(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7210215号
(P7210215)

(45)発行日　令和5年1月23日(2023.1.23)

(24)登録日　令和5年1月13日(2023.1.13)

(51)国際特許分類			FI		
Ｂ２９Ｃ	*33/02*	*(2006.01)*	Ｂ２９Ｃ	33/02	
Ｈ０５Ｂ	*6/10*	*(2006.01)*	Ｈ０５Ｂ	6/10	３８１
Ｂ２９Ｃ	*43/36*	*(2006.01)*	Ｂ２９Ｃ	43/36	

請求項の数　13　外国語出願　（全21頁）

(21)出願番号　特願2018-191743(P2018-191743)
(22)出願日　平成30年10月10日(2018.10.10)
(65)公開番号　特開2019-77179(P2019-77179A)
(43)公開日　令和1年5月23日(2019.5.23)
審査請求日　令和3年10月5日(2021.10.5)
(31)優先権主張番号　15/791,683
(32)優先日　平成29年10月24日(2017.10.24)
(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　100086380
弁理士　吉田 稔
(74)代理人　100103078
弁理士　田中 達也
(74)代理人　100130650
弁理士　鈴木 泰光
(74)代理人　100135389
弁理士　臼井 尚
(74)代理人　100168044

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　熱可塑性部分を有する部品のための誘導加熱成形

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第１フレームと、第１組の誘導コイルと、第１サセプタと、モールドと、を備える第１ツールを含み、

前記第１フレームは、

互いに平行且つ対向する、透磁性材料で作製された第１組のプレートと、

前記第１組のプレート間に設けられるとともに、プレート間の電気伝導を防止する材料と、を含み、

前記第１組の誘導コイルは、前記第１フレームのスロット内に設けられるとともに、第１電磁場を生成し、

前記第１サセプタは、強磁性材料で作製されるとともに、前記第１フレームの第１組のプレートから延出しており、前記強磁性材料は、前記第１電磁場に応答して熱を発生させるものであり、且つ、部品の熱可塑性部分の処理温度から摂氏１０度以内のキュリー点を有し、

前記モールドは、前記第１サセプタから延出するとともに、伝導性熱伝達により前記第１サセプタから熱を受け、

前記第１組の各プレートは、前記第１電磁場が電気誘導電流を生成しうる表皮厚みよりも薄く、

前記第１サセプタは、前記モールドと前記第１フレームとの間に配置されており、

前記モールドは、前記第１サセプタから遠ざかる方向に突出して、前記部品の熱可塑性部

分に接触する複数の成形用プラグを含んでおり、
前記成形用プラグは、前記第１電磁場が前記モールドにおいて電気誘導電流を生成しうる表皮厚みよりも薄い壁を含む、装置。
【請求項２】
第２フレームと、第２組の誘導コイルと、第２サセプタと、を備える第２ツールをさらに含み、
前記第２フレームは、
互いに平行且つ対向する、透磁性材料で作製された第２組のプレートと、
前記第２組のプレート間に設けられるとともに、プレート間の電気伝導を防止する材料と、を含み、
前記第２組の誘導コイルは、前記第２フレームのスロット内に設けられるとともに、第２電磁場を生成し、
前記第２サセプタは、前記第２電磁場に応答して熱を発生させる強磁性材料で作製されるとともに前記第２フレーム内に凹設され、且つ、前記モールドを受容可能な寸法に設定された受容部を画定しており、
前記第２組の各プレートは、前記表皮厚みよりも薄い、請求項１に記載の装置。
【請求項３】
前記第１サセプタ及び前記第２サセプタの各々は、鉄、ニッケル、及びコバルトの合金を含む、請求項２に記載の装置。
【請求項４】
前記第１電磁場に応答して発熱する強磁性材料で作製されるとともに、前記モールドに挿入されている追加のサセプタをさらに含む、請求項１～３のいずれかに記載の装置。
【請求項５】
前記モールドの成形用プラグは、前記部品に接触しない内壁と、前記部品に接触する外壁とを含み、
前記追加のサセプタは、前記内壁と前記外壁との間に挿入されている、請求項４に記載の装置。
【請求項６】
前記第１組のプレートを作製する前記透磁性材料は、非磁性ステンレス鋼である、請求項５に記載の装置。
【請求項７】
前記表皮厚みは、前記第１電磁場を生成するために前記第１組の誘導コイルに供給される電力の周波数に依存する、請求項１～６のいずれかに記載の装置。
【請求項８】
前記モールドは、前記第１サセプタの前記強磁性材料とは化学的に異なる強磁性材料で作製されている、請求項１～７のいずれかに記載の装置。
【請求項９】
透磁性材料で作製されるとともに、前記モールドに取り付けられている支持体をさらに含む、請求項１～８のいずれかに記載の装置。
【請求項１０】
前記モールドに流体を供給する冷却システムをさらに含み、前記流体は、前記モールドを処理温度よりも低い温度まで冷却する、請求項１～９のいずれかに記載の装置。
【請求項１１】
前記第１組の誘導コイルに電力を供給する電源をさらに含む、請求項１～１０のいずれかに記載の装置。
【請求項１２】
前記モールドを形成する前記透磁性材料は、非磁性ステンレス鋼である、請求項１～１１のいずれかに記載の装置。
【請求項１３】
請求項１～１２のいずれかに記載の装置を用いて、コンポーネントを形成する材料を所定

温度まで加熱することにより、当該コンポーネントを製造するための方法であって、
加熱して前記コンポーネントを製造するための材料を、受容部に載置し、
前記第１ツールを、前記受容部に配置し、
前記第１サセプタに近接して前記第１電磁場を生成する、ことを含む方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、成形による製造の分野に関し、特に、加熱されたツールを使用した部品の成形に関する。
【背景技術】
【０００２】
複合材部品は、当該部品の熱可塑性部分を加熱し、この熱可塑性部分を所望の形状にプレス加工することを含む成形によって製造することができる。しかしながら、廃熱を生成することなく一定温度で安定的に成形を行うには、依然として複雑なプロセスが必要である。成形ツールの熱容量（thermal mass）が大きすぎる場合、成形処理で消費するエネルギー量が大きくなり、モールドの冷却に要する時間も増大するため、複合材部品の製造のためのサイクル時間も増大しうる。同様に、作業環境で廃熱が生成されると、周囲環境の温度が上昇して部品の成形に時間がかかるため、好ましくない。
【０００３】
したがって、上述した問題のうち少なくともいくつかと、その他の考えられる問題を考慮にいれた方法及び装置を有することが望ましい。
【発明の概要】
【０００４】
本明細書で説明する実施形態は、熱可塑性部品の誘導加熱成形（induction molding）を提供する。この誘導加熱成形においては、誘導加熱成形温度に近づくと磁性状態から非磁性状態に遷移する「スマート」サセプタが用いられる。これにより、スマートサセプタに接触する熱可塑性材料が誘導加熱成形温度／処理温度を超えないようにすることができる。本明細書で説明する装置は、構造部品をさらに含み、この構造部品の厚みは、装置内の誘導コイルにより当該構造部品が誘導加熱されるのを防ぐのに十分な薄さである。これにより、サセプタに対して誘導加熱を行い、装置の構造部品には誘導加熱を行わないようにすることができる。
【０００５】
一実施形態は、第１ツールを含む装置である。前記第１ツールは、第１フレームを含む。前記第１フレームは、互いに平行且つ対向する、透磁性材料で作製された第１組のプレートと、前記第１組のプレート間に設けられるとともに、プレート間の電気伝導を防止する材料と、を含む。前記第１ツールは、前記第１フレームにおけるスロット内に設けられるとともに、第１電磁場を生成する第１組の誘導コイルと、前記第１フレームにおける前記第１組のプレートから延出する第１サセプタと、をさらに含む。前記第１サセプタは、強磁性材料で作製されており、前記強磁性材料は、前記第１電磁場に応答して熱を発生させるものであり、且つ、部品の熱可塑性部分の処理温度から摂氏１０度以内のキュリー点を有する。前記第１ツールは、前記第１サセプタから延出するとともに、伝導性熱伝達により前記第１サセプタから熱を受けるモールドをさらに含む。前記第１組の各プレートは、前記第１電磁場が電気誘導電流を生成しうる表皮厚みよりも薄い。
【０００６】
さらなる実施形態は、方法である。前記方法は、モールドにおける成形用プラグに接触する強磁性材料のサセプタに電磁場を印加し、前記電磁場に応答して、前記サセプタにおいて熱を生成し、前記サセプタは、熱可塑性部分の処理温度に対応するキュリー点を有しており、前記モールドを介した前記サセプタから前記熱可塑性部分への伝導性熱伝達に応答して、前記熱可塑性部分の温度を前記処理温度まで上昇させる、ことを含む。前記方法は、前記モールドを前記熱可塑性部分に押し込んで、前記熱可塑性部分を成形し、前記成

