

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6215766号
(P6215766)

(45) 発行日 平成29年10月18日 (2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日 (2017.9.29)

(51) Int.Cl. F 1
C 2 3 C 24/04 (2006.01) C 2 3 C 24/04

請求項の数 14 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-94986 (P2014-94986)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成26年5月2日 (2014.5.2)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2015-7281 (P2015-7281A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成27年1月15日 (2015.1.15)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	平成29年5月2日 (2017.5.2)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	13/887, 756	(74) 代理人	100109726
(32) 優先日	平成25年5月6日 (2013.5.6)		弁理士 園田 吉隆
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100101199
早期審査対象出願			弁理士 小林 義敦
		(72) 発明者	マットセン, マーク アール.
			アメリカ合衆国 イリノイ 60606,
			シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低温でスプレーされる高性能サセプタの製作のための逐次シート成形

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

部品を製造するための誘導加熱システムであって、
振動電磁場を発生させることができる誘導コイル (2 6) と、
前記誘導コイル (2 6) に電圧が付加される場合、前記振動電磁場の中に位置決めされるサセプタ (1 4 5) とを備え、前記サセプタ (1 4 5) は、
形成するためのツールによって望ましい形状に形成されるまで変形される、逐次的に望ましい形状へと変形されたシート金属要素 (1 5 0) の上に低温でスプレーされた強磁性物質 (1 3 0) が、前記誘導コイルが振動電磁場を発生させるとき、又は熱的な衝撃の付与によって前記シート金属要素 (1 5 0) から取り外されて形成される、誘導加熱システム。

【請求項 2】

前記シート金属要素 (1 5 0) は、近似的に 0.25 mm 以上かつ 0.76 mm 以下の範囲内に含まれる厚さを有する、請求項 1 に記載の誘導加熱システム。

【請求項 3】

前記シート金属要素 (1 5 0) は、非磁性である、請求項 1 又は請求項 2 に記載の誘導加熱システム。

【請求項 4】

前記シート金属要素 (1 5 0) は、前記強磁性物質 (1 3 0) のキュリー温度よりも下のキュリー温度を有する、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の誘導加熱システム

10

20

。

【請求項 5】

前記シート金属要素 (1 5 0) の上に低温でスプレーされた前記強磁性物質 (1 3 0) は、近似的に 1 mm 以上かつ 3 . 2 mm 以下の範囲内に含まれる厚さを有する、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の誘導加熱システム。

【請求項 6】

高性能サセプタを製造する方法であって、
逐次シート成形を使用して、金属のシートを望ましい形状へと形成することを含む、ツール要素を形成することと、

前記ツール要素の表面の上に、強磁性物質の組成に基づく所定のキュリー温度を有する強磁性物質を低温でスプレーすることと、

前記ツール要素の表面から前記強磁性物質を取り外すこと
とを含み、

前記強磁性物質を取り外すことは、振動電磁場を前記強磁性物質に与えて前記ツール要素の表面から前記強磁性物質を取り外すこと、又は前記ツール要素及び前記強磁性物質に熱的な衝撃を与えて前記ツール要素の表面から前記強磁性物質を取り外すことを含む、方法。

【請求項 7】

前記ツール要素を形成することは、逐次シート成形を使用して、非磁性の金属のシートを望ましい形状へと形成することをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記ツール要素を形成することは、前記強磁性物質のキュリー温度よりも下のキュリー温度を有する金属のシートから前記ツール要素を形成することをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記強磁性物質をスプレーするために使用されるノズルへ流れるガスを加熱することをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 10】

逐次シート成形を使用することは、形成するためのツールを用いて、前記金属のシートが望ましい形状に形成されるまで、前記金属のシートを逐次的に変形することをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 11】

部品 (1 6 0) を製造する方法であって、

逐次シート成形によって形作られたツール (1 5 0) の表面 (1 5 1) の上に配置される低温でスプレーされた強磁性粉末 (1 3 0) から製作された高性能サセプタ (1 4 5) を、部品 (1 6 0) に隣接して位置決めすることと、

前記高性能サセプタ (1 4 5) に振動電磁場を 与えて 渦電流を発生し前記高性能サセプタ (1 4 5) を加熱することと、

前記高性能サセプタ (1 4 5) を伴って前記部品 (1 6 0) を加熱することと、

前記ツールの表面から前記強磁性粉末を取り外すことと
を含み、前記ツールから前記強磁性粉末を取り外すことは、前記高性能サセプタに振動電磁場を与えて前記ツールから前記強磁性粉末を取り外すこと、又は前記高性能サセプタ及び前記ツールに熱的な衝撃を与えて前記ツールから前記強磁性粉末を取り外すことを含む、方法。

【請求項 12】

前記高性能サセプタ (1 4 5) を部品 (1 6 0) に隣接して位置決めすることは、前記高性能サセプタ (1 4 5) を誘導加熱システムの中へと位置決めすることをさらに含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記ツール (1 5 0) から前記強磁性粉末を取り外した後に、前記強磁性粉末から形成

10

20

30

40

50

された前記高性能サセプタ(145)を前記部品(160)に隣接して位置決めする、請求項11に記載の方法。

【請求項14】

形成するためのツールを用いて前記ツールの表面を逐次的に変形することをさらに含む、請求項11に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、逐次シート成形(ISF: Incremental sheet forming)を含む、低温でスプレーされる高性能サセプタの製作、及び当該高性能サセプタを使用した特定の部品の製造のための方法、システム、及び装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

誘導加熱システムは、部品や構成要素を製作するなどの工程において、熱を提供するために使用されてきた。誘導加熱システムは、典型的には、強磁性物質の範囲内で熱を発生させることによって、通電誘導コイルにより発生する振動電磁場に反応する強磁性物質を含む。熱は、典型的には、強磁性元素から直接に部品や構成要素に伝導される。強磁性元素又は強磁性物質を含む高性能サセプタは、誘導加熱システムの中で加熱され、非常に安定した温度を提供し、部品又は構成要素を加熱する。高性能サセプタの機構は、当該高性能サセプタが所定のキュリー温度を有し、誘導加熱の中で使用される場合に非常に安定した温度を提供するように構成される。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

