

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7648065号
(P7648065)

(45)発行日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(24)登録日 令和7年3月10日(2025.3.10)

(51)国際特許分類 F I
B 2 3 K 20/00 (2006.01) B 2 3 K 20/00 3 1 0 B

請求項の数 4 (全11頁)

(21)出願番号	特願2023-579101(P2023-579101)	(73)特許権者	000151070 電元社トーア株式会社 神奈川県川崎市多摩区枡形1丁目2番3号
(86)(22)出願日	令和5年6月29日(2023.6.29)	(73)特許権者	000236920 富山県 富山県富山市新総曲輪1番7号
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/024122	(74)代理人	100114074 弁理士 大谷 嘉一
(87)国際公開番号	WO2024/009875	(74)代理人	100222324 弁理士 西野 千明
(87)国際公開日	令和6年1月11日(2024.1.11)	(72)発明者	久田 康一 滋賀県湖南市小砂町4-4 電元社トーア株式会社内
審査請求日	令和6年1月10日(2024.1.10)	(72)発明者	大坪 拓也
(31)優先権主張番号	特願2022-108674(P2022-108674)		
(32)優先日	令和4年7月5日(2022.7.5)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 鍛接装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の被接合材の接合部を重ねた状態で、
前記接合部の下面側から支持する支持手段と、
前記接合部の上面側から加圧する加圧手段と、
前記支持手段と加圧手段との間隔を制御するストローク制御手段と、
前記被接合材に直接又は間接的に接触し、前記接合部を所定の温度範囲に昇温する加熱手段を有し、
前記ストローク制御手段は前記接合前の接合部の厚み T_0 と接合後の接合部の厚み T_1 との比である圧下比 $R(T_0/T_1)$ を制御するものであり、
前記支持手段又は/及び加圧手段は前記接合部に向けて変位計又はストッパーによりストローク量が制御されたロッドであることを特徴とする鍛接装置。

10

【請求項2】

前記加熱手段は前記接合部の外周部に接触する昇温体であり、
前記ストローク量が制御されたロッドは前記昇温体に設けた挿通孔に配置されていることを特徴とする請求項1記載の鍛接装置。

【請求項3】

前記昇温体は前記接合時の被接合材を逃すための穴を有することを特徴とする請求項2記載の鍛接装置。

【請求項4】

20

前記ロッドは前記接合時の被接合材を逃すための段差を有することを特徴とする請求項2記載の鍛接装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、同種又は異種の金属材料を接合するのに用いる鍛接装置に関する。

【背景技術】

【0002】

モビリティの電動化が急速に進む中、軽量で耐食性があり、電気・熱伝導性など機能性にも優れるアルミニウム（Al）及びアルミニウム合金の活用ニーズが高まっている。

10

車体においては、アルミニウム合金の同種材接合（Al/Al）やアルミニウム合金と鉄鋼（Fe）材料の異材接合（Fe/Al）が特に必要とされる重要な組み合わせであり、また電池やモーターなど電装分野においては、主に電極（ターミナル）用途として、Al/Al、Al/銅（Cu）、Fe/Al、チタン（Ti）/Al、ニッケル（Ni）/Al等の接合が必要になる。

例えば出力が高く電気自動車に用いられているリチウムイオン二次電池（LIB）は大量のセルから構成されるが、パウチ型のセルにおいては、Al（正極）とCu（負極）のフィルム状のタブリードを、多数重ねて接合することが求められている（並列では同種材接合、直列では異材接合）。

金属材料の接合技術としては、これまでも各種工法が用いられている。

20

例えば、レーザー光を用いて熔融接合するレーザー溶接、金属材料の重ね部の電気抵抗を利用して通電加熱により熔融接合する抵抗スポット溶接等は、接合部が熔融する温度まで高温に加熱されるので、多くの異種金属溶接においては、接合部に脆弱な金属間化合物（IMC）が容易に生成してしまい、実用的な接合強度を得ることが難しい材料学的にクリティカルな問題を抱えている。

