

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7043238号
(P7043238)

(45)発行日 令和4年3月29日(2022.3.29)

(24)登録日 令和4年3月18日(2022.3.18)

(51)国際特許分類

B 2 9 C	70/30 (2006.01)	F I	B 2 9 C	70/30
B 2 9 C	70/54 (2006.01)		B 2 9 C	70/54
B 2 9 C	70/16 (2006.01)		B 2 9 C	70/16
B 6 4 C	1/00 (2006.01)		B 6 4 C	1/00
B 2 9 K	105/08 (2006.01)		B 2 9 K	105:08

請求項の数 9 外国語出願 (全28頁)

(21)出願番号	特願2017-234833(P2017-234833)
(22)出願日	平成29年12月7日(2017.12.7)
(65)公開番号	特開2018-149795(P2018-149795)
	A)
(43)公開日	平成30年9月27日(2018.9.27)
審査請求日	令和2年12月7日(2020.12.7)
(31)優先権主張番号	15/412,674
(32)優先日	平成29年1月23日(2017.1.23)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)

(73)特許権者	500520743 ザ・ボーイング・カンパニー The Boeing Company アメリカ合衆国、60606-1596 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサ イド・プラザ、100
(74)代理人	110002077 園田・小林特許業務法人
(72)発明者	ヘンリー、チャールシー エリザベス アメリカ合衆国 イリノイ 60606- 2016, シカゴ, ノース リバーサ イド プラザ 100
(72)発明者	ラーキン、ジェレミー ロバート アメリカ合衆国 イリノイ 60606- 2016, シカゴ, ノース リバーサ 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 複合部品を形成するためのシステム及び方法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複合部品を形成するための方法(600)であって、
 部品仕様に基づいて、材料の複数の層を、一度に一層ずつ1つのシーケンスにおいて切断すること(600)であって、前記部品仕様が、前記複合部品を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定する、切断すること(600)と、
 レイアップデバイスの測定領域内に積層体を形成するよう、前記複数の層を、前記部品仕様に基づいて一度に一層ずつ位置付けること(612)と
 を含み、更に、

各層に関して(614)、前記層を位置付けた後であって、前記シーケンスにおける次の層を切断する前に、

前記層の画像を決定するために前記層の長さに沿ってスキャンを行うこと(614A)と、
 前記画像に基づいて、前記層の少なくとも2つのエッジを決定すること(614B)と、
 前記少なくとも2つのエッジに基づいて、前記層の前記長さに沿った複数の箇所における測定幅を決定すること(614C)と、

各箇所における前記層の前記測定幅と、前記箇所におけるターゲット幅との比較を実施すること(614D)であって、前記部品仕様により特定された前記パラメータが、前記層の前記長さに沿った各箇所における前記ターゲット幅を含む、比較を実施すること(614D)と、
 前記比較に基づいて、前記製造プロセスを調整するか否かを決定すること(614E)と、

前記製造プロセスを調整すると決定した場合には（614F）、各箇所における前記測定幅と前記ターゲット幅との前記比較に基づいて前記製造プロセスを調整することとを含み、

前記製造プロセスを調整するか否かの決定は、少なくとも1つの層に関して前記製造プロセスを調整するためのものであり、

前記製造プロセスを調整すること（614F）が、

前記複数の箇所のうちの第1箇所における前記測定幅と前記ターゲット幅との間の相違を決定すること（622）と、

前記相違に基づいて、前記シーケンスにおける前記次の層の切断に関して、前記部品仕様の少なくとも1つのパラメータを調整すること（624）と
を含む、方法（600）。

10

【請求項2】

前記画像を決定するために前記層の前記長さに沿ってスキャンを行うことが、

前記測定領域内の複数のポイントに関して、各ポイントの高さをそれぞれ測定すること（616）と、

各ポイントの測定された前記高さを前記測定領域に空間的にマッピングすることによって、前記画像を決定すること（618）と
 を含む、請求項1に記載の方法（600）。

【請求項3】

前記製造プロセスを調整すること（614F）が、

20

前記複数の箇所のうちの第1箇所における前記測定幅と前記ターゲット幅との間の相違を決定すること（626）と、

前記相違に基づいて、前記第1箇所において前記層に追加すべき前記材料の量を決定すること（628）と、

前記第1箇所において前記層に前記材料の量を追加すること（630）と
 を含む、請求項1又は2に記載の方法（600）。

【請求項4】

前記製造プロセスを調整すること（614F）が、

前記積層体から前記層を除去すること（632）と、

前記材料の交換層を切断すること（634）と、

30

前記交換層を切断すること（636）、及び前記積層体から前記層を除去することの後に、前記積層体に前記交換層を位置付けることと

を含む、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法（600）。

【請求項5】

第1層に関して決定された前記少なくとも2つのエッジに基づいて、前記シーケンスにおける前記第1層の基準中心線を決定すること（638）と、

前記第1層の後の前記シーケンスにおける各層に関して（640）、

前記層に関して決定された前記少なくとも2つのエッジに基づいて、前記層の中心線を決定すること（640A）と、

前記層の前記中心線と前記基準中心線との間の相違を決定すること（640B）と、

40

前記相違が閾値量を上回るか否かを判定すること（640C）と、

前記相違が前記閾値量を上回っていることに応じて（640D）、前記層の前記中心線と前記基準中心線との間の前記相違を小さくするよう、前記積層体に前記層を再位置付けすることと

を更に含む、請求項1から4のいずれか一項に記載の方法（600）。

【請求項6】

各層に関して（642）、

前記少なくとも2つのエッジに基づいて、前記層の表面積を決定すること（642A）と、
 前記表面積に基づいて、前記測定領域内の前記積層体の測定体積を決定すること（642B）と、

50

前記測定領域内の前記積層体の前記測定体積とターゲット体積とを比較すること(642C)であって、前記部品仕様が前記ターゲット体積を特定する、比較すること(642C)と、

前記測定体積と前記ターゲット体積との前記比較に基づいて、前記シーケンスにおける前記次の層の切断に関して前記部品仕様の少なくとも1つのパラメータを調整するか否かを決定すること(642D)と、

前記部品仕様の前記少なくとも1つのパラメータを調整すると決定した場合には(642E)、

前記比較に基づいて、前記少なくとも1つのパラメータを調整することと
を更に含み、

前記測定体積と前記ターゲット体積との前記比較に基づく前記決定は、少なくとも1つの層に関して、前記少なくとも1つのパラメータを調整するためのものである、請求項1から5のいずれか一項に記載の方法(600)。

【請求項7】

複合部品(100)を形成するためのシステム(200)であって、

材料の複数の層(110)を一度に一層(110)ずつ切断するための切断デバイス(218)と、

積層体(112)を形成するよう、前記複数の層(110)を一度に一層(110)ずつ受容する、測定領域(242)と、

前記測定領域(242)をスキャンするための測定デバイス(224)と、

コントローラ(217)であって、

前記複合部品(100)を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定するものである部品仕様(236)に基づいて、前記複数の層(110)を、一度に一層(110)ずつ1つのシーケンスにおいて切断することを、前記切断デバイス(218)に実行させることと、

各層(110)に関して、前記測定領域(242)内に前記層(110)を受容した後であって、且つ前記シーケンスにおける次の層(110)を切断することを前記切断デバイス(218)に実行させる前に、

前記層(110)の画像を決定するために前記層(110)の長さに沿ってスキャンを行うことを、前記測定デバイス(224)に実行させることと、

前記画像に基づいて、前記層(110)の少なくとも2つのエッジ(116)を決定することと、

前記少なくとも2つのエッジ(116)に基づいて、前記層(110)の前記長さに沿った複数箇所における測定幅を決定することと、

各箇所における前記層(110)の前記測定幅と、前記箇所におけるターゲット幅との比較を実施することであって、前記部品仕様(236)により特定された前記パラメータが、前記層(110)の前記長さに沿った各箇所における前記ターゲット幅を含む、比較を実施することと、

前記比較に基づいて、前記製造プロセスを調整するか否かを決定することと、

前記製造プロセスを調整すると決定した場合には、前記比較に基づいて、前記シーケンスにおける前記次の層(110)の切断に関して前記部品仕様(236)の少なくとも1つのパラメータを調整することと

を行うよう、設定されたコントローラと
を備え、

前記製造プロセスを調整するか否かの決定は、少なくとも1つの層(110)に関して前記製造プロセスを調整するためのものあり、

前記製造プロセスを調整すること(614F)が、

前記複数の箇所のうちの第1箇所における前記測定幅と前記ターゲット幅との間の相違を決定すること(622)と、

前記相違に基づいて、前記シーケンスにおける前記次の層の切断に関して、前記部品仕

10

20

30

40

50

様の少なくとも1つのパラメータを調整すること(624)と
を含む、システム(200)。

【請求項8】

前記コントローラ(217)が、

第1層(110)に関して決定された前記少なくとも2つのエッジ(116)に基づいて
、前記シーケンスにおける前記第1層(110)の基準中心線を決定することと、

前記第1層(110)の後の前記シーケンスにおける各層(110)に関して、

前記層(110)に関して決定された前記少なくとも2つのエッジ(116)に基づいて
、前記層(110)の中心線を決定することと、

前記層(110)の前記中心線(114)と前記基準中心線との間の相違を決定すること
と、

前記相違が閾値量を上回るか否かを判定することと、

前記相違が前記閾値量を上回っていることに応じて、前記層(110)の前記中心線(114)
と前記基準中心線との間の前記相違を小さくするよう、前記積層体(112)に前記層(110)
を再位置付けすることと

を行うよう、更に設定される、請求項7に記載のシステム(200)。

【請求項9】

前記コントローラ(217)が、

各層(110)に関して、

前記少なくとも2つのエッジ(116)に基づいて、前記層(110)の表面積を決定す
ることと、

前記表面積に基づいて、前記測定領域(242)内の前記積層体(112)の測定体積を
決定することと、

前記測定領域(242)内の前記積層体(112)の前記測定体積とターゲット体積とを
比較することであって、前記部品仕様(236)が前記ターゲット体積を特定する、比較
することと、

前記測定体積と前記ターゲット体積との前記比較に基づいて、前記シーケンスにおける前記次の層(110)の切断に関して前記部品仕様(236)の少なくとも1つのパラメー
タを調整するか否かを決定することと、

前記部品仕様(236)の前記少なくとも1つのパラメータを調整すると決定した場合に
は、

前記比較に基づいて、前記少なくとも1つのパラメータを調整することと
を行うよう、更に設定され、

前記測定体積と前記ターゲット体積との前記比較に基づく前記決定は、少なくとも1つの
層(110)に関して、前記部品仕様(236)の前記少なくとも1つのパラメータを調
整するためのものである、請求項7に記載のシステム(200)。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

本開示は、概して複合部品に関し、より具体的には、複合部品を形成するためのシステム
及び方法に関する。

【0002】

本書で別途指示されない限り、このセクションに記載されている材料は、特許請求の範囲
に対する従来技術ではなく、かつ、このセクションに包含されることにより従来技術であると
認められるものではない。

