(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7371789号
(P7371789)

(45)発行日　令和5年10月31日(2023.10.31)

(24)登録日　令和5年10月23日(2023.10.23)

(51)国際特許分類		FI		
B23K 35/28 (2006.01)		B23K	35/28	
C22C 21/00 (2006.01)		C22C	21/00	N
B23K 26/348 (2014.01)		B23K	26/348	
B23K 26/32 (2014.01)		B23K	26/32	
B23K 9/16 (2006.01)		B23K	9/16	K

請求項の数　4　（全15頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2022-543334(P2022-543334)
(86)(22)出願日　令和3年7月21日(2021.7.21)
(86)国際出願番号　PCT/JP2021/027264
(87)国際公開番号　WO2022/038954
(87)国際公開日　令和4年2月24日(2022.2.24)
審査請求日　令和4年5月20日(2022.5.20)
(31)優先権主張番号　特願2020-139833(P2020-139833)
(32)優先日　令和2年8月21日(2020.8.21)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000004743
日本軽金属株式会社
東京都港区新橋一丁目１番１３号
(74)代理人　110001885
弁理士法人ＩＰＲコンサルタント
(72)発明者　金木 大志
静岡県静岡市清水区蒲原一丁目３４番１号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内
(72)発明者　▲けい▼ 劼
静岡県静岡市清水区蒲原一丁目３４番１号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内
(72)発明者　吉田 諒
静岡県静岡市清水区蒲原一丁目３４番１
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　アルミニウム合金溶加材、アルミニウム合金製溶接構造体及びアルミニウム材の溶接方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ＪＩＳに規定されたＡ４０４３溶加材に溶融アルミニウムの表面張力を低下させる界面活性元素を添加したアルミニウムからなり、

前記界面活性元素がＳｒであり、

前記界面活性元素の含有量が０．０５～０．５０質量％であり、

前記界面活性元素以外の元素の含有量が前記Ａ４０４３溶加材として規定されている組成の範囲内であること、

を特徴とする溶接速度が１ｍ／ｍｉｎ以上の高速溶接用アルミニウム合金溶加材。

【請求項２】

請求項１に記載の組成を有すること、

を特徴とするハイブリッドレーザー溶接用アルミニウム合金溶加材。

【請求項３】

請求項１又は２に記載の高速溶接用アルミニウム合金溶加材を用いて溶接を行い、

溶接速度を１ｍ／ｍｉｎ以上とすること、

を特徴とするアルミニウム材の溶接方法。

【請求項４】

ハイブリッドレーザー溶接を用いること、

を特徴とする請求項３に記載のアルミニウム材の溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
本発明は、アーク溶接等の溶融溶接に用いることができるアルミニウム合金溶加材、当該アルミニウム合金溶加材を用いて製造されるアルミニウム合金製溶接構造体及び当該アルミニウム合金溶加材を用いたアルミニウム材の溶接方法に関するものであり、特に、溶接速度の速い溶接に適したアルミニウム合金溶加材に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
アルミニウム材の溶接に用いる溶加材は、母材との組合せにおいて、溶接時の割れの発生程度、機械的性質、耐食性及び高温特性等を考慮する必要がある。具体的な指針はＪＩＳ　Ｚ　３６０４に示されており、用途に応じて、４０００系、５０００系及び６０００系等のアルミニウム合金からなる溶加材が用いられている。
【０００３】
例えば、４０００系のアルミニウム合金からなる溶加材には、Ａｌと５質量％のＳｉを標準組成とする４０４３と、Ａｌと１２質量％のＳｉを標準組成とする４０４７の２種類の溶加材が存在し、４０４３は溶接金属の高温割れに対する抵抗が大きいことから、溶接割れを起こしやすいアルミニウム合金や鋳物の溶接に用いられている。
【０００４】
しかしながら、４０００系の溶加材では、溶接部の強度及び靭性が低くなる傾向にあり、溶接電流、溶接電圧及び溶接速度等の溶接条件を最適化することで継手強度の向上を図る必要があるが、当該溶接条件の最適化のみでは限界があり、高い強度及び優れた靭性を要求される溶接部には実用的でないという問題がった。
【０００５】
これに対し、例えば特許文献１（特開２００６－２１８４９１号公報）においては、ＭＩＧ溶接に適用することができ、継手強度が高く、靭性の高い溶接部を備えたアルミニウム合金材の溶接継手を得ることができるアルミニウム又はアルミニウム合金用溶加材を提供することを目的として、質量比で、４．５～１３．０％のＳｉと共に、１０～４００ｐｐｍのＳｒを含有し、残部Ａｌ及び不可避不純物から成ることを特徴とするアルミニウム合金用溶接材料、が開示されている。
【０００６】
上記特許文献１に記載のアルミニウム合金用溶接材料においては、Ａｌ－Ｓｉ系溶接材料に微量のＳｒを添加することで、Ａｌ－Ｓｉ系合金からなる溶接金属中に晶出する共晶Ｓｉ粒子を微細化することができ、高強度、高靭性を備えた溶接継手を形成することができる、とされている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００７】
【文献】特開２００６－２１８４９１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
しかしながら、近年では生産性の向上がより求められるようになってきており、溶接速度の向上が切望されているが、溶接速度を増加させると溶接部に溶接割れが生じやすくなることから、４０００系の４０４３溶加材を用いても溶接割れを十分に抑制することができない。特に、ハイブリッドレーザー溶接のように溶接速度が１ｍ／ｍｉｎを超えるような場合はこの傾向が顕著である。
【０００９】
ここで、上記特許文献１で検討されている溶接速度は０．７５ｍ／ｍｉｎであり、優れた機械的性質を有する接合部が形成されることに加え、ハイブリッドレーザー溶接のように高速で溶接を行っても溶接割れの生じにくい溶加材は存在しないのが実情である。

