

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-160740

(P2004-160740A)

(43) 公開日 平成16年6月10日(2004.6.10)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
B 2 8 D 1/00	B 2 8 D 1/00	2 D 0 6 5
B 0 2 C 19/18	B 0 2 C 19/18	3 C 0 6 9
E 2 1 C 37/18	E 2 1 C 37/18	4 D 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2002-327179 (P2002-327179)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成14年11月11日(2002.11.11)	(71) 出願人	000001317 株式会社熊谷組 福井県福井市中央2丁目6番8号
		(71) 出願人	591160671 奥村組土木興業株式会社 大阪府大阪市港区三先1丁目11番18号
		(74) 代理人	100064746 弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132 弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703 弁理士 仲村 義平

最終頁に続く

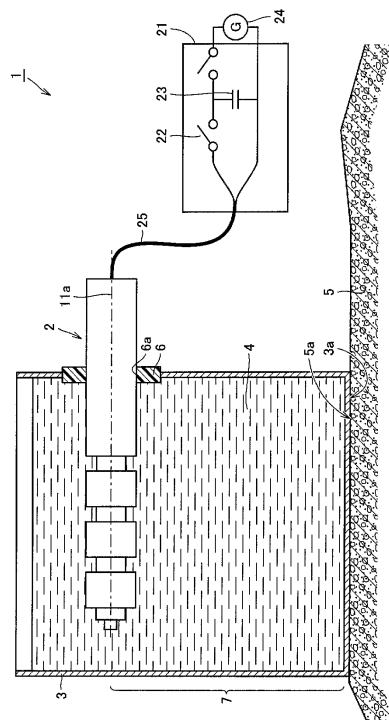
(54) 【発明の名称】 破碎装置および破碎方法

(57) 【要約】

【課題】電極の放電によるエネルギーを効率良く破碎対象物の破壊に利用でき、かつ広い用途に使用することができる破碎装置および破碎方法を提供する。

【解決手段】破碎装置1は、外部に位置する破碎対象物5に接触する底面3aを有する容器3と、容器3内に設けられた水4と、水4内に設けられた放電可能な電極2とを備える。電極2に電流を供給して放電を発生させ、水4中に形成される圧力波によって破碎対象物5が破壊される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

破砕対象物に接触する外表面を有する容器と、
前記容器内に設けられた媒体と、
前記媒体内に設けられた放電可能な電極とを備える、破砕装置。

【請求項 2】

前記容器と破砕対象物との間に介在し、前記媒体の音響インピーダンスの値と、破砕対象物の音響インピーダンスの値との間の値の音響インピーダンスを有する伝達部材をさらに備える、請求項 1 に記載の破砕装置。

【請求項 3】

前記媒体内に設けられた反射部材をさらに備え、前記反射部材と破砕対象物との間に前記電極が位置するように前記反射部材が位置決めされ、前記反射部材は、前記電極によって形成された圧力波を破砕対象物に向けて反射させる、請求項 1 または 2 に記載の破砕装置。

10

【請求項 4】

内部に媒体が設けられ、その媒体内に放電可能な電極が位置決めされた容器を、前記容器の外表面が破砕対象物に接触するように位置決めする工程と、
前記電極に電流を供給して放電を発生させ、前記媒体中に形成される圧力波によって破砕対象物を破壊する工程とを備える、破砕方法。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】**【発明の属する技術分野】**

この発明は、岩石などを破壊する破砕装置および破砕方法に関し、より特定的には、電極間に放電を発生させ、この放電によるエネルギーを利用して破砕対象物を破壊する破砕装置および破砕方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

従来、液中に対向して設けた電極間に放電を発生させ、これにより液中に生じた衝撃波を利用することによって、石割りまたは石材加工を行なう方法が広く知られている。このように放電圧力を利用する石材加工法が、特公昭 43 - 2114 号に開示されている。

30

【0003】

図 11 は、特公昭 43 - 2114 号に開示されている石材加工法を実施するための装置を示す断面図である。図 11 を参照して、容器 110 内に、水または鉱物油などからなる誘電体性液 102 を配置する。石材よりなる被加工体 111 を誘電体性液 102 に浸るよう容器 110 内に位置決めする。放電電極 103 および 104 を誘電体性液 102 に浸漬し、相対向し間隙が形成されるように被加工体 111 の上部に近接して設ける。

【0004】

放電電極 103 および 104 はそれぞれ、蓄電器 105 に電氣的に接続されている。蓄電器 105 は、直流電源 106 により充電抵抗 107 を介して充電され、切換えスイッチ 108 を閉じることによって充電電荷が放電電極 103 および 104 に供給される。放電電極 103 および 104 の間で放電が発生し、これにより誘電体性液 102 に衝撃波放電圧力が形成される。この衝撃波放電圧力が誘電体性液 102 中を伝達して被加工体 111 に作用し、被加工体 111 の所要の部分が破壊または加工される。

40

【0005】

また、石材よりなる被加工体 111 に孔が開いている場合には、その孔の内部に誘電体性液 102 を配置し、その誘電体性液 102 に浸るよう放電電極 103 および 104 を対向して位置決めすることができる。これにより、蓄電器 105 の放電エネルギーを無駄なく利用できるから、被加工体 111 の破壊または加工をより容易に行なうことができる。

【0006】**【発明が解決しようとする課題】**

50

このような特公昭43-2114号に開示されている従来技術によれば、石材よりなる被加工体111を容器110内に位置決めし、放電電極103および104を被加工体111にきわめて近接させた状態で被加工体111の破壊または加工を行なっている。これにより、放電電極103および104の放電によって発生する衝撃波的放電圧力を、効率良く被加工体111の破壊または加工に利用することを意図している。