【0003】

複合材料は、軽量で高強度という特性を有することから、多種多様な産業において部品を
製造するために、広範に使用されている。例えば、航空宇宙産業では、例えば胴体フレー
ム構造物、ストリング、翼、水平安定板、及び/又は垂直安定板などの、航空機及び宇宙
船の軽量な構造的構成要素を作るために、複合部品が使用される。複合部品を形成するた
10

めの手法の1つは、複合材料の多重層を切断することと、所望の形状を有する型にこれらの層を位置付けることと、次いで、層が所望の形状にされている間にそれを硬化させることを、含む。

【発明の概要】

【0004】

複合部品を形成するための方法及びシステムが、開示される。一例では、複合部品を形成するための方法は、部品仕様に基づいて、材料の複数の層を、一度に一層ずつ1つのシーケンスにおいて切断することを含む。部品仕様は、複合部品を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定する。方法は、レイアップデバイスの測定領域内に、積層体を形成するよう、部品仕様に基づいて一度に一層ずつ、複数の層を位置付けることも含む。各層に関して、層を位置付けた後であって、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に、方法は、(i)層の画像を決定するために層の長さに沿ってスキャンを行うことと、(ii)この画像に基づいて、層の少なくとも2つのエッジを決定することと、(iii)少なくとも2つのエッジに基づいて、層の長さに沿った複数の箇所における測定幅を決定することと、(iv)各箇所における層の測定幅と、その箇所におけるターゲット幅との比較を実施することと、(v)この比較に基づいて、製造プロセスを調整するか否かを決定することと、(vi)製造プロセスを調整すると決定した場合には、各箇所における測定幅とターゲット幅との比較に基づいて製造プロセスを調整することとを、含む。部品仕様により特定されるパラメータは、層の長さに沿った各箇所におけるターゲット幅を含む。また、この決定は、少なくとも1つの層に関して製造プロセスを調整するためのものである。

10

20

30

40

【0005】

別の例では、複合部品を形成するためのシステムは、材料の複数の層を一度に一層ずつ切断するための切断デバイスと、積層体を形成するよう、複数の層を一度に一層ずつ受容する、測定領域と、測定領域をスキャンするための測定デバイスとを、含む。このシステムは、部品仕様に基づいて、複数の層を、一度に一層ずつ1つのシーケンスにおいて切断することを、切断デバイスに実行させるよう設定された、コントローラも含む。部品仕様は、複合部品を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定する。各層に関して、測定領域内に層を受容した後であって、そのシーケンスにおける次の層を切断することを切断デバイスに実行させる前に、コントローラは、(i)層の画像を決定するために層の長さに沿ってスキャンを行うことを、測定デバイスに実行させることと、(ii)この画像に基づいて、層の少なくとも2つのエッジを決定することと、(iii)少なくとも2つのエッジに基づいて、層の長さに沿った複数の箇所における測定幅を決定することと、(iv)各箇所における層の測定幅と、その箇所におけるターゲット幅との比較を実施することと、(v)この比較に基づいて、製造プロセスを調整するか否かを決定することと、(vi)製造プロセスを調整すると決定した場合には、比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも1つのパラメータを調整することとを行うよう、更に設定される。部品仕様により特定されるパラメータは、層の長さに沿った各箇所におけるターゲット幅を含む。この決定は、少なくとも1つの層に関して製造プロセスを調整するためのものである。

【0006】

別の例では、プログラム指令が格納されている非一過性のコンピュータ可読媒体であって、このプログラム指令は、コントローラによって実行されると、複合部品製造システムに、作動の組を実施させる、非一過性のコンピュータ可読媒体が開示される。この複合部品製造システムは、材料の複数の層を切断するための切断デバイスと、積層体を形成するよう複数の層を受容する、測定領域と、測定領域をスキャンするための測定デバイスとを、含む。作動の組は、切断デバイスによって、かつ部品仕様に基づいて、複数の層を、一度に一層ずつ1つのシーケンスにおいて、切断することを含む。部品仕様は、複合部品を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定する。作動の組は、測定領域内に、積層体を形成するよう、部品仕様に基づいて一度に一層ずつ、複数の層を位置付けること

50

も含む。各層に関して、層を位置付けた後であって、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に、作動の組は、(i) 層の画像を決定するために、層の長さに沿って、測定デバイスによってスキャンを行うことと、(i i) この画像に基づいて、層の少なくとも 2 つのエッジを決定することと、(i i i) 少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の長さに沿った複数箇所における測定幅を決定することと、(i v) 各箇所における層の測定幅と、その箇所におけるターゲット幅との比較を実施することと、(v) この比較に基づいて、製造プロセスを調整するか否かを決定することと、(v i) 製造プロセスを調整すると決定した場合には、比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断について部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することとを、更に含む。部品仕様により特定されるパラメータは、層の長さに沿った各箇所におけるターゲット幅を含む。この決定は、少なくとも 1 つの層に関して製造プロセスを調整するためのものである。

10

【 0 0 0 7 】

必要に応じて添付図面を参照しつつ下記の詳細説明を読むことで、当業者には、上記の、並びにそれ以外の態様、利点、及び代替例が明らかになろう。更に、本書のこの「発明の概要」セクション及びそれ以外のどこかに提示されている説明は、特許請求される主題を、限定ではなく例として示すことを意図していることを、理解すべきである。

【 0 0 0 8 】

実施例の特性と考えられる新規な特徴は、付随する特許請求の範囲に明記される。しかし、実施例と好ましい使用モード、それらの更なる目的及び説明は、添付図面と併せて、本開示の実施例についての下記の詳しい説明を読むことにより、最もよく理解されよう。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1 A】一例による複合部品の側面図を示す。

【図 1 B】図 1 A の複合部品の別の側面図を示す。

【図 1 C】図 1 A の複合部品の上面図を示す。

【図 2】一例による、複合部品を形成するためのシステムの簡略ブロック図を示す。

【図 3 A】一例による、レイアップデバイスの測定領域をスキャンするための測定デバイスの側面図を示す。

【図 3 B】図 3 A の、レイアップデバイスの測定領域をスキャンするための測定デバイスの別の側面図を示す。

【図 4 A】一例による、層の幅の端から端までにおける測定高さをプロット線で示しているグラフである。

30

【図 4 B】図 4 A に示すプロット線の勾配のグラフである。

【図 5 A】一例による、層の長さに沿ったターゲット幅のグラフである。

【図 5 B】図 5 A のグラフの部分拡大図である。

【図 6】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 7】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 8】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 9】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 1 0】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

40

【図 1 1】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 1 2】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 1 3】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 1 4】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 1 5】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 1 6】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 1 7】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【図 1 8】一例による、複合部品を形成するための例示的なプロセスのフロー図を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

50

1. 概要

本開示のシステム及び方法は、複合部品を形成するための製造システム及び製造方法を提供する。通常、複合部品は、未硬化の複合材料の複数の層を切断すること、これらの層を互いに重なるように位置付けて積層体を形成すること、及び、この積層体を硬化することによって、形成されうる。システムの動作は、製造プロセスに関するパラメータを特定する部品仕様に基づいて、制御されうる。例えば、部品仕様は、切断されるべき層の数量、及び各層のターゲット寸法を規定する、パラメータを特定しうる。これらのパラメータを使用することで、切断デバイスは、各層を所望の形状及びサイズに切断しうる。別の例としては、部品仕様は、層を切断することと、積層体に層を位置付けることとのシーケンスを規定するパラメータ、及び／又は、積層体における層の互いに対する位置を規定するパラメータを、特定しうる。部品仕様を使用することによって、システムは、この部品仕様に規定された所望の設計に従って複合部品を形成するよう、製造プロセスを実施しうる。

【0011】

製造プロセスにおいて、層のうちの一又は複数が、厳密には、部品仕様に規定されたように製造されないことがある。例えば、層を切断するプロセス、及び／又は位置付けるプロセスは、固有の統計的ばらつきを有することがあり、この固有の統計的ばらつきにより、複合部品が、部品仕様に対する一又は複数の差異及び／又は誤差を伴って製造される。複合部品の最終用途及び／又は業界によっては、許容可能な差異が相対的に小さいことがあるが、相対的に大きな差異は、複合部品が不合格になるという結果をもたらしうる。

【0012】

例えば航空宇宙産業においては、品質保証要件が複合部品の寸法特性に関連しうる。一部の例においては、検査官が、（例えばキャリパを使用して）個々の層のいくつかの箇所に抽出チェックを行って、その層の寸法特性が許容可能な工学上の許容誤差を上回って部品仕様から外れているか否かを、評価しうる。検査官が層を評価している間に、製造プロセスが停止することにより、製造プロセスには、相対的に長い遅延がもたらされうる。検査官が、層の寸法特性は許容可能な工学上の許容誤差に合致しないと判定した（すなわち、検査官が許容誤差外れ条件を特定した）場合、その複合部品全体が、不合格とされ、廃棄されうる。

【0013】

加えて、検査官は、製造プロセスが完了すると、複合部品の最終チェックを実施しうる。例えば、検査官は、複合部品の最終体積を評価し、この最終体積が、部品仕様の許容可能な工学上の許容誤差の範囲内であるか否かを判定しうる。一部の例においては、検査官が、個々の層の検査中に許容誤差外れ条件を特定しなくとも、最終複合部品に関して、許容誤差外れ条件を特定することがある。これは、個々の層における小さな差異が累積し、それらが集積して最終部品が許容誤差外れとなる場合に、発生しうる。あるいは、検査官は、個々の層のいくつかの箇所にだけ抽出チェックを行いうることから、一又は複数の層に関して、許容誤差外れ条件を見逃すことがある。

【0014】

ゆえに、複合部品を形成するための既存のシステム及び方法は、検査プロセス、許容誤差外れ条件、及び／又は形成された複合部品が不合格になるとことによる、遅延及び／又は材料浪費の影響を受けやすい。本開示に規定されている、複合部品を形成するためのシステム及び方法は、有利には、既存のシステム及び方法の上記の欠点を緩和することに役立つ。詳細には、本開示のシステム及び方法では、製造プロセスにおいて層を一層ずつ評価して許容誤差外れ条件を特定することによって、遅延及び浪費が減少し（又はなくなり）、かつ、許容誤差外れ条件が特定された場合には、この許容誤差外れ条件を緩和するために、製造プロセスにおける一又は複数の後続のステップが動的に調整されうる。

【0015】

例においては、各層の切断後に、測定デバイスが、層の画像を決定するために層の長さに沿ってスキャンを行いうる。コントローラは、この画像に基づいて層のエッジを決定し、かつ、これらのエッジに基づいて層の寸法を決定しうる。決定される寸法は、例えば、層

10

20

30

40

50

の長さに沿った複数箇所における測定幅、層の長さに沿った中心線、層の測定表面積、及び／又は、層の測定体積を含みうる。コントローラは、決定された寸法と、部品仕様に規定されている、この層の対応するターゲット寸法とを比較しうる。この比較に基づいて、許容誤差外れ条件が存在する（又は、プロセスの後続のステップにおいて存在することになると見込まれる）と判定されると、製造プロセスは調整される。

