

(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
2019年3月21日(21.03.2019)



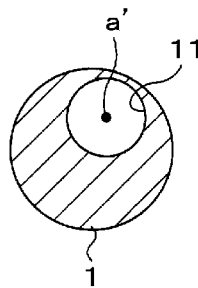
(10) 国際公開番号

WO 2019/054448 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/60* (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01) *C21C 7/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/034008
- (22) 国際出願日: 2018年9月13日(13.09.2018)
- (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 2017-176163 2017年9月13日(13.09.2017) JP
 特願 2017-176165 2017年9月13日(13.09.2017) JP
 特願 2017-176161 2017年9月13日(13.09.2017) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 渡里 宏二(WATARI, Koji); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 岩崎 竜也(IWASAKI, Tatsuya); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 山本 隼也(YAMAMOTO, Junya); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 萩原 康司, 外(HAGIWARA, Yasushi et al.); 〒1620065 東京都新宿区住吉町1-20 角張ビル 曙国際特許事務所 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, 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, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: STEEL MATERIAL HAVING EXCELLENT ROLLING FATIGUE CHARACTERISTICS

(54) 発明の名称: 転動疲労特性に優れた鋼材



(57) Abstract: Provided is a steel material having excellent rolling fatigue characteristics, the steel material being characterized by comprising: 0.10-1.50 mass% of C; 0.01-0.80 mass% of Si; 0.10-1.50 mass% of Mn; 0.02-2.50 mass% of Cr; 0.002-0.010 mass% (exclusive of 0.010) of Al; 0.0001-0.0025 mass% of Ce+La+Nd; 0.0005-0.0050 mass% of Mg; 0.0001-0.0020 mass% of O; 0.000-0.005 mass% (exclusive of 0.005) of Ti; 0.0180 mass% or less of N; 0.030 mass% or less of P; 0.005 mass% or less of S; 0.0000-0.0010 mass% of Ca; 0.00-0.40 mass% of V; 0.00-0.60 mass% of Mo; 0.00-0.50 mass% of Cu; 0.000-0.050 mass% (exclusive of 0.050) of Nb; 0.00-2.50 mass% of Ni; 0.00-0.10 mass% of Pb; 0.00-0.10 mass% of Bi; 0.0000-0.0050 mass% of B; and the balance being Fe and impurities, wherein an inclusion, which is present at the start point of fatigue and detected by an ultrasonic fatigue test, contains Mg, Al, O and at least one among Ce, La and Nd, and also has a composition ratio satisfying formula (1).



WO 2019/054448 A1

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))

(57) 要約：質量%で、C：0.10%~1.50%、Si：0.01%~0.80%、Mn：0.10%~1.50%、Cr：0.02%~2.50%、Al：0.002%~0.010%未満、Ce+La+Nd：0.0001%~0.0025%、Mg：0.0005%~0.0050%、O：0.0001%~0.0020%、Ti：0.000%~0.005%未満、N：0.0180%以下、P：0.030%以下、S：0.005%以下、Ca：0.0000%~0.0010%、V：0.00~0.40%、Mo：0.00~0.60%、Cu：0.00~0.50%、Nb：0.000~0.050%未満、Ni：0.00~2.50%、Pb：0.00~0.10%、Bi：0.00~0.10%、B：0.0000~0.0050%、残部がFeおよび不純物であり、超音波疲労試験によって検出される疲労起点介在物がCe、La、Ndの1種以上と、Mg、Al，および、Oを含有し、かつ、その組成比が式(1)を満たすことを特徴とする、転動疲労特性に優れた鋼材。

明 細 書

発明の名称： 転動疲労特性に優れた鋼材

技術分野

[0001] 本発明は、非金属介在物の組成を制御した、転動疲労特性に優れた鋼材に関する。特に、クラスター状の酸化物系介在物をREM含有介在物とすることにより、介在物を起点とした疲労破壊を抑制した、良好な転動疲労特性を有する鋼材に関する。

背景技術

[0002] 肌焼鋼材、高周波焼入れ用鋼材、軸受け用鋼材といった各種鋼材は、産業機械や自動車部品などに使用され、「玉軸受」や「コロ軸受」等の転がり軸受の素材としても用いられる。

転がり軸受は、例えば玉形状やコロ形状をした「転動体」と、転動体に接して荷重を伝える「内輪」及び「外輪」とを備える。転動体や内輪、外輪といった転動部材に使用される鋼材には、優れた転動疲労特性が要求されている。鋼材に含まれる介在物は、転動疲労寿命を向上させる目的から、できるだけ微細でかつ少量であることが望まれている。鋼材に含まれる介在物としては、アルミナ (Al_2O_3) 等の酸化物、硫化マンガン (MnS) 等の硫化物、窒化チタン (TiN) 等の窒化物が知られている。

[0003] アルミナ系介在物は、転炉や真空処理容器で精錬された溶鋼中に残った溶存酸素が、酸素と親和力の強いAlと結合して生成する。また、取鍋などはアルミナ系耐火物で構築されている場合が多い。したがって、脱酸時、溶鋼と耐火物との反応により、アルミナがAlとして溶鋼中に溶出し、再酸化されて、アルミナ系介在物となる。アルミナ系介在物は凝固後の鋼中においてクラスターを形成し、転動疲労寿命の低下の要因となる。

[0004] アルミナクラスターの低減のため、Alを0.005質量%以上含有するAlキルド鋼の製造方法において、溶鋼中に、Ca、Mg、及び、REMの2種以上とAlからなる合金とを投入し、生成する介在物中の Al_2O_3 を3

0質量%～85質量%に調整して、アルミナクラスターのないA1キルド鋼を製造することが知られている。

[0005] 例えば、特許文献1には、アルミナクラスターの生成を防止するため、REM、Mg、及び、Caの2種以上を溶鋼に添加して、低融点の介在物を形成する方法が開示されている。この方法は、スリバー疵を防止することに有効である。ただし、この方法では、介在物のサイズを、軸受け用鋼で要求されるレベルまで小さくすることはできない。その理由は、低融点の介在物は、凝集・合体して、粗大化し易いからである。

[0006] また、REMは、介在物を球状化することで、疲労特性を向上させる。しかし、多く入れすぎると、介在物の数が増加し、かえって疲労特性の一つである疲労寿命が低下する。特許文献2には、疲労寿命を低下させないためには、REMの含有量を0.010質量%以下にする必要があることが開示されている。しかし、特許文献2には、疲労寿命低下のメカニズム及び介在物の存在状態については開示されていない。

[0007] このように、介在物の形状をクラスター状から球状へ変化させることで疲労特性の向上を達成した事例は多いが、クラスターそのものを改質することで疲労特性を改善した事例は見られない。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：日本国特開平09-263820号公報

特許文献2：日本国特開平11-279695号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、従来技術の問題点に鑑み、転動疲労特性に優れた鋼材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

[0010] 本発明の要旨は、次の通りである。

[1]

質量%で、

C : 0.10%~1.50%、

Si : 0.01%~0.80%、

Mn : 0.10%~1.50%、

Cr : 0.02%~2.50%、

Al : 0.002%~0.010%未満、

Ce+La+Nd : 0.0001%~0.0025%、

Mg : 0.0005%~0.0050%、

O : 0.0001%~0.0020%、

Ti : 0.000%~0.005%未満、

N : 0.0180%以下、

P : 0.030%以下、

S : 0.005%以下、

Ca : 0.0000%~0.0010%、

V : 0.00~0.40%、

Mo : 0.00~0.60%、

Cu : 0.00~0.50%、

Nb : 0.000~0.050%未満、

Ni : 0.00~2.50%、

Pb : 0.00~0.10%、

Bi : 0.00~0.10%、

B : 0.0000~0.0050%、

残部がFeおよび不純物であり、

超音波疲労試験によって検出される疲労起点介在物がCe、La、Ndの1種以上と、Mg、Al、および、Oを含有し、かつ、その組成比が式(1)を満たすことを特徴とする、転動疲労特性に優れた鋼材。

$$(Ce\%+La\%+Nd\%+Mg\%) / Al\% \geq 0.20 \quad \dots \quad \text{式(1)}$$

)

但し、式(1)において、Ce%、La%、Nd%、Mg%、Al%は、それぞれ、疲労起点介在物が含有するCe、La、Nd、Mg、Alの原子量%である。

[2]

質量%で、C：0.10%～0.45%未満であり、Cr：0.02～1.50%であることを特徴とする、[1]に記載の転動疲労特性に優れた鋼材。

[3]

質量%で、C：0.45%～0.90%未満であり、Cr：0.70～2.50%であることを特徴とする、[1]に記載の転動疲労特性に優れた鋼材。

[4]

質量%で、C：0.90%～1.50%であり、Cr：0.70～2.50%であることを特徴とする、[1]に記載の転動疲労特性に優れた鋼材。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、クラスター状のAl-O系介在物をREM-Al-Mg-O系介在物に改質して、酸化物系介在物の疲労特性への影響を低減することで、転動疲労特性に優れた鋼材を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]転動疲労試験片の説明図であり、(a)は平面図、(b)は側面図である。

[図2]超音波疲労試験片の説明図である。

[図3]超音波疲労試験片の標点距離の間に含まれる介在物の説明図である。

[図4]疲労破壊が徐々に進行していく様子を模式的に示した説明図である。

[図5]超音波疲労試験片の破断面の説明図である。

[図6]疲労起点介在物の反射電子組成像の一例である。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明者らは、従来技術の問題点を解決するため、実験及び検討を鋭意行った。その結果、REMの含有量とAlおよびSの含有量を調整することで、以下の知見を得た。

