

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7406460号
(P7406460)

(45)発行日 令和5年12月27日(2023.12.27)

(24)登録日 令和5年12月19日(2023.12.19)

(51)国際特許分類	F I		
B 2 2 F 3/16 (2006.01)	B 2 2 F 3/16		
B 2 2 F 3/105(2006.01)	B 2 2 F 3/105		
B 2 2 F 3/24 (2006.01)	B 2 2 F 3/24		B
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 3 3 Y 10/00		
B 3 3 Y 50/02 (2015.01)	B 3 3 Y 50/02		

請求項の数 3 (全13頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2020-100948(P2020-100948)	(73)特許権者	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(22)出願日	令和2年6月10日(2020.6.10)	(74)代理人	110000800 デロイトトーマツ弁理士法人
(65)公開番号	特開2021-195578(P2021-195578 A)	(72)発明者	新川 雅樹 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式 会社本田技術研究所内
(43)公開日	令和3年12月27日(2021.12.27)	(72)発明者	木皮 和男 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式 会社本田技術研究所内
審査請求日	令和4年11月28日(2022.11.28)	審査官	坂本 薫昭

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 鉄合金の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄合金を金属積層造形法によって製造する鉄合金の製造方法であって、
 レーザビーム及び電子ビームの一方を鉄合金の原料粉体に照射し、当該原料粉体を溶融させることにより、鉄合金層をベース台上に積層しながら造形する造形工程と、
 当該造形工程の実行中、当該造形工程で造形された前記鉄合金層の表層から所定数の積層までの鉄合金層温度 T_1 が、 $M_s - T_1 - M_s +$ (M_s はマルテンサイト変態開始温度、 ΔT は $0 \sim 50$ の範囲内の値) の範囲内に保持されるように、当該鉄合金層温度 T_1 を制御する第1温度制御工程と、
 前記造形工程の実行中、前記ベース台の温度 T_2 が、 $M_f - T_2 - M_f$ (M_f はマルテンサイト変態終了温度、 ΔT は $0 \sim 50$ の範囲内の値) の範囲内に保持されるように、前記ベース台の温度 T_2 を制御する第2温度制御工程と、
 を実行することを特徴とする鉄合金の製造方法。

【請求項2】

請求項1に記載の鉄合金の製造方法において、
 前記第2温度制御工程において、室温が前記マルテンサイト変態終了温度 M_f よりも高い場合には、前記ベース台の温度 T_2 が当該室温に保持されるように、前記ベース台の温度 T_2 を制御することを特徴とする鉄合金の製造方法。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の鉄合金の製造方法において、

前記造形工程の実行中、前記第 1 温度制御工程及び前記第 2 温度制御工程を同時に実行することを特徴とする鉄合金の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄合金を金属積層造形法によって製造する鉄合金の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、鉄合金の製造方法として、特許文献 1 に記載されたものが知られている。この製造方法では、不活性雰囲気、原料粉体をレーザー光により熔融させることにより、鉄合金層が材料収容部の底面上に積層しながら造形される。その際、鉄合金層の 1 層又は複数層の造形後、鉄合金層の温度が第 1 温度 第 2 温度 第 1 温度の順に変化するように赤外線ヒータなどによって加温される。

10

【0003】

この第 1 温度は、第 2 温度より高くかつマルテンサイト変態終了温度 M_f 以上の温度に設定され、第 2 温度は、マルテンサイト変態終了温度 M_f 以下の温度に設定されている。以上の加温により、マルテンサイト変態が鉄合金層で発生し、鉄合金層がマルテンサイト組織に変化する。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【文献】特許第 6 2 9 5 0 0 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記従来の鉄合金の製造方法によれば、造形後の鉄合金層が急激に冷却され、マルテンサイト組織に変化する関係上、マルテンサイト変態時に発生する熱収縮が体膨張よりも大きくなることで、歪みや割れが発生するおそれがある。さらに、マルテンサイト組織の上にさらに鉄合金の積層造形を実施した場合、焼き戻しにより積層方向に沿って鉄合金の硬さが大きく変動するという不具合を招いてしまう。

30

【0006】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、造形後の鉄合金層における歪み及び割れの発生を抑制することができる鉄合金の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、請求項 1 に係る発明は、鉄合金を金属積層造形法によって製造する鉄合金の製造方法であって、レーザービーム 2 a 及び電子ビームの一方を鉄合金の原料粉体 2 0 に照射し、原料粉体 2 0 を熔融させることにより、鉄合金層をベース台（ベースプレート 6）上に積層しながら造形する造形工程（STEP 3）と、造形工程の実行中、造形工程で造形された鉄合金層の表層から所定数の積層までの鉄合金層温度 T_1 が、 $M_s < T_1 < M_s + \Delta T$ （ M_s はマルテンサイト変態開始温度、 ΔT は $0 \sim 50$ の範囲内の値）の範囲内に保持されるように、鉄合金層温度 T_1 を制御する第 1 温度制御工程（STEP 4）と、造形工程の実行中、ベース台の温度 T_2 が、 $M_f - \Delta T < T_2 < M_f$ （ M_f はマルテンサイト変態終了温度、 ΔT は $0 \sim 50$ の範囲内の値）の範囲内に保持されるように、ベース台の温度 T_2 を制御する第 2 温度制御工程（STEP 5）と、を実行することを特徴とする。

