

(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
2015 年 9 月 17 日(17.09.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/137444 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 3/00 (2006.01) G01N 33/20 (2006.01)
G01N 1/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/057292
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 12 日(12.03.2015)
- (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 2014-050802 2014 年 3 月 13 日(13.03.2014) JP
- (71) 出願人: 三菱日立パワーシステムズ株式会社
(MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみ
らい三丁目 3 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 山本 隆一(YAMAMOTO Ryuichi); 〒
1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三
菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 金子 秀明
(KANEKO Hideaki); 〒1088215 東京都港区港南二
丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo
(JP). 手塚 宣和(TEZUKA Norikazu); 〒1088215 東
京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株
式会社内 Tokyo (JP). 廣川 一晴(HIROKAWA

Kazuharu); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなと
みらい三丁目 3 番 1 号 三菱日立パワーシステ
ムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 森 隆一郎, 外(MORI Ryuichirou et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2
号 Tokyo (JP).

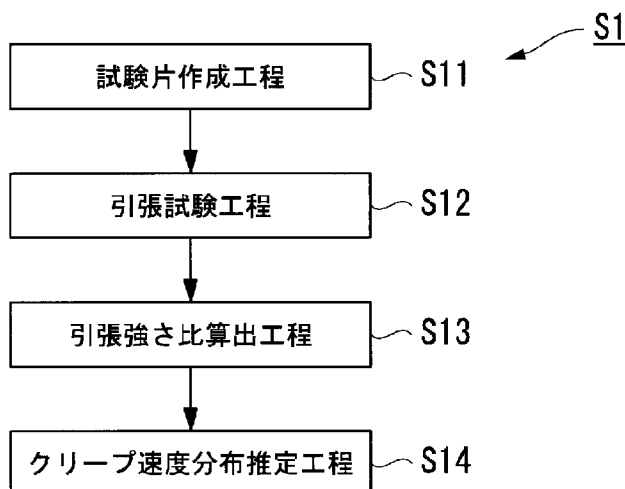
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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, 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
ロピア (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),

[続葉有]

(54) Title: CREEP SPEED DISTRIBUTION EVALUATION METHOD

(54) 発明の名称: クリープ速度分布評価方法



- S11 Test piece creation step
S12 Tensile testing step
S13 Tensile strength ratio calculation step
S14 Creep speed distribution estimation step

(57) Abstract: This creep speed distribution evaluation method (S1) includes a test piece creation step (S11) for creating a plurality of test pieces from different positions of a structural member, a tensile testing step (S12) for acquiring the tensile strength of each of the plurality of test pieces by carrying out tensile testing on the plurality of test pieces, and a creep speed distribution estimation step (S14) for estimating the creep speed distribution of the structural member from the tensile strengths obtained in the tensile testing step (S12) on the basis of a preset correlation between tensile strength and creep speed.

(57) 要約: このクリープ速度分布評価方法 (S1) は、複数の試験片を構造部材の異なる位置からそれぞれ作成する試験片作成工程 (S11) と、前記複数の試験片に対して引張試験を実施することで、前記複数の試験片の引張強さをそれぞれ取得する引張試験工程 (S12) と、予め定めた引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて、引張試験工程 (S12) で取得した前記引張強さから前記構造部材におけるクリープ速度分布を推定するクリープ速度分布推定工程 (S14) とを含む。

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 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：クリープ速度分布評価方法

技術分野

[0001] 本発明は、クリープ速度分布評価方法に関する。

本願は、2014年3月13日に、日本に出願された特願2014-050802号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] ガスタービンや蒸気タービン等の高温で使用される構造部材は、クリープ変形が起きる。その際、クリープ変形の不均一が大きい構造部材は、曲りなどの不具合の原因になる可能性がある。

[0003] 例えば、ガスタービンの圧縮機等に用いられるディスク等のロータ部材は、後段に向かうにしたがって圧縮された高温高压の流体と接触することによって温度が高くなる。このような高温で高速回転して長期間にわたって使用されるロータ部材では、クリープ変形が生じる。そして、ロータ部材の強度が周方向の位置によってばらついていると、クリープ変形が生じた場合に周方向で変形量が変わってしまい、クリープ変形が不均一となってしまう。その結果、ロータは周方向に不均一に変形し、時間経過とともに全体としてロータが曲がってしまうおそれがある。その結果、ロータの軸振動の原因となる可能性がある。

[0004] そこで、ロータ部材を製造する素材である構造部材に対して、周方向の位置によってクリープ強度にばらつきが生じていないかを事前に確認する必要がある。クリープ強度を確認する方法としては、構造部材に対してクリープ試験を行うことでクリープ速度を確認する方法が挙げられる。また、クリープ試験と比較して短時間でクリープ強度を確認する方法として、クリープ強度に影響を及ぼす因子をクリープ速度と推定して用いる方法が用いられている。

[0005] このような方法として、例えば、特許文献1では構造部材の硬さ、結晶粒

度、析出物等を利用してクリープ速度を推定している。具体的には、特許文献 1 に記載の方法は、クリープ強度に影響を及ぼす因子として、硬さ、結晶粒度または析出物のいずれか一つのうち、最も偏差比の大きい因子を用いて F E M クリープ解析を行って構造部材の経年曲がり量を予測評価する。即ち、特許文献 1 に記載の方法では、硬さ、結晶粒度または析出物等のうち、最も偏差比の大きい因子をクリープ速度の周方向における分布と推定して使用している。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開 2 0 1 3 - 1 1 3 1 4 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献 1 で用いられる硬さ、結晶粒度、又は析出物とクリープ速度との間に明確な相関関係が認められない材料もあり、いずれか一つの因子だけを測定しても、構造部材におけるクリープ速度の異なる位置での分布を精度良く推定することが難しいという問題がある。

[0008] 本発明は、構造部材におけるクリープ速度分布を高い精度で推定可能なクリープ速度分布評価方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一態様におけるクリープ速度分布評価方法は、複数の試験片を構造部材の異なる位置からそれぞれ作成する試験片作成工程と、前記複数の試験片に対して引張試験を実施することで、前記複数の試験片の引張強さをそれぞれ取得する引張試験工程と、予め定めた引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて、前記引張試験工程で取得した前記引張強さから前記構造部材におけるクリープ速度分布を推定するクリープ速度分布推定工程とを含む。

[0010] このようなクリープ速度分布評価方法によれば、引張強さとクリープ速度

との相関関係に引張試験工程で取得した引張強さを当てはめることで、構造部材におけるクリープ速度の分布を推定できる。即ち、引張強さとクリープ速度との相関関係があることを利用することで、引張試験を実施して構造部材における異なる位置での引張強さの分布を測定することで、長時間かけてクリープ試験を実施することなく、構造部材における異なる位置でのクリープ速度分布を推定することができる。即ち、短時間で終了する引張試験を実施して引張強さを取得することで、構造部材におけるクリープ速度分布を高い精度で推定することができる。

[0011] また、本発明の他の態様におけるクリープ速度分布評価方法では、前記複数の試験片の引張強さのうちで、最小引張強さと最大引張強さとの比率を前記構造部材の引張強さ比として算出する引張強さ比算出工程を含み、前記クリープ速度分布推定工程は、前記相関関係に基づいて、前記引張強さ比から前記構造部材の最小クリープ速度と最大クリープ速度との比率を前記クリープ速度分布として推定してもよい。

[0012] このようなクリープ速度分布評価方法によれば、引張強さとクリープ速度との相関関係を利用して、引張強さ比からクリープ速度比を容易に推定することができる。そのため、クリープ試験を実施するような長い時間をかけずに短時間で構造部材のクリープ速度比を取得することができる。これにより、構造部材におけるクリープ速度の異なる位置でのばらつきの大きさを高い精度で容易に推定することができる。

[0013] さらに、本発明の他の態様におけるクリープ速度分布評価方法では、前記引張強さ比算出工程で算出した引張強さ比が、前記相関関係により予め定められるクリープ速度比判定値に対応する引張強さ比判定値を満足しているか否か判定する引張強さ比判定工程を含んでいてもよい。

