

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7640432号
(P7640432)

(45)発行日 令和7年3月5日(2025.3.5)

(24)登録日 令和7年2月25日(2025.2.25)

(51)国際特許分類		F I			
B 2 2 F	10/64 (2021.01)	B 2 2 F	10/64		
B 2 2 F	10/38 (2021.01)	B 2 2 F	10/38		
B 2 2 F	10/62 (2021.01)	B 2 2 F	10/62		
B 3 3 Y	40/20 (2020.01)	B 3 3 Y	40/20		
C 2 3 C	26/00 (2006.01)	C 2 3 C	26/00		
				B	
請求項の数 4 (全14頁)					
(21)出願番号	特願2021-177586(P2021-177586)	(73)特許権者	504137912		
(22)出願日	令和3年10月29日(2021.10.29)		国立大学法人 東京大学		
(65)公開番号	特開2023-66788(P2023-66788A)		東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号		
(43)公開日	令和5年5月16日(2023.5.16)	(73)特許権者	000003207		
審査請求日	令和6年3月7日(2024.3.7)		トヨタ自動車株式会社		
			愛知県豊田市トヨタ町 1 番地		
		(74)代理人	100103894		
			弁理士 家入 健		
		(72)発明者	長藤 圭介		
			東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立		
			大学法人 東京大学内		
		(72)発明者	土屋 舜太郎		
			東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立		
			大学法人 東京大学内		
		(72)発明者	小沢 智大		
				最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 金属積層造形品の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部空間を有する金属積層造形品の製造方法であって、

前記金属積層造形品の前記内部空間の内壁面にメッキ加工を行い、メッキ皮膜を前記内壁面上に形成するメッキ工程と、

前記金属積層造形品を加熱して、前記メッキ皮膜を溶融することによって、溶融体を前記内壁面上に生成する加熱工程と、を備え、

前記メッキ皮膜の融点は、前記金属積層造形品の融点と比較して低い、

金属積層造形品の製造方法。

【請求項 2】

内部空間を有する金属積層造形品の製造方法であって、

前記金属積層造形品の前記内部空間の内壁面にメッキ加工を行い、メッキ皮膜を前記内壁面上に形成するメッキ工程と、

前記メッキ工程を実施した後において、半田ペーストを前記メッキ皮膜上に供給する半田ペースト供給工程と、

前記金属積層造形品を加熱して、前記半田ペーストを溶融することによって、溶融体を前記内壁面上に生成する加熱工程と、を備え、

前記半田ペーストの融点は、前記金属積層造形品の融点及び前記メッキ皮膜の融点と比較して低い、

金属積層造形品の製造方法。

【請求項 3】

前記メッキ皮膜は、銀メッキ皮膜である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の金属積層造形品の製造方法。

【請求項 4】

前記金属積層造形品の前記内部空間の前記内壁面において、面荒れ領域が有る場合、
前記加熱工程において、前記面荒れ領域が前記内部空間の下側に位置するように前記金属積層造形品の姿勢を保ったまま前記金属積層造形品を加熱する、
ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の金属積層造形品の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

【0001】

本発明は、金属積層造形品の製造方法に関し、特に、内部空間を有する金属積層造形品の製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 に開示の金属積層造形品の製造方法は、3 次元積層造形方法を用いて、複数の配管を有する棒状構造物を備えた金属積層造形品を製造する。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

20

【文献】特開 2020 - 070453 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

本願発明者等は、以下の課題を発見した。

3 次元積層造形方法を用いて、内部空間を有する金属積層造形品を造形すると、内部空間の上側の内壁面において、表面が荒れた面荒れ領域が発生する場合がある。このような場合、面荒れ領域に応力が集中して、破損が発生し易くなることがあった。

【0005】

本発明は、上述した課題を鑑み、内部空間の内壁面を平滑化する金属積層造形品の製造方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明の一態様に係る金属積層造形品の製造方法は、
内部空間を有する金属積層造形品の製造方法であって、
前記金属積層造形品の前記内部空間の内壁面にメッキ加工を行い、メッキ皮膜を前記内壁面上に形成するメッキ工程と、
前記金属積層造形品を加熱して、溶融体を前記内壁面上に生成する加熱工程と、を備える。

【0007】

40

このような構成によれば、溶融体を内壁面上に生成することによって、内壁面の面荒れ領域の底に浸透させる。これによって、面荒れ領域の表面を平滑化して、応力の集中を抑制し、破損の発生を抑制する。

【0008】

また、前記加熱工程において、前記金属積層造形品を加熱して、前記メッキ皮膜を溶融することによって、前記溶融体を前記内壁面上に生成することを特徴としてもよい。

【0009】

このような構成によれば、メッキ皮膜由来の溶融体を内壁面上に生成することによって、内壁面の面荒れ領域の底に浸透させることができる。平滑な膜を面荒れ領域の表面に形成して、面荒れ領域の表面の平滑化を図ることができる。

50

【 0 0 1 0 】

また、前記メッキ皮膜の融点は、前記金属積層造形品の融点と比較して低いことを特徴としてもよい。

【 0 0 1 1 】

このような構成によれば、加熱工程において、金属積層造形品の温度を、金属積層造形品の融点よりも低い温度に設定することができる。そのため、金属積層造形品への熱影響を抑制することができる。

