

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6972166号  
(P6972166)

(45) 発行日 令和3年11月24日 (2021.11.24)

(24) 登録日 令和3年11月5日 (2021.11.5)

(51) Int.Cl.

|        |       |           |        |       |
|--------|-------|-----------|--------|-------|
| F 16 B | 2/00  | (2006.01) | F 16 B | 2/00  |
| B 32 B | 15/08 | (2006.01) | B 32 B | 15/08 |
| F 16 B | 5/07  | (2006.01) | F 16 B | 5/07  |
| C 09 J | 7/28  | (2018.01) | C 09 J | 7/28  |
| F 16 J | 15/12 | (2006.01) | F 16 J | 15/12 |

F 1

A  
Z  
A

請求項の数 15 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2019-554489 (P2019-554489)  
 (86) (22) 出願日 平成29年12月19日 (2017.12.19)  
 (65) 公表番号 特表2020-503483 (P2020-503483A)  
 (43) 公表日 令和2年1月30日 (2020.1.30)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2017/067281  
 (87) 國際公開番号 WO2018/118899  
 (87) 國際公開日 平成30年6月28日 (2018.6.28)  
 審査請求日 令和2年12月17日 (2020.12.17)  
 (31) 優先権主張番号 16205448.0  
 (32) 優先日 平成28年12月20日 (2016.12.20)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 歐州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 505005049  
 スリーエム イノベイティブ プロパティ  
 ズ カンパニー  
 アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133  
 -3427, セント ポール, ポスト オ  
 フィス ボックス 33427, スリーエ  
 ム センター  
 (74) 代理人 100110803  
 弁理士 赤澤 太朗  
 (74) 代理人 100135909  
 弁理士 野村 和歌子  
 (74) 代理人 100133042  
 弁理士 佃 誠玄  
 (74) 代理人 100171701  
 弁理士 浅村 敏一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】構成要素の高摩擦接続のための接続要素、接続要素の製造方法、及び接続要素の使用

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

2つの反対側の接合面(1、2)を有する金属基材(3)を備える接続要素であって、前記接合面(1、2)は、金属バインダ層(4)によって前記金属基材(3)上に固定された硬質粒子(5)を担持し、前記2つの反対側の接合面(1、2)のうちの少なくとも1つの金属バインダ層(4)の少なくとも一部がコーティング材料(6、7、8、9)のうちの少なくとも1つの層でコーティングされ、前記コーティング材料はポリマー材料である、接続要素。

## 【請求項 2】

前記金属バインダ層(4)の少なくとも一部及び前記2つの反対側の接合面(1、2)のうちの少なくとも1つの前記硬質粒子(5)の少なくとも一部が、コーティング材料(6、7、8、9)のうちの少なくとも1つの層でコーティングされている、請求項1に記載の接続要素。

10

## 【請求項 3】

前記コーティング材料が、弾性的又は/及び塑性的に変形可能な材料である、請求項1又は2に記載の接続要素。

## 【請求項 4】

前記コーティング材料が接着剤である、請求項1又は2に記載の接続要素。

## 【請求項 5】

前記コーティング材料が、ポリエスチル材料、アクリル材料、エポキシ材料、ホルムア

20

ルデヒド樹脂、ポリウレタン材料、ポリビニルアセテート(PVAC)材料、ポリビニルブチラール(PVB)材料、ポリ塩化ビニル(PVC)材料、シリコーン材料、ゴム材料、及びそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項1又は2に記載の接続要素。

【請求項6】

前記金属バインダ層(4)がニッケル層である、請求項1又は2に記載の接続要素。

【請求項7】

前記硬質粒子(5)が、炭化物、ホウ化物、窒化物、二酸化ケイ素、酸化アルミニウム、ダイヤモンド、及びそれらの混合物からなる群から選択される、請求項1又は2に記載の接続要素。

10

【請求項8】

前記硬質粒子(5)の平均粒径( $d_{50}$ )が100μm以下であり、前記金属バインダ層(4)の厚さが5~70μmであり、前記コーティング材料(6、7、8、9)のうちの前記少なくとも1つの層の厚さが1~70μmである、請求項1又は2に記載の接続要素。

【請求項9】

前記コーティング材料(6、7、8、9)の前記少なくとも1つの層の厚さが、前記金属バインダ層(4)から突出する前記硬質粒子(5)の高さよりも小さい、請求項1又は2に記載の接続要素。

【請求項10】

20

前記接続要素の前記2つの反対側の接合面(1、2)のうちの少なくとも1つの前記金属バインダ層(4)の少なくとも一部上にコーティング材料(6、7、8、9)のうちの少なくとも1つの層をコーティングするステップを含み、前記コーティング材料がポリマー材料である、請求項1又は2に記載の接続要素の製造方法。

【請求項11】

前記金属バインダ層(4)及び前記接続要素の前記2つの反対側の接合面(1、2)のうちの少なくとも1つの接合面の前記硬質粒子(5)の少なくとも一部の上に、少なくとも一層のコーティング材料(6、7、8、9)をコーティングするステップを含み、前記コーティング材料がポリマー材料である、請求項10に記載の製造方法。

【請求項12】

30

請求項1又は2に記載の接続要素と、2つの構成要素(11、12)と、を備え、前記2つの構成要素(11、12)は、前記接続要素と摩擦接合されている、デバイス。

【請求項13】

前記接続要素の前記コーティング材料の前記少なくとも1つの層の厚さが、結合される前記構成要素(11、12)への前記硬質粒子(4)の侵入深さを差し引いた、前記金属バインダ層(4)から突出する前記硬質粒子(5)の高さに対応し、前記厚さからの偏差が最大+/-20%である、請求項12に記載のデバイス。

【請求項14】

前記2つの構成要素(11、12)が、接触圧力で前記接続要素と摩擦接合され、各構成要素(11、12)が硬度を有し、前記接続要素の前記コーティング材料の前記少なくとも1つの層の前記厚さが、式(I)：

$$TC = D^* (1 - 0.62^* SQR(P / (HV^* AP))) - TB \quad (I)$$

(式中、

TC [μm]は、前記コーティング材料(6、7、8、9)の前記少なくとも1つの層の前記厚さであり、

D [μm]は、前記硬質粒子(5)の前記平均粒径( $d_{50}$ )であり、

「SQR」は、平方根を意味し、

P [MPa]は、前記接続要素と摩擦接合された前記2つの構成要素(11、12)の前記接触圧力であり、

HV [kg/mm<sup>2</sup>]は、接合される前記構成要素(11、12)のビッカース硬度で

40

50

あり、

A P [ % ] は、硬質粒子 ( 5 ) で覆われた前記接続要素の接合面の面積パーセントであり、

T B [  $\mu\text{m}$  ] は、前記金属バインダ層 ( 4 ) の厚さである)

に従って選択され、式 ( I ) で計算された値 T C からの前記コーティング材料 ( 6 、 7 、 8 、 9 ) の前記少なくとも 1 つの層の厚さの偏差は、最大 + / - 20 % である、請求項 12 に記載のデバイス。

#### 【請求項 15】

機械、プラント及び自動車の構造及びエネルギー生成において接合される構成要素 ( 11 、 12 ) の高摩擦接続のための、請求項 1 又は 2 に記載の接続要素の使用。

10

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

本開示は、接合される構成要素の高摩擦接続のための接続要素に関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

強制ロック接続は、機械、プラント、及び自動車構造、並びに、力又はトルクを伝達するためのエネルギー生成のすべての分野において、頻繁に使用される。それぞれ伝達され得る力の大きさは、構造的設計だけでなく、主に互いに接続された構成要素表面の静止摩擦値 ( 静摩擦係数 ) にも依存する。したがって、そのような強制ロック接続の場合、最大の可能な横方向の力及びトルクが安全に伝達されることを可能にする高摩擦手段を提供するように努力される。更に、強制ロック接続はまた、非確実動作の接続又は摩擦接続とも呼ぶことができる。

