

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2022年5月5日(05.05.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/091984 A1

(51) 国際特許分類:  
C22C 38/00 (2006.01) H01F 1/14 (2006.01)  
C22C 38/60 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/039162

(22) 国際出願日: 2021年10月22日(22.10.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願 2020-181788 2020年10月29日(29.10.2020) JP

(71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 一宮 克行 (ICHIMIYA Katsuyuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 中島 孝一 (NAKASHIMA Koichi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 今浪 祐太 (IMANAMI Yuta); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: SOFT MAGNETIC IRON

(54) 発明の名称: 電磁軟鉄

(57) Abstract: The present invention provides technology that achieves high levels of both magnetic properties and machinability, which couldn't be achieved with just conventional machinability-improving technology utilizing MnS. This soft magnetic iron has a component composition containing, in mass%, 0.02% or less C, 0.15% or less Si, 0.01 to 0.50% Mn, 0.002% to 0.020% P, 0.001% to 0.050% S, 0.05% or less Al, 0.0100% or less N, and 0.001% to 0.30% Se, with the remainder comprising iron and unavoidable impurities.

(57) 要約: 従来のMnS等による被削性向上技術だけでは実現できなかった、高いレベルでの磁気特性と被削性の両立を達成する技術について提供する。電磁軟鉄は、質量%で、C: 0.02%以下、Si: 0.15%以下、Mn: 0.01%以上0.50%以下、P: 0.002%以上0.020%以下、S: 0.001%以上0.050%以下、Al: 0.05%以下、N: 0.0100%以下およびSe: 0.001%以上0.30%以下を含有し、残部が鉄および不可避的不純物の成分組成を有する。

WO 2022/091984 A1

## 明 細 書

発明の名称：電磁軟鉄

### 技術分野

[0001] 本発明は、被削性と磁気特性に優れた電磁軟鉄に関するものである。

### 背景技術

[0002] 近年、地球環境を保護する観点から、省資源・省エネルギー化が世界的に求められており、電気機器の分野においても、省エネルギーを目的として、高効率化や小型化が積極的に進められている。このような背景から、自動車等に用いられる電装部品においても、省電力化と外部磁界に対する応答速度の向上などが求められている。

[0003] 外部磁界に応答しやすい材料として、純鉄系電磁軟鉄が通常使用されている。この電磁軟鉄には、C量がおおよそ0.01質量%以下の鋼材が用いられ、熱間圧延後に伸線加工等を行って得られた棒鋼に、鍛造や切削加工等を施して電装部品として製造されるのが一般的である。

[0004] ここで、部品加工において、電磁軟鉄が有する軟質なフェライト単相組織は、切削加工性が非常に劣ることが知られている。よって、電磁軟鉄に対しては、磁気特性に加えて、加工性能に優れることも重要になってきている。

[0005] 例えば、特許文献1では、MnSを鋼中に分散させるに際し、そのサイズと個数を制御することにより、磁気特性と被削性に優れた軟磁性鋼材を製造する技術が開示されている。

[0006] 特許文献2では、FeS析出物のサイズや密度を制御する、冷間鍛造性、被削性および磁気特性に優れた軟磁性鋼材に関する技術が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0007] 特許文献1：特開2007-51343号公報

特許文献2：特開2007-46125号公報

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0008] 特許文献1や特許文献2に記載の技術は、MnSまたはFeSの単独効果による被削性向上の技術である。しかしながら、これら析出物(MnS、FeS)の増量は磁気特性の劣化を招く、おそれがある。従って、さらに高いレベルにて磁気特性と被削性を両立するには、技術的な限界があった。

[0009] 本発明は、かかる事情に鑑みなされたものであり、従来のMnS等による被削性向上技術だけでは実現できなかった、高いレベルでの磁気特性と被削性の両立を達成する技術について提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、発明者らが鋭意検討したところ、MnSeを活用することによって、磁気特性を劣化させることなしに被削性の向上が図れることを新たに見出した。