【0007】

しかし、容器110内に位置決めすることができる被加工体111の種類または大きさは制約を受ける。このため、たとえば地面を採掘する場合などには本石材加工法を使用することができないなど、その使用用途は限定される。また、被加工体111に形成した孔の内部に誘電体性液102を配置する場合にも、堅固な岩石などからなる被加工体111に直接孔を開けるのは容易でなく、またこのような作業を行なうことは経済性の点から言っても劣る。

10

【0008】

また、放電電極103および104の放電により発生する衝撃波的放電圧力の発生方向は、放電電極103および104の間隙を中心とした全方向である。しかし、被加工体111は、放電電極103および104の間隙から見て下方向に存在するだけなので、誘電体性液102の液面方向および容器110の側面方向に発生する放電圧力は、被加工体111の破壊または加工にほとんど寄与しない。このため、従来技術では、放電電極103および104の放電により発生した衝撃波的放電圧力を、効率良く被加工体111の破壊または加工のために用いているとは言い難く、エネルギーの利用効率は極めて低い。

20

【0009】

そこでこの発明の目的は、上記の課題を解決することであり、電極の放電によるエネルギーを効率良く破碎対象物の破壊に利用でき、かつ広い用途に使用することができる破碎装置および破碎方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

この発明に従った破碎装置は、破碎対象物に接触する外表面を有する容器と、容器内に設けられた媒体と、媒体内に設けられた放電可能な電極とを備える。

【0011】

このように構成された破碎装置によれば、容器の外表面を容器外に位置する破碎対象物の破壊を行なおうとしている部分に接触させて容器を位置決めしている。容器内の電極に電流を供給すると電極の所定部分に放電が発生し、水などの媒体中に圧力波が形成される。この圧力波が媒体中を伝達し、破碎対象物と接触する容器の外表面を介して破碎対象物に到達する。その破碎対象物に到達した圧力波のエネルギーによって破碎対象物が破壊される。

30

【0012】

本発明では、破碎対象物を容器内に設けず容器の外部に位置決めしたまま破碎対象物の破壊を行なっているため、破碎対象物の種類または大きさなどに制約を受けることがない。たとえば、地面の採掘を行なうような場合であっても、内部に媒体と電極とを配置することができる適当な容器を準備し、この容器を採掘しようとする地面に接触させて位置決めすることによって所望の破碎作業を行なうことができる。したがって、破碎作業において本破碎装置を広い用途に使用することができる。

40

【0013】

また、破碎装置は媒体を設ける容器を備えているため、破碎対象物に媒体を設けるための下孔を形成する必要がない。このため、下孔を形成する手間を省いて破碎作業の作業効率を向上させることができ、また破碎作業の経済性も向上させることができる。

【0014】

また好ましくは、破碎装置は、容器と破碎対象物との間に介在し、媒体の音響インピーダンスの値と、破碎対象物の音響インピーダンスの値との間の値の音響インピーダンスを有する伝達部材をさらに備える。

50

【0015】

このように構成された破碎装置によれば、媒体中に発生した圧力波によって形成される衝撃波をより多く破碎対象物に到達させることができる。媒体中に発生する衝撃波は音響振動の一種であるため、ある媒体から異なる媒体に移動する際、その境界面において衝撃波の一部が反射され残りの衝撃波のみが透過することができる。この際の衝撃波の透過率に影響を与えるのが、各々の媒体が有する音響インピーダンスである。

【0016】

一般的に、容器内に設けられた媒体の音響インピーダンスと、破碎対象物の音響インピーダンスとは大きく異なる場合が多い。たとえば媒体としての水の音響インピーダンスは 1.5×10^6 (N・s/m³) 程度であり、破碎対象物としてのコンクリートまたは岩石の音響インピーダンスは 16×10^6 (N・s/m³) 程度である。

10

【0017】

所定の音響インピーダンスを有する媒体から、所定の音響インピーダンスとは大きく異なる音響インピーダンスを有する媒体へと衝撃波が伝達すると、その境界面における衝撃波の透過率は小さくなる。上述の例で媒体としての水から破碎対象物としてのコンクリートまたは岩石へと衝撃波が伝達する場合、境界面での衝撃波の透過率は0.32程度にしかない。つまり、電極の放電により発生した衝撃波の大部分が、媒体から破碎対象物へと伝達する際にその境界面で反射されてしまい、衝撃波のエネルギーを効率良く破碎対象物まで到達させることができない。

【0018】

本発明では、所定の音響インピーダンスを有する伝達部材を、容器と破碎対象物との間に介在させているため、衝撃波は媒体からまず伝達部材へと伝達し、その後伝達部材から破碎対象物へと到達する。これにより、媒体から伝達部材への伝達時の衝撃波の透過率と、伝達部材から破碎対象物への伝達時の衝撃波の透過率との積が境界面における衝撃波の総合的な透過率となる。そして、この衝撃波の総合的な透過率は、伝達部材を設けなかった場合の衝撃波の透過率よりも大きくなる。このため、電極の放電により発生した衝撃波がより多く破碎対象物に到達し、破碎作業において電極の放電エネルギーの利用効率を向上させることができる。

20

【0019】

また好ましくは、破碎装置は、媒体内に設けられた反射部材をさらに備える。反射部材と破碎対象物との間に電極が位置するように反射部材が位置決めされている。反射部材は、電極によって形成された圧力波を破碎対象物に向けて反射させる。

30

【0020】

このように構成された破碎装置によれば、電極の放電によって発生する衝撃波の全ての進行方向に破碎対象物が存在しない場合であっても、反射部材によって衝撃波を破碎対象物に向けて反射させ、より多くの衝撃波を破碎対象物に到達させることができる。これにより、破碎作業において電極の放電エネルギーの利用効率を向上させることができる。