(1) クラスタ状の酸化物であるAl-O系介在物をREM-Al-Mg-O系介在物に改質することで、酸化物系介在物と母材との密着性が向上する。

(2) クラスタ状の酸化物であるAl-O系介在物にMgとREM系の介在物を混在させるためには、MgおよびREMとの反応性が高いSは極力含有量を抑えるべきである。

(3) クラスタ状の酸化物であるAl-O系介在物は粗大であり、疲労特性に悪影響を及ぼすため、Al量は極力抑えるほうがいいが、非添加では粗大な低級酸化物が形成され、MgおよびREMによる酸化物系介在物の改質効果が得られない。よって、Alの脱酸は最低限必要である。

[0014] 以下に、上述の知見に基づきなされた本発明の実施形態に係る鋼材とその製造方法とを詳細に説明する。

まず、本実施形態に係る鋼材の成分組成とその限定理由について説明する。なお、下記の元素の含有量に関する%は、質量%を意味する。

[0015] C : 0.10%~1.50%

Cは、硬さを確保して、疲労寿命を向上させる元素である。所要の強度と硬さを確保するためには、Cを0.10%以上含有させる必要がある。しかし、C含有量が1.50%を超えると硬さが上昇しすぎて、焼割れの原因となる。したがって、C含有量は、0.10%~1.50%とする。なお、C : 0.10%~0.45%未満であれば、肌焼用の鋼材に適している。C : 0.45%~0.90%未満であれば、高周波焼入れ用の鋼材に適している。C : 0.90%~1.50%であれば、全体焼入れ用の鋼材に適している。また、C含有量の下限は、好ましくは、0.15%である。C含有量の上限は、好ましくは1.35%である。

[0016] Si : 0.01%~0.80%

Siは、焼入れ性を高めて、疲労寿命を向上させる元素である。この効果を得るためには、Siを0.01%以上含有させる必要がある。しかし、Si含有量が、0.80%を超えると、焼入れ性向上効果が飽和し、さらに、脱酸状態に影響し、酸化物の形成に影響を及ぼし疲労特性が低下する。したがって、Si含有量は0.01%~0.80%とする。また、Si含有量の下限は、好ましくは、0.07%とする。Si含有量の上限は、好ましくは0.65%以下とする。

[0017] Mn : 0.10%~1.50%

Mnは、焼入れ性を高めて強度を高め、疲労寿命を向上させる元素である。この効果を得るためには、Mnを0.10%以上含有させる必要がある。しかし、Mn含有量が、1.50%を超えると、焼入れ性向上効果が飽和し、かえって、焼割れの原因となる。そのため、Mn含有量は0.10%~1.50%とする。Mn含有量の下限は、好ましくは、0.20%とする。Mn含有量の上限は、好ましくは、1.20%とする。

[0018] Cr : 0.02%~2.50%

Crは、焼入れ性を高めて、疲労寿命を向上させる元素である。この効果を安定して得るためには、Crを0.02%以上含有させることが好ましい。しかし、Cr含有量が2.50%を超えると、焼入れ性向上効果が飽和し、かえって焼割れの原因となる。そのため、Cr含有量の上限は2.50%とする。また、Cr含有量の下限は、好ましくは0.15%以上とする。Cr含有量の上限は、好ましくは2.00%以下とする。Cr含有量は、1.90%以下、もしくは1.80%以下と規定してもよい。

なお、肌焼による軸受用の鋼材として用いる場合には、Cr : 0.02~1.50%とすることが望ましい。高周波焼き入れによる軸受用の鋼材、または全体焼き入れによる軸受用の鋼材として用いる場合には、Cr : 0.70~2.50%とすることが望ましい。

[0019] Al : 0.002%~0.010%未満

Alは、T.O（全酸素量）を低減する脱酸元素として、0.002%以

上を含有させる必要がある。しかし、Al含有量が0.010%以上では、クラスター状のアルミナ量が増加し、MgおよびREM添加によるREM-Al-Mg-O系介在物への改質が十分できないと考えられる。そのため、Al含有量は0.010%未満とする。Al含有量は、好ましくは、下限について0.005%以上とする。Al含有量は、好ましくは、上限について、0.008%以下とする。

[0020] Ce+La+Nd: 0.0001%~0.0025%

Ce（セリウム）、La（ランタン）、およびNd（ネオジム）は希土類元素に分類される元素である。希土類元素とは、原子番号が57のランタンから71のルテシウムまでの15元素に、原子番号が21のスカンジウムと原子番号が39のイットリウムとを加えた合計17元素の総称である。希土類元素は、強力な脱酸元素であり、本実施形態に係る軸受け用鋼材において、極めて重要な役割を担う。製鋼用の希土類元素合金は、Ce、La、および、Ndの3元素が主成分となっているため、本発明では、希土類17元素のうち、Ce、La、および、Ndを限定する。希土類合金に含まれる3元素以外の元素も強力な脱酸元素であることに変わりなく、3元素と同様の効果を発揮する。Ce、La、Ndのいずれか1種を0.0001%~0.0025%含有しても良いし、2種以上を合計で0.0001%~0.0025%含有しても良い。本発明における説明ではCe、La、および、NdをREMと総称する。REMは、まず、溶鋼中の酸素と反応して、REM系の酸化物を生成する。次いで、溶鋼中でのアルミナ酸化物の凝集クラスター化に伴ってREM系酸化物も同時に取り込まれる。そうすることでAl-O系酸化物がREM-Al-Mg-O系介在物へと改質される。

[0021] 本実施形態に係る軸受け用鋼材におけるREMの機能は以下の通りである。クラスター状介在物の大きさは、REMを添加しない場合と添加しない場合とで大差はみられない。しかし、REM系の酸化物が混在することで、母材との界面状態が改善、具体的には密着性が向上するために、同じ大きさであっても破壊起点になりにくく、疲労特性が向上する。

[0022] このような効果を得るためには、T、O量（全酸素量）に応じて、一定量以上のREMを含有させる必要がある。

これらの観点から検討した結果、REMが0.0001%未満では含有効果が不十分であることを実験的に知見した。したがって、REM含有量の下限を0.0001%とし、好ましくは、0.0003%以上、より好ましくは、0.0008%以上とする。ただし、REM含有量が0.0025%を超えると、コスト高となるだけでなく、鑄造ノズルの閉塞が発生し易くなり、鋼の製造を阻害する。したがって、REMの含有量の上限は0.0025%であり、好ましくは0.0020%、より好ましくは0.0018%である。

[0023] Mg : 0.0005%~0.0050%

Mgは、Alと同様に強力な脱酸元素であり、本実施形態に係る鋼材において、極めて重要な役割を担う。Mgだけではクラスタ酸化物起点の破壊を抑制する効果は小さいが、REMとMgの併用により、REM単独よりもその疲労特性の改善効果が高まる。本効果を得るためには、Mgを0.0005%以上の量で含有させる必要がある。Mg含有量が多いと、酸化物量そのものが増加しREM添加によるREM-Al-Mg-O系介在物を改質ができないと考えられる。そのため、Mg含有量は0.0050%以下とする。Mg含有量は、好ましくは下限を0.0010%以上と規定する。Mg含有量は、好ましくは、上限を0.0040%以下と規定する。

[0024] O : 0.0001%~0.0020%

Oは不純物であり、脱酸により鋼から除去される元素である。脱酸により鋼中のOを皆無とすることができればアルミナクラスタは発生せず、本発明が解決しようとする課題はもとより生じない。しかし、技術面およびコスト面から、現在の鋼においては0.0001%以上のOが必然的に含有され、これにより生じるアルミナクラスタにより疲労特性が低下する。本発明は、通常含まれるのと同程度の酸素を含有する鋼において、従来に比べて疲労特性を改善したものである。一般的には、鋼のO含有量は0.0005

%以上であることが多い。一方、O含有量が0.0020%を超えると、アルミナなどの酸化物が多量に残存し、疲労寿命が低下するので、O含有量の上限を0.0020%とする。O含有量は、好ましくは0.0015%以下である。

[0025] 疲労起点介在物におけるCe、La、Nd、Mg、Alの組成比 $(Ce\% + La\% + Nd\% + Mg\%) / Al\%$: 0.20以上

クラスター状の酸化物であるAl-O系介在物をREM-Al-Mg-O系介在物に改質することで、酸化物系介在物と母材との密着性が向上し、疲労特性が向上する。この効果は、疲労起点介在物におけるCe、La、Nd、Mg、Alの組成比 $(Ce\% + La\% + Nd\% + Mg\%) / Al\%$ が0.20%以上の場合に発現する。したがって、 $(Ce\% + La\% + Nd\% + Mg\%) / Al\%$ を0.20以上とする。上記の効果をより高めるためには、 $(Ce\% + La\% + Nd\% + Mg\%) / Al\%$ は0.50以上が好ましい。