20

##### 【0003】

ボルト締め及びクランプ接続で伝達され得るよりも保持力を増加させるか又はトルクを増加させるために高摩擦中間層を使用することが知られている。米国特許第 6,347,905 ( B1 ) 号は、接合される構成要素の高摩擦の遊びのない可逆的な接続のための接続要素を開示している。接続要素は、その表面に規定サイズの粒子を担持するバネ弹性鋼箔を含み、これはバインダ相によってバネ弹性箔上に固定されている。粒子は硬質材料、好ましくはダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素、酸化アルミニウム、炭化ケイ素又は炭化ホウ素からなる。この別個の接続要素を使用することによって、摩擦接続において静摩擦係数を増加させることができる。

30

##### 【0004】

多くのボルト締め又はクランプ接続では、接合する部品を腐食から保護する必要がある。これは、車両や機械が腐食環境で使用される場合、又はボルト締め部品が、例えば炭素鋼とアルミニウムなど異なる材料からなる場合、又は接合される部品が塗料でコーティングされている場合に、特に必要とされる。これらの接続は、フレッティング又は電気化学腐食を防止する必要があり、接合される部品の表面は、部品の可逆的接続を可能にするために、損傷されてはいけない。

##### 【0005】

40

車両には、高い摩擦係数が要求され、流体で覆われているか又は例えばオイルのような流体によって貫流されているボルト締め接続がある。これらの部品は、最終的に互いにボルト締めされる前に事前に組み立てられる必要があるか、又は数回の分解と組み立てが必要である場合もある。これらの用途では、遊離性硬質粒子がエンジン内又は他の構成要素内で問題を引き起こす可能性があるので、これらの粒子が存在しないことが不可欠であり、流体がボルト締め部分から漏れないことを確実にしなければならない。

##### 【0006】

したがって、耐食性、粒子固定及びシール特性に関して構成要素の摩擦接続を更に改善する必要がある。

#### 【発明の概要】

50

## 【0007】

第1の態様では、本開示は、2つの反対側の接合面を有する金属基材を備える接続要素であって、接合面は、金属バインダ層によって金属基材上に固定された硬質粒子を担持し、2つの反対側の接合面のうちの少なくとも1つの金属バインダ層の少なくとも一部がコーティング材料の少なくとも1つの層でコーティングされ、コーティング材料はポリマー材料である、接続要素に関する。

## 【0008】

別の態様では、本開示はまた、そのような接続要素の製造方法にも関し、その方法は、接続要素の2つの反対側の接合面のうちの少なくとも1つの金属バインダ層の少なくとも一部上にコーティング材料の少なくとも1つの層をコーティングするステップを含み、コーティング材料はポリマー材料である。

10

## 【0009】

なお更なる態様では、本開示はまた、本明細書に開示されるような接続要素と、2つの構成要素と、を備えるデバイスにも関し、2つの構成要素は、接続要素と摩擦接合されている。

## 【0010】

なお更なる態様では、本開示はまた、機械、プラント及び自動車の構造及びエネルギー生成において接合される構成要素の高摩擦接続のための、そのような接続要素の使用にも関する。

## 【0011】

20

いくつかの実施形態では、本開示に係る接続要素は、米国特許第6,347,905(B1)号に開示されている接続要素よりも著しく腐食を受けにくい。

## 【0012】

いくつかの実施形態では、本開示に係る接続要素は、フレッティングと同様に電気化学的腐食が問題となる摩擦接続に適している。

## 【0013】

いくつかの実施形態では、本開示に係る接続要素は、接合される2つの構成要素間のシール効果を著しく高めることができ、達成される接続は気密性でさえあり得る。

## 【0014】

30

回転力によって金属バインダ層から分離された遊離性硬質材料粒子は、本開示に係る接続要素のコーティング層内にとどめておくことができる。したがって、本明細書に開示されている接続要素は、事前に組み立てる必要があるか、又は数回の分解と組み立てが必要である接続、及び油若しくは他の流体で覆われているか又はそれによって貫流される接続で使用することができる。

## 【0015】

いくつかの実施形態では、本開示の接続要素は、車両における望ましくない音響を防止する。

## 【0016】

本開示に係る接続要素を使用することにより、摩擦接続の静摩擦係数が増加する。

40

## 【図面の簡単な説明】

## 【0017】

本開示を、以下に、図面に基づいてより詳細に記述する。

【図1A】本開示の接続要素の断面図を概略的に示す。

【図1B】本開示の接続要素の断面図を概略的に示す。

【図2】本開示の接続要素と、2つの構成要素とを備える、本開示に係るデバイスの断面図を概略的に示し、2つの構成要素は、接続要素と摩擦接合され、すなわち、接続要素は、接合される2つの構成要素と摩擦接続されている。

【図3】本開示の接続要素と、2つの構成要素とを備える、本開示に係るデバイスの断面図を概略的に示し、2つの構成要素は、接続要素と摩擦接合され、すなわち、接続要素は、接合される2つの構成要素と摩擦接続されている。

50

【図4】本開示の接続要素と、2つの構成要素とを備える、本開示に係るデバイスの断面図を概略的に示し、2つの構成要素は、接続要素と摩擦接合され、すなわち、接続要素は、接合される2つの構成要素と摩擦接続されている。

【図5】本開示の接続要素と、2つの構成要素とを備える、本開示に係るデバイスの断面図を概略的に示し、2つの構成要素は、接続要素と摩擦接合され、すなわち、接続要素は、接合される2つの構成要素と摩擦接続されている。

【図6】本開示の接続要素の断面図を概略的に示す。

【図7】本開示の接続要素と、2つの構成要素とを備える、本開示に係るデバイスの断面図を概略的に示し、2つの構成要素は、接続要素と摩擦接合され、すなわち、接続要素は、接合される2つの構成要素と摩擦接続されている。

10

【図8】本開示の接続要素と、2つの構成要素とを備える、本開示に係るデバイスの断面図を概略的に示し、2つの構成要素は、接続要素と摩擦接合され、すなわち、接続要素は、接合される2つの構成要素と摩擦接続されている。

【発明を実施するための形態】

【0018】

硬質粒子は、特定の使用条件下では、接合される構成要素の材料又は環境媒体のいずれとも化学的に反応しない材料からなることが好ましい。好ましくは無機材料である。

【0019】

好ましくは、硬質粒子は、炭化物、窒化物、ホウ化物、二酸化ケイ素、酸化アルミニウム、ダイヤモンド、及びそれらの混合物からなる群から選択される。炭化物の例は、炭化ケイ素、炭化タンゲステン及び炭化ホウ素であり、窒化物の例は、窒化ケイ素及び立方晶窒化ホウ素である。好ましくは、ダイヤモンドが硬質粒子として使用される。

20

【0020】

硬質粒子のサイズは、粒子が表面に押し込まれることによって生じる接合表面への損傷が許容できないレベルに達しないように選択される。好ましくは、粒径が接合面の山から谷までの高さの約3倍以下であればこれは保証され、山から谷までは接合面の機械加工から生じる。100 μm (d<sub>50</sub>) 以下の平均粒径が一般にこの要求を満たす。例えば、10 μm、25 μm、35 μm、55 μm、75 μm又は100 μmの平均粒径 (d<sub>50</sub>) を有する硬質粒子を使用することができる。いくつかの実施形態では、10 ~ 100 μm、又は25 ~ 75 μmの平均粒径 (d<sub>50</sub>) を有する硬質粒子が使用される。平均粒径は、レーザ回折 (Cilas、湿式測定) によって測定することができる。

30

【0021】

硬質粒子は、所与の公称直径のまわりの分散が約+/-50%以下になる狭い粒径範囲を有するべきである。いくつかの実施形態では、所与の公称直径のまわりの分散は、約+/-25%を超えるべきではない。