【００１０】
以上のような従来技術における問題点に鑑み、本発明の目的は、アルミニウム合金の高速接合において、強度及び靭性に優れた接合部が形成されると共に、溶接割れの生じにくいアルミニウム合金溶加材、当該アルミニウム合金溶加材を用いて製造されるアルミニウム合金製溶接構造体及び当該アルミニウム合金溶加材を用いたアルミニウム材の接合方法を提供することにある。より具体的には、溶接速度が１ｍ／ｍｉｎを超えるような高速接合を行っても溶接割れの生じにくいアルミニウム合金溶加材及び当該アルミニウム合金溶加材を用いて製造されるアルミニウム合金製溶接構造体及び当該アルミニウム合金溶加材を用いたアルミニウム材の溶接方法を提供することを目的としている。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
本発明者らは、上記目的を達成すべく、アルミニウム合金溶加材の組成及び当該組成と溶接割れ等の関係について鋭意研究を重ねた結果、溶融アルミニウムの表面張力を低下させる界面活性元素を適量含有させること等が極めて有効であることを見出し、本発明に到達した。
【００１２】
即ち、本発明は、
溶融アルミニウムの表面張力を低下させる界面活性元素を含むアルミニウムからなり、
前記界面活性元素がＣａ、Ｓｒ及びＢａのうちの少なくともいずれか一種であり、
前記界面活性元素の含有量が０．０５～０．５０質量％であること、
を特徴とする高速接合用アルミニウム合金溶加材、を提供する。
【００１３】
Ｃａ、Ｓｒ及びＢａのうちの少なくともいずれか一種を含有させることで、溶融アルミニウムの表面張力を低下させることができ、溶融した溶加材の濡れ性の向上に起因して流動性が向上し、高速接合を行っても溶接割れを抑制することができる。ここで、Ｃａ、Ｓｒ及びＢａは、元素の周期表における２族の４～６周期に属している。
【００１４】
高速接合時の溶接割れを抑制するためには界面活性元素の添加量が極めて重要であり、０．０５～０．５０質量％の界面活性元素を含有させることで、溶接速度が１ｍ／ｍｉｎを超えるような高速接合における溶接割れを効率的に抑制することができる。この効果は、溶接速度２ｍ／ｍｉｎで顕著となり、４ｍ／ｍｉｎでさらに顕著となる。
【００１５】
本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材においては、前記界面活性元素がＳｒであること、が好ましい。界面活性元素としてＳｒを添加することで、Ｃａを添加する場合よりも効率的に溶融アルミニウムの表面張力を低下させることができる。また、界面活性元素としてＳｒを添加することで、Ｂａを添加する場合よりも効率的に共晶Ｓｉ相が粒状微細化されｒ、溶接部の延性や靭性を向上させることができる。
【００１６】
また、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材においては、更に、Ｓｉを４～１３質量％含むこと、が好ましい。Ｓｉの含有量を４質量％以上とすることで、融点が十分に低下することに加え、接合時における溶融アルミニウムの流動性を担保することができる。また、Ｓｉの含有量を１３質量％以下とすることで、破壊の起点となる晶出物の形成に起因する接合部の伸びの低下を抑制することができる。
【００１７】
また、本発明は、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材の組成を有すること、を特徴とするハイブリッドレーザー溶接用アルミニウム合金溶加材、も提供する。
【００１８】
本発明のハイブリッドレーザー接合用アルミニウム合金溶加材は、レーザー溶接とアーク溶接を組み合わせた接合プロセスにおいて使用するアルミニウム合金溶加材である。ハイブリッドレーザー接合は、先行するレーザーにより発生した陰極点にアークを誘導して

溶接する接合技術であり、溶接の安定性向上、欠陥形成の抑制、接合速度の増加及び溶け込み深さの増加等を実現することができる。

【００１９】

ここで、ハイブリッドレーザー接合においては５ｍ／ｍｉｎ以上の接合速度が設定される場合があるが、このような高速接合条件においても、本発明のハーブリッドレーザー接合用アルミニウム合金溶加材を用いることで溶接割れを極めて効果的に抑制することができる。

【００２０】

また、本発明は、溶接部のＳｒ含有量が０．０３質量％以上であること、を特徴とするアルミニウム合金製溶接構造体、も提供する。

【００２１】

本発明のアルミニウム合金製溶接構造体は、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いてアルミニウム合金材を溶接することにより容易に得ることができる。本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材には０．０５～０．５０質量％のＳｒが含まれており、当該Ｓｒが接合部に存在することになるが、接合部の最終的なＳｒ含有量は被接合材であるアルミニウム合金材による希釈等の影響を考慮する必要がある。なお、アルミニウム合金材にＳｒが含まれる場合は、接合部のＳｒ含有量が高速接合用アルミニウム合金溶加材のＳｒ含有量よりも多くなる場合も存在する。

