

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6592946号
(P6592946)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 M 2/26 (2006.01)	HO 1 M 2/26	A
B 2 3 K 20/00 (2006.01)	B 2 3 K 20/00	3 1 O H
B 2 3 K 11/00 (2006.01)	B 2 3 K 20/00	3 1 O J
HO 1 M 2/30 (2006.01)	B 2 3 K 11/00	5 6 3
B 2 3 K 103/18 (2006.01)	HO 1 M 2/30	A
請求項の数 11 (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2015-83021 (P2015-83021)
 (22) 出願日 平成27年4月15日 (2015. 4. 15)
 (65) 公開番号 特開2016-207258 (P2016-207258A)
 (43) 公開日 平成28年12月8日 (2016. 12. 8)
 審査請求日 平成30年3月14日 (2018. 3. 14)

(73) 特許権者 000005083
 日立金属株式会社
 東京都港区港南一丁目2番70号
 (74) 代理人 100104433
 弁理士 官園 博一
 (72) 発明者 織田 喜光
 大阪府吹田市南吹田2丁目19番1号 株式会社NEOMAXマテリアル内
 (72) 発明者 渡辺 啓太
 大阪府吹田市南吹田2丁目19番1号 株式会社NEOMAXマテリアル内
 審査官 松本 陶子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電池負極リード材用クラッド材および電池負極リード材用クラッド材の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

99.0質量%以上のNiを含有するいわゆる純Niから構成される第1層と、99.75質量%以上のCuを含有するいわゆる純Cuから構成される第2層と、純Niから構成される第3層とがこの順に積層された状態で拡散接合された3層構造のクラッド材から構成され、

前記第1層と前記第2層との間に形成された第1拡散層の厚み、および、前記第2層と前記第3層との間に形成された第2拡散層の厚みは、0.5μm以上3.5μm以下である、電池負極リード材用クラッド材。

【請求項2】

前記第1拡散層の厚みのばらつき、および、前記第2拡散層の厚みのばらつきは、1.3μm以下である、請求項1に記載の電池負極リード材用クラッド材。

【請求項3】

前記第1拡散層の厚みのばらつき、および、前記第2拡散層の厚みのばらつきは、1.0μm以下である、請求項2に記載の電池負極リード材用クラッド材。

【請求項4】

前記第1拡散層の厚みおよび前記第2拡散層の厚みは、0.5μm以上2.0μm以下である、請求項1～3のいずれか1項に記載の電池負極リード材用クラッド材。

【請求項5】

前記第1層または前記第3層が、Niめっき鋼板またはNi-Fe合金から構成される

電池負極に当接した状態で抵抗溶接される、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の電池負極リード材用クラッド材。

【請求項 6】

99.0 質量%以上の Ni を含有するいわゆる純 Ni から構成される第 1 層と、99.75 質量%以上の Cu を含有するいわゆる純 Cu から構成される第 2 層と、純 Ni から構成される第 3 層とがこの順に積層された状態で圧延することによって、前記第 1 層と前記第 2 層と前記第 3 層とが接合されたクラッド材を作成する工程と、

連続炉内に前記クラッド材を搬送しながら、650 以上 850 以下の温度条件下で 10 秒以上 5 分以下保持して前記クラッド材を連続的に熱処理することによって、前記第 1 層と前記第 2 層との間に 0.5 μm 以上 3.5 μm 以下の厚みの第 1 拡散層を形成するとともに、前記第 2 層と前記第 3 層との間に 0.5 μm 以上 3.5 μm 以下の厚みの第 2 拡散層を形成する工程と、を備える、電池負極リード材用クラッド材の製造方法。

10

【請求項 7】

前記第 1 拡散層と前記第 2 拡散層とを形成する工程において、700 以上 850 以下の温度条件下で 10 秒以上 3 分以下保持して前記クラッド材を連続的に熱処理する、請求項 6 に記載の電池負極リード材用クラッド材の製造方法。

【請求項 8】

前記第 1 拡散層と前記第 2 拡散層とを形成する工程において、800 以上 850 以下の温度条件下で 10 秒以上 1 分未満保持して前記クラッド材を連続的に熱処理する、請求項 7 に記載の電池負極リード材用クラッド材の製造方法。

20

【請求項 9】

前記第 1 拡散層と前記第 2 拡散層とを形成する工程において、前記第 1 拡散層の厚みのばらつき、および、前記第 2 拡散層の厚みのばらつきが 1.3 μm 以下になるように、前記クラッド材を連続的に熱処理する、請求項 6 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の電池負極リード材用クラッド材の製造方法。

【請求項 10】

前記第 1 拡散層と前記第 2 拡散層とを形成する工程において、前記第 1 拡散層の厚みのばらつき、および、前記第 2 拡散層の厚みのばらつきが 1.0 μm 以下になるように、前記クラッド材を連続的に熱処理する、請求項 9 に記載の電池負極リード材用クラッド材の製造方法。

30

【請求項 11】

前記第 1 拡散層と前記第 2 拡散層とを形成する工程において、前記第 1 拡散層の厚みおよび前記第 2 拡散層の厚みが 0.5 μm 以上 2.0 μm 以下になるように、前記クラッド材を連続的に熱処理する、請求項 6 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の電池負極リード材用クラッド材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電池負極リード材用クラッド材および電池負極リード材用クラッド材の製造方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、負極集電体と電池負極とを接続するための電池負極リード材として、耐食性の高い Ni (ニッケル) を用いることが知られている。しかしながら、Ni は電気抵抗が高いため、電池の高出力化や小型化に伴い、電力の損失が大きくなるという問題点がある。このため、電気伝導性を向上させるために、電池負極リード材として、芯材に電気抵抗の低い Cu (銅) を用いることが知られている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、純 Cu または Cu を主成分とする Cu 合金から構成された芯材 (以下、「Cu 層」ということがある。) と、純 Ni または Ni を主成分とする Ni 合

50

金から構成された両側の合わせ材（以下、「Ni層」ということがある。）とが、一体的に接合された3層構造のクラッド材からなり、負極と負極端子を構成するステンレス製の容器とを接続する電池内リード材が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-203622号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献1に電池内リード材用のNi層とCu層とNi層とが接合された3層構造のクラッド材では、500 から600 で1時間保持するという条件下で熱処理すると開示されている。例えば、600 の温度で1時間保持するという条件下でバッチ式熱処理を行うと、Cu層とNi層の接合領域に生成される拡散層の厚みのばらつきが大きくなりやすい。こうした厚みのばらつきが大きい拡散層が生成されると、部分的にCu層の厚みが小さくなり、これに起因して電池内リード材における電氣的な損失が大きくなってしまふ場合があった。加えて、例えば、500 の温度で1時間保持するという条件下でバッチ式熱処理を行うと、電池内リード材を容器（負極端子）に対して抵抗溶接する際に、電池内リード材と負極端子との溶接強度を確保できなくなる場合があった。

