

(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
2018年11月29日(29.11.2018)



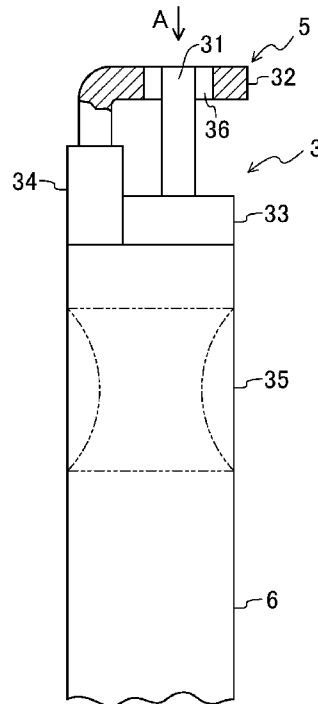
(10) 国際公開番号

WO 2018/216577 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 1/24 (2006.01) *B22D 29/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/018987
- (22) 国際出願日: 2018年5月16日(16.05.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-103510 2017年5月25日(25.05.2017) JP
- (71) 出願人: マツダ株式会社 (MAZDA MOTOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 Hiroshima (JP).
- (72) 発明者: 秋山 秀典 (AKIYAMA Hidenori); 〒8611115 熊本県合志市豊岡2053番地68 株式会社融合技術開発センター内 Kumamoto (JP). 堀 雄二 (HORI Yuji); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人前田特許事務所 (MAEDA & PARTNERS); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番1号 新ダイビル23階 Osaka (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,

(54) Title: PULSE POWER GENERATING DEVICE

(54) 発明の名称: パルスパワー発生装置



(57) Abstract: A shock wave is obtained by generating an arc discharge between a high voltage-side electrode 31 connected to a high voltage-side terminal of a pulse power generating power supply and a low voltage-side electrode 32 which is connected to a low voltage-side terminal of the power supply or grounded. One of the high voltage-side electrode 31 and the low voltage-side electrode 32 is an annular electrode formed in annular shape, and the other electrode is a core electrode disposed on the inside of the annular electrode. The arc discharge is generated between an inner peripheral



WO 2018/216577 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

portion of the annular electrode and an outer peripheral portion of the core electrode.

(57) 要約: パルスパワー発生電源の高圧側端子に接続された高圧側電極31と、該電源の低圧側端子に接続され又は接地された低圧側電極32との間にアーク放電を発生させて衝撃波を得る。高圧側電極31及び低圧側電極32のうちの一方向の電極は環状に形成された環状電極であり、他方の電極は環状電極の内側に配置されたコア電極であり、環状電極の内周部とコア電極の外周部の間にアーク放電を発生させる。

明 細 書

発明の名称：パルスパワー発生装置

技術分野

[0001] 本発明はパルスパワー発生装置に関する。

背景技術

[0002] パルスパワー発生装置は、パルスパワー発生電源の高圧側端子に接続された高圧側電極と、電源の低圧側端子に接続され又は接地された低圧側電極の間にアーク放電（パルス放電）を発生させて衝撃波を得る装置として知られている。パルスパワー発生電源は、電気エネルギーを回路的に圧縮するためのものである。ここでは、この電気エネルギーを回路的に圧縮して得られるものをパルスパワーと称している。

[0003] そのようなパルスパワー発生装置の一例が特許文献1に記載されている。このパルスパワー発生装置は、高電圧パルス発生電源と該電源に接続された一対の電極とで構成され、両電極は各々の先端部を露出した状態で絶縁筒内に収容されている。この例では、処理液中に浸漬されたワークに両電極を近接させ、この両電極間にアーク放電を発生させることにより衝撃波を得て、ワークに付着した異物またはバリを除去するようにされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-150493号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 高圧側電極と低圧側電極は、印加される電圧の大きさに応じた適切な間隔（例えば数百 μm ～数 mm ）で対向させることが望まれる。しかし、アーク放電によって例えば数百 MPa の大きな衝撃波が発生するから、パルスパワーのショット数（アーク放電回数）が多くなるに従って、電極がアーク放電の際の衝撃力によって変形していく。すなわち、電極間隔が一定に保たれず

、だんだん広くなって所期のアーク放電を発生させることができなくなる。

[0006] これに対して、両電極を直径1mm程度の棒状電極として、その先端同士を向かい合わせる形態にすると、電極の衝撃を受ける面積が小さくなる。これにより、電極が受ける衝撃力は小さくなるが、その場合でも、ショット数が多くなるに従って、電極間隔が大きくなっていくことは避けられない。

[0007] 両電極を板ばね等の弾性体で支持し、アーク放電の際の衝撃力を弾性体によって吸収するにすれば、電極の耐久性が延びる。しかし、その場合でも、例えば10000回以上のアーク放電に耐えるようにすることは難しい。

[0008] また、上記衝撃力による電極の変形の問題に加えて、電極のエロージョンの問題がある。アーク放電は、相対する電極の間隔が最も狭くなった一箇所が生ずるところ、そのアーク放電による電極のエロージョンにより電極間隔が広がっていき、放電不良を生ずるという問題である。また、同じ箇所での放電により、エロージョンが進んで電極が局部的に傷み、わずかなショット数で電極が使用できなくなることもこれまでにはあった。

[0009] そこで、本発明は、パルスパワー発生装置の電極の耐久性を向上させることを課題とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、上記課題を解決するために、一方の電極を環状にし、その環内に他方の電極を配置するようにした。

[0011] ここに開示する本発明の一態様は、パルスパワー発生電源と、該電源の高圧側端子に接続された高圧側電極と、該電源の低圧側端子に接続され又は接地された低圧側電極とを備え、上記高圧側電極と上記低圧側電極の間にアーク放電を発生させて液中又は空気中で衝撃波を得るパルスパワー発生装置であって、

上記高圧側電極及び上記低圧側電極のうちの一方の電極は環状に形成された環状電極であり、

上記高圧側電極及び上記低圧側電極のうちの他方の電極は上記環状電極の

内側に配置されたコア電極であり、

上記環状電極の内周部と上記コア電極の外周部の間に上記アーク放電を発生させることを特徴とする。

[0012] この装置においては、コア電極と環状電極の間にパルス高電圧が印加されると、コア電極の外周部と環状電極の内周部の間の一箇所（電極間隔が狭くなった箇所）でアーク放電が発生し、衝撃波が放射される。そのとき、コア電極及び環状電極に衝撃力が加わる。環状電極は構造的にリジッドであるのに対して、コア電極は、片持ち支持であるから、アーク放電のたびに環状電極の軸心位置から上記衝撃力によって傾いては弾性的に戻ることを繰り返すことになる。この場合、コア電極は、アーク放電の発生箇所付近で衝撃力を受けるから、アーク放電発生箇所の反対側に傾く。

[0013] パルスパワーのショット数の多くなってくると、コア電極が塑性変形して上記反対側への変位が大きくなる。すなわち、コア電極と環状電極の当該反対側の内周部の間隔が狭くなってくる。そうなる、今度は、当該反対側において両電極間にアーク放電を生ずるようになる。その結果、コア電極は、上記反対側において衝撃力を受ける。これにより、コア電極は環状電極の中心に近づくように上記反対側への変位が戻されていく。

[0014] 以上から明らかなように、上記装置構成によれば、コア電極は、衝撃力を受けて変位しても、アーク放電の発生箇所が変わることによって衝撃力を受ける部位が変わるため、環状電極の中心に近づくように変位が戻される。従って、ショット数が多くなっても、電極の変形によってコア電極と環状電極の間隔が広がることはなく、もちろん、両電極がショートすることもない。

[0015] また、アーク放電による電極エロージョンによってコア電極と環状電極の間に間隔が広い箇所ができると、アーク放電の発生箇所が環状電極の周方向において電極間隔の狭い箇所に移っていく。そのため、電極エロージョンがコア電極と環状電極の全周にわたって均等に進んでいく。従って、ショット数が多くなっても、電極間隔の変化は小さく、安定したアーク放電を発生さ

せることができる。

[0016] ここに、高圧側電極を環状電極とし、低圧側電極をコア電極とすることもできるが、高圧側電極をコア電極とし、低圧側電極を環状電極とする方が好ましい。これにより、低圧側の環状電極がワーク（衝撃波を作用させる被処理物）に電氣的に接触する場合でも、両電極間にアーク放電を発生させることができる。

[0017] 上記コア電極は、上記環状電極と同心に設けることが好ましく、その形態は、直線的に延びる棒状電極であっても、円板状であっても、球状であってもよい。棒状電極であれば、パルスパワー発生装置の環状電極とコア電極よりなる電極部のコンパクト化に有利になる。よって、例えば、ワークの径が小さな孔内において衝撃波を発生させるケースにおいて、当該小径孔に電極部を挿入することが容易になる。

[0018] 上記環状電極は、円形であっても、矩形、その他の角形であってもよいが、円形である方が電極部のコンパクト化に有利である。例えば、環状の円板形にすることが好ましい。

[0019] 或いは、上記環状電極は、電極線材が螺旋状に巻かれてなるコイル形であってもよい。コイル形にすれば、製作が比較的容易であるとともに、電極の耐久性向上に有利になる。

[0020] 一実施形態では、上記環状電極と上記コア電極を支持する棒状支持体を備え、上記環状電極の軸心（中心）が上記棒状支持体の長手方向に配向されている。これによれば、棒状支持体の長手方向の前方（環状電極の前方）に強い衝撃波を放つことができる。

