

(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
2013年9月19日(19.09.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/137249 A1

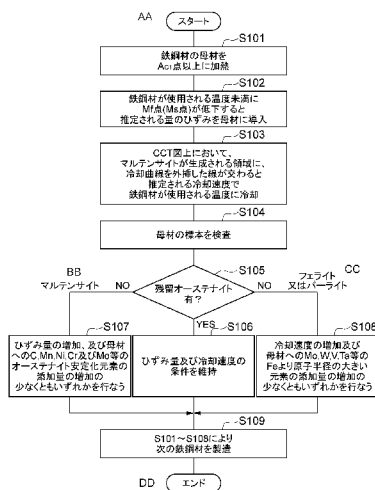
- (51) 国際特許分類:
C21D 8/00 (2006.01) B23K 20/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/056800
- (22) 国際出願日: 2013年3月12日(12.03.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-057986 2012年3月14日(14.03.2012) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人大阪大学(OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 藤井 英俊(FUJII Hidetoshi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 森貞 好昭(MORISADA Yoshiaki); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING FERROUS MATERIAL

(54) 発明の名称: 鉄鋼材の製造方法



- S101 Heat parent material of ferrous material to at least the A_{c1} point
- S102 Apply to the parent material an amount of strain predicted to cause the M_f (M_s) point to drop below the temperature at which the ferrous material is to be used
- S103 Cool to the temperature at which the ferrous material is to be used at a cooling speed at which a line extrapolated from the cooling curve of the parent material intersects with the region in which martensite is produced in a CCT diagram
- S104 Test sample of parent material
- S105 Is residual austenite present?
- S106 Maintain strain amount and cooling speed conditions
- S107 Increase strain amount and/or increase amount of C, Mn, Ni, Cr, Mo, and other austenite stabilizers added to parent material
- S108 Increase cooling speed and/or increase amount of Mo, W, V, Ta, and other elements which molecular radii greater than that of Fe added to parent material
- S109 Manufacture next batch of ferrous material using steps S101-S108.
- AA Start
- BB Martensite
- CC Ferrite/pearlite
- DD End

(57) Abstract: In the present invention, a parent material for a ferrous material is heated to at least the A_{c1} point, which is the temperature at which austenite appears, causing austenite to appear in the parent material (1a, 1b) (S101). An amount of strain predicted to cause the M_f point to drop below room temperature is applied to the parent material (S102), the M_f point being the temperature at which the composition of the parent material as a whole changes to martensite. This prevents the composition of the parent material as a whole from changing to martensite when the ferrous material is cooled to room temperature. The parent material is cooled to room temperature at a cooling speed at which, in a continuous cooling transformation (CCT) diagram, a line extrapolated from the cooling curve of the parent material intersects with the region in which martensite is produced (S103). At room temperature, austenite remains in the composition of the ferrous material manufactured.

(57) 要約: 鉄鋼材の母材がオーステナイトが出現する温度である A_{c1} 点以上に加熱され、母材 1a, 1b にオーステナイトを出現させる (S101)。母材の組織全面がマルテンサイトとなる温度である M_f 点が室温未満に低下すると推定される量のひずみが母材に導入される (S102)。室温に鉄鋼材が冷却された際に鉄鋼材の組織全面がマルテンサイトとなることが防止される。CCT 図上のマルテンサイトが生成される領域に母材の冷却曲線を外挿した線が交わる冷却速度により、母材が室温に冷却される (S103)。製造された鉄鋼材の組織には室温においてオーステナイトが残留する。

WO 2013/137249 A1



(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：鉄鋼材の製造方法

技術分野

[0001] 本発明の一実施形態は、鉄鋼材の製造方法に関し、鉄鋼材の母材に処理を施すことによって強度と延性とを高めた鉄鋼材を製造する鉄鋼材の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 摩擦攪拌接合（FSW:Friction Stir Welding）は、継手特性を始めとして種々の優れた特性を有し、アルミニウム合金に対しては、開発されてまもなく各種産業分野で適用されている。一方、構造材料の多くを占める鉄鋼材料の摩擦攪拌接合に関しても、近年盛んに研究が行われている。研究段階では下記の非特許文献1～3に摩擦攪拌接合によって炭素鋼の接合を行うことが報告されている。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：ダブリュ・エム・トーマス（W.M.Thomas）、他2名、「科学・技術・溶接・接合4」（Sci. Technol. Weld. Join.4）、1999年、p. 365–372

非特許文献2：ティー・ジェイ・リナート（T.J.Lienert）、他3名、「接合ジャーナル82」（Weld.J.82）、2003年、1s-9s

非特許文献3：エイ・ピー・レイノルズ（A.P.Reynolds）、他3名、「科学・技術・溶接・接合8」（Sci. Technol. Weld. Join.8）、2003年、p. 455–460

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、鉄鋼材料は組成および組織等によって機械的特性の向上が図られているが、高強度と高延性を両立させることは極めて困難である。鉄鋼材料

の摩擦攪拌継手においても強度と延性の向上は実用的には極めて重要なファクターであり、自動車を始めとする種々の産業界から切望されている。さらに、摩擦攪拌接合以外の圧延および鍛造等の処理においても、鉄鋼材料の強度向上と延性向上とを両立させることは重要な課題である。

[0005] 本発明の一実施形態は上記課題に鑑みてなされたものであり、高強度を有しながらも高延性を有する鉄鋼材を製造することが可能な鉄鋼材の製造方法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

[0006] 本発明の一実施形態は、鉄鋼材の母材をオーステナイトが出現する温度である A_{c1} 点以上に加熱する加熱工程と、母材の組織全面がマルテンサイトとなる温度である M_f 点が鉄鋼材が使用される温度未満に低下すると推定される量のひずみを母材に導入するひずみ導入工程と、連続冷却変態線図（CCT線図）上の母材にマルテンサイトが生成される領域に冷却曲線を外挿した線が交わると推定される冷却速度により、加熱工程及びひずみ導入工程が施された母材を M_f 点より高い温度に冷却する冷却工程とを含む鉄鋼材の製造方法である。

[0007] この構成によれば、加熱工程では、鉄鋼材の母材をオーステナイトが出現する温度である A_{c1} 点以上に加熱する。これにより、母材にオーステナイトを出現させることができる。ひずみ導入工程では、母材の組織全面がマルテンサイトとなる温度である M_f 点が鉄鋼材が使用される温度未満に低下すると推定される量のひずみを母材に導入する。このため、室温等の鉄鋼材が使用される温度に鉄鋼材が冷却された際に鉄鋼材の組織全面がマルテンサイトとなることを防止することができる。母材にひずみを導入すると、フェライト又はパーライトが生成される領域も拡大する。しかし、冷却工程では、鉄鋼材の母材が連続して冷却された際の相変態を時間及び温度の座標平面上に表した連続冷却変態線図（CCT線図：Continuous Cooling Transformation diagram）のマルテンサイトが生成される領域に母材の時間に対する温度の関数を表す線である冷却曲線を外挿した線が交わると推定される冷却速度に

より、加熱工程及びひずみ導入工程が施された母材を M_f 点より高い温度に冷却する。このため、製造された鉄鋼材の組織には使用される温度においてオーステナイトが残留する。オーステナイトが残留した鉄鋼材に外部応力が印加された場合、ひずみを受けたオーステナイトが硬質なマルテンサイトに変態し、ひずみを受けた部分の強度が向上する。その結果、この部分の変形が抑制され、相対的に低強度である未変態のオーステナイトの部分に変態が伝搬するTRIP効果が生じる。このため、高強度を有しながらも高延性を有する鉄鋼材を製造することができる。

[0008] この場合、冷却工程が施された母材の組織を検査する検査工程をさらに含み、検査工程において母材の組織にオーステナイトが残留しておらず、マルテンサイトが生成していることが判明したときは、次に鉄鋼材を製造する際に、ひずみ導入工程における母材に導入するひずみの量の増加、及び母材へのオーステナイト安定化元素の添加量の増加の少なくともいずれかを行い、検査工程において母材の組織にオーステナイトが残留しておらず、フェライト及びパーライトのいずれかが生成していることが判明したときは、次に鉄鋼材を製造する際に、冷却工程における冷却速度の増加及び母材への拡散変態を抑制する元素の添加量の増加の少なくともいずれかを行うことができる。

[0009] この構成によれば、冷却工程が施された母材の組織を検査する検査工程をさらに含む。検査工程において母材の組織にオーステナイトが残留しておらず、マルテンサイトが生成していることが判明したときは、鉄鋼材が使用される温度に対して十分に M_f 点が低下していないことが推定される。そこで、次に鉄鋼材を製造する際に、ひずみ導入工程における母材に導入するひずみの量の増加、及び母材へのC、Mn、Ni、Cr及びMo等のオーステナイト安定化元素の添加量の増加の少なくともいずれかが行われる。これにより、鉄鋼材が使用される温度に対して十分に M_f 点を低下させて、オーステナイトを残留させることができる。また、検査工程において母材の組織にオーステナイトが残留しておらず、フェライト及びパーライトのいずれかが生成し

ていることが判明したときは、C T T線図におけるフェライト又はパーライトが生成される領域を回避するためには、冷却速度が低過ぎるか、フェライト又はパーライトが生成される領域が拡大し過ぎていることが推定される。そこで、次に鉄鋼材を製造する際に、冷却工程における冷却速度の増加及びMo、W、V及びTa等のFeよりも原子半径の大きい元素等の拡散変態を阻害する元素の添加量の増加の少なくともいずれかが行われる。これにより、C C T線図上におけるフェライト又はパーライトが生成される領域を回避して、オーステナイトを残留させることができる。

[0010] また、加熱工程及びひずみ導入工程では、母材に棒状の回転ツールの先端部を当接させながら回転ツールを回転させることにより、母材の加熱及び母材へのひずみの導入を行い、冷却工程では、母材に回転ツールの先端部を当接させながら回転ツールを回転させた状態で回転ツールの先端部を移動させること、及び回転ツールの先端部を母材から離すことの少なくともいずれかにより、母材の冷却を行うことができる。

[0011] この構成によれば、加熱工程及びひずみ導入工程では、母材に棒状の回転ツールの先端部を当接させながら回転ツールを回転させることにより、母材の加熱及び母材へのひずみの導入を行ない、冷却工程では、母材に回転ツールの先端部を当接させながら回転ツールを回転させた状態で回転ツールの先端部を移動させること、及び回転ツールの先端部を母材から離すことの少なくともいずれかにより、母材の冷却を行う。このような摩擦攪拌接合の技術を利用することにより、一つの処理で加熱工程、ひずみ導入工程及び冷却工程を行うことが可能となる。また、摩擦攪拌接合の技術を利用することにより、母材を局所的に加熱すること、及び母材に局所的にひずみを導入することが容易となる。また、この構成によれば、回転ツールの先端部の移動速度や、回転ツールの回転数を調節することにより、冷却速度を制御することが容易となる。

発明の効果

[0012] 本発明の一実施形態の鉄鋼材の製造方法によれば、高強度を有しながらも

高延性を有する鉄鋼材を製造することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施形態の鉄鋼材の製造方法における摩擦攪拌接合の態様を示す斜視図である。

[図2]図1の回転ツールの斜視図である。

[図3]実施形態の鉄鋼材の工程を示すフローチャートである。

[図4]鉄鋼材1の状態図である。

[図5]鉄鋼材2のCCT図である。

[図6]鉄鋼材においてひずみが導入されることにより、CCT図においてパーライトが生成される領域とマルテンサイトが生成される領域とが変動する作用を示す図である。

[図7]Zener-Hollomon因子とMs点との関係を示すグラフ図である。

[図8]Moの添加によりパーライトが生成される領域が変動する作用を示す図である。

[図9]実施形態の鉄鋼材の製造方法における摩擦攪拌接合の別の態様を示す斜視図である。

[図10]実験例1における鉄鋼材1の化学的組成を示す表である。

[図11] (a) ~ (d) は実験例1における鉄鋼材1の攪拌部のフェーズマップを示し、それぞれ回転速度100rpm、200rpm、300rpm及び400rpmでの攪拌部のフェーズマップを示す。

