

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-523714

(P2016-523714A)

(43) 公表日 平成28年8月12日(2016.8.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 K 35/30 (2006.01)	B 2 3 K 35/30	3 2 0 F 4 E 0 0 1
B 2 3 K 9/23 (2006.01)	B 2 3 K 9/23	A

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2016-512964 (P2016-512964) (86) (22) 出願日 平成26年5月2日 (2014.5.2) (85) 翻訳文提出日 平成27年10月16日 (2015.10.16) (86) 国際出願番号 PCT/US2014/036507 (87) 国際公開番号 W02014/182552 (87) 国際公開日 平成26年11月13日 (2014.11.13) (31) 優先権主張番号 61/821,064 (32) 優先日 平成25年5月8日 (2013.5.8) (33) 優先権主張国 米国 (US) (31) 優先権主張番号 14/265,750 (32) 優先日 平成26年4月30日 (2014.4.30) (33) 優先権主張国 米国 (US)	(71) 出願人 303055822 ホバート ブラザーズ カンパニー アメリカ合衆国 オハイオ州 4 5 3 7 3 トロイ トレード スクエア イースト 4 0 0 (74) 代理人 100099759 弁理士 青木 篤 (74) 代理人 100077517 弁理士 石田 敬 (74) 代理人 100087413 弁理士 古賀 哲次 (74) 代理人 100108903 弁理士 中村 和広 (74) 代理人 100122404 弁理士 勝又 秀夫 最終頁に続く
---	---

(54) 【発明の名称】 低マンガンを溶接合金のためのシステム及び方法

(57) 【要約】

本開示は概して、溶接合金に、より具体的にはガスメタルアーク溶接 (GMAW)、ガスタングステンアーク溶接 (GTAW)、シールドメタルアーク溶接 (SMAW) 及びフラックスコアアーク溶接 (FCAW) 等の溶接用の溶接消耗物 (例えば、溶接ワイヤ及びロッド) に関するものである。一実施形態では、溶接合金は、およそ 1 wt % 未満のマンガンと、ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素及びホウ素からなる群から選択される 1 つ又は複数の補強剤とを含む。さらに、溶接合金の炭素当量 (CE) 値は、伊藤 - 別所炭素当量式に従っておよそ 0.23 未満である。溶接合金は、ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム及びホウ素からなる群から選択される 1 つ又は複数の粒子制御剤も含み、溶接合金はおよそ 0.6 wt % 未満の粒子制御剤を含む。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

溶接合金であって、

およそ 1 w t % 未満のマンガンと、

ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素及びホウ素からなる群から選択される 1 つ又は複数の補強剤であって、該溶接合金の炭素当量 (C E) が伊藤 - 別所炭素当量式に従っておよそ 0 . 2 3 未満である、補強剤と、

ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム及びホウ素からなる群から選択される 1 つ又は複数の粒子制御剤であって、該合金のおよそ 0 . 6 w t % 未満を占める、粒子制御剤と、

を含む、溶接合金。

10

【請求項 2】

およそ 0 . 9 w t % 未満のマンガンを含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 3】

およそ 0 . 2 w t % ~ およそ 0 . 5 w t % のマンガンを含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 4】

およそ 0 . 3 w t % ~ およそ 0 . 4 w t % のマンガンを含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 5】

前記 1 つ又は複数の補強剤がニッケルを含み、前記溶接合金がおよそ 5 w t % 未満のニッケルを含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

20

【請求項 6】

およそ 0 . 5 w t % ~ およそ 1 w t % のニッケルを含む、請求項 5 に記載の溶接合金。

【請求項 7】

前記 1 つ又は複数の補強剤が銅を含み、前記溶接合金がおよそ 0 . 0 0 1 w t % ~ およそ 2 w t % の銅を含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 8】

およそ 0 . 7 w t % 未満の銅を含む、請求項 7 に記載の溶接合金。

【請求項 9】

前記 1 つ又は複数の補強剤が炭素を含み、前記溶接合金がおよそ 0 . 1 2 w t % 未満の炭素を含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

30

【請求項 1 0】

およそ 0 . 0 7 w t % 未満の炭素を含む、請求項 9 に記載の溶接合金。

【請求項 1 1】

前記 1 つ又は複数の補強剤がクロムを含み、前記溶接合金がおよそ 0 . 8 w t % 未満のクロムを含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 1 2】

およそ 0 . 2 w t % 未満のクロムを含む、請求項 1 1 に記載の溶接合金。

【請求項 1 3】

前記 1 つ又は複数の粒子制御剤がチタンを含み、前記溶接合金がおよそ 0 . 2 w t % 未満のチタンを含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

40

【請求項 1 4】

およそ 0 . 0 4 w t % ~ およそ 0 . 1 6 w t % のチタンを含む、請求項 1 3 に記載の溶接合金。

【請求項 1 5】

前記 1 つ又は複数の粒子制御剤がジルコニウムを含み、前記溶接合金がおよそ 0 . 2 w t % 未満のジルコニウムを含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 1 6】

およそ 0 . 0 2 w t % ~ およそ 0 . 1 w t % のジルコニウムを含む、請求項 1 5 に記載

50

の溶接合金。

【請求項 17】

前記 1 つ又は複数の補強剤と前記 1 つ又は複数の粒子制御剤とがホウ素を含み、前記溶接合金がおよそ 0.001 wt % ~ およそ 0.01 wt % のホウ素を含む、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 18】

前記溶接合金の C E がおよそ 0.2 未満である、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 19】

前記溶接合金の C E がおよそ 0.07 ~ およそ 0.12 である、請求項 18 に記載の溶接合金。

【請求項 20】

前記 1 つ又は複数の粒子制御剤が前記合金のおよそ 0.002 wt % 超を占める、請求項 1 に記載の溶接合金。

【請求項 21】

溶接合金から溶接消耗物を形成することを含む方法であって、該溶接合金が、
およそ 1 wt % 未満のマンガンと、

ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素及びホウ素からなる群から選択される 1 つ又は複数の補強剤であって、前記合金の炭素当量 (C E) が伊藤 - 別所炭素当量式に従っておよそ 0.23 未満である、補強剤と、

ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム及びホウ素からなる群から選択される 1 つ又は複数の粒子制御剤であって、前記合金のおよそ 0.6 wt % 未満を占める、粒子制御剤と、

を含む、方法。

【請求項 22】

前記方法が目的とするマンガン含量に従って前記溶接合金を形成することを含み、該目的とするマンガン含量がおよそ 0.35 wt % のマンガンである、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

前記溶接消耗物を形成することが、前記溶接合金をシースへと成形し、該シースに粒状フラックスを充填することによりチューブ状の溶接ワイヤを形成することを含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 24】

前記粒状フラックスがマンガンを実質的に含まない、請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】

前記溶接消耗物を形成することが、前記溶接合金をソリッド溶接ワイヤへと成形することを含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 26】

前記ソリッド溶接ワイヤを好適な長さに切断することにより溶加棒を形成することを含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

前記ソリッド溶接ワイヤを好適な長さに切断し、該長さをコーティングで覆うことにより電極棒を形成することを含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 28】

前記コーティングがマンガンを実質的に含まない、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】

鋼ワーク上に形成される溶着物であって、

およそ 1 wt % 未満のマンガンと、

ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素及びホウ素からなる群から選択される 1 つ又は複数の補強剤であって、該溶着物の炭素当量 (C E) が伊藤 - 別所炭素当量式に従っておよそ 0.23 未満である、補強剤と、

10

20

30

40

50

ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム及びホウ素からなる群から選択される１つ又は複数の粒子制御剤であって、該溶着物のおよそ 0.6 wt % 未満を占める、粒子制御剤と、を含む、溶着物。

【請求項 30】

前記溶着物の引張強度がおよそ 70 ksi 以上である、請求項 29 に記載の溶着物。

【請求項 31】

前記溶着物の降伏強度がおよそ 58 ksi 以上である、請求項 29 に記載の溶着物。

【請求項 32】

伸び率によって測定される前記溶着物の延展性が少なくともおよそ 22 % である、請求項 29 に記載の溶着物。 10

【請求項 33】

前記溶着物のシャルピー V ノッチ靱性が - 20 ° F にておよそ 20 ft - l b s 以上である、請求項 29 に記載の溶着物。

【請求項 34】

前記鋼ワークが、軟鋼、炭素鋼、低合金鋼、又はそれらの組合せを含む構造用鋼ワークを含む、請求項 29 に記載の溶着物。

【請求項 35】

前記溶着物の CE が 0.2 未満である、請求項 29 に記載の溶着物。

【請求項 36】 20

前記 1 つ又は複数の粒子制御剤が、前記溶着物のおよそ 0.002 wt % 超を占める、請求項 29 に記載の溶着物。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

本出願は、2013 年 5 月 8 日付けで出願された「低マンガン溶接電極のためのシステム及び方法 (SYSTEMS AND METHODS FOR LOW-MANGANESE WELDING ELECTRODES)」と題される米国仮特許出願第 61 / 821, 064 号 (あらゆる目的から、引用することによりその全体が本明細書の一部をなす) の優先権を主張するものである。 30

【0002】

本開示は概して、溶接合金に、より具体的にはガスメタルアーク溶接 (GMAW)、ガスタングステンアーク溶接 (GTAW)、シールドメタルアーク溶接 (SMAW) 及びフラックスコアアーク溶接 (FCAW) 等の溶接用の溶接消耗物 (例えば、溶接ワイヤ及びロッド) に関するものである。