[0021] 一実施形態では、上記環状電極と上記コア電極を支持する棒状支持体を備え、上記環状電極の軸心と上記棒状支持体の長手方向が直交している。これによれば、棒状支持体の長手方向に直交する方向の両側（環状電極の両側）に強い衝撃波を放つことができる。

[0022] 上記棒状支持体の中間部に可撓部を設けるようにしてもよい。これによれば、ワークの孔に屈曲部がある場合でも、棒状支持体を可撓部において屈曲

させて上記電極部を孔の屈曲部よりさらに奥まで挿入することが容易になる。

[0023] 本発明の一実施形態では、上記パルスパワー発生電源の出力電圧は20kV以上40kV以下、出力電流は3kA以上5kA以下、パルス幅は3 μ s以上5 μ s以下、出力回数は2pps以上50pps以下であり、上記高圧側電極と上記低圧側電極の間隔が0.2mm以上3mm以下である。

[0024] ここに開示する上記パルスパワー発生装置を用いた鋳造品の中子砂除去方法は、

中子砂を有する鋳造品を水中に沈める工程と、

上記水中において、上記パルスパワー発生装置の上記環状電極及び上記コア電極を上記鋳造品の上記中子砂に接触又は近接させる工程と、

上記環状電極の内周部と上記コア電極の外周部の間にアーク放電をパルス状に発生させ、該アーク放電に伴って発生する衝撃波によって上記中子砂を崩壊させて上記鋳造品から除去する工程とを備えていることを特徴とする。

[0025] この方法によれば、アーク放電による衝撃波を安定して発生させることができ、鋳造品から中子砂を効率良く除去することができる。

[0026] 本発明の別の態様は、パルスパワー発生電源と、該電源の高圧側端子に接続された高圧側電極とを備え、

上記電源の低圧側端子に接続され又は接地された導電性ブロックの孔内において、上記高圧側電極と上記導電性ブロックの間にアーク放電を発生させて衝撃波を得るパルスパワー発生装置であって、

上記高圧側電極は、円板状又は円柱状であって、棒状支持体の先端に該棒状支持体と同心にして支持され、

上記高圧側電極が上記導電性ブロックの上記孔に挿入され、該孔の内周部と上記高圧側電極の外周部の間に上記アーク放電を発生させることを特徴とする。

[0027] この装置においては、高圧側電極と導電性ブロックの間に高電圧を印加すると、導電性ブロックの孔の内周部と高圧側電極の外周部の一箇所（両者の

間隔が狭くなった箇所)でアーク放電が発生し、衝撃波が放射される。そのとき、高圧側電極は、アーク放電の発生箇所付近で衝撃力を受けるから、ショット数が多くなってくると、上記衝撃力により、上記孔内においてアーク放電発生箇所の反対側に変位していく。

[0028] 高圧側電極の上記反対側への変位が大きくなり、高圧側電極と当該反対側の環状電極の内周部の間隔が狭くなると、今度は、当該反対側において高圧側電極と上記孔の内周部の間にアーク放電を生ずるようになる。その結果、高圧側電極は、上記反対側において衝撃力を受けるため、上記孔の中心に近づくように上記反対側への変位が戻されていく。

[0029] 以上から明らかなように、上記装置構成によれば、高圧側電極は、衝撃力を受けて変位しても、アーク放電の発生箇所が変わることによって衝撃力を受ける部位が変わるため、上記孔の中心に近づくように変位が戻される。従って、ショット数が多くなっても、電極の変形によって高圧側電極の外周部と上記孔の内周部の間隔が広くなることはなく、もちろん、高圧側電極と導電性ブロックがショートすることはない。

[0030] また、電極エロージョンによって高圧側電極と導電性ブロックの孔内周部の間隔が広くなると、アーク放電の発生箇所が高圧側電極の周方向に移っていく。そのため、電極エロージョンが高圧側電極の全周にわたって均等に進んでいく。従って、ショット数が多くなっても、電極の損耗変化は小さく、安定したアーク放電を発生させることができる。

[0031] また、当該態様によれば、棒状支持体には高圧側電極のみを支持すればよく、低圧側電極の支持は不要であるから、高圧側電極と棒状支持体とからなる電極アセンブリーを細くすることができる。すなわち、電極アセンブリーを小径孔に挿入することができるように小型化することが容易になる。

[0032] 当該態様においても、上記棒状支持体の中間部に可撓部を設けるようすれば、高圧側電極を棒状支持体と共に屈曲部を有する孔の奥まで挿入することが容易になる。

発明の効果

[0033] 本発明によれば、コア電極又は高圧側電極が衝撃力を受けて変位しても、アーク放電の発生箇所が変わることによってコア電極又は高圧側電極の衝撃力を受ける部位が変わり、当該変位が戻されるから、パルスパワーのショット数が増えても、上記変位が大きくなることはなく、また、電極エロージョンによって電極が局部的に大きく損耗することがなく、ショット数を飛躍的に増大させることができる。すなわち、耐久性が高くなる。

図面の簡単な説明

- [0034] [図1]パルスパワー発生装置の使用例を示す斜視図。
[図2] (a) 及び (b) はパルスパワーによって鑄造品の中子砂を除去していく方法を示す断面図。
[図3]パルスパワー発生電源の一例を示す回路図。
[図4]実施形態1の電極アセンブリーを一部断面で示す正面図。
[図5]図4のA方向矢視図。
[図6]実施形態2の電極アセンブリーを一部断面で示す正面図。
[図7]図6のB方向矢視図。
[図8]実施形態1に係る衝撃波強度の測定方向等を示す図。
[図9]実施形態2に係る衝撃波強度の測定方向等を示す図。
[図10]実施形態1に係る衝撃波強度の角度依存性を示すグラフ図。
[図11]実施形態2に係る衝撃波強度の角度依存性を示すグラフ図。
[図12]実施形態2の電極アセンブリーによる中子砂の除去態様を示す断面。
[図13]実施形態3の電極アセンブリーを示す正面図。
[図14]図13のC方向矢視図。
[図15]実施形態4の電極アセンブリーによる中子砂の除去態様を示す断面。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明を実施するための形態を図面に基づいて説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本発明、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものではない。

[0036] <全体構成（使用例）>

図1に示すパルスパワー発生装置1の使用例（鑄造品11の中子砂の除去）において、2はパルスパワー発生電源、3はパルスパワー発生電源2に導線（電源ケーブル）4によって接続された電極アセンブリである。電極アセンブリ3は、電極部（高圧側の電極及び低圧側の電極）5を棒状支持体6に支持したものである。棒状支持体6はスカラロボット7の手首軸8に取り付けられている。

[0037] 中子砂を除去すべき鑄造品11は水13を満たした水槽12の水中に沈められている。

[0038] 図2(a)に示すように、鑄造品11の中子砂14の除去にあたっては、スカラロボット7の作動により、電極アセンブリ3の電極部5を鑄造品11の表面に開口した孔15からその内部の中子砂14に接触又は近接させる。その状態で、パルスパワー発生電源2により電極部5の高圧側電極と低圧側電極の間にパルス高電圧を印加して両電極間にアーク放電をパルス状に発生させる。そのアーク放電に伴って発生する衝撃波により中子砂14に強い衝撃力が加わる。そのため、バインダーとして水ガラス等の無機バインダーを用いた中子砂14であっても、当該衝撃力によって崩壊して除去されやすくなる。

[0039] 図2(b)に示すように、孔15の手前側から上記衝撃波によって中子砂14を除去しながら、電極アセンブリ3を孔15の奥に向かって進めていくことで、鑄造品11の内部の中子砂14を除去する。

[0040] <パルスパワー発生電源>

図3に一例を示すパルスパワー発生電源2において、21は電流源、22は電流源21により充電されるエネルギー貯蔵用の第1コンデンサ、23は第1コンデンサ22の放電を始動する半導体スイッチである。24は半導体スイッチ保護用磁気スイッチ、25は昇圧用トランス、26は第1コンデンサ22からの放電により昇圧用トランス25の昇圧比に対応する電圧で充電される第2コンデンサ、27は第2コンデンサ26の充電後にオン（飽和）になる磁気スイッチである。28は高圧側端子、29は低圧側端子である。

両端子 28, 29 に導線 4 を介して電極部 5 の高圧側電極及び低圧側電極が接続されている。

[0041] ここに、第 1 コンデンサ 22 を充電した後、半導体スイッチ 23 をオンにすると、第 1 コンデンサ 22 から半導体スイッチ保護用磁気スイッチ 24 及び昇圧用トランス 25 を通して第 2 コンデンサ 26 に電流が流れ、第 2 コンデンサ 26 を高電圧で充電する。その充電後、磁気スイッチ 27 がオンとなり、出力端子 28 から導線 4 に高電圧・高電流が印加される。

[0042] 半導体スイッチ 23 へのトリガ信号の制御により、パルス間のインターバルや出力回数を制御することができる。第 1 コンデンサ 22 の充電電圧の制御によりパルスパワーの電圧値を制御することができる。

[0043] 上述の如く、本例のパルスパワー発生電源 2 では、高繰り返しにおいて信頼性が高い半導体スイッチを用いた磁気パルス圧縮方式を採用している。なお、スイッチとしてギャップスイッチを用いることもできる。