[図12]実験例1における母材及びそれぞれの回転速度の平行部の幅が5mmである試料の引張強度を示すグラフ図である。

[図13]実験例1における母材及びそれぞれの回転速度の平行部の幅が5mmである試料の伸びを示すグラフ図である。

[図14]実験例1における母材、回転速度100rpmでの試料及び回転速度300rpmでの試料の公称応力 - 公称塑性ひずみ曲線を示すグラフ図である。

[図15]実験例2における鉄鋼材2及び鉄鋼材3の化学的組成を示す表である

。

[図16]実験例2における鉄鋼材2の母材のEBSD相分布像を示す図である

。

[図17]実験例2における鉄鋼材2の回転速度400rpm－接合速度100mm/minでの攪拌部のEBSD相分布像を示す図である。

[図18]実験例2における鉄鋼材2の回転速度400rpm－接合速度400mm/minでの攪拌部のEBSD相分布像を示す図である。

[図19]実験例2における鉄鋼材2の母材及び回転速度400rpm－接合速度400mm/minでの公称応力－公称ひずみ曲線を示すグラフ図である

。

[図20]実験例2における鉄鋼材3の母材のfcc方位マップを示す図である

。

[図21]実験例2における鉄鋼材3の回転速度200rpm－接合速度400mm/minでの母材のfcc方位マップを示す図である。

[図22]実験例2における鉄鋼材3の回転速度300rpm－接合速度400mm/minでの母材のfcc方位マップを示す図である。

[図23]実験例2における鉄鋼材3の回転速度400rpm－接合速度400mm/minでの母材のfcc方位マップを示す図である。

[図24]実験例3における鉄鋼材4の化学的組成を示す表である。

[図25]実験例3における異なる回転速度での攪拌部のXRDパターンを示すグラフ図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る鉄鋼材の製造方法の実施形態について詳細に説明する。本実施形態では、摩擦攪拌接合の技術を利用して強度と延性とを高めた鉄鋼材を製造する。まず、簡単に摩擦攪拌接合について説明する。

[0015] 図1に示すように、摩擦攪拌接合では、板状の鉄鋼材の母材1a, 1bの端部同士を突き合せて攪拌部20を形成し、母材1a, 1bを接合する。母

材 1 a, 1 b の攪拌部 2 0 上に、回転ツール 1 0 0 の先端のプロープ 1 0 2 を当接させつつ、後述する所定の条件により回転させ、さらに攪拌部 2 0 の長手方向に沿って回転ツール 1 0 0 を後述する所定の条件により移動させることにより、攪拌部 2 0 に強度と延性とを高めた鉄鋼材を製造する。この場合、攪拌部 2 0 の長手方向に沿って 2 回以上、回転ツール 1 0 0 を通過させるようにしても良い。

[0016] 母材 1 a, 1 b は、例えば、フェライト鋼、C r - M o 鋼及び高炭素鋼を用いることができる。母材 1 a, 1 b の攪拌部 2 0 上には、状況に応じて添加材 1 0 を充填することができる。添加材 1 0 としては、粉状又は粒状とした C、M n、N i、C r、M o、W、V 及び T a 等を用いることができる。また、添加材 1 0 としては、板状や薄いシート状とした C、M n、N i、C r、M o、W、V 及び T a 等が攪拌部 2 0 上あるいは攪拌部 2 0 上以外の母材 1 a, 1 b の表面に配置されていても良い。あるいは、添加材 1 0 は攪拌部 2 0 に限られず、母材 1 a, 1 b の全体の組成に添加されていても良い。

[0017] 後述するように、本実施形態では攪拌部 2 0 の冷却速度が重要となるため、攪拌部 2 0 の上面又は下面に、冷却された冷媒を循環させることにより攪拌部 2 0 を外部から強制的に冷却する冷却手段が配置されていても良い。この場合の冷却手段としては、例えば、液体 C O₂、液体窒素及び水等を攪拌部 2 0 に供給することものとする。

[0018] 本実施形態では、図 2 に示すような回転ツール 1 0 0 を用意する。回転ツール 1 0 0 は、略円筒状をなし、先端のショルダー 1 0 1 より小径の略円柱状のプロープ 1 0 2 を備えている。回転ツール 1 0 0 の材質は、例えば、日本工業規格に規格されている S K D 6 1 鋼等の工具鋼や、タングステンカーバイト (W C) を主成分とする超硬合金、または S i₃N₄等のセラミックスからなるものとすることができる。

[0019] 以下、上記の摩擦攪拌接合の技術を利用した鉄鋼材の製造方法について説明する。図 3 に示すように、母材 1 a, 1 b の攪拌部 2 0 上に回転ツール 1 0 0 の先端のプロープ 1 0 2 を当接させながら回転させることにより、母材

1 a, 1 b の攪拌部 20 が、オーステナイトが出現する温度である A_{C1} 点以上に加熱される (S 101)。図 4 の鉄鋼材 1 の状態図に示すように、鉄鋼材 1 等の鉄鋼材は、 A_{C1} 点以上の温度に加熱されると図中の γ に示す領域においてオーステナイトが出現する。例えば、鉄鋼材 1 では、 A_{C1} 点は 840°C となる。鉄鋼材の組織にオーステナイトを残留させることにより、後述するように高強度を有しながらも高延性を有する鉄鋼材とすることができる。なお、鉄鋼材の組成ごとの A_{C1} 点は下式 (1) により求めることができる。また、摩擦攪拌処理時における攪拌部 20 への入熱量 Q は下式 (2) により求めることができる。

[数1]

$$A_{C1}[^{\circ}\text{C}] = 723 - 10.7\text{Mn}[\text{mass}\%] - 16.9\text{Ni}[\text{mass}\%] + 29.1\text{Si}[\text{mass}\%] + 16.9\text{Cr}[\text{mass}\%] + 290\text{As}[\text{mass}\%] + 6.38\text{W}[\text{mass}\%] \quad \dots(1)$$

[数2]

$$Q = 4/3 \pi^2 \mu P N R^3 \cdot 1/t \cdot 1/v \quad \dots(2)$$

μ : 摩擦係数, P : 攪拌部の圧力,

N : 回転ツールの回転速度,

R : ショルダーの直径, t : 攪拌部の板厚,

v : 回転ツールの移動速度

[0020] しかしながら、図 5 の鉄鋼材 2 の連続して冷却された際の相変態を時間及び温度の座標平面上に表した CCT 図 (Continuous Cooling Transformation diagram: 連続冷却変態線図) に示すように、 A_{C1} 点を超える温度から室温近くまで鉄鋼材が冷却されると、オーステナイトからマルテンサイトや、オーステナイトからフェライト又はパーライトへの変態が生じる。図 5 に示すように、速い冷却速度の冷却曲線 $C_{r1} \sim C_{r3}$ によりマルテンサイトが出現する温度である M_s 点未満に冷却された鉄鋼材では、図中の M の領域に示

すように、オーステナイトから靱性が劣るマルテンサイトへの変態が生じる。また、遅い冷却速度の冷却曲線 $C_r 4 \sim C_r 8$ によりフェライトが出現する温度である F_s 点や、パーライトが出現する温度である P_s 点よりも低い温度に冷却された鉄鋼材では、図中の F や P の領域に示すように、オーステナイトからフェライトやパーライトへの変態が生じる。そのため、一般に加熱処理後に室温まで冷却された鉄鋼材の組織にはオーステナイトは残留していない。なお、鉄鋼材の組成ごとの M_s 点は下式 (3) により求めることができる。

[数3]

$$M_s [^\circ\text{C}] = 539 - 423C[\text{mass}\%] - 30.4Mn[\text{mass}\%] - 17.7Ni[\text{mass}\%] - 12.1Cr[\text{mass}\%] - 7.5Mo[\text{mass}\%] \quad \dots(3)$$

[0021] そこで本実施形態では、図 3 に示すように、母材 1 a, 1 b の組織全面がマルテンサイトとなる温度である M_f 点が、鉄鋼材が使用される温度未満に低下すると推定される量のひずみが母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 に導入されることにより、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の組織にオーステナイトが残留する (S102)。図 6 に示すように、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 にひずみが導入されると、マルテンサイトが出現する温度である M_s 点が低下する。 M_s 点の低下に伴い、 M_s 点よりも低い温度であり母材 1 a, 1 b の組織全面がマルテンサイトとなる温度である不図示の M_f 点も低下する。ひずみ量が十分に大きい場合は、 M_f 点及び M_s 点の両方とも、室温 (20℃) よりも低い温度に低下する。これにより、鉄鋼材が使用される温度が室温であっても、母材 1 a, 1 b の組織にオーステナイトを残留させることが可能となる。なお、本実施形態では、 M_f 点を鉄鋼材が使用される温度未満に低下させることにより鉄鋼材が使用される温度でオーステナイトを残留させることが可能であるが、鉄鋼材の組織全面にオーステナイトを残留させるために、 M_s 点を鉄鋼材が使用される温度未満に低下させることができる。

[0022] 本実施形態では、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 へのひずみの導入は、母材

1 a, 1 b の攪拌部 20 上に回転ツール 100 の先端のプロープ 102 を当接させながら回転させることにより、 A_{c1} 点以上への加熱と同時に一処理で行うことができる。このような摩擦攪拌接合の技術を利用して導入されるひずみの量は、下式 (4) により求めることができる。なお下式 (4) において、 $\dot{\varepsilon}$ はひずみ（下式中では $\dot{\varepsilon}$ を時間で微分した単位時間当たりのひずみの導入量であるひずみ速度）であり、 R_m は回転ツール 100 の回転速度の $1/2$ の値であり、 r_e は攪拌部 20 の有効（平均）半径であり、 L_e は攪拌部 20 の有効（平均）深さである。これらの値は、回転ツール 100 の回転速度、ショルダー 101 の直径、プロープ 102 の直径及びプロープ 102 の長さを調整することにより制御することができる。

[数4]

$$\dot{\varepsilon} = \frac{R_m \cdot 2\pi r_e}{L_e} \dots (4)$$

[0023] しかしながら、ひずみの導入による M_f 点及び M_s 点を低下させる効果は母材 1 a, 1 b の温度が高くなるほど低下する。そこで、下式 (5) に示すように温度による補償をかけた Zener-Hollomon 因子 Z が、ひずみの導入による M_f 点及び M_s 点を低下させる効果を算出するために用いられる。図 7 に示すように、Zener-Hollomon 因子 Z の自然対数の減少に伴って M_s 点は低下することが判る。なお、下式 (5) において、 R は 1 mol の気体定数であり、 T_c は、鉄のキュリー温度である。

[数5]

$$Z = \dot{\varepsilon} \exp\left(\frac{Q}{RT}\right) \dots (5)$$

$$Q: 241 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} (T > T_c), 254 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} (T < T_c)$$

[0024] 図 3 に戻り、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 が、鉄鋼材が使用される温度に冷却される (S103)。ここで、図 6 に示すように、母材 1 a, 1 b の攪

拌部 20 にひずみが導入され、 M_f 点及び M_s 点が低下すると、同時にパーライトが生成される領域も拡大する。図 6 に示すような CCT 図上の母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 にパーライトが生成される領域内で母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の冷却が終了すると、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の組織がパーライトになりオーステナイトが残留しない可能性がある。

[0025] そこで、本実施形態では、図 6 に示すように、CCT 線図上の母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 のマルテンサイトが生成される領域に母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の冷却曲線を外挿した線が交わると推定される冷却速度によって、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 は少なくとも M_f 点より高く、例えば M_s 点よりも高い温度に冷却される (S103)。これにより、冷却後の母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 にオーステナイトが残留する。

[0026] なお、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の冷却時に母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の時間に対する温度の関数を表す線がパーライトが生成される領域に交わったとしても、最終的にパーライトが生成される領域外で冷却が終了すればオーステナイトは残留する。しかし、鉄鋼材の組織全面にオーステナイトを残留させるために、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の冷却時に母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の時間に対する温度の関数を表す線がパーライトが生成される領域と交わらないことができる。

[0027] 本実施形態では、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の冷却は、母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 上に回転ツール 100 の先端のプロブ 102 を当接させながら回転させた状態で回転ツール 100 の先端を攪拌部 20 に沿って移動させることにより、攪拌部 20 への加熱とひずみの導入と同時に一処理で行うことができる。回転ツール 100 の回転速度又は移動速度（接合速度）を増加させることにより冷却速度を増加させ、回転ツール 100 の回転速度又は移動速度（接合速度）を減少させることにより冷却速度を減少させることができる。

[0028] 次に母材 1 a, 1 b の攪拌部 20 の標本を採取し、標本の組織の検査が行われる (S104)。標本の検査は、例えば、EBSD (Electron Back-Sc

atter Diffraction: 電子後方散乱回折) や、XRD (X-ray Diffraction : X線回折) により、行うことができる。検査された標本の組織中にオーステナイトが残留している場合は (S 1 0 5)、次の鉄鋼材を製造する際に、S 1 0 2で導入されるひずみ量とS 1 0 3での冷却速度の条件である回転ツール1 0 0のショルダー1 0 1の直径、プローブ1 0 2の直径、プローブ1 0 2の長さ、回転速度及び移動速度が維持される (S 1 0 6)。

