

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 11 月 28 日(28.11.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/175660 A1

- (51) 国際特許分類:
B24C 1/10 (2006.01) **B22D 17/22** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/080195
- (22) 国際出願日: 2012 年 11 月 21 日(21.11.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-118529 2012 年 5 月 24 日(24.05.2012) JP
- (71) 出願人: 新東工業株式会社(SINTOKOGIO, LTD.)
[JP/JP]; 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目
1 1 番 1 1 号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 小林 祐次(KOBAYASHI Yuji); 〒4428505
愛知県豊川市穂ノ原 3 丁目 1 番地 新東工業株
式会社豊川製作所内 Aichi (JP). 松井 彰則(MAT-
SUI Akinori); 〒4428505 愛知県豊川市穂ノ原 3 丁
目 1 番地 新東工業株式会社豊川製作所内 Ai-
chi (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 (明治安田生命
ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo
(JP).

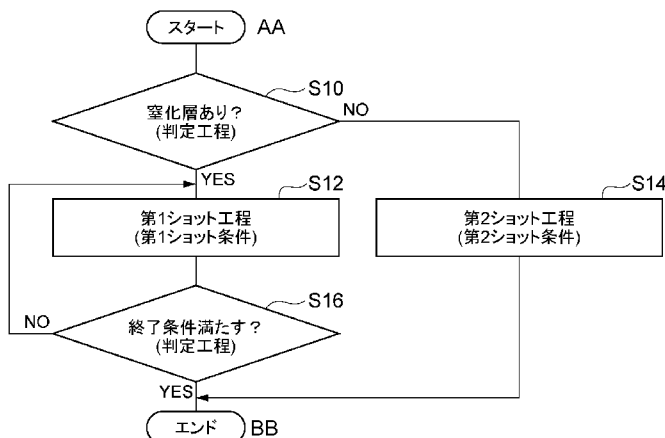
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SHOT PEENING METHOD

(54) 発明の名称: ショット処理方法



- S10 Is there a nitride layer? (determination process)
S12 First shot process (first shot conditions)
S14 Second shot process (second shot conditions)
S16 Completion condition satisfied? (determination process)
AA Start
BB End

ショットピーニング処理を施す。

(57) Abstract: First, in a determination process, the presence or absence of a nitride layer on the surface of a cooling water hole (42) of a die (40) is determined by a determination unit (48) using an eddy current sensor (46). Next, in a shot process, when the result determined in the determination process is an absence of a nitride layer, shot peening is performed on the surface of the cooling water hole (42) of the die (40) under shot conditions that are established according to the base metal of the die (40). When the result determined in the determination process is the presence of a nitride layer, shot peening is performed on the surface of the cooling water hole (42) of the die (40) under shot conditions that maintain the presence of the nitride layer.

(57) 要約: まず、判定工程では、金型 (40) の水冷孔 (42) の表面における窒化層の有無が、渦電流センサ (46) を用いて判定部 (48) にて判定される。次に、ショット工程では、判定工程の判定結果が窒化層無の場合には金型 (40) の母材に応じて設定されたショット条件で金型 (40) の水冷孔 (42) の表面にショットピーニング処理を施し、判定工程の判定結果が窒化層有の場合には窒化層有の状態を維持するショット条件で金型 (40) の水冷孔 (42) の表面に

WO 2013/175660 A1

明 細 書

発明の名称：ショット処理方法

技術分野

[0001] 本発明はショット処理方法に関する。

背景技術

[0002] 金型の冷却水通路（水冷孔）の表面に圧縮残留応力を付与するために、冷却水通路の表面にショットピーニングを行なう場合がある（例えば、特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平 7－2 9 0 2 2 2 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、特許文献 1 記載の方法は、水冷孔の表面に圧縮残留応力を効果的に付与する観点からは改善の余地がある。また、特許文献 1 記載の方法では、水冷孔の表面にツールマークが残る場合がある。ツールマーク部分には応力が集中する場合があるので、クラックの発生原因になる可能性がある。

[0005] 本技術分野では、水冷孔の表面に圧縮残留応力を効果的に付与することができるショット処理方法が望まれている。また、本技術分野では、水冷孔の表面にクラックが発生するのを防止又は抑制することができるショット処理方法が望まれている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一側面に係るショット処理方法は、金型の水冷孔の表面における窒化層の有無を判定する判定工程と、前記判定工程の判定結果が窒化層無の場合には前記金型の母材に応じて設定されたショット条件で前記水冷孔の表面にショットピーニング処理を施し、前記判定工程の判定結果が窒化層有の

場合には窒化層有の状態を維持するショット条件で前記水冷孔の表面にショットピーニング処理を施すショット工程と、を有する。

[0007] このショット処理方法では、まず、判定工程で、金型の水冷孔の表面における窒化層の有無を判定する。そして、ショット工程で、判定工程の判定結果が窒化層無の場合には金型の母材に応じて設定されたショット条件で金型の水冷孔の表面にショットピーニング処理を施し、判定工程の判定結果が窒化層有の場合には窒化層有の状態を維持するショット条件で金型の水冷孔の表面にショットピーニング処理を施す。このように、金型の水冷孔の表面に対して窒化層の有無に応じたショット条件でショットピーニング処理がなされるため、水冷孔の表面には圧縮残留応力を効果的に付与することができる。

[0008] 一実施形態においては、前記判定工程の判定結果が窒化層有の場合に、前記ショット工程では、前記水冷孔の表面に対して、窒化層有の状態を維持可能な限度と予測される状態までショットピーニング処理を施す場合の半分以下となる圧縮残留応力を付与し、前記判定工程と前記ショット工程とを交互にそれぞれ複数回行ってよい。このように構成することで、過剰なショットピーニング処理で窒化層が除去されてしまう事態を防止することができる。

[0009] 一実施形態においては、前記判定工程は、前記窒化層の一部で表面側を成す化合物層の有無、及び前記窒化層の一部で母材側を成す拡散層の有無をも判定し、最初の前記判定工程の判定結果が化合物層有かつ拡散層有の場合には、少なくとも前記判定工程の判定結果が化合物層無かつ拡散層有となるまでは、前記判定工程と前記ショット工程とを交互に行ってもよい。このように構成することで、判定工程の判定結果が窒化層有の場合に、窒化層有の状態を維持しながら、効果的なショットピーニング処理を施すことができる。

[0010] 一実施形態においては、前記判定工程では、前記水冷孔の表面における窒化層の有無を、前記水冷孔に挿入させた渦電流センサを用いて判定してもよい。このように構成することで、簡便な判定が可能となる。

[0011] 一実施形態においては、前記判定工程は、前記窒化層の一部で表面側を成す化合物層の有無、及び前記窒化層の一部で母材側を成す拡散層の有無を、前記水冷孔に挿入させた渦電流センサを用いて判定してもよい。このように構成することで、簡便な判定が可能となる。

