

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6868174号
(P6868174)

(45) 発行日 令和3年5月12日(2021.5.12)

(24) 登録日 令和3年4月14日(2021.4.14)

(51) Int. Cl.	F 1	
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 3 A
C 2 2 C 38/40 (2006.01)	C 2 2 C 38/40	
C 2 2 C 38/42 (2006.01)	C 2 2 C 38/42	
C 2 1 D 6/00 (2006.01)	C 2 1 D 6/00	1 0 2 A
C 2 1 D 9/00 (2006.01)	C 2 1 D 9/00	S
請求項の数 2 (全 8 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2019-186628 (P2019-186628)
 (22) 出願日 令和1年10月10日(2019.10.10)
 (65) 公開番号 特開2021-63242 (P2021-63242A)
 (43) 公開日 令和3年4月22日(2021.4.22)
 審査請求日 令和2年12月15日(2020.12.15)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 713000630
 マグネデザイン株式会社
 愛知県名古屋市中区福江二丁目9番33号
 (72) 発明者 本蔵 義信
 愛知県知多郡東浦町大字緒川字東仙台33番地の10
 (72) 発明者 本蔵 晋平
 愛知県知多郡東浦町大字緒川字東仙台33番地の10
 (72) 発明者 菊池 永喜
 愛知県東海市荒尾町寿鎌109番地

審査官 木下 直哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステンレス磁石

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

Cr量は16~20%、Ni量は7~10%を含むCr-Ni系オーステナイト系ステンレス鋼において、

50~95%の加工マルテンサイト組織と50~5%のオーステナイト組織とからなり、

室温において、8,000~16,000Gの飽和磁化と、100~1,000Oeの保磁力と、0.2~4MGOeの最大エネルギー積およびパーミアンス係数1~30を有する磁石形状からなることを特徴とするステンレス磁石。

【請求項2】

Cr量は16~20%、Ni量は6~9%およびCu量は2~3%を含むCr-Ni系オーステナイト系ステンレス鋼において、

冷間加工後、370~600 の時効処理を施し、

50~95%の加工マルテンサイト組織と50~5%のオーステナイト組織とからなり、

室温において、8,000~16,000Gの飽和磁化と、200~1,000Oeの保磁力と、0.2~4MGOeの最大エネルギー積およびパーミアンス係数1~30を有する磁石形状からなることを特徴とするステンレス磁石。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、構造体材料としてのステンレス鋼において、構造機能に加えて磁石機能を付与するステンレス磁石に関する。

【背景技術】

【0002】

ステンレス鋼は代表的な構造材料として広く使用されている。特に医療分野においては生体親和性の観点から体内で使用される医療機器や部材の最も基本的な素材となっている。

近年、磁気治療やロボット治療などの高度医療技術が進展し、医療機器や部材に磁石を内蔵させて磁気性能の活用が研究されている。しかし、磁石の内蔵は器材のサイズが大きくなるという問題や、磁石をシールドするための複雑なシールド構造が必要となる問題や、さらにそのシールド構造が破損して磁石が腐食する危険などの問題があり、その対策が求められている。

【0003】

生体内で使用されているステンレス鋼は、耐食性に優れたCr-Ni組成のオーステナイト系ステンレス鋼で非磁性である。しかし、オーステナイト組織は準安定で、冷間加工などを加えるとマルテンサイト変態を引き起こし、強磁性のマルテンサイト組織とオーステナイト組織の2相組織のステンレス鋼になること（非特許文献1）、および誘起されたマルテンサイト量は加工量と加工温度によって制御されること（非特許文献2）が知られている。

【0004】

冷間加工後の磁気特性についても、透磁率に及ぼすステンレス鋼の種類と冷間加工の影響について研究されている（非特許文献3）。しかし、この研究は、非磁性特性が強磁性特性に替わることを確認したものに過ぎない。冷間加工後のステンレス鋼を磁石として利用しようとした用途例はなく、磁石特性については未だに未解明の課題である。

【0005】

さらに、Cr量17%、Ni量4%およびCu量2.5%の化学組成を有するステンレス鋼（品番SUS630、通称17-4PHステンレス鋼）において、固溶化熱処理後にマルテンサイト組織となり、それを370~600の温度で時効処理するとCuが析出して著しく硬化することが知られている（非特許文献4）。一般に素材が硬いほど保磁力は増加するが、時効処理後の保持力の研究および磁石特性に関する研究は行われていない。

