(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3699322号

(P3699322)

(45)発行日　平成17年9月28日(2005.9.28)　(24)登録日　平成17年7月15日(2005.7.15)

(51)Int.Cl.[7]　F I

C23C　4/08　C23C　4/08

// C22C　21/12　C22C　21/12

請求項の数 3　(全 7 頁)

(21)出願番号　特願2000-70368(P2000-70368)

(22)出願日　平成12年3月14日(2000.3.14)

(65)公開番号　特開2000-290765(P2000-290765A)

(43)公開日　平成12年10月17日(2000.10.17)

審査請求日　平成14年3月22日(2002.3.22)

(31)優先権主張番号　09/270134

(32)優先日　平成11年3月16日(1999.3.16)

(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　392032395

プラクスエア・エス・ティー・テクノロジー・インコーポレイテッド

アメリカ合衆国０６８１０－５１１３コネティカット州ダンバリー、オールド・リッジバリー・ロード３９

(74)代理人　100067817

弁理士　倉内　基弘

(74)代理人　100085774

弁理士　風間　弘志

(72)発明者　フランク・ジェイ・ハーマネック

アメリカ合衆国インディアナ州インディアナポリス、ウエストレイク・ロード６８１８

最終頁に続く

(54)【発明の名称】研磨性準結晶コーティング

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

過度の量の硬質ψ相を避けるのに十分な亜音速で熱溶射された、準結晶含有合金で形成されたコーティングであって、該合金が本質的に銅１０～２０重量％、鉄７～２２重量％、クロム０～３０重量％、コバルト０～３０重量％、ニッケル０～２０重量％、モリブデン０～１０重量％、タングステン０～７．５重量％及び残りのアルミニウムと偶発的な不純物からなり、しかも３０重量％未満のψ相及び少なくとも６５重量％のδ相を有し、該コーティングがＨＲ１５Ｙ　９０未満のマクロ硬度及び少なくとも７ＭＰａの結合強度を有することを特徴とする、熱溶射研磨性コーティング。

【請求項２】

過度の量の硬質ψ相を避けるのに十分な亜音速で熱溶射された、準結晶含有合金で形成された熱溶射コーティングであって、該合金が本質的に銅１２～２０重量％、鉄１０～２０重量％、クロム５～２５重量％、コバルト０～２０重量％、クロムとコバルトとの全量が少なくとも１０重量％、ニッケル０～１５重量％、モリブデン０～７．５重量％、タングステン０～６重量％及び残りのアルミニウムと偶発的な不純物からなり、しかも３０重量％未満のψ相及び少なくとも６５重量％のδ相を有し、該コーティングがＨＲ１５Ｙ　９０未満のマクロ硬度及び少なくとも７ＭＰａの結合強度を有することを特徴とする、熱溶射研磨性コーティング。

【請求項３】

過度の量の硬質ψ相を避けるのに十分な亜音速で熱溶射された、準結晶含有合金で形成

された熱溶射コーティングであって、該合金が本質的に銅１５～２０重量％、鉄１０～１６重量％、クロム１０～２０重量％、コバルト０～１０重量％、ニッケル０～１０重量％、モリブデン０～５重量％、タングステン０～５重量％及び残りのアルミニウムと偶発的な不純物からなり、しかも１０重量％未満のψ相及び少なくとも８０重量％のδ相を有し、該コーティングがＨＲ１５Ｙ　９０未満のマクロ硬度及び少なくとも７ＭＰａの結合強度を有することを特徴とする、熱溶射研磨性コーティング。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、アルミニウム－銅－鉄準結晶合金に関するものであり、特に、低い摩擦性を示す研磨性（abradable）準結晶コーティングに関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

準結晶は、古典的結晶学的手法の範囲内では構造を理解することができない物質である。これらの準周期的構造は、広範囲な配向秩序を有しているが、遷移的周期性を欠いている。従来の結晶は、単一の幾何学的な原子配列－煉瓦のように互いに積み重なっている単位格子－の繰り返されたコピーからなる。準結晶は、他方では、単一タイプの原子集団から構成されてもいるが、近接した集団が重なり合って原子を共有するという点で異なっている。原子集団が、原子を共有することにより重なり合う（準周期的充填）ときには、それらは、従来の周期的な繰り返し充填パターンより密な原子配列を生じる。

【０００３】

準結晶の非周期的構造は、単一の物質の範囲内で具現される物性の広範で以前は入手できなかった範囲をもたらす。準結晶は、熱伝導性に乏しい一方で約１１００℃まで安定なままであることを呈する。従って、伝熱表面上の薄層は、熱を均一に分配し「ホットスポット」を除去する。これらの硬質コーティングは、耐摩耗性及び耐引掻性を増進する。更に、低摩擦係数及び電子構造（低表面エネルギー）のために、それらは、非付着性を有している。最終的には、それらは、耐食性と耐酸化性の両方を提供する。