【００２２】

また、本発明のアルミニウム合金製溶接構造体においては、前記溶接部の微細組織において、前記溶接部の表面近傍に形成された等軸粒の平均粒径が１５０μｍ以下であること、が好ましい。溶接部を微細等軸粒からなる組織とすることで、溶接部に良好な機械的性質（強度、延性及び信頼性等）を付与することができる。

【００２３】

ここで、溶接部と母材（被接合材）の境界から溶融池の凝固方向に柱状晶が形成し、当該柱状晶から連続的に等軸状の微細組織が形成されるのが一般的である。即ち、最終的に凝固する溶接部の表面近傍には等軸粒が形成されることになる。

【００２４】

更に、本発明は、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いて溶接を行うこと、を特徴とするアルミニウム材の溶接方法、も提供する。本発明のアルミニウム材の溶接方法においては、ハイブリッドレーザー溶接を用いることが好ましい。

【００２５】

また、本発明のアルミニウム材の溶接方法においては、溶接速度を１ｍ／ｍｉｎ以上とすること、が好ましい。溶接速度を増加させると溶接部の溶接割れを抑制することが困難となるが、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いてハイブリッドレーザー接合を行うことで、極めて効率的に良好な溶接部を形成させることができる。

【発明の効果】

【００２６】

本発明によれば、アルミニウム合金の高速接合において、強度及び靭性に優れた接合部が形成されると共に、溶接割れの生じにくいアルミニウム合金溶加材、当該アルミニウム合金溶加材を用いて製造されるアルミニウム合金製溶接構造体及び当該アルミニウム合金溶加材を用いたアルミニウム材の溶接方法を提供することができる。より具体的には、溶接速度が１ｍ／ｍｉｎを超えるような高速接合を行っても溶接割れの生じにくいアルミニウム合金溶加材、当該アルミニウム合金溶加材を用いて製造されるアルミニウム合金製溶接構造体及び当該アルミニウム合金溶加材を用いたアルミニウム材の溶接方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

【図１】本発明のアルミニウム合金製溶接構造体の一態様における溶接部近傍の概略断面図である。

【図２】溶接部４の微細組織の模式図である。
【図３】バレストレイン試験用治具の外観写真である。
【図４】バレストレイン試験の模式図である。
【図５】実施例で得られた溶接ビードの外観写真である。
【図６】実施例２の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接ビードの縦断面写真である。
【図７】図６における溶接部頂点の拡大写真である。
【図８】実施例３の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接ビードの微細組織である。
【図９】実施例２の組成を有するアルミニウム合金製溶接線を用いてひずみのない状態で得られた溶接ビードの縦断面写真である。
【図１０】図９における溶接部頂点の拡大写真である。
【図１１】比較例で得られた溶接ビードの外観写真である。
【図１２】比較例１の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接ビードの微細組織である。
【図１３】比較例１の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接ビードの縦断面写真である。
【図１４】図１３における溶接部頂点の拡大写真である。
【発明を実施するための形態】
【００２８】
以下、図面を参照しながら本発明のアルミニウム合金溶加材、アルミニウム合金製溶接構造体及びアルミニウム材の溶接方法についての代表的な実施形態について詳細に説明するが、本発明はこれらのみに限定されるものではない。なお、以下の説明では、同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する場合がある。また、図面は、本発明を概念的に説明するためのものであるから、表された各構成要素の寸法やそれらの比は実際のものとは異なる場合もある。
【００２９】
１．アルミニウム合金溶加材
本発明のアルミニウム合金溶加材は、溶融アルミニウムの表面張力を低下させる界面活性元素を含むアルミニウムからなり、当該界面活性元素がＣａ、Ｓｒ及びＢａのうちの少なくともいずれか一種であり、界面活性元素の含有量が０．０５～０．５０質量％であること、を特徴とする高速接合用アルミニウム合金溶加材である。また、当該高速溶接用アルミニウム合金溶加材は、ハイブリッドレーザー溶接用アルミニウム合金溶加材として好適に用いることができる。以下、各成分について詳細に説明する。
【００３０】
（１）必須の添加元素（界面活性元素）
Ｓｒ：０．０５～０．５０質量％
Ｓｒを０．０５～０．５０質量％含有させることで、溶接速度が１ｍ／ｍｉｎを超えるような高速接合における溶接割れを効率的に抑制することができる。また、溶接割れをより効率的に抑制する観点から、Ｓｒの含有量は０．１５質量％以上とすることが好ましい。
【００３１】
また、Ｓｒは高価であることに加えて、多量に添加すると粗大な化合物を形成する可能性がある。加えて、Ｓｒを多量に添加すると、高速での溶接時に空気を巻き込みやすく、ブローホールが形成しやすくなる。これらの観点からは、Ｓｒの含有量は０．３０質量％以下とすることが好ましく、０．２０質量％以下とすることがより好ましい。
【００３２】
Ｃａ：０．０５～０．５０質量％
Ｃａを含有させることで、溶融アルミニウムの表面張力の低下に起因して濡れ性が向上し、高速接合における溶接割れを抑制することができる。また、Ｃａの添加により共晶Ｓｉ組織が微細化され、主に伸びに寄与する。一方で、過度に含有させると晶出物が粗大化