【 0 0 1 2 】

また、前記メッキ工程を実施した後において、半田ペーストを前記メッキ皮膜上に供給する半田ペースト供給工程をさらに備え、

前記加熱工程において、前記金属積層造形品を加熱して、前記半田ペーストを溶融することによって、前記溶融体を前記内壁面上に生成することを特徴としてもよい。

【 0 0 1 3 】

このような構成によれば、半田ペースト由来の溶融体を内壁面上に生成することによって、内壁面の面荒れ領域の底に浸透させることができる。平滑な膜を面荒れ領域の表面に形成して、面荒れ領域の表面の平滑化を図ることができる。また、多くの場合、半田ペーストの融点は、メッキ皮膜、及び金属積層造形品の融点よりも低い。そのため、加熱工程における金属積層造形品の温度を抑制し、金属積層造形品への熱影響を抑制することができる。

【 0 0 1 4 】

前記メッキ皮膜は、銀メッキ皮膜であることを特徴としてもよい。

【 0 0 1 5 】

このような構成によれば、銀メッキ皮膜と、半田ペースト由来の膜とが強固に接合するため、安定した半田ペースト由来の膜を面荒れ領域の表面に生成することができる。

【 0 0 1 6 】

前記金属積層造形品の前記内部空間の前記内壁面において、面荒れ領域が有る場合、

前記加熱工程において、前記面荒れ領域が前記内部空間の下側に位置するように前記金属積層造形品の姿勢を保ったまま前記金属積層造形品を加熱することを特徴としてもよい。

【 0 0 1 7 】

このような構成によれば、加熱工程において、溶融体が、内部空間の下側に位置する面荒れ領域に集中する。これによって、平滑な膜の厚みを増大して、面荒れ領域の表面の平滑化を図ることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明は、内部空間の内壁面を平滑化する金属積層造形品の製造方法を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 実施の形態 1 に係る金属積層造形品の製造方法を示すフローチャートである。

【 図 2 】 実施の形態 1 に係る金属積層造形品の製造方法の一部の工程を示す模式図である。

【 図 3 】 実施の形態 1 に係る金属積層造形品の製造方法の一部の工程を示す模式図である。

【 図 4 】 実施の形態 1 に係る金属積層造形品の製造方法の加熱工程 S T 1 2 の一例における経過時間に対する温度を示すグラフである。

【 図 5 】 実施の形態 2 に係る金属積層造形品の製造方法を示すフローチャートである。

【 図 6 】 実施の形態 2 に係る金属積層造形品の製造方法の一部の工程を示す模式図である。

【 図 7 】 実施の形態 2 に係る金属積層造形品の製造方法の一部の工程を示す模式図である。

【 図 8 】 メッキ皮膜を生成した後の金属積層造形品の内部空間を示す写真である。

【 図 9 】 一つの実施例に係る金属積層造形品の内部空間を示す写真である。

【 図 1 0 】 実施例に係る金属積層造形品の内部空間について観察した部位を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図 1 1】実施例に係る金属積層造形品の内部空間について観察した部位の断面を示す模式断面図である。

【図 1 2】メッキ皮膜を生成した後の金属積層造形品の断面について E P M A（電子線プロトマイクロアナライザー）分析の結果の一例である。

【図 1 3】メッキ皮膜を生成した後の金属積層造形品の断面について E P M A 分析の結果の一例の拡大図である。

【図 1 4】一つの実施例に係る金属積層造形品の断面について E P M A 分析の結果の一例である。

【図 1 5】一つの実施例に係る金属積層造形品の断面について E P M A 分析の結果の一例の拡大図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明を適用した具体的な実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。ただし、本発明が以下の実施形態に限定される訳ではない。また、説明を明確にするため、以下の記載及び図面は、適宜、簡略化されている。

【0021】

（実施の形態 1）

図 1～図 4 を参照して実施の形態 1 について説明する。図 1 は、実施の形態 1 に係る金属積層造形品の製造方法を示すフローチャートである。図 2 及び図 3 は、図 1 に示す金属積層造形品の製造方法の一部の工程を示す模式図である。図 4 は、図 1 に示す加熱工程 S T 1 2 の一例における経過時間に対する温度を示すグラフである。なお、当然のことながら、図 2 及びその他の図面に示した右手系 $x y z$ 座標は、構成要素の位置関係を説明するための便宜的なものである。通常、 z 軸プラス向きが鉛直上向き、 $x y$ 平面が水平面であり、図面間で共通である。

20

【0022】

図 1 及び図 2 に示すように、金属積層造形品 1 0 の内部空間 1 0 a の内壁面 1 0 b にメッキ加工を行い、内部空間 1 0 a の内壁面 1 0 b 上にメッキ皮膜 1 を形成する（メッキ工程 S T 1 1）。