[0026] 疲労起点介在物におけるCe%、La%、Nd%、Mg%、Al%は、それぞれ、疲労起点介在物が含有するCe、La、Nd、Mg、Alの原子数和に対する、各元素の原子数の割合（原子量%）である。疲労起点介在物において、Al%、Mg%、および $(Ce\% + La\% + Nd\%)$ の3項目がいずれも0.1以上であるときに、その疲労起点介在物は「REM-Al-Mg-O系介在物」であるとする。望ましくは、疲労起点介在物には、Mg%、および $(Ce\% + La\% + Nd\%)$ の双方が1.0以上含まれていることが望ましい。なお、上記原子量%の算出にあたってはOの原子数およびOの割合が考慮されていないが、上記各元素はOを介して複合介在物を形成しており、疲労起点介在物にはOが含まれる。

[0027] 以上が、本実施形態に係る鋼材の基本的な成分組成であり、残部は、鉄及び不純物である。なお、「残部は、鉄及び不純物である」における「不純物」とは、鋼を工業的に製造する際に、原料としての鉱石、スクラップ、または製造環境などから不可避免的に混入するものを指す。ただし、本実施形態に係る鋼材において、不純物であるTi、N、P、S、およびCaは、以下の

ように制限する必要がある。

[0028] Ti : 0.000%~0.005%未満

Tiは不純物であり、鋼中に存在すると、TiNを生成して疲労特性を劣化させるので、Ti含有量を0.005%未満に制限する。好ましくはTi含有量を0.004%以下に制限する。

[0029] N : 0.0180%以下

Nは不純物であり、鋼中に存在すると、窒化物を形成して疲労特性を劣化させ、また、歪時効によって延性及び靱性を劣化させる。N含有量が、0.0180%を超えると、疲労特性、延性、及び、靱性の劣化などの弊害が著しくなる。そのため、N含有量の上限を0.0180%に制限する。好ましくはN含有量を0.0150%以下に制限する。Nは0.0000%でも良いが、N含有量の低減には工業上の制約があり、またあまりに低くすることは意味がない。通常のコストで可能なNの実質的な下限として0.0020%としても良い。

[0030] P : 0.030%以下

Pは、不純物であり、鋼中に存在すると、結晶粒界に偏析して疲労寿命を低下させる。P含有量が、0.030%を超えると、疲労寿命が低下する。そのため、P含有量の上限を0.030%に制限する。好ましくは、P含有量を0.020%以下に制限する。P含有量の下限は0.000%でもよいが、工業的な下限として0.001%としても良い。

[0031] S : 0.005%以下

Sは、鋼中に存在すると、硫化物を形成する。S含有量が、0.005%を超えると、SがREMと結合して硫化物を形成し、アルミナクラスターの改質に有効なREMを低減させ、ひいては疲労寿命を低下させる。そのため、S含有量の上限を0.005%に制限する。好ましくは、S含有量を0.0025%以下に制限する。S含有量の下限は0.000%でもよいが、工業的な下限として0.001%としても良い。

[0032] Ca : 0.0000%~0.0010%

Caは、鋼中に存在すると、粗大なCaOが生成して、疲労寿命が低下するので、上限を0.0010%とする。Ca含有量は、好ましくは0.0002%以下であり、0.0000%であればなおよい。

[0033] 上述の元素に加え、以下の元素を選択的に含有してもよい。以下、選択元素について説明する。

本実施形態に係る鋼材は、さらに、V：0.00%～0.40%、Mo：0.00%～0.60%、Cu：0.00%～0.50%、Nb：0.000%～0.050%、Ni：0.00%～2.50%、Pb：0.00～0.10%、Bi：0.00～0.10%、B：0.0000～0.0050%、の1種以上を含有してもよい。

[0034] V：0.00%～0.40%

Vは、鋼中のC及びNと結合して、炭化物、窒化物、又は炭窒化物を形成し、鋼の組織微細化と強化に寄与する元素である。この効果を安定して得るためには、Vを0.05%以上含有させることが好ましい。V含有量は、より好ましくは0.10%以上である。しかし、V含有量が0.40%を超えると、含有効果は飽和するとともに熱間加工時に割れが発生するので、V含有量の上限を0.40%とする。好ましくは、V含有量を0.30%以下とする。

[0035] Mo：0.00%～0.60%

Moは、焼き入れ性を高めるとともに鋼中のCと結合して、炭化物を形成し、析出強化により鋼の強度の向上に寄与する元素である。この効果を安定して得るためには、Moを0.05%以上含有させることが好ましい。Mo含有量は、より好ましくは0.10%以上である。しかし、Mo含有量が0.60%を超えると、かえって焼割れの原因となるので、Mo含有量の上限を0.60%とする。Mo含有量は、好ましくは0.50%以下である。

[0036] Cu：0.00%～0.50%

Cuは、母材の強化による疲労特性の向上に寄与する元素である。この効果を安定して得るためには、Cuを0.05%以上含有させることが好まし

い。しかし、Cu含有量が0.50%を超えると、熱間加工時に割れが発生するので、Cu含有量の上限を0.50%とする。Cu含有量は、好ましくは0.35%以下である。

[0037] Nb : 0.000%~0.050%未満

Nbは、母材強化による疲労特性の向上に寄与する元素である。この効果を安定して得るためには、Nbを0.005%以上含有させることが好ましい。Nb含有量は、より好ましくは0.010%以上である。しかし、Nb含有量が0.050%以上になると、含有効果が飽和するとともに熱間加工時に割れが発生するので、Nb含有量を0.050%未満とする。Nb含有量は、好ましくは0.030%以下である。

[0038] Ni : 0.00%~2.50%以下

Niは、耐食性を上げることで疲労寿命の向上に寄与する元素である。この効果を安定して得るためには、Niを0.10%以上含有させることが好ましい。Ni含有量は、より好ましくは0.30%以上である。しかし、Ni含有量が2.50%を超えると、鋼の被削性が低下するので、Ni含有量の上限を2.50%とする。Ni含有量は、好ましくは2.00%以下である。

[0039] Pb : 0.00%~0.10%

Pbは、鋼の被削性を高めるために添加される。しかし、Pb含有量が0.10%を超えると疲労き裂の発生起点となり疲労強度が低下する。したがって、Pb含有量の上限は0.10%とする。Pb含有量は好ましくは0.06%以下である。

[0040] Bi : 0.00%~0.10%

Biは、鋼の被削性を高めるために添加される。しかし、Bi含有量が0.10%を超えると疲労き裂の発生起点となり疲労強度が低下する。したがって、Bi含有量の上限は0.10%とする。Bi含有量は好ましくは0.06%以下である。

[0041] B : 0.0000%~0.0050%

Bは、オーステナイト粒界に偏析し、粒界強度を高めて靱性を改善する効果がある。しかし、B含有量が0.0050%を超えると熱処理時にオーステナイト粒が異常粒成長し疲労強度が低下する。したがって、B含有量の上限は0.0050%とする。B含有量は好ましくは0.0030%以下である。

[0042] 本実施形態に係る鋼材においては、先のクラスター状の酸化物は、圧延によって延伸する。しかしながら、本実施形態に係る鋼材においては、その形態や大きさに関係なくアルミナ単体からREM酸化物との複合になることで母材との界面状態が改質され疲労特性が改善する。

[0043] 本実施形態に係る鋼材の好ましい製造方法について説明する。

[0044] 本実施形態に係る鋼材の製造方法において、溶鋼を精錬する際、脱酸剤を投入する順序が重要である。本製造方法においては、まず、Al、Mgを用いて脱酸を行う。次いで、REMを用いて60秒以上脱酸した後、真空脱ガスを含む取鍋精錬を行う。

[0045] 脱酸の初期にREMを添加すると、REM-O系酸化物を形成して固定されてしまい、のちに形成されるアルミナ、またはAl-Mg-O系酸化物を改質することができない。そのため、脱酸の最初にAlを、続いてMgを添加して溶鋼に含まれるOを酸化物として固定する。その後REMを添加することにより、クラスター状の酸化物をREM-Al-Mg-O系介在物に改質する。REMの添加には、ミッシュメタル（複数の希土類金属からなる合金）などを用いることができ、例えば、精錬の末期に、塊状のミッシュメタルを溶鋼に添加すればよい。

[0046] REMによる脱酸は60秒以上行う。これは、添加したREMがいったん形成したAl-Mg-O系酸化物から酸素を取り込んでREM系の酸化物を形成させるために必要な時間である。

[0047] 脱酸のために、Caを添加する場合、低融点で延伸し易いAl-Ca-O系介在物が多数生成する。このため、Al-Ca-O系介在物が多数生成した後に、REMを添加しても、介在物の組成を改質することは難しい。した

がって、Caの添加や混入は、極力おさえる必要がある。

[0048] 上述した通り、本製造方法において、Al-O系のクラスター状の酸化物をREM-Al-Mg-O系介在物に改質することができ、鋼材の転動特性が向上する。

[0049] 本実施形態に係る鋼材を軸受に用いる場合には、MnSの生成量と、独立して存在するTiNの生成量とが極めて少ないことが理想であるが、皆無とする必要はない。SやTiの添加量を上記の通り制限することで、クラスター状酸化物よりMnSやTiNが粗大化することはなく、疲労破壊の起点とはなりえないからである。

