

(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
2017年11月23日(23.11.2017)

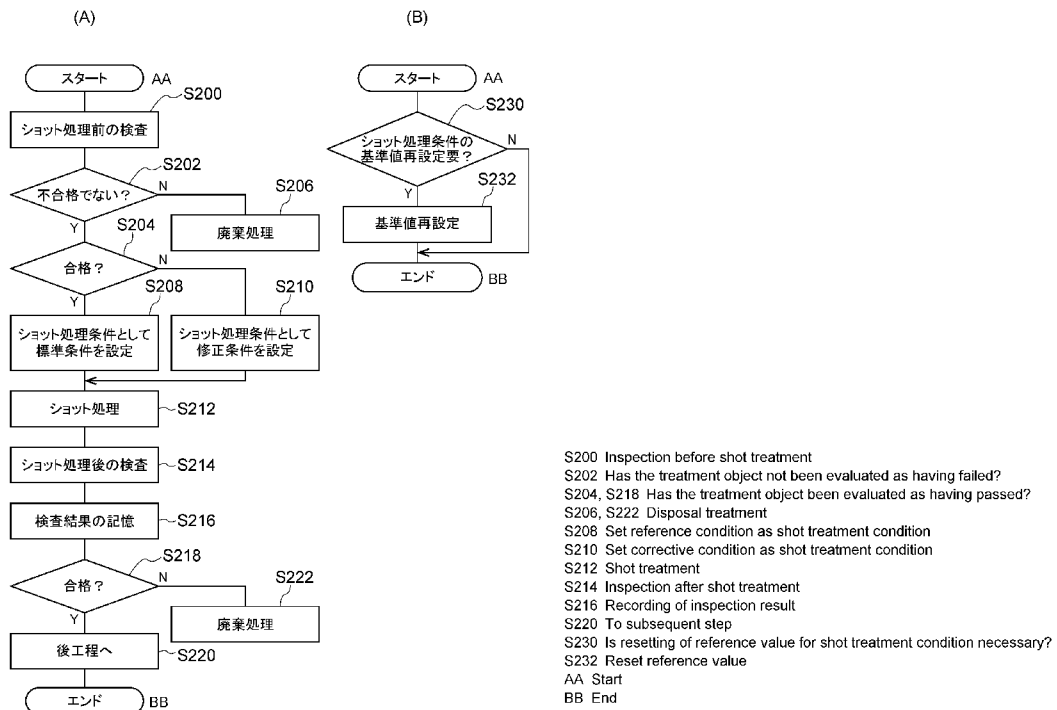


(10) 国際公開番号
WO 2017/199959 A1

- (51) 国際特許分類:
B24C 1/10 (2006.01) G01L 1/25 (2006.01)
G01L 1/00 (2006.01) G01N 23/207 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/018377
- (22) 国際出願日: 2017年5月16日(16.05.2017)
- (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 2016-098179 2016年5月16日(16.05.2016) JP
- (71) 出願人: 新東工業株式会社 (SINTOKOGIO, LTD.) [JP/JP]; 〒4506424 愛知県名古屋市中村区名駅三丁目2番12号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 岩田 恭一 (IWATA Kyoichi); 〒4411205 愛知県豊川市大木町小牧180番地1 新東工業株式会社一宮事業所内 Aichi (JP), 神山 拓哉 (KOYAMA Takuya); 〒4411205 愛知県豊川市大木町小牧180番地1 新東工業株式会社一宮事業所内 Aichi (JP), 小林 祐次 (KOBAYASHI Yuji); 〒4411205 愛知県豊川市大木町小牧180番地1 新東工業株式会社一宮事業所内 Aichi (JP), 松井 彰則 (MATSUI Akinori); 〒4411205 愛知県豊川市大木町小牧180番地1 新東工業株式会社一宮事業所内 Aichi (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 M Y P L A Z A

(54) Title: SURFACE TREATMENT PROCESSING METHOD AND SURFACE TREATMENT PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 表面処理加工方法及び表面処理加工装置



(57) Abstract: In a first inspection step, a non-destructive inspection is performed on the state of the surface side of a treatment object prior to being subjected to a shot treatment in which a projection material is projected at the treatment object, and the treatment object is evaluated as having failed if the inspection result is outside of a predefined first allowable range. In a condition-setting step, a shot treatment condition is set in accordance with the inspection result from the first inspection step, with respect to a treatment object evaluated as not having failed in the first inspection step. In a shot



WO 2017/199959 A1

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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))

treatment step, a shot treatment is performed in which a projection material is projected at the treatment object under the shot treatment condition set in the condition-setting step with respect to a treatment object evaluated as not having failed in the first inspection step. In a second inspection step after the shot treatment step, a non-destructive inspection is performed on the state of the surface side of the treatment subject.

(57) 要約: 第一検査工程では、処理対象物に対して投射材を投射するショット処理がなされる前の当該処理対象物の表面側の状態を非破壊検査し、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価する。条件設定工程では、第一検査工程で不合格でない評価をされた処理対象物を対象として、第一検査工程での検査結果に応じてショット処理条件を設定する。ショット処理工程では、第一検査工程で不合格でない評価をされた処理対象物を対象として条件設定工程で設定されたショット処理条件で処理対象物に対して投射材を投射するショット処理をする。ショット処理工程の後の第二検査工程では、処理対象物の表面側の状態を非破壊検査する。

明 細 書

発明の名称：表面処理加工方法及び表面処理加工装置

技術分野

[0001] 本発明の一側面は、表面処理加工方法及び表面処理加工装置に関する。

背景技術

[0002] 表面処理加工としては、ショットピーニング加工（下記特許文献1の図4参照）及びショットブラスト加工といったショット処理による加工（以下、「ショット加工」と略す）が知られている。ショット処理は、処理対象物に対して投射材を投射することにより、処理対象物を加工する処理である。このように処理対象物を加工する場合においては、品質管理のために、ショット処理装置の稼働状態を監視する装置稼働管理が行われたり、ショット加工された処理対象物の表面側の状態等を測定する製品管理が行われたりしている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平5-279816号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、装置稼働管理が適切に行われていても、例えば、ショット加工前の処理対象物の状態が適切でないこと等に起因して、ショット加工された処理対象物に所望の効果が付与されない場合もあり得る。すなわち、装置稼働管理では、ショット加工された処理対象物の実際の表面側の状態等を直接管理することはできない。また、製品管理については、例えば破壊検査を伴う場合には全数検査でなく一部の検査にせざるを得ず、すべての製品について加工の程度を管理することはできない。これは試験片等の試験体を用いて検査する場合（例えば上記特許文献1参照）にも同様のことがいえる。

[0005] また、適切な装置稼働管理に基づいてショット加工された処理対象物が検

査される場合であっても、例えば、ショット加工前の処理対象物の状態に起因して、ショット加工された処理対象物に所望の効果が付与されない場合には、結果として無駄なショット加工がなされたことになってしまう。

[0006] 本発明の一側面は、上記事実を考慮して、無駄なショット加工を抑えながらショット加工されたすべての処理対象物の加工の程度を管理することができる表面処理加工方法及び表面処理加工装置を得ることが目的である。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一側面に係る表面処理加工方法は、処理対象物に対して投射材を投射するショット処理がなされる前の当該処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査し、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価する第一検査工程と、前記第一検査工程の後、前記第一検査工程で不合格でない評価をされた前記処理対象物を対象として、前記第一検査工程での検査結果に応じてショット処理条件を設定する条件設定工程と、前記条件設定工程の後、前記第一検査工程で不合格でない評価をされた前記処理対象物を対象として前記条件設定工程で設定されたショット処理条件で前記処理対象物に対して投射材を投射するショット処理をするショット処理工程と、前記ショット処理工程の後、前記処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する第二検査工程と、を有する。

[0008] 上記構成によれば、第一検査工程では、処理対象物に対して投射材を投射するショット処理がなされる前の当該処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査し、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価する。第一検査工程の後の条件設定工程では、第一検査工程で不合格でない評価をされた処理対象物を対象として第一検査工程での検査結果に応じてショット処理条件を設定する。条件設定工程の後のショット処理工程では、第一検査工程で不合格でない評価をされた処理対象物を対象として条件設定工程で設定されたショット処理条件で処理対象物に対して投射材を投射するショット処理をする。したがって

、無駄なショット加工が抑えられると共に処理対象物に応じたショット加工をすることができる。ショット処理工程の後の第二検査工程では、処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する。すなわち、ショット加工されたすべての処理対象物について加工状態が判る。

[0009] 前記第二検査工程では、当該第二検査工程での検査結果が予め定められた正常範囲内であれば合格と評価してもよい。本発明の一側面に係る表面処理加工方法は、前記第二検査工程での検査結果の経時変化の傾向に基づいて、前記第二検査工程での検査結果が前記正常範囲外となる割合を抑えるようにショット処理条件の基準値を再設定する基準値再設定工程を含んでもよい。

[0010] 上記構成によれば、第二検査工程では、当該第二検査工程での検査結果が予め定められた正常範囲内であれば合格と評価する。基準値再設定工程では、第二検査工程での検査結果の経時変化の傾向に基づいて、第二検査工程での検査結果が正常範囲外となる割合を抑えるようにショット処理条件の基準値を再設定する。したがって、当該再設定後において第二検査工程で合格と評価されない割合を下げることができ、無駄なショット加工を抑えることができる。

[0011] 前記基準値再設定工程では、前記第二検査工程での検査結果の所定期間毎の平均値の経時変化の傾向に基づいて前記平均値が前記正常範囲から外れると予測される時期よりも前にショット処理条件の基準値を再設定してもよい。

[0012] 上記構成によれば、基準値再設定工程では、第二検査工程での検査結果の所定期間毎の平均値の経時変化の傾向に基づいて当該平均値が正常範囲から外れると予測される時期よりも前にショット処理条件の基準値を再設定する。このため、基準値再設定工程以降において第二検査工程での検査結果が正常範囲外となる割合を効果的に抑えることができる。

[0013] 前記基準値再設定工程では、投射材の単位時間当たり吐出量、投射材の投射速度、投射材を噴射する場合の噴射圧、投射材を羽根車の回転によって遠心力で加速して投射する場合の前記羽根車の単位時間当たりの回転数、加工

時間、及び前記処理対象物に対する相対的な投射位置に関する各基準値のいずれか一つ又は複数を再設定してもよい。

[0014] 上記構成によれば、基準値再設定工程では、第二検査工程での検査結果の経時変化の傾向に基づいて、第二検査工程での検査結果が正常範囲外となる割合を抑えるように、再設定可能とされた基準値を再設定する。

[0015] 前記第一検査工程及び前記第二検査工程は、それぞれの検査対象となる前記処理対象物の表面側の状態を検査するために、前記処理対象物の表面側の残留応力を測定する工程、前記処理対象物の表面側を渦電流によって磁性評価する工程、前記処理対象物の表面側の色調を測定する工程及び前記処理対象物の表面粗さを測定する工程の少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0016] 上記構成によれば、第一検査工程及び第二検査工程では、処理対象物の表面側の残留応力を測定する工程、処理対象物の表面側を渦電流によって磁性評価する工程、処理対象物の表面側の色調を測定する工程及び処理対象物の表面粗さを測定する工程の少なくとも一つがなされる。

[0017] 前記第一検査工程及び前記第二検査工程は、それぞれの検査対象となる前記処理対象物の表面側の残留応力を測定してもよい。その測定方法は、X線発生源と、前記処理対象物の回折X線の強度を第一検出位置で検出する第一検出素子と、前記処理対象物の回折X線の強度を前記第一検出位置とは異なる第二検出位置で検出する第二検出素子と、X線の入射方向と直交する方向に沿って前記第一検出素子及び前記第二検出素子をそれぞれ移動させる移動機構と、を備えた応力測定装置を用いて、前記処理対象物の残留応力を測定する方法であって、前記処理対象物にX線を照射するX線照射工程と、前記移動機構を駆動させて前記第一検出素子及び前記第二検出素子を移動させる移動制御工程と、前記移動制御工程の実行中に前記第一検出素子及び前記第二検出素子がそれぞれ検出した前記処理対象物の回折X線の強度ピークに基づいて、前記処理対象物の残留応力を算出する応力算出工程と、を備えてもよい。

[0018] 上記構成によれば、第一検査工程及び第二検査工程では、少なくともそれ

それぞれの検査対象となる処理対象物の表面側の残留応力を測定する。その測定方法は、X線発生源、第一検出素子、第二検出素子及び移動機構を備えた応力測定装置を用いた方法である。ここで、第一検出素子は、処理対象物の回折X線の強度を第一検出位置で検出し、第二検出素子は、処理対象物の回折X線の強度を第一検出位置とは異なる第二検出位置で検出する。また、移動機構は、X線の入射方向と直交する方向に沿って第一検出素子及び第二検出素子をそれぞれ移動させる。

[0019] この測定方法においては、まずX線照射工程で、処理対象物にX線を照射する。そして、移動制御工程では、移動機構を駆動させて第一検出素子及び第二検出素子を移動させる。さらに、応力算出工程では、移動制御工程の実行中に第一検出素子及び第二検出素子がそれぞれ検出した処理対象物の回折X線の強度ピークに基づいて、処理対象物の残留応力を算出する。これにより、例えば、特開2013-113734号公報に開示されているようなイメージングプレートを回転させて回折環のすべてのデータを取得するような残留応力測定装置と比べて、残留応力の測定時間の短縮を図ることができる。したがって、処理対象物が多くても、すべての処理対象物について第一検査工程で検査し、ショット加工されたすべての処理対象物について第二検査工程で検査することが可能となる。

[0020] 前記移動制御工程では、前記第一検出素子の移動と前記第二検出素子の移動とを同期させてもよい。

[0021] 上記構成によれば、移動制御工程では、第一検出素子の移動と第二検出素子の移動とを同期させる。このため、第一検出素子と第二検出素子とを個々に制御する場合に比べて残留応力の測定時間の短縮を図ることができる。

[0022] 前記第一検査工程での検査結果及び前記第二検査工程での検査結果の少なくとも一方を保存する保存工程を更に有してもよい。

[0023] 上記構成によれば、保存工程では、第一検査工程での検査結果及び第二検査工程での検査結果の少なくとも一方を保存する。このため、これらの検査結果の利用性が高まる。

- [0024] 前記保存工程では、前記第一検査工程での検査結果、前記第二検査工程での検査結果、及び前記ショット処理条件の少なくとも一つをサーバに保存する保存工程を更に有し、前記保存工程では、前記第一検査工程での検査結果、前記第二検査工程での検査結果、及び前記ショット処理条件の少なくとも一つを内部保存ユニットに保存した後、前記内部保存ユニットに保存した前記第一検査工程での検査結果、前記第二検査工程での検査結果、及び前記ショット処理条件の少なくとも一つを前記サーバに保存してもよい。
- [0025] 上記構成によれば、保存工程では、第一検査工程での検査結果、第二検査工程での検査結果、及びショット処理条件の少なくとも一つを内部保存ユニットに保存した後、内部保存ユニットに保存した第一検査工程での検査結果、第二検査工程での検査結果、及びショット処理条件の少なくとも一つをサーバに保存する。このため、例えば、これらのデータを内部保存ユニットに一旦保存した後、任意のタイミングでサーバに保存することができる。
- [0026] 前記条件設定工程では、前記サーバから入力した情報に応じて前記ショット処理条件を設定してもよい。
- [0027] 上記構成によれば、条件設定工程では、サーバから入力した情報に応じてショット処理条件を設定する。このため、ショット処理条件を最適化することができる。
- [0028] 本発明の一側面に係る表面処理加工装置は、処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する第一検査部と、前記第一検査部の検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価すると共に、不合格でない評価をする場合にはその検査対象の処理対象物に対して投射材を投射する際のショット処理条件を前記第一検査部の検査結果に応じて設定する制御ユニットと、前記処理対象物のうち前記制御ユニットによって不合格でない評価をされた処理対象物に対して前記制御ユニットによって設定されたショット処理条件で投射材を投射するショット処理をする投射ユニットと、前記投射ユニットによってショット処理をされた前記処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査す

る第二検査部と、を有する。

[0029] 上記構成によれば、処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方が第一検査部によって非破壊検査される。第一検査部の検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合には制御ユニットが不合格と評価する。制御ユニットは、不合格でない評価をする場合にはその検査対象の処理対象物に対して投射材を投射する際のショット処理条件を第一検査部の検査結果に応じて設定する。そして、処理対象物のうち制御ユニットによって不合格でない評価をされた処理対象物に対しては、制御ユニットによって設定されたショット処理条件で投射ユニットが投射材を投射するショット処理をする。したがって、無駄なショット加工が抑えられると共に処理対象物に応じたショット加工をすることができる。そして、投射ユニットによってショット処理をされた処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方が第二検査部によって非破壊検査される。すなわち、ショット加工されたすべての処理対象物について加工状態が判る。

[0030] 前記制御ユニットは、前記第二検査部の検査結果が予め定められた正常範囲内であれば合格と評価すると共に、前記第二検査部の検査結果の経時変化の傾向に基づいて、前記第二検査部の検査結果が前記正常範囲外となる割合を抑えるようにショット処理条件の基準値を再設定してもよい。

[0031] 上記構成によれば、制御ユニットは、第二検査部の検査結果が予め定められた正常範囲内であれば合格と評価する。また、制御ユニットは、第二検査部による検査結果の経時変化の傾向に基づいて、第二検査部による検査結果が前記正常範囲外となる割合を抑えるようにショット処理条件の基準値を再設定する。したがって、当該再設定後においては、第二検査部による検査結果が正常範囲外となる割合を下げることができ、無駄なショット加工を抑えることができる。

[0032] 前記第一検査部及び前記第二検査部の少なくとも一方は応力測定装置を備えてもよい。前記応力測定装置は、前記処理対象物にX線を照射するX線発生源と、前記処理対象物の回折X線の強度を第一検出位置で検出する第一検

出素子と、前記処理対象物の回折X線の強度を前記第一検出位置とは異なる第二検出位置で検出する第二検出素子と、X線の入射方向と直交する方向に沿って前記第一検出素子及び前記第二検出素子をそれぞれ移動させる移動機構と、前記移動機構を駆動させて前記第一検出素子及び前記第二検出素子のそれぞれの検出位置を制御する移動制御部と、前記移動機構により前記第一検出素子及び前記第二検出素子がそれぞれ移動することによってそれぞれ検出された回折X線の強度ピークに基づいて、前記処理対象物の残留応力を算出する応力算出部と、を有してもよい。

[0033] 上記構成によれば、第一検査部及び第二検査部の少なくとも一方は応力測定装置を備えている。この応力測定装置では、X線発生源から処理対象物にX線を照射し、処理対象物の回折X線の強度は、第一検出位置で第一検出素子によって検出されると共に、第一検出位置とは異なる第二検出位置で第二検出素子によって検出される。第一検出素子及び第二検出素子は、移動機構によってX線の入射方向と直交する方向に沿ってそれぞれ移動させられる。また、移動制御部が、移動機構を駆動させて第一検出素子及び第二検出素子のそれぞれの検出位置を制御する。そして、移動機構により第一検出素子及び第二検出素子がそれぞれ移動することによってそれぞれ検出された回折X線の強度ピークに基づいて、応力算出部が処理対象物の残留応力を算出する。

[0034] この応力測定装置では、第一検出素子及び第二検出素子を備えることで、一度のX線の照射で二角度の回折X線を得ることができる。また、第一検出素子及び第二検出素子のそれぞれがX線の入射方向と直交する方向に沿って移動することで、X線強度分布（回折ピーク）を素子毎に取得することができる。また、少なくとも二つの回折ピークを取得することにより、測定対象物の残留応力を算出することができる。このため、例えば、特開2013-113734号公報に開示されているようなイメージングプレートを回転させて回折環の全てのデータを取得する、といった必要がない。したがって、イメージングプレートを回転させて回折環の全てのデータを取得するような

