

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/100984 A1

(43) 国際公開日

2010 年 9 月 10 日(10.09.2010)

PCT

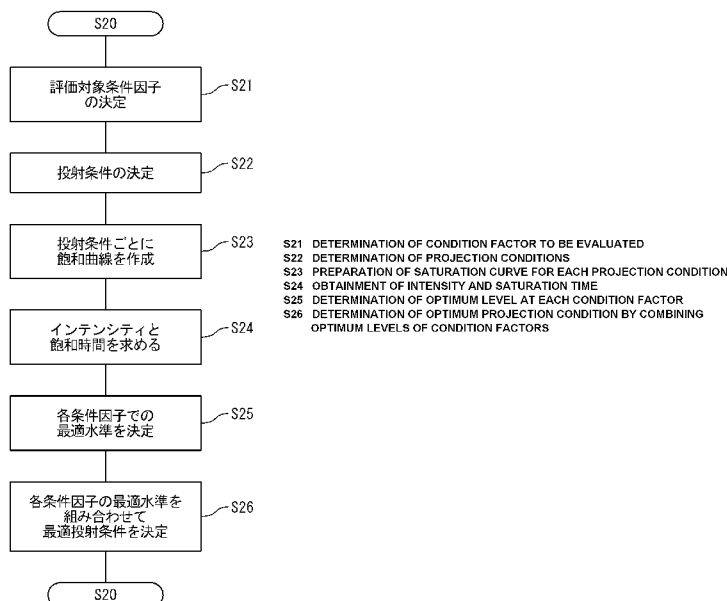
- (51) 国際特許分類:
B24C 1/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/051202
- (22) 国際出願日: 2010 年 1 月 29 日(29.01.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-050673 2009 年 3 月 4 日(04.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山田 毅 (YAMADA Takeshi) [JP/JP]; 〒4558515 愛知県名古屋市港区大江町 1 0 番地 三菱重工業株式会社名古屋航空宇宙システム製作所内 Aichi (JP). 井上 明子(INOUE Akiko) [JP/JP]; 〒4558515 愛知県名古屋市港区大江町 1 0 番地 三菱重工業株式会社名古屋航空宇宙システム製作所内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 工藤 実(KUDOH Minoru); 〒1400013 東京都品川区南大井六丁目 2 4 番 1 0 号カドヤビル 6 階 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR SETTING SHOT PEENING CONDITIONS

(54) 発明の名称: ショットピーニング加工条件の設定方法

[図4]



(57) Abstract: A method for setting shot peening conditions comprises a step of obtaining a saturation time on the basis of a saturation curve which represents variation in the arc height of an almen strip relative to a projection time in each of a plurality of projection conditions for a first combination, which is a combination of a shot peening apparatus and a medium, and a step of determining a first optimum projection condition corresponding to the first combination on the basis of the saturation time.

(57) 要約: ショットピーニング加工条件の設定方法は、ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第1組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のアーカハイト値の投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいて飽和時間を求めるステップと、第1組み合わせに対応する第1最適投射条件を飽和時間に基づいて決定するステップとを具備する。

WO 2010/100984 A1



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：ショットピーニング加工条件の設定方法

技術分野

[0001] 本発明は、ショットピーニング加工方法に関する。

背景技術

[0002] ショットピーニング加工方法は、金属表面層に圧縮残留応力を付与するために用いられる。ショットピーニング加工方法において、被加工物にメディア（投射材）を投射する。

[0003] 従来のショットピーニング加工方法においては、ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせを決定した後、被加工物に要求されるインテンシティ及びカバレッジが得られるように加工条件を決定していた。ショットピーニング加工の所要時間を短縮するための有効で体系的な方法が必要とされている。

[0004] 特開２００６－２０５３４２号公報は、従来のショットピーニング条件の設定方法を開示している。空気式ショットピーニング装置を用いて、単位時間に投射する投射材の重量とカバレッジ１００％が得られたときのアークハイト値との関係を求める。単位時間に投射する投射材の重量がある値より大きい領域では、単位時間に投射する投射材の重量が増加するとアークハイト値が大きく低下する。この値に基づいて単位時間に投射する投射材の重量の最適値が設定される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開２００６－２０５３４２号公報

発明の概要

[0006] 本発明の目的は、ショットピーニング加工の所要時間が短縮されるショットピーニング加工条件の設定方法及び金属部品の製造方法を提供することである。

- [0007] 本発明の第1の観点によるショットピーニング加工条件の設定方法は、ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第1組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のアーケハイト値の投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいて飽和時間を求めるステップと、前記第1組み合わせに対応する第1最適投射条件を前記飽和時間に基づいて決定するステップとを具備する。
- [0008] 好ましくは、前記複数の投射条件の条件因子は、第1条件因子と、第2条件因子とを含む。前記複数の投射条件は、第1投射条件と、前記第1投射条件と前記第1条件因子の水準のみが異なる第2投射条件と、第3投射条件と、前記第3投射条件と前記第2条件因子の水準のみが異なる第4投射条件とを含む。前記第1最適投射条件を前記飽和時間に基づいて決定する前記ステップは、前記第1投射条件における第1飽和時間と前記第2投射条件における第2飽和時間とに基づいて、前記第1最適投射条件における前記第1条件因子の水準を決定するステップと、前記第3投射条件における第3飽和時間と前記第4投射条件における第4飽和時間とに基づいて、前記第1最適投射条件における前記第2条件因子の水準を決定するステップとを含む。
- [0009] 好ましくは、前記ショットピーニング加工装置は、空気を用いてメディアをノズルから投射する。前記第1条件因子及び前記第2条件因子は、メディア流量、空気の圧力、前記ノズルと被処理面との距離、前記ノズルと被処理面との角度、前記ノズルの内径、及び、前記ノズルの移動速度から選択される任意の二つである。
- [0010] 好ましくは、前記ショットピーニング加工装置は、インペラーを用いてメディアを投射する。前記第1条件因子及び前記第2条件因子は、前記インペラーの回転速度、前記インペラーと被処理面との距離、前記インペラーと被処理面との角度、噴射口の大きさ、及び、被処理物の移動速度、及び被処理物の回転速度から選択される任意の二つである。
- [0011] 好ましくは、上記ショットピーニング加工条件の設定方法は、前記ショットピーニング加工装置が前記第1最適投射条件において試験片にメディアを

投射するステップと、前記試験片における圧痕面積率の分布と投射時間の関係を求めるステップと、前記圧痕面積率の分布と投射時間の関係に基づいて、前記試験片における前記圧痕面積率が飽和している領域の面積又は幅と前記投射時間との関係を求めるステップとを更に具備する。前記圧痕面積率は、単位面積当たりのメディアによる圧痕が占める面積を示す。

[0012] 好ましくは、上記ショットピーニング加工条件の設定方法は、前記面積又は前記幅と前記投射時間との関係に基づいてスポット移動条件を決定するステップを更に具備する。前記スポット移動条件は、前記ショットピーニング加工装置が被加工物を加工しているときにメディアが当たっている前記被加工物の領域としてのスポットが移動する互いに平行な移動軌跡のピッチを示す。

[0013] 好ましくは、上記ショットピーニング加工条件の設定方法は、前記第1最適投射条件に対応するインテンシティが被加工物に要求されるインテンシティに合わないとき、ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第2組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、飽和時間を求めるステップと、前記第2組み合わせに対応する第2最適投射条件を前記第2組み合わせに対応する前記飽和時間に基づいて決定するステップとを更に具備する。

[0014] 好ましくは、上記ショットピーニング加工条件の設定方法は、前記第1最適投射条件におけるインテンシティを求めるステップを更に具備する。

[0015] 好ましくは、上記ショットピーニング加工条件の設定方法は、前記飽和時間を求めるステップにおいて使用したアルメン試験片を用いて、前記複数の投射条件の各々においてカバレッジが100%となる投射時間としてのカバレッジ時間を求めるステップと、前記第1組み合わせに対応する第3最適投射条件を前記カバレッジ時間に基づいて決定するステップと、前記第1最適投射条件及び前記第3最適投射条件に基づいて第4最適投射条件を決定するステップとを更に具備する。

[0016] 本発明の第2の観点によるショットピーニング加工条件の設定方法は、シ

ショットピーニング加工装置が試験片にメディアを投射するステップと、前記試験片における圧痕面積率の分布と投射時間の関係を求めるステップと、前記圧痕面積率の分布と投射時間の関係に基づいて、前記試験片における前記圧痕面積率が飽和している領域の面積又は幅と前記投射時間との関係を求めるステップとを更に具備する。前記圧痕面積率は、単位面積当たりのメディアによる圧痕が占める面積を示す。

[0017] 本発明の第3の観点によるショットピーニング加工条件の設定方法は、ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第1組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のカバレッジの投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいてカバレッジが100%となる投射時間としてのカバレッジ時間を求めるステップと、前記第1組み合わせに対応する最適投射条件を前記カバレッジ時間に基づいて決定するステップとを具備する。