【0016】

一例では、製造プロセスを調整することは、部品仕様の一又は複数のパラメータを調整することを含み、後続層を切断するにはこれらのパラメータが使用される。例えば、層の測定幅が狭すぎると判定されると、製造プロセスは、より広い幅で後続の層を切断するよう、調整されうる。同様に、層の測定幅が広すぎると判定されると、製造プロセスは、より狭い幅で後続の層を切断するよう、調整されうる。追加的又は代替的な例では、製造プロセスを調整することは、積層体の層に追加材料を追加すること、積層体に層を再位置付けすること、及び／又は、交換層を除去し、切断することを、含む。例においては、システムは、有利には、中断なく許容誤差外れ条件に対応するよう、上記の動的調整を製造プロセスに実装することにより、製造効率を向上させうる。

10

【0017】

I I . 例示的な複合部品

図1Aから図1Cには、一例による複合部品100が描かれている。詳細には、図1Aには、座標系102のX-Z平面における複合部品100の側面図が描かれており、図1Bには、座標系102のY-Z平面における複合部品100の側面図が描かれており、かつ、図1Cには、座標系102のX-Y平面における複合部品の上面図が描かれている。複合部品の態様をより分かりやすく示すために、図1Aから図1Cは、互いに対して正確な縮尺にはなっていない。

20

【0018】

図1Aから図1Cに示しているように、複合部品100は、積層体112に配置された、複合材料の複数の層110を含む。使用されうる例示的な複合材料は、未硬化で予備含浸済みの補強テープ又は補強ファブリック（すなわち「プリプレグ（p r e p r e g ）」）などの、軽量材料を含む。このテープ又はファブリックは、マトリクス材料（例えば、エポキシやフェノールといったポリマー）内に埋め込まれるグラファイト纖維などの、複数の纖維を含みうる。テープ又はファブリックは、例えば求められる補強程度に応じて、単方向又は織り状のものでありうる。層110は、様々な補強程度を提供するのに好適な任意の寸法であってよく、複合部品100は、プリプレグのテープ又はファブリックの任意の数量の層を含みうる。

30

【0019】

層110は、所定の寸法及び／又は所定の配向に真っ直ぐに、互いに重なるように置かれる。積層される層110の数量は、複合部品100の最終設計の形状寸法によって変わらうる。ゆえに、複合部品100は、所定の配向に所望の厚さを有するよう、作られうる。図1Cに示しているように、図示している例の層110は、層110の2つのエッジ116の中点に層110の長さに沿って延在する共通中心線114について、層110が位置合わせされるように、積層体112において位置付けられる。共通中心線114について層110を位置合わせすることで、有利には、一部の例における部品仕様の特定の部品形状寸法の設計の実現が、容易になりうる。

40

【0020】

図1Aから図1Cに示しているように、各層110は、座標系102のY軸に平行な方向に延在する長さと、座標系102のX軸に平行な方向に延在する幅と、座標系102のZ軸に平行な方向に延在する高さとを、有する。図示している例では、層110は概して、同じ長さ及び高さと、異なる幅とを有する。また、図示している例では、層110は、概して長方形であり、積層体112の最底部層から積層体112の最上部層へと、幅が減少していく。追加的又は代替的な例では、層110は、図1Aから図1Cに描かれたものとは異なる形状、サイズ、及び／又は配向を有しうる。

50

【0021】

I III . 例示的なシステム

図2には、一例による、複合部品100を形成するためのシステム200の簡略ブロック図が描かれている。図2に示しているように、システム200は、コントローラ217と、切断デバイス218と、位置付けデバイス220と、レイアップデバイス222と、測定デバイス224と、アクチュエータ226と、硬化デバイス228と、入出力デバイス230とを、含みうる。システム200の上記の構成要素は、有線接続又は無線接続を含む任意の様態で接続されうる。更に、一部の例では、单一の物体として図示されているシステム200の構成要素が複数の物理的実体に分散されることがあり、かつ、複数の物体として図示されている構成要素が、单一の物理的実体として具現化されることもある。

10

【0022】

コントローラ217は、ハードウェア、ソフトウェア、及び／又はファームウェアを使用して実装されうる。例えば、コントローラ217は、一又は複数のプロセッサと、機械語指令又はその他の実行可能指令を記憶する、非一過性のコンピュータ可読媒体234（例えば揮発性及び／又は非揮発性のメモリ）とを含みうる。これらの指令は、一又は複数のプロセッサによって実行されると、コントローラ217に、本書に記載のシステム200の様々な動作を実施させる。

【0023】

図2に示しているように、コンピュータ可読媒体234は、複合部品100を形成するための製造プロセスに関連する複数のパラメータを特定する、部品仕様236を記憶する。例としては、部品仕様236は、複合部品100の層110の数量、各層110の一又は複数のターゲット寸法、層110を切断するシーケンス、レイアップデバイス222に層110を位置付けるシーケンス、積層体112における各層110のターゲット位置、及び／又は、製造プロセスの各ステップにおける積層体112のターゲット体積に関連する、パラメータを含みうる。一実行形態では、各層110のターゲット寸法は、層110の長さに沿った複数の箇所の各箇所におけるターゲット幅を含む。追加的又は代替的な例としては、パラメータは、下記で詳述するように製造プロセスを調整するか否かを判定するための閾値又は閾値量を規定しうる、工学上の許容誤差に関連しうる。部品仕様236のパラメータは、コンピュータ可読指令を更に含んでよく、このコンピュータ可読指令は、コントローラ217によって実行されると、複合部品100を形成するための製造プロセスを実施するようシステム200の構成要素の動作を制御する。

20

【0024】

一例では、コントローラ217は、複合部品100の設計に関連する入力を受信し、かつ、この入力からシステム200のためのパラメータを生成する、コンピュータ実装型ソフトウェアに少なくとも部分的に基づいて、部品仕様236を決定しうる。例えば、ソフトウェアは、上述の例示的なパラメータのうちの一又は複数に関連する設計態様を含む複合部品100の設計態様を特定するための、コンピュータ支援設計（computer - aided design : CAD）ソフトウェアツールを含みうる。

30

【0025】

切断デバイス218は、一度に一層ずつ、材料238を切断して複数の層110にするよう、動作可能である。一例では、切断デバイス218は、部品仕様236に基づくプログラムされた切断経路を辿るよう、一又は複数の機械軸に沿って動きうる、切断ツールを含む。例えば、部品仕様236の一又は複数のパラメータは、層110のターゲットエッジに対応する座標を規定することが可能であり、切断ツールは、この座標を含む切断経路に沿って動きうる。切断デバイス218を導くための座標は、各層110の長さに沿った複数の箇所の各箇所におけるターゲット幅を特定する、部品仕様236のパラメータに基づきうる。そのため、切断デバイス218は、層110に関する部品仕様236のパラメータにより特定されたターゲット寸法に、層110を切断する。

40

【0026】

一例では、切断デバイス218は、一又は複数の超音波カッター（複数可）であって、各

50

々が超音波トランステューサにより駆動される切断刃を有する、超音波カッターを伴う、コンピュータ数値制御（CNC）機を含みうる。超音波カッター（複数可）は、部品仕様236に基づくプログラムされた切断経路を辿るよう、一又は複数の機械軸に沿って動きうる、ツールヘッドに連結されうる。追加的又は代替的な例としては、切断デバイス218は、材料238から各層110を切断するための、一又は複数の帯のこぎり、ロータ、回し引きのこぎり、型グラインダ、及び／又はカットオフホイールを含みうる。

【0027】

レイアップデバイス222は、レイアップ面240であって、その上に積層体112を形成するよう層110が位置付けられる、レイアップ面240を有する。レイアップデバイス222は測定領域242も有し、測定領域242は、レイアップ面240から測定デバイス224（図3A～図3Bに示してあり、下記でより詳細に説明する）に向かって延在する、一定容積の自由空間を含む。そのため、レイアップデバイス222は、レイアップ面240に積層体112を形成するよう層110が位置付けられる際に、測定領域242内に、一度に一層ずつ、層110を受容する。

10

【0028】

図2に示しているように、システム200は、レイアップデバイス222の測定領域242における層110の位置付けを容易にする、位置付けデバイス220を含みうる。例えば、切断デバイス218が第1ステーションにあり、かつ、レイアップデバイス222が第2ステーションにある実行形態において、位置付けデバイス220は、層110を、切断デバイス218からレイアップデバイス222まで、一度に一層ずつ動かすための搬送デバイスを含みうる。例えば、位置付けデバイス220は、切断デバイス218からレイアップデバイス222まで、各層110をキッティング（kittting）する、一又は複数のスプールを含みうる。

20

【0029】

別の例としては、位置付けデバイス220は、各層110を物理的に操作して、測定領域242内で層110を互いに対して位置付けうるエンドエフェクタを有する、一又は複数のロボットを含みうる。このロボットは、部品仕様236に基づいて制御されうる。例えば、部品仕様236のパラメータは、各層110のターゲット位置に関してレイアップデバイス222上の座標を特定可能であり、ロボット（複数可）が、層110をターゲット箇所に動かしうる。

30

【0030】

更なる例としては、位置付けデバイス220は、レイアップ面240での層110の手動レイアップを容易にするための、物理テンプレート及び／又は投光型（light projecte d）テンプレートを含みうる。テンプレート（複数可）の操作も、部品仕様236に基づきうる。例えば、投光型テンプレートは光パターンを投影可能であり、この光パターンは、部品仕様236のパラメータによって規定された光パターンの座標に基づく、レイアップ面240での各層110の位置を示す。

【0031】

追加的又は代替的な例では、位置付けデバイス220は、切断デバイス218と組み合わされうる。例えば、一部の例では、切断デバイス218は、各層110を切断し、かつ、実質的に同時に、レイアップデバイス222に層110を位置付けうる。一実行形態では、材料238が積層体112上に置かれ、次いで切断デバイス218が、積層体112上のインシトウ（その場）で、材料から次の層110を切断する。余剰の材料238があれば、それは除去される。別の実行形態では、切断デバイス218は、単一の連続動作で、材料238を分配し、この材料238から層110を切断し、かつ、層110を位置付けうる。

40

【0032】

測定デバイス224は、レイアップ面240にある層（複数可）110の画像を決定するために、測定領域242をスキャンするよう動作可能である。例においては、測定デバイス224は、測定領域242内の複数のポイントにおいて、（i）測定デバイス224と

50

、(i i) 測定領域 242 及び / 又はレイアップ面 240 における層(複数可) 110 との間の距離を測定可能な、変位センサ(例えば、レーザ変位センサ及び / 又は超音波変位センサ)を含みうる。測定領域 242 内の各ポイントにおける測定距離は、そのポイントの高さ測定値に対応する。測定デバイス 224 によって得られた高さ測定値は、測定領域 242 における層(複数可) 110 の画像を決定するために、測定領域 242 内のそれぞれのポイントに空間的にマッピングされうる。

