(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7月18日(18.07.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/138727 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 23/2055 (2018.01) *G01L 1/25* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/044208

(22) 国際出願日： 2018年11月30日(30.11.2018)

(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 2018-003371 2018年1月12日(12.01.2018) JP

(71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所 (**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.)**) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目２番４号 Hyogo (JP).

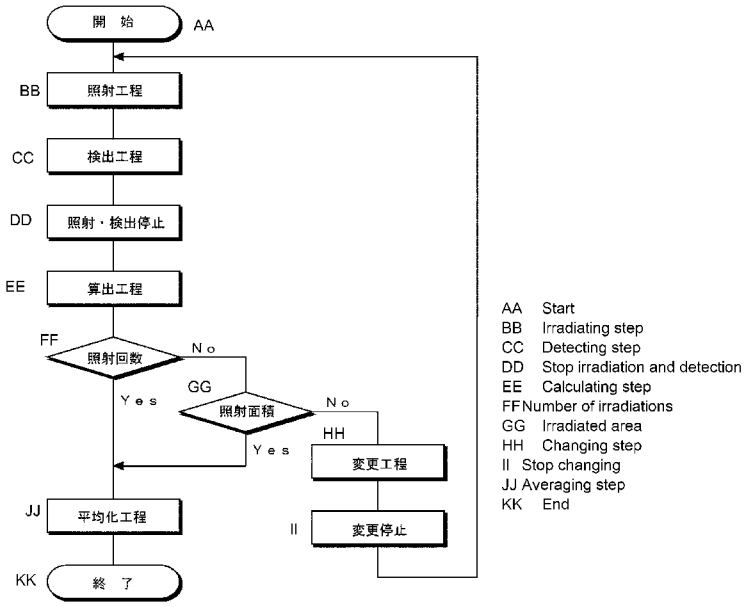
(72) 発明者: 松田 真理子 (**MATSUDA Mariko**). 兜森 達彦 (**KABUTOMORI Tatsuhiko**). 高峩 弘行 (**TAKAMATSU Hiroyuki**).

(74) 代理人: 天野 一規 (**AMANO Kazunori**); 〒6500025 兵庫県神戸市中央区相生町１丁目１番１８号 富士興業ビル６階 天野特許事務所内 Hyogo (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,

(54) **Title:** RESIDUAL STRESS MEASURING METHOD

(54) 発明の名称： 残留応力測定方法



(57) **Abstract:** The present invention provides a method for measuring residual stress in a cast or forged steel product using X-rays, wherein the method is provided with a step of irradiating the cast or forged steel product with X-rays, a step of detecting the intensity of diffracted X-rays originating from the X-rays, in two dimensions, and a step of calculating the residual stress on the basis of a diffraction ring formed by the intensity distribution of the diffracted X-rays detected in the detecting step, and wherein: the irradiating step includes a step of changing the conditions for irradiating the cast

WO 2019/138727 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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, 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)）

or forged steel product with the X-rays; the irradiating step is a step in which the changing step is executed each time the cast or forged steel product is irradiated with the X-rays; the calculating step is a step of calculating the residual stress each time the cast or forged steel product is irradiated with the X-rays; and the method is additionally provided with an averaging step of averaging a plurality of residual stresses calculated in the calculating step, after the irradiating step, the detecting step, and the calculating step have been executed a plurality of times in this order.

(57) 要約：本発明は、Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程と、上記Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する工程と、上記検出工程で検出された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程とを備え、上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に対する上記Ｘ線の照射条件を変更する工程を有し、上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に上記Ｘ線を１回照射する毎に上記変更工程を実行する工程であり、上記算出工程が、上記鋳鍛鋼品に上記Ｘ線を１回照射する毎に残留応力を算出する工程であり、上記照射工程、上記検出工程及び上記算出工程をこの順に複数回実行した後、上記算出工程で算出された複数の上記残留応力を平均化する平均化工程をさらに備える。

明　細　書

発明の名称 ： 残留応力測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、残留応力測定方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、Ｘ線を用いた残留応力測定技術が普及している。この技術は、Ｘ線を用いることにより結晶構造を有する被検査体の内部に生じている格子ひずみを測定し、測定結果を残留応力に換算するものである。

[0003] Ｘ線を用いた残留応力測定方法としては、ｃｏｓα法が知られている。ｃｏｓα法は、被検査体に対して特定の照射角度でＸ線を照射し、このＸ線が被検査体で反射することにより生じる回折Ｘ線の強度を二次元で検出し、検出された回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する方法である。例えば特許文献１には、ｃｏｓα法による残留応力の具体的な算出手順が説明されている。

[0004] 特許文献１に記載されたＸ線回折システムは、レールの任意の測定箇所でＸ線回折装置を停止させてＸ線を照射し、イメージングプレートで回折Ｘ線を検出し、回折Ｘ線が形成する回折環に基づいて残留応力を評価するものである（段落００２５）。特許文献１のＸ線回折システムは、Ｘ線回折装置を搭載した車両を移動させながらレールの測定点毎の測定データを蓄積し、測定点毎に測定データの平均値を評価することで、レールの各部の経年劣化をモニタできる（段落００５７及び段落００５９）。

[0005] ところで、鋳鍛鋼品は、含有元素の種類、含有元素の濃度、溶鋼を凝固させる際の冷却速度等の製造条件によって内部に局所的な化学成分の偏りを持つ場合がある。この場合には、鋳鍛鋼品の組織及び硬さは完全には均質にならず、鋳鍛鋼品の内部に生じる残留応力も局所的に変化する傾向がある。この傾向は、大型鋳鍛鋼品において特に顕著である。

[0006] 鋳鍛鋼品を被検査体としてＸ線を用いた残留応力測定が実施される場合、

鋳鍛鋼品の不均質な部分が測定位置として選択されると、残留応力の測定結果が大きな誤差を含む可能性がある。このため、鋳鍛鋼品の内部に生じている残留応力を適切に評価できる残留応力測定方法が求められている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２００５－２４１３０８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明は、上述のような事情に基づいてなされたものであり、鋳鍛鋼品の内部に生じている残留応力を適切に評価できる残留応力測定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

[0009] 上記課題を解決するためになされた本発明の一態様は、Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程と、上記Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する工程と、上記検出工程で検出された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程とを備え、上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に対する上記Ｘ線の照射条件を変更する工程を有し、上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に上記Ｘ線を１回照射する毎に上記変更工程を実行する工程であり、上記算出工程が、上記鋳鍛鋼品に上記Ｘ線を１回照射する毎に残留応力を算出する工程であり、上記照射工程、上記検出工程及び上記算出工程をこの順に複数回実行した後、上記算出工程で算出された複数の上記残留応力を平均化する平均化工程をさらに備える。

[0010] 当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更し、このＸ線の照射条件の変更に応じて平均化した残留応力を算出するので、鋳鍛鋼品の不均質な部分を含む領域にＸ線が照射される場合であっても、残留応力の算出結果に対するこの不均質な部分からの影響を抑制できる。したがっ

て、当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品の残留応力を適切に評価できる。特に、当該残留応力測定方法は、Ｘ線を１回照射する毎に残留応力を算出し、算出された複数の残留応力を平均化するので、Ｘ線を１回照射する毎に残留応力を把握できるとともに、平均化した残留応力を適切に算出できる。

[0011] 上記課題を解決するためになされた本発明の他の一態様は、Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程と、上記Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する工程と、上記検出工程で検出された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程とを備え、上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に対する上記Ｘ線の照射条件を変更する工程を有し、上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に上記Ｘ線を１回照射する毎に上記変更工程を実行する工程であり、上記照射工程及び上記検出工程を交互に複数回実行した後、上記算出工程で、複数の上記回折Ｘ線の強度が平均化された強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する。