残留応力測定装置と比べて、残留応力の測定時間の短縮を図ることができる。

[0035] 本発明の一側面に係る表面処理加工装置は、前記第一検査部の検査結果、前記第二検査部による検査結果、及び前記ショット処理条件の少なくとも一つを保存する保存ユニットを更に有し、前記保存ユニットは、サーバを含んでもよい。

[0036] 上記構成によれば、保存ユニットでは、第一検査工程での検査結果、第二検査工程での検査結果、及びショット処理条件の少なくとも一つを保存し、保存ユニットはサーバを含む。このため、これらのデータの利用率が高まる。

[0037] 本発明の一側面に係る表面処理加工方法は、処理対象物に対して投射材を投射するショット処理がなされる前の当該処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査し、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価する第一検査工程と、前記第一検査工程の後、前記第一検査工程で不合格でない評価をされた前記処理対象物を対象として前記処理対象物に対して投射材を投射するショット処理をするショット処理工程と、前記ショット処理工程の後、前記処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する第二検査工程と、を有する。

[0038] 上記構成によれば、第一検査工程では、処理対象物に対して投射材を投射するショット処理がなされる前の当該処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査し、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価する。第一検査工程の後のショット処理工程では、第一検査工程で不合格でない評価をされた処理対象物を対象として処理対象物に対して投射材を投射するショット処理をする。したがって、無駄なショット加工が抑えられる。ショット処理工程の後の第二検査工程では、処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する。すなわち、ショット加工されたすべての処理対象物について

加工状態が判る。

[0039] 前記第一検査工程での検査結果及び前記第二検査工程での検査結果の少なくとも一方をサーバに保存する保存工程を更に有してもよい。

[0040] 上記構成によれば、保存工程では、第一検査工程での検査結果及び第二検査工程での検査結果の少なくとも一方をサーバに保存する。このため、これらの検査結果の利用性が高まる。

[0041] 前記保存工程では、前記第一検査工程での検査結果及び前記第二検査工程での検査結果の少なくとも一方を内部保存ユニットに保存した後、前記サーバに保存してもよい。

[0042] 上記構成によれば、保存工程では、第一検査工程での検査結果及び第二検査工程での検査結果の少なくとも一方を内部保存ユニットに保存した後、サーバに保存する。このため、例えば、これらの検査結果を内部保存ユニットに一旦保存した後、任意のタイミングでサーバに保存することができる。

発明の効果

[0043] 本発明の一側面に係る表面処理加工方法及び表面処理加工装置によれば、無駄なショット加工を抑えながらショット加工されたすべての処理対象物の加工の程度を管理することができる。

図面の簡単な説明

[0044] [図1]図1 (A) は、一連の処理の流れを示すフローチャートである。図1 (B) は、日々の加工開始前において制御ユニットが起動した際に実行される処理の流れを示すフローチャートである。

[図2]図2は、第1の実施形態に係る表面処理加工方法に用いられる表面処理加工装置を示す斜視図である。

[図3]図3 (A) は、図2の表面処理加工装置の制御系の一部をブロック化して示す模式図である。図3 (B) は、ショットピーニング加工装置の要部を簡略化して示す模式図である。

[図4]図4 (A) は、磁性評価装置の回路構成図である。図4 (B) は、検査検出器の構成を透視状態で示す斜視図である。

[図5]図5は、図2の応力測定装置の一部を模式的な斜視図で示す概略構成図である。

[図6]図6は、図2の応力測定装置の一部を側面視で簡略化して示す概略構成図である。

[図7]図7は、図2の応力測定装置の検出位置を説明するための模式的な図である。

[図8]図8は、回折X線によって描かれる回折環を説明するための図である。

[図9]図9(A)は、残留応力測定前の調整処理を示すフローチャートである。図9(B)は、検査対象物の表面側の残留応力の測定方法を示すフローチャートである。

[図10]図10は、変形例に係る表面処理加工装置の制御系の一部をブロック化して示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0045] [第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態に係る表面処理加工方法を図1(A)～図9(B)を用いて説明する。図2には、本実施形態に係る表面処理加工方法に用いられる表面処理加工装置10の斜視図が示されている。まず、この表面処理加工装置10について説明する。なお、本実施形態の表面処理加工装置10で加工される処理対象物Wとしては、例えば、金属製品等を適用することができる。本実施形態では一例として自動車のトランスミッション用の歯車が適用される。また、表面処理加工装置10でショットピーニング加工（表面処理加工）される前の処理対象物Wとして、塑性加工及び機械加工によって製品形状にされた処理対象物（製品）が一例として熱処理加工されている。そして、この処理対象物Wには、一例として表面処理加工装置10に搬入される段階で表面側に圧縮残留応力が存在している処理対象物が適用されている。

[0046] (表面処理加工装置10の全体構成)

図2に示されるように、表面処理加工装置10は、搬入側コンベア12と

、第一検査ゾーン14と、二つの検査台16A、16Bと、6軸ロボット18と、磁性評価装置20と、応力測定装置22と、を備えている。搬入側コンベア12は、搬入側コンベア12上に載せられる処理対象物Wを所定の搬送方向（矢印X1参照）に搬送する。搬入側コンベア12の搬送方向中央には、第一検査ゾーン14が設けられている。この第一検査ゾーン14には、二つの検査台16A、16Bが搬入側コンベア12を跨ぐように設けられている。第一検査ゾーン14における搬入側コンベア12の側方側には、6軸ロボット18が配置されている。

[0047] 6軸ロボット18は、処理対象物Wを吊り上げて移動させることが可能なロボットである。6軸ロボット18は、処理対象物Wを移動させて検査台16A、16Bの上（つまり検査位置）に配置することが可能である。すなわち、6軸ロボット18は、搬入側コンベア12の上に配置されている処理対象物Wを移動させて検査台16Aの上に配置すること、及び検査台16Aの上に配置されている処理対象物Wを移動させて検査台16Bの上に配置することが可能である。また、6軸ロボット18は、検査台16Bの上に配置されている処理対象物Wを移動させて搬入側コンベア12の上（下流側）に配置すること、及び検査台16Bの上に配置されている処理対象物Wを表面処理工程のライン外に持ち出すことが可能である。

[0048] また、一方の検査台16Aには検査装置として磁性評価装置20が設けられている。他方の検査台16Bには検査装置として応力測定装置22が隣接配置されている。磁性評価装置20及び応力測定装置22は、第一検査部14Eを構成している。なお、本実施形態では、磁性評価装置20が応力測定装置22よりも搬送方向（矢印X1参照）の上流側に配置されているが、応力測定装置22が磁性評価装置20よりも搬送方向（矢印X1参照）の上流側に配置されてもよい。

[0049] 磁性評価装置20は、検査台16Aの上に配置された処理対象物Wにおける加工対象部の全体の表面層の状態を検査する。磁性評価装置20は、例えば、処理対象物Wにおけるムラの有無及び金属組織の状態について渦電流に

よる評価を行う。磁性評価装置 20 は、磁性評価装置 20 で行われた検査の結果として、電圧値を示す信号を出力してもよい。本実施形態の磁性評価装置 20 は、磁性評価装置 20 で行われた検査の結果が、予め定められた第一の正常範囲内であるか否かを評価（判定）する。磁性評価装置 20 は、その評価結果を示す信号を後述の制御ユニット 26（図 3（A）参照）に出力する。応力測定装置 22 は、検査台 16B の上に配置された処理対象物 W の残留応力を、X 線回折法を用いて測定する。本実施形態の応力測定装置 22 は、処理対象物 W の全体の応力状態は測定せず、指定された測定点のみの残留応力を測定する。応力測定装置 22 は、その測定結果（検査結果）として応力値を示す信号を後述の制御ユニット 26（図 3（A）参照）に出力する。

[0050] 以上のように、処理対象物 W がショットピーニング加工に適しているか否かを判断するために、磁性評価装置 20 で処理対象物 W の加工対象面全体の均質性を評価すると共に、応力測定装置 22 で加工対象範囲の一部について具体的な残留応力を測定する。なお、磁性評価装置 20 及び応力測定装置 22 の詳細については、後述する。

[0051] 図 3（A）には、図 2 の表面処理加工装置 10 の制御系の一部をブロック化した構成が模式図で示されている。図 3（A）に示されるように、表面処理加工装置 10 は、制御ユニット 26 を更に備えている。磁性評価装置 20、応力測定装置 22 及び 6 軸ロボット 18 は、制御ユニット 26（制御部）に接続されている。制御ユニット 26 は、例えば、記憶装置、及び演算処理装置等を有している。詳細図示を省略するが、前記演算処理装置は、例えば、CPU、メモリ、記憶部、及び通信インタフェース（I/F）部を備え、これらがバスを介して互いに接続されている。前記記憶部には演算処理用のプログラムが記憶されている。また、記憶装置と演算処理装置とは、互いの通信インタフェース（I/F）部によって通信可能である。

[0052] 制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の評価結果を磁性評価装置 20 から入力し、応力測定装置 22 の検査結果を応力測定装置 22 から入力する。磁性評価装置 20 の評価結果は、磁性評価装置 20 の検査結果が予め定めら

れた第一の磁性正常範囲（磁性についての第一の正常範囲）内であるか否かを示す情報である。磁性評価装置 20 の検査結果が第一の磁性正常範囲内であるか否かの評価は、後述の判断手段 96 により行われる。制御ユニット 26 は、応力測定装置 22 による検査結果が予め定められた第一の応力許容範囲内（応力についての第一の許容範囲）であるか否か、及び、応力測定装置 22 による検査結果が予め定められた第一の応力正常範囲内（応力についての第一の正常範囲）であるか否かを判定（評価）する。なお、本明細書では「許容範囲」は、「正常範囲」よりも広く、「正常範囲」を含むように予め定められている。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 及び応力測定装置 22 の検査結果がどちらも第一の正常範囲内であれば「合格」つまり標準のショット処理条件（ショットピーニング加工の条件）で加工可の評価（判定）をする。また、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 による評価が正常（表面が均質な状態）であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が規格値（第一の応力正常範囲）を若干下回る又は若干上回るものの標準のショット処理条件を変更することにより正常になり得る処理対象物 W に対して、「条件付き合格」の評価（判定）をする。「条件付き合格」とは、ショット処理条件を変更して加工可という意味である。さらに、制御ユニット 26 は、「合格」にも「条件付き合格」にも該当しない場合（第一検査部 14 E の検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合、すなわち、本実施形態では、応力測定装置 22 の検査結果が第一の応力許容範囲から外れている場合）は「不合格」（本実施形態では廃棄対象）の評価（判定）をする。

[0053] すなわち、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が予め定められた第一の磁性正常範囲内であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が予め定められた第一の応力正常範囲内である場合、「合格」と評価する。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が、予め定められた第一の磁性正常範囲内であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が予め定められた第一の応力正常範囲から外れているものの、予め定められた第一の応力許

容範囲内である場合、「条件付き合格」と評価する。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が、予め定められた第一の磁性正常範囲外である場合、又は応力測定装置 22 の検査結果が予め定められた第一の応力許容範囲外である場合、「不合格」と評価する。

[0054] 制御ユニット 26 は、「不合格」の場合には処理対象物 W を表面処理工程のライン外に持ち出すように、6 軸ロボット 18 を制御する。制御ユニット 26 は、「不合格」以外の場合、すなわち、「合格」及び「条件付き合格」の場合には、処理対象物 W を搬入側コンベア 12（図 2 参照）に戻すように、6 軸ロボット 18 を制御する。

[0055] 図 2 に示されるように、表面処理加工装置 10 は、搬入出口ローダ 28 と、ショットピーニング加工装置 30（ショット処理装置）と、を更に備えている。搬入側コンベア 12 の下流側における一方の側方側（図中では手前側）には、後述する搬出側コンベア 66 の上流側が配置されている。搬入側コンベア 12 の下流側における他方の側方側（図中では奥側）には、投射ユニットとしてのショットピーニング加工装置 30（ショット処理装置）のキャビネット 32 が配置されている。搬出側コンベア 66 の搬送方向（矢印 X 2 参照）は、搬入側コンベア 12 の搬送方向（矢印 X 1 参照）と同じ方向に設定されている。キャビネット 32 は、箱状に形成されている。キャビネット 32 の搬入側コンベア 12 の側の側壁には、搬入出用の開口部 32 A が形成されている。また、搬入側コンベア 12 の下流側における上方側には、搬入出口ローダ 28（搬入出装置）が設けられている。搬入出口ローダ 28 は、搬入側コンベア 12 の上の処理対象物 W をキャビネット 32 の開口部 32 A からキャビネット 32 の中に搬入すると共に、キャビネット 32 の中の処理対象物 W をキャビネット 32 の開口部 32 A から搬出側コンベア 66 の上に搬出する。

[0056] 搬入出口ローダ 28 は、一对のレール 28 A と、台車 28 B とを備えている。一对のレール 28 A は、搬入側コンベア 12 及び搬出側コンベア 66 の各搬送方向に対して直交する方向に延在している。台車 28 B は、一对のレー

ル28Aに沿って走行可能である。台車28Bは、図3(A)に示される制御ユニット26に接続されている。台車28Bを駆動させる機構の図示は省略されている。台車28Bの駆動は、制御ユニット26によって制御されている。また、詳細説明を省略するが、図2に示される台車28Bの下面側には、処理対象物Wを吊り下げるための吊下げ機構（図示省略）が設けられている。前記吊下げ機構において処理対象物Wを受け取り及び受け渡しする下部は、昇降可能である。

[0057] 図3(B)には、ショットピーニング加工装置30の要部が簡略化された模式図で示されている。なお、ショットピーニング加工装置30の基本構成は、特開2012-101304号公報に開示された構成と概ね同様である。図3(B)に示されるように、ショットピーニング加工装置30は、ショット処理室34と、製品載置部36と、噴射装置40と、を備えている。キャビネット32の内部には、ショット処理室34が形成されている。ショット処理室34では、処理対象物Wに投射材（鋼球等のショット）を衝突させることにより、処理対象物Wのショットピーニング加工（広義には、表面加工）が行われる。ショット処理室34内の下部には、処理対象物Wが載置される製品載置部36が設けられている。

[0058] また、キャビネット32内の側部には、噴射装置（エアノズル式ショットピーニング加工機）40のノズル64が設けられている。噴射装置40は、投射材を含む圧縮空気をノズル64から噴射してショット処理室34の処理対象物Wに対して投射材を衝突させる。以下、噴射装置40について簡単に説明する。

[0059] 図3(B)に示されるように、噴射装置40は、投射材タンク42、定量供給装置44と、加圧タンク46と、を備える。投射材タンク42は、定量供給装置44を介して加圧タンク46に接続されている。定量供給装置44は、加圧タンク46との間に設けられたポペット弁441を有している。ポペット弁441は、制御ユニット26（図3(A)参照）に接続されている。また、加圧タンク46には、加圧タンク46内の投射材の量を検知する図

示しないレベル計が取り付けられている。前記レベル計は、制御ユニット 26 (図 3 (A) 参照) に接続されている。制御ユニット 26 (図 3 (A) 参照) は、加圧タンク 46 内の投射材の量が所定値未満であると前記レベル計が検知した場合には、定量供給装置 44 のポペット弁 44 1 を開くように制御する。ポペット弁 44 1 は、駆動用シリンダ (図示省略) によって駆動される。ポペット弁 44 1 の開閉は、前記レベル計の検知状態に応じて、制御ユニット 26 (図 3 (A) 参照) によって制御される。ポペット弁 44 1 が開かれた状態では、投射材タンク 42 から定量供給装置 44 を経て適量の投射材が加圧タンク 46 へ送られる。

[0060] 加圧タンク 46 の上部には、エア流入口 46 A が形成されている。このエア流入口 46 A には、接続配管 48 の一端部が接続されている。接続配管 48 の他端部は、接続配管 50 の流路中間部に接続されている。接続配管 50 の流路上流側 (図中右側) の一端部は、圧縮空気の供給用のコンプレッサ 52 (圧縮空気供給装置) に接続されている。すなわち、加圧タンク 46 は、接続配管 48、50 を介してコンプレッサ 52 に接続されている。コンプレッサ 52 は、制御ユニット 26 (図 3 (A) 参照) に接続されている。また、接続配管 48 の流路中間部にはエア流量制御弁 54 (電空比例弁) が設けられている。このエア流量制御弁 54 が開かれることで、コンプレッサ 52 からの圧縮空気が加圧タンク 46 内に供給される。これにより、加圧タンク 46 内を加圧することが可能である。

[0061] また、加圧タンク 46 の下部には、カットゲート 56 が設けられたショット流出口 46 B が形成されている。このショット流出口 46 B には、接続配管 58 の一端部が接続されている。接続配管 58 の他端部は、接続配管 50 の流路中間部に接続されている。接続配管 58 の流路中間部には、ショット流量制御弁 60 が設けられている。ショット流量制御弁 60 としては、例えば、マグナバルブ及びミキシングバルブ等が適用される。接続配管 50 における接続配管 58 との合流部は、ミキシング部 50 A とされている。接続配管 50 において、ミキシング部 50 A よりも流路上流側 (図中右側) で接続

配管 4 8 との接続部よりも流路下流側（図中左側）には、エア流量制御弁 6 2（電空比例弁）が設けられている。

[0062] すなわち、加圧タンク 4 6 内が加圧された状態でカットゲート 5 6 及びショット流量制御弁 6 0 が開かれ、かつ、エア流量制御弁 6 2 が開かれた場合、加圧タンク 4 6 から供給された投射材と、コンプレッサ 5 2 から供給された圧縮空気とが、ミキシング部 5 0 A にて混合され、接続配管 5 0 の流路下流側（図中左側）に流れる。

[0063] 接続配管 5 0 の流路下流側の端部には、噴射用（ショットピーニング用）のノズル 6 4 が接続されている。これにより、ミキシング部 5 0 A に流れた投射材は、圧縮空気と混合された状態でノズル 6 4 の先端部より噴射される。エア流量制御弁 5 4、6 2、カットゲート 5 6 及びショット流量制御弁 6 0 は、図 3（A）に示される制御ユニット 2 6 に接続されている。

[0064] 図 3（A）に示される制御ユニット 2 6 には、処理対象物 W を噴射装置 4 0 でショットピーニング処理（ショット処理）するためのプログラムが予め記憶されている。表面処理加工装置 1 0 は、制御ユニット 2 6 に接続された操作ユニット 2 4 を更に備えている。操作ユニット 2 4 は、処理対象物 W（図 2 参照）をショットピーニング処理する際のショット処理条件の基準値（標準設定基準値）を入力可能である。操作ユニット 2 4 は、入力操作に応じた信号を制御ユニット 2 6 に出力する。そして、制御ユニット 2 6 は、操作ユニット 2 4 から出力された信号、並びに磁性評価装置 2 0 及び応力測定装置 2 2 から出力された検査結果の信号に基づいて、図 3（B）に示されるコンプレッサ 5 2、エア流量制御弁 5 4、6 2、カットゲート 5 6 及びショット流量制御弁 6 0 等を制御する。すなわち、図 3（A）に示される制御ユニット 2 6 は、噴射装置 4 0 によるショット処理条件、より具体的には投射材の単位時間当たり吐出量（流量）、投射材を噴射する場合の噴射圧、噴射のタイミング、又は加工時間等を制御する。

[0065] 本実施形態では、制御ユニット 2 6 は、前述した「不合格」でない評価（判定）をする場合にはその検査対象の処理対象物 W に対して投射材を投射す

る際のショット処理条件を第一検査部 1 4 E の検査結果に応じて設定する。具体的には、制御ユニット 2 6 は、「合格」の判定がされた検査対象の処理対象物 W に対してはショット処理条件として標準のショット処理条件（基準値）を設定する。制御ユニット 2 6 は、「条件付き合格」の判定がされた検査対象の処理対象物 W に対しては標準のショット処理条件（基準値）を修正したショット処理条件を設定する。

