

(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
2011 年 10 月 20 日(20.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/129062 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) F16F 15/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/001859
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 29 日(29.03.2011)
- (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 2010-093196 2010 年 4 月 14 日(14.04.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社豊田自動織機(KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山名 啓太(YAMANA, Keita) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 谷澤 元治(TANIZAWA, Motoharu) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1

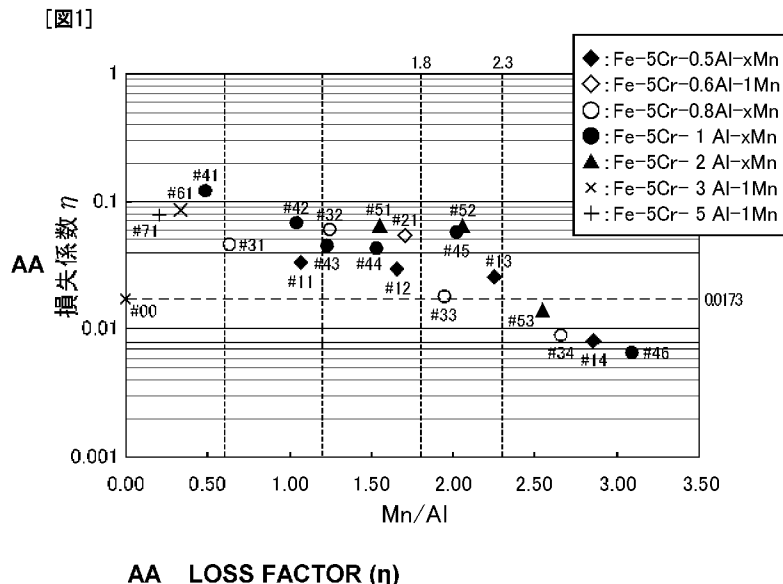
番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 原田正則(HARATA, Masanori) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP).

- (74) 代理人: 大川 宏(OHKAWA, Hiroshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅 3 丁目 2 番 5 号 Aichi (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: IRON ALLOY HAVING EXCELLENT PROCESSABILITY, AND VIBRATION DAMPING MEMBER COMPRISING SAME

(54) 発明の名称: 加工性に優れた鉄合金およびそれを用いた制振部材



(57) Abstract: Disclosed is an iron alloy comprising 3 to 8% of chromium (Cr), 0.4 to 2% of aluminum (Al), manganese (Mn) in such an amount that the ratio of the content of Mn to the content of Al (i.e., an Mn/Al ratio) is 0.6 to 2.3 by mass, and a remainder made up by iron (Fe) and unavoidable impurities and/or a reforming element (wherein "%" is an abbreviation of "mass%" and the total amount of the iron alloy is 100 mass%). The iron alloy has a vibration damping property at an effective level for the use as a vibration damping member and also has excellent processability.

(57) 要約: 発明の鉄合金は、全体を100質量%としたときに（以下単に「%」という。）、3～8%のクロム（Cr）と、0.4～2%のアルミニウム（Al）と、Alに対する質量比（Mn/Al）が0.6～2.3のマンガン（Mn）と、残部が鉄（Fe）と不可避不純物および/または改質元素とからなる。本発明の鉄合金は、制振部材として使用可能な制振性を示すとともに加工性に優れる。



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 加工性に優れた鉄合金およびそれを用いた制振部材 技術分野

[0001] 本発明は、制振材料として用いられる鉄合金および制振部材に関するものである。

背景技術

[0002] 機械的に可動する可動部を有する装置や機器などは、その可動部が加振源となって、各部に多かれ少なかれ振動を生じることが多い。このような振動は様々な騒音の原因となったり、疲労強度の劣化に繋がったり、などして好ましくない。そこで、この振動を抑制する制振材が種々用いられている。たとえば、強度や剛性などの機械的特性があまり要求されず、使用環境（たとえば使用雰囲気）が穏やかな部材であれば、振動を吸収し易い樹脂材や、その樹脂を部分的に用いた素材（たとえば鋼板間に樹脂材を挟持した制振鋼板）が制振材として用いられる。

[0003] しかし、強度などの機械的特性が要求され、高温雰囲気で使用される部材には、そのような制振材を安易に用いることはできず、金属材料からなる制振材が用いられることが多い。これまでに、強度などの機械的特性、耐熱性さらには加工性などに優れると共に比較的原料コストが安価な鉄合金が提案されており、具体例として下記の特許文献 1 および特許文献 2 が挙げられる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開平 5－2 5 5 8 1 3 号公報

特許文献 2：特開平 6－1 0 0 9 8 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献 1 では、マンガン（Mn）を 1 0～2 7 質量%含む Fe－Mn 合

金にCu、Cr、SiおよびNiのうちの少なくとも一種を添加すると、加工性（延性）および強度の向上に有利であることが記載されている。さらに、C、N、P、SおよびAlを添加しており、実施例ではAlの添加量が0.03～0.04質量%程度である。

[0006] また、特許文献2には、Alを3～11質量%、Cuを5～70質量%、Crを3～9質量%含む鉄合金が開示されている。特許文献2では、Alの添加は加工性を向上させるためであると述べているが、その添加量は、3質量%以上必要であるとしている。

[0007] 鉄合金に対するAlの過剰な添加はFe₃Al系金属間化合物の生成を促進させることが知られている。Fe₃Al系金属間化合物は、一般に延性が乏しく、加工性が非常に悪いことも知られているため、鉄合金においてはAlの添加量のある程度抑える必要がある。その一方で、制振合金へのAlの添加は制振性の向上に効果があるため、鉄合金に対するAlの添加量を少なくすると、制振性と加工性とを両立することができなくなる。

[0008] 本発明は、このような事情に鑑みて為されたものであり、制振部材として使用可能な制振性を示すとともに加工性に優れた鉄合金を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者等は、制振合金として代表的なFe-Cr-Mn合金において、制振部材として必要な高い制振性を保持できる程度にAlを含有しつつ、Al含有量に対するMn含有量を適切な範囲とすることで、Al添加による制振性の向上効果を損なうことなく延性を向上させられることを新たに見出した。