40

【0008】

この鉄合金の製造方法によれば、造形工程において、レーザービーム及び電子ビームの一方が鉄合金の原料粉体に照射され、原料粉体が熔融することにより、鉄合金層がベース台上に積層しながら造形される。この造形工程の実行中、第 1 温度制御工程において、造形

50

工程で造形された鉄合金層の表層から所定数の積層までの鉄合金層温度 T_1 が、 $M_s - T_1 - M_s +$ の範囲内に保持されるように制御される。したがって、造形工程で造形された鉄合金層の表層から所定数の積層は、原料粉体の溶融により、オーステナイト変態温度を超えた後、次の金属層を造形する際において原料粉体の溶融が近傍で発生するまでの間、マルテンサイト組織に変化することがなく、オーステナイト組織に保持されるとともに、熱歪みが緩和されながら、焼き戻し変態を受けない状態となる。

【0009】

そして、原料粉体の溶融が近傍で発生した場合、その内側の所定数までの金属層は、一時的に昇温した後、すぐに冷却されることになるので、一部の組織においてパーライト変態が発生するものの、残りの組織は、オーステナイト組織に維持されることになる。さらに、造形工程の進行に伴い、表層から所定数を超えた層は、第2温度制御工程で、ベース台の温度 T_2 が、 $M_f - T_2 - M_f$ の範囲内に保持されるように制御されるので、オーステナイト組織からマルテンサイト組織に徐々に変化することになる。その結果、造形後の鉄合金層において、歪み及び割れの発生を抑制することができ、均一で強度の高いマルテンサイト組織を得ることができる。

この鉄合金の製造方法によれば、第1温度制御工程において、鉄合金層温度 T_1 が、 $M_s - M_s + 50$ の範囲内に保持されるように制御されることになる。このように制御した場合、本出願人の実験により、造形工程で造形された鉄合金層の表層から所定数の積層が、造形工程での原料粉体の溶融により、オーステナイト変態温度を超えた後、次の造形工程で原料粉体の溶融が近傍で発生するまでの間、マルテンサイト組織に変化することがなく、オーステナイト組織に保持できることが確認された（後述する図8参照）。したがって、前述したような作用効果を確実に得ることができる。

この鉄合金の製造方法によれば、第2温度制御工程において、ベース台の温度 T_2 が $M_f - 50 - M_f$ の範囲内に保持されるように制御されることになる。このように制御した場合、本出願人の実験により、表層から所定数を超えた層は、オーステナイト組織からマルテンサイト組織に徐々に変化することになり、造形後の鉄合金層において、歪み及び割れの発生を抑制できることが確認された（後述する図8参照）。したがって、前述したような作用効果を確実に得ることができる。

【0010】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の鉄合金の製造方法において、第2温度制御工程において、室温がマルテンサイト変態終了温度 M_f よりも高い場合には、ベース台の温度 T_2 が室温に保持されるように、ベース台の温度 T_2 を制御することを特徴とする。

【0011】

この鉄合金の製造方法によれば、第2温度制御工程において、室温がマルテンサイト変態終了温度 M_f よりも高い場合には、ベース台の温度 T_2 が室温に保持されるように、ベース台の温度 T_2 が制御される。したがって、鉄合金の組成などに起因して、室温がマルテンサイト変態終了温度 M_f よりも高い状態になっている場合には、造形工程で造形された鉄合金層の表層から所定数の積層は、オーステナイト組織に保持されるとともに、熱歪みが緩和されながら、焼き戻し変態を受けない状態となる。それにより、造形後の鉄合金層において、歪み及び割れの発生を抑制することができ、均一で強度の高いマルテンサイト組織を得ることができる。

【0012】

請求項3に係る発明は、請求項1又は2に記載の鉄合金の製造方法において、造形工程の実行中、第1温度制御工程及び第2温度制御工程を同時に実行することを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係る鉄合金の製造方法を実施する金属積層造形装置の構成を示す図である。

【図2】金属積層造形装置の電気的な構成を示すブロック図である。

【図3】鉄合金の製造方法における各工程を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 4】鉄合金の製造方法における各工程の動作を説明するための図である。