[0044] また、本例のパルスパワー発生電源 2 は、電気エネルギーの蓄積にコンデンサを用いた容量性エネルギー蓄積方式であるが、電気エネルギーの蓄積にインダクタ（コイル）を用いた誘導性エネルギー蓄積方式を採用することもできる。

[0045] <電極アセンブリー>

[実施形態 1]

図 4 及び図 5 に示すように、電極アセンブリー 3 は、パルスパワー発生電源 2 の高圧側端子 28 に接続された高圧側の電極 31 と、該電源 2 の低圧側端子 29 に接続された（又は接地された）低圧側の電極 32 を備えている。両電極 31, 32 は、絶縁被覆 33, 34 によって互いに電氣的に絶縁した状態に設けられ、棒状支持体 6 に支持されている。

[0046] 棒状支持体 6 は絶縁被覆 33, 34 を固着して形成されている。棒状支持体 6 の電極 31, 32 寄りの部分には、棒状支持体 6 が外力で弾性的に屈曲することができるように強度を部分的に低くしてなる可撓部 35 が設けられている。

- [0047] 本実施形態の低圧側の電極 3 2 は環状の円板形に形成された環状電極である。この低圧側の環状電極 3 2 の内側、すなわち、孔 3 6 の内に高圧側の電極 3 1 が配置されている。高圧側の電極 3 1 は、環状電極 3 2 の環内に配置されていることから、以下では、これをコア電極 3 1 と称する。高圧側のコア電極 3 1 は、断面円形の直棒状に形成されていて、低圧側の環状電極 3 2 と同心に設けられている。
- [0048] そうして、コア電極 3 1 及び環状電極 3 2 各々の軸心は棒状支持体 6 の長手方向に配向されている。
- [0049] 上記電極アセンブリー 3 において、コア電極 3 1 と環状電極 3 2 の間にパルス高電圧が印加されると、コア電極 3 1 の外周部と環状電極 3 2 の内周部の間の一箇所（電極間隔が最も狭くなった箇所）でアーク放電が発生し、衝撃波が周囲に放射される。そのとき、コア電極 3 1 及び環状電極 3 2 に衝撃力が加わる。
- [0050] この場合、パルスパワーのショット数（アーク放電回数）が多くなってくると、片持ち支持になったコア電極 3 1 が構造的にリジットな環状電極 3 2 の内側において上記衝撃力により変位してくる。すなわち、コア電極 3 1 は、アーク放電の発生箇所付近で最も大きな衝撃力を受けるから、アーク放電発生箇所の反対側に変位する。コア電極 3 1 の上記反対側への変位が大きくなると、当該反対側のコア電極 3 1 の外周部と環状電極 3 2 の内周部の間隔が狭くなる。そのため、当該反対側において両電極間 3 1, 3 2 にアーク放電を生ずるようになる。その結果、コア電極 3 1 は、今度は逆方向に衝撃力を受けるため、環状電極 3 2 の中心に近づくように上記反対側への変位が戻されていく。
- [0051] このように、コア電極 3 1 は、衝撃力を受けて変位すると、それに伴ってアーク放電の発生箇所が変わり、その結果、衝撃力を受ける部位が変わるため、特定の方向に変位することがない。つまり、コア電極 3 1 は環状電極 3 2 の中心に近づくように変位が戻される。従って、ショット数が多くなっても、電極の変形によってコア電極 3 1 と環状電極 3 2 の間隔が広くなること

はなく、安定したアーク放電を発生させることができる。もちろん、両電極 31, 32 がショートすることもない。

[0052] また、アーク放電による電極エロージョンによって両電極 31, 32 の間隔が広い箇所ができると、アーク放電の発生箇所が環状電極 32 の周方向において電極間隔の狭い箇所に移っていく。そのため、電極エロージョンがコア電極と環状電極の全周にわたって均等に進んでいく。そのため、ショット数が増えても、電極間隔の変化は小さく、安定したアーク放電を発生させることができる。

[0053] また、上記電極アセンブリー 3 の場合、鋳造品 11 の中子砂 14 が詰まった孔 15 に屈曲部があっても、棒状支持体 6 が可撓部 35 において撓むことにより、電極部 5 が屈曲部よりも奥に進むことができる。よって、このような屈曲部を有する孔 15 の中子砂 14 も除去することができる。

[0054] ここに、発明を限定する意味ではないが、例えば、パルスパワー発生電源 2 の出力電圧は 20 kV 以上 40 kV 以下、出力電流は 3 kA 以上 5 kA 以下、パルス幅は 3 μ s 以上 5 μ s 以下、出力回数は 2 pps (パルス/秒) 以上 50 pps 以下、電極間隔 S は数百 μ m ~ 数 mm (例えば、0.2 mm 以上 3 mm 以下程度) とすることができ、コア電極 31 の直径 D1 は 0.5 mm 以上 2 mm 以下程度、環状電極 32 の外径 D2 は 3 mm 以上 10 mm 以下程度、その内径 D3 は 1.5 mm 以上 6 mm 以下程度とすればよい。このようなパルスパワー発生電源 2 及び電極アセンブリー 3 であれば、エンジンのシリンダヘッドやシリンダブロックのウォータジャケット等に残留する中子砂の除去に有利である。

[0055] [実施形態 2]

図 6 及び図 7 に示すように、本実施形態の電極アセンブリー 3 は、実施形態 1 とは違って、コア電極 31 及び環状電極 32 各々の軸心が棒状支持体 6 の長手方向と直交している。他の構成は実施形態 1 と同じである。

[0056] 本実施形態においても、実施形態 1 と同じく、ショット数が増えても、コア電極 31 が常に環状電極 32 の軸心に位置付けられ、電極間隔が広く

なることはなく、両電極 31, 32 がショートすることもなく、電極エロージョンによる電極間隔の変化も小さく、安定したアーク放電を発生させることができるという効果が得られる。

[0057] (衝撃波強度の角度依存性)

上述の如く、実施形態 1, 2 は電極 31, 32 の向きが相違する。そこで、この電極の向きの相違が衝撃波強度の方向性に与える影響（衝撃波強度の角度依存性）を調べた。すなわち、図 8 及び図 9 に示すように、実施形態 1, 2 各々の電極部 5 の中心から各方向に 2 cm 離れた位置の衝撃波強度を R P A c o u s t i c s 社製の光ファイバプローブハイドロホン F O P H 2 0 0 0（水中圧力計測機）で測定した。

[0058] 実施形態 1, 2 のいずれも、コア電極 31 の直径 D_1 が 1.5 mm、環状電極 32 の外径 D_2 が 5 mm、その内径 D_3 が 2.5 mm であり、電極間隔 S は 0.5 mm である。また、出力電圧は 20 kV、出力電流は 4 kA、パルス幅は 4 μ s である。結果を図 10 及び図 11 に示す。

[0059] ここでは、実施形態 1 のようにコア電極 31 及び環状電極 32 各々の軸心が棒状支持体 6 の長手方向の延びている電極構造のものを水平電極型と称し、実施形態 2 のようにコア電極 31 及び環状電極 32 各々の軸心が棒状支持体 6 の長手方向と直交している電極構造のものを垂直電極型と称する。

[0060] 同図によれば、実施形態 1（水平電極型）では、電極アセンブリー 3 の電極部 5 の前方への衝撃波強度が大きい。一方、実施形態 2（垂直電極型）では、電極アセンブリー 3 の電極部 5 の両側方向（棒状支持体の長手方向と直交する方向）への衝撃波強度が大きい。

[0061] 従って、実施形態 1（水平電極型）の場合は、電極アセンブリー 3 を鋳造品 11 の孔 15 に挿入していくときの、その挿入方向前方の中子砂 14 を崩壊させる能力が高いことがわかる。

[0062] 一方、実施形態 2（垂直電極型）は、電極部 5 の両側方向への衝撃波強度が大きいから、図 12 に示すように、例えば、鋳造品 11 の孔 15 の奥が広がっているケースにおいて、この奥の隅にある中子砂 14 も崩壊させ易くな

る。また、電極アセンブリー 3 を棒状支持体 6 の長手方向の軸回り回転させれば、孔 15 の広がった奥の中子砂 14 を隅々まで余すことなく崩壊させることができる。

[0063] [実施形態 3]

図 13 及び図 14 に示すように、本実施形態の電極アセンブリー 3 は、先の実施形態 1, 2 とは違って、環状電極 32 が、電極線材を円筒状になるように螺旋状に複数回巻いて形成されたコイル形になっていることを特徴とする。コア電極 31 は、実施形態 1 と同じく断面円形の直棒状に形成されていて、コイル形環状電極 32 と同心に設けられている。他の構成は実施形態 1 と同じである。

[0064] 本実施形態においても、実施形態 1, 2 と同じく、ショット数が多くなっても、コア電極 31 が常に環状電極 32 の軸心に位置付けられ、電極間隔が広がることはなく、両電極 31, 32 がショートすることもなく、電極エロージョンによる電極間隔の変化も小さく、安定したアーク放電を発生させることができるという効果が得られる。

[0065] また、環状電極 32 のアーク放電を生じていたコイル部とコア電極 1 の当該コイル部に対応する部分がエロージョンによって痩せたときは、アーク放電の場所が隣のコイル部に移っていくから、ショット数が多くなっても安定したアーク放電を発生させることができる。すなわち、電極部 5 の耐久性が高い。実験によれば、ショット数が 10 万回を超えても衝撃波強度には目立った変化が見られなかった。

