

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6037018号
(P6037018)

(45) 発行日 平成28年11月30日(2016.11.30)

(24) 登録日 平成28年11月11日(2016.11.11)

(51) Int.Cl.		F I	
B 2 3 K	11/20	(2006.01)	B 2 3 K 11/20
B 2 3 K	11/30	(2006.01)	B 2 3 K 11/30

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2015-529734 (P2015-529734)	(73) 特許権者	000001258
(86) (22) 出願日	平成27年2月26日 (2015.2.26)		J F E スチール株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/000994		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(87) 国際公開番号	W02015/133096	(74) 代理人	100126701
(87) 国際公開日	平成27年9月11日 (2015.9.11)		弁理士 井上 茂
審査請求日	平成27年6月11日 (2015.6.11)	(74) 代理人	100130834
(31) 優先権主張番号	特願2014-42445 (P2014-42445)		弁理士 森 和弘
(32) 優先日	平成26年3月5日 (2014.3.5)	(72) 発明者	松田 広志
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
		(72) 発明者	澤西 央海
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 抵抗スポット溶接方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼板とアルミニウム板を複数枚重ねて、最外側に配置される板の一方が鋼板で、他方がアルミニウム板とした板組みを抵抗スポット溶接する（ただし、溶接中の通電時間が 200 m s e c 以上を除く）に際して、

鋼板と接する電極の先端径 $D F e$ と、アルミニウム板と接する電極の先端径 $D A 1$ との関係が、

$$D F e < D A 1$$

を満たし、

かつ、アルミニウム板と接する電極の先端形状が、フラット形状か、先端曲率半径が 170 m m 以上の凸型形状か、先端曲率半径が 10 m m 以上の凹型形状かのいずれかとする

10

【請求項 2】

アルミニウム板と接する電極の先端形状が、先端曲率半径が 170 m m 以上 1500 m m 以下の凸型形状か、先端曲率半径が 10 m m 以上 1000 m m 以下の凹型形状かのいずれかとする

【請求項 3】

アルミニウム板と接する電極の先端径 $D A 1$ と、当該アルミニウム板の板厚 $t A 1$ の関係が、

$$D A 1 \geq 3 t A 1$$

20

を満たすことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の抵抗スポット溶接方法。

【請求項 4】

接合部中心におけるアルミニウム板のインデンテーション量が減厚率（接合部中央の板厚 / 元板厚）で 0.8 以上の溶接部を形成させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載の抵抗スポット溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、抵抗スポット溶接方法に関し、具体的には、鋼板とアルミニウム板を重ね合わせた板組みの抵抗スポット溶接方法に関する。なお、本発明において、アルミニウム板とは、純アルミニウム板とアルミニウム合金板を総称したものである。

10

【背景技術】

【0002】

近年の自動車産業では、車体軽量化による燃費向上を目的として、高強度鋼板の適用による鋼板の薄肉化や、車体へのアルミニウム合金板等の軽金属材の適用が進められている。

【0003】

現在、車体における鋼板同士の接合には、他の溶接方法に比べてコストや効率面で優位にある抵抗スポット溶接方法が最も多く用いられており、1台あたりの打点数は3000点から6000点に及ぶ。これは重ね合わせた2枚以上の鋼板を挟んでその上下から一対の電極で加圧しつつ、上下電極間に高電流の溶接電流を短時間通電して抵抗発熱により接合する方法である。

20

【0004】

車体の生産工程のコストと効率の維持という観点からは、鋼板同士の場合と同様、アルミニウム板が混在する場合の接合においても抵抗スポット溶接方法を用いることが有効である。しかし、鋼板とアルミニウム板の異種材料接合においては、電極の加圧と通電時の発熱により軟質なアルミニウム板が溶接中に大きく減厚したり、接合界面に脆弱な金属間化合物が形成したりすることで継手強度が確保できないという問題がある。

【0005】

上記の問題に対応するため、以下に述べるような技術が提案されている。

30

【0006】

例えば、特許文献 1 には、溶接を極短時間化し、高電流を付与することで溶融部を周囲に飛散させて、正常な金属面同士の接触と原子の拡散による接合を達成させる抵抗スポット溶接方法が記載されている。