【0023】

金属積層造形品 1 0 は、金属積層造形（A M : Additive Manufacturing）方法を用いて製造された造形品である。金属積層造形方法では、金属粉末を溶融して凝固させたものを、積層する。金属粉末として、多種多様な金属材料からなる粉末を利用することができる。当該金属材料は、金属積層造形方法を適用可能なものであればよく、例えば、マルエージング鋼、ダイス鋼、アルミニウム合金である。ダイス鋼には、J I S 規格に定められた S K D 6 1 相当材を含む。金属積層造形品 1 0 は、内部空間 1 0 a を有する。内部空間 1 0 a は、三次元空間において仮想曲線上に延びた形状を有してもよく、例えば、回路、通路、管等である。当該仮想曲線は、屈曲部を複数備えてもよい。内部空間 1 0 a は、冷却媒体やオイルが通過してもよい。金属積層造形品 1 0 は、多種多様な製品に適用可能であるが、例えば、冷却回路又はオイル通路を含むダイカスト用金型や各種エンジン部品に好適である。三次元空間において仮想曲線上に延びた内部空間 1 0 a を有する構造物を、金属積層造形を用いて製造した場合、メルトダウンが生じて、面荒れ領域 1 0 c が内部空間 1 0 a 上部に発生することがある。

30

40

【0024】

メッキ加工として、例えば、無電解メッキを利用することができる。無電解メッキは、例えば、無電解ニッケルメッキ、無電解金メッキ、無電解銀メッキ、無電解銅ニッケルメッキ、無電解パラジウムメッキ等である。具体的には、メッキ液 G L 1 を金属積層造形品 1 0 の内部空間 1 0 a に供給して、メッキ液 G L 1 と内壁面 1 0 b とを接触させる。メッキ液 G L 1 は、金属イオンを含む。当該金属イオンは、メッキ皮膜 1 を構成する金属と同じ種類の金属原子がイオン化したものである。無電解メッキは、自己触媒型無電解メッキであってもよい。メッキ液 G L 1 が含む金属イオンは還元されて、メッキ皮膜 1 が内壁面

50

10bに析出する。メッキ液GL1には、適宜、還元剤を添加するとよい。この還元剤の添加によって、厚メッキ、すなわち、メッキ皮膜1の膜厚を増大することができる。メッキ皮膜1は、内部空間10aの内壁面10bを覆い、面荒れ領域10cも覆う。

【0025】

続いて、図1及び図3に示すように、金属積層造形品10を真空炉100において加熱して、溶融体を内壁面10b上に生成する(加熱工程ST12)。具体的には、面荒れ領域10cが内部空間10aの下側(ここでは、z軸マイナス方向)に位置するように、金属積層造形品10を真空炉100内に配置する。図4に示す温度履歴曲線H1に従うように、金属積層造形品10を加熱保持し、冷却する。より具体的には、まず、真空炉100を用いて金属積層造形品10を加熱して、金属積層造形品10の温度が常温 T_0 から所定の温度 T_1 に到達するまで昇温させる。また、金属積層造形品10の温度が所定の温度 T_1 のまま、所定の時間 $t_2 - t_1$ が経過するまで、金属積層造形品10を加熱保持する。所定の時間 $t_2 - t_1$ が経過した後、金属積層造形品10を冷却し、金属積層造形品10の温度が所定の温度 T_1 から常温 T_0 に到達するまで降温させる。

【0026】

所定の温度 T_2 、及び所定の時間 $t_2 - t_1$ は、メッキ皮膜1を溶解して溶融体を生成可能なように、設定されるとよい。具体的には、所定の温度 T_2 は、メッキ皮膜1の融点よりも高いとよい。より具体的には、メッキ皮膜1がニッケルからなる場合、所定の温度 T_2 が900以上であるとよい。メッキ皮膜1が金からなるである場合、所定の温度 T_2 が1064以上であるとよい。メッキ皮膜1が銀からなるである場合、所定の温度 T_2 が961以上であるとよい。メッキ皮膜1が銅からなるである場合、所定の温度 T_2 が1084以上であるとよい。メッキ皮膜1がパラジウムからなるである場合、所定の温度 T_2 が1552以上であるとよい。メッキ皮膜1の融点は、金属積層造形品10の融点よりも低いとよい。所定の時間 $t_2 - t_1$ は、メッキ皮膜1の体積に応じて決定してもよい。メッキ皮膜1を溶解することによって、溶融体を生成する。溶融体が凝固して、膜2が形成される。

【0027】

なお、加熱工程ST12を実施することによって、金属積層造形品10は熱影響を受ける場合がある。このような場合であっても、金属積層造形品10は、金属積層造形品として必要な特性、例えば、機械的強度等を維持する。所定の温度 T_2 、及び所定の時間 $t_2 - t_1$ は、メッキ皮膜1を溶解して、溶融体を生成可能なように、設定されるからである。また、金属積層造形品10は、メッキ皮膜1と比較して格段に大きな体積を有するからである。

【0028】

また、加熱工程ST12を実施した後、必要に応じて、金属積層造形品10の熱処理を行ってもよい。このような熱処理によって、金属積層造形品10の材質を適宜調整し、加熱工程ST12の実施による金属積層造形品10への熱影響を抑制することができる。このような熱処理は、例えば、焼き入れ処理や時効処理である。

