\% \text{Mn}$ ， $0.015\% \text{P}$ ， $0.007\% \text{S}$

板厚： 1.4 mm

アルミニウムめっき中の Si 濃度： 5%

30

アルミニウムめっき層の厚さ： $10 \sim 20 \mu\text{m}$

〔試験方法〕

上記溶融アルミニウムめっき鋼板から、幅 160 mm 、長さ 160 mm の平板材を切出し、下記の条件で加熱し、図1に示す形状に成形した後、めっき合金層の成分、硬さ、成形性、耐食性、溶接性を調査した。

〈加熱処理条件〉

昇温速度： $8^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ ．

加熱温度： $900 \sim 950^{\circ}\text{C}$

保持時間： $2 \sim 10$ 分

一次冷却速度： $7^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ ．

40

成形開始温度： 720°C

急冷開始温度： 720°C

2次冷却（焼入れ）速度： $30^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ ．

冷却終了温度： 100°C

【0025】

〔試験結果〕

以上の試験結果を表1に示す。なお、表1において、めっき層における最軟層は、すべて鋼板素地に接する層に一致していた。

〈成形性〉

成形後の $\text{Al}-\text{Si}-\text{Fe}$ 合金層における亀裂発生状況を調査し、鋼板素地にまでに至る

50

亀裂のないものの成形性を可と評価して○印で示し、このような亀裂が発生しているものを不可として×印で示した。

この結果、めっき層の平均硬さが鋼板素地の硬さを超え、合金層厚さの50%を超える部分が鋼板素地よりも硬くなっているNo. 2の構造部材において、めっき層を貫通する亀裂が発生した以外は、良好な成形性を有していることが判明した。

なお、これら試験結果の代表例として、図2(a)に亀裂の発生のない実施例No. 1に係わる構造部材におけるめっき層、図2(b)に亀裂が発生した上記No. 2の構造部材におけるめっき層のミクロ組織をそれぞれ示す。

【0026】

〈耐食性〉

10

得られた構造部材に対し、JIS Z 2371に規定される塩水噴霧試験を行うことによって、各構造部材の耐食性を評価した。その結果、加熱保持時間が長く、Feの拡散が過剰となって最外層のAl含有量が低くなったNo. 3の構造部材の耐食性が劣ることが確認された。

【0027】

〈溶接性〉

得られた構造部材に、下記条件のもとで、連続してスポット溶接を行った。一般に、連続打点数が増加するにつれ、ナゲット径が減少して溶接強度が低下する傾向が認められる。そこで、本評価では、打点がJIS Z 3140 A級判定基準未達となるまで、下記溶接条件にてスポット溶接を実施し、その連続打点数により溶接性を評価した。No. 3 20
nno構造部材は、打点数約500で判定基準未達となったため、付加として×印で示したが、No. 3以外の構造部材は、3000点まで判定基準を満足する打点を確保できたため、その時点でスポット溶接を打ち切り、可として○印で示した。この結果、加熱保持時間が長く、Feの拡散によってめっき層の軟質化が進んだNo. 3の構造部材の溶接性が劣ることが判明した。

なお、No. 3に係わる構造部材については、上記のように耐食性および溶接性に劣るものの、良好な成形性を示しており、適用部位によっては支障なく使用することができる。

〔溶接条件〕

母材：アルミニウムめっき鋼板（厚さ1.2mm）及び引張強度440MPa級GA材（厚さ2.0mm）

30

加圧力：5.98kN

スクイズ：50Hz

アップスロープ：3Hz

通電：9kA×18Hz

【0028】

【表1】

No.	製造条件		めっき層構造および組成 (%)						鋼素地硬さ (Hv)	めっき層硬さ (Hv)			酸化物重量 (mg/dm ²)	成形性	耐食性	溶接性
	加熱温度 (°C)	保持時間 (分)	成分硬さ	鋼素地側	中間層 1	中間層 2	中間層 3	最外層		最軟層	平均	素地以下の硬さ範囲 (%)				
1	920	3	Al	7.7	31.0	48.4	31.6	54.8	450	310	415	51	300	○	○	○
			Si	2.0	3.9	1.2	5.7	0.8								
			Fe	89.6	65.9	50.1	62.0	44.5								
			硬さ	310	360	750	700	800								
2	900	2	Al	27.2	48.4	31.6	—	54.9	415	380	455	22	275	×	○	○
			Si	4.1	1.2	5.7	—	0.8								
			Fe	67.2	50.1	61.9	—	44.1								
			硬さ	380	760	720	—	810								
3	930	10	Al	9.4	—	—	—	11.6	400	305	385	78	550	○	×	×
			Si	1.3	—	—	—	1.8								
			Fe	88.4	—	—	—	85.7								
			硬さ	305	—	—	—	410								
4	950	5	Al	6.0	27.8	51.9	30.4	47.4	440	280	400	59	385	○	○	○
			Si	1.5	4.3	0.6	5.3	2.2								
			Fe	90.7	66.7	46.8	63.1	49.8								
			硬さ	280	340	720	690	800								
5	900	4	Al	3.2	54.5	33.4	—	54.5	440	300	410	56	335	○	○	○
			Si	0.4	2.5	15.3	—	6.8								
			Fe	94.3	42.7	51.4	—	38.4								
			硬さ	300	740	700	—	810								

【0029】

(試験2)