形用プラグに冷却流体を供給するチューブを介して、前記モールドを冷却する、ことをさらに含む。

【０００７】

さらなる実施形態は、モールドを含む装置である。前記モールドは、透磁性材料で作製された内壁と、透磁性材料で作製された外壁と、前記内壁と前記外壁との間に設けられたキャビティと、を含む。前記装置は、電磁場に応答して発熱する強磁性材料で作製されるとともに、前記キャビティ内に設けられたサセプタと、透磁性材料で作製されるとともに、前記モールドに取り付けられている支持体と、をさらに含む。

【０００８】

さらなる実施形態は、方法である。前記方法は、廃熱を制限しつつ熱可塑性材料の加熱成形を制御することを含む。この制御は、モールドを支持する構造部品の誘導加熱を防止しつつ、前記モールドに接触する少なくとも１つのサセプタを誘導加熱し、前記モールドを前記熱可塑性材料に押し込んで、前記熱可塑性材料を成形し、前記モールドの１つ以上の内部チャンバに冷却流体を直接供給して前記モールドを冷却することにより、実行される。

【０００９】

さらなる実施形態は、コンポーネントを形成する材料を所定温度まで加熱することにより、当該コンポーネントを製造するための方法である。前記方法は、加熱して前記コンポーネントを製造するための材料を、電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製された受容部に載置することを含み、前記受容部は、前記電磁束場に曝されると、第１所定温度の熱を生成可能である。前記方法は、前記電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製されたモールドを、前記受容部に載置することを含み、前記モールドは、複数の着脱型スマートサセプタインサートを含み、各スマートサセプタインサートは、第２所定温度の熱を生成するために、前記電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製されており、前記複数のスマートサセプタインサート及び前記モールドは、前記電磁束場に曝されると、協働して複合所定温度を実現する。前記方法は、前記受容部及び前記モールドに近接して前記電磁束場を生成することをさらに含む。

【００１０】

他の例示的な実施形態（例えば、上記実施形態に関する方法及びコンピュータ可読媒体）については、以下で説明する。上述した特徴、機能、及び、利点は、様々な実施形態において個別に達成可能であり、また、さらに別の実施形態と組み合わせることも可能である。この詳細については、以下の説明及び図面を参照することにより明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

以下では、添付の図面を参照しながら、単なる例示として、本開示のいくつかの実施形態を説明する。全ての図面において、同じ参照符号は同じ要素又は同じ種類の要素を示している。

【００１２】

【図１】例示的な実施形態における成形システムを示す分解斜視図である。

【図２】例示的な実施形態における図１の成形システムの上側ツールを示す斜視図である。

【図３】例示的な実施形態における図１の成形システムの上側ツールを示す断面図である。

【図４】例示的な実施形態における図１の成形システムの下側ツールを示す斜視図である。

【図５】例示的な実施形態における図１の成形システムの下側ツールを示す断面図である。

【図６】例示的な実施形態における図１の成形システムを示す斜視図である。

【図７－９】例示的な実施形態における図１の成形システムを示す断面図である。

【図１０】例示的な実施形態における成形システムを操作するための方法を示すフローチャートである。

【図１１－１２】例示的な実施形態における図１の成形システムの領域を示す拡大断面図である。

【図１３】例示的な実施形態における成形システム内の成形用プラグの支持体を示す斜視図である。
【図１４】例示的な実施形態における成形システムを示すブロック図である。
【図１５】例示的な実施形態における成形システムを操作するための方法を示す他のフローチャートである。
【図１６】例示的な実施形態における航空機の製造及び保守方法を示すフローチャートである。
【図１７】例示的な実施形態における航空機を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
図面及び以下の記載は、本開示の特定の例示的な実施形態を説明するものである。したがって、本明細書に明示的に説明又は図示されていなくても、本開示の範囲内において本開示の原理を具現化する様々な変形が可能であることは、当業者であれば理解するであろう。さらに、本明細書で説明されている例は、本開示の原理に対する理解を助けることを意図するものであり、具体的に説明された例や条件に限定されないと解釈すべきである。したがって、本開示は、以下に説明する特定の実施形態又は例に限定されるものではなく、請求の範囲及びその均等物によって限定されるものである。
【００１４】
図１～９は、例示的な実施形態における成形システム１００、及び、その様々なコンポーネントを示す図である。例えば、図１は、例示的な実施形態における成形システム１００を示す分解斜視図である。本実施形態においては、成形システム１００は、上側ツール１１０と下側ツール１３０とを含む。上側ツール１１０と下側ツール１３０とが合体することにより複合材部品１２０の熱可塑性部分１２２が成形される。
【００１５】
複合材部品１２０は、複数の層をレイアップして形成された積層体からなる炭素繊維強化ポリマー（ＣＦＲＰ）部品であってもよい。上記積層体の各層における個々の繊維は、互いに平行に整列していてもよいが、それぞれの層は、作製される複合材部品の強度を異なる方向に沿って高めるために、異なる繊維配向を示していてもよい。上記積層体は、液状樹脂を含みうる。この樹脂は温度が上昇すると固まり、この結果、積層体が硬くなって（例えば、航空機で使用するための）複合材部品が形成される。熱硬化性樹脂の場合、上記のように硬くなること（hardening）は、硬化（curing）と呼ばれる不可逆のプロセスであるが、熱可塑性樹脂の場合、樹脂を再加熱すると液体に戻ることもある。いくつかの実施形態においては、複合材部品１２０は、当該部品内でランダム配向された短いチョップドファイバ（例えば、長さが数センチメートル以下の繊維）を含みうる。
【００１６】
上側ツール１１０は、複数の穴１１１を有するベース１１２を含む。上側ツール１１０は、さらに、ベース１１２に取り付けられたフレーム１１４と、当該フレーム１１４を貫通する第１組１１５の誘導コイル１１６とを含む。誘導コイル１１６は、図２に示すサセプタ（susceptor）２１０などの、上側ツール１１０の内部における１つ以上のサセプタを加熱する。誘導コイル１１６の周波数は、対応するサセプタを効率的に加熱できるように選択される。誘導コイル１１６は、電源（例えば、図１４に示す電源１４６０）によって電力供給される。
【００１７】
本明細書で説明するサセプタは、所望の成形温度／処理温度（例えば、２００℃）に対応する（例えば、当該温度から摂氏１０度（℃）以内の）キュリー点を有する「スマート」サセプタであってもよい。スマートサセプタの材料としては、当該材料のキュリー点に向かって漸近的に熱が上昇するが、周囲の誘導コイルによって生成される磁場の存在下ではキュリー点を超えないものが用いられる。この効果は、サセプタの材料が消磁すると、これに伴って、サセプタ内の電気伝導が低下することにより引き起こされる。スマートサセプタの材料としては、例えば、コバールのような強磁性材料や、鉄、ニッケル、及びコ

バルトなどの他の合金が挙げられる。本明細書で説明する複数のサセプタは、必要に応じて同じ強磁性材料で作製することもできる。

【００１８】

モールド１１８は、上側ツール１１０の下面を形成しており、成形処理中に熱可塑性部分１２２に接触する。モールド１１８は、非磁性ステンレス鋼などの透磁性材料で形成することができる。この場合、モールド１１８のコンポーネントの厚みは、誘導コイル１１６がモールド１１８内で誘導を引き起こす表皮厚み（skin depth）よりも小さい。したがって、上記材料は、誘導コイル１１６によって生成された電場に応答して発熱しない。モールド１１８は、例えば、コストの削減やツールの長寿命化のために、上述したサセプタとは異なる材料で作製してもよい。モールド１１８は、所望の輪郭に形成することができる。

【００１９】

下側ツール１３０は、ベース１３２とフレーム１３４とを含む。フレーム１３４は、複数のスロット１３５を有する。スロット１３５には、第２組１３７の誘導コイル１３６が挿入されている。誘導コイル１３６により、サセプタ１３８で熱を発生させて、熱可塑性部分１２２の温度を処理温度（例えば、融点、融着点（sticking point）、粘着温度（tacking temperature）など）まで上昇させることが容易になる。サセプタ１３８は、受容部１３９を形成している。受容部１３９が、チョップドポリエーテルケトンケトン（chopped Poly Ether Ketone Ketone（PEKK））、又は、他の熱可塑性材料をルース（loose）な状態で保持する実施形態では、受容部１３９は、成形処理に望ましい量の熱可塑性材料を保持するのに十分な深さを有しうる。

【００２０】

図２は、例示的な実施形態における成形システム１００の上側ツール１１０を示す斜視図である。図２は、図１に示す矢印２に対応しており、図１に示す上側ツール１１０を回転させて、当該上側ツール１１０を上下逆に示した図である。図２には、モールド１１８に接するサセプタ２１０が示されている。このため、誘導コイル１１６によってサセプタ２１０が加熱されると、サセプタ２１０は、モールド１１８と伝導性熱伝達（conductive heat transfer）を行う。