またこれら熔融溶接法では溶接部周囲の非溶融部も高温に加熱されるため熱影響も大きくなり、部材強度が低下、継手強度は安定しにくかった。

さらにこれら熔融溶接ではスパッタによる溶接部表面の清浄度の低下のほか、熔融時の金属蒸気や大気、シールドガス等によるポロシティも接合部の強度、電気的性能などの機能性を低下させる懸念がある。

30

例えば、熔融溶接法であるレーザー溶接や抵抗スポット溶接を箔が積層された積層電極（タブリード）の接続等に用いると、同種材の接合であってもスパッタによる回路短絡やブローホールによる接続欠陥の恐れがある。

また異種材料からなる車両構造材・パネル材の接合においては、前述のとおりIMCにより実用的強度を有する接合が困難である。

【0003】

他方、固相接合においては、超音波接合は消耗品であるホーンが高く、接合部にバリやコンタミが発生しやすく、また摩擦熱を利用した摩擦攪拌接合（FSW）においては、接合部の始端部や終端部の処理が大変である。

【0004】

40

例えば、特許文献1、2には、積層電極を挟持板や板部材で圧着するカシメ接合を開示するが、カシメ接合は冶金的な接合ではないため十分な接合品質を確保するのが難しく、またパネル材の接合には適さない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】日本国特開2004-71199号公報

【文献】日本国特開2004-273178号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記技術課題を解決すべく、接合界面に塑性流動を伴いながら比較的低温かつ短時間での固相接合を可能にした新規の鍛接装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

複数の被接合材の接合部を重ねた状態で、前記接合部の下面側から支持する支持手段と、前記接合部の上面側から加圧する加圧手段と、前記支持手段と加圧手段との間隔を制御するストローク制御手段と、前記被接合材に直接又は間接的に接触し、前記接合部を所定の温度範囲に昇温する加熱手段を有し、前記ストローク制御手段は前記接合前の接合部の厚み T_0 と接合後の接合部の厚み T_1 との比である圧下比 R (T_0 / T_1) を制御するものであることを特徴とする。

10

本明細書では便宜上、接合部の下面側を支持手段、上面側を加圧手段と表現したが、複数の被接合材の接合部を重ねた状態で上下あるいは左右方向から挟持し、一方からあるいは両方から加圧できればよい。

【 0 0 0 8 】

従来の抵抗スポット溶接のように、被接合材の電気抵抗を利用した通電による加熱では、接合温度が不安定であることから、本発明は熱伝導による被接合材への間接的な加熱手段を用いた点、及び接合部の加圧力（加圧条件）を圧下比 R で管理できるようにした点に特徴がある。

本接合装置において、接合界面の接合原理は拡散である。

20

拡散では、拡散経路の状態がその反応進行に強く影響する。

本装置は接合部を加圧することにより、拡散を阻害する要因である被接合材表面の酸化被膜などの汚染層を接合面内方向に塑性流動で引き延ばし分断、あるいは非常に薄くすることで（言い換えれば、新生面あるいはそれに近い清浄度の高い接合面を創成することで）、拡散経路（接合界面）の状態を整え効率的な拡散を実現する。

また、拡散反応に支配的な影響を及ぼす接合温度を上記のとおり同時に安定して管理できることで、健全な継手を得るために必要な接合条件が保証される（圧下比と接合温度が継手強度を管理する基本パラメータ）。

【 0 0 0 9 】

本発明においては、加熱手段は前記接合部の外周部に接触する昇温体であってよく、さらには支持手段又はノ及び加圧手段は前記接合部に向けてストローク制御されたロッドであり、ストローク制御されたロッドは前記昇温体に設けた挿通孔に配置されているようにすると、構造が簡単で生産性の高い鍛接装置となる。