【背景技術】

【0003】

溶接は、多様な用途のために様々な産業に遍在するようになったプロセスである。例えば、溶接は多くの場合、造船、海上プラットフォーム、建設、パイプミル等の用途に用いられる。いくつかの溶接法 (例えば、ガスメタルアーク溶接 (GMAW)、ガスシールドフラックスコアアーク溶接 (FCAW - G)、セルフシールドフラックスコアアーク溶接 (FCAW - S)、及びサブマージアーク溶接 (SAW)) には通例、溶接ワイヤの形の溶接消耗物が用いられる。他の溶接法 (例えば、シールドメタルアーク溶接 (SMAW) 及びガスタングステンアーク溶接 (GTAW)) には、棒又はロッドの形の溶接消耗物を用いることができる。これらのタイプの溶接消耗物は一般に、溶加金属を供給することで、ワーク上に溶着物を形成することができる。 40

【発明の概要】

【0004】

一実施の形態では、溶接合金は、およそ 1 wt % 未満のマンガンと、ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素及びホウ素からなる群から選択 50

される１つ又は複数の補強剤とを含む。さらに、溶接合金の炭素当量（ＣＥ）値は、伊藤 - 別所炭素当量式に従っておよそ 0.23 未満である。溶接合金は、ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム及びホウ素からなる群から選択される１つ又は複数の粒子制御剤も含み、溶接合金はおよそ 0.6 wt % 未満の粒子制御剤を含む。

【 0 0 0 5 】

別の実施の形態では、方法は溶接合金から溶接消耗物を形成することを含み、溶接合金が、およそ 1 wt % 未満のマンガンと、ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素及びホウ素からなる群から選択される１つ又は複数の補強剤とを含む。さらに、溶接合金の炭素当量（ＣＥ）値は、伊藤 - 別所炭素当量式に従っておよそ 0.23 未満である。溶接合金は、ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム及びホウ素からなる群から選択される１つ又は複数の粒子制御剤も含み、溶接合金はおよそ 0.6 wt % 未満の粒子制御剤を含む。

【 0 0 0 6 】

別の実施の形態では、鋼ワーク上に形成される溶着物はおおよそ 1 wt % 未満のマンガンと、ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素及びホウ素からなる群から選択される１つ又は複数の補強剤とを含む。さらに、溶着物の炭素当量（ＣＥ）値は、伊藤 - 別所炭素当量式に従っておよそ 0.23 未満である。溶着物は、ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム及びホウ素からなる群から選択される１つ又は複数の粒子制御剤も含み、溶着物はおおよそ 0.6 wt % 未満の粒子制御剤を含む。

【 0 0 0 7 】

本発明のこれらの特徴、態様及び利点並びに他の特徴、態様及び利点は、同様の符号が図全体を通して同様の部品を表す添付の図面を参照しながら以下の詳細な記載を読めば、よりよく理解されることであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図 1 】本開示の実施形態に従ったガスメタルアーク溶接（ＧＭＡＷ）システムのブロック図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 0 9 】

本開示の１つ又は複数の具体的な実施形態を以下に説明する。これらの実施形態の簡潔な説明を提示するために、実際の実施のあらゆる特徴を本明細書中で説明することはできない。当然のことながら、何らかの技術計画又は設計計画のような、任意のかかる実際の実施の発展において、開発者の特定の目的、例えばシステム関連及び事業関連の制約の順守を実現するために、実施時には多数の固有の判断を行わなければならない、これらの判断は一実施毎に異なる可能性がある。その上、当然のことながら、このような開発努力は、複雑かつ時間を要するにもかかわらず、本開示の利益を有する熟練者にとっては、設計、製作及び製造のルーチンの取組みであると考えられる。

【 0 0 1 0 】

本開示の様々な実施形態の要素を採用する際、数量を特定していない冠詞（the articles "a," "an," "the," and "said"）は、要素の１つ又は複数が存在することを意味するように意図されるものである。「構成する」、「含む」及び「有する」（"comprising," "including," and "having"）という用語は、包括的なものであり、また列挙した要素以て、本明細書中で使用する場合、「チューブ状の溶接電極」又は「チューブ状の溶接ワイヤ」という用語は、金属シースと粒状コア又は粉末状コアとを有する何らかの溶接ワイヤ又は溶接電極、例えば、メタルコアの又はフラックスコアの溶接電極を指し得るものである。本明細書中で使用する場合、「チューブ状」という用語は、円形、楕円形、矩形、多角形、又は任意の他の好適な形状を含む様々な形状の溶接ワイヤを含むことができると理解される。特定成分に関する「実質的に含まない（substantially free from/of）」という語句は、特定成分が微量濃度でしか存在していないか（例えば、およそ 0.01 % 未満、およそ 0.001 % 未満、又はおよそ 0.0001 % 未満）、又は全く存在していな

い（例えば、0 w t % 又は検出限度未満）ことを表すことができると理解される。

【0011】

本実施形態は溶接用途に使用される合金（例えば、溶接消耗物）に関するものである。例えば、本開示の溶接合金は、いくつかの実施形態において、ソリッド溶接ワイヤ（例えば、GMAW用途又はSAW用途に用いられるもの）の形にすることができる。いくつかの実施形態では、開示の溶接合金をワイヤの形にし、或る長さに切断した後、フラックスで覆うことで、電極棒（例えば、SMAW用途のもの）を形成することができる。他の実施形態では、本開示の合金をチューブ状の溶接ワイヤのシースの形にし、シースに粒状コア材料を充填することで、フラックスコア溶接ワイヤ又はメタルコア溶接ワイヤ（例えば、FCAW-G用途又はFCAW-S用途のもの）を得ることができる。いくつかの実施形態では、開示の溶接合金をワイヤの形にし、ガスタングステンアーク溶接（GTAW）用途に使用されるロッドの長さに切断することができる。このようにして本開示の合金は多くの溶接消耗物の作製に有用なものとすることができると理解され得る。

10

【0012】

特に本開示の溶接合金はマンガン含量が低い。より具体的には、開示の溶接合金の実施形態は、およそ2 w t % 未満のマンガン、例えばおよそ1.5 w t % 未満のマンガン、およそ1 w t % 未満のマンガン、およそ0.9 w t % 未満のマンガンを含むか、又は更には微量のマンガン含量しか含まない。したがって、以下で詳細に記載のように、開示の溶接合金により、他の溶接消耗物よりもマンガン含量がおよそ5 % ~ およそ95 % 少ない溶接消耗物（例えば、溶接ワイヤ及びロッド）の作製が可能となり、これらの溶接消耗物により、低マンガン溶着物及び低マンガン溶接ヒュームの作製が可能となる。さらに、本開示の溶接合金は、構造用鋼（例えば、軟鋼、低合金鋼、炭素鋼、又は他の好適な構造用鋼）及び非構造用鋼（例えば、クロム-モリブデン鋼）の溶接に有用である。本開示の溶接合金は、マンガン含量が実質的により高い溶接消耗物を用いて形成された溶着物の特性に匹敵する又は溶着物の特性を上回る溶着物の特性（例えば、引張強度、降伏強度等）をもたらす。例えば、本実施形態により、溶着物が低マンガン含量であるにも関わらず、好適な引張強度（例えば、少なくとも70キロボンド/平方インチ（ksi））及び好適な靱性（例えば、-20 ° F にて少なくとも20 ft-lb のシャルピーVノッチ（CVN）靱性）をもたらすマンガン含量がおよそ2 w t % 未満である溶着物の形成が可能となる。

20

【0013】

さらに、本開示の溶接合金はいくつかの様々なタイプの溶接消耗物（例えば、溶加棒、電極棒、フラックスコアワイヤ、メタルコアワイヤ、又は固体電極）の作製に使用することができるが、いくつかの本実施形態はソリッド溶接ワイヤの形成に特に適している。一般にソリッド溶接ワイヤはフラックスコア溶接ワイヤよりも少ない溶接ヒュームを生じ、概してスラグがほとんど又は全くない清浄な溶着物が得られることが理解され得る。これに対して、フラックスコア溶接ワイヤは概してスラグ層を含む溶着物を形成し、このスラグ層は通例、溶接操作が完了した後に除去される。しかしながら、フラックスコア溶接ワイヤにより形成されるスラグ層の除去には、溶接後により多くのオペレータ時間が費やされる場合があるが、いくつかの実施形態では、このスラグ層は溶接中に溶接プールから不要な元素を除去するか又は不要な元素の濃度を低減するのに有利に働き、これにより得られる溶着物の化学的性質のより大きな制御をもたらすことができる。

30

40

【0014】

以下に提示されるように、これらの溶着物の特性は、低マンガン含量にも関わらず1つ又は複数の補強剤（例えば、ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素、及び/又はホウ素）と、1つ又は複数の粒子制御剤（例えば、ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム、及び/又はホウ素）とを溶接合金に含ませることにより達成される。換言すると、1つ若しくは複数の補強剤及び/又は1つ若しくは複数の粒子制御剤の添加により、低マンガンレベルにも関わらず、鋼ワーク（例えば、構造用鋼ワーク）を溶接する際に満足いく溶着物の特性を達成することが可能となると考えられる。さらにいくつかの実施形態では、1つ又は複数の粒子制御剤（例えば、ニオブ、タンタ

