

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5187942号  
(P5187942)

(45) 発行日 平成25年4月24日(2013.4.24)

(24) 登録日 平成25年2月1日(2013.2.1)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>B 2 6 F</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 6 F	3/00	N
<b>B 2 4 C</b>	<b>5/02</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 6 F	3/00	R
			B 2 6 F	3/00	S
			B 2 4 C	5/02	C

請求項の数 5 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2008-30675 (P2008-30675)	(73) 特許権者	505374783 独立行政法人日本原子力研究開発機構 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(22) 出願日	平成20年2月12日(2008.2.12)	(73) 特許権者	000174943 三井住友建設株式会社 東京都中央区佃二丁目1番6号
(65) 公開番号	特開2009-190095 (P2009-190095A)	(74) 代理人	100108497 弁理士 小塚 敏紀
(43) 公開日	平成21年8月27日(2009.8.27)	(72) 発明者	中村 保之 福井県敦賀市明神町3番地 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 新型転換炉ふげ ん発電所内
審査請求日	平成21年6月26日(2009.6.26)	(72) 発明者	丸山 信一郎 東京都新宿区西新宿七丁目5番25号 三 井住友建設株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 円管切断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高压水と研削材との混合液あるいは高压水のみで構成される切断水を、液体中の被切断物である円管の円管壁に向かって鉛直方向に噴射し、所定角度を移動させつつ、前記切断水で前記円管を切断する円管切断方法であって、

前記高压水の圧力ならびに / あるいは研削材の供給量を、円管を切断するのに必要な所定の切断条件に調整する切断準備工程と、

前記被切断対象物である円管を停止させた状態で前記円管切断開始となる起点の穴あけを行なう停止工程と、

高压水と研削材との混合液で構成される切断水を前記円管壁に向かって鉛直方向に噴射し、所定角度を移動させつつ、前記切断水で前記円管を切断する切断工程と、

前記停止工程での起点の穴あけの切断状況を、前記液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した音響センサーおよび / あるいは振動センサーからの出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断状況を判定する第1判定工程と、

前記切断工程の完了後に、前記高压水のみで構成される切断水を噴射させつつ前記切断工程と同一軌跡を移動し、前記液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した音響センサーおよび / あるいは振動センサーからの出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断状況を判定すると同時に切断不完全の情報と該切断不完全の位置とを切断不完全テーブルとして記憶する第2判定工程と、

前記第2判定工程で記憶した前記切断不完全テーブルの情報に基づき該切断不全部の再

切断を行なう再切断工程と、  
を有してなることを特徴とする円管切断方法。

【請求項 2】

円管が液中に沈み

前記第 1 判定工程と前記第 2 工程とが、円管から離れた位置にある前記液中の特定の位置に配置された水中マイクの出力する出力信号を基に切断状況を判定する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の円管切断方法。

【請求項 3】

前記切断水の円管被切断物である円管の円管壁に向かって鉛直方向への噴射は、該円管の内部にあって該円管の仮想中心軸より外方へ向かっての噴射し、

10

円管が液中に沈み

前記第 1 判定工程と前記第 2 工程とが、円管から離れた位置にある前記液体の中の特定の位置に配置された水中マイクの出力する出力信号を基に切断状況を判定する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の円管切断方法。

【請求項 4】

前記切断水の円管被切断物である円管の円管壁に向かって鉛直方向への噴射は、該円管の内部にあって該円管の仮想中心軸より外方へ向かっての噴射であり、

円管が同心円状の内管と外管とを持ち、

前記第 1 判定工程と前記第 2 判定工程とが、外管の壁の特定位置での振動を検知して出力される振動に対応する信号データを基に切断状況を判定する、

20

を特徴とする請求項 1 に記載の円管切断方法。

【請求項 5】

円管を切断するための円管切断方法であって、

液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する機能または前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する機能のうちの一方の機能を持つ検知機器とを準備する準備工程と、

前記高圧水と研削材との混合液で構成される切断水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、

30

前記高圧水のみで構成される切断水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させる空回転工程と、

前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する記録工程と、

前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する特定工程と、

前記高圧水と研削材との混合液で構成される切断水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる再切断工程と、

40

を備え、

前記切断工程を実施した後で前記空回転工程と前記記録工程とを実施し、前記空回転工程と前記記録工程とを実施した後で前記再切断工程を実施する、

ことを特徴とする円管切断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、円管を切断するための円管切断方法に係る。

特に、本発明は、円管の壁を切断するのに好適な円管切断方法に関する。

50

また、本発明は、円管の壁を切断するのに際に部分的に未切断等のトラブルが発生したことを検出し、再切断等を行ない、完全な形の切断作業を実現するに好適な円管切断方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、円管を切断するのに、ウォータージェット法が利用されている。