[0066] 図 13 及び図 14 の例は、実施形態 1 と同じく水平電極型であるが、本実施形態は、実施形態 2 のような垂直電極型にすることもできる。

[0067] [実施形態 4]

図 15 に示すように、本実施形態の電極アセンブリー 3 は、パルスパワー発生電源 2 の高圧側端子 28 に接続される高圧側電極 31 を、導電性軸 37 を介して棒状支持体 6 に支持してなる。高圧側電極 31 は、円板状又は円柱状の形状を有し、棒状支持体 6 と同心に設けられている。高圧側電極 31 の

直径は棒状支持体 6 の直径よりも小さくなっている。

[0068] 高圧側電極 3 1 は、パルスパワー発生電源 2 の低圧側端子 2 9 に接続され又は接地された導電性ブロックとしての鋳造品 1 1 の孔 1 5 に挿入される。そして、鋳造品 1 1 の孔 1 5 の内周部と高圧側電極 3 1 の外周部の間にアーク放電を発生させる。これにより、衝撃波を得て中子砂 1 4 を崩壊させる。棒状支持体 6 の高圧側電極 3 1 寄りの部分には、棒状支持体 6 が外力で弾性的に屈曲することができるように強度を部分的に低くしてなる可撓部 3 5 が設けられている。

[0069] 本実施形態においては、高圧側電極 3 1 と鋳造品 1 1 の間に高電圧を印加すると、鋳造品 1 1 の孔 1 5 の内周部と高圧側電極 3 1 の外周部の間の一箇所（両者の間隔が狭くなった箇所）でアーク放電が発生し、衝撃波が放射される。そのとき、高圧側電極 3 1 はアーク放電の発生箇所付近で衝撃力を受ける。ショット数が多くなってくると、片持ち支持になった高圧側電極 3 1 が孔 1 5 内において上記衝撃力によりアーク放電発生箇所の反対側に変位する。

[0070] 本実施形態の場合も、先の実施形態と同じく、高圧側電極 3 1 の上記反対側への変位が大きくなると、当該反対側の高圧側電極 3 1 の外周部と孔 1 5 の内周部の間隔が狭くなることにより、当該反対側においてアーク放電を生ずるようになる。その結果、高圧側電極 3 1 は、今度は逆方向に衝撃力を受けるため、孔 1 5 の中心に近づくように上記反対側への変位が戻されていく。従って、ショット数が多くなっても、高圧側電極 3 1 の外周部と孔 1 5 の内周部の間隔が広がることはない。また、高圧側電極 3 1 と棒状支持体 6 は同心に設けられ、且つ高圧側電極 3 1 の直径は棒状支持体 6 の直径よりも小さいから、鋳造品 1 1 の孔 1 5 内では、棒状支持体 6 の外周部が孔 1 5 の内周部に当たり、高圧側電極 3 1 が鋳造品 1 1 にショートすることは避けられる。

[0071] また、電極エロージョンによって高圧側電極 3 1 と鋳造品 1 1 の孔 1 5 の内周部の間隔が広がると、アーク放電の発生箇所が高圧側電極 3 1 の周方

向に移っていく。そのため、電極エロージョンが高圧側電極 31 の全周にわたって均等に進んでいく。従って、ショット数が多くなっても、電極の損耗変化は小さく、安定したアーク放電を発生させることができる。

[0072] 本実施形態によれば、棒状支持体 6 には高圧側電極 31 のみを支持すればよいから、電極アセンブリー 3 を細くすることができる。すなわち、電極アセンブリー 3 を、鋳造品 11 の小径な孔 15 にも挿入することができるように小型化することが容易になる。

[0073] また、棒状支持体 6 の中間部に可撓部 35 を備えているから、高圧側電極 31 を棒状支持体 6 と共に屈曲部を有する孔 15 の奥まで挿入することが容易になる。

[0074] なお、上記実施形態 1～4 は、中子砂の除去に使用される電極アセンブリーに関するが、本発明は、これに限定されることなく、各種用途のパルスパワー発生装置に適用することができる。

符号の説明

- [0075]
- 1 パルスパワー発生装置
 - 2 パルスパワー発生電源
 - 3 電極アセンブリー
 - 5 電極部
 - 6 棒状支持体
 - 11 鋳造品（導電性ブロック）
 - 12 水槽
 - 14 中子砂
 - 15 孔
 - 28 高圧側端子
 - 29 低圧側端子
 - 31 高圧側電極（コア電極）
 - 32 低圧側電極（環状電極）
 - 35 可撓部

請求の範囲

- [請求項1] パルスパワー発生電源と、該電源の高圧側端子に接続された高圧側電極と、該電源の低圧側端子に接続され又は接地された低圧側電極とを備え、上記高圧側電極と上記低圧側電極の間にアーク放電を発生させて衝撃波を得るパルスパワー発生装置であって、
- 上記高圧側電極及び上記低圧側電極のうちの一方の電極は環状に形成された環状電極であり、
- 上記高圧側電極及び上記低圧側電極のうちの他方の電極は上記環状電極の内側に配置されたコア電極であり、
- 上記パルスパワー発生電源は上記高圧側端子に高電圧・高電流を印加して上記環状電極の内周部と上記コア電極の外周部の間に上記アーク放電を発生させることを特徴とするパルスパワー発生装置。
- [請求項2] 請求項1において、
- 上記コア電極は、上記環状電極と同心の直棒状に形成されていることを特徴とするパルスパワー発生装置。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2において、
- 上記環状電極は、環状の円板形であることを特徴とするパルスパワー発生装置。
- [請求項4] 請求項1又は請求項2において、
- 上記環状電極は、電極線材が螺旋状に巻かれてなるコイル形であることを特徴とするパルスパワー発生装置。
- [請求項5] 請求項1乃至請求項4のいずれかにおいて、
- 上記環状電極と上記コア電極を支持する棒状支持体を備え、
- 上記環状電極の軸心が上記棒状支持体の長手方向に配向されていることを特徴とするパルスパワー発生装置。
- [請求項6] 請求項1乃至請求項4のいずれかにおいて、
- 上記環状電極と上記コア電極を支持する棒状支持体を備え、
- 上記環状電極の軸心と上記棒状支持体の長手方向が直交しているこ

とを特徴とするパルスパワー発生装置。

[請求項7]

請求項5又は請求項6において、

上記棒状支持体は、その中間部に可撓部を有することを特徴とするパルスパワー発生装置。

[請求項8]

請求項1乃至請求項7のいずれかーにおいて、

上記パルスパワー発生電源の出力電圧は20kV以上40kV以下、出力電流は3kA以上5kA以下、パルス幅は3 μ s以上5 μ s以下、出力回数は2pps以上50pps以下であり、上記高圧側電極と上記低圧側電極の間隔が0.2mm以上3mm以下であることを特徴とするパルスパワー発生装置。

[請求項9]

パルスパワー発生電源と、該電源の高圧側端子に接続された高圧側電極とを備え、

上記電源の低圧側端子に接続され又は接地された導電性ブロックの孔内において、上記高圧側電極と上記導電性ブロックの間にアーク放電を発生させて衝撃波を得るパルスパワー発生装置であって、

上記高圧側電極は、円板状又は円柱状であって、棒状支持体の先端に該棒状支持体と同心にして支持され、

上記高圧側電極が上記導電性ブロックの上記孔に挿入され、

上記パルスパワー発生電源は上記高圧側端子に高電圧・高電流を印加して上記導電性ブロックの上記孔の内周部と上記高圧側電極の外周部の間に上記アーク放電を発生させることを特徴とするパルスパワー発生装置。

[請求項10]

請求項9において、

上記棒状支持体は、その中間部に可撓部を有することを特徴とするパルスパワー発生装置。

[請求項11]

