

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5027372号  
(P5027372)

(45) 発行日 平成24年9月19日 (2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年6月29日 (2012.6.29)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C	38/00 (2006.01)	C 2 2 C	38/00 3 0 3 S
C 2 2 C	38/30 (2006.01)	C 2 2 C	38/30
H O 1 F	7/16 (2006.01)	H O 1 F	7/16 D
H O 1 F	41/02 (2006.01)	H O 1 F	41/02 F

請求項の数 22 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2001-582794 (P2001-582794)	(73) 特許権者	501131287 インファイ・ユジヌ・プレシジョン
(86) (22) 出願日	平成13年5月11日 (2001.5.11)		フランス国、92800・ピュトー、クール・バルミー・11-13、イムーブル・ラ・パシフィック・ラ・デファンス・7
(65) 公表番号	特表2004-515644 (P2004-515644A)	(74) 代理人	110001173 特許業務法人川口国際特許事務所
(43) 公表日	平成16年5月27日 (2004.5.27)	(72) 発明者	バエケルル, テイエリー フランス国、エフ-58000・ヌペール、リュ・ドウ・プリニ、123
(86) 国際出願番号	PCT/FR2001/001440	(72) 発明者	クチュ, ルシアン フランス国、エフ-58160・ソーベニ・レ・ボワ、ラ・チュルレット、リュ・ピエール・シユブナル、11
(87) 国際公開番号	W02001/086665		
(87) 国際公開日	平成13年11月15日 (2001.11.15)		
審査請求日	平成19年11月26日 (2007.11.26)		
審査番号	不服2010-13558 (P2010-13558/J1)		
審査請求日	平成22年6月22日 (2010.6.22)		
(31) 優先権主張番号	00/06088		
(32) 優先日	平成12年5月12日 (2000.5.12)		
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 特に電磁アクチュエータの可動コア用の鉄-コバルト合金、およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

重量%の単位で、  
 Coを10から20%と、  
 Siを2.5%以下と、  
 Alを2%以下と、  
 Mnを0.1から1%と、  
 Cを0.0100%以下と、  
 O、N、およびSの含有率の合計が0.0070%以下と、  
 Si、Al、Cr、V、Mo、およびMnの含有率の合計が1.1から3.5%と、  
 Cr、MoおよびVの含有率の合計が3%以下と、  
 TaおよびNbの含有率の合計が1%以下と、  
 を含み、残分は鉄と精錬で生じる不純物であり、  
 $1.23(A1 + Mo)\% + 0.84(Si + Cr + V)\% - 0.15(Co\% - 15)$   
 $14.5(A1 + Cr)\% + 12(V + Mo)\% + 25Si\% \leq 40$   
 であることを特徴とする鉄-コバルト合金。

【請求項2】

Si、Al、Cr、V、MoおよびMnの含有率の合計が1.5から3.5%であることを特徴とする請求項1に記載の鉄-コバルト合金。

## 【請求項 3】

14 から 20 % の C o を含有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鉄 - コバルト合金。

## 【請求項 4】

T a および N b の含有率の合計が 0 . 0 5 から 0 . 8 % であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の鉄 - コバルト合金。

## 【請求項 5】

C r および V の含有率の合計が 1 . 1 から 3 % であり、S i 、 A l 、 および M o の含有率の合計が 1 % 以下 であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の鉄 - コバルト合金。

10

## 【請求項 6】

C r および V の含有率の合計が 1 . 5 から 3 % であることを特徴とする請求項 5 に記載の鉄 - コバルト合金。

## 【請求項 7】

破断時伸びが 3 5 % 以上であることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の鉄 - コバルト合金。

## 【請求項 8】

S i および A l の含有率の合計が 1 から 2 . 6 % であり、C r 、 V 、 M o 、 T a 、 および N b の含有率の合計が 2 % 以下 であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の鉄 - コバルト合金。

20

## 【請求項 9】

焼きなまし後硬度 H V が 2 0 0 以上であることを特徴とする請求項 8 に記載の鉄 - コバルト合金。

## 【請求項 10】

飽和磁化が 1 5 0 で 2 . 1 T 以上、2 0 で 2 . 1 2 T 以上であり、抵抗率が 1 5 0 で 3 5  $\mu \cdot \text{cm}$  以上、2 0 で 3 1  $\mu \cdot \text{cm}$  以上であることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の鉄 - コバルト合金。

## 【請求項 11】

2 0 および 1 5 0 における保磁力 ( c o e r c i v e f i e l d ) が 1 . 5 O e 未満であることを特徴とする請求項 1 から 1 0 のいずれか 1 項に記載の鉄 - コバルト合金。