【0007】

また、特許文献 2 には、鋼板とアルミニウム板の間に鉄 / アルミニウムクラッド薄板を同種材同士が向かい合うようにインサートさせることで、電極へのアルミニウムの溶着量を最小限に抑えながら、低電流でも高強度の継手が得られる抵抗スポット溶接方法が記載されている。

【0008】

40

また、特許文献 3 には、鋼板とアルミニウム板の両側に当て板を 1 枚以上添えて溶接を行うことで、当て板と被接合材料の界面が抵抗発熱し、鋼とアルミニウムが抵抗拡散接合されて高強度の継手が得られる抵抗スポット溶接方法が記載されている。

【0009】

また、特許文献 4 では、鋼板および鋼板表面酸化皮膜における Mn および Si の各量を適正化することで、大きいナゲット径を得つつ散り発生を抑制する事ができると記載されている。

【0010】

また、特許文献 5 では、融点の異なる複数の金属体の溶接において、融点の低い金属体に接する電極として先端面中央に凹部を設けた電極で溶接することにより、中散りによる

50

バリの形成を防止して、高い生産性と高品質の溶接部を得る溶接方法が提案されている。

【0011】

また、特許文献6では、GA鋼板とアルミニウム材とのスポット溶接時にアルミニウム材側に使用する凸型電極の先端曲率半径を鋼板側よりも2倍～6倍大きくすることにより、アルミニウムの溶融部の排除を起りにくくし、溶融プールを接合面に形成しやすくし、かつ溶融垂鉛めっきを比較的容易に接合面から溶融除去することにより、接合強度を確保する方法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2004-17148号公報

【特許文献2】特開平7-136774号公報

【特許文献3】特開平9-155561号公報

【特許文献4】特開2005-152958号公報

【特許文献5】特開平11-342477号公報

【特許文献6】特開2008-200687号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかしながら、特許文献1に記載の抵抗スポット溶接方法では、鋼板同士の抵抗スポット溶接方法と比較して大電流を付与する必要があるため、自動車生産ラインで一般的に用いられている溶接トランスの電源容量では電流値が不足するという問題点がある。

【0014】

また、特許文献2および3に記載の抵抗スポット溶接方法では、車体の構造上不要である当て板やクラッド薄板の使用、さらには車体の生産ラインの工程変更が必要となるため、大幅なコスト増や重量低減が十分に図れないなどの問題がある。

【0015】

また、特許文献4では、鋼板および酸化皮膜中の合金元素量および分布を限定する必要があるため、要求性能を満たす鋼板の使用が制限されるなどの課題があり、特に最近の鋼板では高強度化にともなって高合金化が進んでいる状況下では、その適用は極めて制限される。

【0016】

また、特許文献5、6の場合、溶接点数の増加に伴って低融点材もしくはアルミニウム材と接する側の電極先端の損耗が進むが、その時の低融点材もしくはアルミニウム材側電極の先端損耗が著しく進んでいくために、溶接自体が不安定になる。その結果電極を極めて高頻度に交換する必要があるなどの問題がある。

【0017】

本発明は、上記の問題を有利に解決するもので、鋼板とアルミニウム板を重ね合わせた板組みを抵抗スポット溶接するに際して、自動車生産ラインで一般的に用いられている溶接トランスで出力可能な電流範囲で、かつ鋼板同士の接合同じ生産工程により、鋼板とアルミニウム板の継手特性が確保でき、かつ連続溶接時の電極損耗時においても溶接の安定性を確保し得る抵抗スポット溶接方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記の課題を解決すべく、本発明者らは電極先端形状と溶接後の鋼板およびアルミニウム板のインデンテーション（減厚）の状態ならびに継手強度の関係について研究を行った。その結果、鋼板に接する電極とアルミニウム板に接する電極を適切に選択して、溶接後の溶接部のインデンテーション量（減厚量）を適正化することにより健全な溶接部が得られることを知見した。