[0014] このようなクリープ速度分布評価方法によれば、引張強さ比判定工程によって構造部材の引張り強さを判定することで、構造部材の品質を判定することができる。具体的には、予め定めたクリープ速度比判定値と、引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて引張強さ比判定値を定めることで、引

張強さを用いて構造部材におけるクリープ速度のばらつきの大きさを高い精度で判定することができる。そして、引張強さ比判定値と、引張強さ比算出工程で算出した構造部材の引張強さ比とを比較することで、構造部材に実際に長時間かけてクリープ試験を実施することなく、異なる位置での構造部材におけるクリープ速度のばらつきの大きさを判定することができる。これにより、構造部材に対して短時間で精度の高いクリープ速度分布の評価を行い、構造部材の品質を確認することができる。

[0015] また、本発明の他の態様におけるクリープ速度分布評価方法では、前記引張強さ比判定工程で前記引張強さ比が予め定めた引張強さ比判定値を満足しないと判定した場合に、前記構造部材に熱処理を施す熱処理工程を含んでもよい。

[0016] このようなクリープ速度分布評価方法によれば、品質が所定の基準に適合しない構造部材であっても、熱処理によって材料特性を調整し直して、所定の基準に適合させることができる。

発明の効果

[0017] 上記したクリープ速度分布評価方法によれば、予め定めた引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて、引張強さからクリープ速度を推定することで、構造部材におけるクリープ速度分布を高い精度で推定することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第一実施形態におけるクリープ速度分布評価方法のフロー図である。

[図2]本発明の第一実施形態における構造部材の引張強さの周方向の分布を示すグラフである。

[図3]本発明の第一実施形態における構造部材の定常クリープ速度の周方向の分布を示すグラフである。

[図4]本発明の第一実施形態における構造部材の引張強さ比とクリープ速度比の関係を示すグラフである。

[図5A]本発明の第一実施形態における試験片作成工程に関する模式図で、構造部材を表す正面図である。

[図5B]本発明の第一実施形態における試験片作成工程に関する模式図で、構造部材の側面の一部を拡大した側面拡大図である。

[図6]本発明の第二実施形態におけるクリープ速度分布評価方法のフロー図である。

[図7]本発明の第二実施形態における第一クリープ速度比判定値と第一引張強さ比判定値及び第二引張強さ比判定値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

[0019] 《第一実施形態》

以下、本発明に係る第一実施形態のクリープ速度分布評価方法について図1から図5Bを参照して説明する。

クリープ速度分布評価方法S1は、予め定めた引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて、引張強さからクリープ速度を推定して評価対象におけるクリープ速度分布を評価する方法である。本実施形態におけるクリープ速度分布評価方法S1は、表1に示す様な構造部材Xを評価対象として、構造部材Xにおける周方向のクリープ速度分布を評価する。より具体的には、本実施形態ではクリープ速度として定常クリープ速度を用いる。クリープ速度分布評価方法S1は、構造部材Xから複数の試験片を作成する試験片作成工程S11と、作成した試験片に対して引張試験を実施して引張強さを取得する引張試験工程S12と、引張試験工程S12で取得した複数の引張強さから引張強さ比を算出する引張強さ比算出工程S13と、引張強さ比からクリープ速度分布を推定するクリープ速度分布推定工程S14を含む。

[0020] 本実施形態における構造部材Xは、構造部材Xに類する部材によって引張強さとクリープ速度との相関関係が事前に取得されて評価対象となる部材である。具体的には、構造部材Xは、ガスタービン等に使用されるロータ部材X1であるディスクを作製するための素材となる部材であって、円板状をなすベース部材となっている（図5A、図5B）。即ち、構造部材Xの形状を

成形するように、余分な部分 α を切り取ることで、ディスクが形成される。

ここで、構造部材Xに類する部材とは、例えば、構造部材Xと同じ材料で構成されて製造ロットの異なる部材や、構造部材Xと同じ材料で熱処理条件が異なる部材等の構造部材Xを評価するための基準となる部材である。また、構造部材Xや構造部材Xに類する部材の材料としては、下記表1に記載のような鋼材が使用される。本実施形態の構造部材Xや構造部材Xに類する部材の材料としては、一例として、周方向の強度のばらつきの大きい低合金鋼を使用する。

[0021]

[表1]

鋼種	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	Co	V	Nb	B	N	Fe	Ti	Al
A材	0.31	0.25	0.75	1.8	0.8	0.23	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—
B材	0.29	0.06	0.3	2.9	1.5	0.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—
C材	0.40	0.06	0.3	3.6	1.8	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—
D材	0.29	0.06	0.3	3.6	1.7	0.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—
E材	0.27	0.06	0.3	3.5	1.7	0.5	—	—	0.1	—	—	—	Bal.	—	—
F材	0.15	0.06	0.3	3.0	1.8	0.6	—	—	0.06	—	—	—	Bal.	—	—
G材	0.30	0.06	0.3	0.5	1.0	1.3	—	—	0.3	—	—	—	Bal.	—	—
H材	0.30	0.08	0.8	0.6	2.3	1.0	—	—	0.2	0.05	—	—	Bal.	—	—
I材	0.25	0.04	0.04	1.2	2.3	1.2	—	—	0.25	0.05	—	0.02	Bal.	—	—
J材	0.14	0.08	0.5	0.7	10.3	1.5	—	—	0.17	0.05	—	0.045	Bal.	—	—
K材	0.12	0.07	0.5	0.75	10.3	1.0	1	—	0.2	0.05	—	0.05	Bal.	—	—
L材	0.11	0.07	0.05	2	10.2	0.7	1.8	2.5	0.2	0.06	0.003	0.025	Bal.	—	—
M材	0.09	0.07	0.5	0.5	10.5	0.8	—	6	0.2	0.3	0.08	0.04	Bal.	—	—
N材	0.13	0.07	0.5	2.3	11.5	1.5	—	—	0.3	—	—	0.03	Bal.	—	—
O材	0.12	0.25	0.7	2.7	11.7	1.7	—	—	0.35	—	—	0.03	Bal.	—	—
P材	0.10	0.07	0.5	2.3	11.5	2	—	—	0.2	0.08	—	0.06	Bal.	—	—
Q材	0.08	0.2	0.2	25	15	1.2	—	—	0.25	—	0.006	—	Bal.	2	0.3
R材	0.03	0.2	0.2	41.5	16	—	—	—	—	2.9	—	—	40	1.8	0.2
S材	0.04	0.2	0.2	52.5	19	3	—	—	—	5.1	—	—	18.5	0.9	0.5
T材	0.08	0.2	0.2	Bal.	19.5	4.3	—	13.5	—	—	0.006	—	—	3	1.3

[0022] 引張強さとクリープ速度との間の相関関係とは、構造部材Xに類する部材において異なる位置で測定した引張強さの分布の広がり、引張強さを取得した位置と対応する位置で測定したクリープ速度の分布の広がりが、図2及び図3に示すように、同じ傾向となる関係である。具体的には、本実施形態では、構造部材Xに類する部材の周方向の異なる位置で引張試験片を作成してそれぞれの引張強さを測定する。そして、引張強さを取得した位置と対応する位置で作成したクリープ試験片に対してクリープ試験を実施してそれぞれ定常クリープ速度を測定する。このように測定した引張強さと定常クリープ速度とは、一方が増加すれば他方は減少するという相関関係を有する。

[0023] 本実施形態では、引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて、引張強さのばらつきの大きさと定常クリープ速度のばらつきの大きさとの関係を、引張強さ比とクリープ速度比との関係として取得する。