[0012] 一実施形態においては、前記ショット工程は、前記水冷孔に挿入させたショットピーニング用のノズルから圧縮空気と共に投射材を噴射させることで前記水冷孔の表面にショットピーニング処理を施してもよい。このように構成することで、仮に水冷孔が細径でかつ深いものであっても、高速の投射材を水冷孔の底部に当てることが可能である。よって、水冷孔の底部に圧縮残留応力を効果的に付与することができる。

[0013] 本発明の他の側面に係るショット処理方法は、金型の水冷孔の表面におけるツールマークの有無を判定する判定工程と、前記判定工程の判定結果がツールマーク有の場合に前記水冷孔の表面におけるツールマークを除去するショット条件で前記水冷孔の表面にショット処理を施すショット工程と、を有する。

[0014] このショット処理方法では、まず、判定工程で、金型の水冷孔の表面におけるツールマークの有無を判定する。次に、ショット工程で、判定工程の判定結果がツールマーク有の場合に金型の水冷孔の表面におけるツールマークを除去するショット条件で金型の水冷孔の表面にショット処理を施す。このように、ツールマークの有無に応じてショット条件を変更し、金型の水冷孔の表面におけるツールマークを除去することができるので、ツールマーク部分での応力集中を回避することが可能となる。よって、クラックの発生を防止又は抑制することができる。

[0015] 一実施形態においては、前記判定工程では、前記水冷孔の表面におけるツールマークの有無を、前記水冷孔に挿入させた渦電流センサを用いて判定してもよい。このように構成することで、簡便な判定が可能となる。

発明の効果

[0016] 以上説明したように、本発明の一側面及び実施形態によれば、水冷孔の表

面に圧縮残留応力を効果的に付与することができる。また、本発明の他の側面及び実施形態によれば、水冷孔の表面にクラックが発生するのを防止又は抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]第1実施形態に係るショット処理方法に適用されるショット処理装置を示す模式図である。

[図2]第1実施形態に係るショットピーニング処理方法のフローチャートである。

[図3]第1実施形態に係るショット処理方法を説明するための断面図である。図3の(A)は判定工程を示す。図3の(B)はショット工程を示す。

[図4]最適なショットピーニング処理、過剰なショットピーニング処理、及びショットピーニング未処理の各場合における圧縮残留応力の分布を示すグラフである。

[図5]第2実施形態に係るショットピーニング処理方法のフローチャートである。

[図6]第2実施形態に係るショット処理方法を説明するための断面図である。図6の(A)は判定工程を示す。図6の(B)はショット工程を示す。

発明を実施するための形態

[0018] [第1実施形態]

第1実施形態に係るショット処理方法について図1～図4を用いて説明する。

[0019] (ショット処理装置及び金型)

図1には、本実施形態に係るショット処理方法に適用されるショット処理装置10が模式図にて示されている。最初に、このショット処理装置10及びショット処理の対象となる金型40について説明する。

[0020] 図1に示されるように、ショット処理装置10は、投射ユニット12を備えている。投射ユニット12は、被処理対象物（本実施形態では金型40）に投射材14を噴射（投射）するためのものであり、投射材14を供給する

ためのタンク 16 を備えている。なお、投射材 14（ショット又はショット材ともいう）は、本実施形態では金属球が適用されており、そのビッカース硬さは被処理対象と同程度又はそれ以上とされている。

[0021] タンク 16 の上部には、エア流入口 16 A が形成されており、このエア流入口 16 A には、接続配管 18 の一端部が接続されている。接続配管 18 の他端部は、接続配管 20 の流路中間部に接続されており、接続配管 20 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 22（圧縮空気供給装置）に接続されている。すなわち、タンク 16 は、接続配管 18、20 を介してコンプレッサ 22 に接続されている。また、接続配管 18 の流路中間部にはエア流量制御弁 24（電空比例弁）が設けられており、このエア流量制御弁 24 が開かれることで、コンプレッサ 22 からの圧縮空気がタンク 16 内に供給される。これにより、タンク 16 内は加圧可能となっている。

[0022] また、タンク 16 の下部には、カットゲート（図示省略）が設けられたショット流出口 16 B が形成されており、このショット流出口 16 B には、接続配管 26 の一端部が接続されている。接続配管 26 の他端部は、接続配管 20 の流路中間部に接続されており、接続配管 26 の流路中間部には、ショット流量制御弁 28 が設けられている。ショット流量制御弁 28 としては、例えば、マグナバルブやミキシングバルブ等が適用される。接続配管 20 における接続配管 26 との合流部は、ミキシング部 20 A とされている。接続配管 20 において、ミキシング部 20 A よりも流路上流側（図中右側）で接続配管 18 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 30（電空比例弁）が設けられている。

[0023] すなわち、タンク 16 内が加圧された状態で前記カットゲート及びショット流量制御弁 28 が開かれかつエア流量制御弁 30 が開かれた場合、タンク 16 から供給された投射材 14 と、コンプレッサ 22 から供給された圧縮空気とが、ミキシング部 20 A にて混合され、接続配管 20 の流路下流側（図中左側）に流れるようになっている。

- [0024] 接続配管 20 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 32 が接続されている。これにより、ミキシング部 20A に流れた投射材 14 は、圧縮空気と混合された状態でノズル 32 の先端部より噴射されるようになっている。ノズル 32 は、筒状に形成され、金型 40 の水冷孔 42 に挿入可能な径を有するものが適用されている。
- [0025] なお、ショット処理装置 10 は、ノズル 32 を把持するロボットアーム（図示省略）を備えた構成としてもよく、前記ロボットアームがノズル 32 を水冷孔 42 に対して進退移動（往復移動）させるような構成としてもよい。
- [0026] ショット処理装置 10 は、操作ユニット 34 を備えている。操作ユニット 34 は、ショットピーニング処理を施す際の処理条件（例えば、コンプレッサ 22 で供給する圧縮空気の圧力、噴射させる投射材 14 の量を含むショット条件の一部）を入力可能に構成されており、入力操作に応じた信号を制御ユニット 36 に出力する構成とされている。制御ユニット 36 は、例えば、記憶装置や演算処理装置等を有して構成されており、操作ユニット 34 から出力された信号に基づいて、コンプレッサ 22、エア流量制御弁 24、30、ショット流量制御弁 28、及び、上述のカットゲート（図示省略）等を制御する構成とされている。すなわち、制御ユニット 36 には、操作ユニット 34 から出力された信号に応じたショット条件でショットピーニング処理を施すためのプログラムが予め記憶されている。
- [0027] 一方、金型 40 は、合わせ面側を構成する意匠面 40A が成形用の形状に形成されている。これに対して、金型 40 の背面 40B（意匠面 40A とは反対側の面）には、細径で有底の水冷孔 42 が複数（図示省略）形成されている。
- [0028] 本実施形態の金型 40 は、窒化处理後の合金（本実施形態では一例として、SKD61 の軟窒化材）製のダイカスト用金型とされている。なお、ダイカストは、金型鑄造法の一つで、金型 40 に溶融した金属を圧入することにより、高い寸法精度の鑄物を短時間に大量に生産可能な鑄造方式のことである。このような金型 40 は、溶湯圧入時に高温にさらされると共に水冷孔 4