30

本発明において最適接合条件は金属材料によって異なるが、接合部の強度が引張せん断試験で母材破断モードになれば問題がない。

また、圧下比の条件については、接合界面の酸化被膜の状態を電子線マイクロアナライザー（EPMA）等による線分析や面分析で評価して決定してもよい。

概ね接合温度は、約 $330 \sim 450$ ，圧下比 R は 2.0 以上が好ましい。

また、本発明において、昇温体は接合時に被接合材を逃すための穴（凹部）を有してもよく、ロッド側に接合時の被接合材を逃すための段差を設けてもよい。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明に係る鍛接装置は、従来の熔融溶接よりも低い温度にて固相接合ができ、圧下比を制御することで接合強度を管理することができるので、接合品質が安定し、生産性が高い。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明に係る鍛接装置の構成を模式的に示す。（a）は断面図、（b）は接合時の動作を示す断面図、（c）はロッドに逃げ部を設けた構成例の断面図を示す。

【図 2】アルミニウム合金パネル材の鍛接例を示す。（a）は接合部の外観（デジタルマ

50

イクロスコブ像)、(b)は接合部断面の後方電子散乱回折法(EBSD)による画質(IQ)+逆極点図結晶方位(IPF)mapを示す。

【図3】接合部の圧下比と接合温度が継手の引張せん断荷重及びその破壊形態に及ぼす影響を示す。

【図4】接合部の圧下比と接合温度が接合界面のEPMMA酸素強度に及ぼす影響を示す。

【図5】接合界面のEPMMAによる分析結果であり、反射電子像(CP)及びAl, Fe, Si, Mn, Oの各元素の面分析を示す。(a)は接合温度390, 圧下比R1.9、(b)は接合温度390, 圧下比R3.4のサンプルを示す。

【図6】積層したアルミニウム箔の接合例を示す。(a)は接合部外観(デジタルマイクロスコブ像)、(b)は接合部断面の光学顕微鏡像(エッチング後)、(c)はさらにその拡大写像を示す。

10

【図7】積層したアルミニウム箔の接合部断面のEBSDによるIQ+IPFmapを示す。

【図8】積層アルミニウム箔の接合部の圧下比と接合温度が継手の引張せん断荷重及びその破壊形態に及ぼす影響を示す。

【図9】冷間圧延鋼板(SPC)とアルミニウム合金板(A5052)との接合例を示す。(a)は継手外観写真、(b)は接合部断面の光学顕微鏡像(断面マクロ)、(c)は接合部断面の軸心近傍におけるEBSD像(上:IQmap, 下:IPFmap)、(d)は接合界面の透過型電子顕微鏡(TEM)による明視野像を示す。

【発明を実施するための形態】

20

【0012】

本発明に係る鍛接装置の構成例及び本装置により得られた接合部を材料評価した例を以下、図に基づいて説明する。

【0013】

図1に複動プレスタイプの鍛接装置の例を模式的に示す(今回の試験評価に用いた例を示す)。

被接合材(金属材料M₁)の上方に上下動する上昇温体10が配置され、この上昇温体10に設けた挿通孔を介して上下動するアッパーロッド11を有する。

被接合材(金属材料M₂)の下方に上下動する下昇温体20を配置し、その中心部の挿通孔を介してアンダーロッド21を有する。

30

【0014】

アッパーロッド11は、直接的に上下方向に移動制御されていてもよいが本実施例は加圧パンチ31にてアッパーロッド11を上側から押圧する例になっていて、押圧ストロークはストッパー30にて管理できるようにした例になっている。

このようにストッパー30にて隙間寸法dを調節することで容易に加圧ストローク量を制御でき、接合部の圧下比Rの管理が容易になる。

また、アッパーロッドに負荷される荷重を検出し、その値にて圧下比Rを管理することもできる。

もしくはACサーボモータなどによるロッドの駆動においては、変位計(エンコーダ等)によりそのストロークを制御することができる。

40

【0015】

アンダーロッド21側もアッパーロッド11側と同様の構造を持ち、アッパーロッド11側からの加圧或いはアンダーロッド21側からの加圧とそれぞれ片側のみの加圧動作と両側からの同時加圧動作が行えるようにした例となっている。