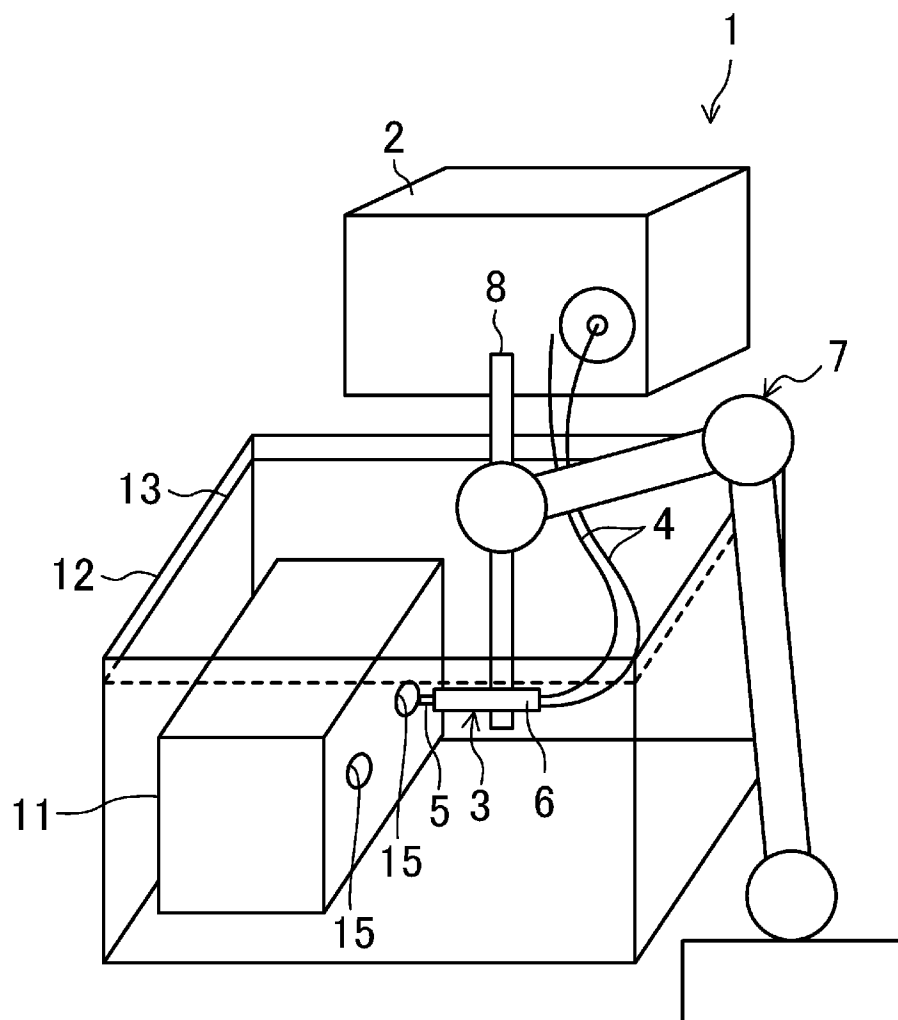
請求項1乃至請求項8のいずれかーに記載のパルスパワー発生装置を用いた鑄造品の中子砂除去方法であって、

中子砂を有する鑄造品を水中に沈める工程と、

上記水中において、上記パルスパワー発生装置の上記環状電極及び上記コア電極を上記鋳造品の上記中子砂に接触又は近接させる工程と

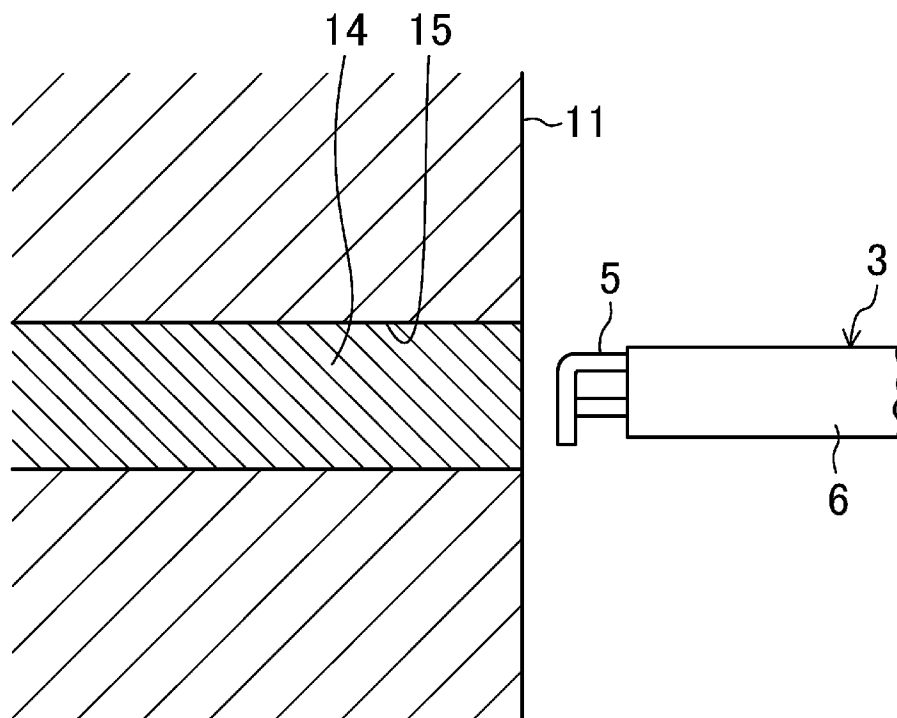
、
上記環状電極の内周部と上記コア電極の外周部の間にアーク放電をパルス状に発生させ、該アーク放電に伴って発生する衝撃波によって上記中子砂を崩壊させて上記鋳造品から除去する工程とを備えていることを特徴とする鋳造品の中子砂除去方法。

[図1]

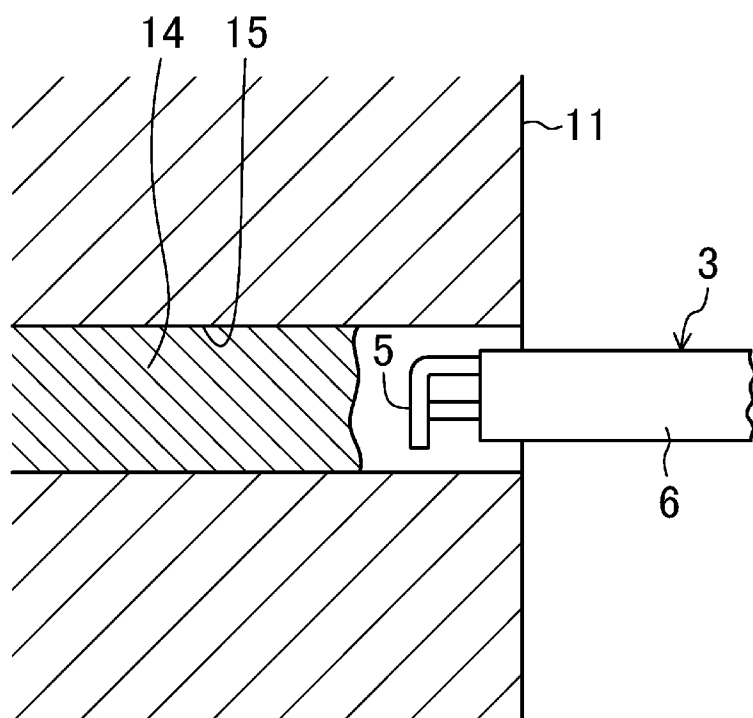


[図2]

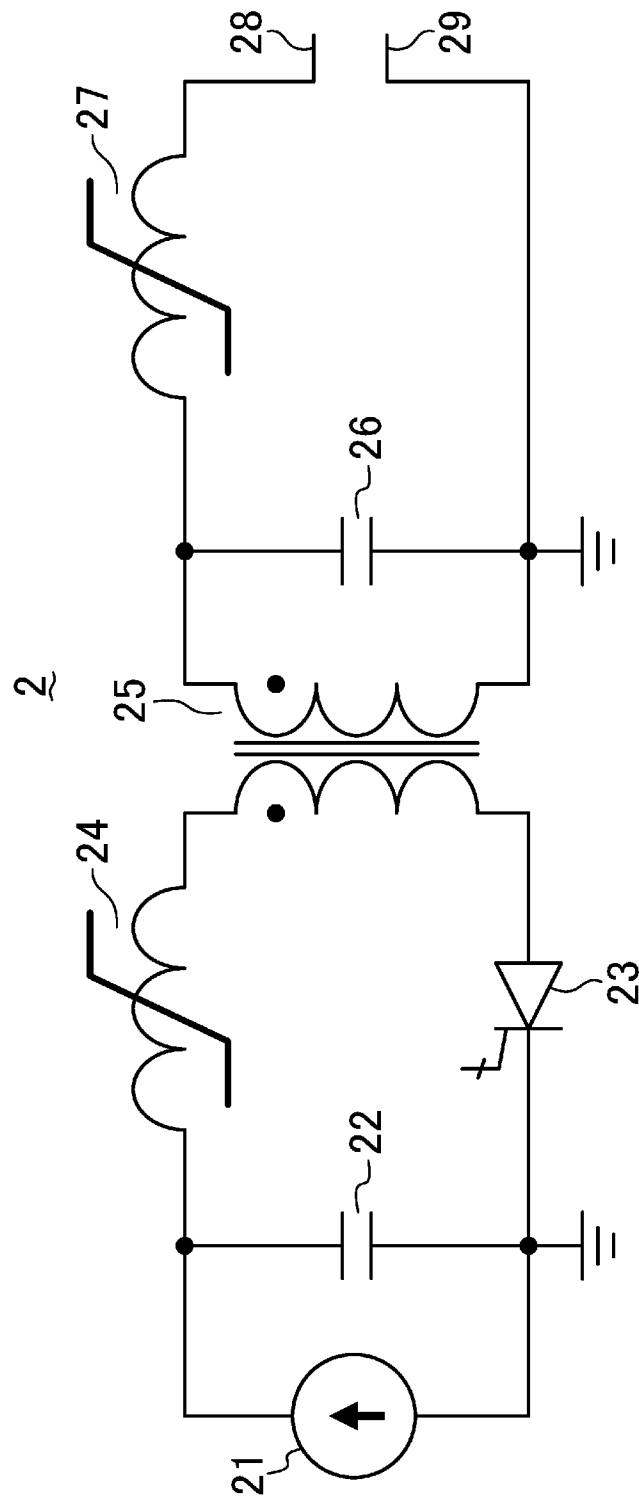
(a)