【0006】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の1つの目的は、電池負極リード材と電池負極との溶接強度を確保しつつ、電池負極リード材における電氣的な損失が大きくなるのを抑制することが可能な電池負極リード材用クラッド材およびその電池負極リード材用クラッド材の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願発明者が、上述した従来のクラッド材における拡散層に特に着目して鋭意検討した結果、上記目的を達成可能な下記のような構成を見出した。この発明の第1の局面による電池負極リード材用クラッド材は、99.0質量%以上のNiを含有するいわゆる純Niから構成される第1層と、99.75質量%以上のCuを含有するいわゆる純Cuから構成される第2層と、純Niから構成される第3層とがこの順に積層された状態で拡散接合された3層構造のクラッド材から構成され、第1層と第2層との間に形成された第1拡散層の厚み、および、第2層と第3層との間に形成された第2拡散層の厚みは、0.5 μ m以上3.5 μ m以下である。なお、「第1（第2）拡散層の厚み」とは、クラッド材の長手方向の異なる複数点（複数領域）において測定した第1（第2）拡散層の厚みの平均値を意味する。

【0008】

この発明の第1の局面による電池負極リード材用クラッド材では、上記のように、第1層と第2層との間に形成された第1拡散層の厚み、および、第2層と第3層との間に形成された第2拡散層の厚みを0.5 μ m以上にする。これにより、純Niおよび純Cuよりも電気抵抗の大きいNi-Cu合金を含む第1拡散層および第2拡散層の厚みが担保されるので、抵抗溶接時に、第1拡散層および第2拡散層において溶接性を損なわない程度に発熱させることができる。この結果、抵抗溶接に必要な溶解熱を発生させることができるので、電池負極リード材と電池負極との溶接強度を確保することができる。また、第1拡散層の厚みおよび第2拡散層の厚みを3.5 μ m以下にする。これにより、純Niおよび純Cuよりも電気抵抗の大きいNi-Cu合金を含む第1拡散層および第2拡散層の厚みが必要以上に大きくなるのを抑制することができるので、クラッド材の電気抵抗が必要以上に大きくなるのを抑制することができる。この結果、電池負極リード材における電氣的な損失が大きくなるのを抑制することができる。なお、これらの内容は実験により確認済みである。

10

20

30

40

50

【0009】

上記第1の局面による電池負極リード材用クラッド材において、好ましくは、第1拡散層の厚みのばらつき、および、第2拡散層の厚みのばらつきは、 $1.3\ \mu\text{m}$ 以下である。このように構成すれば、拡散層の厚みのばらつきに起因して、第1拡散層および第2拡散層の厚みが非常に小さい領域、第1拡散層および第2拡散層の厚みが非常に大きい領域が電池負極リード材用クラッド材に偏在するのを抑制することができる。前述の通り、拡散層の厚みが大きいと電池負極リード材の電気抵抗の上昇をまねき、拡散層の厚みが小さいと電池負極リード材と電池負極との溶接強度の低下をまねく。そのため、拡散層の厚みにばらつきがあると、厚みが大きい領域では電気抵抗が上昇し、電池内部の電氣的損失の増加や発熱の増加による電池発火などの危険性があがる。また、厚みが小さい領域では溶接強度の低下により、電池に加えられる衝撃や振動などに起因して電池負極リードの溶接部が外れる危険性があがる。このように拡散層の厚みのばらつきは電池品質のばらつきをまねくため、拡散層の厚みのばらつきを抑制することで、電池負極リード材の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのを抑制し、電池品質を安定化することができる。

10

【0010】

この場合、好ましくは、第1拡散層の厚みのばらつき、および、第2拡散層の厚みのばらつきは、 $1.0\ \mu\text{m}$ 以下である。このように構成すれば、さらに電池負極リード材の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのを抑制し、電池品質の安定化効果が増加する。

20

【0011】

上記第1の局面による電池負極リード材用クラッド材において、好ましくは、第1拡散層の厚みおよび第2拡散層の厚みは、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $2.0\ \mu\text{m}$ 以下である。このように構成すれば、電池負極リード材と電池負極との溶接強度を確保しつつ、電池負極リード材における電氣的な損失を抑制する効果が増加する。

【0012】

上記第1の局面による電池負極リード材用クラッド材において、好ましくは、第1層または第3層が、Niめっき鋼板またはNi-Fe合金から構成される電池負極に当接した状態で抵抗溶接される。このように構成すれば、電池負極が、純Niから構成された第1層および第3層に対して溶接性が良好なNiめっき鋼板またはNi-Fe合金から構成されているので、電池負極リード材と電池負極との溶接強度をより大きくすることができる。

30

【0013】

この発明の第2の局面による電池負極リード材用クラッド材の製造方法は、 99.0 質量%以上のNiを含有するいわゆる純Niから構成される第1層と、 99.75 質量%以上のCuを含有するいわゆる純Cuから構成される第2層と、純Niから構成される第3層とがこの順に積層された状態で圧延することによって、第1層と第2層と第3層とが接合されたクラッド材を作成する工程と、連続炉内にクラッド材を搬送しながら、 650 以上 850 以下の温度条件下で 10 秒以上 5 分以下保持してクラッド材を連続的に熱処理することによって、第1層と第2層との間に $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $3.5\ \mu\text{m}$ 以下の厚みの第1拡散層を形成するとともに、第2層と第3層との間に $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $3.5\ \mu\text{m}$ 以下の厚みの第2拡散層を形成する工程と、を備える。このように構成すれば、電池負極リード材と電池負極との溶接強度を確保しつつ、電池負極リード材における電氣的な損失を抑制できる。

40

【0014】

この発明の第2の局面による電池負極リード材用クラッド材の製造方法では、クラッド材を搬送しながら連続的に熱処理を行うことによって、クラッド材に対する熱処理効果がより均等になる。拡散層の厚みのばらつきは電池品質のばらつきをまねくため、拡散層の厚みをより均等にしてばらつきを抑制することによって、電池負極リード材の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのを抑制し、電池品質を安定化することがで

50

きる。それに対してバッチ式の加熱炉では、大きなコイルを投入して量産性を高めることが一般的であるため加熱室が大きくなり、加熱室の外周にヒーターが設置されている場合、コイル外側はヒーターに近く、コイル内側はヒーターと遠くなる。ヒーターと近い部分は伝熱が早く、遠い部分は伝熱が遅くなるため、加熱炉内の昇温速度の差や温度差が生じやすく、拡散層の厚みが不均等に形成されてばらつきが生じる傾向がある。そのため、電池負極リード材の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が発生する可能性が高い。