このようにすると被接合材の板厚違い或いは材質違いの上下組合せに応じた最適な加圧動作を選択することができる。

【0016】

図1(b)に二枚の金属材料M₁とM₂とを重ね、接合した状態を模式的に示す。

なお、図1(b)は、下方のアンダーロッド21側を動作させずにアッパーロッド11のみが加圧する接合動作の状態を示す。

50

アップロード 11 が下降し、接合部が加圧されると同時に接合界面に塑性流動が生じる。

本実施例では、この塑性流動を促進させる目的で図 1 (a) に示した上昇温体 10 の下端側であって、アップロード 11 との間に所定の大きさの上逃げ部 12 を形成し、同様に下昇温体 20 の上端側であって、アンダーロード 21 との間に所定の大きさの下逃げ部 22 を形成した例になっている。

なお、図 1 (c) に示すように逃げ部 (12 a , 22 a) をロード側に設けてもよい。

【 0017 】

図 1 は本発明に係る鍛接装置の基本的機能を模式的に説明したものであって、上昇温体 10 , 下昇温体 20 及びアップロード 11 , アンダーロード 21 の駆動機構は公知の複動プレスに合せて設計することができる。

10

本発明による接合法では、必ずしも両側から押圧する必要は無く一方の昇温体とロードを固定した構造にすることで装置を簡易化することもできる。

一方の昇温体とロードを固定した場合、昇温体とロードを一体成型とすることもできる。

また、上昇温体 10 , 下昇温体 20 の加熱方法や温度制御も熱間プレスに用いられている公知の方法を採用することができる。

なお、被接合材の加熱を効率よく行うためにロードに加熱機能を設けてもよい。

以上に示した構造のように、昇温体及びロードを上下独立で配置することで、特に異材接合においては、接合温度をねらいの低温としながら、強度の高い部材 (難塑性変形材) をより積極的に加熱することが可能になる。すなわち、接合時の両部材の塑性変形能差を縮小し、各部材に適切な圧下比 (界面の塑性流動) を導入することが可能となる (上下独立温調の効果) 。当該機構及び制御は、ねらいとする接合温度において強度差があり、また板厚が大きい部材において、より効果がある。

20

【 0018 】

次にパネル材の接合実験及び評価を実施したので以下、説明する。

アルミニウム合金 J I S A 5 0 5 2 からなるパネル材同士の鍛接を行った。

サンプル片は、板厚 t : 0 . 8 mm , 幅 W : 2 5 mm , 長さ L : 1 0 0 mm の大きさのものを 2 枚接合した。

接合温度に関して、予備調査を行った。

昇温体及びパネル材に温度センサーを取り付けて、上昇実験を実施した結果、昇温体の温度上昇とパネル材の接合部の温度上昇に所定の時間的ズレや温度差が生じるものの、その差を補間することで金属材料の接合部の温度を管理できることが分かった。

30

以下、接合温度とは、接合界面の温度を意味する。

【 0019 】

図 2 に、アルミニウム合金 J I S A 5 0 5 2 材のパネル材 (板材) 同士の接合の例を示す。

接合条件は、ロード径 (鍛接径) 6 mm , 逃げ部径 9 mm , 接合温度 3 9 0 , 圧下比 R 2 . 4 の例である。

図 2 (a) はアップロード 11 側の加圧パンチ側から見た外観写真を示し、図 2 (b) は当該接合断面における E B S D の I Q + I P F map である。

