

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7113610号
(P7113610)

(45)発行日 令和4年8月5日(2022.8.5)

(24)登録日 令和4年7月28日(2022.7.28)

(51)国際特許分類	F I			
B 2 1 J 15/00 (2006.01)	B 2 1 J 15/00	G		
B 2 1 J 15/30 (2006.01)	B 2 1 J 15/30	E		
F 1 6 B 19/06 (2006.01)	B 2 1 J 15/30	K		
F 1 6 B 5/04 (2006.01)	F 1 6 B 19/06			
	F 1 6 B 5/04	A		
請求項の数 29 外国語出願 (全22頁)				

(21)出願番号	特願2017-225879(P2017-225879)	(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
(22)出願日	平成29年11月24日(2017.11.24)	(74)代理人	100086380 弁理士 吉田 稔
(65)公開番号	特開2018-122354(P2018-122354 A)	(74)代理人	100103078 弁理士 田中 達也
(43)公開日	平成30年8月9日(2018.8.9)	(74)代理人	100130650 弁理士 鈴木 泰光
審査請求日	令和2年11月20日(2020.11.20)	(74)代理人	100135389 弁理士 白井 尚
(31)優先権主張番号	15/364,208	(74)代理人	100161274
(32)優先日	平成28年11月29日(2016.11.29)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 留め具の締め嵌め用改良型ツール

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

結合されるべき部品の穴に留め具を挿入し、

前記留め具の両端を複数のダイで挟み、その際に、前記ダイのいずれもが前記部品とは接触しないようにするとともに、前記ダイのうちの少なくとも1つは、前記留め具と接触する表面に、静摩擦係数が0.2未満の永久被覆を有し、

前記ダイからの方で前記留め具を塑性変形させ、これにより前記留め具を拡張させて、前記留め具の長さに沿って前記穴に締め嵌めにし、この際に、前記留め具と前記穴との間の締め代が、前記留め具の前記長さにわたって0.0015インチ(0.0381mm)超、且つ、0.020インチ(0.508mm)未満になるようにする、方法。

【請求項2】

前記留め具を塑性変形させるに際し、ビッカース硬度が5,000と10,000の間である前記永久被覆を前記留め具に接触させる、

請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記留め具の塑性変形は、前記ダイに犠牲潤滑剤を塗布せずに行われる、

請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

前記留め具を塑性変形させるに際し、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)を含む前記永久被覆を前記留め具に接触させる、

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

前記留め具を塑性変形させるに際し、多結晶ダイヤモンド（PCD）を含む前記永久被覆を前記留め具に接触させる、

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

さらに、前記穴を皿座ぐりする、

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

さらに、前記穴の穿孔を行う、

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 8】

前記ダイからの力は、前記ダイのうちの少なくとも一方を前記ダイのうちの他方に向けて押し付けることにより加えられる、

請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

さらに、前記留め具を拡張させることは、押圧により前記留め具を柱状に膨張させることである、

請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

20

前記留め具を塑性変形させることは、リベットを塑性変形させることである、

請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

前記留め具を塑性変形させると、前記留め具の尾端における材料によって、前記穴の直径よりも大きい直径を有するボタン形状部が形成される、

請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の方法。

【請求項 12】

前記少なくとも一方のダイは、前記留め具の前記尾端に接触する前記永久被覆を含む、

請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

30

両方のダイが前記永久被覆を含む、

請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載の方法。

【請求項 14】

前記穴は少なくとも2つの部品にまたがっており、前記留め具を塑性変形させると複数の部品が結合される、

請求項 1 ~ 13 のいずれかに記載の方法。

【請求項 15】

前記留め具の塑性変形は、前記穴に割れを生じさせることなく行われる、

請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

40

前記2つの部品は、アルミニウムを含む、

請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記穴の直径は、1インチ未満である、

請求項 1 ~ 16 のいずれかに記載の方法。

【請求項 18】

結合されるべき部品の穴に留め具を固定する複数のダイを含むシステムであって、当該複数のダイは、

前記部品に接触することなく、前記留め具の第1端に接触する第1ダイと、

前記部品に接触することなく、前記留め具の第2端に接触する第2ダイと、を含み、

50

前記第 2 ダイは、前記留め具と接触する表面に、静摩擦係数が 0.2 未満の永久被覆を有し、

前記複数のダイは、協働して前記留め具を塑性変形させる力を加え、これにより前記留め具を拡張させて前記留め具の長さに沿って前記穴に締め込めにする、システム。

【請求項 19】

前記永久被覆のビッカース硬度は、5,000 と 10,000 の間である、請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記複数のダイは、犠牲潤滑剤を含まない、請求項 18 又は 19 に記載のシステム。

10

【請求項 21】

前記永久被覆は、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)を含む、請求項 18 ~ 20 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 22】

前記永久被覆は、多結晶ダイヤモンド(PCD)を含む、請求項 18 ~ 20 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 23】

前記留め具は、リベットである、請求項 18 ~ 22 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 24】

両方のダイが前記永久被覆を含む、請求項 18 ~ 23 のいずれかに記載のシステム。

20

【請求項 25】

前記システムは、前記留め具を塑性変形させて、前記穴を介して別個の 2 つの部品を結合する、請求項 18 ~ 24 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 26】

前記複数のダイは、前記穴に割れを生じさせることなく前記留め具を塑性変形させる、請求項 25 に記載のシステム。

【請求項 27】

前記部品は、アルミニウムを含む、請求項 25 又は 26 に記載のシステム。

30

【請求項 28】

前記穴の直径は、1 インチ未満である、請求項 18 ~ 27 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 29】

前記被覆の厚さは、0.5 マイクロメートルと 2.5 マイクロメートルの間である、請求項 18 ~ 28 のいずれかに記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本開示は、機械的な留め具の分野に関する。

【背景技術】

【0002】

航空業界において、留め具は、航空機の様々な構造部品を機械的に結合するために利用されている。例えば、航空機翼の外皮の一部を構成する金属パネルは、ボルトやリベットを利用して別の金属部品に結合される。航空機構造体においては、リベットを締め込め取り付けることが望ましい場合が多い。締め込めとは、取り付け後の状態において、リベットが挿入されている穴の径よりもリベットの径が大きいことを意味する。リベットを締め込め取り付けると、航空機の組立作業を容易に行うことができ、また、結合箇所の性

50

能、特に疲労強度が向上する。留め具は、航空機の構造的強度を高めることを目的としているので、土台となる航空機の構造部材が留め具の取り付け作業によって損傷しないようにすることは重要である。具体的には、リベットの両端において径方向の締め代 (radial interference) が大きすぎることは望ましくない。

【 0 0 0 3 】

例えば、航空機の翼外皮とその下に位置するストリングなど、異なる部品をリベットで結合する場合、リベットの据込み作業は特に煩雑である。このような状況では、リベットに生じる径方向の締め代の大きさを、リベットが挿入された穴におけるリベットの軸方向全長について調整することが望ましい。軸方向に位置によって、径方向の締め代が小さすぎる部分があることは望ましくない。

10

【 発明の概要 】

【 0 0 0 4 】

本明細書に記載の実施形態では、改良型のツールを使用して留め具を取り付ける。本明細書に記載の改良型ツールは、低摩擦係数の永久被覆を含む。摩擦係数が低いことにより、取り付けの際に塑性変形により生じる留め具と穴との間の締め代が、穴の全長にわたって所望の範囲に収まる。

【 0 0 0 5 】

例示的な一実施形態における方法は、留め具を穴に挿入することと、留め具の両端を複数のダイで挟むことと、を含む。前記ダイのうちの少なくとも1つは、前記留め具と接触する表面に、静摩擦係数が0.2未満の永久被覆を含む。本方法は、さらに、前記ダイからの力で前記留め具を塑性変形させることを含み、これにより前記留め具を拡張させて前記留め具の長さに沿って前記穴に締め込めにし、この際に、前記留め具と前記穴との締め代が、前記留め具の前記長さにわたって0.0015インチ超、且つ、0.020未満になるようにする。

20

【 0 0 0 6 】

さらに別の実施形態における方法は、留め具を拡張させて穴に締め込めにすべく前記留め具を塑性変形させる力を加えるダイを選択することと、静摩擦係数が0.2未満の被覆を選択することと、を含む。本方法は、さらに、前記ダイにおける前記留め具と接触する表面に前記被覆を永久的に付着させることを含み、これにより、前記ダイからの力で前記留め具を塑性変形させると、前記留め具と前記穴との間に、前記留め具の長さ方向にわたって0.0015インチと0.020インチとの間の締め代が生じるようにする。