【図 5】鉄合金を造形する際の原料粉体及び鉄合金の温度変化を示す図である。

【図 6】鉄合金層の温度変化を説明するための図である。

【図 7】鉄合金層の温度変化を鉄合金の恒温変態曲線図に重ねた図である。

【図 8】鉄合金の実施例及び比較例のデータを示す図である。

【図 9】デポジション方式の金属積層造形装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照しながら、本発明の一実施形態に係る鉄合金の製造方法について説明する。本実施形態は、図 1 に示す金属積層造形装置 1 を使用し、以下に述べる鉄合金の製造方法により、鉄合金製品を製造するものである。

10

【0018】

この金属積層造形装置 1 は、パウダーベッド方式のものであり、図 1 及び図 2 に示すように、レーザ発振器 2、レーザ駆動装置 3、赤外線ヒータ 4、粉体収容器 5、ベースプレート 6、ベース駆動装置 7、ベースヒータ 8、原料供給装置 9、サーモグラフィ装置 10 及びコントローラ 11 などを備えている。

【0019】

レーザ発振器 2 は、粉体収容器 5 の上方に配置され、後述する造形工程の実行中、コントローラ 11 によって制御されることにより、レーザビーム 2a を粉体収容器 5 内のベースプレート 6 (ベース台) 上の原料粉体 20 に照射する。それにより、原料粉体 20 が溶融し、鉄合金化する。

20

【0020】

また、レーザ駆動装置 3 は、電動機及びギヤ機構 (いずれも図示せず) などを組み合わせて構成されている。レーザ駆動装置 3 は、コントローラ 11 に電氣的に接続されており、後述する造形工程の実行中、コントローラ 11 によって制御されることにより、レーザ発振器 2 を、ベースプレート 6 の上面に対して平行な平面内で X 軸方向及び Y 軸方向に駆動する。それにより、後述する造形工程において、鉄合金層を積層しながら、鉄合金製品 30 をベースプレート 6 上に造形することが可能になる。

【0021】

さらに、赤外線ヒータ 4 は、コントローラ 11 に電氣的に接続されており、後述する第 1 温度制御工程の実行中、鉄合金層温度 T1 を制御するために、その出力がコントローラ 11 によって制御される。この鉄合金層温度 T1 は、鉄合金製品の最上層の鉄合金層を第 1 層とし、その下側の層を順に第 2 層、第 3 層、..... とした場合における第 1 ~ 第 3 層の温度である。

30

【0022】

サーモグラフィ装置 10 は、第 1 ~ 第 3 層が出力する赤外線エネルギーを検出し、その検出信号をコントローラ 11 に出力する。コントローラ 11 は、後述するように、第 1 温度制御工程において、このサーモグラフィ装置 10 の検出信号に基づき、鉄合金層温度 T1 を取得するとともに、赤外線ヒータ 4 を介して、鉄合金層温度 T1 を制御する。

【0023】

一方、粉体収容器 5 は、耐熱性を有する材質で構成され、平面視矩形の内部空間を有しているとともに、その底がベースプレート 6 になっている。造形工程では、このベースプレート 6 の上面と粉体収容器 5 の内部空間に、原料粉体が収容される。

40

【0024】

また、ベース駆動装置 7 は、ベースプレート 6 を上下方向に駆動するためのものであり、電動機及びギヤ機構 (いずれも図示せず) などを組み合わせて構成されている。ベース駆動装置 7 は、コントローラ 11 に電氣的に接続されており、後述するベース駆動工程において、コントローラ 11 によって制御されることにより、ベースプレート 6 を所定距離 d 分、下方に移動させる。

【0025】

50

さらに、ベースヒータ 8 は、コントローラ 11 に電氣的に接続されており、後述するように、第 2 温度制御工程の実行中、ベースプレート 6 の温度（以下「ベースプレート温度」という） T_2 を制御するために、その出力がコントローラ 11 によって制御される。

【0026】

原料供給装置 9 は、アクチュエータ及びギヤ機構などを組み合わせたものであり、コントローラ 11 に電氣的に接続されている。原料供給装置 9 は、後述するように、原料供給工程において、原料粉体 20 を粉体収容器 5 に対して供給する。

【0027】

次に、金属積層造形装置 1 による鉄合金の製造方法について説明する。図 3 に示すように、この製造方法では、まず、ベース駆動工程（図 3 / STEP 1）が実行される。このベース駆動工程では、造形中の鉄合金製品 30 上に鉄合金層を 1 層分、造形するために、ベース駆動装置 7 が、ベースプレート 6 を鉄合金層の 1 層分、下方に移動させる。例えば、ベースプレート 6 は、図 4 の状態（C1）の位置から状態（C2）の位置まで、距離 d 分、移動する。