[0010] すなわち、本発明の鉄合金は、制振部材に用いる加工性に優れた鉄合金であって、全体を100質量%としたときに（以下単に「%」という。）、3～8%のクロム（Cr）と、0.4～2%のアルミニウム（Al）と、Alに対する質量比（Mn/Al）が0.6～2.3のマンガン（Mn）と、残部が鉄（Fe）と不可避不純物および／または改質元素とからなることを特

徴とする。

- [0011] 本発明の鉄合金は、Cr、AlおよびMnを適量含むことで、Fe-Cr-Mn合金以上の制振性を示すとともに、延性（加工性）に優れる。具体的には、 $1 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-4}$ の歪振幅域、90～120Hzの周波数域で、制振性を指標する損失係数が0.01以上さらには0.02以上の制振部材であるのが好ましい。また、常温における破断伸びが、30%以上さらには40%以上の鉄合金であるのが好ましい。
- [0012] Alは、制振性の向上に有効であるとともにフェライト（ α ）相を安定化させる元素である。一方、鉄合金においてMnは、オーステナイト（ γ ）化元素として知られており、常温では α 相の他に Cr_2FeMn 化合物からなる σ 相が生成され、高温では γ 相が安定化する。つまり、Mnの存在により、介在物の微細分散および相変態を用いた結晶粒微細化効果が得られ、凝固組織が微細化されて延性を向上させられる。凝固組織の微細化には、金属組織に占める α 相と γ 相との面積比が影響する。さらに、Al含有量が同じ鉄合金であっても、Mn量の影響で制振性が低下する。そのため、AlとMnとの含有割合の比（ Mn/Al ）を適切な範囲とした鉄合金は、高い延性を示すとともに優れた制振性を有する制振部材として使用可能である。
- [0013] ちなみに、振動減衰能を示す指標として、本明細書で主に用いた損失係数 η の他に、対数減衰率 δ や比減衰能 W 等がある。これらは相互に関係があり、 $\delta = \pi \eta$ または $W = 2 \pi \eta$ という関係式により、関連付けられる。従って、振動減衰能の指標が異なる場合でも、それら関係式を用いて換算することにより相互に比較することは可能である。
- [0014] そして本発明の鉄合金では、このような優れた制振性が、低温域および常温域で安定していることはもちろん、高温域でも（低くとも300℃程度まで）安定しており、制振性の高温安定性が高い。したがって、本発明の鉄合金は従来以上に多種多様な部材へ利用可能である。
- [0015] ところで、本発明の鉄合金（「鉄合金部材」を含めて、適宜単に「鉄合金」という。）が上記のような優れた制振性を発現するメカニズムや理由は必

ずしも定かではないが、現状では次のように考えられる。

- [0016] まず、制振性は、振動エネルギーが制振材内部で部分的に吸収されるなどして低下し、振動の伝達が阻害される現象である。ちなみに、吸収された振動エネルギーは主に熱エネルギーに変換されて外部に放出される。このような振動エネルギーの低減メカニズム（制振メカニズム）として、磁壁（磁区の境界）の移動により振動を吸収する強磁性型、金属結晶の転位の運動により振動を吸収する転位型、マルテンサイトの変態で生成した双晶の運動により振動を吸収する双晶型、マトリクス（Fe など）と柔らかい分散粒子（黒鉛など）の界面付近の粘性流動により振動を吸収する複合型などがあるといわれている。
- [0017] 本発明の鉄合金は、複数の制振メカニズムが融合して優れた制振性を発現していると思われるが、その成分組成からして主に、磁壁の移動によって振動が吸収される強磁性型であると思われる。もっとも、塑性加工を加えた本発明の鉄合金は、さらに、転位の運動によっても振動を吸収すると考えられる。
- [0018] 上記した本発明の鉄合金は、塑性加工などが施されて所望形状が付与された部材（鉄合金部材）の他、加工前の素材（鉄合金素材）をも含む。その用途は必ずしも限定されていないが、上記のような優れた制振性から明らかのように、制振材料として好適であることは当然である。そして、本発明の鉄合金からなる鉄合金素材は延性が高い（常温での破断伸びが30%以上）ため、プレス成形、鍛造、圧延などの通常の塑性加工の他、組成によっては深絞り、引き抜きなどの強加工も可能であり、所望形状の鉄合金部材が得られる。なお、本発明の鉄合金の延性および鉄合金部材の制振性の程度は、施される加工や部材の用途に応じて、適切な組成範囲の元で適宜選択されるとよい。
- [0019] また、本明細書中でいう「改質元素」は、Fe、Cr、Al およびMn 以外であって、鉄合金の特性改善に有効な元素である。改善される特性の種類は問わないが、制振性、軟磁性、強度、靱性、延性、高温安定性などがある

。改質元素の具体例として、Cu、Ni などがある。各元素の組合せは任意である。これらの改質元素の含有量は限られず、また、通常その含有量は微量である。

[0020] 「不可避不純物」は、原料粉末中に含まれる不純物や各工程時に混入する不純物などであって、コスト的または技術的な理由などにより除去することが困難な元素である。本発明に係る鉄合金の場合であれば、たとえば、炭素（C）、リン（P）、硫黄（S）等がある。なお当然ながら、改質元素や不可避不純物の組成は特に限定されない。

[0021] なお、特に断らない限り、本明細書でいう「a～b」は下限aおよび上限bを含む。また、本明細書に記載した下限および上限は任意に組み合わせて「c～d」のような範囲を構成し得る。

[0022] 本明細書でいう「鉄合金」または「鉄合金部材」はその形態を問わない。特に鉄合金は、たとえば、バルク状、板状、棒状、管状などの素材であつてもよいし、最終的な形状またはそれに近い構造部材自体であつてもよい。

[0023] また、それらの素材となる鉄合金素材は、溶製材でも焼結材でもよいが、溶製材であれば、緻密で安定した品質の素材が安価で得られる。一方、焼結材であれば、（ニア）ネットシェイプにより最終製品形状に近い状態の鉄合金素材が得られる。

発明の効果

[0024] Cr、Al およびMnを適量含む本発明の鉄合金は、制振部材に必要な高い制振性を有し、高延性を示すため加工性に優れる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1] Fe-5Cr-yAl-xMn合金（単位：質量%）について、Mn／Al値に対する損失係数 η を示すグラフである。