30

【 0 0 0 7 】

さらに別の実施形態におけるシステムは、留め具を穴に固定する複数のダイを含む。前記複数のダイは、前記留め具の第1端に接触する第1ダイと、前記留め具の第2端に接触する第2ダイと、を含む。前記第2ダイは、前記留め具と接触する表面に静摩擦係数が0.2未満の永久被覆を有し、前記複数のダイは、前記留め具を塑性変形させる力を加え、これにより前記留め具を拡張させて前記留め具の長さに沿って前記穴と締め込めにする。

【 0 0 0 8 】

さらに別の実施形態における方法は、留め具を穴に挿入することと、前記留め具の両端を複数のダイで挟むことと、を含み、前記ダイのうちの少なくとも1つは、前記留め具と接触する表面に、静摩擦係数が0.2未満の永久被覆を有する。本方法は、さらに、前記ダイからの力で前記留め具が柱状に膨張するように塑性変形させることを含み、これにより、前記留め具と前記穴を前記留め具の長さに沿って締め込めにし、この際に、前記留め具の全長における最大締め代の最小締め代に対する比率が4未満になるようにする。

40

【 0 0 0 9 】

さらに別の実施形態による装置は、第1部品、第2部品、及び、前記第1部品と前記第2部品とにまたがる穴に挿入され、前記第1部品と前記第2部品とを結合する留め具を含む。前記留め具は、塑性変形されており、これにより前記留め具が拡張して前記留め具の全長に沿って前記穴に締め込めにされており、前記留め具の全長における最大締め代の最小締め代に対する比率が4未満である。

50

【 0 0 1 0 】

さらに別の実施形態による方法は、留め具を穴に挿入することと、前記留め具の両端を複数のダイで挟むことと、を含む。本方法は、さらに、前記ダイからの力で前記留め具を塑性変形させて前記穴と締め嵌めにするを含む。前記留め具の軸方向全長における前記留め具の塑性変形の大半は、前記ダイからの軸方向の力を受けて前記留め具の軸部が柱状に膨張することによる締め代を生じさせる変形である。

【 0 0 1 1 】

他の例示的な実施形態（例えば、上述の実施形態に関する方法及びコンピュータ可読媒体）を下記に記載する。上述の特徴、機能、利点は、様々な実施形態において個別に達成することもできるし、他の実施形態と組み合わせてもよい。そのような実施形態のさらなる詳細は、以下の記載及び図面を参照することによって明らかになるであろう。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

次に、本開示の実施形態のいくつかを添付図面を参照して説明する。ただし、これらの実施形態は、あくまでも例である。全ての図面において、同じ要素や同じ種類の要素は、同じ参照符号で示している。

【 0 0 1 3 】

【図 1】例示的な実施形態における航空機を示す図である。

【図 2】例示的な実施形態における翼構造の一部を示す断面図である。

【図 3】例示的な実施形態における留め具を含む翼構造の拡大断面図である。

20

【図 4】例示的な実施形態における留め具の取り付け前の状態を示す図である。

【図 5】例示的な実施形態における留め具の穴への取り付けを示す拡大図である。

【図 6 - 7】例示的な実施形態における摩擦係数の低い永久被覆を有するダイを示す拡大図である。

【図 8 - 9】例示的な実施形態における留め具の尾端をダイで塑性変形させる様子を示す拡大図である。

【図 10】例示的な実施形態における留め具の取り付け方法を示すフローチャートである。

【図 11】例示的な実施形態における留め具の取り付け用のダイの作製方法を示すフローチャートである。

【図 12】例示的な実施形態における留め具取り付けシステムを示すブロック図である。

30

【図 13】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 14】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】

【 0 0 1 4 】

添付の図面及び以下の記載において、本開示の例示的な実施形態を具体的に説明する。したがって、本明細書に明確には記載や図示がないものの、本開示の原理を実現する様々な変形が当業者には想到可能であるが、そのような変形も本開示の範囲に含まれることは理解されよう。加えて、本明細書に記載した例は、すべて本開示の原理の理解を助けることを目的としており、記載した具体的な例や状況に限定するものではないと認識されるべきである。つまり、本開示は、以下に記載する特定の実施形態や例に限定されるのではなく、請求の範囲及びその均等範囲によって限定される。

40

【 0 0 1 5 】

図 1 ~ 図 3 は、留め具が取り付けられる環境の例を示し、図 4 ~ 図 5 は、留め具の取り付けの例を示し、図 6 ~ 図 9 は、留め具の取り付け用に設計されたツールの作用の例を示す。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、改良された留め具を利用可能な例示的な航空機の構造を示す。具体的には、図 1 は、例示的な実施形態における航空機 100 を示す図である。航空機 100 は、ノーズ 110、翼 120、胴体部 130 及び尾翼部 140 を含む。

50

【 0 0 1 7 】

図 2 は、航空機 1 0 0 の翼 1 2 0 の一部を、図 1 の矢印 2 の方向に見た断面図である。図 2 に示すように、翼外皮 2 0 0 は、複合材又は金属の複数の部品 (2 1 0、2 2 0) を含む。例えば、部品 2 1 0 及び部品 2 2 0 は、それぞれ厚さ T 1 及び T 2 を有するアルミニウム部品であり、部品 2 1 0 及び部品 2 2 0 にまたがる穴 2 3 0 が設けられている。留め具 2 5 0 は穴 2 3 0 に圧入され、穴 2 3 0 に締め嵌めで固定される。ヘッド部 (head) 2 6 0 は、穴 2 3 0 に入り込んでいる。実施形態によっては、ヘッド部 2 6 0 をシェーピング加工して部品 2 1 0 と面一に仕上げることができる。留め具 2 5 0 は塑性変形されることによって、部品 2 1 0 及び部品 2 2 0 を互いに結合させる。本実施形態では、留め具 2 5 0 は、アルミニウムのリベットであり、各リベットが穴の中で拡張し、皿穴を充填し、ボタン形状部 (button) 2 4 0 を形成するように塑性変形させて、リベットを固定する。さらに別の実施形態では、留め具 2 5 0 は、任意の適当な種類のリベット (例えば、割出ヘッド (index head)、突出ヘッド (クラウン)、スラグ (slug)) でもよいし、尾部が変形可能なボルトでもよい。

10

【 0 0 1 8 】

図 3 は、例示的な実施形態における留め具 2 5 0 を含む翼構造の拡大断面図である。図 3 は、図 2 の領域 3 に対応する。図 3 に示す部品 2 1 0 及び部品 2 2 0 は、例えばアルミニウム部品である。図 3 は、さらに、留め具 2 5 0 が有する皿部 (countersink) 3 2 0 及び軸部 3 6 0 を示す。固定後は、軸部 3 6 0 の表面 3 3 0 は、穴 2 3 0 の表面 3 4 0 に対して圧接状態になる。ボタン形状部 2 4 0 は、後述するように、ボタン径 B D 及びボタン高さ B H を有する。B D は、穴 2 3 0 の直径 (H D) よりも大きい。一実施形態では、H D は 1 インチ未満であり、例えば 3 / 8 インチである。

20

【 0 0 1 9 】

取り付けに際しては、留め具 2 5 0 を、穴 2 3 0 の長さ (L H) の全長にわたって部品 2 1 0 及び部品 2 2 0 に対して締め嵌め状態になる。例えば、皿部 3 2 0 が部品 2 1 0 の表面 2 1 2 と接する位置で直径 C S K を有する第 1 位置 3 2 1 と、皿部 3 2 0 の終わり直後 (例えば、位置 3 2 2 から、負の Z 方向に 0 . 0 2 0 インチ) の位置で直径 D 1 を有する第 2 位置 3 6 1 と、部品 2 1 0 の終わり直前 (例えば、位置 3 6 5 から、正の Z 方向に 0 . 0 2 0 インチ) の位置で直径 D 2 を有する第 3 位置 3 6 2 と、部品 2 2 0 の始まり直後 (例えば、位置 3 6 5 から、負の Z 方向に 0 . 0 2 0 インチ) の位置で直径 D 3 を有する第 4 位置 3 6 3 と、部品 2 2 0 の終わり直前 (例えば、位置 3 6 7 から、正の Z 方向に 0 . 0 2 0 インチ) の位置で直径 D 4 を有する第 5 位置 3 6 4 と、に締め代を生じさせる。H D が 3 / 8 インチである実施形態では、留め具 2 5 0 を塑性変形させると、位置 3 2 1 及び位置 3 6 1 ~ 3 6 4 のそれぞれにおいて、穴と留め具との間に 0 . 0 2 0 インチ未満の締め代が生じる。本明細書において、位置 3 6 5 は、部品 2 1 0 と部品 2 2 0 の境界面でもある。