【００２１】

図３は、上側ツール１１０を示す断面図であり、図２に示す矢印３に対応している。図３は、モールド１１８が、複数の成形用プラグ３１０（例えば、個別片）を含むことを示す。各成形用プラグ３１０は、サセプタ２１０に接するとともに、支持体３５０と物理的に連結している。各支持体３５０は、壁３３０を含む。壁３３０は、ベース１１２における穴１１１と連結するチャンバ３３２を画定している。これらの穴１１１及びチャンバ３３２をチューブ３４０が通過しており、成形用プラグ３１０へと入り込んでいる。チューブ３４０は、成形処理が完了した後、加圧冷却流体（例えば、処理温度よりも温度が低い冷ガス、空気、液体窒素など）を供給して、成形用プラグ３１０の温度を下げることができる。したがって、本明細書においては、一組のチューブ３４０を冷却システム３４２と呼ぶ。図３には、さらに、スロット３２０が示されており、誘導コイル１１６は、これらのスロットを通ってフレーム１１４を横断している。

【００２２】

図４は、例示的な実施形態における成形システム１００の下側ツール１３０を示す斜視図であり、図５は、図４における矢印５で示される下側ツール１３０の断面図である。図４は、受容部１３９とともに、サセプタ１３８をより詳細に示す図である。図５は、各スロット１３５のサイズがフレーム１３４内で異なりうることを示す。

【００２３】

上側ツール１１０及び下側ツール１３０の両方についての説明に関連して、図６～９には成形処理が示されている。図６は、例示的な実施形態における成形システム１００を示す斜視図である。同図において、サセプタ１３８によって画定された受容部１３９には複合材部品１２０が挿入されている。

【００２４】
図７～９は、例示的な実施形態において、複合材部品１２０の成形を行う成形システム１００を示す断面図である。図７は、図６に示す矢印７に対応する。図７に示すように、モールド１１８は、複合材部品１２０の真上に配置されている。モールド１１８は、誘導コイル１１６により加熱されるサセプタ１３８の伝導性熱伝達により加熱される。一方、サセプタ２１０は、誘導コイル１３６により加熱される。モールド１１８は、例えば、熱可塑性部分１２２の処理温度などの特定の温度まで加熱される。その後、モールド１１８は、下方へ移動して熱可塑性部分１２２に進入し、これによって、熱可塑性部分１２２を成形する。
【００２５】
図７は、さらに、フレーム１１４が、透磁性材料（例えば、非磁性鋼）からなる第１組７１２のプレート７００で形成されており、フレーム１３４が、透磁性材料からなる第２組７１４のプレート７００で形成されていることを示す。各プレート７００は、プレート７００間に設けられた材料７１０によって他のプレート７００と隔離されている。この材料は、プレート７００間の電気伝導を防止するとともにプレート７００を構造的に一体化するものである。材料７１０は、例えば、プレート７００間に設けられるセラミックプレートであってもよい。本明細書において、「透磁性」材料とは、磁場を大幅に（例えば、１０パーセントを超えて）減衰させずに透過させることが可能な材料である。プレート７００の各々は、その材料（例えば、非磁性鋼）が誘導コイルからの磁場に応答して電気誘導電流を生成する表皮厚み（例えば、４分の１インチ）よりも、薄い。これは、フレーム１１４及びフレーム１３４の両方におけるプレート７００についていえる。表皮厚みは、電磁場を生成する誘導コイルに供給される電力の周波数に依存する。このようにプレートの厚みを決定することにより、上側ツール１１０及び下側ツール１３０の両方の全体的な熱容量を低減することができる。
【００２６】
フレーム１３４は、非磁性であるが透磁性を有するコンポーネントで作製することもできる。これにより、フレーム１３４又はフレーム１１４において、誘導コイル１１６及び１３６が、これらのフレームを急速に加熱しうる誘導電流を生成するのを防ぐことができる。また、これと同時に、誘導コイル１１６及び誘導コイル１３６により生成される電磁場が過度に減衰されるのを防ぐことができる。図８は、図７に示す同じ視点からの図に対応しており、方向Ｄに移動するモールド１１８により複合材部品１２０が成形される際の、当該部品の変化を示す。
【００２７】
図９は、さらに、成形処理中の複合材部品１２０を示しており、図６に示す矢印９に対応している。図９は、誘導加熱成形により所望の形状が形成された後、成形用プラグ３１０内に冷却流体を放出することが可能なチューブ３４０を示す。冷却流体により成形用プラグ３１０の温度を下げることができる。成形用プラグ３１０は、冷却されると熱収縮する。これにより、熱可塑性部分１２２から成形用プラグ３１０を抜け易くすることができる。さらに、チューブ１４０を用いた冷却処理の迅速化により、多くの部品を製造する際のサイクル時間を削減することができる。
【００２８】
上述した成形システム１００の物理コンポーネントの説明に関連して、以下では成形処理の説明を行い、成形システム１００を用いることが可能な方法を示す。本実施形態においては、複合材部品１２０は、熱可塑性部分１２２を含むものとし、また、上側ツール１１０及び下側ツール１３０は、現時点において分離されており、加熱されていない状態であるものとする。また、成形の対象は、熱可塑性部分１２２である。
【００２９】
図１０は、例示的な実施形態における成形システムを操作するための方法を示すフローチャートである。方法１０００のステップについて、図１の成形システム１００を参照しながら説明するが、当業者であれば、他のシステムにおいて方法１０００を実行すること

も可能であると理解するであろう。本明細書で説明するフローチャートには全てのステップが含まれているわけではなく、図示していない他のステップが含まれることもありうる。本明細書で説明するステップは、別の順序で実行することも可能である。

【００３０】

複合材部品１２０の熱可塑性部分１２２がモールド１１８と位置合わせされる（ステップ１００２）。これは、複合材部品１２０をサセプタ１３８の受容部１３９内に載置することを含む。この時、成形システム１００は、成形を開始する位置に配置されている。モールド１１８に接触する強磁性材料のサセプタ２１０、及び、成形用プラグ３１０に挿入された追加のサセプタ１１１８（図１１に示す）に、電磁場が印加される（ステップ１００４）。この動作は、誘導コイル１１６及び／又は誘導コイル１３６を作動させることにより実行することができる。これにより、電磁場に応答してサセプタ２１０、１３８及び追加のサセプタ１１１８において熱が生成される（ステップ１００６）。サセプタ１３８、２１０及び追加のサセプタ１１１８は、熱可塑性部分１２２の処理温度に対応する（例えば、当該温度から摂氏１０度以内の）キュリー点を有する。これは、サセプタ１３８、２１０及び追加のサセプタ１１１８が実質的に熱可塑性部分１２２の処理温度へ向かって加熱されると、これらのサセプタは非磁性となり、誘導加熱を停止することを意味する。これにより、サセプタは、誘導コイル１１６及び１３６に加熱されている間、定常温度を効果的に実現することができる。

【００３１】

サセプタ２１０、１３８及び追加のサセプタ１１１８が加熱されると、これらのサセプタは、熱可塑性部分１２２の温度を処理温度（例えば、２００℃）まで上昇させる（ステップ１００８）。この温度の上昇は、少なくとも部分的には、モールド１１８を介したサセプタ２１０から熱可塑性部分１２２への伝導性熱伝達に応答して生じるものである。熱可塑性部分１２２は、処理温度に達すると成形が可能となる。したがって、モールド１１８が、熱可塑性部分１２２に押し込まれる（ステップ１０１０）。熱可塑性部分１２２が成形された後、チューブ３４０を介してモールド１１８が冷却される。当該チューブは、その際、成形用プラグ３１０に対して冷却流体を供給して急速に成形用プラグ３１０を冷却することにより、複合材部品１２０からモールド１１８を引き抜き易くする。

【００３２】

要約すると、方法１０００は、廃熱を制限しつつ、熱可塑性材料の加熱成形を制御し易くすることができる。方法１０００は、モールドを支持する構造部品の誘導加熱を防止しつつ（これは、ツールの構造部品の厚みが、誘導加熱を生じさせない程度まで薄いことにより実現される）、モールドに接触する少なくとも１つのサセプタを誘導加熱することにより、上記目標を達成する。方法１０００においては、さらに、モールドを熱可塑性材料に押し込むことにより当該熱可塑性材料の成形が行われる。また、当該方法は、モールドの１つ以上の内部チャンバ（例えば、チャンバ３３２）に冷却流体を直接供給してモールドを冷却することを含みうる。

【００３３】

方法１０００は、ランナウェイ加熱（runaway thermal heating）に代えて「スマート」加熱を行うことが可能な改良型サセプタを用いるため、従来のシステムに比べて実質的な利点を有する。このスマートサセプタ技術により、クリティカルな処理温度において正確な熱制御を行うことができる。さらに、方法１０００は、サセプタ以外のコンポーネントで誘導加熱が発生しないように注意深く設計及び形成された部品を含む成形システムを用いる。このように廃熱を低減することにより、上側ツール１１０及び下側ツール１３０を急速に加熱及び冷却することができるため、これらのツールの製造速度を向上させて、生産効率を高めることができる。