40

接合界面にフレやポイドなどの欠陥が無く、また結晶性が高く良好に固相接合されていることが分かる。

【 0020 】

図 3 , 図 4 にアルミニウム合金 J I S A 5 0 5 2 材の接合実験をまとめたグラフを示す。

図 3 は、各接合温度にて圧下比 R を変化させた際の接合部の引張せん断荷重を示す。

引張せん断荷重は、接合した 2 枚の板材の両端部をチャックし引張り荷重を加え測定した。

グラフ中、B M は母材破断であることを示し、B I は接合界面破断を示す。

本実験では、接合温度よりも圧下比 R の方が、接合強度への影響が大きいことが分かる。

50

接合温度が360～450 範囲では、圧下比R2.4以上に制御すれば、母材破断となる健全な接合強度が得られることが分かる。

図4は、EPM A線分析による接合界面の酸素強度（ピーク強度）の測定結果を示す。

接合部の接合品質の安定（低温における短時間での良好な拡散）には、前述のとおり、拡散の障害となる界面の汚染層が少ないことが重要である。

そこで各接合温度に対して圧下比Rを変化させ、汚染層（拡散障害層）のモニターとして接合界面における酸素ピーク強度を測定した。

その結果、接合温度が高くなると予熱時の酸化により酸素ピーク強度が高くなる傾向が見られるが、いずれの接合温度でも圧下比Rを大きくすると接合界面で生じる塑性流動（表面の膨張に伴う汚染層の分断及び薄層化）により酸素ピーク強度が低下していることが分かった（接合界面清浄性に及ぼす圧下比の効果）。

10

鍛接では、圧下比が大きいほど接合界面の清浄度が増し、より低温度での接合が可能になる傾向があるが、図3ではBIからBMに破壊形態が移行する圧下比Rがこれら接合温度間でおおよそR2.4と同程度であり、接合温度の影響は大きくなかった。

図4の酸素ピーク強度の結果（高温ほど酸素ピークが強い）を合わせてみると、本実験（本材）においては、拡散の障害となる汚染層と拡散の駆動力となる接合温度の影響がおおよそバランスしていたものと理解ができる。

図5に接合温度390にて、（a）：圧下比R1.9、（b）：圧下比R3.4における接合界面のEPM A面分析結果を示す。

CPは反射電子像で、ほかのマップはそれぞれの元素の面分析結果を示す。

20

引張せん断試験の結果、（a）のR1.9では界面破断であったが、（b）のR3.4では母材破断を示した。

EPM A分析の結果より、圧下比Rを高くすると、接合界面の汚染層が分断、見かけ上極めて薄くなることで、拡散障害層としての影響が低下（汚染層の無害化）、低温であっても効率的に拡散できる高品質の接合界面が得られることが分かる。

これらの基本原理、挙動を踏まえ、接合条件（圧下比、接合温度）を調整すると、本接合装置において適切な接合条件を確立することができる。

【0021】

次に、アルミニウムJIS A1N30Hについて、厚みt0.012mmの箔を50枚重ね、上側、アルミニウム板材JIS A1050、厚みt0.5mm、下側、同JIS A1050、厚みt0.8mmでサンドイッチ構造に重ねた状態で接合した実験結果を説明する。

30

試験片の幅W30mm、長さL100mmとした。

図6（a）に接合温度420、圧下比R2.4、ロッド径6mm、逃げ部径9mmの条件で接合した場合のデジタルマイクロスコープによる接合部の外観写真を示し、（b）に接合部の光学顕微鏡における断面マクロ写真（エッチング後）、（c）にその拡大図を示す。

図7に、図6（c）のEBSDのIQ+IPF mapを示す（エッチング前に解析）。

これらから50枚のアルミ箔が破断することなく、各材が適切な圧下比となり、良好に固相接合されていることが分かる（拡大図中で黒く点在しているものはポイドではなく素材の介在物である）。

40

【0022】

図8に、各接合温度における圧下比Rに対する継手の引張せん断荷重を示す。

グラフ中、BM__Uは上側のアルミニウム板材での母材破断、BM__Lは下側のアルミニウム板材での母材破断であったことを示し、BI__U、BI__Lはそれぞれ、上側のアルミニウム板材での界面破断、下側のアルミニウム板材での界面破断であったことを示す。

なお、本実験ではいずれの条件においても、箔間で剥離したものは無かった。

このことから、接合温度の増加とともに母材破断に移行する圧下比は低下し、また接合強度も向上することが分かる。言い換えれば、高い圧下比を導入するほど、より低温でも健全な接合ができるようになることが分かる。