[0024] 引張強さ比は、構造部材Xや構造部材Xに類する部材における引張強さの分布の状態を表している。具体的には、引張強さ比は、例えば、構造部材Xにおいて異なる位置で測定した複数の引張強さのうち、最も大きい値と最も小さい値との比率である。本実施形態では、引張強さ比は、図2に示すような構造部材Xの引張強さの周方向の分布のデータにおける最大引張強さ $T S_{max}$ に対する最小引張強さ $T S_{min}$ の比率として算出される。

即ち、引張強さ比は、一つの構造部材Xにおける引張強さのばらつきの大きさを表している。したがって、引張強さ比が1に近づくことは、最大引張強さ $T S_{max}$ と最小引張強さ $T S_{min}$ の差が小さく構造部材Xにおける引張強さのばらつきが小さいことを表しており、引張強さ比が0に近づくことは、最大引張強さ $T S_{max}$ と最小引張強さ $T S_{min}$ の差が大きく構造部材Xにおける引張強さのばらつきが大きいことを表している。

[0025] クリープ速度比は、構造部材Xや構造部材Xに類する部材におけるクリープ速度の分布の状態を表している。具体的には、クリープ速度比は、例えば、構造部材Xにおいて異なる位置で測定した複数のクリープ速度のうち、最も小さい値と最も大きい値との比率である。本実施形態では、クリープ速度

比は、図3に示すような構造部材Xの定常クリープ速度の周方向の分布のデータにおける最小クリープ速度 CR_{min} に対する最大クリープ速度 CR_{max} の比率として算出される。即ち、クリープ速度比は、一つの構造部材Xにおける定常クリープ速度のばらつきの大きさを表している。したがって、クリープ速度比が1に近づくことは、最大クリープ速度 CR_{max} と最小クリープ速度 CR_{min} の差が小さく構造部材Xにおける定常クリープ速度のばらつきが小さいことを表しており、引張強さ比が1よりも大きくなることは、最大クリープ速度 CR_{max} と最小クリープ速度 CR_{min} の差が大きく構造部材Xにおける定常クリープ速度のばらつきが大きいことを表している。

[0026] したがって、引張強さ比とクリープ速度比との関係は、引張強さとクリープ速度との間の相関関係に基づいて、複数の構造部材Xに類する部材に対して引張強さ及び定常クリープ速度から引張強さ比及びクリープ速度比を取得することで算出される。具体的には、引張強さ比とクリープ速度比との関係は、複数の構造部材Xに類する部材から事前に引張強さ比及びクリープ速度比を算出することで、図4に示すような線形の相関関係のグラフとして定められる。

[0027] 試験片作成工程S11は、図5Aに示すように、構造部材Xの外周部分の所定位置Aから試験片を作成する。本実施形態の試験片作成工程S11は、所定位置Aから周方向に一定の間隔ずつ離れた複数の位置から引張試験片を作成する。具体的には、本実施形態の試験片作成工程S11は、所定位置Aから45度ずつ周方向に回転した位置であるBからHの位置においても引張試験を実施するための引張試験片をそれぞれ作成する。そして、本実施形態の試験片作成工程S11では、構造部材Xがディスク等のロータ部材X1を作成する前のベース部材であるため、図5Bに示すように、ロータ部材X1を作成する上で不要となる外周部分の余肉となる部分 α から引張試験片を作成する。

なお、試験片の採取位置のピッチは、本実施形態のように45度ずつに限

定されるものではなく、構造部材Xの材料試験結果を元に30度から90度の間で任意に選択することができる。

[0028] 引張試験工程S12は、構造部材Xの所定位置Aから周方向に回転した位置Hまでの異なる位置から作成した引張試験片に対して、それぞれ引張試験を実施して、引張強さを測定する。

[0029] 引張強さ比算出工程S13は、複数の引張試験片から測定された引張強さを用いて引張強さ比を算出する。具体的には、引張強さ比算出工程S13では、測定した複数の引張強さから、最大引張強さ T_{Smax} と最小引張強さ T_{Smin} とを抜き出し、最大引張強さ T_{Smax} に対する最小引張強さ T_{Smin} の比を算出して引張強さ比を取得する。

[0030] クリープ速度分布推定工程S14は、予め定めた引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて、引張試験工程S12で取得した引張強さを用いて構造部材Xにおけるクリープ速度分布を推定する。本実施形態のクリープ速度分布推定工程S14は、引張強さとクリープ速度との相関関係から算出した引張強さ比とクリープ速度比との関係と、引張強さ比算出工程S13で引張強さを用いて算出した引張強さ比とから構造部材Xのクリープ速度比をクリープ速度分布として推定する。具体的には、クリープ速度分布推定工程S14は、前述した図4のグラフに示すような引張強さ比とクリープ速度比との関係に、算出した引張強さ比を当てはめることで、対応するクリープ速度比を推定する。

[0031] 次に、第一実施形態のクリープ速度分布評価方法S1の作用について説明する。

第一実施形態のクリープ速度分布評価方法S1では、試験片作成工程S11として、評価対象となる構造部材Xの所定位置Aにおいて、ロータ部材X1を作成する上で不要となる外周部分の余肉となる部分 α から引張試験片を作成する。同様に、所定位置Aから45度ずつ周方向に回転した位置であるBからHの位置からも引張試験片を作成する（図5A）。作成した複数の引張試験片を用いて引張試験工程S12で引張試験を実施して各引張試験片から

引張強さを測定する。その後、引張強さ比算出工程 S 1 3 で、測定した複数の引張強さから最大引張強さ T_{Smax} と最小引張強さ T_{Smin} とを抜き出し、引張強さ比を算出する。引張強さ比算出工程 S 1 3 によって算出した引張強さ比を予め定めておいた引張強さ比とクリープ速度比との関係に当てはめることで、クリープ速度比を構造部材 X におけるクリープ速度分布として取得する。

[0032] 上記のようなクリープ速度分布評価方法 S 1 によれば、引張強さとクリープ速度との相関関係に引張試験工程 S 1 2 で取得した引張強さを当てはめることで、構造部材 X におけるクリープ速度分布を推定できる。即ち、引張強さとクリープ速度とに相関関係があることを利用することで、引張試験を実施して構造部材における周方向の異なる位置での引張強さの分布を測定することで、長時間かけてクリープ試験を実施することなく、構造部材 X における周方向のクリープ速度分布を推定することができる。即ち、短時間で終了する引張試験を実施して引張強さを取得することで、構造部材 X におけるクリープ速度分布を高い精度で推定することができる。

[0033] また、引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて求められる引張強さ比とクリープ速度比との関係を利用して、引張強さ比からクリープ速度比を容易に推定することができる。そのため、クリープ試験を実施するような長い時間をかけずに、短時間で構造部材 X のクリープ速度比を取得することができる。これにより、評価対象となる構造部材 X におけるクリープ速度の周方向の異なる位置でのばらつきの大きさを高い精度で容易に推定することができる。

[0034] 《第二実施形態》

次に、図 6 及び図 7 を参照して第二実施形態のクリープ速度分布評価方法 S 2 について説明する。

第二実施形態においては第一実施形態と同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。この第二実施形態のクリープ速度分布評価方法 S 2 は、引張強さとクリープ速度との相関関係を利用して引張強さ比から

構造部材Xが所定の基準に適合しているか否かを判定する点について、第一実施形態と相違する。

[0035] 即ち、第二実施形態のクリープ速度分布評価方法S2は、所定の基準として相関関係により予め定められるクリープ速度比判定値に対応する引張強さ比判定値を超えているか否かを判定する。具体的には、クリープ速度分布評価方法S2は、評価対象である構造部材Xを製造し、引張強さ比算出工程S13で算出した引張強さ比が、引張強さ比判定値を上回っているか否かを判定し、判定結果に応じて構造部材Xを処理する。より具体的には、図6に示すように、クリープ速度分布評価方法S2は、構造部材Xを製造する構造部材製造工程S21と、製造した構造部材Xから試験片を作成する試験片作成工程S11と、作成した試験片に対して引張試験を実施する引張試験工程S12と、引張試験工程S12で取得した複数の引張強さから引張強さ比を算出する引張強さ比算出工程S13と、算出した引張強さ比が予め定めた引張強さ比判定値を上回っているか否かを判定する引張強さ比判定工程S22とを含む。さらに、クリープ速度分布評価方法S2は、引張強さ比判定工程S22での判定結果に基づいてクリープ試験を実施するクリープ試験工程S23と、クリープ試験工程S23での試験結果を判定するクリープ試験結果判定工程S24と、引張強さ比判定工程S22とクリープ試験結果判定工程S24での判定結果に基づいて構造部材Xを調査する調査工程S25と、調査工程S25での調査結果を判定する材質調査結果判定工程S26と、を含む。