[0018] 好ましくは、前記複数の投射条件の条件因子は、第1条件因子と、第2条件因子とを含む。前記複数の投射条件は、第1投射条件と、前記第1投射条件と前記第1条件因子の水準のみが異なる第2投射条件と、第3投射条件と、前記第3投射条件と前記第2条件因子の水準のみが異なる第4投射条件とを含む。前記最適投射条件を前記カバレッジ時間に基づいて決定する前記ステップは、前記第1投射条件における第1カバレッジ時間と前記第2投射条件における第2カバレッジ時間とに基づいて、前記最適投射条件における前記第1条件因子の水準を決定するステップと、前記第3投射条件における第3カバレッジ時間と前記第4投射条件における第4カバレッジ時間とに基づいて、前記最適投射条件における前記第2条件因子の水準を決定するステップとを含む。

[0019] 本発明の第4の観点による金属部品の製造方法は、ショットピーニング加工条件を決定するステップと、前記ショットピーニング加工条件に基づいて被加工物を加工するステップとを具備する。前記ショットピーニング加工条件を決定する前記ステップは、ショットピーニング加工装置とメディアの組

み合わせとしての第 1 組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のアーケハイト値の投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいて飽和時間を求めるステップと、前記第 1 組み合わせに対応する第 1 最適投射条件を前記飽和時間に基づいて決定するステップとを含む。

[0020] 本発明の第 5 の観点による金属部品の製造方法は、ショットピーニング加工条件を決定するステップと、前記ショットピーニング加工条件に基づいて被加工物を加工するステップとを具備する。前記ショットピーニング加工条件を決定する前記ステップは、ショットピーニング加工装置が試験片にメディアを投射するステップと、前記試験片における圧痕面積率の分布と投射時間の関係を求めるステップと、前記圧痕面積率の分布と投射時間の関係に基づいて、前記試験片における前記圧痕面積率が飽和している領域の面積又は幅と前記投射時間との関係を求めるステップと、前記面積又は前記幅と前記投射時間との関係に基づいてスポット移動条件を決定するステップとを含む。前記スポット移動条件は、前記ショットピーニング加工装置が前記被加工物を加工しているときにメディアが当たっている前記被加工物の領域としてのスポットの移動条件を示す。

[0021] 本発明の第 6 の観点による金属部品の製造方法は、ショットピーニング加工条件を決定するステップと、前記ショットピーニング加工条件に基づいて被加工物を加工するステップとを具備する。前記ショットピーニング加工条件を決定する前記ステップは、ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第 1 組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のカバレッジの投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいてカバレッジが 100% となる投射時間としてのカバレッジ時間を求めるステップと、前記第 1 組み合わせに対応する最適投射条件を前記カバレッジ時間に基づいて決定するステップとを含む。

[0022] 本発明によれば、ショットピーニング加工の所要時間が短縮されるショットピーニング加工条件の設定方法及び金属部品の製造方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0023] 本発明の上記目的、他の目的、効果、及び特徴は、添付される図面と連携して実施の形態の記述から、より明らかになる。

[0024] [図1] 図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るショットピーニング加工方法のフローチャートである。

[図2] 図 2 は、ショットピーニング加工条件を決定するステップのフローチャートである。

[図3] 図 3 は、装置及びメディアの組み合わせに対応する最適加工条件を決定するステップのフローチャートである。

[図4] 図 4 は、最適投射条件を決定するステップのフローチャートである。

[図5] 図 5 は、ショットピーニング加工装置の投射部と被加工物面の位置関係を示す概略図である。

[図6] 図 6 は、投射条件を示すテーブルである。

[図7] 図 7 は、アークハイトと投射時間の関係を示すグラフである。

[図8A] 図 8 A は、インテンシティ及び飽和時間と圧力との関係を示すグラフである。

[図8B] 図 8 B は、インテンシティ及び飽和時間とメディア流量との関係を示すグラフである。

[図8C] 図 8 C は、インテンシティ及び飽和時間と投射角度との関係を示すグラフである。

[図8D] 図 8 D は、インテンシティ及び飽和時間と投射距離との関係を示すグラフである。

[図9] 図 9 は、スポット移動条件を決定するステップのフローチャートである。

[図10] 図 1 0 は、圧痕面積率分布と投射時間との関係を求めるための試験片を示す。

[図11] 図 1 1 は、圧痕面積率分布と投射時間との関係を示すグラフである。

[図12] 図 1 2 は、有効処理幅と投射時間との関係を示すグラフである。

[図13] 図 1 3 は、スポット移動軌跡を示す概略図である。

[図14] 図 1 4 は、有効処理幅と投射時間との関係を示すグラフである。

[図15] 図 1 5 は、単位面積当りの処理時間と投射時間との関係を示すグラフである。

[図16] 図 1 6 は、本発明の第 2 の実施形態に係る最適投射条件を決定するステップのフローチャートである。

[図17] 図 1 7 は、投射条件を示すテーブルである。

[図18] 図 1 8 は、本発明の第 3 の実施形態に係る最適投射条件を決定するステップのフローチャートである。

[図19] 図 1 9 は、カバレッジと投射時間の関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0025] 添付図面を参照して、本発明によるショットピーニング加工条件の設定方法及びショットピーニング加工方法を実施するための形態を以下に説明する。

[0026] (第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るショットピーニング加工方法のフローチャートである。ショットピーニング加工方法は、ステップ S 1 及び S 2 を含む。ステップ S 1 において、ショットピーニング加工条件を決定する。ステップ S 2 において、ステップ S 1 で決定した条件に基づいて被加工物を加工する。

[0027] 図 2 を参照して、ショットピーニング加工条件を決定するステップ S 1 は、ステップ S 1 1 ~ S 1 3 を含む。ステップ S 1 1 において、ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせを決定する。ここで、空気式ショットピーニング加工装置のどの機種、又は、機械式ショットピーニング装置のどの機種、というように評価対象となるショットピーニング加工装置を具体的に決定する。空気式ショットピーニング加工装置は、空気を用いてメディアをノズルから投射する。機械式ショットピーニング装置は、インペラーを用いてメディアを投射する。そして、決定されたショットピーニング加工装置で使用可能なメディアであって一定の品質基準にしたがって管理されてい

るメディアの中から一つを決定する。一定の品質基準にしたがって管理されているメディアを用いることで、ショットピーニング加工の再現性が確保される。一定の品質基準にしたがって管理されているメディアとは、例えば、公共規格で規定されたメディアである。ステップS 1 2において、ステップS 1 1で決定した組み合わせに対応する最適加工条件を決定する。ステップS 1 3において、ステップS 1 1で決定したショットピーニング加工装置及びメディアを用いてステップS 1 2で決定した最適加工条件に基づいて被加工物を加工した場合、被加工物に要求されるインテンシティが満足されるか判断する。インテンシティ要求が満足されない場合、ステップS 1 1に戻る。インテンシティ要求が満足される場合、ステップS 2に進む。

[0028] 図3を参照して、最適加工条件を決定するステップS 1 2は、ステップS 2 0及びS 3 0を含む。ステップS 2 0において、ステップS 1 1で決定したショットピーニング加工装置がステップS 1 1で決定したメディアを投射するときの最適投射条件を決定する。ステップS 3 0において、スポット移動条件を決定する。スポット移動条件は、ステップS 1 1で決定したショットピーニング加工装置が被加工物を加工しているときにメディアが当たっている被加工物の領域としてのスポットの移動条件を示す。

[0029] 図4を参照して、最適投射条件を決定するステップS 2 0は、ステップS 2 1～S 2 6を含む。

[0030] ステップS 2 1において、評価対象条件因子を決定する。空気式ショットピーニング加工装置の場合における評価対象条件因子は、例えば、メディアの流量（kg／分）、空気圧力（MPa）、空気式ショットピーニング加工装置の投射部としてのノズルと被処理物面との距離（投射距離）、ノズルと被処理物面との角度（投射角度）、ノズル内径、及びノズルの移動速度である。機械式ショットピーニング加工装置の場合における評価対象条件因子は、例えば、機械式ショットピーニング装置の投射部としてのインペラーの回転速度（rpm）、インペラーと被処理物面との距離（投射距離）、インペラーと被処理物面との角度（投射角度）、メディアが被処理物に対して噴射

される噴射口の大きさ、被処理物の移動速度、及び被処理物の回転速度（ r pm）である。

[0031] 図5を参照して、ショットピーニング加工装置の投射部1と被加工物面2との距離 D と、投射部1と被加工物面2との角度 θ とが示されている。

[0032] ステップS22において、複数の投射条件を決定する。例えば、複数の投射条件の条件因子は、ステップS21で決定した条件因子としての流量、圧力、角度、距離などを含む。図6は、複数の投射条件に含まれる投射条件1-1～1-3を示す。投射条件1-1～1-3は、流量の水準のみが互いに異なり、他の条件因子の水準は同じである。複数の投射条件は、圧力の水準のみが異なる投射条件群、角度の水準のみが異なる投射条件群、距離の水準のみが異なる投射条件群などを含む。

