

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-185365

(P2014-185365A)

(43) 公開日 平成26年10月2日(2014.10.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>C 2 2 C 38/00 (2006.01)</b>	C 2 2 C 38/00 3 0 3 U	5 E 0 4 1
<b>C 2 2 C 38/06 (2006.01)</b>	C 2 2 C 38/06	
<b>C 2 2 C 38/60 (2006.01)</b>	C 2 2 C 38/60	
<b>C 2 2 C 38/14 (2006.01)</b>	C 2 2 C 38/14	
<b>C 2 2 C 38/12 (2006.01)</b>	C 2 2 C 38/12	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-60537 (P2013-60537)  
 (22) 出願日 平成25年3月22日 (2013.3.22)

(71) 出願人 000001258  
 J F E スチール株式会社  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号  
 (74) 代理人 110001542  
 特許業務法人銀座マロニエ特許事務所  
 (72) 発明者 小関 新司  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J  
 F E スチール株式会社内  
 (72) 発明者 尾田 善彦  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J  
 F E スチール株式会社内  
 (72) 発明者 戸田 広朗  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J  
 F E スチール株式会社内

最終頁に続く

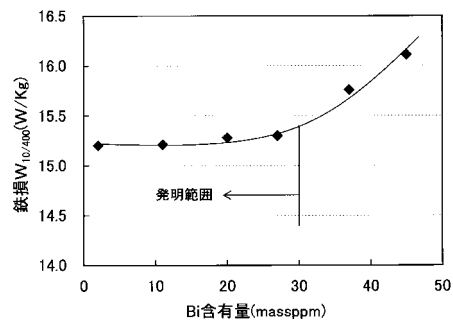
(54) 【発明の名称】 高周波鉄損特性に優れる無方向性電磁鋼板

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 Mnを多量に含有する場合でも、安定して優れた高周波鉄損特性を有する無方向性電磁鋼板を提供する。

【解決手段】 mass%で、C:0.005%以下、Si:1.5~4%、Mn:1.0~5%、P:0.1%以下、S:0.005%以下、Al:3%以下、N:0.005%以下、Bi:0.0030%以下を含有し、残部がFeおよび不可避不純物の成分組成からなる、あるいは、C:0.005%以下、Si:1.5~4%、Mn:1.0~5%、P:0.1%以下、S:0.005%以下、Al:3%以下、N:0.005%以下、Bi:0.0030%以下を含有し、さらに、Ca:0.0005~0.005%およびMg:0.0002~0.005%のうちから選ばれる1種または2種を含有する成分組成からなる無方向性電磁鋼板。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

C : 0 . 0 0 5 m a s s % 以下、S i : 1 . 5 ~ 4 m a s s %、M n : 1 . 0 ~ 5 m a s s %、P : 0 . 1 m a s s % 以下、S : 0 . 0 0 5 m a s s % 以下、A l : 3 m a s s % 以下、N : 0 . 0 0 5 m a s s % 以下、B i : 0 . 0 0 3 0 m a s s % 以下を含有し、残部が F e および不可避的不純物の成分組成からなる無方向性電磁鋼板。

## 【請求項 2】

C : 0 . 0 0 5 m a s s % 以下、S i : 1 . 5 ~ 4 m a s s %、M n : 1 . 0 ~ 5 m a s s %、P : 0 . 1 m a s s % 以下、S : 0 . 0 0 5 m a s s % 以下、A l : 3 m a s s % 以下、N : 0 . 0 0 5 m a s s % 以下、B i : 0 . 0 0 3 0 m a s s % 以下を含有し、さらに、C a : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 5 m a s s % および M g : 0 . 0 0 0 2 ~ 0 . 0 0 5 m a s s % のうちから選ばれる 1 種または 2 種を含有し、残部が F e および不可避的不純物の成分組成からなる無方向性電磁鋼板。

10

## 【請求項 3】

上記成分組成に加えてさらに、S b : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 5 m a s s % および S n : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 5 m a s s % のうちから選ばれる 1 種または 2 種を含有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の無方向性電磁鋼板。

## 【請求項 4】

上記成分組成に加えてさらに、M o : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 3 0 m a s s % を含有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の無方向性電磁鋼板。