[0012] 当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更し、このＸ線の照射条件の変更に応じて平均化した残留応力を算出するので、鋳鍛鋼品の不均質な部分を含む領域にＸ線が照射される場合であっても、残留応力の算出結果に対するこの不均質な部分からの影響を抑制できる。したがって、当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品の残留応力を適切に評価できる。特に、当該残留応力測定方法は、複数回のＸ線の照射により得られた回折Ｘ線の強度を平均化し、平均化された強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出するので、回折環毎に残留応力を計算する場合に比べて、短時間で残留応力を評価できる。

[0013] 上記課題を解決するためになされた本発明のさらに他の一態様は、Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程と、上記Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する工程と、上記検出工程で検出された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程とを備え、上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に

対する上記Ｘ線の照射条件を変更する工程を有し、上記照射工程が、上記変更工程を実行しつつ上記Ｘ線を連続的に照射する工程であり、上記算出工程で、上記Ｘ線の連続的な照射によって平均化された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する。

[0014] 当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更し、このＸ線の照射条件の変更に応じて平均化した残留応力を算出するので、鋳鍛鋼品の不均質な部分を含む領域にＸ線が照射される場合であっても、残留応力の算出結果に対するこの不均質な部分からの影響を抑制できる。したがって、当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品の残留応力を適切に評価できる。特に、当該残留応力測定方法は、Ｘ線の照射条件を変更しつつＸ線を連続的に照射するので、Ｘ線を１回照射する毎にＸ線の照射条件を変更する場合に比べて、短時間で残留応力を評価できる。

[0015] 当該残留応力測定方法は、上記変更工程で、上記Ｘ線の照射面積の合計が２０ｍｍ^{2}以上となるように上記鋳鍛鋼品に対する上記Ｘ線の照射条件を変更するものであるとよい。これにより、当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品の残留応力をより適切に評価できる。

発明の効果

[0016] 本発明の残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品の残留応力を適切に評価できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の第一実施形態の残留応力測定方法を示すフローチャートである。

[図2]本発明の第二実施形態の残留応力測定方法を示すフローチャートである。

[図3]本発明の第三実施形態の残留応力測定方法を示すフローチャートである。

[図4]偏析の多い試験片を用いて測定したＸ線応力と公称応力との関係を示すグラフである。

[図5]偏析の少ない試験片を用いて測定したＸ線応力と公称応力との関係を示

すグラフである。

[図6]Ｘ線の照射位置を変更した場合のＸ線の照射面積とＸ線応力の測定誤差との関係を示すグラフである。

[図7]Ｘ線の照射角度を変更した場合のＸ線の照射面積とＸ線応力の測定誤差との関係を示すグラフである。

[図8]Ｘ線を照射しながら照射位置を変更した場合のＸ線の照射面積とＸ線応力の最大誤差との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の残留応力測定方法の実施形態について、図を参照しつつ詳説する。

[0019] ［第一実施形態］

図１に示す残留応力測定方法は、Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、鋳鍛鋼品にＸ線を照射する照射工程と、Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する検出工程と、検出工程で検出された回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する算出工程とを備えている。照射工程は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更する変更工程を有しており、鋳鍛鋼品にＸ線を１回照射する毎に変更工程を実行する。算出工程は、鋳鍛鋼品にＸ線を１回照射する毎に残留応力を計算する。当該残留応力測定方法は、照射工程、検出工程及び算出工程をこの順に複数回実行した後、算出工程で算出された複数の残留応力を平均化する平均化工程をさらに備えている。

[0020] 当該残留応力測定方法には、Ｘ線照射装置及び二次元検出器を備えるＸ線応力測定装置が用いられる。当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品にＸ線を１回照射する毎に鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更し、かつ鋳鍛鋼品にＸ線を１回照射する毎に残留応力を計算する。そして、当該残留応力測定方法は、Ｘ線の照射回数又はＸ線の照射面積の合計が一定値に達した場合に、これらの残留応力を平均化した残留応力を算出する。つまり、当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対して様々な照射条件でＸ線を照射し、照射条件毎

に計算された残留応力を平均化するものである。

[0021] ＜照射工程＞

照射工程は、Ｘ線照射装置から鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程であり、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更する変更工程を有している。照射工程は、１回のＸ線照射において照射条件を変更せずに鋳鍛鋼品にＸ線を照射し、変更工程が実行される際にＸ線の照射条件を変更する。

[0022] （変更工程）

変更工程は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射位置、照射角度又は照射面積を変更することにより、Ｘ線の照射条件を変更する工程である。変更工程は、複数回のＸ線照射においてＸ線の照射回数又はＸ線の照射面積が規定値に達していない条件下で、Ｘ線を１回照射する毎に実行される。なお、特に限定されないが、鋳鍛鋼品の内部に生じている残留応力が部位毎に大きく相違する可能性がある場合には、Ｘ線を１回照射する毎に実行されるＸ線の照射位置の変更距離は、例えばＸ線の照射径の５倍以内であると好ましい。

[0023] Ｘ線の照射角度は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の入射角度であり、Ｘ線の照射位置を固定したままＸ線照射装置の照射口及び鋳鍛鋼品を相対的に回転移動することによって変更される。Ｘ線の照射位置は、Ｘ線の照射角度を固定したままＸ線照射装置の照射口及び鋳鍛鋼品を相対的に移動することによって変更される。Ｘ線の照射面積は、鋳鍛鋼品表面におけるＸ線の照射領域の面積であり、例えば照射角度の変更、Ｘ線照射装置の照射口及び鋳鍛鋼品間の距離の変更、Ｘ線照射装置のコリメータ径の変更等によって変更される。

[0024] ＜検出工程＞

検出工程は、鋳鍛鋼品に照射されたＸ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元検出器で検出する工程である。鋳鍛鋼品は多結晶体であるため、鋳鍛鋼品に照射されたＸ線は、多数の結晶においてブラッグの回折条件を満たす角度で回折される。多数の結晶で回折されたＸ線は、回折Ｘ線として二次元検出器で検出される。二次元検出器では回折Ｘ線の強度が検出されるが、この回折Ｘ線の強度分布は回折環を形成する。

[0025] ＜算出工程＞

算出工程は、鋳鍛鋼品にＸ線を１回照射する毎に、二次元検出器で検出された回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程である。回折環に基づいて残留応力を計算する方法としては、ｃｏｓα法による計算方法が用いられるが、Ｘ線的ひずみから直接応力を計算する方法が用いられてもよい。

[0026] ＜平均化工程＞

平均化工程は、算出工程で算出された複数の残留応力を平均化する工程であり、複数回のＸ線の照射が完了した後に実行される。

[0027] 当該残留応力測定方法の各工程の実行手順は以下の通りである。まず、当該残留応力測定方法は、照射工程及び検出工程を実行し、Ｘ線の照射及び検出を停止した後に算出工程を実行する。算出工程で回折環に基づいて残留応力が算出される際に、二次元検出器における回折Ｘ線の強度に関するＸ線回折情報は初期化される。算出工程が実行された後、Ｘ線の照射回数又はＸ線の照射面積の合計が規定値に達していない場合は、変更工程が実行される。変更工程が実行される場合は、変更工程によるＸ線の照射条件の変更が停止された後、再び照射工程及び検出工程が実行される。一方、Ｘ線の照射回数又はＸ線の照射面積の合計が規定値に達している場合は、算出された複数の残留応力が平均化工程で平均化される。

[0028] （利点）

当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更し、このＸ線の照射条件の変更に応じて平均化した残留応力を算出するので、鋳鍛鋼品の不均質な部分を含む領域にＸ線が照射される場合であっても、残留応力の算出結果に対するこの不均質な部分からの影響を抑制できる。特に、当該残留応力測定方法は、Ｘ線を１回照射する毎に残留応力を算出し、算出された複数の残留応力を平均化するので、Ｘ線の照射条件の変更に応じた残留応力を把握できるとともに、平均化した残留応力を適切に算出できる。

[0029] また、当該残留応力測定方法は、変更工程で鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射