[0029] 検査された標本の組織中にオーステナイトが残留しておらず、マルテンサイトが生成している場合は (S 1 0 5)、S 1 0 2において M_s 点及び M_f 点が十分に低下していないことが推定される。この場合、次の鉄鋼材を製造する際に、S 1 0 2において、ひずみ量の増加、及び母材1 a, 1 bへの添加材1 0中のC、Mn、Ni、Cr及びMo等のオーステナイト安定化元素の量の増加の少なくともいずれかが行われる (S 1 0 7)。ひずみ量の増加は、上式 (4) (5) のひずみ ε あるいはZener-Hollomon因子Zの増大により実現される。具体的には、回転ツール1 0 0の回転数の増加、ショルダー1 0 1の直径の増加及びプローブ1 0 2の直径の増加によって、ひずみ量を増大させることができる。また、摩擦攪拌処理における攪拌部2 0の温度を低下させることによって、ひずみ量を増大させることができる。

[0030] また、上式 (3) に示したように、 M_s 点は特にCの添加量が多いほど低下するため、添加材1 0中のCの量の増加により、 M_s 点をさらに低下させることが可能となる。 M_f 点についても同様である。なお、 M_s 点及び M_f 点を低下させる効果は、Cの添加量が最も影響が大きいため、添加材1 0中のCの量を制御することにより、 M_s 点及び M_f 点の低下の度合を制御することができる。しかしながら、添加材1 0中のMn、Ni、Cr及びMoのいずれかの量を増大させることによって、 M_s 点及び M_f 点の低下の度合を増大させることができる。

[0031] 検査された標本の組織中にオーステナイトが残留しておらず、フェライト又はパーライトが生成している場合は (S 1 0 5)、S 1 0 3において冷却速度が低過ぎるか、フェライト又はパーライトが生成される領域が拡大し過

じているために、図6に示すフェライト又はパーライトが生成される領域で冷却が終了していることが推定される。この場合、次の鉄鋼材を製造する際に、S103において、冷却速度の増加、及び母材1a、1bへの添加材10中のMo、W、V及びTa等のFeよりも原子半径が大きい元素等の拡散変態を阻害する元素の量の増加の少なくともいずれかが行われる（S108）。冷却速度の増加は、回転ツール100の回転速度又は移動速度（接合速度）を増加させることにより実現される。あるいは、母材1a、1bの攪拌部20の上部又は下部に設置された冷却手段による冷却量を増大させることにより実現される。この冷却手段としては、液体CO₂の使用量の増加等により、外部からの強制的な冷却量を増大させることができる。

[0032] また、図8に示すように、パーライト又はフェライトが生成される領域は、母材1a、1bへの添加材10中のMo、W、V及びTa等のFeよりも原子半径が大きい元素等の拡散変態を阻害する元素の量が多いほど減少する。これは、図6に示すように、攪拌部20にひずみが導入されると、それに伴いパーライト又はフェライトが生成される領域が増大するが、Mo、W、V及びTaのようにFeよりも大きな原子が添加されていると、拡散変態が阻害され、パーライト又はフェライトが生成される領域が増大する作用が抑えられると考えられる。そのため、添加材10中のMo、W、V及びTa等の拡散変態を阻害するFeよりも原子半径が大きい元素の量を増加させることにより、同じ冷却速度であっても、フェライト又はパーライトが生成される領域ではなく、オーステナイトが残留する領域で冷却を終了させることができる。

[0033] 以上のようにして制御された条件により、次の鉄鋼材が製造される（S109）。なお、S105において、オーステナイトが残留している場合であっても、マルテンサイトが生成している場合にはS107の工程を行い、フェライト又はパーライトが生成している場合にはS108の工程を行うことにより、次の鉄鋼材の製造において、より多くオーステナイトが残留している鉄鋼材を製造することができる。

- [0034] 本実施形態では、鉄鋼材の母材 1 a, 1 b がオーステナイトが出現する温度である A_{c1} 点以上に加熱される (S 1 0 1)。これにより、母材 1 a, 1 b にオーステナイトを出現させることができる。母材 1 a, 1 b の組織全面がマルテンサイトとなる温度である M_f 点が室温未満に低下すると推定される量のひずみが母材に導入される (S 1 0 2)。このため、室温に鉄鋼材が冷却された際に鉄鋼材の組織全面がマルテンサイトとなることを防止することができる。
- [0035] 母材 1 a, 1 b にひずみを導入すると、フェライト又はパーライトが生成される領域も拡大する。しかし、鉄鋼材の母材が連続して冷却された際の相変態を時間及び温度の座標平面上に表した連続冷却変態線図 (C C T 線図: Continuous Cooling Transformation diagram) のマルテンサイトが生成される領域に母材 1 a, 1 b の時間に対する温度の関数である冷却曲線を外挿した線が交わると推定される冷却速度により、母材 1 a, 1 b が室温に冷却される (S 1 0 3)。このため、製造された鉄鋼材の組織には室温においてオーステナイトが残留する。
- [0036] オーステナイトが残留した鉄鋼材に外部応力が印加された場合、ひずみを受けたオーステナイトが硬質なマルテンサイトに変態し、ひずみを受けた部分の強度が向上する。その結果、この部分の変形が抑制され、相対的に低強度である未変態のオーステナイトの部分に変態が伝搬する T R I P 効果が生じる。このため、高強度を有しながらも高延性を有する鉄鋼材を製造することができる。
- [0037] 本実施形態では、鉄鋼材の全体の化学的組成により高強度及び高延性を有する鉄鋼材とするのではなく、鉄鋼材の母材に対して全体的又は局所的に処理を加えることにより、高強度及び高延性を有する鉄鋼材とすることが可能である。例えば、自動車の構造部材の特定部位においては、衝突時の衝撃に対して、高強度により車体の形状を維持しつつ、高延性により衝撃を吸収し乗員を保護することが必要となる。しかしながら、本実施形態によれば、鉄鋼材の母材の特定部位に局所的な処理を加えて、特定部位のみ高強度及び高

延性を持たせることが可能である。このような本実施形態の鉄鋼材を自動車の構造部材に適用した場合は、衝突時の変形中に徐々に強度が上昇するため、衝突時の乗員に対する衝撃を低減することができる。したがって、本実施形態の処理を施された自動車の構造部材は優れた衝突安全性を示すことが期待できる。そのため、本実施形態の産業上の利用性は極めて高い。

[0038] また、本実施形態では、母材 1 a, 1 b の組織を検査する工程をさらに含む (S 1 0 4)。母材の組織にオーステナイトが残留しておらず、マルテンサイトが生成していることが判明したときは (S 1 0 5)、室温に対して十分に M_f 点が低下していないことが推定される。そこで、次に鉄鋼材を製造する際に、S 1 0 2 における母材 1 a, 1 b に導入するひずみの量の増加、及び母材 1 a, 1 b への C、Mn、Ni、Cr 及び Mo 等のオーステナイト安定化元素の添加量の増加の少なくともいずれかが行われる (S 1 0 7)。これにより、室温に対して十分に M_f 点を低下させて、オーステナイトを残留させることができる。

[0039] また、母材 1 a, 1 b の組織にオーステナイトが残留しておらず、フェライト及びパーライトのいずれかが生成していることが判明したときは (S 1 0 5)、CCT 線図上におけるフェライト又はパーライトが生成される領域を回避するためには、冷却速度が低過ぎるか、フェライト又はパーライトが生成される領域が拡大し過ぎていることが推定される。そこで、次に鉄鋼材を製造する際に、S 1 0 3 における冷却速度の増加、及び母材 1 a, 1 b への Mo、W、V 及び Ta 等の Fe よりも原子半径が大きい元素等の拡散変態を阻害する元素の添加量の増加の少なくともいずれかが行われる (S 1 0 8)。これにより、CCT 線図上におけるフェライト又はパーライトが生成される領域を回避して、オーステナイトを残留させることができる。

[0040] また、本実施形態では、母材 1 a, 1 b に棒状の回転ツール 1 0 0 の先端部を当接させながら回転ツール 1 0 0 を回転させることにより、母材 1 a, 1 b の加熱及び母材 1 a, 1 b へのひずみの導入を行ない、母材 1 a, 1 b に回転ツール 1 0 0 の先端部を当接させながら回転ツール 1 0 0 を回転させ

た状態で回転ツール１００の先端部を移動させることにより、母材１００の冷却を行う。このような摩擦攪拌接合の技術を利用することにより、一つの処理で加熱、ひずみの導入及び冷却を行うことが可能となる。また、摩擦攪拌接合の技術を利用することにより、母材１ａ，１ｂを局所的に加熱すること、及び母材１ａ，１ｂに局所的にひずみを導入することが容易となる。また、本実施形態では、回転ツール１００の先端部の移動速度や、回転ツール１００の回転数を調節することにより、冷却速度を制御することが容易となる。

[0041] なお、本発明は上記実施形態に限定されず、様々な変形態様が可能である。例えば、上記実施形態では、母材１ａ，１ｂに回転ツール１００の先端部を当接させながら回転ツール１００を回転させた状態で回転ツール１００の先端部を移動させることにより、母材１ａ，１ｂ同士を接合し、接合による攪拌部２０に鉄鋼材を生成させる態様を主に説明した。しかし、本発明の他の実施形態では、母材１ａ，１ｂに回転ツール１００の先端部を当接させながら回転ツール１００を回転させた状態で回転ツール１００の先端部を単数あるいは複数の部位で停止させるスポット型の摩擦攪拌接合の技術により、攪拌部２０に鉄鋼材を生成させても良い。この場合、母材１ａ，１ｂの冷却は、回転ツール１００の先端部を母材１ａ，１ｂから離すことにより行うことができる。冷却速度の制御は、回転ツール１００の引き抜き速度及び回転速度等を調節することにより行うことができる。

[0042] あるいは、図９に示すように、板状の母材１ａ，１ｂを重ね合わせ、その間に粉状又は粒状の添加材１０を充填するか、板状又はシート状の添加材１０を配置して攪拌部２０とし、回転ツール１００を母材１ａに当接させつつ回転させ、母材１ａ上を移動させることにより、攪拌部２０を攪拌する重ね合わせ接合に類似した態様で摩擦攪拌処理を行っても良い。この場合も、回転ツール１００の移動を伴わないスポット型の摩擦攪拌処理とすることができる。

[0043] あるいは、母材同士の接合を伴わず、単一の母材１ａの表面に粉状、粒状

、板状又はシート状の添加材 10 を供給した後に、回転ツール 100 を母材 1 a に当接させつつ回転させ、母材 1 a 上を移動させることにより、攪拌部 20 を攪拌することにより、攪拌部 20 の組織を改質して攪拌部 20 に鉄鋼材を生成させても良い。この場合も、回転ツール 100 の移動を伴わないスポット型の摩擦攪拌処理とすることができる。なお、上記の様々な摩擦攪拌接合及び摩擦攪拌処理においては、必要のない場合には添加材 10 の配置を省略することができる。

[0044] さらに、上記実施態様においては、摩擦攪拌処理を利用することにより、高強度と高延性とを有する鉄鋼材を製造する態様を説明した。しかし、本発明の実施形態はこれに限定されず、鉄鋼材の母材への加熱、ひずみの導入及び冷却を本発明の実施形態で規定の条件に合致するように行うことにより、摩擦攪拌処理以外でも高強度と高延性とを有する鉄鋼材を製造することが可能である。例えば、鉄鋼材の母材の加熱は所定の熱源等によっても行うことができる。また、鉄鋼材の母材へのひずみの導入は圧延及び鍛造等の処理によっても行うことができる。また、鉄鋼材の母材の冷却は所定の冷却手段により行うことができる。

[0045] (実験例 1)

以下、本実施形態の実験例について説明する。図 10 に示す化学的組成を有する鉄鋼材 1 について、摩擦攪拌接合の技術を利用して接合部に鉄鋼材を生成した。回転ツールとしては、WC の超合金ツールを使用した。ネジを有しない円柱状のプロブ及び 10° の凹み傾斜を有するショルダーを特徴とする単純形状のツールを用いた。長さ 200 mm × 幅 50 mm × 厚さ 1.5 mm の鉄鋼材 1 の平板の端部同士を突き合わせ、摩擦攪拌接合により接合した。接合条件は、ショルダーの直径 = 12 mm 、プロブの直径 = 4 mm 、プロブの長さ = 1.3 mm 、回転ツールの傾き = 3° とした。回転速度は $100 \sim 400\text{ rpm}$ とし、接合速度は 100 mm/min で一定とした。鉄鋼材 1 は 750°C 以上にあると急激に軟化しやすくなるため荷重を出来るだけ減少させて接合を行った。接合時は回転ツールおよび攪拌部の酸化防

止のためにシールドガスとしてアルゴンガスを 30 l/min の流量で使用した。回転ツール及び接合装置の冷却のために水冷のクーリングホルダーを装着した。

[0046] 攪拌部の検査を行った。図 11 (a) ~ (d) のフェーズマップに示すように、鉄鋼材 1 の母材の組織はフェライト及び焼き戻しマルテンサイトであるが、回転速度の増加に伴って、図中で黒、灰、白の三色中で灰色に示される残留オーステナイトの量が増加しているのが確認できる。