【 0 0 1 5 】

上記第2の局面による電池負極リード材用クラッド材の製造方法において、好ましくは、第1拡散層と第2拡散層とを形成する工程において、700 以上850 以下の温度条件下で10秒以上3分以下保持してクラッド材を連続的に熱処理する。このように構成すれば、より高温で熱処理を行うため、熱処理の時間を短縮することができる。これにより、熱処理時間の長時間化を抑制することができるので、電池負極リード材用クラッド材の生産性低下を抑制することができる。

10

【 0 0 1 6 】

この場合、好ましくは、第1拡散層と第2拡散層とを形成する工程において、800 以上850 以下の温度条件下で10秒以上1分未満保持してクラッド材を連続的に熱処理する。このように構成すれば、熱処理の時間を一層短縮することができる。この結果、電池負極リード材の生産性低下を一層抑制することができる。

【 0 0 1 7 】

上記第2の局面による電池負極リード材用クラッド材の製造方法において、好ましくは、第1拡散層と第2拡散層とを形成する工程において、第1拡散層の厚みのばらつき、および、第2拡散層の厚みのばらつきが1.3 μm以下になるように、クラッド材を連続的に熱処理する。このように構成すれば、意図しない電池負極リード材の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのを抑制することができる。

20

【 0 0 1 8 】

この場合、好ましくは、第1拡散層と第2拡散層とを形成する工程において、第1拡散層の厚みのばらつき、および、第2拡散層の厚みのばらつきが1.0 μm以下になるように、クラッド材を連続的に熱処理する。このように構成すれば、意図しない電池負極リード材の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのをより確実に抑制することができる。

30

【 0 0 1 9 】

上記第2の局面による電池負極リード材用クラッド材の製造方法において、好ましくは、第1拡散層と第2拡散層とを形成する工程において、第1拡散層の厚みおよび第2拡散層の厚みが0.5 μm以上2.0 μm以下になるように、クラッド材を連続的に熱処理する。このように構成すれば、電池負極リード材と電池負極との溶接強度を確保しつつ、電池負極リード材における電氣的な損失を抑制する効果が増加する。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、上記のように、電池負極リード材と電池負極との溶接強度を確保しつつ、電池負極リード材における電氣的な損失が大きくなるのを抑制することが可能な電池負極リード材用クラッド材およびその電池負極リード材用クラッド材の製造方法を提供することができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】本発明の一実施形態による電池を示した断面模式図である。

【 図 2 】本発明の一実施形態による電池負極リード材と電池負極および筐体との溶接状態を示した断面図である。

【 図 3 】本発明の一実施形態による電池負極リード材を示した拡大断面図である。

【 図 4 】本発明の一実施形態による電池負極リード材の製造方法を示した模式図である。

50

【図5】本発明の一実施形態による電池負極リード材と筐体との抵抗溶接を模式的に示した断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0023】

まず、図1～図3を参照して、本発明の一実施形態による電池負極リード材5（以下、「負極リード材5」という。）を用いた電池100の構造について説明する。

【0024】

（電池の構造）

本発明の一実施形態による電池100は、図1に示すように、いわゆる円筒型のリチウムイオン電池である。この電池100は、円筒状の筐体1と、筐体1の開口を封止する蓋材2と、筐体1内に配置される発電要素3とを備えている。筐体1は、Niめっき鋼板から構成されており、電池100の負極端子（電池負極）を兼ねている。なお、筐体1は、Ni-Fe合金から構成されてもよい。

【0025】

筐体1内には、発電要素3と電解液（図示せず）とが収容されている。蓋材2は、アルミニウム合金等から構成されており、電池100の正極端子（電池正極）を兼ねている。発電要素3は、正極箔3aと、負極箔3bと、正極箔3aと負極箔3bとの間に配置された絶縁性のセパレータ3cとが巻回されることによって形成されている。正極箔3aは、マンガン酸リチウムなどの正極活物質（図示せず）が塗布されたアルミニウム箔からなる。負極箔3bは、炭素などの負極活物質（図示せず）が塗布された銅箔からなる。

【0026】

また、電池100は、正極箔3aと正極端子（蓋材2）とを接続するための正極リード材4と、負極箔3bと電池負極（筐体1）とを接続するための負極リード材5（図1の太斜線部分）とをさらに備えている。この負極リード材5は、図2に示すように、負極箔3bに対して超音波溶接により溶接されており、その結果、負極箔3bと負極リード材5との界面には、固相接合により形成された溶接部6aが形成されている。また、負極リード材5は、筐体1の内底面1aに対して抵抗溶接により溶接されており、その結果、筐体1と負極リード材5との界面には、互いに溶融することによって形成された溶接部6bが形成されている。

【0027】

また、図1に示す正極リード材4は、正極箔3aに対して超音波溶接によって溶接されているとともに、蓋材2に対して抵抗溶接により溶接されている。なお、正極リード材4は、平板状のアルミニウム箔を用いて構成されている。

【0028】

<負極リード材の構造>

負極リード材5は、図3に示すように、3層構造（後述する拡散層54および55を含めると5層構造）のクラッド材50が所定の長さに切断されることによって形成されている。この3層構造のクラッド材50は、Ni層51とCu層52とNi層53とがこの順で積層された状態で拡散接合されることによって形成されている。ここで、負極リード材5の両表層に、Ni層51および53がそれぞれ位置するため、負極リード材5の耐食性と、Niめっき鋼板から構成される筐体1に対する溶接しやすさとが向上している。なお、クラッド材50は、厚み方向（Z方向）の長さが約0.1mmの薄板状に形成されている。また、クラッド材50は、本発明の「電池負極リード材用クラッド材」の一例であり、Ni層51、Cu層52およびNi層53は、それぞれ、本発明の、「第1層」、「第2層」および「第3層」の一例である。

【0029】

Ni層51および53は、共に、99.0質量%以上のNiを含有するいわゆる純Niから構成されている。たとえば、Ni層51および53は、JIS H4551に規定さ

10

20

30

40

50

れたNW2200またはNW2201から構成されている。なお、Ni層51および53は、同一の材料からなるとともに、略同一の厚みを有するのが好ましい。

【0030】

Cu層52は、99.75質量%以上のCuを含有し、電気抵抗が小さいいわゆる純Cuから構成されている。たとえば、Cu層52は、JIS H3100に規定されたC1020（無酸素銅）、C1100（タフピッチ銅）、C1201（りん脱酸銅）またはC1220（りん脱酸銅）から構成されている。なお、負極リード材5の導電性を向上させるために、Cu層52の厚みは、Ni層51の厚みおよびNi層53の厚みよりも大きい方が好ましい。たとえば、Cu層52の厚みは、Ni層51の厚みおよびNi層53の厚みの1.5倍以上である。なお、図1および図4では、Ni層51、Cu層52、Ni層53の図示を省略している。