【００３４】

上述した成形システム１００のコンポーネント及び動作の説明に関連して、図１１～１２は、例示的な実施形態における図１の成形システムの領域を示す拡大断面図である。これらの図は、成形システム１００のコンポーネントを具体的に示している。具体的には、

図１１は、図３の領域１１に対応しており、図１２は、図３の領域１２に対応している。
【００３５】
図１１は、各成形用プラグ３１０が内壁１１１０で画定された内側キャビティ１１１４を含むことを示す。また、内壁１１１０及び外壁１１１２は、追加のサセプタ１１１８が設けられる外側キャビティ１１１６を画定している。成形用プラグ３１０の外側キャビティ１１１６内において追加のサセプタ１１１８を用いることにより、成形用プラグ３１０に対する加熱の程度を高めることができる。図１１は、モールド１１８内に挿入されたサセプタのための追加的な位置を示しており、図１２は、成形用プラグ３１０を冷却するチューブ３４０の構成を示している。図１２は、各チューブ３４０が、中空通路１２１０を含むことを示している。加圧された冷却流体は、この通路を通り、ポート１２２０から出て、各成形用プラグ３１０の内側キャビティ１１１４に入る。したがって、チューブ３４０は、当該チューブ３４０が内側キャビティ１１１４と流体連通するように、内側キャビティ１１１４に挿入されている。
【００３６】
図１３は、例示的な実施形態における成形システム内の成形用プラグの支持体３５０を示す斜視図である。本実施形態において、支持体３５０は、ボディ部１３００を含む。このボディ部は、スリット１３１０を有する中空シリンダである。スリット１３１０は、誘導加熱を引き起こしうる電流経路が支持体３５０に形成されないようにするものである。また、支持体３５０は、モールド１１８に取り付けられるとともに、成形システム１００内の誘導コイルにより生成される電磁場に応答して閾値範囲（例えば、摂氏１０度）を超えて温度が上昇しない透磁性材料（例えば、非磁性ステンレス鋼）で作製されている。留め具１３２０は、支持体３５０を成形用プラグ３１０に取り付けるためのものであり、留め具１３３０は、支持体３５０をベース１１２に取り付けるためのものである。
【実施例】
【００３７】
以下の例においては、誘導加熱成形システムに関連させて追加の処理、システム、及び方法の説明を行う。
【００３８】
図１４は、例示的な実施形態における成形システム１４００を示すブロック図である。図１４によれば、成形システム１４００は、第１ツール１４１０と、第２ツール１４３０とを含む。成形システム１４００は、熱可塑性部品１４２０を成形する。第１ツール１４１０は、複数の穴１４１１を有するベース１４１２を含む。同図には、複数のプレート１４１４を含むフレーム１４１３も示されている。フレーム１４１３内のスロット１４１５は、誘導コイル１４１６を保持しており、これらのコイルは、電源１４６０から電力を受けて、第１ツール１４１０のサセプタを加熱する。
【００３９】
第１ツール１４１０は、スリット１４５２を含む支持体１４５０をさらに含む。第１サセプタ１４１７は、支持体１４５０に取り付けられており、チューブ１４５７は、第１サセプタ１４１７を通って成形用プラグ１４５４に入り込んでいる。チューブ１４５７のポート１４５３からは冷却流体が排出される。成形用プラグ１４５４は、外壁１４５９と、外側（壁）キャビティ１４５５と、内壁１４５６と、内側（中央）キャビティ１４５８とを含む。
【００４０】
第２ツール１４３０は、複数のプレート１４３４を備えるフレーム１４３３を含む。スロット１４３５は、プレート１４３４を貫通しており、当該スロット１４３５内には、１つ以上の誘導コイル１４３６が設けられている。成形中、第２サセプタ１４３８は、熱可塑性部品１４２０と接触している。
【００４１】
図１５は、例示的な実施形態における成形システム１００を操作するための方法１５００を示す他のフローチャートである。図１５によれば、方法１５００は、コンポーネント

（例えば、複合材部品１２０）を形成する材料（例えば、熱可塑性材料）を所定温度まで加熱することにより、当該コンポーネントを製造するために用いられる。方法１５００は、加熱してコンポーネントを製造するための材料を受容部１３９に載置することを含み、当該受容部は、電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製される（ステップ１５０２）。受容部１３９は、電磁束場に曝されると、第１所定温度（例えば、１８０℃）の熱を生成することができる。方法１５００は、電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製されたモールド１１１８を受容部１３９に載置することをさらに含む（ステップ１５０４）。モールド１１８は、複数の着脱型スマートサセプタインサート（例えば、追加のサセプタ１１１８）を含み、各スマートサセプタインサートは、第２所定温度（例えば、２０５℃）の熱を生成するために、電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製されている。複数のスマートサセプタインサート及びモールドは、電磁束場に曝されると、協働して複合所定温度（例えば、２００℃）を実現する。方法１５００は、受容部及びモールドに近接して電磁束場を生成することをさらに含む（ステップ１５０６）。

【００４２】

さらなる実施形態においては、方法１５００は、モールド１１８に接触するプレート間の電気伝導を防止することと、第１ツールにおける第１フレームのスロット内に設けられた第１組の誘導コイルにおいて第１電磁場を生成することと、当該第１電磁場に応答して、部品の熱可塑性部分の処理温度から摂氏１０度以内のキュリー点の熱を生成することと、を含みうる。

【００４３】

より具体的に図面を参照すると、本開示の実施形態は、図１６に示すように航空機の製造及び保守方法１６００に関連させ、図１７に示すように航空機１６０２に関連させて説明することができる。生産開始前の工程として、例示的な方法１６００は、航空機１６０２の仕様決定及び設計１６０４と、材料調達１６０６とを含みうる。生産中の工程としては、航空機１６０２の部品及び小組立品の製造１６０８、並びに、システムインテグレーション１６１０が行われる。その後、航空機１６０２は、認可及び納品１６１２の工程を経て、使用１６１４に入る。顧客による使用中、航空機１６０２は、定例の整備及び保守１６１６（これは、改良、再構成、改修などを含みうる）に組み込まれる。本明細書で具体化した装置及び方法は、製造及び保守方法１６００における任意の適切な段階（例えば、仕様決定及び設計１６０４、材料調達１６０６、部品及び小組立品の製造１６０８、システムインテグレーション１６１０、認可及び納品１６１２、使用１６１４、並びに、整備及び保守１６１６）、及び／又は、航空機１６０２の任意の適切なコンポーネント（例えば、機体１６１８、システム１６２０、内装１６２２、推進系１６２４、電気系１６２６、油圧系１６２８、環境系１６３０）において採用することができる。

【００４４】

上記方法１６００の各工程は、システムインテグレータ、第三者、及び／又は、オペレータ（例えば、顧客）によって実行又は実施することができる。なお、システムインテグレータは、航空機メーカ及び主要システム下請業者をいくつ含んでいてもよいが、これに限定されない。第三者は、売主、下請業者、及び供給業者をいくつ含んでいてもよいが、これに限定されない。オペレータは、航空会社、リース会社、軍事団体、サービス組織などであってもよい。

【００４５】

図１７に示すように、例示的な方法１６００によって製造される航空機１６０２は、複数のシステム１６２０と内装１６２２とを備えた機体１６１８を含みうる。高水準システム１６２０の例としては、推進系１６２４、電気系１６２６、油圧系１６２８、及び、環境系１６３０のうちの１つ又は複数が挙げられる。また、その他のシステムをいくつ含んでいてもよい。また、航空宇宙産業に用いた場合を例として説明したが、本発明の原理は、例えば自動車産業などの他の産業に適用してもよい。

【００４６】

既に述べたように、本明細書で具現化される装置及び方法は、製造及び保守方法１６００における任意の１つ以上の段階で採用することができる。例えば、製造工程１６０８に対応する部品又は小組立品は、航空機１６０２の使用中に作製される部品又は小組立品と同様に作製又は製造することができる。また、１つ以上の装置の実施形態、方法の実施形態、又はそれらの組み合わせを、例えば、製造工程である１６０８及び１６１０で用いることにより、実質的に航空機１６０２の組立速度を速めたりコストを削減したりすることもできる。同様に、１つ以上の装置の実施形態、方法の実施形態、又は、それらの組み合わせを、航空機１６０２の使用中に、例えば、限定するものではないが、整備及び保守１６１６に用いてもよい。例えば、本明細書で説明した技術及びシステムをステップ１６０６、１６０８、１６１０、１６１４、及び／又は、１６１６で用いてもよいし、機体１６１８及び／又は内装１６２２に用いてもよい。これらの技術及びシステムは、例えば、推進系１６２４、電気系１６２６、油圧系１６２８、及び／又は、環境系１６３０を含む複数のシステム１６２０に利用することもできる。