【0033】

測定領域 242 内のポイントの上方での測定デバイス 224 のスキャンを容易にするために、アクチュエータ 226 は、測定領域 242 に対して測定デバイス 224 を動かすよう動作可能である。例においては、アクチュエータ 226 は、測定デバイス 224 を動かすための、一又は複数の機械的アクチュエータ、油圧アクチュエータ、空気圧アクチュエータ、及び / 又は電気機械的アクチュエータを含みうる。一例では、アクチュエータ 226 は、測定デバイス 224 を、測定領域 242 内で層(複数可) 110 の長さに沿って、單一次元で動かすよう動作可能な、リニアアクチュエータを含みうる。別の例では、アクチュエータ 226 は、測定デバイス 224 を複数の次元で動かすよう動作可能である。測定デバイス 224 を複数の次元で動かすことは、例えば、測定デバイス 224 が、層(複数可) 110 及び / 又は測定領域 242 の全幅にわたってスキャンを行うよう動かされる必要がある実行形態において、有利でありうる。

【0034】

通常、アクチュエータ 226 は、測定デバイス 224 が、測定領域 242 内の複数のポイントにおける距離及び / 又は高さの測定値を得ることを可能にするように、測定デバイス 224 を動かすよう動作可能である。一例としては、アクチュエータ 226 は、測定デバイス 224 が、測定領域 242 の幅にわたってはおよそ 0.1 ミリメートル(すなわちおよそ 0.0039 インチ)ごとに、かつ、測定領域 242 の長さに沿ってはおよそ 4 ミリメートル(すなわちおよそ 0.1575 インチ)ごとに、測定値を得ることを容易にするよう、動作可能である。ゆえに、幅がおよそ 60 ミリメートル(すなわちおよそ 2.3622 インチ)で、長さがおよそ 185 ミリメートル(すなわちおよそ 7.2834 インチ)の層 110 に関して、測定デバイス 224 は、測定領域 242 内のおよそ 27750 ポイントにおける距離をそれぞれ測定する。

【0035】

図 3A 及び図 3B には、一例による、測定領域 242 内の 3 つの層 110 をスキャンしている測定デバイス 224 の側面図が描かれている。図 3A 及び図 3B では、各層 110 は、座標系 102 の Y 軸に平行な方向に延在する長さと、座標系 102 の X 軸に平行な方向に延在する幅と、座標系 102 の Z 軸に平行な方向に延在する高さとを、有する。これらのフィーチャの態様をより分かりやすく示すために、図 3A と図 3B とは、互いに対しても正確な縮尺にはなっていない。

【0036】

図 3A 及び図 3B に示しているように、層 110 は、測定領域 242 の第 1 平面(例えば、座標系 102 の X-Y 平面に平行な平面)内に延在する平坦な表面であるレイアップ面 240 で、積層体 112 に配置される。同じく図 3A 及び図 3B に示しているように、測定デバイス 224 は、測定領域 242 の第 1 端部 242A から測定領域 242 の第 2 端部 242B まで、レイアップ面 240 の上方の軌道 344 に沿って動きうる。ゆえに、軌道 344 は第 2 平面内の測定デバイス 224 の動きを導き、この第 2 平面は、第 1 平面に平行であり、かつ、一定の距離だけ第 1 平面の上方にある。これにより、測定デバイス 224 が、トップダウン式に、層 110 の長さに沿ってスキャンを行うことが可能になる。

【0037】

図 2 を再度参照するに、硬化デバイス 228 は、積層体 112 を硬化するよう動作可能である。例えば、硬化デバイス 228 は、積層体 112 の層 110 に熱及び / 又は圧力を印加するための、オートクレーブ及び / 又は真空バッグシステムを含みうる。

【0038】

10

20

30

40

50

入出力ユニット 230 は、ユーザから入力を受信し、かつ / 又は、ユーザに出力を提示するよう設定された、一又は複数のデバイスを含む。例えば、入出力ユニット 230 は、ユーザに情報を出力するよう設定されているディスプレイを含みうる。一実行形態では、ディスプレイは、ユーザに情報を出力し、かつユーザ入力を受信するよう設定された、タッチスクリーンである。入出力ユニット 230 は、追加的かつ / 又は代替的には、ユーザ入力を受信するよう設定された、一又は複数のボタン、スイッチ、レバー、マイクなど、及び / 又は、ユーザに視覚的 / 聴覚的出力を提示するよう設定された、一又は複数のスピーカー、インジケータライトなどを含みうる。上述のように、入出力ユニット 230 は、ユーザから入力を受信し、かつ / 又は、ユーザに出力を提示するために、コントローラ 217 に通信可能に連結される。

10

【0039】

例においては、システム 200 は、自律的及び / 又は半自律的に動作するよう設定される。更に、システム 200 は、一例による例示として図 2 に示されており、追加的又は代替的な例においては、より多い又はより少ない数の構成要素を含みうる。

【0040】

I V . 例示的な工程

稼働中に、システム 200 は、複合部品 100 を形成するための工程のシーケンスを含む、製造プロセスを実施する。例においては、この製造プロセスは、(i) 部品仕様 236 に基づいて、材料の複数の層 110 を、一度に一層ずつ 1 つのシーケンスにおいて、切断デバイス 218 によって切断することと、(ii) レイアップデバイス 222 の測定領域 242 内に、積層体 112 を形成するよう、部品仕様 236 に基づいて一度に一層ずつ層を位置付けることと、(iii) 各層 110 を位置付けた後に、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に製造プロセスを調整するか否かを決定するために、層 110 を評価することと、(iv) 製造プロセスを調整すると決定した場合には、評価に基づいて、製造プロセスの調整を決定し、実装することとを、含む。

20

【0041】

切断デバイス 218 は、層を切断するために、最初に材料供給部から材料 238 を受容する。切断デバイス 218 は次いで、部品仕様 236 に基づいて、材料 238 の層 110 を、一度に一層ずつ 1 つのシーケンスにおいて切断する。上述のように、切断デバイス 218 の動作は、部品仕様 236 のパラメータに基づいて制御されうる。例えば、切断デバイス 218 は、部品仕様 236 のパラメータに基づいて、プログラムされたシーケンスで、プログラムされた数量の層を、プログラムされた寸法に、切断しうる。

30

【0042】

一実行形態では、切断デバイス 218 は、層 110 に関する部品仕様 236 のパラメータにより特定された座標に基づくプログラムされた切断経路に沿って動くことによって、各層 110 を切断しうる。ゆえに、部品仕様 236 に規定された座標により、層 110 の長さに沿った複数箇所における一又は複数のターゲット幅に従った、各層 110 の切断が容易になりうる。一実行形態では、座標は、層 110 のターゲット幅の変化が求められる、ターニングポイントを表わしうる。

【0043】

層 110 は、レイアップデバイス 222 の測定領域 242 内に積層体 112 を形成するよう、部品仕様に基づいて一度に一層ずつ位置付けられる。例えば、位置付けデバイス 220 は、部品仕様 236 のパラメータにより特定された座標に基づいて、層 110 を互いにに対して位置付けうる。座標は、層 110 のターゲット位置を表わしうる。一実行形態では、層 110 のターゲット位置は、積層体 112 において、各層 110 の中心線 114 と他の層 110 の中心線 114 とを位置合わせするよう、設定される。

40

【0044】

上述のように、部品仕様 236 に基づいて層 110 を位置付けることは、追加的又は代替的には、部品仕様 236 により特定された層 110 のシーケンスに従って、一度に一層ずつ、層 110 を位置付けることを含みうる。例においては、シーケンスにおける第 1 層 1

50

10がレイアップ面240に位置付けられて、積層体112の形成が始まり、次いで、そのシーケンスにおける後続の各層110が、そのシーケンスにおける先行層110の上に位置付けられる。

【0045】

層110が測定領域242内に位置付けられた後であって、そのシーケンスにおける次の層が切断される前に、各層110を評価するために、測定デバイス224は、層110の画像を決定するよう、層110の長さに沿ってスキャンを行う。一例では、測定デバイス224は、層110の長さに沿ってスキャンを行うと同時に、測定領域242内の複数のポイントにおいて、高さを測定する。測定デバイス224及び/又はコントローラ217は次いで、各ポイントの測定高さを測定領域242に空間的にマッピングして、画像を形成しうる。一実行形態では、コントローラ217は、種々の高さ測定値に複数のグレイスケール値をコーディングすることによって、画像のグラフ表示も生成する。入出力デバイス230が、オペレータにこのグラフ表示を出力しうる。

10

【0046】

コントローラ217は、画像に基づいて、層110の少なくとも2つのエッジ116を決定する。例えば、コントローラ217は、測定領域242内の複数のポイントの第1の組と、測定高さが閾値量よりも大きく変化している、測定領域242内の複数のポイントの第2の組とを、決定しうる。閾値量は、例えば、層110の厚さに基づきうる。

【0047】

図4Aには、一例による、層110の長さに沿った単一の箇所に関して、測定領域242内の複数のポイントにおける測定高さのグラフ400が示されており、図4Bには、図4Aのプロット線の勾配のグラフ402が示されている。図4A及び図4Bに示しているように、層110のエッジ116はポイント404によって示されており、このポイント404における測定高さ（ひいては勾配）は、閾値量よりも大きく変化している。一例としては、閾値量は、図4Bに図示している例では、およそ0.0025インチの勾配の変化でありうる。

20

【0048】

コントローラ217は、少なくとも2つのエッジ116に基づいて、層110の長さに沿った各箇所における測定幅を決定する。例えば、コントローラ217は、第1の組のポイントと、その箇所における層110のエッジ116に対応する、第2の組のポイントとの間の距離を決定することによって、各箇所における測定幅を決定しうる。

30

【0049】

コントローラ217は次いで、各箇所における層110の測定幅と、部品仕様236のパラメータにより特定されている、その箇所におけるターゲット幅との比較を実施する。コントローラ217は次に、比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に製造プロセスを調整するか否かを、決定する。例えば、コントローラ217は、各箇所における測定幅とターゲット幅との間の相違を決定することによって比較を実施し、次いで、この相違が閾値量を上回るか否かを判定しうる。少なくとも1つの箇所に関して、測定幅とターゲット幅との間の相違が閾値量を上回った場合、コントローラ217は、製造プロセスを調整することを決定しうる。一例では、測定幅とターゲット幅との間の相違の閾値量は、およそ0.03インチ（すなわちおよそ0.762ミリメートル）でありうる。

40

【0050】

別の例としては、コントローラ217は、ターゲット幅の推移箇所と測定幅の推移箇所との間の相違を決定することによって、比較を実施しうる。例えば、一部の実行形態では、部品仕様236は、層110の長さ全体にわたって変化する、ターゲット幅を特定しうる。ターゲット幅が変化する箇所は、幅推移箇所と称されうる。かかる実行形態では、コントローラ217は、測定幅に基づいて、一又は複数の幅推移箇所を決定し、かつ、測定幅の幅推移箇所（複数可）と、それに対応する、ターゲット幅の幅推移箇所（複数可）との間の相違を決定しうる。測定幅とターゲット幅の幅推移箇所間の相違が閾値量を上回った場合、コントローラ217は、製造プロセスを調整することを決定しうる。一例では、幅