【0021】

この発明に従った破碎方法は、内部に媒体が設けられ、その媒体内に放電可能な電極が位置決めされた容器を、容器の外表面が破碎対象物に接触するように位置決めする工程と、電極に電流を供給して放電を発生させ、媒体中に形成される圧力波によって破碎対象物を破壊する工程とを備える。

40

【0022】

このように構成された破碎方法によれば、破碎対象物を容器の外部に位置決めしたまま破壊を行なっているので、破碎対象物の種類または大きさなどに制約を受けることがない。このため、本破碎方法によって、より多岐に渡る破碎対象物を破壊することができる。また、媒体を内部に設けた容器を用いているため、媒体を設けるための下孔を破碎対象物に形成する必要がない。このため、下孔を形成する手間を省いて破碎作業の作業効率を向上させることができ、また破碎作業の経済性も向上させることができる。

【0023】

50

【発明の実施の形態】

この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0024】

(実施の形態1)

図1は、この発明の実施の形態1における破碎装置を示す断面図である。図1を参照して、破碎装置1は、パルスパワー源21と、岩石などからなる破碎対象物5と接触する容器3と、容器3の内部に設けられた水4と、水4に浸されて設けられ、パルスパワー源21と電氣的に接続された電極2とを備える。

【0025】

容器3は箱形状を有し、鉄など一定以上の強度を有する金属によって形成されている。容器3の底面であって外部側に位置する底面3aが容器3の外部に位置する破碎対象物5に面接触するように、容器3が位置決めされている。容器3の内部には、電解液である水4が配置されている。容器3の側面には、断面が円形状の開口6aを有する絶縁体6が嵌め込まれている。絶縁体6の開口6aには、電極2が挿入されて所定位置に位置決めされている。なお、本実施の形態では、絶縁体6を介して電極2を位置決めしたが、使用状況によっては絶縁体6を省略し、容器3と電極2とを直接固定しても良い。

10

【0026】

絶縁体6の材料としては、たとえばゴムまたは他の樹脂などにより形成することが好ましい。この場合、絶縁体6を構成するゴムなどの材料は弾性を有している。このため、絶縁体6に応力が加わっていない場合の開口6aの内径を、電極2の直径よりもある程度小さくすることによって、ゴムなどの材料の弾性力を利用して電極2を容易に位置決めすることができる。これにより、絶縁体6の開口6aと電極2との接触部分から、容器3の内部の水4が漏れるおそれがない。

20

【0027】

パルスパワー源21には、コンデンサ23およびスイッチ22などを含む回路と、コンデンサ23に電荷を供給するための電源24とが設けられている。パルスパワー源21の回路は接地されている。パルスパワー源21の回路と電極2とは、ケーブル25によって接続されている。

【0028】

図2は、図1中に示した電極の先端部分を示す斜視図である。図3は、図1中に示した電極の先端部分を示す断面図である。図2および図3を用いて、実施の形態1における破碎装置1が備える電極について説明する。

30

【0029】

図2および図3を参照して、電極2は、中心軸に沿って延在し、外周面を有する中心導電体としての中心電極11と、この中心電極11の外周面上に配置された絶縁部材としての絶縁体12と、この絶縁体12を囲むように配置された外周導電体としての外周電極14とを備える。外周電極14は、第1の導電体としての外周電極部分13aと、外周電極部分13aとは中心電極11の中心軸の延びる方向において間隔を隔てて配置された第2の導電体としての外周電極部分13bとを含む。外周電極14は、第2の導電体としての外周電極部分13bとは、中心電極11の中心軸の延びる方向において間隔を隔てて配置された1つ以上の他の導電体としての外周電極部分13cおよび13dを含む。

40

【0030】

中心電極11の先端部分と外周電極部分13aとの間にはギャップ16が、外周電極部分13aと外周電極部分13bとの間にはギャップ17が、外周電極部分13bと外周電極部分13cとの間にはギャップ18が、外周電極部分13cと外周電極部分13dとの間にはギャップ19が、それぞれ電極2の外形が有する円周に沿って形成されている。

【0031】

中心電極11には、ケーブル25が接続されている。このため、パルスパワー源21からケーブル25を介して中心電極11に電流を供給することができる。なお、絶縁体6により電極2と容器3とは電氣的に分断されているため、電極2から容器3に向って電流が流

50

れることはない。

【0032】

破砕装置 1 によって破砕対象物 5 を破壊するしくみについて説明する。図 1 を参照して、所定量の電流をパルスパワー源 2 1 から電極 2 に導入すると、電極 2 に形成されたギャップ 1 6 から 1 9 において放電が発生しアークが形成される。これにより、ギャップ 1 6 から 1 9 付近の水 4 が放電エネルギーによってプラズマ化し圧力波が発生する。圧力波は水 4 中を伝達し、容器 3 の底面 3 a を介して破砕対象物 5 へと到達する。この圧力波のエネルギーにより破砕対象物 5 が破壊される。

【0033】

このように電極 2 に複数のギャップ 1 6 から 1 9 を設けて放電が起きる箇所を増加させることにより、パルスパワー源 2 1 から供給される電流量を一定とした場合において、放電抵抗を増加させることができる。放電により消費されるエネルギーは電極 2 に供給される電流値の 2 乗 × 放電抵抗に比例するため、放電により消費されるエネルギー（つまり、破砕に利用されるエネルギー）を大きくすることができる。なお、本実施の形態では放電を発生させるギャップを複数形成したが、ギャップ数は 1 つであっても良い。

【0034】

また、電極 2 の容器 3 内における位置は、衝撃波を形成するための助走区間 7 を考慮して決定されている。破砕装置 1 では、電流の供給開始時に発生する第 1 の圧力波と、その後発生する第 2 の圧力波とを重なり合わせて衝撃波を形成している。これにより、破砕対象物 5 を破壊するために必要な圧力を容易に得ることができる。