[図2] Fe-5Cr-yAl-xMn合金（単位：質量%）について、Mn／Al値に対する伸びを示すグラフである。

[図3] Fe-5Cr-0.5Al-1Mn合金（単位：質量%）の金属組織を示す図面代用写真である。

[図4] $\text{Fe}-5\text{Cr}-0.6\text{Al}-1\text{Mn}$ 合金（単位：質量％）の金属組織を示す図面代用写真である。

[図5] $\text{Fe}-5\text{Cr}-0.8\text{Al}-1\text{Mn}$ 合金（単位：質量％）の金属組織を示す図面代用写真である。

[図6] $\text{Fe}-5\text{Cr}-1\text{Al}-0.5\text{Mn}$ 合金（単位：質量％）の金属組織を示す図面代用写真である。

[図7] $\text{Fe}-5\text{Cr}-1\text{Al}-1\text{Mn}$ 合金（単位：質量％）の金属組織を示す図面代用写真である。

[図8] $\text{Fe}-5\text{Cr}-1\text{Al}-3\text{Mn}$ 合金（単位：質量％）の金属組織を示す図面代用写真である。

[図9] $\text{Fe}-5\text{Cr}-2\text{Al}-4\text{Mn}$ 合金（単位：質量％）の金属組織を示す図面代用写真である。

[図10] 制振性を指標する損失係数の算出方法を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0026] 発明の実施形態を挙げて本発明をより詳しく説明する。なお、以下の実施形態を含め、本明細書で説明する内容は、本発明に係る鉄合金のみならず、鉄合金部材およびその製造方法にも適宜適用される。このため、下記から選択される構成は、いずれの発明にも、また、カテゴリーを越えて、重疊的または任意的に、上述した本発明の構成に付加可能である。たとえば、鉄合金の組成に関する構成であれば、鉄合金部材は勿論、その製造方法にも関連する。また、製造方法に関する構成のように見えても、プロダクトバイプロセスとして理解すれば、鉄合金に関する構成ともなり得る。なお、いずれの実施形態が最良であるか否かは、対象、要求性能等によって異なる。

[0027] <合金組成>

本発明の鉄合金、鉄合金部材および鉄合金素材（以下、単に「鉄合金」という。）は、主成分である Fe と、 Cr 、 Al および Mn と、からなる。具体的には、本発明の鉄合金は、全体を 100 質量％としたときに（以下単に「％」という。）、3～8％の Cr と、0.4～2％の Al と、 Mn/Al

が0.6～2.3のMnと、残部がFeと不可避不純物および／または改質元素とからなる。改質元素および不可避不純物については前述した通りである。

[0028] Crは、鉄合金の少なくとも制振性を向上させるのに有効な元素である。AlおよびMnと共存することで、制振性を格段に向上させる。

[0029] Crを添加した鉄合金は、磁気特性が高く、優れた制振性を示す。しかし、Cr含有量が3%未満では磁気特性の向上効果が小さく、十分な制振性が得られない。好ましいCr含有量は、4%以上さらには4.5%以上である。ただし、Cr含有量が過多では、高温（たとえば750℃以上）にしても γ 相が生成せず α 相が安定化する。そのため、Cr含有量が過多では、高温環境下において α 相が粗大化して延性が低下する。また、Crが過多ではコスト高になる。そのため、Cr含有量は8%以下とする。好ましいCr含有量は、7%以下、6%以下さらには5.5%以下である。

[0030] Alは、制振性の向上に有効な元素であると共に軟磁気特性の向上に有効な元素である。Al含有量が0.4%未満では、十分な制振性が得られない。好ましいAl含有量は、0.5%以上さらには0.7%以上である。しかし、Alの添加量が多すぎると α 相が粗大化して延性を低下させ、コスト高にも繋がる。そのため、Al含有量を1.5%以下、1%以下、0.9%以下さらには0.8%以下とするとよい。

[0031] Mnは、鉄合金の凝固組織を微細化させることで延性の向上に有効な元素であり、Alに起因する α 相の粗大化を抑制する。そのため、好ましいMn含有量はMn/Al（質量比）で、1.2以上である。一方で、Mn含有量が過多であると、磁壁を移動し難くして振動の吸収能を低下させるため、Alによる制振性の向上効果を低減させる。好ましいMn含有量はMn/Al（質量比）で、2.1以下さらには1.8以下である。特に、Mn/Alが0.6～1.8かつAl含有量が0.4～0.8%さらには0.4～0.6%である場合には、制振性と加工性とが高いレベルで両立されるため好ましい。

[0032] <金属組織>

本発明の鉄合金は、結晶粒微細効果に起因する高延性により、加工性に優れる。加工前の鉄合金（鑄放しの状態の合金素材）または熱間加工後の合金素材において、結晶粒の平均粒径が $200\mu\text{m}$ 以下さらには $50\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下であるとよい。なお、結晶粒径の測定は、断面の各種顕微鏡写真より算出することができる。具体的には、顕微鏡写真から複数個の結晶粒の最大径（粒子を2本の平行線で挟んだとき平行線の間隔の最大値）を測定し、それらの算術平均値を平均粒径とすればよい。

[0033] 加工性の観点では、結晶粒径は小さい方が望ましい。しかし、結晶粒径が大きい方が、制振性は高くなる。したがって、本発明の鉄合金からなる制振部材においては、結晶粒の平均粒径が $50\sim 200\mu\text{m}$ さらには $100\sim 150\mu\text{m}$ であるとよい。

[0034] <製造方法>

<1. 合金素材>

本発明の鉄合金は、上述した組成を有するものであれば、溶製材でも焼結材でもよい。もっとも、酸化物等の介在によって鉄合金の制振性、機械的特性などが低下し得るので、鉄合金は酸化防止雰囲気さらには真空雰囲気で鑄造や焼結されたものであるのが好ましい。そして、合金素材に対しては、必要に応じて以下の工程を施して制振部材が得られる。

[0035] <2. 塑性加工>

本発明の鉄合金に対して施される塑性加工として、熱間加工工程および冷間加工工程がある。

[0036] 熱間加工工程は、鉄合金素材を再結晶温度（ 750°C 程度）以上に加熱した状態で塑性加工を施す工程である。再結晶温度以上に加熱すると γ 相が生成されるとともに加工の応力負荷により、結晶粒はさらに微細化する。このような塑性加工として、たとえば、熱間圧延、熱間鍛造などが挙げられる。この熱間加工工程を行う温度（熱間温度）は、再結晶温度以上であるが、たとえば、 $850\sim 1150^{\circ}\text{C}$ さらには $950\sim 1100^{\circ}\text{C}$ であると好ましい