[0066] すなわち、制御ユニット 2 6 は、「合格」の判定がされた検査対象の処理対象物 W に対しては標準のショット処理条件で投射材を噴射（投射）するように噴射装置 4 0 を制御する。制御ユニット 2 6 は、「条件付き合格」の判定がされた検査対象の処理対象物 W に対しては標準のショット処理条件を修正したショット処理条件で投射材を噴射（投射）するように噴射装置 4 0 を制御する。補足説明すると、「条件付き合格」の判定がされた検査対象の処理対象物 W のうち応力測定装置 2 2 の検査結果が規格値（第一の応力正常範囲）を若干下回る処理対象物 W に対しては、圧縮残留応力を補うため、例えば、噴射圧（投射圧）が高くなるように標準のショット処理条件を修正したショット処理条件で投射材を噴射する。これに対して、「条件付き合格」の判定がされた検査対象の処理対象物 W のうち応力測定装置 2 2 の検査結果が規格値（第一の応力正常範囲）を若干上回る処理対象物 W に対しては、圧縮残留応力の過大な蓄積を避けるため、例えば、噴射圧（投射圧）が低くなるように標準のショット処理条件を修正したショット処理条件で投射材を噴射する。なお、投射材を噴射する場合の噴射圧は、図 3（B）に示される電空比例弁であるエア流量制御弁 5 4、6 2 の入力値（エア流量制御弁 5 4、6 2 の開度）を制御することにより増減させることが可能である。

[0067] 詳細説明を省略するが、製品載置部 3 6 は、本実施形態では一例として所謂マルチテーブルの構造を有している。すなわち、製品載置部 3 6 には、公転テーブル 3 6 A が配置されると共に、公転テーブル 3 6 A 上には公転テーブル 3 6 A の同心円上の位置に複数の自転テーブル 3 6 B が配置されている。公転テーブル 3 6 A は、装置上下方向の回転軸 3 5 X を備えている。公転

テーブル36Aは、回転軸35X回りに回転（公転）可能である。公転テーブル36Aは、噴射装置40により投射材が噴射される噴射範囲と、噴射範囲以外の非噴射範囲とを含む位置に配置されている。また、自転テーブル36Bの直径は、公転テーブル36Aの直径よりも短い。自転テーブル36Bは、公転テーブル36Aの回転軸35Xと平行な回転軸35Zを備えている。自転テーブル36Bは、回転軸35Z回りに回転（自転）可能である。

[0068] 自転テーブル36Bには、処理対象物Wが配置される。また、公転テーブル36Aにおける前記噴射範囲の上方側には図示しない押さえ機構が設けられている。前記押さえ機構の押さえ部は、自転テーブル36B上の処理対象物Wを上方側から押さえ、処理対象物Wと共に回転可能である。また、公転テーブル36Aを回転（公転）させる公転駆動機構（図示省略）及び自転テーブル36Bを回転（自転）させる自転駆動機構（図示省略）は、それぞれ制御ユニット26（図3（A）参照）に接続されている。公転駆動機構及び自転駆動機構の作動は、それぞれ制御ユニット26（図3（A）参照）によって制御されている。これらが制御されることで、ショット処理条件の一つである処理対象物Wに対する相対的な投射位置が制御される。

[0069] 図2に示されるように、表面処理加工装置10は、搬出側コンベア66と、第二検査ゾーン68と、二つの検査台70A、70Bと、6軸ロボット72と、磁性評価装置74と、応力測定装置76と、を備えている。搬出側コンベア66は、搬出側コンベア66上に載せられる処理対象物Wを所定の搬送方向（矢印X2参照）に搬送する。搬出側コンベア66の搬送方向は、搬入側コンベア12の搬送方向（矢印X1参照）と同じ方向に設定されている。搬出側コンベア66の搬送方向中央には、第二検査ゾーン68が設けられている。この第二検査ゾーン68には、二つの検査台70A、70Bが搬出側コンベア66を跨ぐように設けられている。第二検査ゾーン68における搬出側コンベア66の側方側には、6軸ロボット72が配置されている。

[0070] 6軸ロボット72は、処理対象物Wを吊り上げて移動させることが可能なロボットである。6軸ロボット72は、処理対象物Wを移動させて検査台7

0 A、7 0 Bの上（つまり検査位置）に配置することが可能である。すなわち、6軸ロボット7 2は、搬出側コンベア6 6の上に配置されている処理対象物Wを移動させて検査台7 0 Aの上に配置すること、及び検査台7 0 Aの上に配置されている処理対象物Wを移動させて検査台7 0 Bの上に配置することが可能である。また、6軸ロボット7 2は、検査台7 0 Bの上に配置されている処理対象物Wを移動させて搬出側コンベア6 6の上（下流側）に配置すること、及び検査台7 0 Bの上に配置されている処理対象物Wを表面処理工程のライン外に持ち出すことができる。

[0071] また、一方の検査台7 0 Aには検査装置として磁性評価装置7 4が設けられている。他方の検査台7 0 Bには検査装置として応力測定装置7 6が隣接配置されている。磁性評価装置7 4及び応力測定装置7 6は、第二検査部6 8 Eを構成している。なお、本実施形態では、磁性評価装置7 4が応力測定装置7 6よりも搬送方向（矢印X 2参照）の上流側に配置されているが、応力測定装置7 6が磁性評価装置7 4よりも搬送方向（矢印X 2参照）の上流側に配置されてもよい。

[0072] 磁性評価装置7 4は、検査台7 0 Aの上に配置された処理対象物Wにおける加工対象部の全体の表面層の状態を検査する。磁性評価装置7 4は、例えば、処理対象物Wにおけるムラの有無及び金属組織の状態について渦電流による評価を行う。磁性評価装置7 4は、磁性評価装置7 4で行われた検査の結果として、電圧値を示す信号を出力してもよい。本実施形態の磁性評価装置7 4は、磁性評価装置7 4で行われた検査の結果が、予め定められた第二の磁性正常範囲（磁性についての第二の正常範囲）内であるか否かを評価（判定）する。磁性評価装置7 4は、その評価結果を示す信号を制御ユニット2 6（図3（A）参照）に出力する。なお、第二の磁性正常範囲は、第一の磁性正常範囲と同じであってもよいし、異なってもよい。

[0073] 応力測定装置7 6は、検査台7 0 Bの上に配置された処理対象物Wの残留応力を、X線回折法を用いて測定する。本実施形態の応力測定装置7 6は、処理対象物Wの全体の応力状態は測定せず、指定された測定点のみの残留応

力を測定する。応力測定装置 76 は、その測定結果（検査結果）として応力値を示す信号を制御ユニット 26（図 3（A）参照）に出力する。本実施形態では、第二検査ゾーン 68 の磁性評価装置 74 は、第一検査ゾーン 14 の磁性評価装置 20 と同様の構成を有している。第二検査ゾーン 68 の応力測定装置 76 は、第一検査ゾーン 14 の応力測定装置 22 と同様の構成を有している。

[0074] 図 3（A）に示されるように、磁性評価装置 74、応力測定装置 76 及び 6 軸ロボット 72 は、制御ユニット 26 に接続されている。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 74 の評価結果を磁性評価装置 74 から入力し、応力測定装置 76 の検査結果を応力測定装置 76 から入力する。磁性評価装置 74 の評価結果は、磁性評価装置 74 の検査結果が予め定められた第二の磁性正常範囲（磁性についての第二の正常範囲）内であるか否かを示す情報である。磁性評価装置 74 の検査結果が第二の磁性正常範囲内であるか否かの評価は、後述の判断手段 96 により行われる。制御ユニット 26 は、応力測定装置 76 による検査結果が予め定められた第二の応力正常範囲内（応力についての第二の正常範囲）であるか否かを判定（評価）する。なお、第二の応力正常範囲は、第一の応力正常範囲と同じであってもよいし、異なってもよい。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 74 及び応力測定装置 76 の検査結果がどちらも第二の正常範囲内（第二検査部 68E の検査結果が予め定められた第二の正常範囲内）であれば「合格」と評価（判定）する。制御ユニット 26 は、それ以外の場合は「不合格」（本実施形態では廃棄対象）と評価（判定）する。

[0075] すなわち、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 74 の検査結果が、予め定められた第二の磁性正常範囲内であり、かつ、応力測定装置 76 の検査結果が予め定められた第二の応力正常範囲内である場合、「合格」と評価する。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 74 の検査結果が予め定められた第二の磁性正常範囲外である場合、又は応力測定装置 76 の検査結果が予め定められた第二の応力正常範囲外である場合、「不合格」と評価する。

[0076] 制御ユニット26は、「合格」の場合には、処理対象物Wを搬出側コンベア66（図2参照）に戻すように、6軸ロボット72を制御する。制御ユニット26は、「不合格」の場合には、処理対象物Wを表面処理工程のライン外に持ち出すように、6軸ロボット72を制御する。搬出側コンベア66（図2参照）に戻された処理対象物Wは、次工程に流される。

[0077] また、制御ユニット26は、磁性評価装置74及び応力測定装置76の検査結果を記憶装置において記憶する。制御ユニット26は、記憶装置に記憶された直近の例えば数十日分（あるいは数日分）又は数週間分（本実施形態では一例として20日分）の第二検査部68E（図2参照、後述する第二検査工程）の応力測定装置76による検査結果（データ）について、一日毎（広義には「所定期間毎」）の平均値を演算処理装置において演算する。以下、当該平均値を単に「応力平均値」とも言う。制御ユニット26は、さらに応力平均値と応力規格中央値（第二の応力正常範囲の中央値）との差を乖離量として演算処理装置において演算する。制御ユニット26は、演算処理装置において、前記乖離量の増減傾向（経日変化の傾向）を示す一次式の傾きと切片を、日（横軸）と日毎乖離量（縦軸）から最小二乗法によって算出する。制御ユニット26は、中長期の傾向として応力測定装置76の検査結果が第二の応力正常範囲（応力についての第二の正常範囲）から外れる傾向にあるか否かを判断する。制御ユニット26は、応力平均値が予め設定された第二の応力正常範囲（応力についての第二の正常範囲）から外れると予測される日（広義には「時期」）を算出する。そして、制御ユニット26は、後述する所定のタイミングで、第二検査部68E（応力測定装置76）による検査結果の経時変化の傾向に基づいて、第二検査部68E（応力測定装置76）の検査結果が第二の応力正常範囲外となる割合を抑えるようにショット処理条件の基準値（標準設定基準値）を再設定する。なお、第二の応力正常範囲は、第一の応力正常範囲と同じであってもよいし、異なってもよい。

[0078] （磁性評価装置20、74について）

次に、磁性評価装置 20、74 について図 4 (A) 及び図 4 (B) を参照しながら説明する。図 4 (A) には、磁性評価装置 20 (表面特性検査装置) の回路構成が示されている。図 4 (B) には、磁性評価装置 20 の検査検出器 86 の構成が透視状態の斜視図で示されている。なお、図 2 に示される磁性評価装置 20 及び磁性評価装置 74 は、同様の装置構成であるため、図 4 (A) の磁性評価装置には代表して符号 20 を付している。

[0079] 図 4 (A) に示されるように、磁性評価装置 20 は、交流電源 78、交流ブリッジ回路 80 及び評価装置 90 を備えている。交流電源 78 は、交流ブリッジ回路 80 に周波数が可変の交流電力を供給可能である。

[0080] 交流ブリッジ回路 80 は、可変抵抗 82 と、被検体 (検査対象) となる処理対象物 W (以下、適宜「被検体 W」と略す) に渦電流を励起するようにコイルが配置される検査検出器 86 と、検査検出器 86 からの出力と比較する際の基準となる基準状態を検出する基準検出器 84 と、を備えている。可変抵抗 82 は、抵抗 R_A を抵抗 R_1 と抵抗 R_2 とに分配比 γ で分配することができる。分配比 γ は、可変である。抵抗 R_1 及び抵抗 R_2 は、基準検出器 84 及び検査検出器 86 と共にブリッジ回路を構成している。本実施形態では、点 A 及び点 B が磁性評価装置 20 の交流電源 78 に接続され、点 C 及び点 D が増幅器 91 に接続されている。点 A は、抵抗 R_1 と抵抗 R_2 とを分配する点である。点 B は、基準検出器 84 と検査検出器 86 との間に位置している。点 C は、抵抗 R_1 と基準検出器 84 との間に位置している。点 D は、抵抗 R_2 と検査検出器 86 との間に位置している。また、ノイズの低減のため、基準検出器 84 及び検査検出器 86 側が接地されている。なお、可変抵抗 82 及び基準検出器 84 は一例として回路基板 88 上に配置されている。

[0081] 評価装置 90 は、増幅器 91 と、絶対値回路 92 と、ローパスフィルタ (LPF) 93 と、位相比較器 94 と、周波数調整器 95 と、判断手段 96 と、表示手段 97 と、温度測定手段 98 と、を備えている。増幅器 91 は、交流ブリッジ回路 80 から出力される電圧信号を増幅する。絶対値回路 92 は、全波整流を行う。LPF 93 は、直流変換を行う。位相比較器 94 は、交

流電源 78 から供給される交流電圧と増幅器 91 から出力される電圧との位相を比較する。周波数調整器 95 は、交流電源 78 から供給される交流電圧の周波数を調整する。判断手段 96 は、抵抗 R1 と抵抗 R2 との分配を最適化する非平衡調整を行う。さらに判断手段 96 は、LPF 93 からの出力を磁性評価装置 20, 74 の検査結果として入力する。判断手段 96 は、当該検査結果に基づいて処理対象物 W の表面状態の良否を判断する。具体的には、判断手段 96 は、当該検査結果が予め定められた第一の磁性正常範囲内又は第二の磁性正常範囲内であるか否かを評価（判定）する。処理対象物 W の表面状態が均質な状態であれば、磁性評価装置 20, 74 の検査結果は第一の磁性正常範囲内又は第二の磁性正常範囲内となる。表示手段 97 は、判断手段 96 による評価結果を表示及び警告する。温度測定手段 98 は、評価位置の温度を検出する。

[0082] 増幅器 91 は、点 C 及び点 D に接続されている。増幅器 91 には、点 C と点 D との間の電位差が入力される。増幅器 91 の出力は絶対値回路 92 に接続されている。絶対値回路 92 の出力は LPF 93 に接続されている。LPF 93 の出力は判断手段 96 に接続されている。位相比較器 94 は、交流電源 78、増幅器 91 及び判断手段 96 に接続されている。周波数調整器 95 は、交流電源 78 及び増幅器 91 に接続されている。また、判断手段 96 は、制御信号を出力することにより、交流ブリッジ回路 80 の点 A の位置、即ち、抵抗 R1 と抵抗 R2 の分配比 γ を変更することができる。

[0083] 温度測定手段 98 は、非接触式の赤外センサ又は熱電対等からなり、被検体 W の表面の温度信号を判断手段 96 に出力する。判断手段 96 は、温度測定手段 98 で検出された被検体 W の温度が所定範囲内である場合に、被検体 W の表面処理状態の良否を判断する。判断手段 96 は、温度測定手段 98 で検出された温度が所定範囲外である場合、被検体（処理対象物）W の表面処理状態の良否の判断を行わない。

[0084] 検査検出器 86 及び基準検出器 84 は同様の構成を有している。これら検査検出器 86 及び基準検出器 84 としては、被検体 W の評価部を挿通可能な

コアの外周にコイルが巻回されて形成された検出器が用いられる。この検出器は、コイルを被検体Wの表面と対向させて近接させることにより、被検体Wに渦電流を励起可能である。すなわち、このコイルは、被検体Wの表面特性検査領域を囲むように巻回され、被検体Wの表面特性検査領域と対向している。ここで、被検体Wの表面特性検査領域を囲むとは、少なくとも表面特性検査領域の一部を包囲する（包むよう囲む）ことで、表面特性検査領域に渦電流を励起することを含むことを意味している。

[0085] 図4（B）に示されるように、検査検出器86は、コア86Aと、コイル86Bと、を備えている。コア86Aは、円筒状であり、被検体W（図中では模式化して円柱体として図示）を覆うように配置されている。コイル86Bは、コア86Aの外周面に巻回されたエナメル銅線からなっている。なお、本実施形態では、コイル86Bが巻回されたコア86Aを囲むように、円筒状の磁気シールド86Cが設けられている。コア86Aは非磁性材料、例えば、樹脂により形成されている。なお、コア86Aの形状は、被検体Wを内側に配置できる形状であれば円筒形状でなくてもよい。また、検査検出器86は、コイル86Bが形状を維持できればコア86Aを備えていなくてもよい。

[0086] コイル86Bが被検体Wの検査対象面（表面特性検査領域）を囲むと共に、コイル86Bが被検体Wの検査対象面と対向するように、検査検出器86を配置する。この状態で、交流電源78（図4（A）参照）によりコイル86Bに所定の周波数の交流電力を供給すると交流磁界が発生する。この結果、被検体Wの表面に交流磁界に交差する方向に流れる渦電流が励起される。渦電流は残留応力層の電磁気特性に応じて変化する。このため、残留応力層の特性（表面処理状態）に応じて増幅器91（図4（A）参照）から出力される出力波形（電圧波形）の位相及び振幅（インピーダンス）が変化する。この出力波形の変化により表面処理層の電磁気特性を検出し、検査を行うことができる。

[0087] すなわち、図4（A）に示される評価装置90は、交流ブリッジ回路80

からの出力信号に基づいて、被検体Wの表面特性を評価する。このとき、交流ブリッジ回路80は、交流ブリッジ回路80に交流電力が供給されることにより、検査検出器86が被検体Wの電磁気特性を検出し、かつ、基準検出器84が基準状態を検出している状態にある。評価装置90の判断手段96は、制御ユニット26に接続されている。判断手段96は、評価結果に応じた信号を制御ユニット26に出力する。なお、判断手段96は、温度測定手段98で検出された温度が所定範囲外であって判断を回避した場合については、「検査不可」であった旨の信号を制御ユニット26に出力する。これにより、判断手段96は、検査による判定結果が出せなかったことを制御ユニット26に通知する。

[0088] 判断手段96は、「検査不可」であった旨の信号を表示手段97に出力する。表示手段97は、この信号を入力し、判断手段96による評価結果として「検査不可」であった旨を表示及び警告する。これにより、例えば、作業員が磁性評価装置20、74を点検し、必要に応じて動作環境を改善した後、磁性評価装置20、74を再び動作させてもよい。また例えば、作業員が評価装置90による検査結果を無効化して、磁性評価装置20、74を再び動作させてもよい。これにより、被検体Wの表面特性を再び評価することができる。

[0089] <磁性評価装置20を用いた検査方法>

次に、磁性評価装置20を用いた検査方法について概説する。まず、交流電源78から交流ブリッジ回路80に交流電力が供給された状態で、被検体Wに渦電流が励起されるように、被検体Wに対して検査検出器86を配置、又は検査検出器86に対して被検体Wを配置する（配置工程）。すなわち、先に配置された被検体Wを包囲するように検査検出器86を配置するか、先に配置された検査検出器86の中に被検体Wを挿入して配置する。次に、交流ブリッジ回路80から出力された出力信号に基づいて、評価装置90が被検体Wの表面特性を評価する（評価工程）。そして、評価された結果が評価装置90から制御ユニット26へ出力される。

[0090] なお、渦電流による磁性評価については、例えば、特表2013-529286号公報、特表2015-525336号公報、又は国際公開第2015/107725号パンフレット等を開示された装置を適用して磁性評価することが可能である。

[0091] (応力測定装置22、76について)

次に、応力測定装置22、76について、図5～図9(B)を参照しながら説明する。なお、図2に示される応力測定装置22及び応力測定装置76は、同様の装置構成であるため、図5の応力測定装置には代表して符号22を付している。

[0092] 図5には、応力測定装置22の一部が模式的な斜視図で示されている。図6には、応力測定装置22の一部が側面視で簡略化して示されている。図5に示されるように、応力測定装置22は、装置本体100及び制御装置150を備えている。