Mat senら本明細書と同一出願人によるものであって本明細書の中に取り込まれて言及される米国特許番号6,566,635は、高温スプレーガンを使用して、メッシュ構造に磁氣的透過性を有する粉末を適用し、サセプタを形成することを開示している。磁氣的透過性を有する粉末の熱的又は高温のスプレーは、スプレーされた物質が目標に接触する前に当該物質を溶かす。磁氣的透過性を有する粉末の熱的な適用は、サセプタを形成するために適用される粉末の組成を限定する。磁氣的透過性を有する粉末の熱的な適用はまた、スプレーされたサセプタを酸化させる可能性がある。メッシュ構造に対する磁氣的透過性を有する粉末の適用はまた、形成されるサセプタの幾何学的な形状を限定する。メッシュ構造の使用は、形成されるサセプタの寸法許容性を限定する。

30

【課題を解決するための手段】

【0004】

低温の強磁性物質を、前もって逐次シート成形によって望ましい形状へと形成されたツールの表面に低温でスプレーすることによって、誘導加熱高性能サセプタを形成することは有効である。

【0005】

部品を製造するための誘導加熱システムの1つの構成は、振動電磁場を発生させることができる誘導コイル、及び当該誘導コイルに電圧が付加される場合、当該振動電磁場の中に位置決めされるサセプタを備える。サセプタは、シート金属要素、及び当該シート金属要素の上に低温でスプレーされる強磁性物質を備える。シート金属要素は、逐次シート成形によって望ましい形状へと形成される。

40

【0006】

システムのシート金属要素は、近似的に0.01から0.03インチまでの範囲内の厚さを有する。システムのシート金属要素は、非磁性である。シート金属要素は、強磁性物質のキュリー温度より低いキュリー温度を有する。強磁性物質は、0.04から0.125インチまでの範囲内の厚さまで、ツール要素の上に低温でスプレーされる。

【0007】

50

低温でスプレーされた高性能サセプタを形成するためのシステムの１つの構成は、第１のライン及び第２のラインの中のガスの流れを制御する、第１のライン及び第２のラインと連通するガス制御モジュールを備える。システムは、第１のラインによってガス制御モジュールに接続されるノズル、並びにガス制御モジュール及びノズルの間の第１のラインに沿って位置決めされる加熱器を備える。システムは、ガス制御モジュール及びノズルの間の第２のラインに沿って位置決めされる粉末供給装置を備える。第１のライン及び第２のラインの中のガスの流れは、粉末の粒子の流れがツールの表面に接触するように、高性能サセプタを形成するノズルの外部への粉末の粒子の流れを生み出す。ツールの表面は、逐次シート成形によって望ましい形状へと形成される。第１のラインに沿って位置決めされる加熱器は、近似的に摂氏４００度から摂氏９００度までの範囲内に含まれる温度まで、第１のラインの中のガスを加熱する。

10

【０００８】

高性能サセプタを製造する方法の１つの構成は、ツール要素を形成すること、及び当該ツール要素の表面の上に強磁性物質を低温でスプレーすることを含む。強磁性物質は、強磁性物質の組成に基づいた所定のキュリー温度を有する。ツール要素を形成することは、逐次シート成形を使用して、非磁性の金属のシートを望ましい形状へと形成することを含む。ツール要素を形成することは、セラミックダイからツール要素を形成することを含む。ツール要素を形成することは、高分子シート又は複合材シートからツール要素を形成することを含む。ツール要素を形成することは、強磁性物質のキュリー温度より下のキュリー温度を有する金属のシートからツール要素を形成することを含む。方法は、振動電磁場を強磁性物質に適用して、ツール要素の表面から強磁性物質を取り外すことを含む。方法は、強磁性物質をスプレーするために使用されるノズルへ流れるガスを加熱する。方法は、ツール要素及び強磁性物質に熱的な衝撃を与えて、ツール要素の表面から強磁性物質を取り外すことを含む。

20

【０００９】

部品を製造する方法の１つの構成は、部品に隣接して高性能サセプタを位置決めすること、振動電磁場を高性能サセプタへ適用して渦電流を発生し高性能サセプタを加熱すること、及び高性能サセプタを伴って部品を加熱すること、を含む。高性能サセプタは、逐次シート成形によって形作られたツールの表面の上に配置される低温でスプレーされた強磁性粉末から製作される。

30

【００１０】

部品に隣接して高性能サセプタを位置決めすることはさらに、高性能サセプタを誘導加熱システムの中へと位置決めすることを含む。方法は、ツールから高性能サセプタを取り外すことを含む。高性能サセプタは、ツールから高性能サセプタを取り取り外した後に、部品に隣接して位置決めされる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】図１は、ツールの表面の上に強磁性粉末を低温でスプレーして高性能サセプタを形成するためのシステムの構成を示す。

【図２】図２は、物質を望ましい形状へと逐次シート成形することにおいて使用されるシステムの構成を示す。

40

【図３】図３は、低温でスプレーされた高性能サセプタが部品を加熱して製作するために配置される、誘導加熱ワークセル（work cell）の１つの構成の斜視図を示している。

【図４】図４は、構成要素を形成するために使用される一組のダイ及び高性能サセプタの構成を示している。

【図５】図５は、強磁性元素の温度が増加する場合の、低温でスプレーされた高性能サセプタの強磁性物質の透磁率における減少を示すグラフである。

【図６】図６は、低温でスプレーされた高性能サセプタの形状を形成するために使用されるツールの表面から取り除かれた、低温でスプレーされた高性能サセプタの斜視図である

50

。

【図 7】図 7 は、低温でスプレーされた高性能サセプタを形成するための工程の流れ図である。

【図 8】図 7 は、低温でスプレーされた高性能サセプタを使用して、複合材部品を形成するための工程の流れ図である。

【図 9】図 9 は、航空機の生産及び保守の手順のフロー図を示している。

【図 10】図 10 は、航空機のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本開示に係る発明には様々な修正および代替形式を加え得るが、図面においては例示のために特定の実施形態について詳細に記述される。しかしながら、本発明を開示された特定の形式に制限する意図はないことに留意すべきである。むしろ、添付の特許請求の範囲で画される本発明の範囲に属するすべての修正例、均等技術、代替例を包含する意図である。