。

[0037] 冷間加工工程は、鉄合金素材をその再結晶温度未満の冷間温度で塑性加工を施す工程である。このような冷間加工には、鉄合金部材の仕様に応じて、打ち抜き、曲げ、絞りなど多種多様な加工がある。冷間加工工程は、さらに結晶粒が微細化した熱間加工工程後の鉄合金素材（後述の焼鈍工程前）に対して行われるのが好ましい。しかし、本発明の鉄合金であれば鑄放しの状態であっても延性が高いため、鑄放し材に直接冷間加工を行ってもよい。熱間加工工程後に行われる冷間加工工程は、鉄合金素材を最終的な製品（鉄合金部材）の形状かそれに近い形状とする工程である。この場合の冷間加工工程は、仕様の定まった鉄合金部材を安価に量産する場合に有効な工程である。

[0038] これらの熱間加工工程や冷間加工工程で行う加工度は、鉄合金素材のサイズや最終的な鉄合金部材のサイズにより異なるため一概に特定できないが、その加工度は鉄合金の制振性にも影響することが解っている。これは、加工度が増加することによって、鉄合金素材または鉄合金部材中に導入される加工歪や転位などが増加し、また、結晶粒径も小さくなって、振動エネルギーを吸収する磁壁の移動性や転位密度などが変化するためと考えられる。熱間加工工程の加工度を指標するものとして、たとえば、圧下率（加工後の厚さの変化分／加工前の厚さ）がある。本発明の鉄合金では、たとえば、この圧下率を50～90%さらには60～80%とするとよい。

[0039] < 3. 焼鈍工程 >

焼鈍工程は、塑性加工後の鉄合金素材を、その再結晶温度以上の焼鈍温度に加熱した後に徐冷する工程である。これにより、それ以前の塑性加工で導入された加工歪や転位などが除去または減少され得る。また、結晶粒が成長して大きくなることで、制振性が向上する。この焼鈍温度は、前述した熱間温度と同様、再結晶温度以上であるが、たとえば、850～1150℃さらには950～1100℃であると好ましい。また、加熱時間は、30分～1.5時間さらには45分～60分が好ましい。

[0040] 焼鈍温度から鉄合金素材を徐冷することにより焼鈍工程が完了し、制振性

に優れた鉄合金部材が得られる。冷却速度が $1000^{\circ}\text{C}/\text{分}$ を超える（たとえば水冷する）と、制振合金部材に歪が入るなどして制振性が低下するため望ましくない。そのため、空冷または加熱炉を用いた炉冷などで行うとよい。冷却速度は、 $1\sim 10^{\circ}\text{C}/\text{分}$ さらには $3\sim 6^{\circ}\text{C}/\text{分}$ であるのが望ましい。

[0041] <制振合金部材>

本発明の鉄合金部材は、上述したような制振性および伸びの他に、ベースがFeであるから、強度、剛性、靱性など、各種の機械的特性にも優れる。たとえば、引張強度は 360MPa あり、十分に高強度である。また、本発明の鉄合金は耐熱性（制振性の高温安定性）に優れるので、使用環境が高温下（ 300°C 程度まで）であっても、その制振性はほとんど低下しない。このように各種の機械的特性に優れるので本発明の鉄合金は構造部材としても十分利用可能である。したがって、従来の構造部材を本発明の鉄合金部材で置換すれば、前述した制振性をも併せもたせることが可能となる。特に、本発明の鉄合金からなる制振部材の望ましい用途としては、その制振性が良好に発揮される歪振幅域（ 1×10^{-4} 付近）で使用される一般機械設備などが挙げられる。

実施例

[0042] 実施例および比較例を挙げて本発明をより具体的に説明する。

[0043] 《試験片の製造》

（１）鉄合金素材の溶製

原料として純Fe、純Cr、純Alおよび純Mnの鋳塊を用意して、表1に示す種々の合金組成に配合した。これらの配合原料をアルミナ製坩堝に入れて高周波真空溶解炉で溶解した。この溶解は、 $0.1\sim 0.5\text{torr}$ （ $13.322\sim 66.661\text{Pa}$ ）まで排気した後、 100torr （ 13332.2Pa ）までArガスを導入し、さらにその脱ガス後に 500torr （ 66661Pa ）までArガスを導入した雰囲気で行った。このときの溶解温度は 1530°C とし、一度の溶解で 5kg の溶湯を調製した。こうして得られた鉄合金溶湯をアルゴンガス雰囲気の下、鋳鉄製の鋳型へ注湯し

、自然冷却により凝固させた。こうして、 $\phi 70\text{ mm} \times 130\text{ mm}$ の円柱形状の試験片素材（鉄合金素材）を得た。

[0044] （２）熱間加工工程

これらの試験片素材に対して、大気雰囲気の下で熱間圧延（塑性加工）を施した（熱間加工工程）。この圧延前には、予め $1000^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間の加熱（予熱）を行っておいた。（圧延前の厚さ－圧延後の厚さ）／（圧延前の厚さ）で表される圧延時の圧下率は、 75% とした。

[0045] （３）焼鈍工程

熱間圧延後の試験片素材を、大気雰囲気の加熱炉中に入れて 1050°C で60分加熱した後、6時間かけて常温まで炉冷した。冷却速度は、約 $5.4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であった。

[0046] 以上の工程を経て、制振性評価用の板状試験片（幅 $10\text{ mm} \times$ 長さ $160\text{ mm} \times$ 厚さ 3 mm ）を得た。

[0047] 《測定》

（Ⅰ）合金組成の分析

上記の手順で得られた各試料について、湿式分析により組成分析して、鉄合金全体の分析組成を得た。こうして得た基本元素組成を表１に「分析値」として示した。なお、表１の「－」は、未配合、未分析もしくは未測定、分析不可もしくは測定不可のいずれかを示す。