[0033] ステップS23において、ステップS22で決定した複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のアークハイト値の投射時間に対する変化を示す飽和曲線を作成する。図7は、ある投射条件において投射時間を5秒、10秒、20秒、40秒としたときのアークハイト値に基づいて得られた飽和曲線10を示す。

[0034] ステップS24において、ステップS23において得られた飽和曲線に基づいて、ステップS22で決定した複数の投射条件の各々におけるインテンシティ及び飽和時間を求める。図7を参照して、インテンシティ及び飽和時間を求める方法を説明する。米国の航空宇宙規格であるAMS-S-13165Aによれば、投射時間を2倍にしてもアークハイト値の増分が10%以下である飽和曲線10上の点11を飽和点11と呼び、飽和点11におけるアークハイト値がインテンシティ I 、飽和点11における投射時間が飽和時間 S である。

[0035] ステップS25において、飽和時間が最短になるように、各条件因子での最適水準を決定する。例えば、図8Aは、上述のようにして得られたインテンシティと圧力との関係及び飽和時間と圧力との関係を示す。飽和時間と圧力との関係に基づいて、圧力の最適水準を0.3MPa以上と決定する。図

8 Bは、上述のようにして得られたインテンシティと流量との関係及び飽和時間と流量との関係を示す。飽和時間と流量との関係に基づいて、流量の最適水準を4 kg／分と決定する。図8 Cは、上述のようにして得られたインテンシティと角度との関係及び飽和時間と角度との関係を示す。飽和時間と角度との関係に基づいて、角度の最適水準を90度と決定する。図8 Dは、上述のようにして得られたインテンシティと距離との関係及び飽和時間と距離との関係を示す。飽和時間と距離との関係に基づいて、距離の最適水準を200 mm以下と決定する。

[0036] ステップS 26において、ステップS 11で決定したショットピーニング加工装置及びメディアの組み合わせに対応する最適投射条件を決定する。最適投射条件は、ステップS 25で決定した各条件因子の最適水準を組み合わせたものである。

[0037] 図6に示す投射条件1-2は、ステップS 26で決定された最適投射条件に該当する。したがって、図8 Bから、最適投射条件におけるインテンシティを求める。したがって、ステップS 11で決定したショットピーニング装置及びメディアの組み合わせによって効率的に（短い処理時間で）得ることが可能なインテンシティは図8 Bから0.011 inch Nである。なお、あらためて試験を行って最適投射条件におけるインテンシティを求めてもよい。

[0038] ステップS 26の後、ステップS 30に進む。

[0039] 上述したように、飽和時間に基づいて、ステップS 11で決定した組み合わせを用いて加工を行うときの処理時間が短くなる最適投射条件が決定される。一般的には、飽和時間が短いほどカバレッジが100%となるカバレッジ時間が短いと考えられる。飽和時間はカバレッジ時間に比べて決定が容易である。

[0040] スポットの移動条件を最適化すれば、処理時間を更に短くすることができる。スポット移動条件を決定するステップS 30を以下に説明する。

[0041] 図9を参照して、ステップS 30は、ステップS 31～S 33を含む。

[0042] ステップS 3 1を説明する。図 1 0は、ステップS 3 1で用いられる試験片 5を示す。試験片 5は、アルメン試験片、又は、被処理物と同じ材質で形成された板である。試験片 5は、後述する有効処理幅（面積）に対して十分大きいことが好ましい。ステップS 3 1において、ステップS 1 1で決定したショットピーニング加工装置がステップS 2 0で決定した最適投射条件においてステップS 1 1で決定したメディアを試験片 5に投射する。このときの投射時間は、例えば、最適投射条件における飽和時間を含む範囲内において3水準程度を設定する。ここで、ショットピーニング加工装置の投射部と試験片 5とは、一定条件で相対的に移動していてもよい。この場合、例えば、メディアが当たる領域としてのスポットが試験片 5の中心線 4に沿って往復するように投射部が平行移動又は首振りする。試験片 5の中心線 4の方向の長さはXである。

[0043] ステップS 3 1において、投射を行った後の試験片 5の表面を拡大鏡を用いて観察し、試験片 5の表面上に定義される複数の面積率算出領域 7の各々について、圧痕面積率を算出する。複数の面積率算出領域 7は、試験片 5の中心線 4の両側において中心線 4と中心位置 6で直交する直線に沿って配置される。複数の面積率算出領域 7は、同形状且つ同サイズの領域である。各面積率算出領域 7は、例えば、2. 5 6 mm角の矩形領域である。面積率算出領域 7の測定位置を示す数字が図に示されている。この数字の絶対値は中心位置 6から離れるほど大きく、この数字の符号は中心線 4の一方側で正であり、中心線 4の他方側で負である。圧痕面積率は、単位面積当たりのメディアにより形成された圧痕（ディンプル）が占める面積を示す。

[0044] ステップS 3 1において、試験片 5における圧痕面積率の分布と投射時間の関係を求める。図 1 1は、試験片 5における圧痕面積率の分布と投射時間の関係を示す。図 1 1の縦軸及び横軸は、それぞれ圧痕面積率及び試験片 5上の測定位置である。図 1 1において、投射時間が1、2、3、4秒の場合の各々について、圧痕面積率と測定位置の関係が示されている。

[0045] ステップS 3 2において、図 1 1に示された圧痕面積率の分布と投射時間

の関係に基づいて、投射時間が 1、2、3、4 秒の場合の各々について試験片 5 における圧痕面積率が飽和している領域の幅を求める。圧痕面積率が飽和している領域は、カバレッジが 100%以上に達している領域である。圧痕面積率が飽和している領域の幅は、有効処理幅と呼ばれる。なお、試験片 5 における圧痕面積率が飽和している領域の幅（有効処理幅）のかわりに、この領域の面積（有効処理面積）を用いることも可能である。図 12 は、有効処理幅と投射時間の関係を示す。図 12 の縦軸は有効処理幅であり、横軸は投射時間である。投射時間が増加すると有効処理幅が増加するが、投射時間が 1 秒を超えると、有効処理幅の増加が鈍くなる。

[0046] ステップ S 33 において、図 12 の有効処理幅と投射時間の関係からスポット移動条件を決定する。図 13 を参照して、ステップ S 11 で決定したショットピーニング加工装置が被加工物 3 を加工するとき、メディアが当たる被加工物 3 の領域としてのスポットを移動軌跡 4A~4C の各々に沿って往復させる。移動軌跡 4A~4C は互いに平行である。ここで、移動軌跡 4A~4C の方向の被加工物 3 の長さは Y であり、移動軌跡 4A~4C のピッチは P である。ピッチ P は、移動軌跡 4A~4C のうちの隣り合うものどうしの間隔である。図 12 において投射時間が 1 秒のときの有効処理幅が 25 mm であるから、ピッチ P が 25 mm であり、且つ、移動軌跡 4A~4C の各々に沿ってスポットを往復させる投射時間が 1 秒の (Y/X) 倍であることを、スポット移動条件として決定する。

[0047] ステップ S 30 の他の例を説明する。図 14 は、有効処理幅 w と投射時間 t の関係の他の例を示す。投射時間 t において、長さが X 、幅が w の矩形の領域内のカバレッジが 100%以上になる。つまり、面積 Xw が時間 t で処理される。ここで、長さ X は定数であるから、単位面積当たりの処理時間は t/w に比例する。図 15 は、図 14 の有効処理幅 w と投射時間 t の関係から求めた t/w と t の関係を示す。この場合、 t/w の値が最小となる t の値 1.5 秒とそのときの有効処理幅 9 mm に基づいて、ピッチ P が 9 mm であり、且つ、移動軌跡 4A~4C の各々に沿ってスポットを往復させる投射

時間が1.5秒の(Y/X)倍であることを、スポット移動条件として決定する。

[0048] なお、処理すべき被加工物が具体的に決まっているときは、ステップS20の後且つステップS30の前にステップS13を実行することが好ましい。

[0049] なお、ステップS20において、特定の条件因子の水準を固定した上で他の条件因子の最適水準を決定してもよい。例えば、被処理物の表面に凹凸が多く、投射角度が90度では被処理物の表面全体を投射できない場合、投射角度を45度に固定した上で、他の条件因子の最適水準を決定する。

[0050] (第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態に係るショットピーニング加工条件の設定方法は、ステップS20が最適投射条件を決定するステップS210で置き換えられている点を除いて第1の実施形態に係るショットピーニング加工条件の設定方法と同じである。

[0051] 図16に示すように、ステップS210は、上述のステップS21～S24と、ステップS211～S214を備える。ステップS211において、ステップS25と同様に各条件因子で飽和時間が最短となる水準を判定する。ステップS212において、ステップS211において判定した水準の近傍において追加試験を実施する。

[0052] 図17は、追加試験における投射条件の例を示す。投射条件1-4は、流量が3kg/分である点を除いて投射条件1-2と同じである。投射条件1-5は、流量が5kg/分である点を除いて投射条件1-2と同じである。投射条件1-6は、圧力が0.2MPaである点を除いて投射条件1-2と同じである。各投射条件についてインテンシティと飽和時間を求める。