2を用いた水冷時に冷却される。そして、水冷孔42の底部42Aと意匠面40Aとの距離dは、金型40を速やかに冷却するために、短く設定されている。

[0029] また、金型40に施されている窒化処理とは、例えば、Al, Cr, Mo, Ti及びVのいずれか一種以上を含有する合金鋼を、NH₃ガス中で約500℃付近の低温で加熱することで、その表面に極めて硬い窒化層を得る熱処理のことをいう。窒化層は、基本的には、母材の合金鋼側を成す拡散層と、表面側を成す化合物層と、を備えている。拡散層は、合金鋼中に窒素が拡散した層である。また、化合物層は、窒化物・炭化物・炭窒化等を主体とする層であり、非常に硬くて脆い特徴がある。なお、窒化層は、当初から拡散層のみの健全層として存在する場合もある。ここで、本実施形態における「健全層」とは、正常な層状態にあるものと認識し得る程度の厚みをもって形成されたものをいう。

[0030] これに対して、ショット処理装置10は、窒化層の有無等を判定するための判定ユニット38を備えている。なお、本実施形態では、判定ユニット38は、ショット処理装置10の一部として設置されているが、判定ユニット38は、ショット処理装置10と別個独立に設けられたものであってもよい。

[0031] 判定ユニット38は、渦電流センサ46と、この渦電流センサ46に接続された判定部48と、を備えている。渦電流センサ46は、金型40の水冷孔42の表面（内面）における窒化層の有無、化合物層の有無、及び拡散層の有無にそれぞれ応じた測定信号を判定部48に出力する。判定部48は、渦電流センサ46からの測定信号に基づいて窒化層の有無、化合物層の有無、及び拡散層の有無を判定するものであり、例えば、CPU等を有する電子回路により構成されている。

[0032] なお、判定部48が制御ユニット36と接続されて（図中の二点鎖線50参照）判定部48での判定結果を制御ユニット36に出力するような装置構成とすることも可能である。また、判定部48が上述したロボットアームを

操作可能に構成され、判定部４８によって操作されたロボットアームにて渦電流センサ４６の設置を行ってもよい。

[0033] (ショット処理方法)

次に、ショット処理方法について説明しながら、その作用及び効果について説明する。図２は、第１実施形態に係るショット処理方法のフローチャートである。図３には、本実施形態に係るショット処理方法を説明するための断面図が示されている。

[0034] 図２に示されるように、最初に、判定部４８がセンサ測定信号の判定工程を行う（Ｓ１０）。Ｓ１０の工程では、図３（Ａ）に示されるように、例えばロボットアームが、渦電流センサ４６を水冷孔４２に挿入する。次に、判定部４８が、金型４０の水冷孔４２の表面（内面）における窒化層の有無を（広義には電磁気学的手法を用いた非破壊検査で）判定する（判定工程）。また、本実施形態では、判定部４８が、窒化層の一部で表面側を成す化合物層の有無、及び窒化層の一部で母材側を成す拡散層の有無を、渦電流センサ４６を用いて判定する。

[0035] なお、本実施形態における窒化層の有無とは、健全層を成す窒化層が存在しているか否かであり、健全層を成す窒化層が存在している場合は窒化層有、それ以外は窒化層無となる。また、本実施形態における化合物層の有無とは、健全層を成す化合物層が存在しているか否かであり、健全層を成す化合物層が存在している場合は化合物層有、それ以外は化合物層無となる。さらに、本実施形態における拡散層の有無とは、健全層を成す拡散層が存在しているか否かであり、健全層を成す拡散層が存在している場合は拡散層有、それ以外は拡散層無となる。

[0036] 渦電流センサ４６には、公知の渦電流センサが適用される。渦電流センサ４６について簡単に説明すると、渦電流センサ４６は、センサヘッド内部にコイル（図示省略）を備えており、このコイルに高周波電流を流すことで高周波磁界を発生させる。そして、渦電流センサ４６が発生させた高周波磁界内に導体（金型４０）があると、磁界の変化に誘導されて導体（金型４０）

に渦巻き状の渦電流が生じる。この渦電流に伴う磁束によって渦電流センサ 46 のコイルのインピーダンスが変化する。一方、判定対象の導体（金型 40）の化学成分や結晶構造等によって、前記渦電流の通路及び前記磁束の通路も異なるものとなるので、渦電流センサ 46 のコイルのインピーダンスも異なるものとなる。

[0037] 渦電流センサ 46 は、このような現象を利用しており、窒化層の有無、化合物層の有無、拡散層の有無にそれぞれ応じた測定信号を判定部 48 に出力する。判定部 48 は、渦電流センサ 46 からの測定信号に基づいて、窒化層の有無（化合物層の有無及び拡散層の有無）を判定する。このように、渦電流センサ 46 を用いることで、窒化層の有無（化合物層の有無及び拡散層の有無）を簡便に判定することができる。

[0038] 次に、例えばロボットアームが、渦電流センサ 46 を引き抜き、渦電流センサ 46 を水冷孔 42 の外へ退避させる。その後、例えばロボットアームが、図 3（B）に示されるノズル 32 を水冷孔 42 へ挿入する。次いで、判定結果に基づいて、制御ユニット 36 がノズル 32 の先端から水冷孔 42 の底部 42A 等に向けて圧縮空気と共に投射材を噴射させる（S12, S14）。ここで、S10 の判定工程の判定結果が窒化層無の場合には、制御ユニット 36 は、金型 40 の母材に応じて設定された第 2 ショット条件で金型 40 の水冷孔 42 の表面にショットピーニング処理を施す（S14：第 2 ショット工程）。一方、S10 の判定工程の判定結果が窒化層有の場合には、制御ユニット 36 は、窒化層有の状態を維持する第 1 ショット条件で金型 40 の水冷孔 42 の表面にショットピーニング処理を施す（S12：第 1 ショット工程）。なお、金型 40 の母材に応じて設定された第 2 ショット条件とは、母材の機械的性質を考慮した最適の加工条件（所要の圧縮残留応力を得るのに最適の条件）を意味している。