このウォータージェット法は、高圧水と研削材との混合液あるいは高圧水のみで構成される切断水を円管あるいは構造物の壁に吹付けて切断する工法である。

また、高圧水と研削材との混合液あるいは高圧水のみを被切断物へ噴射し、被切断物を切断する構成のため、人が直接目で確認できないような場所、切断部位あるいは水中等であっても、遠隔操作による切断作業を実現するのに非常に適している。このため、ウォータージェット法は、次のような点で優位な特徴を有している。

【0003】

ウォータージェット法の有効な利用環境ならびに特徴（優位点）としては、切断対象物から見ると、例えば、(1)大型部品、大型組立品等の分解、解体等、(2)原子力施設、プラント等の分解、解体等、(3)土木、建設関係の基礎杭の解体等に利用され、切断環境の面では、(1)水中、あるいは地下等で取り出し加工が困難なもの、(2)人が入っていくことが出来ない場所（空間的に）等での加工、(3)環境の問題で人が入ることが出来ない場所（原子力施設、プラント等）、(4)切断による環境汚染の可能性が高い場合（塵埃、ガス、放射性物質）等に利用されている。

【0004】

ただ、遠隔操作による切断作業となるため、一旦切断作業を始めたら切断終了まで、信頼性ある切断が要求されてくる。万一、切断作業の途中で未切断部分が発生すると、被切断対象物を取り出して、切断状況を確認し、未切断部分があった場合には、再度切断作業を進めなくてはならず、その手間は膨大なものとなる。したがって、この切断作業の信頼性確保することが非常に重要であり、その信頼性確保のために、切断条件の検討はもちろんのこと、さまざまな工夫が施されている。

【0005】

その1つは、所定の切断条件での切断作業を実施中に、ウォータージェットノズル部に加速度センサーを載置して、ウォータージェットノズル部の振動波形を検知分析し、切断状態の異常を判断して、未切断状態の場合には、外部に警報を発する方法がある。（特許文献1）

【0006】

2つには、所定の切断条件での切断作業を実施中に、被切断物のウォータージェットノズル部とは反対側に振動検出器を配置して、正常な切断状態と異常な切断状態とを振動検出器で検出し、異常な切断状態の場合には、切断不良信号を出力する工夫がなされている。（特許文献2）

【0007】

しかしながら、いずれも、ウォータージェットノズル部から発生する振動を検出するもので、かつ、切断状態の異常検出とその表示にかかわるもので、その後の処置を考慮した遠隔作業でのウォータージェット法とはなっておらず、異常切断部への対処は、被切断物を取り出して、人が目視できる環境まで取り出すことが必要であり、非効率な切断作業となっていた。

【0008】

一方、寿命に達した原子炉等の設備を更新または廃棄することが要求される。

そのために、古い設備を細かく切断し、除去する。

例えば、原子炉内に組み込まれている圧力管やカランドリア管を切断しなければならない。

圧力管やカランドリア管は放射能化している。

近年、圧力管やカランドリア管を切断するのに、液中でウォータージェット法で切断す

10

20

30

40

50

ることが試されている。

その際には、切断もれがない様にすることを求められる。

【0009】

液体に付けた円管をウォータージェット法で切断すると、液体が濁り切断の様子を目視により観察することが困難になる。

また、放射能化した施設の内部に作業員がながく留まることをさけたい場合もある。

【特許文献1】特開平08-187664号

【特許文献2】特開平05-220700号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0010】

本発明は以上に述べた問題点に鑑み案出されたもので、簡易な構成により円管を切断するための円管切断方法を提供しようとする。

また、円管の壁を切断する際に部分的に未切断等のトラブルが発生したことを検出し、再切断等を行ない、完全な形の切断作業を実現するに好適な円管切断方法を提供しようとする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するため、

1番目の発明は、高圧水と研削材との混合液あるいは高圧水のみで構成される切断水を、液体中の被切断物である円管の円管壁に向かって鉛直方向に噴射し、所定角度を移動させつつ、前記切断水で前記円管を切断する円管切断方法であって、

20

前記高圧水の圧力ならびに／あるいは研削材の供給量を、円管を切断するのに必要な所定の切断条件に調整する切断準備工程と、

前記被切断対象物である円管を停止させた状態で前記円管切断開始となる起点の穴あけを行なう停止工程と、

前記円管壁に向かって鉛直方向に噴射し、所定角度を移動させつつ、前記切断水で前記円管を切断する切断工程と、

前記停止工程での起点の穴あけの切断状況を、前記液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した音響センサーおよび／あるいは振動センサーからの出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断状況を判定する第1判定工程と