[0048] （ⅠⅠ）制振性の評価

熱処理後の板状試験片を用いて、片持ち梁法により損失係数を測定した。図１０は、片持ち梁法の説明図である。片持ち梁法は、試験片の一端部を万力で固定して所定の自由長をもつ片持ち梁とし、自由振動を発生させて歪減衰曲線を測定する方法である。測定条件として、他端から 80 mm の位置に歪みゲージを接着し、自由長を 130 mm とし、他端部をハンマーで加振して自由振動を発生させた。付与した振動は、周波数： 100 Hz 、歪振幅： 1×10^{-4} 、であった。そして、歪ゲージに接続した動歪計からの信号をオシロスコープにより検出し、歪減衰曲線を得た。

[0049] 歪減衰曲線の概略を図 10 の右下に示す。損失係数の算出は、減衰自由振動波形から応答変位の振幅を読み取り、図 10 の式を用いて η を算出した。結果を表 1 および図 1 に示した。

[0050] (I I I) 延性の評価

引張試験を行い、鉄合金素材（試験片素材）の破断伸びを測定した。伸びの測定は、J I S G 0 5 6 7 に準じて 2 5 °C において試験を行った。結果を、表 1 および図 2 に示した。

[0051] (I V) 金属組織の観察

上記の引張試験の結果より、伸びが 4 0 % 未満であった # 4 1、# 4 2 および # 5 2、伸びが 4 0 % 以上であった # 1 3、# 2 1、# 3 2 および # 4 6 の鉄合金素材（試験片素材）の断面を、金属顕微鏡を用いて観察した。結果を図 3 ～図 9 に示した。

[0052]

[表1]

	組成 (質量%)				分析値 (質量%)				損失係数 η	伸び (%)	評価
	Cr	Al	Mn	Mn/Al	Cr	Al	Mn	Mn/Al			
#00	5	0	1	—	—	—	—	—	0.0173	51.8	×
#11	5	0.5	0.5	1.00	4.89	0.46	0.49	1.07	0.0338	54	○
#12	5	0.5	0.8	1.60	4.91	0.47	0.78	1.66	0.03	54	○
#13	5	0.5	1	2.00	4.91	0.44	0.99	2.25	0.026	51.5	○
#14	5	0.5	1.2	2.40	4.91	0.41	1.17	2.85	0.0081	51.5	×
#21	5	0.6	1	1.67	4.97	0.58	0.99	1.71	0.055	52.5	○
#31	5	0.8	0.5	0.63	4.91	0.77	0.49	0.64	0.0461	46.5	○
#32	5	0.8	1	1.25	4.92	0.77	0.96	1.25	0.0593	43.5	○
#33	5	0.8	1.5	1.88	4.91	0.76	1.48	1.95	0.0181	50	○
#34	5	0.8	2	2.50	4.91	0.74	1.97	2.66	0.009	46	×
#41	5	1	0.5	0.50	4.93	0.98	0.48	0.49	0.1191	22.5	×
#42	5	1	1	1.00	4.94	0.96	1	1.04	0.067	31	○
#43	5	1	1.2	1.20	4.93	0.96	1.18	1.23	0.0446	51	○
#44	5	1	1.5	1.50	4.93	0.96	1.47	1.53	0.0429	46	○
#45	5	1	2	2.00	4.93	0.96	1.94	2.02	0.0570	41	○
#46	5	1	3	3.00	4.99	0.97	3	3.09	0.0065	42.5	×
#51	5	2	3	1.50	5.00	1.92	2.98	1.55	0.0643	33	○
#52	5	2	4	2.00	4.94	1.91	3.93	2.06	0.0646	33.5	○
#53	5	2	5	2.50	5.01	1.95	4.97	2.55	0.014	29.5	×
#61	5	3	1	0.33	4.99	3	1	0.33	0.0853	26	×
#71	5	5	1	0.20	4.99	5	1	0.20	0.0781	26.8	×

残部はFe。Mn/Al値は計算値。

[0053] なお、表1の「評価」の欄は、損失係数 η が0.0173を超かつ伸びが30%以上である場合を○、 η および伸びの値のうち一方でも上記の範囲に

ない場合を×、とした。また、#00はAlを含有しないため、 Mn/Al 値を計算できないが、 Mn/Al 値を「0」として図1および図2に示した。

[0054] 合金組成の分析より、表1に示す#11～#71の試料は、#00に対してAlが0.41～5%添加され、Mn含有量が0.48～4.97%の範囲であった。

[0055] #61および#71より、Al含有量が多いと制振性は向上するが、延性は低下することがわかった。延性すなわち鉄合金素材の加工性を向上させるためには、Al含有量を2%以下とする必要があり、さらにはAl含有量を0.8%以下とすることで、40%以上の伸びを示すことがわかった。

[0056] 損失係数は、図1より、 Mn/Al 値が大きいほど低下する傾向にあった。 Mn/Al 値が2.1付近から、 η は Mn/Al 値の増加に伴い大きく低下した。 Mn/Al 値が2.3を超えると、Alを含まない#00よりも損失係数が低下することがわかった。 Mn/Al 値が1.8以下であれば、Al量にかかわらず0.03以上の損失係数を示した。

[0057] 一方、伸びは、図2より、 Mn/Al 値が大きいほど向上する傾向にあった。 Mn/Al 値が0.6以上で、伸びが30%以上となった。また、Al含有量が0.4～1%の各試料については、 Mn/Al 値が1.2までは延性が増加傾向にあり、1.2以上で40～55%程度の伸びを安定して示した。

[0058] すなわち、 Mn/Al 値が0.6～2.3かつAl含有量が0.4～0.8%であるFe-Cr-Al-Mn合金は、#00よりも制振性に優れ、40%以上の伸びを示すことがわかった。特に、 Mn/Al 値が0.6～1.8かつAl含有量が0.4～0.6%であるFe-Cr-Al-Mn合金は、#00よりも制振性および加工性ともに優れることがわかった。