【0013】

本明細書の中において説明される構成は、部品を製造するための誘導加熱システムにおいて使用される、高性能サセプタに関する。高性能サセプタは、強磁性粉末などの物質をツール又はセラミックダイの表面の上に、低温でスプレーすることによって形成される。低温でのスプレーは、本明細書の中において、スプレーされる物質の融点よりも下の温度において、当該物質をスプレーすることであると定義される。ツールは、逐次シート成形によって望ましい形状へと形成される。高性能サセプタ及びツールアセンブリは、振動電磁場を適用することによって構成要素を加熱する、誘導加熱システムの範囲内において位置決めされる。

【0014】

代替的に、高性能サセプタは、ツールの表面から除去されて、振動電磁場を適用することによって構成要素を加熱する、誘導加熱システムの範囲内において単独で位置決めされる。

【0015】

図 1 は、高性能サセプタ 145 を形成するためにツール要素又はシート金属要素 150 の表面又は基板 151 の上に強磁性粉末 130 を低温でスプレーするために使用されるシステム 100 の 1 つの構成の概略図を示す。窒素又はヘリウムなどのガス 105 の源は、ノズル 135 に接続される第 1 のライン 115 を通る、並びに粉末チャンバー 131 及びその後ノズル 135 に接続される第 2 のライン 120 を通る、ガス 105 の流れを制御するガス制御モジュール 110 に接続される。ライン 115 及び 120 を通るガスの流れは、粉末チャンバー 131 の範囲内に配置される強磁性粉末 130 が、粒子の流れ 140 としてノズル 135 からスプレーされる原因となる。粒子の流れ 140 は、高速でノズル 135 から放たれ、当該ノズル 135 は超音速ノズルであり、シート金属要素又はツール要素 150 (本明細書の中において、以下ツールとして言及される) の表面又は基板 151 の上に堆積され、高性能サセプタ 145 を形成する。粒子の流れ 140 は、強磁性粉末 130 の融点よりも十分に低い温度において、スプレーされる。粒子の流れ 140 は、ダイの表面の上に直接にスプレーされて、ツール 150 の表面の上の代わりに、ダイの表面の上に高性能サセプタ 145 を形成することもできる。粒子の流れ 140 は、超音速ガスジェットとしてツール 150 の表面又は基板 151 の上にスプレーされる。表面 151 に当たった衝撃で、粒子の流れ 140 の粒子は、当該粒子の流れ 140 の高速のために塑性変形し、互いに結合して高性能サセプタ 145 を形成する。

【0016】

システム 100 は、ガス 105 がノズル 135 の中へと入る前に、ガス 105 を要求される温度まで加熱するために使用される加熱器 125 を含む。例えば、ガス 105 は、粉末 130 を粒子の流れ 140 へとスプレーするために、ノズル 135 に入る前に、摂氏 400 度から 900 度までの範囲内に含まれる温度まで加熱される。加熱器 125 は、粒子

の流れ 140 の速度を加速するために使用されるが、加熱されたガス 105 からの熱は、粒子の流れ 140 の粒子の金属結合までは伝達されない。

【0017】

低温でのスプレーの工程において使用される強磁性粉末 130 は、本開示の利益を有する当業者によって認識されるように、望ましいキュリー温度を有する高性能サセプタを生産するように構成される。粉末 130 を低温でスプレーすることは、高温でのスプレーとは異なり、高性能サセプタ 145 を生産するために多量の強磁性粉末 130 を使用することを許容する。強磁性粉末 130 は、望ましいキュリー温度を有する高性能サセプタ 145 を生産することができる、強磁性粉末などの強磁性物質の混合物であってよい。例えば、強磁性粉末は、望ましいキュリー温度を獲得することができる、ニッケル、コバルト、及び鉄の粉末又は他の強磁性粉末の混合物であってよい。

10

【0018】

低温でのスプレーの使用は、高性能サセプタが熱的な原因によって寸法における歪を生じることを抑制する。強磁性粉末 130 の前もって形作られた表面の上への低温でのスプレーは、望ましい幾何学的な形状を有する高性能サセプタ 145 の急速な生成を可能にする。逐次シート成形は、厳しい寸法の許容性を有する表面の詳細な設定を可能にする。強磁性粉末 130 は、低温でスプレーされて、近似的に 0.04 インチから 0.125 インチまでの範囲内に含まれるような、望ましい厚さを有する高性能サセプタ 145 を生産する。高性能サセプタ 145 の低温でのスプレーは、高温でのスプレーと異なり、高性能サセプタ 145 が、高温での耐久性がない、及び/又は高温で酸化され易い物質を含むことを許容する。ツール 150 の表面 151 の上でのサセプタ 145 の使用は、サセプタ 145 を形成するために使用される物質が、概して、高温での耐久性がなく高温で酸化され易いため、高温における耐久性において助けとなる。

20

【0019】

ツール 150 の表面 151 は、逐次シート成形などの工程によって、複雑な幾何学的形状などの望ましい形状へと形作られる。低温でスプレーされた高性能サセプタ 145 は、ツール 150 の表面 151 と同じ形状へと形成される。逐次シート成形は、要求される許容性を有するツールの表面 151 の急速な形成を可能にする。

【0020】

図 2 は、逐次シート成形を実行するためにシステム 30 において使用される構成要素を示す。図解されているシステム 30 において、形成するためのツール 31 は、ツール 34 が望ましい幾何学的な形状へと形成されるまで、ワークピース又はツール 34 において小さな逐次的変形を生み出すために使用される。形成するためのツール 31 は、(図示せぬ)機械に接続されて変形を行う。機械は、ツール 34 が望ましい幾何学的な形状へと形成されるまで、形成するためのツール 31 によって繰り返される少変形を制御する、コンピュータによって制御される機械である。ツール 34 は、留め具 32 によって一緒に固定される、ブラנקホルダ 33 及びモジュラーダイ 35 の間に固定的に保持される。ダイサポート 36 は、モジュラーダイ 35 に対して十分な固定性を提供する。逐次シート成形の使用は、特定の幾何学的形状を有する高性能サセプタ 145 を形成するために、強磁性粉末 130 の低温でのスプレーが行われるツール 34 の、高速かつ安価で、正確な形成を可能にする。逐次シート成形は、近似的に 0.01 インチから 0.03 インチまでの厚さを有する金属のシートの上で使用される。逐次シート成形はまた、高分子のシート又は複合材物質のシートを望ましい幾何学的な形状へと形成するために使用され得る。