20

## 【請求項 5】

T i の含有量が 0 . 0 0 2 m a s s % 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の無方向性電磁鋼板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、高周波鉄損特性に優れる無方向性電磁鋼板に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

ハイブリッド自動車や電気自動車用のモータは、小型化、高効率化の観点から、400 ~ 2 k H z の高周波域で駆動されている。このような高周波モータのコア材に使用される無方向性電磁鋼板には、高周波における鉄損が低いことが望まれている。

30

## 【0003】

高周波における鉄損を低減するためには、板厚低減と固有抵抗の増大が効果的である。しかし、板厚を低減する方法は、材料の剛性低下により、取り扱いが難しくなるばかりでなく、打ち抜き工数や積み工数が増加するため、生産性が低下するという問題がある。これに対して、固有抵抗を高める方法は、上記のような不利な点がないため、高周波鉄損低減手法として望ましいものと言える。

## 【0004】

固有抵抗を高めるためには、S i の添加が効果的である。しかし、S i は、固溶強化能の大きい元素であるため、S i 添加量の増加に伴って材料が硬化し、圧延性が低下するという問題がある。この問題を解決する手段の一つとして、S i の代わりに M n を添加する方法がある。M n は、S i に比べて固溶強化能が小さいため、製造性の低下を抑制しつつ高周波鉄損を低減することができる。

40

## 【0005】

上記 M n の添加効果を活用した技術としては、例えば、特許文献 1 には、S i : 0 . 5 ~ 2 . 5 m a s s %、M n : 1 . 0 ~ 3 . 5 m a s s %、A l : 1 . 0 ~ 3 . 0 m a s s % を含有する無方向性電磁鋼板が開示されている。また、特許文献 2 には、S i : 3 . 0 m a s s % 以下、M n : 1 . 0 ~ 4 . 0 m a s s %、A l : 1 . 0 ~ 3 . 0 m a s s % を含有する無方向性電磁鋼板が開示されている。

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】特開2002-47542号公報

【特許文献2】特開2002-30397号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

しかし、上記特許文献1および2に開示の技術は、いずれも、Mn添加量の増加に伴って、ヒステリシス損が増加し、所期した鉄損低減効果が得られない場合があるという問題があった。

10

## 【0008】

本発明は、従来技術が抱える上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、Mnを多量に含有する場合でも、安定して優れた高周波鉄損特性を有する無方向性電磁鋼板を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

発明者らは、上記課題の解決に向けて、鋼板に含まれる不純物成分に着目して鋭意検討を重ねた。その結果、高Mn添加鋼の高周波鉄損特性の劣化は、不純物として含まれるBiの存在によるものであること、したがって、Biの含有量を抑制することによって、高いMn含有量でも高周波鉄損を安定して低減し得ることを見出し、本発明を開発するに至った。

20

## 【0010】

上記知見に基く本発明は、C：0.005mass%以下、Si：1.5～4mass%、Mn：1.0～5mass%、P：0.1mass%以下、S：0.005mass%以下、Al：3mass%以下、N：0.005mass%以下、Bi：0.0030mass%以下を含有し、残部がFeおよび不可避不純物の成分組成からなる無方向性電磁鋼板である。

## 【0011】

また、本発明は、C：0.005mass%以下、Si：1.5～4mass%、Mn：1.0～5mass%、P：0.1mass%以下、S：0.005mass%以下、Al：3mass%以下、N：0.005mass%以下、Bi：0.0030mass%以下を含有し、さらに、Ca：0.0005～0.005mass%およびMg：0.0002～0.005mass%のうちから選ばれる1種または2種を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物の成分組成からなる無方向性電磁鋼板である。

30

## 【0012】

また、本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、Sb：0.0005～0.05mass%およびSn：0.0005～0.05mass%のうちから選ばれる1種または2種を含有することを特徴とする。

## 【0013】

また、本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、Mo：0.0005～0.0030mass%を含有することを特徴とする。

40

## 【0014】

また、本発明の無方向性電磁鋼板は、Tiの含有量が0.002mass%以下であることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0015】