[0011] 本発明は、上記の新規な知見に基づき、さらに検討を重ねた末に完成されたものであり、その要旨構成は、以下の通りである。

1. 質量%で、

C : 0.02%以下、

Si : 0.15%以下

Mn : 0.01%以上0.50%以下、

P : 0.002%以上0.020%以下、

S : 0.001%以上0.050%以下、

Al : 0.05%以下、

N : 0.0100%以下および

Se : 0.001%以上0.30%以下

を含有し、残部が鉄および不可避免的不純物の成分組成を有する電磁軟鉄。

[0012] 2. 前記成分組成は、さらに、質量%で、

Cu : 0.20%以下、

Ni : 0.30%以下、

Cr : 0.30%以下、

Mo : 0.10%以下、  
V : 0.02%以下、  
Nb : 0.02%以下および  
Ti : 0.03%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有する、前記1に記載の電磁軟鉄。

[0013] 3. 前記成分組成は、さらに、質量%で、

Pb : 0.30%以下、  
Bi : 0.30%以下、  
Te : 0.30%以下、  
Ca : 0.0100%以下、  
Mg : 0.0100%以下、  
Zr : 0.200%以下および  
REM : 0.0100%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有する、前記1または2に記載の電磁軟鉄。

### 発明の効果

[0014] 本発明によれば、磁気特性および被削性に優れた純鉄系の電磁軟鉄を安定して提供することができる。

### 発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の一実施形態による純鉄系の電磁軟鉄について説明する。

まず、純鉄系の電磁軟鉄の成分組成における、各成分の限定理由について述べる。なお、本明細書において、各成分元素の含有量を表す「%」は、特に断らない限り「質量%」を意味する。

[0016] C : 0.02%以下

C量が0.02%を超えると、磁気時効により鉄損が著しく劣化するため、Cは0.02%以下に制限する。なお、C量は0.001%未満にしても磁気特性への影響は飽和する一方、0.001%未満にまでC量を低減する

には精錬コストの上昇が伴うため、C量は0.001%以上であることが好ましい。好ましくは、0.001%以上0.015%以下、より好ましくは0.001%以上0.010%以下である。

[0017] Si : 0.15%以下

Siは、脱酸元素として有効な元素である。Si含有量が0.15%を超えると、フェライトを硬化させて冷間での加工性が低下する。このため、Siは、含有されてもよいが、その含有量は0.15%以下とする。好ましくは、0.10%以下である。なお、Siは、0%であってもよいのは勿論である。

[0018] Mn : 0.01%以上0.50%以下

Mnは、固溶強化による強度向上に有効であることに加え、Sと結合したMnSおよびSeと結合したMnSeが鋼中に分散することで被削性の改善に有効な元素である。そのためには、0.01%以上の含有量とする。一方、過剰な添加は磁気特性を劣化させるため、0.50%以下とする。好ましくは、0.05%以上0.40%以下である。より好ましくは、0.15%以上0.35%である。

[0019] P : 0.002%以上0.020%以下

Pは、比較的少量の添加でも大幅な固溶強化能が得られる。そのためには、0.002%以上の含有量とする。一方、過剰な添加は冷間での加工性を害するため、上限を0.020%とする。好ましくは0.002%以上0.015%以下である。

[0020] S : 0.001%以上0.050%以下

Sは、鋼中でMnSを形成し、被削性の向上に寄与する。その効果を発現するには0.001%以上の添加が必要である。一方、0.050%を超える添加は、冷間での加工性を劣化させる。したがって、S量は0.001%以上0.050%以下とする。好ましくは、0.005%以上0.045%以下、より好ましくは0.010%以上0.040%以下である。