[0036] 構造部材製造工程S21は、材料から評価対象となる構造部材Xを製造する。本実施形態の構造部材製造工程S21は、原材料を溶かす溶解工程S211と、溶かした材料を所定の形状にする鍛造工程S212、所定の形状となった構造部材Xに対して熱処理を実施する熱処理工程S213とを有する。

[0037] 溶解工程S211は、構造部材Xを構成する原材料を溶解する。

鍛造工程S212は、構造部材Xを所定の形状に成形する。本実施形態の鍛造工程S212は、金敷などで圧力を加えることで円盤状のベース部材を

成形する。

熱処理工程 S 2 1 3 は、鍛造工程 S 2 1 2 によって形成した構造部材 X に対して焼入れや焼戻し等の熱処理を行い、構造部材 X の材料特性を調整する。

[0038] 引張強さ比判定工程 S 2 2 は、算出しておいた引張強さ比とクリープ速度比との関係から、構造部材 X におけるクリープ速度のばらつきの大きさとして許容可能な所定の基準を満足しているか否かを判定する。具体的には、引張強さ比判定工程 S 2 2 では、図 7 に示すように、構造部材 X においてロータ曲がりを防止するために許容可能な所定の基準として、構造部材 X の異なる位置の定常クリープ速度のばらつきの上限値に対応するクリープ速度比判定値を第一クリープ速度比判定値 C R 1 として予め定める。このロータ曲がりを防止するための許容基準は、構造部材 X の材料強度及び使用環境/条件によって決められる。例えば、クリープ速度が全周にわたって十分に低く、クリープ速度差があっても変形が十分に小さい場合などでは、第一クリープ速度比判定値 C R 1 は大きな値となる。第一クリープ速度比判定値 C R 1 は、構造部材 X の定常クリープ速度のばらつきが、構造部材 X からディスク等のロータ部材 X 1 を製造した場合に、ロータ部材 X 1 における周方向にクリープ速度の分布が許容可能な範囲に収まっていることを表す基準値である。即ち、第一クリープ速度比判定値 C R 1 を下回っていることで、構造部材 X におけるクリープ速度の周方向のばらつきが小さく、その構造部材 X がロータ部材 X 1 を製造する素材として適しているとみなせることを表している。第一クリープ速度比判定値 C R 1 は、例えば、最大クリープ速度 C R m a x が、最小クリープ速度 C R m i n に対して 2. 3 倍程度の値を用いて設定する。さらに、変形の不均一を厳しく防止する構造部材 X に対しては 1. 5 倍程度の値を用いて設定することが望ましい。

[0039] さらに、引張強さ比判定工程 S 2 2 では、設定した第一クリープ速度比判定値 C R 1 を、図 7 に示すように、引張強さとクリープ速度の相関関係から算出した引張強さ比とクリープ速度比との関係に当てはめることで対応する

引張強さ比判定値を第一引張強さ比判定値 $T S 1$ と定める。

[0040] さらに、引張強さ比判定工程 $S 2 2$ では、第一引張強さ比判定値 $T S 1$ よりも許容する範囲の広い基準として第二引張強さ比判定値 $T S 2$ を予め定める。即ち、第二引張強さ比判定値 $T S 2$ は、その構造部材 X がロータ部材 $X 1$ を製造する素材として適していると確実にみなせるわけではないが、素材として使用できる可能性が有るレベルであることを示す引張強さ比判定値である。第二引張強さ比判定値 $T S 2$ は、例えば、第一引張強さ比判定値 $T S 1$ に対して 1.5 倍程度の値を用いて設定する。

[0041] そして、引張強さ比判定工程 $S 2 2$ では、引張強さ比算出工程 $S 1 3$ で算出した引張強さ比が、第一引張強さ比判定値 $T S 1$ または第二引張強さ比判定値 $T S 2$ を上回っているか否か判定する。具体的には、本実施形態の引張強さ比判定工程 $S 2 2$ では、算出した引張強さ比が第一引張強さ比判定値 $T S 1$ を上回った場合、その構造部材 X はロータ部材 $X 1$ を製造する素材として適しているとみなし、ロータ部材 $X 1$ を実施して問題ないと判定する。また、引張強さ比判定工程 $S 2 2$ では、算出した引張強さ比が第一引張強さ比判定値 $T S 1$ を下回ったが、第二引張強さ比判定値 $T S 2$ を上回った場合、その構造部材 X はロータ部材 $X 1$ を製造する素材として使用できる可能性が有るとみなし、クリープ試験工程 $S 2 3$ にて実際にクリープ試験を実施する。また、引張強さ比判定工程 $S 2 2$ では、算出した引張強さ比が第一引張強さ比判定値 $T S 1$ 及び第二引張強さ比判定値 $T S 2$ を下回った場合、その構造部材 X はロータ部材 $X 1$ を製造する素材として適していないとみなし、調査工程 $S 2 5$ で構造部材 X の成分分析、組織試験等の材質調査を実施する。

[0042] クリープ試験工程 $S 2 3$ は、引張強さ比判定工程 $S 2 2$ でロータ部材 $X 1$ を製造する素材として使用できる可能性が有ると判定された構造部材 X に対して、クリープ試験を実施して、クリープ速度として定常クリープ速度を測定する。本実施形態のクリープ試験工程 $S 2 3$ は、引張強さ比判定工程 $S 2 2$ で引張強さ比が第一引張強さ比判定値 $T S 1$ を下回ったが、第二引張強さ比判定値 $T S 2$ を上回っていると判定された場合に、引張試験工程 $S 1 2$ と

同様に、構造部材Xの所定位置Aから周方向に回転した位置Hまでの異なる位置から、それぞれクリープ試験片を作成する。クリープ試験工程S23では、作成したクリープ試験片に対して実際にクリープ試験を実施し、クリープ速度として定常クリープ速度をそれぞれ測定する。

[0043] クリープ試験結果判定工程S24では、クリープ試験工程S23で測定した複数の定常クリープ速度のばらつきの大きさを第一クリープ速度比判定値CR1と直接比較して判定する。具体的には、クリープ試験結果判定工程S24では、測定した複数の定常クリープ速度からクリープ速度比を算出して、そのクリープ速度比が第一クリープ速度比判定値CR1を下回っているか否かを判定する。クリープ試験結果判定工程S24では、算出したクリープ速度比が第一クリープ速度比判定値CR1を下回った場合、その構造部材Xはロータ部材X1を製造する素材として使用できると判定する。一方、クリープ試験結果判定工程S24では、算出したクリープ速度比が第一クリープ速度比判定値CR1を上回った場合、その構造部材Xはロータ部材X1を製造する素材として使用に適さないとみなし、調査工程S25で構造部材Xの成分分析、組織試験等の材質調査を実施する。

[0044] 調査工程S25では、引張強さ比判定工程S22でロータ部材X1を製造する素材として使用できないと判定された構造部材Xに対して成分分析、組織試験等の材質調査を実施する。