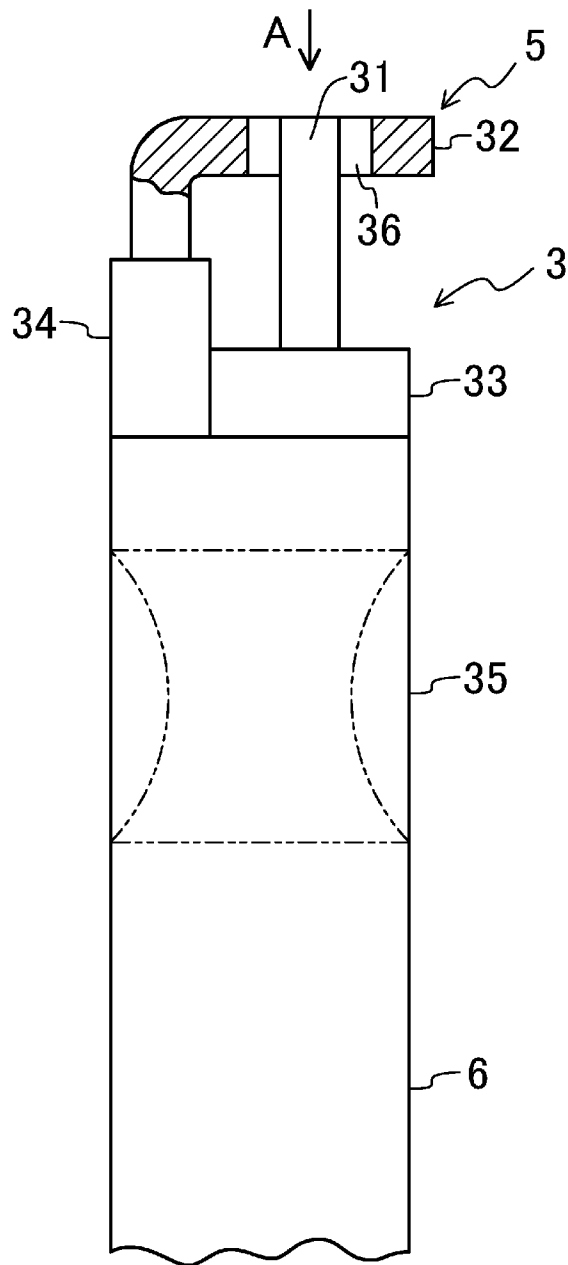
(b)



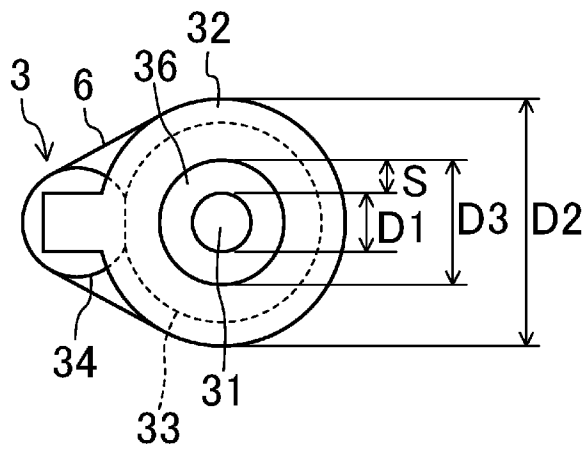
[図3]



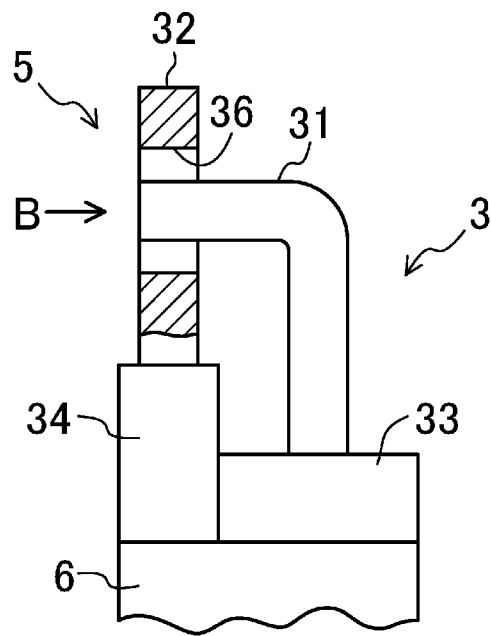
[図4]



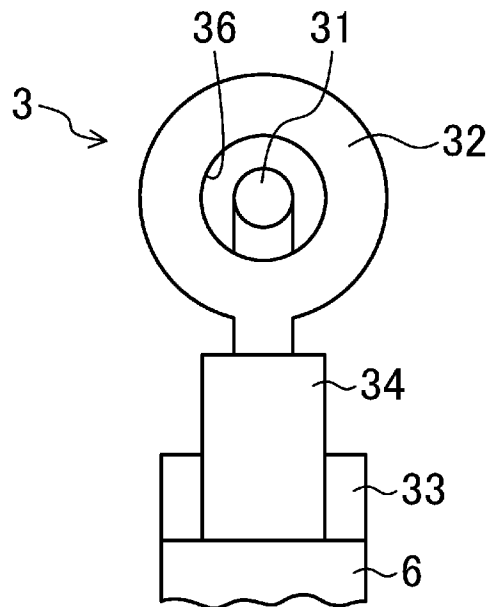
[図5]



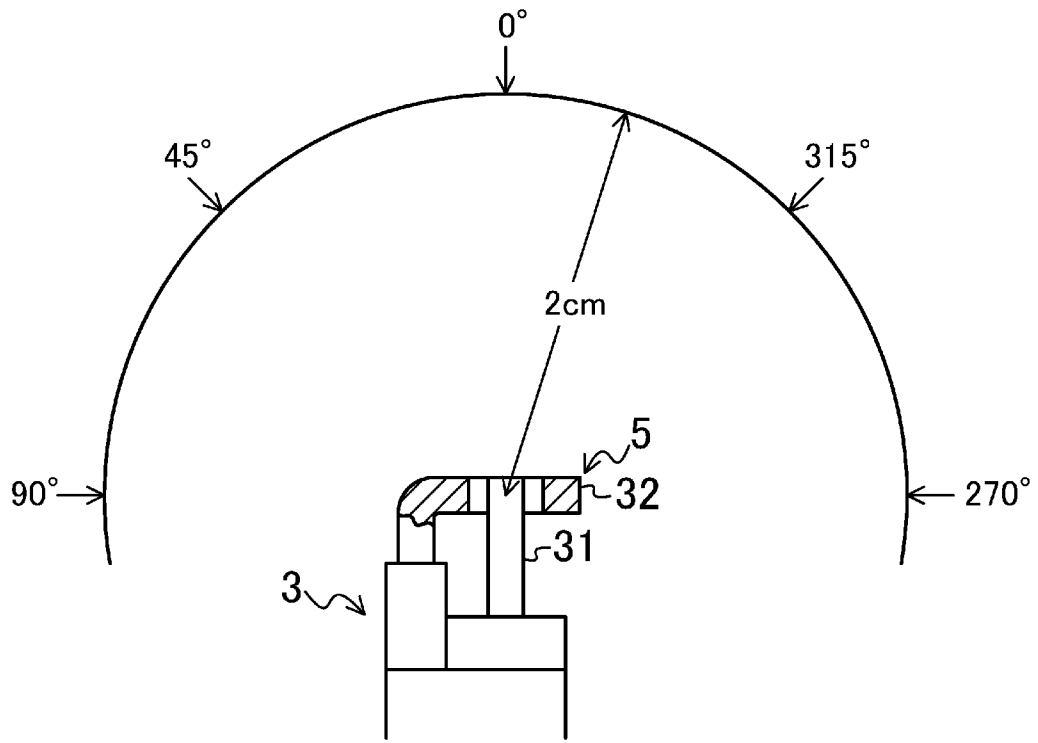
[図6]



[図7]

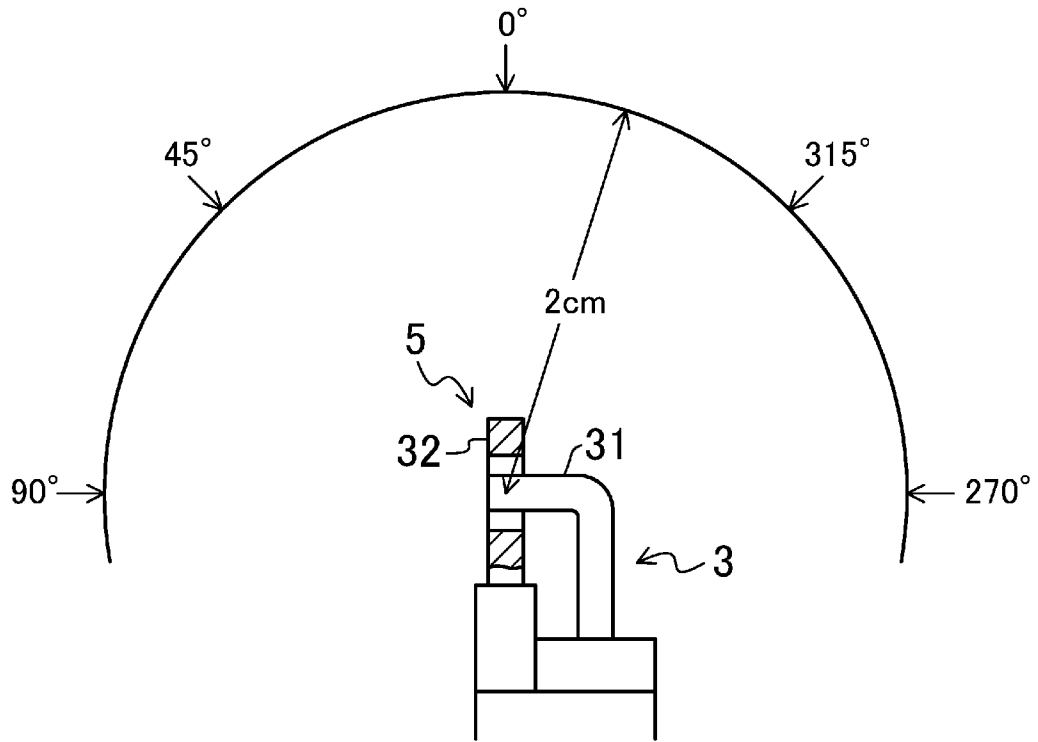


[図8]