50

推移箇所における測定幅とターゲット幅の相違の閾値量は、およそ 0 . 1 インチ（すなわちおよそ 2 . 54 ミリメートル）でありうる。

【 0 0 5 1 】

図 5 A には、一例による、1つの層 110 の長さに沿った複数の箇所におけるターゲット幅のグラフ 500 が示されている。図 5 A に示しているように、ターゲット幅は、この例では、複数の幅推移箇所 508 において変化しうる。図 5 B には、例示的な推移箇所における、図 5 A に示すグラフ 500 の一部分の拡大図が示されている。加えて、図 5 B には、部品仕様 236 に基づくターゲット幅と、測定幅とターゲット幅との間の相違の閾値量に基づく層の最大許容幅と、この閾値量に基づく最小許容幅とが示されている。図 5 B の例では、閾値量は 0 . 03 インチである。図 5 B には、ターゲット幅、及び、幅推移箇所における相違の閾値量（0 . 1 インチ）に基づく、最大許容幅推移箇所と、最少許容幅推移箇所とが、更に示されている。

10

【 0 0 5 2 】

コントローラ 217 が製造プロセスを調整すると決定した場合には、製造プロセスは、各箇所における測定幅とターゲット幅との比較に基づいて調整される。一例では、コントローラ 217 は、各箇所における測定幅とターゲット幅との間の相違に基づいて、次の層の切断に関して部品仕様 236 の少なくとも 1 つのパラメータを調整することによって、製造プロセスを調整する。例えば、第 1 箇所において層 110 の測定幅がターゲット幅を下回った場合、コントローラ 217 は、部品仕様 236 の、次の層の第 1 箇所におけるターゲット幅を広くすることによって、部品仕様 236 のパラメータ（複数可）を調整しうる。同様に、第 1 箇所において層 110 の測定幅がターゲット幅を上回った場合、コントローラ 217 は、部品仕様 236 の、次の層の第 1 箇所におけるターゲット幅を狭くすることによって、部品仕様 236 のパラメータ（複数可）を調整しうる。ゆえに、製造プロセスが次の層 110 の切断に進む際に、切断デバイス 218 は、層 110 の評価中に特定された許容誤差外れ条件を緩和するために、調整後の切断経路を辿って材料を通るよう、プログラムされることになる。

20

【 0 0 5 3 】

追加的又は代替的な例では、コントローラ 217 は、積層体 112 における 1 を上回る数の残りの層 110 に関して、ターゲット幅を広げ、かつ / 又は狭めることによって、部品仕様 236 のパラメータ（複数可）を調整しうる。例えば、コントローラ 217 は、積層体 112 における、次の 2 つの層 110 、次の 3 つの層 110 、次の 4 つの層 110 などに関して、ターゲット幅を広げ、かつ / 又は狭めることによって、部品仕様 236 のパラメータ（複数可）を調整しうる。これにより、単一の層 110 に対する相対的に大きな調整の代わりに、複数の層 110 に対するより小さな調整を行うことによって、許容誤差外れ条件の緩和がもたらされうる。

30

【 0 0 5 4 】

追加的又は代替的な例では、製造プロセスを調整することは、積層体 112 の層 110 に追加材料を追加することを含む。例えば、コントローラ 217 は、1 つの箇所における測定幅とターゲット幅との間の相違に基づいて、その箇所において層 110 に追加すべき材料の量を決定しうる。次いで、許容誤差外れ条件を緩和するために、決定された量の複合材料が、その箇所において層 110 に追加される。

40

【 0 0 5 5 】

追加的又は代替的な例では、製造プロセスを調整することは、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に、交換層 110 を除去し、切断することを含む。そのシーケンスにおける次の層を切断する前に、層 110 の評価に基づいて製造プロセスを調整することによって、システム 200 は、有利には、中断なく許容誤差外れ条件に対応するよう、製造プロセスに上記の動的調整を実装することにより、製造効率を向上させうる。

【 0 0 5 6 】

例においては、コントローラ 217 は、追加的又は代替的には、少なくとも 2 つのエッジ 116 に基づいて、層の中心線 114 を決定すること、及び、中心線 114 と基準中心線

50

とを比較することによって、層 110 を評価する。例えば、コントローラ 217 は、層 110 の長さに沿って層 110 のエッジ 116 の間に均等に離間している、測定領域 242 内のポイントの組を決定することによって、中心線 114 を決定しうる。基準中心線は、シーケンスにおける第 1 層の中心線 114 でありうる。コントローラ 217 は、層 110 の中心線 114 と基準中心線との間の相違を決定すること、及び、この相違が閾値量を上回るか否かを判定することによって、層 110 の中心線 114 と基準中心線とを比較しうる。

【 0057 】

一例では、相違が閾値量を上回るとコントローラが決定した場合には、層 110 は、層 110 の中心線 114 と基準中心線との間の相違を小さくするよう、積層体 112 に再位置付けされる。別の例では、相違が閾値量を上回るとコントローラが決定した場合には、層 110 は、層 110 の中心線 114 と基準中心線との間の相違を小さくするよう、積層体 112 から除去され、再切断される。

10

【 0058 】

また、例においては、コントローラ 217 は、追加的又は代替的には、少なくとも 2 つのエッジ 116 に基づいて層の表面積 116 を決定することによって、層 110 を評価する。層 110 の決定された表面積、及び、層 110 の既知の厚さに基づいて、コントローラ 217 は、層 110 が位置付けられた後に測定領域 242 内に存在することになる、積層体 112 の体積を決定しうる。コントローラ 217 は次いで、測定体積と、製造プロセスのこの段階において測定領域 242 内に存在していることが予測される積層体 112 のターゲット体積とを、比較する。部品仕様 236 は、製造プロセスの各段階のターゲット体積を特定しうる。

20

【 0059 】

コントローラ 217 は次いで、測定体積とターゲット体積との比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に関して部品仕様 236 の少なくとも 1 つのパラメータを調整するか否かを、決定する。例えば、コントローラ 217 は、測定体積とターゲット体積との間の相違が閾値量を上回るか否かを判定可能であり、もし上回っていれば、パラメータ（複数可）を調整することを決定しうる。コントローラ 217 がパラメータ（複数可）を調整することを決定した場合には、コントローラ 217 は、次の層の切断に関して部品仕様 236 の少なくとも 1 つのパラメータを調整しうる。

30

【 0060 】

例えば、測定体積がターゲット体積を下回った場合、コントローラ 217 は、部品仕様 236 の、次の層の一又は複数箇所におけるターゲット幅を広くすることによって、部品仕様 236 のパラメータ（複数可）を調整しうる。同様に、測定体積がターゲット体積を上回った場合、コントローラ 217 は、部品仕様 236 の、次の層の一又は複数箇所におけるターゲット幅を狭くすることによって、部品仕様 236 のパラメータ（複数可）を調整しうる。ゆえに、製造プロセスの完了時に複合部品 100 が許容不可な体積を有するというリスクを軽減するために、製造プロセスが次の層の切断に進む際に、切断デバイス 218 は、調整後の切断経路を辿って材料を通るよう、プログラムされることになる。

40

【 0061 】

追加的又は代替的な例では、製造プロセスを調整することは、複合部品 100 が許容不可な体積を有するというリスクを軽減するために、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に、積層体 112 の層 110 に追加材料を追加すること、及び / 又は、交換層 110 を除去し、切断することを、含む。

【 0062 】

全ての層 110 が切断され、積層体 112 において位置付けられた後に、硬化デバイス 228 が層 110 を硬化させる。例えば、硬化デバイス 228 は、層による積層体を硬化させて、部品仕様 236 の設計に準拠した寸法及び特性を有する最終複合部品 100 にするために、熱及び / 又は圧力を印加しうる。

【 0063 】

50

ここで図 6 を参照するに、一例による、複合部品を形成するためのプロセス 600 のフロー図が描かれている。ブロック 610において、プロセス 600 は、部品仕様に基づいて、材料の複数の層を、一度に一層ずつ 1 つのシーケンスにおいて切断することを含む。部品仕様は、複合部品を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定する。ブロック 612において、プロセス 600 は、レイアップデバイスの測定領域内に積層体を形成するよう、複数の層を、部品仕様に基づいて一度に一層ずつ位置付けることを含む。

【 0064 】

ブロック 614において、プロセス 600 は、各層に関して、層を位置付けた後であって、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に、ブロック 614A から 614F を含む複数のステップを実施することを含む。ブロック 614A に示しているように、ステップは、層の画像を決定するために層の長さに沿ってスキャンを行うことを含む。ブロック 614B において、ステップは、この画像に基づいて、層の少なくとも 2 つのエッジを決定することを含む。ブロック 614C において、ステップは、少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の長さに沿った複数の箇所における測定幅を決定することを含む。ブロック 614D において、ステップは、各箇所における層の測定幅と、その箇所におけるターゲット幅との比較を実施することを含む。部品仕様により特定されるパラメータは、層の長さに沿った各箇所におけるターゲット幅を含む。

10

【 0065 】

ブロック 614E において、ステップは、この比較に基づいて、製造プロセスを調整するか否かを決定することを含む。ブロック 614E で製造プロセスを調整すると決定した場合には、ブロック 614F において、ステップは、各箇所における測定幅とターゲット幅との比較に基づいて製造プロセスを調整することを含む。ブロック 614E における決定は、少なくとも 1 つの層に関して製造プロセスを調整するためのものである。

20

【 0066 】

図 7 から図 18 には、更なる例によるプロセス 600 の追加の態様が示されている。図 7 に示しているように、ブロック 614A の、画像を決定するために層の長さに沿ってスキャンを行うことは、ブロック 616 における、測定領域内の複数のポイントに関して、各ポイントの高さをそれぞれ測定することと、ブロック 618 における、各ポイントの測定高さを測定領域に空間的にマッピングすることによって、画像を決定することと、含みうる。図 8 に示しているように、ブロック 614B の、少なくとも 2 つのエッジを検出することは、ブロック 720 における、複数のポイントの第 1 の組、及び、測定高さが閾値量よりも大きく変化している、複数のポイントの第 2 の組を決定することを、含みうる。

30

【 0067 】

図 9 に示しているように、ブロック 614F の、製造プロセスを調整することは、ブロック 622 における、複数の箇所のうちの第 1 箇所における測定幅とターゲット幅との間の相違を決定することと、ブロック 624 における、相違に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することとを、含む。

【 0068 】

図 10 に示しているように、ブロック 624 の、部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することは、第 1 箇所において測定幅がターゲット幅を下回る場合、ブロック 624A において、部品仕様の、次の層の第 1 箇所におけるターゲット幅を広げることを、含みうる。図 11 に示しているように、ブロック 624 の、部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することは、第 1 箇所において測定幅がターゲット幅を上回る場合、ブロック 624B において、部品仕様の、次の層の第 1 箇所におけるターゲット幅を狭めることを、含みうる。