50

ル、チタン、ジルコニウム、及び／又はホウ素）を溶接合金に含ませることが、相対的に低いマンガンレベルにも関わらず、鋼ワーク（例えば、構造物用鋼ワーク）を溶接する際に溶着物の満足のいく機械的特性（例えば、靱性、引張強度等）を達成することができるように、より低いマンガンレベルに対して相補的にも働くと考えられる。さらに以下に詳細に述べられるように、成分（例えば、１つ又は複数の補強剤）は、溶接合金の炭素当量値（ＣＥ）が概しておよそ０．２３未満（例えば、およそ０．０７～およそ０．１２）となるように好適な相対濃度にて溶接合金中に存在する。

【００１５】

溶接システム

図面を参照すると、図１は、本開示による溶接合金から製造された溶接電極（例えば、溶接ワイヤ又は溶接棒若しくはロッド）を用いるガスメタルアーク溶接（ＧＭＡＷ）システム１０の一実施形態を示すものである。本記述は特に図１に示されるＧＭＡＷシステム１０に着目したものであるが、本開示の溶接合金は、溶接ワイヤ又はロッド等の溶接消耗物を使用する多くの様々な溶接プロセス（例えば、ＦＣＡＷ－Ｓ、ＦＣＡＷ－Ｇ、ＧＴＡＷ、ＳＡＷ、又は同様の溶接プロセス）に有益であり得ると理解される。溶接システム１０は、溶接電源１２と、溶接ワイヤフィーダー１４と、ガス供給システム１６と、溶接トーチ１８とを備える。溶接電源１２は概して、溶接システム１０に給電し、ケーブル束２０を介して溶接ワイヤフィーダー１４に接続することができる。また溶接電源１２は、クランプ２６を有するリードケーブル２４を用いてワーク２２にも接続することができる。図示の実施形態では、溶接ワイヤフィーダー１４は、溶接システム１０の動作時に消耗溶接ワイヤ（例えば溶接電極）を供給するとともに溶接トーチ１８に給電するために、ケーブル束２８を介して溶接トーチ１８に接続される。別の実施形態では、溶接電源１２は、溶接トーチ１８と接続して溶接トーチ１８に直接給電することができる。

【００１６】

溶接電源１２は一般的に、電力変換回路を有することができ、電力変換回路は、交流電源３０（例えば、ＡＣ電力グリッド、エンジン／発電機セット、又はそれらの組合せ）から入力電力を受け取り、その入力電力を調節し、ケーブル束２０を介してＤＣ出力電力又はＡＣ出力電力を供給する。例えばいくつかの実施形態では、電源３０は定電圧（ＣＶ）電源３０とすることができる。溶接電源１２は、溶接ワイヤフィーダー１４に給電することができ、この溶接ワイヤフィーダー１４がさらに、溶接システム１０の要求に従って溶接トーチ１８に給電する。クランプ２６において終端するリードケーブル２４は、溶接電源１２をワーク２２に接続して、溶接電源１２と、ワーク２２と、溶接トーチ１８との間での回路を閉じる。溶接電源１２は、溶接システム１０の要求による指定に応じて、ＡＣ入力電力を直流棒プラス（ＤＣＥＰ）出力、直流棒マイナス（ＤＣＥＮ）出力、ＤＣ可変極性、パルスＤＣ又は可変平衡（例えば、平衡又は不平衡）ＡＣ出力に変換することが可能な回路素子（例えば、変圧器、整流器、スイッチ等）を有することができる。本開示の溶接電極（例えば、チューブ状の溶接ワイヤ）は、多数の異なる電力構成のために溶接プロセスに対する改善（例えば、アーク安定性の改善及び／又は溶接品質の改善）を可能にすることができることが理解されるべきである。

【００１７】

図示の溶接システム１０は、ガス供給システム１６を有し、このガス供給システム１６が、シールドガス又はシールドガス混合物を１つ又は複数のシールドガス源１７から溶接トーチ１８に供給する。シールドガスとは、本明細書で用いる場合、（例えば、アークを遮断し、アーク安定性を向上させ、金属酸化物の形成を制限し、金属表面の湿潤を高め、溶着物の化学的性質を変える等のために）特定の局所的な雰囲気を提供するために、アーク及び／又は溶接プールに供給することができる任意のガス又はガスの混合物（例えば、不活性ガス又は活性ガス）を指し得る。図示の実施形態では、ガス供給システム１６は、ガス導管３２を介して溶接トーチ１８に直接接続されている。別の実施形態では、ガス供給システム１６は代わりにワイヤフィーダー１４に接続することができ、ワイヤフィーダー１４は、ガス供給システム１６から溶接トーチ１８へのガスの流れを調整することがで

きる。外部から供給されるシールドガスに依存することのないいくつかのFCAW-S、SMAW及びSAWシステム等の他の実施形態では、溶接システム10はガス供給システム16を備えていなくてもよい。このような実施形態では、溶接電極は、溶接操作中にワーク22の表面付近において少なくとも一部分解することで、局所的なシールド雰囲気をもたらすフラックス（例えば、フラックスコア又はフラックスコーティング）を含むことができる。

【0018】

いくつかの実施形態では、シールドガス流はシールドガス又はシールドガスの混合物（例えば、アルゴン（Ar）、ヘリウム（He）、二酸化炭素（CO₂）、酸素（O₂）、窒素（N₂）、水素（H₂）、類似の好適なシールドガス、又はそれらの任意の混合物）とすることができる。例えば、シールドガス流（例えば、ガス導管32を介して送達される）は、Ar、CO₂、Ar/CO₂混合物（例えば、75%のAr及び25%のCO₂、90%のAr及び10%のCO₂、95%のAr及び5%のCO₂等）、Ar/CO₂/O₂混合物、Ar/He混合物等を含むことができる。さらに、以下に詳細に記載されるように、いくつかのシールドガス（例えば、90%のAr/10%のCO₂等のいくつかのAr/CO₂混合物）は溶接操作中に発生し得る溶接ヒュームの総量を低減することができることが理解され得る。例えばいくつかの実施形態では、シールドガス流はおよそ0%~100%のCO₂を含むことができ、シールドガス流の残りはアルゴン、ヘリウム又は別の好適なガスである。いくつかの実施形態では、3種以上のガス（例えば、三種混合物）を含むシールドガス流も本発明において企図される。さらにいくつかの実施形態では、シールドガス混合物は、およそ35毎時立方フィート（cfh）~およそ55cfh（例えば、およそ40cfh）の速度でアークに供給することができる。

【0019】

したがって、図示の溶接トーチ18は概して、ワーク22のGMAWを行うために、溶接ワイヤフィーダー14から溶接ワイヤ、溶接電源12から電力、及びガス供給システム16からシールドガス流を受け取る。いくつかの実施形態では、溶接ワイヤフィーダー14を定速溶接ワイヤフィーダー14とすることができる。操作時、アーク34が消耗溶接電極（すなわち、溶接トーチ18のコンタクトチップから出ている溶接ワイヤ）とワーク22との間に形成され得るように溶接トーチ18をワーク22近くに運ぶことができる。さらに、下述のように、溶接ワイヤの組成を調整することによって、得られる溶接部の化学的特性及び機械的特性を変えることができる。例えばいくつかの実施形態では、溶接ワイヤは、溶接プールに種をもたらす合金成分（例えば、ニッケル、モリブデン、ケイ素、炭素、又は他の好適な合金成分）を含むことができ、この合金成分は溶接部の機械的特性（例えば、強度及び靱性）に影響を与える。さらに、溶接ワイヤの成分のいくつかはアーク近くに更なるシールド雰囲気を提供し、アークの移行特性に影響を及ぼし、ワークの表面を清浄にするといったこともできる。

【0020】

溶接合金組成物

以下で詳細に述べられるように、本開示の溶接合金は多くの成分を含むことができる。これらの成分を様々なカテゴリー（例えば、合金剤、補強剤、粒子制御剤、脱酸素剤等）にグループ分けすることができるが、いくつかの成分は溶接プロセス中において複合的役割を果たすことができると理解される。そのため、特定の役割を果たす特定成分の本明細書中の開示はその成分が溶接プロセス中において他の役割を果たす又は他の機能を果たすことを排除するものではないと理解され得る。例えば以下に記載のように、いくつかの実施形態では、開示の溶接合金は、好適な機械的特性（例えば、構造用鋼用途に好適な引張強度及び靱性）を有する溶着物を作製するために補強剤（すなわち、ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素、ホウ素、又はそれらの組合せ）及び/又は粒子制御剤（すなわち、ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム、ホウ素、又はそれらの組合せ）を含むことができる。