[0039] このように、窒化層の有無に応じたショット条件で金型 40 の水冷孔 42 の表面がショットピーニング処理されることで、水冷孔 42 の表面には圧縮残留応力が効果的に付与される。

- [0040] また、S 1 0 の判定工程の判定結果が窒化層有の場合に、S 1 2 の第 1 ショット工程では、制御ユニット 3 6 は、金型 4 0 の水冷孔 4 2 の表面に対して、窒化層有の状態を維持可能な限度と予測される状態までショットピーニング処理をする場合の半分以下となる圧縮残留応力を一回のショットピーニング処理で付与する。これにより、過剰なショットピーニング処理で窒化層が除去されて（削られ過ぎて）しまう事態が防止される。
- [0041] なお、S 1 2 及び S 1 4 のショット工程では、例えばロボットアームがノズル 3 2 を水冷孔 4 2 に沿って移動させることにより、水冷孔 4 2 の底部 4 2 A 以外の部位にもショットピーニング処理がなされる。S 1 2 及び S 1 4 のショット工程の後には、例えばロボットアームがノズル 3 2 を引き抜き、ノズル 3 2 を水冷孔 4 2 の外へ退避させる。
- [0042] ここで、最初の判定工程（S 1 0）の判定結果が化合物層有かつ拡散層有の場合には、判定部 4 8 及び制御ユニット 3 6 は、少なくとも次回以降の判定工程（S 1 6）の判定結果が化合物層無かつ拡散層有となるまでは、S 1 6 の判定工程と S 1 2 の第 1 ショット工程とを交互に行う。すなわち、この繰り返し処理の終了条件は、次回以降の判定工程の判定結果が化合物層無かつ拡散層有となる場合である。S 1 6 の判定工程と S 1 2 の第 1 ショット工程とは終了条件を満たすまでそれぞれ複数回行われる。これにより、S 1 0 の判定工程の判定結果が窒化層有の場合に、窒化層有の状態を維持しながら、効果的なショットピーニング処理がなされる。
- [0043] 以上説明したように、本実施形態に係るショット処理方法によれば、水冷孔 4 2 の表面に圧縮残留応力を効果的に付与することができる。その結果として、金型 4 0 の水冷孔 4 2 の付近での応力腐食割れ（SCC）が防止又は効果的に抑制される。
- [0044] ここで、応力腐食割れについて補足説明する。金型 4 0 は、溶湯圧入時に意匠面 4 0 A が高温にさらされ、その後、水冷孔 4 2 に冷却水を流入させる水冷時に冷却される。このサイクルが連続的に繰り返されると、ヒートチェックやヒートクラックが発生する可能性があり、金型破壊の原因となり得る

。一方、近年では、ダイカスト製品を製造する際の１サイクル当たりの時間短縮を図る（ひいてはコスト軽減を図る）ために、あるいは、ダイカスト製品の大型化に対応するために、金型を早く冷却する必要がある。このため、金型４０に形成される水冷孔４２の数を増やしたり水冷孔４２と意匠面４０Ａを近付けたりする対応がなされている。しかしながら、水冷孔４２と意匠面４０Ａとの距離が近くなれば熱勾配（熱応力勾配）がきつくなるため、結果として、水冷孔４２の表面が受ける熱応力（引張り応力 f ）が大きくなり、応力腐食割れの可能性も大きくなる。

[0045] この応力腐食割れの発生要因としては、一般的に材料要因、環境要因、引張り応力 f の三つが挙げられており、この三条件が重畳した場合に応力腐食割れが発生する。これに対して、本実施形態では、ショットピーニングで圧縮の残留応力を付与することで、応力腐食割れの発生要因の一つである引張り応力 f の影響を抑え、ひいては、応力腐食割れの発生を抑えている。

[0046] ところで、細径でかつ深い止まり穴の水冷孔４２（細深孔）に対してショットピーニング処理を行なう場合、ノズル３２から水冷孔４２の内部へ噴射された圧縮空気の抜けが悪い。そして、そのことが原因となって、圧縮空気と混合された投射材１４の速度が所要の速度まで達しないと、水冷孔４２の底部４２Ａ（末端部）でショットピーニング処理の効果が十分に得られない可能性も考えられる。これに対して、本実施形態では、水冷孔４２に挿入させたノズル３２から圧縮空気と共に投射材１４を噴射させることで水冷孔４２の表面にショットピーニング処理を施すので、止まり穴の水冷孔４２が細径でかつ深いものであっても、高速の投射材１４を水冷孔４２の底部４２Ａに当てることが可能である。よって、水冷孔４２の底部４２Ａに圧縮残留応力が効果的に付与される。

[0047] 一方、水冷孔４２の内面における窒化層の有無によっては、圧縮の残留応力を効果的に付与できない可能性も考えられる。ここで、図４には、最適なショットピーニング処理、過剰なショットピーニング処理、及びショットピーニング未処理の各場合における圧縮残留応力の分布を測定した結果が示さ

れている。横軸は水冷孔 4 2 の表面からの距離（表面に対して金型 4 0 の母材側かつ垂直な方向の深さ）を示す。ショットピーニング処理がなされる前に窒化層有の状態にあった部位に対して、過剰なショットピーニング処理がなされて窒化層無の状態になってしまうと、対象部位に圧縮残留応力を効果的に付与することができない。この点について、本実施形態では、図 3 に示される水冷孔 4 2 の表面における窒化層の有無に応じた最適なショット条件（加工条件）で、金型 4 0 の水冷孔 4 2 の表面がショットピーニング処理されているので、水冷孔 4 2 の表面には圧縮残留応力が効果的に付与される。

[0048] なお、本実施形態では、図 3（A）に示される判定工程の前に、金型 4 0 の背面 4 0 B における窒化層の有無を判定する予行判定工程と、予行判定工程の後で判定工程の前に、金型 4 0 の背面 4 0 B にショットピーニング処理を施す予行ショット工程と、を行ってもよい。そして、最初の予行判定工程の判定結果が窒化層有の場合には、予行判定工程の判定結果が窒化層無となるまで、予行判定工程と予行ショット工程とを交互に行い、その間のショット条件に基づいて、S 1 0 の判定工程の判定結果が窒化層有の場合における第 1 ショット条件を設定している。すなわち、予行判定工程と予行ショット工程とを交互に行うことで、水冷孔 4 2 にて窒化層有の状態を維持可能な限度となる第 1 ショット条件が予測される。

[0049] [第 2 の実施形態]

次に、第 2 実施形態に係るショット処理方法について、図 5 及び図 6 を用いて説明する。図 5 は、第 2 実施形態に係るショット処理方法のフローチャートである。図 6 には、第 2 実施形態に係るショット処理方法を説明するための断面図が示されている。なお、このショット処理方法に適用されるショット処理装置の基本構成は、第 1 実施形態の構成と同様となっている。よって、第 1 実施形態と同様の構成部については、同一符号を付して説明を省略する。