【0035】

但し、上述の衝撃波を形成するためには第 1 の圧力波が破砕対象物 5 に到達する前に、第 2 の圧力波が第 1 の圧力波に追いつくことが必要である。媒体中での圧力波の伝播速度は、基本的に媒体の材質と圧力波の圧力により決定され、圧力波の圧力が大きい方が、伝播速度が速くなる。このため、第 2 の圧力波の圧力が第 1 の圧力波の圧力より十分に大きくなるように、それぞれの圧力波形成時に供給する電流値を設定しておく。そして、第 2 の圧力波が第 1 の圧力波に追いつくために必要な助走区間 7 を求め、破砕対象物 5 から助走区間 7 以上隔てた位置に電極 2 を設ける。

【0036】

この発明の実施の形態 1 に従った破砕装置 1 は、破砕対象物 5 に接触する外表面としての底面 3 a を有する容器 3 と、容器 3 内に設けられた媒体としての水 4 と、水 4 内に設けられた放電可能な電極 2 とを備える。

【0037】

次に、破砕装置 1 を用いた破砕方法を説明する。図 1 を参照して、容器 3 の底面であって外部側に位置する底面 3 a と、破砕対象物 5 において破壊を行なおうとする表面 5 a とが接触するように、容器 3 を破砕対象物 5 上に位置決めする。容器 3 の側面に設けられた絶縁体 6 の開口 6 a に電極 2 を挿入し位置決めする。放電が発生する電極 2 のギャップ 1 6 から 1 9 が完全に浸されるまで水 4 を容器 3 内に注入する。

【0038】

パルスパワー源 2 1 において、電源 2 4 からコンデンサ 2 3 に所定量の電荷を蓄積する。コンデンサ 2 3 に必要な量の電荷を蓄積した状態で、パルスパワー源 2 1 のスイッチ 2 2 を閉じる。これにより、パルスパワー源 2 1 のコンデンサ 2 3 に蓄えられた電荷が、パルスパワー源 2 1 からケーブル 2 5 を介して電極 2 に導入される。この結果、電極 2 に形成されたギャップ 1 6 から 1 9 において放電が発生しアークが形成される（放電を発生させる工程が実施される）。このため、ギャップ 1 6 から 1 9 付近の水 4 が放電エネルギーによってプラズマ化し圧力波が発生する。この圧力波のエネルギーにより破砕対象物 5 を破壊する。

【0039】

この発明の実施の形態 1 に従った破砕方法は、内部に媒体としての水 4 が設けられ、その水 4 内に放電可能な電極 2 が位置決めされた容器 3 を、容器 3 の外表面としての底面 3 a

10

20

30

40

50

が破碎対象物 5 に接触するように位置決めする工程と、電極 2 に電流を供給して放電を発生させ、水 4 中に形成される圧力波によって破碎対象物 5 を破壊する工程とを備える。

【0040】

このように構成された破碎装置 1 および破碎方法によれば、容器 3 の外表面である底面 3 a と破碎対象物 5 とが接触するように容器 3 を位置決めしているため、容器 3 内に破碎対象物を位置決めする場合と比較して、破碎対象物 5 の種類または大きさなどに制約を受けることがない。このため、破碎装置 1 を用いて、より多岐に渡る破碎対象物を破壊することができる。

【0041】

また、破碎装置 1 は、圧力波を伝達させる媒体としての水 4 を設ける容器 3 を備えているため、破碎対象物 5 に水 4 を設けるための下孔を形成する必要がない。これにより、破碎作業の作業効率を向上させ、破碎作業のコストを低減させることができる。

【0042】

(実施の形態 2)

図 4 は、この発明の実施の形態 2 における破碎装置を示す断面図である。実施の形態 2 における破碎装置 2 8 は、実施の形態 1 における破碎装置 1 と比較して、容器と破碎対象物との接触箇所、および容器内において電極 2 が設けられている位置が異なる。

【0043】

図 4 を参照して、岩石などからなる破碎対象物 2 9 が重力方向に延在している。箱形状を有する容器 3 0 の外表面としての側面 3 0 b と、破碎対象物 2 9 の破壊を行なおうとする表面 2 9 b とが接触するように、容器 3 0 が位置決めされている。容器 3 0 の内部には水 4 が配置されている。

【0044】

容器 3 0 内に電極 2 が設けられている。電極 2 は、破碎対象物 2 9 の表面 2 9 b が、電極 2 が備える中心電極 1 1 の中心軸 1 1 a と平行になるように位置決めされている。このように電極 2 が位置決めされた状態において、中心電極 1 1 の中心軸 1 1 a の延長線は、破碎対象物 2 9 の表面 2 9 b を含む平面と交わらない。電極 2 は、破碎対象物 2 9 の表面 2 9 b から衝撃波を形成するための助走区間 7 を隔てて位置決めされている。

【0045】

このように構成された破碎装置 2 8 によれば、実施の形態 1 に記載の効果と同様の効果を奏することができる。

【0046】

(実施の形態 3)

図 5 は、この発明の実施の形態 3 における破碎装置を示す断面図である。実施の形態 3 における破碎装置 3 1 は、実施の形態 1 における破碎装置 1 と比較して、電極の構造が異なる。図 6 は、図 5 中に示した電極を破碎対象物が位置する方向から見た斜視図である。