30

## 【請求項 12】

2 0 および 1 5 0 における保磁力が 1 . 0 O e 未満であることを特徴とする請求項 1 1 に記載の鉄 - コバルト合金。

## 【請求項 13】

鉄 - コバルト合金から製造されるバー、ロッド、またはプレートであって、前記合金は請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の種類のものであり、バー、ロッド、またはプレートのグレイン ( g r a i n s ) の少なくとも 3 0 % ( 材料の体積 % ) が、熱間圧延方向に対して 2 0 ° 未満でずれた優先的な < 1 0 0 > 軸繊維集合組織を有することを特徴とするバー、ロッド、またはプレート。

40

## 【請求項 14】

バー、ロッド、またはプレートのグレインの少なくとも 5 0 % が、熱間圧延方向に対して 2 0 ° 未満でずれた優先的な < 1 0 0 > 軸繊維集合組織を有することを特徴とする請求項 1 3 に記載のバー、ロッド、またはプレート。

## 【請求項 15】

鉄 - コバルト合金から製造される圧延プレートまたはシートであって、前記合金は請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の種類のものであり、グレインの少なくとも 3 0 % ( 材料の体積 % ) が、熱間圧延方向に対して 2 0 ° 未満でずれた、 < 1 0 0 > 軸集合組織成分を有することを特徴とする圧延プレートまたはシート。

## 【請求項 16】

50

グレインの少なくとも50%が、熱間圧延方向に対して20°未満でずれた、<100>軸集合組織成分を有することを特徴とする請求項15に記載の圧延プレートまたはシート。

【請求項17】

請求項13から16のいずれか1項に記載の圧延バー、ロッド、プレート、またはシートの製造方法であって、フェライト相の少なくとも30%の変形比で圧延作業を行うことによって、請求項1から12のいずれか1項に記載の合金から製造したブランクから圧延バー、ロッド、プレート、またはシートが製造され、後の任意の焼きなましがおーステナイト変態温度より低温で実施されることを特徴とする製造方法。

【請求項18】

フェライト相の少なくとも50%の変形比で圧延作業を行うことを特徴とする請求項17に記載の製造方法。

【請求項19】

請求項13から16のいずれか1項に記載の圧延バーまたはロッドまたはプレートまたはシートから製造されたことを特徴とする電磁アクチュエータ用可動コア。

【請求項20】

鉄 - コバルト合金から製造された可動コアを含む電磁アクチュエータであって、前記コアは請求項19に記載の種類のものであって、前記コアの優先的な集合組織は、励起場の主方向とほぼ平行な<100>軸を有することを特徴とする電磁アクチュエータ。

【請求項21】

電磁アクチュエータを含む、電子制御によって制御される内燃機関用インジェクタであって、前記アクチュエータは請求項20に記載の種類のものであることを特徴とするインジェクタ。

【請求項22】

請求項20に記載の種類のものであることを特徴とする内燃機関の電子制御バルブ用電磁アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は磁性鉄 - コバルト合金の分野に関する。より具体的には、本発明は、電磁アクチュエータのコアの製造を意図した鉄 - コバルト合金に関する。

【0002】

電磁アクチュエータは、電気エネルギーを機械エネルギーに変換する電磁装置である。この種のアクチュエータのうちいくつかは、リニアアクチュエータと呼ばれるものであり、これらは電気エネルギーを可動部分の直線運動に変換する。このようなアクチュエータは、ソレノイドバルブや電気インジェクタに見られる。このような電気インジェクタの好ましい用途は、内燃機関、特にディーゼルエンジンへの燃料の直接注入である。別の好ましい用途は、内燃（ガソリンまたはディーゼル）機関のバルブを電磁的に制御するために使用される非常に特殊な種類のソレノイドバルブに関する。

【0003】

これらのアクチュエータでは、電気エネルギーは一連の電流パルスによってコイルに供給され、磁界が発生し、その磁界により、閉じておらずしたがってギャップを有する磁気ヨークを磁化する。ヨークの幾何学的性質によって、ギャップ領域に関して軸方向に大部分の磁力線を向けられ得る。電気パルスの影響下では、ギャップには磁位差がかかる。アクチュエータは、コイル内の電流の作用によって移動するように作製されたコアも有する。これは、ヨークの一方の極にある可動コアとヨークの反対の極との間でコイルによって誘導された磁位差によって、磁界勾配を介して磁化したコアに電磁力が発生するからである。こうして磁化したコアは移動する。剛性であることから可動部分の動きに好都合な2つの対称的なばねを使用することで、ギャップ中央に静止位置を配置することもできる（電磁制御バルブの場合）。

【0004】

10

20

30

40

50

可動コアは、電気パルスが発生した瞬間の位相変化によって動く。アクチュエータの動作を最適化するために、高電気抵抗で低保磁力となるよう構成される金属が必要であることを示すことができる。これらの条件によって、ヨークおよび磁気コアにおける低い誘導電流を得ることが可能となり、コアを移動させる最小磁化に迅速に到達することが可能になる。パルス終了時にできる限り高い最大力が得られるようにするためコアが高い飽和磁化を有することも重要である。というのはこの力によってアクチュエータが開放位置または閉鎖位置に維持されることを確実にするからである。このことは、高圧流体流の完全な停止および/または1つ以上のばねの復元力の補償などが問題となる場合には特に重要である。