[0053] ステップS213において、ステップS212において求めた飽和時間とステップS24において求めた飽和時間とに基づいて、各条件因子での最適水準を決定する。

[0054] ステップS214において、ステップS11で決定したショットピーニン

グ加工装置及びメディアの組み合わせに対応する最適投射条件を決定する。
最適投射条件は、ステップS 2 1 3で決定した各条件因子の最適水準を組み合わせたものである。

[0055] (第3の実施形態)

本発明の第3の実施形態に係るショットピーニング加工条件の設定方法は、ステップS 2 0がステップS 2 2 0で置き換えられ、ステップS 3 0が除かれている点を除いて第1又は第2の実施形態に係るショットピーニング加工条件の設定方法と同じである。

[0056] 図18を参照して、ステップS 2 2 0は、上述のステップS 2 1～S 2 6と、ステップS 2 2 1～S 2 2 4を備える。ステップS 2 2 1において、ステップS 2 3で使用したアルメン試験片を用い、ステップS 2 2で決定した複数の投射条件の各々において、アルメン試験片全面のカバレッジと投射時間の関係を求める。カバレッジは、例えば、J I S B 2 7 1 1の付録にあるようなカバレッジ判定用の写真とアルメン試験片表面との比較に基づいて判断される。そして、各投射条件について、図19に示すようなカバレッジの投射時間に対する変化を示す飽和曲線を求める。図19の縦軸はカバレッジであり、横軸は投射時間である。そして、飽和曲線に基づいて、カバレッジが100%になる投射時間としてのカバレッジ時間Cを求める。このように、複数の投射条件の各々において、カバレッジ時間を求める。

[0057] ステップS 2 2 2において、カバレッジ時間が最短になるように、各条件因子での最適水準を決定する。

[0058] ステップS 2 2 3において、ステップS 1 1で決定したショットピーニング加工装置及びメディアの組み合わせに対応する最適投射条件を決定する。最適投射条件は、ステップS 2 2 2で決定した各条件因子の最適水準を組み合わせたものである。

[0059] ステップS 2 2 4において、ステップS 2 6で決定した最適投射条件とステップS 2 2 3で決定した最適投射条件とに基づいて、一つの最適投射条件を決定する。例えば、ステップS 2 6で決定した最適投射条件及びステップ

S 2 2 3 で決定した最適投射条件の一方を選択することでステップ S 2 2 4 における最適投射条件を決定してもよく、ステップ S 2 6 で決定した最適投射条件をステップ S 2 2 3 で決定した最適投射条件に基づいて修正してステップ S 2 2 4 における最適投射条件を決定してもよい。

[0060] 本実施形態においては、ステップ S 2 において、ステップ S 2 2 4 で決定した最適投射条件に基づいて被加工物を加工する。

[0061] 飽和時間だけに基づいて決定された最適投射条件におけるカバレッジ時間が長いことが起こる可能性がある。本実施形態によれば、カバレッジ時間が確実に短くなるように最適投射条件が決定される。

[0062] なお、飽和時間に基づいて最適投射条件を決定せずに、カバレッジ時間だけに基づいて最適投射条件を決定してもよい。

[0063] 上記各実施形態に係るショットピーニング加工方法を金属部品の製造方法に適用することが可能である。

[0064] 以上、実施の形態を参照して本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。上記実施の形態に様々な変更を行うことが可能である。

[0065] この出願は、2009年3月4日に提出された日本出願特願2009-050673号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

請求の範囲

- [請求項1] ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第1組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のアーケハイト値の投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいて飽和時間を求めるステップと、
- 前記第1組み合わせに対応する第1最適投射条件を前記飽和時間に基づいて決定するステップと
- を具備する
- ショットピーニング加工条件の設定方法。
- [請求項2] 前記複数の投射条件の条件因子は、第1条件因子と、第2条件因子とを含み、
- 前記複数の投射条件は、第1投射条件と、前記第1投射条件と前記第1条件因子の水準のみが異なる第2投射条件と、第3投射条件と、前記第3投射条件と前記第2条件因子の水準のみが異なる第4投射条件とを含み、
- 前記第1最適投射条件を前記飽和時間に基づいて決定する前記ステップは、
- 前記第1投射条件における第1飽和時間と前記第2投射条件における第2飽和時間とに基づいて、前記第1最適投射条件における前記第1条件因子の水準を決定するステップと、
- 前記第3投射条件における第3飽和時間と前記第4投射条件における第4飽和時間とに基づいて、前記第1最適投射条件における前記第2条件因子の水準を決定するステップとを含む
- 請求項1のショットピーニング加工条件の設定方法。
- [請求項3] 前記ショットピーニング加工装置は、空気を用いてメディアをノズルから投射し、
- 前記第1条件因子及び前記第2条件因子は、メディア流量、空気の圧力、前記ノズルと被処理面との距離、前記ノズルと被処理面との角

度、前記ノズルの内径、及び、前記ノズルの移動速度から選択される任意の二つである

請求項2のショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項4] 前記ショットピーニング加工装置は、インペラーを用いてメディアを投射し、

前記第1条件因子及び前記第2条件因子は、前記インペラーの回転速度、前記インペラーと被処理面との距離、前記インペラーと被処理面との角度、噴射口の大きさ、及び、被処理物の移動速度、及び被処理物の回転速度から選択される任意の二つである

請求項2のショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項5] 前記ショットピーニング加工装置が前記第1最適投射条件において試験片にメディアを投射するステップと、

前記試験片における圧痕面積率の分布と投射時間の関係を求めるステップと、

前記圧痕面積率の分布と投射時間の関係に基づいて、前記試験片における前記圧痕面積率が飽和している領域の面積又は幅と前記投射時間との関係を求めるステップと

を更に具備し、

前記圧痕面積率は、単位面積当たりのメディアによる圧痕が占める面積を示す

請求項1又は2のショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項6] 前記面積又は前記幅と前記投射時間との関係に基づいてスポット移動条件を決定するステップを更に具備し、

前記スポット移動条件は、前記ショットピーニング加工装置が被加工物を加工しているときにメディアが当たっている前記被加工物の領域としてのスポットが移動する互いに平行な移動軌跡のピッチを示す

請求項5のショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項7] 前記第1最適投射条件に対応するインテンシティが被加工物に要求

されるインテンシティに合わないとき、

ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第2組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、飽和時間を求めるステップと、

前記第2組み合わせに対応する第2最適投射条件を前記第2組み合わせに対応する前記飽和時間に基づいて決定するステップと
を更に具備する

請求項1乃至6のいずれかに記載のショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項8] 前記第1最適投射条件におけるインテンシティを求めるステップを更に具備する

請求項1乃至7のいずれかに記載のショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項9] 前記飽和時間を求めるステップにおいて使用したアルメン試験片を用いて、前記複数の投射条件の各々においてカバレッジが100%となる投射時間としてのカバレッジ時間を求めるステップと、

前記第1組み合わせに対応する第3最適投射条件を前記カバレッジ時間に基づいて決定するステップと、

前記第1最適投射条件及び前記第3最適投射条件に基づいて第4最適投射条件を決定するステップと
を更に具備する

請求項1乃至4のいずれかに記載のショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項10] ショットピーニング加工装置が試験片にメディアを投射するステップと、

前記試験片における圧痕面積率の分布と投射時間の関係を求めるステップと、

前記圧痕面積率の分布と投射時間の関係に基づいて、前記試験片に

における前記圧痕面積率が飽和している領域の面積又は幅と前記投射時間との関係を求めるステップと

を具備し、

前記圧痕面積率は、単位面積当たりのメディアによる圧痕が占める面積を示す

ショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項11]

ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第1組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のカバレッジの投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいてカバレッジが100%となる投射時間としてのカバレッジ時間を求めるステップと、

前記第1組み合わせに対応する最適投射条件を前記カバレッジ時間に基づいて決定するステップと

を具備する

ショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項12]

前記複数の投射条件の条件因子は、第1条件因子と、第2条件因子とを含み、

前記複数の投射条件は、第1投射条件と、前記第1投射条件と前記第1条件因子の水準のみが異なる第2投射条件と、第3投射条件と、前記第3投射条件と前記第2条件因子の水準のみが異なる第4投射条件とを含み、

前記最適投射条件を前記カバレッジ時間に基づいて決定する前記ステップは、

前記第1投射条件における第1カバレッジ時間と前記第2投射条件における第2カバレッジ時間とに基づいて、前記最適投射条件における前記第1条件因子の水準を決定するステップと、

前記第3投射条件における第3カバレッジ時間と前記第4投射条件における第4カバレッジ時間とに基づいて、前記最適投射条件におけ

る前記第 2 条件因子の水準を決定するステップと
を含む

請求項 11 のショットピーニング加工条件の設定方法。

[請求項13]

ショットピーニング加工条件を決定するステップと、

前記ショットピーニング加工条件に基づいて被加工物を加工するステップと

を具備し、

前記ショットピーニング加工条件を決定する前記ステップは、

ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第 1 組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のアーケハイト値の投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいて飽和時間を求めるステップと、