【０００４】

研究者は、８００以上の異なる準結晶合金について何であるかを確認した。これらの合金の多くは、アルミニウム、銅及び鉄の組合せを含有する。Ａｌ－Ｃｕ－Ｆｅ合金は、特異な二十面体準結晶を生じ、原子％において$Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$と同定された。（注：この明細書は、特に他の方法で示されていなければ、全組成物を重量％で表す。）更にいくつかの例では、これらの合金は、クロム、コバルト及びニッケルのような添加合金元素を含む。このことにより合金を特異な操作条件に適応させることができる。例えば、ＤｕＢｏｉｓらは、米国特許５，２０４，１９１に準結晶相を含むいくつかのＡｌ－Ｃｕ－Ｆｅ合金を記述している。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、化学物質にかかわらずに、準結晶は、従来の二次加工に適しない。それらは、成形することができず、容易に鋳造することもできない。しかしながら、それらを粉末にし、熱溶射して粘着性の有用なコーティングを形成することができる。しかしながら、知られている限りにおいて、これらの合金のいずれも商業上の一般的普及を確立してはいない。

【０００６】

【課題を解決するための手段】

発明の概要

本発明の目的は、研磨性を改善するために硬度を低下させたＡｌ－Ｃｕ－Ｆｅ準結晶合金コーティングを生成させることである。

【０００７】

本発明の更なる目的は高温安定性及び耐酸化性を有する研磨性Ａｌ－Ｃｕ－Ｆｅ準結晶

合金コーティングを生成させることである。

【０００８】

発明の開示

本発明は、準結晶含有合金で形成された熱溶射コーティングであって、その合金は本質的に銅１０～２０重量％、鉄７～２２重量％、クロム０～３０重量％、コバルト０～３０重量％、ニッケル０～２０重量％、モリブデン約０～１０重量％、タングステン０～７．５重量％、残りのアルミニウムと偶発的な不純物からなるものである。該合金は、３０重量％未満のψ相及び少なくとも６５重量％のδ相を含む。該コーティングは、ＨＲ１５Ｙ９０未満のマクロ硬度を有する。

【０００９】

【発明の実施の形態】

該コーティングは、過度の量の硬質ψ相を避けるのに十分な亜音速で熱溶射された、約３０重量％未満のψ相及び少なくとも約６５重量％のδ相を有する耐摩耗性Ａｌ－Ｃｕ－Ｆｅ合金からなる。該合金が、少なくとも約７０重量％のδ相を含んでいるのが都合がよい。本合金が、約１０重量％未満のψ相及び少なくとも８０重量％のδ相を含んでいることが最も都合がよい。この熱溶射コーティングは、卓越した研磨性及び結合強度を有する。該コーティングは、少なくとも約７ＭＰａ（１ｋｓｉ）の結合強度を有するのが都合がよい。更に、この準結晶性合金は、耐食性のためにクロム又はコバルトを含有する。

【００１０】

【実施例】

アルミニウム、銅、鉄及びクロムを真空溶融し、不活性ガスにより微粉化した。粉末を分析したところ、銅１７．５重量％、鉄１３．３重量％、クロム１５．３重量％で及び残りがアルミニウムであった。この粉末は、完全な球形状であり、易流動性であった。表１は、不活性ガスにより微粉化したＡｌＣｕＦｅＣｒ準結晶粉末の分粒後の典型的な特性を列挙している。

【００１１】

【表１】

寸法	+75 μm 0.02% +63 μm 5.40% -63 μm 94.58%
見かけ密度	2.14 g/cm^3
流速 (ASTM B213)	30 秒

【００１２】

合金は非周期的な格子構造のために、Ｘ線回折（ＸＲＤ）は準結晶と同定した。準結晶又は（二十面体（ψ））相の位置は、およそ２３、２５、４１、４４、６２．５及び７５である。二十面体は、２０個の面を有する多面体であり、十面体は、１０個の角及び１０個の面を有する多面体である。微粉化し、分粒した粉末は、ほんの少量のψ相を示したにすぎない。むしろ、十面体相（δ）の方が圧倒的に多かった。２相の存在は、液体から固体へ移行する際に受けた冷却速度によるものとされた。冷却速度及び引き続いて起こる粉末粒子の固化が、その結果生じる相平衡に大きな影響を与えた。とても速い速度では準安定なψが形成される。固化の速さが遅くなれば、δ相又はそれに近似した相が形成する。粉末について行った示差熱分析（ＤＴＡ）は、約１０４４℃の溶融温度を示した。

【００１３】

粉末にすると、これらの準結晶は、種々のタイプの装置を用いた熱溶射を容易にさせる。これには、プラズマ、ＨＶＯＦ、デトネーション及びその他のタイプの熱溶射装置が含まれる。しかしながら、この例として、プラズマを唯一の適用手段として選択した。コー

ティングを適用するために用いられる装置は、Ｐｒａｘａｉｒ　ＳＧ－１００プラズマガンであった。そのガンは、自動的に溶射することを容易にしかつコンシステンシーを確実なものとするようにＡＢＢ　ＩＲＢ　２４００ロボットの腕に搭載した。プラズマ発生装置を亜音速モードで動作するように構成とした。利用されたハードウエアを表２に記載する。