【0019】

10

20

30

40

50

本発明は、上記の知見に基づき、さらに検討を重ねて完成されたもので、その要旨構成は次のとおりである。

【0020】

[1] 鋼板とアルミニウム板を複数枚重ねて、最外側に配置される板の一方が鋼板で、他方がアルミニウム板とした板組みを抵抗スポット溶接するに際して、

鋼板と接する電極の先端径 D_{Fe} と、アルミニウム板と接する電極の先端径 D_{Al} との関係が、

$$D_{Fe} < D_{Al}$$

を満たし、

かつ、アルミニウム板と接する電極の先端形状が、フラット形状か、先端曲率半径が170mm以上の凸型形状か、先端曲率半径が10mm以上の凹型形状かのいずれかとすることを特徴とする抵抗スポット溶接方法。

10

【0021】

[2] アルミニウム板と接する電極の先端形状が、先端曲率半径が170mm以上1500mm以下の凸型形状か、先端曲率半径が10mm以上1000mm以下の凹型形状かのいずれかとすることを特徴とする前記[1]に記載の抵抗スポット溶接方法。

【0022】

[3] アルミニウム板と接する電極の先端径 D_{Al} と、当該アルミニウム板の板厚 t_{Al} の関係が、

$$D_{Al} \geq 3 t_{Al}$$

20

を満たすことを特徴とする前記[1]または[2]に記載の抵抗スポット溶接方法。

【0023】

[4] 接合部中心におけるアルミニウム板のインデンテーション量が減厚率（接合部中央の板厚 / 元板厚）で0.8以上の溶接部を形成させることを特徴とする前記[1]乃至[3]に記載の抵抗スポット溶接方法。

【発明の効果】

【0024】

本発明においては、鋼板とアルミニウム板を重ね合わせた板組みを抵抗スポット溶接するに際して、自動車生産ラインで一般的に用いられている溶接トランスで出力可能な電流範囲で、かつ鋼板同士の接合と同じ生産工程により、鋼板とアルミニウム板の継手特性が確保でき、かつ連続溶接時の電極損耗時においても溶接の安定性を確保することができる。

30

【0025】

すなわち、本発明によれば、鋼板同士を抵抗スポット溶接している一般的な自動車のアセンブリラインで、新たな設備導入によるコスト増加などを引き起こすことなく、鋼板とアルミニウム板を安定して接合することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の一実施形態における抵抗スポット溶接方法を説明する図である。

【図2】本発明の一実施形態において用いる電極の先端径 D と先端曲率半径 R を説明する図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明をその実施形態によって詳細に説明する。

【0028】

図1は、本発明の一実施形態における抵抗スポット溶接方法を説明する図である。板厚 t_{Fe} の鋼板1と板厚 t_{Al} のアルミニウム板2を直接重ね合わせた板組み3を一对の電極（上電極4、下電極5）で挟んで加圧しつつ、上下電極4、5間に高電流の溶接電流を短時間通電して抵抗発熱により接合して、鋼板1とアルミニウム板2の抵抗スポット溶接継手を得るようにしている。

50

【 0 0 2 9 】

そして、上記で得られた、鋼板 1 とアルミニウム板 2 の抵抗スポット溶接継手を変形させた場合、より軟質なアルミニウム板 2 側、もしくは鋼板 1 とアルミニウム板 2 との接合界面で破壊が生じる。このため、十分な継手強度を確保するには、溶接部（接合部）でのアルミニウム板 2 の減厚を抑制することと、接合界面での脆弱な金属間化合物の生成を極力抑制することが必要となり、特に、溶接部でのアルミニウム板 2 の減厚を抑制することが重要である。これは、接合界面での金属間化合物の生成を抑制しつつ十分な接合面積を得られるような条件を見出して、接合界面の強度を十分に確保できた場合においても、アルミニウム板 2 が減厚してアルミニウム板 2 の減厚部から破断し、結果的に十分な強度が確保できなくなることが問題であるからである。

10

【 0 0 3 0 】

そこで、この実施形態においては、電極の先端径と先端形状を以下に述べるように限定することによって、上記の問題を解決するようにしている。

【 0 0 3 1 】

すなわち、鋼板 1 と接する電極（上電極）4 の先端径 D_{Fe} とアルミニウム板 2 と接触する電極（下電極）5 の先端径 D_{Al} の関係を、 $D_{Fe} < D_{Al}$ を満足させることにより、アルミニウム板 2 を溶接部より広い領域で加圧・支持し、かつアルミニウム板 2 側での電極（下電極 5）からの抜熱を十分に安定して確保することにより、アルミニウム板 2 の表面および内部の極端な軟質化を抑えて、溶接部のアルミニウム 2 側の減厚を抑制することが可能となる。