【0022】

接続要素の接合面の単位表面積当たりの硬質粒子の数は、構成要素を互いに接合するために利用可能な法線力が、粒子が接合される構成要素の表面に確実に押し込まれるのに十分であるように選択することができる。これは、硬質粒子で覆われている接続要素の接合面の面積パーセントが3% ~ 60%である場合、一般的に当てはまる。硬質粒子で覆われている接続要素の接合面の面積パーセントは、硬質粒子の平均粒径 (d<sub>50</sub>) に応じて選択することができる。例えば、10 μmの硬質粒子の平均粒径 (d<sub>50</sub>) では、接続要素の接合面の約8% ~ 30%が硬質粒子で覆われるべきであり、35 μmの平均粒径 (d<sub>50</sub>) では、その面積パーセントは約15 ~ 45%であるべきであり、70 μmの平均粒径 (d<sub>50</sub>) では、その面積パーセントは約25% ~ 60%であるべきである。

40

【0023】

金属基材の厚さは用途に応じて選択される。いくつかの実施形態では、金属基材の厚さは最大2.0 mmである。他の実施形態では、厚さは最大1.0 mm又は最大0.5 mmである。いくつかの他の実施形態では、厚さは最大0.2 mmであり、いくつかの他の実施形態では、厚さは最大0.1 mmである。より高い強度及び剛性を必要とする大型の接

50

続要素、例えば風力タービンの部品に使用される接続要素の場合、金属基材の厚さは、最大0.5mm又は最大1.0mm又は最大2.0mmであることができる。薄い接続要素を必要とする用途の場合、例えば、接合される構成要素の設計を変えない場合、金属基材の厚さは0.2mm以下、又は0.1mm以下、好ましくは0.1mmとすることができる。

【0024】

金属基材は鋼から、例えば非合金鋼から製造することができる。また、高合金鋼又はステンレス鋼も使用することができる。非合金鋼の例は、DIN EN 10132-4によるグレードC75S-1.1248又はDIN EN 10132-4によるグレードC60S-1.1211である。

10

【0025】

金属バインダ層はニッケル層であってもよい。

【0026】

金属バインダ層の厚さは、5~70μm、具体的には10~70μm、より具体的には10~50μmであることができる。

【0027】

いくつかの実施形態では、金属バインダ層の厚さは、硬質粒子の平均粒径( $d_{50}$ )の75%以下である。いくつかの他の実施形態では、金属バインダ層の厚さは、硬質粒子の平均粒径( $d_{50}$ )の60%以下である。更にいくつかの更なる実施形態では、金属バインダ層の厚さは、硬質粒子の平均粒径( $d_{50}$ )の50%以下である。更にいくつかの他の実施形態では、金属バインダ層の厚さは、硬質粒子の平均粒径( $d_{50}$ )の20%以下である。金属バインダ層の厚さは少なくとも5μmであることができる。金属バインダ層の厚さは、硬質粒子の平均粒径に応じて選択することができる。大きな硬質粒子の粒径には、より厚い金属バインダ層が適切である場合がある。硬質粒子は、金属バインダ層から突出している。接続要素が接合される構成要素と摩擦係合すると、硬質粒子が接合される構成要素の表面に押し込まれ、それによって接続部の摩擦係数が増加する。

20

【0028】

コーティング材料はポリマー材料である。いくつかの実施形態では、コーティング材料は変形可能な材料である。コーティング材料は、弹性的に変形可能又は塑的に変形可能、又はその両方であることができる。

30

【0029】

2つの反対側の接合面のうちの少なくとも1つの金属バインダ層の少なくとも一部は、コーティング材料の少なくとも1つの層でコーティングされている。いくつかの実施形態では、金属バインダ層の少なくとも一部及びまた2つの反対側の接合面のうちの少なくとも1つの硬質粒子の少なくとも一部は、コーティング材料のうちの少なくとも1つの層でコーティングされている。硬質粒子の上部の領域においては、コーティング材料の層は、金属バインダ層の上部の領域におけるよりも薄くすることができる。接続要素が接合される構成要素と摩擦接觸しているとき、コーティング材料の変形可能な特性のために、コーティング材料の層は硬質粒子の上部から押し離され得る。硬質粒子の上部で、コーティング材料層は引き裂かれ、硬質粒子は接合される構成要素に押し込まれ得る。コーティング材料の層は、接合される構成要素の表面の粗さ及び凹凸をシールすることができ、したがって接合される2つの構成要素間のシール効果を高めることができる。いくつかの実施形態では、接続要素によって達成される接続は気密である。

40

【0030】

いくつかの実施形態では、金属バインダ層の少なくとも一部、又は2つの反対側の接合面のうちの1つのみの金属バインダ層及び硬質粒子の少なくとも一部は、コーティング材料の少なくとも1つの層でコーティングされている。いくつかの他の実施形態では、金属バインダ層の少なくとも一部、又は2つの反対側の接合面の両方の金属バインダ層及び硬質粒子の少なくとも一部は、コーティング材料の少なくとも1つの層でコーティングされている。

50

## 【0031】

金属バインダ層の少なくとも一部、又は2つの反対側の接合面のうちの1つ又は両方の金属バインダ層及び硬質粒子の少なくとも一部は、コーティング材料の少なくとも1つの層でコーティングされている。例えば、中央孔を有するプレート又は箔が接続要素として使用される場合、接続要素の外径にあるリング形状領域、及び接続要素の内径にあるリング形状領域を、コーティング材料の少なくとも1つの層でコーティングすることができる。更なる孔が接続要素内に存在する場合、これらの孔の周囲のリング形状領域もまた、コーティング材料の少なくとも1つの層でコーティングすることができる。

## 【0032】

いくつかの実施形態では、金属バインダ層、又は2つの反対側の接合面のうちの1つ又は両方の金属バインダ層及び硬質粒子は、コーティング材料の少なくとも1つの層で完全にコーティングされている。

## 【0033】

いくつかの実施形態では、コーティング材料は接着剤である。コーティング材料の接着特性は、接合される構成要素の1つに接続要素を接着することによって、接続要素を事前に組み立てるのに有用である。接着することによって、接続要素は、接合される構成要素の1つの上にその正しい位置を有し、接合される第2の構成要素の組み立て中にこの位置を維持する。コーティング材料が接着剤である場合、金属バインダ層から突出している硬質粒子の上の接着剤が接合される構成要素上に付着するので、金属バインダ層の少なくとも一部を、及びまた硬質粒子についても少なくとも一部をコーティングする必要がある。

いくつかの実施形態では、金属バインダ層の少なくとも一部、及び接続要素の2つの反対側の接合面のうちの1つの硬質粒子の少なくとも一部は、接着剤であるコーティング材料でコーティングされる。いくつかの実施形態では、金属バインダ層の少なくとも一部、及び接続要素の2つの反対側の接合面の両方の硬質粒子の少なくとも一部は、接着剤であるコーティング材料でコーティングされる。

## 【0034】

いくつかの実施形態では、コーティング材料が接着剤であることで、接合される2つの構成要素間のシール効果は強化されず、接続要素によって達成される接続は気密ではない。いくつかの他の実施形態では、コーティング材料が接着剤であることで、接合される2つの構成要素間のシール効果が高まり、接続要素によって達成される接続は気密になることができる。

## 【0035】

既に上述したように、コーティング材料はポリマー材料である。コーティング材料は、熱可塑性ポリマー、デュロプラスチックポリマー又はエラストマーポリマーであることができる。例えば、コーティング材料は、ポリエステル材料、アクリル材料、エポキシ材料、ホルムアルデヒド樹脂、ポリウレタン材料、ポリビニルアセテート(PVAC)材料、ポリビニルブチラール(PVB)材料、ポリ塩化ビニル(PVC)材料、シリコーン材料、ゴム材料、及びそれらの組み合わせからなる群から選択することができる。いくつかの実施形態では、エポキシ又はアクリル又は他の材料などのコーティング材料は、シール特性若しくは接着特性、又はシール特性及び接着特性の両方、を有することができる。アクリル材料の例はポリアクリレートであり、ポリウレタン材料の例は、熱可塑性ポリウレタン(TPU)材料であり、ゴム材料の例は、スチレンブタジエンゴム、クロロブレンゴム、イソブレンゴムである。