30

前記切断工程の切断状況を、前記液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した音響センサーおよび／あるいは振動センサーからの出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断状況を判定する第2判定工程と、

前記第2判定工程で切断が不完全と判断した場合には、該切断不全部の再切断を行なう再切断工程とを有する円管切断方法を提供するものである。

【0012】

2番目の発明は、1番目の発明において、前記切断状況を判定する第2判定工程が、切断位置毎に切断状況を判定すると同時に切断不完全の情報と該切断不完全の位置とを前記切断不完全テーブルとして記憶する円管切断方法を提供するものである。

40

【0013】

3番目の発明は、1乃至2番目の発明において、前記再切断工程が、前記切断工程の終了後、前記記憶した切断不完全テーブルの情報に基づき切断不完全の位置を再切断する円管切断方法を提供するものである。

【0014】

4番目の発明は、1乃至2番目の発明において、前記再切断工程が、前記第2判定工程で切断が不完全と判定した時点で、切断工程を停止し、前記記憶した切断不完全テーブルの情報に基づき前記切断が不完全の位置まで戻り、切断が不完全と判断した位置を再切断する円管切断方法を提供するものである。

【0015】

50

5番目の発明は、1乃至4番目の発明において、前記説断水の前記被切断物である円管の円管壁に向かって鉛直方向への噴射は、該円管の内部にあって該円管の仮想中心軸より外方へ向かったの噴射、あるいは、該円管の外部にあって円管の仮想中心軸に向かったの噴射である円管切断方法を提供するものである。

【0016】

6番目の発明は、高圧水と研削材との混合液あるいは高圧水のみで構成される切断水を、液体中の被切断物である円管の円管壁に向かって鉛直方向に噴射し、所定角度を移動させつつ、前記切断水で前記円管を切断する円管切断方法であって、前記高圧水の圧力ならびに／あるいは研削材の供給量を、円管を切断するのに必要な所定の切断条件に調整する切断準備工程と、

前記被切断対象物である円管を停止させた状態で前記円管切断開始となる起点の穴あけを行なう停止工程と、

前記円管壁に向かって鉛直方向に噴射し、所定角度を移動させつつ、前記切断水で前記円管を切断する切断工程と、

前記停止工程での起点の穴あけの切断状況を、前記液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した音響センサーおよび／あるいは振動センサーからの出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断状況を判定する第1判定工程と、

前記切断工程の完了後に、前記高圧水を噴射させつつ前記切断工程と同一軌跡を移動し、前記切断工程の切断状況を、前記液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した音響センサーおよび／あるいは振動センサーからの出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断状況を判定する第2判定工程と、

前記第2判定工程で切断が不完全と判断した場合には、該切断不全部の再切断を行なう再切断工程とを有する円管切断方法を提供するものである。

【0017】

7番目の発明は、6番目に発明において、前記切断状況を判定する第2判定工程が、切断位置毎に切断状況を判定すると同時に切断不完全の情報と該切断不完全の位置とを前記切断不完全テーブルとして記憶する円管切断方法を提供するものである。

【0018】

8番目の発明は、6番目の発明において、前記再切断工程は、前記2判定工程で記憶した切断不完全テーブルに記憶した切断不完全の位置を再切断する円管切断方法を提供するものである。

【0019】

9番目の発明は、6乃至8番目の発明において、前記切断水の前記被切断物である円管の円管壁に向かって鉛直方向への噴射は、該円管の内部にあって該円管の仮想中心軸より外方へ向かったの噴射、あるいは、該円管の外部にあって円管の仮想中心軸に向かったの噴射である円管切断方法を提供するものである。

【0020】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する記録工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する特定工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる再切断工程と、を備え、前記切断工程と前記記録工程とを実施した後で前記再切断工程を実施する、ものとした。

## 【 0 0 2 1 】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとし、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する。前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する。その後、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる。

10

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、音響の様子を基に切断不良箇所を特定した後、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

## 【 0 0 2 2 】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルの前記仮想中心軸を中心とする回転を停止した状態を維持する停止工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する解析工程と、を備え、前記停止切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できている」と判断されると、前記停止工程から前記切断工程に遷移する、ものとした。

20

## 【 0 0 2 3 】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルの前記仮想中心軸を中心とする回転を停止した状態を維持し、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。

30

「切断できている」と判断されると、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする。

その結果、停止した噴射ノズルから噴射した高圧水で円管の壁を切断し、音響の様子を基に切断を確認した後、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断しようとし、切断のスタート点を切断不良箇所にしない様にできる。

40

## 【 0 0 2 4 】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定

50

する解析工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が他方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする反転切断工程と、を備え、前記切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると前記反転切断工程を一時的に実施した後に前記切断工程を実施する、ものとした。