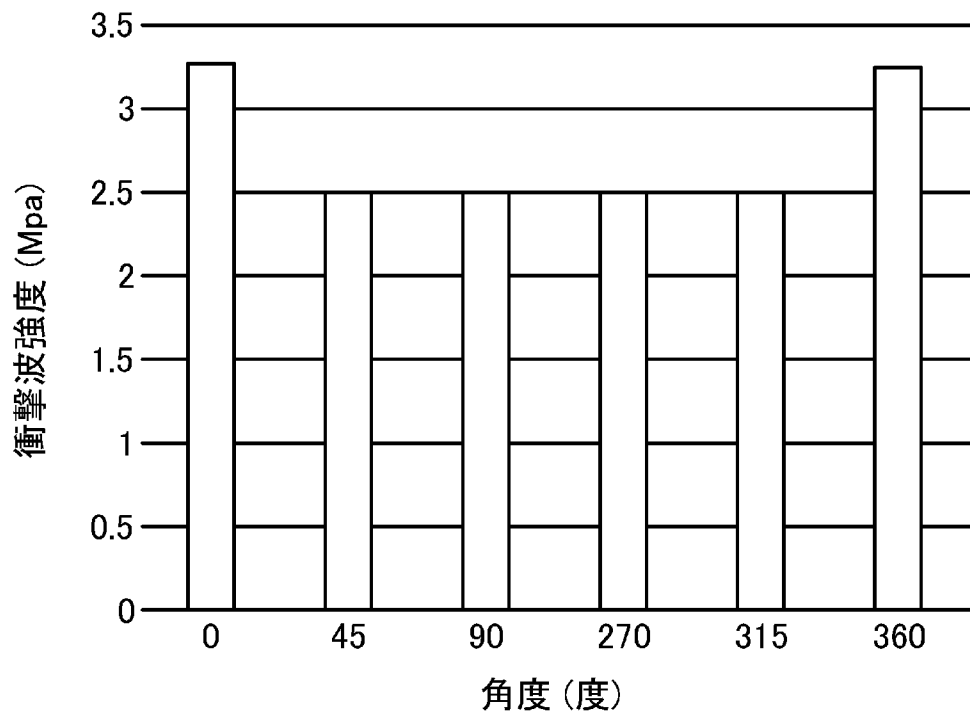
実施形態1(水平電極型)

[図9]



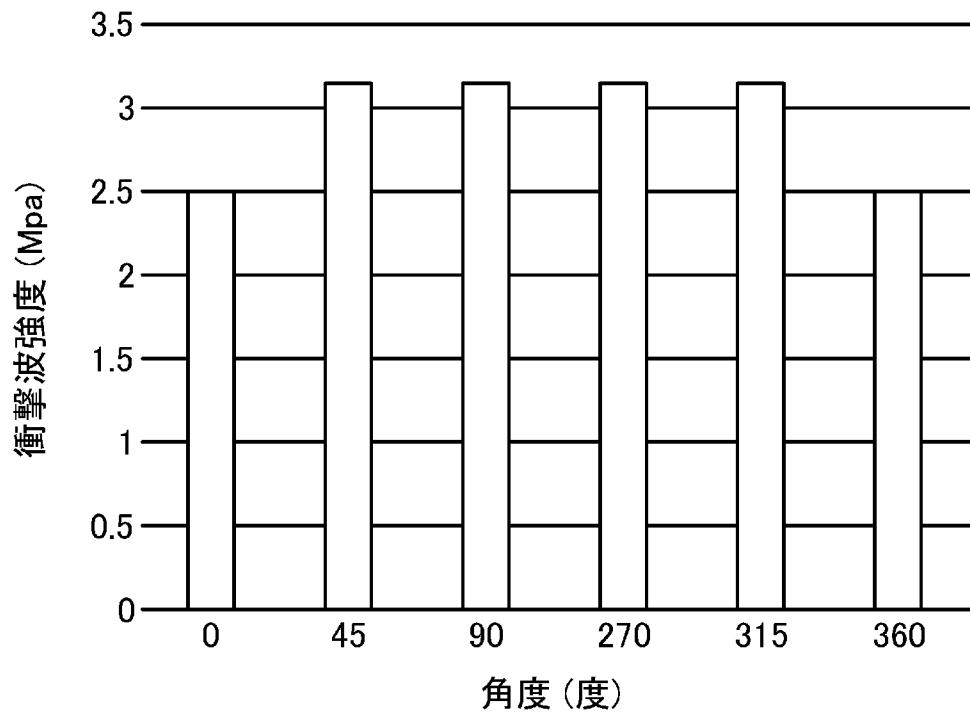
実施形態2(垂直電極型)

[圖10]



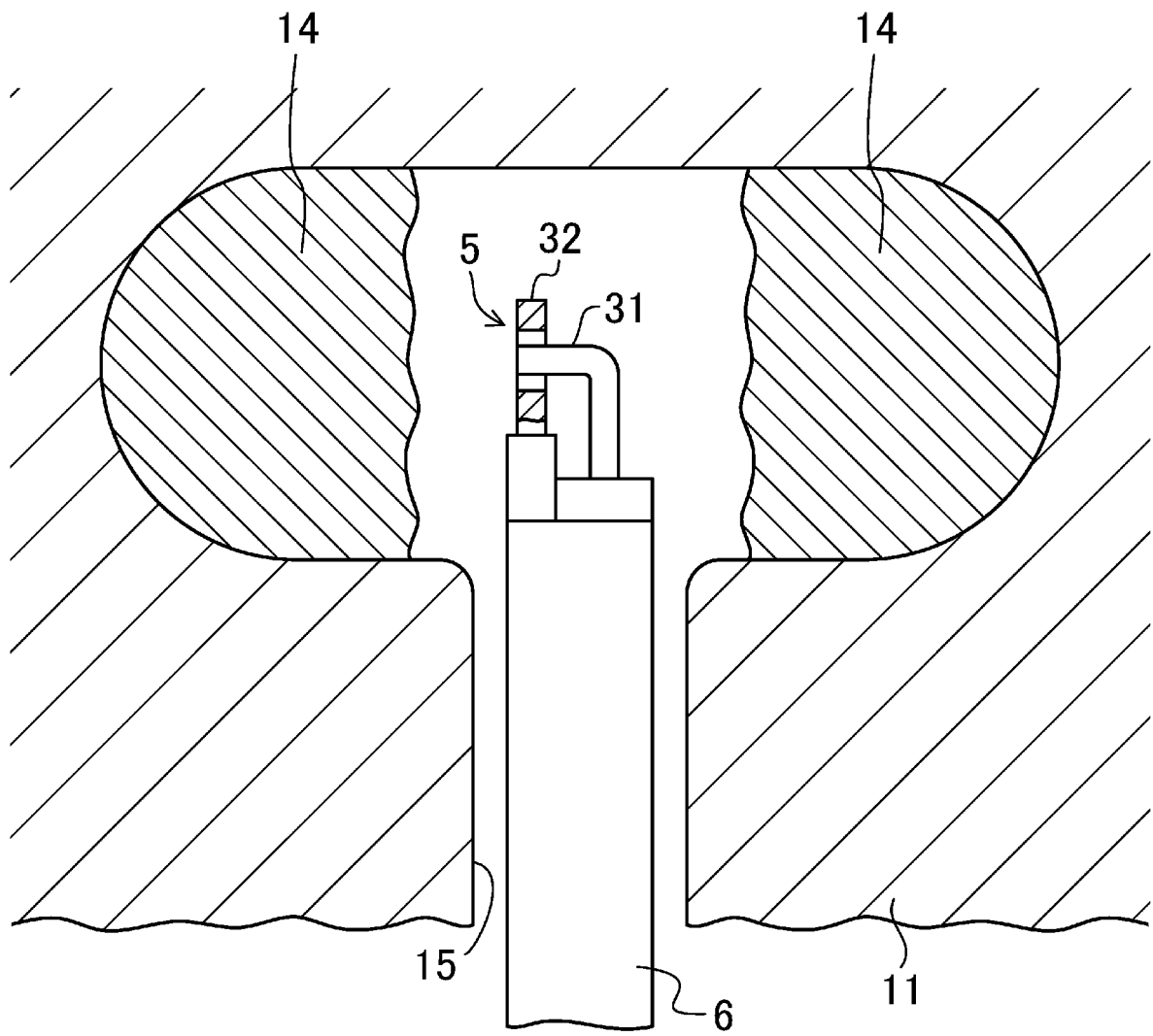
実施形態1(水平電極型)