20

【 0 0 3 2 】

さらに、アルミニウム板 2 側の電極 5 の先端形状をフラット形状（先端曲率半径 R は無限大）とするか、もしくは凸型形状の場合は先端曲率半径 R を 170 mm 以上とするか、凹型形状の場合は先端曲率半径 R を 10 mm 以上とするかのいずれかとすることにより、上記効果を安定して得られると同時に、電極損耗時においても、溶接時、特に通電初期におけるアルミニウム板 2 側の通電を接合部よりかなり広い範囲でリング状にすることができ、アルミニウム板 2 の減厚を安定して抑制でき、安定した溶接部を確保しやすくなる。

【 0 0 3 3 】

そして、上記の効果は、アルミニウム板 2 側の電極 5 の先端形状を先端曲率半径が 170 mm 以上 1500 mm 以下の凸型形状か、先端曲率半径が 10 mm 以上 1000 mm 以下の凹型形状かのいずれかとすることにより、より一層発揮される。これにより、組立てラインなどの実工程で必ずしも面直（溶接面に対して電極の中心軸が直交）が精度よく得られていない状態でも、安定した溶接が可能となる。

30

【 0 0 3 4 】

これは以下の理由による。すなわち、アルミニウム板 2 側の電極 5 の先端形状を先端曲率半径が 1500 mm 超えの凸型形状とした場合、電極 5 が新品の時やドレッシング直後の時には、溶接時の面直精度（溶接面と電極の中心軸との直交度合）を高精度に調整しないと、電極 5 の先端がアルミニウム板 2 の表面に片当りして、想定した効果が得られない可能性がある。これに対して、電極 5 の先端形状を先端曲率半径が 170 mm 以上 1500 mm 以下の凸型形状とした場合は、電極 5 の先端が比較的尖った形状となるため、上記のような電極 5 が初期状態の時（新品の時やドレッシング直後の時）に生じる片当りを的確に抑制することができる。好ましくは 200 mm 以上 1000 mm 以下の範囲である。また、電極 5 の先端形状を先端曲率半径が 10 mm 以上 1000 mm 以下の凹型形状とした場合は、電極 5 の先端がアルミニウム板 2 の表面に片当りしても、溶融したアルミニウムが電極 5 の内側（中心軸側）へ押されるために、溶接が安定する。好ましくは 40 mm 以上 500 mm 以下の範囲である。

40

【 0 0 3 5 】

なお、電極の先端径 D と先端曲率半径 R については、図 2 において、(a - 1) と (a - 2) がフラット形状（先端曲率半径 R は無限大）の場合の例、(b - 1) と (b - 2) が凸型形状の場合の例、(c - 1) と (c - 2) が凹型形状の場合の例をそれぞれ示して

50

いる (J I S C 9 3 0 4)。ちなみに、(c - 1) は凹型部分の周囲がフラットになっている凹型形状である。

【 0 0 3 6 】

したがって、アルミニウム板と接する電極の先端曲率半径を $R A 1$ 、鋼板と接する電極の先端曲率半径を $R F e$ とした場合、鋼板 1 に接触する電極 4 として、図 2 に示した電極を使用する場合は、図 2 中に示している先端径 D が電極 4 の先端径 $D F e$ となり、図 2 中に示している先端曲率半径 R が電極 4 の先端曲率半径 $R F e$ となる。同様に、アルミニウム板 2 に接触する電極 5 として、図 2 に示した電極を使用する場合は、図 2 中に示している先端径 D が電極 5 の先端径 $D A 1$ となり、図 2 中に示している先端曲率半径 R が電極 5 の先端曲率半径 $R A 1$ となる。

10

【 0 0 3 7 】

なお、この効果については、アルミニウム板 2 と接する電極 5 の先端径 $D A 1$ と、そのアルミニウム板 2 の板厚 $t A 1$ の関係を $D A 1 \geq 3 t A 1$ とすることにより、アルミニウム板 2 の板厚に対して十分な強度を安定して得ることができる。