【0025】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとし、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できていない」と判定されると、一時的に前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が他方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとした後で、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、音響の様子を基に「切断できていない」と判定されると、一時的に噴射ノズルを反転して切断不良箇所を切断し、その後で元に戻し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

【0026】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させる空回転工程と、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する記録工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する特定工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる再切断工程と、を備え、前記切断工程を実施した後で前記空回転工程と前記記録工程とを実施し、前記空回転工程と前記記録工程とを実施した後で前記再切断工程を実施する、ものとした。

【0027】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする。その後で、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させて、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する。前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する。その後で、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる。

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、噴射ノズルを円管の円周にそって回転した際の音響の様子を基に「切断できていない」と判定される

と、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

【0028】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルと前記高圧水に混合する研削材を供給する研削材供給機器とを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする切断工程と前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させる空回転工程と、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する記録工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断の不良である箇所である切断不良箇所に対応する回転角度である切断不良回転角度を特定する特定工程と、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させて円管を切断しようとする再切断工程と、を備え、前記切断工程を実施した後で前記空回転工程と前記記録工程とを実施し、前記空回転工程と前記記録工程とを実施した後で前記再切断工程を実施する、ものとした。

10

20

【0029】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。ウォータージェット装置の研削材供給機器が前記高圧水に混合する研削材を供給する。検知機器が前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする。その後、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する。前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断の不良である箇所である切断不良箇所に対応する回転角度である切断不良回転角度を特定する。その後、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させて円管を切断しようとする。

30

その結果、噴射ノズルの噴射する研削材の混合された高圧水により円管を円周にそって切断し、噴射ノズルを円管の円周にそって回転した際の音響の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

【0030】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する解析工程と、を備え、前記切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると前記回転角度の変化量である回転速度を下げる、ものとした。

40

【0031】

50

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとし、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できていない」と判定されると前記回転角度の変化量である回転速度を下げる。

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると回転速度を下げて、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

#### 【0032】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルと前記高圧水に混合する研削材を供給する研削材供給機器とを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する解析工程と、を備え、前記切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると前記研削材の単位時間当たりの供給量である研削材供給量を増やす、ものとした。

#### 【0033】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。ウォータージェット装置の研削材供給機器が前記高圧水に混合する研削材を供給する。検知機器が前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する。前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとし、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できていない」と判定されると前記研削材供給量を増やす。

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると研削材供給量を増して、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

#### 【0034】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルと前記高圧水に混合する研削材を供給する研削材供給機器とを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する

10

20

30

40

50

解析工程と、を備え、前記切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると前記回転角度の変化量である回転速度を下げ、前記研削材の単位時間当たりの供給量である研削材供給量を増やし、前記研削材供給量と前記回転速度とが所定の対応関係をもつ。

**【 0 0 3 5 】**

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。ウォータージェット装置の研削材供給機器が前記高圧水に混合する研削材を供給する。検知機器が前記液体の中の特定位置での水中音響を検知し前記水中音響に対応する信号データを出力する。前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとし、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できていない」と判定されると前記回転角度の変化量である回転速度を下げ、前記研削材供給量を増やす。前記研削材供給量と前記回転速度とが所定の対応関係をもつ。

10

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると対応関係をもつ回転速度を下げ、研削材供給量を増して、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

20

**【 0 0 3 6 】**

本発明の実施形態に係る円管を切断するための円管切断方法を、円管が同心円状になった内管と外管とをもち、前記噴射ノズルが円管の半径方向に沿って内側から外側へ高圧水を噴射し、前記特定位置が前記外管から離れた前記液体の中の特定の箇所に位置する、ものとした。

**【 0 0 3 7 】**

上記本発明の構成により、同心円状になった内管と外管とを持つ円管を輪切りにするための上記円管切断方法において、ウォータージェット装置の噴射ノズルが液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って内側から外側へ高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記液体の中の前記外管から離れた特定位置での水中音響を検知する。

30

その結果、水中での音響は伝搬速度が大きく、高圧水が外管の壁を切断して外側へ噴射した際の音響を前記検知機器が効率良く検知できる。

**【 0 0 3 8 】**

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する記録工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する特定工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる再切断工程と、を備え、前記切断工程と前記記録工程とを実施した後で前記再切断工程を実施する、ものとした。

40

**【 0 0 3 9 】**

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を

50

中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとし、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する。前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する。その後、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる。

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、振動の様子を基に切断不良箇所を特定した後、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

10

#### 【0040】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルの前記仮想中心軸を中心とする回転を停止した状態を維持する停止工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する解析工程と、を備え、前記停止切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できている」と判断されると、前記停止工程から前記切断工程に遷移する、ものとした。