【0006】

他方、特許文献情報検索システムによりキーワード検索（キーワード：ステンレス磁石）した結果、2件（特許文献1と2）ピックアップされたが、例示されているのみで何らの技術開示もなされていない。

したがって、ステンレス鋼を磁石として利用する試みは行われていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開昭57-117315号公報

【特許文献2】公開実用54-125875公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】ステンレス鋼便覧4版（昭和50年）58~60頁

【非特許文献2】ステンレス鋼便覧4版（昭和50年）120~121頁

【非特許文献3】ステンレス鋼便覧4版（昭和50年）113頁

【非特許文献4】ステンレス鋼便覧4版（昭和50年）1487頁

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の課題は、医療部材の構造部材として使用されているステンレス部材にその構造機能を損なうことなく磁石性能を付与する技術を開発することである。そのためには、ステンレス鋼の化学組成、部材の冷間加工度、加工温度や加工方法の適切化、さらに磁石性能を備える部品の形状工夫、および着磁方法の工夫に関する未知の課題を解明し、構造機能、耐腐食性および磁石機能を兼ね持つステンレス磁石を開発することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者らは、まずステンレス鋼線（品番SUS304、化学組成は18.5%Cr - 8.5%Ni、直径2mm）を冷間加工し、加工後のマルテンサイト量と磁石特性の関係を調査した。

マルテンサイト量は、冷間加工度（%）の平方根に比例して増加すること、および加工温度を下げるとマルテンサイト量が増加することを確認した（図1）。磁石特性は保磁力の大きさを評価できるので、保磁力に及ぼす冷間加工度、加工温度、マルテンサイト量およびCuによる析出硬化の影響について調べた。その結果を図2に示す。

【0011】

保磁力はマルテンサイト量の増加とともに増加する。また、加工温度が低いほど同じ量のマルテンサイト量であっても保磁力が増加する。さらに析出処理によってCuを析出させると、保磁力がさらに増加することを見いだした。

【0012】

さらに、本発明者らは、ステンレス鋼の保磁力は100~10000eとフェライト磁石や希土類磁石の保磁力の4k~40keと比べてかなり小さい。しかし、磁石形状を工夫して1以上のパーミアンス係数を確保することで、1000e程度の通常の減磁環境を想定する限り、減磁する危険を回避できることを思い至った。

【0013】

しかし、ステンレス部材は構造機能および耐腐食機能が最優先機能である以上、その機能を損なわない磁石形状および着磁方向としなければならない。本来のステンレス部材の形状をもとに、着磁方向の長さhを断面積（直径d）に比べて、長さを直径の0.5倍以上として磁石のパーミアンス係数を1以上とすることにした。パーミアンス係数pは、 $p = h / d$ で定義される。パーミアンス係数を1以上とすると、図3に示すように、ステンレス磁石の動作点が高くなり、磁化5000G以上の磁化を確保できることを確認した。

【0014】

着磁方法については、2ke以上の着磁磁力で飽和させることができるので、非常に容易である。ヨーク付きの電磁石または永久磁石で簡単に着磁することができる。

【0015】

以上の知見をもとに、本発明者らは以下の発明をなした。

第1発明は、Cr量は16~20%、Ni量は7~10%を含むCr-Ni系オーステナイト系ステンレス鋼において、50~95%の加工マルテンサイト組織と50~5%のオーステナイト組織とからなり、室温において、8,000~16,000Gの飽和磁化と、100~1,0000eの保磁力と、0.2~4MGoeの最大エネルギー積およびパーミアンス係数1~30を有する磁石形状からなることを特徴とするステンレス磁石である。

【0016】

第2発明は、Cr量は16~20%、Ni量は6~9%およびCu量は2~3%を含むCr-Ni系オーステナイト系ステンレス鋼において、冷間加工後、370~600の時効処理を施し、50~95%の加工マルテンサイト組織と50~5%のオーステナイト組織とからなり、室温において、8,000~16,000Gの飽和磁化と、100~1,0000eの保磁力と、0.2~4MGoeの最大エネルギー積およびパーミ

10

20

30

40

50

アンス係数 1 ~ 30 を有する磁石形状からなることを特徴とするステンレス磁石である。

【発明の効果】

【0017】

医療機器において、広く使用されているステンレス部品に磁石機能を付与することで、部材に磁石を内蔵した場合に比べて、部品を小型化すること、構造を簡単にすること、および磁石による腐食トラブルの回避など大きなメリットが期待される。また、将来のロボット治療などの磁気応用を容易にすることができる。さらに、磁界を使った磁気治療の進展に役立つと期待される。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】マルテンサイト量に及ぼす冷間加工度の影響と冷間加工温度の影響を示す図である。