[0093] 装置本体100は、箱状の筐体である。本実施形態では、装置本体100の内部にX線発生源102が収容されている。X線発生源102は、X線管球を備え、所定波長のX線を発生させる装置である。本実施形態では、X線発生源102は、装置本体100に固定されている。応力測定装置22では、検査対象の処理対象物W(以下、適宜、「検査対象物W」と略す。)に合わせて適宜の波長のX線が用いられる。装置本体100の前面100Fには、X線照射用の窓(図示省略)が形成されている。X線発生源102で発生したX線は、前記窓を介して検査対象物Wへ照射される。なお、図5及び図6では、X線発生源102から検査対象物WへのX線の経路及び照射方向(入射方向)は、矢印付きの線Xaで示される。

[0094] 装置本体100は、第一検出素子106及び第二検出素子108を備えている。第一検出素子106及び第二検出素子108は、ここでは装置本体100の前面100F側に配置されている。第一検出素子106及び第二検出素子108は、検査対象物Wの回折X線の強度をそれぞれ検出する。第一検出素子106は、0次元のX線強度測定素子である。0次元とは、素子の配

置位置でX線の強度を測定するとの意味である。つまり、第一検出素子106は、複数の素子が直線に沿って配置された1次元のラインセンサ及び複数の素子が平面に配置された2次元のイメージングプレートとは異なる。第二検出素子108も、0次元のX線強度測定素子である。第一検出素子106及び第二検出素子108として、例えば、シンチレーションカウンタが用いられる。

[0095] 装置本体100は、第一検出素子106及び第二検出素子108をX線の入射方向と直交する方向に沿って（矢印X3方向参照）それぞれ移動させる移動機構120を備えている。図6に示されるように、移動機構120は、変位駆動用の電動モータ122と、ボールネジ機構124と、を有している。

[0096] 電動モータ122は、装置本体100に固定されている。ボールネジ機構124は、X線の入射方向と直交する方向（矢印X3方向参照）に沿って延びる直線状のネジ126と、このネジ126に螺合された第一ナット128及び第二ナット130と、を有している。ネジ126は、その軸線周りに回転可能に支持されている。ネジ126は、電動モータ122が駆動されると、駆動力伝達機構（図示省略）を介して駆動力が伝達されることで、自身の軸線周りに回転する。なお、ネジ126は、X線発生源102からの入射X線に対して横方向に（図6の紙面に垂直な方向に）オフセットされた位置に配置されている。第一ナット128には第一スライダ132が固定されている。第二ナット130には第二スライダ134が固定されている。第一スライダ132及び第二スライダ134は、一对のレール136（図5参照）によってその延在方向にスライド可能に支持されている。一对のレール136は、装置本体100の前面100Fに設けられ、ネジ126と平行な方向（X線の入射方向と直交する方向）に延在している。なお、図5では一对のレール136を模式化して示すが、一对のレール136には公知の一对のガイドレールを適用できる。

[0097] 図6に示されるように、第一スライダ132には第一検出素子106が固

定されている。第二スライダ134には第二検出素子108が固定されている。電動モータ122が駆動されると、第一ナット128及び第一スライダ132並びに第二ナット130及び第二スライダ134がネジ126に対してその軸線方向に相対移動する。これにより、第一検出素子106及び第二検出素子108が、同期してX線の入射方向と直交する方向に（矢印X3方向参照）それぞれ移動される。すなわち、移動機構120によって、第一検出素子106及び第二検出素子108は、X線強度の検出位置を直線上で変更することができる。

[0098] 第一検出素子106は、検査対象物Wの回折X線の強度を第一検出位置で検出する。第二検出素子108は、検査対象物Wの回折X線の強度を第一検出位置とは異なる第二検出位置で検出する。第一検出位置及び第二検出位置は、例えば、検査対象物Wの材料及び焦点距離に応じて変化させることができる。本実施形態では、第一検出素子106及び第二検出素子108は、予め設定された同一の距離を同期して移動する。予め設定された距離は、必要な回折強度分布を得ることができる範囲の距離である。

[0099] 移動機構120は、図5に示される制御装置150に接続されている。制御装置150は、例えば、CPU、ROM、RAM及びHDD等を備えた汎用的なコンピュータで構成されている。制御装置150は、処理装置152、入力装置154（例えば、キーボード及びマウス）及び出力装置156（例えば、ディスプレイ）を備えている。図6に示されるように、処理装置152は、入出力部160、移動制御部162、応力算出部164及び記憶部166を備えている。

[0100] 入出力部160は、ネットワークカード等の通信機器及びグラフィックカード等の入出力装置である。例えば、入出力部160は、電動モータ122と通信可能に接続されている。入出力部160は、例えば、図5に示される入力装置154及び出力装置156と通信可能に接続されている。また、図6に示される入出力部160は、X線発生源102、第一検出素子106及び第二検出素子108に接続されている。後述する移動制御部162及び応

力算出部 164 は、入出力部 160 を介して各構成要素と情報のやり取りを行う。

[0101] 移動制御部 162 は、移動機構 120 を駆動させて（移動機構 120 の駆動を制御することで）第一検出素子 106 及び第二検出素子 108 のそれぞれの検出位置を制御する。移動制御部 162 は、検査対象物 W を構成する材料に基づいて定まるピーク出現角度を予め取得し、ピーク出現角度を含むように、第一検出素子 106 及び第二検出素子 108 のそれぞれの検出位置を制御する。検査対象物 W を構成する材料に基づいて定まるピーク出現位置は、記憶部 166 に記憶されている。また、応力算出部 164 は、移動機構 120 により第一検出素子 106 及び第二検出素子 108 がそれぞれ移動することによってそれぞれ検出された回折 X 線の強度ピークに基づいて、検査対象物 W の残留応力を算出する。以下、残留応力の算出について詳細に説明する。

[0102] 図 7 には、本実施形態に係る応力測定装置 22 の検出位置を説明するための概要図である。図 7 では、検査対象物 W に対して入射 X 線 X_{IN} が照射され、回折角 2θ で回折 X 線が出力される場合を示している。この場合、所定平面 PL において回折 X 線によって回折環 R が描かれる。ここで、本実施形態では、回折 X 線の回折環の 0° に対応する検出位置、及び回折 X 線の回折環の 180° に対応する検出位置のそれぞれで強度ピークが出現し、この部分（つまり対称となる点）の回折強度を取得する場合を例とする。

[0103] 図 8 は、回折環を説明するための概要図である。図 7 及び図 8 に示されるように、回折環 R の 0° に対応する第一検出位置 P1 では、回折 X 線 X_{R1} が検出される。回折環 R の 180° に対応する第二検出位置 P2 では、回折 X 線 X_{R2} が検出される。この場合、移動制御部 162（図 6 参照）は、回折環 R の 0° に対応する第一検出位置 P1 を含む範囲を第一検出素子 106（図 6 参照）が移動するように設定する。同様に、移動制御部 162（図 6 参照）は、回折環 R の 180° に対応する第二検出位置 P2 を含む範囲を第二検出素子 108（図 6 参照）が移動するように設定する。これにより、一度の

X線の照射で2角度の回折X線を得て、二つのX線回折強度分布を得ることができる。

[0104] 応力算出部164（図6参照）は、第一検出位置P1及び第二検出位置P2のそれぞれで検出されたX線回折強度分布（角度及び強度の関係）に基づいて、回折ピークを取得する。ここでは、回折環Rの 0° に対応する強度ピーク、及び回折環Rの 180° に対応する強度ピークの二つの強度ピークを得ることができる。図8に示される二点鎖線の回折環 R_R は、検査対象物Wに残留応力が存在しない場合の回折環である。残留応力が存在する場合の回折環Rでは、残留応力が存在しない場合の回折環 R_R に比べて、残留応力に応じて中心位置がずれる。

[0105] 応力算出部164（図6参照）は、この差を利用して残留応力値を算出する。例えば、応力算出部164（図6参照）は、 $\cos\alpha$ 法を用いて残留応力値を算出する。 $\cos\alpha$ 法では、 $\varepsilon - \cos\alpha$ 線図の傾きから残留応力が得られる。 $\varepsilon - \cos\alpha$ 線図は、 $\cos\alpha$ （ α ：回折中心角）と回折環上の四箇所（ α 、 $\pi + \alpha$ 、 $-\alpha$ 、 $\pi - \alpha$ ）の歪み（ ε_α 、 $\varepsilon_{\pi + \alpha}$ 、 $\varepsilon_{-\alpha}$ 、 $\varepsilon_{\pi - \alpha}$ ）を用いて表される歪み ε との関係を示す。

[0106] 応力算出部164（図6参照）は、 $\alpha = 0^\circ$ 、 180° の二点を用いて $\varepsilon - \cos\alpha$ 線図の傾き（一次関数の傾き）を算出する。そして、応力算出部164（図6参照）は、一次関数の傾きに、X線応力測定乗数を乗じて残留応力を得る。X線応力測定乗数は、ヤング率、ポアソン比、ブラッグ角の余角及びX線入射角によって定まる定数であり、図6に示される記憶部166に予め記憶されている。応力算出部164は、算出した残留応力値を、入出力部160を介して制御ユニット26へ出力する。なお、応力算出部164で算出された残留応力値は、制御ユニット26へ出力されると共に、記憶部166に記憶されてもよいし、出力装置156（図5参照）へ出力されてもよい。

[0107] <応力測定装置22を用いた残留応力測定方法>

次に、応力測定装置22を用いた残留応力測定方法を説明する。図9（A

)及び図9(B)は、本実施形態に係る残留応力測定方法を示すフローチャートである。

[0108] 最初に、残留応力測定前の調整処理が実行される。図9(A)は、残留応力測定前の調整処理を示すフローチャートである。図9(A)に示されるように、まず、角度調整処理(ステップS240)が実行される。この処理では、検査対象物Wに対する入射X線の角度が調整される。例えば、図6に示されるように、装置本体100を傾けて煽り角 $\theta 1$ を調整することで、入射X線の角度が調整される。なお、装置本体100を傾ける処理は、一例として、別途の装置(制御部及びアクチュエータ)が行う。図9(A)に示される角度調整処理(ステップS240)により、測定中の入射角度が所定角度(単一角度)に固定される。

[0109] 次に、焦点調整処理(ステップS242)が実行される。この処理では、検査対象物Wに対する入射X線の焦点が調整される。例えば、装置本体100(図6参照)の位置が変更されることにより、入射X線の焦点が調整される。なお、高さ及び位置を変更する処理は、一例として、別途の装置(制御部及びアクチュエータ)が行う。

[0110] 図9(A)に示されるフローチャートが終了すると、応力測定装置22は、検査対象物Wの表面側の残留応力を測定可能な状況となる。図9(B)は検査対象物Wの表面側の残留応力の測定方法を示すフローチャートである。

[0111] 図9(B)に示されるように、最初にX線照射処理(ステップS250: X線照射工程)が実行される。このX線照射処理(ステップS250)では、X線発生源102から検査対象物WにX線を照射する。次に、このX線照射処理(ステップS250)の実行中において測定処理(ステップS252: 移動制御工程)が実行される。この測定処理(ステップS252)では、移動制御部162による制御で移動機構120を駆動させて第一検出素子106及び第二検出素子108を移動させ(移動制御工程)、移動中の第一検出素子106及び第二検出素子108の検出結果に基づいて、二つのX線回折強度分布を得る。この工程では第一検出素子106の移動と第二検出素子

108の移動とを同期させている。測定処理（ステップS252）が終了した場合、X線の照射を終了してもよい。

[0112] 次に、残留応力算出処理（ステップS254：応力算出工程）が実行される。この残留応力算出処理（ステップS254）では、測定処理（ステップS252：移動制御工程）の実行中に第一検出素子106及び第二検出素子108がそれぞれ検出した検査対象物Wの回折X線の強度ピークに基づいて、検査対象物Wの残留応力を算出する。すなわち、残留応力算出処理（ステップS254）では、応力算出部164により、移動中に得られた二つのX線回折強度分布に基づいて、二つの強度ピークが取得される。そして、応力算出部164によって、 $\varepsilon - c \cos \alpha$ 線図の傾きが算出され、X線応力測定乗数が乗じられて残留応力が算出される。最後に、応力算出部164により算出された残留応力が制御ユニット26（図3（A）参照）へ出力される（ステップS256）。

[0113] 以上で図9（B）に示されるフローチャートが終了する。図9（B）に示す制御処理を実行することにより、第一検出素子106及び第二検出素子108を移動させて得られたデータを用いて残留応力を算出し、算出した残留応力を制御ユニット26（図3（A）参照）へ出力することができる。

[0114] 以上のように、図6に示される応力測定装置22では、回折X線の強度を第一検出位置P1（図7参照）で検出する第一検出素子106、及び回折X線の強度を第一検出位置P1（図7参照）とは異なる第二検出位置P2（図7参照）で検出する第二検出素子108を備えるので、一度のX線の照射（単一角度の照射）で二角度の回折X線を得ることができる。さらに、第一検出素子106及び第二検出素子108のそれぞれは、X線の入射方向と直交する方向に沿って移動することで、X線強度分布（回折ピーク）を素子毎に取得することができる。また、少なくとも二つの回折ピークを取得することにより、検査対象物Wの残留応力を算出することができる。このため、イメージングプレートを回転させて回折環の全てのデータを取得する必要がない。したがって、従来の残留応力測定装置と比べて、残留応力の測定時間の短

縮を図ることができる。

[0115] また、本実施形態に係る応力測定装置 22 は、イメージングプレートを回転させる機構及び読み出し機構を備える必要がない。このため、応力測定装置 22 は、そのような機構を備える残留応力測定装置と比べて、簡略化され軽量化されるので、設置しやすく、他の機械に組み込みやすい構造とすることができる。さらに、応力測定装置 22 では、装置構成が簡略化されることによって、従来の残留応力測定装置と比べて、装置の製造コストを低減することができる。

[0116] さらに、移動制御部 162 が、第一検出素子 106 の移動と第二検出素子 108 の移動とを同期させることで、第一検出素子 106 と第二検出素子 108 とを個々に制御する場合に比べて残留応力の測定時間の短縮を図ることができる。

[0117] (表面処理加工装置 10 を用いた表面処理加工方法について)

次に、図 2 に示される表面処理加工装置 10 を用いた表面処理加工方法について、図 1 (A) 及び図 1 (B) に示されるフローチャート並びに図 2 等を参照しながら説明する。表面処理加工装置 10 は、図 4 (A) 等に示される磁性評価装置 20、図 5 等に示される応力測定装置 22、及び図 3 (B) 等に示されるショットピーニング加工装置 30 等を含んでいる。なお、図 2 に示される表面処理加工装置 10 に搬入される前の処理対象物 W として、塑性加工及び機械加工によって製品形状にされた処理対象物 (製品) が一例として熱処理加工されている。

[0118] 図 2 に示される表面処理加工装置 10 に搬入された処理対象物 W は、搬入側コンベア 12 上に載せられて搬送される。処理対象物 W は、第一検査ゾーン 14 に達すると、6 軸ロボット 18 によって検査台 16 A の上に配置されて磁性評価装置 20 で検査される。その後、処理対象物 W は、6 軸ロボット 18 によって検査台 16 B の上に配置されて応力測定装置 22 で検査される。

[0119] すなわち、検査台 16 A、16 B の上において、図 1 (A) のステップ S

200に示すショット処理前の検査、つまり第一検査工程が実行される。この第一検査工程では、処理対象物Wに対して投射材を投射するショット処理がなされる前の当該処理対象物Wの表面側の状態が非破壊検査される。その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に「不合格」と評価される。

[0120] まず、図2に示される検査台16Aの上では、磁性評価装置20が処理対象物Wの表面側を渦電流によって磁性評価する検査をする。具体的な検査方法は前述の通りである。磁性評価装置20では検査結果に基づいて判断手段96が表面状態の良否を判断する。磁性評価装置20は検査結果（すなわち、判断手段96の評価結果）を制御ユニット26（図3（A）参照）に出力する。次に、検査台16Bの上では、応力測定装置22が処理対象物Wの表面側の残留応力を、X線回折法を用いて測定する。具体的な測定方法は前述の通りである。応力測定装置22は測定結果を制御ユニット26（図3（A）参照）に出力する。制御ユニット26は、磁性評価装置20及び応力測定装置22の検査結果に基づいて、前述したように「合格」、「条件付き合格」、及び「不合格」のいずれかの評価をする。

[0121] 図1（A）に示すステップS202において、制御ユニット26は、処理対象物Wが「不合格でない」か否かを判定する。制御ユニット26の処理は、ステップS202の判定が否定された場合は、ステップS206へ移行し、ステップS202の判定が肯定された場合はステップS204へ移行する。ステップS206において、制御ユニット26は、処理対象物Wを表面処理工程のライン外に持ち出すように、図2に示される6軸ロボット18を制御する。ライン外に持ち出された処理対象物Wは廃棄処理される。つまり、第一検査工程で「不合格」と評価された処理対象物Wは予めショット処理の対象から外される。これにより、無駄なショットピーニング加工（不良製品の加工）が未然に抑えられる。

[0122] 図1（A）に示すステップS204において、制御ユニット26は、処理対象物Wが「合格」か否かを判定する。制御ユニット26の処理は、ステッ

プS 2 0 4 の判定が否定された場合はステップS 2 1 0 へ移行し、ステップS 2 0 4 の判定が肯定された場合はステップS 2 0 8 へ移行する。ステップS 2 0 8 及びステップS 2 1 0 においては、条件設定工程が実行される。第一検査工程の後に実行される条件設定工程では、第一検査工程で「不合格でない」評価をされた処理対象物Wを対象として第一検査工程での検査結果に応じて制御ユニット26がショット処理条件を設定する。

[0123] ステップS 2 1 0 においては、制御ユニット26は、「条件付き合格」と判定された処理対象物Wのショット処理条件として、標準のショット処理条件を修正した条件（調整された条件）を設定する（フィードフォワード）。つまり、個別のショットピーニング加工前の処理対象物W（製品）の性状に合わせて個別に（一品毎に）ショット処理条件の調整がなされる。これにより、標準のショット処理条件のまま加工した場合に不良品となり得る処理対象物Wを良品とすることが可能となる。これにより、廃棄処分される処理対象物Wを減らすことができる。廃棄によって、生産性を向上させることができる。

[0124] 「条件付き合格」と判定された処理対象物Wのショット処理条件の修正（調整）についてより具体的に説明する。本実施形態では、ショット処理条件のうち一例として投射材を噴射する場合の噴射圧について修正した条件が設定される。このショット処理条件の修正条件（修正値）は、以下のように演算される。まず、制御ユニット26の演算処理装置において、その記憶部に予め記憶されている演算式を含むプログラムが読み出されてメモリに展開される。次に、メモリに展開された当該プログラムがCPUによって実行される。これにより、修正条件が演算される。演算式は、ショット処理条件の基準値を含んだ式である。なお、変形例として、条件判別を含むプログラムを制御ユニット26の演算処理装置に予め記憶させ、このプログラムを実行することによりショット処理条件の修正条件を決定してもよい。

[0125] 一方、ステップS 2 0 8 においては、制御ユニット26は、「合格」と判定された処理対象物Wのショット処理条件として、標準のショット処理条件

をそのまま設定する。ステップS 2 1 0及びステップS 2 0 8により処理対象物Wに応じたショット加工をすることができる。

[0126] 「合格」又は「条件付き合格」と判定された処理対象物Wは、図2に示される6軸ロボット18によって、検査台16Bの上から搬入側コンベア12の上に移動させられる。その後、処理対象物Wは、搬入側コンベア12の下流側で搬入出口ダ28によってショットピーニング加工装置30のキャビネット32の中に搬入される。

[0127] ショットピーニング加工装置30のキャビネット32の中では、図1(A)に示すステップS 2 1 2、すなわちショット処理工程が実行される。条件設定工程の後に実行されるショット処理工程では、処理対象物Wに対して図3(B)に示されるショットピーニング加工装置30の噴射装置40が投射材を投射するショット処理が行われる。ショット処理工程におけるショット処理条件は、第一検査工程で制御ユニット26によって「不合格でない」と評価された処理対象物Wを対象として、条件設定工程で制御ユニット26によって設定される。