30

【 0 0 2 0 】

図 4 は、例示的な実施形態における留め具 2 5 0 を、穴 2 3 0 に取り付ける前の状態で示す図である。ただし、図 4 は、利用可能な各種リベットやその他の留め具の数ある 1 つ (例えば、突出ヘッドリベット) を示しているに過ぎない。図 4 に示すように、留め具 2 5 0 の尾端 2 4 2 は、未だ塑性変形されておらず、ボタン形状部 2 4 0 は形成されていない。また、ヘッド部 2 6 0 も塑性変形前の状態である。なお、留め具 2 5 0 の長さ (L F) も図示されている。

40

【 0 0 2 1 】

図 5 は、例示的な実施形態において、留め具 2 5 0 を穴 2 3 0 に取り付ける様子を示す拡大図である。図 5 は図 3 と同様に、図 2 の領域 3 に対応する。図 5 に示す留め具 2 5 0 は、ダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 からそれぞれ方向 5 1 2 及び方向 5 2 2 の力 (F) を加えて塑性変形させた状態である。さらに別の実施形態では、一方又は両方のダイを押圧することで力を加える。ここで加える力は、リベット材料 (例えば、アルミニウム) の剪断強度よりも大きく、リベットを塑性変形させる (即ち、形状を永久的に変形させる) 力であ

50

る。図5は、さらに、ダイ520の表面530（カップ532の形状を有する）が尾端242に当接し、尾端242を塑性変形させ、ボタン形状部240が形成された様子を示している。同様に、ダイ510の表面514は、留め具250のヘッド部260に当接している。

【0022】

図6～図7は、例示的な実施形態におけるダイ520を示す図である。図6は、図5の領域6に対応し、図7は、図6の矢印7に対応する矢視図である。図6～図7に示すように、ダイ520は、カップ532に設けられた永久被覆600を含む。被覆600は、低摩擦係数を有する。被覆600の摩擦係数（例えば、静摩擦係数）は、0.2未満であり、例えば0.05から0.15の範囲であり、好ましくは0.05から0.10の範囲である。さらに、被覆600の摩耗寿命はダイ520と同等であり、よって永久的な被覆である。例えば、被覆600は、数万回あるいは数十万回繰り返し留め具の取り付けに利用可能であって、犠牲潤滑剤（sacrificial lubricant）とは異なる。犠牲潤滑材は、留め具の取り付けを数回（例えば、100回未満）繰り返すごとに摩滅する。被覆600は、表面530のみに付着させてもよいし、周縁610を含め、ダイ520の外側部分まで付着させてもよい。被覆600は、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）で構成することができる。DLCのピッカース硬度（Vickers hardness）は、5,000と10,000の間の望ましい値であって、相当の摩耗に耐えうるよう設定されている。また、摩擦係数 μ は、0.05から0.10の範囲の低い値である。このような実施形態の場合、被覆600によって、ダイ520又はダイ510の摩耗寿命を、被覆なしのダイの3倍まで実際に延ばすことができる。

10

20

【0023】

加えて、DLCは、薄膜（例えば、0.5～2.5マイクロメートル）であるので、DLC膜を被覆600としてダイ520に付着させても、ダイ520の実質的な形状や寸法は変わらない。さらに別の実施形態では、DLCに含める炭素の状態を調整（例えば、DLCに含まれるグラファイト相の材料とダイヤモンド相の材料の量を調整）して、DLC膜の性質を最適化することができる。さらに他の実施形態では、被覆600は、0.5マイクロメートルと2.5マイクロメートルの間の厚さの多結晶ダイヤモンド（PCD）膜で構成することができる。実施形態によっては、被覆600のピッカース硬度は、5,000超であることが望ましく、例えば、800と10,000の間（例えば、5,000と10,000の間）であることが望ましい。

30

【0024】

図8～図9は、例示的な実施形態において、留め具の尾端242を塑性変形させるダイ520を示す拡大図である。図8～図9は、ダイ520が方向522に押込まれるにつれて、表面530からの接触力（F）によって材料812が塑性変形する様子を示す。また、この結果、矢印810で示す方向に表面530との摩擦が生じる。ここで加えられた力により、（留め具250を構成している）材料812が流動する。材料812の流動に伴って、表面530には、矢印820で示す摩擦力が生じる。このプロセスは、ボタン形状部240が完全に形成されるまで継続する。ダイ520及びダイ510を互いに向けて押し合うことで材料の流動が生じ、留め具250の材料812の一部は軸部360に流れ込む。この結果、軸部に柱状の膨張814が生じて、締め嵌めの状態が得られる（つまり、締め代が大きくなる）。よって、留め具を拡張させることは、押圧により留め具を柱状に膨張814させることを含む。留め具250と穴230との間の締め代が、小さすぎたり、大きすぎたりすると、疲労寿命が必要な長さよりも短くなる。したがって、留め具250は、CSK、D1、D2、D3及びD4における締め代すべてが所望の範囲に収まるように取り付けることが望ましい。一実施形態では、望ましい締め代の範囲は、留め具250の全長にわたって均一である（例えば、0.0015インチと0.020インチの間、例えば、0.003インチと0.018インチの間）。さらに別の実施形態では、許容可能な締め代の範囲は、留め具の部分によって異なり、例えば、ヘッド部260か尾端242に近い部分では、軸部360の中央に近い部分に比べて締め代の最小値及び最大値が大

40

50

きくてもよい。留め具 250 により結合する部品の硬度が低いほど、締め代のレベルが許容範囲を超えないようにすることが困難になる。また、T2 (図 2) が T1 (図 2) よりも小さい場合も、同様である。

【0025】

被覆が施されたダイ 520 を用いると、リベットの尾端 242 における締め代を大幅に小さくすることができ、有利である。なぜならば、D4 における尾端の締め代及びノ又は D1 におけるヘッド部の締め代は、例えば、D2 や D3 など、尾端 242 とヘッド部 260 の間の中間部分における締め代よりも大幅に大きくなりやすいからである。D2 及び D3 における締め代を大きくすると、結合箇所の疲労強度が向上する。加えて、D1 及び D4 における締め代を通常のレベルより小さくする構成と組み合わせると、結合箇所の疲労寿命を大幅に延ばすことができる。留め具 250 の全長にわたって締め代を均一にすることが望まれる場合、尾端側の締め代を大幅に小さくできることは有利である。加えて、被覆が施されたダイ 520 を用いると、処理の繰り返し性 (repeatability) が大幅に向上し、取り付けに際してより大きな力を加えることが可能になり、また、リベットのばらつき、部品 210 及び部品 220 のばらつき、微量の潤滑剤の付着といったその他の要因による処理への影響を小さくできる。尾端側の締め代の大幅な縮小及び繰り返し精度の向上により、締め込み及び皿部の締め込みを改善するように処理を変更することが可能になり、これにより、留め具による結合箇所の疲労寿命を改善することができる。

10

【0026】

ダイ 510 及びダイ 520 で取り付けると、留め具 250 を望ましい態様の締め込みで固定することができるが、これは、ダイ 510 及びダイ 520 の摩擦係数が、被覆が施されていないダイより小さいので得られる結果である。摩擦の大きなダイを用いる場合、ダイからの力のより多くが、尾端 242 (及びノ又はヘッド部 260) において径方向に作用する。この結果、ボタン形状部 240 の材料 812 が軸部 360 における D4 近傍に流れ込み、つまりは、より多くの材料 812 が径方向に押されることになる。したがって、例えば、D4 における締め代が必要以上に増加して、D2 や D3 における締め代より大きくなる。これは、より多くの材料が D4 に流れ、D2 や D3 に流れないことを意味する。これに対し、摩擦の小さいダイを用いる場合、より多くの力が留め具 250 の軸部 360 に軸方向に印加及びノ又は伝達され、とりわけ、D2 及び D3 の近傍で部品 210 と部品 220 とが接触する領域に印加及びノ又は伝達される。つまり、締め込みは、主に、軸部 360 が柱状に膨張 (例えば、軸方向に変形) することで生じており、材料 812 がボタン形状部 240 から径方向に流動して軸部 360 における D4 近傍に到達することで生じたのではないことを意味する。

20

30

【0027】

別の表現をすれば、ダイ 510 及びノ又はダイ 520 の摩擦が大きいと、力を加えた時に、ボタン形状部 240 を形成すべき材料 812 が軸部 360 に流れてしまう。この結果、D4 における締め代が D2 及び D3 におけるよりも大幅に大きくなってしまふ。このように、摩擦が大きいと、力を加えたときに径方向に生じる変形が大きくなる。これに対し、ダイ 510 及びノ又はダイ 520 の摩擦が小さいと、軸部 360 がより均等に拡張する。これは、(例えば、D4 における) 締め代は、主に、軸部 360 が柱状に膨張することで生じており、材料がボタン形状部 240 から軸部 360 に流れ込んで生じたのではないことによる。つまり、摩擦が小さいほど、より多くの力が軸部 360 の軸方向に沿って印加ノ伝達される。