## 【0036】

いくつかの実施形態では、第1のステップで、シール特性を有し、接着特性を有さないコーティング材料の第1の層が、金属バインダ層の少なくとも一部、又は金属バインダ層及び硬質粒子の少なくとも一部の上にコーティングされ、第2のステップで、接着剤であるコーティング材料の第2の層が第1のコーティング上にコーティングされ、このコーティングは硬質粒子も覆っている。2つの異なるコーティング材料を含むこの2層コーティングは、接着剤がシール特性を有さない場合、又は接着剤がその使用を最小限に抑えなけ

10

20

30

40

50

ればならない非常に高価な材料である場合に、有用であることができる。

【0037】

コーティング材料の少なくとも1つの層の厚さは、1~70μm、又は5~70μm、又は5~65μmであることができる。いくつかの実施形態では、コーティング材料の少なくとも1つの層の厚さは15~50μmであることができる。

【0038】

接合される2つの構成要素間のシール効果、又は気密接続さえも達成するために、コーティング材料の層の厚さは5~70μmであることができる。

【0039】

コーティング材料が接着剤であり、コーティング材料が接合される2つの構成要素間のシール効果を増加させる必要がなく、接続要素によって達成される接続が気密である必要がない場合、コーティング材料の層の厚さは5μm未満であることができる。この場合、コーティング材料の層の厚さは、接合される構成要素において付着するのに十分な厚さである必要がある。これは、コーティング層の厚さが少なくとも1μmである場合、一般的に当てはまる。

【0040】

いくつかの実施形態では、コーティング材料の少なくとも1つの層の厚さは、金属バインダ層から突出している硬質粒子の高さよりも小さくてもよい。

【0041】

金属バインダ層から突出する硬質粒子の高さは、硬質粒子の平均粒径( $d_{50}$ )から金属バインダ層の高さを差し引くことによって計算することができる。

【0042】

本開示はまた、本明細書に開示されるような接続要素と、2つの構成要素とを含み、2つの構成要素が接続要素と摩擦接合されているデバイスにも関する。

【0043】

デバイスのいくつかの実施形態では、コーティング材料の少なくとも1つの層の厚さは、金属バインダ層から突出する硬質粒子の高さよりも小さくてもよい。

【0044】

金属バインダ層から突出する硬質粒子の高さは、硬質粒子の平均粒径( $d_{50}$ )から金属バインダ層の高さを差し引くことによって計算することができる。

【0045】

デバイスのいくつかの実施形態では、接続要素のコーティング材料の少なくとも1つの層の厚さは、コーティング材料の少なくとも1つの層の厚さが、接合される構成要素への硬質粒子の侵入深さを差し引いた、金属バインダ層から突出する硬質粒子の高さに対応するよう選択され、この厚さからの偏差は最大+/-20%であることができる。いくつかの実施形態において、この厚さからの偏差は、最大+/-10%、又は最大+/-5%、又は最大+/-1%であることができる。

【0046】

金属バインダ層から突出する硬質粒子の高さは、硬質粒子の平均粒径( $d_{50}$ )から金属バインダ層の高さを差し引くことによって計算することができる。

【0047】

本明細書に開示されているが、2つの反対側の接合面のいずれかの金属バインダ層上にコーティング層を有さない接続要素が、接合される2つの構成要素と摩擦接觸すると、硬質粒子は構成要素の表面に押し込まれ、金属バインダ層と構成要素の表面との間に空隙を残す。この空隙の幅は、接続される構成要素への硬質粒子の侵入深さを差し引いた、金属バインダ層から突出している硬質粒子の高さに対応する。金属バインダ層をコーティング材料の層でコーティングすることによって、この空隙をシールすることができるとともに静摩擦係数の値が増加する。コーティング材料の少なくとも1つの層の厚さは、理想的には、金属バインダ層と接合される構成要素との間の空隙の幅に対応するべきである。空隙幅からの厚さの偏差は、最大+/-20%であることができる。いくつかの実施形態では

10

20

30

40

50

、偏差は最大 + / - 10 %、又は最大 + / - 5 %、又は最大 + / - 1 %であることができる。

【0048】

デバイスのいくつかの実施形態では、コーティング材料の少なくとも1つの層の厚さは、次式に従って計算することによって、選択され得る：

$$T C = D * (1 - 0.62 * \text{SQR}(P / (H V * A P))) - T B \quad (\text{I}).$$

式中、

$T C$  [  $\mu m$  ] は、コーティング材料の少なくとも1つの層の厚さであり、

$D$  [  $\mu m$  ] は、硬質粒子の平均粒径 ( $d_{50}$ ) であり、

「SQR」は、平方根を意味し、

10

$P$  [ MPa ] は、接続要素と摩擦接合された2つの構成要素の接触圧力であり、

$H V$  [ kg / mm<sup>2</sup> ] は、接合される構成要素のピッカース硬度であり、

$A P$  [ % ] は、硬質粒子で覆われた接続要素の接合面の面積パーセントであり、

$T B$  [  $\mu m$  ] は、金属バインダ層の厚さである。

【0049】

上記の式 (I) で計算された値  $T C$  からのコーティング材料の少なくとも1つの層の厚さの偏差は、最大 + / - 20 % であることができる。いくつかの実施形態では、偏差は最大 + / - 10 %、又は最大 + / - 5 %、又は最大 + / - 1 % であることができる。

【0050】

本開示に係る接続要素の様々な実施形態が図面に示されている。

20

【0051】

図 1 A は、本開示の接続要素の第1の実施形態の断面図を概略的に示す。金属基材 3 は、硬質粒子 5 を担持している2つの反対側の接合面 1、2 を有する。硬質粒子 5 は、金属バインダ層 4 によって金属基材 3 上に固定される。両方の接合面 1、2 の金属バインダ層 4 は、コーティング材料 6 の層でコーティングされる。コーティング材料はシール特性を有するポリマー材料である。この実施形態では、コーティング材料の層は硬質粒子 5 上にはコーティングされていない。

【0052】

図 1 B は、本開示の接続要素の第2の実施形態の断面図を概略的に示す。金属基材 3 は、硬質粒子 5 を担持している2つの反対側の接合面 1、2 を有する。硬質粒子 5 は、金属バインダ層 4 によって金属基材 3 上に固定される。両方の接合面 1、2 の金属バインダ層 4 は、コーティング材料 6 の層でコーティングされる。コーティング材料はシール特性を有するポリマー材料である。この実施形態では、硬質粒子 5 及び金属バインダ層 4 は、コーティング材料 6 の層でコーティングされる。

30

【0053】

図 2 は、図 1 A 又は図 1 B の接続要素及び2つの構成要素 11、12 を含む、本開示に係るデバイスの第1の実施形態の断面図を概略的に示し、2つの構成要素 11、12 は図 1 A 又は図 1 B の接続要素と摩擦接合されており、すなわち図 1 A 又は図 1 B の接続要素は、接合される2つの構成要素 11、12 と摩擦接続している。図 1 B の場合、硬質粒子 5 の上のコーティング材料 6 の層は硬質粒子の上から押し離され、すなわち硬質粒子から剥離されて移動され、それによって硬質粒子間の領域におけるコーティング層の厚さが増加する。図 1 A の場合、硬質粒子はコーティング材料の層でコーティングされていないので、コーティング材料の層は、押し離される必要はない。図 1 A 及び図 1 B に示される2つの実施形態は両方とも、接続要素が接合される2つの構成要素と摩擦接続しているとき、図 2 に示される同じ状況をもたらす。コーティング材料 6 の層と、接合される構成要素 11、12 との間には空隙がない。接合される2つの構成要素間のシール効果が向上し、接続要素によって達成される接続は気密になることができる。また、硬質粒子 5 が、接合される構成要素 11、12 内に押し込まれることによって、静摩擦係数も高められる。