【 0 0 3 8 】

上述した状態で溶接した場合、接合部中心におけるアルミニウム板 2 側のインデンテーション量が減厚率 (接合部中央の板厚 / 元板厚) で 0 . 8 以上となる溶接部を形成させることが可能となり、継手強度の確保に極めて有効である。

【 0 0 3 9 】

なお、この実施形態では、鋼板 1 とアルミニウム板 2 の 2 枚重ねの板組み (溶接継手) を例として説明したが、その 2 枚の板間にさらにもう 1 枚以上の鋼板あるいはアルミニウム板を順不同で挟んだ 3 枚重ね以上の板組み (溶接継手) についても適用可能である。

20

【 0 0 4 0 】

また、本発明の規定を満たしていれば、溶接中の電流値・通電時間・加圧力は一定である必要はなく、電流値や加圧力を 2 段階以上に变化させても問題はない。

【 0 0 4 1 】

また、溶接中の抵抗値・電圧値といったパラメータを監視し、その変動に応じて電流値や通電時間を变化させる制御方法を用いてもよい。

【 0 0 4 2 】

なお、本発明の接合方法で対象とする鋼板は、軟質鋼から高強度鋼、またステンレスや高合金鋼など鋼板であれば特段の限定はされない。さらに、その表面に $Z n$ や $A l$ 、 $M g$ およびその合金の溶融めっき、合金化溶融めっき、電気めっきを施したもの、加えて、さらに表面にクロメート処理を施したものや、樹脂皮膜を形成させたものも含まれる。また、アルミニウム板に関しても同様で、特に限定されない。

30

【実施例】

【 0 0 4 3 】

本発明を実施例によってさらに詳細に説明する。なお、下記実施例は本発明を限定する性質のものではなく、本発明の要旨を満足する限りいずれも本発明の技術的範囲に含まれるものである。

【 0 0 4 4 】

供試材として、鋼板に軟鋼を用い、アルミニウム板に 5 0 0 0 系アルミニウム合金板を用いた。そして、これらを直接重ね合わせた板組みとした。溶接機はインバータ直流式抵抗スポット溶接機を用い、加圧力 2 . 5 k N とし、電極形状と溶接電流、通電時間を变化させて溶接を行った。

40

【 0 0 4 5 】

溶接後は継手を溶接部中央で切断して断面観察を行い、アルミニウム板の接合部中央の厚みを測定し、元板厚との比から減厚率 (接合部中央の板厚 / 元板厚) を求めた。また、継手品質は、J I S Z 3 1 4 4 に規定のピール試験によりピール径 (m m) を測定して判断した。ピール時に円状に剥離しなかった場合は、プラグ状に残った面積の円相当直径をピール径と判断した。

50

【 0 0 4 6 】

継手特性の評価基準としては、アルミニウム板の溶接前の板厚を基準板厚 t (mm) とし、ピール径が $4t$ 以上でかつ減厚率が 0.8 以上であるものを、ピール径が $4t$ 以上でかつ減厚率が 0.7 以上 0.8 未満であるものを、ピール径が $4t$ 未満であるかまたは減厚率が 0.7 未満であるものを \times とした。

【 0 0 4 7 】

表 1 に面直誤差 0% の場合における結果を示し、表 2 に面直誤差 5% の場合における結果を示す。表 1、表 2 に示すように、本発明例においては、全てのケースで評価は ないしであった。