50

なお、いずれの接合温度においても概ね圧下比 2.0 以上で母材破断になることが分かる。

接合強度が概ね安定する加工条件を考慮すると、この積層アルミニウム箔の接合の場合には、接合温度 330 以上、圧下比 R 2.0 以上が好ましい範囲であることが分かる。

【0023】

次に、冷間圧延鋼板 JIS SPCC，厚み t 0.4 mm と、アルミニウム合金 JIS A 5052，厚み t 0.8 mm（いずれも幅 W 30 mm，長さ 100 mm）を重ね、鍛接した結果を示す。

接合温度 420，圧下比 R 3.3，ロッド径 3 mm，逃げ部径 10 mm の例である。

図 9 (a) は継手外観、(b) は光学顕微鏡による接合部断面マクロ、(c) は接合部断面の軸心近傍における EBSD 解析結果（上：IQ map，下：IPF map），(d) はその接合界面の TEM 明視野像を示す。本継手の引張せん断荷重は 1,454 N であり、またその破壊形態は母材破断（プラグ破断）と健全であった。(d) から分かるとおり、本接合界面に生じた反応層（RL）の厚みは 20 ~ 50 nm 程度で、Fe/Al などの IMC の厚みとして一般に脆弱性が指摘される目安は 1 μ m 程度であることから、実質 IMC フリーと言える。

本接合装置は、界面での冶金的接合機構を IMC を含めた RL としながらも、その脆弱性を無害化できるものであり、本実施例で示したように高強度異材接合を実現する。

【産業上の利用可能性】

【0024】

本発明に係る鍛接装置は、低温で固相接合が可能であり、接合温度と圧下比で品質管理が可能であることから、各種金属材料の接合に利用できる。

【符号の説明】

【0025】

- 10 上昇温体
- 11 アッパーロッド
- 12 上逃げ部
- 20 下昇温体
- 21 アンダーロッド
- 22 下逃げ部
- 30 ストッパー
- 31 加圧パンチ