[0050] 図 5 に示されるように、最初に、判定部 4 8 がセンサ測定信号の判定工程を行う（S 2 0）。S 2 0 の工程では、図 6（A）に示されるように、例え

ばロボットアームが、渦電流センサ４６を水冷孔４２に挿入する。次に、判定部４８が、金型４０の水冷孔４２の表面（内面）におけるツールマーク４４の有無を、渦電流センサ４６を用いて（広義には電磁気学的手法を用いた非破壊検査で）判定する（判定工程）。

[0051] 補足すると、渦電流センサ４６が発生させた高周波磁界により金型４０の水冷孔４２の表面に渦電流が生じるが、ツールマーク４４がある場合とない場合とでは、前記渦電流の通路が異なるものとなり、前記渦電流に伴う磁束の通路も異なるものとなる。その結果、渦電流センサ４６のコイルのインピーダンスも異なるものとなるので、渦電流センサ４６は、ツールマーク４４の有無に応じた測定信号を判定部４８に出力することになる。判定部４８は、渦電流センサ４６からの測定信号に基づいて、ツールマーク４４の有無を判定する。このように、渦電流センサ４６を用いることで、ツールマーク４４の有無を簡便に判定することができる。

[0052] なお、水冷孔４２の表面のツールマーク４４（凹凸）は、水冷孔４２をドリル加工や放電加工等で形成する際に形成されてしまった疵部分である。

[0053] 次に、例えばロボットアームが、渦電流センサ４６を引き抜いて、水冷孔４２の外へ退避させる。Ｓ２０の判定工程の判定結果がツールマーク有の場合には、例えばロボットアームが、図３（Ｂ）に示されるノズル３２を水冷孔４２に挿入する。そして、制御ユニット３６は、ノズル３２の先端から金型４０の水冷孔４２の表面のツールマーク４４に向けて圧縮空気と共に投射材を噴射（ショット処理）させる。このショット処理は、金型４０の水冷孔４２の表面におけるツールマーク４４を除去する第３ショット条件で行われる（Ｓ２２、第３ショット工程）。

[0054] なお、ノズル３２の先端部には、投射材の噴射方向がノズル３２の軸方向に対して交差する方向になるように投射材を反射させる反射部材（図示しない治具）が取り付けられてもよい。このような反射部材が取り付けられることで、水冷孔４２の側面の加工が容易になる。

[0055] Ｓ２２の第３ショット工程とＳ２０の判定工程とは、Ｓ２０の判定工程の

判定結果がツールマーク無となるまで交互に行われる。このように、ツールマーク無となるまで、ショット処理（ブラスト）がなされることで、ツールマーク４４が除去され、ツールマーク４４への応力集中が防止される。

[0056] 補足説明すると、金型４０は、前述の通り、加熱と冷却が繰り返されるため、その際の温度勾配により熱応力（引張り応力 f ）を繰り返し受けるので、ツールマーク４４が表面にある場合には、その部分が応力集中部となってしまう。しかし、本実施形態では、ツールマーク４４が除去されることで、そのような応力集中部をなくすることができる。

[0057] 以上説明したように、本実施形態に係るショット処理方法によれば、水冷孔４２の表面にクラック（亀裂）が発生するのを防止又は抑制することができる。

[0058] [実施形態の補足説明]

なお、上記実施形態では、判定工程とショット工程とが交互に行われているが、判定工程とショット工程とをそれぞれ一回ずつ行うショット処理方法とすることも可能である。

[0059] また、上記第１実施形態の変形例として、例えば、判定工程の判定結果が窒化層有の場合に、最初のショット工程では、水冷孔の表面に対して、窒化層有の状態を維持可能な限度と予測される状態までショットピーニング処理をする場合の半分以上となる圧縮残留応力を付与し、二回目以降のショット工程では、水冷孔の表面に対して、窒化層有の状態を維持可能な限度と予測される状態までショットピーニング処理をする場合の半分以下となる圧縮残留応力を付与するようなショット処理方法としてもよい。

[0060] また、上記第１実施形態の変形例として、最初の判定工程の判定結果が化合物層有かつ拡散層有の場合に、判定工程の判定結果が化合物層無かつ拡散層有となる予測段階の直前まで、判定工程とショット工程とを交互に行うことも可能である。

[0061] また、上記第１の実施形態では、図３（Ａ）に示される水冷孔４２の表面における窒化層の有無、化合物層の有無、及び拡散層の有無を、水冷孔４２

に挿入させた渦電流センサ 4 6 を用いて判定しているが、水冷孔 4 2 の表面における窒化層の有無、化合物層の有無、及び拡散層の有無は、例えば、水冷孔に挿入させた超音波センサやレイリー波センサ等のような他のセンサを用いて判定してもよい。なお、水冷孔 4 2 の表面における化合物層の有無、及び拡散層の有無について判定しないようなショット処理方法も可能である。

[0062] また、上記実施形態の変形例として、例えば、太径で浅い水冷孔等にショットピーニング処理を施す場合等には、ノズルを水冷孔に挿入しない状態でショット工程を行ってもよい。

[0063] また、第 2 の実施形態の変形例として、判定工程では、図 6 に示される金型 4 0 の水冷孔 4 2 の表面におけるツールマーク 4 4 の有無が、内視鏡を用いて判定されてもよい。

[0064] 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。

符号の説明

[0065] 1 4 … 投射材、3 2 … ノズル、4 0 … 金型、4 2 … 水冷孔、4 4 … ツールマーク、4 6 … 渦電流センサ。

請求の範囲

- [請求項1] 金型の水冷孔の表面における窒化層の有無を判定する判定工程と、
前記判定工程の判定結果が窒化層無の場合には前記金型の母材に応じて設定されたショット条件で前記水冷孔の表面にショットピーニング処理を施し、前記判定工程の判定結果が窒化層有の場合には窒化層有の状態を維持するショット条件で前記水冷孔の表面にショットピーニング処理を施すショット工程と、
を有するショット処理方法。
- [請求項2] 前記判定工程の判定結果が窒化層有の場合に、前記ショット工程では、前記水冷孔の表面に対して、窒化層有の状態を維持可能な限度と予測される状態までショットピーニング処理を施す場合の半分以上となる圧縮残留応力を付与し、前記判定工程と前記ショット工程とを交互にそれぞれ複数回行う、請求項1記載のショット処理方法。
- [請求項3] 前記判定工程は、前記窒化層の一部で表面側を成す化合物層の有無、及び前記窒化層の一部で母材側を成す拡散層の有無をも判定し、
最初の前記判定工程の判定結果が化合物層有かつ拡散層有の場合には、少なくとも前記判定工程の判定結果が化合物層無かつ拡散層有となるまでは、前記判定工程と前記ショット工程とを交互に行う、請求項1又は請求項2に記載のショット処理方法。
- [請求項4] 前記判定工程では、前記水冷孔の表面における窒化層の有無を、前記水冷孔に挿入させた渦電流センサを用いて判定する、請求項1又は請求項2に記載のショット処理方法。
- [請求項5] 前記判定工程では、前記水冷孔の表面における窒化層の有無を、前記水冷孔に挿入させた渦電流センサを用いて判定する、請求項3記載のショット処理方法。
- [請求項6] 前記判定工程は、前記窒化層の一部で表面側を成す化合物層の有無、及び前記窒化層の一部で母材側を成す拡散層の有無を、前記水冷孔に挿入させた渦電流センサを用いて判定する、請求項3記載のショッ