[0050] 本製造方法において、鑄造後の鑄片を、加熱温度まで加熱した後、1200℃～1250℃の温度域で60秒以上、60分以下保持した後、熱間圧延、又は、熱間鍛造を施して鋼材を製造する。この鋼材を素材として、最終形状に近い形状に切削した後、浸炭焼入れ、高周波焼入れ、全体焼き入れ等の熱処理を施すことにより、表面の硬度を、軸受に適した硬度にすることができる。なお、本実施形態に係る鋼材は、C：0.10%～1.50%であるが、C：0.10%～0.45%未満であれば、肌焼用の鋼材に適しており、浸炭焼入れを施すことにより、表面の硬度を、ビッカース硬度700HV（測定荷重2.94N）以上にすることができる。また、C：0.45%～1.50%であれば、高周波焼入れを施すことにより、表面の硬度を、ビッカース硬度650HV（測定荷重2.94N）以上にすることができる。また、C：0.90%～1.50%であれば、全体焼き入れによる軸受け用の鋼材に適している。

[0051] 本発明の鋼材を用いて浸炭焼入れ、高周波焼入れ、全体焼き入れ等の熱処理した転動部材は疲労特性に優れる。なお、転動部材として用いる場合は、必要に応じて、研削などの高硬度でかつ高精度加工が可能な手段を用いて、最終製品に仕上げるのが一般的である。

実施例

[0052] 次に、本発明の実施例について説明するが、実施例での条件は、本発明の

実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本発明は、この一条件例に限定されるものではない。本発明は、本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限りにおいて、種々の条件を採用し得るものである。

[0053] (実施例1) 肌焼きによる軸受を想定した例

表1に示すNo. A1~A16(本発明例)、No. B1~B14(比較例)の各成分の鋼種を150kg真空溶解炉で鑄造した。脱酸条件については、表2に示す脱酸条件a~fとして変化させ、影響を調査した。REMを添加する場合には、想定歩留まり40%でミッシュメタルを添加した。

脱酸条件a、b、dは、いずれもAl、Mg、REMの順番で脱酸剤を添加し、脱酸条件aでは、REM添加から90秒経過後、出鋼した。脱酸条件bでは、REM添加から500秒経過したことを確認し出鋼した。脱酸条件dでは、REM添加から30秒経過後すぐに出鋼した。脱酸条件cは、REM、Al、Mgの順番で脱酸剤を添加し、REMによる脱酸時間は120秒とした。脱酸条件eは、Al、Mgの順番で脱酸剤を添加して脱酸を行い、REM添加による脱酸を行わなかった。脱酸条件fは、Al、REMの順番で脱酸剤を添加して脱酸を行い、REM添加から90秒経過したことを確認して出鋼した。

[0054] 出鋼後、φ80の丸棒へと熱間鍛造し、試験片採取のための素材とした。当該丸棒を、長手方向に垂直な断面で切断したうえで、図1に示す転動疲労試験片を採取した。具体的には、転動疲労試験片は、厚さ6.0mm、直径60mmの円盤状であり、円形の面が、元となった丸棒の長手方向と垂直となる。この転動疲労試験片は、軸受での内輪及び外輪を模したものである。転動疲労試験では、転動疲労試験片の円形面が試験面に該当し、同面が転動体と接触することにより疲労負荷がかけられる。

[0055] 転動疲労試験片の採取後、荷重負荷部分(試験面)が均質に軸受用途材と同等の700HV以上の硬度になるように、浸炭・焼入れと焼き戻しを行った。ここで、ピッカース硬度は測定荷重2.94Nにて測定した。焼き戻し

条件は、 180°C で1hrである。焼き戻し後、試験面を鏡面に仕上げ加工し転動疲労試験に供した。転動疲労試験は森式スラスト型試験機（接触面圧： 5.33 gpa ）で行った。各水準（表3のNo. 1～32）に対する10回の試験結果について、ワイブル統計を用いて、評価試料のうちの10%が破壊するサイクル数を疲労特性 L_{10} として評価した。

[0056] 疲労起点介在物の評価は、図2のような試験片を用い超音波疲労試験により実施した。同試験に向けた超音波疲労試験片も、上記転動疲労試験片の素材となった丸棒から採取した。超音波疲労試験片は、同試験片の長手方向が、素材となる丸棒の長手方向と垂直となるように採取した。超音波疲労試験片の採取にあたっては、予定された超音波疲労試験片形状より直径が 0.3 mm 程度大きな素材として採取し、さらにつかみ部を、別の鋼材を溶接して形成した。その後、試験部に、表層の炭素濃度が転動疲労試験片と同等となり、かつ、試験部中心部まで浸炭ができるよう十分長時間に浸炭処理を行い、のち焼入れ処理と、 180°C で1hrの焼き戻し処理を行った。その後所定の超音波試験片形状に仕上げた。超音波疲労試験は周波数 20 kHz 、応力比 -1 、応力振幅を 700 から 850 MPa と一定にし、破断するまで実施した。この超音波疲労試験の疲労起点介在物についてEDX（エネルギー分散型X線分析）を用いて組成を分析し、先のREMの原子量%の総量とMg、Alの原子量%を計測した。

[0057] 疲労起点介在物は、次のように特定される。図3に示すように、超音波疲労試験片1の標点距離Lの間に、多数の介在物aが含まれている。これら介在物aの中で、超音波疲労試験において最も応力集中を発生させる介在物a'を起点にして、疲労破壊が発生していく。最も応力集中を発生させる介在物a'は、大きさ、形状などによって超音波疲労試験において応力集中係数が最も大きくなる疲労起点介在物である。

[0058] 図4は、疲労破壊が徐々に進行していく様子を模式的に示した説明図である。まず、図4(a)に示すように、介在物a'（疲労起点介在物）を中心にして、超音波疲労試験片1の長手方向と垂直な断面において円状に疲労き

裂が発生する。そして、図4（b）に示すように、応力振幅の回数の増加に伴って、円状に破断面10が広がっていく。さらに、応力振幅の回数の増加に伴って破断面10がある程度の大きさになると、図4（c）に示すように、一気に破断に至る。

[0059] こうして破断に至った超音波疲労試験片1の破断面には、図5に示すように、介在物a'（疲労起点介在物）を中心とする、フィッシュアイと呼ばれる円模様11が残ることとなる。円模様11は、一気に破断が進む直前の破断面10に対応する。そこで、この円模様11の中心にある介在物a'（疲労起点介在物）に含有されるCe、La、Nd、Mg、Alの原子量%を測定し、 $(Ce\% + La\% + Nd\% + Mg\%) / Al\%$ を求める。

[0060] 起点介在物組成の計測には、加速電圧20kV、倍率500倍で観察を行う。介在物の中心が視野の中心となるようにEDS測定の視野を決定する。組成分析に用いた起点介在物の反射電子組成像の一例を図6に示す。図6に示すように、介在物部分と、非介在物の部分とは明確に判別可能である。そのため、視野内における介在物に対応する領域（介在物エリア）を特定し、その領域を抽出して化学組成を計測した。

介在物の長径はおよそ100~300 μ mであり、介在物全体が視野に収まらない場合も、一視野内で得られた値をその介在物の組成として用いる。上記の視野について、ドゥエルタイム0.5 μ s、プリセット5でEDSによる元素マッピングを実施し、介在物エリアから得られたX線スペクトルよりCe、La、Nd、Mg、Alの原子量%を求め、介在物組成を計測する。EDSのデータ取得及び解析には、EDS分析システムAnalysis Station（日本電子製）を用いる。なお、表3における原子量%の算出にあたってはOの割合が考慮されていないが、疲労起点介在物はいずれもOを介して形成された複合介在物であり、Oを含んでいた。また、比較例では、疲労起点介在物が他元素（Mn、Ti等）を含むケースもあったが、Ce、La、Nd、Mg、Al以外の元素はいずれも原子量%の算出に考慮されていない。

[0061] 表1に、実施例1における各鋼種の化学組成を示す。表2に、脱酸条件a～fを示す。表3に、各水準（No. 1～34）における鋼種、脱酸条件と、超音波疲労試験の疲労起点介在物の酸化物形態、組成と転動疲労試験による疲労特性（L10寿命）を示す。

本発明例の疲労寿命L10は、 10^7 サイクル以上であり、比較例となる鋼種より優位であった。

[0062]

[表1]