[0045] 材質調査結果判定工程S26は、調査工程S25の材質調査の結果に基づいて、構造部材Xをディスク等のロータ部材X1を製造する素材として使用できると考えられる状態にするための熱処理条件として昇温速度、加熱時間や加熱温度等を算出する。算出結果に基づいて、構造部材Xが熱処理によって調整すれば、ディスク等のロータ部材X1を製造する素材として使用できるか否かを判定する。ロータ部材X1を製造する素材として使用できると判定した場合は、材質調査結果判定工程S26を実施後に、算出した熱処理条件に基づいて、構造部材Xに対して再び熱処理工程S213を実施し、構造部材Xの材料特性を再度調整する。一方、ロータ部材X1を製造する素材と

して使用できると考えられる熱処理条件を見出すことができない構造部材Xは、ロータ部材X1を製造する素材として使用できないとみなし、ディスクを製造せずに廃却する。

[0046] 次に、第二実施形態のクリープ速度分布評価方法S2の作用について説明する。

第二実施形態のクリープ速度分布評価方法S2では、溶解工程S211で原材料を溶かし、鍛造工程S212で成形した後に、熱処理工程S213で焼入れや焼戻し等の熱処理を実施して材料特性を調整して構造部材Xを製造する。製造した構造部材Xを評価対象として、第一実施形態と同様に、試験片作成工程S11、引張試験工程S12、及び引張強さ比算出工程S13を実施することによって引張強さ比を算出する。

[0047] 算出した構造部材Xの引張強さ比が、第一引張強さ比判定値TS1及び第二引張強さ比判定値TS2を上回っているか否かを引張強さ比判定工程S22で判定する。引張強さ比判定工程S22で、算出した引張強さ比が第一引張強さ比判定値TS1を上回ったと判定した場合、その構造部材Xはロータ部材X1を製造する素材として適しているとみなす。

その後、製品加工を実施して構造部材Xからロータ部材X1としてディスクを製造する。

[0048] また、引張強さ比判定工程S22で、算出した引張強さ比が第一引張強さ比判定値TS1を下回ったが、第二引張強さ比判定値TS2を上回ったと判定した場合、その構造部材Xはロータ部材X1を製造する素材として使用できる可能性があるとみなす。その後、クリープ試験工程S23で、構造部材Xからクリープ試験片を作成して実際にクリープ試験を実施する。クリープ試験工程S23を実施後に、クリープ試験で測定した定常クリープ速度からクリープ速度比を算出して、第一クリープ速度比判定値CR1を下回っているか否かを直接比較して判定する。算出したクリープ速度比が第一クリープ速度比判定値CR1を下回った場合、その構造部材Xはロータ部材X1を製造する素材として使用できるとみなし、製品加工を実施して構造部材Xから

ディスクを製造する。一方、算出したクリープ速度比が第一クリープ速度比判定値 $CR1$ を上回った場合、その構造部材 X はロータ部材 $X1$ を製造する素材として使用に適さないとみなし、調査工程 $S25$ で構造部材 X の成分分析、組織試験等の材質調査を実施する。

[0049] さらに、引張強さ比判定工程 $S22$ で、算出した引張強さ比が第一引張強さ比判定値 $TS1$ 及び第二引張強さ比判定値 $TS2$ を下回ったと判定した場合、その構造部材 X はロータ部材 $X1$ を製造する素材として使用できないとみなす。その後、調査工程 $S25$ で構造部材 X の材質調査を実施する。

[0050] 調査工程 $S25$ での材質調査の結果に基づいて、材質調査結果判定工程 $S26$ でロータ部材 $X1$ を製造する素材として使用できる状態に構造部材 X をするための昇温速度、加熱時間や加熱温度等の熱処理条件を算出する。材質調査結果判定工程 $S26$ で使用できる熱処理条件が見いだせなかった構造部材 X はロータ部材 $X1$ を製造する素材として使用できないとみなし、ディスクを製造せずに廃却する。一方、材質調査結果判定工程 $S26$ で使用できる熱処理条件が見いだせた構造部材 X は、算出した昇温速度、加熱時間や加熱温度に基づいて、熱処理工程 $S213$ で構造部材 X に対して再び熱処理を実施し、材料特性を調整する。

[0051] 熱処理工程 $S213$ で熱処理が実施された構造部材 X に、再び、試験片作成工程 $S11$ 、引張試験工程 $S12$ 、及び引張強さ比算出工程 $S13$ を実施することによって引張強さ比を算出し、引張強さ比判定工程 $S22$ を実施する。引張強さ比判定工程 $S22$ での判定結果が、第一引張強さ比判定値 $TS1$ を上回った場合には、その構造部材 X はロータ部材 $X1$ を製造する素材として適しているとみなし、ディスクを製造する。逆に、再び引張強さ比判定工程 $S22$ での判定結果が、第一引張強さ比判定値 $TS1$ を下回った場合には、その構造部材 X はロータ部材 $X1$ を製造する素材として適していないとみなし、調査工程 $S25$ で構造部材 X の成分分析、組織試験等の材質調査を実施する。このようにしてロータ部材 $X1$ を製造する素材として適しているとみなしてディスクを製造するか、適していないとみなして廃却するまで、

構造部材Xに対して熱処理工程S 2 1 3以降の工程が繰返される。

[0052] 上記のようなクリープ速度分布評価方法S 2によれば、引張強さ比判定工程S 2 2によって構造部材Xに引張り強さを判定することで、構造部材Xがロータ部材X 1などの製品を製造する素材として適しているか否か等の品質を容易に判定することができる。具体的には、構造部材Xにおいて許容可能な定常クリープ速度のばらつきの上限値から予め定めた第一クリープ速度比判定値C R 1と、引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて算出される引張強さ比とクリープ速度比との関係とによって、第一引張強さ比判定値T S 1を定めることで、引張強さをを用いて構造部材Xにおける定常クリープ速度のばらつきの大きさを高い精度で判定することができる。即ち、第一引張強さ比判定値T S 1と、引張強さ比算出工程S 1 3で算出した構造部材Xの引張強さ比とを比較することで、評価対象である構造部材Xに対して実際に長時間かけてクリープ試験を実施することなく、周方向の定常クリープ速度のばらつきの大きさを判定することができる。これにより、構造部材Xに対して短時間で精度の高いクリープ速度分布の評価を行い、構造部材Xの品質を確認することができる。

[0053] また、引張強さ比判定工程S 2 2で引張強さ比が予め定めた第一引張強さ比判定値T S 1及び第二引張強さ比判定値T S 2を下回ったと判定した場合に、構造部材Xに熱処理を施す熱処理工程S 2 1 3を実施する。これにより、ディスク等のロータ部材X 1を製造する素材として使用できない等の品質が所定の基準に適合しない構造部材Xであっても、熱処理によって材料特性を調整し直して、基準に適合させてロータ部材X 1として使用することができる。

[0054] さらに、第一引張強さ比判定値T S 1よりも許容する範囲の広い第二引張強さ比判定値T S 2も引張強さ比判定工程S 2 2で基準として用いることで、複数の基準を設けて構造部材Xがロータ部材X 1を製造する素材として使用できるか否かを判定することができる。したがって、複数の基準で判定することで、構造部材Xの品質をより細かく確認することができる。

[0055] また、引張強さ比判定工程 S 2 2 での判定結果に基づいて、調査工程 S 2 5 を実施してから熱処理工程 S 2 1 3 を実施することで、ロータ部材 X 1 を製造する素材として使用できない構造部材 X を所定の基準に適合するよう材料特性を調整することが効率的にできる。これにより、品質が基準に適していない構造部材 X を効率的に調整することで所定の基準に適合させることができる。