30

40

【0021】

図 3 は、(図 4 に示される)部品又は構成要素 160 を加熱するために、(図 4 に示される)低温でスプレーされた高性能サセプタ 145 が置かれ得る、ワークセル 10 を示す。ワークセル 10 は、上側のストロングバック 13 の範囲内に設置される上側のダイ 11、及び下側のストロングバック 14 の範囲内に設置される下側のダイ 12 を含む。ストロングバック 13 及び 14 は、ねじが切られた 4 つの支柱支持、又はねじジャッキ 15 の上にねじ止めされ、それらはダイ 11 及び 12 並びにストロングバック 13 及び 14 の相対

50

的な位置の調整を可能にする。一緒に、ダイ 1 1 及び 1 2 は、今度は部品 1 6 0 を囲む高性能サセプタ 1 4 5 を保持するために形作られる、ダイキャビティを画定する。

【 0 0 2 2 】

上で議論したように、強磁性粉末は、(図 4 に示される) 高性能サセプタ 1 4 5 を形成するために、ダイ 1 1 及び 1 2 のうちの 1 つの上に直接的に、低温でスプレーされ得る。複数の誘導コイル 2 6 は、ダイ 1 1 及び 1 2 の中に埋め込まれ、高性能サセプタ 1 4 5 を囲む。電圧が付加された場合、コイル 2 6 は、高性能サセプタ 1 4 5 の中に渦電流を引き起こす振動電磁場を発生し、当該渦電流が高性能サセプタ 1 4 5 を加熱し、高性能サセプタ 1 4 5 が熱を発生して、金属部品を形成する、又は複合材部品を強化するなどの、部品 1 6 0 を製造する中のステップを実行する。高性能サセプタ 1 4 5 は、それ自身が当該高性能サセプタ 1 4 5 の強磁性物質のキュリー温度に到達するまで熱を上げる。高性能サセプタ 1 4 5 のキュリー温度は、組み合わせられて高性能サセプタ 1 4 5 を形成する、強磁性物質の特性により決定される。キュリー温度に到達するとすぐに、高性能サセプタ 1 4 5 の強磁性物質は、実質的に非磁性になる。

【 0 0 2 3 】

誘導加熱ワークセル 1 0 はさらに、ストロングバック 1 3 及び 1 4 に対向してダイ 1 1 及び 1 2 をその位置に保持する、一組の締め付け棒 1 6 を含む。ストロングバック 1 3 及び 1 4 は、上側及び下側のダイ 1 1 及び 1 2 に対して固くてフラットな裏打ち面を提供し、ダイ 1 1 及び 1 2 が製造作業の間に曲がったり欠けたりすることを妨げる。付加的に、ストロングバック 1 3 及び 1 4 は、ダイ 1 1 及び 1 2 が一緒に正確に位置決めされるように保つ、硬いプレートとして役目を果たす。ストロングバック 1 3 及び 1 4 は、スチール、アルミニウム、又は形成若しくは強化の間に存在する荷重を処理することができる任意の他の物質から構築される。好ましくは、非磁性物質が、誘導コイル 2 6 によって生み出される振動電磁場の歪を妨げるために使用される。ストロングバック 1 3 及び 1 4 の使用に対する代替案として、ダイ 1 1 及び 1 2 それ自身が、形成又は強化の間に存在する荷重に耐え得るに十分な強さを有してもよい。

【 0 0 2 4 】

ダイ 1 1 及び 1 2 の各々は、一組の繊維ガラスロッド 2 0 及び一組の支持板によって強化される、セラミック材料の矩形状のブロックを含む。支持板は、好ましくは、各々のセラミックブロックを囲む矩形状の箱の形状で配置される、一組のフェノールボードを備える。一組のナット 2 1 は、繊維ガラスロッド 2 0 におけるねじが切られている部分の終端部の上で締め付けられて、フェノールボードの上に圧縮荷重を適用する。誘導コイル 2 6 は、セラミックブロックの中へと埋め込まれ、繊維ガラスロッド 2 0 の間で位置決めされ、ダイキャビティを取り囲む。コイル 2 6 はまた、冷却流体のためのコンジットとして役目を果たすことによって、熱エネルギーを除去する。コイル 2 6 は、柔軟な管部 2 8 によって接続される真っ直ぐな管部 2 7 を含む。柔軟な管部 2 8 は、真っ直ぐな管部 2 7 を接続し、ダイ 1 1 及び 1 2 が分離されることを許容する。

【 0 0 2 5 】

図 4 は、低温でスプレーされた高性能サセプタ 1 4 5 を使用して、部品 1 6 0 を形成するために使用され得る、一組のダイ 1 5 5 を示す。上で議論したように、高性能サセプタ 1 4 5 は、望ましい幾何学的な形状を有するツール 1 5 0 又はダイの表面 1 5 1 の上に、強磁性粉末 1 3 0 を低温でスプレーすることによって形成され、それによって高性能サセプタ 1 4 5 もまた、望ましい幾何学的な形状を伴って形成される。その後、高性能サセプタ 1 4 5 は、ツール 1 5 0 から除去されて、誘導加熱システムの中で部品 1 6 0 を形成する。代替的に、高性能サセプタ 1 4 5 は、ツール 1 5 0 とともに、熱誘導システムの中へ挿入されて、部品 1 6 0 を形成する。スペーサ 1 5 6、ダイインサート 1 5 7、及び / 又はブラダー 1 5 8 はまた、高性能サセプタ 1 4 5 及び形成される部品 1 6 0 の間に挿入される。ダイ 1 5 5 は、部品 1 6 0、低温でスプレーされた高性能サセプタ 1 4 5、及び同様に誘導加熱システムの範囲内における任意の付加的な処理のための構成要素を保持するためのキャビティを生み出すように形成される。その後、低温でスプレーされた高性能サ