前記第 1 組み合わせに対応する第 1 最適投射条件を前記飽和時間に基づいて決定するステップと

を含む

金属部品の製造方法。

[請求項14]

ショットピーニング加工条件を決定するステップと、

前記ショットピーニング加工条件に基づいて被加工物を加工するステップと

を具備し、

前記ショットピーニング加工条件を決定する前記ステップは、

ショットピーニング加工装置が試験片にメディアを投射するステップと、

前記試験片における圧痕面積率の分布と投射時間の関係を求めるステップと、

前記圧痕面積率の分布と投射時間の関係に基づいて、前記試験片における前記圧痕面積率が飽和している領域の面積又は幅と前記投射時間との関係を求めるステップと、

前記面積又は前記幅と前記投射時間との関係に基づいてスポット移動条件を決定するステップと

を含み、

前記スポット移動条件は、前記ショットピーニング加工装置が前記被加工物を加工しているときにメディアが当たっている前記被加工物の領域としてのスポットの移動条件を示す

金属部品の製造方法。

[請求項15]

ショットピーニング加工条件を決定するステップと、

前記ショットピーニング加工条件に基づいて被加工物を加工するステップと

を具備し、

前記ショットピーニング加工条件を決定する前記ステップは、

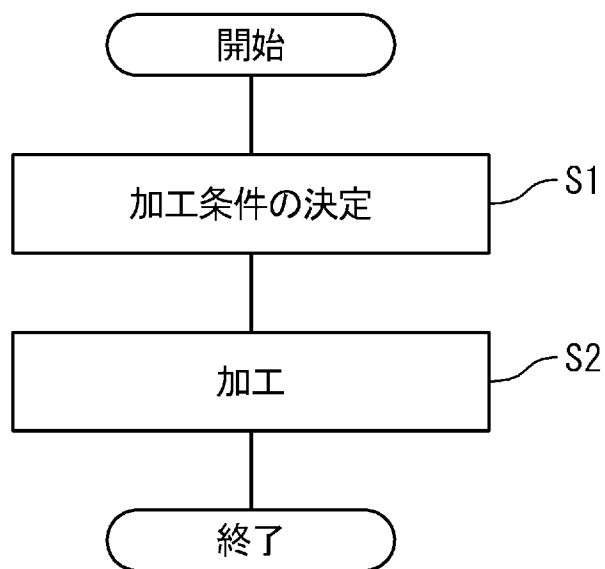
ショットピーニング加工装置とメディアの組み合わせとしての第1組み合わせに対する複数の投射条件の各々において、アルメン試験片のカバレッジの投射時間に対する変化を示す飽和曲線に基づいてカバレッジが100%となる投射時間としてのカバレッジ時間を求めるステップと、

前記第1組み合わせに対応する最適投射条件を前記カバレッジ時間に基づいて決定するステップと

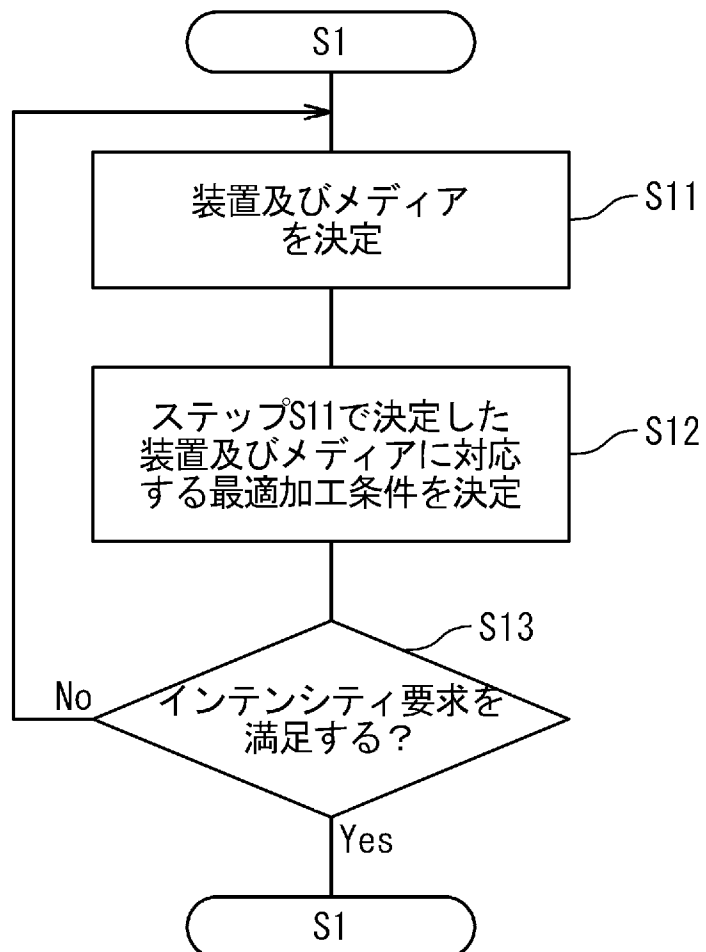
を含む

金属部品の製造方法。

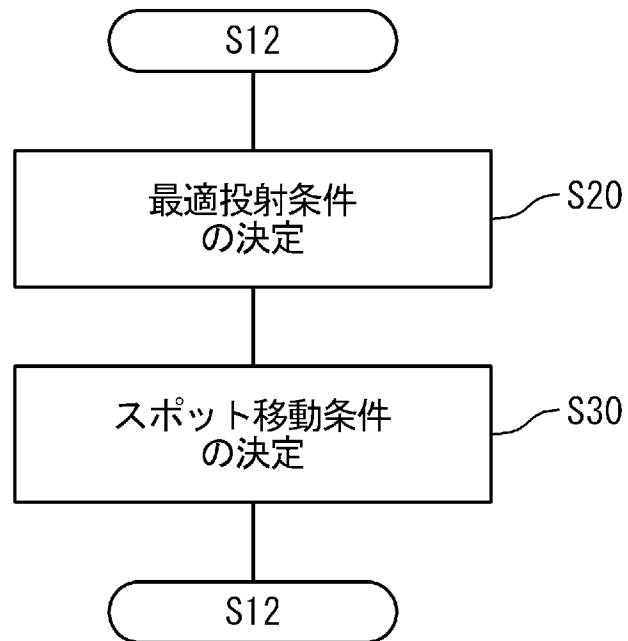
[図1]



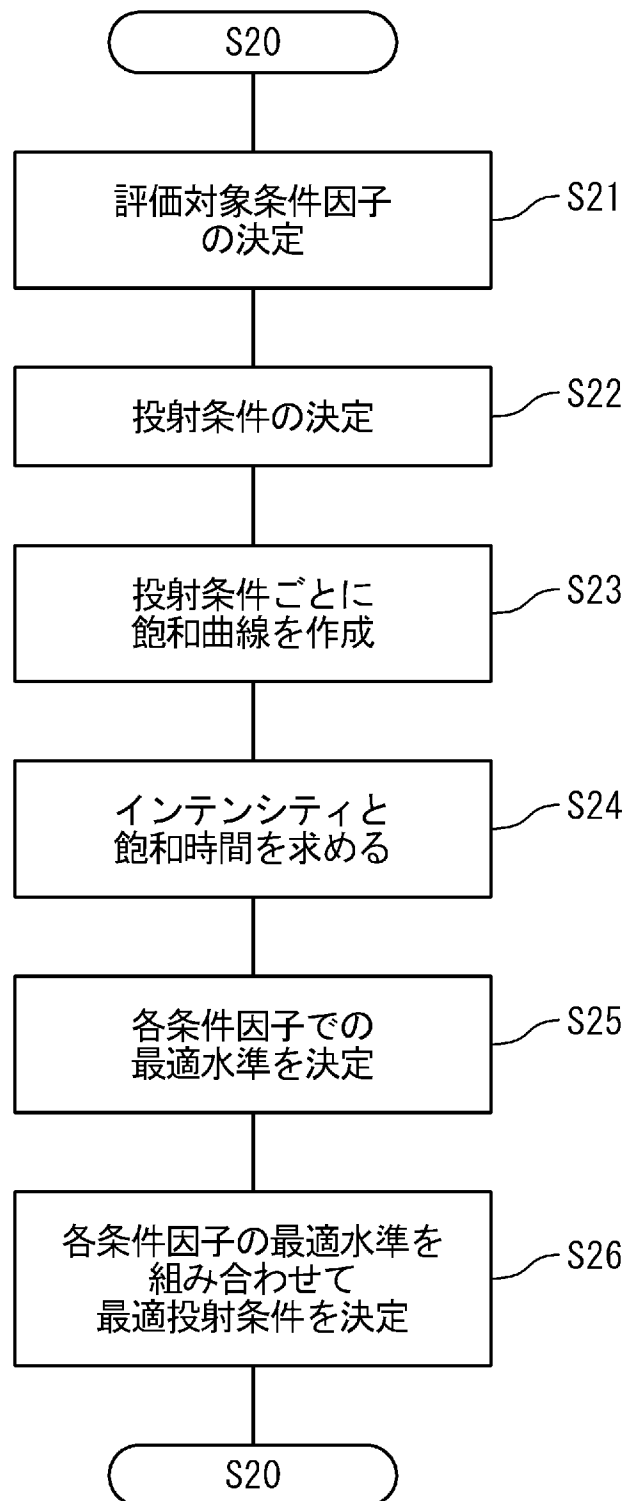
[図2]