[0021] Al : 0.05%以下

Alは、鋼中のNと結合し、微細なAlNを形成する。この微細なAlNは結晶粒の成長を阻害し、磁気特性を劣化させるため、0.05%以下にする必要があり、0.010%以下であることが好ましく、0.005%以下であることがより好ましい。なお、Alは、0%であってもよいのは勿論である。

[0022] N : 0.0100%以下

Nは、その含有量が0.0100%を超えると、冷間での加工性や磁気特性を劣化させるため、0.0100%を上限とした。好ましくは、0.0015%以上0.0090%以下である。なお、Nは、0%であってもよいのは勿論である。

[0023] Se : 0.001%以上0.30%以下

Seは、鋼中のMnと結合し、MnSeを形成する。これは被削性を向上させる効果があり、その効果を得るためには0.001%以上の添加が必要である。一方、0.30%以上の添加は、磁気特性や鑄造性の劣化を招くので、0.30%を上限とした。好ましくは0.001%以上0.10%以下、より好ましくは、0.001%以上0.05%以下である。

[0024] 以上、本発明の基本成分について説明した。上記成分以外の残部はFeおよび不可避免的不純物である。さらに、その他にも必要に応じて、以下に述べる元素のいずれか1種以上を適宜含有させることができる。

Cu : 0.20%以下

Ni : 0.30%以下

Cr : 0.30%以下

Mo : 0.10%以下

V : 0.02%以下

Nb : 0.02%以下

Ti : 0.03%以下

Cu, NiおよびCrは、主に固溶強化により強度上昇に寄与し、その効果を発現するには、それぞれ0.01%以上の添加が好ましい。しかし、過

度の添加は磁気特性を劣化させるため、それぞれ上限を0.20%、0.30%および0.30%とすることが好ましい。

[0025] また、Mo、V、NbおよびTiは、主に析出強化により強度上昇に寄与し、その効果を発現するには、それぞれ0.001%、0.0001%、0.0001%および0.0001%以上の添加が好ましい。しかし、過度の添加は磁気特性を劣化させるため、それぞれ上限を0.10%、0.02%、0.02%および0.03%とすることが好ましい。

[0026] さらに本発明では、以下の元素のいずれか1種以上を含むことができる。

Pb : 0.30%以下

Bi : 0.30%以下

Te : 0.30%以下

Ca : 0.0100%以下

Mg : 0.0100%以下

Zr : 0.200%以下

REM : 0.0100%以下

Pb、Bi、Te、Ca、Mg、ZrおよびREMは、被削性向上に寄与する元素である。それぞれ効果を発現するには、Pbは0.001%以上、Biは0.001%以上、Teは0.001%以上、Caは0.0001%以上、Mgは0.0001%以上、Zrは0.005%以上およびREMは0.0001%以上の添加が好ましい。しかし、過剰な添加は磁気特性に劣化を引き起こすため、それぞれPbは0.30%以下、Biは0.30%以下、Teは0.30%以下、Caは0.0100%以下、Mgは0.0100%以下、Zrは0.200%以下、REMは0.0100%以下とすることが好ましい。

[0027] 本発明における成分組成のうち、上記以外の成分はFeおよび不可避免的不純物である。

[0028] 本発明に係る純鉄系電磁軟鉄の好適な製造方法について述べる。

上記成分組成を有する溶鋼を、通常の転炉、電気炉等の溶製方法で溶製し

、通常の連続鋳造や分塊法により鋼素材とする。次いで、鋼素材を必要に応じて加熱し、鋼片圧延、棒線圧延等の熱間圧延により電磁軟鉄とする。上記の加熱、圧延条件は特に限定されないが、要求される材質に応じて適宜決定すればよく、例えば、その後の部品成形のための鍛造や機械加工等に有利となるように、組織制御を行えばよい。なお、本発明の電磁軟鉄は、切削加工性に優れることから、電磁軟鉄の形状としては、切削加工が施される用途において主に使用されている、棒、ロッド、線のいずれかの形状であることが好ましい。