10

【0028】

次いで、原料供給工程（図 3 / STEP 2）が実行される。この原料供給工程では、原料供給装置 9 によって、鉄合金層の 1 層分の原料粉体 20 が粉体収容器 5 に供給される。例えば、図 4 の状態（C3）に示すように、作成中の鉄合金製品 30 が粉体収容器 5 内に存在する場合には、鉄合金層の 1 層分の原料粉体 20 が鉄合金製品 30 の上方に供給される。

20

【0029】

この原料供給工程に続けて、造形工程、第 1 温度制御工程及び第 2 温度制御工程（図 3 / STEP 3 ~ 5）が同時に実行される。

【0030】

この造形工程では、レーザ発振器 2、原料粉体 20 及び粉体収容器 5 などを含む空間が不活性雰囲気下に保持される。そして、その状態で、コントローラ 11 によってレーザ発振器 2 が制御されることにより、レーザビーム 2a がレーザ発振器 2 から粉体収容器 5 内のベースプレート 6 上の原料粉体 20 に照射される。これと同時に、コントローラ 11 によってレーザ駆動装置 3 が制御されることにより、レーザ駆動装置 3 によって、レーザ発振器 2 が所定範囲内で移動するように駆動される。それにより、図 4 の状態（C4）に示すように、作成中の鉄合金製品 30 が粉体収容器 5 内に存在する場合には、鉄合金製品 30 の上方の原料粉体 20 が溶融することで、1 層分の鉄合金層が鉄合金製品 30 の上面に積層される。

30

【0031】

一方、第 1 温度制御工程では、前述した鉄合金層温度 T_1 が下式（1）が成立する値になるように、赤外線ヒータ 4 の出力が制御される。この理由については後述する。

【0032】

$$M_s - T_1 - M_s + \dots \dots (1)$$

ここで、 M_s はマルテンサイト変態開始温度を、 T_1 は所定値をそれぞれ表している。

【0033】

また、第 2 温度制御工程では、前述したベースプレート温度 T_2 が下式（2）が成立する値になるように、ベースヒータ 8 の出力が制御される。この理由については後述する。

40

【0034】

$$M_f - T_2 - M_f \dots \dots (2)$$

ここで、 M_f はマルテンサイト変態終了温度を、 T_2 は所定値をそれぞれ表している。

【0035】

以上のように、造形工程、第 1 温度制御工程及び第 2 温度制御工程が同時に実行され、造形工程において、1 層分の鉄合金層が鉄合金製品 30 の上面に積層されたタイミングで、造形工程などが終了する。その後、鉄合金製品 30 が完成するまでの間、ベース駆動工程 原料供給工程 造形工程 & 第 1 及び第 2 温度制御工程の順で、各工程が繰り返し実行

50

される。

【0036】

次に、上述したように、第1温度制御工程及び第2温度制御工程において、鉄合金層温度 T_1 及びベースプレート温度 T_2 を制御した理由について説明する。まず、本出願人の実験により、金属積層造形装置1によって鉄合金を造形する際、原料粉体及び鉄合金の温度が図5に示すように変化することが確認できた。

【0037】

同図に示すように、レーザービーム2aが照射され、原料粉体が溶融すると、時刻 t_x 以降、温度が急上昇する。そして、溶融部が時刻 t_y で、最高温度に到達した後、レーザービーム2aが移動するのに伴い、溶融部は、既に凝固済みの部位への熱伝導によって温度が低下することになる。金属積層造形装置1によって鉄合金を造形した際、原料粉体及び鉄合金の温度が、以上のように変化するという知見が得られた。

10

【0038】

この知見に基づき、原料粉体の溶融後の鉄合金層において、均一で強度の高いマルテンサイト組織を得るために、第1温度制御工程及び第2温度制御工程において、鉄合金層温度 T_1 及びベースプレート温度 T_2 が前述した範囲内の温度になるように制御される。

【0039】

このように鉄合金層温度 T_1 及びベースプレート温度 T_2 を制御した場合、造形工程中において、図6に示すように鉄合金製品30における鉄合金層の第1～第4層などが造形される際には、これらの鉄合金層の温度は、以下に述べるように変化する。なお、以下の説明では、鉄合金層温度 T_1 が値 $M_s +$ に制御され、ベースプレート温度 T_2 が値 $M_f -$ に制御されているものとする。

20

【0040】

まず、レーザービーム2aの照射により造形された直後の第1層の部位30aの温度は、オーステナイト変態温度 A_3 よりも高い温度に上昇し、レーザービーム2aが図6中の右方に移動するのに伴い、図7に示すように、オーステナイト変態温度 A_3 から急激に低下し、鉄合金層温度 T_1 まで低下する(時刻 t_1)。

【0041】

それ以降、部位30aを含む第1層の温度は、第1温度制御工程の実行により、鉄合金層温度 T_1 に保持される。その結果、第1層の鉄合金層は、マルテンサイト組織に変化することなく、オーステナイト組織に保持される。