40

【0028】

さらに、依然として重要であるので強調するが、留め具 250 の軸部 360 に単に潤滑剤を施しても、締め代に関する有益な効果は得られない。逆に、軸部 360 に潤滑剤を使用すると、留め具 250 を塑性変形させて固定する場合に生じる締め代が穴 230 の全体で増加する。尾端側のダイ 520 において何らかの犠牲潤滑剤 (例えば、セチルアルコール) を用いると、潤滑剤が留め具 250 を汚染する可能性がかなり高い。この結果、穴 230 に望ましくない疲労を生じさせるような大きさの締め代になりうる。つまり、短期的な

50

犠牲潤滑剤は、概ね制御不能であり、圧縮時にボタン形状部の材料が流動するのに伴って留め具を汚染しやすい。

【 0 0 2 9 】

ダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 の作用及び作製の詳細を、図 1 0 ~ 図 1 1 を参照して説明する。この実施形態では、技術者が多数の留め具 2 5 0 を使って 2 つの異なる部品を結合するものとする。

【 0 0 3 0 】

図 1 0 は、例示的な実施形態における、留め具 2 5 0 の設置方法 1 0 0 0 を示すフローチャートである。方法 1 0 0 0 のステップは、図 5 に示すダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 について記載されているが、方法 1 0 0 0 は、他のシステムにおいても実行可能なことは当業者には理解されよう。また、フローチャートにすべてのステップが網羅されているとは限らず、図示していない他のステップも含まれうる。記載したステップを、異なる順序で実行することもできる。

【 0 0 3 1 】

最初の処理として、技術者は、穴 2 3 0 の穿孔及び皿座ぐり (countersinking) を行ってもよい。あるいは、穴 2 3 0 の穿孔及び皿座ぐりは、メモリに格納された数値制御 (NC) プログラムにしたがって自動機械 (automated machine) を動作させて行うようにしてもよい。図 1 0 によれば、次に、留め具 2 5 0 を穴 2 3 0 に挿入する (ステップ 1 0 0 2)。この段階では、留め具 2 5 0 は、未だ塑性変形されてないので、図 4 に示すような状態である。次に、技術者は、留め具取り付け用のツールを利用する。ツールには、留め具 2 5 0 の両端で挟むための複数のダイが含まれている。ダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 を介して、ツールで留め具 2 5 0 を図 5 に示すように挟む (ステップ 1 0 0 4)。上述のように、少なくとも一方のダイ (例えば、ダイ 5 2 0) は、留め具 2 5 0 と接触する表面に被覆 6 0 0 を有している。このステップは、メモリに格納された数値制御 (NC) プログラムにしたがって自動機械を動作させて実行することもできる。留め具 2 5 0 を挟んだ状態で、尾端 2 4 2 側のダイ 5 1 0 及びヘッド部 2 6 0 側のダイ 5 2 0 を互いに押圧する。このステップは、ダイ 5 1 0 及び / 又はダイ 5 2 0 を互いに向けて押し付けることで実行してもよい。したがって、一方又は両方のダイを他方のダイに向けて押し付けることにより、両方のダイから力が作用する。この動作により、尾端 2 4 2 の材料が穴 2 3 0 の周辺で流動し、穴 2 3 0 よりも径の大きいボタン形状部 2 4 0 が形成される。このように、ダイ 5 1 0 及び / 又はダイ 5 2 0 からの力により留め具 2 5 0 が塑性変形され、締め嵌めで穴 2 3 0 と嵌合する。繰り返し説明するが、このプロセスにより留め具 2 5 0 を拡張させて、留め具 2 5 0 の全長にわたり穴 2 3 0 に圧接させる (ステップ 1 0 0 6)。

【 0 0 3 2 】

一実施形態では、留め具 2 5 0 の軸方向全長において生じる留め具 2 5 0 の塑性変形の大半は、締め嵌めを生じさせる変形である。この締め嵌めは、ダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 から軸方向に加えられる力を受けて軸部 3 5 0 が柱状に膨張することにより生じ、接合する材料の境界面において特に顕著である。被覆が設けられていないダイを用いるシステムでは、径方向の摩擦力によって材料が軸部 3 6 0 に流れて D 4 に生じる締め代が主となる。これに対し、ダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 を用いると、軸部 3 6 0 の全長 (例えば、D 4 を含む) にわたって柱状膨張によって生じる締め代が主体的となる。ステップ 1 0 0 6 の結果、留め具 2 5 0 の全長にわたって、特に、接合する材料の境界面において、所定の範囲内の締め代 (例えば、0 . 0 0 1 5 インチと 0 . 0 2 0 インチとの間) が得られ、例えば、D 1 と D 2 の間 (又は、D 3 と D 4 の間) の締め代の比率が所定の範囲 (例えば、2 : 1) 内に収まる。穴 2 3 0 に対する留め具 2 5 0 の締め代が均一であるほど、結合部の疲労寿命が改善される。例えば、留め具の全長における最大締め代 (例えば、D 4 又は D 1 における締め代) の最小締め代 (例えば、D 2 又は D 3 における締め代) に対する比率は、4 未満である。尚、ステップ 1 0 0 2 ~ 1 0 0 4 について上述したように、このプロセスは、自動機械により実行することもできる。

【 0 0 3 3 】

ダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 は、複数の留め具に対して相当な力を加えても、過剰な摩耗や割れがダイに生じることはない。ダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 は、一定期間経過後、例えば、留め具取り付け及び固定のサイクルを数万回行った後には、故障に至るような実質的な摩耗が生じうる。このような場合、交換用のダイを作製することが望ましい。

【 0 0 3 4 】

図 1 1 は、例示的な実施形態における、留め具を設置するためのダイ 5 2 0 の作製方法 1 1 0 0 を示すフローチャートである。具体的には、図 1 1 は、永久的な低摩擦被覆を備えるダイを作製するための方法 1 1 0 0 を示す。係る被覆は、留め具の取り付け中の材料の流動特性の改善を可能にする。

【 0 0 3 5 】

図 1 1 によれば、未処理、未被覆のダイを選択する（ステップ 1 1 0 2）。このダイは、留め具 2 5 0 に十分な力を加えて留め具 2 5 0 を塑性変形させることができる。これにより、留め具 2 5 0 と穴 2 3 0 との間に締め込みが形成される。ダイを選択することは、ダイを作製することを含んでもよいし、あるいは、既に作製されており、利用可能な複数のダイから 1 つを選択することを含んでもよい。

【 0 0 3 6 】

ダイが選択されれば、方法 1 1 0 0 を継続して、静摩擦係数が 0 . 2 未満の被覆を選択する（ステップ 1 1 0 4）。所望の物理的特性を示す被覆 6 0 0 が選択されるのであれば、任意の適当な手法で被覆を選択することができる。一実施形態では、例えば、5 , 0 0 0 超のピッカース硬度、例えば、5 , 0 0 0 と 1 0 , 0 0 0 の間のピッカース硬度を有する被覆 6 0 0 を選択する。これにより、設置する留め具の数が一日当たり数万個に及ぶような製造環境（例えば、航空業界における環境）で使用するのに十分な摩耗寿命を有する被覆が選択される。

【 0 0 3 7 】

選択された被覆 6 0 0 を用い、留め具 2 5 0 と接触するダイ表面 5 3 0 に被覆 6 0 0 を永久的に付着させる（ステップ 1 1 0 6）。被覆 6 0 0 は、任意の適当なプロセスで表面 5 3 0 に付着させることができ、そのようなプロセスの例には、物理蒸着法（PVD）、化学蒸着法（CVD）、スパッタリング法、イオンビーム蒸着法、陰極アーク蒸着法などがある。いずれの場合も、被覆 6 0 0 は、溶融され、焼成され、あるいは、ダイ 5 2 0 に強固に付着／一体化されて、ダイ 5 2 0 に強固に密着する。さらに別の実施形態では、方法 1 1 0 0 の実行により、（例えば、ツールが用いる）ダイ 5 1 0 及びダイ 5 2 0 の両方に被覆 6 0 0 が設けられる。被覆 6 0 0 は、「永久」被覆であり、通常の使用ではダイから剥がれ落ちない（例えば、犠牲潤滑剤では数回の使用で剥がれ落ちることが一般的）。被覆 6 0 0 に損傷が生じるのは、より長期の使用後（例えば、1 0 0 , 0 0 0 サイクルの使用後にダイそのものが損傷するとき）である。繰り返し説明するが、ダイ 5 2 0 及びダイ 5 1 0 は、犠牲層ではなく、永久的な被覆 6 0 0 を備える。