ト処理方法。

[請求項7] 前記ショット工程は、前記水冷孔に挿入させたショットピーニング用のノズルから圧縮空気と共に投射材を噴射させることで前記水冷孔の表面にショットピーニング処理を施す、請求項1又は請求項2に記載のショット処理方法。

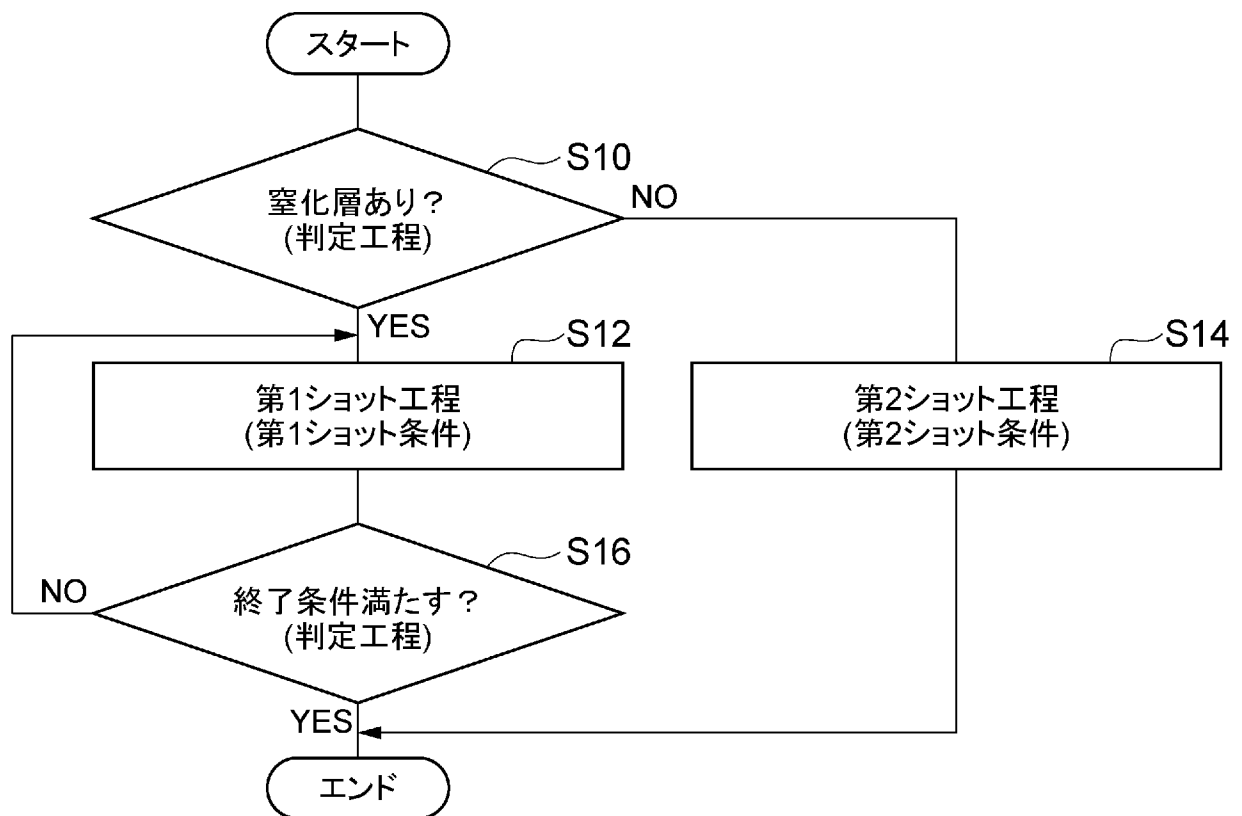
[請求項8] 前記ショット工程は、前記水冷孔に挿入させたショットピーニング用のノズルから圧縮空気と共に投射材を噴射させることで前記水冷孔の表面にショットピーニング処理を施す、請求項3記載のショット処理方法。

[請求項9] 金型の水冷孔の表面におけるツールマークの有無を判定する判定工程と、

前記判定工程の判定結果がツールマーク有の場合に前記水冷孔の表面におけるツールマークを除去するショット条件で前記水冷孔の表面にショット処理を施すショット工程と、
を有するショット処理方法。

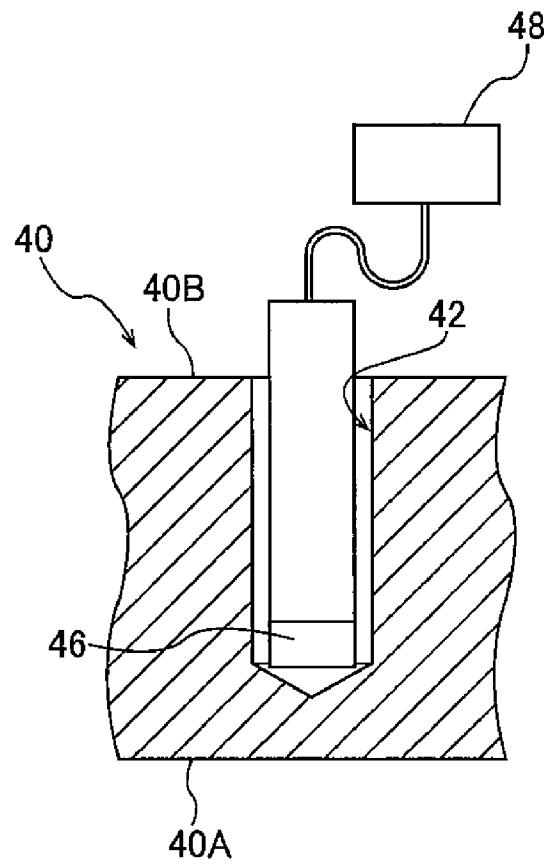
[請求項10] 前記判定工程では、前記水冷孔の表面におけるツールマークの有無を、前記水冷孔に挿入させた渦電流センサを用いて判定する、請求項7記載のショット処理方法。