[0047] 母材及び各回転速度により得られた接合継手について、試験片の平行部の幅を 5 mm として引張試験を行った。図 12 に示すように、残留オーステナイトの量が多い回転速度 300 rpm 及び 400 rpm の接合継手は、母材 (BM) 及び他の回転速度で得られた接合継手に比べて引張強度が増大していることが判る。また、図 13 に示すように、残留オーステナイトの量が多い回転速度 300 rpm 及び 400 rpm の接合継手は、引張強度が向上しているにも関わらず、母材 (BM) 及び他の回転速度で得られた接合継手に比べて伸びも増大していることが判る。すなわち、図 14 に示すように、残留オーステナイトの量が多い回転速度 300 rpm の接合継手は、母材や回転速度 100 rpm の接合継手に比べて強度及び延性の両方が向上したものとなることが判る。

[0048] (実験例 2)

図 15 に示す化学的組成を有する鉄鋼材 2 及び鉄鋼材 3 について、摩擦攪拌接合の技術を利用して接合部に鉄鋼材を生成した。接合条件は、ショルダの直径 = 12 mm 、プローブの直径 = 4 mm 、プローブの長さ = 1.4 mm とした。接合条件としては、回転ツールの回転速度 = $200 \sim 400\text{ rpm}$ 、接合速度 = $100, 400\text{ mm/min}$ 、回転ツールから母材への接合荷重 = $1500 \sim 3300\text{ kg}$ 、鉄鋼材 2 及び鉄鋼材 3 の板厚 = 1.6 mm とした。鉄鋼材 2 については、回転速度 400 rpm で一定とし、接合速度を 100 及び 400 mm/min に変化させた。鉄鋼材 3 については、接合速度を 400 mm/min で一定とし、回転速度を $200, 300$ 及び 400

0 r p m に変化させた。

[0049] 接合部を E B S D により検査した。図 1 6 に示す鉄鋼材 2 の母材と、図 1 7 に示す鉄鋼材 2 の回転速度 4 0 0 r p m - 接合速度 1 0 0 m m / m i n の条件での接合部では、図中に灰色で示される残留オーステナイトが少ないことが判る。一方、図 1 8 に示す鉄鋼材 2 の回転速度 4 0 0 r p m - 接合速度 4 0 0 m m / m i n の条件での接合部では、図中に灰色で示される残留オーステナイトが多いことが判る。母材及び各接合速度により得られた接合継手について、引張試験を行った。図 1 9 に示すように、残留オーステナイトの量が多い接合速度 4 0 0 m m / m i n の接合継手は、母材に比べて強度及び延性の両方が向上したものとなることが判る。

[0050] また、図 2 1 に示す鉄鋼材 3 の回転速度 4 0 0 r p m - 接合速度 1 0 0 m m / m i n の条件での接合部では、図 2 0、図 2 2 ~ 2 3 に示す鉄鋼材 3 の母材や他の回転速度での接合部に比べて、図中に明るい色で示される残留オーステナイトが多いことが判る。

[0051] (実験例 3)

図 2 4 に示す化学的組成を有する鉄鋼材 4 について、摩擦攪拌接合の技術を利用して接合部に鉄鋼材を生成した。板厚 = 2 m m、回転ツールの回転速度 = 1 0 0 ~ 4 0 0 r p m とし、回転ツールの移動速度は 1 0 0 m m / m i n で一定とした。回転ツールは、超硬合金製であり、ショルダーの直径 = 1 2 m m、プローブの直径 = 4 m m、プローブの長さ = 1. 8 m m とした。得られた接合部を X R D により検査した。図 2 5 に示すように、回転速度が増加すると残留オーステナイト (γ) のピークが大きくなっていることが判る。

産業上の利用可能性

[0052] 本発明の一実施形態の製造方法によれば、高強度を有しながらも高延性を有する鉄鋼材を製造することが可能となる。

符号の説明

[0053] 1 a, 1 b 母材

1 0 添加材

2 0 攪拌部

1 0 0 回転ツール

1 0 1 ショルダー

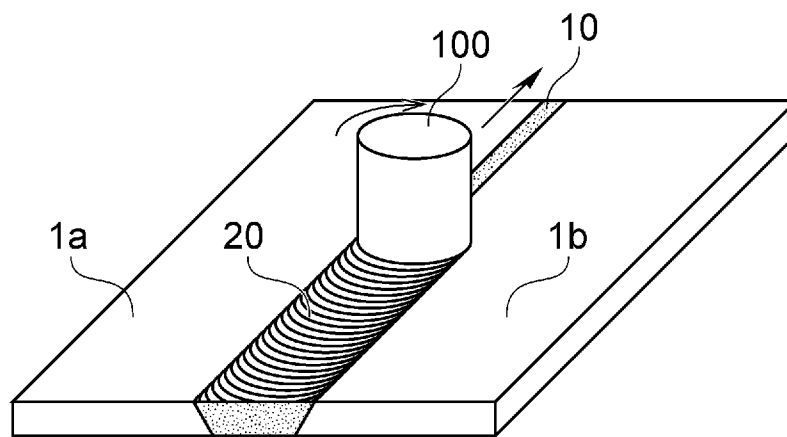
1 0 2 プローブ

請求の範囲

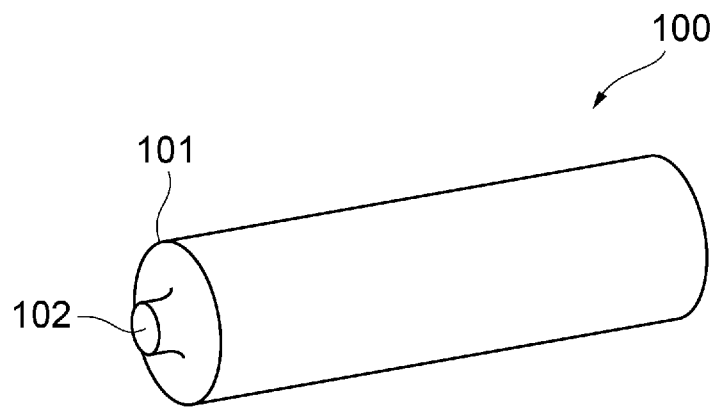
- [請求項1] 鉄鋼材の母材をオーステナイトが出現する温度である A_{c1} 点以上に加熱する加熱工程と、
- 前記母材の組織全面がマルテンサイトとなる温度である M_f 点が前記鉄鋼材が使用される温度未満に低下すると推定される量のひずみを前記母材に導入するひずみ導入工程と、
- 連続冷却変態線図（CCT線図）上の前記母材にマルテンサイトが生成される領域に冷却曲線を外挿した線が交わると推定される冷却速度により、前記加熱工程及び前記ひずみ導入工程が施された前記母材を前記 M_f 点より高い温度に冷却する冷却工程と、を含む鉄鋼材の製造方法。
- [請求項2] 前記冷却工程が施された前記母材の組織を検査する検査工程をさらに含み、
- 前記検査工程において前記母材の組織にオーステナイトが残留しておらず、マルテンサイトが生成していることが判明したときは、次に前記鉄鋼材を製造する際に、前記ひずみ導入工程における前記母材に導入するひずみの量の増加、及び前記母材へのオーステナイト安定化元素の添加量の増加の少なくともいずれかを行い、
- 前記検査工程において前記母材の組織にオーステナイトが残留しておらず、フェライト及びパーライトのいずれかが生成していることが判明したときは、次に前記鉄鋼材を製造する際に、前記冷却工程における前記冷却速度の増加及び前記母材への拡散変態を抑制する元素の添加量の増加の少なくともいずれかを行う、請求項1に記載の鉄鋼材の製造方法。
- [請求項3] 前記加熱工程及び前記ひずみ導入工程では、前記母材に棒状の回転ツールの先端部を当接させながら前記回転ツールを回転させることにより、前記母材の加熱及び前記母材へのひずみの導入を行い、
- 前記冷却工程では、前記母材に前記回転ツールの前記先端部を当接

させながら前記回転ツールを回転させた状態で前記回転ツールの前記先端部を移動させること、及び前記回転ツールの前記先端部を前記母材から離すことの少なくともいずれかにより、前記母材の冷却を行う、請求項 1 又は 2 に記載の鉄鋼材の製造方法。

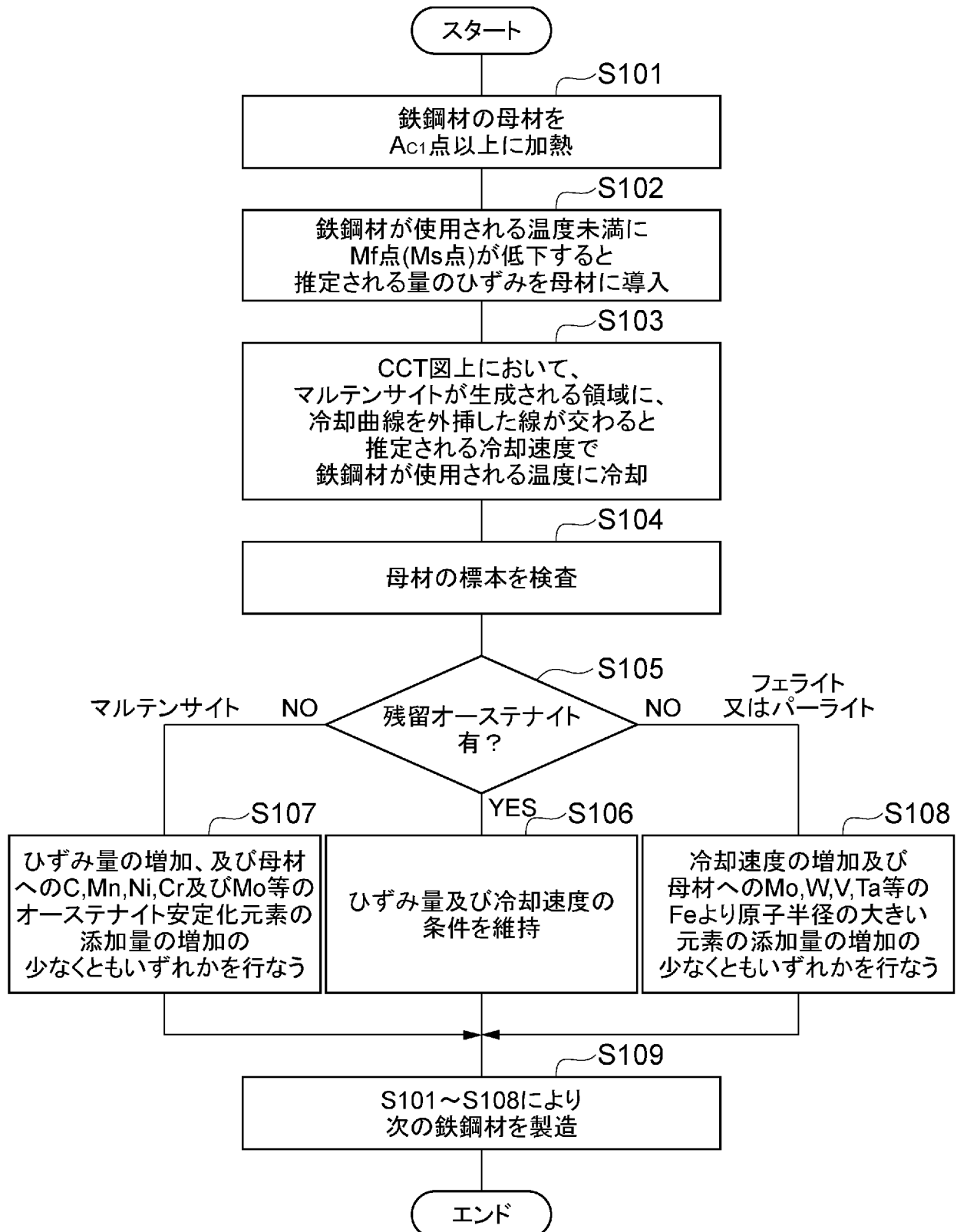
[図1]