位置、照射角度又は照射面積を変更することにより、Ｘ線の照射条件を変更する。Ｘ線の照射位置又は照射面積の変更は、鋳鍛鋼品の様々な部位の残留応力の評価を可能とし、Ｘ線の照射角度の変更は、回折に寄与する結晶の向きを変えて残留応力の評価を可能とする。このため、当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対して様々な照射条件でＸ線を照射することで、鋳鍛鋼品の残留応力を適切に評価できる。

[0030] ［第二実施形態］

図２に示す残留応力測定方法は、複数回のＸ線の照射により得られた回折Ｘ線の強度分布を平均化し、平均化された強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する点で、第一実施形態の残留応力測定方法とは異なる。当該残留応力測定方法は、照射工程及び検出工程については第一実施形態の残留応力測定方法と同様であり、算出工程及び平均化工程ついては第一実施形態の残留応力測定方法と異なる。

[0031] 当該残留応力測定方法は、Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、鋳鍛鋼品にＸ線を照射する照射工程と、Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する検出工程と、検出工程で検出された回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する算出工程とを備えている。照射工程は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更する変更工程を有しており、鋳鍛鋼品にＸ線を１回照射する毎に変更工程を実行する。当該残留応力測定方法は、照射工程及び検出工程をこの順に複数回実行した後、検出工程で検出された複数の回折Ｘ線の強度を平均化する平均化工程をさらに備えている。そして、当該残留応力測定方法は、算出工程で、複数の回折Ｘ線の強度が平均化された強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する。

[0032] 当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品にＸ線を１回照射する毎に鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更し、かつ鋳鍛鋼品にＸ線を１回照射する毎に回折Ｘ線の強度を検出する。当該残留応力測定方法は、Ｘ線の照射回数又はＸ線の照射面積の合計が一定値に達した場合に、検出された複数の回折Ｘ線の

強度を平均化する。そして、当該残留応力測定方法は、平均化された強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する。つまり、当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対して様々な照射条件でＸ線を照射し、照射条件毎に検出された回折Ｘ線の強度を平均化することで残留応力を平均化するものである。

[0033] ＜平均化工程＞

平均化工程は、検出工程で検出された複数の回折Ｘ線の強度を平均化する工程であり、複数回のＸ線の照射が完了した後に実行される。

[0034] ＜算出工程＞

算出工程は、平均化工程で平均化された回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程である。回折環に基づいて残留応力を計算する方法としては、ｃｏｓα法が用いられるが、Ｘ線的ひずみから直接応力を計算する方法が用いられてもよい。

[0035] 当該残留応力測定方法の各工程の実行手順は以下の通りである。まず、当該残留応力測定方法は、照射工程及び検出工程を実行し、Ｘ線の照射及び検出を停止する。Ｘ線の照射回数又はＸ線の照射面積の合計が規定値に達していない場合は、変更工程が実行される。変更工程が実行される場合は、変更工程によるＸ線の照射条件の変更が停止された後、再び照射工程及び検出工程が実行される。二次元検出器における回折Ｘ線の強度に関するＸ線回折情報は、１回のＸ線照射毎に二次元検出器から取り出された後、それぞれ保持される。また、二次元検出器からＸ線回折情報が取り出される際に、二次元検出器におけるＸ線回折情報は初期化される。一方、Ｘ線の照射回数又はＸ線の照射面積の合計が規定値に達している場合は、平均化工程で、保持されている複数のＸ線回折情報に基づいて複数の回折Ｘ線の強度が平均化された後、算出工程で残留応力が算出される。

[0036] なお、当該残留応力測定方法は、１回のＸ線照射毎に二次元検出器におけるＸ線回折情報を初期化せずに重ね合わせる手順によって、複数の回折Ｘ線の強度分布を平均化してもよい。この場合、当該残留応力測定方法は、複数

回のＸ線の照射が完了した時点で二次元検出器から平均化されたＸ線回折情報を取得できるので、平均化工程を省略できる。

[0037]（利点）

当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更し、このＸ線の照射条件の変更に応じて平均化した残留応力を算出するので、鋳鍛鋼品の不均質な部分を含む領域にＸ線が照射される場合であっても、残留応力の算出結果に対するこの不均質な部分からの影響を抑制できる。特に、当該残留応力測定方法は、複数回のＸ線の照射により得られた回折Ｘ線の強度を平均化し、平均化された強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出するので、Ｘ線を１回照射する毎に残留応力を計算する第一実施形態の残留応力測定方法に比べて、短時間で残留応力を評価できる。

[0038]［第三実施形態］

図３に示す残留応力測定方法は、Ｘ線の照射条件を変更しつつＸ線を連続的に照射する点で、第二実施形態の残留応力測定方法とは異なる。当該残留応力測定方法は、検出工程及び算出工程については第二実施形態の残留応力測定方法と同様であり、照射工程ついては第二実施形態の残留応力測定方法と異なる。また、当該残留応力測定方法は、平均化工程を備えていない点についても第二実施形態の残留応力測定方法とは異なる。

[0039] 当該残留応力測定方法は、Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、鋳鍛鋼品にＸ線を照射する照射工程と、Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する検出工程と、検出工程で検出された回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する算出工程とを備えている。照射工程は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更する変更工程を有しており、変更工程を実行しつつＸ線を連続的に照射する。そして、当該残留応力測定方法は、算出工程で、Ｘ線の連続的な照射によって平均化された回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する。

[0040] 当該残留応力測定方法は、Ｘ線の照射条件を変更しつつ鋳鍛鋼品に対して

Ｘ線を連続的に照射し、同時に回折Ｘ線の強度を検出する。すなわち、当該残留応力測定方法は、Ｘ線の照射条件の変更に応じて平均化された回折Ｘ線の強度を検出する。そして、当該残留応力測定方法は、Ｘ線の照射面積の合計が一定値に達した場合に、平均化された強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する。つまり、当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対して照射条件を変更しながら連続的にＸ線を照射し、検出された回折Ｘ線の強度を平均化することで残留応力を平均化するものである。

[0041] ＜照射工程＞

照射工程は、Ｘ線照射装置から鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程であり、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更する変更工程を有している。照射工程は、鋳鍛鋼品に対して照射条件を変更しながら連続的にＸ線を照射する。つまり、照射工程は、変更工程を実行しながらＸ線を照射する。変更工程は、第一実施形態の残留応力測定方法の変更工程と同様であり、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射位置、照射角度又は照射面積を変更する。

[0042] 当該残留応力測定方法の各工程の実行手順は以下の通りである。まず、当該残留応力測定方法は、変更工程を実行しつつＸ線を照射する照射工程を実行する。照射工程に合わせて検出工程が実行される。Ｘ線の照射面積の合計が規定値に達していない場合は、照射工程及び検出工程の実行が継続される。この間、二次元検出器における回折Ｘ線の強度に関するＸ線回折情報は初期化されずに重ね合わされる。一方、Ｘ線の照射面積の合計が規定値に達すると、算出工程で残留応力が算出される。

[0043] （利点）

当該残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件を変更し、このＸ線の照射条件の変更に応じて平均化した残留応力を算出するので、鋳鍛鋼品の不均質な部分を含む領域にＸ線が照射される場合であっても、残留応力の算出結果に対するこの不均質な部分からの影響を抑制できる。特に、当該残留応力測定方法は、Ｘ線の照射条件を変更しつつＸ線を連続的に照射するので、Ｘ線を１回照射する毎にＸ線の照射条件を変更する第二実施形態の