【００４７】

一実施形態において、部品は、機体１６１８の一部であり、部品及び小組立品の製造１６０８の工程中に製造される。その後、上記部品は、システムインテグレーション１６１０において航空機に組み込まれ、使用１６１４において、摩耗により使用不可となるまで使用される。その後、整備及び保守１６１６において、複合材部品１２０が廃棄され、新たに製造された部品と交換される。本明細書で説明した本発明のコンポーネント及び方法は、部品及び小組立品の製造１６０８において新たな部品を成形するために利用してもよい。

【００４８】

図示又は本明細書で説明した様々な制御要素（例えば、電気部品や電子部品）はいずれも、ハードウェア、ソフトウェアを実行するプロセッサ、ファームウェアを実行するプロセッサ、又は、これらの組み合わせとして実現することができる。例えば、誘導コイルに対する電力を制御したり、上述したツールを作動させたりする要素は、専用ハードウェアとして実現することができる。専用ハードウェア要素は、「プロセッサ」、「コントローラ」、又は、他の同様の用語で呼ばれる。プロセッサの形で提供される場合、その機能は、単一の専用プロセッサ、単一の共有プロセッサ、又は、共有可能なものを含む複数の個別プロセッサにより提供されうる。さらに、「プロセッサ」又は「コントローラ」という用語の明示的な使用は、ソフトウェアを実行可能なハードウェアのみに言及すると解釈されるべきではない。これらの用語は、限定するものではないが、デジタル信号プロセッサ（ＤＳＰ）ハードウェア、ネットワークプロセッサ、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）若しくは他の回路、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、ソフトウェア保存用の読取専用メモリ（ＲＯＭ）、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、不揮発性記憶装置、論理回路、又は、他の物理的なハードウェア部品若しくはモジュールを暗黙的に含みうる。

【００４９】

さらに、制御要素は、当該要素の機能を実行するためのプロセッサ又はコンピュータにより実行可能な命令として実現することもできる。命令の例をいくつか挙げると、ソフトウェア、プログラムコード、及び、ファームウェアがある。命令は、プロセッサにより実行されると稼働して、当該プロセッサに対して要素の機能を実行するように指示する。命令は、プロセッサによる読み取りが可能な記憶装置に保存することができる。記憶装置の例としては、デジタル若しくはソリッドステートメモリ、磁気ディスクや磁気テープなどの磁気記憶媒体、ハードドライブ、又は、光学的に読み取り可能なデジタルデータ記憶媒体などが挙げられる。

【００５０】

本発明は、以下の付記においても言及されるが、これらは請求の範囲と混同されるべきではない。

【００５１】

Ａ１．第１フレーム（１１４）と、第１組（１１５）の誘導コイル（１１６）と、第１サセプタ（２１０）と、モールド（１１８）と、を備える第１ツール（１１０）を含み、
前記第１フレームは、
互いに平行且つ対向する、透磁性材料で作製された第１組（７１２）のプレート（７００）と、
前記第１組のプレート間に設けられるとともに、プレート間の電気伝導を防止する材料（７１０）と、を含み、
前記第１組の誘導コイルは、前記第１フレームのスロット（１３５）内に設けられるとともに、第１電磁場を生成し、
前記第１サセプタは、強磁性材料で作製されるとともに、前記第１フレームの第１組のプレートから延出しており、前記強磁性材料は、前記第１電磁場に応答して熱を発生させるものであり、且つ、部品（１２０）の熱可塑性部分の処理温度から摂氏１０度以内のキュリー点を有し、
前記モールドは、前記第１サセプタから延出するとともに、伝導性熱伝達により前記第１サセプタから熱を受け、
前記第１組の各プレートは、前記第１電磁場が電気誘導電流を生成しうる表皮厚みよりも薄い、装置（１００）。

【００５２】

Ａ２．第２フレーム（１３４）と、第２組（１３７）の誘導コイル（１３６）と、第２サセプタ（１３８）と、を備える第２ツール（１３０）をさらに含み、
前記第２フレームは、
互いに平行且つ対向する、透磁性材料で作製された第２組（７１４）のプレート（７００）と、
前記第２組のプレート間に設けられるとともに、プレート間の電気伝導を防止する材料（７１０）と、を含み、
前記第２組の誘導コイルは、前記第２フレームのスロット（１３５）内に設けられるとともに、第２電磁場を生成し、
前記第２サセプタは、前記第２電磁場に応答して熱を発生させる強磁性材料で作製されるとともに前記第２フレーム内に凹設され、且つ、前記モールドを受容可能な寸法に設定された受容部（１３９）を画定しており、
前記第２組の各プレートは、前記表皮厚みよりも薄い、付記Ａ１に記載の装置。

【００５３】

Ａ３．前記第１サセプタ及び前記第２サセプタの各々は、鉄、ニッケル、及びコバルトの合金を含む、付記Ａ２に記載の装置。

【００５４】

Ａ４．前記第１電磁場に応答して発熱する強磁性材料で作製されるとともに、前記モールドに挿入されている追加のサセプタ（１１１８）をさらに含む、付記Ａ１に記載の装置。

【００５５】

Ａ５．前記モールドは、前記部品に接触しない内壁（１１１０）と、前記部品に接触する外壁（１１１２）とを含み、
前記追加のサセプタは、前記内壁と前記外壁との間に挿入されている、付記Ａ４に記載の装置。

【００５６】

Ａ６．前記第１組のプレートを作製する前記透磁性材料は、非磁性ステンレス鋼である、付記Ａ５に記載の装置。

【００５７】

Ａ７．前記表皮厚みは、前記第１電磁場を生成するために前記第１組の誘導コイルに供給される電力の周波数に依存する、付記Ａ１に記載の装置。

【００５８】

Ａ８．前記モールドは、前記第１サセプタの前記強磁性材料とは化学的に異なる強磁性

材料で作製されている、付記Ａ１に記載の装置。
【００５９】
Ａ９．前記モールドは、前記第１電磁場が前記モールドにおいて電気誘導電流を生成しうる表皮厚みよりも薄い壁（１１１０、１１１２）を含む、付記Ａ１に記載の装置。
【００６０】
Ａ１０．透磁性材料で作製されるとともに、前記モールドに取り付けられている支持体（３５０）をさらに含む、付記Ａ１に記載の装置。
【００６１】
Ａ１１．前記支持体は、非磁性ステンレス鋼で作製されている、付記Ａ１０に記載の装置。
【００６２】
Ａ１２．前記支持体は、前記第１電磁場が前記支持体において電気誘導電流を生成しうる表皮厚みよりも薄い、付記１０に記載の装置。
【００６３】
Ａ１３．前記支持体は、中空シリンダを含み、前記中空シリンダは、その長さ方向に沿って延びるスリット（１３１０）を含む、付記Ａ１０に記載の装置。
【００６４】
Ａ１４．前記モールドに流体を供給する冷却システム（３４２）をさらに含み、前記流体は、前記モールドを処理温度よりも低い温度まで冷却する、付記Ａ１に記載の装置。
【００６５】
Ａ１５．前記モールドは、複数の内側キャビティ（１１１４）を含み、
前記冷却システム（３４２）は、前記内側キャビティと流体連通している、付記Ａ１４に記載の装置。
【００６６】
Ａ１６．前記冷却システムは、前記内側キャビティに挿入されたチューブ（３４０）を含む、付記Ａ１５に記載の装置。
【００６７】
Ａ１７．各チューブは、当該チューブから内側キャビティ（１１１４）に流体を移動させることが可能なポート（１２２０）を含む、付記Ａ１６に記載の装置。
【００６８】
Ａ１８．前記第１組の誘導コイルに電力を供給する電源（１４６０）をさらに含む、付記Ａ１に記載の装置。
【００６９】
Ａ１９．前記モールドを形成する前記透磁性材料は、非磁性ステンレス鋼である、付記Ａ１に記載の装置。
【００７０】
本発明のさらなる態様によれば、以下のものが提供される。
【００７１】
Ｂ１．電磁場を生成する誘導コイル（１１６）と、
前記電磁場に配置されたツール（１００）と、を含み、前記ツールは、
透磁性材料で作製されたモールド（１１８）と、
前記電磁場に配置されるとともに、前記モールドを受容可能な寸法に設定された受容部（１３９）を画定する第１サセプタ（１３８）と、
前記モールド内のキャビティ（１１１４）に挿入された複数の追加のサセプタ（１１１８）と、を含む装置。
【００７２】
Ｂ２．前記モールドに連結する支持体（３５０）をさらに含み、
前記支持体は、前記電磁場に応答して発熱しない透磁性材料で作製されている、付記Ｂ１に記載の装置。
【００７３】