40

【0054】

乗用車には、多くのボルト接続が存在する。例えば、乗用車のサブフレーム及びフレー

50

ム又は車軸とダンパーとは、ボルトで接続されている。軽量化のために、サブフレームは、典型的にはアルミニウムから作製され、フレームは鋼から作製されて腐食を防止するために塗料の層でコーティングされる。これら2つの構成要素の間に図2の接続要素を使用することにより、ダイヤモンドが構成要素に押し込まれ、したがってより高い摩擦係数がもたらされる。構成要素に押し込まれるダイヤモンドは、フレームの塗料も貫通する。両方の接合面上にコーティング層6を有さない接続要素が使用される場合、塗料の浸透は、フレームにおいて、及び場合によってはサブフレーム上にも腐食をもたらす可能性がある。両方の接合面上にコーティング層6を有する図2の接続要素を使用することにより、接続要素のシール機能により、腐食を防止することができる。

## 【0055】

10

図3～図5は、本開示の接続要素の第3(図3)、第4(図4)及び第5(図5)の実施形態、並びに2つの構成要素11、12を含む、本開示のデバイスの第2(図3)、第3(図4)及び第4(図5)の実施形態の断面図を概略的に示しており、2つの構成要素11、12は接続要素と摩擦接合されている、すなわち接続要素は接合される2つの構成要素11、12と摩擦接続されている。

## 【0056】

図3では、金属基材3の2つの接合面のうちの1つの金属バインダ層4は、コーティング材料6の層でコーティングされている。コーティング材料6は、シール特性を有するポリマー材料である。他の接合面では、金属バインダ層4はコーティング材料9の層でコーティングされている。コーティング材料9は、シール特性も有し得る接着剤であるポリマー材料である。接着特性は、接合される構成要素11において接続要素を事前に組み立てるのに利用される。コーティング材料6、9の層と、接合される構成要素11、12との間に空隙は存在しない。接合される2つの構成要素間のシール効果が向上し、接続要素によって達成される接続は気密になることができる。また、硬質粒子5が、接合される構成要素11、12内に押し込まれることによって、静摩擦係数も高められる。

20

## 【0057】

図4では、金属基材3の2つの接合面のうちの1つの金属バインダ層は、コーティング材料6の層でコーティングされている。コーティング材料6は、シール特性を有するポリマー材料である。他の接合面において、金属バインダ層4はコーティングされておらず、金属バインダ層4と構成要素12との間に空隙10を残す。コーティング材料6の層と、接合される構成要素11との間には空隙は存在しない。図4の接続要素は、例えば、アルミニウムからの構成要素11及びステンレス鋼からの構成要素12などの2つの異なる材料から作製された構成要素11及び12を用いた用途に、例えば使用することができる。卑金属アルミニウムは、金属バインダ層4をコーティング材料6の層でコーティングすることによって、接触腐食又はフレッティングを防止される。静摩擦係数は、硬質粒子5が、結合される構成要素11、12に押し込まれることによって高められる。

30

## 【0058】

図5では、金属基材3の2つの接合面のうちの1つの金属バインダ層は、コーティング材料9の層でコーティングされている。コーティング材料9は、シール特性も有し得る接着剤であるポリマー材料である。接着特性は、接合される構成要素11において接続要素を事前に組み立てるのに利用される。他の接合面において、金属バインダ層4はコーティングされておらず、金属バインダ層4と構成要素12との間に空隙10を残す。コーティング材料9の層と、接合される構成要素11との間には空隙は存在しない。静摩擦係数は、硬質粒子5が、結合される構成要素11、12に押し込まれることによって高められる。

40

## 【0059】

図6は、本開示の接続要素の第6の実施形態の断面図を概略的に示す。金属基材3は、硬質粒子5を担持している2つの反対側の接合面1、2を有する。硬質粒子5は、金属バインダ層4によって金属基材3上に固定される。接合面2の金属バインダ層4は、コーティング材料6の層でコーティングされている。コーティング材料6は、シール特性を有す

50

るポリマー材料である。接合面1の金属バインダ層4は、第1のステップにおいてコーティング材料7の第1の層でコーティングされている。コーティング材料7は、シール特性を有するポリマー材料である。第2のステップでは、接合面1の金属バインダ層4は、コーティング材料7の第1の層上にコーティングされたコーティング材料8の第2の層でコーティングされる。コーティング材料8は、接着特性を有する高分子材料である。接着特性を有するコーティング材料8は、硬質粒子5も覆っている。コーティング層7の上にある接着剤と金属バインダ層4から突出する硬質粒子5とが接合される構成要素に付着する。

#### 【0060】

図7は、図6の接続要素及び2つの構成要素11、12を含む、本開示のデバイスの第5の実施形態の断面図を概略的に示しており、2つの構成要素11、12は図6の接続要素と摩擦接合されている、すなわち図6の接続要素は接合される2つの構成要素11、12と摩擦接続されている。硬質粒子5の上のコーティング材料6の層は、硬質粒子の上部から押し離され、すなわち硬質粒子から剥離されて移動され、それによって硬質粒子間の領域におけるコーティング層6の厚さが増加する。硬質粒子5の上のコーティング材料7及び8の2つの層は、硬質粒子の最上部から押し離され、すなわち硬質粒子から剥離されて移動され、それによって硬質粒子間の領域におけるコーティング層7、8の厚さが増加する。コーティング材料8の接着特性は、接合される構成要素11において接続要素を事前に組み立てるのに利用される。コーティング材料6、8の層と、接合される構成要素11、12との間に空隙は存在しない。接合される2つの構成要素間のシール効果が向上し、接続要素によって達成される接続は気密になることができる。また、硬質粒子5が、接合される構成要素11、12内に押し込まれることによって、静摩擦係数も高められる。

#### 【0061】

図8は、本開示の接続要素の第7の実施形態及び2つの構成要素11、12を含む、本開示のデバイスの第6の実施形態の断面図を概略的に示しており、2つの構成要素11、12は接続要素と摩擦接合されている、すなわち接続要素は接合される2つの構成要素11、12と摩擦接続されている。図8では、金属基材3の2つの接合面のうちの1つの金属バインダ層は、コーティング材料7の第1の層及びコーティング材料8の第2の層でコーティングされている。第2の層のコーティング材料は、接着剤である。接着特性は、接合される構成要素11において接続要素を事前に組み立てるのに利用される。他の接合面において、金属バインダ層4はコーティングされておらず、金属バインダ層4と構成要素12との間に空隙10を残す。コーティング材料8の層と接合される構成要素11との間には空隙は存在しない。図8の接続要素は、例えば、アルミニウムからの構成要素11及びステンレス鋼からの構成要素12などの2つの異なる材料から作製された構成要素11及び12を用いた用途に、例えば使用することができる。卑金属アルミニウムは、金属バインダ層4をコーティング材料8の層でコーティングすることによって、接触腐食又はフレッティングを防止される。また、硬質粒子5が、接合される構成要素11、12内に押し込まれることによって、静摩擦係数も高められる。

#### 【0062】

本開示のいくつかの更なる実施形態を以下に記載する。

#### 【0063】

第8の実施形態では、本開示は接続要素を提供し、その接続要素は、2つの反対側の接合面を有する鋼基材を含み、その接合面は、ニッケルバインダ層によって鋼基材上に固定されたダイヤモンドを担持しており、反対側の結合面の両方のニッケルバインダ層は、コーティング材料の層でコーティングされており、そのコーティング材料は、ポリマー材料であり、ポリエステル材料、アクリル材料、エポキシ材料、ホルムアルデヒド樹脂、ポリウレタン材料、ポリビニルアセテート(PVAC)材料、ポリビニルブチラール(PVB)材料、ポリ塩化ビニル(PVC)材料、シリコーン材料、ゴム材料及びそれらの組み合わせからなる群から選択され、ダイヤモンドの平均粒径( $d_{50}$ )は25μm～75μmであり、ニッケル層の厚さは、10～50μmであり、コーティング材料の層の厚さは1