し靭性に悪影響を及ぼす。
【００３３】
Ｂａ：０．０５～０．５０質量％
Ｂａを含有させることで、溶融アルミニウムの表面張力の低下に起因して濡れ性が向上し、高速接合における溶接割れを抑制することができる。また、Ｃａと比較するとその効果は小さいが、過度に含有させると晶出物が粗大化し靭性に悪影響を及ぼす。
【００３４】
ここで、Ｃａ、Ｓｒ及びＢａのうちから２種類以上を同時に添加する場合は、添加元素の合計の含有量を０．０５～０．５０質量％とすることで、高速接合時の溶接割れを抑制すると共に、粗大な化合物やブローホールの形成を抑制することができる。
【００３５】
（２）任意の添加元素
界面活性元素であるＣａ、Ｓｒ及びＢａ以外は、本発明の効果を損なわない限りにおいて特に限定されず、従来公知の種々のアルミニウム溶加材の組成とすることができる。例えば、４０００系溶加材、５０００系溶加材及び６０００系溶加材の組成に、上述の界面活性元素を添加した組成とすることができる。
【００３６】
ここで、融点や溶融金属の流動性を考慮すると、４０００系溶加材の組成を用いることが好ましい。また、適量のＳｉを含有することが好ましい。
【００３７】
Ｓｉ：４～１３質量％
Ｓｉの含有量を４質量％以上とすることで、融点が十分に低下することに加え、接合時における溶融アルミニウムの流動性を担保することができる。また、Ｓｉの含有量を１３質量％以下とすることで、破壊の起点となる晶出物の形成に起因する接合部の伸びの低下を抑制することができる。
【００３８】
本発明のアルミニウム合金製溶加材の具体的な形態は、本発明の効果を損なわない限りにおいて特に限定されず、従来公知の種々の溶加材の形態とすることができる。例えば、棒状、連続したワイヤ状、粉末状及び粒状等とすることができる。
【００３９】
２．アルミニウム合金製溶接構造体
本発明のアルミニウム合金製溶接構造体は、溶接部のＳｒ含有量が０．０３質量％以上であることを特徴とするアルミニウム合金製溶接構造体である。本発明のアルミニウム合金製溶接構造体の一態様における溶接部近傍の概略断面図を図１に示す。
【００４０】
図１は溶接線に対して垂直な横断面を示しており、アルミニウム合金製構造体１は、アルミニウム合金材２同士が溶接部４によって接合された構造となっている。溶接部４のＳｒ含有量が０．０３質量％以上となっている。溶接部４のＳｒ含有量は０．０５質量％以上であることが好ましく、０．１０質量％以上であることがより好ましい。溶接部４のＳｒ含有量を測定する方法は特に限定されず、従来公知の種々の測定方法を用いることができる。例えば、溶接断面積から求めた希釈率により算出すること或いはＳＥＭ－ＥＤＳ測定、ＥＰＭＡ測定及び発光分光分析等を用いることができる。
【００４１】
溶接部４のＳｒ以外の組成は本発明の効果を損なわない限りにおいて特に限定されず、従来公知の種々のアルミニウム溶加材の組成とすることができる。例えば、４０００系溶加材、５０００系溶加材及び６０００系溶加材の組成に、０．０３質量％以上のＳｒを添加した組成とすることができる。
【００４２】
溶接部４の形状及び大きさは、本発明の効果を損なわない限りにおいて特に限定されず、アルミニウム合金材２の形状及び大きさや、所望の接合部特性に応じて適宜調整すれば

よい。溶接部４は被接合界面の全域に形成されることが好ましいが、継手の機械的性質に対する要求が高くない場合は部分的に形成されていてもよい。

【００４３】

図１における溶接部４の微細組織を模式的に図２に示す。未溶融のアルミニウム合金材２との境界から凝固方向に柱状晶からなる組織が形成され、凝固の進行に伴って等軸状の結晶粒からなる組織が形成される。ここで、溶接部４の表面近傍（最終凝固側）に形成される等軸粒の平均粒径が１５０μｍ以下であることが好ましい。溶接部４に微細等軸粒からなる組織を形成させることで、溶接部４に良好な機械的性質（強度、延性及び信頼性等）を付与することができる。

【００４４】

溶接部４の表面近傍に形成した等軸粒の平均粒径を求める方法は特に限定されないが、例えば、溶接部４を含む断面写真を用いた交点法によって求めることができる。具体的には、断面写真に任意の長さの直線を引き、結晶粒と当該直線との交点をカウントした後、直線の長さを交点の数で割った値を平均粒径とすることができる。この場合、交点の数が１００以上となるように直線を引くことが好ましい。

【００４５】

アルミニウム合金材２の組成、サイズ及び形状は、本発明の効果を損なわない限りにおいて特に限定されず、従来公知の種々の組成、サイズ及び形状を有するアルミニウム合金材を用いることができる。