[0029] また、各元素の含有量は、スパーク放電発光分光分析法、蛍光X線分析法、ICP発光分光分析法、ICP質量分析法、燃焼法等により求めることができる。

その他の製造条件は、鋼材の一般的な製造方法に従えばよい。

### 実施例

[0030] 次に、本発明の実施例について説明する。なお、本発明は以下の実施例のみに限定されるものではない。

表1に示した成分組成を含有する鋼を溶製後、約1200℃で熱間鍛造を行い、その後、950℃での焼鈍処理を行って、直径25mmの棒鋼を製造した。得られた棒鋼について、以下に示す手法に従って磁気特性、冷間加工性および被削性の評価を行った。評価結果を表2に示す。

[0031]

[表1]

表1	種No.	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Se	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Ti	Pb	Bi	Te	Ca	Mg	Zr	REM	備考
A	0.004	0.018	0.137	0.010	0.020	0.004	0.006	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	発明例
B	0.005	0.015	0.217	0.005	0.007	0.002	0.007	0.003	0.003	0.03	-	-	-	-	-	0.050	-	-	-	-	-	-	-	発明例
C	0.008	0.027	0.201	0.012	0.024	0.002	0.005	0.003	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	発明例
D	0.002	0.010	0.205	0.008	0.022	0.003	0.005	0.002	-	-	-	-	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	発明例
E	0.007	0.016	0.241	0.012	0.020	0.004	0.003	0.005	-	-	-	-	0.0011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	発明例
F	0.007	0.018	0.226	0.008	0.020	0.002	0.004	0.012	-	-	-	-	-	-	0.0030	-	-	-	-	-	0.0009	-	-	発明例
G	0.003	0.019	0.241	0.009	0.009	0.004	0.005	0.003	-	-	-	-	-	-	0.0008	-	-	-	-	-	0.0005	-	-	発明例
H	0.005	0.026	0.124	0.007	0.011	0.004	0.006	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	発明例
I	0.008	0.014	0.160	0.011	0.018	0.001	0.002	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	-	-	-	-	-	発明例
J	0.007	0.010	0.215	0.003	0.022	0.001	0.006	0.007	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.003	-	-	-	-	-	発明例
K	0.007	0.020	0.212	0.008	0.011	0.004	0.002	0.012	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.0003	-	-	-	発明例
L	0.009	0.019	0.113	0.011	0.018	0.001	0.007	0.008	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0003	-	-	-	発明例
M	0.026	0.029	0.169	0.003	0.014	0.003	0.005	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
N	0.004	0.420	0.118	0.005	0.018	0.004	0.006	0.012	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
O	0.006	0.017	0.740	0.011	0.010	0.004	0.005	0.011	-	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0030	-	比較例
P	0.003	0.014	0.181	0.032	0.019	0.003	0.003	0.010	-	-	-	-	0.020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
Q	0.004	0.020	0.142	0.003	0.094	0.002	0.003	0.009	-	-	-	-	-	0.0009	-	-	-	-	-	-	0.0012	-	-	比較例
R	0.005	0.021	0.210	0.005	0.022	0.081	0.004	0.003	-	-	-	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
S	0.008	0.024	0.131	0.009	0.012	0.004	0.0140	0.003	-	-	-	-	-	-	0.0011	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
T	0.009	0.016	0.157	0.007	0.020	0.004	0.005	0.005	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	発明例
U	0.002	0.013	0.106	0.007	0.021	0.001	0.002	0.580	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
V	0.002	0.020	0.159	0.009	0.017	0.004	0.002	0.004	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0004	-	-	-	比較例
W	0.010	0.026	0.176	0.003	0.007	0.002	0.004	0.006	-	0.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
X	0.007	0.029	0.130	0.012	0.022	0.002	0.006	0.010	-	-	-	-	-	-	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
Y	0.004	0.011	0.195	0.009	0.008	0.001	0.002	0.003	-	-	-	-	0.230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
Z	0.005	0.026	0.179	0.004	0.021	0.001	0.002	0.006	-	0.07	-	-	-	0.0570	-	-	-	-	-	-	0.0007	-	-	比較例
AA	0.008	0.013	0.219	0.011	0.023	0.001	0.006	0.004	-	-	-	-	-	-	0.0840	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
AB	0.002	0.018	0.220	0.006	0.020	0.003	0.003	0.012	0.08	-	-	-	-	-	0.0510	-	0.020	-	-	-	-	-	-	比較例
AC	0.006	0.017	0.240	0.003	0.019	0.001	0.003	0.017	-	-	-	-	-	-	-	0.440	-	-	-	-	-	-	-	比較例
AD	0.007	0.020	0.217	0.005	0.010	0.002	0.006	0.013	-	-	-	-	0.012	-	-	-	0.520	-	-	-	-	-	-	比較例
AE	0.003	0.026	0.192	0.003	0.012	0.003	0.007	0.015	-	0.11	-	-	-	-	-	-	-	0.480	-	-	-	-	-	比較例
AF	0.009	0.024	0.199	0.009	0.009	0.004	0.002	0.014	-	-	-	-	-	0.0005	-	-	-	-	0.0160	-	-	-	0.002	比較例
AG	0.008	0.027	0.168	0.008	0.008	0.001	0.003	0.019	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	-	0.0120	-	-	-	比較例
AH	0.007	0.026	0.214	0.008	0.015	0.003	0.002	0.012	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2300	-	比較例
AI	0.005	0.016	0.102	0.005	0.010	0.003	0.007	0.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
AJ	0.002	0.022	0.234	0.006	0.0003	0.004	0.005	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
AK	0.003	0.017	0.194	0.004	0.004	0.003	0.006	0.001	0.001	-	-	-	-	-	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
AL	0.017	0.123	0.210	0.005	0.021	0.004	0.005	0.015	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
AM	0.003	0.021	0.420	0.004	0.026	0.004	0.004	0.012	-	-	-	-	-	-	0.0012	-	-	-	-	-	-	-	-	発明例
AN	0.004	0.019	0.198	0.007	0.029	0.058	0.005	0.330	-	0.04	-	-	-	0.0020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例