[0056] なお、引張強さ比判定工程 S 2 2 での判定結果に基づく構造部材 X の処理工程は、本実施形態に限定されるものではない。例えば、引張強さ比判定工程 S 2 2 によって判定した後に、調査工程 S 2 5 を実施せずに、熱処理工程 S 2 1 3 を実施してもよい。また、調査工程 S 2 5 を実施せずに、複数回にわたって熱処理工程 S 2 1 3 を実施した後に、引張強さ比判定工程 S 2 2 によって引張強さ比が第一引張強さ比判定値 T S 1 及び第二引張強さ比判定値 T S 2 を下回ったと判定された場合に、調査工程 S 2 5 を実施したり、クリープ試験工程 S 2 3 を実施したりしてもよい。さらに、クリープ試験結果判定工程 S 2 4 を実施後に、第一クリープ速度比判定値 C R 1 を上回った構造部材 X に対して熱処理工程 S 2 1 3 を実施してもよい。したがって、引張強さ比判定工程 S 2 2 を実施後の調査工程 S 2 5 やクリープ試験工程 S 2 3 や熱処理工程 S 2 1 3 を実施する順番や回数等は、本実施形態に限定されるものではなく、必要に応じて適宜設定されればよい。

[0057] また、引張強さ比判定工程 S 2 2 の代りに、第一実施形態と同様に、引張強さ比からクリープ速度比を推定してもよい。例えば、推定したクリープ速度比を、第一クリープ速度比判定値 C R 1 と直接比較したり、第二引張強さ比判定値 T S 2 に対応する第二クリープ速度比判定値を算出して、この第二クリープ速度比判定値と直接比較したりして判定してもよい。

[0058] 以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、各実施形態における各構成及びそれらの組み合わせ等は一例であり、本発明の趣旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。また、本発明は実施形態によって限定されることはなく、特許請求

の範囲によってのみ限定される。

[0059] なお、本実施形態では、構造部材Xとしてロータ部材X1を製造するベース部材を例に挙げたがこれに限定されるものではない。即ち、経年劣化等が懸念されてクリープ速度分布を評価したい構造部材Xを用いればよい。

[0060] また、構造部材Xの材料は、本実施形態のように低合金鋼に限定されるものではない。

例えば、構造部材Xの材料は、表1のJ材からP材のような高クロム鋼のような高合金鋼に用いられてもよい。

[0061] さらに、本実施形態では、引張強さとクリープ速度との間に相関関係に基づいて、引張強さ及び定常クリープ速度の周方向のばらつきの大きさの関係を引張強さ比とクリープ速度比との関係として算出したが、これに限定されるものではない。例えば、引張強さとクリープ速度との間に相関関係に基づいて、最大引張強さ T_{Smax} と最小引張強さ T_{Smin} との差分と、最大クリープ速度 C_{Rmax} と最小クリープ速度 C_{Rmin} との差分との関係を求めて利用してもよい。なお、最大引張強さ T_{Smax} と最小引張強さ T_{Smin} との差分と、最大クリープ速度 C_{Rmax} と最小クリープ速度 C_{Rmin} との関係も、引張強さ比とクリープ速度比との関係のように、線形の相関関係のグラフとして定めることができる。

[0062] さらに、本実施形態では、降伏応力（0.2%耐力）とクリープ速度との間の相関関係に基づいて、降伏応力及び定常クリープ速度の周方向のばらつきの大きさの関係を降伏応力比とクリープ速度比との関係として算出することができる。

産業上の利用可能性

[0063] 上記したクリープ速度分布評価方法によれば、予め定めた引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて、引張強さからクリープ速度を推定することで、構造部材におけるクリープ速度分布を高い精度で推定することができる。

符号の説明

[0064] S 1、S 2 クリープ速度分布評価方法

X 構造部材

X 1 ロータ部材

α 余肉となる部分

S 1 1 試験片作成工程

A 所定位置

S 1 2 引張試験工程

S 1 3 引張強さ比算出工程

T S m a x 最大引張強さ

T S m i n 最小引張強さ

C R m a x 最大クリープ速度

C R m i n 最小クリープ速度

S 1 4 クリープ速度分布推定工程

S 2 1 構造部材製造工程

S 2 1 1 溶解工程

S 2 1 2 鍛造工程

S 2 1 3 熱処理工程

S 2 2 引張強さ比判定工程

C R 1 第一クリープ速度比判定値

T S 1 第一引張強さ比判定値

T S 2 第二引張強さ比判定値

S 2 3 クリープ試験工程

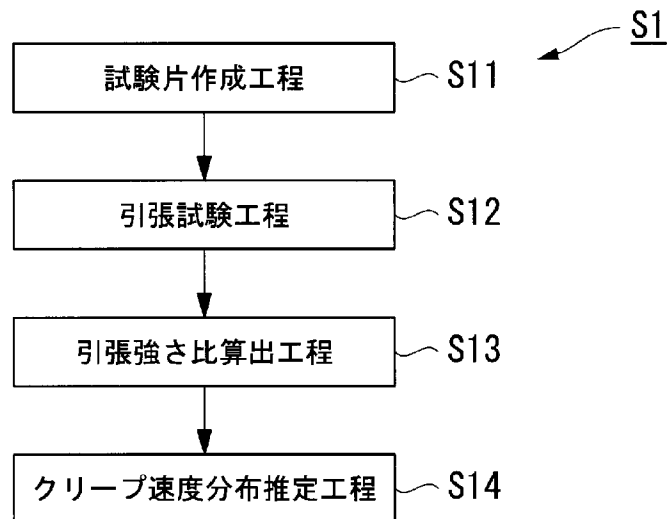
S 2 4 クリープ試験結果判定工程

S 2 5 調査工程

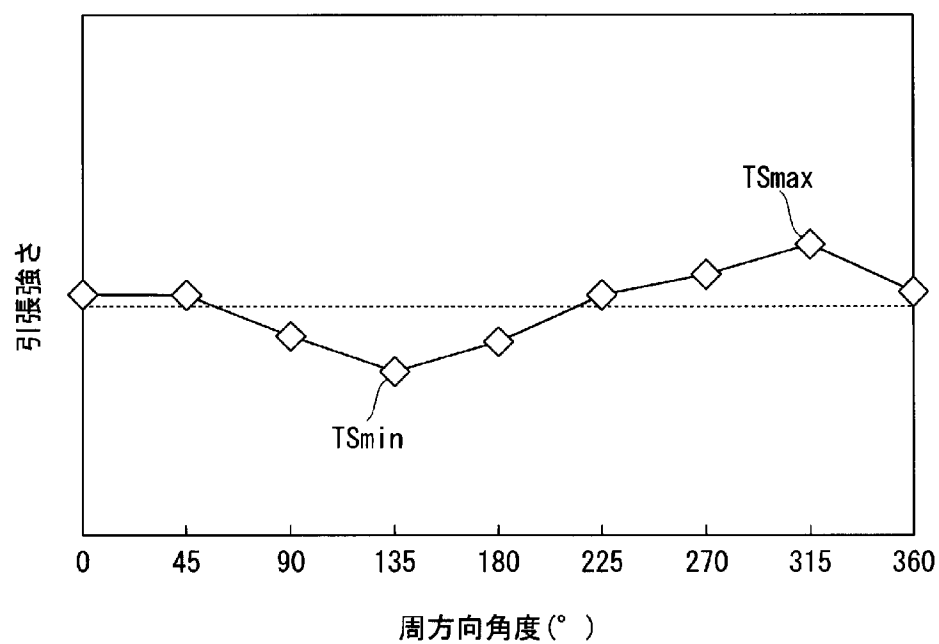
請求の範囲

- [請求項1] 複数の試験片を構造部材の異なる位置からそれぞれ作成する試験片作成工程と、
- 前記複数の試験片に対して引張試験を実施することで、前記複数の試験片の引張強さをそれぞれ取得する引張試験工程と、
- 予め定めた引張強さとクリープ速度との相関関係に基づいて、前記引張試験工程で取得した前記引張強さから前記構造部材におけるクリープ速度分布を推定するクリープ速度分布推定工程とを含むクリープ速度分布評価方法。
- [請求項2] 前記複数の試験片の引張強さのうちで、最小引張強さと最大引張強さとの比率を前記構造部材の引張強さ比として算出する引張強さ比算出工程を含み、
- 前記クリープ速度分布推定工程は、前記相関関係に基づいて、前記引張強さ比から前記構造部材の最小クリープ速度と最大クリープ速度との比率を前記クリープ速度分布として推定する請求項1に記載のクリープ速度分布評価方法。
- [請求項3] 前記引張強さ比算出工程で算出した引張強さ比が、前記相関関係により予め定められるクリープ速度比判定値に対応する引張強さ比判定値を満足しているか否か判定する引張強さ比判定工程を含む請求項2に記載のクリープ速度分布評価方法。
- [請求項4] 前記引張強さ比判定工程で前記引張強さ比が予め定めた引張強さ比判定値を満足しないと判定した場合に、前記構造部材に熱処理を施す熱処理工程を含む請求項3に記載のクリープ速度分布評価方法。