Ｂ３．前記誘導コイルに電力を供給する電源（１４６０）をさらに含む、付記Ｂ１に記載の装置。

【００７４】

本発明のさらなる態様によれば、以下のものが提供される。

【００７５】

Ｃ１．コンポーネントを形成する材料を所定温度まで加熱することにより、当該コンポーネントを製造するための方法であって、

加熱して前記コンポーネントを製造するための材料を、電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製された受容部に載置し、その際、前記受容部は、前記電磁束場に曝されると、第１所定温度の熱を生成可能であり（１５０２）、

前記電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製されたモールドを、前記受容部に載置し、その際、前記モールドは、複数の着脱型スマートサセプタインサートを含み、各スマートサセプタインサートは、第２所定温度の熱を生成するために、前記電磁束場に応答して誘導電流を生成する強磁性材料で作製されており、前記複数のスマートサセプタインサート及び前記モールドは、前記電磁束場に曝されると、協働して複合所定温度を実現し（１５０４）、

前記受容部及び前記モールドに近接して前記電磁束場を生成する（１５０６）、方法。

【００７６】

Ｃ２．前記モールドに接触するプレート間の電気伝導を防止し、

第１ツールにおける第１フレームのスロット内に設けられた第１組の誘導コイルにおいて第１電磁場を生成し、

前記第１電磁場に応答して、部品の熱可塑性部分の処理温度から摂氏１０度以内のキュリー点の熱を生成する、ことをさらに含む、付記Ｃ１に記載の方法。

【００７７】

Ｃ３．付記Ｃ２に記載の方法に従って組み立てられた航空機の一部分。

【００７８】

本発明のさらなる態様によれば、以下のものが提供される。

【００７９】

Ｄ１．モールドにおける成形用プラグに接触する強磁性材料のサセプタに電磁場を印加し（１００４）、

前記電磁場に応答して、前記サセプタにおいて熱を生成し、前記サセプタは、部品の熱可塑性部分の処理温度に対応するキュリー点を有しており（１００６）、

前記モールドを介した前記サセプタから前記熱可塑性部分への伝導性熱伝達に応答して、前記熱可塑性部分の温度を前記処理温度まで上昇させ（１００８）、

前記モールドを前記熱可塑性部分に押し込んで、前記熱可塑性部分を成形し（１０１０）、

前記成形用プラグに冷却流体を供給するチューブを介して、前記モールドを冷却する（１０１２）、方法。

【００８０】

Ｄ２．前記サセプタを前記キュリー点まで加熱することをさらに含む、付記Ｄ１に記載の方法。

【００８１】

本発明のさらなる態様によれば、以下のものが提供される。

【００８２】

Ｅ１．透磁性材料で作製された内壁（１１１０）、透磁性材料で作製された外壁（１１１２）、及び、前記内壁と前記外壁との間に設けられたキャビティ（１１１４）を含むモールド（１１８）と、

電磁場に応答して発熱する強磁性材料で作製されるとともに、前記キャビティ内に設けられたサセプタ（１１１８）と、

透磁性材料で作製されるとともに、前記モールドに取り付けられている支持体（３５０

）と、を含む装置。
【００８３】
Ｅ２．前記支持体は、前記電磁場が前記支持体において電気誘導電流を生成しうる表皮厚みよりも薄い、付記Ｅ１に記載の装置。
【００８４】
Ｅ３．前記キャビティの寸法は、前記サセプタの寸法と対応している、付記Ｅ１に記載の装置。
【００８５】
Ｅ４．前記キャビティに流体を供給する冷却システム（３４２）をさらに含み、前記流体は、部品（１２０）の熱可塑性部分のために、前記モールドを処理温度よりも低い温度まで冷却する、付記Ｅ１に記載の装置。
【００８６】
Ｅ５．前記支持体は、中空シリンダを含み、前記中空シリンダは、その長さ方向に沿って延びるスリット（１３１０）を含む、付記Ｅ１に記載の装置。
【００８７】
本発明のさらなる態様によれば、以下のものが提供される。
【００８８】
Ｆ１．廃熱を制限しつつ熱可塑性材料の加熱成形を制御することを含み、当該制御は、
モールドを支持する構造部品の誘導加熱を防止しつつ、前記モールドに接触する少なくとも１つのサセプタを誘導加熱し（１００６）、
前記モールドを前記熱可塑性材料に押し込んで、前記熱可塑性材料を成形し（１０１０）、
前記モールドの１つ以上の内部チャンバに冷却流体を直接供給して前記モールドを冷却する（１０１２）ことにより、実行される、方法。
【００８９】
Ｆ２．前記少なくとも１つのサセプタをキュリー点まで加熱することをさらに含む、付記Ｆ１に記載の方法。
【００９０】
本明細書において特定の実施形態を説明したが、本開示の範囲は、これらの特定の実施形態に限定されない。本開示の範囲は、以下の請求の範囲及びその均等物によって規定される。