【図2】保磁力に及ぼすマルテンサイト量の影響を示す図である。

【図3】ステンレス磁石動作点に及ぼすパーミアンス係数の影響を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

発明の実施形態を挙げて本発明をより詳しく説明する。

ステンレス鋼部品の形状および大きさは、シャフト、平面板プレート、直方体あるいは筒状ケースパイプ、コイル、ボルト、ナットなど多種多様である。本発明は、まず、ステンレス部品の構造機能および耐腐食機能を前提とする。よって、ステンレス磁石の性能、形状、着磁向きをそれに応じて工夫することが前提である。

したがって、必要なマルテンサイト量を確保するための方法は化学組成、加工量および加工温度を適切に組み合わせることによって実現できる。また、着磁は部材形状を考慮して、パーミアンス係数が1以上になるように行うことである。

【0020】

第1の実施形態は、ステンレス鋼の化学組成は、Cr量は16~20%、Ni量は7~10%を主成分として、他にC、N、Si、Mn、Mo、Cuなどの合金元素を含むものである。冷間加工前はオーステナイト組織となるように合金元素量はバランスされている。冷間加工後に50%以上の適切なマルテンサイト量が生じるように、オーステナイト組織の安定度の物差しであるMd点を、-50~100となるように調整する。Md点とは、30%の冷間加工を施した時に50%のマルテンサイト量が生じせしめる温度で、式(1)で示される。

$$Md30(\text{°C}) = 413 - 462(\%C + \%N) - 9.2(\%Si) - 8.1(\%Mn) - 13.7(\%Cr) - 9.5(\%Ni) - 6(\%Cu) - 18.5(\%Mo) \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

【0021】

本発明は、マルテンサイト量を50~95%、好ましくは冷間加工によって割れを生じない範囲において、100~1000Oeの保磁力を得るものである。Md点が低すぎるとオーステナイト組織は十分に安定することになる。そのため、加工温度と冷間加工度を工夫しても十分なマルテンサイト量を確保することが困難となる。他方、Md点が高すぎるとオーステナイト組織が不安定になりすぎて、冷間加工後の靱性・延性が小さくなり、構造機能に問題が生じて好ましくない。

【0022】

マルテンサイト量を50~95%確保するためには、上記組成を持つステンレス鋼を常温にて30%~80%の冷間加工を行なう。また、低温で加工するとマルテンサイト変態は容易に生じるので、必要に応じて、-40などの低温で加工することができる。

【0023】

マルテンサイト量は、10から1000Oe以上の保磁力を得るために、50~95%とする。さらに、同じマルテンサイト量でも、低温で加工するほど保磁力は増加するので、

10

20

30

40

50

可能な場合には加工素材を冷却しておいて部品を加工することが好ましい

【0024】

磁石にするために着磁方法は、塑性加工時の塑性流動の方向に着磁することが好ましい。しかし、用途、部品形状によって事情が異なるので、部品加工の際の形状設計、加工方法を工夫してパーミアンス係数を1以上確保することにする。

着磁の仕方および着磁の向きは、保磁力が1,000 Oe以下と小さいので比較的容易である。鉄ヨーク付きの電磁石で簡単に着磁することができる。

【0025】

磁石特性としては、保磁力は100~1000 Oeで、飽和磁化は8,000 G~16,000 Gである。

10

【0026】

磁石形状は、パーミアンス係数を1以上とすることが肝要である。パーミアンス係数が高い磁石形状であることが好ましい。丸棒形状の磁石の場合、直径0.2~4 mmで長さは0.4~8 mmとして、パーミアンス係数は1を確保した。さらに長さを長くして、パーミアンス係数は30程度にする方が好ましい。

実際のステンレス部品は多様な形状を取るなので、その形状と着磁方向を考慮して、パーミアンス係数を1以上確保する必要がある。

【0027】

第2の実施形態は、化学組成として、Cr量は16~20%、Ni量は7~10%およびCu量は2~3%で、ほかにC、N、Si、Mn、Moなどの合金元素を含むことができる。ここで、Md点は式(1)で示されるオーステナイト組織の安定度の物差しである。Md点とは、30%の冷間加工を施した時に50%量のマルテンサイト量が生じせしめる温度である。本実施形態では、マルテンサイト量を80%以上生じせしめて500 Oe以上の保磁力を実現するものである。したがって、Md点の値で-20~120とする。