30

【0042】

また、第1層の下側の第2層の温度は、第1温度制御工程の実行により、鉄合金層温度 T_1 に保持されているものの、第2層の部位30bの温度は、その上方の第1層の部位30aが造形される際の熱伝導によって、上述したように、オーステナイト変態温度 A_3 以上の温度に上昇する。

【0043】

その後、レーザービーム2aが図6中の右方に移動するのに伴い、第2層の部位30bの温度は、オーステナイト変態温度 A_3 から急激に低下し、鉄合金層温度 T_1 まで低下する(時刻 t_1)。それ以降、部位30bを含む第2層の温度は、第1温度制御工程の実行により、鉄合金層温度 T_1 に保持される。その結果、第2層の鉄合金層も、第1層と同様に、マルテンサイト組織に変化することなく、オーステナイト組織に保持される。

40

【0044】

さらに、第2層の下側の第3層の温度は、第1温度制御工程の実行により、鉄合金層温度 T_1 に保持されているものの、第3層の部位30cの温度は、その上方で第1層の部位30aが造形される際の熱伝導によって、図7の時刻 $t_2 \sim t_3$ の間で、オーステナイト変態温度 A_3 よりも低い温度に一時的に上昇する。それにより、第3層の一部においてパーライト変態が発生するものの、温度上昇の時間が短いことで、それ以外の第3層は、オーステナイト組織に保持される。

【0045】

50

その後、レーザービーム 2 a が図 6 中の右方に移動するのに伴い、第 2 温度制御工程の実行により、ベースプレート 6 がベースプレート温度 T_2 に保持されていることで、時刻 t_3 以降、第 3 層の部位 3 0 c などの温度は、ベースプレート温度 T_2 に向かって徐々に低下することとなる。その結果、第 3 層の鉄合金層は、ほぼ全体に亘って、オーステナイト組織からマルテンサイト組織に徐々に変化することになる。これと同様に、第 4 層以下の鉄合金層も、オーステナイト組織からマルテンサイト組織に徐々に変化することになる。

【 0 0 4 6 】

次に、図 8 を参照しながら、本実施形態の製造方法で製造した鉄合金の試験データについて説明する。同図の「実施例」は、Fe が 98.20 (wt%)、C が 0.62 (wt%)、Mn が 1.1 (wt%) の割合で構成された原料粉体 20 を用い、本実施形態の製造方法によって、10 mm 角の製造した鉄合金のデータを示している。

10

【 0 0 4 7 】

この原料粉体 20 の場合、マルテンサイト変態開始温度 M_s は 255 であり、マルテンサイト変態終了温度 M_f は 178 である関係上、第 1 温度制御工程では、鉄合金層温度 T_1 が 290 ($= M_s + 35$) に制御され、第 2 温度制御工程では、ベースプレート温度 T_2 が 150 ($= M_f - 28$) に制御される。

【 0 0 4 8 】

また、比較例 1 は、比較のために、第 1 温度制御工程において、鉄合金層温度 T_1 を $M_s + 100$ よりも高い 400 ($= M_s + 145$) に制御し、第 2 温度制御工程において、ベースプレート温度 T_2 を実施例と同じ 150 に制御した場合の例である。

20

【 0 0 4 9 】

さらに、比較例 2 は、比較のために、第 1 温度制御工程において、鉄合金層温度 T_1 をマルテンサイト変態開始温度 M_s よりも低い 160 ($= M_s - 18$) に制御し、第 2 温度制御工程において、ベースプレート温度 T_2 を実施例と同じ温度 (150) に制御した場合の例である。

【 0 0 5 0 】

一方、比較例 3 は、比較のために、第 1 温度制御工程において、鉄合金層温度 T_1 を実施例よりも若干低い値 (280) に制御し、第 2 温度制御工程において、ベースプレート温度 T_2 をマルテンサイト変態終了温度 M_f よりも高い 200 ($= M_f + 22$) に制御した場合の例である。

30

【 0 0 5 1 】

まず、比較例 1 のデータでは、硬さの数値が実施例よりも小さくなっていることが判る。比較例 1 の組織観察を実施したところ、ベイナイト組織とフェライト組織が混在するものとなっており、それに起因して、上記の状態が発生したものと推定される。

【 0 0 5 2 】

また、比較例 2 のデータでは、硬さの数値が実施例よりも小さくなっているとともに、割れが発生していることが判る。これに加えて、図示しないが測定時の硬さのばらつきが大きい状態となった。比較例 2 の組織観察を実施したところ、焼き戻しマルテンサイト組織が層状に重なったものとなっており、それに起因して、上記の状態が発生したものと推定される。