【0047】

図 5 および図 6 を参照して、破碎装置 3 1 が備える電極 3 8 は、実施の形態 1 の図 1 に示す電極 2 と基本的に同様の構造を有する。しかし、電極 3 8 には、外周電極部分 1 3 a から 1 3 d のそれぞれに突起部としての凸部 3 6 a から 3 6 d が形成されている。凸部 3 6 a から 3 6 d は、中心電極 1 1 の中心軸が延びる方向とはほぼ平行な方向に突出し、かつ中心電極 1 1 の中心軸の放射方向に突出して形成されている。凸部 3 6 a から 3 6 d は、中心電極 1 1 の中心軸の周方向において互いに角度差を設けず、容器 3 の底面 3 a 側で破碎対象物 5 に最も近接する位置に形成されている。

【0048】

このように構成された破碎装置 3 1 によれば、実施の形態 1 に記載の効果と同様の効果を奏することができる。加えて、破碎装置 3 1 が備える電極 3 8 は、外周電極部分 1 3 a から 1 3 d のそれぞれに形成された凸部 3 6 a から 3 6 d を有しているため、電極 3 8 の放電によるエネルギーをより効率良く破碎作業に利用することができる。

【0049】

10

20

30

40

50

つまり、凸部 36 a から 36 d の存在により、中心電極 11 の先端部分と外周電極部分 13 a との間、外周電極部分 13 a と外周電極部分 13 b との間、外周電極部分 13 b と外周電極部分 13 c との間、および外周電極部分 13 c と外周電極部分 13 d との間に形成されるギャップの距離が局所的に小さくなる。このため、電極 38 に形成されているギャップにおいて凸部 36 a から 36 d を形成した位置であって、中心電極 11 の中心軸の周方向において容器 3 の底面 3 a 側で破碎対象物 5 に最も近接する位置 32 から 35 に優先的に放電を発生させることができる。

【0050】

このため、実施の形態 1 の破碎装置 1 では、破碎対象物 5 と丁度反対側に位置するギャップで発生した圧力波を破碎対象物 5 の破壊に寄与させることができなかつたのに対して、破碎装置 31 によれば破碎対象物 5 の破壊に寄与できる位置に優先的に放電を発生させることができる。これにより、破碎作業において電極の放電エネルギーの利用効率を向上させることができる。

10

【0051】

図 7 は、図 6 中に示した電極の変形例を示す斜視図である。図 7 を参照して、電極 39 では、図 6 中の凸部 36 a から 36 d と同一形状を有する凸部 37 a から 37 d が、中心電極 11 の中心軸の周方向において所定の角度差を設けて形成されている。但し、凸部 37 a および 37 c が同位相に配置され、凸部 37 b および 37 d が同位相に配置されている。凸部 37 a および 37 c と凸部 37 b および 37 d との位置関係が形成する所定の角度差を 2 等分する位置が、容器 3 の底面 3 a 側で破碎対象物 5 に最も近接する位置と一致するように、凸部 37 a から 37 d が形成されている。

20

【0052】

このように構成された破碎装置によれば、隣接する凸部同士が、中心電極 11 の中心軸の周方向において所定の角度差を設けて形成されている。このため、隣接するギャップで発生するアークが一体化し放電発生部分の個数が減少することを防止できる。これにより、電極の放電エネルギーをより有効に破碎作業に利用することができる。また、破碎対象物 5 の破壊に利用できる位置に優先的に放電を発生させ、電極の放電エネルギーの利用効率を向上させるという効果も同時に得ることができる。

【0053】

(実施の形態 4)

図 8 は、この発明の実施の形態 4 における破碎装置を示す断面図である。実施の形態 4 における破碎装置 41 は、実施の形態 1 における破碎装置 1 と比較して、容器の底面の構造が異なる。

30

【0054】

図 8 を参照して、破碎装置 41 が備える容器 45 は、実施の形態 1 の図 1 に示す容器 3 と基本的に同様の構造を有する。しかし、容器 45 が破碎対象物 5 と接触する部分にウレタンからなる伝達部材 42 が設けられている。伝達部材 42 を形成するウレタンの音響インピーダンスは 6×10^6 ($N \cdot s / m^3$) であり、伝達部材 42 は、水 4 の音響インピーダンスの値と破碎対象物 5 の音響インピーダンスの値との間の値の音響インピーダンスを有する。容器 45 は、伝達部材 42 を介して破碎対象物 5 上に設けられている。

40

【0055】

媒体中に発生する衝撃波は音響振動の一種であるため、ある媒体から異なる媒体に伝達する際、その境界面において衝撃波の一部が反射され残りの衝撃波のみが透過することができる。この際の境界面における衝撃波の透過率は、各々の媒体が有する音響インピーダンスによって決定され、音響インピーダンス Z_1 の媒体から音響インピーダンス Z_2 の媒体へと衝撃波が伝達する際、その境界面における衝撃波の透過率は、次式で求めることができる。

【0056】

$$= 4 Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2)^2 \quad (1)$$

破碎装置 41 では、電極 2 の放電により発生する衝撃波が水 4 中を伝達して伝達部材 42

50

内へと進行し、伝達部材 4 2 から岩石などからなる破砕対象物 5 内に到達する。水 4 の音響インピーダンスを 1.5×10^6 ($\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^3$) として、衝撃波が水 4 から伝達部材 4 2 へと伝達する際の衝撃波の透過率を求めると (1) 式から透過率は 0.64 程度となる。同様に、岩石などからなる破砕対象物 5 の音響インピーダンスを 16×10^6 ($\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^3$) として、衝撃波が伝達部材 4 2 から破砕対象物 5 へと伝達する際の衝撃波の透過率を求めると透過率は 0.80 程度となる。したがって、電極 2 の放電により発生した衝撃波が水 4 および伝達部材 4 2 を介して破砕対象物 5 に伝達する際、衝撃波の総合的な透過率は 0.51 程度となる。