40

【 0069 】

図 12 に示しているように、ブロック 614F の、製造プロセスを調整することは、ブロック 626 における、複数の箇所のうちの第 1 箇所における測定幅とターゲット幅との間の相違を決定することと、ブロック 628 における、この相違に基づいて、第 1 箇所にお

50

いて層に追加すべき材料の量を決定することと、ブロック 630 における、第 1 箇所において層にこの量の材料を追加することとを、含む。

【0070】

図 13 に示しているように、ブロック 614F の、製造プロセスを調整することは、ブロック 632 における、積層体から層を除去することと、ブロック 634 における、材料の交換層を切断することと、ブロック 632 における交換層を切断すること、及び、ブロック 634 における積層体から層を除去することの後の、ブロック 636 における、積層体に交換層を位置付けることとを、含む。

【0071】

図 14 に示しているように、プロセス 600 は、ブロック 638 において、ブロック 614C で第 1 層に関して決定された少なくとも 2 つのエッジに基づいて、シーケンスにおける第 1 層の基準中心線を決定することも、含みうる。ブロック 640 において、プロセス 600 は、第 1 層の後のそのシーケンスにおける各層に関して、ブロック 640A から 640D に示す複数のステップを実施することを、更に含む。ブロック 640A において、ステップは、層に関して決定された少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の中心線を決定することを含む。ブロック 640B において、ステップは、層の中心線と基準中心線との間の相違を決定することを含む。ブロック 640C において、ステップは、この相違が閾値量を上回るか否かを判定することを含む。相違が閾値量を上回っていることに応じて、ブロック 640D において、ステップは、層の中心線と基準中心線との間の相違を小さくするよう、積層体に層を再位置付けすることを含む。

10

【0072】

図 15 に示しているように、ブロック 642 において、プロセス 600 は、各層に関して、ブロック 642A から 642E に示す一連のステップを実施することも含みうる。ブロック 642A において、プロセス 600 は、少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の表面積を決定することを含む。ブロック 642B において、プロセス 600 は、この表面積に基づいて、測定領域内の積層体の測定体積を決定することを含む。ブロック 642C において、プロセス 600 は、測定領域内の積層体の測定体積とターゲット体積とを比較することを含む。部品仕様はターゲット体積を特定する。ブロック 642D において、プロセス 600 は、測定体積とターゲット体積との比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整するか否かを決定することを含む。ブロック 642D で部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整すると決定した場合には、ブロック 642E において、プロセスは、比較に基づいて、この少なくとも 1 つのパラメータを調整することを含む。ブロック 642D の測定体積とターゲット体積との比較に基づく決定は、少なくとも 1 つの層に関して、少なくとも 1 つのパラメータを調整するためのものである。

20

【0073】

図 16 に示しているように、ブロック 642E の、次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することは、測定体積がターゲット体積を上回る場合、ブロック 644 において、次の層の長さに沿った少なくとも 1 つの箇所に関してターゲット幅を狭めることを含む。図 17 に示しているように、ブロック 642E の、次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することは、測定体積がターゲット体積を下回る場合、ブロック 646 において、次の層の長さに沿った少なくとも 1 つの箇所に関してターゲット幅を広げることを含む。

30

【0074】

図 18 に示しているように、ブロック 614A の、層の長さに沿ってスキャンを行うことは、ブロック 648 における、第 1 平面に平行な第 2 平面内で、測定領域の第 1 端部から測定領域の第 2 端部までレーザ変位センサを動かすことを、含みうる。積層体は、測定領域の第 1 平面内に延在する平坦な表面上に位置付けられ、第 1 平面は、第 2 平面から一定の距離にある。

40

【0075】

50

V . 例示的な変形例

図3A及び図3Bに描かれている例では、レイアップ面240は平坦な表面である。しかし別の例では、レイアップ面240は、三次元形状を有するマンドレルの表面であることもある。あるいは、図1Aから図1C、並びに図3A及び図3Bに描かれている例では、層は実質的に長方形の形状を有する。しかし、追加的又は代替的な例では、層は種々の形状及びサイズを有しうる。

【0076】

本書で使用されている「実質的に(s u b s t a n t i a l l y)」又は「約(a b o u t)」という語は、記載されている特性、パラメータ、又は値が厳密に実現される必要はないが、特性によって得られることになっている影響を無効にしない量の、許容誤差、測定エラー、測定精度限界、及び、当業者には既知のその他の要因などを含む偏差又は変動が発生しうることを、意味している。

10

【0077】

例示的な態様について上述してきた。しかし、本書に記載の構成、例、及び配置を検討すれば、当業者は、本開示の真の範囲及び本質から逸脱することなく変更及び修正がなされうるという理解に至りうる。種々の有利な態様についての説明は、例示及び説明を目的として提示されており、網羅的であること、又は開示された形態に限定することを意図するものではない。この開示内容を精査すれば、多くの修正例及び変形例が、当業者には自明となろう。更に、種々の有利な態様は、他の有利な態様とは異なる利点を提供しうるものである。選択された例示的な態様は、本開示の原理、実際の応用を説明するため、かつ、他の当業者が、様々な修正例を伴う本開示は想定される特定の使用に適したものであると理解することを可能にするために、選ばれ、説明されている。

20

【0078】

更に、本開示は以下の条項による例を含む。

【0079】

1 . 複合部品を形成するための方法であって、

部品仕様に基づいて、材料の複数の層を、一度に一層ずつ1つのシーケンスにおいて切断することであって、部品仕様が、複合部品を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定する、切断することと、

レイアップデバイスの測定領域内に積層体を形成するよう、複数の層を、部品仕様に基づいて一度に一層ずつ位置付けることとを含み、更に、

30

各層に関して、層を位置付けた後であって、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に、

層の画像を決定するために、層の長さに沿ってスキャンを行うことと、

この画像に基づいて、層の少なくとも2つのエッジを決定することと、

少なくとも2つのエッジに基づいて、層の長さに沿った複数の箇所における測定幅を決定することと、

各箇所における層の測定幅と、その箇所におけるターゲット幅との比較を実施することであって、部品仕様により特定されたパラメータが、層の長さに沿った各箇所におけるターゲット幅を含む、比較を実施することと、

40

この比較に基づいて、製造プロセスを調整するか否かを決定することと、

製造プロセスを調整すると決定した場合には、各箇所における測定幅とターゲット幅との比較に基づいて製造プロセスを調整することとを含み、

この決定は、少なくとも1つの層に関して製造プロセスを調整するためのものである、方法。

【0080】

2 . 画像を決定するために、層の長さに沿ってスキャンを行うことが、

測定領域内の複数のポイントに関して、各ポイントの高さをそれぞれ測定することと、各ポイントの測定高さを測定領域に空間的にマッピングすることによって、画像を決定することとを含む、条項1に記載の方法。

50

【0081】

3. 少なくとも 2 つのエッジを決定することが、複数のポイントの第 1 の組、及び、測定高さが閾値量よりも大きく変化している、複数のポイントの第 2 の組を決定することを含む、条項 2 に記載の方法。

【0082】

4. 製造プロセスを調整することが、

複数箇所のうちの第 1 箇所における測定幅とターゲット幅との間の相違を決定することと、

相違に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することとを含む、条項 1 に記載の方法。

10

【0083】

5. 第 1 箇所において測定幅がターゲット幅を下回っており、

部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することが、部品仕様の、次の層の第 1 箇所におけるターゲット幅を広げることとを含む、条項 4 に記載の方法。

【0084】

6. 第 1 箇所において測定幅がターゲット幅を上回っており、

部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することが、部品仕様の、次の層の第 1 箇所におけるターゲット幅を狭めることとを含む、条項 4 に記載の方法。

【0085】

7. 製造プロセスを調整することが、

複数箇所のうちの第 1 箇所における測定幅とターゲット幅との間の相違を決定することと、

この相違に基づいて、第 1 箇所において層に追加すべき材料の量を決定することと、第 1 箇所において層にこの量の材料を追加することとを含む、条項 1 に記載の方法。

20

【0086】

8. 製造プロセスを調整することが、

積層体から層を除去することと、

材料の交換層を切断することと、

交換層を切断すること、及び積層体から層を除去することの後に、積層体に交換層を位置付けることとを含む、条項 1 に記載の方法。

30

【0087】

9. 第 1 層に関して決定された少なくとも 2 つのエッジに基づいて、シーケンスにおける第 1 層の基準中心線を決定することと、

第 1 層の後のそのシーケンスにおける各層に関して、

層に関して決定された少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の中心線を決定することと、層の中心線と基準中心線との間の相違を決定することと、

この相違が閾値量を上回るか否かを判定することと、

相違が閾値量を上回っていることに応じて、層の中心線と基準中心線との間の相違を小さくするよう、積層体に層を再位置付けすることとを更に含む、条項 1 に記載の方法。

【0088】

10. 各層に関して、

少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の表面積を決定することと、

この表面積に基づいて、測定領域内の積層体の測定体積を決定することと、

測定領域内の積層体の測定体積とターゲット体積とを比較することであって、部品仕様がターゲット体積を特定する、比較することと、

測定体積とターゲット体積との比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整するか否かを決定することと、

部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整すると決定した場合には、比較に基づいて、この少なくとも 1 つのパラメータを調整することとを更に含み、

測定体積とターゲット体積との比較に基づく決定は、少なくとも 1 つの層に関して、少な

40

50

くとも 1 つのパラメータを調整するためのものである、条項 1 に記載の方法。

【 0 0 8 9 】

1 1 . 測定体積がターゲット体積を上回り、

次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することが、次の層の長さに沿った少なくとも 1 つの箇所に関してターゲット幅を狭めることを含む、条項 1 0 に記載の方法。

【 0 0 9 0 】

1 2 . 測定体積がターゲット体積を下回り、

次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することが、次の層の長さに沿った少なくとも 1 つの箇所に関してターゲット幅を広げることを含む、条項 1 0 に記載の方法。

10

【 0 0 9 1 】

1 3 . 積層体が、測定領域の第 1 平面内に延在する平坦な表面上に位置付けられ、層の長さに沿ってスキャンを行うことが、第 1 平面に平行な第 2 平面内で、測定領域の第 1 端部から測定領域の第 2 端部までレーザ変位センサを動かすことを含み、第 1 平面は第 2 平面から一定の距離にある、条項 1 に記載の方法。

【 0 0 9 2 】

1 4 . 複合部品を形成するためのシステムであって、

材料の複数の層を一度に一層ずつ切断するための切断デバイスと、

積層体を形成するよう、複数の層を一度に一層ずつ受容する、測定領域と、

20

測定領域をスキャンするための測定デバイスと、

コントローラであって、

部品仕様に基づいて、複数の層を、一度に一層ずつ 1 つのシーケンスにおいて切断することであって、部品仕様が、複合部品を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定する、切断することを、切断デバイスに実行させることと、