10

【0031】

ここで、本実施形態では、Ni層51とCu層52との界面、および、Cu層52とNi層53との界面には、それぞれ、拡散層54および55が形成されている。この拡散層54は、クラッド材50の製造工程における焼鈍（熱処理）によって、Ni層51側のNiがCu層52側に移動するとともに、Cu層52側のCuがNi層51側に移動することによって、Ni層51とCu層52との界面に形成されている。同様に、拡散層55は、クラッド材50の製造工程における焼鈍によって、Ni層53側のNiがCu層52側に移動するとともに、Cu層52側のCuがNi層53側に移動することによって、Cu層52とNi層53との界面に形成されている。つまり、拡散層54および55は、NiとCuとから構成されたNi-Cu合金を含んでいる。なお、図1、図2、図4および図5では、拡散層54および55の図示を省略している。また、拡散層54および55は、それぞれ、本発明の「第1拡散層」および「第2拡散層」の一例である。

20

【0032】

また、拡散層54および55を構成するNi-Cu合金は、Ni層51および53の純Niや、Cu層52の純Cuと比べて、電気抵抗が大きい。これにより、負極リード材5と筐体1との抵抗溶接時に、拡散層54および55において主に発熱して溶解熱が発生することによって、Ni層53（負極リード材5）と筐体1とが溶融して溶接される。

【0033】

なお、Ni層51と拡散層54との境界、Ni層53と拡散層55との境界、Cu層52と拡散層54との境界、および、Cu層52と拡散層55との境界は、各々、エネルギー分散型X線分光法（EDX）を用いた層間の界面近傍の組成分析により、容易に認識することが可能である。つまり、層間の界面近傍の組成分析に基づいて、層間の界面近傍の組成の変化率が最も大きい位置を、各々の境界とすることが可能である。なお、簡易的には、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いた断面写真の観察により確認できる境界を、各々の境界としてもよい。

30

【0034】

拡散層54および55は、クラッド材50の厚み方向（Z方向）に厚み t_1 および t_2 をそれぞれ有している。なお、拡散層54の厚み t_1 および拡散層55の厚み t_2 は、それぞれ、クラッド材50の長手方向の異なる複数点（複数領域）において測定した拡散層54の厚みの平均値および拡散層55の厚みの平均値である。

40

【0035】

ここで、本実施形態では、拡散層54の厚み t_1 および拡散層55の厚み t_2 は、共に、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $3.5\mu\text{m}$ 以下である。なお、拡散層54の厚み t_1 および拡散層55の厚み t_2 が $0.5\mu\text{m}$ 未満の場合には、拡散層54および55が小さいことに起因して、発熱量が小さく十分な溶解熱が発生せず、負極リード材5と筐体1との溶接強度が低下してしまう。また、拡散層54の厚み t_1 および拡散層55の厚み t_2 が $3.5\mu\text{m}$ を超える場合には、拡散層54および55の電気抵抗が大きいことに起因して、負極リード材5全体における電気抵抗（体積抵抗率）が大きくなり、その結果、負極リード材5における電氣的損失が大きくなってしまう。なお、拡散層54の厚み t_1 および拡散層55の厚

50

み t_2 は、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上約 $2.0 \mu\text{m}$ 以下であるのがより好ましい。

【0036】

また、本実施形態では、拡散層 54 の厚み t_1 のばらつきおよび拡散層 55 の厚み t_2 のばらつきは、共に、約 $1.3 \mu\text{m}$ 以下である。なお、拡散層 54 の厚み t_1 のばらつきおよび拡散層 55 の厚み t_2 のばらつきは、負極リード材 5 に個体差が生じないために小さい方が好ましく、約 $1.0 \mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。

【0037】

< 本実施形態の効果 >

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

【0038】

本実施形態では、上記のように、Ni 層 51 と Cu 層 52 との間に形成された拡散層 54 の厚み t_1 、および、Cu 層 52 と Ni 層 53 との間に形成された拡散層 55 の厚み t_2 を $0.5 \mu\text{m}$ 以上にする。これにより、純 Ni および純 Cu よりも電気抵抗の大きい Ni - Cu 合金を含む拡散層 54 の厚み t_1 および拡散層 55 の厚み t_2 が担保されるので、抵抗溶接時に、拡散層 54 および 55 において溶接性を損なわない程度に発熱させることができる。この結果、抵抗溶接に必要な溶解熱を十分に発生させることができるので、負極リード材 5 と電池負極 (筐体 1) との溶接強度を十分に確保することができる。

【0039】

また、本実施形態では、拡散層 54 の厚み t_1 および拡散層 55 の厚み t_2 を $3.5 \mu\text{m}$ 以下にする。これにより、純 Ni および純 Cu よりも電気抵抗の大きい Ni - Cu 合金を含む拡散層 54 の厚み t_1 および拡散層 55 の厚み t_2 がそれぞれ必要以上に大きくなるのを抑制することができるので、クラッド材 50 の電気抵抗が必要以上に大きくなるのを抑制することができる。この結果、負極リード材 5 における電氣的な損失が大きくなるのを抑制することができる。

【0040】

また、本実施形態では、拡散層 54 の厚み t_1 のばらつき、および、拡散層 55 の厚み t_2 のばらつきを約 $1.3 \mu\text{m}$ 以下にする。これにより、拡散層 54 の厚み t_1 のばらつき、および、拡散層 55 の厚み t_2 のばらつきに起因して、拡散層 54 および 55 が形成されていない領域や、拡散層 54 の厚み t_1 および拡散層 55 の厚み t_2 が非常に小さい領域、拡散層 54 の厚み t_1 および拡散層 55 の厚み t_2 が非常に大きい領域がクラッド材 50 に偏在するのを抑制することができる。これにより、負極リード材 5 の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのを抑制し、電池品質を安定化することができる。

【0041】

また、本実施形態では、好ましくは、拡散層 54 の厚み t_1 のばらつき、および、拡散層 55 の厚み t_2 のばらつきを約 $1.0 \mu\text{m}$ 以下にする。このように構成すれば、さらに負極リード材 5 の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのを抑制し、電池品質の安定化効果が增加する。

【0042】

また、本実施形態では、好ましくは、拡散層 54 の厚み t_1 および拡散層 55 の厚み t_2 を $0.5 \mu\text{m}$ 以上約 $2.0 \mu\text{m}$ 以下にする。このように構成すれば、負極リード材 5 と電池負極 (筐体 1) との溶接強度を十分に確保しつつ、負極リード材 5 における電氣的な損失を抑制する効果が增加する。

【0043】

また、本実施形態では、負極リード材 5 を、Ni めっき鋼板から構成される電池負極 (筐体 1) に Ni 層 53 が当接した状態で、抵抗溶接により溶接する。これにより、電池負極 (筐体 1) が、純 Ni から構成された Ni 層 53 に対して溶接性が良好な Ni めっき鋼板から構成されているので、負極リード材 5 と電池負極との溶接強度をより大きくすることができる。