20

#### 【0041】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルの前記仮想中心軸を中心とする回転を停止した状態を維持し、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できている」と判断されると、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする。

30

その結果、停止した噴射ノズルから噴射した高圧水で円管の壁を切断し、振動の様子を基に切断を確認した後、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、しようとし、切断のスタート点を切断不良箇所にしない様にできる。

#### 【0042】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する解析工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が他方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする反転切断工程と、を備え、前記切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると前記反転切断工程を一時的に実施した後前記切断工程を実施する、ものとした。

40

50

## 【 0 0 4 3 】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとし、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できていない」と判定されると、一時的に前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が他方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとした後で、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする

10

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、一時的に噴射ノズルを反転して切断不良箇所を切断し、その後で元に戻し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

## 【 0 0 4 4 】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させる空回転工程と、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する記録工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する特定工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる再切断工程と、を備え、前記切断工程を実施した後で前記空回転工程と前記記録工程を実施し、前記空回転工程と前記記録工程を実施した後で前記再切断工程を実施する、ものとした。

20

30

## 【 0 0 4 5 】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする。その後で、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させて、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する。前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し前記切断不良箇所に対応する前記回転角度である切断不良回転角度を特定する。その後で、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させる。

40

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、噴射ノズルを円管の円周にそって回転した際の振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

## 【 0 0 4 6 】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、円管の

50

壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルと前記高圧水に混合する研削材を供給する研削材供給機器とを有するウォータージェット装置と円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする切断工程と前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させる空回転工程と、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する記録工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断の不良である箇所である切断不良箇所に対応する回転角度である切断不良回転角度を特定する特定工程と、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させて円管を切断しようとする再切断工程と、を備え、前記切断工程を実施した後で前記空回転工程と前記記録工程を実施し、前記空回転工程と前記記録工程を実施した後で前記再切断工程を実施する、ものとした。

10

## 【0047】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。ウォータージェット装置の研削材供給機器が前記高圧水に混合する研削材を供給する。検知機器が前記円管の壁の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する。前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする。その後、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させ、前記信号データを前記回転角度に対応させて記録する。前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断の不良である箇所である切断不良箇所に対応する回転角度である切断不良回転角度を特定する。その後、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が前記切断不良回転角度に一致する様に回転させて円管を切断しようとする。

20

その結果、噴射ノズルの噴射する研削材の混合された高圧水により円管を円周にそって切断し、噴射ノズルを円管の円周にそって回転した際の振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

30

## 【0048】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する解析工程と、を備え、前記切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると前記回転角度の変化量である回転速度を下げる、ものとした。

40

## 【0049】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記液体の中の特定位置での振動を検知する。前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとし、前記信号

50

データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できていない」と判定されると前記回転角度の変化量である回転速度を下げる。

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると回転速度を下げて、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

【0050】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルと前記高圧水に混合する研削材を供給する研削材供給機器とを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする切断工程と、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する解析工程と、を備え、前記切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると前記研削材の単位時間当たりの供給量である研削材供給量を増やす、ものとした。

【0051】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。ウォータージェット装置の研削材供給機器が前記高圧水に混合する研削材を供給する。検知機器が前記液体の中の特定位置での振動を検知する。前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとし、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できていない」と判定されると前記研削材供給量を増やす。

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると研削材供給量を増して、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

【0052】

上記目的を達成するため、本発明に係る円管を切断するための円管切断方法を、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる噴射ノズルと前記高圧水に混合する研削材を供給する研削材供給機器とを有するウォータージェット装置と前記液体の中の特定位置での振動を検知し前記振動に対応する信号データを出力する検知機器とを準備する準備工程と、前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする切断工程と前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する解析工程と、を備え、前記切断工程と前記解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると前記回転角度の変化量である回転速度を下げ、前記研削材の単位時間当たりの供給量である研削材供給量を増やし、前記研削材供給量と前記回転速度とが所定の対応関係をもつ、ものとした。

【0053】

上記本発明の構成により、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を

10

20

30

40

50

中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。ウォータージェット装置の研削材供給機器が前記高圧水に混合する研削材を供給する。検知機器が前記液体の中の特定位置での振動を検知する。前記研削材を混合された前記高圧水を円管の半径方向に噴射している前記噴射ノズルを前記回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとし、前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」を判定する。「切断できていない」と判定されると前記回転角度の変化量である回転速度を下げ、前記研削材供給量を増やす。前記研削材供給量と前記回転速度とが所定の対応関係をもつ。

その結果、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると対応関係をもつ回転速度を下げ、研削材供給量を増して、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

#### 【0054】

本発明の実施形態に係る円管を切断するための円管切断方法を、円管が同心円状になった内管と外管とをもち、前記噴射ノズルが円管の半径方向に沿って内側から外側へ高圧水を噴射し、前記特定位置が前記外管の壁に位置する、ものとした。