【００４６】

アルミニウム合金製構造体１は、アルミニウム合金材２同士が溶接部４によって接合された構造を有していればよく、アルミニウム合金以外の材質からなる領域を有していてもよい。例えば、アルミニウム合金材２と鋼材、マグネシウム合金材及びチタン合金材等が接合されていてもよい。

【００４７】

３．アルミニウム材の溶接方法（アルミニウム合金製溶接構造体の製造方法）

本発明のアルミニウム材の溶接方法について、アルミニウム合金製構造体１を製造する場合を例として説明する。アルミニウム合金製構造体１は、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いてアルミニウム合金材２同士を溶接することで、容易に製造することができる。溶接方法は本発明の効果を損なわない限りにおいて特に限定されず、従来公知の溶接方法を用いることができる。

【００４８】

本発明のアルミニウム材の溶接方法は、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いてハイブリッドレーザー溶接を行うことを特徴としている。本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いることで、溶接速度を速くした場合であっても、溶接割れを抑制することができる。

【００４９】

溶接には、ハイブリッドレーザー溶接を用いることが好ましい。ハイブリッドレーザー溶接を用いることで、溶接の安定性向上、欠陥形成の抑制、接合速度の増加及び溶け込み深さの増加等を実現することができる。また、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いていることから、接合速度を増加させても溶接割れを抑制することができ、ハイブリッドレーザー溶接のメリットを十分に享受することができる。

【００５０】

また、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いることに加えて、溶接速度を１１ｍ／ｍｉｎ以上とすることで、溶接部４の組織を微細化することができる。また、溶接速度を５ｍ／ｍｉｎ以上とすることで、溶接部４の表面近傍に形成する等軸粒の平均粒径を１５０μｍ以下とすることができる。

【００５１】

溶接速度を５ｍ／ｍｉｎ以上とした場合、溶接部４の溶接割れを抑制することが困難となるが、本発明の高速接合用アルミニウム合金溶加材を用いてハイブリッドレーザー接合

を行うことで、極めて効率的に良好な溶接部４を形成させることができる。

【００５２】

以上、本発明の代表的な実施形態について説明したが、本発明はこれらのみに限定されるものではなく、種々の設計変更が可能であり、それら設計変更は全て本発明の技術的範囲に含まれる。

【実施例】

【００５３】

≪実施例≫

ＪＩＳ　Ｚ　３６０４に規定されている４０４３溶加材をベースに、Ｓｒを添加して表１に示す組成（質量%）の直径１．２mmのアルミニウム合金製溶接線（溶加材）を得た。また、当該アルミニウム合金製溶接線を用いて、ハイブリッドレーザー溶接によりＪＩＳ－６０６３アルミニウム合金の板材に対してビードオンで溶接を行った。ハイブリッドレーザー溶接にはフローニアス社製のハイブリッドレーザー溶接機を用い、ＪＩＳ－６０６３アルミニウム合金の板厚は３mmとした。また、ハイブリッドレーザー溶接には表２に示す溶接条件を使用した。

【００５４】

【表１】

	Si	Fe	Ti	Sr	Al
実施例1	5.3	0.17	<0.01	0.06	Bal.
実施例2	5.3	0.18	<0.01	0.16	Bal.
実施例3	5.4	0.17	<0.01	0.32	Bal.
比較例1	5.3	0.17	<0.01	<0.001	Bal
比較例2	5.3	0.17	<0.01	0.03	Bal

【００５５】

【表２】

アーク			レーザー		
設定電流（A）	アーク長補正（%）	電流モード	出力（W）	前進角（deg）	溶接速度（m/min）
160	-5	パルス	2500	10	5

【００５６】

ここで、溶接割れに対するアルミニウム合金製溶接線の特性を評価するために、図３に示す試験治具を用いてバレストレイン試験による溶接を行った。バレストレイン試験の模式図を図４に示すが、被接合材に外部応力を印加した状態で溶接を行うものであり、溶接部に印加される引張応力によって溶接割れが促進されることになる。バレストレイン試験における曲げ半径は７００mmとした。

【００５７】

ハイブリッドレーザー溶接によって形成した溶接ビードの外観写真を図５に示す。バレストレイン試験によって溶接ビードの表面に溶接方向に沿った溶接割れが発生しており、カラーチェックによって当該溶接割れの長さを測定した。

【００５８】

測定によって得られた溶接割れの長さを、溶接長さ１００mmあたりに対する割れ長さの割合（割れ率）として、表３に示す。アルミニウム合金製溶接線のＳｒ量の増加に伴って、割れ率が低下していることが分かる。また、溶接断面積から求めた希釈率によって溶接ビードの中心部のＳｒ量を算出した、得られた結果を表３に示す。実施例２及び実施例３の組成を有するアルミニウム合金製溶接線を用いた場合、溶接部のＳｒ含有量が０．０３質量%以上となっていることが分かる。

【００５９】

【表３】

	割れ率 (%)	Sr量 (wt%)
実施例1	67.2	0.012
実施例2	47.8	0.032
実施例3	28.4	0.064
比較例1	84.2	0.000
比較例2	83.5	0.006