【0044】

10

20

30

40

50

(製造方法)

次に、図1～図5を参照して、本発明の一実施形態による負極リード材5の製造方法およびその負極リード材5を用いた電池100の製造方法について説明する。

【0045】

<負極リード材の製造方法>

まず、図4に示すように、純Niから構成されたロール状の一对のNi板151および153と、純Cuから構成されロール状のCu板152とを準備する。そして、Ni板151、Cu板152およびNi板153を各々巻き戻しながら第1圧延ローラ101に向かって搬送する。そして、Ni板151、Cu板152およびNi板153をこの順に積層させた状態で搬送しながら、第1圧延ローラ101により所定の圧下率で連続的に圧延する(1次圧延工程)。これにより、Ni層51、Cu層52およびNi層53(図3参照)がこの順で接合された長尺のクラッド材50aが連続的に形成される。この際、Ni層51およびCu層52の界面とCu層52およびNi層53の界面とは、拡散層はほとんど形成されていない。

10

【0046】

そして、長尺のクラッド材50aを第1連続焼鈍炉102内に搬送する。この第1連続焼鈍炉102は約700の温度環境に維持されており、第1連続焼鈍炉102内に搬入された長尺のクラッド材50aは、連続的に熱処理が行われて焼鈍される(1次焼鈍工程)。そして、1次焼鈍された長尺のクラッド材50bが第1連続焼鈍炉102から連続的に搬出される。この1次焼鈍されたクラッド材50bには、Ni層51およびCu層52の界面とCu層52およびNi層53の界面とに拡散層54および55が形成されている。なお、第1連続焼鈍炉102内におけるクラッド材50aの焼鈍時間が約3分になるように、クラッド材50aの搬送速度および第1連続焼鈍炉102内の搬送路長が設定されている。

20

【0047】

その後、長尺のクラッド材50bを第2圧延ローラ103により冷間圧延を行う(2次圧延工程)。これにより、所望の厚みに圧延された長尺のクラッド材50cが連続的に形成される。この際、1次焼鈍工程において形成された拡散層54および55の厚みは、冷間圧延によりクラッド材50b全体の厚みの減少割合と同様に小さくなるため、非常に小さくなる。

30

【0048】

ここで、本実施形態の製造プロセスでは、長尺のクラッド材50cを第2連続焼鈍炉104内に搬送する。この第2連続焼鈍炉104は650以上850以下の所定の温度環境に維持されており、第2連続焼鈍炉104内に搬入された長尺のクラッド材50cは、連続的に熱処理が行われて焼鈍される(2次焼鈍工程)。そして、Ni層51とCu層52とNi層53とがこの順で積層された状態で拡散接合された長尺のクラッド材50が、第2連続焼鈍炉104から連続的に搬出される。なお、第2連続焼鈍炉104内におけるクラッド材50cの焼鈍時間が10秒以上5分以下の所定の時間になるように、クラッド材50cの搬送速度および第2連続焼鈍炉104内の搬送路長が設定されている。

40

【0049】

この2次焼鈍されたクラッド材50には、2次焼鈍によって、図3に示すように、Ni層51およびCu層52の界面に0.5 μ m以上3.5 μ m以下の厚みt1を有する拡散層54が形成されるとともに、Cu層52およびNi層53の界面に0.5 μ m以上3.5 μ m以下の厚みt2を有する拡散層55が形成される。さらに、拡散層54の厚みt1のばらつき、および、拡散層55の厚みt2のばらつきが約1.3 μ m以下になるように形成される。なお、2次焼鈍されたクラッド材50において、拡散層54の厚みt1および拡散層55の厚みt2は、0.5 μ m以上約2.0 μ m以下であるのが好ましい。また、拡散層54の厚みt1のばらつき、および、拡散層55の厚みt2のばらつきは、約1.0 μ m以下であるのが好ましい。

【0050】

50

最後に、図4に示すように、長尺のクラッド材50をロール状に巻き取ることにより、ロール状(長尺)のクラッド材50が形成される。その後、スリット加工などの切断加工を行うことによって、図1に示す負極リード材5が形成される。

【0051】

<電池の製造方法>

そして、図2に示すように、超音波溶接によって、負極リード材5の一方端部周辺を除く領域を、発電要素3の負極箔3bに溶接する。その後、図5に示すように、負極リード材5の一方端部周辺を筐体1の内側に抵抗溶接する。その際、負極リード材5のNi層51または53のいずれか一方(図5ではNi層51)の表面と抵抗溶接機106の電極106aとを接触させるとともに、負極リード材5のNi層51または53のいずれか他方(図5ではNi層53)の表面と筐体1の内底面1a(図1参照)とを接触させる。そして、筐体1の外表面に抵抗溶接機106の電極106bを接触させた状態で、所定の時間電圧を加える。これにより、電気抵抗の大きい拡散層54および55において大きな溶解熱が発生して、図2に示すように、負極リード材5と筐体1とが溶接される。また、正極リード材4と正極箔3aおよび蓋材2とを溶接する。その後、筐体1に電解液(図示せず)を注入して、筐体1と蓋材2とを溶接する。これにより、図1に示す電池100が作製される。

10

【0052】

<本実施形態の製造方法の効果>

本実施形態の製造方法では、以下のような効果を得ることができる。

20

【0053】

本実施形態の製造方法では、上記のように、クラッド材50cを搬送しながら連続的に熱処理(2次焼鈍)を行うことによって、クラッド材50に対する熱処理効果がより均等になる。拡散層54の厚みt1および拡散層55の厚みt2のばらつきは電池品質のばらつきをまねくため、拡散層54の厚みt1および拡散層55の厚みt2をそれぞれより均等にしてばらつきが生じるのを抑制することによって、負極リード材5の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのを抑制し、電池品質を安定化することができる。

【0054】

また、本実施形態の製造方法では、好ましくは、拡散層54および55を形成する工程において、700 以上850 以下の温度条件下で10秒以上3分以下保持してクラッド材50cを連続的に熱処理(第2焼鈍)する。このように構成すれば、より高温で熱処理を行うため、熱処理の時間を短縮することができる。さらに好ましくは、拡散層54および55を形成する工程において、800 以上850 以下の温度条件下で10秒以上1分未満保持してクラッド材50cを連続的に熱処理(第2焼鈍)する。このように構成すれば、熱処理の時間を一層短縮することができる。これらにより、熱処理時間の長時間化を抑制することができるので、負極リード材5の生産性低下を抑制することができる。

30

【0055】

[実施例]

次に、図2~図5を参照して、上記実施形態の効果を確認するために行った実験について説明する。なお、実験では、クラッド材(負極リード材)の断面観察により拡散層の厚みおよびばらつきを確認するとともに、クラッド材の体積抵抗率を測定した。また、実験では、クラッド材とFe-Ni合金とを抵抗溶接した際の溶接強度を測定した。