【実施例】

【 0 0 3 8 】

以下に記載する実施例では、航空機の構造部品を固定する目的で留め具を設置するためのシステムに関連して、追加のプロセス、システム及び方法について記載する。

【 0 0 3 9 】

図 1 2 は、例示的な実施形態における留め具設置システム 1 2 0 0 を示すブロック図である。図 1 2 によれば、システム 1 2 0 0 は、自動機械 1 2 1 0 を含み、この機械は、留め具 1 2 5 0 を穴 1 2 7 4 に自動的に挿入、固定して、留め具 1 2 5 0 で部品 1 2 7 0 と部品 1 2 7 2 を結合する。本実施形態では、自動機械 1 2 1 0 は、NC プログラム 1 2 1 4 が記憶されたメモリ 1 2 1 2 を含み、このプログラムは、留め具 1 2 5 0 を配置すべき位置を示す命令を含む。これらの命令は、例えば、据え込み形状（upset profile）、最大力、駐留時間（dwell time）などを含め、所望の力を加えるための制御を指定する命令である。自動機械 1 2 1 0 は、NC プログラム 1 2 1 4 の命令に従い連鎖機構（kinematic chain）1 2 2 0 を介してエンドエフェクタ 1 2 2 2 を移動させる。本実施形態では、

10

20

30

40

50

エンドエフェクタ 1 2 2 2 は、加圧式又は油圧式のリベットガン (rivet gun) などのツール 1 2 2 6 を操作する。ツール 1 2 2 6 は、複数のダイを含み、これらのダイには、(カップ 1 2 3 2 の形状の) 表面 1 2 3 3 に被覆 1 2 3 4 が施されたヘッド部側ダイ 1 2 3 0 と、(カップ 1 2 4 2 の形状の) 表面 1 2 4 3 及び被覆 1 2 4 4 を含む尾端側ダイ 1 2 4 0 と、が含まれる。ダイ 1 2 3 0 及びダイ 1 2 4 0 は、協働して留め具 1 2 5 0 を挟み、尾端 1 2 5 2 を塑性変形させ、ボタン形状部 1 2 5 4 を形成し、軸部 1 2 6 4 を拡張させるのに十分な力を留め具 1 2 5 0 に加える。図には、ヘッド部 1 2 6 2 及び軸部 1 2 6 4 も示されている。

【 0 0 4 0 】

より具体的に図面を参照すると、本開示の実施形態は、図 1 3 に示す航空機の製造及び保守方法 1 3 0 0 及び図 1 4 に示す航空機 1 3 0 2 に関連させて説明することができる。製造開始前の工程として、例示的な方法 1 3 0 0 は、航空機 1 3 0 2 の仕様決定及び設計 1 3 0 4 並びに材料調達 1 3 0 6 を含む。製造中は、航空機 1 3 0 2 の部品及び小組立品 (subassembly) の製造 1 3 0 8 及びシステム統合 1 3 1 0 が行われる。その後、航空機 1 3 0 2 は、認可及び納品 1 3 1 2 の工程を経て、就航 1 3 1 4 に入る。顧客による就航の期間中は、航空機 1 3 0 2 は、定例の整備及び保守 1 3 1 6 (例えば、変更、再構成、及び / 又は改装などを含む) のスケジュールに組み込まれる。本明細書に具体的に記載した装置及び方法は、製造及び保守方法 1 3 0 0 の工程 (例えば、仕様決定及び設計 1 3 0 4、材料調達 1 3 0 6、部品及び小組立品の製造 1 3 0 8、システム統合 1 3 1 0、認可及び納品 1 3 1 2、就航 1 3 1 4、整備及び保守 1 3 1 6) のうちの任意の適当な 1 又は複数の工程に採用することができる。また、航空機 1 3 0 2 のコンポーネント (例えば、機体 1 3 1 8、複数のシステム 1 3 2 0、内装 1 3 2 2、推進系 1 3 2 4、電気系 1 3 2 6、油圧系 1 3 2 8、環境系 1 3 3 0) のうちの任意の適当なコンポーネントにおいて採用することができる。

【 0 0 4 1 】

航空機の製造及び保守方法 1 3 0 0 の各工程は、システムインテグレーター、第三者、及び / 又は、オペレーターによって実行又は実施することができる。説明のために言及すると、システムインテグレーターは、航空機製造業者及び主要システム下請業者をいくつか含んでもよいが、これに限定されない。第三者は、売主、下請業者、供給業者をいくつか含んでもよいが、これに限定されない。オペレーターは、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。

【 0 0 4 2 】

図 1 4 に示すように、例示的な方法 1 3 0 0 によって製造される航空機 1 3 0 2 の機体 1 3 1 8 は、例えば、複数のシステム 1 3 2 0 及び内装 1 3 2 2 を含む。高水準システム 1 3 2 0 の例としては、推進系 1 3 2 4、電気系 1 3 2 6、油圧系 1 3 2 8、環境系 1 3 3 0 の内の 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か含んでもよい。また、航空産業の例を説明したが、本発明の原理は、例えば自動車産業などの他の産業にも適用可能である。

【 0 0 4 3 】

既に説明したように、本明細書に具体的に記載した装置及び方法は、航空機の製造及び保守方法 1 3 0 0 おける 1 つ又は複数の任意の工程で採用することができる。例えば、製造工程 1 3 0 8 で作製される部品又は小組立品は、航空機 1 3 0 2 の就航中に作製される部品又は小組立品と同様に作製することができる。また、装置の実施形態や方法の実施形態の 1 つ又は複数、又は、それらの組み合わせを、例えば、製造工程 1 3 0 8 及び 1 3 1 0 で用いれば、航空機 1 3 0 2 の組み立てを大幅に速めたり、コストを大幅に削減したりすることができる。同様に、装置の実施形態や方法の実施形態の 1 つ又は複数、又は、それらの組み合わせを、航空機 1 3 0 2 の就航期間中に利用することができ、限定するものではないが、例えば、整備及び保守 1 3 1 6 に利用することができる。例を挙げると、本明細書で説明した技術及びシステムは、ステップ 1 3 0 6、1 3 0 8、1 3 1 0、1 3 1 4、及び / 又は、1 3 1 6 で利用することもできるし、機体 1 3 1 8 及び / 又は内装 1 3

10

20

30

40

50

22に利用することもできる。これらの技術及びシステムは、推進系1324、電気系1326、油圧系1328及び/又は環境系1330を含む複数のシステム1320に利用することもできる。

【0044】

一実施形態では、ダイ520は、部品及び小組立品の製造工程1108において、機体1318の一部分に留め具を挿入し、留め具250を固定するために利用される。これらの留め具は、異なる種類の部品を保持することによりシステム統合1110が容易に行え、就航1114の間中は、摩耗により留め具250が使用できなくなるまで用いられる。また、整備及び保守1116の工程においては、留め具250が破棄され、新たに製造された部品とダイ520を操作して交換される。ダイ520は、部品及び小組立品の製造1108において、種々の留め具250の取り付けに利用可能である。

10

【0045】

図示又は本明細書に記載した制御部品（例えば、電気部品や電子部品）はいずれも、ハードウェアとして実現することも、ファームウェアを構成するプロセッサとして実現することも、その組み合わせで実現することも可能である。例えば、特定の要素を専用のハードウェアとして実現することも可能である。専用のハードウェア要素は、「プロセッサ」、「コントローラ」、又は、これに類する用語で呼ばれる場合がある。プロセッサとして実現する場合、該当する機能を単一の専用プロセッサにより提供することもできるし、単一の共有プロセッサにより提供することもできるし、あるいは、共有可能な複数の別個のプロセッサにより提供することもできる。加えて、「プロセッサ」又は「コントローラ」との用語が明示的に使用されている場合、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)、ソフトウェアの保存用の読み取り専用メモリ(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む。

20

【0046】

また、制御要素は、プロセッサにより実行可能な命令としても、当該要素の機能を実行するプロセッサとして実現可能である。そのような命令の例としては、ソフトウェア、プログラムコード、ファームウェアが含まれる。これらの命令は、プロセッサで実行されると、当該プロセッサに要素の機能を実行させる。これらの命令は、プロセッサ可読の記憶装置に格納することができる。記憶装置の例には、固体メモリ、磁気ディスク及び磁気テープなどの磁気記憶媒体、ハードドライブ、光学的に読み取り可能なデジタルデータ記憶媒体が含まれる。