【 0 0 4 8 】

【 表 1 】

サンプル No.	板厚 (mm)		銅板側電極		アルミニウム板側電極		通電時間 ms	電流 kA	ピール径 mm	減厚率	評価	備考
	鋼板	アルミニウム板	先端径 (mm)	先端形状	先端径 (mm)	先端形状						
1	1.2	1.2	6	フラット	16	凹:R200	40	12	9.0	1.10	◎	本発明例
2	1.0	1.0	10	凸:R200	16	凹:R100	40	16	12.0	1.06	◎	本発明例
3	0.8	0.8	5	フラット	6	フラット	40	10	5.8	0.89	◎	本発明例
4	1.0	1.0	8	凸:R100	10	凹:R40	40	14	10.0	1.15	◎	本発明例
5	1.6	1.6	10	フラット	16	凹:R100	40	20	11.0	1.07	◎	本発明例
6	1.0	1.0	10	フラット	12	凸:R200	40	14	9.7	0.94	◎	本発明例
7	1.0	1.0	6	凸:R40	16	フラット	40	14	7.2	1.05	◎	本発明例
8	0.7	0.7	3	フラット	6	フラット	5	30	4.4	1.00	◎	本発明例
9	1.0	1.0	10	凸:R100	16	フラット	20	20	8.0	1.03	◎	本発明例
10	1.0	1.6	6	フラット	10	フラット	40	20	5.2	0.75	○	本発明例
11	1.0	2.3	5	凸:R40	6.5	フラット	40	18	6.1	0.75	○	本発明例
12	1.0	1.0	12	凸:R60	12	フラット	40	25	5.2	0.32	×	比較例
13	0.8	0.8	3.5	フラット	3	フラット	20	10	0	0.50	×	比較例
14	1.6	1.6	4.5	凸:R40	4.5	フラット	40	15	2.0	0.65	×	比較例

(先端形状におけるRの単位はmmである)

10

20

30

40

【 0 0 4 9 】

【 表 2 】

サンプル No.	板厚(mm)		鋼板側電極		アルミニウム板側電極		通電時間 ms	電流 kA	ピール径 mm	減厚率	評価	備考
	鋼板	アルミニウム板	先端径(mm)	先端形状	先端径(mm)	先端形状						
21	1.0	1.0	10	フラット	12	凸:R200	35	15	10.0	0.92	◎	本発明例
22	1.0	1.0	6	フラット	12	凸:R1000	35	14	6.7	0.93	◎	本発明例
23	1.6	1.6	10	フラット	16	凹:R100	35	16	10.5	1.03	◎	本発明例
24	1.0	1.0	8	凸:R100	10	凹:R500	35	15	9.3	1.05	◎	本発明例
25	1.0	1.0	6	凸:R40	16	フラット	30	15	7.0	0.71	○	本発明例
26	1.0	1.0	12	凸:R60	12	フラット	40	25	4.3	0.29	x	比較例

(先端形状におけるRの単位はmmである)

【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

- 1 鋼板
- 2 アルミニウム板

10

20

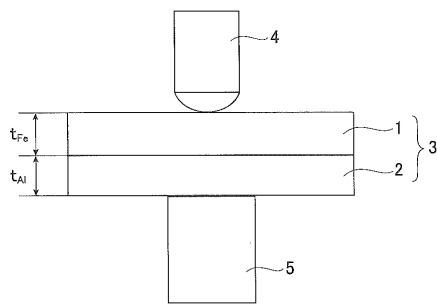
30

40

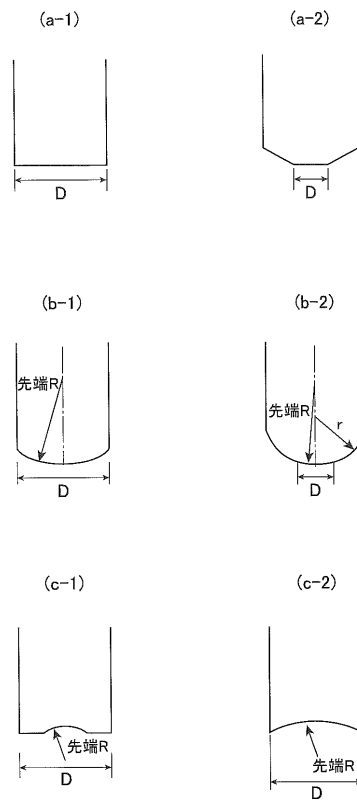
50

- 3 板組み
- 4 鋼板と接する電極（上電極）
- 5 アルミニウム板と接触する電極（下電極）

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 池田 倫正

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社内

審査官 竹下 和志

(56)参考文献 特開2008-200687(JP,A)

特開2006-224148(JP,A)

米国特許出願公開第2009/0050608(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 11/20

B23K 11/30