40

【0056】

(実施例および比較例の組成)

まず、実施例1の負極リード材5を構成するクラッド材50を準備した。具体的には、図4に示すように、純Niから構成された一对のNi板151および153と、Ni板151および153の厚みの2倍の厚みを有し、純Cuから構成されたCu板152とを準備した。そして、Ni板151、Cu板152およびNi板153をこの順に積層させた状態で搬送しながら、第1圧延ローラ101により60%の圧下率で連続的に圧延した。

50

これにより、Ni層51、Cu層52およびNi層53(図3参照)がこの順で接合された、0.5mmの厚みを有するクラッド材50aを連続的に形成した。

【0057】

そして、クラッド材50aを、700の温度環境に維持された第1連続焼鈍炉102内に搬送して1次焼鈍を行った。ここで、クラッド材50aの焼鈍時間(第1連続焼鈍炉102内を搬送される時間)を3分にした。そして、連続的に搬出された1次焼鈍後のクラッド材50bを第2圧延ローラ103により冷間圧延を行うことによって、0.1mmの厚みを有するクラッド材50cを形成した。

【0058】

そして、実施例1では、冷間圧延後のクラッド材50cを、650の温度環境(焼鈍温度)に維持された第2連続焼鈍炉104内に搬送して2次焼鈍(連続焼鈍)を行った。ここで、クラッド材50cの焼鈍時間(第2連続焼鈍炉104内を搬送される時間)を3分にした。これにより、実施例1の長尺のクラッド材50を作製した。なお、実施例1の長尺のクラッド材50において、Ni層51の厚みとNi層53の厚みとは同一であり、Cu層52の厚みは、Ni層51の厚みおよびNi層53の厚みの2倍であった。

【0059】

また、実施例2、4、5および7として、2次焼鈍における焼鈍温度をそれぞれ700、750、800および850にした点以外は、実施例1(焼鈍時間3分)と同様にして、実施例2、4、5および7の長尺のクラッド材50を連続焼鈍により作製した。また、実施例3として、2次焼鈍における焼鈍温度および焼鈍時間をそれぞれ700および5分にした点以外は、実施例1と同様にして、実施例3の長尺のクラッド材50を連続焼鈍により作製した。また、実施例6として、2次焼鈍における焼鈍温度および焼鈍時間をそれぞれ850および10秒(0.17分)にした点以外は、実施例1と同様にして、実施例6の長尺のクラッド材50を連続焼鈍により作製した。

【0060】

一方、比較例1のクラッド材として、上記実施例1と同様に0.1mmの厚みを有する冷間圧延後のクラッド材50cを形成した後、ロール状に巻き取った。そして、ロール状のクラッド材50cを所定のバッチ式の加熱炉(図示せず)内に配置した状態で、加熱炉内の温度を500(焼鈍温度)まで上昇させた。そして、炉内の温度が焼鈍温度に達した時点から60分間保持することによって、2次焼鈍(バッチ焼鈍)を行った。これにより、比較例1の長尺のクラッド材を作製した。

【0061】

また、比較例2および6のクラッド材として、2次焼鈍における焼鈍温度をそれぞれ600および900にした点以外は、実施例1(焼鈍時間3分)と同様にして、比較例2および6の長尺のクラッド材を連続焼鈍により作製した。

【0062】

また、比較例3、4および5のクラッド材として、2次焼鈍における焼鈍温度をそれぞれ600、650および850にした点以外は、比較例1(焼鈍時間60分)と同様にして、比較例3、4および5の長尺のクラッド材をバッチ焼鈍により作製した。また、比較例7のクラッド材として、2次焼鈍における焼鈍温度および焼鈍時間をそれぞれ900および30分にした点以外は、比較例1と同様にして、比較例7の長尺のクラッド材をバッチ焼鈍により作製した。

【0063】

そして、実施例1~7および比較例1~7のクラッド材の断面をSEMにより確認して、拡散層の厚みを求めた。具体的には、長尺のクラッド材の断面のうち、厚み方向と直交するクラッド材の長手方向の異なる任意の3か所を測定範囲として選択した。この3か所の測定範囲は、各々、長手方向に100μmの範囲を有している。そして、3か所の測定範囲において拡散層の厚みを5か所測定し、その平均値をそれぞれ求めた。そして、3つの拡散層の厚みの平均値の平均を算出することによって、実施例1~7および比較例1~7のクラッド材の拡散層の厚みを求めた。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

また、実施例 1 ~ 7 および比較例 1 ~ 7 のクラッド材の拡散層の厚みのばらつきを求めた。具体的には、実施例 1 ~ 7 および比較例 1 ~ 7 の長尺のクラッド材の断面のうち、クラッド材の長手方向の一方端部周辺の異なる任意の 3 か所を測定範囲として選択した。この 3 か所の測定範囲は、各々、長手方向に $100\ \mu\text{m}$ の範囲を有している。そして、3 か所の測定範囲における拡散層の厚みの平均値をそれぞれ求めた。その後、3 つの拡散層の厚みの平均値の平均を算出することによって、クラッド材の長手方向の一方端部周辺における拡散層の厚みを求めた。同様に、クラッド材の長手方向の他方端部周辺の異なる任意の 3 か所を測定範囲として選択した。この 3 か所の測定範囲は、各々、長手方向に $100\ \mu\text{m}$ の範囲を有している。そして、3 か所の測定範囲における拡散層の厚みの平均値をそれぞれ求めた。その後、3 つの拡散層の厚みの平均値の平均を算出することによって、クラッド材の長手方向の他方端部周辺における拡散層の厚みを求めた。最後に、一方端部周辺における拡散層の厚みと他方端部周辺における拡散層の厚みとの差の絶対値を算出することによって、実施例 1 ~ 7 および比較例 1 ~ 7 のクラッド材の拡散層の厚みのばらつきを求めた。

10

【 0 0 6 5 】

なお、実施例 1 ~ 7 および比較例 1 ~ 7 において、クラッド材の 2 か所の拡散層 (図 3 の拡散層 5 4 および 5 5) は同様に形成されていると考えられるので、いずれか一方の拡散層における厚みと厚みのばらつきとのみを求めた。また、JIS H 0505 に基づいて、4 端子法により、実施例 1 ~ 7 および比較例 1 ~ 7 のクラッド材の体積抵抗率を測定した。