#### 【0005】

これらの磁気コアはさまざまな形状を有し、ロッドまたはバーから製造することができる。この場合、破損の危険性がなく変形可能となるように、これらの材料は高い塑性変形性を有するべきである。材料の破断時伸びは少なくとも35%であることが望ましい。このようなコアは圧延プレートまたはシートを切断することによって製造することもできる。この場合、材料は高い穿刺性を有する必要がある、それによって最小の硬度および機械的強度が要求される。コアがさらされる機械的衝撃が繰り返される条件下で磁気特性を十分に保持することも必要である。これらの硬度および機械的強度特性も、コアを効率的に切断するのに好都合である。これらの用途では、材料の焼きなまし後の硬度が200HVより大きいことが推奨される。

#### 【0006】

3つの大きな分類の合金が、上述のような電磁アクチュエータのコアの製造に従来使用されてきた。

#### 【0007】

第1の分類は、2から3%のケイ素を含有する鉄-ケイ素合金からなる。これらは比較的抵抗率が高いという利点を有する。一方、それらの飽和磁化は比較的低い。

#### 【0008】

第2の分類は、約50%の高いコバルト含有率を有する鉄-コバルト合金からなる。このような合金は、上記の鉄-ケイ素合金よりもはるかに高い飽和磁化を有する。一方、抵抗率は幾分低い。さらに、コバルト含有率が非常に高いため、これらの合金は非常に高価である。さらに、これらの機械的性質は最適ではなく、そのためコアの製造は困難である。

#### 【0009】

第3の分類は、約6から30%のコバルトと種々の他の合金元素とを含む鉄-コバルト合金からなる。文献の欧州特許出願第715 320号にはこのような合金の例が挙げられている。この特許は、6から30%のコバルトと、クロム、モリブデン、バナジウム、およびタングステンから選択される3から8%の1種類以上の元素と、残部の鉄とを含む電磁アクチュエータコア用鉄-コバルト合金を開示している。好ましくは、コバルト含有率は10から20%であり、クロム、モリブデン、バナジウム、および/またはタングステンの含有率は4から8%である。これらの合金は50 $\mu$ ・cmを超えることもある良好な電気抵抗を有するが、飽和磁化は約1.9から2Tと比較的低く、例外は最高コバルト含有率の種類のもの(したがって最も高価である)でこの飽和磁化は2.3Tに達することもある。一般に、この文献の実施例で挙げられている合金の保磁力(coercive field)も高く、実質的に1.50eを超える。一般に、この文献の実施例で挙げられている合金では、高飽和磁化、低保磁力、および高抵抗率の間の最適な妥協が達成されていない。

#### 【0010】

文献WO 96/19001号は、5から20%のコバルトを含有し、アルミニウム、およびマンガン、またはバナジウムの含有率が数%に到達することがあり、すなわち最大7%のアルミニウム、最大8%のマンガンまたは最大4%のバナジウムとなる鉄/コバルト合金の使用を提案している。その文献で開示されている合金は非常に高い抵抗率(60 $\mu$ ・cmを超える)および非常に高い飽和磁化(2から2.2T)を有する。しかしな

10

20

30

40

50

から、これらの合金の機械的性質、および保磁力に関する正確な情報は提供されていない。

【0011】

本発明の目的は、電磁アクチュエータ用コアを経済的に製造するのに特に好適である鉄／コバルト合金を提供することである。これらのコアは、種々の電磁特性、すなわち飽和磁化、抵抗率、および保磁力の間で既存の材料よりも好都合な妥協点が存在する必要がある。これらの材料は製造を特に容易にするための機械的性質を有する必要もある。

【0012】

この目的に関して、本発明の主題は鉄 - コバルト合金であって、重量%の単位で、  
 Coを10から20%と、  
 Siを微量から2.5%と、  
 Alを微量から2%と、  
 Mnを0.1から1%と、  
 Cを微量から0.0100%と、  
 O、N、およびSの含有率の合計が微量から0.0070%と、  
 Si、Al、Cr、V、Mo、およびMnの含有率の合計が1.1から3.5%、好ましくは1.5から3.5%と、  
 Cr、Mo、およびVの含有率の合計が微量から3%と、  
 TaおよびNbの含有率の合計が微量から1%と、  
 を含み、残分は鉄と精錬で生じる不純物であり、  
 $1.23(A l + M o) \% + 0.84(S i + C r + V) \% - 0.15(C o \% - 15)$   
 $2.1$ であり、  
 $14.5(A l + C r) \% + 12(V + M o) \% + 25S i \% \geq 21$ 、好ましくは40  
 であることを特徴とする。