残留応力測定方法に比べて、短時間で残留応力を評価できる。

[0044] ＜その他の実施形態＞

本発明の残留応力測定方法は、上記実施形態に限定されない。

[0045] 上記第一実施形態及び上記第二実施形態では、Ｘ線の照射回数又はＸ線の照射面積の合計が規定値に達している場合に、平均化した残留応力が算出され、上記第三実施形態では、Ｘ線の照射面積の合計が規定値に達している場合に、平均化した残留応力が算出されるものについて説明したが、鋳鍛鋼品の不均質な部分からの影響を抑制する観点から、Ｘ線の照射面積の合計が所定の下限以上である場合に、平均化した残留応力が算出されると好ましい。つまり、Ｘ線の照射面積の合計が平均化において十分な面積となるように、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射条件が変更されるとよい。この場合、Ｘ線の照射面積の合計の下限としては、２０ｍｍ^{2}が好ましく、２３ｍｍ^{2}がより好ましく、２６ｍｍ^{2}がさらに好ましい。Ｘ線の照射面積の合計が上記下限に満たないと、鋳鍛鋼品の不均質な部分からの影響が抑制されないおそれがある。

[0046] また、上記実施形態では、鋳鍛鋼品に対するＸ線の照射位置、照射角度又は照射面積を変更することにより、Ｘ線の照射条件を変更する変更工程について説明したが、変更工程は、照射位置、照射角度及び照射面積の少なくともいずれかを変更するものであってもよく、例えば照射位置及び照射角度を同時に変更するものであってもよい。

実施例

[0047] 以下、実施例によって本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0048] ［試験片に対する引張試験］

まず、１トンを超える大型鋳鍛鋼品から偏析の多い試験片と偏析の少ない試験片とを切り出した。大型鋳鍛鋼品としては、ベイナイト組織を有するクロム－モリブデン系合金鋼を用いた。また、鋳鍛鋼品の偏析の多い部分には黒いラインが見られるという知識に基づいて、大型鋳鍛鋼品のマクロ組織観察写真によって偏析の多い部分と偏析の少ない部分とを区別した。また、試

験片は、長さ７０ｍｍ×幅１２．５ｍｍ×厚さ３ｍｍの板状部分を中央に有する棒状体として切り出し、切り出した試験片の板状部分に厚さ約０．１ｍｍの電解研磨処理を施した。

[0049] 引張試験機を用い、２種類の試験片のそれぞれに対して長手方向に引張応力を付与した状態で、引張試験機のロードセルから得られる公称応力とＸ線を用いて測定した残留応力（以下、Ｘ線応力と記す）とを比較する試験を行った。また、Ｘ線応力の測定位置は、試験片の電解研磨処理が施された板状部分の６ｍｍ×６ｍｍの領域内において等間隔に設定される３×３の９点とした。

[0050] Ｘ線としては、クロムのＫα線を用い、コリメータ径を１．０ｍｍ、Ｘ線の照射距離を８０ｍｍ、試験片に対するＸ線の照射角度を３５度、Ｘ線の照射面積を約６．５ｍｍ^{2}とした。また、鉄の（２１１）面からの回折Ｘ線を二次元検出器で検出した。得られた回折環から残留応力を算出する際に用いるＸ線的弾性定数については、鉄鋼材料に採用される標準的なものを用いた。具体的には、Ｘ線的弾性定数の算出に用いられるヤング率Ｅを２２４ＧＰａとし、ポアソン比νを０．２８とした。

[0051] 偏析の多い試験片のＸ線応力は、公称応力を０ＭＰａ、２６９ＭＰａ、３１２ＭＰａ、４０９ＭＰａとして測定した。また、偏析の少ない試験片のＸ線応力は、公称応力を０ＭＰａ、１９７ＭＰａ、３９６ＭＰａとして測定した。偏析の多い試験片を用いて測定したＸ線応力と公称応力との関係を示すグラフを図４に示し、偏析の少ない試験片を用いて測定したＸ線応力と公称応力との関係を示すグラフを図５に示す。なお、グラフの実線は９点の測定位置におけるＸ線応力の平均値を示し、グラフの破線は公称応力を示し、縦に伸びる線分の端部は９点の測定位置におけるＸ線応力の最大値及び最小値を示している。

[0052] 図４に示すように、偏析の多い試験片におけるＸ線応力の最大値及び最小値の差は、公称応力が０ＭＰａの時に約８０ＭＰａ、公称応力が０ＭＰａ以外の時に１００ＭＰａ以上であり、非常に大きいことが確認された。Ｘ線応

力の最大値及び最小値の差を公称応力で割った割合をＸ線応力の測定誤差としてさらに検証すると、偏析の多い試験片における測定誤差は、公称応力が２６９ＭＰａの時に約４９％であり、非常に大きな値となることが確認された。また、図５に示すように、偏析の少ない試験片においてもＸ線応力の最大値及び最小値の差は、小さくないことが確認された。偏析の少ない試験片についてもＸ線応力の測定誤差を検証すると、測定誤差は、公称応力が１９７ＭＰａの時に約１７％であり、小さくないことが確認された。

[0053] 一方、偏析の多い試験片及び偏析の少ない試験片の両方において、９点のＸ線応力の平均値は、公称応力に近い値を示すことが確認された。これらのことから、Ｘ線の照射位置を変更して得た複数のＸ線応力を平均化すると、Ｘ線応力の算出において鋳鍛鋼品の不均質な部分からの影響を抑制できるといえる。

[0054] 次に、Ｘ線の照射面積を増加させて、Ｘ線応力の最大値及び最小値の差の変化について検証した。この検証には、上述の２種類の試験片に加えて、マルテンサイト組織を有するニッケルークロムーモリブデン系合金鋼の偏析の少ない部分から切り出した試験片を用いた。上述の通り、一回のＸ線の照射面積は約６．５ｍｍ^{2}であり、Ｘ線の照射面積は、Ｘ線の照射位置を変更することにより増加させた。Ｘ線の照射面積の合計とＸ線応力の測定誤差との関係を示すグラフを図６に示す。図６の記号△はベイナイト組織を有する偏析の多い試験片のデータを示し、記号□はベイナイト組織を有する偏析の少ない試験片のデータを示し、記号○はマルテンサイト組織を有する偏析の少ない試験片のデータを示している。なお、Ｘ線応力の測定誤差とは、Ｘ線応力の最大値及び最小値の差を公称応力で割った割合を示す。

[0055] 図６に示すように、全ての試験片において、Ｘ線の照射面積の合計が増加するとＸ線応力の測定誤差が減少する傾向が見られた。また、Ｘ線の照射面積の合計が２０ｍｍ^{2}に達するとＸ線応力の測定誤差が十分に減少し、Ｘ線の照射面積の合計が２６ｍｍ^{2}以上になるとＸ線応力の測定誤差が１０％以下となることが確認された。

[0056] ［試験片に対する曲げ試験］

上述のベイナイト組織を有する偏析の少ない試験片を用いて４点曲げ試験を行った。４点曲げ試験に用いる試験片の形状は、長さ１５０ｍｍ×幅２０ｍｍ×厚さ３ｍｍの板形状とした。試験片の中央部分には厚さ約０．１ｍｍの電解研磨処理を施した。

[0057] ４点曲げ試験機を用い、試験片の厚み方向に曲げ応力を付与した状態で、４点曲げ試験機のロードセルから得られる公称応力とＸ線応力とを比較する試験を行った。Ｘ線としては、クロムのＫα線を用い、コリメータ径を１．０ｍｍ、Ｘ線の照射距離を８０ｍｍとした。また、鉄の（２１１）面からの回折Ｘ線を二次元検出器で検出した。得られた回折環から残留応力を算出する際に用いるＸ線的弾性定数は、引張試験で用いたものと同一とした。

[0058] ４点曲げ試験は、試験片に対するＸ線の照射角度を３５度、Ｘ線の照射面積を約６．５ｍｍ^{2}としてＸ線を試験片の電解研磨処理が施された中央部分に照射した後、１回のＸ線の照射毎に照射角度を５度ずつ小さくすることにより実施した。Ｘ線の照射面積の合計とＸ線応力の測定誤差との関係を示すグラフを図７に示す。図７の記号×はＸ線の照射角度を３５度から２０度まで変更して照射面積の合計を増加させた際の測定誤差のデータを示し、記号〇は図６のＸ線の照射位置を変更した引張試験における同じ試験片の測定誤差のデータを示している。