【0029】

以上より、溶融体を内壁面10b上に生成することによって、内壁面10bの面荒れ領域10cの底に浸透させる。溶融体が凝固し、膜2が形成される。メッキ皮膜1の表面は内壁面10bの表面に倣う形状を有する。一方、膜2の表面は、溶融体の表面張力によって、メッキ皮膜1の表面から平面に近い形状へ変化する。よって、膜2は、メッキ皮膜1と比較して、平滑である。膜2は、内壁面10bを覆い、面荒れ領域10cも覆う。これによって、面荒れ領域10cの表面を平滑化して、応力の集中を抑制する。金属積層造形品10の内部空間10aの内壁面10bにおける破損の発生を抑制する。

【0030】

また、本実施の形態1に係る加熱工程ST12において、金属積層造形品10を加熱して、メッキ皮膜1を溶解することによって、溶融体を内壁面10b上に生成する。このような構成によれば、メッキ皮膜1由来の溶融体を内壁面10bに生成することによって、

10

20

30

40

50

内壁面 10b の面荒れ領域 10c の底に浸透させることができる。平滑な膜 2 を面荒れ領域 10c の表面に形成して、内部空間 10a の内壁面 10b の平滑化を図ることができる。

【0031】

また、本実施の形態 1 に係るメッキ皮膜 1 の融点は、金属積層造形品 10 の融点と比較して低い場合がある。このような場合、加熱工程 ST12 において金属積層造形品 10 の温度を抑制して、金属積層造形品 10 への熱影響を抑制することができる。

【0032】

(実施の形態 2)

次に、図 5 ~ 図 7 を参照して実施の形態 2 について説明する。図 5 は、実施の形態 2 に係る金属積層造形品の製造方法を示すフローチャートである。図 6 及び図 7 は、図 5 に示す金属積層造形品の製造方法の一部の工程を示す模式図である。

10

【0033】

図 5 及び図 6 に示すように、金属積層造形品 10 の内部空間 10a の内壁面 10b に無電解銀メッキを行い、内部空間 10a の内壁面 10b 上に銀メッキ皮膜 1a を形成する(メッキ工程 ST21)。メッキ工程 ST21 は、無電解銀メッキを行って銀メッキ皮膜 1a を形成するように限定されているところを除いて、図 1 及び図 2 に示すメッキ工程 ST11 と同じ構成を備える。

【0034】

続いて、図 5 及び図 7 に示すように、半田ペースト 2a を銀メッキ皮膜 1a 上に供給する(半田ペースト供給工程 ST22)。

20

【0035】

研磨体 3 を用いて、半田ペースト 2a を銀メッキ皮膜 1a 上に供給することができる。具体的には、図 7 に示すように、半田ペースト 2a を研磨体 3 に塗布する。研磨体 3 を第 1 の挟持部 24 と、第 2 の挟持部 25 との間に挟む。紐 4 の一端は第 2 の挟持部 25 に取り付けられている。紐 4 の一端及び他端の間には、第 1 の挟持部 24 が配置される。紐 4 の他端を研磨体 3 から離隔するように引っ張ると、紐 4 の一端が第 2 の挟持部 25 を研磨体 3 側に引っ張る。これによって、第 2 の挟持部 25 を第 1 の挟持部 24 側に接近させる。紐 5 は第 1 の挟持部 24 に取り付けられている。紐 5 の一端及び他端の間には、第 2 の挟持部 25 が配置される。紐 5 の他端を研磨体 3 から離隔するように引っ張ると、紐 4 の一端が第 1 の挟持部 24 を研磨体 3 側に引っ張る。これによって、第 1 の挟持部 24 を第 2 の挟持部 25 側に接近させる。第 1 の挟持部 24 及び第 2 の挟持部 25 を相互に接近させることによって、研磨体 3 を挟持する。研磨体 3、第 1 の挟持部 24、及び第 2 の挟持部 25 は、それぞれ一気通貫する孔を有し、紐 4 及び紐 5 がそれらの孔を通過してもよい。この挟持された研磨体 3 を金属積層造形品 10 の内部空間 10a へ挿入することによって、半田ペースト 2a が銀メッキ皮膜 1a に付着する。以上より、半田ペースト 2a を銀メッキ皮膜 1a 上に供給する。

30

【0036】

続いて、図 1 及び図 3 に示すように、金属積層造形品 10 を真空炉 100 において加熱して、溶融体を内壁面 10b 上に生成する(加熱工程 ST23)。具体的には、金属積層造形品 10 を加熱して、半田ペースト 2a を溶融することによって、溶融体を内壁面 10b 上に生成する。図 3 に示す加熱工程 ST12 と異なり、金属積層造形品 10 を加熱して、銀メッキ皮膜 1a を溶融しなくてもよい。

40

【0037】

具体的には、図 4 に示す温度履歴曲線 H1 に従うように、金属積層造形品 10 を加熱保持し、冷却する。所定の温度 T_2 、及び所定の時間 $t_2 - t_1$ は、半田ペースト 2a を溶融して、溶融体を生成可能なように、設定されるとよい。具体的には、所定の温度 T_2 は、半田ペースト 2a の融点よりも高く、銀メッキ皮膜 1a の融点よりも低いとよく、例えば、300 である。所定の時間 $t_2 - t_1$ は、半田ペースト 2a の体積に応じて決定してもよい。半田ペースト 2a を溶融することによって、溶融体を生成する。溶融体が凝固して、膜 2b が形成される。