セプタ１４５は、本開示の利益を有する当業者によって理解されるように、振動電磁場を適用することによって、部品１６０へ熱を与えるために加熱される。

【００２６】

上で議論したように、高性能サセプタ１４５の強磁性物質１３０は、当該強磁性物質１３０がキュリー温度に到達した場合、実質的に非磁性になる。図５に示されるように、強磁性物質１３０の透磁率は、強磁性物質１３０がキュリー温度に到達する際に、突然に減少する。透磁率における突然の減少は、誘導コイルによって発生される渦電流の歪をもたらす。キュリー温度よりも下の強磁性物質１３０は、渦電流を発生し続ける。

【００２７】

図６は、望ましい幾何学的な形状を伴った高性能サセプタ１４５を形成するために使用されるツール１５０から分離された、低温でスプレーされた高性能サセプタ１４５を示す。高性能サセプタ１４５を形成するためにツール１５０の表面１５１の上に強磁性粉末１３０を低温でスプレーした後に、高性能サセプタ１４５は、高性能サセプタ１４５及びツール１５０に熱的な衝撃を与えることによって、ツール１５０から除去される。ツール１５０及び高性能サセプタ１４５は、異なる熱膨張特性を有しており、それ故、熱的な衝撃を与えられた場合、２つの構成要素が分離することを可能にする。高性能サセプタ１４５及びツール１５０は、様々な手段によって加熱され、それらの異なる熱膨張特性のために、高性能サセプタ１４５がツール１５０から分離する。例えば、高性能サセプタ１４５は、高性能サセプタ１４５及びツール１５０に対して振動電磁場を適用することによって、ツール１５０から分離される。高性能サセプタ１４５を形成するために強磁性粉末１３０を低温でスプレーすることは、高性能サセプタ１４５を形成用ツール１５０から除去した後に、誘導加熱システムの中で単独で使用される、望ましい幾何学的な形状を伴った高性能サセプタ１４５の構成を可能にする。いくつかの適用において、部品１６０を加熱するために、高性能サセプタ１４５及び形成用ツール１５０の両者を使用することが好まれる。例えば、形成用ツール１５０は、高温における高性能サセプタ１４５の耐久性の助けとなる。

【００２８】

図７は、ツール要素を形成するステップ２０５を含む、高性能サセプタを製造する方法２００を示す。ツール要素は、上述したように、逐次シート成形によって形成される。逐次シート成形は、シート金属、高分子シート、又は複合材シートからツールを形成するために使用される。ツール要素は、セラミックダイであってもよい。方法２００は、ツール要素の表面に強磁性物質を低温でスプレーするステップ２１０を含む。強磁性物質は、所定のキュリー温度を有する強磁性粉末である。例えば、強磁性粉末は、コバルト、ニッケル、クロム、モリブデン、マンガン、鉄、及び／又は粉末を混合した組成に基づいて所定のキュリー温度を有する、他の強磁性物質などの様々な粉末の混合物である。方法２００は、振動電磁場を強磁性物質に適用して、ツール要素の表面から強磁性物質を取り外すステップ２１５を、随意に含む。強磁性物質に対する振動電磁場の適用は、熱膨張における違いに加えて、分離において助けとなるなんらかの振動力を付加する。方法２００は、ツール要素及び強磁性物質に熱的な衝撃を与えて、ツール要素の表面から強磁性物質を取り外すステップ２２０を、随意に含む。

【００２９】

図８は、望ましい形状のツールを逐次シート成形するステップ２５５を含む、部品を製造する方法２５０を示す。部品は、複合材部品を含む。方法２５０は、強磁性物質をスプレーするために使用されるノズルへ流れるガスを加熱する、随意的ステップ２６０を含む。方法２５０は、高性能サセプタを形成するのに望ましい形状を有するツールの表面に強磁性粉末を低温でスプレーするステップ２６５を含む。方法２５０は、ツールの表面から高性能サセプタを取り外す、随意的ステップ２７０を含む。方法２５０は、部品に隣接して高性能サセプタを位置決めするステップ２７５、及び高性能サセプタに対して振動電磁場を適用して渦電流を発生し高性能サセプタを加熱するステップ２８０を含む。方法２５０は、高性能サセプタから発生される熱を伴って、部品を加熱するステップ２８５を含む

10

20

30

40

50

。

【0030】

図9、10を参照すると、本開示の実施形態は、図9に示される航空機の製造及び保守方法300、及び図10に示される航空機302の文脈において、説明され得る。生産前の段階では、例示的な方法300は、航空機302の仕様及び設計304と、材料調達306とを含むことができる。生産段階では、航空機302の構成要素及びサブアセンブリの製造308と、システムインテグレーション310とが行われる。その後、航空機302は認可及び納品312を経て運航314される。航空会社などの顧客により運航314される間に、航空機302は定期的な整備及び保守316（改造、再構成、改修なども含む）を受ける。

10

【0031】

方法300の各プロセスは、システムインテグレーター、第三者、及び/又はオペレーター（例えば顧客）によって実施又は実行される。本説明の目的のために、システムインテグレーターは、限定しないが、任意の数の航空機製造者、及び主要システムの下請業者を含んでもよく、第三者は、限定しないが、任意の数のベンダー、下請業者、及び供給業者を含んでもよく、オペレーターは、航空会社、リース会社、軍事団体、サービス機関などであってもよい。

【0032】

図10に示されるように、例示的方法300によって生産された航空機302は、複数のシステム320及び内装322を有する機体318を含むことができる。高レベルのシステム320の実施例には、推進システム324、電気システム326、油圧システム328、及び環境システム330のうちの1以上が含まれる。任意の数の他のシステムが含まれてもよい。航空宇宙産業の実施例を示したが、開示された実施形態の原理は、自動車産業などの他の産業に適用することもできる。

20

【0033】

本明細書の中において具現化された装置と方法は、生産及び保守方法300の任意の1以上の段階で採用することができる。例えば、生産プロセス308に対応する構成要素又はサブアセンブリは、航空機302の運航314中に生産される構成要素又はサブアセンブリと同様の方法で製作又は製造されてもよい。また、1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は、例えば、航空機302のアセンブルを実質的に効率化するか、又は航空機302のコストを削減することによって、生産段階308及び310の間に利用することができる。同様に、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のうちの1以上を、航空機302の運航314中に、例えば、限定しないが、整備及び保守316に利用することができる。