30

【0047】

本明細書において具体的な実施形態をいくつか説明したが、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、添付の請求の範囲及びその均等物によって規定される。

【0048】

最後に、本開示の範囲は、以下に記載する付記を包含する。

40

[付記]

【0049】

付記1. 留め具を穴に挿入し、

前記留め具の両端を複数のダイで挟み、前記ダイのうちの少なくとも1つは、前記留め具と接触する表面に、静摩擦係数が0.2未満の永久被覆を有し、

前記ダイからの力で前記留め具を塑性変形させ、これにより前記留め具を拡張させて、前記留め具の長さに沿って前記穴に締め込みにし、この際に、前記留め具と前記穴との間の締め代が、前記留め具の前記長さにわたって0.0015インチ超、且つ、0.020未満になるようにする、方法。

50

【 0 0 5 0 】

付記 2 . 前記留め具を塑性変形させるに際し、ビッカース硬度が 5 , 0 0 0 と 1 0 , 0 0 0 の間である前記永久被覆を前記留め具に接触させる、
付記 1 に記載の方法。

【 0 0 5 1 】

付記 3 . 前記留め具の塑性変形は、前記ダイに犠牲潤滑剤を塗布せずに行われる、
付記 1 又は 2 に記載の方法。

【 0 0 5 2 】

付記 4 . 前記留め具を塑性変形させるに際し、ダイヤモンドライクカーボン (D L C) を含む前記永久被覆を前記留め具に接触させる、
付記 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

10

【 0 0 5 3 】

付記 5 . 前記留め具を塑性変形させるに際し、多結晶ダイヤモンド (P C D) を含む前記永久被覆を前記留め具に接触させる、
付記 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 5 4 】

付記 6 . さらに、前記穴を皿座ぐりする、
付記 1 ~ 5 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 5 5 】

付記 7 . さらに、前記穴の穿孔を行う、
付記 1 ~ 6 のいずれかに記載の方法。

20

【 0 0 5 6 】

付記 8 . 前記ダイからの力は、前記ダイのうちの少なくとも一方を前記ダイのうちの他方に向けて押し付けることにより加えられる、
付記 1 ~ 7 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 5 7 】

付記 9 . さらに、前記留め具を拡張させることは、押圧により前記留め具を柱状に膨張させることである、
付記 1 ~ 8 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 5 8 】

付記 1 0 . 前記留め具を塑性変形させることは、リベットを塑性変形させることである、
付記 1 ~ 9 のいずれかに記載の方法。

30

【 0 0 5 9 】

付記 1 1 . 前記留め具を塑性変形させると、前記留め具の尾端における材料によって、前記穴の直径よりも大きい直径を有するボタン形状部が形成される、
付記 1 ~ 1 0 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 0 】

付記 1 2 . 前記少なくとも一方のダイは、前記留め具の前記尾端に接触する前記永久被覆を含む、
付記 1 1 に記載の方法。

40

【 0 0 6 1 】

付記 1 3 . 両方のダイが前記永久被覆を含む、
付記 1 ~ 1 2 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 2 】

付記 1 4 . 前記穴は少なくとも 2 つの部品にまたがっており、前記留め具を塑性変形させると複数の部品が結合される、
付記 1 ~ 1 3 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 3 】

付記 1 5 . 前記留め具の塑性変形は、前記穴に割れを生じさせることなく行われる、
付記 1 4 に記載の方法。

50

【 0 0 6 4 】

付記 1 6 . 前記 2 つの部品は、アルミニウムを含む、
付記 1 5 に記載の方法。

【 0 0 6 5 】

付記 1 7 . 前記穴の直径は、1 インチ未満である、
付記 1 ~ 1 6 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 6 】

付記 1 8 . 留め具を拡張させて穴に締め込みにすべく前記留め具を塑性変形させる力を加えるダイを選択し、

静摩擦係数が 0 . 2 未満の被覆を選択し、

前記ダイにおける前記留め具と接触する表面に前記被覆を永久的に付着させ、これにより、前記ダイからの力で前記留め具を塑性変形させると、前記留め具と前記穴との間に、前記留め具の長さ方向にわたって 0 . 0 0 1 5 インチと 0 . 0 2 0 インチとの間の締め代が生じるようにする、方法。

【 0 0 6 7 】

付記 1 9 . 前記被覆のピッカース硬度は、5 , 0 0 0 と 1 0 , 0 0 0 の間である、
付記 1 8 に記載の方法。

【 0 0 6 8 】

付記 2 0 . 前記被覆は、犠牲潤滑剤ではない、
付記 1 8 又は 1 9 に記載の方法。

【 0 0 6 9 】

付記 2 1 . 前記被覆は、ダイヤモンドライクカーボン (D L C) を含む、
付記 1 8 ~ 2 0 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 0 】

付記 2 2 . 前記被覆は、多結晶ダイヤモンド (P C D) を含む、
付記 1 8 ~ 2 0 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 1 】

付記 2 3 . 前記被覆を永久的に付着させることは、物理蒸着法 (P V D) により前記被覆を付着させることを含む、

付記 1 8 ~ 2 2 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 2 】

付記 2 4 . 前記被覆を永久的に付着させることは、陰極アーク蒸着法により前記被覆を付着させることである、

付記 1 8 ~ 2 2 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 3 】

付記 2 5 . 前記被覆を永久的に付着させることは、スパッタリング法により前記被覆を付着させることを含む、

付記 1 8 ~ 2 2 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 4 】

付記 2 6 . 前記被覆を永久的に付着させることは、イオンビーム蒸着法により前記被覆を付着させることを含む、

付記 1 8 ~ 2 2 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 5 】

付記 2 7 . 前記留め具は、リベットである、
付記 1 8 ~ 2 6 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 6 】

付記 2 8 . 前記ダイは、前記留め具の尾端における材料を前記穴の周辺に流動させる、
付記 1 8 ~ 2 7 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 7 】

付記 2 9 . 前記ダイは、留め具を取り付けるツールにより使用される複数のダイのうち

10

20

30

40

50

の1つである、

付記28に記載の方法。

【0078】

付記30．さらに、前記ツールで用いられる前記複数のダイに前記被覆を付着させる、
付記29に記載の方法。

【0079】

付記31．前記ダイは、割れを生じさせることなく複数の留め具を塑性変形させる力を加えることができる、

付記18～30のいずれかに記載の方法。

【0080】

付記32．前記ダイは、前記穴に割れを生じさせることなく前記留め具を塑性変形させる、

付記18～31のいずれかに記載の方法。

【0081】

付記33．前記表面は、カップ形状を有する、

付記18～32のいずれかに記載の方法。

【0082】

付記34．さらに、前記被覆を0.5マイクロメートルと2.5マイクロメートルの間の厚さに付着させる、

付記18～33のいずれかに記載の方法。

【0083】

付記35．留め具を穴に固定する複数のダイを含むシステムであって、当該複数のダイは、

前記留め具の第1端に接触する第1ダイと、

前記留め具の第2端に接触する第2ダイと、を含み、

前記第2ダイは、前記留め具と接触する表面に、静摩擦係数が0.2未満の永久被覆を有し、

前記複数のダイは、協働して前記留め具を塑性変形させる力を加え、これにより前記留め具を拡張させて前記留め具の長さに沿って前記穴に締め込みにする、システム。

【0084】

付記36．前記永久被覆のビッカース硬度は、5,000と10,000の間である、
付記35に記載のシステム。

【0085】

付記37．前記複数のダイは、犠牲潤滑剤を含まない、

付記35又は36に記載のシステム。

【0086】

付記38．前記永久被覆は、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)を含む、

付記35～37のいずれかに記載のシステム。

【0087】

付記39．前記永久被覆は、多結晶ダイヤモンド(PCD)を含む、

付記35～37のいずれかに記載のシステム。

【0088】

付記40．前記永久被覆は、物理蒸着法(CVD)で付着された被覆である、

付記35～39のいずれかに記載のシステム。

【0089】

付記41．前記永久被覆は、陰極アーク蒸着法で付着された被覆である、

付記35～39のいずれかに記載のシステム。

【0090】

付記42．前記永久被覆は、スパッタリング法で付着された被覆である、

付記35～39のいずれかに記載のシステム。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 1 】

付記 4 3 . 前記永久被覆は、イオンビーム蒸着法で付着された被覆である、
付記 3 5 ~ 3 9 のいずれかに記載のシステム。

【 0 0 9 2 】

付記 4 4 . 前記留め具は、リベットである、
付記 3 5 ~ 4 3 のいずれかに記載のシステム。

【 0 0 9 3 】

付記 4 5 . 前記留め具を塑性変形させると、前記留め具の尾端における材料によって、
前記穴の直径よりも大きい直径を有するボタン形状部が形成される、
付記 3 5 ~ 4 3 のいずれかに記載のシステム。