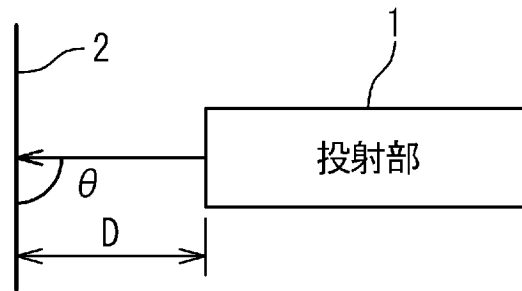
[図3]



[図4]



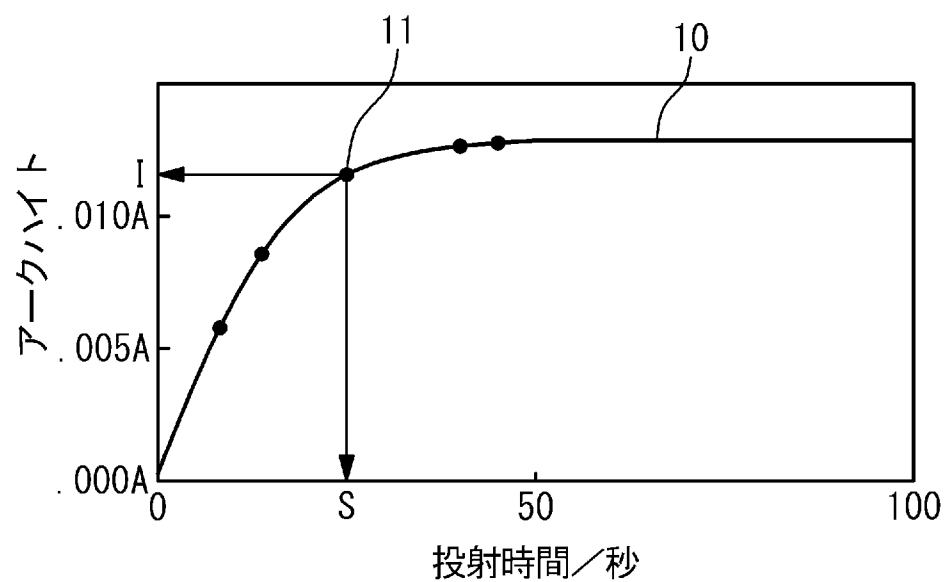
[図5]



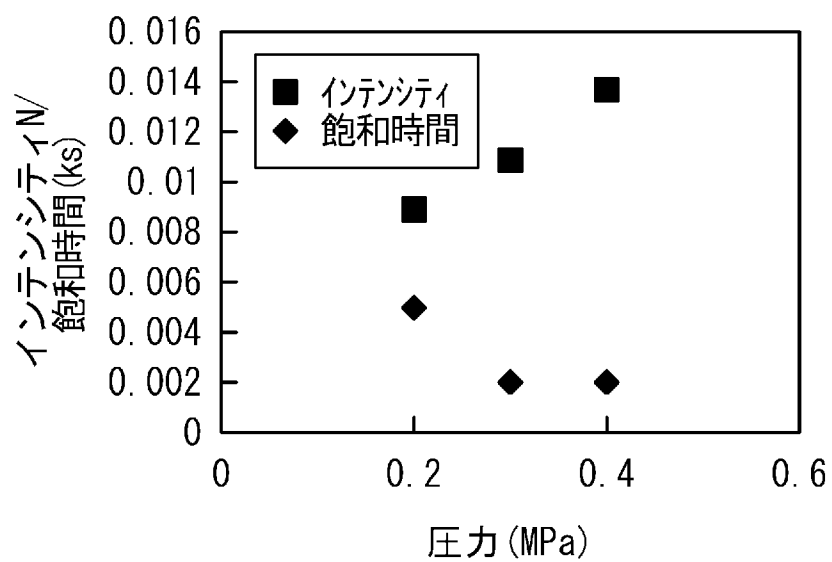
[図6]

条件番号	1-1	1-2	1-3
エア圧力P[MPa]	0.3	0.3	0.3
角度 θ	90	90	90
流量kg/min	1.3	4	7
メディア	S70	S70	S70
距離/mm	200	200	200
ノズル径	9	9	9

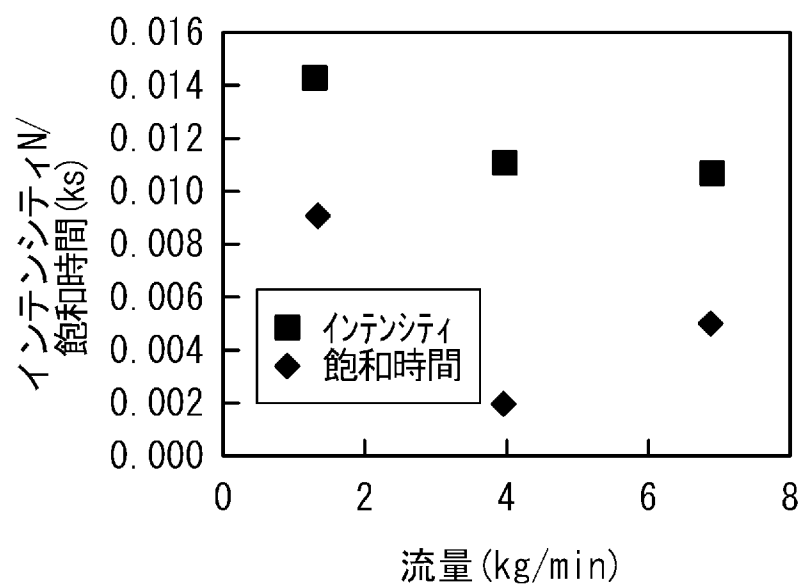
[図7]



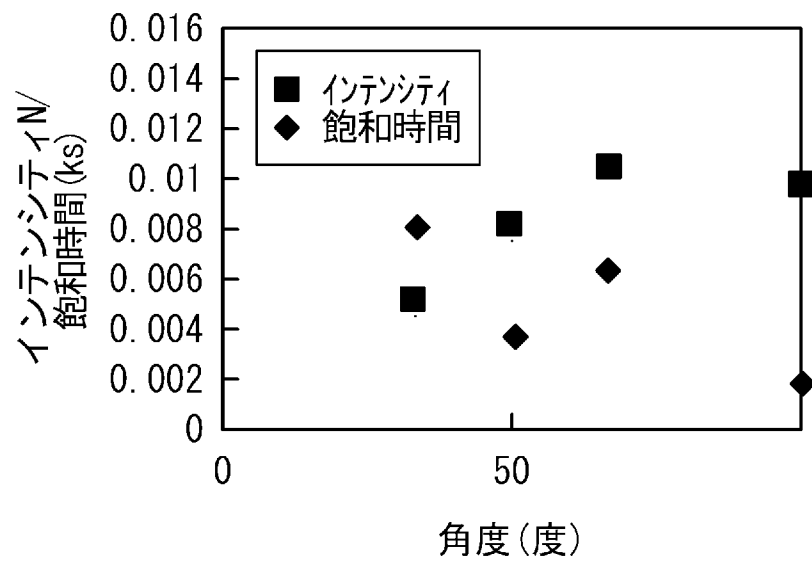
[図8A]



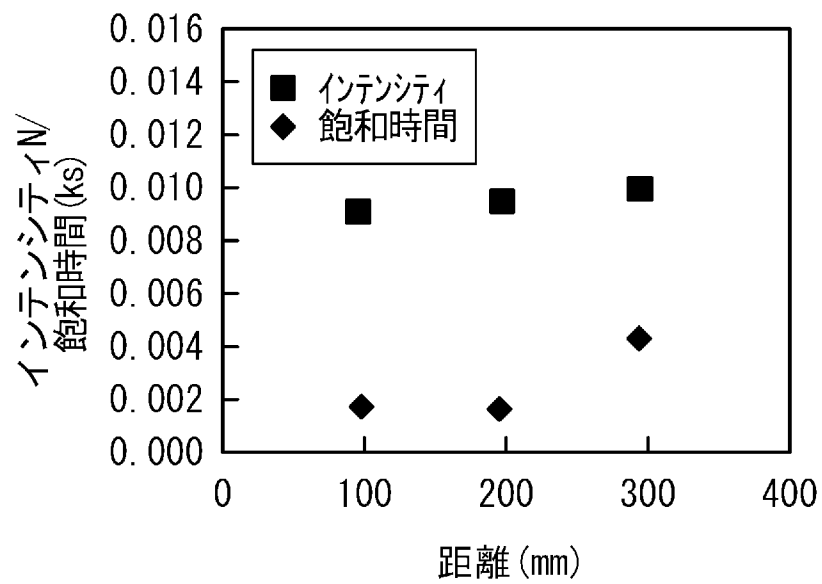
[図8B]