40

【 0 0 5 3 】

さらに、比較例 3 のデータを参照すると、硬さの数値が実施例よりも小さくなっていることが判る。これに加えて、図示しないが測定時の硬さのばらつきが大きい状態となった。比較例 3 の組織観察を実施したところ、マルテンサイト組織、ベイナイト組織及びフェライト組織が混在するものとなっており、それに起因して、上記の状態が発生したものと推定される。

【 0 0 5 4 】

これに対して、実施例のデータでは、硬さの数値 (ピッカース硬さの平均値) が比較例 1 ~ 3 よりも大きいとともに、割れが発生していないことが判る。また、図示しないが、測定時の硬さの変動が小さい状態となった。また、実施例の組織観察を実施したところ、

50

マルテンサイト組織が得られており、それに起因して、上記の状態が発生したものと推定される。

【 0 0 5 5 】

以上のように、本実施形態の鉄合金の製造方法によれば、造形工程において、レーザービーム 2 a が鉄合金の原料粉体 2 0 に照射され、原料粉体 2 0 が熔融することにより、鉄合金層がベースプレート 6 上に積層しながら造形される。この造形工程の実行中、第 1 温度制御工程において、造形工程で造形された鉄合金層の第 1 ~ 第 3 層までの鉄合金層温度 T_1 が、 $M_s - T_1 - M_s +$ の範囲内に保持されるように制御される。したがって、造形工程で造形された鉄合金層の表層から所定数の積層は、原料粉体 2 0 の熔融により、オーステナイト変態温度を超えた後、次の金属層を造形する際において原料粉体の熔融が近傍

10

【 0 0 5 6 】

そして、原料粉体 2 0 の熔融が近傍で発生した場合、その内側の所定数までの金属層は、一時的に昇温した後、すぐに冷却されることになるので、一部の組織においてパーライト変態が発生するものの、残りの組織は、オーステナイト組織に維持されることになる。さらに、造形工程の進行に伴い、表層から所定数を超えた層は、第 2 温度制御工程で、ベースプレート温度 T_2 が、 $M_f - T_2 - M_f$ の範囲内に保持されるように制御されるので、オーステナイト組織からマルテンサイト組織に徐々に変化することになる。その結果、造形後の鉄合金層において、歪み及び割れの発生を抑制することができ、均一で強度の高いマルテンサイト組織を得ることができる。

20

【 0 0 5 7 】

なお、図 8 の実施例のデータは、第 1 温度制御工程において、鉄合金層温度 T_1 を値 $M_s + 35$ になるように制御した例であるが、これに限らず、第 1 温度制御工程において、鉄合金層温度 T_1 を前述した式 (1) が成立するような値に制御すればよい。その場合、値 は、 $0 \sim 50$ の範囲内の値に設定されることが好ましい。これは、鉄合金層温度 T_1 が $M_s + 50$ を超えた場合、マルテンサイト変態は発生しないものの、フェライト変態が発生することで、積層造形で高い強度を確保することができなくなるためである。また、値 は、 $0 \sim 20$ の範囲内の値に設定されることがより好ましい。

【 0 0 5 8 】

また、図 8 の実施例のデータは、第 2 温度制御工程において、ベースプレート温度 T_2 を値 $M_f - 28$ になるように制御した例であるが、これに限らず、第 2 温度制御工程において、ベースプレート温度 T_2 を前述した式 (2) が成立するような値に制御すればよい。その場合、値 は、 $0 \sim 50$ の範囲内の値に設定されることが好ましい。これは、ベースプレート温度 T_2 が $M_f - 50$ 未満の温度になった場合、鉄合金層温度 T_1 をマルテンサイト変態開始温度 M_s よりも高い温度に維持するのが困難になるためである。また、値 は、 $20 \sim 40$ の範囲内の値に設定されることがより好ましい。

30

【 0 0 5 9 】

また、第 2 温度制御工程の実行中、室温がマルテンサイト変態終了温度 M_f よりも高い場合にはベースプレート温度 T_2 が室温に保持されるように、ベースプレート温度 T_2 を制御してもよい。このようにベースプレート温度 T_2 を制御した場合、造形工程で造形された鉄合金層の表層から所定数の積層は、オーステナイト組織に保持されるとともに、熱歪みが緩和されながら、焼き戻し変態を受けない状態となる。それにより、実施形態と同様に、均一で強度の高いマルテンサイト組織を得ることができる。

40

【 0 0 6 0 】

さらに、図 8 の実施例のデータは、Fe が 98 . 20 (wt %)、C が 0 . 62 (wt %)、Mn が 1 . 1 (wt %) の割合で構成された原料粉体 2 0 を用いた例であるが、原料粉体の組成はこれに限らず、Fe を主体として、C、Mn、Cr、Ni の少なくとも 1 つを含むものであればよい。