No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Mg	REM	Ti	O	N	Ca	V	Mo	Cu	Nb	Ni	Pb	Bi	B
A1	0.21	0.43	0.72	0.014	0.002	1.54	0.009	0.0016	0.0003	0.001	0.0010	0.0060	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	0.22	0.54	0.94	0.015	0.004	0.82	0.004	0.0017	0.0004	0.002	0.0008	0.0094	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	0.30	0.66	0.58	0.016	0.002	1.66	0.007	0.0043	0.0016	0.004	0.0010	0.0094	0.0006	-	-	-	-	-	-	-	-
A4	0.24	0.62	0.54	0.012	0.003	1.18	0.008	0.0039	0.0016	0.003	0.0009	0.0109	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-
A5	0.26	0.22	0.71	0.016	0.002	1.62	0.005	0.0041	0.0012	0.003	0.0010	0.0088	0.0009	0.08	-	-	-	-	-	-	-
A6	0.23	0.25	0.32	0.015	0.004	1.57	0.007	0.0044	0.0007	0.003	0.0011	0.0097	0.0007	-	0.55	-	-	-	-	-	-
A7	0.21	0.64	0.93	0.014	0.003	0.92	0.004	0.0031	0.0008	0.001	0.0011	0.0104	0.0001	-	-	0.18	-	-	-	-	-
A8	0.29	0.32	0.56	0.024	0.004	0.82	0.005	0.0040	0.0009	0.004	0.0008	0.0073	0.0005	-	-	-	0.035	-	-	-	-
A9	0.29	0.52	1.28	0.017	0.004	0.99	0.005	0.0009	0.0014	0.002	0.0009	0.0083	0.0005	-	-	-	-	1.20	-	-	-
A10	0.21	0.40	1.25	0.016	0.003	1.24	0.005	0.0038	0.0002	0.002	0.0010	0.0107	0.0005	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
A11	0.25	0.51	1.13	0.015	0.002	1.32	0.007	0.0011	0.0008	0.002	0.0009	0.0085	0.0009	0.05	0.10	0.06	0.012	0.43	-	-	-
A12	0.20	0.20	0.80	0.015	0.002	1.20	0.005	0.0015	0.0008	0.002	0.0009	0.0085	0.0009	-	-	-	-	-	0.03	-	-
A13	0.21	0.19	0.79	0.015	0.002	1.22	0.005	0.0010	0.0008	0.002	0.0011	0.0070	0.0003	-	-	-	-	-	-	0.10	-
A14	0.20	0.05	0.78	0.015	0.003	1.19	0.007	0.0010	0.0009	0.002	0.0009	0.0085	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	0.0040
A15	0.12	0.20	0.79	0.015	0.002	1.20	0.007	0.0011	0.0015	0.002	0.0009	0.0153	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
A16	0.20	0.20	0.78	0.014	0.002	2.42	0.008	0.0014	0.0010	0.001	0.0010	0.0148	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	0.07	0.51	0.42	0.012	0.002	0.92	0.005	0.0010	0.0003	0.001	0.0008	0.0072	0.0002	-	-	-	-	-	-	-	-
B2	0.26	0.85	1.02	0.010	0.004	1.54	0.005	0.0043	0.0012	0.002	0.0012	0.0109	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
B3	0.21	0.18	1.12	0.038	0.004	1.73	0.005	0.0026	0.0012	0.003	0.0013	0.0066	0.0006	-	-	-	-	-	-	-	-
B4	0.20	0.65	0.78	0.023	0.008	1.34	0.007	0.0027	0.0005	0.003	0.0013	0.0070	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
B5	0.28	0.37	0.98	0.025	0.003	1.60	0.013	0.0018	0.0007	0.002	0.0011	0.0127	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-
B6	0.30	0.48	0.78	0.022	0.003	1.76	0.007	0.0014	-	0.002	0.0009	0.0090	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-
B7	0.27	0.40	1.08	0.019	0.003	0.92	0.003	-	0.0007	0.002	0.0010	0.0080	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	-
B8	0.25	0.59	0.70	0.011	0.003	0.81	0.005	0.0002	0.0003	0.004	0.0011	0.0080	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-
B9	0.27	0.23	0.34	0.013	0.004	1.51	0.006	0.0065	0.0010	0.001	0.0009	0.0090	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
B10	0.33	0.59	0.69	0.016	0.004	1.51	0.004	0.0044	0.0027	0.002	0.0010	0.0061	0.0006	-	-	-	-	-	-	-	-
B11	0.19	0.24	0.58	0.024	0.003	1.31	0.007	0.0021	0.0010	0.007	0.0009	0.0096	0.0002	-	-	-	-	-	-	-	-
B12	0.19	0.61	0.70	0.022	0.004	1.73	0.008	0.0024	0.0011	0.004	0.0023	0.0069	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
B13	0.29	0.66	0.55	0.019	0.003	1.51	0.007	0.0039	0.0015	0.003	0.0012	0.0290	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-
B14	0.29	0.31	1.16	0.019	0.004	1.71	0.003	0.0007	0.0014	0.003	0.0010	0.0062	0.0013	-	-	-	-	-	-	-	-

本発明例

比較例

[0063] [表2]

	脱酸条件	脱酸剤添加順	REM脱酸時間(秒)
好ましい条件	a	Al-Mg-REM	90
	b	Al-Mg-REM	500
好ましくない条件	c	<i>REM-Al-Mg</i>	120
	d	Al-Mg-REM	30
	e	<i>Al-Mg</i>	(REM脱酸なし)
	f	<i>Al-REM</i>	90

[0064] [表3]

No.	鋼種	脱酸条件	酸化物形態	起点介在物中の組成(原子量%)				疲労特性(L10寿命) サイクル数(×10 ⁵)
				REM(a)	Mg(b)	Al(c)	(a+b)/c	
1	A1	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	30.1	5.0	64.9	0.54	110.4
2	A2	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	17.1	4.0	78.9	0.27	107.8
3	A3	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	34.0	4.6	61.4	0.63	118.0
4	A4	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	24.3	9.2	66.5	0.50	119.1
5	A5	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	39.7	9.0	51.3	0.95	106.5
6	A6	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	27.0	7.2	65.8	0.52	108.2
7	A7	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	33.9	10.3	55.8	0.79	102.3
8	A8	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	31.1	5.7	63.2	0.58	119.6
9	A9	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	18.5	11.9	69.6	0.44	119.4
10	A10	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	23.1	11.3	65.6	0.53	107.2
11	A11	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	23.1	10.3	66.6	0.50	101.2
12	A12	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	22.8	7.6	69.6	0.44	105.7
13	A13	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	23.2	8.3	68.5	0.46	110.2
14	A14	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	25.4	8.5	66.1	0.51	111.4
15	A15	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	23.3	10.8	65.9	0.52	118.4
16	A16	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	21.4	11.9	66.7	0.50	115.6
17	B1	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	32.2	5.1	62.7	0.59	20.4
18	B2	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	20.0	6.8	73.2	0.37	32.0
19	B3	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	22.9	9.4	67.8	0.48	32.3
20	B4	a	<i>Al-REM-Mg-O系(クラスター)+磁化物</i>	<i>9.5</i>	4.7	85.8	<i>0.17</i>	21.0
21	B5	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	10.3	3.9	85.8	<i>0.17</i>	33.9
22	B6	e	<i>Al-Mg-O系(クラスター)</i>	<i>0.0</i>	17.8	82.2	0.22	28.7
23	B7	f	<i>Al-REM-O系(クラスター)</i>	39.4	<i>0.0</i>	60.6	0.65	24.7
24	B8	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	40.6	0.8	58.6	0.71	20.1
25	B9	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	3.6	12.1	84.3	<i>0.19</i>	20.8
26	B10	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	40.2	8.7	51.1	0.96	28.2
27	B11	a	<i>Al-REM-Mg-O系(クラスター)+超大TiN</i>	36.6	11.0	52.4	0.91	24.2
28	B12	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	39.9	4.0	56.1	0.78	28.8
29	B13	a	<i>Al-REM-Mg-O系(クラスター)+超大TiN</i>	31.5	5.0	63.4	0.58	30.4
30	B14	a	<i>Al-Ca-O系(超大球状)</i>	<i>7.2</i>	<i>0.0</i>	<i>92.8</i>	<i>0.08</i>	32.3
31	A1	c	<i>Al-Mg-O系(クラスター)</i>	<i>0.0</i>	8.5	91.5	<i>0.09</i>	27.3
32	A2	c	<i>Al-Mg-O系(クラスター)</i>	<i>0.0</i>	10.4	89.6	<i>0.12</i>	27.2
33	A1	d	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	1.3	8.2	90.5	<i>0.10</i>	35.8
34	A2	d	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	1.1	7.5	91.4	<i>0.09</i>	35.9

[0065] (実施例2) 高周波焼き入れによる軸受を想定した例

表4に示すNo. C1~C14(本発明例)、No. D1~D10(比較例)の各成分の鋼種を150kg真空溶解炉で鑄造し、実施例1と同様にφ80mmの丸棒(試験片採取のための素材)へと熱間鍛造した。脱酸条件は、実施例1と同様、表2に示す脱酸条件a~fにより行った。転動疲労試験片の採取後、試験部に高周波焼入れ処理と、150℃で1hrの焼き戻し処理を行った。高周波焼き入れ処理は、焼き戻し後の表面硬度が650Hv(測定荷重2.94N)以上となる条件にて行った。さらに、試験面を鏡面に仕上げ加工し転動疲労試験に供した。転動疲労試験は森式スラスト型試験機(接触面圧:5.33GPa)で行った。各水準(表5のNo.1~28)に対する10回の試験結果について、ワイブル統計を用いて、評価試料のうちの10%が破壊するサイクル数を疲労特性L10として評価した。

[0066] 疲労起点介在物の評価は、実施例1と同様の超音波疲労試験により実施した。超音波疲労試験片に対する熱処理は、試験部に高周波焼入れ処理を行いその後150℃で1hrの焼き戻し処理を行った。高周波焼き入れ処理は、焼き戻し後に、試験部表面から中心にかけて650Hv(測定荷重2.94N)以上となる条件にて行った。疲労試験は周波数20kHz、応力比-1、応力振幅を700から850MPaと一定にし、破断するまで実施した。この超音波疲労試験の起点介在物についてEDX(エネルギー分散型X線分析)を用いて組成を分析し、先のREMの原子量%の総量とMg、Alの原子量%を計測した。表5においても、表3と同じく原子量%の算出にOの割合が考慮されていないが、いずれの実施例においても、起点介在物はOを含んでいた。

[0067] 表4に、実施例2における各鋼種の化学組成を示す。表5に、各水準(No.101~128)における鋼種、脱酸条件と、超音波疲労試験の疲労起点介在物の酸化物形態、組成と転動疲労試験による疲労特性(L10寿命)を示す。