【0013】

好ましくは、この鉄 - コバルト合金は14から20%のCoと、TaとNbの含有率の合計が0.05から0.8%である。

【0014】

本発明の変形によると、破断時伸びが少なくとも35%となるためには、CrとVの含有率の合計が1.1から3%、好ましくは1.5から3%であり、Si、Al、およびMoの含有率の合計が微量から1%である。

【0015】

本発明の別の変形によると、焼きなまし後の硬度が少なくとも200HVとなるためには、SiとAlの含有率の合計は1から2.6%であり、Cr、V、Mo、Ta、およびNbの含有率の合計は微量から2%である。

【0016】

本発明による合金の飽和磁化は150 で少なくとも2.1T、20 で少なくとも2.12Tであり、抵抗率は150 で少なくとも35 $\mu \cdot \text{cm}$ 、20 で少なくとも31 $\mu \cdot \text{cm}$ であり、保磁力は20 および150 で1.5Oe未満、好ましくは10 e以下である。

【0017】

本発明のさらなる主題は、鉄 - コバルト合金から製造される圧延バー、ロッド、プレートまたはシートであって、前記合金は前述の種類のものであり、熱間圧延方向に対して20°未満でずれた方向に、バー、ロッド、プレート、またはシートのグレイン(g r a i n s)の少なくとも30%(材料の体積%)、好ましくは少なくとも50%が、バーまたはロッドの場合には優先的な<100>軸繊維集合組織を有し、あるいは圧延プレートまたはシートの場合には強い<100>集合組織成分を有することを特徴とする。

【0018】

本発明のさらなる主題は、上記の種類圧延バー、ロッド、プレート、またはシートの製

10

20

30

40

50

造方法であって、オーステナイト相で開始しフェライト相で終了する圧延操作を実施することによって、本発明の合金から製造したブランクから圧延バー、ロッド、プレート、またはシートが製造され、フェライト相のバー、ロッド、プレート、またはシートの厚さは少なくとも30%、好ましくは少なくとも50%減少し、場合によって行われる後の焼きなまし処理はオーステナイト変態温度よりも低温で行われることを特徴とする。

【0019】

本発明のさらなる主題は、電磁アクチュエータ用の可動コアであって、上記方法によるバーまたはロッドまたはプレートまたはシートから製造され、電磁アクチュエータは鉄-コバルト合金から作製された可動コアを含み、前記コアは上記種類のものであり、優先的な<100>軸集合組織を有し、この軸は励起場の主方向とほぼ並行であることを特徴とする。

10

【0020】

本発明のさらなる主題は、電子制御によって制御される内燃機関用インジェクタであって、高体積出力、短い応答時間、および使用時の高い信頼性を有する上記種類の電磁アクチュエータを含むことを特徴とする。

【0021】

最後に、本発明の主題は、内燃機関の電子制御バルブ用の電磁アクチュエータであって、上述の種類のものであることを特徴とする。

【0022】

理解されているように、本発明による鉄/コバルト合金は、低または中コバルト含有率のFe-Co合金に分類され、他の合金元素を比較的中程度の含有率で有する。しかしながら、これらの合金元素はそれぞれが十分に規定された比率で存在する必要がある。これらの条件に従った場合にのみ、これらの合金およびそれらから製造される電磁アクチュエータのコアに関して、磁気的および機械的の両方の観点から最適の性質が得られ、50%のコバルトを含有するFe-Co合金と比較すると適度な材料コスト(コバルトの存在と関連する)が得られる。

20

【0023】

本発明による合金は、2から3%のケイ素を含有する鉄/ケイ素合金とほぼ同様の抵抗率を有する。この抵抗率は $150 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{cm}$ で $35 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{cm}$ より大きく、そのため、動作温度において受ける応力に対するアクチュエータの反応性が良好に保たれる。20では、この抵抗率は $31 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{cm}$ より大きい。同時に、このアクチュエータの良好な反応性には、20および150で1.50eに制限される低い保磁力も寄与している。この低い保磁力値は、合金の炭素含有率を0.0100%未満にして、酸素、窒素、および硫黄の全含有率を70ppmに制限することによって本発明により得ることができる。この低い保磁力はパルス時間をさらに短縮する。同じ目的で、コアが製造される部分に優先的な<100>軸集合組織が形成されることも推奨され、それによってコアの使用中に、この優先的な集合組織は場の主励起方向とほぼ平行となる。

30

【0024】

さらに、本発明による合金は、150における飽和磁化が2.1Tより大きい。この値は、3%のケイ素を含有する鉄/ケイ素合金に通常見られる値よりも実質的に大きい。20では、本発明による合金の飽和磁化は2.12Tより大きい。