10

【 0 0 9 4 】

付記 4 6 . 前記第 2 ダイは、前記留め具の前記尾端に接触する、
付記 4 5 に記載のシステム。

【 0 0 9 5 】

付記 4 7 . 両方のダイが前記永久被覆を含む、
付記 3 5 ~ 4 6 のいずれかに記載のシステム。

【 0 0 9 6 】

付記 4 8 . 前記システムは、前記留め具を塑性変形させて、前記穴を介して別個の 2 つ
の部品を結合する、
付記 3 5 ~ 4 7 のいずれかに記載のシステム。

20

【 0 0 9 7 】

付記 4 9 . 前記複数のダイは、前記穴に割れを生じさせることなく前記留め具を塑性変
形させる、
付記 4 8 に記載のシステム。

【 0 0 9 8 】

付記 5 0 . 前記部品は、アルミニウムを含む、
付記 4 9 に記載のシステム。

【 0 0 9 9 】

付記 5 1 . 前記穴の直径は、1 インチ未満である、
付記 3 5 ~ 5 0 のいずれかに記載のシステム。

30

【 0 1 0 0 】

付記 5 2 . 前記被覆の厚さは、0 . 5 マイクロメートルと 2 . 5 マイクロメートルの間
である、
付記 3 5 ~ 5 1 のいずれかに記載のシステム。

【 0 1 0 1 】

付記 5 3 . 留め具を穴に挿入し、
前記留め具の両端を複数のダイで挟み、前記ダイのうちの少なくとも 1 つは、前記留め
具と接触する表面に、静摩擦係数が 0 . 2 未満の永久被覆を有し、
前記ダイからの力で前記留め具が柱状に膨張するように塑性変形させ、これにより、前
記留め具と前記穴を前記留め具の長さに沿って締め嵌めにし、この際に、前記留め具の全
長における最大締め代の最小締め代に対する比率が 4 未満になるようにする、方法。

40

【 0 1 0 2 】

付記 5 4 . 前記留め具を塑性変形させるに際し、ピッカース硬度が 5 , 0 0 0 と 1 0 ,
0 0 0 の間である前記永久被覆を前記留め具に接触させる、
付記 5 3 に記載の方法。

【 0 1 0 3 】

付記 5 5 . 前記留め具の塑性変形は、前記ダイに犠牲潤滑剤を塗布せずに行われる、
付記 5 3 又は 5 4 に記載の方法。

【 0 1 0 4 】

付記 5 6 . 第 1 部品と、

50

第 2 部品と、

前記第 1 部品と前記第 2 部品とにまたがる穴に挿入され、前記第 1 部品と前記第 2 部品とを結合する留め具と、を含む装置であって、

前記留め具は、塑性変形されており、これにより前記留め具が拡張して前記留め具の全長に沿って前記穴に締め込みにされており、前記留め具の全長における最大締め代の最小締め代に対する比率が 4 未満である、装置。

【 0 1 0 5 】

付記 5 7 . 前記留め具は、リベットである、

付記 5 6 に記載の装置。

【 0 1 0 6 】

付記 5 8 . 前記留め具と前記穴と間の締め代は、前記留め具の前記長さにわたって 0 . 0 0 1 5 インチと 0 . 0 2 0 インチとの間である、

付記 5 6 又は 5 7 に記載の装置。

【 0 1 0 7 】

付記 5 9 . 留め具を穴に挿入し、

前記留め具の両端を複数のダイで挟み、

前記ダイからの力で前記留め具を塑性変形させて前記穴と締め込みにし、

前記留め具の軸方向全長における前記留め具の塑性変形の大半は、前記ダイからの軸方向の力を受けて前記留め具の軸部が柱状に膨張することにより締め代を生じさせる変形である、方法。

【 0 1 0 8 】

付記 6 0 . 前記複数のダイは、前記留め具と接触する表面に、静摩擦係数が 0 . 2 未満の永久被覆を有する、

付記 5 9 に記載の方法。

【 0 1 0 9 】

付記 6 1 . 前記留め具を塑性変形させるに際し、ピッカース硬度が 5 , 0 0 0 と 1 0 , 0 0 0 の間である前記永久被覆を前記留め具に接触させる、