【0021】

【表 1】

	A 1 (w t %)	A 2 (w t %)	A 3 (w t %)
炭素	0. 001~0. 12	0. 05~0. 07	0. 04~0. 06
マンガン	0. 05~2	0. 3~0. 4	0. 3~0. 4
ケイ素	0. 1~1. 2	0. 65~0. 85	0. 65~0. 85
ニッケル	0~5. 0	0. 65~0. 85	0. 65~0. 85
コバルト	0~2	0. 001~0. 7	0. 001~0. 7
クロム	0~0. 8	0. 001~0. 2	0. 001~0. 2
モリブデン	0~1. 5	0. 001~0. 1	0. 001~0. 1
バナジウム	0~0. 1	0. 0001~0. 03	0. 0001~0. 03
銅	0. 001~2	0. 001~0. 2	0. 1~0. 2
チタン	0. 01~0. 2	0. 04~0. 16	0. 04~0. 16
ジルコニウム	0. 01~0. 2	0. 02~0. 1	0. 02~0. 1
アルミニウム	0. 001~1	0. 05~0. 1	0. 001~0. 01
ニオブ	0~0. 1	0. 001~0. 1	0. 001~0. 01
タンタル	0~0. 2	0. 001~0. 2	0. 001~0. 2
ホウ素	0~0. 01	0. 0001~0. 001	0. 0001~0. 001
アンチモン	0~0. 25	0~0. 25	0~0. 25
硫黄	0~0. 01	0. 001~0. 01	0. 001~0. 01
リン	0~0. 01	0. 001~0. 01	0. 001~0. 01
鉄	残り (約84~99)	残り (約96~98)	残り (約96~98)

表 1. 本アプローチの実施形態による 3 つの開示の溶接合金クラスの化学組成。値は合金の総重量に対する重量パーセント (w t %) で挙げられている。

【 0 0 2 2 】

上記を考慮して、表 1 に本アプローチの実施形態による 3 つの溶接合金クラス A 1、A 2 及び A 3 についての化学組成 (すなわち、重量パーセント範囲) を表す。溶接合金 A 1 は様々な成分について最も広い範囲を規定するものであり、そのため本開示の溶接合金の実施形態の最も広範なクラスを表すと理解され得る。さらに、溶接合金 A 2 及び A 3 は、概して A 1 クラス内に含まれ、そのため本開示の溶接合金の実施形態の成分のそれぞれについてより狭い範囲を規定する 2 つのサブクラス又は属を表す。範囲は表 1 の溶接合金クラス A 1、A 2 及び A 3 の成分について挙げられているが、当然のことながら、開示の範囲は特定のクラス、サブクラス又は実施形態に限定されない。実際、いくつかの実施形態では、任意の開示の成分は任意の開示の範囲又はその任意の部分範囲にて、表 1 のクラス A 1、A 2 及び A 3 に示される組合せだけでなく任意の組合せにおいて本アプローチの溶接合金の実施形態に包含され得る。例えば、本アプローチの溶接合金の実施形態は、およそ 0 w t % (又は微量のみ) のニッケル (表 1 において A 1 に記載される) と、およそ 0 . 05 w t % ~ およそ 0 . 1 w t % の範囲のアルミニウム (表 1 において A 2 に記載される) と、およそ 0 . 04 w t % ~ およそ 0 . 06 w t % の範囲の炭素 (表 1 において A 3 に記載される) とを含むことができる。当然のことながら、いくつかの実施形態では、溶接合金中に存在する表 1 の元素のそれぞれは金属又は元素の形でのみ実質的に存在することができ、これは溶接合金が塩若しくは化合物 (例えば、酸化物、水酸化物、塩化物等) を実質的に含むことができないか、又は溶接合金の外表面に少量の酸化物しか含むことができないことを意味している。さらに、表 2 に本開示の溶接合金の実施形態 E 1 及び E 2 から製造される 2 つの例示的なソリッド溶接ワイヤの成分を挙げている。表 2 に示されるように、ソリッド溶接ワイヤの実施形態 E 1 及び E 2 の特定成分は、概して表 1 に記載のクラス A 1、A 2 及び A 3 の 1 つ又は複数によって規定された範囲内にある重量パーセン

ト値にて挙げられている。

【 0 0 2 3 】

【 表 2 】

	E 1 (w t %)	E 2 (w t %)
炭素	0. 0 5 2	0. 0 5
マンガン	0. 3 9	0. 3 8
ケイ素	0. 7 5	0. 7 9
ニッケル	0. 7 6	0. 7 7
クロム	0. 0 4	0. 0 1
モリブデン	0. 0 1	0. 0 1
バナジウム	0. 0 0 6	<0. 0 0 1
銅	<0. 0 1	0. 1 5
チタン	0. 1 1	0. 0 9
ジルコニウム	0. 0 5	0. 0 6
アルミニウム	0. 0 8	0. 0 5
ニオブ	<0. 0 0 1	<0. 0 0 1
ホウ素	<0. 0 0 1	0. 0 0 0 5
硫黄	0. 0 0 5	0. 0 1
リン	0. 0 0 1	0. 0 0 2
鉄	残り (~ 9 8)	残り (~ 9 8)

表 2. 本アプローチによる溶接合金を使用して製造されたソリッド溶接ワイヤの 2 つの例示的な実施形態 E 1 及び E 2 についての化学組成。値はワイヤの総重量に対する重量パーセント (w t %) で挙げられている。「未満」として挙げられている値はその成分についての下限検出限度である又はそれに近いレベルを表す。

【 0 0 2 4 】

表 1 に記載のように、本開示の溶接合金はおよそ 0 . 0 5 w t % ~ およそ 2 w t % のマンガンを含むことができる。マンガンの存在は一般に溶接合金を補強することができると思われ得る。しかしながら、本明細書中で使用される場合、「補強剤」という用語はマンガンを含むという意味ではなく、むしろ開示の溶接合金の実施形態を用いて形成される溶着物に組み込まれ、低マンガン含量にも関わらず溶着物の機械的特性を改善する他の成分 (例えば、ニッケル、コバルト、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素、及び / 又はホウ素) を含むものである。しかしながら、以下に述べられるように特定の溶接合金の実施形態の炭素当量 (C E) を算出する際にはマンガン含量が考慮されることに留意されたい。

【 0 0 2 5 】

いくつかの実施形態では、溶接合金は、およそ 2 w t % 未満のマンガン (例えば、およそ 1 . 8 w t % 未満、およそ 1 . 6 w t % 未満、およそ 1 . 4 w t % 未満、又はおよそ 1 . 2 w t % 未満のマンガン) を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金は、およそ 1 w t % 未満のマンガン (例えば、およそ 0 . 9 w t % 未満、およそ 0 . 8 w t % 未満、およそ 0 . 7 w t % 未満、およそ 0 . 6 w t % 未満、およそ 0 . 5 w t % 未満、又はおよそ 0 . 4 w t % 未満のマンガン) を含むことができる。より具体的には、表 1 に示されるように、いくつかの実施形態では、溶接合金は、およそ 0 . 3 0 w t % ~ およそ 0 . 4 0 w t % のマンガン (例えば、表 2 に表されるようにおよそ 0 . 3 8 w t % のマンガン又はおよそ 0 . 3 9 w t % のマンガン)、又はおよそ 0 . 2 w t % ~ およそ 0 . 5 w t % のマンガンを含むことができる。他の実施形態では、溶接合金のマンガン含量は、例

えばおよそ 0.30 wt % 未満、およそ 0.25 wt % 未満、およそ 0.20 wt % 未満、およそ 0.15 wt % 未満、およそ 0.10 wt % 未満、およそ 0.05 wt % 未満、又はほんの微量なレベルへと更に低減することができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のマンガン含量は、およそ 0.1 wt % を上回る、およそ 0.2 wt % を上回る、又はおよそ 0.3 wt % を上回る場合もあり得る。いくつかの実施形態では、溶接合金は特定の目的とするマンガン含量（例えば、0.35 wt %）に従って製造することができ、得られる溶接合金のマンガン含量を許容範囲（例えば、 $\pm 25\%$ 、 $\pm 10\%$ 、又は $\pm 5\%$ ）内にて特定の目的値に概ね等しくすることができる。

【0026】

いくつかの実施形態では、溶接合金内のマンガン含量は溶接合金を用いて形成される溶着物の所望の引張強度に基づき規定することができる。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金は、0.9 wt % 以下のマンガンを含むことができ、引張強度がおよそ 70 キロポンド/平方インチ (ksi) ~ 90 ksi である溶着物を形成することが可能であり得る。更なる例としては、いくつかの実施形態では、溶接合金は 1.4 wt % 以下のマンガンを含むことができ、引張強度がおよそ 90 ksi ~ 120 ksi である溶着物を形成することが可能であり得る。

【0027】

補強剤

上述のように、開示の溶接合金は、溶着物が低マンガン含量であるにも関わらず好適な機械的特性（例えば、引張強度、靱性）を有する溶着物を提供するために 1 つ又は複数の補強剤を含むことができる。いくつかの実施形態では、1 つ又は複数の補強剤は、通例固相転移の温度をオーステナイトからフェライトへと下げ、及び/又は溶着物の形成中に転移温度をデルタフェライトからオーステナイトへと上げる（例えば、フェライト相を遅延させる）オーステナイト安定剤（例えば、ニッケル、炭素、銅、コバルト等）を含むことができる。加えて、いくつかの実施形態では、補強剤は、一般にオーステナイト安定剤とはみなされないが、本技法に従って得られる溶着物の機械的特性（例えば、引張強度、靱性）を依然改善することができるモリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素及びホウ素の内の 1 つ又は複数を含むことができる。溶接合金の実施形態に存在する補強剤の合わせた総量を、以下に詳細に述べられるように特定の炭素当量 (CE) 値又は範囲をもたらしように調整することもできると理解され得る。