REMを適量含有した、本発明例の疲労特性L10は、 10^6 サイクル以上

であり、比較例となる鋼種より優位であった。

[0068]

[表4]

編種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Mg	REM	Ti	O	N	Ca	V	Mo	Cu	Nb	Ni	Pb	Bi	B
C1	0.64	0.23	1.23	0.022	0.004	0.23	0.006	0.0019	0.0007	0.003	0.0009	0.0091	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	0.56	0.31	1.28	0.021	0.002	0.53	0.005	0.0034	0.0004	0.004	0.0009	0.0068	0.0001	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	0.67	0.21	1.26	0.025	0.002	0.35	0.008	0.0031	0.0006	0.003	0.0011	0.0129	0.0006	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	0.57	0.64	0.49	0.018	0.003	0.42	0.008	0.0009	0.0009	0.002	0.0012	0.0065	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	0.57	0.45	0.52	0.020	0.002	0.32	0.007	0.0030	0.0009	0.002	0.0008	0.0097	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	0.62	0.31	0.53	0.010	0.003	0.76	0.008	0.0032	0.0008	0.003	0.0010	0.0071	0.0004	0.10	-	-	-	-	-	-	-
C7	0.51	0.33	0.82	0.014	0.003	0.42	0.006	0.0020	0.0012	0.002	0.0011	0.0077	0.0008	-	0.20	-	-	-	-	-	-
C8	0.57	0.47	0.70	0.014	0.004	0.55	0.005	0.0037	0.0012	0.004	0.0012	0.0110	0.0004	-	-	0.20	-	-	-	-	-
C9	0.82	0.40	1.29	0.020	0.002	0.47	0.004	0.0028	0.0006	0.001	0.0010	0.0067	0.0004	-	-	-	0.044	-	-	-	-
C10	0.52	0.40	0.44	0.010	0.002	0.27	0.006	0.0043	0.0007	0.002	0.0009	0.0107	0.0003	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-
C11	0.52	0.31	0.98	0.024	0.004	0.46	0.004	0.0020	0.0002	0.003	0.0011	0.0098	0.0007	0.08	0.05	0.08	0.015	-	-	-	-
C12	0.54	0.30	1.00	0.020	0.004	0.46	0.003	0.0021	0.0005	0.002	0.0011	0.0140	0.0006	-	-	-	-	0.46	-	-	-
C13	0.55	0.30	0.98	0.021	0.003	0.50	0.004	0.0022	0.0010	0.001	0.0009	0.0150	0.0002	-	-	-	-	-	0.08	-	-
C14	0.55	0.31	0.98	0.020	0.004	0.45	0.004	0.0025	0.0007	0.001	0.0011	0.0120	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
D1	0.53	0.86	0.39	0.023	0.003	0.61	0.007	0.0039	0.0007	0.003	0.0010	0.0087	0.0002	-	-	-	-	-	-	-	-
D2	0.74	0.46	0.56	0.035	0.002	0.72	0.009	0.0022	0.0014	0.002	0.0011	0.0067	0.0002	-	-	-	-	-	-	-	-
D3	0.58	0.34	0.55	0.019	0.004	0.46	0.004	0.0017	-	0.002	0.0011	0.0120	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
D4	0.66	0.36	0.69	0.020	0.002	0.42	0.006	-	0.0005	0.000	0.0012	0.0080	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
D5	0.56	0.23	0.81	0.010	0.004	0.59	0.007	0.0023	0.0004	0.003	0.0011	0.0080	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
D6	0.63	0.36	0.68	0.016	0.003	0.42	0.007	0.0061	0.0012	0.004	0.0010	0.0100	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
D7	0.59	0.64	0.46	0.013	0.004	0.41	0.008	0.0044	0.0028	0.003	0.0008	0.0100	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
D8	0.80	0.35	1.02	0.024	0.003	0.50	0.007	0.0021	0.0013	0.008	0.0011	0.0077	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-
D9	0.59	0.22	1.04	0.013	0.003	0.26	0.008	0.0035	0.0002	0.003	0.0023	0.0108	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
D10	0.49	0.41	0.55	0.023	0.004	0.65	0.008	0.0013	0.0005	0.002	0.0012	0.0120	0.0014	-	-	-	-	-	-	-	-

本 衆 明 例

比 較 例

[0069] [表5]

No	鋼種	脱酸条件	化合物形態	起点介在物中の組成比(原子量%比)				疲労特性(L10寿命) サイクル数($\times 10^5$)
				REM(a)	Mg(b)	Al(c)	(a+b)/c	
101	C1	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	21.7	10.3	68.0	0.47	35.3
102	C2	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	38.1	9.9	52.0	0.92	36.2
103	C3	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	42.3	10.4	47.3	1.11	40.3
104	C4	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	40.9	3.4	55.7	0.80	29.8
105	C5	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	26.8	6.1	67.2	0.49	32.2
106	C6	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	44.6	10.0	45.4	1.20	33.6
107	C7	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	44.3	5.4	50.3	0.99	32.7
108	C8	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	23.2	9.8	67.0	0.49	41.6
109	C9	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	44.0	8.5	47.5	1.11	37.2
110	C10	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	31.0	6.1	62.9	0.59	33.7
111	C11	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	23.0	8.4	68.6	0.46	31.9
112	C12	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	31.2	6.5	62.3	0.61	42.3
113	C13	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	33.1	7.1	59.8	0.67	32.1
114	C14	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	30.2	5.8	64.0	0.56	33.5
115	D1	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	20.1	11.1	68.8	0.45	6.7
116	D2	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	26.2	5.3	68.5	0.46	7.2
117	D3	e	Al-Mg-O系(クラスター)	0.0	17.8	82.2	0.22	5.9
118	D4	f	Al-REM-O系(クラスター)	22.5	0.0	77.5	0.29	8.9
119	D5	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	40.9	0.8	58.3	0.71	5.2
120	D6	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	3.8	12.2	84.0	0.19	8.5
121	D7	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	35.1	5.8	59.2	0.69	7.8
122	D8	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)+粗大TiN	31.3	6.9	61.8	0.62	6.8
123	D9	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	35.4	10.1	54.5	0.84	6.2
124	D10	a	Al-Ca-O系(粗大球状)	5.8	0.0	94.2	0.06	8.3
125	C1	c	Al-Mg-O系(クラスター)	0.0	11.2	88.8	0.13	7.2
126	C2	c	Al-Mg-O系(クラスター)	0.0	12.3	87.7	0.14	7.3
127	C1	d	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	1.3	8.2	90.5	0.10	8.8
128	C2	d	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	1.1	7.5	91.4	0.09	8.9

本発明例

比較例

[0070] (実施例3) 全体焼き入れによる軸受を想定した例

表6に示すNo. E1~E12(本発明例)、No. F1~F12(比較例)の各成分の鋼種を150kg真空溶解炉で鑄造し、実施例1と同様にφ

80 mmの丸棒（試験片採取のための素材）へと熱間鍛造した。脱酸条件は、実施例1と同様、表2に示す脱酸条件a～fにより行った。転動疲労試験片の採取後、試験片を850℃に加熱してから焼入れ処理を行い、その後180℃で1hrの焼戻し処理を行った。さらに、試験面を鏡面に仕上げ加工し転動疲労試験に供した。転動疲労試験は森式スラスト型試験機（接触面圧：5.33 GPa）で行った。各水準（表7のNo. 201～228）に対する10回の試験結果について、ワイブル統計を用いて、評価試料のうちの10%が破壊するサイクル数を疲労特性L10として評価した。

[0071] 疲労起点介在物の評価は、実施例1と同様の超音波疲労試験により実施した。超音波疲労試験片に対する熱処理は、転動疲労試験片と同じ条件にて行った。疲労試験は周波数20 kHz、応力比-1、応力振幅を700から850 MPaと一定にし、破断するまで実施した。この超音波疲労試験の起点介在物についてEDX（エネルギー分散型X線分析）を用いて組成を分析し、先のREMの総量とAl、Mgの原子量%を計測した。表7においても、表3と同じく原子量%の算出にOの割合が考慮されていないが、いずれの実施例においても、起点介在物はOを含んでいた。

[0072] 表6に、実施例3における各鋼種の化学組成を示す。表7に、各水準（No. 201～228）における鋼種、脱酸条件と、超音波疲労試験の疲労起点介在物の酸化物形態、組成と転動疲労試験による疲労特性（L10寿命）を示す。

[0073] REMを適量含有した、本発明例の疲労特性L10は、 5.0×10^6 サイクル以上であり、比較例となる鋼種より優位であった。

[0074]

[表6]