上記実施例 No. 1 と同様の加熱処理を施した溶融アルミニウムめっき鋼板と、加熱処理 50

(8)

JP 3738754 B2 2006.1.25

を行わない溶融アルミニウムめっき鋼板をそのまま比較材として用いて、下記条件のもとに、スポット溶接の連続打点性を比較評価した。その結果、図3に示すように、溶融アルミニウムめっき鋼板をそのまま用いた場合には、約500点であったが、本発明部材の場合には、3000点を超えるものとなった。

〈試験条件〉

母材：アルミニウムめっき鋼板（1.2t）及び引張強度440MPa級GA材（2.0t）

加圧力：610kgf

スクイズ：50cyc

アップスロープ：3cyc

通電：9kA×18cyc

ホールド：21cyc

【0030】

（試験3）

実験1で用いた溶融アルミニウムめっき鋼板を加熱し、種々の時間950℃に保持してAl-Si-Fe合金層を形成し、当該めっき層に電着塗装を施し、合金層における酸化物重量と塗装性の関係について調査した。この結果を表2に示す。なお、酸化物重量については、加熱前後の質量を化学天秤にて測定し、その質量差をもって酸化物重量と定義した。

【0031】

【表2】

10

20

加熱温度 (°C)	保持時間 (分)	酸化物重量 (mg/dm ²)	密 着 性	
			ピンホール	基盤目試験
950	3	290	無し	○
	5	385	無し	○
	10	540	発生	×
	15	690	発生	×
	20	760	発生	×
	25	790	発生	×
	30	805	発生	×

10

20

30

【0032】

表2から明らかなように、酸化物重量が500mg/dm²を超えると、電着塗装においてピンホールの発生が顕著に認められ、ピンホールが発生するものは、塗膜の密着性が不十分であり、塗装後においても十分な耐食性を得ることができない。

【0033】

【発明の効果】

以上説明してきたように、本発明に係わる電着塗装用アルミニウムめっき構造部材においては、表面にAl-Si-Fe合金層が形成されているので、鋼板素地と合金層の間に硬質層が形成されることがなく、該合金層の硬さが鋼板側の大半において鋼板素地の硬さ以下であると共に、合金層の酸化物重量が少ないことから、成形性および塗装性に優れ、合金層表面側におけるAlおよびFe含有量のバランスによって耐食性と溶接性を両立させることができるという極めて優れた効果がもたらされる。

40

【0034】

また、本発明に係わる電着塗装用アルミニウムめっき構造部材の製造方法においては、めっき層中にSiを含有する溶融アルミニウムめっき鋼板に所定の加熱処理を施し、所望形状に成形した状態で急冷処理するようにしているので、耐食性、塗装製、溶接性に優れたアルミニウムめっき構造部材を優れた成形性のもとに製造することができるという極め

50

て優れた効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 実施例の試験 1 において成形性の評価に用いた試験片の形状及び寸法を示す斜視図である。

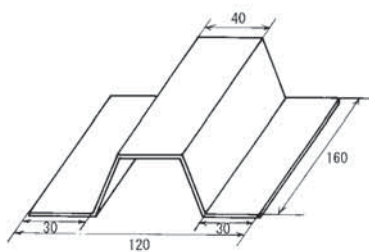
【図 2】 (a) 上記試験 1 における実施例 No. 1 に係わる構造部材のめっき層を示すミクロ組織写真である。

(b) 上記試験 1 における No. 2 に係わる構造部材のめっき層を示すミクロ組織写真である。

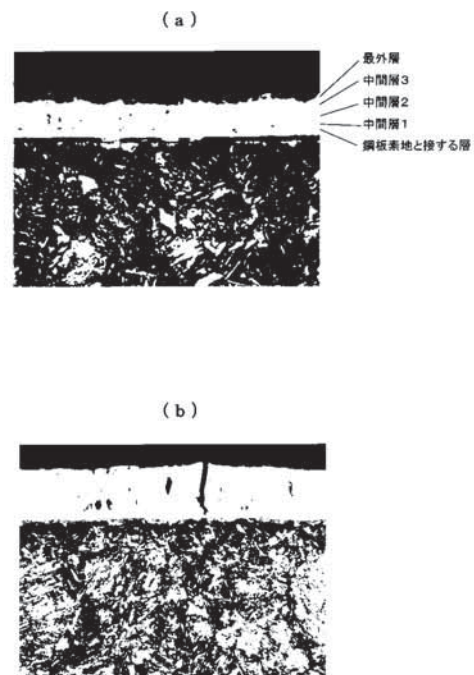
【図 3】 本発明に係わる構造部材のスポット溶接における連続打点性を通常の溶融アルミニウムめっき鋼板と比較して示すグラフである。

10

【図 1】



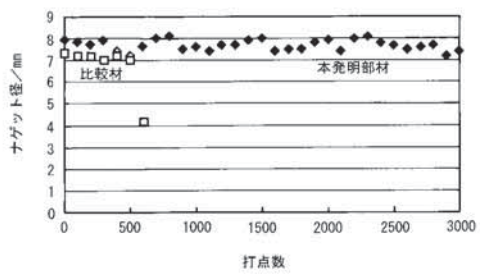
【図 2】



(11)

JP 3738754 B2 2006.1.25

【図 3】



フロントページの続き

審査官 松本 要

(56)参考文献 特開昭62-199759 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G23C 2/00-2/40