[0128] ここで、ショット処理について概説する。ショット処理としては、例えばショットピーニング(加工)及びショットブラスト(加工)がある。これらのショット処理では、例えば数十 μm から数mm程度の概球形の投射材(ショット(砥粒を含む))が処理対象物Wに向けて高速で打ち付けられる。これにより、処理対象物Wの部品表面層の改善効果が得られる。ショットピーニング加工は、繰返し荷重を受ける部品の疲れ強さ(耐久性)改善等を目的に使用されている。繰返し荷重を受ける部品として、例えば、自動車、航空機、船舶、建設機械、加工機械、及び鋼構造物等が挙げられる。ショットピーニング加工は、正しく実施されていないと、目標とした表面硬さ、硬さ分布、及び圧縮残留応力等が部品に付与されず、部品が早期に破壊してしまうこともある。したがって、適切な加工を維持するために、十分な管理をしたうえでショットピーニング加工を実施する必要がある。また、ショットブラスト加工は、同様な加工品について、例えば錆及びスケール等の表面の付

着物の除去、表面粗さ等の表面形状の調整、塗装及びコーティング被膜等の密着性向上、又は鋼構造物の摩擦結合部における適切な摩耗係数の確保のために使用されている。したがって、ショットピーニング加工と同様に十分な管理をしたうえでショットブラスト加工を実施する必要がある。なお、本実施形態におけるショット処理の加工は、ショットピーニング加工である。

[0129] ショット処理された処理対象物Wは、図2に示される搬入出口ダ28によってショットピーニング加工装置30のキャビネット32の中から搬出側コンベア66の上流側に搬出される。処理対象物Wは、搬出側コンベア66によって搬送される。処理対象物Wは、第二検査ゾーン68に達すると、6軸ロボット72によって検査台70Aの上に配置されて磁性評価装置74で検査される。その後、処理対象物Wは、6軸ロボット72によって検査台70Bの上に配置されて応力測定装置76で検査される。

[0130] すなわち、検査台70A、70Bの上において、図1(A)のステップS214に示すショット処理後の検査、つまり第二検査工程が実行される。ショット処理工程の後の第二検査工程では、処理対象物Wの表面側の状態が非破壊検査される。その検査結果が、予め定められた第二の正常範囲内であれば「合格」と評価され、前記第二の正常範囲から外れれば「不合格」と評価される。

[0131] 図2に示される検査台70Aの上では、磁性評価装置74が処理対象物Wの表面側を渦電流によって磁性評価する検査をする。具体的な検査方法は前述の通りである。磁性評価装置74では検査結果に基づいて判断手段96が表面状態の良否を判断する。磁性評価装置74は検査結果（すなわち、判断手段96の評価結果）を制御ユニット26（図3(A)参照）に出力する。次に、検査台70Bの上では、応力測定装置76が処理対象物Wの表面側の残留応力を、X線回折法を用いて測定する。具体的な測定方法は前述の通りである。応力測定装置76は測定結果を制御ユニット26（図3(A)参照）に出力する。制御ユニット26は、磁性評価装置74及び応力測定装置76の検査結果に基づいて、前述したように「合格」及び「不合格」のいずれ

かの評価をする。

- [0132] また、図1(A)に示すステップS214の次のステップS216において、制御ユニット26は、応力測定装置76の検査結果(測定値)を記憶装置において記憶する。ステップS216の次のステップS218においては、制御ユニット26は、処理対象物Wが「合格」か否かを判定する。制御ユニット26の処理は、ステップS218の判定が否定された場合はステップS222へ移行し、ステップS218の判定が肯定された場合はステップS220へ移行する。
- [0133] ステップS222において、制御ユニット26は、処理対象物Wを表面処理工程のライン外に持ち出すように、図2に示される6軸ロボット72を制御する。ライン外に持ち出された処理対象物Wは廃棄処理される。また、「合格」と判定された処理対象物Wは、6軸ロボット72によって、検査台70Bの上から搬出側コンベア66の上に移動させられる。その後、処理対象物Wは、搬出側コンベア66によって搬送されることで、後工程へ送られる。すなわち、図1(A)に示すステップS220が実行される。
- [0134] このように、本実施形態によれば、ショット処理工程の後に実行される第二検査工程において試験片ではなく実際の処理対象物Wの検査が実施される。これにより、処理対象物Wにショットピーニング効果(ショット処理の効果)が付与されているか否かを直接判断することができる。そして、不完全な処理対象物Wが、表面処理加工装置10において実行される工程よりも後の工程へ流れるのを防止することができる。また、本実施形態では、ショット処理工程の前に第一検査工程が設けられている。このため、ショットピーニング加工に適さない(すなわち、ショットピーニング加工を行ってもショットピーニング効果を適切に付与できない)処理対象物Wを、ショット処理工程の前に判別して除去することができる。これにより、ショット処理工程において不良品が発生するのを未然に防止又は効果的に抑制することができる。
- [0135] 次に、ショット処理条件の基準値(標準設定基準値)の再設定処理、すな

わち基準値再設定工程について、図1（B）を参照しながら説明する。この処理は一例として、日々の加工開始前において制御ユニット26が起動した際に実行される。

[0136] まず、図1（B）に示すステップS230において、ショット処理条件の基準値の再設定の要否が制御ユニット26によって判定される。本実施形態では一例として、はじめに、上述の応力平均値の経日変化（広義には「経時変化」）の傾向に基づいて、応力平均値が予め設定された第二の応力正常範囲（応力についての第二の正常範囲）から外れる日（広義には「時期」）が、制御ユニット26によって予測される。次に、ステップS230の実行時が、予測された日に対して予め設定された日数分だけ前（例えば3日前）の日以降であるか否かが制御ユニット26によって判定される。なお、応力平均値が予め設定された第二の応力正常範囲（応力についての第二の正常範囲）から外れると予測される日を算出する方法は、既述したため、説明を省略する。制御ユニット26の処理は、図1（B）に示すステップS230の判定が否定された場合は終了し、ステップS230の判定が肯定された場合はステップS232へ移行する。

[0137] 図1（B）に示すステップS232の基準値再設定工程では、第二検査工程での応力測定装置76による検査結果の経時変化の傾向に基づいて、第二検査工程で「合格」と評価されない割合（第二検査部68Eの検査結果が第二の正常範囲外となる割合）を抑えるようにショット処理条件の基準値を制御ユニット26が再設定する。つまり、基準値再設定工程では、第二検査工程での検査結果をショット処理条件の基準値にフィードバックする。この基準値再設定工程は、応力平均値の経日変化の傾向に基づいて、応力平均値が応力規格範囲（第二の応力正常範囲）から外れると予測される日よりも前に実行されることになる。応力平均値が応力規格範囲（第二の応力正常範囲）から外れると予測される日の算出方法については、前述したため説明を省略する。本実施形態の基準値再設定工程では、ショット処理条件のうち一例として投射材を噴射する場合の噴射圧の基準値が制御ユニット26によって再

設定される。

[0138] 以上により、図3（B）等を示される噴射装置40を含むショットピーニング加工装置30における中長期的な変動、すなわち投射材の粒径の変化、投射材を加速させるための機構（ノズル等）の形状変化、コンプレッサから供給される圧縮空気の性状変化等の変動の傾向に応じた補正をすることができる。これにより、次回以降の第二検査工程での「不合格」の割合を効果的に抑えることができる。したがって、無駄なショットピーニング加工を抑えることができる。

[0139] 以上説明したように、本実施形態に係る表面処理加工方法及び表面処理加工装置10（図2参照）によれば、無駄なショット加工を抑えながらショット加工されたすべての処理対象物Wの加工の程度を管理することができる。

[0140] ここで、上記実施形態の作用及び効果についてさらに補足説明する。ショットピーニング加工における品質管理の手法としては、装置稼働管理と、製品管理と、が知られている。装置稼働管理では、加工装置の稼働状態が監視される。装置稼働管理では、投射材の速度に関連するパラメータ（具体的にはエアノズル式ショットピーニング加工では噴射圧、遠心式投射装置では投射用の羽根車の回転数）、投射材の流量、加工時間、並びに回転テーブル上の処理対象物W（製品）の回転数及び回転状態等が監視される。装置稼働管理では、これらが一定の規定値内にある状態で、加工装置が稼働できていることでショットピーニング加工の工程を保証している。これに対して、製品管理では、実際に加工された製品に対して、ショットピーニング効果の指標である、圧縮残留応力、硬さ、及び表面粗さ等の測定が行われる。なお、装置稼働管理と製品管理の中間的な役割として、ショットピーニング装置による加工程度を、アルメン法によって測定する方法がある。アルメン法による方法は、試験片を用いた反り量を計測する方法であり、装置の加工程度の再現性を計ることができる。しかしながら、アルメン法による方法では、現物の製品への加工程度を管理できない。

[0141] ところで、装置稼働管理においては、装置の稼働状況のみを監視すると

どまる。このため、加工された製品にショットピーニング効果が付与されているか否かを判断することができない。また、ショットピーニング工程に持ち込まれる処理対象物W（製品）の多くは熱処理等がなされ、ショットピーニング加工により十分な効果を得ることができる状態になっている必要がある。しかしながら、熱処理状態のトラブルにより、金属組織の状態が適切でなく、必要な表面硬さ又は硬さ分布が満足されない不適切な処理対象物W（製品）が投入されてくる可能性もある。装置稼働管理で良好な加工がなされた製品であっても、合格品として適さない場合もあり得る。一方、製品管理においては、ショットピーニング効果は表面及び表面から数十 μm ～数百 μm の範囲で付与される。このため、製品管理は、製品の内部を削り出し測定する破壊検査を伴うことが多い。また測定の時間もかかるため、一般的には加工ロットのうち一部が検査されるにとどまっている。

[0142] これに対して、本実施形態に係る表面処理加工方法では、処理対象物Wが全数検査される。これにより、ショット加工されたすべての処理対象物Wの加工の程度を管理することができる。

[0143] [第2の実施形態]

次に、第2の実施形態に係る表面処理加工方法について、図2を援用しながら説明する。本実施形態に適用される処理対象物Wは、板ばね、及び皿ばね等の薄物製品である。また、本実施形態に適用される表面処理加工装置の構成は、図2に示される第1の実施形態における表面処理加工装置10とほぼ同様であるが、磁性評価装置20、74に代えて、図示しない非接触式のレーザ変位計が配置されると共に、第一検査部14Eの応力測定装置22が配置されていない点で、第1の実施形態における表面処理加工装置10の構成と異なる。他の点は、第1の実施形態と実質的に同様である。

[0144] 前記レーザ変位計は、処理対象物Wの外形寸法を非破壊検査する。薄物製品はショットピーニング加工によって変形しやすい。このため、前記レーザ変位計が配置されている。第一検査ゾーン14の前記レーザ変位計は第一検査部を構成している。第二検査ゾーン68の前記レーザ変位計及び応力測定

装置 7 6 は第二検査部を構成している。

[0145] 第一検査工程では、レーザ変位計は、ショット処理がなされる前の処理対象物Wの外形寸法を非破壊検査（初期歪みを測定）する。ショット処理では、処理対象物Wに対して投射材が投射される。制御ユニット 2 6 は、レーザ変位計の検査結果を入力し、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲（第一の変位許容範囲）から外れている場合に「不合格」と評価する。第一検査工程の後の条件設定工程では、第一検査工程で「不合格」でない評価をされた処理対象物Wを対象として、制御ユニット 2 6 は、第一検査工程での検査結果に応じてショット処理条件を設定する。具体的には、制御ユニット 2 6 は、目標とする形状と初期歪み量との差に基づいて、ショット処理条件のうち加工時間を増減することによって変形量を制御する。制御ユニット 2 6 は、ショットピーニング加工後の処理対象物Wの形状が目標とする形状に近づくように、ショット処理条件を設定する。第一検査工程の後のショット処理工程では、第 1 の実施形態と同様に、第一検査工程で「不合格」でない評価をされた処理対象物Wを対象として条件設定工程で設定されたショット処理条件で処理対象物Wに対して投射材を投射するショット処理が行われる。

[0146] ショット処理工程の後の第二検査工程では、レーザ変位計及び応力測定装置 7 6 は、処理対象物Wの表面側の状態及び外形寸法を非破壊検査する。制御ユニット 2 6 は、その検査結果を入力し、予め定められた第二の正常範囲（変位については第二の変位正常範囲、応力については第二の応力正常範囲）内であれば「合格」と評価する。すなわち、第二検査工程では、ショットピーニング加工後の形状が適正であるか否かを判別するために、前記レーザ変位計により加工後の歪みが測定される。これと共に、応力測定装置 7 6 が処理対象物Wの表面側の残留応力を、X線回折法を用いて測定する。制御ユニット 2 6（図 3（A）参照）は、前記レーザ変位計及び応力測定装置 7 6 の検査結果に基づいて、「合格」及び「不合格」のいずれかの評価をする。補足説明すると、制御ユニット 2 6（図 3（A）参照）は、前記レーザ変位

計及び応力測定装置 7 6 の検査結果がどちらも予め定められた第二の正常範囲内であれば「合格」と評価（判定）をし、それ以外の場合は「不合格」（廃棄）と評価（判定）する。

[0147] なお、基準値再設定工程では、第 1 の実施形態と同様に、第二検査工程での検査結果の経時変化の傾向に基づいて、第二検査工程で「合格」と評価されない割合（第二検査工程での検査結果が、第二の正常範囲外となる割合）を抑えるようにショット処理条件の基準値が再設定される。よって、第二検査工程で「合格」と評価される処理対象物 W を増やすことができる。本実施形態において、基準値再設定工程で再設定されるショット処理条件の基準値（標準設定基準値）は、加工時間についての基準値である。

[0148] 本実施形態によっても、前述した第 1 の実施形態と概ね同様の作用及び効果が得られる。

[0149] なお、処理対象物 W の外径寸法の測定は、処理対象物 W 毎の管理寸法が測定できればよく、マイクロメータ等の接触式の距離計等が適用されてもよい。また、本実施形態の変形例として、第一検査工程において処理対象物 W の表面側の状態及び外形寸法が非破壊検査され、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に、制御ユニット 2 6 が「不合格」と評価してもよい。つまり、第一検査工程において、レーザ変位計に加えて、例えば、磁性評価装置 2 0 又は応力測定装置 2 2 による非破壊検査が行われてもよい。また、本実施形態の他の変形例として、第二検査工程において処理対象物 W の外形寸法のみを非破壊検査し、その検査結果が、予め定められた第二の正常範囲内であれば「合格」と評価してもよい。

[0150] また、本実施形態では、図 2 に示される第一検査部 1 4 E の応力測定装置 2 2 が配置されずに、第二検査部 6 8 E の応力測定装置 7 6 が配置されている。図 2 に示される第二検査部 6 8 E の応力測定装置 7 6 が配置されずに、第一検査部 1 4 E の応力測定装置 2 2 が配置されてもよい。

[0151] [実施形態の補足説明]

なお、上記実施形態では、投射ユニットとして、噴射装置 4 0（エアノズ

ル式ショットピーニング加工機)を備えたショットピーニング加工装置30が用いられている。投射ユニットとして、例えば、投射材を羽根車の回転によって遠心力で加速して投射する遠心式投射装置を含むショットブラスト装置等のような他の投射ユニットが用いられてもよい。遠心式投射装置は、周知技術であるため詳細説明を省略する。一例として、コントロールゲージと、複数のブレードを備える羽根車と、前記羽根車を回転駆動させるための駆動モータと、を備える装置が遠心式投射装置に該当する。コントロールゲージは、円筒状に形成されて内部に投射材が供給される。コントロールゲージの外周壁には、投射材の排出部として開口窓が貫通形成されている。複数のブレードは、コントロールゲージの外周側に配置されてコントロールゲージの周方向に回転する。なお、そのような遠心式投射装置の場合、例えば駆動モータの単位時間当たりの回転数を制御することで羽根車の単位時間当たりの回転数が制御される。

[0152] また、上記実施形態の変形例として、第一検査工程及び第二検査工程の少なくとも一方においては、検査対象となる処理対象物Wの表面側の色調を測定する検査、及び検査対象となる処理対象物Wの表面粗さを測定する検査の少なくとも一つが含まれていてもよい。

[0153] 第一検査工程及び第二検査工程の少なくとも一方において、処理対象物Wの表面粗さを測定する検査がなされる場合においては、触針式の表面粗さ計の他、光学系を用いた非接触レーザ変位計等が適用されてもよい。

[0154] また、第一検査工程及び第二検査工程の少なくとも一方において、処理対象物Wの表面側の色調を測定する検査がなされる場合においては、例えば、処理対象物W(製品)の色味を判別できればよい。JIS Z 8722に示される方法を用いた色の計測方法が適用されてもよい。その他、処理対象物W(対象製品)は、金属製であることが多いため光沢の程度をJIS Z 8741に示される方法を用いた計測方法等を用いた画像センサ又は光沢計等が適用されてもよい。

[0155] なお、第一検査工程及び第二検査工程で用いられる検査装置は、測定した

結果を記録又は演算するために、測定した結果を外部の演算装置及び制御機器へ出力してもよい。

[0156] また、上記第1の実施形態における第一検査工程及び第二検査工程では、同じ検査項目が検査されているが、上記第2の実施形態における第一検査工程及び第二検査工程のように、異なる検査項目が検査されてもよい。処理対象物W（対象製品）、前工程、及び得ようとするショット処理効果（ショットピーニング効果）に応じた検査項目が検査されればよい。なお、第一検査工程及び第二検査工程では、それぞれ複数の検査項目が検査されてもよいし、一つの検査項目が検査されてもよい。検査項目の組み合わせには、種々のパターンを適用し得る。言い換えれば、第一検査部及び第二検査部にはそれぞれ、単数の検査装置が設けられてもよいし、複数の検査装置が設けられてもよい。検査装置の組み合わせには、種々のパターンを適用し得る。

[0157] また、制御ユニット26としては、PC、シーケンサ、又はマイコン等の計算機等を含む制御ユニットを適用し得る。また、前記計算機等は、投射ユニット（ショットピーニング加工装置30）の側に設けられても第一検査部14Eの側に設けられてもよい。

[0158] また、第1の実施形態では、磁性評価装置20, 74の判断手段96が、磁性評価装置20, 74の検査結果が予め定められた第一の磁性正常範囲又は第二の磁性正常範囲内であるか否かを評価（判定）し、その評価結果を制御ユニット26に出力している。これに限られず、磁性評価装置20, 74が、磁性評価装置20, 74の検査結果（電圧値）を制御ユニット26に出力し、その検査結果が予め定められた第一の磁性正常範囲又は第二の磁性正常範囲内であるか否かを制御ユニット26が評価（判定）してもよい。

[0159] また、応力測定装置22, 76が判断手段を有してもよい。この場合、応力測定装置22, 76の判断手段が、応力測定装置22, 76の検査結果について評価（判定）し、その評価結果を制御ユニット26に出力してもよい。

[0160] また、制御ユニット26は、応力測定装置22の検査結果に基づいて「条

件付き合格」つまりショット処理条件を変更して加工可の評価（判定）をするが、同様に、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果に基づいて、「条件付き合格」の評価（判定）をしてもよい。この場合、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が第一の磁性正常範囲内であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が第一の応力正常範囲内である場合、「合格」と評価する。また、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が第一の磁性正常範囲を外れるものの第一の磁性許容範囲内であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が第一の応力正常範囲内であれば「条件付き合格」と評価（判定）する。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が第一の磁性許容範囲外、又は応力測定装置 22 の検査結果が第一の磁性正常範囲外であれば「不合格」と評価（判定）する。