本発明によれば、不純物として含まれるBiの含有量を抑制することによって、高Mn添加量でも、安定して高周波鉄損特性に優れる無方向性電磁鋼板を生産性よく製造することが可能となる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】Mn含有量と高周波鉄損 $W_{10/400}$ との関係に及ぼす、Bi含有の影響を示すグラフである。

【図2】Bi含有量と高周波鉄損 $W_{10/400}$ との関係を示すグラフである。

## 【発明を実施するための形態】

【0017】

先ず、本発明を開発する契機となった実験について説明する。

C：0.0016mass%、Si：3.35mass%、P：0.013mass%、S：0.0004mass%、Al：1.4mass%およびN：0.0018mass%を含有する鋼をベースとし、これにMnを0.1～5.2mass%の範囲で種々に変化させて添加した鋼を実験室にて溶解し、鋼塊とし、熱間圧延し、100vol%N<sub>2</sub>雰囲気下で1000×30secの熱延焼鈍を施した後、冷間圧延して板厚0.30mmの冷延板とし、20vol%H<sub>2</sub>-80vol%N<sub>2</sub>雰囲気中で1000×30secの仕上焼鈍を施した。

10

【0018】

図1の印は、上記実験結果を、Mn添加量と鉄損 $W_{10/400}$ との関係として示したものである。この結果から、Mnが1mass%未満では、鉄損がMn添加量の増大に伴い低下するが、1mass%以上では鉄損低下が緩やかとなり、4mass%を超えると逆に鉄損が増加することがわかった。この原因を調査するため、Mnを2mass%含有する鋼板をTEMで観察したところ、粒界に粒状のBiが観察された。

20

【0019】

そこで、磁気特性に及ぼすBiの影響をさらに調査するため、C：0.0014mass%、Si：3.33mass%、Al：1.2mass%、P：0.014mass%、S：0.0006mass%、N：0.0020mass%を含有し、Biの含有量が0.0010mass%以下の高純度鋼をベースとし、これにMnを0.1～5.2mass%の範囲で種々に変えて添加した鋼を実験室にて溶解し、上記実験と同様にして、冷延焼鈍板とし、鉄損 $W_{10/400}$ を測定した。

【0020】

斯くして得た実験結果を図1中に印で示した。この結果から、Biを低減した高純度鋼を用いた冷延焼鈍板では、Mn添加量を高めるほど、印で示した鋼板に対して鉄損が低下していることがわかる。また、Mnを2mass%含有する鋼板をTEMで観察したところ、粒界には粒状のBiは観察されなかった。この結果から、上記印の鋼板におけるMn添加量の増加に伴う鉄損の増大は、Biの微細析出によるヒステリシス損の増加によるものであると推定された。

30

【0021】

一方、Mnが1mass%未満の鋼板では、Bi低減による鉄損の改善効果は認められるものの、その割合は小さい理由は、まだ十分に明らかとなっていないが、Mnを高めた鋼では、Mnのsolute dragによって、粒成長の駆動力が低下しているため、微量なBiの存在によって、粒成長が大きな影響を受け易くなっているためではないかと考えている。

40

【0022】

Biは、一般に、スクラップから混入してくる不純物であり、近年におけるスクラップの使用比率の高まりに伴って、混入してくる量のみならず、ばらつきも徐々に大きくなってきている。このようなBi含有量の増加は、Mn含有量の低い電磁鋼板では大きな問題となっていないが、Mn含有量が高い鋼では、Mnのsolute dragによって粒成長性が低下しているため、微量なBiにより大きな影響を受けるものと考えられる。

【0023】

次に、鉄損に及ぼすBi含有量の影響を調査するため、C：0.0022mass%、Si：3.20mass%、Mn：1.7mass%、Al：1.3mass%、P：0

50

．014 mass %、S：0.0005 mass %、N：0.0020 mass %を含有する鋼をベースとし、これにBiの含有量を $tr. \sim 0.0045$  mass %の範囲で種々に変化させた鋼を実験室にて溶解し、上記実験と同様にして、板厚0.30 mmの冷延焼鈍板とし、鉄損 $W_{10/400}$ を測定した。