【００６０】
実施例２の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接ビードの断面写真を図６に示す。また、図６における溶接部頂点の拡大写真を図７に示す。溶接部頂点に僅かに亀裂が発生しているが、バレストレイン試験においても亀裂の拡大や伝播が抑制されていることが分かる。
【００６１】
実施例３の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接ビードの微細組織（光学顕微鏡写真）を図８に示す。図８に示しているのは、溶接ビード幅の中心における当該溶接ビードの長手方向に平行な縦断面の観察結果である。未溶融のアルミニウム合金板の表面に溶接部（溶接ビード）が形成されており、アルミニウム合金板と溶接部の境界近傍は柱状晶からなる組織が形成され、溶接部の表面近傍は等軸粒からなる組織が形成されていることが分かる。
【００６２】
図８に示す組織写真を用いて交点法で接合部表面近傍における等軸粒の平均粒径を算出したところ、１３９μｍであった。より具体的には、１０ｍｍの線を２本引き（図８に示す）、結晶粒との交点をカウントして「線の長さ（２０ｍｍ）／交点の数」で算出した。
【００６３】
また、実施例２の組成を有するアルミニウム製溶接線を用い、ＪＩＳ－６０６３アルミニウム合金板にひずみを与えない状態で溶接を行ったところ（溶接条件は表２と同じ）、カラーチェックによって溶接ビードに溶接割れは認められなかった。当該溶接ビードの断面写真を図９に示す。また、図９における溶接部頂点の拡大写真を図１０に示すが、割れの発生は認められない。
【００６４】
≪比較例≫
アルミニウム合金製溶接線（溶加材）の組成を表１に示す比較例１及び比較例２としたこと以外は実施例と同様にして、バレストレイン試験による溶接を行った。得られた溶接ビードの外観写真を図１１に示す。
【００６５】
溶接ビードにおける割れ率及び溶接ビード中心部のＳｒ量を表３に示す。実施例で得られた溶接ビードと比較して、比較例で得られた溶接ビードには大量の溶接割れが発生していることが分かる。また、少量のＳｒを添加した場合（比較例２）は、Ｓｒを添加しない場合（比較例１）よりも割れ率が大きくなっている。当該結果は、Ｓｒの添加による溶接割れの抑制は、Ｓｒの添加量に大きく依存することを意味している。
【００６６】
比較例１の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接ビードの微細組織（光学顕微鏡写真）を図１２に示す。図１２に示しているのは、溶接ビード幅の中心における当該溶接ビードの長手方向に平行な縦断面の観察結果である。実施例で得られた溶接ビードと同様に、柱状晶からなる組織と等軸粒からなる組織が観察されるが、柱状晶からなる組織の割合が大きくなっている。
【００６７】
また、図１２に示す写真を用いて、実施例と同様にして接合部表面近傍における等軸粒

の平均粒径を算出したところ、１７４μｍであった。実施例３の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接部における等軸粒の平均粒径は１３９μｍであり、接合部表面近傍における等軸粒はＳｒの添加によって微細化されていることが分かる。

【００６８】

比較例１の組成を有するアルミニウム合金製溶接線で得られた溶接ビードの断面写真を図１３に示す。また、図１３における溶接部頂点の拡大写真を図１４に示すが、溶接部頂点に深い割れが形成されている。実施例２の組成を有するアルミニウム製溶接線を用いた場合の図９及び図１０では全く亀裂が認められないことから、本発明のアルミニウム合金溶加材を用いることで、高速接合においても極めて効果的に溶接割れを抑制できることが分かる。