[圖11]

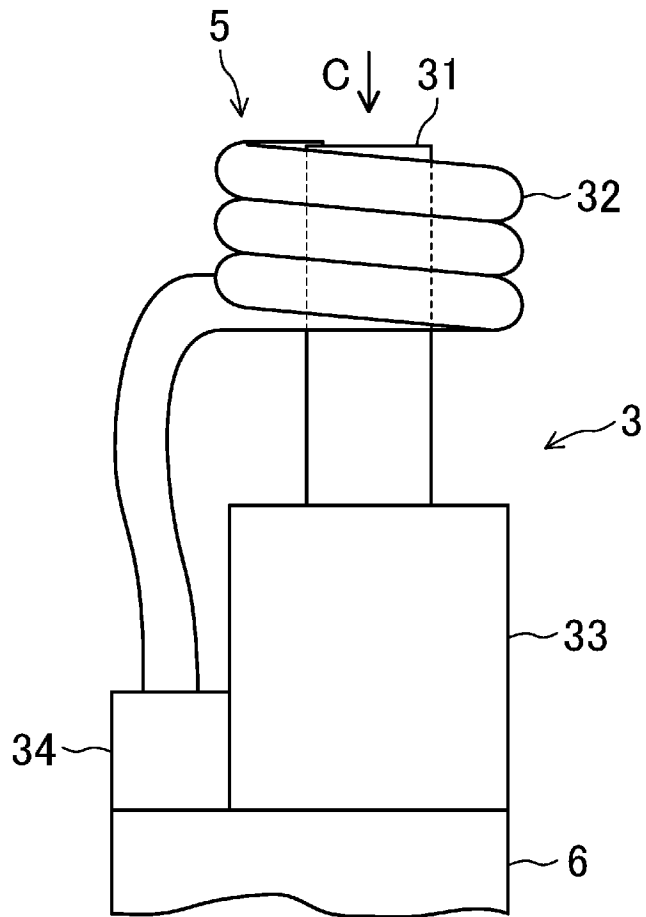


実施形態2(垂直電極型)

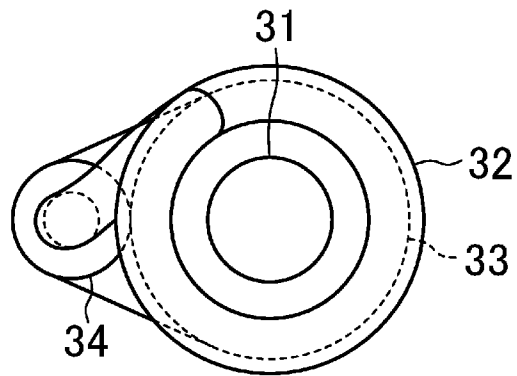
[図12]



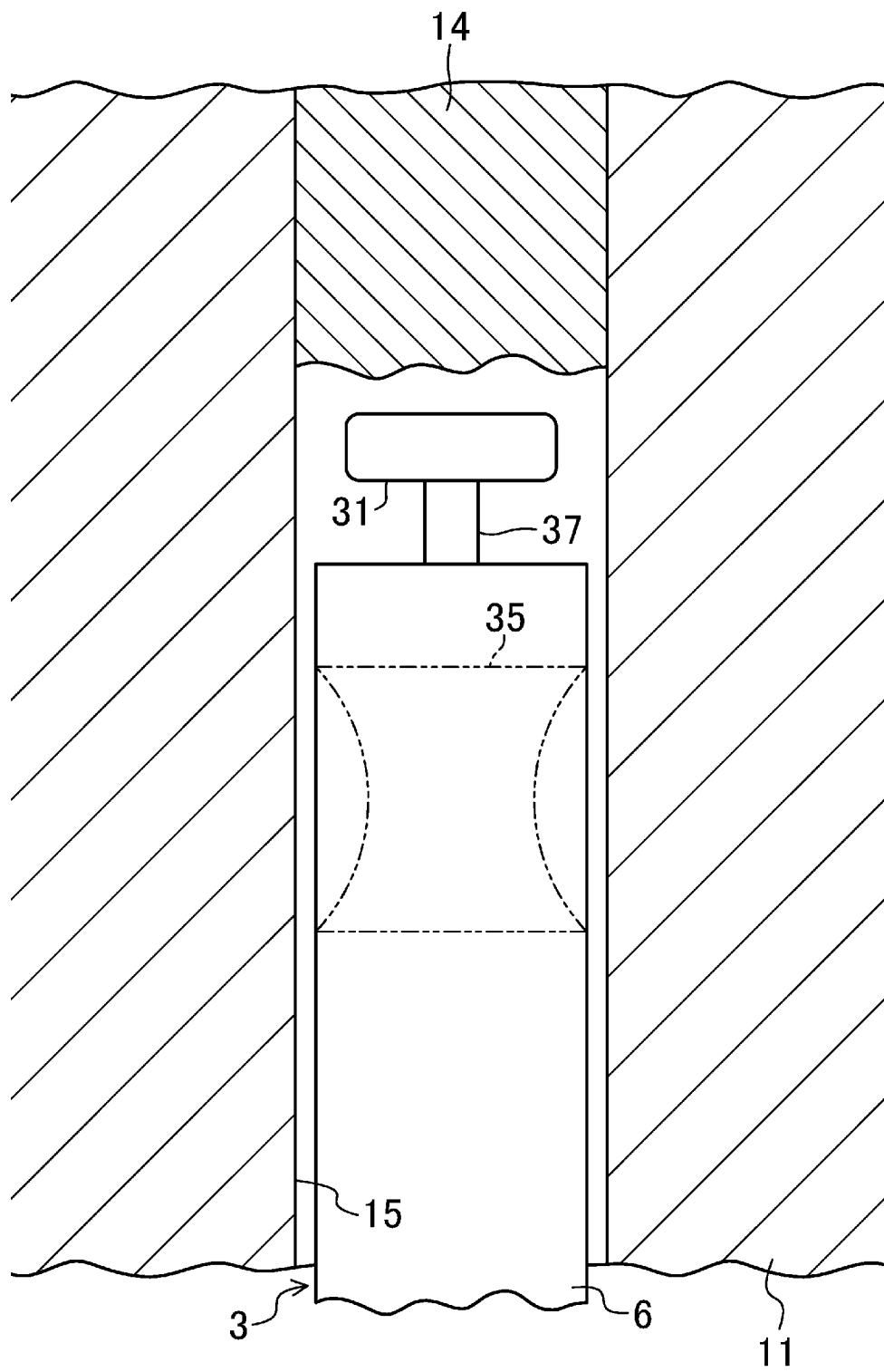
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/018987

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. H05H1/24 (2006.01) i, B22D29/00 (2006.01) n
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl. H05H1/00-1/54, B22D29/00, E21C37/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 Y A	JP 2004-181423 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 02 July 2004, paragraphs [0042]-[0073], fig. 1-13 (Family: none)	1-5 6-8, 11 9-10
X Y A	JP 2000-213273 A (KOMATSU LTD.) 02 August 2000, paragraphs [0051]-[0070], fig. 4-6 (Family: none)	9 6-8, 10-11 1-5
Y	JP 2002-204975 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 23 July 2002, paragraphs [0019]-[0025], fig. 1-3 (Family: none)	7-8, 10-11
Y	JP 2003-64977 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 05 March 2003, paragraphs [0032]-[0053], fig. 1-2 (Family: none)	7-8, 10-11

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

* Special categories of cited documents:	"I" 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 02 August 2018 (02.08.2018)	Date of mailing of the international search report 14 August 2018 (14.08.2018)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/018987

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 58-9763 A (ISUZU MOTORS LTD.) 20 January 1983, page 2, upper left column, line 9 to page 3, lower left column, line 20, fig. 1-5 (Family: none)	11
Y	JP 2014-168810 A (KUMAMOTO UNIVERSITY) 18 September 2014, paragraphs [0018]-[0033], fig. 1-5 (Family: none)	11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H05H1/24(2006.01)i, B22D29/00(2006.01)n

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. H05H1/00-1/54, B22D29/00, E21C37/18

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	JP 2004-181423 A (住友電機工業株式会社)	1-5
Y	2004.07.02, 第 [0042] - [0073] 段落および第 1-13 図	6-8, 11
A	(ファミリーなし)	9-10

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

02.08.2018

国際調査報告の発送日

14.08.2018

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)

藤本 加代子

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

2G

4458

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
X	JP 2000-213273 A (株式会社小松製作所)	9
Y	2000.08.02, 第 [0051] - [0070] 段落および第4-6図 (ファミリーなし)	6-8, 10-11
A		1-5
Y	JP 2002-204975 A (住友電機工業株式会社)	7-8, 10-11
	2002.07.23, 第 [0019] - [0025] 段落および第1-3図 (ファミリーなし)	
Y	JP 2003-64977 A (住友電機工業株式会社)	7-8, 10-11
	2003.03.05, 第 [0032] - [0053] 段落および第1-2図 (ファミリーなし)	
Y	JP 58-9763 A (いすゞ自動車株式会社)	11
	1983.01.20, 第2頁左上欄第9行目-第3頁左下欄第20行目お よび第1-5図 (ファミリーなし)	
Y	JP 2014-168810 A (国立大学法人 熊本大学)	11
	2014.09.18, 第 [0018] - [0033] 段落および第1-5図 (ファミリーなし)	