【図面】

【図１】

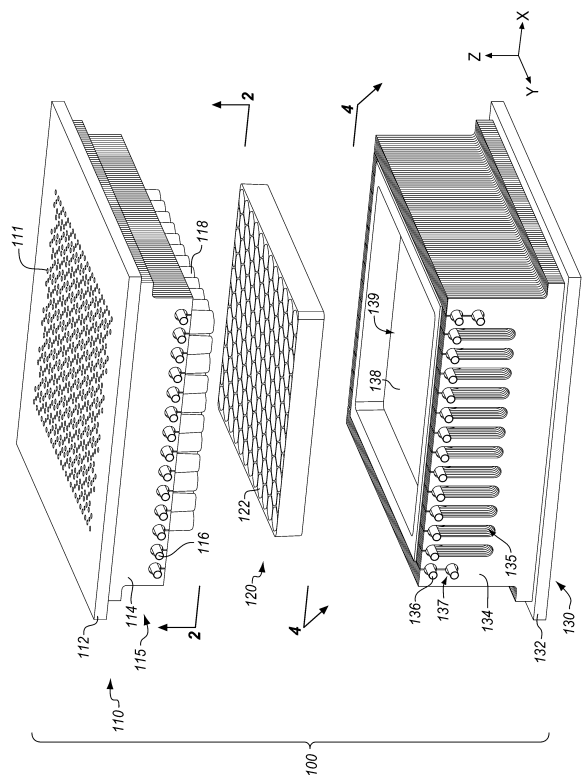


FIG. 1

【図２】

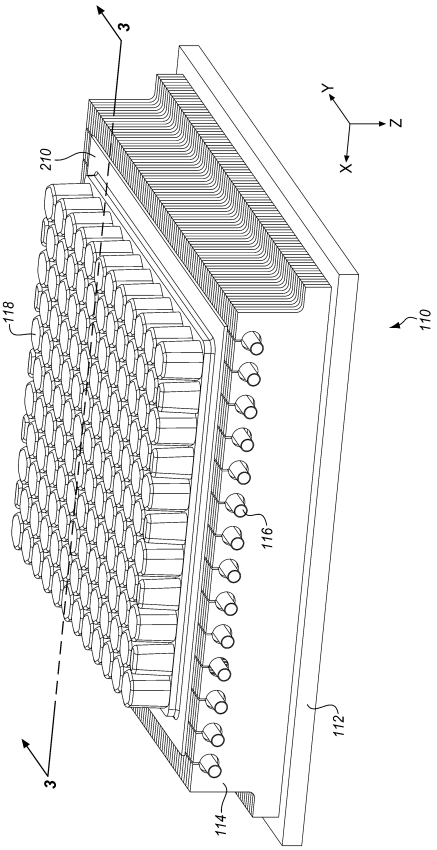


FIG. 2

【図３】

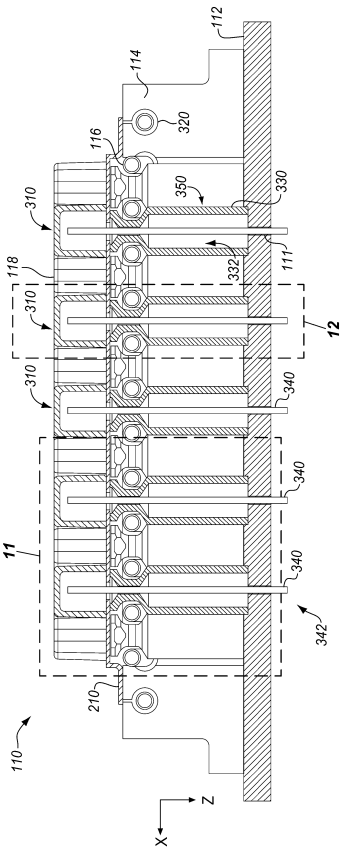


FIG. 3

【図４】

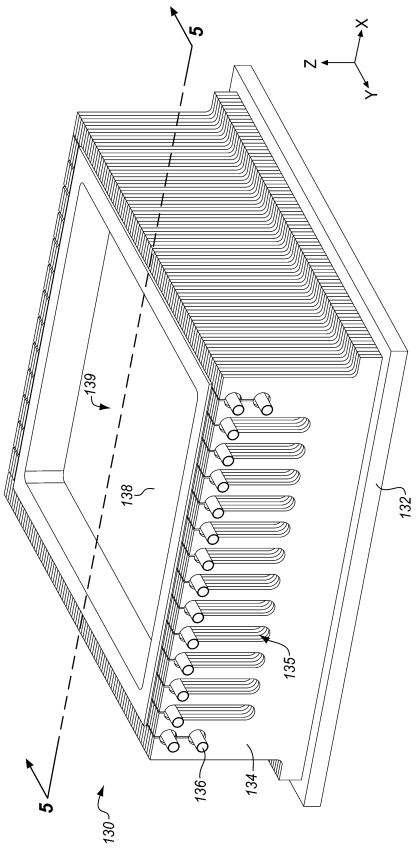


FIG. 4

【図５】

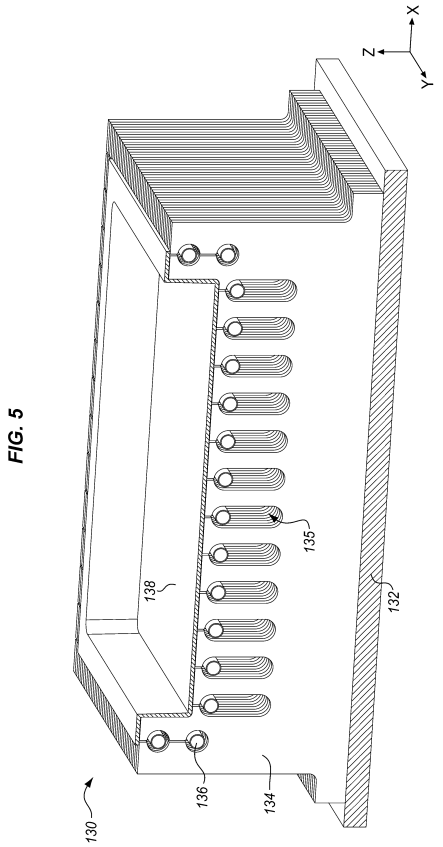


FIG. 5

【図６】

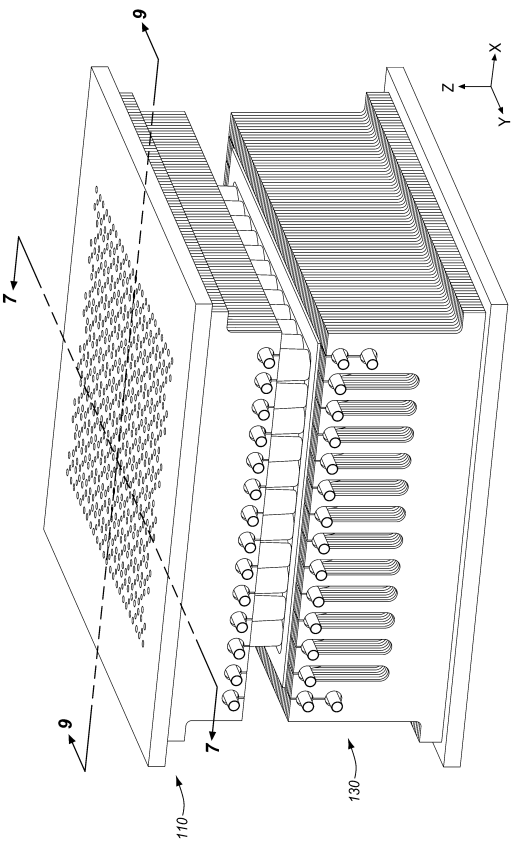


FIG. 6

【図７】

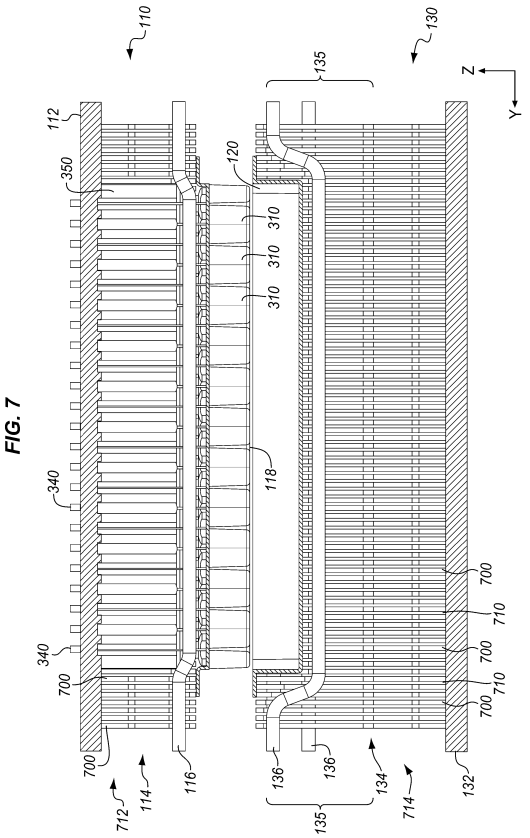


FIG. 7

【図８】

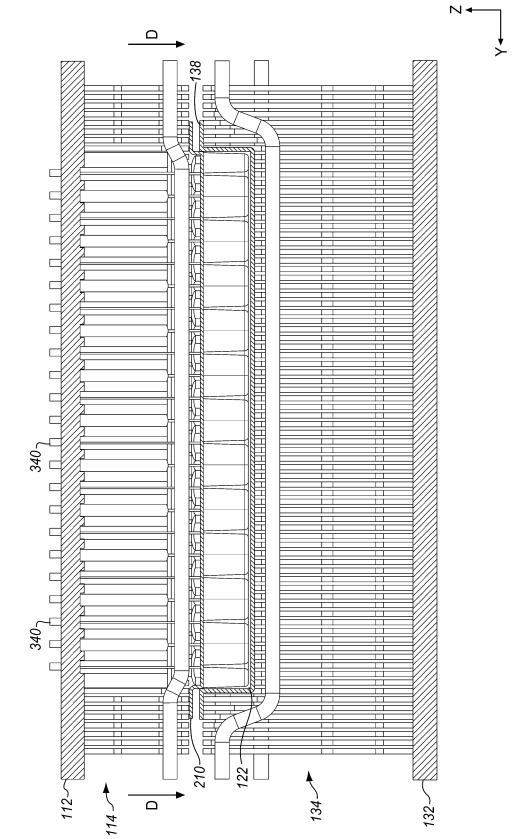


FIG. 8

【図９】

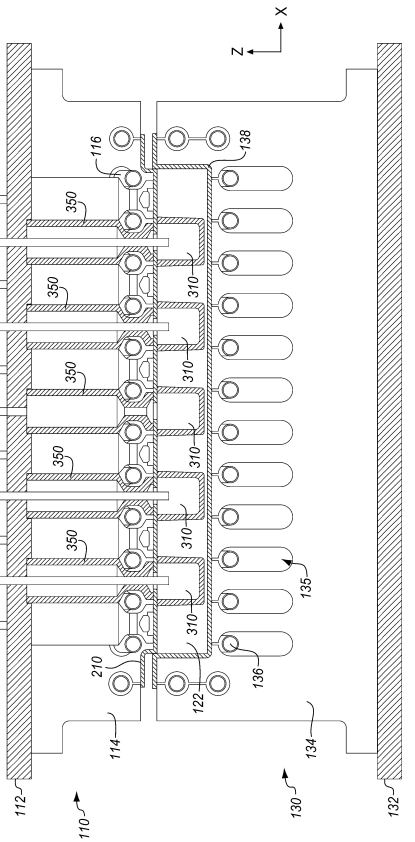
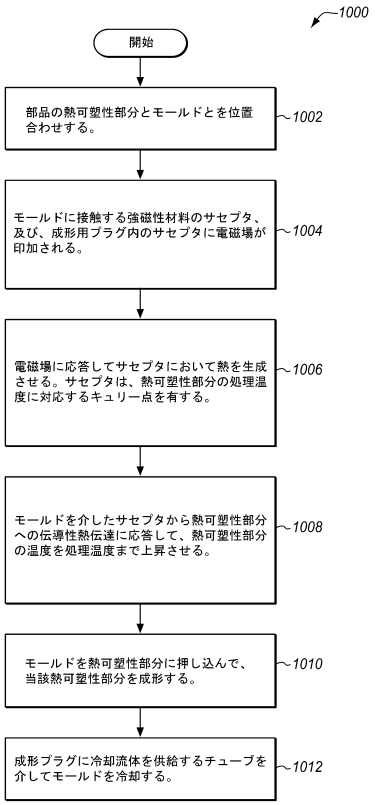