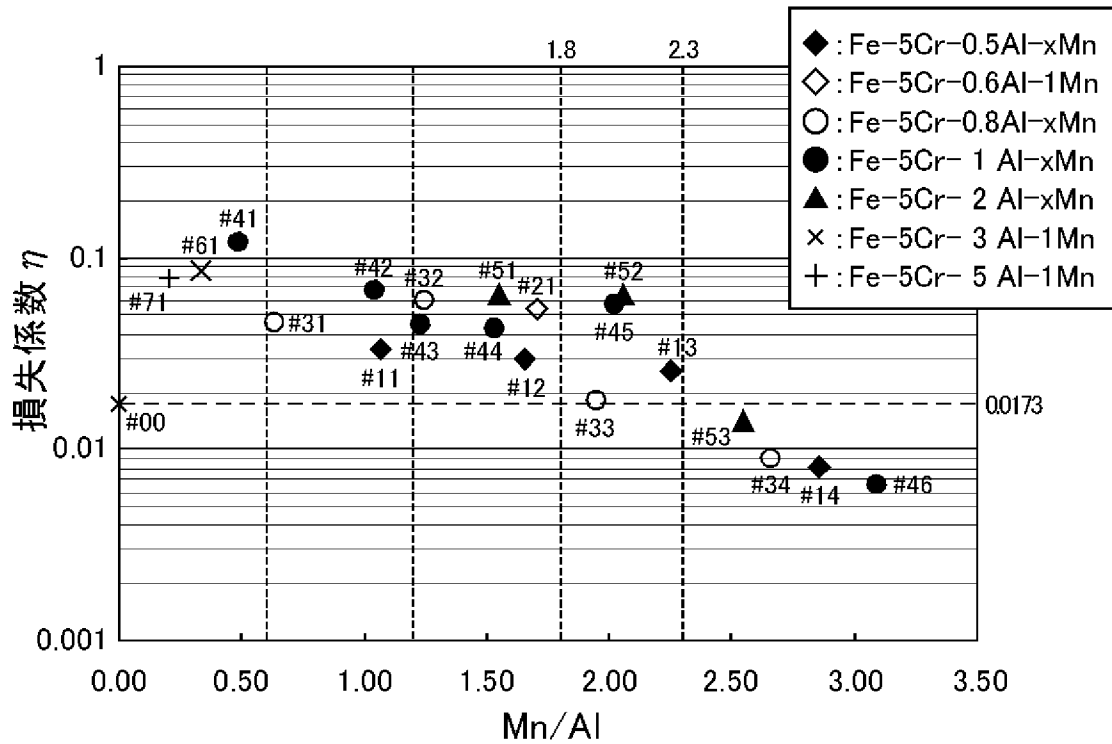
[0059] また、金属組織の観察より、延性に優れ Mn/Al 値が高い試料ほど、結晶粒が微細になることがわかった。#41は、伸びが悪く Mn/Al 値が小さい試料であり、図6に示す一視野に観察された結晶粒は数個であった。#

4 1（図 6）、# 4 2（図 7）、# 4 6（図 8）の順でMnの添加量が多くなるにしたがい、一視野に観察された結晶粒の個数は増加し、Mnに起因する結晶粒微細化効果により凝固組織は微細であった。ところが、# 4 6よりも結晶粒が大きい# 1 3（図 3）、# 2 1（図 4）および# 3 2（図 5）の方が、伸びが大きかった。つまり、Mn含有量が多い方が凝固組織は微細であったが、Mn含有量が3%以上さらには4%を超える（たとえば# 4 6および# 5 3）と結晶粒の大きさの割には延性が向上しないことがわかった。

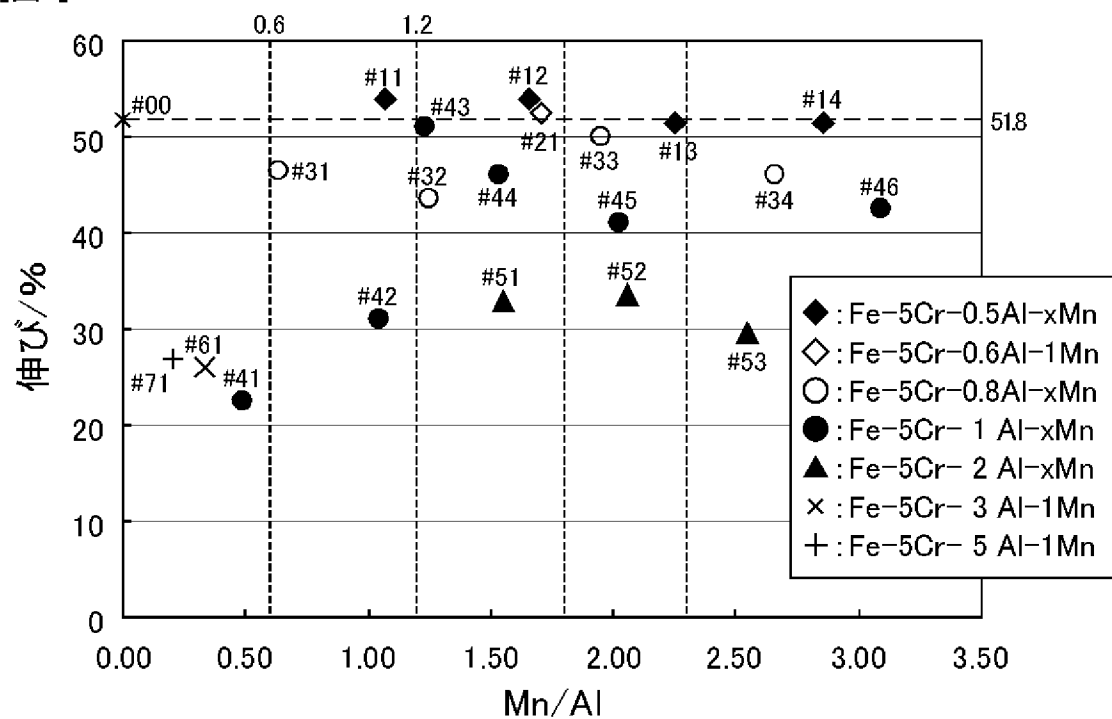
請求の範囲

- [請求項1] 全体を100質量%としたときに（以下単に「%」という。）、
3～8%のクロム（Cr）と、
0.4～2%のアルミニウム（Al）と、
Alに対する質量比（Mn/Al）が0.6～2.3のマンガン（Mn）と、
残部が鉄（Fe）と不可避不純物および／または改質元素とからなることを特徴とする制振部材に用いる加工性に優れた鉄合金。
- [請求項2] Alを0.4～0.8%含む請求項1に記載の鉄合金。
- [請求項3] Mn/Alが0.6～1.8である請求項1または2記載の鉄合金。
- [請求項4] Alを0.4～0.6%含む請求項1～3のいずれかに記載の鉄合金。
- [請求項5] Crを4～6%含む請求項1～4のいずれかに記載の鉄合金。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれかに記載の鉄合金からなり、 $1 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-4}$ の歪振幅域、90～120Hzの周波数域での制振性を指標する損失係数が0.01以上であることを特徴とする制振部材。