20

【 0 0 6 6 】

また、実施例 1 ~ 7 および比較例 1 ~ 7 のクラッド材を所定の大きさになるように切断した。そして、図 5 に示すように、実施例 1 ~ 7 および比較例 1 ~ 7 の切断したクラッド材 5 0 (負極リード材) を、筐体 1 に対応する 4 2 質量 % の Ni と Fe とを含有する Ni - Fe 合金の板材に抵抗溶接した。この際、 $0.4\ \text{mm}$ の厚みを有する Ni - Fe 合金の板材と、 $1.5\ \text{mm}$ の径 D を有する円柱状に形成された一对の電極 1 0 6 a および 1 0 6 b を有するインバータ式の抵抗溶接機 1 0 6 (SIW - 8 0 0 0 S : (株) セイワ製作所製) とを用いた。

30

【 0 0 6 7 】

具体的な抵抗溶接の手順としては、まず、Ni - Fe 合金の板材 (筐体 1) の溶接部分とクラッド材 5 0 の溶接部分とを積層させることによって接触させた。そして、電極 1 0 6 a をクラッド材 5 0 の Ni 層 5 1 に接触させるとともに、電極 1 0 6 b を Ni - Fe 合金の板材に接触させた。そして、一对の電極 1 0 6 a および 1 0 6 b を $49\ \text{N}$ の加圧力でクラッド材 5 0 および Ni - Fe 合金の板材に押し当てながら、定電圧モードで電圧を印加した。具体的な定電圧モードの内容としては、まず、 $0.7\ \text{V}$ で $0.5\ \text{m}$ 秒だけ電圧を印加して前処理を行った。そして、前処理の $1\ \text{m}$ 秒後に、 $0.5\ \text{m}$ 秒の間に $0\ \text{V}$ から $1.15\ \text{V}$ まで電圧を直線的に高くした。その後、 $1.15\ \text{V}$ で $6\ \text{m}$ 秒だけ電圧を印加して本処理を行った。その後、 $0.5\ \text{m}$ 秒の間に $1.15\ \text{V}$ から $0\ \text{V}$ まで電圧を直線的に低くした。この一連の電圧制御を行うことによって、クラッド材 5 0 (負極リード材) を Ni - Fe 合金の板材に抵抗溶接により溶接した。

40

【 0 0 6 8 】

その後、抵抗溶接したクラッド材 5 0 と Ni - Fe 合金の板材 (筐体 1) とを、厚み方向と直交する方向で、かつ、互いに離れる引張方向に向かって引っ張った (引張試験) 。そして、クラッド材が Ni - Fe 合金の板材から剥がれた際にの引張強度を、クラッド材 5 0 と Ni - Fe 合金の板材との溶接部 6 b (図 2 参照) の溶接強度 (N) とした。

【 0 0 6 9 】

(実験結果)

【表 1】

	焼鈍温度 (°C)	焼鈍時間 (min)	処理方法	拡散層の厚み (μm)	体積抵抗率 (μΩ・cm)	溶接強度 (N)	拡散層の厚みのばらつき (μm)
比較例1	500	60	バッチ焼鈍	0.4	2.7	33	0.5
比較例2	600	3	連続焼鈍	0.4	2.7	33	0.2
比較例3	600	60	バッチ焼鈍	3.7	2.9	47	3.2
実施例1	650	3	連続焼鈍	0.7	2.7	41	0.2
比較例4	650	60	バッチ焼鈍	4.5	3.1	47	3.8
実施例2	700	3	連続焼鈍	1.0	2.8	43	0.5
実施例3	700	5	連続焼鈍	1.8	2.8	44	0.5
実施例4	750	3	連続焼鈍	2.5	2.8	45	1.2
実施例5	800	3	連続焼鈍	2.8	2.8	47	1.3
実施例6	850	0.17	連続焼鈍	1.7	2.8	44	1.0
実施例7	850	3	連続焼鈍	3.5	2.9	47	1.3
比較例5	850	60	バッチ焼鈍	10.3	4.3	49	5.2
比較例6	900	3	連続焼鈍	3.8	3.0	47	1.3
比較例7	900	30	バッチ焼鈍	9.5	4.0	48	4.9
目標特性				0.5以上3.5以下	2.9以下	40以上	1.3以下

【0070】

表1に示す実験結果としては、実施例1～7のクラッド材では、拡散層の厚みが0.5 μm以上3.5 μm以下になった。また、実施例1～7のクラッド材では、体積抵抗率は、2.9 μΩ・cm以下に小さくなるとともに、溶接強度は40 N以上で十分に大きくなった。これにより、実施例1～7のクラッド材では、抵抗溶接に必要な溶解熱を十分に発生させつつ、体積抵抗率（電気抵抗）が大きくなるのを抑制することができることが確認できた。さらに、実施例1～7のクラッド材では、拡散層の厚みのばらつきが1.3 μm以下になった。これにより、意図しない抵抗溶接時の溶接強度の低下や電池負極リード材の電気抵抗の上昇が生じにくいと考えられる。これらの結果から、650 以上850 以下の温度条件下で10秒以上5分以下保持してクラッド材の熱処理（第2焼鈍）を行うことによって、熱処理の時間を短縮化しつつ、電池負極リード材として好適なクラッド材を作製することが可能であることが確認できた。

【0071】

また、実施例1～3および6のクラッド材では、拡散層の厚みが0.5 μm以上2.0 μm以下に、体積抵抗率は、2.8 μΩ・cm以下に、溶接強度は41 N以上になった。さらに、実施例1～3および6のクラッド材では、拡散層の厚みのばらつきが1.0 μm以下になった。これにより、負極リード材の電気抵抗の上昇や抵抗溶接時の溶接強度の低下が生じるのを抑制し、電池品質の安定化効果が増加すると考えられる。また、実施例2および4～7のクラッド材では、拡散層の厚みが1.0 μm以上3.5 μm以下に、体積抵抗率は、2.9 μΩ・cm以下に、溶接強度は43 N以上になった。この結果、電池負極リード材と電池負極との溶接強度をより確保することができると考えられる。これらの結果から、700 以上850 以下の温度条件下で10秒以上3分以下保持してクラッド材の熱処理（第2焼鈍）を行うことによって、熱処理の時間をより短縮化しつつ、電池負極リード材としてより好適なクラッド材を作製することが可能であることが確認できた。

【0072】

10

20

30

40

50

さらに、実施例6のクラッド材では、10秒という短時間の焼鈍時間であっても、拡散層の厚みは0.5 μ m以上2.0 μ m以下に、体積抵抗率は2.8 μ ・cm以下に、溶接強度は41N以上に、拡散層の厚みのばらつきは1.0 μ m以下になった。これにより、800以上850以下の温度条件下で10秒以上1分以下保持してクラッド材の熱処理(第2焼鈍)を行うことによって、熱処理の時間を一層短縮化したとしても、電池負極リード材として十分に好適なクラッド材を作製することが可能であることが確認できた。