注:単位は質量%  
注:下線部は本発明範囲外を示す。

[0032]

[表2]

鋼No.	磁気特性			冷間加工性 割孔発生 限界据え込み率(%)	被削性 逃げ面摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )	備考
	磁束密度@100A/m(T)	磁束密度@300A/m(T)	保磁力(A/m)			
A	1.234	1.521	50.2	63.5	20.2	発明例
B	1.275	1.581	48.9	59.1	29.5	発明例
C	1.254	1.561	45.1	63.6	22.2	発明例
D	1.217	1.533	47.2	63.4	25.7	発明例
E	1.216	1.540	52.6	55.8	27.4	発明例
F	1.210	1.522	47.9	60.7	29.4	発明例
G	1.262	1.567	46.2	59.1	25.5	発明例
H	1.204	1.513	45.3	58.2	26.7	発明例
I	1.249	1.540	48.1	62.2	21.7	発明例
J	1.232	1.526	51.9	60.3	21.0	発明例
K	1.217	1.531	48.5	56.0	22.3	発明例
L	1.211	1.506	53.9	55.2	29.1	発明例
M	1.109	1.392	84.8	65.8	29.5	比較例
N	1.272	1.596	71.6	60.9	42.0	比較例
O	1.280	1.575	74.9	56.2	20.2	比較例
P	1.264	1.565	45.9	42.2	24.7	比較例
Q	1.244	1.560	81.3	65.8	25.1	比較例
R	1.178	1.421	69.1	50.1	28.9	比較例
S	1.239	1.546	81.4	46.7	26.5	比較例
T	1.223	1.520	51.4	56.2	28.6	発明例
U	1.273	1.606	74.5	50.9	21.4	比較例
V	1.106	1.390	79.8	65.1	26.7	比較例
W	1.093	1.377	74.3	58.4	26.2	比較例
X	1.139	1.426	75.8	64.6	27.3	比較例
Y	1.133	1.427	79.5	45.8	29.8	比較例
Z	1.113	1.404	82.7	47.5	23.7	比較例
AA	1.183	1.458	89.8	48.8	20.2	比較例
AB	1.172	1.457	81.4	48.1	26.0	比較例
AC	1.099	1.399	75.1	45.3	23.7	比較例
AD	1.108	1.401	74.9	45.9	27.7	比較例
AE	1.160	1.451	76.9	43.1	22.8	比較例
AF	1.171	1.444	71.9	47.7	22.4	比較例
AG	1.155	1.443	72.8	46.0	21.9	比較例
AH	1.157	1.439	74.6	45.6	24.0	比較例
AI	1.131	1.406	75.0	45.3	22.7	比較例
AJ	1.226	1.531	55.1	58.7	37.2	比較例
AK	1.234	1.539	54.3	60.3	38.4	比較例
AL	1.209	1.527	52.7	56.9	28.8	発明例
AM	1.212	1.529	55.1	59.5	27.6	発明例
AN	1.165	1.419	68.5	48.2	27.2	比較例