【0024】

図2に、上記実験結果を、Bi含有量と鉄損 $W_{10/400}$ との関係として示した。この図から、Bi含有量が0.0030 mass %以下で鉄損が大きく低下していることがわかる。これは、Biを低減したことにより、粒成長性が向上したためと考えられる。この結果から、Biによる粒成長に及ぼす悪影響を抑止するためには、Biの含有量を0.0030 mass %以下に低減する必要があることがわかった。本発明は、上記新規な知見に基くものである。

10

【0025】

次に、本発明の無方向性電磁鋼板の成分組成について説明する。

C：0.005 mass %以下

Cは、Mnと炭化物を形成する元素であり、0.005 mass %を超えると、上記Mn系炭化物の量が増加し粒成長を阻害するため、上限を0.005 mass %とする。好ましくは0.002 mass %以下である。

【0026】

Si：1.5～4 mass %

Siは、鋼の固有抵抗を高め、鉄損を低減するのに有効な元素であるため、1.5 mass %以上添加する。一方、4 mass %を超えて添加すると、磁束密度が低下するため上限は4 mass %とする。好ましくは2.0～3.0 mass %の範囲である。

20

【0027】

Mn：1.0～5 mass %

Mnは、加工性を大きく害することなく、鋼の固有抵抗を高め、鉄損を低減するのに有効な、本発明においては重要な成分であり、1.0 mass %以上を添加する。鉄損低減効果をより得るためには、1.6 mass %以上の添加が好ましい。一方、5 mass %を超えて添加すると、磁束密度を低下させるので、上限は5 mass %とする。好ましくは2～3 mass %の範囲である。

【0028】

P：0.1 mass %以下

Pは、固溶強化能が大きい元素であり、0.1 mass %を超えて含有すると、鋼板が硬質化し過ぎて製造性が低下するため0.1 mass %以下に制限する。好ましくは0.05 mass %以下である。

30

【0029】

S：0.005 mass %以下

Sは、不可避的不純物であり、0.005 mass %を超えて含有すると、MnSの析出により粒成長が阻害され、鉄損が増大するため、上限は0.005 mass %とする。好ましくは0.001 mass %以下である。

【0030】

Al：3 mass %以下

Alは、Siと同様、鋼の固有抵抗を高め、鉄損を低減するのに有効な元素であるが、3 mass %を超えて添加すると、磁束密度が低下するため、上限は3 mass %とする。好ましくは2 mass %以下である。ただし、Alの含有量が0.1 mass %未満になると、微細なAlNが析出して粒成長が阻害され、鉄損が増加するため、下限は0.1 mass %とするのが好ましい。

40

【0031】

N：0.005 mass %以下

Nは、大気中から鋼中に侵入してくる不可避的不純物であり、含有量が多い場合には、AlNの析出により粒成長が阻害されて鉄損が増加するため、上限を0.005 mass %

50

%に制限する。好ましくは0.003mass%以下である。

【0032】

Bi: 0.0030mass%以下

Biは、本発明においては高周波鉄損特性に悪影響を及ぼす重要な管理すべき元素であり、先述した図2からわかるように、Biの含有量が0.0030mass%を超えると、急激に鉄損が増大するようになる。よって、Biは0.0030mass%以下に制限する。好ましくは0.0010mass%以下である。

【0033】

本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、CaおよびMgのいずれか1種または2種を含有するのが好ましい。

Ca: 0.0005~0.005mass%

Caは、硫化物を形成し、Biと複合析出して粗大化することによって、Biの弊害を抑制し、鉄損を低減するのに有効な元素である。斯かる効果を得るためには0.0005mass%以上添加するのが好ましい。しかし、0.005mass%を超えて添加すると、CaSの析出量が多くなり過ぎ、逆に鉄損が増加するようになるので、上限は0.005mass%とするのが好ましい。

【0034】

Mg: 0.0002~0.005mass%

Mgは、酸化物を形成し、Biと複合析出して粗大化することによって、Biの弊害を抑制し、鉄損を低減するのに有効な元素である。斯かる効果を得るためには0.0005mass%以上添加するのが好ましい。しかし、0.005mass%を超えて添加することは困難であり、いたずらにコストアップを招くだけであるため、上限は0.005%とするのが好ましい。