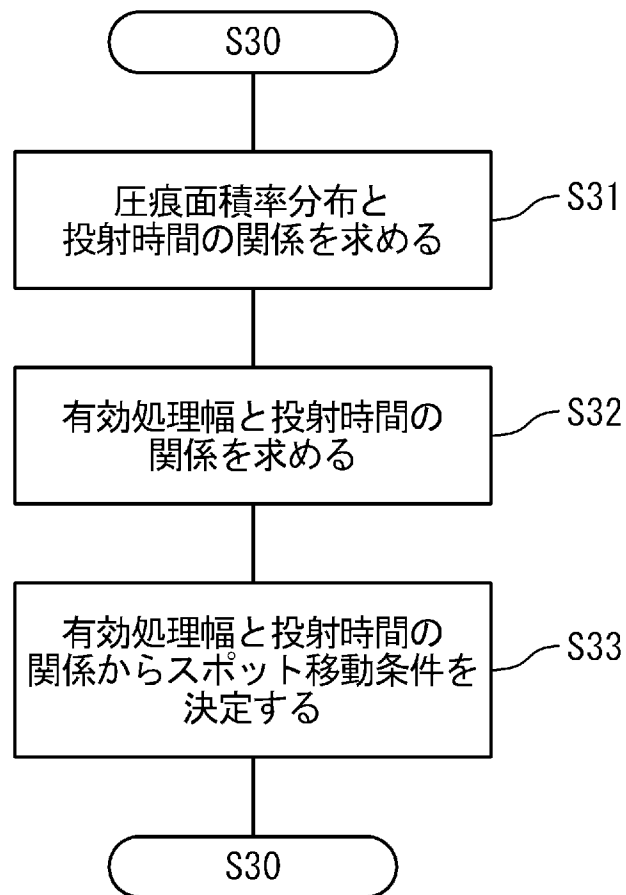
[図8C]



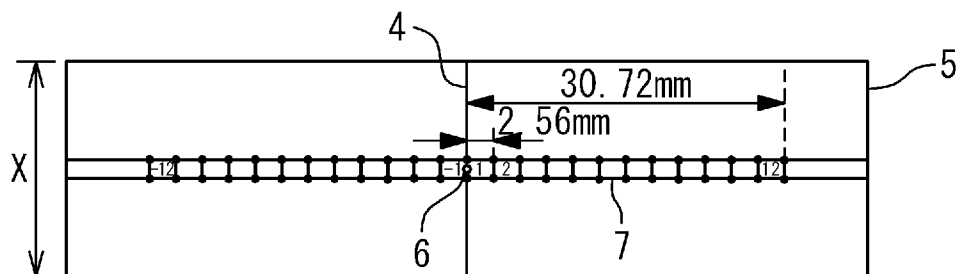
[図8D]



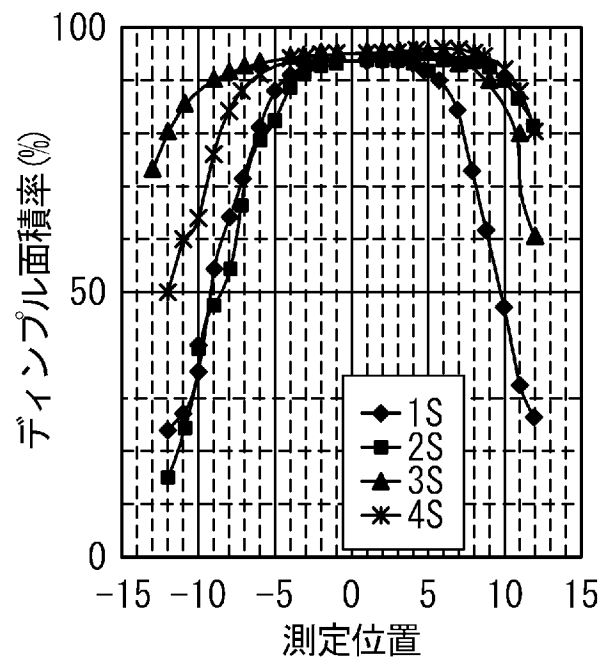
[図9]



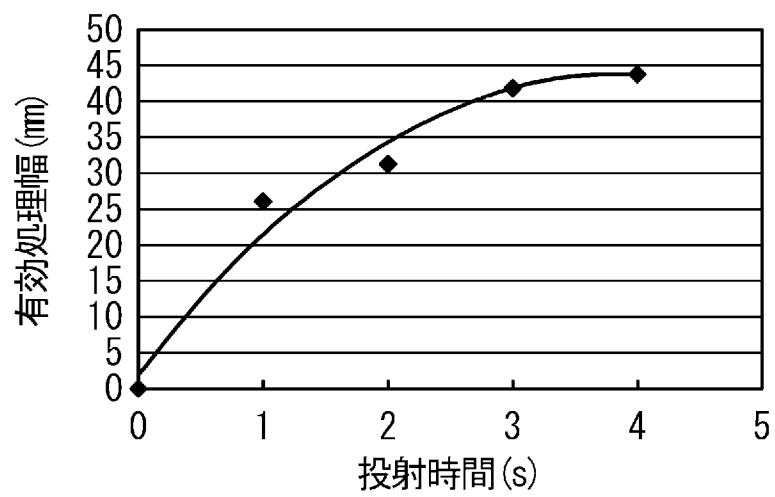
[図10]



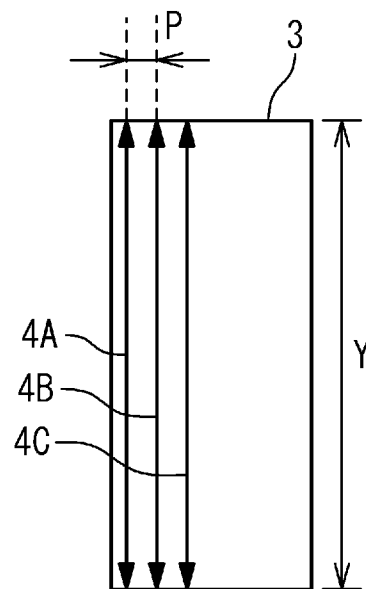
[図11]



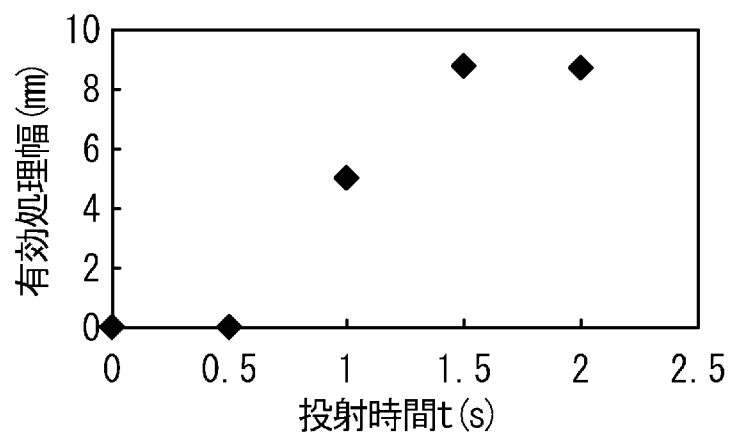
[図12]



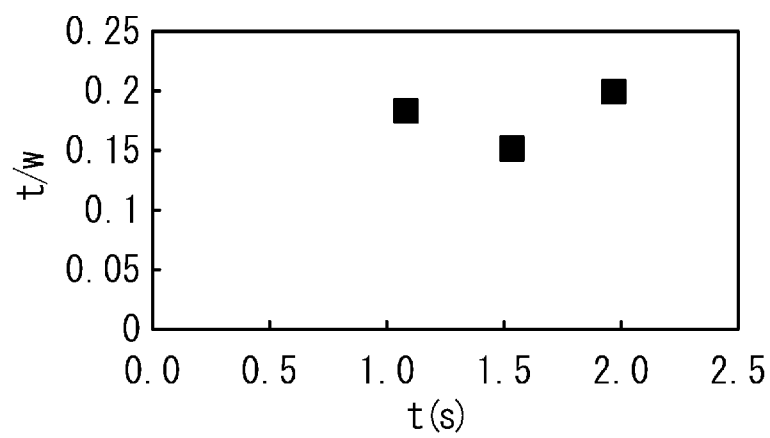
[図13]