[0059] 図７に示すように、試験片に対するＸ線の照射角度を変更した場合においても、Ｘ線の照射面積の合計が増加するとＸ線応力の測定誤差が減少する傾向が見られた。また、Ｘ線の照射面積の合計が２０ｍｍ^{2}に達するとＸ線応力の測定誤差が十分に減少し、Ｘ線の照射面積の合計が２６ｍｍ^{2}以上になるとＸ線応力の測定誤差が７％程度まで減少することが確認された。

[0060] また、別の４点曲げ試験として、試験片に対してＸ線を照射しながら試験片を移動することによりＸ線の照射位置を変更する試験を行った。この試験では、Ｘ線の照射面積の合計がそれぞれ６．５ｍｍ^2、２７．１ｍｍ^2、４４．８ｍｍ^{2}となるようにＸ線の照射位置を変更した。Ｘ線の照射面積の合計と

Ｘ線応力の最大誤差との関係を示すグラフを図８に示す。図８の記号△はＸ線を照射しながらＸ線の照射位置を変更して照射面積の合計を増加させた際の最大誤差のデータを示し、記号〇は図６のＸ線の照射位置を変更した引張試験における同じ試験片の最大誤差のデータを示している。なお、Ｘ線応力の最大誤差とは、Ｘ線応力の最大値と公称応力の差を公称応力で割った割合を示し、上述のＸ線応力の測定誤差の約半分の値に相当する。

[0061] 図８に示すように、試験片に対してＸ線を照射しながら試験片を移動した場合においても、Ｘ線の照射面積の合計が増加するとＸ線応力の最大誤差が減少する傾向が見られた。また、Ｘ線の照射面積の合計が２７．１ｍｍ^{2}に達するとＸ線応力の最大誤差が５％以下まで減少することが確認された。この最大誤差を測定誤差に換算すると、測定誤差が１０％以下であることに相当する。

産業上の利用可能性

[0062] 本発明の残留応力測定方法は、鋳鍛鋼品の残留応力を適切に評価できる。

請求の範囲

[請求項1] Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、

鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程と、

上記Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する工程と、

上記検出工程で検出された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程と

を備え、

上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に対する上記Ｘ線の照射条件を変更する工程を有し、

上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に上記Ｘ線を１回照射する毎に上記変更工程を実行する工程であり、

上記算出工程が、上記鋳鍛鋼品に上記Ｘ線を１回照射する毎に残留応力を算出する工程であり、

上記照射工程、上記検出工程及び上記算出工程をこの順に複数回実行した後、上記算出工程で算出された複数の上記残留応力を平均化する平均化工程をさらに備える残留応力測定方法。

[請求項2] Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、

鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程と、

上記Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する工程と、

上記検出工程で検出された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程と

を備え、

上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に対する上記Ｘ線の照射条件を変更する工程を有し、

上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に上記Ｘ線を１回照射する毎に上記変更工程を実行する工程であり、