30

【0034】

本開示による発明対象物の例示的で非排他的な実施例は、以下のA1項からC19項に記載される。

【0035】

条項A1

部品を製造するための誘導加熱システムであって、

40

振動電磁場を発生させることができる誘導コイル26と、

前記誘導コイル26に電圧が付加される場合、前記振動電磁場の中に位置決めされるサセプタ145とを備え、前記サセプタ145は、

逐次シート成形によって望ましい形状へと形成されたシート金属要素150と、

前記シート金属要素150の上に低温でスプレーされた強磁性物質130とを備える、誘導加熱システム。

【0036】

条項A2

前記シート金属要素150は、近似的に0.01インチ以上かつ0.03インチ以下の範囲内に含まれる厚さを有する、条項A1に記載の誘導加熱システム。

50

【 0 0 3 7 】

条項 A 3

前記シート金属要素 1 5 0 は、非磁性である、条項 A 1 又は A 2 に記載の誘導加熱システム。

【 0 0 3 8 】

条項 A 4

前記シート金属要素 1 5 0 は、前記強磁性物質 1 3 0 のキュリー温度よりも下のキュリー温度を有する、条項 A 1 から A 3 のいずれか一項に記載の誘導加熱システム。

【 0 0 3 9 】

条項 A 5

前記シート金属要素 1 5 0 の上に低温でスプレーされた前記強磁性物質 1 3 0 は、近似的に 0 . 0 4 インチ以上かつ 0 . 1 2 5 インチ以下の範囲内に含まれる厚さを有する、条項 A 1 から A 4 のいずれか一項に記載の誘導加熱システム。

【 0 0 4 0 】

条項 B 6

高性能サセプタ 1 4 5 を製造する方法であって、

ツール要素 1 5 0 を形成することと、

前記ツール要素 1 5 0 の表面 1 5 1 の上に強磁性物質 1 3 0 を低温でスプレーすることを含み、

前記強磁性物質 1 3 0 は、前記強磁性物質 1 3 0 の組成に基づく所定のキュリー温度を有する、方法。

【 0 0 4 1 】

条項 B 7

前記ツール要素 1 5 0 を形成することは、逐次シート成形を使用して、非磁性の金属のシートを望ましい形状へと形成することを含む、条項 B 6 に記載の方法。

【 0 0 4 2 】

条項 B 8

前記ツール要素 1 5 0 を形成することは、セラミックダイから前記ツール要素 1 5 0 を形成することを含む、条項 B 6 に記載の方法。

【 0 0 4 3 】

条項 B 9

前記ツール要素 1 5 0 を形成することは、高分子シート又は複合材シートから前記ツール要素 1 5 0 を形成することを含む、条項 B 6 に記載の方法。

【 0 0 4 4 】

条項 B 1 0

前記ツール要素 1 5 0 を形成することは、前記強磁性物質 1 3 0 のキュリー温度よりも下のキュリー温度を有する金属のシートから前記ツール要素 1 5 0 を形成することを含む、条項 B 6 に記載の方法。

【 0 0 4 5 】

条項 B 1 1

振動電磁場を前記強磁性物質 1 3 0 に適用して、前記ツール要素 1 5 0 の前記表面 1 5 1 から前記強磁性物質 1 3 0 を取り外すことをさらに含む、条項 B 6 から B 1 0 のいずれか一項に記載の方法。

【 0 0 4 6 】

条項 B 1 2

前記強磁性物質 1 3 0 をスプレーするために使用されるノズル 1 3 5 へ流れるガスを加熱することをさらに含む、条項 B 6 から B 1 1 のいずれか一項に記載の方法。

【 0 0 4 7 】

条項 B 1 3

前記ツール要素 1 5 0 及び前記強磁性物質 1 3 0 に熱的な衝撃を与えて、前記ツール要

10

20

30

40

50

素 1 5 0 の前記表面 1 5 1 から前記強磁性物質 1 3 0 を取り外すことをさらに含む、条項 B 6 から B 1 2 のいずれか一項に記載の方法。

【 0 0 4 8 】

条項 C 1 4

部品 1 6 0 を製造する方法であって、

前記部品 1 6 0 に隣接して高性能サセプタ 1 4 5 を位置決めすることを含み、

前記高性能サセプタ 1 4 5 は、逐次シート成形によって形作られたツール 1 5 0 の表面 1 5 1 の上に配置される低温でスプレーされた強磁性粉末 1 3 0 から製作され、

前記高性能サセプタ 1 4 5 に振動電磁場を適用して渦電流を発生し前記高性能サセプタ 1 4 5 を加熱することと、

前記高性能サセプタ 1 4 5 を伴って部品 1 6 0 を加熱することとを含む、方法。

10

【 0 0 4 9 】

条項 C 1 5

前記部品 1 6 0 に隣接して前記高性能サセプタ 1 4 5 を位置決めすることは、前記高性能サセプタ 1 4 5 を誘導加熱システムの中へと位置決めすることをさらに含む、条項 C 1 4 に記載の方法。

【 0 0 5 0 】

条項 C 1 6

前記ツール 1 5 0 から前記高性能サセプタ 1 4 5 を取り外すことをさらに含む、条項 C 1 4 又は C 1 5 に記載の方法。

20

【 0 0 5 1 】

条項 C 1 7

前記ツール 1 5 0 から前記高性能サセプタ 1 4 5 を取り外した後に、前記部品 1 6 0 に隣接して前記高性能サセプタ 1 4 5 を位置決めする、条項 C 1 6 に記載の方法。

【 0 0 5 2 】

条項 C 1 8

前記ツール 1 5 0 から前記高性能サセプタ 1 4 5 を取り外すことは、振動電磁場を前記高性能サセプタ 1 4 5 に適用して、前記ツール 1 5 0 から前記高性能サセプタ 1 4 5 を取り外すことを含む、条項 C 1 6 又は C 1 7 に記載の方法。