各層に関して、測定領域内に層を受容した後であって、そのシーケンスにおける次の層を切断することを切断デバイスに実行させる前に、

層の画像を決定するために層の長さに沿ってスキャンを行うことを、測定デバイスに実行させることと、

この画像に基づいて、層の少なくとも 2 つのエッジを決定することと、

30

少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の長さに沿った複数の箇所における測定幅を決定することと、

各箇所における層の測定幅と、その箇所におけるターゲット幅との比較を実施することであって、部品仕様により特定されたパラメータが層の長さに沿った各箇所におけるターゲット幅を含む、比較を実施することと、

この比較に基づいて、製造プロセスを調整するか否かを決定することと、

製造プロセスを調整すると決定した場合には、比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することとを行うよう、設定されたコントローラとを備え、

決定は、少なくとも 1 つの層に関して製造プロセスを調整するためのものである、システム。

40

【 0 0 9 3 】

1 5 . 測定デバイスがレーザ変位センサである、条項 1 4 に記載のシステム。

【 0 0 9 4 】

1 6 . コントローラが、

第 1 層に関して決定された少なくとも 2 つのエッジに基づいて、シーケンスにおける第 1 層の基準中心線を決定することと、

第 1 層の後のそのシーケンスにおける各層に関して、

層に関して決定された少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の中心線を決定することと、層の中心線と基準中心線との間の相違を決定することと、

50

この相違が閾値量を上回るか否かを判定することと、
相違が閾値量を上回っていることに応じて、層の中心線と基準中心線との間の相違を小さくするよう、積層体に層を再位置付けすることを行いうよう、更に設定される、条項 14 に記載のシステム。

【 0 0 9 5 】

17. コントローラが、

各層に関して、

少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の表面積を決定することと、

この表面積に基づいて、測定領域内の積層体の測定体積を決定することと、

測定領域内の積層体の測定体積とターゲット体積とを比較することであって、部品仕様がターゲット体積を特定する、比較することと、

10

測定体積とターゲット体積との比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に關して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整するか否かを決定することと、

部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整すると決定した場合には、比較に基づいて、この少なくとも 1 つのパラメータを調整することとを行うよう、更に設定され、

測定体積とターゲット体積との比較に基づく決定は、少なくとも 1 つの層に関して、部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整するためのものである、条項 14 に記載のシステム。

【 0 0 9 6 】

18. プログラム指令が格納されている非一過性のコンピュータ可読媒体であって、このプログラム指令は、コントローラによって実行されると、複合部品製造システムに作動の組を実施させ、この複合部品製造システムが、材料の複数の層を切断するための切断デバイスと、積層体を形成するよう複数の層を受容する、測定領域と、測定領域をスキャンするための測定デバイスとを含み、作動の組は、

20

部品仕様に基づいて、複数の層を、一度に一層ずつ 1 つのシーケンスにおいて、切断デバイスによって切断することであって、部品仕様が、複合部品を形成するための製造プロセスに関するパラメータを特定する、切断することと、

測定領域内に積層体を形成するよう、複数の層を、部品仕様に基づいて一度に一層ずつ位置付けることと、

各層に関して、層を位置付けた後であって、そのシーケンスにおける次の層を切断する前に、

30

層の画像を決定するために、層の長さに沿って、測定デバイスによってスキャンを行うことと、

この画像に基づいて、層の少なくとも 2 つのエッジを決定することと、

少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の長さに沿った複数の箇所における測定幅を決定することと、

各箇所における層の測定幅と、その箇所におけるターゲット幅との比較を実施することであって、部品仕様により特定されたパラメータが、層の長さに沿った各箇所におけるターゲット幅を含む、比較を実施することと、

この比較に基づいて、製造プロセスを調整するか否かを決定することと、

40

製造プロセスを調整すると決定した場合には、比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に關して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整することとを含み、決定は、少なくとも 1 つの層に関して製造プロセスを調整するためのものである、非一過性のコンピュータ可読媒体。

【 0 0 9 7 】

19. 作動の組が、

第 1 層に関して決定された少なくとも 2 つのエッジに基づいて、シーケンスにおける第 1 層の基準中心線を決定することと、

第 1 層の後のそのシーケンスにおける各層に関して、

層に関して決定された少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の中心線を決定することと、

50

層の中心線と基準中心線との間の相違を決定することと、
この相違が閾値量を上回るか否かを判定することと、
相違が閾値量を上回っていることに応じて、層の中心線と基準中心線との間の相違を小さくするよう、積層体に層を再位置付けすることとを更に含む、条項 18 に記載の非一過性のコンピュータ可読媒体。

【 0 0 9 8 】

20. 作動の組が、
各層に関して、
少なくとも 2 つのエッジに基づいて、層の表面積を決定することと、
この表面積に基づいて、測定領域内の積層体の測定体積を決定することと、
測定領域内の積層体の測定体積とターゲット体積とを比較することであって、部品仕様がターゲット体積を特定する、比較することと、
測定体積とターゲット体積との比較に基づいて、そのシーケンスにおける次の層の切断に関して部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整するか否かを決定することと、
部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整すると決定した場合には、比較に基づいて、この少なくとも 1 つのパラメータを調整することとを更に含み、
測定体積とターゲット体積との比較に基づく決定は、少なくとも 1 つの層に関して、部品仕様の少なくとも 1 つのパラメータを調整するためのものである、条項 18 に記載の非一過性のコンピュータ可読媒体。