10

20

30

40

50

5 ~ 50  $\mu\text{m}$  である。

【0064】

第9の実施形態では、本開示は接続要素を提供し、その接続要素は、2つの反対側の接合面を有する鋼基材を含み、その接合面は、ニッケルバインダ層によって鋼基材上に固定されたダイヤモンドを担持しており、反対側の結合面両方のニッケルバインダ層及びダイヤモンドは、コーティング材料の層でコーティングされており、そのコーティング材料は、ポリマー材料であり、ポリエステル材料、アクリル材料、エポキシ材料、ホルムアルデヒド樹脂、ポリウレタン材料、ポリビニルアセテート(PVAC)材料、ポリビニルブチラール(PVB)材料、ポリ塩化ビニル(PVC)材料、シリコーン材料、ゴム材料及びそれらの組み合わせからなる群から選択され、ダイヤモンドの平均粒径( $d_{50}$ )は25  $\mu\text{m}$  ~ 75  $\mu\text{m}$  であり、ニッケル層の厚さは、10 ~ 50  $\mu\text{m}$  であり、コーティング材料の層の厚さは15 ~ 50  $\mu\text{m}$  である。  
10

【0065】

第10の実施形態では、本開示は接続要素を提供し、その接続要素は、2つの反対側の接合面を有する鋼基材を含み、その接合面は、ニッケルバインダ層によって鋼基材上に固定されたダイヤモンドを担持しており、2つの反対側の結合面の1つのニッケルバインダ層は、コーティング材料の層でコーティングされており、そのコーティング材料は、ポリマー材料であり、ポリエステル材料、アクリル材料、エポキシ材料、ホルムアルデヒド樹脂、ポリウレタン材料、ポリビニルアセテート(PVAC)材料、ポリビニルブチラール(PVB)材料、ポリ塩化ビニル(PVC)材料、シリコーン材料、ゴム材料及びそれらの組み合わせからなる群から選択され、ダイヤモンドの平均粒径( $d_{50}$ )は25  $\mu\text{m}$  ~ 75  $\mu\text{m}$  であり、ニッケル層の厚さは、10 ~ 50  $\mu\text{m}$  であり、コーティング材料の層の厚さは15 ~ 50  $\mu\text{m}$  である。  
20

【0066】

第11の実施形態では、本開示は接続要素を提供し、その接続要素は、2つの反対側の接合面を有する鋼基材を含み、その接合面は、ニッケルバインダ層によって鋼基材上に固定されたダイヤモンドを担持しており、2つの反対側の結合面のうちの1つのニッケルバインダ層及びダイヤモンドは、コーティング材料の層でコーティングされており、そのコーティング材料は、ポリマー材料であり、ポリエステル材料、アクリル材料、エポキシ材料、ホルムアルデヒド樹脂、ポリウレタン材料、ポリビニルアセテート(PVAC)材料、ポリビニルブチラール(PVB)材料、ポリ塩化ビニル(PVC)材料、シリコーン材料、ゴム材料及びそれらの組み合わせからなる群から選択され、ダイヤモンドの平均粒径( $d_{50}$ )は25  $\mu\text{m}$  ~ 75  $\mu\text{m}$  であり、ニッケル層の厚さは、10 ~ 50  $\mu\text{m}$  であり、コーティング材料の層の厚さは15 ~ 50  $\mu\text{m}$  である。  
30

【0067】

本明細書に開示の接続要素は、

2つの反対側の接合面を有する金属基材を用意することと、

金属バインダ層及び硬質粒子を用いてめっき技術によって両方の接合面上に金属基材をコーティングし、それによって金属バインダ層によって金属基材上に硬質粒子を固定することと、  
40

2つの反対側の接合面のうちの少なくとも1つの金属バインダ層の少なくとも一部上にコーティング材料の少なくとも1つの層をコーティングすることと、を含み、コーティング材料がポリマー材料である、方法によって製造することができる。

【0068】

金属バインダ層はニッケル層であってもよい。金属バインダ層は、電着プロセス、例えば無電解めっきプロセスとも呼ばれる外部無電流(=化学的)電気めっきプロセス、好ましくは無電解ニッケルめっきプロセスによって製造することができる。硬質粒子は、分散した硬質粒子を有する化学ニッケル浴を使用して、電着プロセスによって、例えば無電解ニッケルめっきプロセスによって、金属基材の接合面に適用することができる。そのような電着プロセス及び電気めっきプロセスは、コーティング技術において慣習的である。化  
50

学ニッケル層は、最大約400℃での熱処理によって硬化させることができ、その結果、金属基材への接着性が改善され、層の固有の硬度が増加する。硬質粒子は、金属バインダ層によって金属基材上に固定される。

#### 【0069】

金属バインダ層又は金属バインダ層及び硬質粒子をコーティング材料の少なくとも1つの層でコーティングするために、様々な方法を適用することができる。好適なコーティング方法は、例えば、カソードディップコーティング、スプレーコーティング、スクリーン印刷、タンポン印刷、及びインクジェット印刷である。これらのコーティング方法では、溶媒を含む流動性コーティング配合物を使用することができる。コーティングされる部分上にコーティング配合物を適用した後、コーティング配合物の溶媒を蒸発させるために部品を乾燥させる。乾燥したコーティングを、例えば120～180℃の温度で焼成することが可能である。コーティングを焼成することにより、連続的で欠陥のない層を得ることができる。

10

#### 【0070】

カソードディップコーティングによって、コーティングされる部分、すなわち、コーティング材料の層でまだコーティングされていない接続要素は、カソードとしてコーティング材料の溶液と共に浴中に浸漬される。コーティングは、直流によって溶液から接続要素上に堆積される。カソードディップ塗装によって適用されるコーティング材料の層の厚さは、例えば、7～15μm、15～25μm、25～35μm、及び35μm超であることができる。コーティング材料の層を塗布した後、コーティング材料の層を、例えば120～180℃の温度で焼成する。例えば、エポキシ及びアクリルの水溶液を、カソードディップコーティングに使用することができる。

20

#### 【0071】

スプレーコーティングにより、コーティング材料の層は、コーティングされる部分上に塗布される、すなわち、コーティング材料の層でまだコーティングされていない接続要素上に、スプレーガンによってラッカーの形態で適用される。ラッカーは、コーティングされる粒子及び溶媒を含む。スプレー距離、スプレー角度、スプレー圧力及びスプレーノズルの直径などのスプレーパラメータを適切に選択することによって、コーティング材料の層の厚さを選択することができる。ラッカーを適用した後、コーティングを乾燥させることにより溶媒を蒸発させる必要がある。スプレー乾燥コーティングを例えば120～180℃の温度で焼成することが可能である。

30

#### 【0072】

スクリーン印刷の場合、コーティング材料の層は、コーティングされる部分上に、すなわち、コーティング材料の層でまだコーティングされていない接続要素上に、適用され、スキージ又はドクターブレードによって篩を通過した流動性コーティング配合物が使用される。コーティング材料の層の厚さは篩幅によって選択される。篩のメッシュサイズが小さいほど、篩を通過するコーティング材料の得られる層が薄くなる。

#### 【0073】

タンポン印刷によって、コーティング材料の層は、「タンポン」とも呼ばれるシリコーンローラーによって、コーティングされる部分上に、すなわち、コーティング材料の層でまだコーティングされていない接続要素上に、適用される。タンポンは流動性コーティング配合物によって濡らされ、濡れたタンポンはコーティングされる部分上で転がされ、それによってコーティングされる部分上にコーティング材料の層を適用する。

40

#### 【0074】

インクジェット印刷によって、コーティング材料の層が、インクジェットプリンタによって、コーティングされる部分上、すなわち、コーティング材料の層でまだコーティングされていない接続要素上に適用される。コーティング材料はインクとして使用される。コーティング材料を適用した後、コーティングを乾燥させることによって溶媒を蒸発させる必要がある。インクジェット印刷コーティングを、例えば120～180℃の温度で焼成することが可能である。