【0057】

破砕装置 4 1 に伝達部材 4 2 を設けないで、電極 2 の放電により発生する衝撃波が水 4 中を伝達し直接破砕対象物 5 内に到達する場合、衝撃波が水 4 から破砕対象物 5 に伝達する際の境界面における衝撃波の透過率は (1) 式より 0.32 程度である。したがって、伝達部材 4 2 を設けた方が、破砕対象物 5 に到達するまでの衝撃波の透過率を大きくすることができる。

【0058】

この発明の実施の形態 4 に従った破砕装置 4 1 は、容器 4 5 と破砕対象物 5 との間に介在し、水 4 の音響インピーダンスの値と、破砕対象物 5 の音響インピーダンスの値との間の値の音響インピーダンスを有する伝達部材 4 2 をさらに備える。

【0059】

このように構成された破砕装置 4 1 によれば、実施の形態 1 に記載の効果と同様の効果を奏することができる。加えて、所定の音響インピーダンスを有する伝達部材 4 2 を破砕対象物 5 と水 4 との間に介在させることによって、衝撃波が水 4 から破砕対象物 5 に到達するまでの境界面における透過率を大きくすることができる。これにより、より多くの衝撃波を境界面で透過させ破砕対象物 5 まで到達させることができるので、破砕作業における電極の放電エネルギーの利用効率を向上させることができる。

【0060】

(実施の形態 5)

図 9 は、この発明の実施の形態 5 における破砕装置を示す断面図である。実施の形態 5 における破砕装置 5 1 は、実施の形態 1 における破砕装置 1 と比較して、容器の底面の構造が異なる。

【0061】

図 9 を参照して、破砕装置 5 1 が備える容器 5 5 は、実施の形態 1 の図 1 に示す容器 3 と基本的に同様の構造を有する。しかし、容器 5 5 の破砕対象物 5 と接触する部分には、破砕対象物 5 に近い側から順にアルミニウムよりなる伝達部材 4 2 およびウレタンよりなる伝達部材 5 2 が設けられている。伝達部材 4 2 を形成するアルミニウムの音響インピーダンスは 17×10^6 ($\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^3$) であり、伝達部材 5 2 を形成するウレタンの音響インピーダンスは 6×10^6 ($\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^3$) である。アルミニウムの音響インピーダンスの値は、岩またはコンクリートなどの音響インピーダンスの値に近く、これらが接する界面ではほとんどの衝撃波が透過することができるので好適である。また、アルミニウムはウレタンよりも固いため、形状を工夫することで衝撃波の集束形状を作ることにも可能である。なお、本実施の形態では、伝達部材 4 2 をアルミニウムによって形成したが、アルミニウムと同様の材料として鉛を用いることもできる。

【0062】

破砕装置 5 1 は、この発明の実施の形態 4 に従った破砕装置 4 1 に、容器 5 5 と伝達部材 4 2 との間に介在し、水 4 の音響インピーダンスの値と、伝達部材 4 2 の音響インピーダンスの値との間の値の音響インピーダンスを有する伝達部材 5 2 をさらに備える。

【0063】

このように構成された破砕装置 5 1 によれば、実施の形態 1 に記載の効果と同様の効果を奏することができる。加えて、水 4 の音響インピーダンスから破砕対象物 5 の音響インピーダンスへと段階的に変化する伝達部材 5 2 および 4 2 を水 4 と破砕対象物 5 との間に介

在させることによって、衝撃波が水 4 から破砕対象物 5 に到達するまでの境界面における透過率をさらに大きくすることができる。これにより、より多くの衝撃波を媒体の境界面で透過させ破砕対象物 5 まで到達させることができるので、破砕作業における電極の放電エネルギーの利用効率を向上させることができる。

【0064】

なお、本実施の形態では、それぞれ所定の音響インピーダンスを有する伝達部材を 2 層設けたが、水 4 の音響インピーダンスから破砕対象物 5 の音響インピーダンスへと段階的に変化させるような音響インピーダンスを有する伝達部材を多層構造で設けてもよい。これにより、水 4 から破砕対象物 5 に到達するまでの衝撃波の総合的な透過率をさらに大きくすることができる。

10

【0065】

また、実施の形態 4 および 5 では、破砕対象物の音響インピーダンスの値が媒体の音響インピーダンスの値よりも大きい場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。つまり、媒体は、所定の音響インピーダンスを有し、かつ破砕対象物は、所定の音響インピーダンスの値よりも小さい値の音響インピーダンスを有し、破砕装置は、容器と破砕対象物との間に介在し、前記媒体の音響インピーダンスの値と、破砕対象物の音響インピーダンスの値との間の値の音響インピーダンスを有する伝達部材をさらに備える。

【0066】

(実施の形態 6)

図 10 は、この発明の実施の形態 6 における破砕装置を示す断面図である。実施の形態 6 における破砕装置 61 は、実施の形態 1 における破砕装置 1 に、反射部材をさらに備える。

20

【0067】

図 10 を参照して、電極 2 を挟んで破砕対象物 5 とは反対側に、水 4 に完全に浸された状態で反射部材 62 が設けられている。反射部材 62 は、電極 2 と向い合う側に凹面 62a が形成されるように湾曲している。反射部材 62 は、容器 3 内に配置された水 4 の水面のほぼ全域を覆うように延在している。

【0068】

電極 2 のギャップ 16 から 19 で起こる放電により発生する圧力波は、破砕対象物 5 が存在しない水 4 の水面側においても発生する。その圧力波は、水 4 中を伝達して水 4 の水面近くに設けられた反射部材 62 に到達する。圧力波は、反射部材 62 により反射され、容器 3 の底面 3a 側に位置する破砕対象物 5 に向けて進行する。その後、破砕対象物 5 に到達した圧力波は破砕対象物 5 の破砕作業に寄与する。