【0028】

表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0 wt %（すなわち、無量又は微量）~ およそ 5 wt % のニッケルを溶着物の機械的特性を改善することができる補強剤として含む。いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0.01 wt % ~ およそ 5 wt %、およそ 0.2 wt % ~ およそ 4 wt %、およそ 0.3 wt % ~ およそ 3 wt %、およそ 0.4 wt % ~ およそ 2 wt %、又はおよそ 0.5 wt % ~ およそ 1 wt % のニッケルを含むことができる。より具体的には、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0.65 wt % ~ 0.85 wt % のニッケル（例えば、表 2 に表されるようにおよそ 0.76 wt % のニッケル又はおよそ 0.77 wt % のニッケル）を含むことができる。さらに、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0.35 wt % ~ およそ 0.45 wt %、又はおよそ 1.75 wt % ~ およそ 2.75 wt % のニッケルを含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のニッケル含量はおよそ 0.01 wt % を上回る、およそ 0.1 wt % を上回る、およそ 0.15 wt % を上回る、およそ 0.2 wt % を上回る、およそ 5 wt % 未満、およそ 0.01 wt % 未満、又はおよそ 0.001 wt % 未満のものとすることができる。

【0029】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0 wt %（すなわち、無量又は微量）~ およそ 2 wt % のコバルトを溶着物の機械的特性を改善することができる補強剤として含む。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0.01 wt % ~ およそ 2 wt %、およそ 0.02 wt % ~ およそ 1.5 wt %、およそ 0

． 0 3 w t % ～ およそ 1 ． 0 w t % 、 およそ 0 ． 0 4 w t % ～ およそ 0 ． 8 w t % 、 又は
およそ 0 ． 0 5 w t % ～ およそ 0 ． 7 w t % の コ バ ル ト を 含 む こ と が で き る 。 い く つ か の
実施形態では、溶接合金のコバルト含量は、およそ 0 ． 0 1 w t % を上回る、およそ 0 ．
0 5 w t % を上回る、およそ 2 w t % 未満、およそ 0 ． 7 w t % 未満、およそ 0 ． 0 1 w
t % 未満、又はおよそ 0 ． 0 0 1 w t % 未満のものとすることができる。

【 0 0 3 0 】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0 ． 0 0 1
w t % ～ およそ 2 w t % の銅を溶着物の機械的特性を改善することができる補強剤として
含む。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0 ． 0 0 1 w t % ～ およそ 0
． 7 w t % 、 およそ 0 ． 0 0 5 w t % ～ およそ 0 ． 4 w t % 、 又はおよそ 0 ． 0 1 w t %
～ およそ 0 ． 2 w t % の銅（例えば、表 2 に表されるようにおよそ 0 ． 1 5 w t % の銅又は
およそ 0 ． 0 1 w t % 未満の銅）を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接
合金の銅含量は、およそ 0 ． 0 5 w t % を上回る、およそ 2 w t % 未満、およそ 0 ． 7 w
t % 未満、およそ 0 ． 2 w t % 未満、又はおよそ 0 ． 0 1 w t % 未満のものとすることが
できる。

10

【 0 0 3 1 】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、0 ． 0 0 1 w t %
～ およそ 0 ． 1 2 w t % の炭素を溶着物の機械的特性を改善することができる補強剤とし
て含む。より具体的には、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0 ． 0 4 w t % ～
およそ 0 ． 0 7 w t % 、 又はおよそ 0 ． 0 5 w t % ～ およそ 0 ． 0 6 w t % の炭素（例え
ば、表 2 に表されるようにおよそ 0 ． 0 5 w t % の炭素又はおよそ 0 ． 0 5 2 w t % の炭
素）を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金の炭素含量は、およそ 0 ．
0 0 1 w t % を上回る、およそ 0 ． 0 1 w t % を上回る、およそ 0 ． 0 4 w t % を上回る
、およそ 0 ． 1 2 w t % 未満、およそ 0 ． 0 7 w t % 未満、又はおよそ 0 ． 0 6 w t % 未
満のものとすることができる。

20

【 0 0 3 2 】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、0 w t % （すなわ
ち、無量又は微量）～ およそ 1 ． 5 w t % のモリブデンを溶着物の機械的特性を改善する
ことができる補強剤（すなわち、非オーステナイト補強剤）として含む。例えば、いく
つかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0 ． 0 0 1 w t % ～ およそ 1 w t % 、 又はおよそ 0
． 0 0 5 w t % ～ およそ 0 ． 5 w t % のモリブデン（例えば、表 2 に表されるようにおよ
そ 0 ． 0 1 w t % のモリブデン）を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合
金のモリブデン含量は、およそ 0 ． 0 0 1 w t % を上回る、およそ 0 ． 0 1 w t % を上回
る、およそ 0 ． 1 w t % 未満、又はおよそ 1 ． 5 w t % 未満のものとすることができる。

30

【 0 0 3 3 】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、0 w t % （すなわ
ち、無量又は微量）～ およそ 0 ． 8 w t % のクロムを溶着物の機械的特性を改善すること
ができる補強剤（すなわち、非オーステナイト補強剤）として含む。例えば、いく
つかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0 ． 0 1 w t % ～ およそ 0 ． 8 w t % 又はおよそ 0 ． 0
1 w t % ～ およそ 0 ． 2 w t % のクロム（例えば、0 ． 0 1 w t % 又は 0 ． 0 4 w t % の
クロム）を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のクロム含量は、およ
そ 0 ． 0 0 1 w t % を上回る、およそ 0 ． 0 1 w t % を上回る、およそ 0 ． 8 w t % 未
満、およそ 0 ． 2 w t % 未満、又はおよそ 0 ． 1 w t % 未満のものとすることができる。

40

【 0 0 3 4 】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、0 w t % （すなわ
ち、無量又は微量）～ およそ 0 ． 1 w t % のバナジウムを溶着物の機械的特性を改善する
ことができる補強剤（すなわち、非オーステナイト補強剤）として含む。例えば、いく
つかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0 ． 0 0 0 5 w t % ～ およそ 0 ． 0 9 w t % 、 又は
およそ 0 ． 0 0 1 w t % ～ およそ 0 ． 0 2 5 w t % のバナジウム（例えば、およそ 0 ． 0
0 6 w t % のバナジウム）を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のバ

50

ナジウム含量は、およそ 0.001 wt % を上回る、およそ 0.1 wt % 未満、およそ 0.03 wt % 未満、又はおよそ 0.001 wt % 未満のものとすることができる。

【0035】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0.1 wt % ~ およそ 1.2 wt % のケイ素を含む。ケイ素は本開示の溶接合金の実施形態の配合において 2 つ以上の役割を果たすことができることに留意されたい。例えば、ケイ素は溶接プールにて又は溶接プール付近で酸素含有種と反応することでスラグを発生させる脱酸素剤としての役割を果たすことができる。また一方、溶着物に残存する一部のケイ素は溶着物の機械的特性を改善する補強剤（すなわち、非オーステナイト補強剤）としての役割も果たすことができる。そのため、表 1 に開示されるケイ素範囲には、溶接中に、脱酸素により消費されるケイ素の部分と、補強剤として溶着物に組み込まれることになるケイ素の部分とが含まれている。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金は、およそ 0.65 wt % ~ およそ 0.85 wt % のケイ素（例えば、表 2 に表されるようにおよそ 0.75 wt % のケイ素又はおよそ 0.79 wt % のケイ素）を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のケイ素含量は、およそ 0.1 wt % を上回る、およそ 0.65 wt % を上回る、およそ 0.85 wt % 未満、又はおよそ 1.2 wt % 未満のものとすることができる。またケイ素含量は開示の溶接合金の実施形態の脱酸素成分に関して以下に述べている。

10

【0036】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0 wt %（すなわち、無量又は微量）~ およそ 0.01 wt % のホウ素を含む。すなわち、いくつかの実施形態では、ホウ素は溶接合金及び / 又は得られる溶着物の特性に有害な影響を及ぼすことなく本アプローチの溶接合金の実施形態に含ませることができない。しかしながら、いくつかの実施形態では、ホウ素は得られる溶着物の機械的特性を改善するために少量含まれていてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0.0001 wt % ~ およそ 0.001 wt % のホウ素（例えば、表 2 に表されるように 0.0005 wt % のホウ素又は 0.001 wt % 未満のホウ素）を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のホウ素含量は、およそ 0.0001 wt % を上回る、およそ 0.001 wt % 未満、又はおよそ 0.01 wt % 未満のものとすることができる。本明細書で述べられるように、ホウ素は補強剤及び粒子制御剤を兼ねるとみなすことができると理解され得る。すなわち、溶接合金の実施形態に存在するホウ素の量は概して、以下に述べられるように炭素当量値と粒子制御剤の総量との両方に寄与するものである。

20

30

【0037】

炭素当量（CE）

上述のように、本アプローチの溶接合金の実施形態は概して、いくつかの成分、すなわちマンガン及び 1 つ又は複数の補強剤を、特定の炭素当量含有値（equivalent carbon content value）又は範囲をもたらすのに適したレベルで含む。例えば、開示の溶接合金の実施形態は、以下の式に基づく伊藤 - 別所法に従って求められる特定の炭素当量（CE）値又は範囲（重要な金属パラメータ、Pcm としても知られている）を有する：

$$Eq. 1 \quad CE = \%C + \%Si / 30 + (\%Mn + \%Cu + \%Cr) / 20 + \%Ni / 60 + \%Mo / 15 + \%V / 10 + 5 \times \%B$$