[図1]

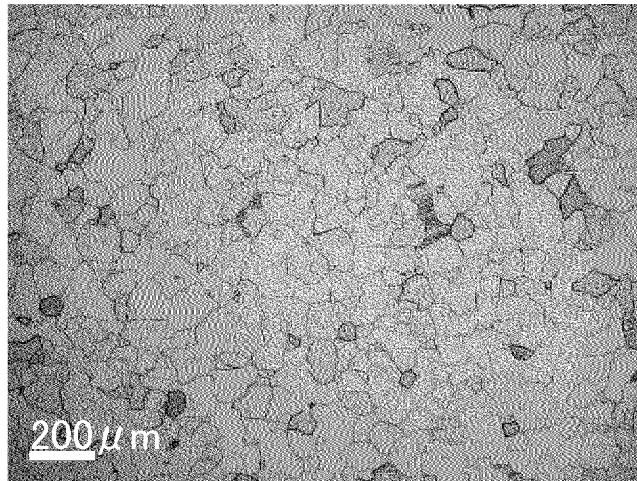


[図2]



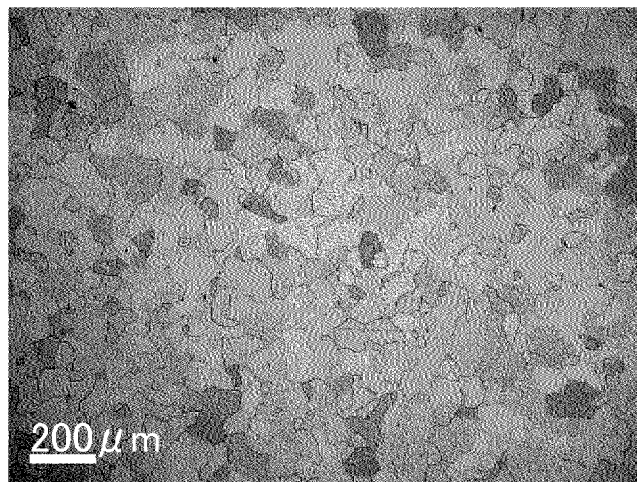
[図3]

#13: Fe-5Cr-0.5Al-1Mn



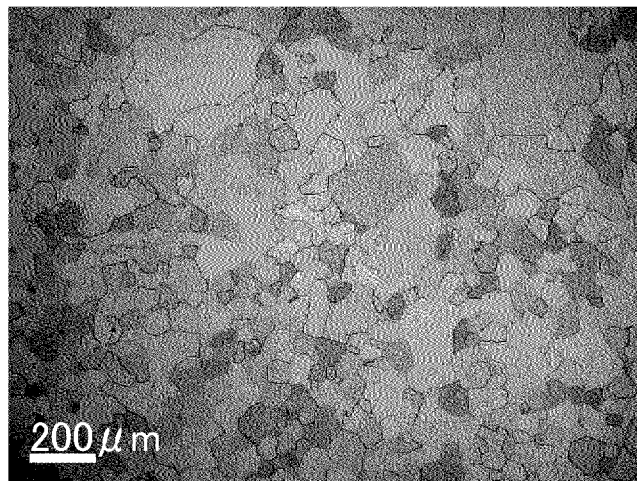
[図4]

#21: Fe-5Cr-0.6Al-1Mn



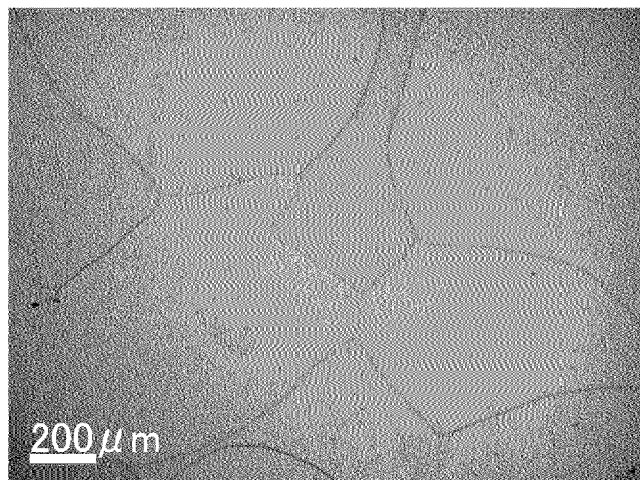
[図5]

#32: Fe-5Cr-0.8Al-1Mn



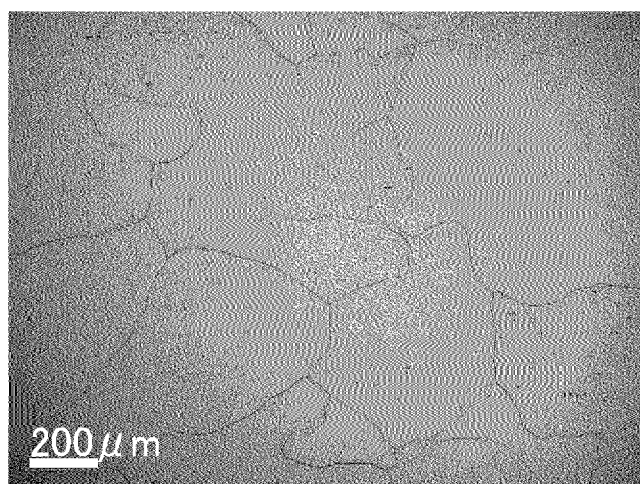
[図6]