[0033] [磁気特性]

磁気特性は、JIS C2504に準拠して測定した。すなわち、上記棒鋼（素材）から、リング状試験片を採取し、750℃で2h保持する磁気焼鈍を施した。その後、リング試験片に、励起巻線（1次巻線220ターン）、検出巻線（2次巻線100ターン）を巻いて試験に供した。磁束密度は、直流磁化測定装置を用いてB-H曲線を測定し求めた。具体的には、最高到達磁界が10,000A/mの磁化過程における100および300A/m

での磁束密度を求めた。それぞれ、1.20Tおよび1.50T以上あれば磁気特性に優れるといえる。

[0034] また、保磁力は、上記と同様の巻線を施したリング状試験片を用いて、直流磁気特性試験装置を使用し、反転磁化力 $\pm 400\text{ A/m}$ で測定を行った。保磁力が $60\text{ A/m}$ 以下であれば、磁気特性に優れるといえる。

[0035] [冷間加工性]

冷間加工性は、限界据え込み率で評価した。すなわち、限界据え込み率は、上記棒鋼の周面から直径の $1/2$ の深さ位置から、直径 $15\text{ mm}$ および高さ $22.5\text{ mm}$ 、かつ側面に深さ $0.8\text{ mm}$ およびノッチ底 $R0.15$ の切欠きを有する、試験片を採取し、この試験片を用い圧縮加工を行った。試験片のノッチ底に幅 $0.5\text{ mm}$ 以上の割れが発生するまで逐次圧縮を行った。このときの据え込み率を限界据え込み率とした。

限界据え込み率が $55\%$ 以上であれば、冷間加工性に優れているといえる。

[0036] [被削性]

被削性は、工具の逃げ面摩耗量を測定して評価した。具体的には、NC旋盤を用いて、直径 $25\text{ mm}$ の棒鋼を超硬母材のコーティング工具にて、切込み量 $0.2\text{ mm}$ 、送り速度 $0.15\text{ mm/rev}$ 、周速 $300\text{ m/min}$ 、湿式で、切削長 $1000\text{ m}$ の切削加工を行った後の、工具の逃げ面摩耗量を測定することで評価した。逃げ面摩耗量 $35\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であれば、被削性に優れるといえる。