【 0 0 5 3 】

条項 C 1 9

前記ツール 1 5 0 から前記高性能サセプタ 1 4 5 を取り外すことは、前記高性能サセプタ 1 4 5 及び前記ツール 1 5 0 に熱的な衝撃を与えて、前記ツール 1 5 0 から前記高性能サセプタ 1 4 5 を取り外すことを含む、条項 C 1 6 又は C 1 7 に記載の方法。

30

【 0 0 5 4 】

本開示は特定の好ましい構成の観点から記載されてきたが、本明細書の中で説明された特徴及び利点のすべてを提供しない構成を含んだ、当業者に明らかな他の構成もまた本開示の範囲内に含まれる。したがって、本発明の範囲は、特許請求の範囲とその等価物のみを基準に規定される。

【符号の説明】

40

【 0 0 5 5 】

1 0 誘導加熱ワークセル

1 1 上側のダイ

1 2 下側のダイ

1 3 上側のストロングバック

1 4 下側のストロングバック

1 5 ねじが切られた 4 つの支柱支持又はねじジャッキ

1 6 一組の締め付け棒

2 0 一組の繊維ガラスロッド

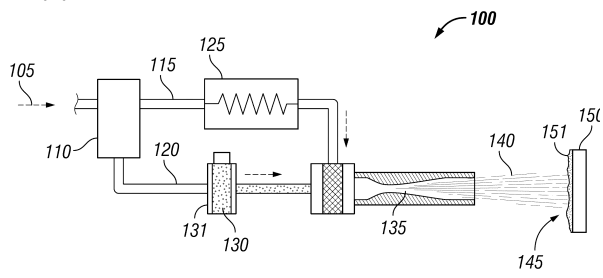
2 1 一組のナット

50

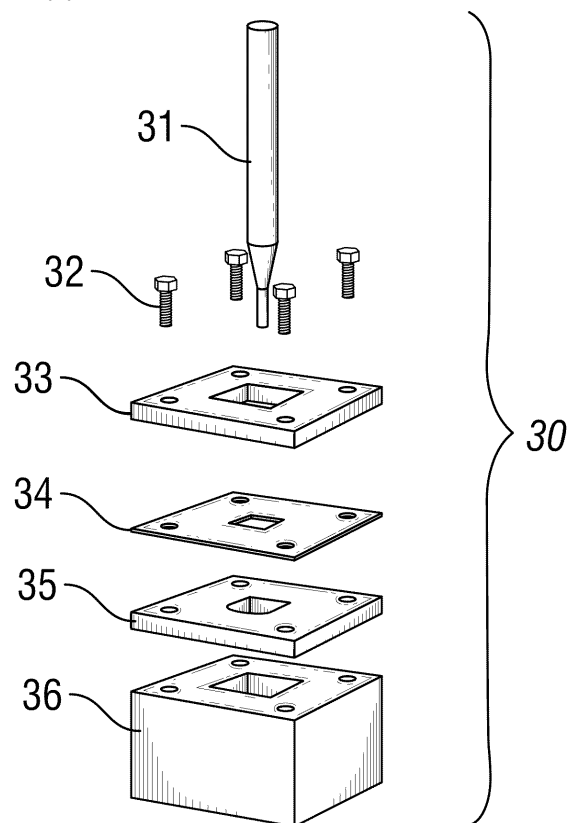
2 6	誘導コイル	
2 7	真っ直ぐな管部	
2 8	柔軟な管部	
3 0	システム	
3 1	形成するためのツール	
3 2	留め具	
3 3	ブランクホルダ	
3 4	ワークピース又はツール	
3 5	モジュラーダイ	
3 6	ダイサポート	10
1 0 0	システム	
1 0 5	ガス	
1 1 0	ガス制御モジュール	
1 1 5	第 1 のライン	
1 2 0	第 2 のライン	
1 3 0	強磁性粉末（強磁性物質）	
1 3 1	粉末チャンバー	
1 3 5	ノズル	
1 4 0	粒子の流れ	
1 4 5	高性能サセプタ	20
1 5 0	ツール、ツール要素、シート金属要素	
1 5 1	表面又は基板	
1 5 5	一組のダイ	
1 5 6	スペーサ	
1 5 7	ダイインサート	
1 5 8	ブラダー	
1 6 0	部品	
2 0 0	高性能サセプタを製造する方法	
2 0 5	ステップ	
2 1 0	ステップ	30
2 1 5	ステップ	
2 2 0	ステップ	
2 5 0	部品を製造する方法	
2 5 5	ステップ	
2 6 0	ステップ	
2 6 5	ステップ	
2 7 0	ステップ	
2 7 5	ステップ	
2 8 0	ステップ	
2 8 5	ステップ	40
3 0 0	航空機の製造及び保守方法	
3 0 2	航空機	
3 0 4	ステップ	
3 0 6	ステップ	
3 0 8	ステップ	
3 1 0	ステップ	
3 1 2	ステップ	
3 1 4	ステップ	
3 1 6	ステップ	
3 1 8	機体	50

- 3 2 0 複数のシステム
- 3 2 2 内装
- 3 2 4 推進システム
- 3 2 6 電気システム
- 3 2 8 油圧システム
- 3 3 0 環境システム