【0035】

また、本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、以下の成分を含有するのが好ましい。

Sb: 0.0005~0.05mass%、Sn: 0.0005~0.05mass%

SbおよびSnは、集合組織を改善し、磁束密度を向上する効果があるため、単独または複合してそれぞれ0.0005mass%以上添加することができる。より好ましくは0.01mass%以上である。しかし、0.05mass%を超える添加は、鋼板の脆化を招くので、上限は0.05mass%とするのが好ましい。

【0036】

Mo: 0.0005~0.0030mass%

Moは、形成される炭化物を粗大化し、鉄損を低減する効果があるため、0.0005mass%以上添加するのが好ましい。しかし、0.0030mass%以上の添加は、炭化物の量が多くなり過ぎ、却って、鉄損が増加するようになるので、上限は0.0030mass%とするのが好ましい。

【0037】

Ti: 0.002mass%以下

Tiは、炭窒化物を形成する元素であり、含有量が多いと、炭窒化物の析出量が多くなり過ぎて粒成長を阻害し、鉄損を増大させる。よって、本発明においては、Tiは0.002mass%以下に制限するのが好ましい。

【0038】

なお、本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分以外の残部は、Feおよび不可避的不純物である。ただし、本発明の作用効果を害しない範囲内であれば、他の元素の含有を拒むものではない。

【0039】

次に、本発明の無方向性電磁鋼板の製造方法について説明する。

本発明の無方向性電磁鋼板の製造方法は、鋼板の成分組成を上記した本発明の範囲内として製造すれば、それ以外の条件については特に制限はなく、通常は無方向性電磁鋼板と

10

20

30

40

50

同様の条件で製造することができる。例えば、転炉や脱ガス処理装置等で、本発明に適合する成分組成の鋼を溶製し、連続鋳造や造塊 - 分塊圧延等で鋼素材（スラブ）とした後、熱間圧延し、必要に応じて熱延板焼鈍し、1回の冷間圧延、もしくは中間焼鈍をはさんだ2回以上の冷間圧延により所定の板厚とし、仕上焼鈍する方法で製造することができる。

【実施例】

【0040】

転炉で吹練した溶鋼を脱ガス処理して表1に示した成分組成を有する鋼を溶製した後、連続鋳造してスラブとし、 $1100 \times 1 \text{ hr}$ のスラブ加熱を行った後、熱間圧延仕上温度を $800$ とする熱間圧延し、 $610$ の温度でコイルに巻き取り、板厚 $1.8 \text{ mm}$ の熱延板とした。次いで、この熱延板に、 $100 \text{ vol} \% \text{ N}_2$ 雰囲気中で $1000 \times 30 \text{ sec}$ の熱延板焼鈍を施した後、冷間圧延して板厚 $0.35 \text{ mm}$ の冷延板とし、 $20 \text{ vol} \% \text{ H}_2 - 80 \text{ vol} \% \text{ N}_2$ 雰囲気中、 $980 \times 15 \text{ sec}$ の仕上焼鈍を施し、冷延焼鈍板とした。

斯くして得た冷延焼鈍板から、幅 $30 \text{ mm} \times$ 長さ $280 \text{ mm}$ のエプスタイン試験片を圧延方向および圧延直角方向から切り出し、JIS C2550に準拠して、鉄損 $W_{10/400}$ および磁束密度 $B_{50}$ を測定し、その結果を表1中に併記した。