【００１４】

【表２】

アノード	2083-155
カソード	1083A-112
ガスインゼクター	3083-113
外部粉末供給	なし

【００１５】

亜音速コーティングを適用し、マクロ硬度（ＨＲ１５Ｙ)、微細構造（密度及び画像解析を用いて測定される酸化物含有量を含む）、表面の粗さ、相分布のためのＸＲＤ、及び引張／結合試験について評価した。マクロ硬度及び結合強度に基づき、最適化された溶射パラメーターのセットを導き出した。ガンの横送り速度と共に、６つの有効で制御可能なパラメーターが、高い範囲及び低い範囲で与えられた。表３は、制御されたパラメーターを示している。

【００１６】

【表３】

アンペアーA	600	650	700
第一B	15 l/分	20 l/分	25 l/分
第二C	32.8 l/分	37.7 l/分	42.8 l/分
供給速度D	30 g/分	45 g/分	60g/分
距離E	64 mm	76 mm	89 mm
横送りF	250 cm/分	305 cm/分	355 cm/分

【００１７】

亜音速被覆によるコーティングは、８１．６～８５．８の範囲のＨＲ１５Ｙ分布を生じた。応答表を構築して、パラメーターを２種のコーティング（硬度スペクトルの各々の端についての一つ）について計算した。予測された硬度は、８１．５（低い方）及び８６．５（高い方）であった。両パラメーターのセットのものを溶射して、結果は表４のようになった。

【００１８】

【表４】

	軟質	より軟質
アンペアー数	650	600
第二（H_2）	3.5 l/分	2.35 l/分
第一（Ar）	48.37 l/分	56.6 l/分
供給速度	30 g/分	60 g/分
キャリアーガス（Ar）	4.1 l/分	4.1 l/分
溶射距離	76 mm	64 mm
横送り速度	305 cm/分	250 cm/分

【００１９】
以下の表５は、準結晶合金の亜音速熱溶射で達成される卓越した研磨性を示している。
【００２０】
【表５】

	軟質	より軟質
HR15Y	86.5	83.6
密度	95.0%	84.0%
結合強度	18.89 MPa	12.63 MPa
溶着効率	35%	25%

【００２１】
これらの亜音速コーティングの多孔性に基づき、微少硬度試験を行おうとする試みはなかった。２種類の亜音速コーティングについてのＸＲＤスキャンは類似していて、出発粉末はほとんど「同様の外観」を呈する。両コーティングは、δが主で、４２において弱いψピークがあった。コーティングの金属組織学によれば、トランスースプラット亀裂(trans-splat cracking)の存在を示している。
【００２２】
以下の表６は、「だいたいの」熱溶射コーティングの組成を重量％で提供する。
【００２３】
【表６】

元素	広い	中間	狭い
Al	残り*	残り*	残り*
Cu	10 - 45	12 - 24	15 - 20
Fe	7 - 22	10 -20	10 - 16
Cr	0 - 30	5 - 25**	10 - 20
Co	0 - 30	0 - 20**	0 - 15
Ni	0 - 20	0 - 15	0 - 10
Mo	0 - 10	0 - 7.5	0 - 5
W	0 - 7.5	0 - 6	0 - 5

＊　プラス偶発的な不純物。
＊＊　Ｃｒ＋Ｃｏは、少なくとも１０である。

【００２４】
当初、改変の目標としていた硬度及び結合強度特性は、認め得る程に改善された。例えば、硬度は、従来の熱溶射のためのＨＲ１５Ｎレベルから約ＨＲ１５Ｙ　９０未満のレベルに改善された。合金は、約ＨＲ１５Ｙ　８５未満の硬度を有しているのが都合がよい。合金が約ＨＲ１５Ｙ　６５～８５の硬度を有することが最も都合がよい。準結晶は、熱伝導性がとても悪く、それゆえ投入される熱エネルギーのどんなレベルも溶射時に考慮すべきである。

【００２５】
これらの「軟質」準結晶コーティングは、卓越した研磨性断熱層の下敷きを提供する。更に、ポリマー（例えば、ナイロン、ポリアミド及びポリエステル）、窒化ホウ素、クラッド窒化ホウ素（ニッケル又はクロム）及びニッケル被覆グラファイトの添加により、研磨性及び滑性を改善することができる。

【００２６】
コーティングは、少なくとも６５重量％のδ相を保持させてψ相を３０重量％未満に制限することで軟質の研磨性合金を確実にする。このコーティングは、金属又は非金属のいずれの基体上にも溶射することができる。最後に、準結晶合金は、高温耐酸化性を改善するためにクロム及びコバルト添加剤の配合を容易にさせる。

【００２７】
本発明は、ある好ましい具体例について詳細に説明したが、当該技術に熟練した者は、特許請求の範囲の精神及び範囲内に本発明の他の具体例が存在することは認識するであろう。

フロントページの続き

審査官　北村　明弘

(56)参考文献　特表平０３－５０１３９２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
C23C 4/00 - 4/18
C22C 21/00
C22C 45/08