No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Mg	REM	Ti	O	N	Ca	V	Mo	Cu	Nb	Ni	Pb	Bi	B
E1	0.99	0.50	0.56	0.014	0.003	0.94	0.004	0.0020	0.0008	0.003	0.0010	0.0081	0.0006	-	-	-	-	-	-	-	-
E2	0.93	0.29	0.50	0.016	0.002	1.49	0.003	0.0031	0.0001	0.003	0.0011	0.0129	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
E3	1.18	0.49	1.17	0.018	0.003	1.72	0.006	0.0014	0.0004	0.003	0.0009	0.0102	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
E4	0.98	0.45	0.76	0.023	0.002	0.93	0.004	0.0045	0.0004	0.001	0.0013	0.0120	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
E5	1.22	0.45	0.33	0.011	0.003	1.44	0.004	0.0017	0.0012	0.003	0.0012	0.0125	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-
E6	0.98	0.31	1.02	0.013	0.003	1.02	0.008	0.0046	0.0015	0.003	0.0012	0.0073	0.0008	0.10	-	-	-	-	-	-	-
E7	1.23	0.24	0.57	0.019	0.003	1.60	0.004	0.0039	0.0008	0.004	0.0011	0.0107	0.0001	-	0.52	-	-	-	-	-	-
E8	1.03	0.26	1.29	0.024	0.003	1.65	0.009	0.0028	0.0006	0.004	0.0009	0.0081	0.0002	-	-	0.16	-	-	-	-	-
E9	0.94	0.51	1.17	0.017	0.003	0.89	0.006	0.0031	0.0008	0.001	0.0011	0.0129	0.0002	-	-	0.032	-	-	-	-	-
E10	0.97	0.27	0.38	0.010	0.003	1.08	0.006	0.0022	0.0013	0.003	0.0010	0.0090	0.0007	0.07	0.06	-	-	-	-	-	-
E11	1.19	0.19	0.48	0.018	0.002	1.26	0.006	0.0017	0.0008	0.002	0.0013	0.0111	0.0005	0.05	0.11	0.04	0.010	-	-	-	-
E12	1.20	0.11	0.41	0.005	0.002	1.46	0.005	0.0015	0.0009	0.002	0.0012	0.0111	0.0003	-	-	-	-	2.00	-	-	-
F1	0.99	0.57	0.50	0.038	0.003	1.42	0.004	0.0019	0.0010	0.004	0.0011	0.0103	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
F2	1.22	0.37	0.38	0.011	0.008	1.19	0.008	0.0039	0.0009	0.002	0.0010	0.0106	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-
F3	0.95	0.32	1.19	0.020	0.003	1.71	0.013	0.0017	0.0012	0.002	0.0009	0.0121	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
F4	1.10	0.41	0.79	0.010	0.002	1.09	0.008	0.0042	-	0.002	0.0009	0.0066	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-
F5	1.22	0.33	0.65	0.017	0.003	1.05	0.008	-	0.0015	0.003	0.0010	0.0063	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
F6	1.21	0.25	0.60	0.010	0.003	1.21	0.007	0.0002	0.0002	0.003	0.0009	0.0078	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-
F7	1.25	0.20	0.93	0.013	0.003	1.74	0.006	0.0004	0.0002	0.002	0.0011	0.0121	0.0001	-	-	-	-	-	-	-	-
F8	1.22	0.29	1.17	0.012	0.003	1.32	0.007	0.0025	0.0027	0.003	0.0010	0.0060	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
F9	0.95	0.58	0.79	0.010	0.003	1.36	0.003	0.0045	0.0012	0.007	0.0010	0.0124	0.0006	-	-	-	-	-	-	-	-
F10	0.94	0.65	1.11	0.016	0.002	1.35	0.009	0.0035	0.0006	0.003	0.0023	0.0084	0.0002	-	-	-	-	-	-	-	-
F11	0.97	0.39	0.62	0.022	0.003	0.92	0.006	0.0011	0.0008	0.002	0.0008	0.0190	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
F12	1.26	0.28	0.74	0.016	0.002	1.27	0.005	0.0041	0.0012	0.003	0.0010	0.0111	0.0013	-	-	-	-	-	-	-	-

本発明例

比較例

[0075] [表7]

No	銅種	脱酸条件	酸化物形態	起点介在物中の組成比(原子量%比)				疲労特性(L10寿命) サイクル数($\times 10^5$)
				REM(a)	Mg(b)	Al(c)	(a+b)/c	
201	E1	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	19.0	3.6	77.4	0.29	72.3
202	E2	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	38.3	7.1	54.6	0.83	67.2
203	E3	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	32.9	5.2	61.8	0.62	69.4
204	E4	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	17.9	8.8	73.4	0.36	74.6
205	E5	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	36.0	3.8	60.2	0.66	64.2
206	E6	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	36.8	10.6	52.6	0.90	64.5
207	E7	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	28.2	6.8	65.1	0.54	74.8
208	E8	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	35.8	12.3	52.0	0.92	72.5
209	E9	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	42.8	11.7	45.4	1.20	64.6
210	E10	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	17.4	6.2	76.4	0.31	63.5
211	E11	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	46.8	11.4	41.8	1.39	69.6
212	E12	a	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	46.8	11.4	41.8	1.39	75.5
213	F1	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	33.7	7.2	59.2	0.69	15.3
214	F2	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)+粗大MnS	9.0	4.5	86.5	0.16	11.1
215	F3	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	9.8	3.3	86.9	0.15	33.2
216	F4	e	Al-Mg-O系(クラスター)	0.0	17.8	82.2	0.22	25.3
217	F5	f	Al-REM-O系(クラスター)	23.2	0.0	76.8	0.30	33.1
218	F6	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	33.5	0.8	65.7	0.52	21.3
219	F7	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	3.2	12.1	84.7	0.18	31.3
220	F8	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	44.4	8.5	47.1	1.00	13.7
221	F9	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)+粗大TiN	22.6	11.8	65.7	1.12	15.5
222	F10	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	46.7	10.4	42.9	1.33	16.8
223	F11	b	Al-REM-Mg-O系(クラスター)+粗大TiN	21.8	3.9	74.3	0.35	13.1
224	F12	b	Al-Ca-O系(粗大球状)	6.9	0.0	93.1	0.07	11.9
225	E1	c	Al-Mg-O系(クラスター)	0.0	11.2	88.8	0.13	12.2
226	E2	c	Al-Mg-O系(クラスター)	0.0	12.3	87.7	0.14	12.3
227	E1	d	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	1.1	9.5	89.4	0.12	38.3
228	E2	d	Al-REM-Mg-O系(クラスター)	0.9	10.0	89.1	0.12	39.8

本発明例

比較例

産業上の利用可能性

[0076] 本発明によれば、クラスター状のAl-O系介在物をREM-Al-Mg

－O系介在物に複合化させることによって、疲労特性に優れた鋼材を提供することができる。

符号の説明

- [0077] 1 超音波疲労試験片
1 O 破断面
1 1 同心円状の模様（フィッシュアイ）
L 標点距離
a 介在物
a' 介在物（疲労起点介在物）

請求の範囲

[請求項1]

質量%で、

C : 0.10%~1.50%、

Si : 0.01%~0.80%、

Mn : 0.10%~1.50%、

Cr : 0.02%~2.50%、

Al : 0.002%~0.010%未満、

Ce+La+Nd : 0.0001%~0.0025%、

Mg : 0.0005%~0.0050%、

O : 0.0001%~0.0020%、

Ti : 0.000%~0.005%未満、

N : 0.0180%以下、

P : 0.030%以下、

S : 0.005%以下、

Ca : 0.0000%~0.0010%、

V : 0.00~0.40%、

Mo : 0.00~0.60%、

Cu : 0.00~0.50%、

Nb : 0.000~0.050%未満、

Ni : 0.00~2.50%、

Pb : 0.00~0.10%、

Bi : 0.00~0.10%、

B : 0.0000~0.0050%、

残部がFeおよび不純物であり、

超音波疲労試験によって検出される疲労起点介在物がCe、La、Ndの1種以上と、Mg、Al、および、Oを含有し、かつ、その組成比が式(1)を満たすことを特徴とする、転動疲労特性に優れた鋼材。

。

$$(C e \% + L a \% + N d \% + M g \%) / A l \% \geq 0.20 \dots$$

式(1)

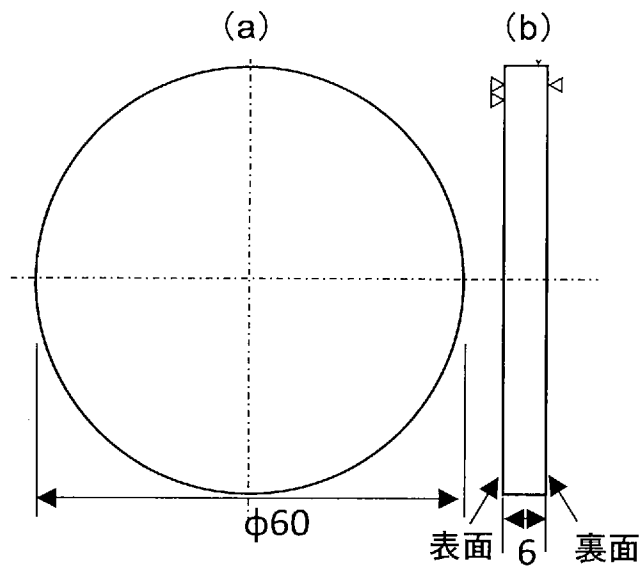
但し、式(1)において、Ce%、La%、Nd%、Mg%、Al%は、それぞれ、疲労起点介在物が含有するCe、La、Nd、Mg、Alの原子量%である。