#### 【0055】

上記本発明の構成により、同心円状になった内管と外管とを持つ円管を輪切りにするための上記円管切断方法において、ウォータージェット装置の噴射ノズルが円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って内側から外側へ高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる。検知機器が前記外管の壁に位置する特定位置での振動を検知する。

その結果、外管での振動は伝搬速度が大きく、高圧水が外管の壁を切断して外側へ噴射した際の音響を前記検知機器が効率良く検知できる。

#### 【発明の効果】

#### 【0056】

本発明に係る円管切断方法は、以下の効果を有する。

1つには、円管切断方法において、切断工程の前に、切断条件を調整する、ならびに切断起点となる部位の切断準備工程を設け、この切断準備工程に対して、第1判定工程を設けることで、完全な信頼性ある起点の切断作業を実現できる。

#### 【0057】

2つには、前記と同様に、切断工程ならびに停止工程に対して切断状況を判定する第2判定工程を設けることで、切断工程の実施にあわせて、切断の状況を判定することが出来、信頼性ある切断作業を実現できる。

#### 【0058】

3つには、切断状況を判定する第2判定工程により、不完全切断箇所の位置を把握することで、被切断物を取り出さず、そのまま、不完全切断箇所へ切断水噴射ノズルを移動させ、再切断等を行なうことができるため、一連の切断作業が効率的に実施することが出来る。

#### 【0059】

4つには、切断状況を判定する第2判定工程の液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した音響センサーおよび/あるいは振動センサーからの音響および/あるいは振動出力信号を検知する方式であるために、切断水噴射ノズルの振動等の影響を受けることなく、切断状況に関する信号を収集することが出来、高精度の切断状況を判定が実現できる。

#### 【0060】

5つには、3つ目の効果のように、一連の切断工程が完了する迄、被切削物を取り出さず、切断作業を実施できるため、全体の切断作業の工期を短縮することが出来る。

#### 【0061】

6つには、切断準備工程、切断工程、停止工程および再切断工程に対して切断が不完全と判断したときの切断条件、材料等の情報を蓄積することで、次の切断条件選定の際、切

10

20

30

40

50

断不完全の状態発生を防ぐことが出来るため、切断作業の信頼性向上と、作業全体の効率向上を図ることが出来る。

【 0 0 6 2 】

7つとして、上記1～6の方式に関する効果とは異なるが、切断準備工程と第1判定工程、その後、切断工程、停止工程を実施し、高圧水による切断部の再切断動作による第2判定工程を実施して不完全切断部を検出し、不完全切断該当部を規定の切断条件に設定して再切断を行なうことにより、切断工程と第2判定工程を実質的に分離（並行処理ではなく）し、ノイズの少ない不完全切断部の判定と再切断工程を実施することが出来る。

例えば、停止工程と第1判定工程とを並行して実施する。

また例えば、停止工程を先に実施し、第1判定工程を実施する。

10

【 0 0 6 3 】

8つには、切断状況を判定する第2判定工程と、不完全切断部の再切断等を一連の作業として実施することが出来るため、完全な遠隔操作による円管切断方法が実現できる。

【 0 0 6 4 】

以上のような効果により、全体として、人が入りこむことが出来ない箇所、例えば、原子力施設、プラント、建築現場等、さらには、目視困難な条件であっても遠隔操作による円管の切断を信頼性よく、効率的に実施することが出来る。

【 0 0 6 5 】

また、以上説明したように、本発明に係る円管切断方法は、その構成により、以下の効果を有する。

20

半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、音響の様子を基に切断不良箇所を特定した後、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、停止した噴射ノズルから噴射した高圧水で円管の壁を切断し、音響の様子を基に切断を確認した後、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断ようとし、切断のスタート点を切断不良箇所にしないうようにできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、音響の様子を基に「切断できていない」と判定されると、一時的に噴射ノズルを反転して切断不良箇所を切断し、その後で元に戻し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

30

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、噴射ノズルを円管の円周にそって回転した際の音響の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に研削材を混ぜられた高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する研削材を混ぜられた高圧水により円管を円周にそって切断し、噴射ノズルを円管の円周にそって回転した際の音響の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズルの噴射する研削材を混ぜられた高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

40

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると回転速度を下げて、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、水中音

50

響を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると研削材供給量を増して、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると対応関係をもつ回転速度を下げ、研削材供給量を増して、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、高圧水を内側から外側へ噴射して内管と外管とをもつ円管を切断し、外管から離れた箇所の水中音響を検知する様にするので、水中での音響は伝搬速度が大きく、高圧水が外管の壁を切断して外側へ噴射した際の音響を前記検知機器が効率良く検知できる。