[0161] また、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 及び応力測定装置 22 の検査結果の両方に基づいて、「条件付き合格」の評価（判定）をしてもよい。この場合、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が第一の磁性正常範囲内であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が第一の応力正常範囲内である場合、「合格」と評価する。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が、第一の磁性正常範囲内であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が第一の応力正常範囲から外れているものの、第一の応力許容範囲内である場合、「条件付き合格」と評価する。また、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が第一の磁性正常範囲から外れているものの、第一の磁性許容範囲内であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が第一の応力正常範囲内である場合にも、「条件付き合格」と評価する。さらに、制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が第一の磁性正常範囲から外れているものの、第一の磁性許容範囲内であり、かつ、応力測定装置 22 の検査結果が第一の応力正常範囲から外れているものの、第一の応力許容範囲内である場合にも、「条件付き合格」と評価する。制御ユニット 26 は、磁性評価装置 20 の検査結果が、第一の磁性許容範囲外である場合、又は応力測定装置 22 の検査結果が第一の応力許容範囲外である場合、「不合格

」と評価する。

[0162] 制御ユニット26は、「条件付き合格」と判定された処理対象物Wのショット処理条件として、標準のショット処理条件を修正した条件（調整された条件）を設定する（フィードフォワード）。これにより、廃棄処分される処理対象物Wを減らすことができる。補足説明すると、「条件付き合格」の判定がされた検査対象の処理対象物Wのうち磁性評価装置20の検査結果が第一の磁性正常範囲を若干下回る処理対象物Wに対しては、例えば、噴射圧（投射圧）が高くなるように標準のショット処理条件を修正したショット処理条件で投射材を噴射する。これに対して、「条件付き合格」の判定がされた検査対象の処理対象物Wのうち磁性評価装置20の検査結果が第一の磁性正常範囲を若干上回る処理対象物Wに対しては、例えば、噴射圧（投射圧）が低くなるように標準のショット処理条件を修正したショット処理条件で投射材を噴射する。

[0163] また、第一検査工程で「条件付き合格」と判定された処理対象物Wについては、ショット処理条件のうち、例えば、投射材を噴射する場合の噴射圧及び加工時間の他、単位時間当たりの投射材の吐出量、投射材の投射速度、並びに処理対象物Wに対する相対的な投射位置の少なくとも一つが修正されて設定されてもよい。投射材を羽根車の回転によって遠心力で加速して投射する遠心式投射装置の場合には、羽根車の単位時間当たりの回転数が修正されて設定されてもよい。なお、投射材の投射速度を直接的に変更できない場合は、投射速度と関係性の深いパラメータの変化によって代替させることが可能である。そのようなパラメータとして、エアノズル式ショットピーニング加工機であれば噴射圧、及び遠心式投射装置であれば羽根車の単位時間当たりの回転数が挙げられる。また、処理対象物Wに対する相対的な投射位置は、エアノズルの移動範囲、処理対象物W（加工製品）の移動量、又は処理対象物Wが配置される回転テーブル（公転テーブル、自転テーブル）の回転量等により変化させることが可能である。

[0164] また、上記実施形態の変形例として、第一検査工程での検査結果に基づい

て「合格」及び「不合格」の二段階で評価して「不合格」の処理対象物W（製品）を廃棄等してもよい。つまり、制御ユニット26は、「条件付き合格」及び「合格」を区別しない。制御ユニット26は、第一検査工程での検査結果が、第一の許容範囲内であれば「合格」、第一の許容範囲外であれば「不合格」と判定する。この場合には、条件設定工程において、「合格」の処理対象物Wについては一律にショット処理条件の基準値を設定するのではなく第一検査工程での検査結果に応じてショット処理条件を設定することになる。

[0165] また、上記実施形態では、第一検査工程において「不合格」と評価された処理対象物Wは廃棄されているが、第一検査工程において「不合格」と評価された処理対象物Wは、ショット処理工程に流されなければ、廃棄処分しなくてもよく、再利用してもよい。また、再利用の場合、「不合格」と評価された処理対象物Wは、別の用途の処理対象物として再利用されてもよいし、別工程にて修正加工された後、改めて同じ表面処理加工装置10に搬入されて加工されてもよい。

[0166] また、上記実施形態では、第一検査工程において「不合格」と評価された処理対象物Wは「不合格」との判定直後に廃棄されると共に「合格」又は「条件付き合格」と評価された処理対象物Wのみが後工程に流されている。例えば、生産ライン構成の都合等から、「合格」と評価された処理対象物Wと「不合格」と評価された処理対象物Wとを混在させた状態で搬送させてもよい。この場合、「不合格」と評価された処理対象物Wを分別除去することにより、「合格」と評価された処理対象物Wのみを抽出し、ショット処理をしてもよい。

[0167] また、基準値再設定工程で再設定可能なショット処理条件の基準値として、投射材の単位時間当たり吐出量、投射材の投射速度、投射材を噴射する場合の噴射圧、投射材を羽根車の回転によって遠心力で加速して投射する場合の羽根車の単位時間当たりの回転数、加工時間、及び処理対象物Wに対する相対的な投射位置に関する各基準値のいずれか一つ又は複数が含まれてもよ

い。なお、基準値再設定工程では、基準値がより高い値に再設定される場合の他、基準値がより低い値に再設定される場合もあり得る。

[0168] また、上記実施形態の変形例として、図3(A)に示される制御ユニット26は、応力平均値として、一日毎の平均値ではなく、半日毎の平均値を演算してもよい。その場合に、制御ユニットは、半日毎の平均値である応力平均値の経時変化の傾向に基づいて、応力平均値が応力規格範囲（応力についての第二の正常範囲、すなわち、第二の応力正常範囲）から外れると予測される時期を算出する。そして、基準値再設定工程では、制御ユニット26は、予測される時期よりも前にショット処理条件の基準値を再設定する。すなわち、「所定期間毎の平均値」は、上記実施形態のように「一日毎の平均値」であってもよいし、上記実施形態の変形例のように「半日毎の平均値」であってもよいし、他の所定期間毎の平均値（例えば、一週間毎の平均値等）であってもよい。

[0169] また、上記実施形態の変形例として、制御ユニット26は、第二検査工程での応力測定装置76による検査結果の経時変化の傾向ではなく、第二検査工程での磁性評価装置74による検査結果の経時変化の傾向に基づいて、第二検査工程で「合格」と評価されない割合（第二検査部68Eの検査結果が第二の正常範囲外となる割合）を抑えるようにショット処理条件の基準値を再設定してもよい。つまり、磁性評価装置74の検査結果が、ショット処理条件の基準値に対してフィードバックされてもよい。また、磁性評価装置74及び応力測定装置76の検査結果の両方が、ショット処理条件の基準値に対してフィードバックされてもよい。

[0170] また、上記実施形態では、応力測定装置22、76が図6等にも示される第一検出素子106及び第二検出素子108を備えているが、応力測定装置22、76が三つ以上の検出素子を備えていてもよい。

[0171] また、上記実施形態に係る応力測定装置22、76（図2参照）では、図6にも示される移動機構120が、第一検出素子106及び第二検出素子108をそれぞれ移動させるために、単一の電動モータ122と、単一の電動モ

ータ122によって作動される単一のボールネジ機構124と、を有するが、第一検出素子106及び第二検出素子108のそれぞれに対応する電動モータ及びボールネジ機構を有してもよい。この場合、制御装置150は、第一検出素子106及び第二検出素子108のそれぞれに対応する電動モータを制御することにより、第一検出素子106及び第二検出素子108の移動を制御することができる。制御装置150は、二つの電動モータを制御して、第一検出素子106及び第二検出素子108の移動を同期させることもできるし、同期させないこともできる。

[0172] さらに、上記実施形態では、第一検査工程で検査させる処理対象物Wが熱処理されているが、第一検査工程で検査させる処理対象物Wは、例えば、窒化処理された処理対象物等のようなショット処理でも熱処理でもない処理がされた処理対象物Wであってもよい。また、上記実施形態の変形例として、第一検査工程の段階では引張残留応力を有する処理対象物Wの表面側に、ショット処理工程においてショットピーニング加工することによって圧縮残留応力を付与してもよい。

[0173] また、上記実施形態の変形例として、図10に示されるように、表面処理加工装置10が保存ユニット170を更に備えてもよい。保存ユニット170は、表面処理加工装置10で取得されたデータとして、第一検査部14Eによる検査結果、第二検査部68Eによる検査結果、及びショット処理条件の少なくとも一つを保存する。なお、保存ユニット170は、第一検査部14Eによる検査結果及び第二検査部68Eによる検査結果の少なくとも一方を保存してもよい。ここでは、保存ユニット170は、例えば、第一検査部14Eによる検査結果、第二検査部68Eによる検査結果、及びショット処理条件の全てを保存する。

[0174] 保存ユニット170は、内部保存ユニット172及び外部保存ユニット174を有している。内部保存ユニット172は、表面処理加工装置10専用の保存ユニットであり、他の表面処理加工装置10と共有されない。内部保存ユニット172は、例えば制御ユニット26に直接接続されたSDカード

等のフラッシュメモリ又はHDDである。外部保存ユニット174は、他の表面処理加工装置10と共有される保存ユニットである。なお、外部保存ユニット174は、他の表面処理加工装置10と共有可能な構成を有していればよく、実際に他の表面処理加工装置10と共有されていなくてもよい。外部保存ユニット174は、例えばイントラネット又はインターネット回線を介して制御ユニット26に接続された構内（工場等の施設内）又は外部（工場等の施設外）のサーバである。外部保存ユニット174は、他の表面処理加工装置10と共有可能な構成を有していれば、表面処理加工装置10内のサーバであってもよい。サーバは、クラウドサーバであってもよい。外部保存ユニット174は、例えば、複数の表面処理加工装置10で取得されたデータを保存することができる。

[0175] 図10に示される表面処理加工装置10を用いた表面処理加工方法では、保存ユニット170は、表面処理加工装置10で取得されたデータとして、第一検査工程での検査結果、第二検査工程での検査結果、及びショット処理条件の少なくとも一つを保存する（保存工程）。なお、保存工程では、保存ユニット170は、第一検査工程での検査結果及び第二検査工程での検査結果の少なくとも一方を保存してもよい。このような保存ユニット170及び保存工程により、これらのデータの利用率が高まる。例えば、表面処理加工装置10、又は複数の表面処理加工装置10の稼働状況の傾向等を事後的にデータ解析することができる。

[0176] 表面処理加工装置10で取得されたデータは、例えば、一旦、内部保存ユニット172に保存される。その後、内部保存ユニット172に保存されたデータは、一定期間毎（ショット加工毎又は一日毎）に外部保存ユニット174に送られ、外部保存ユニット174において保存される。このため、例えば、これらのデータを内部保存ユニット172に一旦保存した後、任意のタイミングで外部保存ユニット174に保存することができる。表面処理加工装置10で取得されたデータが、例えば、上述のようにショット加工毎に保存される場合、保存工程は、例えば、図1（A）のステップS216の工

程の代わりにステップS 2 1 7として行われてもよい。なお、第一検査部 1 4 Eによる検査結果は、ステップS 2 0 0の第一検査工程において内部保存ユニット 1 7 2に保存されてもよく、第二検査部 6 8 Eによる検査結果は、ステップS 2 1 4の第二検査工程において内部保存ユニット 1 7 2に保存されてもよく、ショット処理条件は、ステップS 2 0 8又はステップS 2 1 0の条件設定工程において内部保存ユニット 1 7 2に保存されてもよい。また、これらのデータをサーバに保存する場合は、データをサーバに送信する送信工程を経て、データがサーバに保存されてもよい。すなわち、表面処理加工方法は、第一検査部 1 4 Eによる検査結果をサーバに送信する第一送信工程を含んでもよいし、第二検査部 6 8 Eによる検査結果をサーバに送信する第二送信工程を含んでもよいし、ショット処理条件をサーバに送信するショット処理条件送信工程を含んでもよい。

[0177] 条件設定工程では、制御ユニット 2 6が、サーバから入力した情報に応じてショット処理条件を設定してもよい。また、基準値設定工程では、制御ユニット 2 6が、サーバから入力した情報に応じて基準値を設定してもよい。具体的には、制御ユニット 2 6の演算処理装置における記憶部から読み出されたプログラムが実行されることにより、ショット処理条件の修正条件、又はショット処理条件の基準値が演算される。制御ユニット 2 6は、通信インタフェース部によって、サーバとの間で情報を送受信（出入力）することができる。また、サーバから入力される情報は、例えば、データ解析により得られた表面処理加工装置 1 0、又は複数の表面処理加工装置 1 0の稼働状況の傾向等であってもよい。このような情報によれば、ショット処理条件を最適化することができる。

[0178] なお、上記実施形態の構成に加えて、第一検査工程の前、又は第一検査工程の後でショット処理工程の前に、処理対象物Wに対して、レーザマーカで製品識別用のマーキング（打刻）をしてもよい。この場合、制御ユニット 2 6は、そのマーキングに対応する識別情報と、第一検査工程での検査結果の情報と、第二検査工程での検査結果の情報と、を外部記憶装置（記憶部）

に記憶させてもよい。これにより、マーク読取用のリーダを用いて完成品の履歴情報を確認できるトレーサビリティシステムを設けることができる。図10に示される上述の変形例に係る表面処理加工装置10では、保存ユニット170がこれらの情報を保存してもよい（保存工程）。

[0179] なお、処理対象物Wに対して追番（背番号）等の識別情報を付与する方法は、特に限定されず、当該識別情報により処理対象物Wが特定できればよい。付与方法として、例えば、上述のマーキング以外にも、文字の直接的な書き込み、バーコード及び二次元コード等のコードの情報を持った形状の書き込み、塗料等による色調識別が可能となる書き込み、並びに情報を持ったICチップ等の貼付け及び埋め込み等が挙げられる。また、外部記憶装置又は保存ユニット170に保存するデータとしては、上述の処理対象物Wの識別情報、及び検査結果を含むワーク情報データその他、表面処理加工装置10の稼働データが挙げられる。ワーク情報データは、例えば、検査時刻、表面処理加工装置10の名称（識別情報）、又は加工開始時刻を更に含んでもよい。表面処理加工装置10の稼働データは、例えば、噴射圧（エア圧力）、加工開始時刻、単位時間当たりの投射材の吐出量（ショット噴射量）、エア流量、又はワーク自転回転数を含む。つまり、表面処理加工装置10の稼働データは、ショット処理条件を含む。表面処理加工装置10が複数のエアノズルを有する場合、表面処理加工装置10の稼働データは、エアノズル毎の稼働データを含む。保存ユニット170は、例えば、測定のタイミングによってこれらのデータを別々のデータベースに保存してもよい。

[0180] なお、上記実施形態及び上述の複数の変形例は、適宜組み合わせられて実施可能である。

[0181] 以上、本発明の一例について説明した。本発明は、上記に限定されない。上記以外にも、その主旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施可能であることは勿論である。

符号の説明

[0182] 10…表面処理加工装置、14E…第一検査部、20…磁性評価装置、2

2…応力測定装置、26…制御ユニット、30…ショットピーニング加工装置（投射ユニット）、68E…第二検査部、74…磁性評価装置、76…応力測定装置、102…X線発生源、106…第一検出素子、108…第二検出素子、120…移動機構、162…移動制御部、164…応力算出部、170…保存ユニット、W…処理対象物。

請求の範囲

- [請求項1] 処理対象物に対して投射材を投射するショット処理がなされる前の当該処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査し、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価する第一検査工程と、
- 前記第一検査工程の後、前記第一検査工程で不合格でない評価をされた前記処理対象物を対象として、前記第一検査工程での検査結果に応じてショット処理条件を設定する条件設定工程と、
- 前記条件設定工程の後、前記第一検査工程で不合格でない評価をされた前記処理対象物を対象として前記条件設定工程で設定されたショット処理条件で前記処理対象物に対して投射材を投射するショット処理をするショット処理工程と、
- 前記ショット処理工程の後、前記処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する第二検査工程と、
- を有する表面処理加工方法。
- [請求項2] 前記第二検査工程では、当該第二検査工程での検査結果が予め定められた正常範囲内であれば合格と評価し、
- 前記第二検査工程での検査結果の経時変化の傾向に基づいて、前記第二検査工程での検査結果が前記正常範囲外となる割合を抑えるようにショット処理条件の基準値を再設定する基準値再設定工程を含む、請求項1に記載の表面処理加工方法。
- [請求項3] 前記基準値再設定工程では、前記第二検査工程での検査結果の所定期間毎の平均値の経時変化の傾向に基づいて、前記平均値が前記正常範囲から外れると予測される時期よりも前にショット処理条件の基準値を再設定する、請求項2に記載の表面処理加工方法。
- [請求項4] 前記基準値再設定工程では、投射材の単位時間当たり吐出量、投射材の投射速度、投射材を噴射する場合の噴射圧、投射材を羽根車の回転によって遠心力で加速して投射する場合の前記羽根車の単位時間当

たりの回転数、加工時間、及び前記処理対象物に対する相対的な投射位置に関する各基準値のいずれか一つ又は複数を再設定する、請求項2又は請求項3に記載の表面処理加工方法。

[請求項5] 前記第一検査工程及び前記第二検査工程は、それぞれの検査対象となる前記処理対象物の表面側の状態を検査するために、前記処理対象物の表面側の残留応力を測定する工程、前記処理対象物の表面側を渦電流によって磁性評価する工程、前記処理対象物の表面側の色調を測定する工程及び前記処理対象物の表面粗さを測定する工程の少なくとも一つを含んでいる、請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の表面処理加工方法。

[請求項6] 前記第一検査工程及び前記第二検査工程は、それぞれの検査対象となる前記処理対象物の表面側の残留応力を測定し、

その測定方法は、

X線発生源と、前記処理対象物の回折X線の強度を第一検出位置で検出する第一検出素子と、前記処理対象物の回折X線の強度を前記第一検出位置とは異なる第二検出位置で検出する第二検出素子と、X線の入射方向と直交する方向に沿って前記第一検出素子及び前記第二検出素子をそれぞれ移動させる移動機構と、を備えた応力測定装置を用いて、前記処理対象物の残留応力を測定する方法であって、

前記処理対象物にX線を照射するX線照射工程と、

前記移動機構を駆動させて前記第一検出素子及び前記第二検出素子を移動させる移動制御工程と、

前記移動制御工程の実行中に前記第一検出素子及び前記第二検出素子がそれぞれ検出した前記処理対象物の回折X線の強度ピークに基づいて、前記処理対象物の残留応力を算出する応力算出工程と、を備える、請求項1～請求項5のいずれか1項に記載の表面処理加工方法。

[請求項7] 前記移動制御工程では、前記第一検出素子の移動と前記第二検出素子の移動とを同期させる、請求項6に記載の表面処理加工方法。

- [請求項8] 前記第一検査工程での検査結果及び前記第二検査工程での検査結果の少なくとも一方を保存する保存工程を更に有する、請求項1～請求項7のいずれか1項に記載の表面処理加工方法。
- [請求項9] 前記第一検査工程での検査結果、前記第二検査工程での検査結果、及び前記ショット処理条件の少なくとも一つをサーバに保存する保存工程を更に有し、
前記保存工程では、前記第一検査工程での検査結果、前記第二検査工程での検査結果、及び前記ショット処理条件の少なくとも一つを内部保存ユニットに保存した後、前記内部保存ユニットに保存した前記第一検査工程での検査結果、前記第二検査工程での検査結果、及び前記ショット処理条件の少なくとも一つを前記サーバに保存する、請求項1～請求項7のいずれか1項に記載の表面処理加工方法。
- [請求項10] 前記条件設定工程では、前記サーバから入力した情報に応じて前記ショット処理条件を設定する、請求項9に記載の表面処理加工方法。
- [請求項11] 処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する第一検査部と、
前記第一検査部の検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価すると共に、不合格でない評価をする場合にはその検査対象の処理対象物に対して投射材を投射する際のショット処理条件を前記第一検査部の検査結果に応じて設定する制御ユニットと、
前記処理対象物のうち前記制御ユニットによって不合格でない評価をされた処理対象物に対して前記制御ユニットによって設定されたショット処理条件で投射材を投射するショット処理をする投射ユニットと、
前記投射ユニットによってショット処理をされた前記処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する第二検査部と、