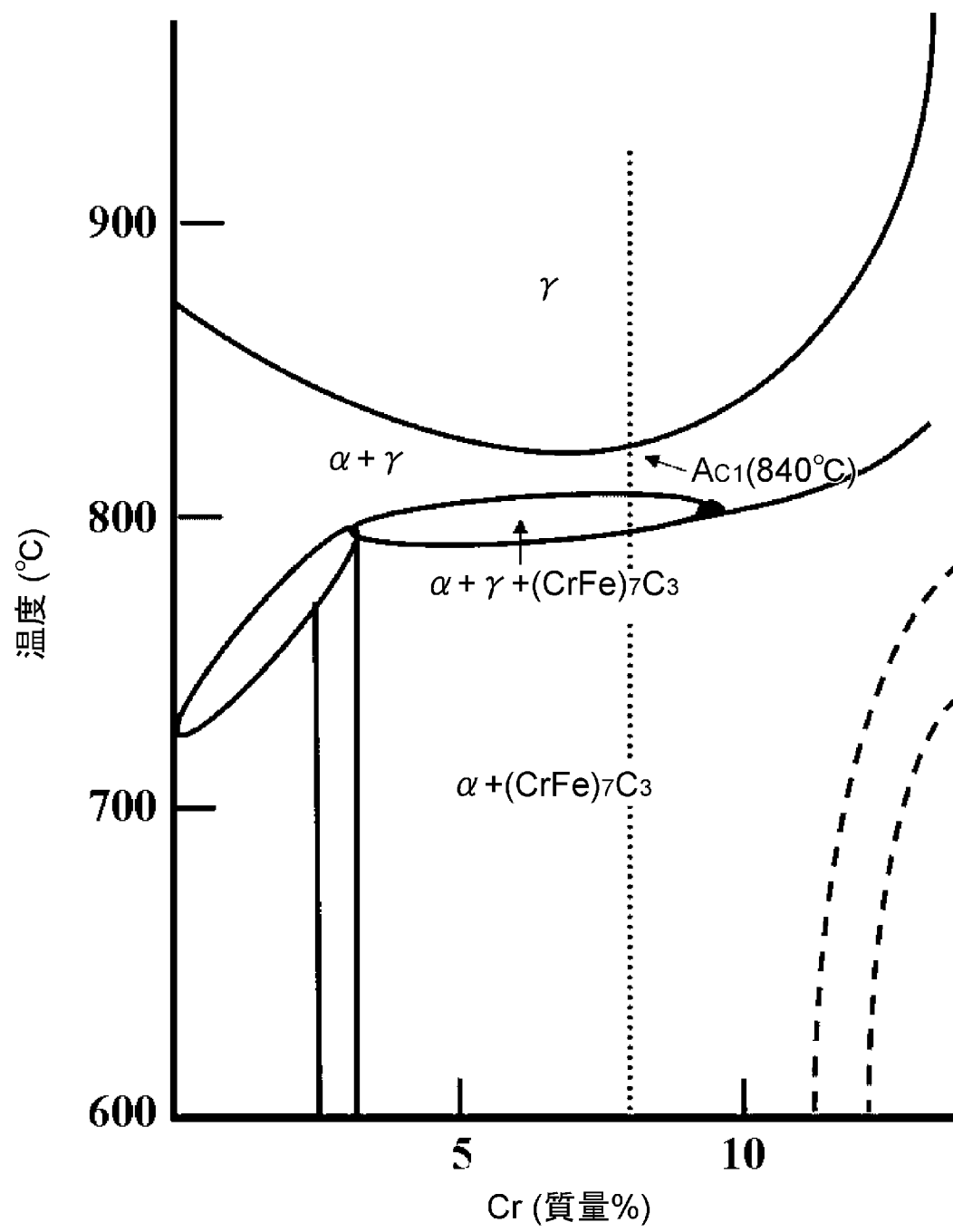
[図2]



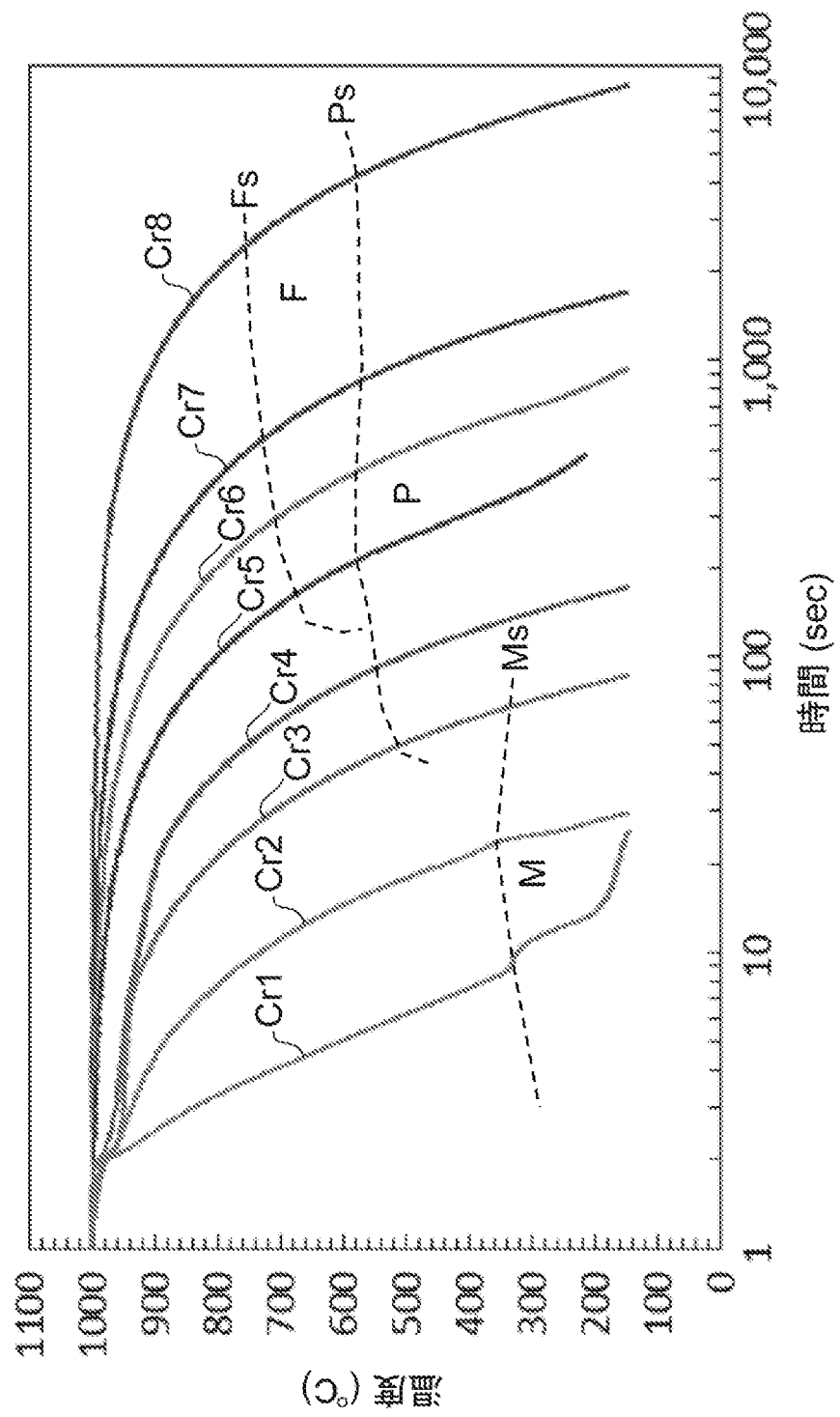
[図3]



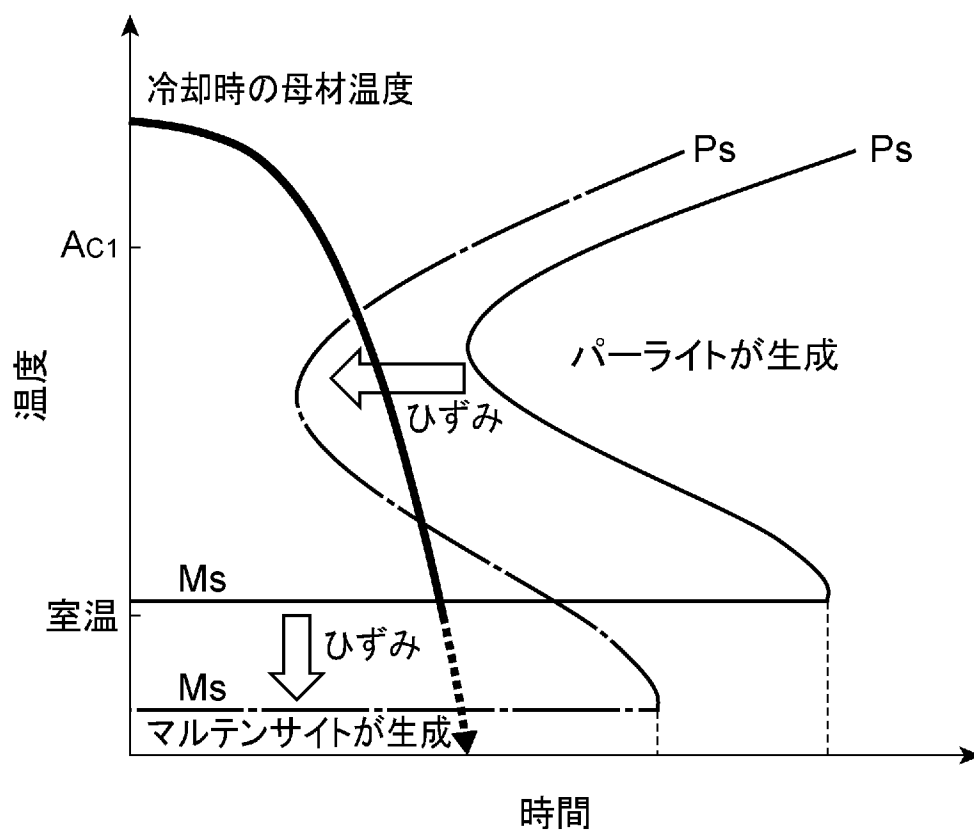
[図4]



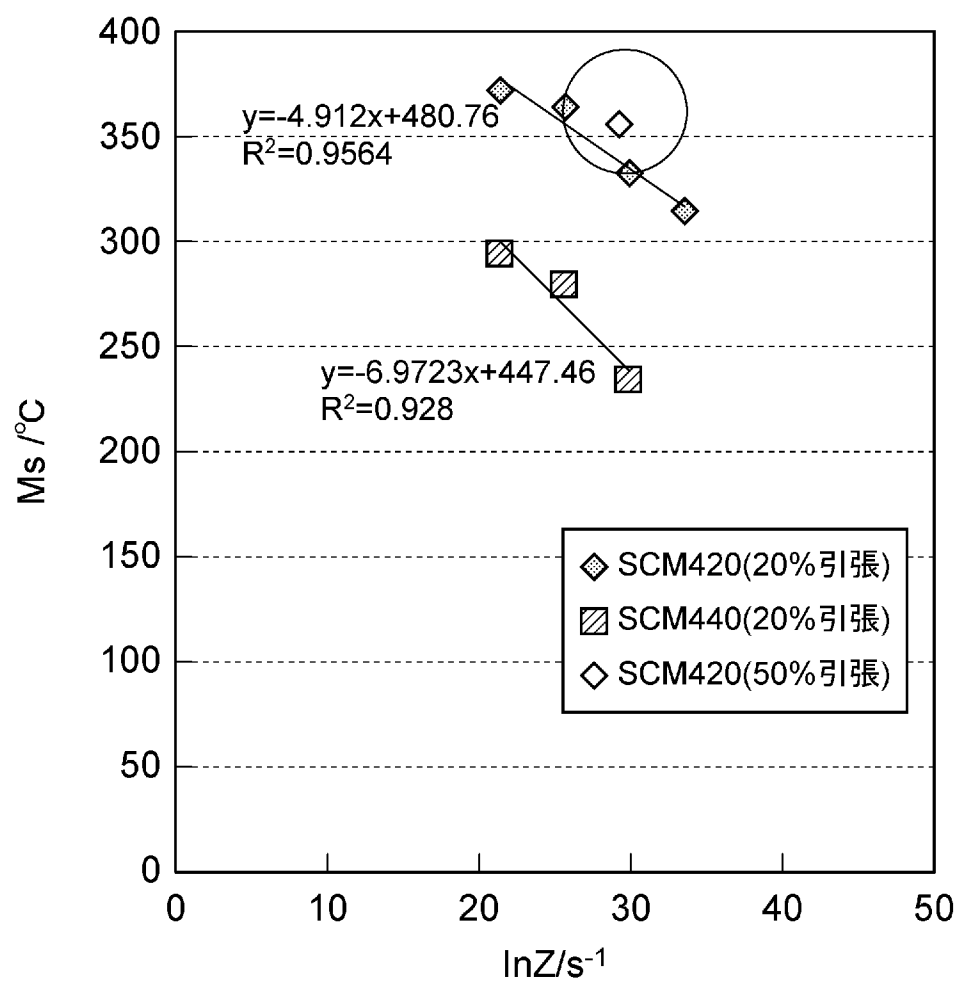
[図5]