40

【0025】

20と150の間の前述のパラメータの値の差は、保磁力と飽和磁化は20から150の間でそれぞれ最大4%および1%変化するが、抵抗率は20から150の間で約16%増加すると説明される。従ってこの性質は実質的に変動し、温度の影響を考慮する必要がある。150における最小抵抗率 $35 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{cm}$ は20における最小抵抗率 $31 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{cm}$ に対応する。150における保磁力(coercive field)は20における値よりも常に約4%小さいため、20で十分低い場合(最大1.50e)、150の場合にはいっそう低い値になると言える。一方、温度が上昇すると飽和磁化が減少するので、150で2.1T以上の飽和磁化を保証するためには、20にお

50

ける飽和磁化は150 の値よりも1%を超えて高くなる必要があり、すなわち2.12 T以上となる必要がある。

【0026】

最後に、本発明による合金は、電磁アクチュエータ用コアの製造に特に好適な機械的性質を有する。

【0027】

ある好ましい実施例では、本発明の合金は、破断時の最大伸長が少なくとも35%であるので、鍛造やスタンピングや延伸によって塑性変形が起こりやすい。本発明による別の種類の合金では、これらの合金は、焼きなまし後の硬度が少なくとも200HVであるため、高い切削性および機械加工性を有する。

10

【0028】

本発明による鉄/コバルト合金は必然的に以下の性質を有する。すべてのパーセンテージは重量%である。

【0029】

鉄/ケイ素合金と比べて飽和磁化を有意に増加させ、同時に高い抵抗率を維持するため、コバルト含有率は10から22%、好ましくは14から20%である。さらに、コバルト含有率の限度の22%では、50%のコバルトを含有する鉄/コバルト合金よりも好都合な機械的性質および製造コストが得られる。

【0030】

高温形状変換を促進するため、ケイ素含有率は2.5%を超えず、アルミニウム含有率は2%を超えず、クロム、モリブデン、およびバナジウムのそれぞれの含有率およびこれらの含有率の合計は3%を超えず、マンガン含有率は0.1から1%、好ましくは0.1から0.5%である。これらの元素のそれぞれ(マンガンは除く)は、精錬で生じる微量としてのみ存在していてもよい。

20

【0031】

さらに、ケイ素、アルミニウム、クロム、バナジウム、モリブデン、およびマンガンの含有率の合計は1.1から3.5%、好ましくは1.5から3.5%である。これらの条件を満たせば、合金の抵抗率は2から3%ケイ素を含有する鉄/ケイ素合金と同等となる。さらに、これらの元素の含有率は以下の2つの式を満たす必要がある。

飽和磁化が150 で2.1 T以上となり20 で2.12 T以上となるために、  

$$1.23(A1 + Mo)\% + 0.84(Si + Cr + V) - 0.15(Co\% - 15)\% \geq 2.1 \quad (1)$$

30

抵抗率が150 で35 μ · cm以上となり20 で31 μ · cm以上となるために、

$$14.5(A1 + Cr)\% + 12(V + Mo)\% + 25Si\% \leq 21, \text{好ましくは } 40 \quad (2)$$

さらに、材料の飽和磁化が低下しないようにするため、クロム、モリブデン、およびバナジウムの含有率の合計は最大で3%となる必要がある。

【0032】

タンタルおよびニオブの含有率、ならびにこれらの含有率の合計のそれぞれは1%以下となる必要がある。好ましくはこれらの含有率の合計は0.05から0.08%である。タンタルの作用は合金の延性を増加させることであり、ニオブの作用は機械的強度、耐摩耗性、および抵抗率を増加させることである。上限の1%は、材料の飽和磁化の低下を避ける必要性によるものである。これらの元素は精錬で生じる微量としてのみ存在していてもよい。

40

【0033】

炭素含有率は100 ppm以下となる必要があり、酸素、窒素、および硫黄の含有率の合計は70 ppm以下となる必要がある。これらの条件によって、保磁力を減少させ、合金の動的透過率を増加させることが可能になる。これらの炭素、酸素、窒素、および硫黄の元素は不純物と見なされ、精錬で生じる微量としてのみ存在していてもよい。

50

## 【0034】

合金の鍛造またはスタンピングまたは延伸操作が意図される場合、合金は高い最大塑性伸び(35%以上)を有することが望ましく、好ましくは合金は、クロムとバナジウムの含有率の合計は1.1から3%、好ましくは1.5から3%となること、および