50

## 【0075】

本明細書に開示の接続要素は、機械、プラント及び自動車の構造及びエネルギー生成において接合される構成要素の高摩擦接続に使用することができる。本明細書に開示される接続要素は、機械、プラント及び自動車の構造及びエネルギー生成において接合される構成要素の高摩擦の、遊びのない、及び／又は可逆的な接続に使用することができる。

## 【0076】

原則として、本明細書に開示の接続要素は、機械工学の分野にわたって、具体的には設計によって課せられる構成要素表面によって伝達され得る力が不十分である場合、任意のタイプの摩擦接続において使用することができる。

## 【0077】

10

例えば、本明細書に開示の接続要素は、サブフレーム及びアンダーキャリッジ、若しくはクランクシャフト及びスプロケットなどの車両の部品間又は構成要素間の、あるいは、カムシャフト用途、又は車軸若しくはダンパー用途における、あるいはセグメント化されたタワー若しくはローターハブ及びローターシャフトなどの風力タービンの部品間又は構成要素間の、ボルト締め又はクランプ接続などの、摩擦接続に使用することができる。

## 【0078】

本開示を、以下の実施例によってより詳細に記載する。

## 【実施例】

## 【0079】

20

## 実施例1

本明細書に開示の接続要素の製造のために、厚さ0.1mm、外径30mm及び内径15mmを有するリング形状鋼箔（DIN EN 10132-4によるグレードC75S-1.1248）が、両面に、無電解めっきによるニッケル層及び50μmの平均粒径（d<sub>50</sub>）を有するダイヤモンドをコーティングされる。本明細書で使用するとき、リング形状鋼箔は、「シム」とも呼ばれる。

## 【0080】

30

無電解ニッケルめっきの場合、シムは適切なラック上に配置され、脱脂、酸洗、及び活性化によって無電解ニッケルめっきの一般的な規則に従って前処理される。次いで、シムを載せたキャリヤを、50μmの平均粒径を有するダイヤモンド粉末が分散された化学ニッケル浴に浸漬する。分散されたダイヤモンド粉末の量は、コーティング浴において優先するパラメータ（浴の移動、堆積速度）の下で、ニッケルの堆積層中のダイヤモンドの所望の割合が達成され、ニッケル層が、ダイヤモンド粒子の直径の半分をわずかに超える所望の厚さに達するように、選択される。通常のプロセス条件下では、浸漬時間は約15～60分である。

## 【0081】

これで無電解ニッケルめっきされたシムを含むキャリヤは、次いで、化学ニッケル浴から取り出され、ニッケル層にほんの軽く付着したダイヤモンド粒子を除去するために、超音波浴で洗浄される。洗浄したシムをキャリヤから取り外し、少なくとも150°の温度で2時間熱処理する。この処理は鋼箔に対する化学的ニッケル層の接着及び層自体の中のダイヤモンドの結合を向上させる。

40

## 【0082】

ダイヤモンドで覆われた接合面の面積パーセントは両面で25%である。ニッケル層、すなわち金属バインダ層の厚さは、約30μmである。ニッケル層から突出したダイヤモンドの高さは約20μmである。

## 【0083】

次いで、埋め込まれたダイヤモンドを有する両面上にニッケル層で無電解めっきされたリング形状鋼箔を、ゴムコート（液体ゴムスプレー、ブラックマット、合成ゴムをベースとした化学組成物、Mibenco GmbH, Karlstein am Main, Germanyから市販されている）で1つの面上にスプレーガンでスプレーコーティングし、次いで、室温で10分置いた後、70°で15分間炉内で乾燥させた。このコート

50

イングプロセスを鋼箔の他の面で繰り返し、したがって、ゴムコートで両面にコーティングされた本明細書に開示の接続要素を得た。走査型電子顕微鏡写真は、ニッケル層及びすべてのダイヤモンドがゴムで覆われていることを示す。断面切断により、ダイヤモンドがゴム層によって完全に覆われ、ゴムコートの厚さがダイヤモンド間の領域において約 15  $\mu\text{m}$  であり、ダイヤモンドの上部で約 5  $\mu\text{m}$  であることが示されている。

#### 【0084】

##### 比較例 1

接続要素のシール特性を試験するために、漏れ試験を実施した。実施例 1 で製造されたが、両面にゴムコーティングを有さない接続要素をねずみ鑄鉄製の 2 つの部品の間に配置する。ねずみ鑄鉄の部品は、25  $\mu\text{m}$  の粗さ ( $R_z$ ) 値を有していた。接続要素は、100 MPa の接触圧力でねずみ鑄鉄の 2 つの部品と互いにボルト締めされる。ねずみ鑄鉄の 2 つの部品の 1 つはボルトの雌ねじを有する中実部品である。反対側のねずみ鑄鉄部品は、ボルトが貫通して 2 つの部品を互いに締めるための貫通孔を有する。ボルトを備えた部品はシールキャップを有し、これはホース用の孔も有し、それによって 2 つの反対側のねずみ鑄鉄部品の内側部分の間に圧縮空気を適用することができる。漏れ試験は、装置全体を水に浸漬し、ホースによって装置の内側部分に 6 バールの空気圧を適用することによって行われる。水面には、多数の気泡が現れ、接続要素と 2 つのねずみ鑄鉄部品との間の接続は気密ではないことを示している。これは、接続要素とダイヤモンドが押し込まれているねずみ鑄鉄部品との間の小さな空隙によって説明することができる。

#### 【0085】

##### 実施例 2

比較例 1 に記載したような漏れ試験は、実施例 1 で製造した接続要素に、両面にゴムコーティングしたもの用いて行った。

#### 【0086】

気泡が水面に現れていないので、これは漏れがないこと、及び接続要素と 2 つのねずみ鑄鉄部品との間の接続が気密であることを示している。これは、接続要素と、接続要素のダイヤモンドが押し込まれるねずみ鑄鉄部品との間の小さな空隙をシールしているゴムコーティングによって説明することができる。

#### 【0087】

漏れ試験の後、接続要素を SEM (走査型電子顕微鏡) によって調べて、ゴムコーティングがダイヤモンドの上部から押し離されていることを明らかにした。また、2 つのねずみ鑄鉄部品は SEM によって調べられ、表面に押し込むことによってダイヤモンドが作ったクレータを示している。これは、ダイヤモンドがねずみ鑄鉄の部品に押し込まれ、摩擦係数が増加したことを示している。

#### 【0088】

##### 実施例 3

摩擦係数の増加を示す別の試験は、鋼製のシャフトと共に前面にボルト締めされた鋼製歯車を用いて実施した。第 1 の試験では、各々 25  $\mu\text{m}$  の表面粗さ ( $R_z$ ) を有する歯車と鋼製シャフトとの間の金属対金属接触だけがあり、接続要素は使用されていない。締め付け力は、中心ねじによって適用される。ねじを 100 Nm のトルクで締める。ここで、2 つの部品を分離するための力が歯車に適用される。保持トルクは 25 Nm である。より高い力が適用されると、2 つの部分がゆるむ。第 2 の試験では、両面にポリマーコーティングを有する実施例 1 に記載されたような接続要素を歯車と鋼製シャフトとの間に適用し、100 Nm の同じ力で締め付ける。この第 2 の試験では、75 Nm の保持トルクを達成することができる。これは、保持トルクの増加、したがって摩擦係数の増加が達成され得ることを示す。