上記照射工程及び上記検出工程を交互に複数回実行した後、上記算出工程で、複数の上記回折Ｘ線の強度が平均化された強度分布により

形成される回折環に基づいて残留応力を算出する残留応力測定方法。

[請求項3] Ｘ線を用いた鋳鍛鋼品の残留応力測定方法であって、

鋳鍛鋼品にＸ線を照射する工程と、

上記Ｘ線に由来する回折Ｘ線の強度を二次元で検出する工程と、

上記検出工程で検出された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する工程と

を備え、

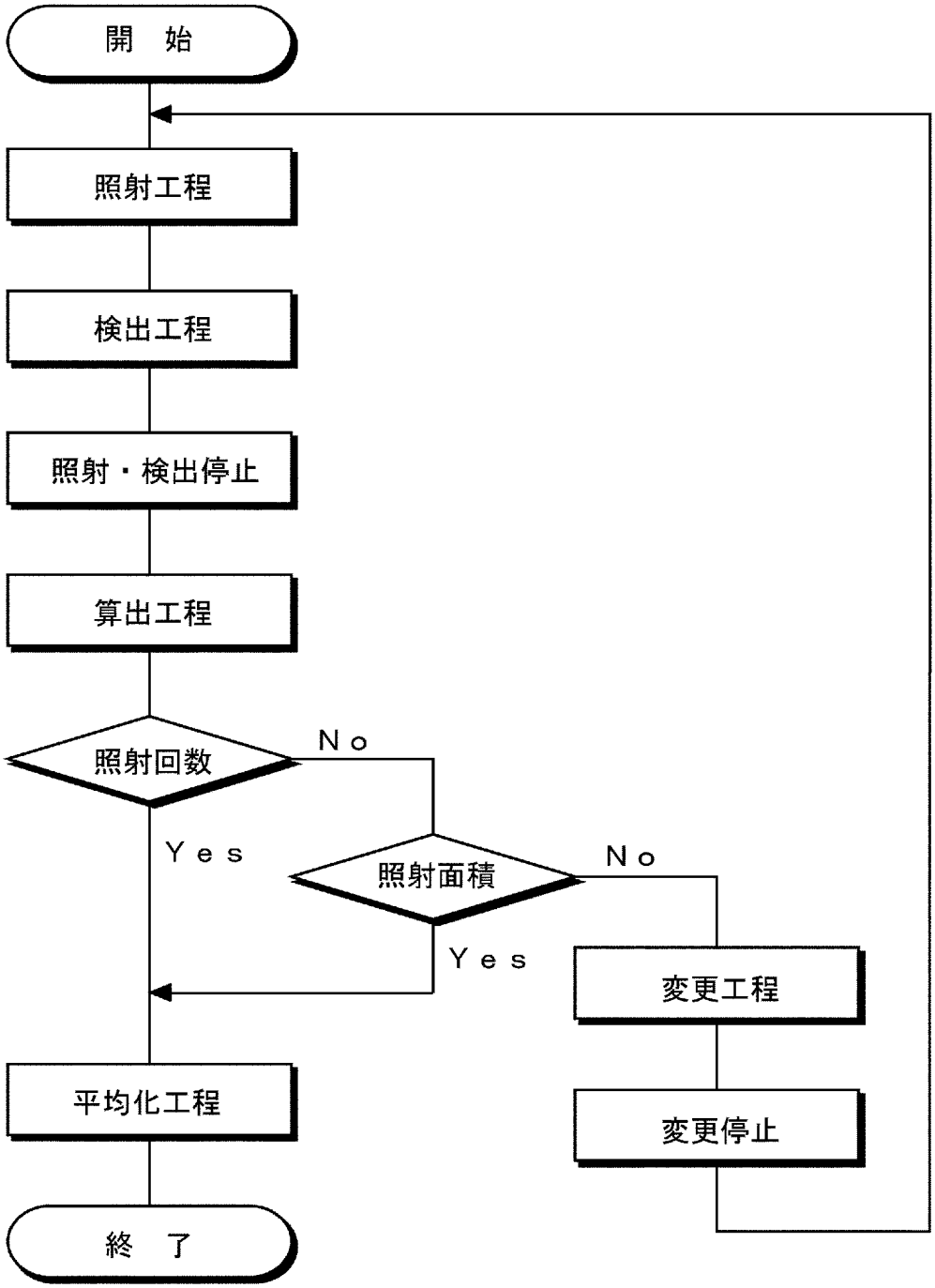
上記照射工程が、上記鋳鍛鋼品に対する上記Ｘ線の照射条件を変更する工程を有し、

上記照射工程が、上記変更工程を実行しつつ上記Ｘ線を連続的に照射する工程であり、

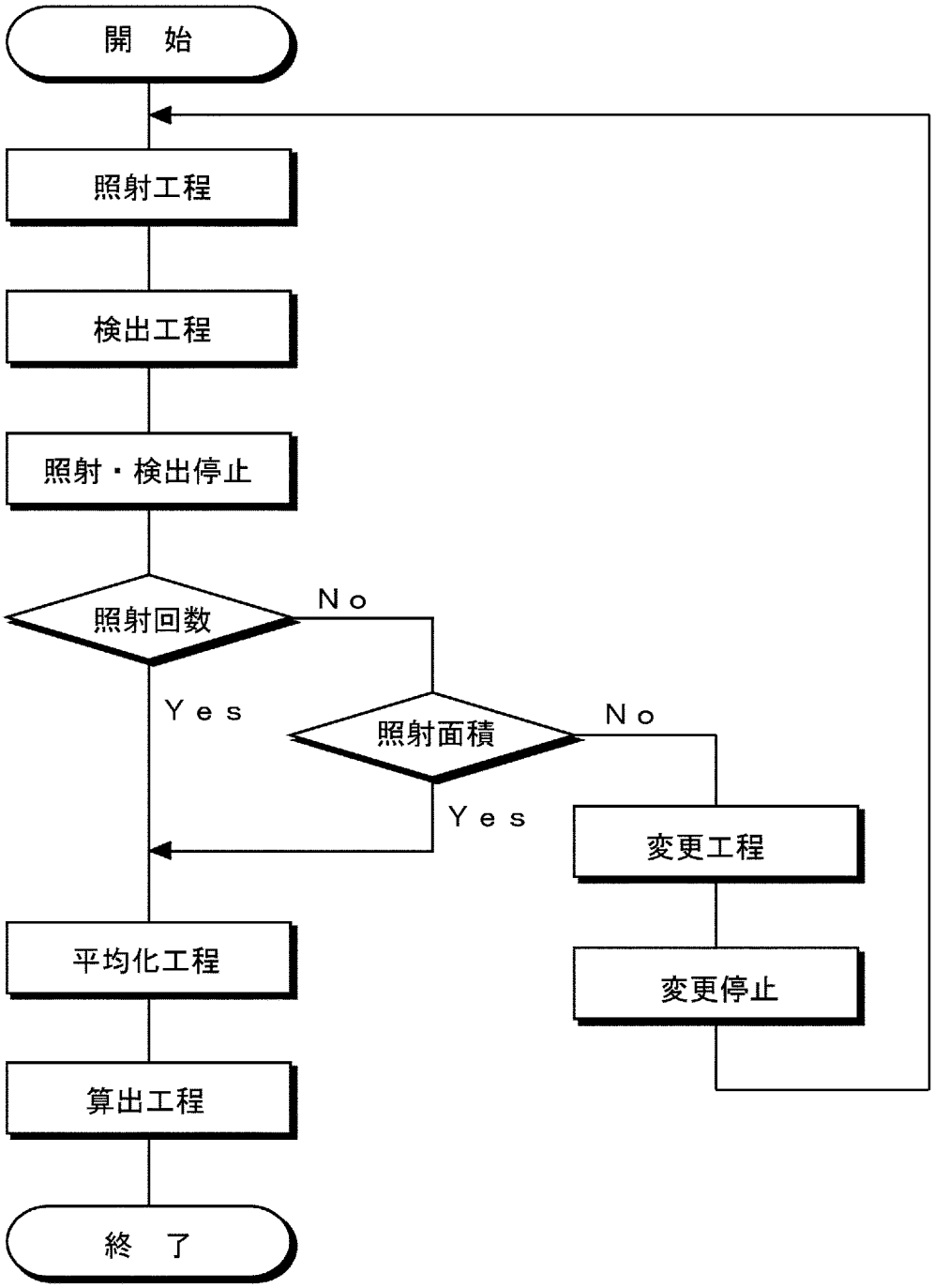
上記算出工程で、上記Ｘ線の連続的な照射によって平均化された上記回折Ｘ線の強度分布により形成される回折環に基づいて残留応力を算出する残留応力測定方法。

[請求項4] 上記変更工程で、上記Ｘ線の照射面積の合計が２０ｍｍ^{2}以上となるように上記鋳鍛鋼品に対する上記Ｘ線の照射条件を変更する請求項１、請求項２又は請求項３に記載の残留応力測定方法。

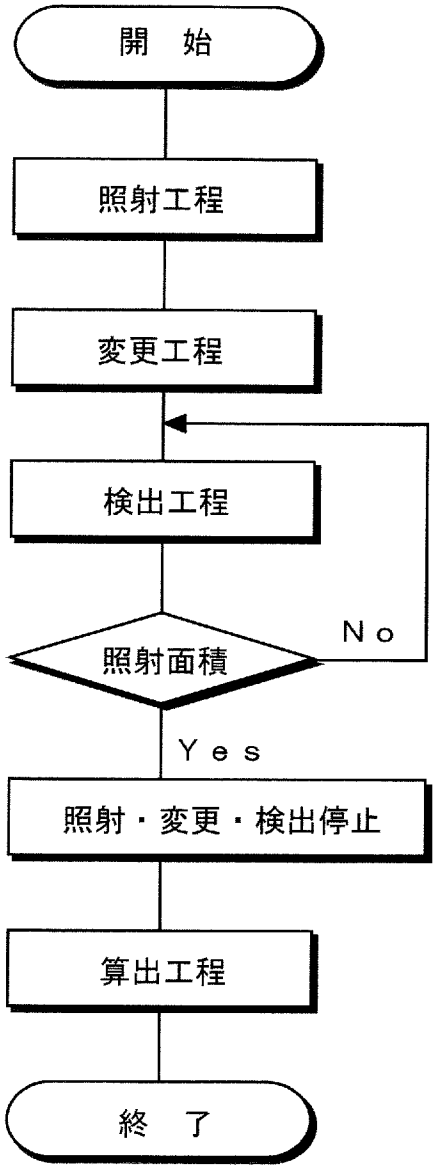
[図1]


開　始
照射工程
検出工程
照射・検出停止
算出工程
照射回数
No
Yes
照射面積
No
Yes
変更工程
変更停止
平均化工程
終　了

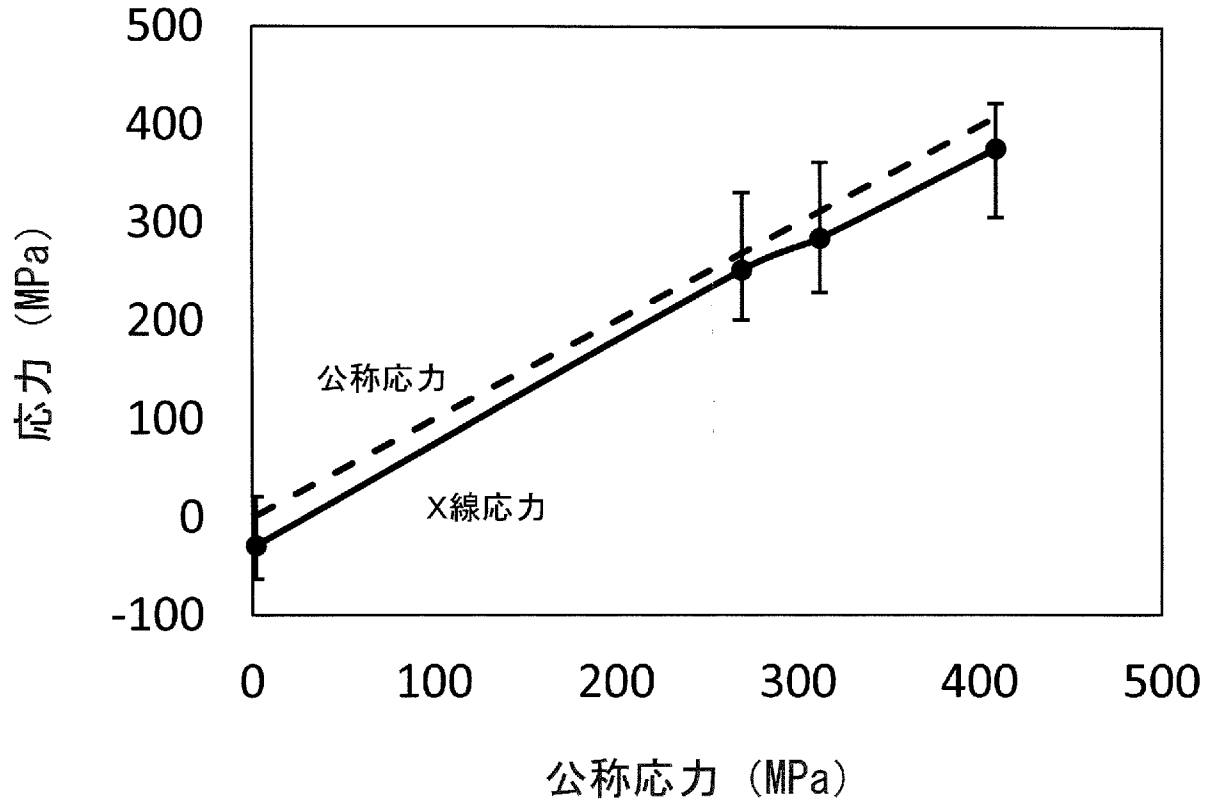
[図2]