10

20

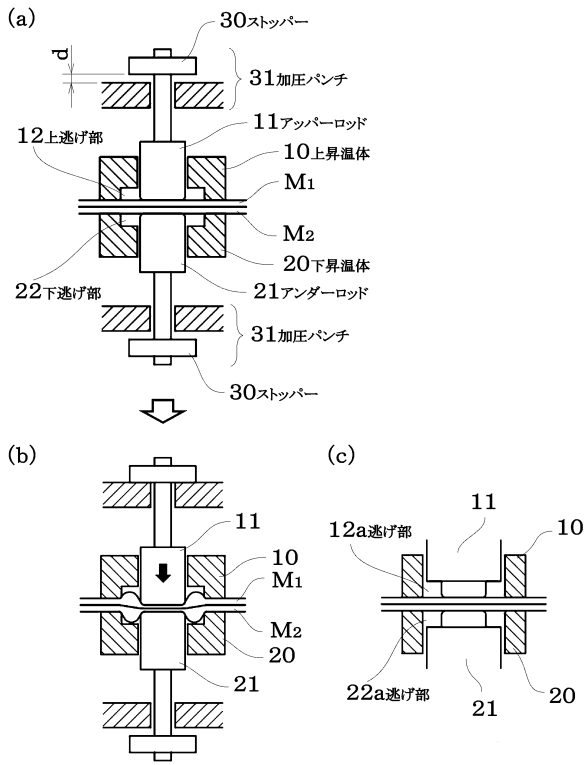
30

40

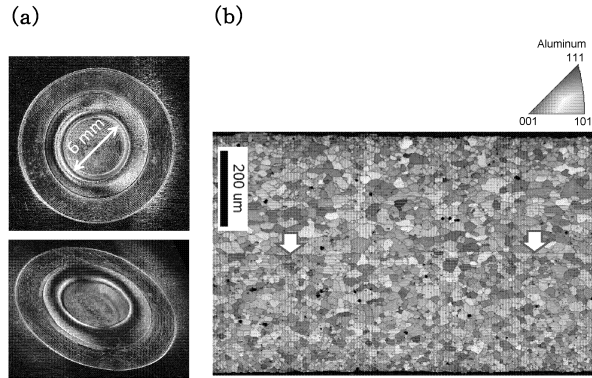
50

【図面】

【図 1】



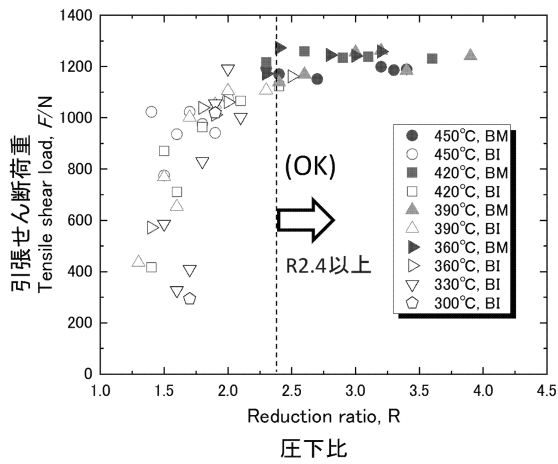
【図 2】



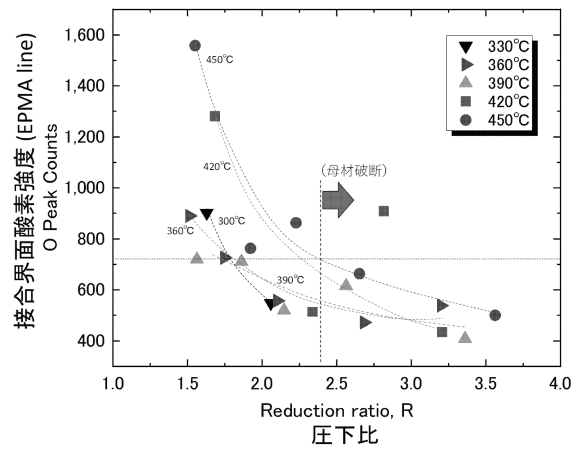
10

20

【図 3】



【図 4】

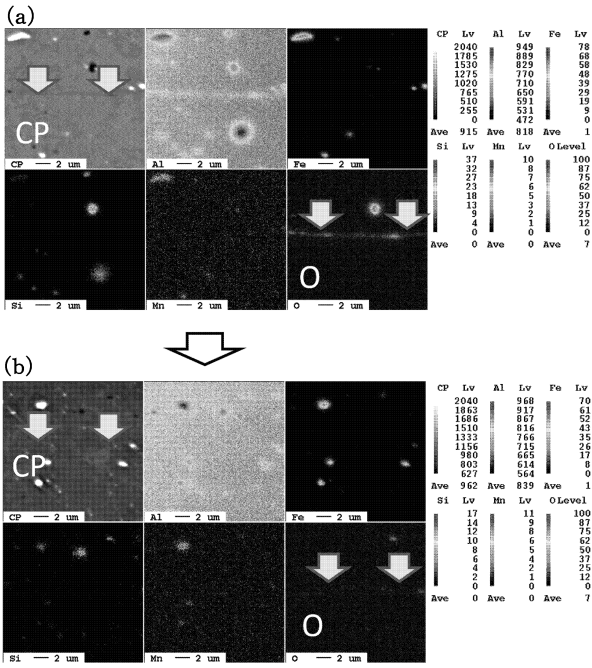


30

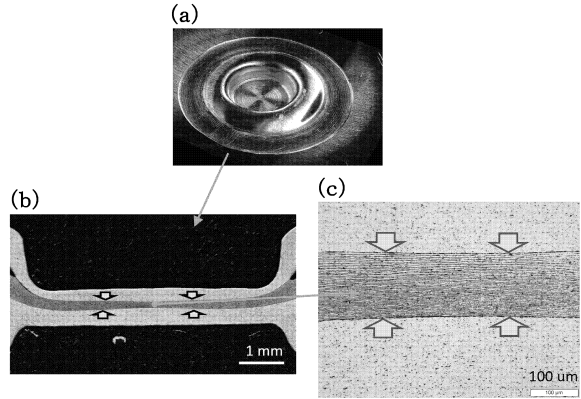
40

50

【 図 5 】



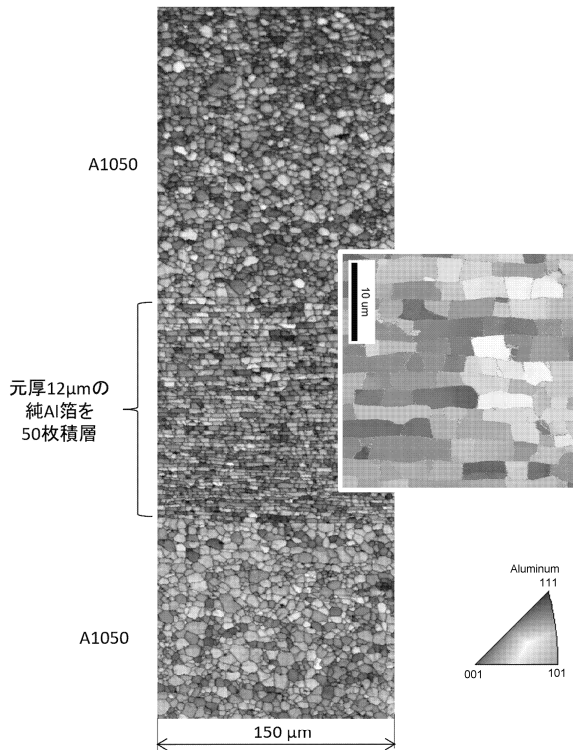
【 図 6 】



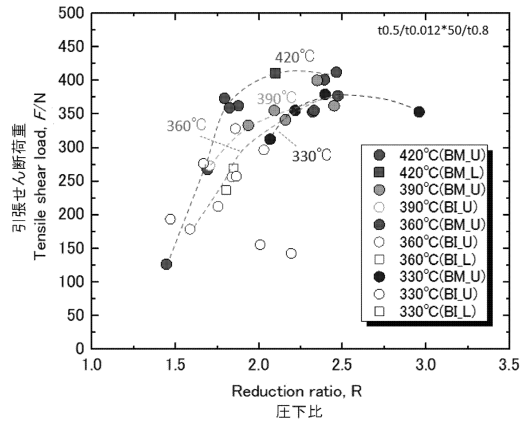