FIG. 9

【図１０】

FIG. 10



【図１１】

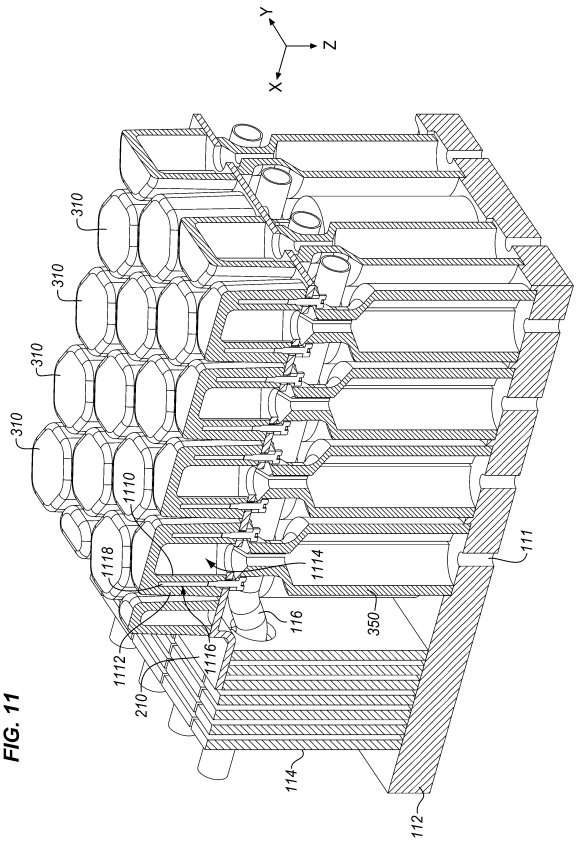


FIG. 11

【図１２】

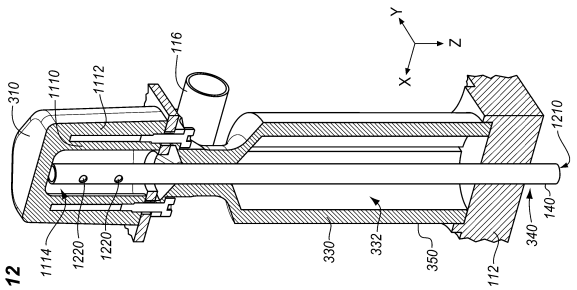


FIG. 12

【図１３】

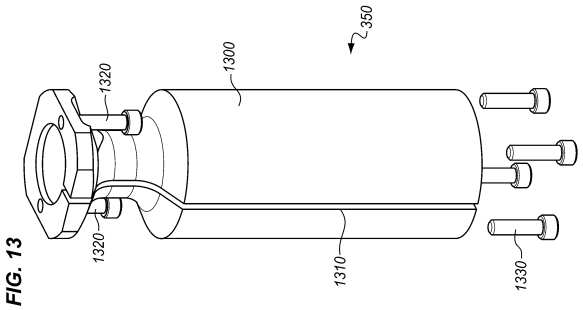


FIG. 13

【図１４】

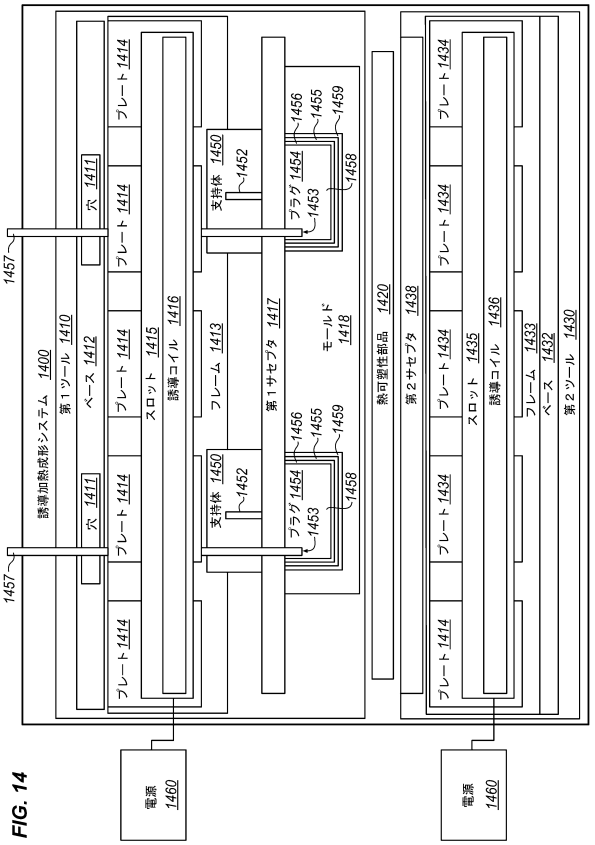
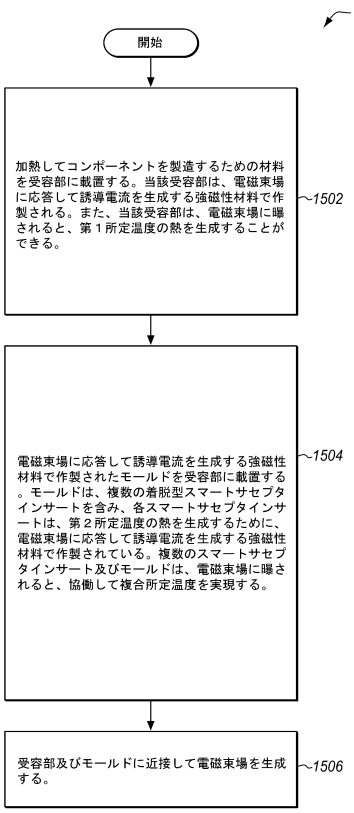


FIG. 14

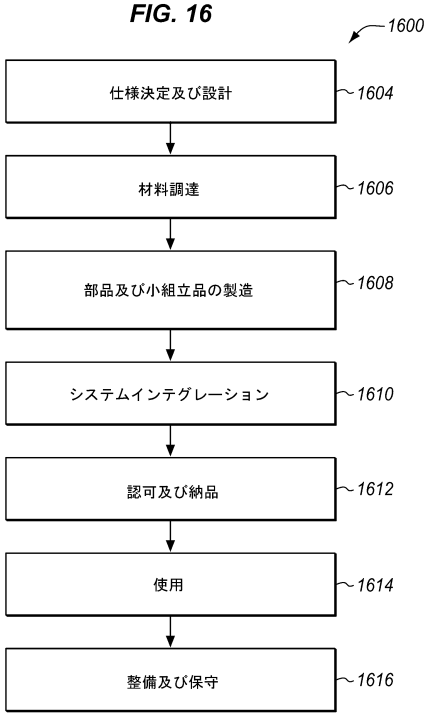
【図１５】

FIG. 15



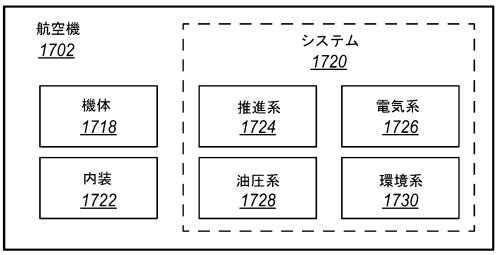
【図１６】

FIG. 16



【図１７】

FIG. 17


航空機
1702
システム
1720
機体
1718
推進系
1724
電気系
1726
内装
1722
油圧系
1728
環境系
1730

フロントページの続き

弁理士　小淵 景太
(74)代理人　100168099
弁理士　鈴木 伸太郎
(74)代理人　100200609
弁理士　齊藤 智和
(72)発明者　マーク アール．マッツェン
アメリカ合衆国、イリノイ州 ６０６０６、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ １００、ザ・ボーイング・カンパニー内
(72)発明者　ウィリアム シー．ダイクストラ
アメリカ合衆国、イリノイ州 ６０６０６、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ １００、ザ・ボーイング・カンパニー内
(72)発明者　リー チャールズ ファース
アメリカ合衆国、イリノイ州 ６０６０６、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ １００、ザ・ボーイング・カンパニー内
(72)発明者　ランドン ケー．ヘンソン
アメリカ合衆国、イリノイ州 ６０６０６、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ １００、ザ・ボーイング・カンパニー内
(72)発明者　ツンデ エー．オラニヤン
アメリカ合衆国、イリノイ州 ６０６０６、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ １００、ザ・ボーイング・カンパニー内
(72)発明者　ジョン アール．ハル
アメリカ合衆国、イリノイ州 ６０６０６、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ １００、ザ・ボーイング・カンパニー内

審査官　今井 拓也
(56)参考文献　特開２０１３－１１５０４９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－００７２８１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１１０７１９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０００９４７（ＪＰ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２９Ｃ　３３／０２
Ｈ０５Ｂ　６／１０
Ｂ２９Ｃ　４３／３６