付記 5 9 又は 6 0 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【図面】
【図 1】

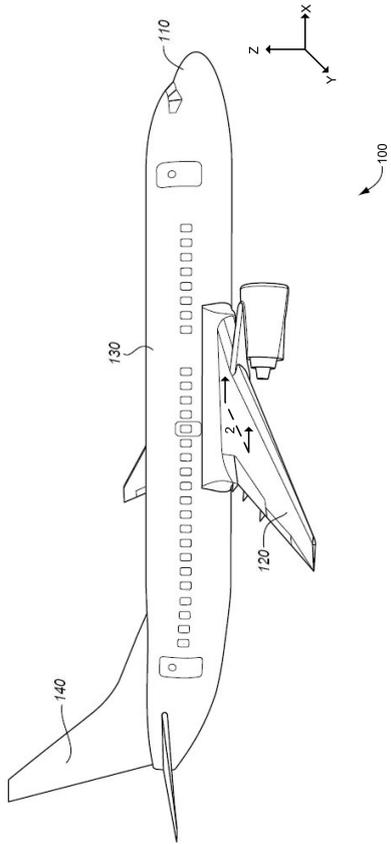


FIG. 1

【図 2】

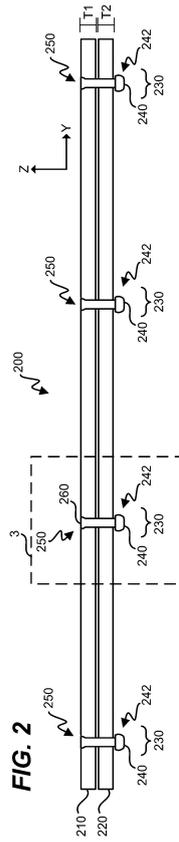


FIG. 2

【図 3】

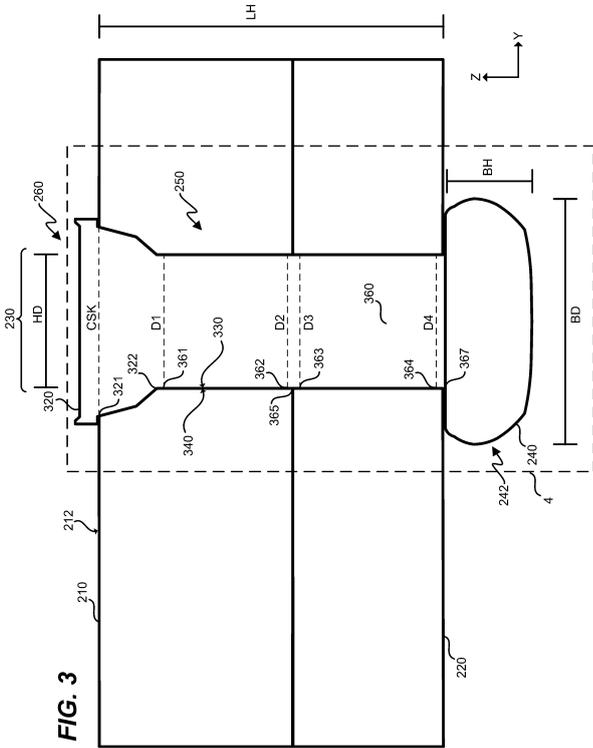


FIG. 3

【図 4】

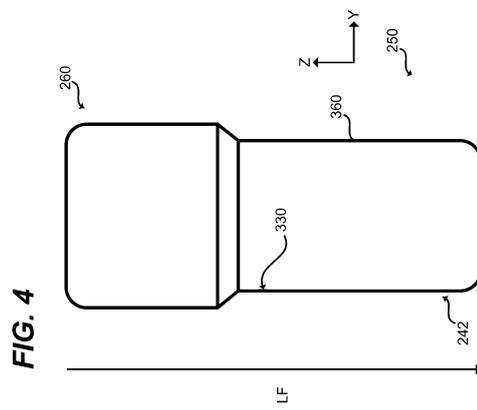


FIG. 4

10

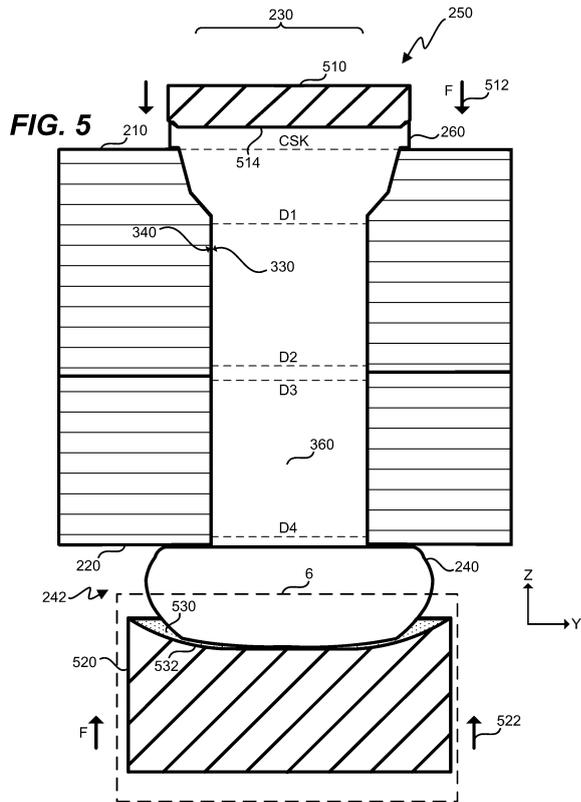
20

30

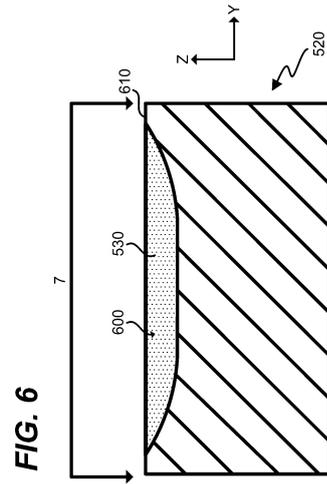
40

50

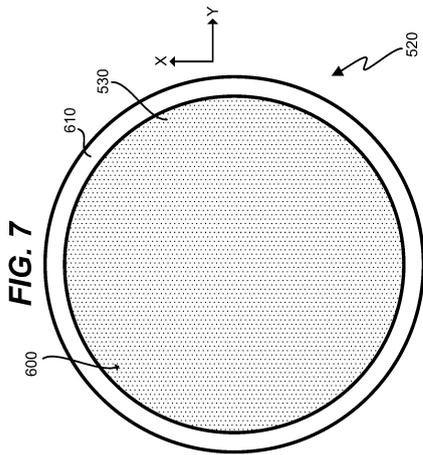
【 図 5 】



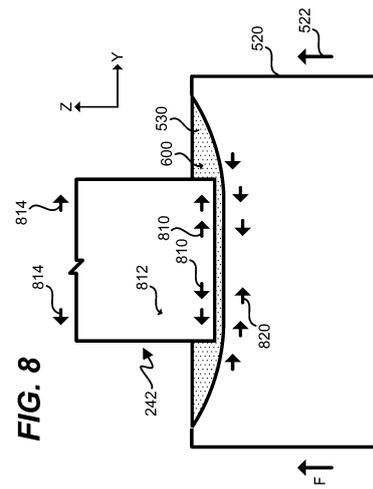
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

【 図 9 】

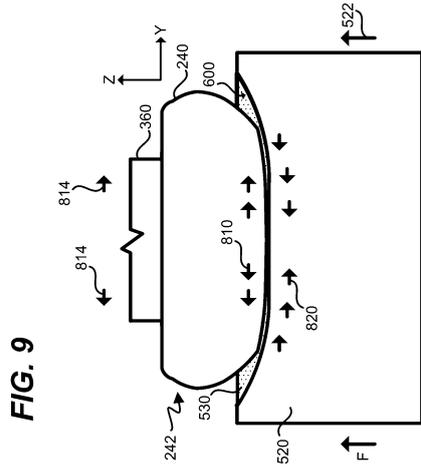


FIG. 9

【 図 10 】

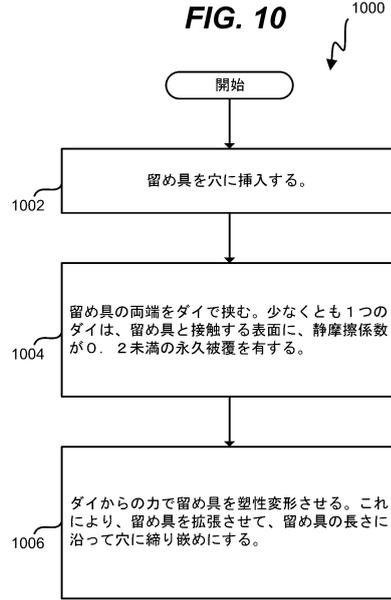


FIG. 10

【 図 11 】

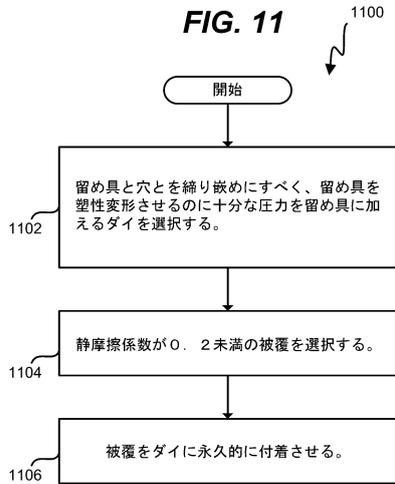


FIG. 11

【 図 12 】

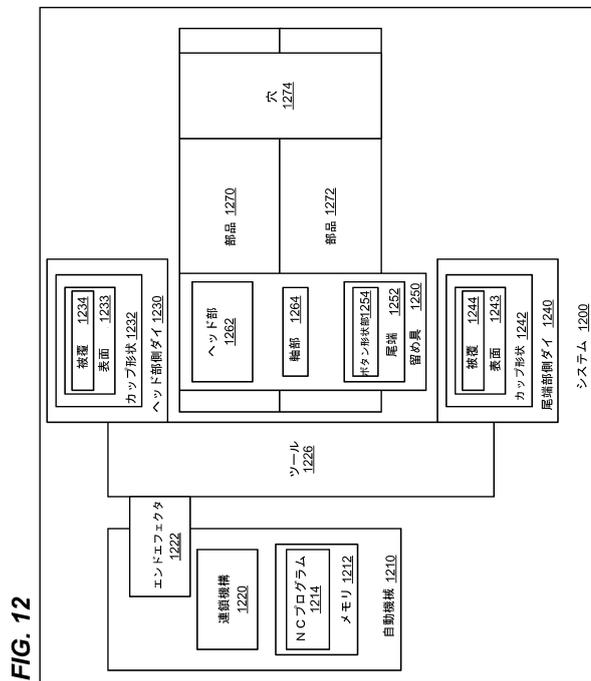


FIG. 12

10

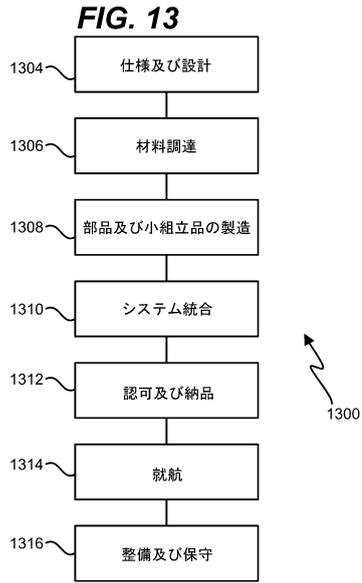
20

30

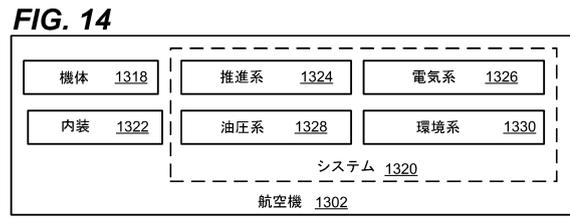
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 弁理士 土居 史明
 (74)代理人 100168044
 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 ウィリアム ドナルド フード
 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 ドナルド ブライアン ピーターソン
 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 カーティス レオン ヘイズ
 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 ポール ミカエル ハワース
 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 タイラー ジェームズ クンレイ
 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 石川 健一
 (56)参考文献 米国特許出願公開第2002/0038566(US, A1)
 特開昭49-033054(JP, A)
 特開2000-061706(JP, A)
 特開2015-112606(JP, A)
 特開平02-022012(JP, A)
 特開2013-163187(JP, A)
 特開昭57-015108(JP, A)
 特開平10-118736(JP, A)
 (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 B21J 15/00
 B21J 15/30
 F16B 19/06
 F16B 5/04