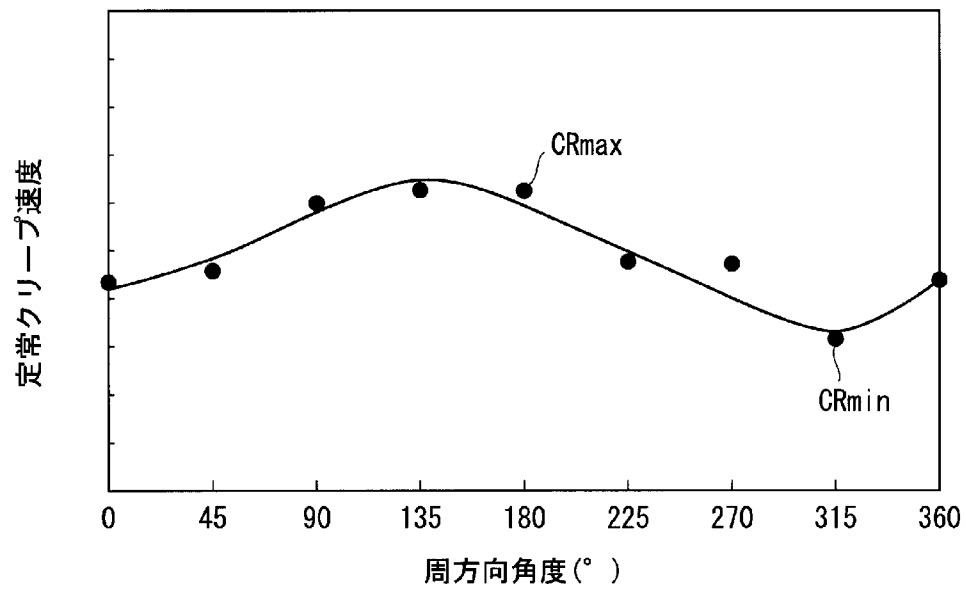
[図1]



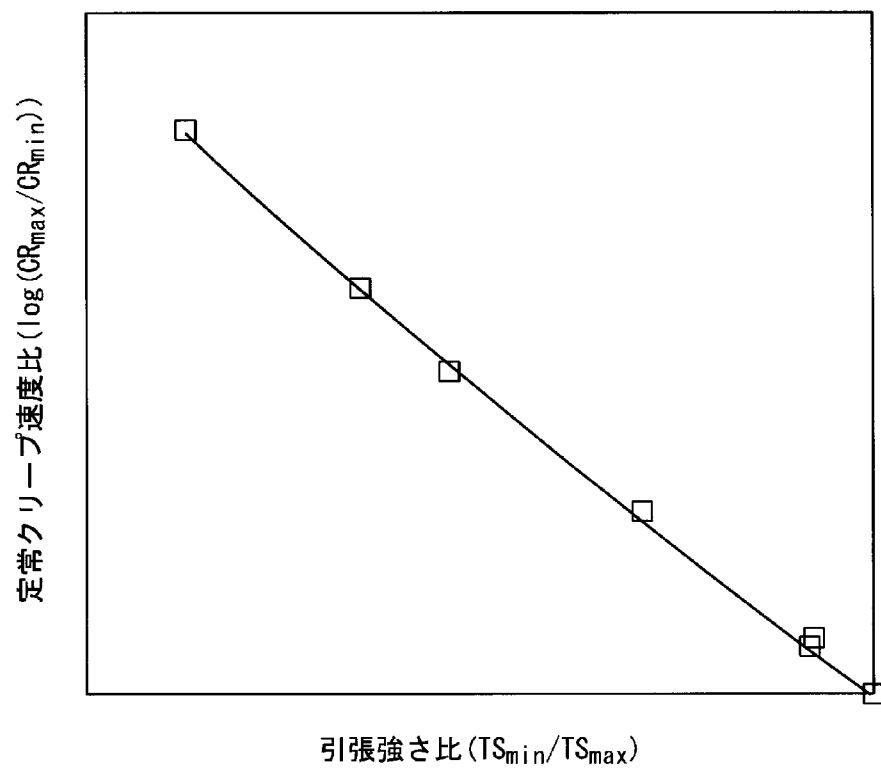
[図2]



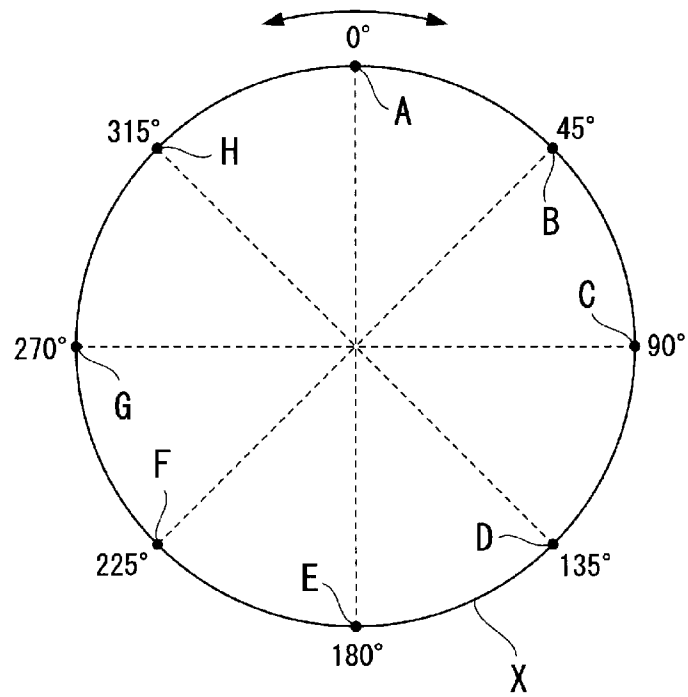
[図3]



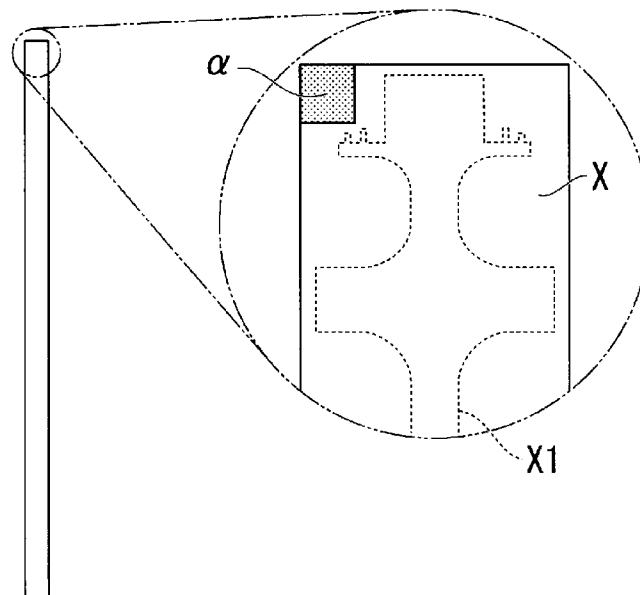
[図4]