開　始
照射工程
検出工程
照射・検出停止
照射回数
No
Yes
照射面積
No
Yes
変更工程
変更停止
平均化工程
算出工程
終　了

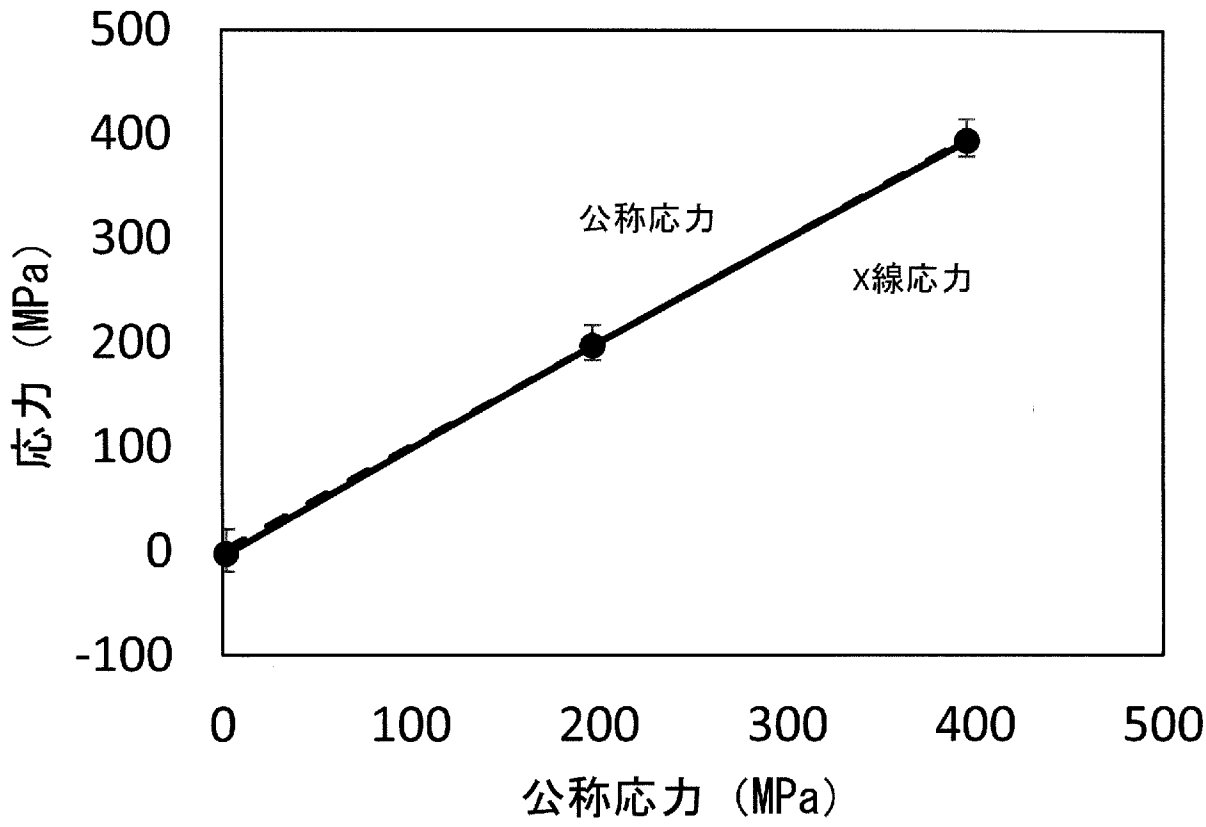
[図3]



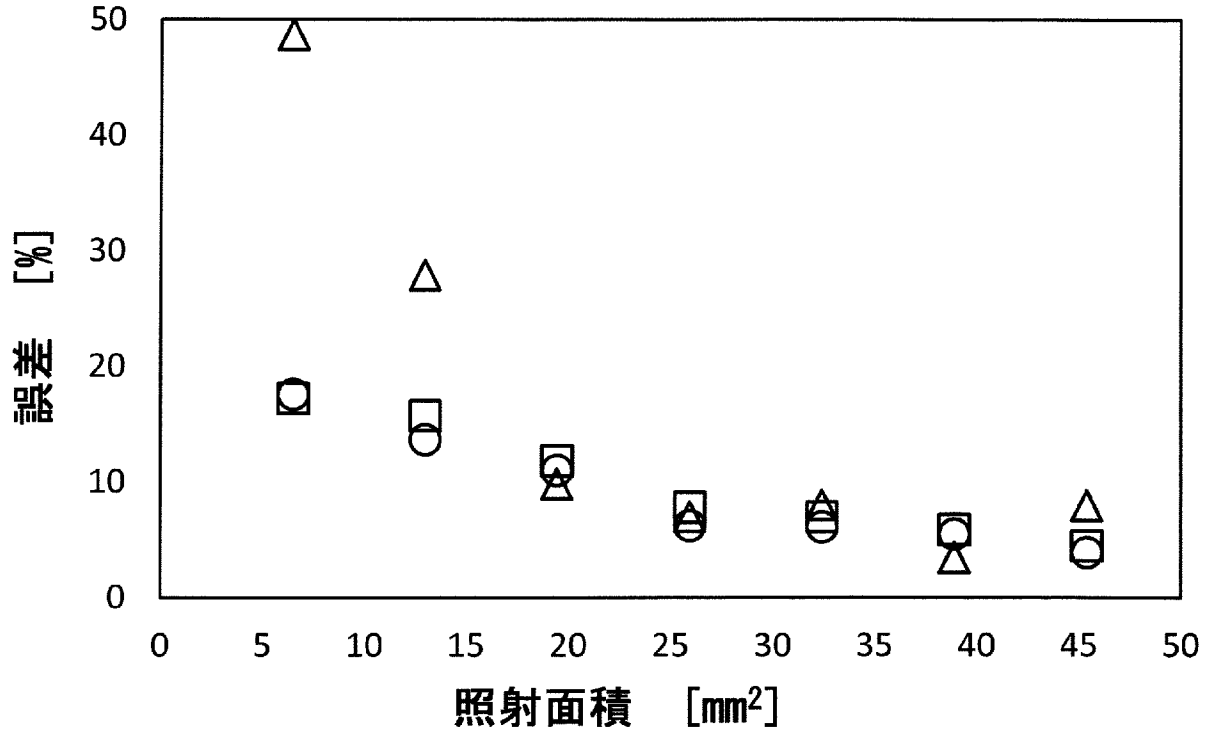
[図4]