ケイ素、アルミニウム、およびモリブデンの含有率の合計は微量から1%となること、の2つの条件を満たす必要がある。

## 【0035】

このような冷間鍛造またはスタンピングおよび延伸操作は、バー、ロッド、または厚い(少なくとも1mm)のプレートの形態の合金に対して初めに行われる。

10

## 【0036】

コアがバー、プレート、またはシートから作製され、このバー、プレート、またはシートは切削または機械加工が必要である場合、合金組成が

- ・ケイ素とアルミニウムの含有率の合計が1から2.6%、および
- ・クロム、バナジウム、モリブデン、タンタル、およびニオブの含有率の合計が微量から2%、

の2つの特徴を充足することが好ましい。

## 【0037】

上記のようにして、焼きなまし後に硬度が200HVより大きい合金が得られる。

## 【0038】

20

表1は、本発明による合金と従来技術の合金の例について、それらの化学組成と、これらの組成物から得られる破断時伸び、焼きなまし後硬度、飽和磁化、抵抗率、および保磁力の性質を示している。組成物の100%に達するまでの残部は、鉄と精錬によって生じる不純物とからなる。式(1)および(2)の左辺の計算結果も示している。

## 【0039】

## 【表1】

表 1 : 本発明による合金および対照合金の組成、ならびにそれらの電磁的および機械的特性

加熱	%Co	%Si	%Al	%Ta	%Cr	%V	%Mo	%C	%O+N+S	温度 T <sub>1/2</sub> (°C)	破断時 伸び (%)	焼きなまし 後硬度 (HV)	B <sub>g</sub> (T)	20°Cに おける ρ (μΩ·cm)	20°Cに おける H <sub>c</sub> (Oe)	式 (1)	式 (2)
照 射 本	1	18.00	1.67	0.38	0.294	<0.1	<0.05	0.0030	0.0052	960	36	227	2.12	37.2	0.9	1.42	47.3
	2	18.07	1.65	0.44	<0.002	<0.1	<0.05	0.0034	0.0044	970	30	223	2.12	37.3	0.8	1.73	50
	3	18	1.2	0	<0.002	<0.1	<0.05	<0.05	0.0057	930	26	212	2.24	33	0.6	0.56	30
	4	18	0	0	<0.002	2	<0.05	<0.038	0.0053	920	36	152	2.25	35	1.3	1.43	29
	5	18	0.4	<0.1	<0.002	2.7	<0.05	<0.0023	0.0046	930	35	162	2.14	42.5	1	2.03	49
	6	18	<0.1	0.3	<0.002	2.7	<0.05	<0.0035	0.0039	930	39	151	2.13	41	0.9	2.08	43.5
	7	18	<0.1	<0.1	<0.002	2.9	<0.05	<0.0036	0.0036	930	38	146	2.16	40.5	0.6	1.07	42
	8	18	<0.1	<0.1	0.2	2.9	<0.05	<0.0029	0.0041	930	45	143	2.15	41	0.9	1.87	42
照 射 本	9	49	<0.1	<0.1	<0.002	0.05	2	<0.012	<0.0050	-	<5	200	2.35	40	0.5 to 1	-	-
	10	27	0.127	<0.1	<0.002	0.5	0.012	<0.020	<0.0050	-	10~25	140	2.35	20	0.5	-	-
	11	<0.1	3	<0.1	<0.002	<0.1	<0.05	<0.010	<0.0100	-	15~25	220	2.03	45	0.5	-	-
	12	19.58	<0.1	<0.1	0.159	<0.1	1.6	<0.028	0.0080	920	34	150	2.22	29.6	2.7	-	19
	13	18.02	<0.1	<0.1	<0.002	2.72	<0.05	<0.0030	0.0077	920	38	147	2.17	38.5	3.05	1.8	39
	14	17.96	<0.1	<0.1	0.21	2.71	<0.05	<0.0024	0.0077	920	43	145	2.16	37	2.8	1.8	39
	15	15.12	1.51	1.38	<0.002	<0.1	<0.05	<0.0018	0.0035	1000	26	235	2.08	42	0.4	3	57.8
	16	15.02	0.98	1.55	<0.002	<0.1	<0.05	<0.0011	0.0030	950	28	225	2.10	40	0.3	2.75	47
	17	15.08	1.5	1.05	<0.002	<0.1	<0.05	<0.0027	0.0055	980	23	231	2.10	40	0.4	2.55	52.7
	18	15.1	<0.1	<0.1	<0.002	<0.1	<0.05	<0.0015	0.0030	920	32	157	2.25	20	0.5	0	0
	19	15.03	1	<0.1	<0.02	<0.1	<0.05	<0.0100	0.0046	930	28	192	2.21	30	0.6	0.8	20
	20	18.45	<0.1	<0.1	<0.02	<0.1	3.2	<0.0014	0.0050	970	32.5	165	2.17	37	0.6	2.04	38

【 0 0 4 0 】

対照合金 9 は、約 50% のコバルトを含有する鉄 / コバルト合金である。磁気特性が優れており、そのままの硬度で切削または機械加工が可能である。一方、破断時伸びは非常に低いため、大きな塑性変形を起こすには適していない。さらに、これは非常に高価な合金である。