50

【 0 0 3 8 】

なお、多くの場合、半田ペースト 2 a の融点は、金属積層造形品 1 0 の金属材料の融点と比較して格段に低い。そのため、加熱工程 S T 2 3 における所定の温度 T_2 は、金属積層造形品 1 0 の金属材料の融点と比較して格段に低い。従って加熱工程 S T 2 3 を実施することによって、金属積層造形品 1 0 は熱影響をほとんど受けない。さらに、加熱工程 S T 2 3 を実施した後、金属積層造形品 1 0 の熱処理を行う必要性が殆ど無い。

【 0 0 3 9 】

以上より、溶融体を内壁面 1 0 b 上に生成することによって、内壁面 1 0 b の面荒れ領域 1 0 c の底に浸透させる。溶融体が凝固し、膜 2 b が形成される。銀メッキ皮膜 1 a の表面、及び、銀メッキ皮膜 1 a に供給された半田ペースト 2 a の表面は、内壁面 1 0 b の表面に倣う形状を有する。一方、膜 2 b の表面は、溶融体の表面張力によって、銀メッキ皮膜 1 a 及び半田ペースト 2 a の表面から平面に近い形状へ変化する。よって、膜 2 b は、銀メッキ皮膜 1 a と比較して、平滑である。膜 2 b は、内壁面 1 0 b を覆い、面荒れ領域 1 0 c も覆う。これによって、面荒れ領域 1 0 c の表面を平滑化して、応力の集中を抑制し、破損の発生を抑制する。加熱工程 S T 2 3 における所定の温度 T_2 が低いことから、銀メッキ皮膜 1 a を溶融しなくてもよいし、金属積層造形品 1 0 に熱影響を殆ど与えない。

【 0 0 4 0 】

また、本実施の形態 2 に係る加熱工程 S T 2 3 において、半田ペースト 2 a 由来の膜 2 b が銀メッキ皮膜 1 a 上に形成される。銀メッキ皮膜 1 a と、半田ペースト 2 a 由来の膜 2 b とが強固に接合するため、安定した半田ペースト 2 a 由来の膜 2 b を面荒れ領域 1 0 c の表面に生成することができる。

【 0 0 4 1 】

なお、上記した半田ペースト供給工程 S T 2 2 において、半田ペースト 2 a が塗布された研磨体 3 を用いて、半田ペースト 2 a を銀メッキ皮膜 1 a 上に供給したが、これに限定されず、他の方法を用いて、半田ペースト 2 a を銀メッキ皮膜 1 a 上に供給してもよい。例えば、半田ペースト 2 a を金属積層造形品 1 0 の内部空間 1 0 a へ注入した後、ピストンを内部空間 1 0 a へ挿入することによって、半田ペースト 2 a を銀メッキ皮膜 1 a 上に供給してもよい。例えば、半田ペースト 2 a をカプセルに充填し、このカプセルを複数の研磨体 3 の間に挟み込む。続いて、複数の研磨体 3 とこのカプセルとを金属積層造形品 1 0 の内部空間 1 0 a に移動し、このカプセルを破損させ、半田ペースト 2 a を銀メッキ皮膜 1 a 上に供給してもよい。

【 0 0 4 2 】

また、上記した加熱工程 S T 2 3 において、金属積層造形品 1 0 の姿勢や向きを特定していないが、図 3 に示す加熱工程 S T 1 2 と同様に、面荒れ領域 1 0 c が内部空間 1 0 a の下側（ここでは、z 軸マイナス方向）に位置するように、金属積層造形品 1 0 を真空炉 1 0 0 内に配置してもよい。

【 0 0 4 3 】

（実施例）

次に、図 8 ～図 1 5 を参照して実施例について説明する。図 8 は、メッキ皮膜を生成した後の金属積層造形品の内部空間を示す写真である。図 9 は、一つの実施例に係る金属積層造形品の内部空間を示す写真である。図 1 0 は、実施例に係る金属積層造形品の内部空間について観察した部位を示す模式図である。図 1 1 は、図 1 0 に示す部位の断面を示す模式断面図である。図 1 2 は、メッキ皮膜を生成した後の金属積層造形品の断面について E P M A 分析の結果の一例である。図 1 3 は、図 1 2 に示す E P M A 分析の結果の一例の拡大図である。図 1 4 は、一つの実施例に係る金属積層造形品の断面について E P M A 分析の結果の一例である。図 1 5 は、図 1 4 に示す E P M A 分析の結果の一例の拡大図である。

【 0 0 4 4 】

金属積層造形方法を用いて、金属積層造形品 1 0 の一実施例を製造した。金属積層造形

10

20

30

40

50

品 1 0 の一実施例の金属材料は、マルエージング鋼である。金属積層造形品 1 0 の一実施例を切断した。この切断した金属積層造形品 1 0 の一実施例では、内部空間 1 0 a の内壁面 1 0 b は目視観察を行うことができる。さらに、実施の形態 1 に係る金属積層造形品の製造方法の一例を用いて、金属積層造形品 1 0 の一実施例についてメッキ工程 S T 1 1 を実施した。メッキ加工として、無電解ニッケルメッキを用いた。加熱工程 S T 1 2 において、所定の温度 T_1 は 9 0 0 、所定の時間 t_1 は 6 0 m i n 、所定の時間 t_2 は 9 0 m i n 、所定の時間 t_3 は 1 5 0 m i n と設定した。