10

20

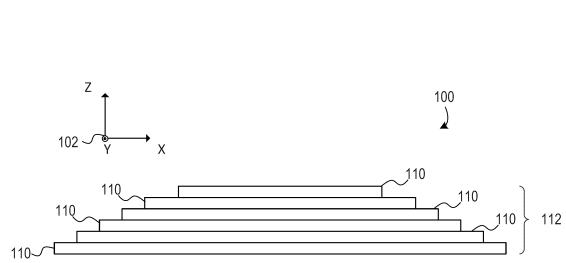
30

40

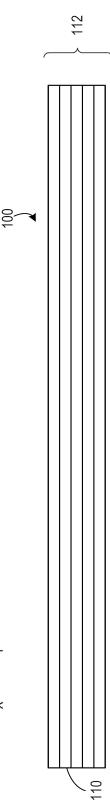
50

【図面】

【図 1 A】



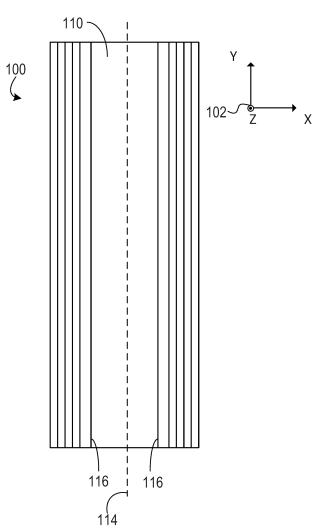
【図 1 B】



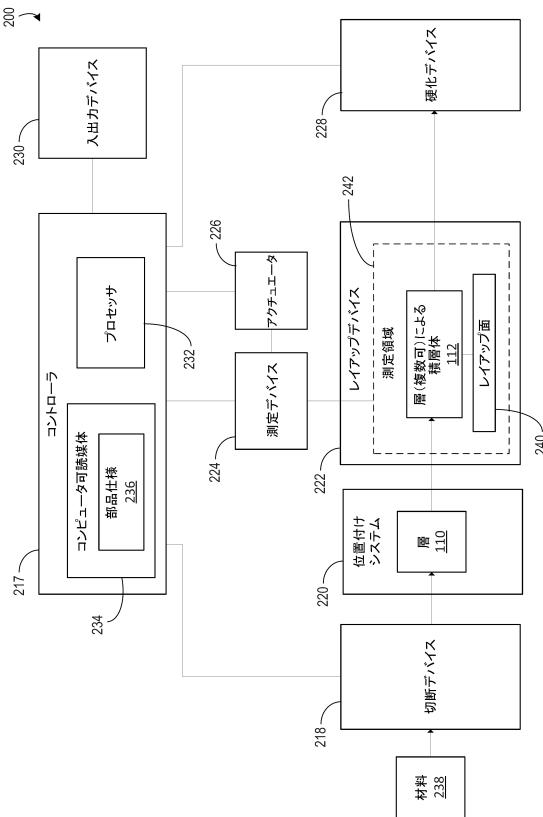
10

20

【図 1 C】



【図 2】

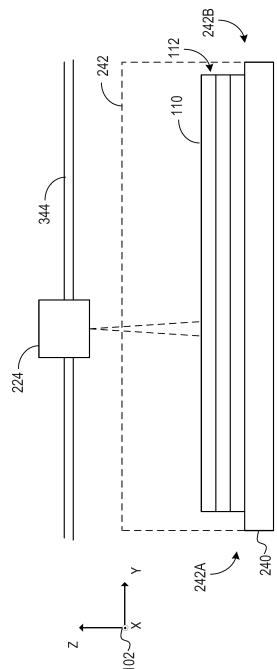


30

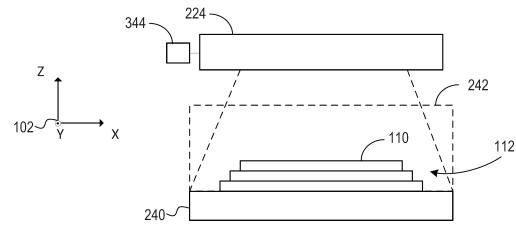
40

50

【図 3 A】



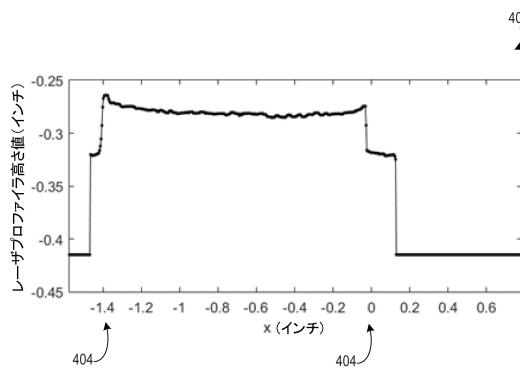
【図 3 B】



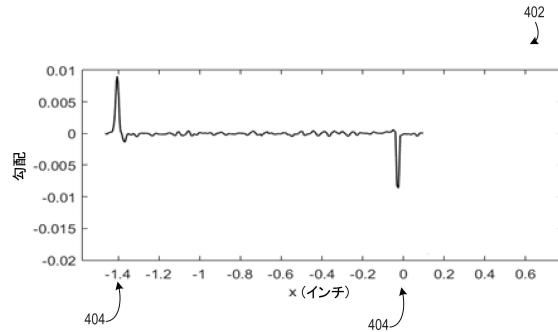
10

20

【図 4 A】



【図 4 B】

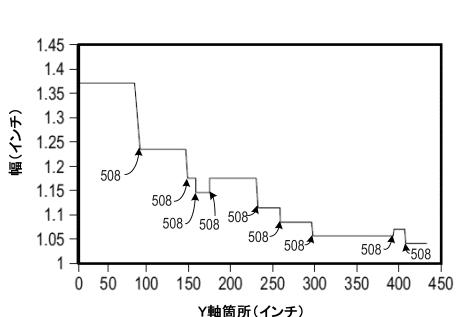


30

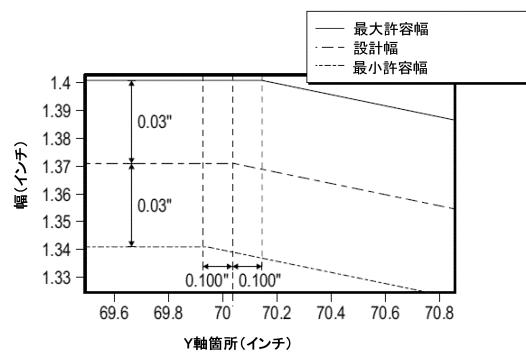
40

50

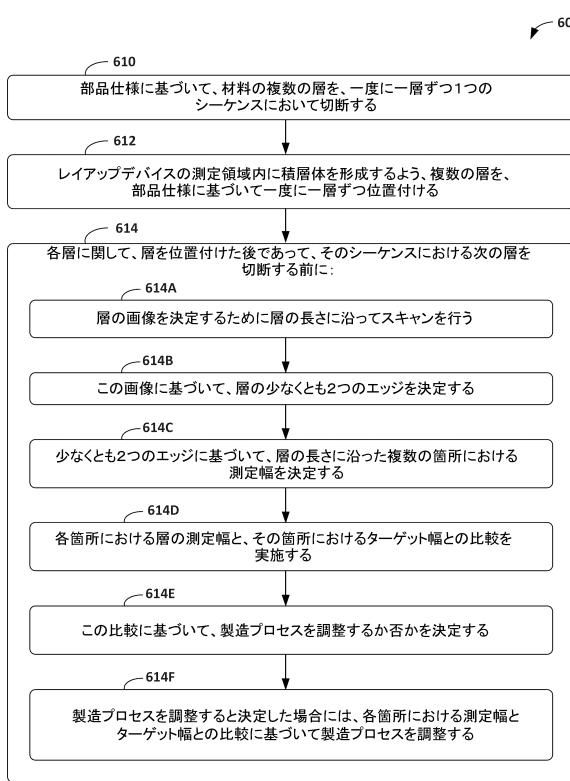
【図 5 A】



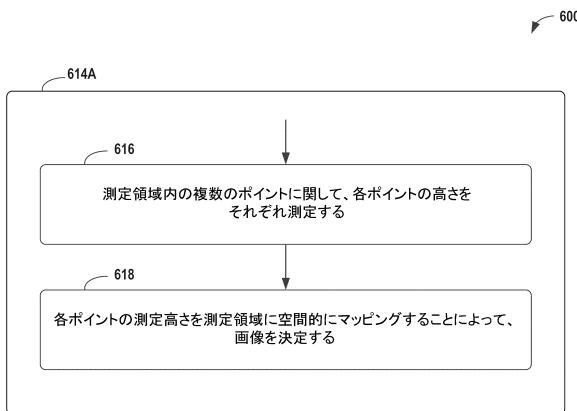
【図 5 B】



【図 6】



【図 7】



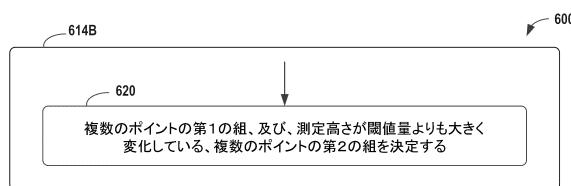
20

30

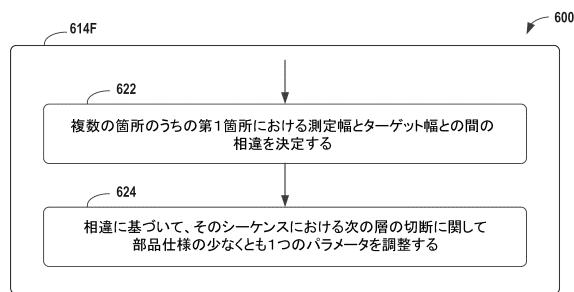
40

50

【図 8】

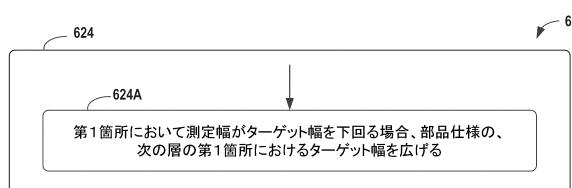


【図 9】

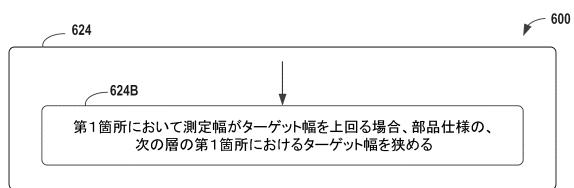


10

【図 10】

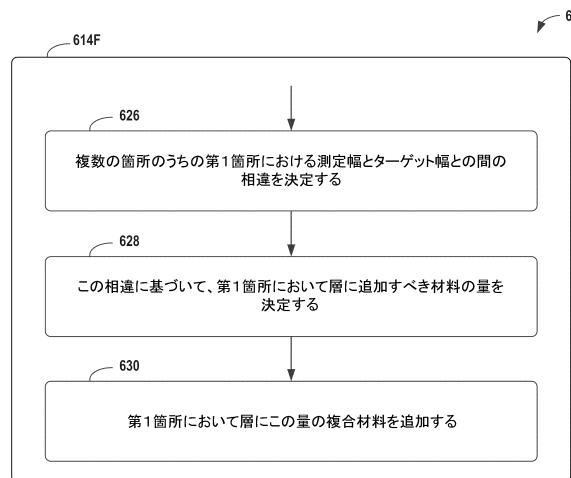


【図 11】

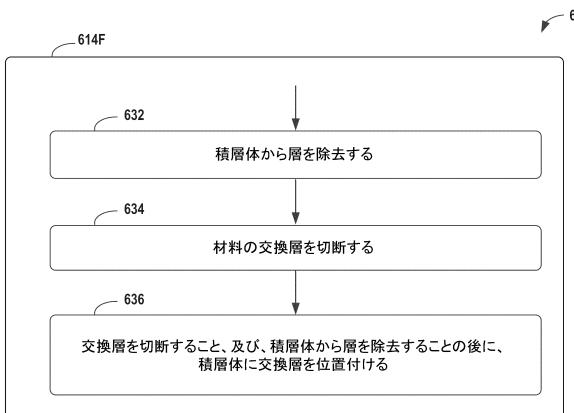


20

【図 12】



【図 13】

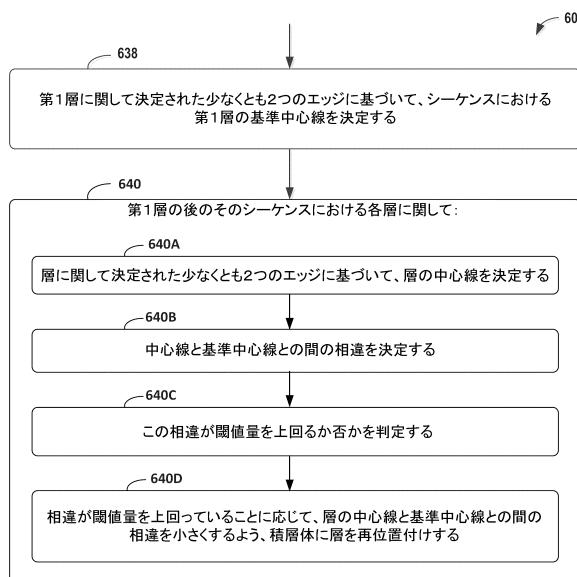


30

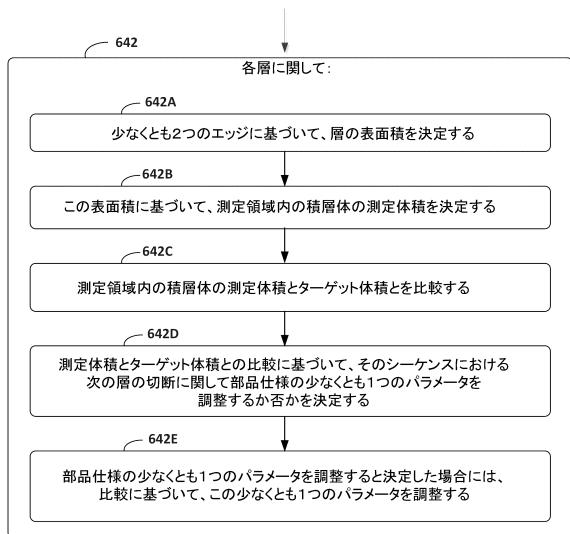
40

50

【図14】

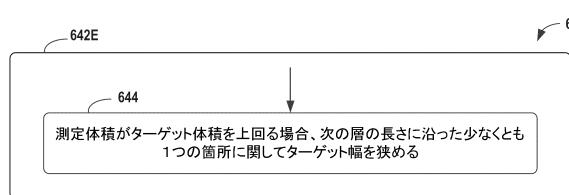


【図15】

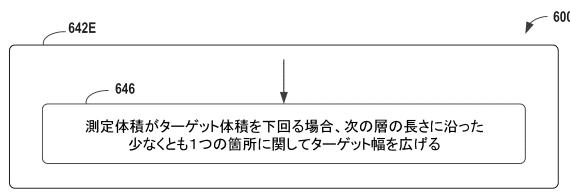


10

【図16】

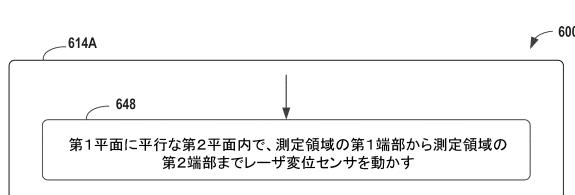


【図17】



20

【図18】



30

40

50

フロントページの続き

イド プラザ 100

(72)発明者 ラーキン , カリ ピー .

アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016 , シカゴ , ノース リバーサイド プラザ 100

(72)発明者 タット , ホン ヒュー

アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016 , シカゴ , ノース リバーサイド プラザ 100

(72)発明者 ウー , ユアン - ジェ

アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016 , シカゴ , ノース リバーサイド プラザ 100

審査官 北澤 健一

(56)参考文献 国際公開第2016 / 199038 (WO , A1)

国際公開第2016 / 186682 (WO , A1)

特開昭61 - 290038 (JP , A)

特表2012 - 529999 (JP , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , DB名)

B 29 C 70 / 00 - 70 / 88

G 06 F 30 / 00 - 30 / 398

B 64 B 1 / 00 - 1 / 70

B 64 C 1 / 00 - 99 / 00

B 64 D 1 / 00 - 47 / 08

B 64 F 1 / 00 - 5 / 60

B 64 G 1 / 00 - 99 / 00