【0041】

【 表 1 - 1 】

No.	化 学 成 分 (mass%)											板 厚 (mm)	磁気特性		備 考			
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Bi	Ca	Mg	Sb		Sn	Mo		Ti	鉄損W <sub>10/400</sub> (W/kg)	磁束密度B <sub>50</sub> (T)
1	0.0015	3.20	1.59	0.011	0.0003	1.20	0.0020	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.20	1.67	発明鋼
2	0.0012	3.12	1.59	0.011	0.0004	1.20	0.0015	0.0011	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0001	0.35	15.21	1.67	発明鋼
3	0.0013	3.13	1.57	0.011	0.0003	1.16	0.0016	0.0020	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.28	1.67	発明鋼
4	0.0015	3.14	1.56	0.011	0.0002	1.16	0.0016	0.0027	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0015	0.0001	0.35	15.30	1.67	発明鋼
5	0.0017	3.21	1.60	0.012	0.0003	1.15	0.0014	0.0037	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0010	0.0002	0.35	15.76	1.68	比較鋼
6	0.0017	3.15	1.59	0.013	0.0004	1.18	0.0015	0.0045	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0002	0.35	16.11	1.68	比較鋼
7	0.0016	3.16	0.15	0.012	0.0003	1.17	0.0014	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	0.35	16.00	1.69	比較鋼
8	0.0000	3.14	0.91	0.011	0.0003	1.16	0.0015	0.0001	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.70	1.68	比較鋼
9	0.0019	3.16	1.55	0.012	0.0004	1.16	0.0013	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0012	0.0001	0.35	15.30	1.68	発明鋼
10	0.0022	3.22	2.51	0.013	0.0003	1.15	0.0014	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0010	0.0002	0.35	15.10	1.66	発明鋼
11	0.0016	3.16	3.49	0.012	0.0003	1.18	0.0017	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.04	1.65	発明鋼
12	0.0014	3.15	4.43	0.014	0.0004	1.18	0.0016	0.0004	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.00	1.65	発明鋼
13	0.0014	3.16	5.20	0.010	0.0004	1.17	0.0023	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.02	1.61	比較鋼
14	0.0014	3.14	0.50	0.013	0.0005	1.20	0.0019	0.0025	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0009	0.0003	0.35	16.45	1.66	比較鋼
15	0.0013	3.15	1.53	0.012	0.0003	1.17	0.0017	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0001	0.35	15.30	1.67	発明鋼
16	0.0017	3.17	1.52	0.013	0.0003	1.18	0.0019	0.0003	tr.	tr.	0.0053	tr.	0.0014	0.0001	0.35	15.22	1.68	発明鋼
17	0.0011	3.16	1.57	0.011	0.0004	1.20	0.0018	0.0003	tr.	tr.	0.0174	tr.	0.0012	0.0002	0.35	15.17	1.69	発明鋼
18	0.0014	3.14	1.56	0.012	0.0003	1.20	0.0016	0.0005	tr.	tr.	tr.	0.0070	0.0010	0.0002	0.35	15.14	1.68	発明鋼
19	0.0016	3.20	1.56	0.012	0.0004	1.16	0.0021	0.0004	tr.	tr.	tr.	0.0240	0.0008	0.0003	0.35	15.12	1.69	発明鋼
20	0.0018	3.14	1.56	0.014	0.0004	1.21	0.0019	0.0003	tr.	tr.	tr.	0.0420	0.0007	0.0001	0.35	15.09	1.69	発明鋼
21	0.0021	3.12	1.57	0.013	0.0003	1.20	0.0017	0.0005	0.0023	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0001	0.35	14.98	1.67	発明鋼
22	0.0020	3.17	1.55	0.012	0.0004	1.21	0.0016	0.0015	0.0035	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0003	0.35	15.07	1.67	発明鋼