30

【0069】

反射部材 62 は、水 4 の音響インピーダンスとは大きく異なる音響インピーダンスを有するたとえば鉄などによって形成することが好ましい。一般的に、所定の音響インピーダンスを有する媒体から、所定の音響インピーダンスとは大きく異なる音響インピーダンスを有する媒体へと衝撃波が移動すると、その境界面での衝撃波の反射率は大きくなる。したがって、反射部材 62 に向けて進行する圧力波の大部分を反射部材 62 で反射させ、より多くの圧力波を破砕対象物 5 の破砕作業に寄与させることができる。

40

【0070】

この発明の実施の形態 6 に従った破砕装置 61 は、水 4 内に設けられた反射部材 62 をさらに備える。反射部材 62 と破砕対象物 5 との間に電極 2 が位置するように反射部材 62 が位置決めされている。反射部材 62 は、電極 2 によって形成された圧力波を破砕対象物 5 に向けて反射させる。

【0071】

このように構成された破砕装置 61 によれば、実施の形態 1 に記載の効果と同様の効果を奏することができる。加えて、電極 2 の放電により発生する圧力波の進行方向を、反射部材 62 を用いて操作し、より多くの圧力波を破砕対象物 5 の破砕作業に寄与させることが

50

できる。これにより、破碎作業における電極の放電エネルギーの利用効率を向上させることができる。

【0072】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0073】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明に従えば、電極の放電によるエネルギーを効率良く破碎対象物の破壊に利用でき、かつ広い用途に使用することができる破碎装置および破碎方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態1における破碎装置を示す断面図である。

【図2】図1中に示した電極の先端部分を示す斜視図である。

【図3】図1中に示した電極の先端部分を示す断面図である。

【図4】この発明の実施の形態2における破碎装置を示す断面図である。

【図5】この発明の実施の形態3における破碎装置を示す断面図である。

【図6】図5中に示した電極を破碎対象物が位置する方向から見た斜視図である。

【図7】図6中に示した電極の変形例を示す斜視図である。

【図8】この発明の実施の形態4における破碎装置を示す断面図である。

【図9】この発明の実施の形態5における破碎装置を示す断面図である。

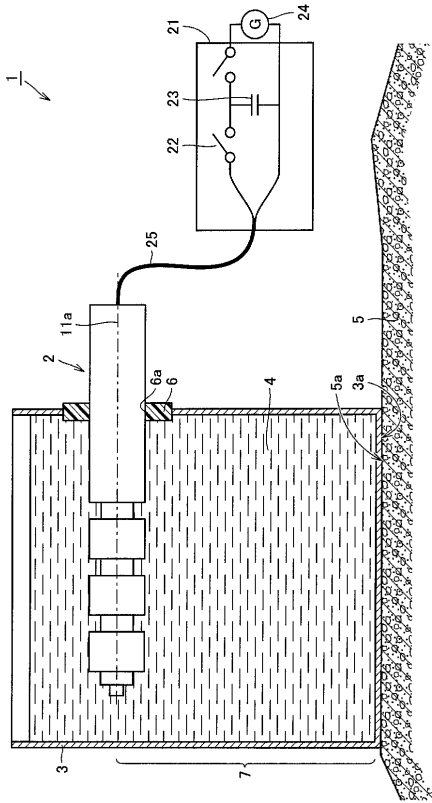
【図10】この発明の実施の形態6における破碎装置を示す断面図である。

【図11】特公昭43-2114号に開示されている石材加工法を実施するための装置を示す断面図である。

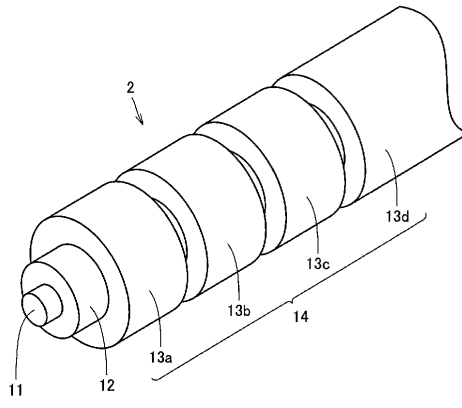
【符号の説明】

1, 28, 31, 41, 51, 61 破碎装置、2, 38, 39 電極、3, 30, 45, 55 容器、3a 底面、4 水、5, 29 破碎対象物、16, 17, 18, 19 ギャップ、30b 側面、42, 52 伝達部材、62 反射部材。