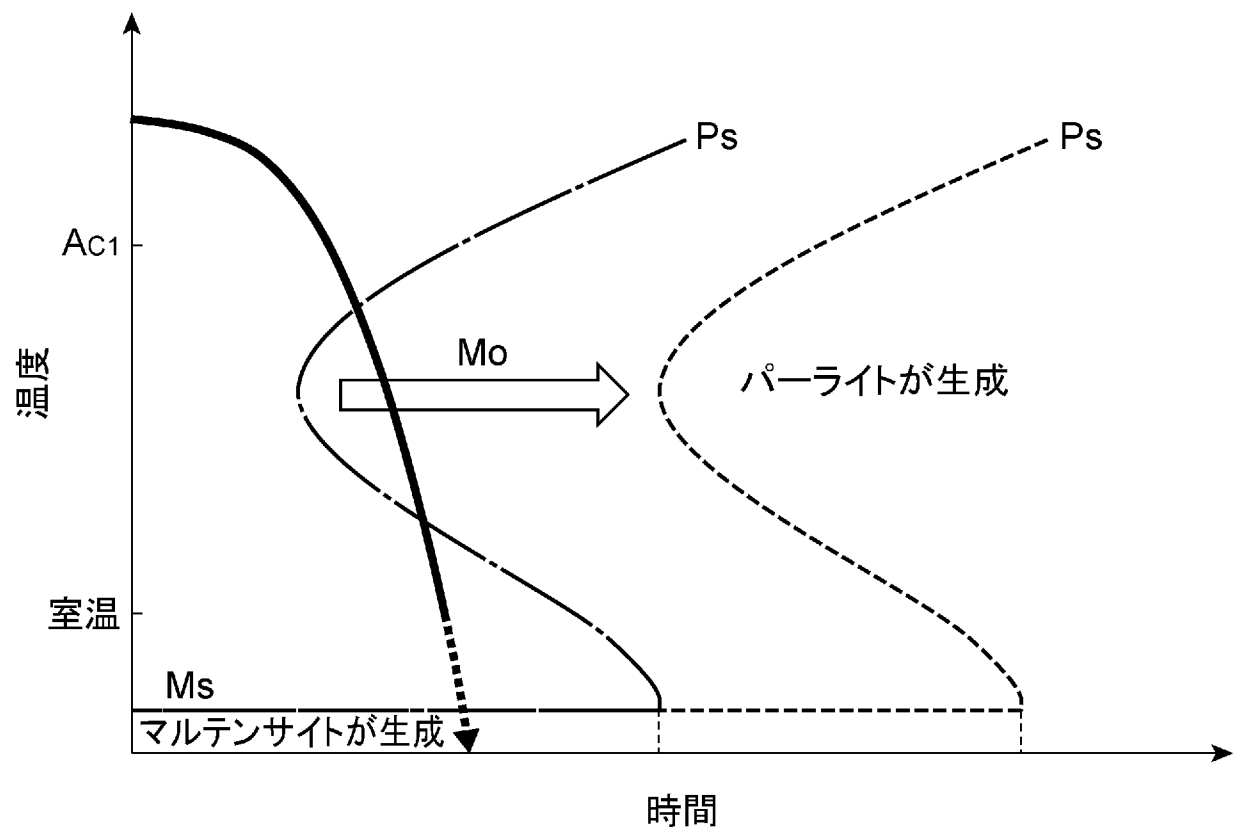
[図6]



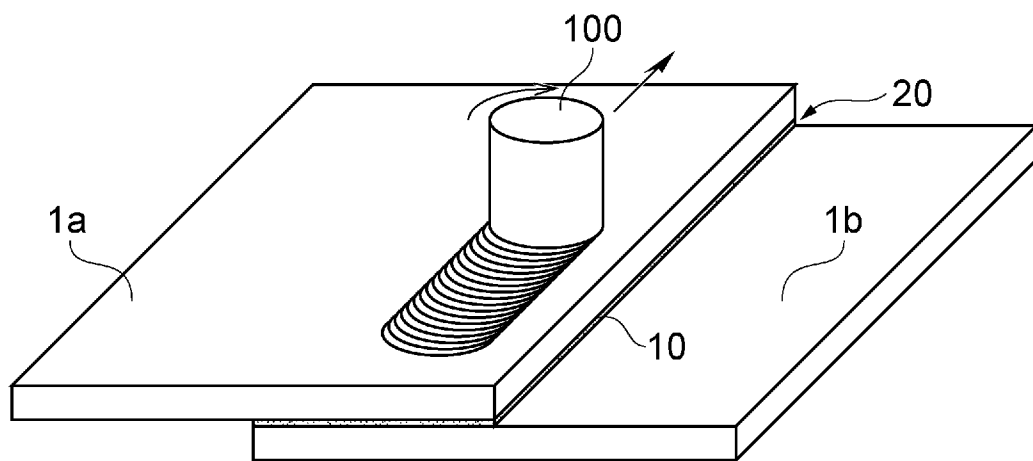
[図7]



[図8]



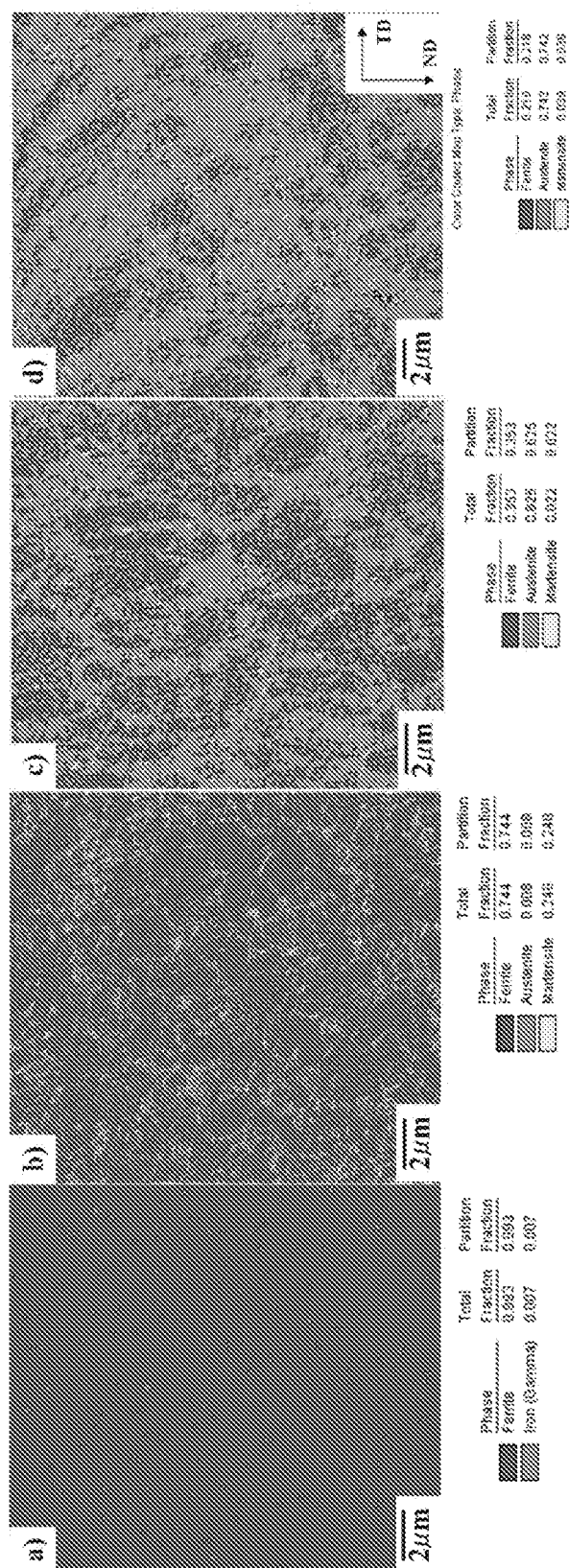
[図9]



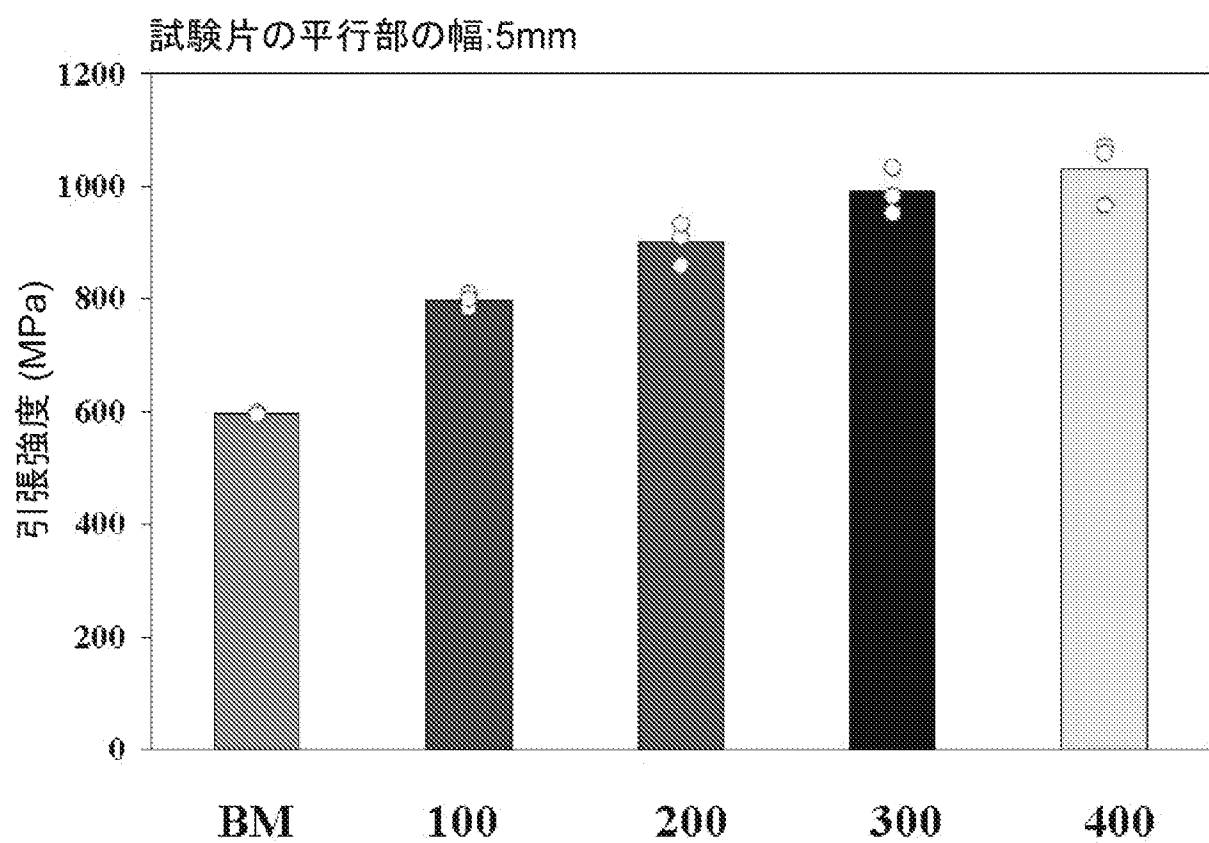
[図10]

種類	化学的組成 (質量%)				
	C	Cr	W	V	Ta
鉄鋼材1	0.1	8	2	0.2	0.04

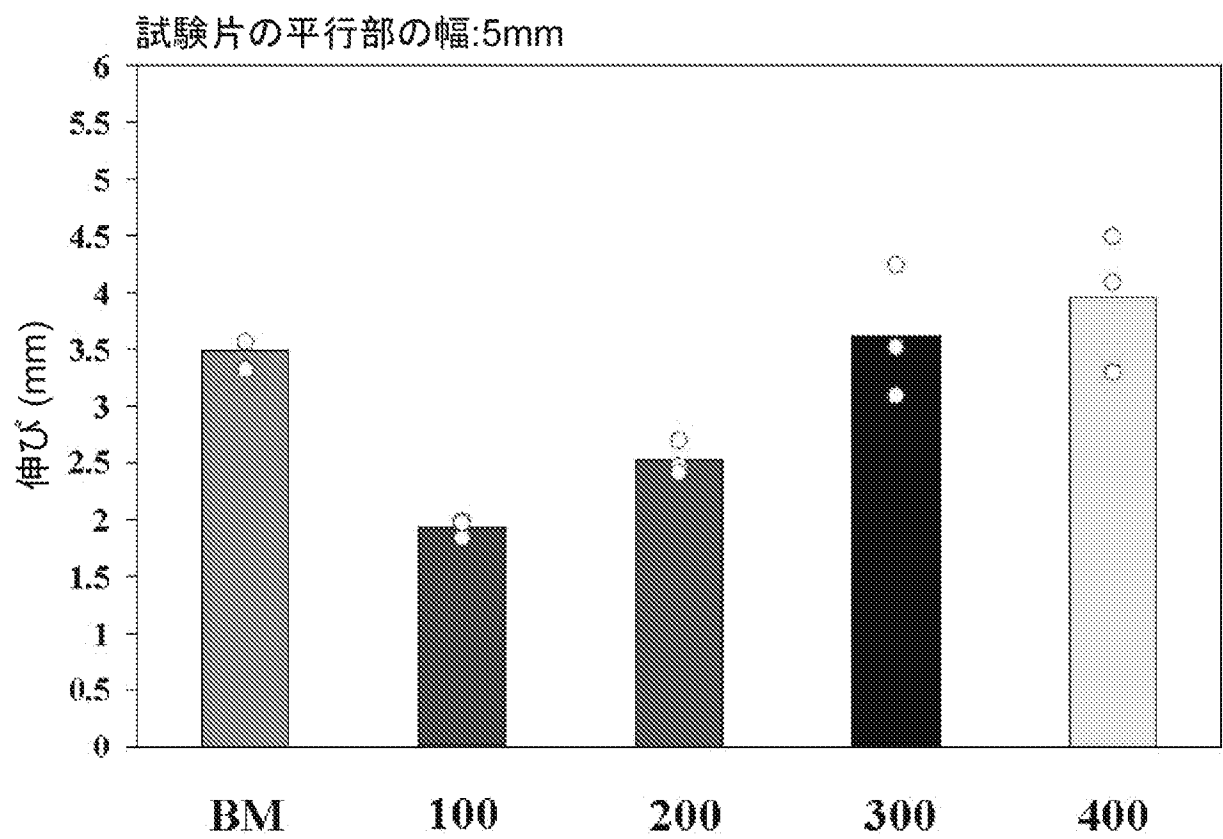
[図11]