を有する表面処理加工装置。

[請求項12]

前記制御ユニットは、前記第二検査部の検査結果が予め定められた正常範囲内であれば合格と評価すると共に、前記第二検査部の検査結果の経時変化の傾向に基づいて、前記第二検査部の検査結果が前記正常範囲外となる割合を抑えるようにショット処理条件の基準値を再設定する、請求項11に記載の表面処理加工装置。

[請求項13]

前記第一検査部及び前記第二検査部の少なくとも一方は応力測定装置を備え、

前記応力測定装置は、

前記処理対象物にX線を照射するX線発生源と、

前記処理対象物の回折X線の強度を第一検出位置で検出する第一検出素子と、

前記処理対象物の回折X線の強度を前記第一検出位置とは異なる第二検出位置で検出する第二検出素子と、

X線の入射方向と直交する方向に沿って前記第一検出素子及び前記第二検出素子をそれぞれ移動させる移動機構と、

前記移動機構を駆動させて前記第一検出素子及び前記第二検出素子のそれぞれの検出位置を制御する移動制御部と、

前記移動機構により前記第一検出素子及び前記第二検出素子がそれぞれ移動することによってそれぞれ検出された回折X線の強度ピークに基づいて、前記処理対象物の残留応力を算出する応力算出部と、

を有する、請求項11又は請求項12に記載の表面処理加工装置。

[請求項14]

前記第一検査部の検査結果、前記第二検査部による検査結果、及び前記ショット処理条件の少なくとも一つを保存する保存ユニットを更に有し、

前記保存ユニットは、サーバを含む、請求項11～請求項13のいずれか1項に記載の表面処理加工装置。

[請求項15]

処理対象物に対して投射材を投射するショット処理がなされる前の

当該処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査し、その検査結果が予め定められた第一の許容範囲から外れている場合に不合格と評価する第一検査工程と、

前記第一検査工程の後、前記第一検査工程で不合格でない評価をされた前記処理対象物を対象として前記処理対象物に対して投射材を投射するショット処理をするショット処理工程と、

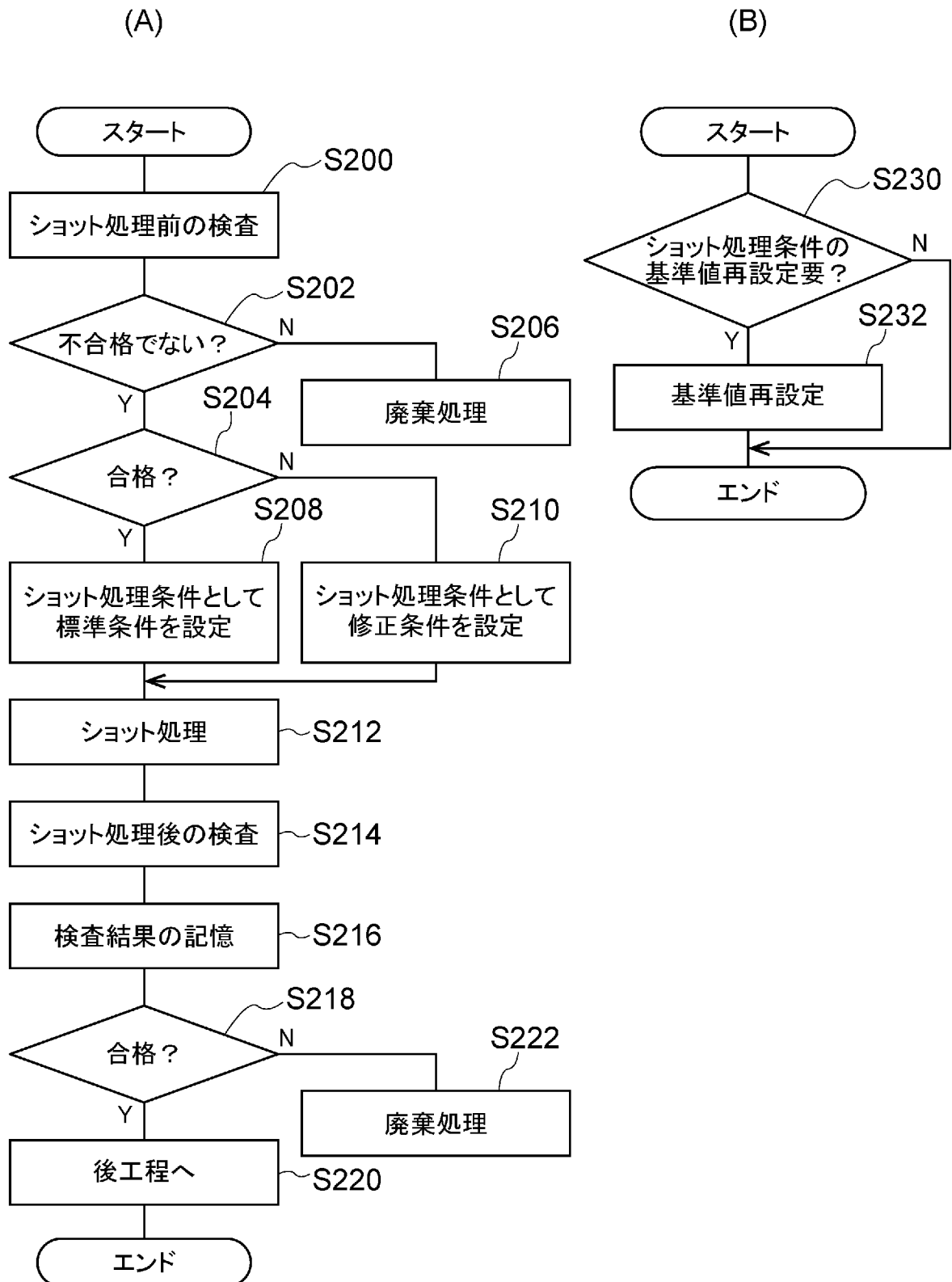
前記ショット処理工程の後、前記処理対象物の表面側の状態及び外形寸法の少なくとも一方を非破壊検査する第二検査工程と、

を有する表面処理加工方法。

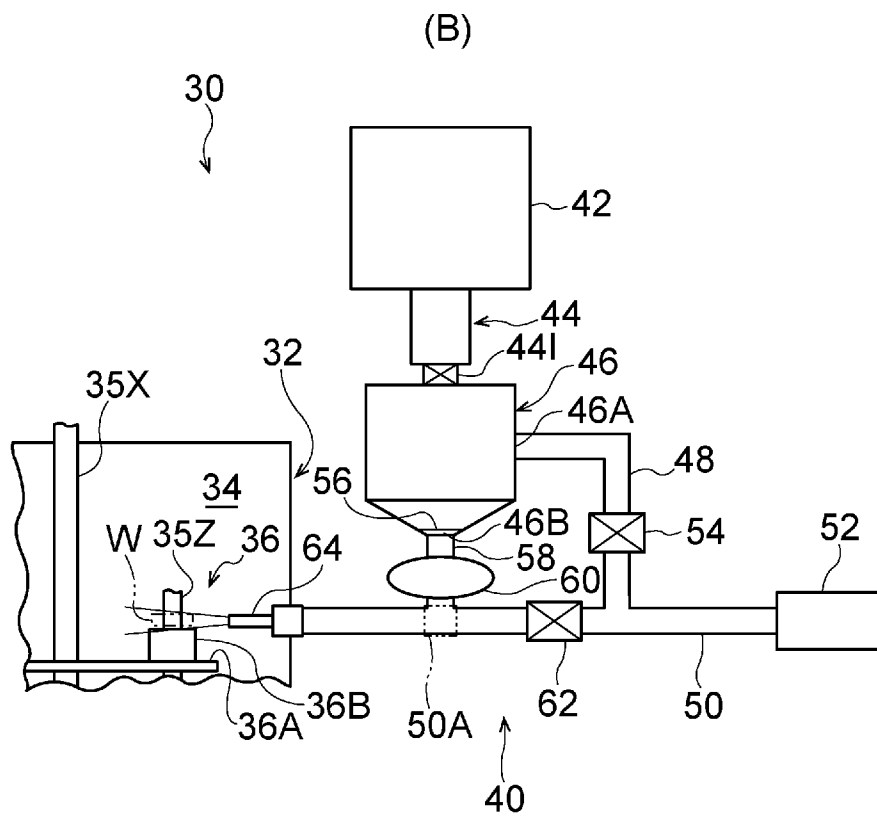
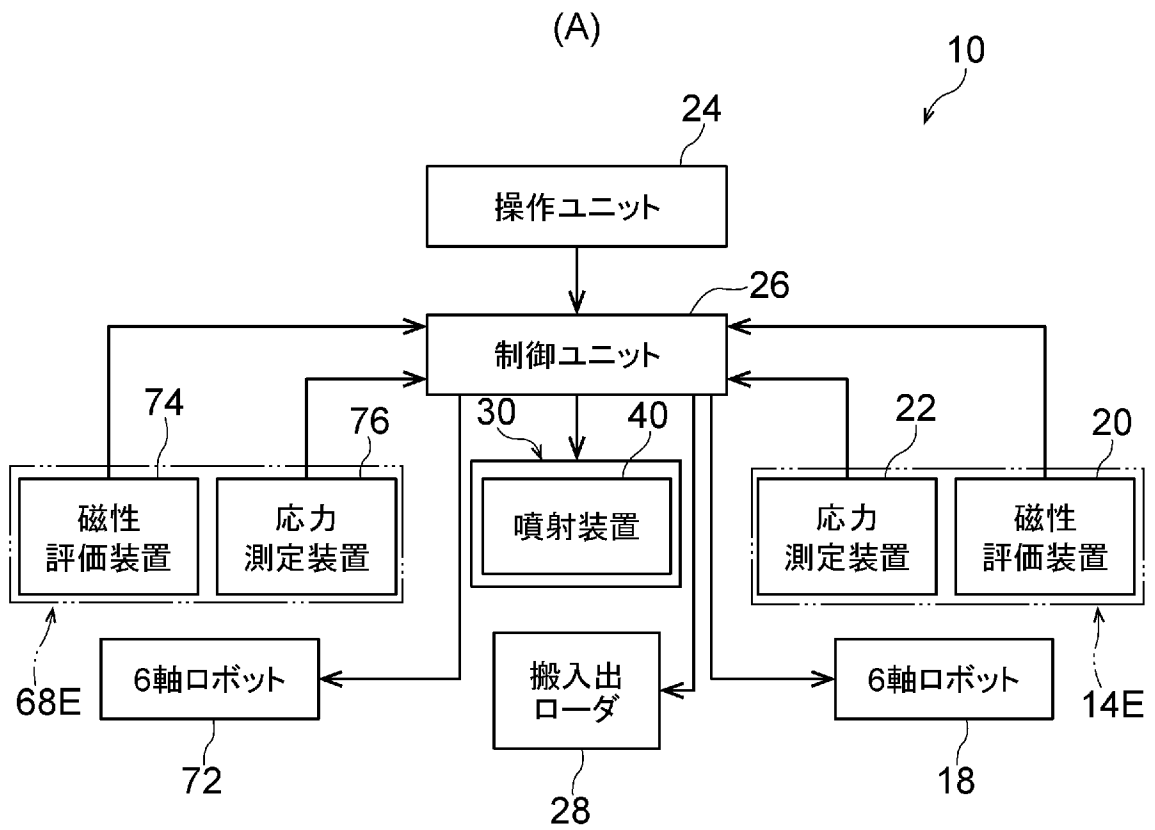
[請求項16] 前記第一検査工程での検査結果及び前記第二検査工程での検査結果の少なくとも一方をサーバに保存する保存工程を更に有する、請求項15に記載の表面処理加工方法。

[請求項17] 前記保存工程では、前記第一検査工程での検査結果及び前記第二検査工程での検査結果の少なくとも一方を内部保存ユニットに保存した後、前記内部保存ユニットに保存した前記第一検査工程での検査結果及び前記第二検査工程での検査結果の少なくとも一方を前記サーバに保存する、請求項16に記載の表面処理加工方法。

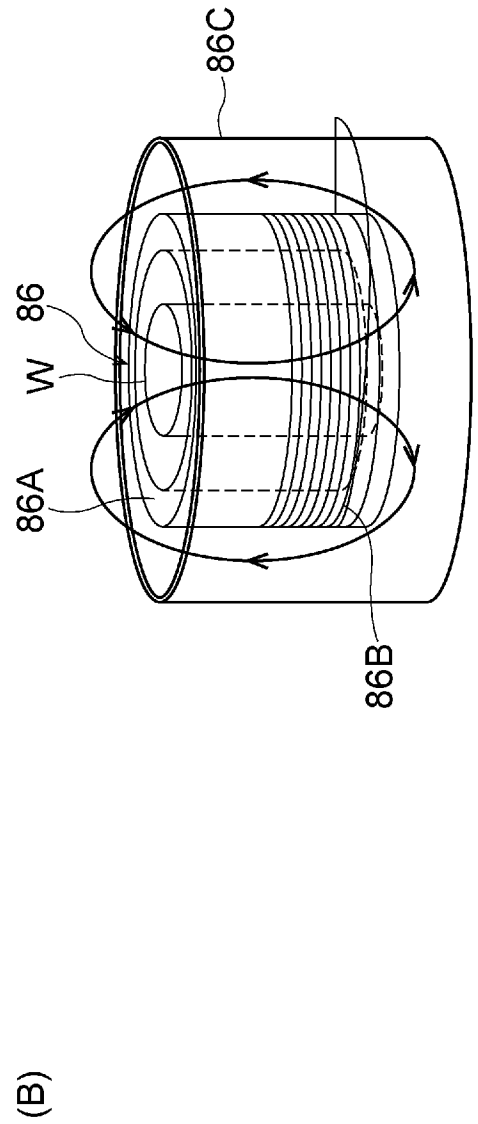
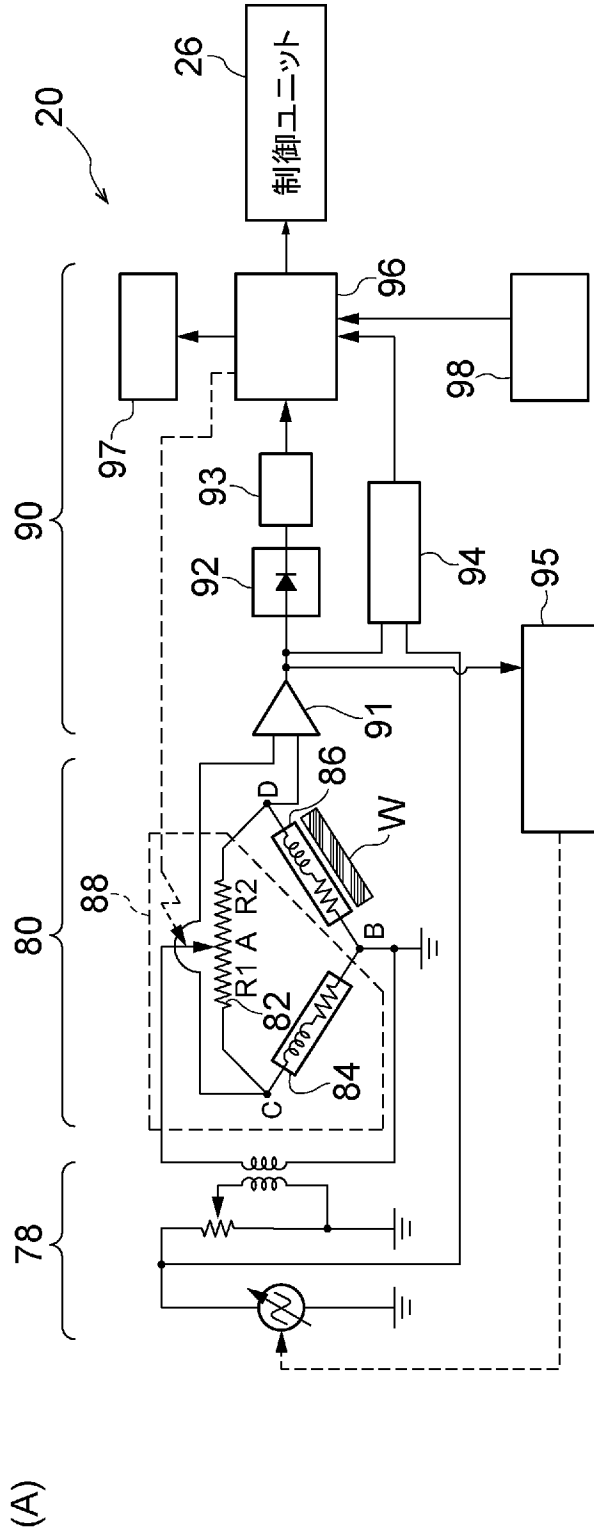
[図1]



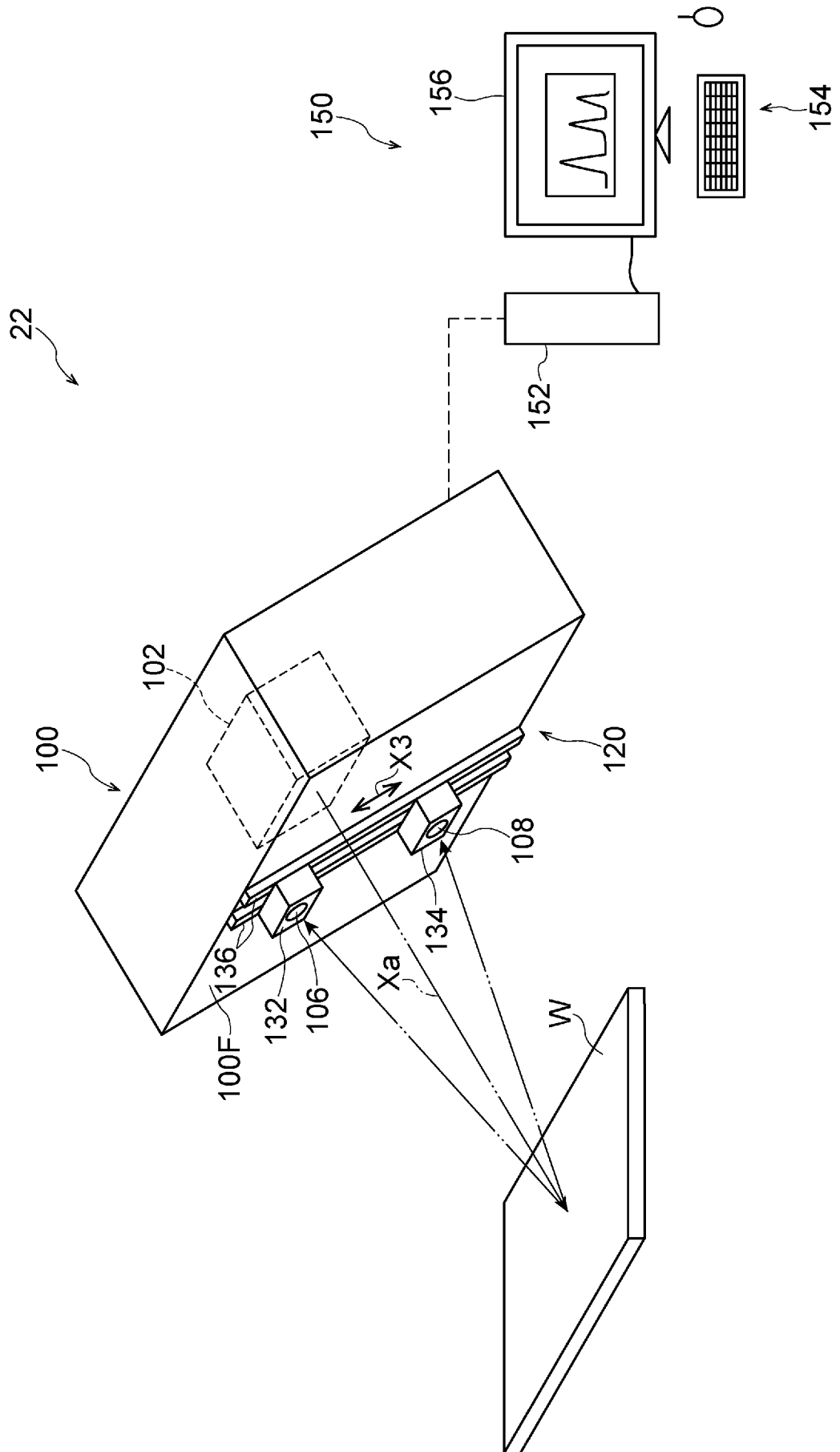
[図3]