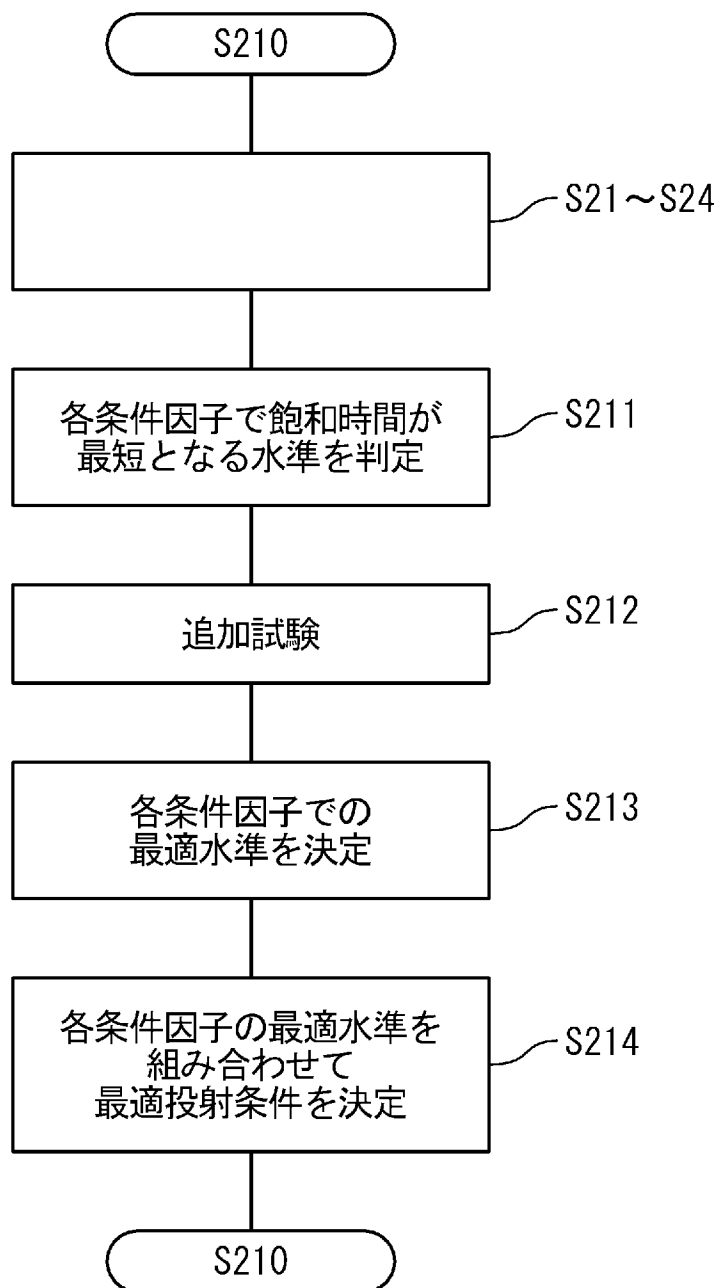
[図14]



[図15]



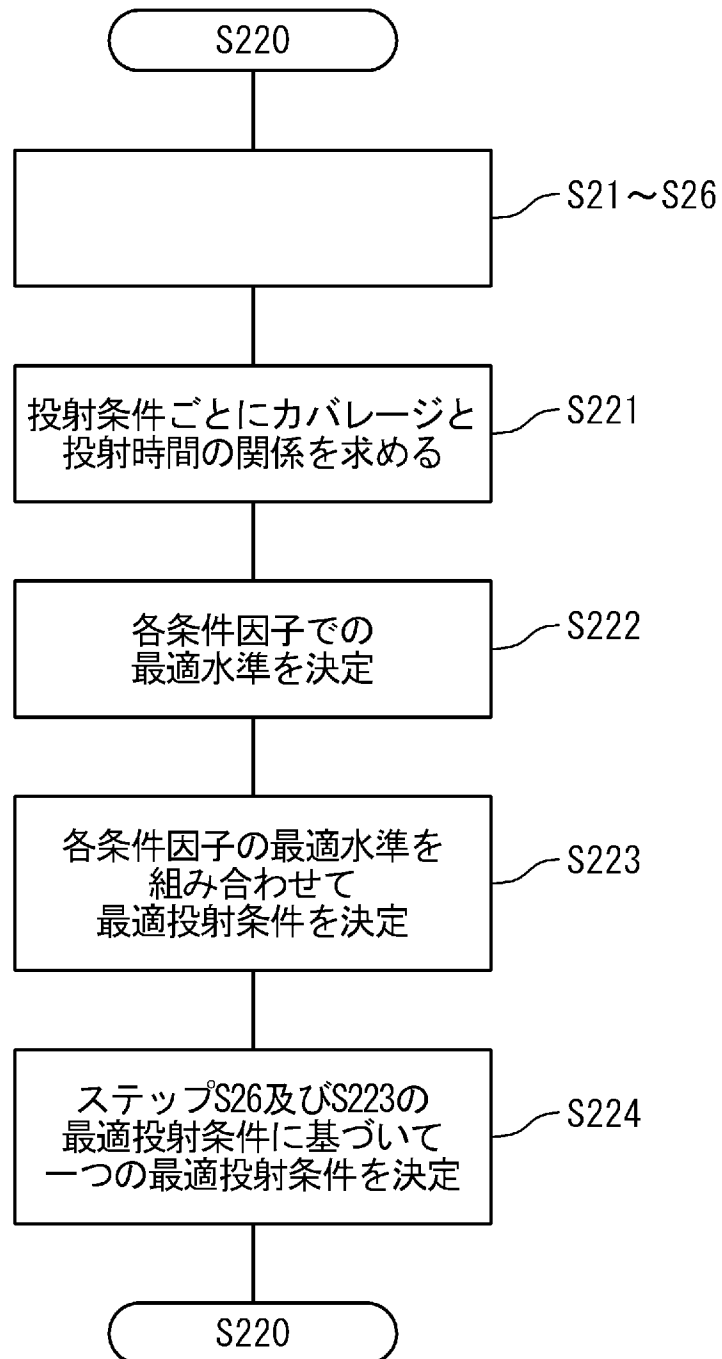
[図16]



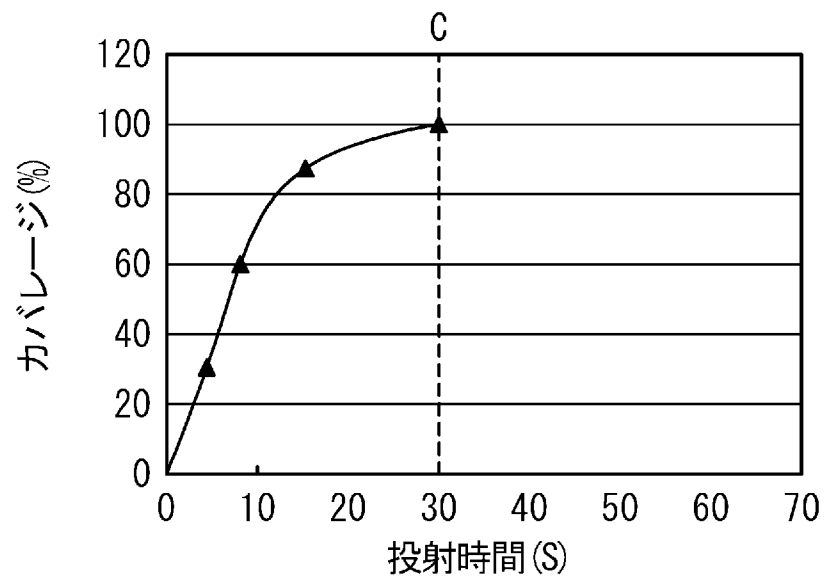
[図17]

条件番号	1-4	1-5	1-6
エア圧力P [MPa]	0.3	0.3	0.2
角度 θ	90	90	90
流量kg/min	3	5	4
メディア	S70	S70	S70
距離/mm	200	200	200
ノズル径	9	9	9

[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/051202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B24C1/10 (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

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 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 1-210269 A (Mazda Motor Corp.), 23 August 1989 (23.08.1989), all pages; all drawings (Family: none)	1, 13 2-12, 14-15
X A	JP 2004-142007 A (Fuji Manufacturing Co., Ltd.), 20 May 2004 (20.05.2004), paragraph [0064]; all pages; all drawings (Family: none)	10-11, 14-15 1-9, 12-13
A	JP 2006-205342 A (Sinto Kogyo Ltd.), 10 August 2006 (10.08.2006), all pages; all drawings (Family: none)	1-15

☒ 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
12 April, 2010 (12.04.10)Date of mailing of the international search report
27 April, 2010 (27.04.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/051202

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-159651 A (Sinto Kogyo Ltd., Toyota Motor Corp.), 03 June 2003 (03.06.2003), all pages; all drawings (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B24C1/10(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. B24C1/10

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 1-210269 A（マツダ株式会社）1989.08.23, 全頁、全図（ファミリーなし）	1, 13 2-12、14-15
X A	JP 2004-142007 A（株式会社不二製作所）2004.05.20, 【0064】、全頁、全図（ファミリーなし）	10-11、14-15 1-9、12-13
A	JP 2006-205342 A（新東工業株式会社）2006.08.10, 全頁、全図（ファミリーなし）	1 - 15
A	JP 2003-159651 A（新東工業株式会社&トヨタ自動車株式会社）2003.06.03, 全頁、全図（ファミリーなし）	1 - 15

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

1 2 . 0 4 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 4 . 2 0 1 0

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）

西村 泰英

3 C

9 0 6 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3324