【 0 0 6 1 】

50

一方、実施形態は、金属積層造形装置 1 として、パウダーベッド方式のものを用いた例であるが、これに代えて、図 9 に示すデポジション方式の金属積層造形装置 1 A を用いてもよい。この金属積層造形装置 1 A では、原料粉体 2 0 を 2 つの粉末供給ノズル 2 1 , 2 1 から噴射し、それをレーザービーム 2 a で溶融させることで、鉄合金層が積層され、それにより、鉄合金製品 3 0 が造形される。このような金属積層造形装置 1 A を用いた場合でも、実施形態の金属積層造形装置 1 を用いた場合と同様の製造方法を実施することができ、それにより、実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

また、実施形態は、レーザービーム 2 a を照射することにより、原料粉体 2 0 を溶融した例であるが、これに代えて、電子ビームを照射することにより、原料粉体 2 0 を溶融する

10

【 0 0 6 3 】

さらに、実施形態は、第 1 温度制御工程において、赤外線ヒータ 4 を制御することにより、鉄合金層温度 T 1 を制御した例であるが、これに代えて、レーザー発振器 2 のレーザービーム 2 a により、鉄合金の表層から第 3 層までの表層温度 T 1 を制御するように構成してもよい。その場合には、レーザービーム照射によって原料粉体 2 0 を溶融させ、鉄合金の第 1 層を一端から他端まで作成した後、レーザー発振器 2 の出力を低下させた状態で、レーザービーム 2 a を鉄合金の表面全体に亘って照射することにより、鉄合金層温度 T 1 を、 $M s$ T 1 $M s +$ が成立するように制御すればよい。

【 0 0 6 4 】

一方、実施形態は、鉄合金層温度 T 1 を第 1 ~ 第 3 層までの鉄合金層の温度とした例であるが、これに代えて、鉄合金層温度 T 1 を第 1 ~ 第 2 層までの鉄合金層の温度としてよく、鉄合金層温度 T 1 を第 1 ~ 第 n (n は 4 以上の整数) 層までの鉄合金層の温度としてもよい。