【0073】

一方で、比較例1および2のクラッド材では、拡散層の厚みが0.5 μ m未満になった。また、比較例1および2のクラッド材では、体積抵抗率は、2.7 μ ・cmに小さくなったものの、溶接強度は、40N以下に小さくなった。比較例1および2のクラッド材では、抵抗溶接に必要な溶解熱を十分に発生させることができなかつたため、溶接強度が小さくなったと考えられる。また、比較例4~7のクラッド材では、拡散層の厚みが3.5 μ mを超えて大きくなるとともに、体積抵抗率が、2.9 μ ・cmを超えて大きくなった。比較例4~7のクラッド材では、体積抵抗率(電気抵抗)が大きくなり、その結果、電気的な損失が大きくなってしまうため、電池負極リード材としては不適であると考えられる。また、比較例3~5および7のクラッド材では、拡散層の厚みが3.5 μ mを超えて大きくなるとともに、拡散層の厚みのばらつきが1.3 μ mを超えて大きくなった。比較例3~5および7のクラッド材では、体積抵抗率および溶接強度の実験結果に溶接強度の低下や電池負極リード材の電気抵抗の上昇は確認されなかつたものの、意図しない抵抗溶接時の溶接強度の低下や電池負極リード材の電気抵抗の上昇が生じやすいと考えられるため、電池負極リード材としては不適であると考えられる。

【0074】

なお、体積抵抗率および溶接強度は、共に、拡散層の厚みが大きくなるに従い大きくなる傾向が見られた。その結果、体積抵抗率を小さくしつつ、十分な接強度を得るためには、拡散層の厚みを適した範囲(つまり、拡散層の厚みが0.5 μ m以上3.5 μ m以下の範囲)内に設定する必要があることが確認できた。

【0075】

[変形例]

なお、今回開示された実施形態および実施例は、すべての点で例示であつて制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態および実施例の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更(変形例)が含まれる。

【0076】

たとえば、上記実施形態では、負極リード材5をリチウムイオン電池(電池100)に適用した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、負極リード材をリチウムイオン電池以外の電池に適用してもよい。

【0077】

また、上記実施形態では、負極リード材5が抵抗溶接される電池負極(筐体1)がNiめっき鋼板から構成される例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、負極リード材が抵抗溶接される電池負極はNi-Fe合金から構成されてもよいし、Niめっき鋼板およびNi-Fe合金以外の金属材料から構成されていてもよい。

【0078】

また、本発明では、上記実施形態における2次焼鈍工程の後に、さらに、2次焼鈍後のクラッド材を若干硬化させるために拡散層の厚みが0.5 μ m以上3.5 μ m以下の範囲内に入るように3次圧延工程を設けてもよい。これにより、2次焼鈍後のクラッド材がある程度硬質化されるので、電池製造時や負極リード材の取扱時に、負極リード材の取り扱いを容易にすることが可能である。なお、3次圧延工程では、1次圧延工程や2次圧延工程と比べて、圧下率やローラの圧力は小さくてよい。

【0079】

また、上記実施形態では、1次圧延工程、1次焼鈍工程、2次圧延工程および2次焼鈍工程を続けて行う例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、1次圧延工程、1次焼鈍工程、2次圧延工程および2次焼鈍工程の4つの工程を別途に行ってもよいし、連続する2工程または3工程を続けて行ってもよい。

【0080】

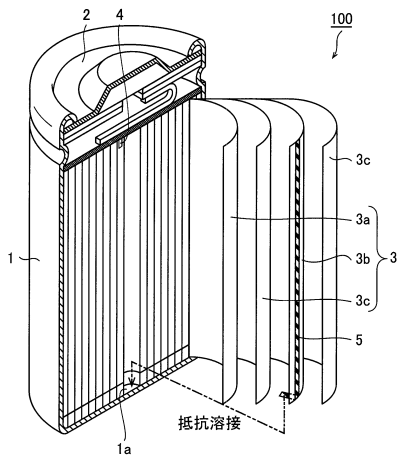
また、上記実施形態では、2回の焼鈍工程（1次焼鈍工程および2次焼鈍工程）を行う例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、1次焼鈍を行わないことによって、焼鈍工程を1回にしてもよい。

【符号の説明】

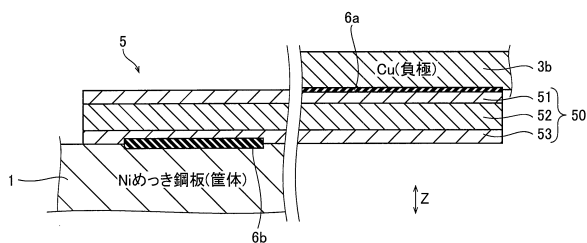
【0081】

- 5 負極リード材（電池負極リード材）
- 50 クラッド材（電池負極リード材用クラッド材）
- 51 Ni層（第1層）
- 52 Cu層（第2層）
- 53 Ni層（第3層）
- 54 拡散層（第1拡散層）
- 55 拡散層（第2拡散層）

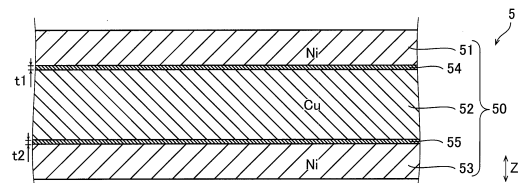
【図1】



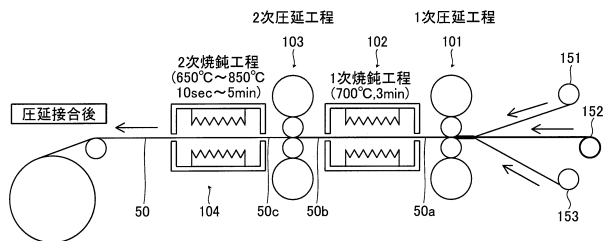
【図2】



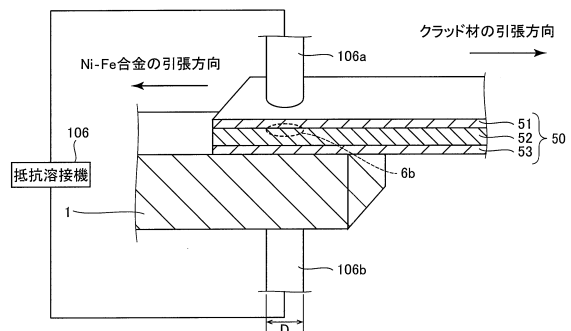
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

B 2 3 K 103:18

(56)参考文献 特開平 1 1 - 2 9 7 3 0 0 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 1 / 1 5 2 4 7 8 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 3 / 0 1 8 8 4 1 (W O , A 1)
特開 2 0 0 6 - 1 7 9 2 2 8 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 0 3 6 2 2 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 3 9 9 8 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 M 2 / 2 6

B 2 3 K 1 1 / 0 0

B 2 3 K 2 0 / 0 0

H 0 1 M 2 / 3 0

B 2 3 K 1 0 3 / 1 8