【符号の説明】

【００６９】

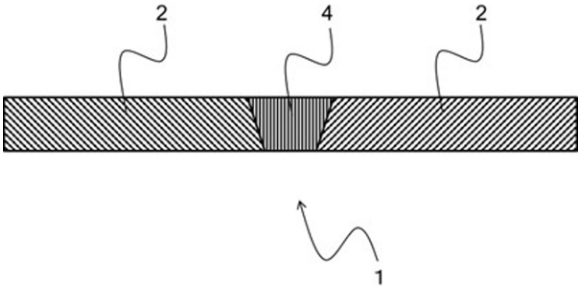
１・・・アルミニウム合金製構造体、

２・・・アルミニウム合金材、

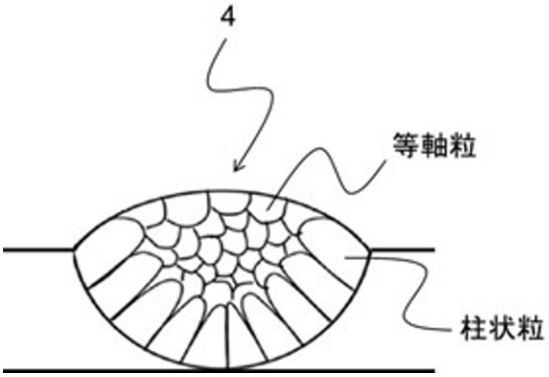
４・・・溶接部。

【図面】

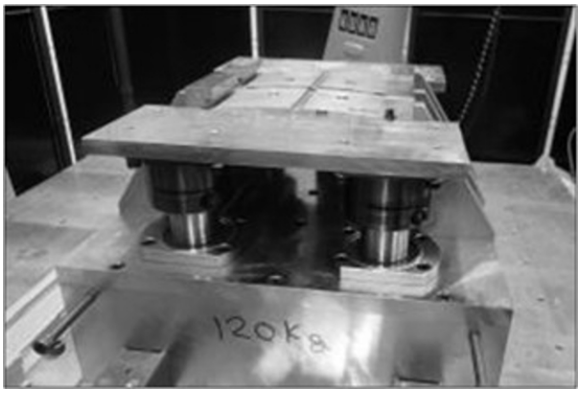
【図１】


2
4
2
1

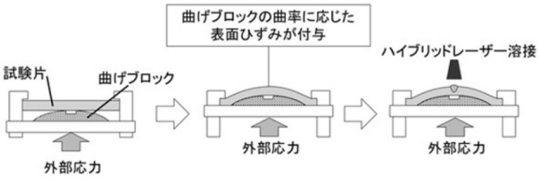
【図２】


4
等軸粒
柱状粒

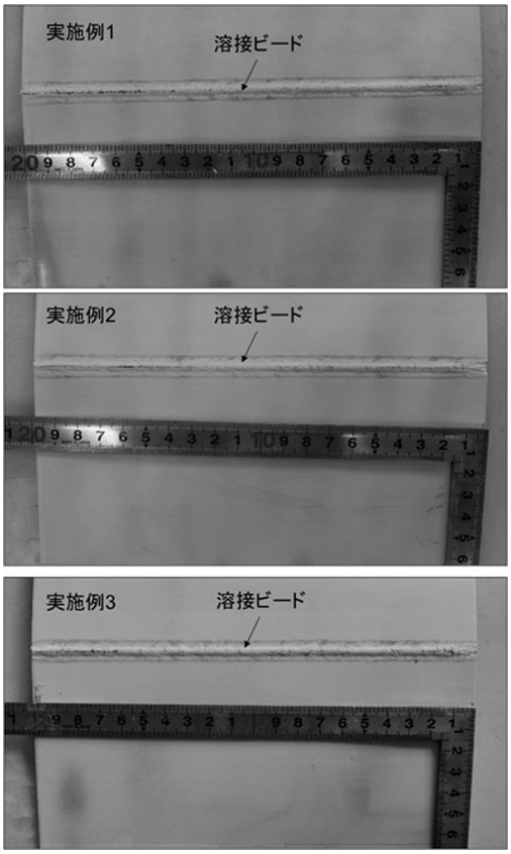
【図３】


120K8

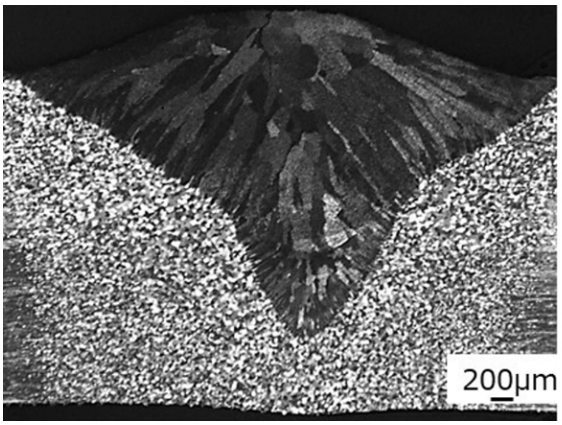
【図４】


曲げブロックの曲率に応じた
表面ひずみが付与
ハイブリッドレーザー溶接
試験片
曲げブロック
外部応力
外部応力
外部応力

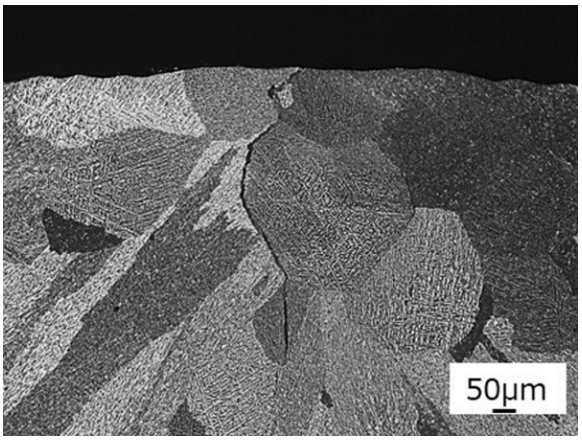
【図５】



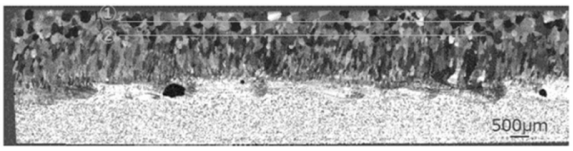
【図６】



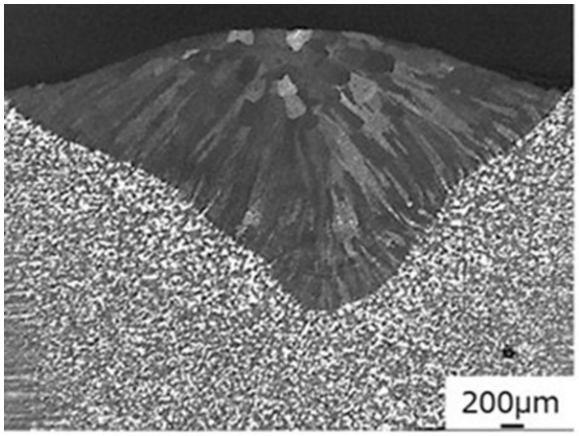
【図７】



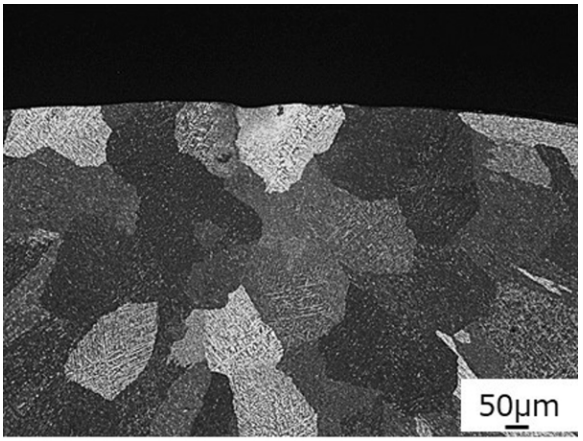
【図８】



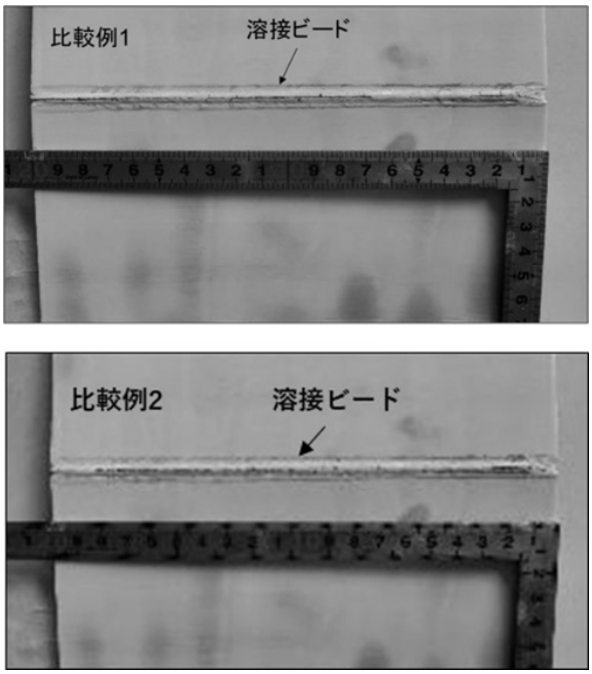
【図９】



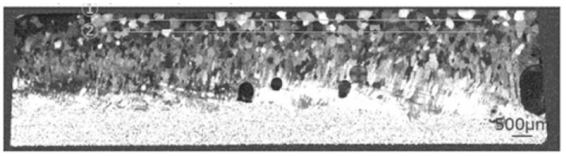
【図１０】