## 【 0 0 4 1 】

対照例 10 は、約 30% のコバルトを含有する鉄 / コバルト合金である。上記合金と比較すると、抵抗率は大幅に小さい。さらに、破断時伸びは良好であるが優れているわけではなく、この合金は焼きなまし後の硬度が実質的に低いため、切削および機械加工にはあまり適していない。

## 【 0 0 4 2 】

対照合金 11 は、3% のケイ素を含有する鉄 / ケイ素合金である。抵抗率と保磁力は満足できる値であるが、飽和磁化は比較的低い。さらに、破断時伸びは非常に制限される。

## 【 0 0 4 3 】

対照合金 12 は、約 20% のコバルトを有し、バナジウムを含有する合金である。その組成は式 (1) を満たし、そのため良好な飽和磁化を有する。しかし、式 (2) は満たさず、そのため抵抗率は不十分である。さらに、O + N + S 含有率が比較的高いため、保磁力が高くなりすぎる。

10

## 【 0 0 4 4 】

対照合金 13 は、クロムを含有する 18% コバルト合金である。式 (2) を満たし (元素 Al、V、Mo、および Si の混入が避けられない場合は不純物とみなす)、式 (1) も満たす。したがって飽和磁化と抵抗率は十分である。破断時伸びが高いため、塑性変形による成形に好適である。しかしながら、O + N + S 含有率が高いため、保磁力が高くなりすぎる。

## 【 0 0 4 5 】

対照合金 14 は、タンタルが加えられたことを除けば上記合金と同様である。破断時伸びはさらに向上したが、保磁力はなお高すぎるため、この組成は本発明の範囲内ではない。

20

## 【 0 0 4 6 】

対照合金 15 は、ケイ素とアルミニウムも含有する 15% コバルト合金である。式 (2) を満たし良好な抵抗率が得られるが、式 (1) は満たさず、そのため飽和磁化は望ましい値と比較して極めて小さい。O + S + N 含有率が低いため、保磁力が非常に低くなり、ケイ素とアルミニウムによって焼きなまし後硬度が高くなったことに注目されたい。

## 【 0 0 4 7 】

対照合金 16 および 17 は、上記合金と同様の性質を有する。これらは、ケイ素とアルミニウムの含有率の合計と比べるとコバルト含有率が低すぎるため式 (1) を満たさず、20 における飽和磁化はわずかに低い。

30

## 【 0 0 4 8 】

対照合金 18 は、15% のコバルトを含有するが、その他の合金元素は有意量を含有しない鉄 - コバルト合金である。飽和磁化と保磁力は良好であるが (式 (1) を満たし、O + N + S 含有率が低い)、抵抗率が不十分である (式 (2) は満たさない)。さらに、破断時伸びまたは焼きなまし後硬度に関して機械的性質も特に優れているわけでもない。

## 【 0 0 4 9 】

対照合金 19 は、15% のコバルトを含有するが、ケイ素は 1% のみ含有する鉄 - コバルト合金である。この合金に関して、ただしケイ素が存在することで硬度と抵抗率が向上することを除けば合金 16 と同じ説明が可能であるが、それによって抵抗率が十分な値まで到達するわけではない。

40

## 【 0 0 5 0 】

対照合金 20 は、18% のコバルトと 3.2% のバナジウムを含有する鉄 - コバルト合金である。その電磁特性は良好であるが、許容最大量 (3%) と比較するとバナジウムが過剰に存在するため破断時伸びが不十分である。

## 【 0 0 5 1 】

本発明による合金 1 から 8 の中で、合金 1 から 3 は焼きなまし後硬度が高く 210 HV を超える値であり、そのため切削または機械加工に特に好適である。したがってこれらの合金はバー、プレート、またはシートの作製に好適であり、これらから所望の部品が製造さ

50

れる。これらは約15%または18%のコバルトと、有意量のケイ素と、場合によってアルミニウムとを含有する鉄 - コバルト合金である。さらに、合金1はタンタルを含有し、合金2はモリブデンを含有し、合金3は有意量の別の合金元素は含有しない。これらの合金は飽和磁化および抵抗率の両方に関して優れた電磁特性を有し、そのため意図する用途の種々の要求を満たす非常によい妥協点が存在する。最後に、合金1および2にタンタルとモリブデンが存在することで、非常に高い破断時伸びが得られ、そのためこれらの合金も、許容できる条件で、あるいは合金1の場合には非常によい条件でも、鍛造やスタンピングや延伸によって成形することができる。通常、この分類の合金では、18%のコバルト、0.5から1%のクロム + バナジウム、0.05から0.5%のタンタル + ケイ素、および1から2.5%のケイ素 + アルミニウム + モリブデンを含む組成が選択される。