10

20

30

40

【図 1 A】

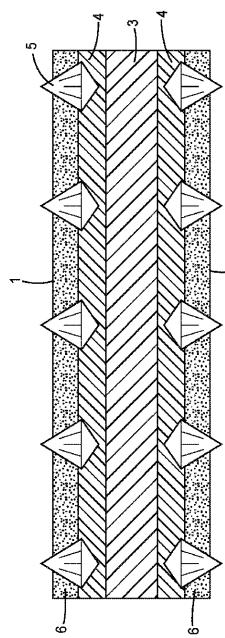


FIG. 1A

【図 1 B】

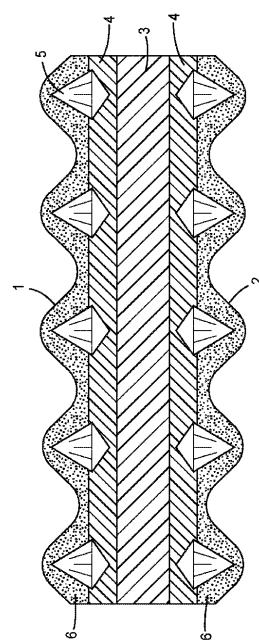


FIG. 1B

【図 2】

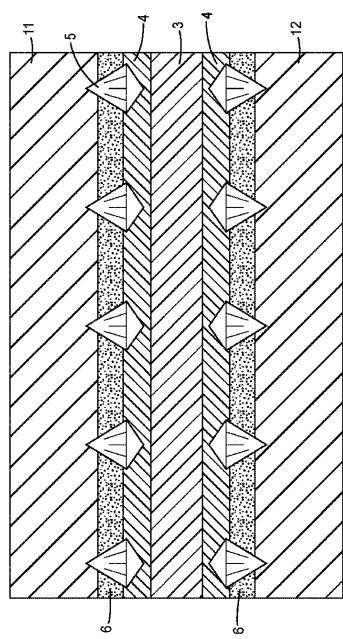


FIG. 2

【図 3】

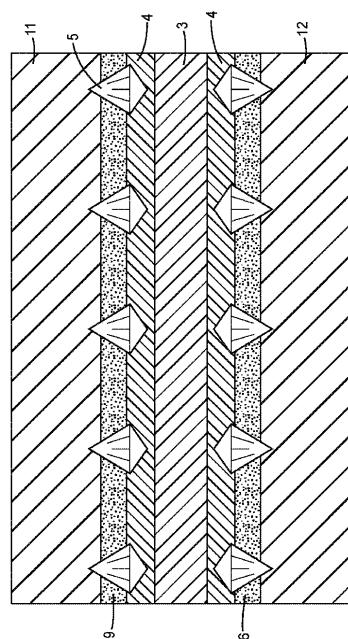


FIG. 3

【図4】

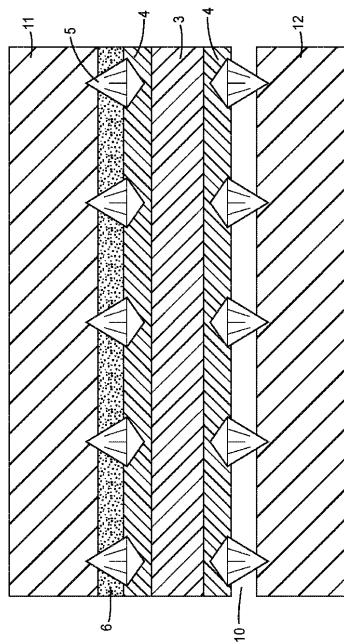


FIG. 4

【図5】

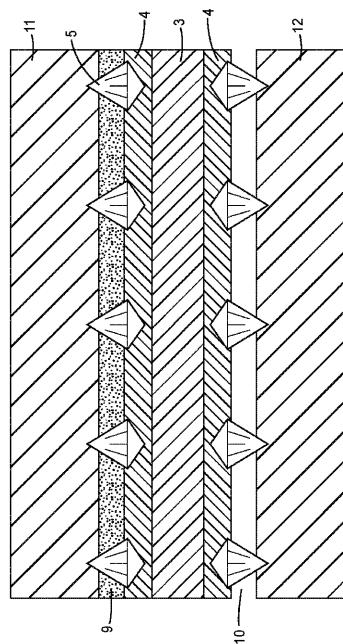


FIG. 5

【図6】

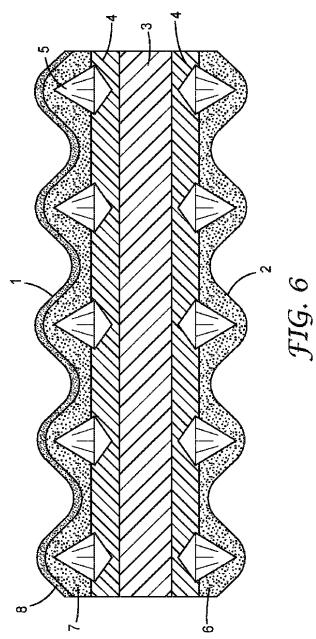


FIG. 6

【図7】

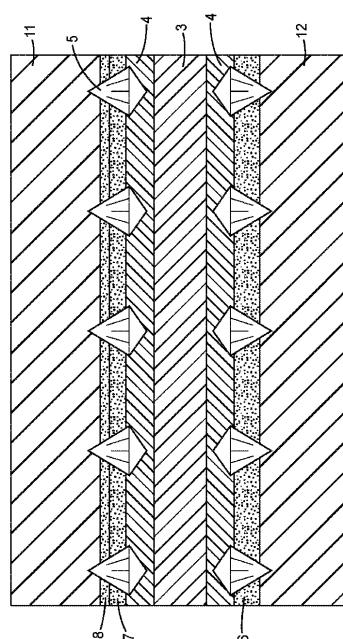
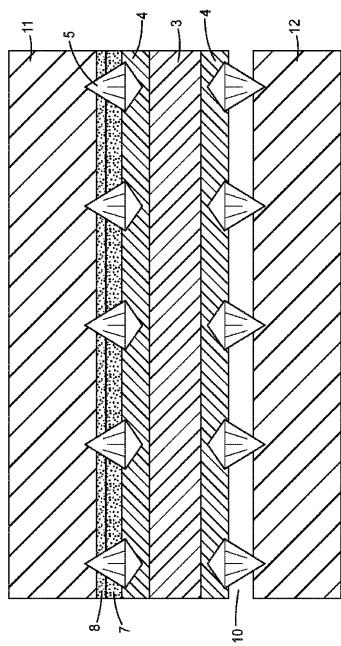


FIG. 7

【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 フロリアン グリム  
　　ドイツ連邦共和国，デー- 41453 ノイス，カール-シュルツ-シュトラーセ 1  
(72)発明者 マーティン イングラー  
　　アメリカ合衆国，ミネソタ 55133-3427，セント ポール，ポスト オフィス ボック  
　　ス 33427，スリーエム センター  
(72)発明者 アンドレアス レンテル  
　　アメリカ合衆国，ミネソタ 55133-3427，セント ポール，ポスト オフィス ボック  
　　ス 33427，スリーエム センター  
(72)発明者 ゲオルク ピクトル  
　　ドイツ連邦共和国，デー- 41453 ノイス，カール-シュルツ-シュトラーセ 1  
(72)発明者 ダニエル ブルッ彻  
　　ドイツ連邦共和国，デー- 41453 ノイス，カール-シュルツ-シュトラーセ 1  
(72)発明者 マルティン シュバインベルガー  
　　ドイツ連邦共和国，デー- 41453 ノイス，カール-シュルツ-シュトラーセ 1

審査官 杉山 豊博

(56)参考文献 特開2000-055095 (JP, A)  
特開2008-121896 (JP, A)  
実開平03-099245 (JP, U)  
特表2014-503627 (JP, A)  
国際公開第2015/082365 (WO, A1)  
特開2006-022948 (JP, A)  
特開2006-169570 (JP, A)  
英国特許出願公開第02428279 (GB, A)  
米国特許第06347905 (US, B1)  
米国特許出願公開第2003/0087097 (US, A1)  
特開2003-155576 (JP, A)  
米国特許出願公開第2009/0202294 (US, A1)  
特開2015-010109 (JP, A)  
特開平11-199836 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

|        |           |
|--------|-----------|
| F 16 B | 2 / 0 0   |
| B 32 B | 1 5 / 0 8 |
| F 16 B | 5 / 0 7   |
| C 09 J | 7 / 2 8   |
| F 16 J | 1 5 / 1 4 |