【 0 0 4 5 】

メッキ皮膜 1 が形成された金属積層造形品 1 0 の一実施例である金属積層造形品 1 1 0 を、図 8 に示す。さらに、金属積層造形品 1 1 0 について加熱工程 S T 1 2 を実施した。膜 2 が生成された金属積層造形品 1 0 の一実施例である金属積層造形品 2 1 0 を、図 9 に示す。

10

【 0 0 4 6 】

図 1 0 及び図 1 1 に示すように、金属積層造形品 1 0 には、内壁面 1 0 b 近傍における断面 1 0 d における観察領域 P 1 、 P 2 、 P 3 、 P 4 がある。金属積層造形品 1 1 0 、 2 1 0 の断面 1 0 d における観察領域 P 1 、 P 2 、 P 3 、 P 4 について E P M A 分析を行った。F e (鉄)、N i (ニッケル) について分析した結果を、図 1 2 、及び図 1 4 にそれぞれ示す。また、観察領域 P 3 の拡大図を、図 1 3 、及び図 1 5 にそれぞれ示す。

【 0 0 4 7 】

図 8 に示すように、金属積層造形品 1 1 0 の内壁面 1 1 0 a には、面荒れ部が発生している。一方、図 9 に示すように、金属積層造形品 2 1 0 の内壁面 2 1 0 a は、図 8 に示す金属積層造形品 1 1 0 の内壁面 1 1 0 a と比較して、平滑である。よって、金属積層造形品 2 1 0 の内壁面 2 1 0 a の面荒れ部が平滑化されていることが確認された。

20

【 0 0 4 8 】

図 1 2 に示すように、F e の分析結果を見ると、金属積層造形品 1 1 0 の断面 1 0 d における観察領域 P 1 、 P 2 、 P 3 、 P 4 において、面荒れ部が発生していることが確認された。N i の分析結果を見ると、金属積層造形品 1 1 0 の断面 1 0 d における観察領域 P 1 、 P 2 、 P 3 、 P 4 において、メッキ皮膜が面荒れ部を覆っていることが確認された。メッキ皮膜の表面形状は、面荒れ部の表面形状に概ね倣う傾向にある。図 1 3 に示すように、メッキ皮膜の表面には、面荒れ部の表面形状に起因する谷形状が残存する。

30

【 0 0 4 9 】

図 1 4 に示すように、F e の分析結果を見ると、金属積層造形品 2 1 0 の断面 1 0 d における観察領域 P 1 、 P 2 、 P 3 、 P 4 において、面荒れ部が発生していることが確認された。N i の分析結果を見ると、金属積層造形品 1 1 0 の断面 1 0 d における観察領域 P 1 、 P 2 、 P 3 、 P 4 において、メッキ皮膜が面荒れ部を覆っていることが確認された。メッキ皮膜の表面形状は、面荒れ部の表面形状に倣っていない。図 1 5 に示すように、面荒れ部の表面形状における谷形状部分に、メッキ被膜が十分に充填されている。メッキ皮膜の表面には、面荒れ部の表面形状に起因する谷形状部分が殆ど残存していない。メッキ皮膜の表面形状は、面荒れ部の表面形状と比較して、平滑である。

【 0 0 5 0 】

40

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。また、本発明は、上記実施の形態やその一例を適宜組み合わせ実施してもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 1 】

- | | | | |
|-----------------|---------|-----------------------|--------|
| 1 | メッキ皮膜 | 1 a | 銀メッキ皮膜 |
| 2、2 b | 膜 | 2 a | 半田ペースト |
| 3 | 研磨体 | 4、5 | 紐 |
| 1 0、1 1 0、2 1 0 | 金属積層造形品 | | |
| 1 0 a | 内部空間 | 1 0 b、1 1 0 b、2 1 0 b | 内壁面 |

50

1 0 c 面荒れ領域
2 4 第 1 の挟持部
1 0 0 真空炉
G L 1 メッキ液
P 1、P 2、P 3、P 4 観察領域
S T 1 1、S T 2 1 メッキ工程
S T 2 2 半田ペースト供給工程
T 0 常温
t 1、t 2、t 3 時間