[図2]

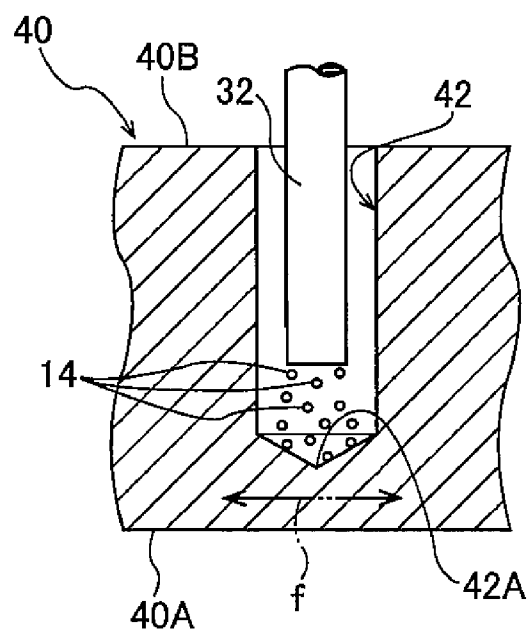


[図3]

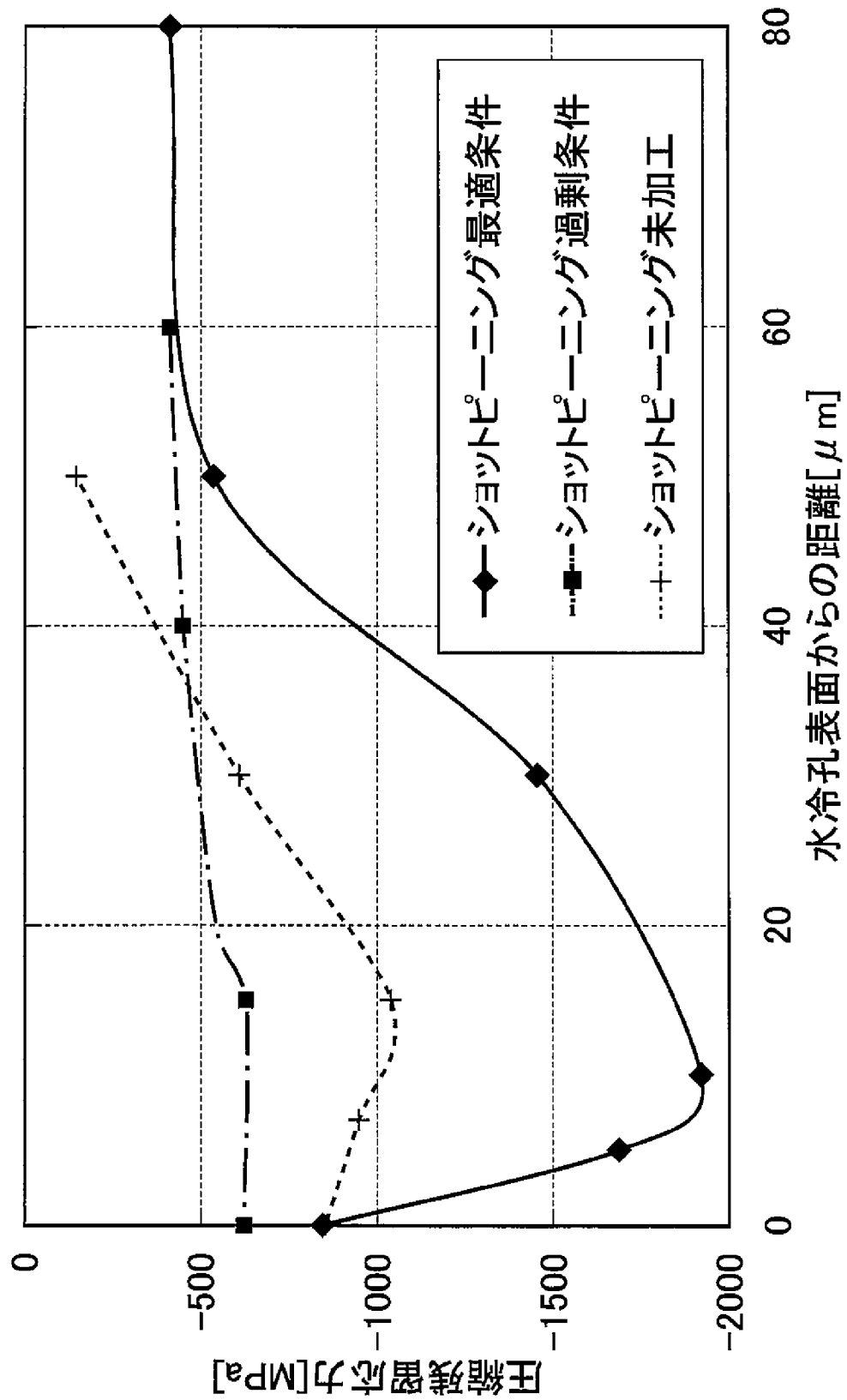
(A)



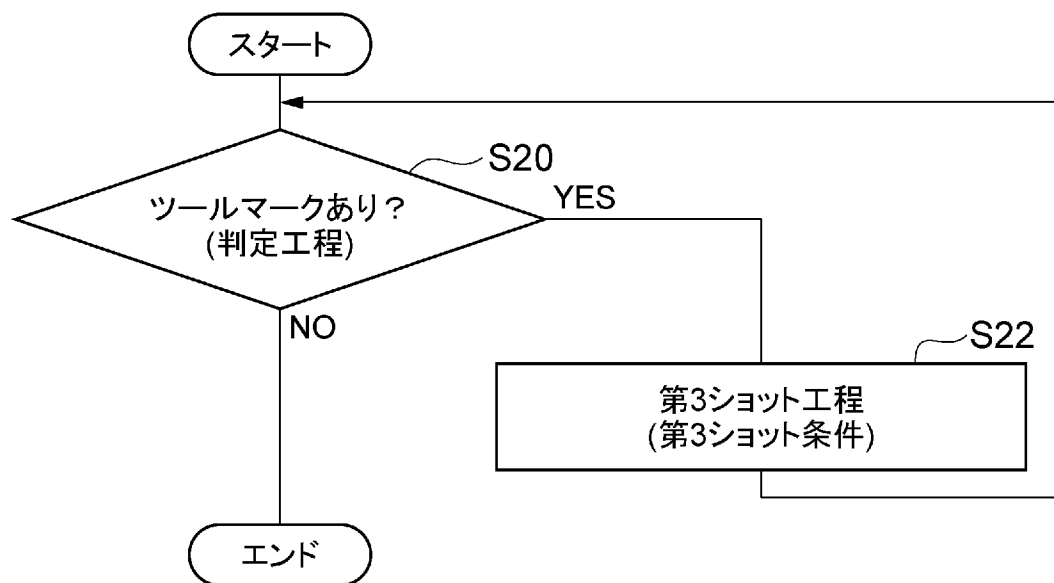
(B)