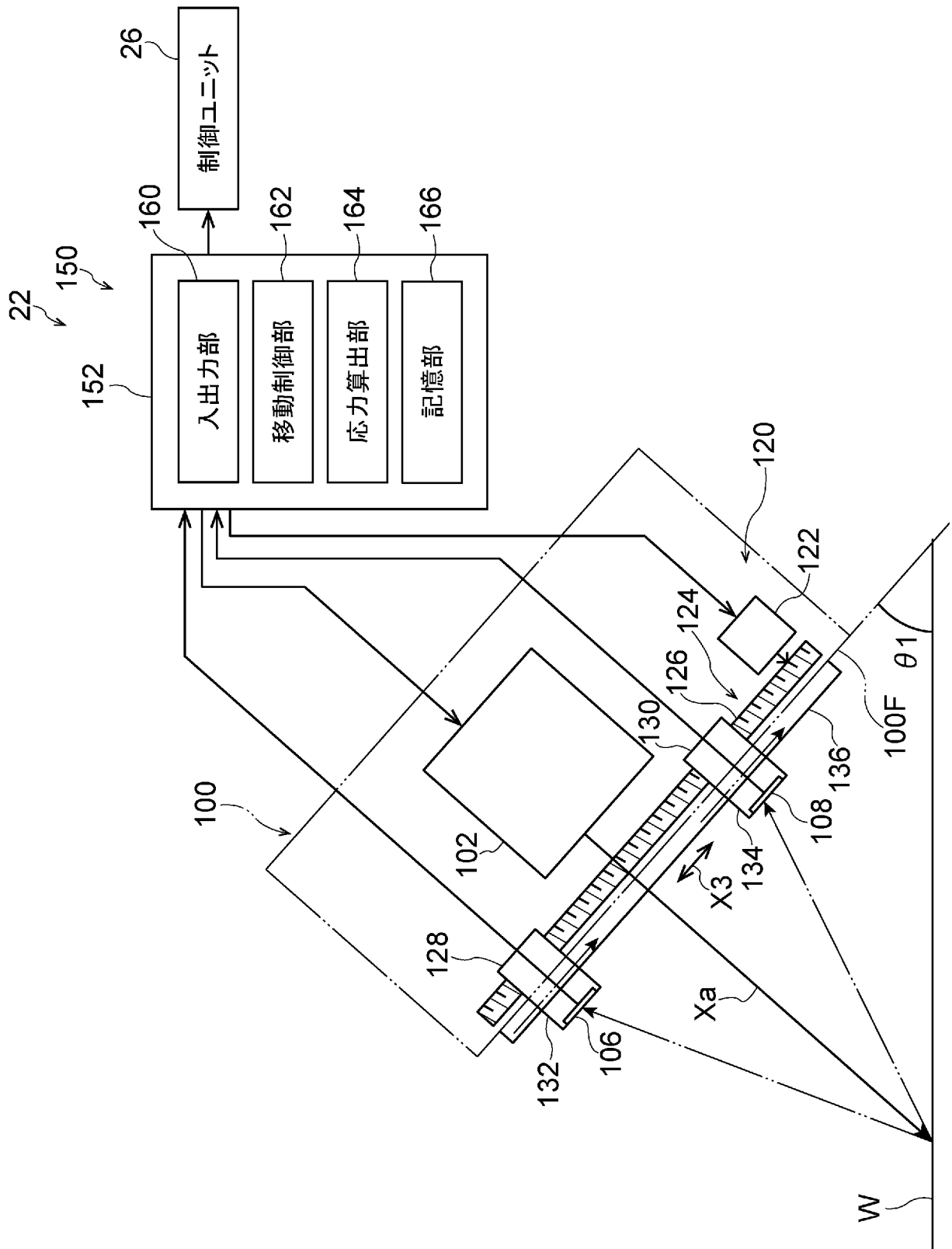
[図4]



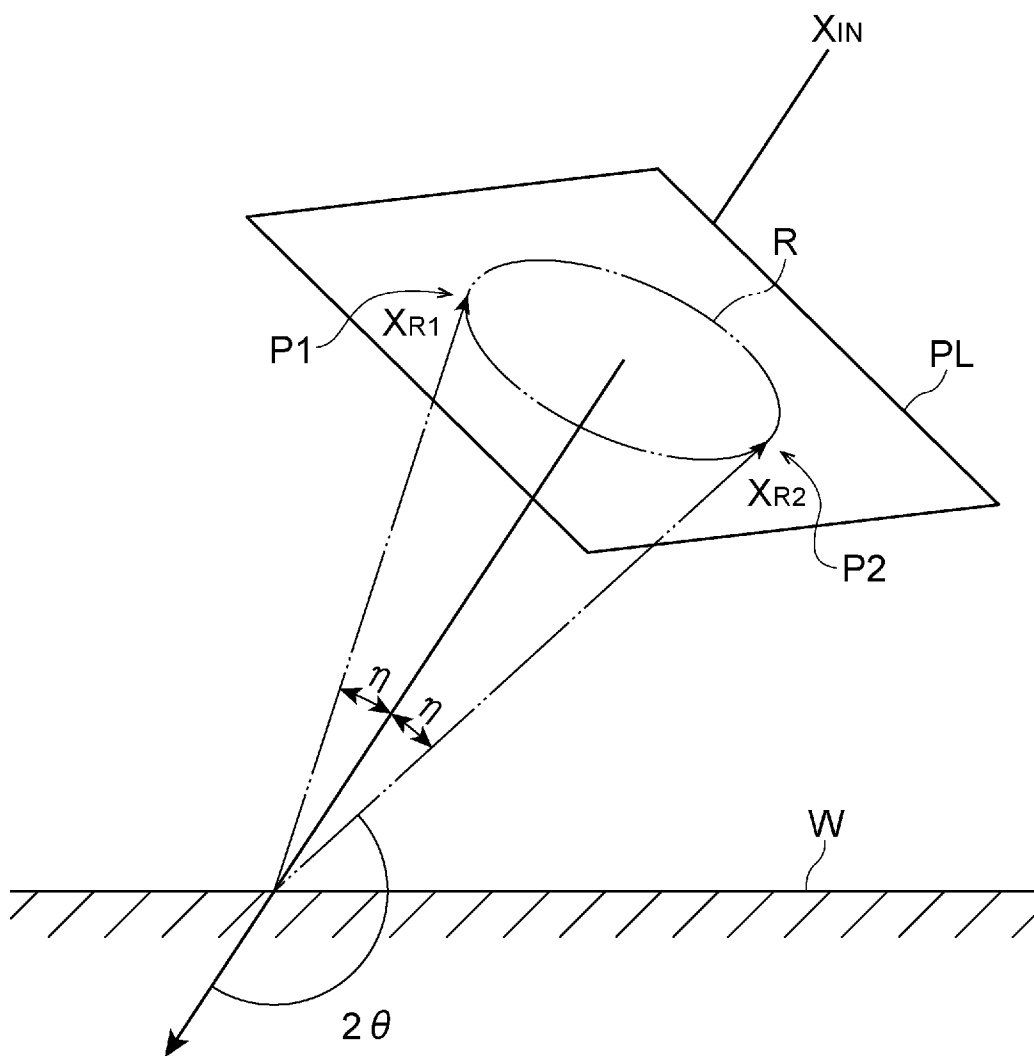
[図5]



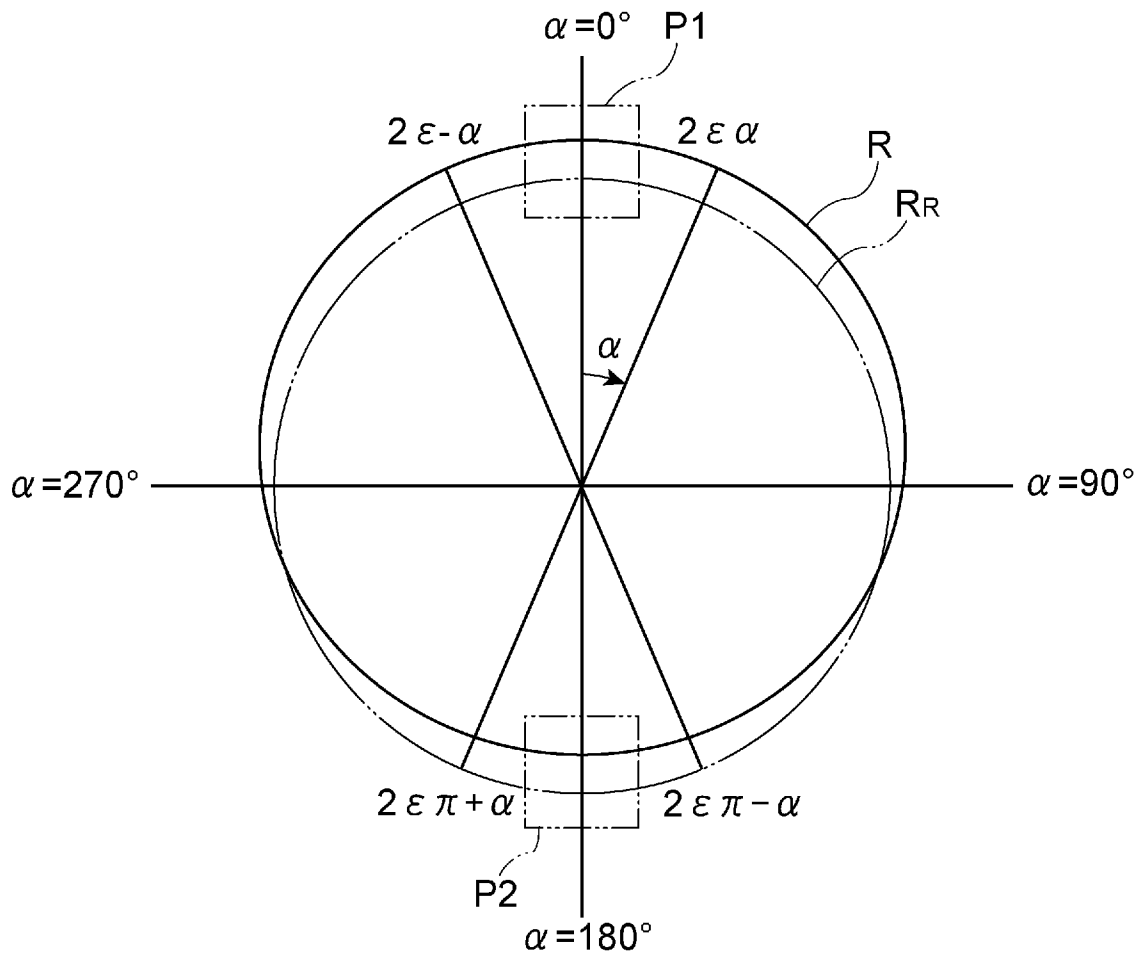
[図6]



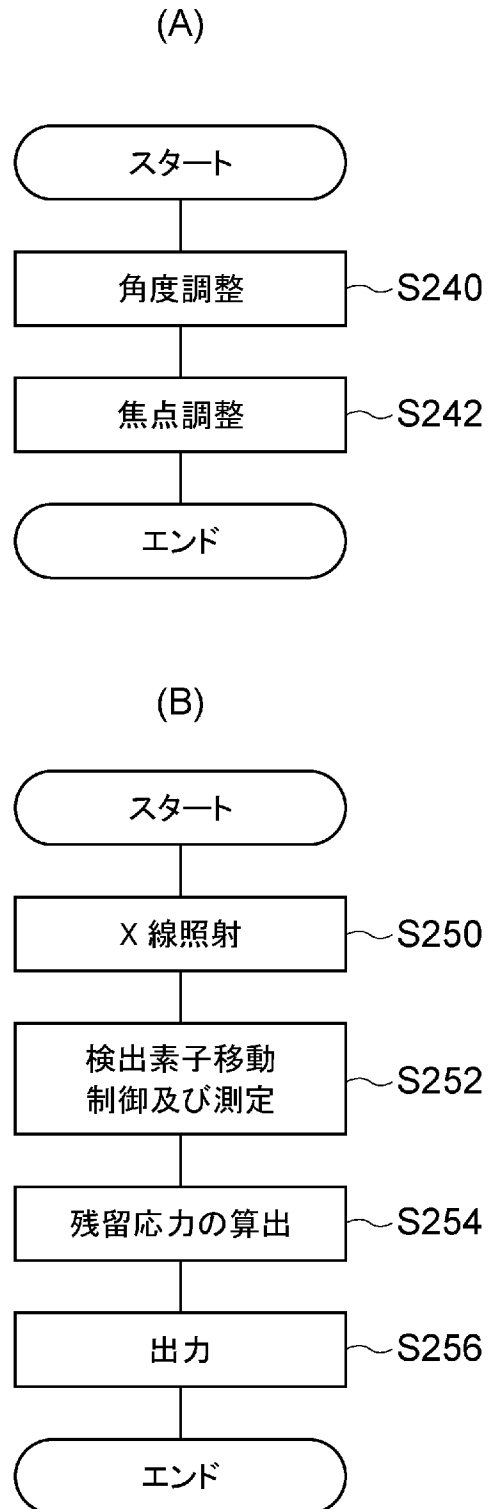
[図7]



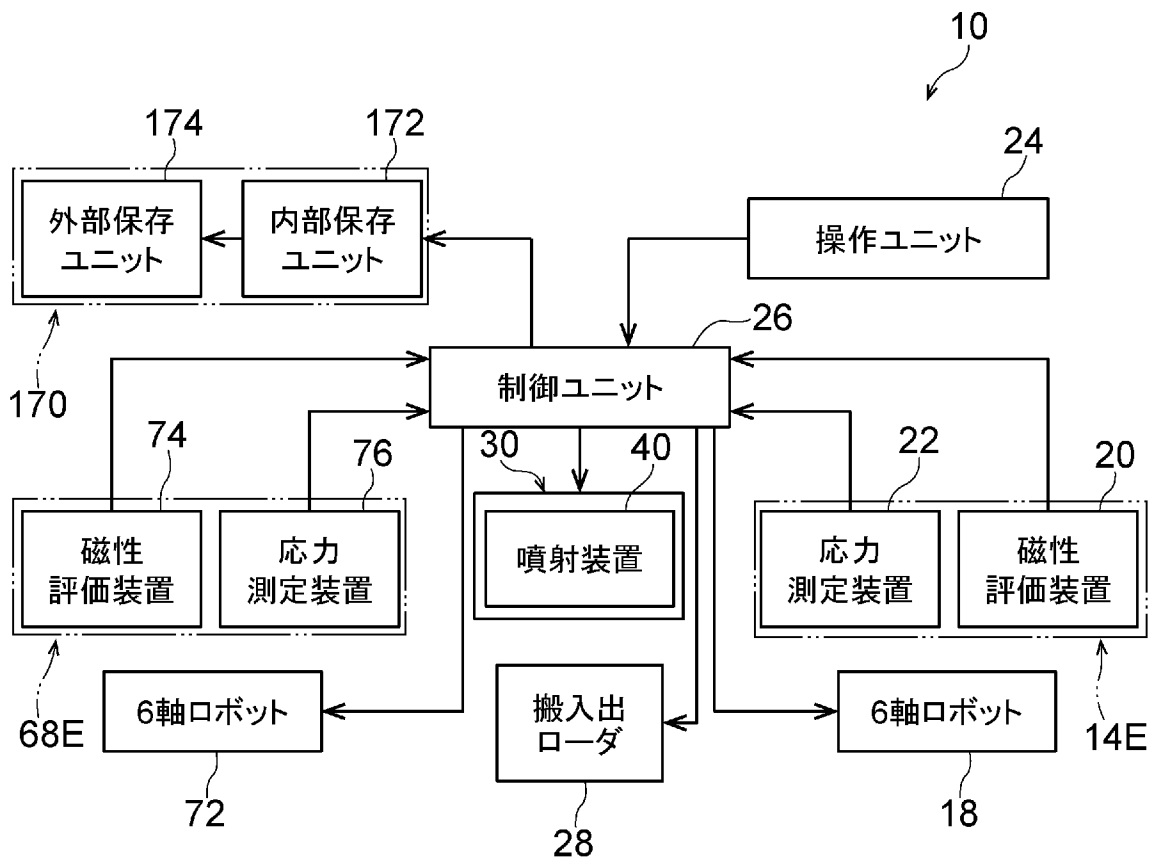
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/018377

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B24C1/10(2006.01)i, G01L1/00(2006.01)i, G01L1/25(2006.01)i, G01N23/207(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)
B24C1/10, B24C7/00, G01L1/00, G01L1/25, G01N23/207

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-127065 A (NKK Corp.), 08 May 2003 (08.05.2003), paragraphs [0069] to [0092]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-5, 8-12, 14-17 6-7, 13
Y	JP 2004-344924 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 09 December 2004 (09.12.2004), paragraph [0005]; fig. 5 (Family: none)	1-5, 8-12, 14-17
Y	JP 5-322870 A (Hitachi, Ltd.), 07 December 1993 (07.12.1993), paragraph [0021] & US 5670379 A column 2, lines 10 to 24	2-5, 8-10, 12, 14

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

* Special categories of cited documents:	"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
"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 20 June 2017 (20.06.17)	Date of mailing of the international search report 04 July 2017 (04.07.17)
--	---

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/JP2017/018377

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 2011-185638 A (Omron Corp.), 22 September 2011 (22.09.2011), paragraph [0099] & US 2011/0218754 A1 paragraph [0145] & EP 2364072 A2 & CN 102196721 A & KR 10-2011-0101046 A	9-10, 14, 16-17
P, A	WO 2016/203672 A1 (Sinto Kogyo Ltd.), 22 December 2016 (22.12.2016), entire text; fig. 1 to 5 & JP 2017-9356 A & US 2017/0167988 A1 entire text; fig. 1 to 5 & EP 3133388 A1 & CA 2962222 A1 & TW 201700961 A	6-7, 13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B24C1/10(2006.01)i, G01L1/00(2006.01)i, G01L1/25(2006.01)i, G01N23/207(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. B24C1/10, B24C7/00, G01L1/00, G01L1/25, G01N23/207

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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)

DWPI (Thomson Innovation)

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 2003-127065 A (日本鋼管株式会社) 2003.05.08, 段落 0069-0092, 図 1-3	1-5, 8-12, 14-17
A	(ファミリーなし)	6-7, 13
Y	JP 2004-344924 A (富士重工業株式会社) 2004.12.09, 段落 0005, 図 5 (ファミリーなし)	1-5, 8-12, 14-17
Y	JP 5-322870 A (株式会社日立製作所) 1993.12.07, 段落 0021 & US 5670379 A, 第 2 欄第 10-24 行	2-5, 8-10, 12, 14

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

20.06.2017

国際調査報告の発送日

04.07.2017

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)

中里 翔平

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

3C

3832

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 2011-185638 A (オムロン株式会社) 2011.09.22, 段落 0099 & US 2011/0218754 A1, 段落 0145 & EP 2364072 A2 & CN 102196721 A & KR 10-2011-0101046 A	9-10, 14, 16-17
P, A	WO 2016/203672 A1 (新東工業株式会社) 2016.12.22, 全文, 図 1-5 & JP 2017-9356 A & US 2017/0167988 A1, 全文, 図 1-5 & EP 3133388 A1 & CA 2962222 A1 & TW 201700961 A	6-7, 13