40

（式中、元素パーセントはそれぞれ、溶接合金の総重量に対する重量パーセントにて与えられる）。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金は 2 wt % 以下のマンガン含量（例えば、およそ 1 wt % 未満又は 0.3 wt % ~ 0.4 wt % のマンガン）と、およそ 0.05 ~ およそ 0.25 の CE（式 1 に従って求められる）とを有し得る。いくつかの実施形態では、溶接合金の CE（式 1 に従って求められる）は、およそ 0.24 未満、およそ 0.23 未満、およそ 0.22 未満、およそ 0.21 未満、およそ 0.2 未満、およそ 0.2 ~ およそ 0.23、又はおよそ 0.08 ~ およそ 0.23 とすることができる。いくつかの実施形態では、チューブ状の溶接ワイヤ 50 の CE（式 1 に従って求められる）は所望の引張強度に基づき選択することができる。例えば、溶接合金は、およそ 90 k s

50

i ~ およそ 140 ksi (例えば、およそ 100 ksi) の推定引張強度をもたらすように、およそ 2 wt % 未満のマンガン含量 (例えば、およそ 1 wt % 未満、又はおよそ 0.3 wt % ~ 0.4 wt % のマンガン) と、およそ 0.2 ~ およそ 0.23 の CE とを有することができる。より低い推定引張強度 (例えば、およそ 70 ksi ~ およそ 80 ksi) をもたらすように設計された他の実施形態は、およそ 2 wt % 未満のマンガン含量 (例えば、およそ 1 wt % 未満又はおよそ 0.3 wt % ~ 0.4 wt % のマンガン) と、0.2 未満、例えばおよそ 0.07 ~ およそ 0.12 の CE 値とを有することができる。

【0038】

粒子制御剤

上記の表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、得られる溶着物の機械的特性 (例えば、引張強度、靱性) を改善することができる 1 つ又は複数の粒子制御剤を含む。いくつかの実施形態では、これらの粒子制御剤はニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム、ホウ素及びそれらの組合せを含むことができる。したがって、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0.02 wt % ~ およそ 2.3 wt %、およそ 0.02 wt % ~ およそ 0.6 wt %、およそ 0.05 wt % ~ およそ 0.7 wt %、又はおよそ 0.06 wt % ~ およそ 0.6 wt % の合わせた粒子制御剤を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金の合わせた粒子制御剤の含量は、およそ 0.02 wt % を上回る、およそ 0.06 wt % を上回る、およそ 0.6 wt % 未満、又はおよそ 0.56 wt % 未満のものとするすることができる。

10

【0039】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0 wt % (すなわち、無量又は微量) ~ およそ 0.1 wt % のニオブを、溶着物の機械的特性を改善することができる粒子制御剤として含む。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0.001 wt % ~ およそ 0.1 wt %、およそ 0.005 wt % ~ およそ 0.09 wt %、又はおよそ 0.01 wt % ~ およそ 0.08 wt % のニオブを含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のニオブ含量はおよそ 0.001 wt % を上回る、およそ 0.15 wt % 未満、およそ 0.12 wt % 未満、又はおよそ 0.1 wt % 未満のものとするすることができる。

20

【0040】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0 wt % (すなわち、無量又は微量) ~ およそ 0.2 wt % のタンタルを、溶着物の機械的特性を改善する粒子制御剤として含む。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0.001 wt % ~ およそ 0.2 wt %、およそ 0.005 wt % ~ およそ 0.15 wt %、又はおよそ 0.01 wt % ~ およそ 0.1 wt % のタンタルを含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のタンタルの含量はおよそ 0.001 wt % を上回る、およそ 0.2 wt % 未満、又はおよそ 0.1 wt % 未満のものとするすることができる。

30

【0041】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0.01 wt % ~ およそ 0.2 wt % のチタンを含む。上で述べられているケイ素と同様に、チタンも溶接操作において 2 つ以上の役割を果たすことができることに留意されたい。例えば、チタンは、以下に述べられるように溶接プール付近で酸素含有種と反応することでスラグを発生させる脱酸素剤としての役割を果たすことができる。また一方、溶着物に残存するチタンは溶着物の機械的特性を改善することができる粒子制御剤としての役割も果たすことができる。そのため、表 1 に開示されるチタン範囲には、溶接中に、脱酸素により消費されるチタン (例えば、およそ 60 %) と、溶着物に組み込まれることになるチタンとが含まれている。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金は、およそ 0.01 wt % ~ およそ 0.18 wt %、およそ 0.04 wt % ~ およそ 0.16 wt %、又はおよそ 0.08 wt % ~ およそ 0.12 wt % のチタンを含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のチタン含量はおよそ 0.01 wt % を上回る、およそ 0.08 wt % を上回る、およそ 0.2 wt % 未満、又はおよそ 0.16 wt % 未満のものとすることができ

40

50

る。

【 0 0 4 2 】

同様に表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0 . 0 1 w t % ~ およそ 0 . 2 w t % のジルコニウムを含む。チタンと同様に、ジルコニウムも溶接操作において 2 つ以上の役割を果たすことができることに留意されたい。例えば、ジルコニウムは、以下に述べられるように溶接プール付近で酸素含有種と反応することでスラグを発生させる脱酸素剤としての役割を果たすことができる。また一方、溶接後に溶着物に残存するジルコニウムは溶着物の機械的特性を改善することができる粒子制御剤としての役割も果たすことができる。そのため、表 1 に開示されるジルコニウム範囲には、溶接中に、脱酸素により消費されるジルコニウム部分（例えば、およそ 6 0 % ）と、溶着物に組み込まれることになるジルコニウム部分とが含まれている。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金はおよそ 0 . 0 1 w t % ~ およそ 0 . 1 5 w t % 、又はおよそ 0 . 0 2 w t % ~ およそ 0 . 1 w t % のジルコニウムを含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のジルコニウム含量はおよそ 0 . 0 1 w t % を上回る、およそ 0 . 0 2 w t % を上回る、およそ 0 . 0 4 w t % を上回る、およそ 0 . 1 w t % 未満、およそ 0 . 0 8 w t % 未満、又はおよそ 0 . 0 2 w t % 未満のものとすることができる。

10

【 0 0 4 3 】

上述のように、溶接合金の実施形態に存在するホウ素の量は概して、炭素当量（C E）値と溶接合金中に存在する粒子制御剤の総量との両方に寄与するものである。表 1 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態は概して、およそ 0 w t % （すなわち、無量又は微量）~ およそ 0 . 0 1 w t % のホウ素を含む。例えば、いくつかの実施形態では、溶接合金は、およそ 0 . 0 0 0 1 w t % ~ およそ 0 . 0 0 1 w t % のホウ素（例えば、表 2 に表されるように 0 . 0 0 0 5 w t % のホウ素又は 0 . 0 0 1 w t % 未満のホウ素）を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶接合金のホウ素含量はおよそ 0 . 0 0 0 1 w t % を上回る、およそ 0 . 0 0 1 w t % 未満、又はおよそ 0 . 0 1 w t % 未満のものとすることができる。

20

【 0 0 4 4 】

他の成分

さらに表 1 に表されるように、いくつかの実施形態では、ソリッド溶接合金は、脱酸素成分（例えば、チタン、ジルコニウム、アルミニウム及びケイ素）を指定の範囲で含むことができる。上述のように、いくつかの脱酸素成分は他の役割（例えば、補強剤、粒子制御剤）も果たすことができ、これらの成分は溶着物に組み込まれることになるこれらの成分の好適な部分がこれらの効果をもたらすことが可能なレベルで存在することができる。いくつかの実施形態では、アンチモンは本アプローチに有害な影響を及ぼすことなく含ませることができないが、他の実施形態では、アンチモン（例えば、最大 0 . 2 5 w t % ）は得られる溶着物の特性を微調整するのに有用であり得る。いくつかの実施形態では、開示の溶接合金の実施形態はおよそ 8 0 w t % を上回る鉄（例えば、およそ 8 3 w t % を上回る、およそ 8 4 w t % を上回る、およそ 9 0 w t % を上回る、およそ 9 5 w t % を上回る、およそ 9 6 w t % を上回る、およそ 9 7 w t % を上回る、およそ 9 8 w t % を上回る、およそ 9 9 w t % を上回る鉄、又は残りの鉄）を含むことができる。

30

40

【 0 0 4 5 】

A W S 規格及び分類

溶接構造用鋼に関するいくつかの溶接電極（例えば、A m e r i c a n W e l d i n g S o c i e t y （A W S） A 5 . 1 8 E R 7 0 S - 2 規格に従って製造された溶接電極）は 0 . 9 w t % ~ 1 . 4 w t % のマンガン含有する。比較として、E R 7 0 S - 2 ワイヤはおよそ 0 . 3 w t % ~ およそ 0 . 4 w t % のマンガンを含む溶接合金の実施形態等の本アプローチのいくつかの溶接合金の実施形態よりもおよそ 2 倍 ~ およそ 5 倍多いマンガン含量を含有する。さらに、A W S 規格に基づくと、E R 7 0 S - 2 ワイヤは 0 . 1 5 w t % 以下のニッケルを含んでいる。比較として、本アプローチのいくつかの実施形態（例えば、表 1 のサブクラス A 2 及び A 3 の実施形態）は E R 7 0 S - 2 ワイヤより