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

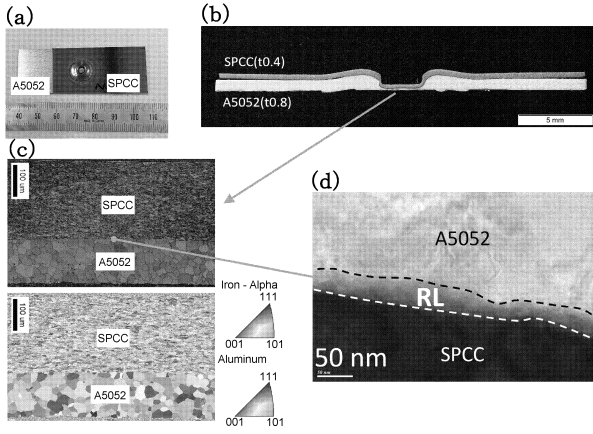


30

40

50

【 9 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 滋賀県湖南市小砂町 4 - 4 電元社トーア株式会社内
(72)発明者 大森 伸朗
神奈川県川崎市多摩区柘形 1 - 2 3 - 1 電元社トーア株式会社内
(72)発明者 山岸 英樹
富山県高岡市二上町 1 5 0 富山県産業技術研究開発センター内
審査官 黒石 孝志
(56)参考文献 国際公開第 2 0 2 1 / 1 9 2 5 9 5 (W O , A 1)
特開平 8 - 3 3 2 5 3 3 (J P , A)
特表 2 0 0 0 - 5 1 1 4 7 0 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
B 2 3 K 2 0 / 0 0