#### 【0066】

また、以上説明したように、本発明に係る円管切断方法は、その構成により、以下の効果を有する。

半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、円管の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、振動の様子を基に切断不良箇所を特定した後、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、円管の壁の振動を検知する様にして、停止した噴射ノズルから噴射した高圧水で円管の壁を切断し、振動の様子を基に切断を確認した後、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、しようとし、切断のスタート点を切断不良箇所にしない様にする。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、円管の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、一時的に噴射ノズルを反転して切断不良箇所を切断し、その後で元に戻し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、円管の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断し、噴射ノズルを円管の円周にそって回転した際の振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズルの噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に研削材を混ぜられた高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、円管の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する研削材を混ぜられた高圧水により円管を円周にそって切断し、噴射ノズルを円管の円周にそって回転した際の振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズルの噴射する研削材を混ぜられた高圧水により切断不良箇所を切断し、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、円管の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると回転速度を下げ、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、円管の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると研削材供給量を増して、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

10

20

30

40

50

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、円管の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズルの噴射する高圧水により円管を円周にそって切断する際に、噴射ノズルの回転速度を前記信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると対応関係をもつ回転速度を下げ、研削材供給量を増して、円管の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズルを仮想中心軸の周りに回転させ、高圧水を内側から外側へ噴射して内管と外管とをもつ円管を切断し、外管の壁の振動を検知する様にするので、水中での音響は伝搬速度が大きく、高圧水が外管の壁を切断して外側へ噴射した際の音響を前記検知機器が効率良く検知できる。

従って、簡易な構成により円管を切断するための円管切断方法を提供できる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0067】

以下に、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【0068】

最初に、本発明の第1乃至第4の実施形態にかかる円管切断方法を説明する。

本発明の円管切断方法は、高圧水と研削材との混合液あるいは高圧水のみで構成される切断水を、切断水噴射ノズルによって液体中に置かれた被切断物である円管の円管壁に向かって鉛直方向に噴射し、切断水噴射ノズルを所定角度で移動させて、切断水の圧力と研削力により円管を切断する円管切断方法である。

【0069】

20

その工程の構成は、円管の切断基点となる部位の切断ならびに切断条件を調整し、切断起点となる位置の円管の円管壁に向かって鉛直方向に切断水を切断水噴射ノズルにより噴射することで穴あけを実施する切断準備工程と、円管の円管壁に向かって鉛直方向に切断水を切断水噴射ノズルにより噴射し、所定角度を移動させて、切断水により円管を連続的に切断する切断工程と、円管の切断終点となる部位の切断を行なう停止工程と、切断準備工程での切断状況を液体中あるいは被切断物の所定位置に載置した音響センサーおよび/あるいは振動センサーによって検知し、その検知情報の出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断状況を判定する第1判定工程と、切断工程ならびに停止工程の切断状況を、液体中あるいは被切断物の所定位置に載置した音響センサーおよび/あるいは振動センサーによって検知し、その検知情報の出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断状況を判定する第2判定工程と、その第2判定工程で判定した条件に基づき切断が不完全と判断した場合には、該切断不完全部の再切断を行なう再切断工程とを有した円管切断方法である。

30

【0070】

切断準備工程とは、切断工程の前段階に位置し、切断条件の基本となる切断水の高圧水の圧力ならびに研削材の量を、対象となる被切断材料の材質および被切断部の一重、二重等の切断面形状等によって所定の圧力等の条件に整え切断水として切断起点となる位置の円管の円管壁に向かって鉛直方向に切断水噴射ノズルにより噴射する準備段階までである。

【0071】

40

停止工程とは、前記切断準備工程で設定した切断条件に基き、切断水として切断起点となる位置の円管の円管壁に向かって鉛直方向に切断水噴射ノズルにより噴射し、この切断起点の切断（穴あけ）を完了する工程であるが終了するまでの段階を意味する。この段階では、被切断物である円管は回転せず停止した状態である。

【0072】

切断工程とは、前記切断準備工程において設定した切断条件に従って、切断起点の切断が終了した後、その位置を出発点として被切断材料を単位時間当たり所定角度で回転させていき、順次切断を行う工程である。切断条件の設定については、前記停止工程と合わせて後述する。

【0073】

50

切断状況判定工程は、第1判定工程と第2判定工程の2種類の判定工程が存在する。  
第1判定工程は、前記切断準備工程における切断起点の切断（穴あけ）が正常に終了したか、否かを判定する工程であり、その判定には、液体中あるいは被切断物の所定位置に載置した音響センサーおよび/あるいは振動センサーによって検知した検知情報の出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断起点の切断（穴あけ）が正常に終了したか、否かを判定する。