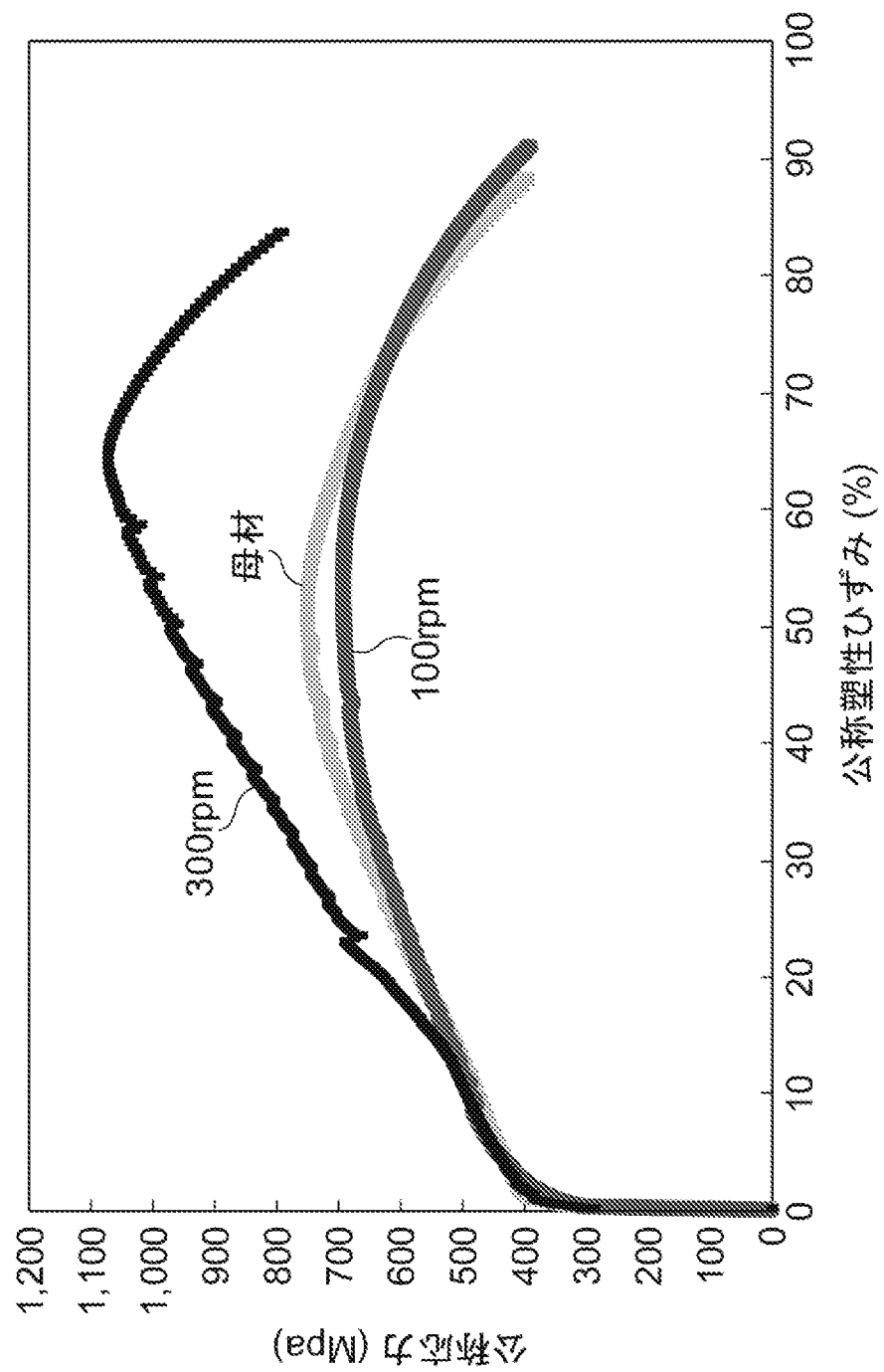
[図12]



[図13]



[図14]

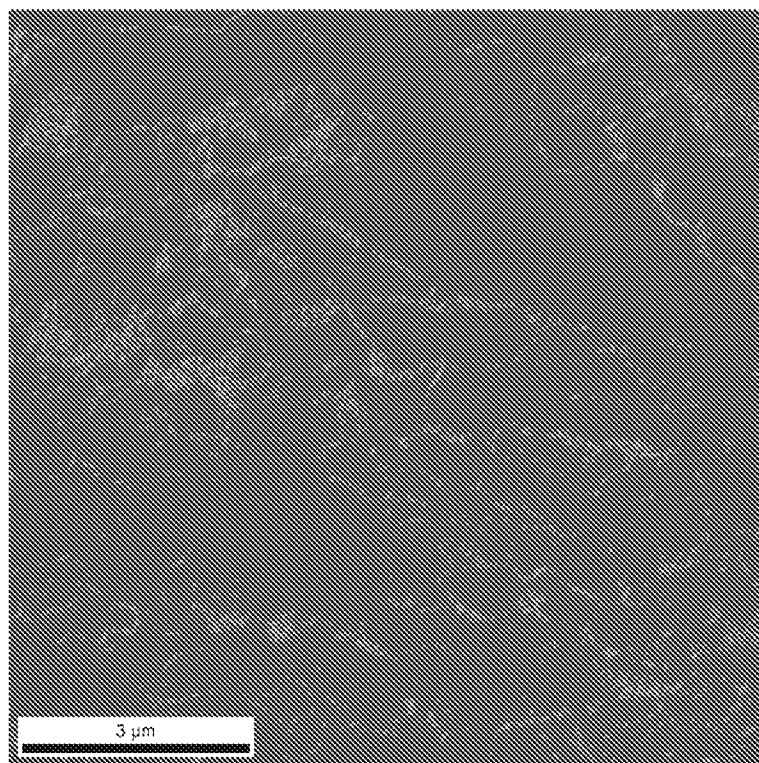


[図15]

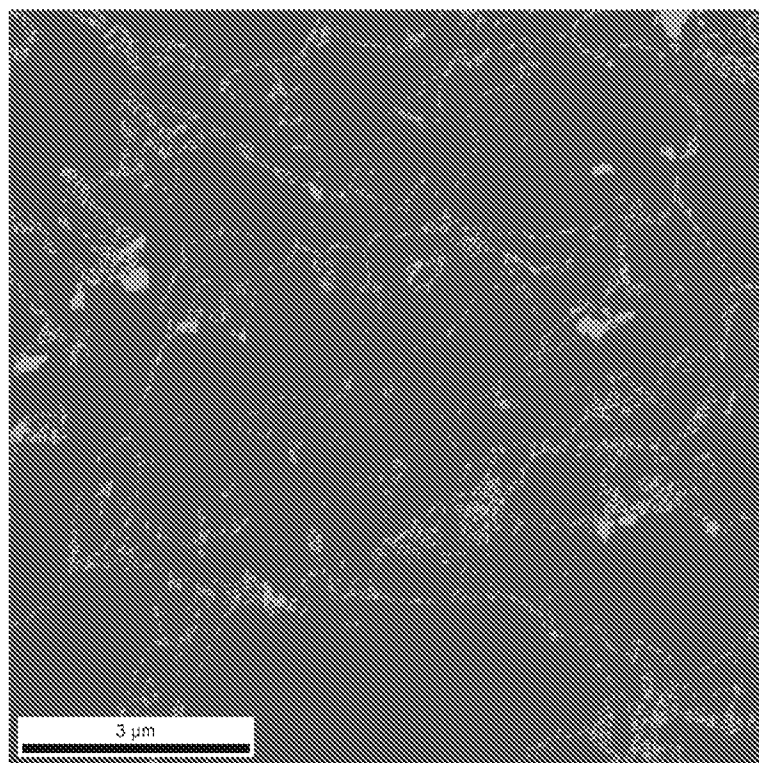
	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo
鉄鋼材2	残部	0.202	0.237	0.608	0.008	0.000	0.103	1.07	0.16
鉄鋼材3	残部	0.397	0.165	0.674	0.015	0.005	0.151	1.11	0.15

mass%

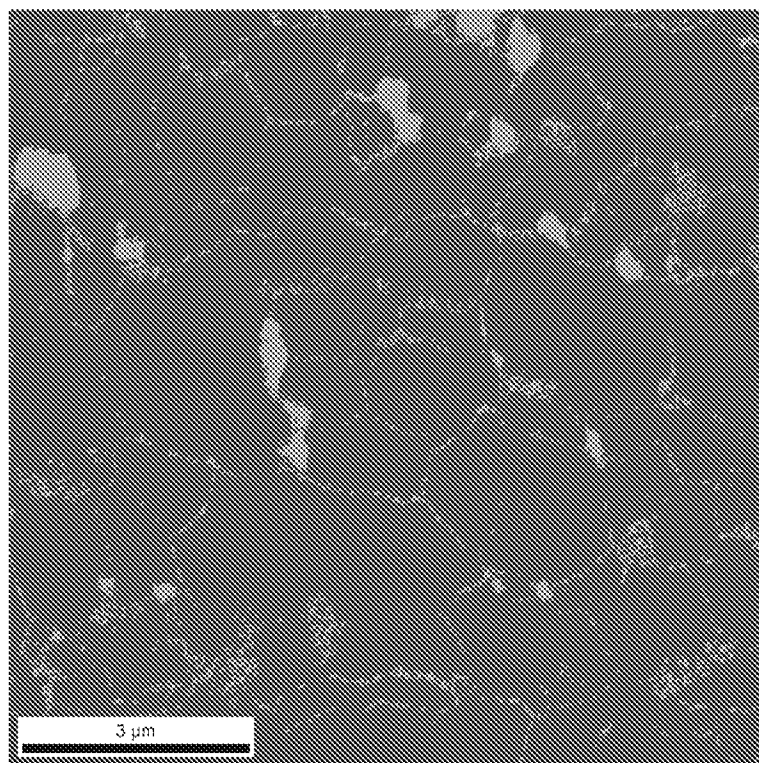
[図16]