10

## 【0052】

本発明による合金4から8は高い破断時伸び（少なくとも35%）を有するため、鍛造やスタンピングや延伸による成形に好適である。好ましくは、これらの合金はバーまたはロッドの製造に使用され、これらから所望の部品が製造される。これらは約18%のコバルトを含有するが、ケイ素とアルミニウムはほとんどまたは全く含有しない鉄 - コバルト合金である。一方、これらはクロムを含有する（2から2.9%）。この元素は、少なくとも部分的にはモリブデンおよび/またはバナジウムで置き換えることができる。これらの合金の電磁特性は、合金1から3の種々の要求における妥協と同じ妥協を表している。通常、この分類の合金では、18%のコバルト、2から3%のクロム、0から1%のバナジウム、0.05から0.5%のタンタル + ケイ素、および0から0.5%のケイ素 + アルミニウム + モリブデンを含む組成が選択される。

20

## 【0053】

バー、ロッド、プレート、またはシートの形態で本発明による合金が得られると、この合金を使用して電磁アクチュエータ（または同様の特性が要求される任意の他の部品）を製造することが望ましい場合には、要求される最適な集合組織が得られる金属の加工熱処理を実施することが重要である。この処理の目的は、材料、グレイン（grains）、または結晶の少なくとも30%、好ましくは少なくとも50%（体積基準）が、熱間または冷間圧延方向に対して20°未満ずれた<100>軸を含む結晶軸配向を有することである。結晶のある<100>軸が特定の集合組織によって磁束の使用される主方向と接近すると、軟磁性鋼と合金の磁気特性は有意に向上する。圧延プレートまたはシートの形状で作製した本発明の合金の場合、これらの合金は圧延平面と平行な{100}または{110}型の優先的な集合組織を有する必要があり、材料の体積比率および材料の圧延方向に対する<100>配向は前述の基準を満たす必要がある。

30

## 【0054】

本発明の合金について、これらの性質に適合する集合組織を得るための方法の1つは以下の通りである。

## 【0055】

バー、ロッド、プレート、またはシートの形態のブランク（組成は前述の規定の通り）はオーステナイト - フェライト熱間圧延操作に付される。「オーステナイト - フェライト圧延」という表現は、オーステナイト相から出発し（そのため + 変態温度（ $T_c$ ）は表1の例として各合金について明記している）より高温で行われる）、フェライト相で終了する（したがって $T_c$ より低温）圧延を意味するものと理解されたい。この熱間圧延は、合金がフェライト相にあるときに変形比が少なくとも30%（好ましくは少なくとも50%）の収縮工程を行う必要がある（変形比は、（初期断面積 - 最終断面積） / （初期断面積）の比によって定義される）。例えば、直径20mmのバーを希望する場合、熱間圧延中に、フェライト相で中間直径が少なくとも24mm、好ましくは少なくとも28mmになる必要がある。同様に、厚さ2.5mmのプレートを希望する場合、熱間圧延中に、フェライト相で中間層厚さが少なくとも3.6mm、好ましくは少なくとも5mmになる必要がある。

40

## 【0056】

50

さらに、熱間圧延後の場合によって行われる焼きなまし処理は、製品温度をT<sub>1</sub>より高くしてはならず、この温度は930から990を変動し、本発明による合金の場合は表1に示している。

【0057】

最後に、最も好都合な集合組織は製品の上部層で主に得られるため、後の酸洗い(pickling)または研磨操作中に材料の表面の除去をできるだけ制限することが推奨される。好ましくは、これらの操作後の製品の重量減は10%を超えるべきではなく、より好ましくは5%を超えるべきではない。

【0058】

前述したように、本発明による合金の好ましい用途は電磁アクチュエータ用コアの製造である。このようなコアを含む小型で、迅速で、信頼性のあるアクチュエータは、直接注入内燃機関(特にディーゼルエンジン)、および内燃機関のバルブの移動を制御する電磁アクチュエータの可動部品に使用すると好都合となりうる。

---

フロントページの続き

- (72)発明者 ルロイ, マルク  
フランス国、エフ - 9 2 1 6 0 ・アントニー、アブニユ・ドウ・ラ・プロビダンス、 4
- (72)発明者 シヤブ, ローラン  
フランス国、エフ - 5 8 1 6 0 ・ソービニ・レ・ボワ、ホルジユ、ルート・ドウ・トラシイ、 7
- (72)発明者 フレス, エルベ  
フランス国、エフ - 5 8 0 0 0 ・ヌベール、リュ・ロジエ・フビエル、 2

合議体

- 審判長 小柳 健悟  
審判官 田中 則充  
審判官 大橋 賢一

- (56)参考文献 米国特許第 1 8 6 2 5 5 9 ( U S , A )  
Metals Tech. , Aug . 1 9 4 7 , p . 3 7 4 - 3 8 5

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)  
C21D 8/12,9/46,501  
C22C38/00-38/60