500
400
300
200
100
0
-100
応力（MPa）
公称応力
X線応力
0
100
200
300
400
500
公称応力（MPa）

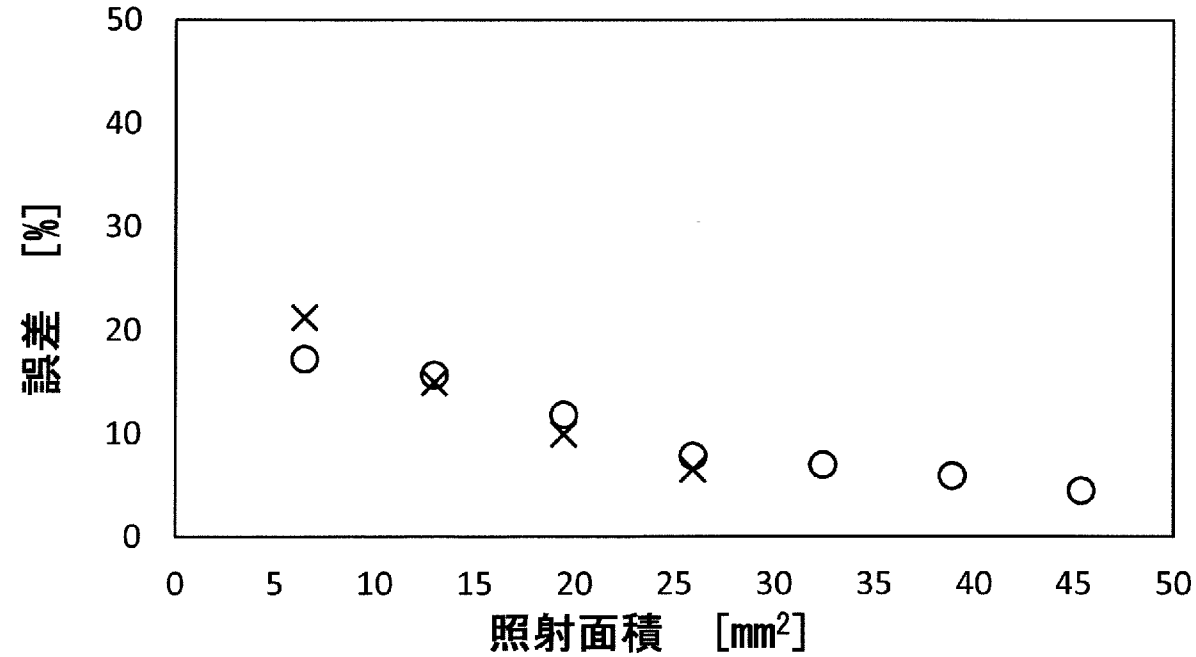
[図5]


500
400
300
200
100
0
-100
応力（MPa）
公称応力
X線応力
0
100
200
300
400
500
公称応力（MPa）

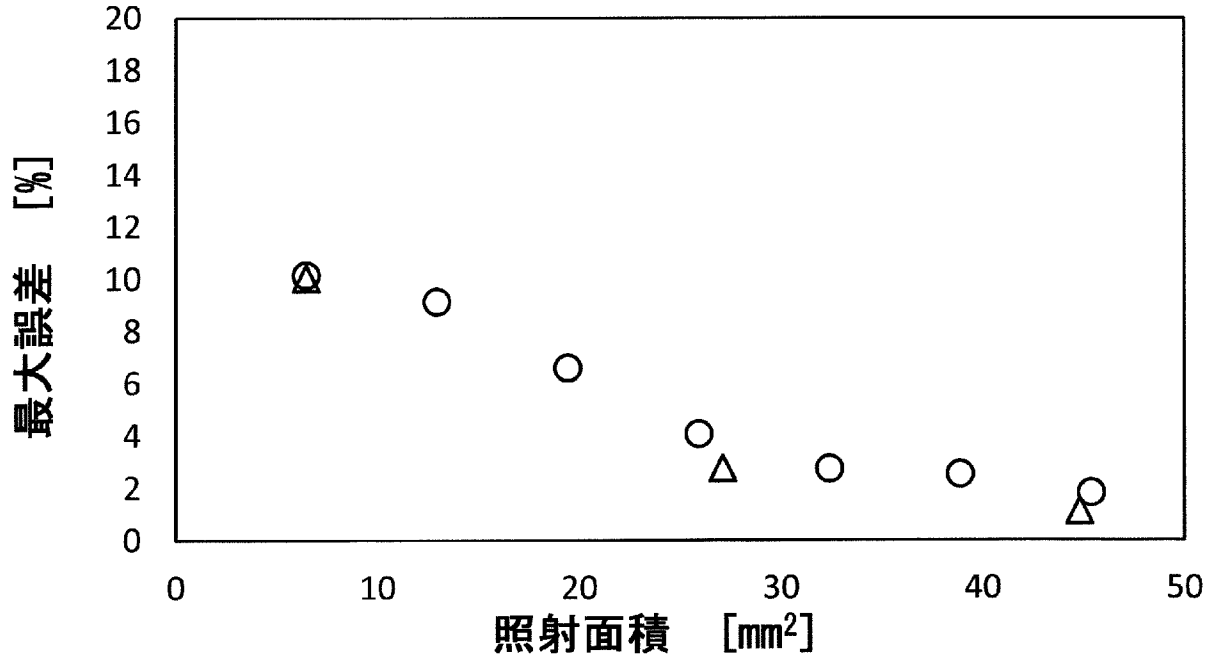
[図6]


50
40
30
20
10
0
誤差 [%]
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50
照射面積 [mm2]

[図7]


50
40
30
20
10
0
誤差 [%]
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50
照射面積 [mm2]

[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/044208

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01N23/2055(2018.01)i, G01L1/25(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)
Int.Cl. G01N23/00-23/2276, G01L1/25

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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
Y	JP 60-78336 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 04 May 1985, page 1, lower left column, line 13 to page 2, lower right column, line 1 (Family: none)	1-4
Y	JP 2002-181638 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 26 June 2002, paragraphs [0001]-[0006], [0016]-[0029] (Family: none)	1-4
Y	JP 2011-27550 A (KANAZAWA UNIV) 10 February 2011, claims 1-6 (Family: none)	1-4

☒ 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	Date of mailing of the international search report
01.02.2019	26.02.2019
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/JP2018/044208

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2017-15468 A (KANAZAWA UNIV) 19 January 2017, paragraphs [0010]-[0014] (Family: none)	2-3
A	JP 2016-90362 A (PULSTEC INDUSTRIAL CO., LTD.) 23 May 2016 (Family: none)	1-4
A	CN 104792808 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 22 July 2015 (Family: none)	1-4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０４４２０８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N23/2055(2018.01)i, G01L1/25(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N23/00-23/2276, G01L1/25

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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
Y	JP 60-78336 A（三菱重工業株式会社）1985.05.04, 第１頁左下欄第１３行－第２頁右下欄第１行（ファミリーなし）	１－４
Y	JP 2002-181638 A（三菱重工業株式会社）2002.06.26, ［０００１］－［０００６］、［００１６］－［００２９］（ファミリーなし）	１－４
Y	JP 2011-27550 A（国立大学法人金沢大学）2011.02.10, ［請求項１］－［請求項６］（ファミリーなし）	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	国際調査報告の発送日
０１．０２．２０１９	２６．０２．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｗ　３４０９
田中　秀直
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８

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
Ｙ	JP 2017-15468 A (国立大学法人金沢大学) 2017.01.19, ［００１０］－［００１４］（ファミリーなし）	２－３
Ａ	JP 2016-90362 A (パルステック工業株式会社) 2016.05.23, (ファミリーなし)	１－４
Ａ	CN 104792808 A (北京理工大学) 2015.07.22, (ファミリーなし)	１－４