50

もおよそ4倍～およそ6倍多いニッケル含量を含有し得る。例えば、いくつかの実施形態では、開示の溶接合金はおよそ1wt%未満のマンガン（例えば、およそ0.9wt%以下のマンガン、およそ0.4wt%未満のマンガン）と、およそ0.15wt%を上回るニッケル（例えば、およそ0.16wt%を上回る、およそ0.18wt%を上回る、およそ0.2wt%を上回る、およそ0.25wt%を上回る、又はおよそ0.75wt%を上回るニッケル）とを含有することができる。

【0046】

当然のことながら、表1及び表2における処方は例示的な処方として与えられているに過ぎない。いくつかの実施形態では、本開示の低マンガン溶接合金を使用して、以下のAWS A5.29、A5.20、及び/又はA5.36規格の内の1つ又は複数の化学分析要件に従って溶接消耗物（例えば、ソリッド溶接ワイヤ、電極棒、又はチューブ状の溶接ワイヤ）を作製することができる：E71T1-GC H8（例えば、Hobart Brothers Company（オハイオ州トロイ）から入手可能なElement（商標）71Ni1Cと同様の溶着物の化学的性質及び機械的特性をもたらす）；E71T1-GM H8（例えば、Hobart Brothers Company（オハイオ州トロイ）から入手可能なElement（商標）71Ni1Mと同様の溶着物の化学的性質及び機械的特性をもたらす）；E71T-1C H8（例えば、Hobart Brothers Company（オハイオ州トロイ）から入手可能なElement（商標）71T1Cと同様の溶着物の化学的性質及び機械的特性をもたらす）；E71T-1M H8（例えば、Hobart Brothers Company（オハイオ州トロイ）から入手可能なElement（商標）71T1Mと同様の溶着物の化学的性質及び機械的特性をもたらす）；E81T1-GC H8（例えば、Hobart Brothers Company（オハイオ州トロイ）から入手可能なElement（商標）81K2Cと同様の溶着物の化学的性質及び機械的特性をもたらす）；及びE81T1-GM H8（例えば、Hobart Brothers Company（オハイオ州トロイ）から入手可能なElement（商標）81K2Mと同様の溶着物の化学的性質及び機械的特性をもたらす）。

【0047】

溶接合金及び溶接消耗物の製造

ソリッド溶接電極を含む開示の溶接消耗物は、一般的な製鋼プロセス及び技法を用いて合金の形にすることができる出発材料又は原料の混合物から形成することができる。例えば、これらの出発材料として、鉄、鉄チタン粉末、鉄ジルコニウム粉末、アルミニウム粉末又はアルミナ、及び他の好適な出発材料を挙げることができる。例えば、いくつかの実施形態では、出発材料として、米国特許第6,608,284号及び同第8,119,951号（どちらもあらゆる目的のためにその全体が引用することにより本明細書の一部をなすものとする）に記載の1つ又は複数の材料（例えば、アンチモン、ガリウム）を挙げることができる。概して、様々な出発材料を炉内において加熱することで、熔融状態に達することができる。さらに、1つ又は複数の不純物（例えば、チタン、ジルコニウム、アルミニウム、及び/又はケイ素の酸化物）をスラグとして混合物から除去することができる。したがって、溶接合金の形成中にいくつかの出発材料の一部が酸化され、スラグとして除去された後、得られる溶接合金の組成は表1に示されるクラスA1、A2及びA3の1つ又は複数についての成分範囲に適合する。

【0048】

形成したら、いくつかの実施形態では、溶接合金を（例えば、1つ又は複数の伸線ダイスを使用して）引き伸ばすことで、ソリッドワイヤ（例えば、GMAW、GTAW及びSAW用途に用いられるもの）の形にすることができる。さらに、いくつかの実施形態では、ソリッドワイヤを細断し、コーティングで覆うことで電極棒を作製することができる。さらには、いくつかの実施形態では、溶接合金を平らにして、シースへと成形して、シースに粒状コア材料（例えば、フラックス）を充填することで、メタルコア又はフラックスコアのチューブ状の溶接ワイヤを作製することができる。またさらには、いくつかの実施形態では、溶接合金をワーク上に配して、めっきプロセスにより塗布することができる。フラックス及び/又はコーティング成分を含む溶接消耗物（例えば、電極棒及び/又はフ

ラックスコアのチューブ状の溶接ワイヤ)の実施形態について、溶着物の化学的性質、溶着物の機械的特性、アークの特性等は、フラックス及び/又はコーティング成分の組成及び性質に基づき制御又は微調整することもできることが理解され得る。特に、いくつかの実施形態では、開示の溶接合金と併せて(例えば、SMAW電極棒に、フラックスコア電極内で、及びSAWフラックスに)使用されるフラックス及び/又はコーティングには実質的に又は全くマンガンが含まれ得ない。

【0049】

具体例によって、いくつかの実施形態では、開示の合金を使用することで、SMAW電極棒を製造することができる。一例として、開示の溶接合金からソリッドワイヤを製造し、細断して、フラックスでコーティングすることで、SMAWに適した電極棒を作製することができる。この例では、本開示の溶接合金によって、上述の脱酸素剤(例えば、ジルコニウム、チタン、アルミニウム、及び/又はケイ素)をアーク及び/又は溶着物に送達することが可能となる。いくつかの実施形態では、SMAW電極棒はAWS A5.1又はAWS A5.5に従うものとしてすることができ(例えば、Exx18電極又はExx18-Y電極に分類される)、マンガンを全く又は実質的に含まないフラックスコーティングを有することができる。いくつかの実施形態では、初めにソリッドワイヤセグメントを別の金属(例えば、堆積金属層又は金属箔)でコーティングした後に、フラックスコーティングを塗布することで、フラックスコーティングの接着性を改善させる、及び/又はいくつかのフラックス成分とソリッドワイヤコアとの間の相互作用を制限することができる。いくつかの実施形態では、フラックスコーティングは塩基性としてすることができ(例えば、最低限の酸素を溶着物に与える)、使用前に安定化する(例えば、クロメート処理する(chromated))ケイ素金属粉末を含むことができる。

10

20

【0050】

溶着物

表3に、表2のソリッド溶接電極の実施形態E1を用いて形成される溶着物についての予想される化学組成及び機械的特性を示す。表3に記載のように、いくつかの実施形態では、得られる溶着物は、1wt%以下のマンガン(例えば、およそ0.3wt%~およそ0.4wt%のマンガン)を含むことができる。いくつかの実施形態では、溶着物は、溶着物を形成するのに使用される溶接合金のマンガン含量ベースでおよそ1.25wt%未満、およそ1wt%未満、およそ0.9wt%未満、およそ0.8wt%未満、およそ0.7wt%未満、およそ0.6wt%未満、およそ0.5wt%未満、およそ0.4wt%未満、およそ0.3wt%未満、およそ0.2wt%未満、およそ0.1wt%未満、又はほんの微量のマンガンを含むことができる。

30

【0051】

【表 3】

	W1	W2	W3
炭素	0.068	0.065	0.068
マンガン	0.304	0.375	0.361
ケイ素	0.485	0.528	0.543
リン	0.004	0.006	0.005
硫黄	0.009	0.011	0.01
ニッケル	0.735	0.632	0.646
クロム	0.03	0.029	0.027
モリブデン	0.008	0.009	0.009
バナジウム	0.001	0.002	0.001
銅	0.073	0.11	0.086
チタン	0.046	0.043	0.053
ジルコニウム	0.01	0.01	0.015
アルミニウム	0.031	0.032	0.038
ホウ素	0.0001	0.00011	0.0001
ニオブ	0.001	0.001	0.001
酸素	0.074	0.07	0.053
窒素	0.004	0.0037	0.0039
炭素当量 (CE)	0.12	0.12	0.12
シールドガス	CO ₂	CO ₂	90/10
降伏強度 (ksi)	67.6	64.1	77.4
引張強度 (ksi)	77.6	74.6	87.8
伸び (2秒での%)	26	27.6	20.5
面積低減%	62.1	67.8	47.7
-20°FでのCVN (ft-lbs)	70.8	54.8	22

表3. 表2の固体溶接電極の実施形態E1を用いて形成された例示的な溶着物W1、W2及びW3についての化学組成(wt%)及び機械的特性。機械的特性をAWS A5.18に従って決定する。「90/10」シールドガス混合物はおよそ90%のアルゴン及びおよそ10%のCO₂である。溶着物は全て1gの位置に形成され、AWS A5.18に従うX線検査を通過する。

【0052】

表3に示されるように、開示の溶接合金を用いて形成される例示的な溶着物は、1つ又は複数の補強剤(例えば、ニッケル、銅、炭素、モリブデン、クロム、バナジウム、ケイ素、及び/又はホウ素)と、1つ又は複数の粒子制御剤(例えば、ニオブ、タンタル、チタン、及び/又はジルコニウム)とを、マンガン含量がより低いにも関わらず溶着物が好適な機械的特性を有することができる特定濃度にて含むものである。シールドガスとして100%のアルゴン及び本開示の溶接合金の溶加棒を使用したTIG溶接操作等のいくつかの溶接操作について、上で詳細に記載したように、溶着物の化学的性質は溶接合金の化学的性質と実質的に同じとすることができることが理解され得る。例えば、いくつかの溶接操作について、溶着物は表1のクラスA1、A2又はA3により規定される範囲内にあるものとすることができ、溶接合金について上記された補強剤、粒子制御剤、炭素当量(CE)等の範囲のいずれかを含むものとすることができる。表3の溶着物W1、W2及び