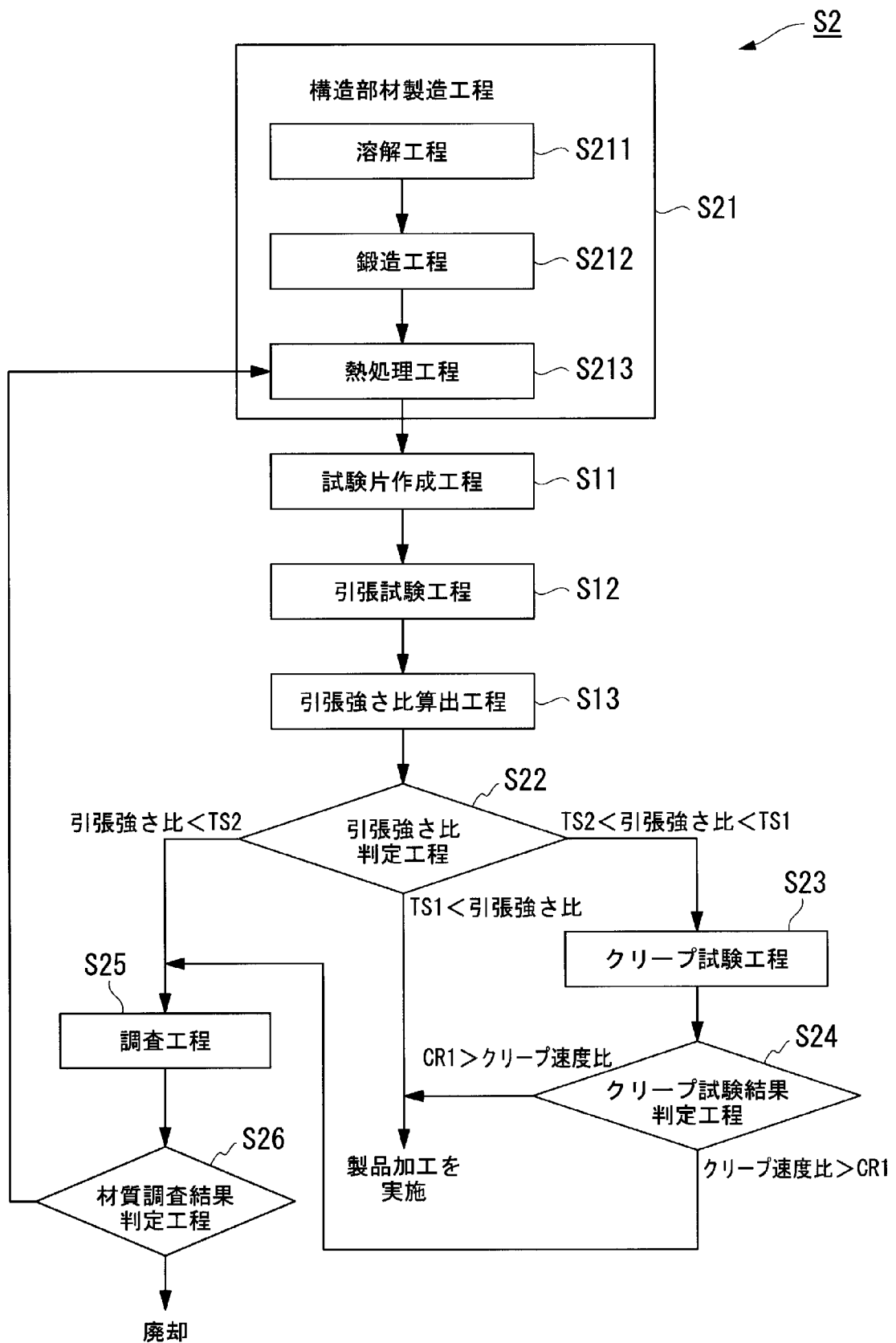
[図5A]



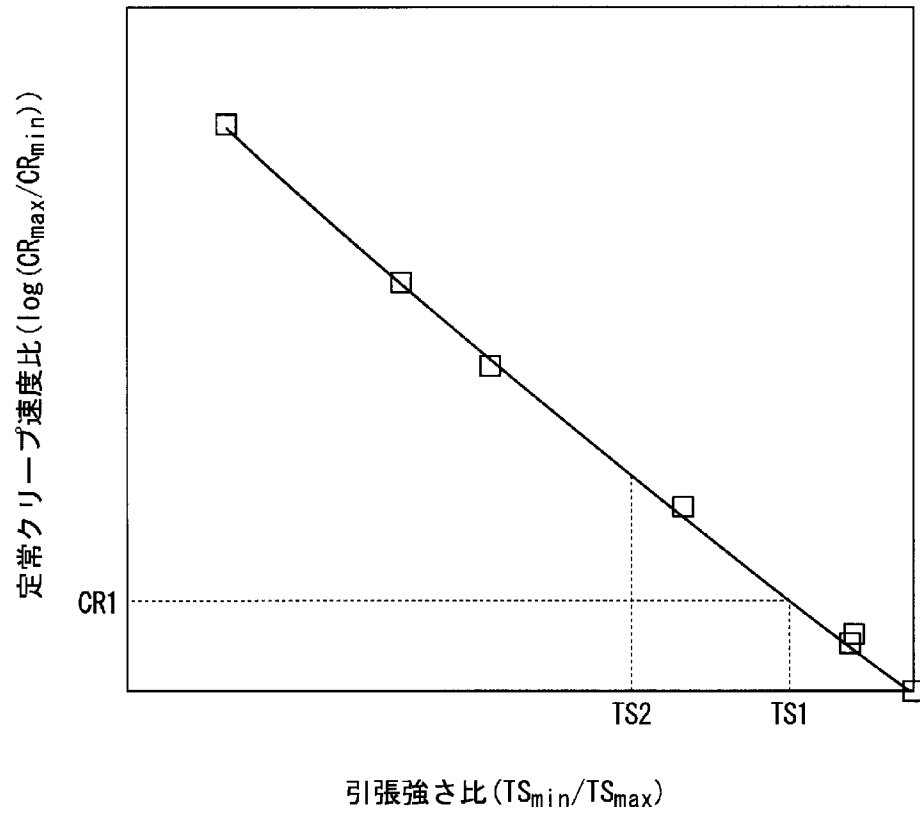
[図5B]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/057292

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N3/00(2006.01)i, G01N1/28(2006.01)i, G01N33/20(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)

G01N3/00, G01N1/28, G01N33/20

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

JSTPlus(JDreamIII), JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-113144 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 10 June 2013 (10.06.2013), paragraphs [0018] to [0042]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-4
Y	M.E. Abd El-Azim, Correlation between tensile and creep data in alloy 800H at 850°C, Journal of Nuclear Materials, 1996.07, Volume 231, Issues 1-2, Pages 146-150	1-4
Y	JP 55-60611 A (Hitachi, Ltd.), 07 May 1980 (07.05.1980), page 2, upper left column, line 5 to lower left column, line 17 (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
30 April 2015 (30.04.15)

Date of mailing of the international search report
19 May 2015 (19.05.15)

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/JP2015/057292

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 2010-217076 A (NSK Ltd.), 30 September 2010 (30.09.2010), paragraphs [0047] to [0049] (Family: none)	4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N3/00(2006.01)i, G01N1/28(2006.01)i, G01N33/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N3/00, G01N1/28, G01N33/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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）

JSTPlus(JDreamIII), JST7580(JDreamIII)

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 2013-113144 A（三菱重工業株式会社）2013.06.10, 段落 [0018] ~ [0042]、図1~4（ファミリーなし）	1-4
Y	M. E. Abd El-Azim, Correlation between tensile and creep data in alloy 800H at 850° C, Journal of Nuclear Materials, 1996.07, Volume 231, Issues 1-2, Pages 146-150	1-4
Y	JP 55-60611 A（株式会社日立製作所）1980.05.07, 第2頁左上欄第5行~左下欄第17行（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

3 0 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 5 . 2 0 1 5

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）

清水 督史

2 J

3 6 1 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

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 2010-217076 A (日本精工株式会社) 2010.09.30, 段落 [0047] - [0049] (ファミリーなし)	4