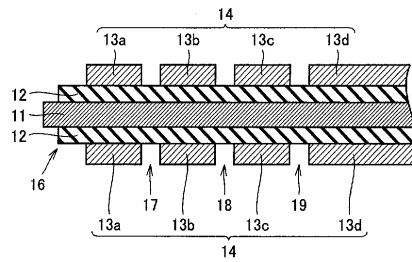
【 図 1 】



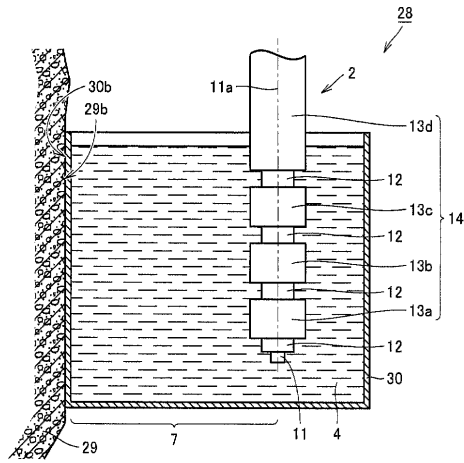
【 図 2 】



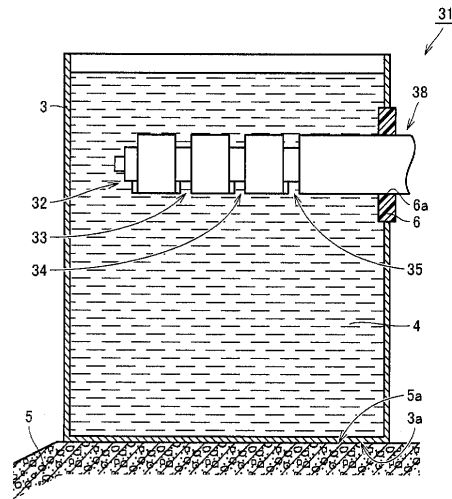
【 図 3 】



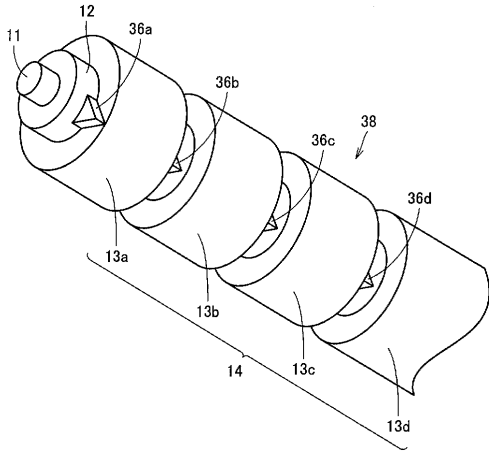
【 図 4 】



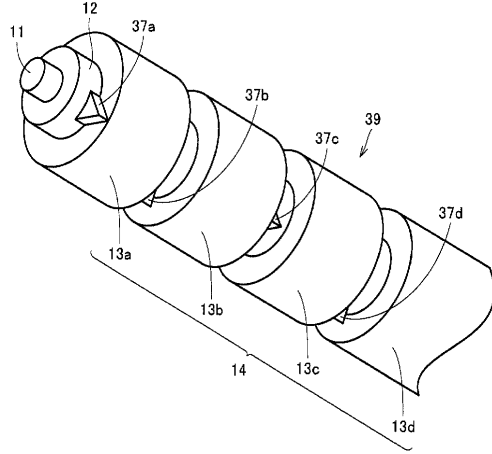
【 図 5 】



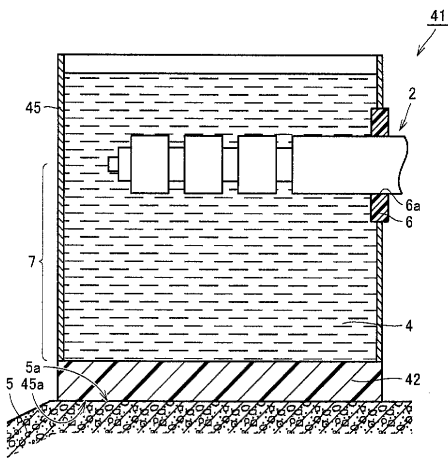
【 図 6 】



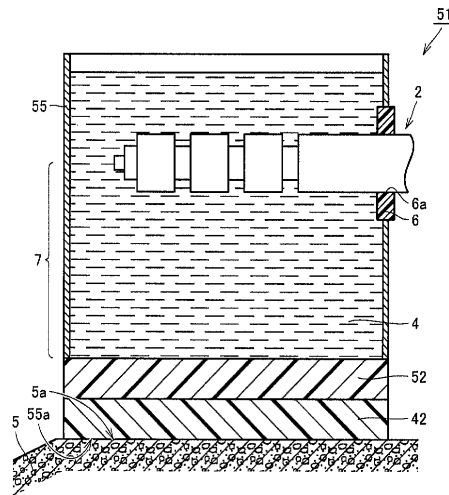
【 図 7 】



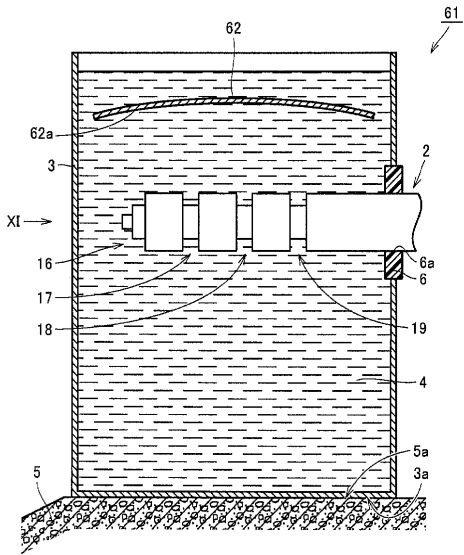
【 図 8 】



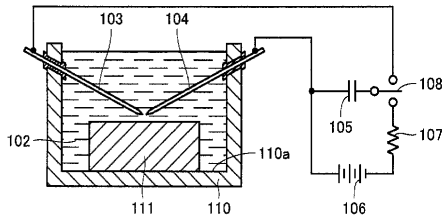
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100096781
弁理士 堀井 豊
- (74)代理人 100098316
弁理士 野田 久登
- (74)代理人 100109162
弁理士 酒井 將行
- (72)発明者 岡崎 徹
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 垣内 幸雄
東京都新宿区津久戸町2番1号 株式会社熊谷組東京本社内
- (72)発明者 北原 成郎
東京都新宿区津久戸町2番1号 株式会社熊谷組東京本社内
- (72)発明者 竹垣 喜勝
大阪府大阪市港区三先1丁目1番18号 奥村組土木興業株式会社内
- (72)発明者 吉原 則秋
大阪府大阪市港区三先1丁目1番18号 奥村組土木興業株式会社内
- Fターム(参考) 2D065 EA26 GA00
3C069 AA00 AA05 BA00 BB01 CA01 EA00
4D067 CE06 GA02