#41 : Fe-5Cr-1Al-0.5Mn



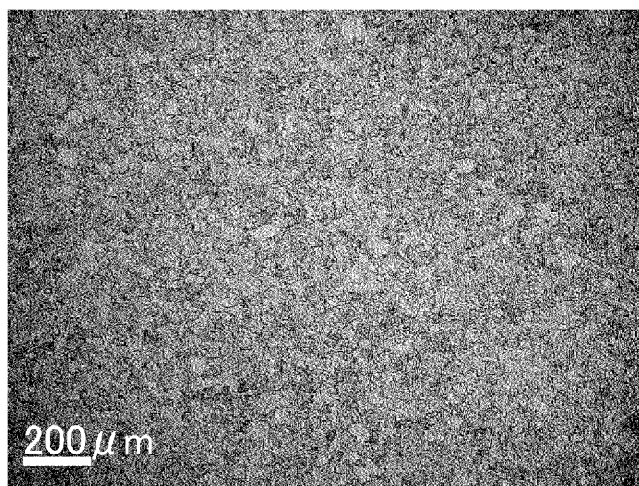
[図7]

#42 : Fe-5Cr-1Al-1Mn



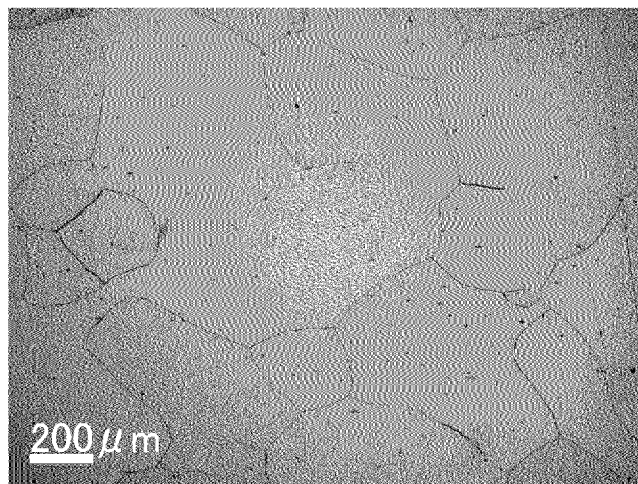
[図8]

#46 : Fe-5Cr-1Al-3Mn

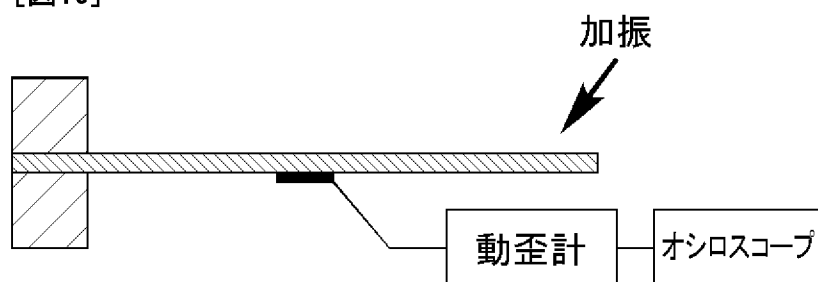


[図9]

#52: Fe-5Cr-2Al-4Mn



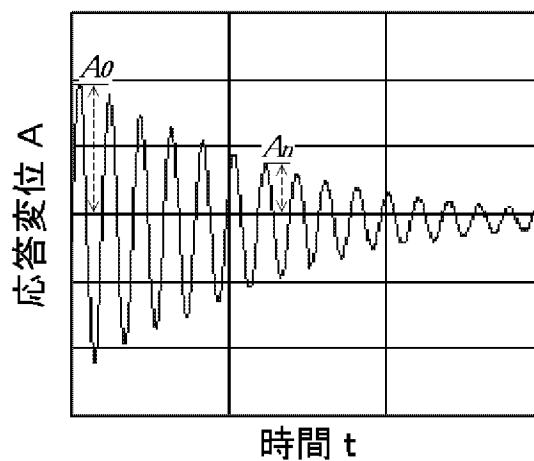
[図10]



n : 波数
 A_0 : 最初の波の振幅
 A_n : 最初から n 番目の波の振幅

損失係数

$$\eta = \frac{1}{n\pi} \log \left(\frac{A_0}{A_n} \right)$$



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/001859

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C38/00 (2006.01) i, F16F15/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C38/00, F16F15/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 7-70699 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 14 March 1995 (14.03.1995), claims; paragraphs [0011], [0012]; test no.5, 20, 30 (Family: none)	1-6
X	JP 8-319537 A (Nippon Steel Corp.), 03 December 1996 (03.12.1996), claims; paragraphs [0018], [0022] to [0034]; steels P, Q (Family: none)	1-6
X	JP 7-252596 A (Nippon Steel Corp.), 03 October 1995 (03.10.1995), claims; paragraphs [0007], [0008], [0011] to [0018]; invention steel 3 (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ 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
09 June, 2011 (09.06.11)Date of mailing of the international search report
21 June, 2011 (21.06.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/001859

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 8-158012 A (Nippon Steel Corp.), 18 June 1996 (18.06.1996), claims; paragraphs [0010] to [0014]; invention examples 2, 15 (Family: none)	1-6
X A	JP 2004-292897 A (Nippon Steel Corp.), 21 October 2004 (21.10.2004), claims; paragraphs [0007], [0011]; invention example A1 (Family: none)	1-4, 6 5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, F16F15/02(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. C22C38/00, F16F15/02

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 7-70699 A（住友金属工業株式会社）1995.03.14, 【特許請求の範囲】，【0011】，【0012】，試験 No. 5, 20, 30 （ファミリーなし）	1-6
X	JP 8-319537 A（新日本製鐵株式会社）1996.12.03, 【特許請求の範囲】，【0018】，【0022】 - 【0034】，鋼 P, Q （ファミリーなし）	1-6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
0 9 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日
2 1 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）	4 K	4 6 6 3
小谷内 章		
電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1	内線	3 4 3 5

C (続き) . 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 7-252596 A (新日本製鐵株式会社) 1995. 10. 03, 【特許請求の範囲】，【0007】，【0008】，【0011】－【0018】，本発 明鋼 3 (ファミリーなし)	1-6
X	JP 8-158012 A (新日本製鐵株式会社) 1996. 06. 18, 【特許請求の範囲】，【0010】－【0014】，本発明例 2, 15 (ファミリーなし)	1-6
X A	JP 2004-292897 A (新日本製鐵株式会社) 2004. 10. 21, 【特許請求の範囲】，【0007】，【0011】，本発明例 A1 (ファミリーなし)	1-4, 6 5