[請求項2] 質量%で、C：0.10%～0.45%未満であり、Cr：0.02～1.50%であることを特徴とする、請求項1に記載の転動疲労特性に優れた鋼材。

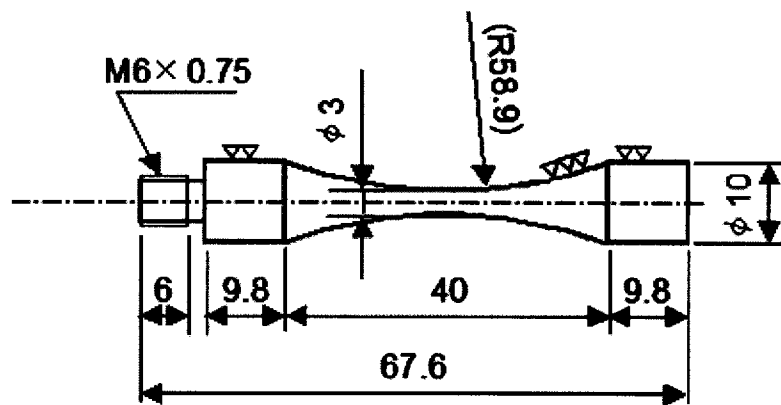
[請求項3] 質量%で、C：0.45%～0.90%未満であり、Cr：0.70～2.50%であることを特徴とする、請求項1に記載の転動疲労特性に優れた鋼材。

[請求項4] 質量%で、C：0.90%～1.50%であり、Cr：0.70～2.50%であることを特徴とする、請求項1に記載の転動疲労特性に優れた鋼材。

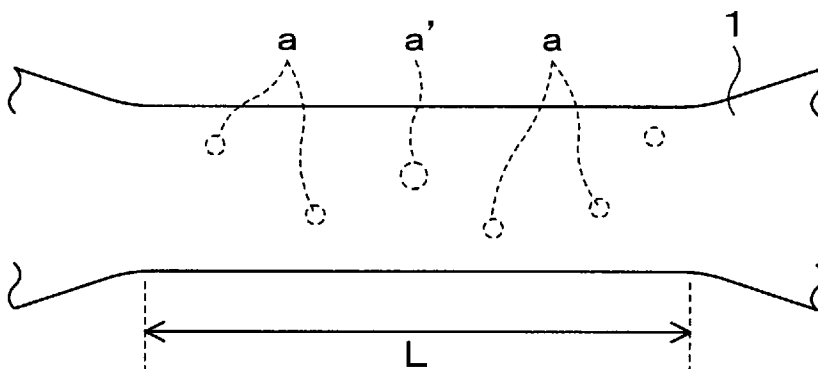
[図1]



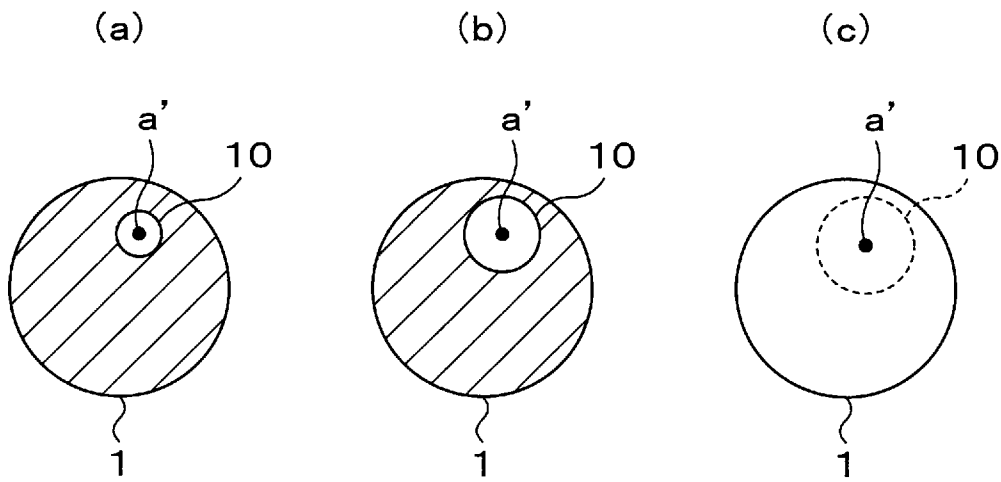
[図2]



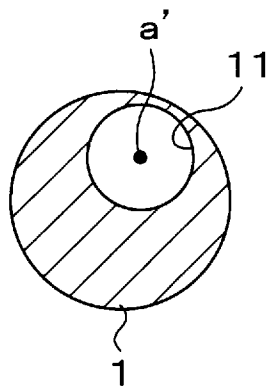
[図3]



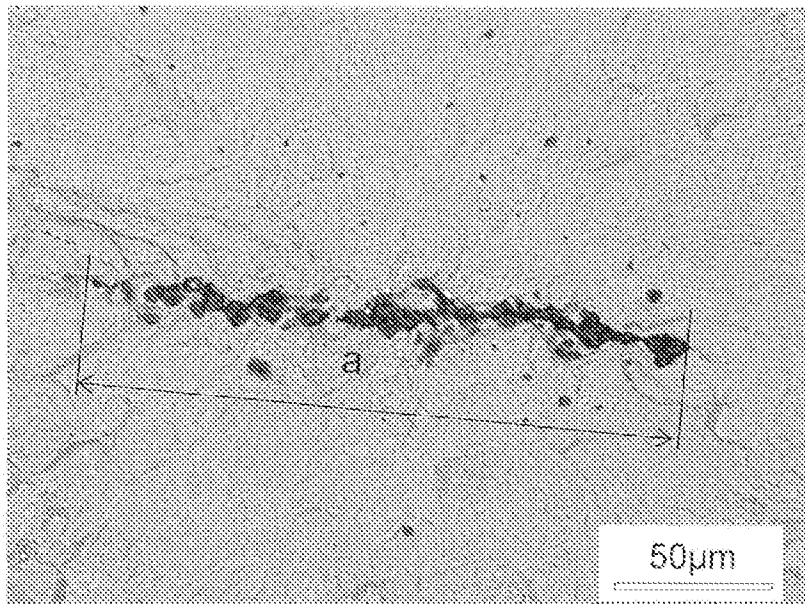
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/034008

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C22C38/00(2006.01) i, C22C38/28(2006.01) i, C22C38/60(2006.01) i,
C21C7/06(2006.01) n

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)

Int.Cl. C22C38/00, C22C38/28, C22C38/60, C21C7/06

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
A	JP 2005-2420 A (NIPPON STEEL CORP.) 06 January 2005, claims 1-3, paragraphs [0001], [0016], [0032]-[0034], tables 1-4 (Family: none)	1-4
A	JP 9-263820 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 07 October 1997, claims 1, 2, paragraphs [0001], [0014]-[0020], [0025]-[0029], fig. 1, 2 & EP 829546 A1, claims 1, 2, page 1, lines 5-6, page 3, lines 7-34, page 4, lines 15-32, fig. 1, 2 & US 6120578 A & CA 2220272 A1 & CN 1185813 A & BR 9702137 A	1-4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 06 December 2018 (06.12.2018)	Date of mailing of the international search report 18 December 2018 (18.12.2018)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/034008

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/076384 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 28 May 2015, claim 1, paragraphs [0021], [0023]-[0027], [0030]-[0032], [0072]-[0074], tables 1, 2 & EP 3072987 A1, claim 1, paragraphs [0017], [0019]-[0023], [0026]-[0028], [0068]-[0071], tables 1, 2 & US 2016/0289787 A1 & CN 105745348 A & TW 201525157 A & KR 10-2016-0072233 A & MX 2016006596 A	1-4
A	JP 2009-287111 A (KOBE STEEL, LTD.) 10 December 2009, claims 1, 2, paragraphs [0001], [0009], [0017], [0023], [0025], [0028]-[0031], table 1 (Family: none)	1-4
A	JP 11-279695 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 12 October 1999, claim 1, paragraphs [0001], [0012], [0014], table 1 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, C22C38/28(2006.01)i, C22C38/60(2006.01)i, C21C7/06(2006.01)n

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))

Int.Cl. C22C38/00, C22C38/28, C22C38/60, C21C7/06

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
A	JP 2005-2420 A (新日本製鐵株式会社) 2005.01.06, 請求項 1~3, [0001], [0016], [0032]~[0034], 表 1~表 4 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 9-263820 A (川崎製鐵株式会社) 1997.10.07, 請求項 1, 2, [0001], [0014]~[0020], [0025]~[0029], 図 1, 図 2 & EP 829546 A1, Claims 1, 2, page 1, lines 5 to 6, page 3, lines 7 to 34, page 4, lines 15 to 32, FIG. 1, FIG. 2 & US 6120578 A & CA 2220272 A1 & CN 1185813 A & BR 9702137 A	1-4

☑ 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

「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
 「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

06.12.2018

国際調査報告の発送日

18.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 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)
 守安 太郎

4K

9347

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

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
A	WO 2015/076384 A1 (新日鐵住金株式会社) 2015. 05. 28, 請求項 1, [0021], [0023]~[0027], [0030]~[0032], [0072]~[0074], 表 1, 表 2 & EP 3072987 A1, Claim 1, [0017], [0019] to [0023], [0026] to [0028], [0068] to [0071], TABLE 1, TABLE 2 & US 2016/0289787 A1 & CN 105745348 A & TW 201525157 A & KR 10-2016-0072233 A & MX 2016006596 A	1-4
A	JP 2009-287111 A (株式会社神戸製鋼所) 2009. 12. 10, 請求項 1, 2, [0001], [0009], [0017], [0023], [0025], [0028]~[0031], 表 1 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 11-279695 A (川崎製鉄株式会社) 1999. 10. 12, 請求項 1, [0001], [0012], [0014], 表 1 (ファミリーなし)	1-4