## 請求の範囲

## [請求項1]

質量%で、

C : 0.02%以下、

Si : 0.15%以下、

Mn : 0.01%以上0.50%以下、

P : 0.002%以上0.020%以下、

S : 0.001%以上0.050%以下、

Al : 0.05%以下、

N : 0.0100%以下および

Se : 0.001%以上0.30%以下

を含有し、残部が鉄および不可避免的不純物の成分組成を有する電磁軟鉄。

## [請求項2]

前記成分組成は、さらに、質量%で、

Cu : 0.20%以下、

Ni : 0.30%以下、

Cr : 0.30%以下、

Mo : 0.10%以下、

V : 0.02%以下、

Nb : 0.02%以下および

Ti : 0.03%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有する、請求項1に記載の電磁軟鉄。

## [請求項3]

前記成分組成は、さらに、質量%で、

Pb : 0.30%以下、

Bi : 0.30%以下、

Te : 0.30%以下、

Ca : 0.0100%以下、

Mg : 0.0100%以下、

Zr : 0.200%以下および

REM : 0.0100%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有する、請求項1または2に記載の電磁軟鉄。

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/039162

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>C22C 38/00</i> (2006.01)i; <i>C22C 38/60</i> (2006.01)i; <i>H01F 1/14</i> (2006.01)i FI: C22C38/00 303S; C22C38/60; H01F1/14		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C22C38/00-C22C38/60; H01F1/14		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 42-20616 B1 (DAIDO STEEL CO., LTD.) 14 October 1967 (1967-10-14) claims, p. 1, left column, line 1 to p. 3, left column, line 5, tables 1-2, fig. 5	1, 3
Y		2
X	JP 47-25247 B1 (DAIDO STEEL CO., LTD.) 10 July 1972 (1972-07-10) claims, column 1, line 1 to column 6, line 2, tables 1-3	3
Y		2
A		1
A	JP 2018-12883 A (DAIDO STEEL CO LTD) 25 January 2018 (2018-01-25) entire text, all drawings	1-3
A	JP 8-100244 A (DAIDO STEEL CO LTD) 16 April 1996 (1996-04-16) entire text	1-3
A	WO 2015/113937 A1 (TATA STEEL IJMUIDEN B.V.) 06 August 2015 (2015-08-06) entire text, all drawings	1-3
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>16 December 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>28 December 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/039162**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 42-20616 B1	14 October 1967	(Family: none)	
JP 47-25247 B1	10 July 1972	(Family: none)	
JP 2018-12883 A	25 January 2018	CN 107610869 A entire text, all drawings	
JP 8-100244 A	16 April 1996	(Family: none)	
WO 2015/113937 A1	06 August 2015	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/60(2006.01)i; H01F 1/14(2006.01)i FI: C22C38/00 303S; C22C38/60; H01F1/14		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C22C38/00-C22C38/60; H01F1/14 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 42-20616 B1（大同製鋼株式会社）14.10.1967（1967-10-14） 特許請求の範囲, 第1頁左欄第1行-第3頁左欄第5行, 第1表-第2表, 第5図	1,3
Y		2
X	JP 47-25247 B1（大同製鋼株式会社）10.07.1972（1972-07-10） 特許請求の範囲, 第1欄第1行-第6欄第2行, 第1表-第3表	3
Y		2
A		1
A	JP 2018-12883 A（大同特殊鋼株式会社）25.01.2018（2018-01-25） 全文, 全図	1-3
A	JP 8-100244 A（大同特殊鋼株式会社）16.04.1996（1996-04-16） 全文	1-3
A	WO 2015/113937 A1（TATA STEEL IJMUIDEN B.V.）06.08.2015（2015-08-06） 全文, 全図	1-3
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16.12.2021	国際調査報告の発送日 28.12.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 鈴木 葉子 4K 3557 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/039162

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 42-20616 B1	14.10.1967	(ファミリーなし)	
JP 47-25247 B1	10.07.1972	(ファミリーなし)	
JP 2018-12883 A	25.01.2018	CN 107610869 A 全文, 全図	
JP 8-100244 A	16.04.1996	(ファミリーなし)	
WO 2015/113937 A1	06.08.2015	(ファミリーなし)	