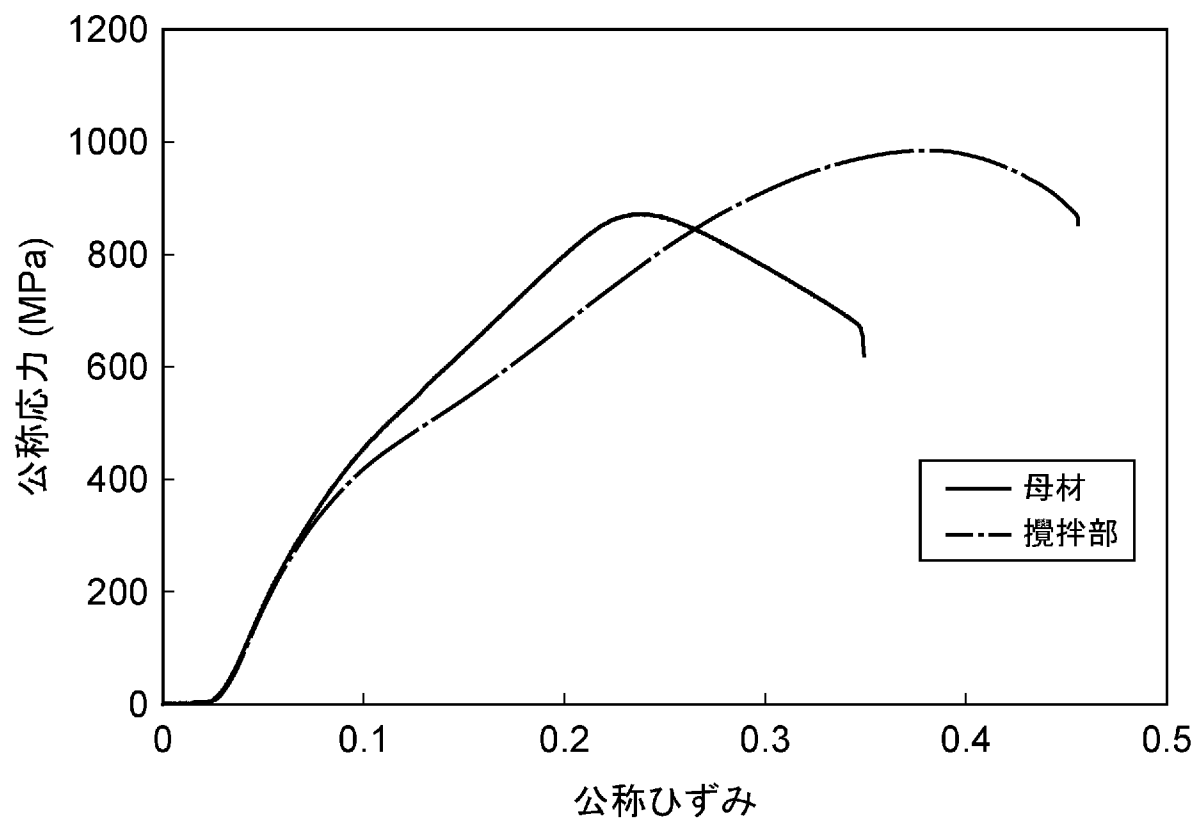
[図17]



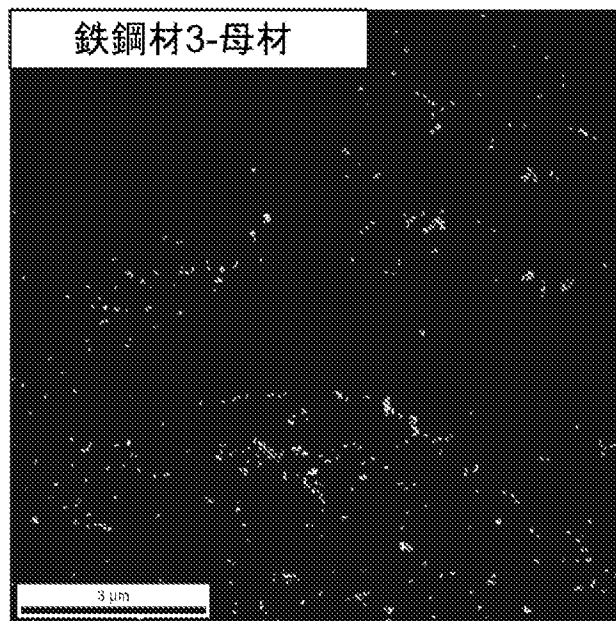
[図18]



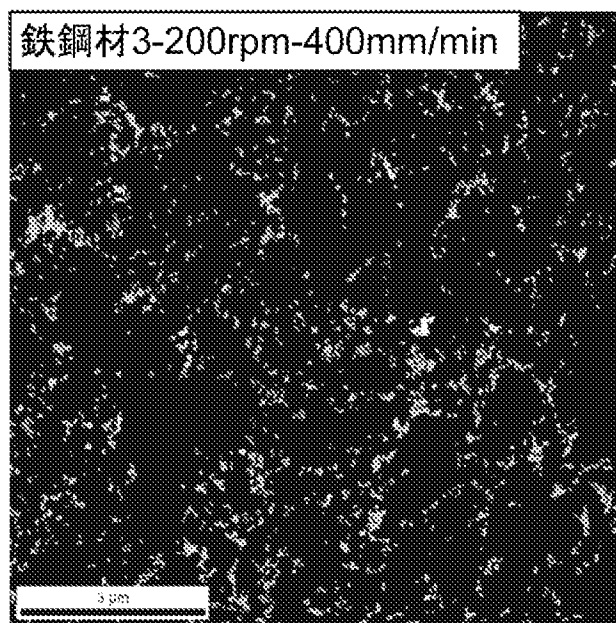
[図19]



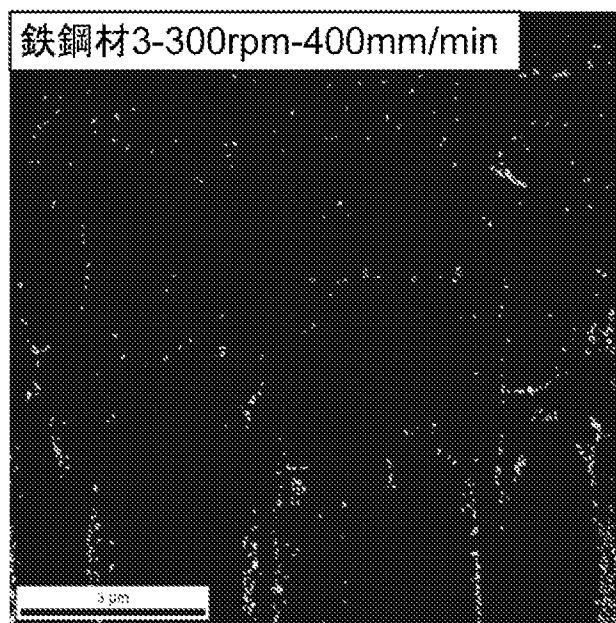
[図20]



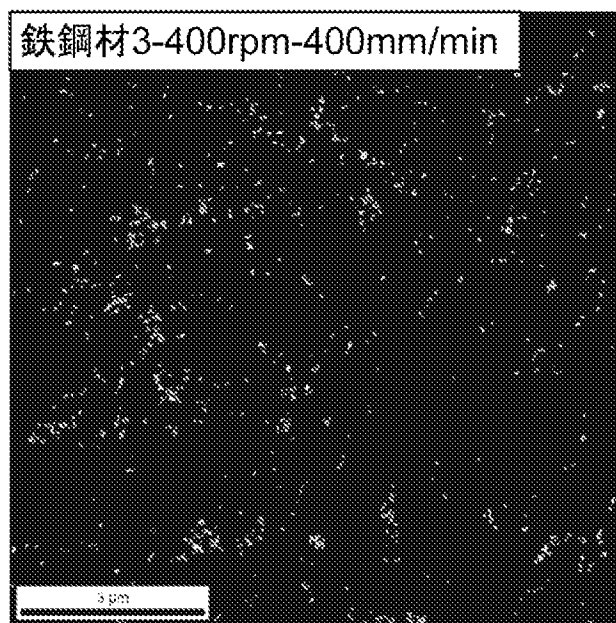
[図21]



[図22]



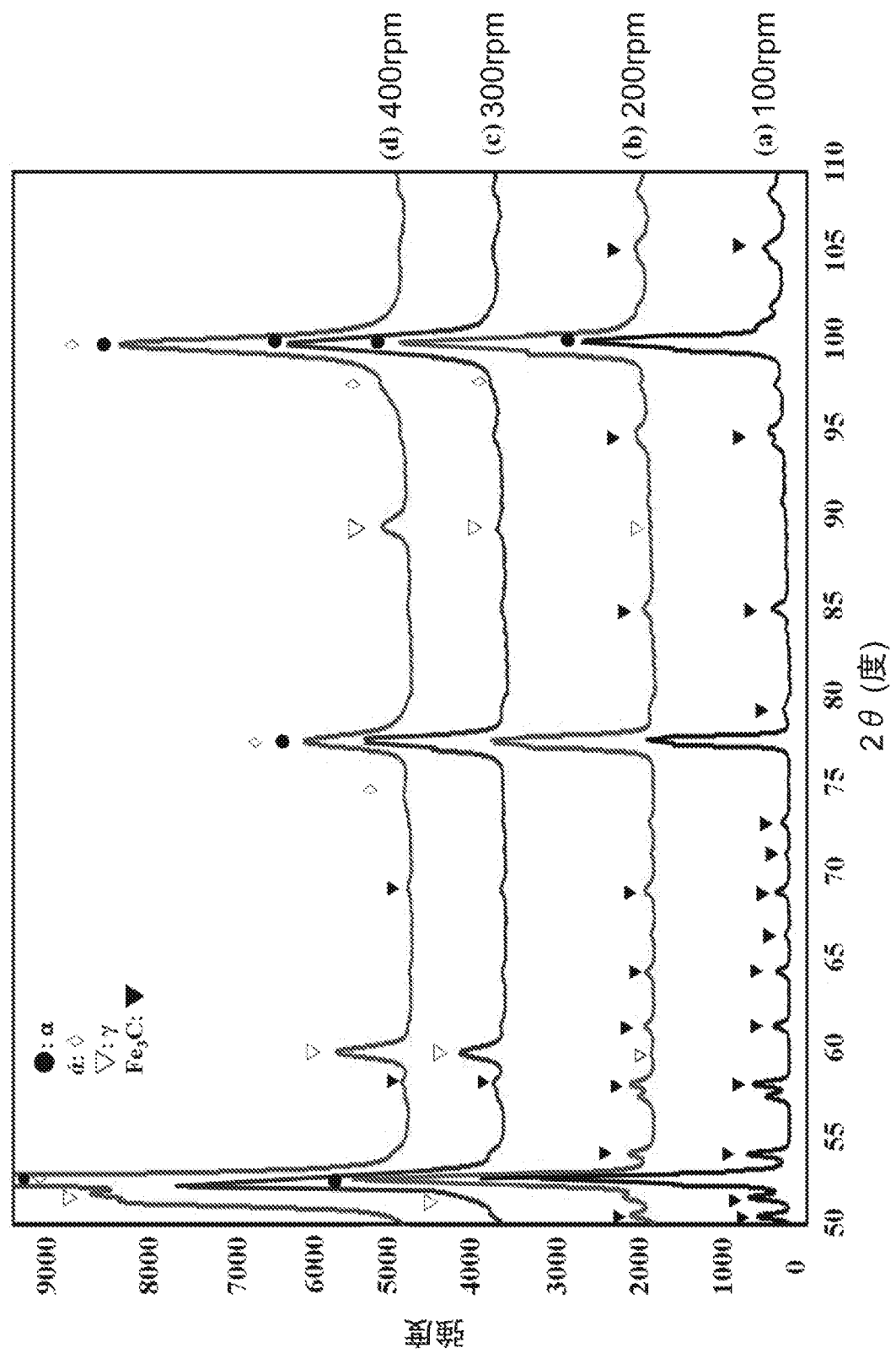
[図23]



[図24]

物質	化学的組成 (質量%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
鉄鋼材4	0.95	0.19	0.42	0.017	0.003	0.147	0.01	0.01	残部

[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/056800

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D8/00(2006.01) i, B23K20/12(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)

C21D8/00, B23K20/12

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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	WO 2010/059201 A2 (EXXONMOBIL RESEARCH AND ENGINEERING CO.), 27 May 2010 (27.05.2010), claims; paragraphs [0034], [0077] to [0078] & JP 2012-509178 A & US 2010/0136369 A1 & EP 2361182 A2 & CN 102216483 A & CA 2741735 A1 & AU 2009318145 A1	1-3
A	JP 2008-73694 A (Mazda Motor Corp.), 03 April 2008 (03.04.2008), claims; paragraph [0016] (Family: none)	1-3
A	JP 2012-40584 A (Osaka University), 01 March 2012 (01.03.2012), claims (Family: none)	1-3

☐ 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
27 May, 2013 (27.05.13)

Date of mailing of the international search report
04 June, 2013 (04.06.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. C21D8/00(2006.01)i, B23K20/12(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（I P C））

Int.Cl. C21D8/00, B23K20/12

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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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	WO 2010/059201 A2 (EXXONMOBIL RESEARCH AND ENGINEERING COMPANY) 2010.05.27, 請求の範囲, [0034], [0077]-[0078] & JP 2012-509178 A & US 2010/0136369 A1 & EP 2361182 A2 & CN 102216483 A & CA 2741735 A1 & AU 2009318145 A1	1-3
A	JP 2008-73694 A (マツダ株式会社) 2008.04.03, 特許請求の範囲, [0016] (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2012-40584 A (国立大学法人大阪大学) 2012.03.01, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-3

☐ 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

27.05.2013

国際調査報告の発送日

04.06.2013

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）

田口 裕健

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

4 K

4 6 6 3