W 3 の形成に用いられる G T A W 操作等の他の溶接操作について、1 つ又は複数の成分の量は（例えば、ベース金属の化学的性質又は酸化により）変わる場合があり、そのため開示の溶接合金から作製される溶接消耗物におけるこれらの成分レベルとは異なる場合がある。例えばいくつかの実施形態では、本開示の溶接合金の実施形態である溶接消耗物を用いて形成される溶着物には、およそ 0 . 1 2 w t % 未満の炭素含量（例えば、およそ 0 . 7 w t % 未満の炭素）、およそ 2 w t % 未満のマンガン含量（例えば、およそ 1 w t % 未満、およそ 0 . 9 w t % 未満、又はおよそ 0 . 3 w t % ~ およそ 0 . 4 w t % のマンガン）、およそ 1 . 2 w t % 未満のケイ素含量（例えば、およそ 0 . 6 w t % 未満のケイ素）、およそ 5 w t % 未満のニッケル含量（例えば、およそ 1 w t % 未満、およそ 0 . 8 5 w t % 未満のニッケル）、およそ 0 . 8 w t % 未満のクロム含量（例えば、およそ 0 . 4 w t % 未満のクロム）、およそ 1 . 5 w t % 未満のモリブデン含量（例えば、およそ 0 . 0 1 w t % 未満のモリブデン）、およそ 0 . 1 w t % 未満のバナジウム含量（例えば、およそ 0 . 0 3 w t % 未満のバナジウム）、およそ 2 w t % 未満の銅含量（例えば、およそ 0 . 2 w t % 未満の銅）、およそ 0 . 2 w t % 未満のチタン含量（例えば、およそ 0 . 0 6 w t % 未満のチタン）、およそ 0 . 2 w t % ジルコニウム未満のジルコニウム含量（例えば、およそ 0 . 0 2 未満のジルコニウム）、およそ 1 w t % 未満のアルミニウム含量（例えば、およそ 0 . 0 4 w t % 未満のアルミニウム）、およそ 0 . 0 1 w t % 未満のホウ素含量（例えば、およそ 0 . 0 0 0 2 w t % 未満のホウ素）、およそ 0 . 1 w t % 未満のニオブ含量（例えば、およそ 0 . 0 0 2 w t % 未満のニオブ）、及び / 又はおよそ 0 . 1 w t % 未満のタンタル含量（例えば、およそ 0 . 0 0 1 w t % 未満のタンタル）が含まれ得る。

10

20

【 0 0 5 3 】

さらに表 3 に、マンガン含量がより低いにも関わらず本開示の溶接合金の実施形態により可能となる機械的特性の例を示す。例えば表 3 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態を用いて形成される溶着物は概して、マンガン含量がより低い（例えば、1 w t % 未満のマンガン）にも関わらず 7 0 k s i 以上の引張強度を有する。いくつかの実施形態では、溶着物はおおよそ 7 0 k s i ~ 8 0 k s i 、およそ 8 0 k s i ~ 9 0 k s i 、およそ 9 0 k s i ~ 1 0 0 k s i 、又はおよそ 1 0 0 k s i ~ 1 4 0 k s i のようなより高い引張強度を有することができる。さらに表 3 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態を用いて形成される溶着物は概して、5 8 k s i 以上の降伏強度を有する。いくつかの実施形態では、溶着物はおおよそ 5 8 k s i ~ おおよそ 7 5 k s i のようなより高い降伏強度を有することができる。さらに表 3 に表されるように、開示の溶接合金の実施形態を用いて形成される溶着物は概して、- 2 0 ° F にて 2 0 フィートポンド (f t - l b s) 以上のシャルピー V ノッチ (C V N) 値を有する。いくつかの実施形態では、溶着物は 3 0 f t - l b s を上回る、4 0 f t - l b s を上回る、5 0 f t - l b s を上回る、6 0 f t - l b s を上回る、又は 7 0 f t - l b s を上回るようなより高い C V N 値を有することができる。

30

【 0 0 5 4 】

本明細書において、本発明のいくつかの特徴だけが図示及び説明されてきたが、当業者には多くの変更及び変形が思い浮かぶであろう。それゆえ、添付の特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨に入る全てのこのような変更及び変形を包含することを意図していることを理解されたい。

40

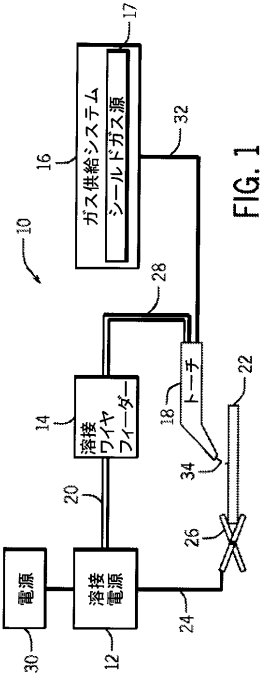


FIG. 1

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2014/036507

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B23K35/00 B23K35/30 B23K35/34 B23K35/40 B23K35/02 B23K35/22 ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23K Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01/63974 A1 (EXXONMOBIL UPSTREAM RES CO [US]; KOO JAYOUNG [US]; FAIRCHILD DOUGLAS P) 30 August 2001 (2001-08-30) claims 1-11 -----	1-36
X	EP 2 567 776 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL [JP]) 13 March 2013 (2013-03-13) paragraphs [0081] - [0100]; claims 1-4; tables 9-13 -----	1-3,5-9, 11-15, 17-21, 25,26, 29-36
X	WO 02/12581 A1 (EXXONMOBIL UPSTREAM RES CO [US]) 14 February 2002 (2002-02-14) claims 1-21 ----- -/--	1,5, 7-13, 15-18, 21,29-36
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 February 2015		Date of mailing of the international search report 16/02/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 6818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Chalaftris, Georgios

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2014/036507

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 362 811 A (JULIUS HEUSCHKE) 9 January 1968 (1968-01-09) claims 1-8 -----	1,2,5, 7-11,18, 21,25, 29,31, 32,34,35
X	US 3 195 230 A (PECK JAMES V ET AL) 20 July 1965 (1965-07-20) claims 1-11 -----	1-6,10, 11,18, 21,25, 29,34,35
X	GB 2 204 324 A (INST CHERNOI METALLURGII; INST ELEKTROSWARKI PATONA INST CHERNOI METAL) 9 November 1988 (1988-11-09) claims 1-4; examples 2,5-7; tables 2,5-7 -----	1,2,5, 7-15, 18-21, 25,26, 29,35,36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/036507

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0163974	A1	30-08-2001	AU 3853801 A WO 0163974 A1	03-09-2001 30-08-2001
EP 2567776	A1	13-03-2013	CN 102753300 A EP 2567776 A1 JP 4903918 B1 KR 20120099534 A US 2013078031 A1 WO 2011155620 A1	24-10-2012 13-03-2013 28-03-2012 10-09-2012 28-03-2013 15-12-2011
WO 0212581	A1	14-02-2002	AR 030131 A1 AU 8309101 A AU 2001283091 B2 CN 1529765 A EG 23002 A GC 0000233 A MX PA03001080 A PE 02972002 A1 RU 2275281 C2 US 2002043305 A1 WO 0212581 A1	13-08-2003 18-02-2002 19-01-2006 15-09-2004 31-12-2003 29-03-2006 27-05-2003 15-05-2002 27-04-2006 18-04-2002 14-02-2002
US 3362811	A	09-01-1968	NONE	
US 3195230	A	20-07-1965	BE 637269 A DE 1483452 A1 GB 996319 A US 3195230 A	10-02-2015 08-01-1970 23-06-1965 20-07-1965
GB 2204324	A	09-11-1988	CH 673005 A5 DD 260668 A1 DE 3717373 A1 FR 2615772 A1 GB 2204324 A US 4843212 A	31-01-1990 05-10-1988 08-12-1988 02-12-1988 09-11-1988 27-06-1989

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 スティーブン エドワード バーホルスト
アメリカ合衆国, イリノイ 60025, グレンビュー, ハーレム アベニュー 155, シーノ
ー イリノイ トゥール ワークス インコーポレイティド

(72)発明者 ケビン エム・クリーガー
アメリカ合衆国, イリノイ 60025, グレンビュー, ハーレム アベニュー 155, シーノ
ー イリノイ トゥール ワークス インコーポレイティド

(72)発明者 ジョセフ シー・バンディ
アメリカ合衆国, イリノイ 60025, グレンビュー, ハーレム アベニュー 155, シーノ
ー イリノイ トゥール ワークス インコーポレイティド

(72)発明者 マリオ アンソニー アマタ
アメリカ合衆国, イリノイ 60025, グレンビュー, ハーレム アベニュー 155, シーノ
ー イリノイ トゥール ワークス インコーポレイティド

(72)発明者 ダリル エル・ダンカン
アメリカ合衆国, イリノイ 60025, グレンビュー, ハーレム アベニュー 155, シーノ
ー イリノイ トゥール ワークス インコーポレイティド

(72)発明者 スーザン レナータ フィオーレ
アメリカ合衆国, イリノイ 60025, グレンビュー, ハーレム アベニュー 155, シーノ
ー イリノイ トゥール ワークス インコーポレイティド

Fターム(参考) 4E001 AA03 BB01 BB07 BB08 BB09 CA01 CA02 DB03 DC01 DD02
DD04 EA05