[図4]

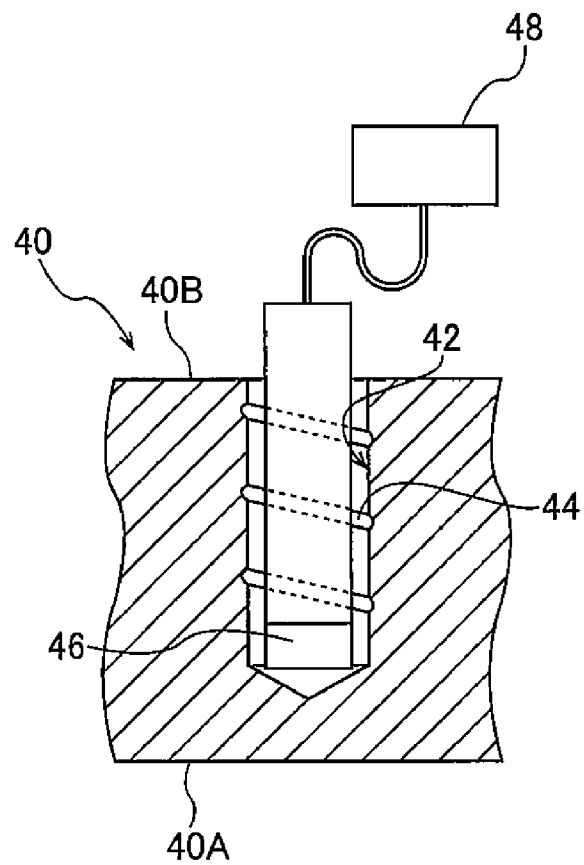


[図5]

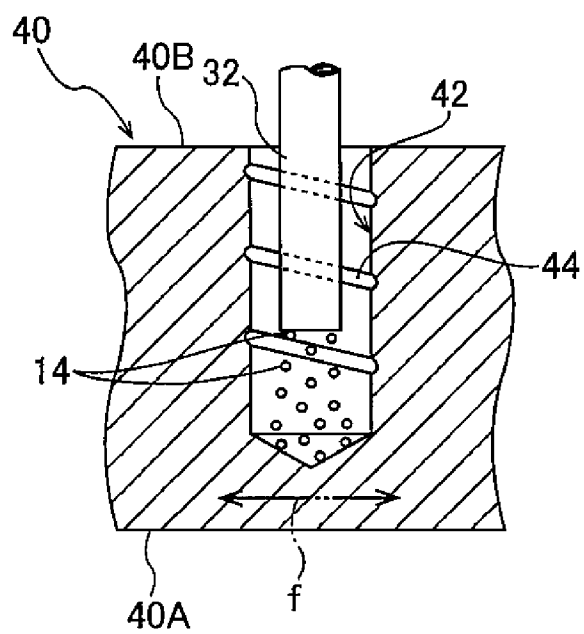


[図6]

(A)



(B)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/080195

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B24C1/10(2006.01) i, B22D17/22(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, B22D17/22

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 7-290222 A (Toyota Motor Corp.), 07 November 1995 (07.11.1995), paragraphs [0010] to [0011]; fig. 1 (Family: none)	9 1-8, 10
Y A	JP 2009-12111 A (Fuji Manufacturing Co., Ltd.), 22 January 2009 (22.01.2009), paragraphs [0004] to [0013] & US 2009/0011682 A1 & DE 102008029517 A1 & CN 101337339 A & KR 10-2009-0004708 A	9 1-8, 10
Y A	JP 2002-127015 A (Seiko Epson Corp.), 08 May 2002 (08.05.2002), paragraph [0013]; fig. 1 to 2 (Family: none)	9 1-8, 10

☒ 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
06 December, 2012 (06.12.12)

Date of mailing of the international search report
18 December, 2012 (18.12.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/080195

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-305647 A (JFE Steel Corp.), 28 October 2003 (28.10.2003), paragraphs [0030] to [0036] (Family: none)	9 1-8, 10
Y A	JP 2007-59828 A (Ebara Corp.), 08 March 2007 (08.03.2007), paragraph [0073] & US 2007-0049166 A1 & KR 10-2007-0024417 A	9 1-8, 10
A	JP 4775525 B2 (Sinto Kogyo Ltd.), 21 September 2011 (21.09.2011), entire text; all drawings & EP 2484493 A1 & WO 2011/040243 A1 & CN 102574273 A & KR 10-2012-0080582 A	1-10
A	JP 2009-61465 A (Daido Steel Co., Ltd.), 26 March 2009 (26.03.2009), entire text; all drawings & CN 101380659 A	1-10
A	JP 2009-226523 A (Suncall Corp.), 08 October 2009 (08.10.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

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, B22D17/22(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, B22D17/22

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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 7-290222 A （トヨタ自動車株式会社） 1995.11.07, 【0010】 - 【0011】 , 図1 （ファミリーなし）	9 1-8, 10
Y A	JP 2009-12111 A （株式会社不二製作所） 2009.01.22, 【0004】 - 【0013】 & US 2009/0011682 A1 & DE 102008029517 A1 & CN 101337339 A & KR 10-2009-0004708 A	9 1-8, 10

☒ 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

06.12.2012

国際調査報告の発送日

18.12.2012

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）

橋本 卓行

3 C

3747

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

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 A	JP 2002-127015 A (セイコーエプソン株式会社) 2002.05.08, 【0013】, 図1-2 (ファミリーなし)	9 1-8, 10
Y A	JP 2003-305647 A (J F E スチール株式会社) 2003.10.28, 【0030】 - 【0036】 (ファミリーなし)	9 1-8, 10
Y A	JP 2007-59828 A (株式会社荏原製作所) 2007.03.08, 【0073】 & US 2007-0049166 A1 & KR 10-2007-0024417 A	9 1-8, 10
A	JP 4775525 B2 (新東工業株式会社) 2011.09.21, 全文, 全図 & EP 2484493 A1 & WO 2011/040243 A1 & CN 102574273 A & KR 10-2012-0080582 A	1-10
A	JP 2009-61465 A (大同特殊鋼株式会社) 2009.03.26, 全文, 全図 & CN 101380659 A	1-10
A	JP 2009-226523 A (サンコール株式会社) 2009.10.08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10