1 0 d 断面
2 5 第 2 の挟持部
H 1 温度履歴曲線
S T 1 2、S T 2 3 加熱工程
T 1、T 2 温度

【図面】

【図 1】

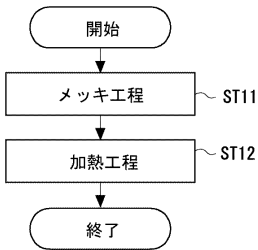


Fig. 1

【図 2】

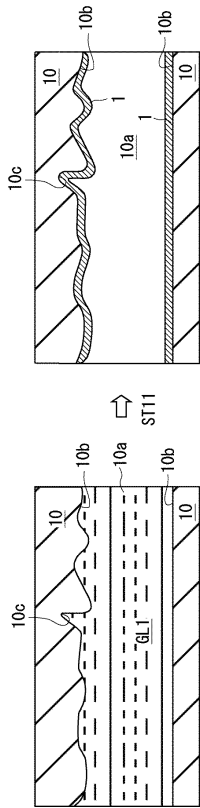


Fig. 2

10

20

30

40

50

【図 3】

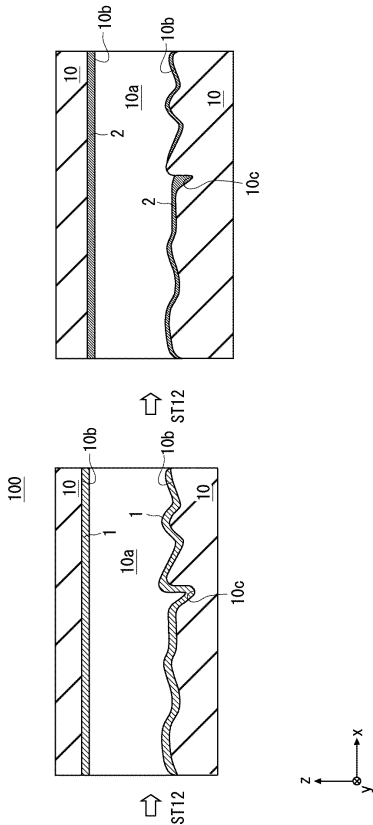


Fig. 3

【図 4】

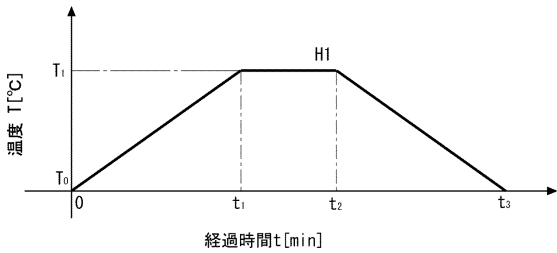


Fig. 4

【図 5】

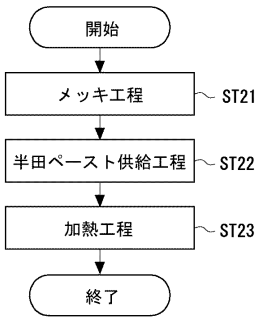


Fig. 5

【図 6】

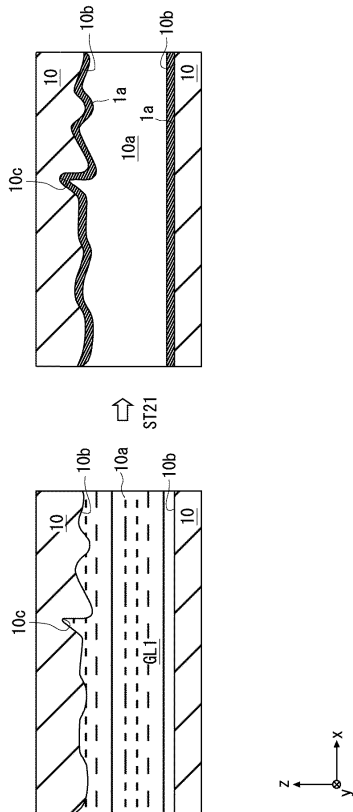


Fig. 6

10

20

30

40

50

【図 7】

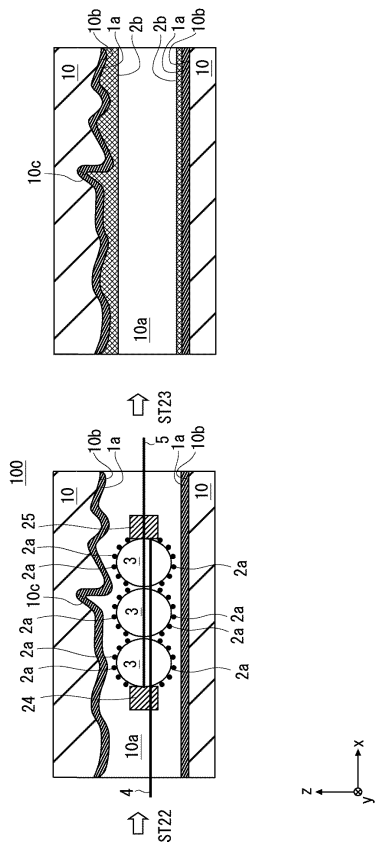


Fig. 7

【図 8】

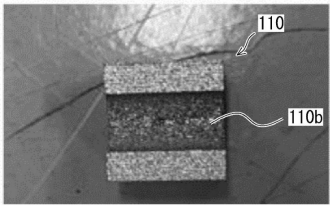


Fig. 8

10

20

【図 9】

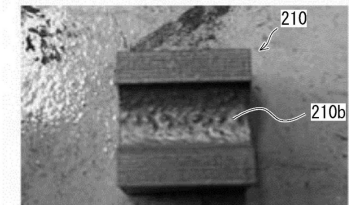


Fig. 9

【図 10】

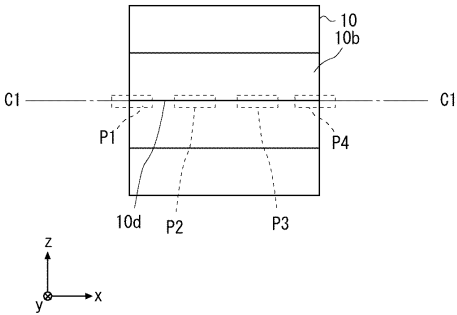


Fig. 10

30

40

50

【図 1 1】

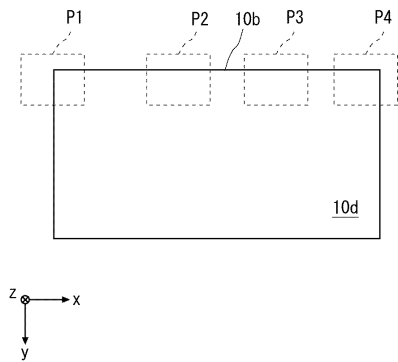


Fig. 11

【図 1 2】

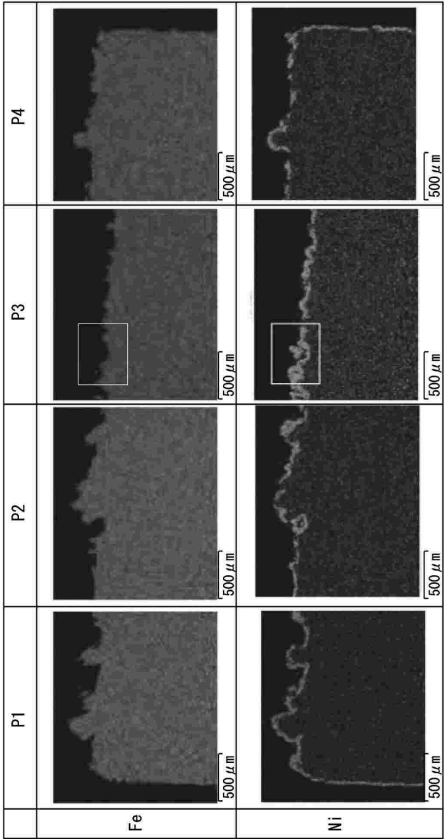


Fig. 12

【図 1 3】