20

【 0 0 6 5 】

また、実施形態は、鉄合金として、鉄合金製品 3 0 を製造した例であるが、鉄合金として、鉄合金製品 3 0 以外の、鉄合金材などを製造するように構成してもよい。

【符号の説明】

【 0 0 6 6 】

- 1 金属積層造形装置
- 2 レーザ発振器
- 2 a レーザビーム
- 6 ベースプレート (ベース台)
- 2 0 原料粉体
- 3 0 鉄合金製品

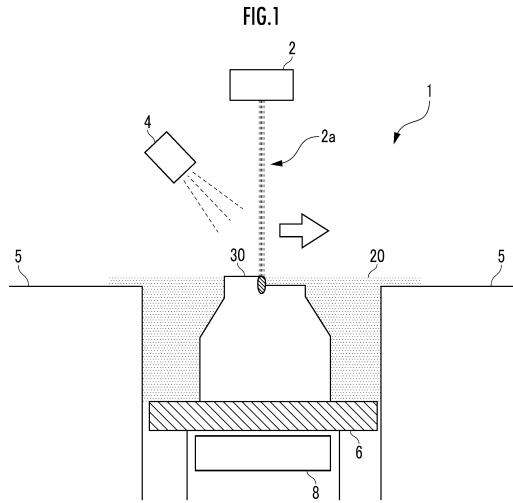
30

40

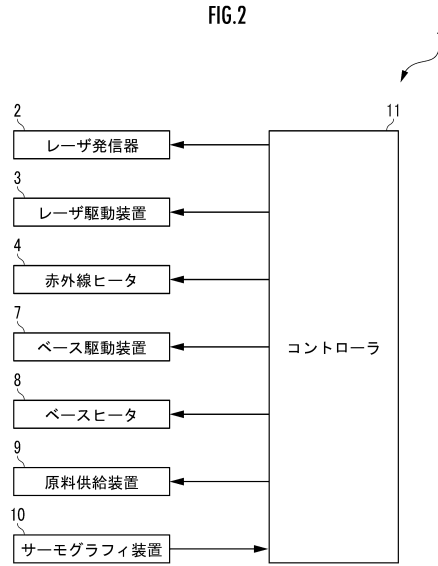
50

【図面】

【図 1】

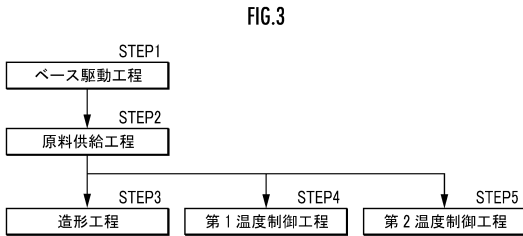


【図 2】

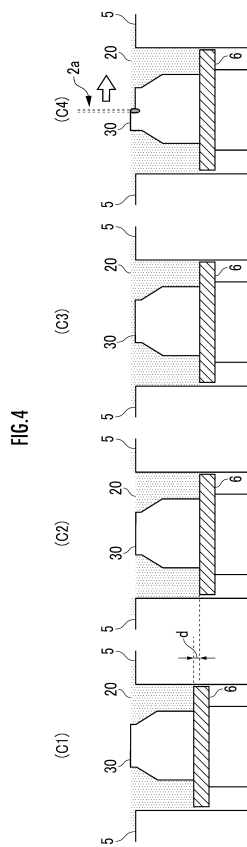


10

【図 3】



【図 4】



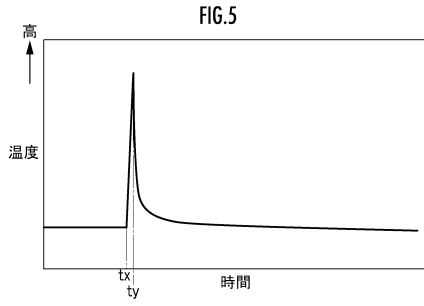
20

30

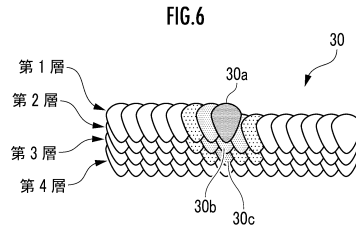
40

50

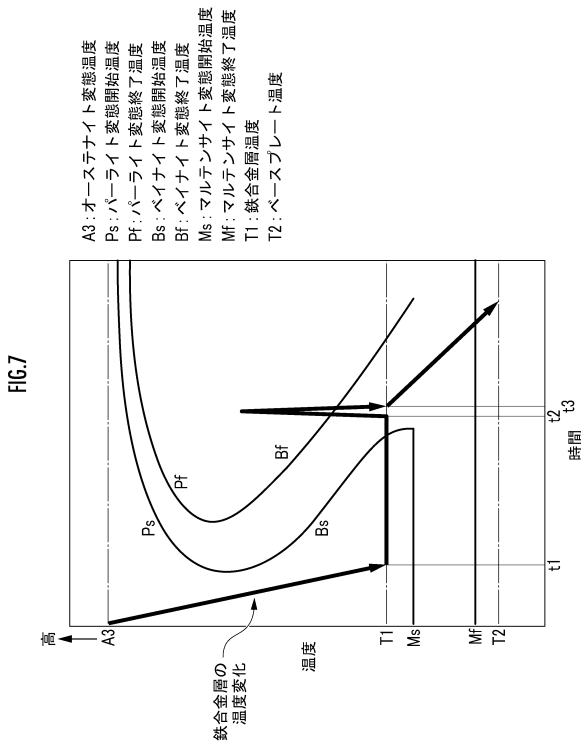
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

FIG. 8

	積層造形条件		試験結果	
	鉄合金層温度 T1 (°C)	ベースプレート温度 T2 (°C)	硬さ(HV)	割れ
実施例	280°C	150°C	820±15	なし
比較例1	400°C	150°C	680±50	なし
比較例2	160°C	150°C	625±20	あり
比較例3	280°C	200°C	570±255	なし

10

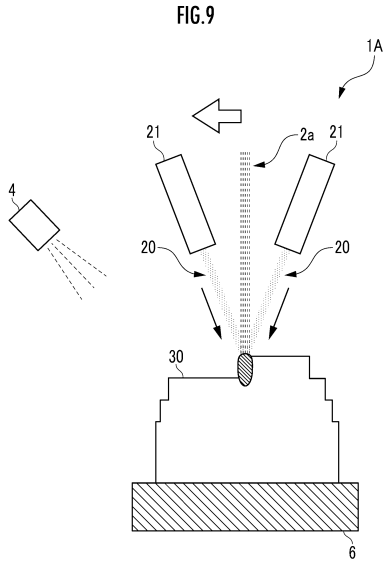
20

30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (51)国際特許分類
- | | | | | |
|---------|-----------------|---------|-------|-------|
| | | F I | | |
| C 2 2 C | 38/00 (2006.01) | C 2 2 C | 38/00 | 3 0 4 |
- (56)参考文献
- 特開 2 0 1 9 - 0 4 4 2 1 0 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 1 4 7 9 9 2 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 2 1 0 4 9 0 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- B 2 2 F 1 / 0 0 , 3 / 1 0 5 , 3 / 1 6 , 3 / 2 4 ,
1 0 / 2 0 , 1 0 / 2 8
B 3 3 Y 1 0 / 0 0 , 5 0 / 0 2
C 2 2 C 3 8 / 0 0