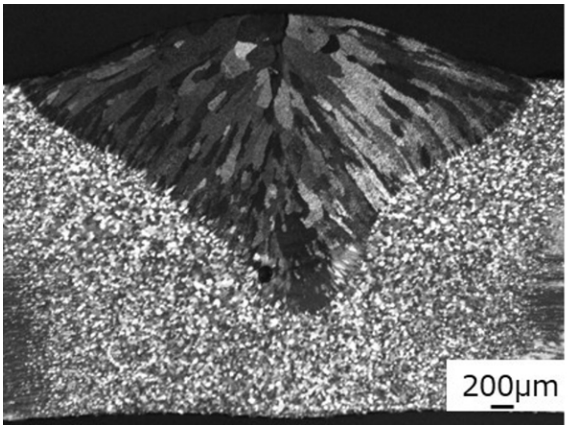
【図１１】



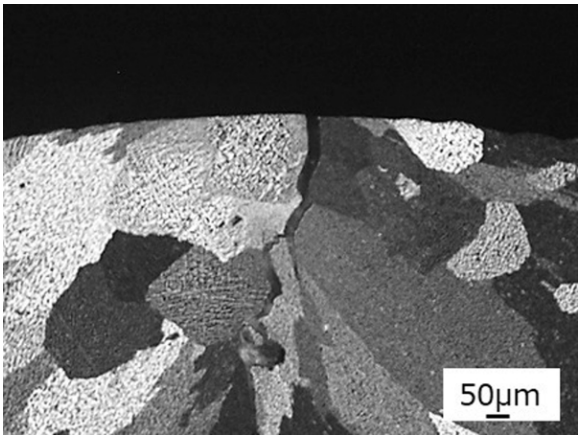
【図１２】



【図１３】



【図１４】



フロントページの続き

(51)国際特許分類		FI		
B23K 9/23 (2006.01)		B23K	9/23	F
C22C 21/02 (2006.01)		C22C	21/02	

号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内
(72)発明者 大和田 安志
静岡県静岡市清水区蒲原一丁目３４番１号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内

審査官 河口 展明

(56)参考文献 特開平０１－１４３７９２（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２０８２９６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－０９３３１３（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０４７７８８（ＪＰ，Ａ）
中国特許出願公開第１０７０８１５３６（ＣＮ，Ａ）
特開２０１９－１９８８９４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｋ ３５／２８
Ｃ２２Ｃ ２１／００－２１／１８
Ｂ２３Ｋ ２６／００－２６／５７
Ｂ２３Ｋ ９／００－９／３２