【 0 0 4 2 】

【 表 1 - 2 】

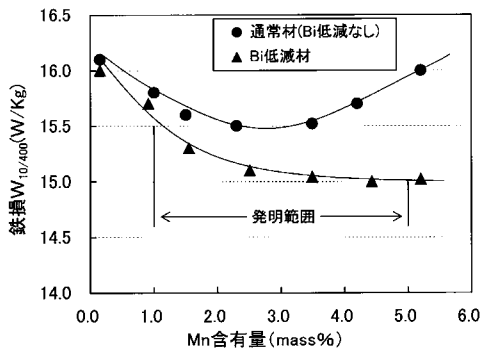
No.	化 学 成 分 (m a s s %)											板 厚 (mm)	磁気特性		備 考		
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Bi	Ca	Mg	Sb		Sn	Mo		Ti	鉄損W <sub>10/400</sub> (W/kg)
23	0.0021	3.13	1.56	0.012	0.0005	1.20	0.0017	0.0015	0.0047	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0002	15.20	1.67	発明鋼
24	0.0016	3.14	1.54	0.013	0.0003	1.22	0.0018	0.0016	0.0060	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0002	15.70	1.67	比較鋼
25	0.0017	3.13	1.54	0.011	0.0003	1.21	0.0016	0.0035	0.0032	tr.	tr.	tr.	0.0015	0.0003	15.59	1.67	比較鋼
26	0.0015	3.18	1.53	0.012	0.0004	1.23	0.0015	0.0005	tr.	0.0014	tr.	tr.	0.0016	0.0002	14.98	1.67	発明鋼
27	0.0016	3.19	1.54	0.011	0.0004	1.24	0.0021	0.0015	tr.	0.0015	tr.	tr.	0.0017	0.0002	15.08	1.67	発明鋼
28	0.0014	3.22	1.57	0.012	0.0003	1.22	0.0020	0.0015	tr.	0.0041	tr.	tr.	0.0015	0.0001	15.07	1.67	発明鋼
29	0.0013	0.88	1.52	0.030	0.0004	2.60	0.0025	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	18.42	1.67	比較鋼
30	0.0015	3.14	1.53	0.012	0.0003	1.22	0.0017	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0001	0.0002	15.40	1.67	発明鋼
31	0.0017	3.16	1.54	0.012	0.0003	1.23	0.0016	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0022	0.0002	15.36	1.68	発明鋼
32	0.0016	3.18	1.56	0.012	0.0004	1.20	0.0017	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0028	0.0001	15.42	1.68	発明鋼
33	0.0014	2.22	1.26	0.012	0.0003	2.18	0.0021	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	15.23	1.67	発明鋼
34	0.0016	3.55	1.20	0.004	0.0004	1.14	0.0021	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0012	0.0002	14.70	1.67	発明鋼
35	0.0017	4.92	1.13	0.004	0.0003	0.32	0.0016	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	14.62	1.60	比較鋼
36	0.0015	2.79	1.58	0.013	0.0003	1.33	0.0017	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	14.96	1.67	発明鋼
37	0.0014	2.49	1.57	0.011	0.0004	2.44	0.0021	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0001	14.78	1.66	発明鋼
38	0.0018	1.52	1.58	0.012	0.0004	3.47	0.0022	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	15.03	1.63	比較鋼
39	0.0013	2.79	1.56	0.013	0.0017	1.32	0.0014	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0001	15.22	1.65	発明鋼
40	0.0015	2.79	1.57	0.011	0.0055	1.32	0.0016	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0003	17.53	1.65	比較鋼
41	0.0016	2.78	1.58	0.014	0.0004	1.33	0.0015	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0037	16.28	1.65	比較鋼
42	0.0017	2.79	1.56	0.013	0.0003	1.32	0.0060	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0003	16.41	1.65	比較鋼
43	0.0059	2.79	1.57	0.012	0.0005	1.32	0.0010	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	16.45	1.65	比較鋼

【 0 0 4 3 】

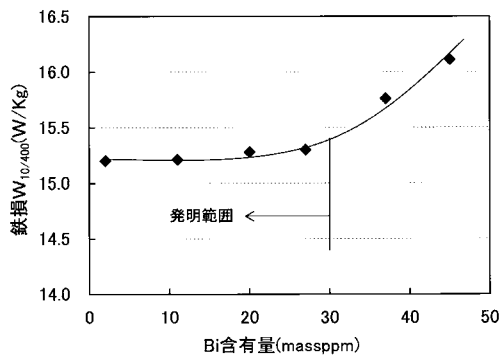
表 1 からわかるように、本発明の成分組成を満たす鋼板、特に Bi を低減した鋼板は、

高いMn含有量であるにも拘らず、高周波鉄損特性に優れていることがわかる。

【 図 1 】



【 図 2 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
H 0 1 F 1/16 (2006.01) H 0 1 F 1/16 A

(72)発明者 平谷 多津彦  
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

(72)発明者 中西 匡  
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内  
Fターム(参考) 5E041 AA02 AA19 CA04 NN01