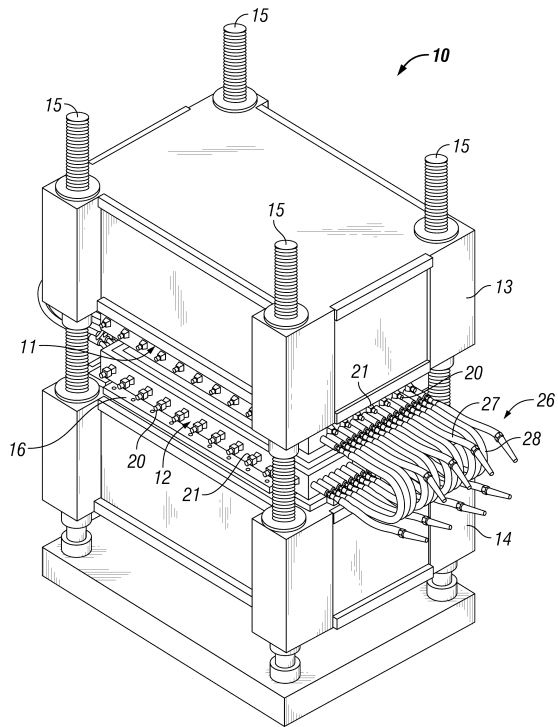
【図 1】



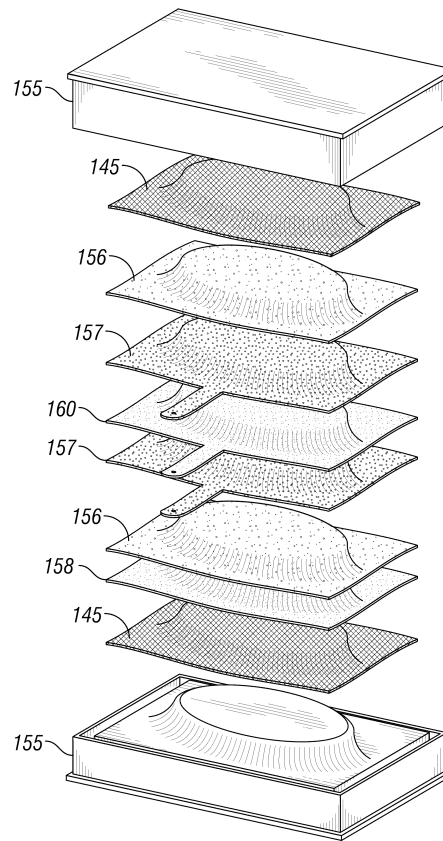
【図 2】



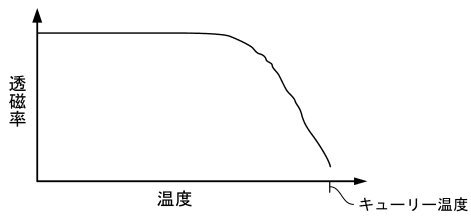
【図 3】



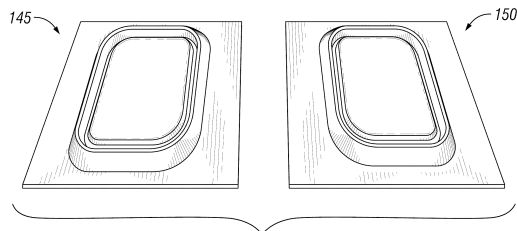
【図 4】



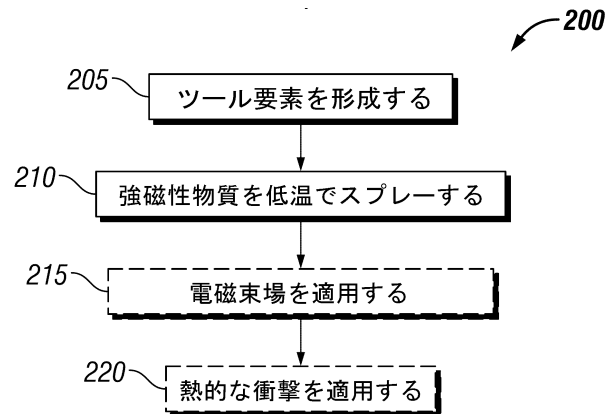
【図 5】



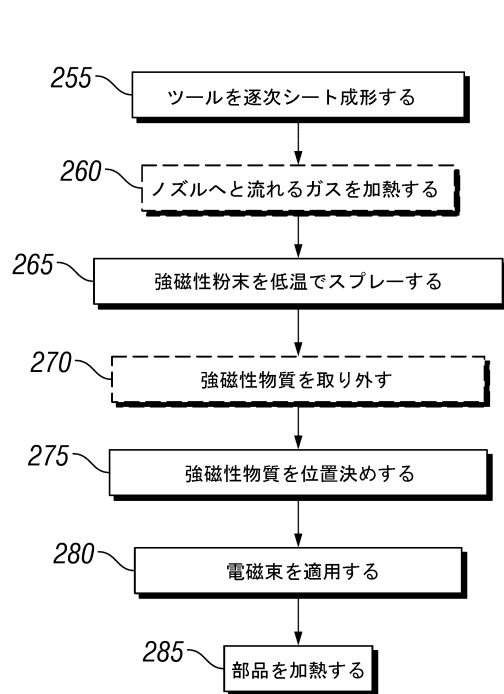
【図 6】



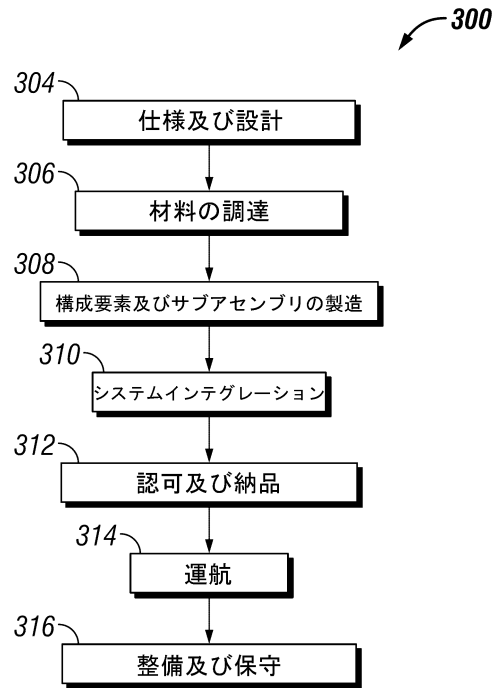
【図 7】



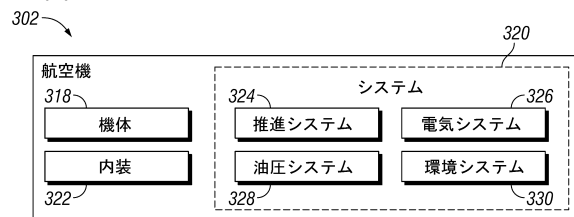
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 ウィルキンソン, ケアリー イー.
アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

審査官 坂本 薫昭

(56)参考文献 特開2012-101458(JP, A)
特表2011-528995(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C23C 24/04
H05B 6/02