20

【0028】

マルテンサイト量を80%以上確保するためには、上記化学組成のステンレス鋼の冷間加工度を30~80%、また加工温度は常温での加工を基本として、必要に応じて、40などの低温で加工することにする。

【0029】

冷間加工後、370~600の时效処理を施して、Cuを析出させて保磁力の増加を図る。

30

【0030】

磁石特性としては、保磁力は200~1000 Oeで、飽和磁化は8,000~16,000 Gが得られる。

【0031】

製品形状としては、丸棒形状で試験をしたが、平面板、コイル、パイプ、直方体ケース、ボルト、ナットなど各種形状のステンレス磁石が可能である。

【実施例】

【0032】

[実施例1]

本発明の実施例1は、化学組成としてCr量は18%、Ni量は8%で、ほかにC量は0.01%、N量は0.01%、Si量は0.30%、Mn量は0.50%、Mo量は0.02%、Cu量は0.02%であった。Md点は、式(1)で計算すると70である。常温で加工すると80%マルテンサイト量を得ることができる組成である。

40

【0033】

試験片は、直径2 mmの丸棒を直径1 mmに伸線加工した後、長さを10 mmとした。室温25の伸線加工による冷間加工度は75%の結果、マルテンサイト量は85%を得た。

【0034】

50

着磁は、電磁磁石に試験片を挿入して、3,000 Oeの磁界を棒状の軸方向に印可して行った。

【0035】

磁石特性としては、パーミアンス係数は10として、保磁力は4000 e、飽和磁化は1,3000 G、最大磁気エネルギー積は1 MGOeのステンレス磁石を得ることができた。

【0036】

[実施例2]

本発明の実施例2は、化学組成としてCr量は18%、Ni量は8%およびCu量は2.2%で、ほかにC量は0.01%、N量は0.01%、Si量は0.10%、Mn量は0.20%、Mo量は0.01%であった。Md点は、式(1)で計算すると74である。実施例1よりオーステナイト組織がやや不安定である。常温で加工すると90%マルテンサイト量を得ることができる組成である。

【0037】

マルテンサイト量を80%以上確保するためには、上記化学組成のステンレス鋼は冷間加工度を30%~80%、また加工温度は常温での加工を基本として、必要に応じて、-40などの低温で加工することにした。

【0038】

試験片は、直径2mmの線材を直径1.2mmと伸線加工し、長さ12mmの丸棒である。室温25の伸線加工による冷間加工度は64%とし、その後480の時効処理を行なってCuを析出させて保磁力の増加を図った。

【0039】

着磁は、電磁磁石に試験片を挿入して、3,000 Oeの磁界を棒状の軸方向に印可して行った。

【0040】

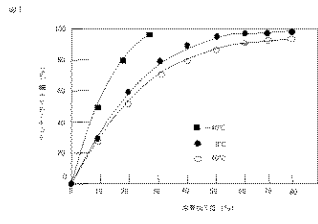
磁石特性としては、パーミアンス係数は10として、保磁力は6000 e、飽和磁化は8,0000~16,000 Gのステンレス磁石を得ることができた。

【産業上の利用可能性】

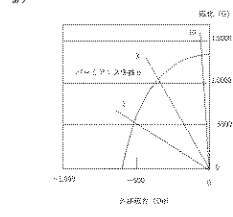
【0041】

本発明のステンレス磁石は、オーステナイト系ステンレス鋼の機械機能、耐腐食性などの本来的特性を損なうことなく、磁石機能を新たに有するものである。医療分野をはじめとして広く利用が期待されるものである。

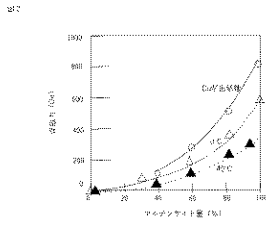
【図1】



【図3】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 F 1/047 (2006.01) H 0 1 F 1/047

(56)参考文献 特開平07 - 054107 (JP, A)
特開平04 - 254303 (JP, A)
特開平10 - 102140 (JP, A)
特開平06 - 140216 (JP, A)
国際公開第2013 / 145227 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 F	1 / 0 4 7
C 2 1 D	6 / 0 0
C 2 1 D	9 / 0 0
C 2 2 C	3 8 / 0 0
C 2 2 C	3 8 / 4 0
C 2 2 C	3 8 / 4 2