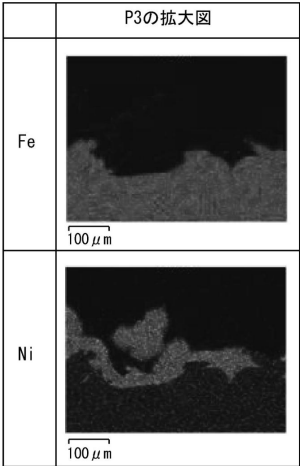


Fig. 13

【図 1 4】

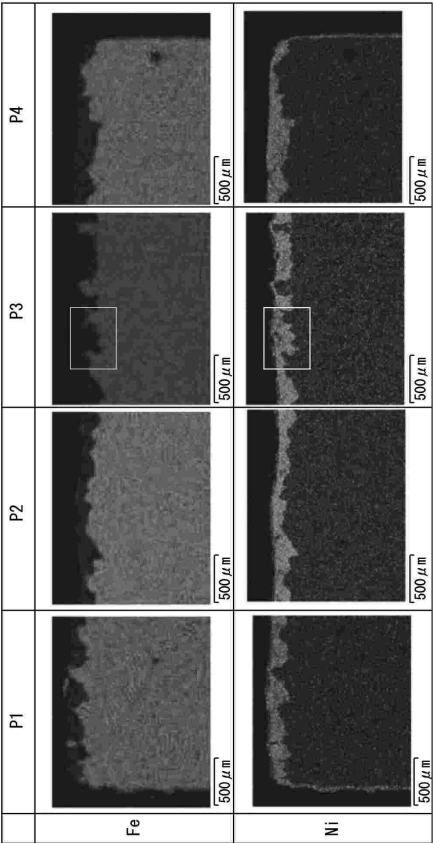


Fig. 14

10

20

30

40

50

【 図 1 5 】

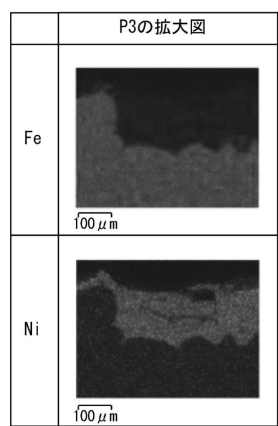


Fig. 15

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立大学法人 東京大学内
- (72)発明者 高坂 博宣
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 北岡 岳史
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
- 審査官 國方 康伸
- (56)参考文献 欧州特許出願公開第 0 3 5 3 0 7 7 4 (E P , A 1)
特開 2 0 1 1 - 0 2 6 6 7 5 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 1 8 8 7 2 7 (J P , A)
特表 2 0 1 6 - 5 4 0 8 8 7 (J P , A)
特開平 0 8 - 3 1 9 5 8 3 (J P , A)
特開平 1 0 - 3 3 5 5 3 8 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- B 2 2 F 1 / 0 0 - 8 / 0 0
B 2 2 F 1 0 / 0 0 - 1 2 / 9 0
B 2 9 C 6 4 / 0 0 - 6 4 / 4 0
B 3 3 Y 1 0 / 0 0 - 9 9 / 0 0
C 2 3 C 2 4 / 0 0 - 3 0 / 0 0