【0074】

第2判定工程は、前記切断工程および停止工程での切断中、切断部の状況によって発生する異なった音響および/あるいは振動を、液体中あるいは被切断物の所定位置に載置した音響センサーおよび/あるいは振動センサーによって検知した検知情報の出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準との比較を行なうことにより切断工程での切断が不完全切断か、正常に切断終了かを判定し、不完全切断の場合には、不完全切断情報とその不完全切断の位置情報を切断不完全テーブルとして記憶する。

10

【0075】

ここで、第2判定工程は切断工程と並行処理で行うことを前提にして上記説明したが、次のようにして行うこともできる。

切断工程が終了した段階で、切断水噴射ノズルを切断起点まで戻して、改めて、切断工程で切断した軌跡に沿って高圧水で構成される切断水を切断水噴射ノズルから噴射し、その時の液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した音響センサーおよび/あるいは振動センサーからの音響および/あるいは振動出力信号を検知して、第2判定工程とすることもできる。この場合は、切断工程と別の独立した工程となるため、よりノイズの少ない第2判定工程を実現できる。

20

【0076】

あらかじめ記憶させた判定基準とは、前記第1、第2判定工程の使用する共通の判定基準として、(1)切断水が、高圧水による構成の場合、あるいは高圧水と研削材を混在させた構成の場合、(2)被切断物が1重管（円管壁が1個）、2重管（円管壁が2個）さらには、多数重ねの管等における円管壁が一部切断完了（管壁により複数のパターンが存在する）、全て切断完了、さらには全て切断不完全等の場合、(3)切断箇所が切断起点かそれ以外の切断か、等の各々の態様の組み合わせにおいて発生する音響および/あるいは振動を周波数帯域として実験値等によりパターン化して登録した判定基準である。

30

【0077】

再切断工程とは、第2判定工程で判定した条件に基づき切断が不完全と判断した場合に、切断不完全テーブルに登録された不完全切断部の位置まで切断水噴射ノズルを移動させ、再度切断不完全部の再切断を行なう固定である。

この時、切断水噴射ノズルは、研削材の量を増加させる、あるいは、切断水噴射ノズルの移動速度を低下させる等、通常の切断条件を変更することもできる。

また、再切断工程は、再切断を行う時期により、(1)切断工程が完全に終了した後、(2)切断が不完全と判定した時点で、切断不完全部に戻り切断不完全部の再切断を行う、の2つの態様を行うことができる。

【0078】

40

まず、(1)の切断工程が完全に終了した後の場合には、切断水を高圧水で構成した状態にして、不完全切断部の位置まで切断水噴射ノズルを移動させ、改めて切断不完全部の再切断を行うものである。

また、(2)の切断が不完全と判定した時点で、切断不完全部に戻り切断不完全部の再切断を行う場合には、前記第2判定工程で判定した条件に基づき切断が不完全と判断した時に、その時点で切断作業を中止し、切断不完全部へ切断水噴射ノズルを移動させて切断不完全部の再切断を行うものである。

【0079】

本発明のウォータージェット法における切断条件の選定については、過去の実施例あるいは本発明に関連する種々の実験の結果、高圧水の圧力がある圧力に設定した場合には、

50

切断水噴射ノズルへ供給する研削材の単位時間当たりの供給量 (kg/min) と被切断物である円管の回転速度 (rpm) によって完全切断部および切断不全部が発生することが判明した。その内容を図2に基づき説明する。

図2は、原子炉内部に組み込まれている圧力管 (Zr-Nb製) ・カランドリア管 (Zr-2製) の2重管構造部に対する研削材供給量と切断速度 (円管であるため回転数で表示) との関係を表したものであり、印の点は二重管が良好に切断されている状態、印の点は二重管の内管、外管あるいはその両方が切断されていない状態を示すものである。

この結果から、切断良好な領域と切断不可の領域となる切断条件の境界線が存在することが判明し、切断良好な領域となる研削材供給量と切断速度とを選択する必要が出てくる。

10

特に、被切断物の状態および切断環境等の条件から、研削材の供給量を極力減らした切断条件とする必要がある等の制限が生じるため、本図の切断可・不可境界線の左側であって、環境等から要求される条件を満足する研削材供給量と切断速度とを選定することが必要である。ちなみに、この切断可・不可境界線は、切断可・不可の境界に位置するデータを用いて最小二乗近似によって作成したものである。

ただ、本図の例は、圧力管 (Zr-Nb製) ・カランドリア管 (Zr-2製) の2重管構造部についてのデータを示したものであり、実施に当たっては、被切断対象物毎に本図と同様のデータを予め作成することが必要である。これらの蓄積データを、後述する切断条件テーブルとして格納し利用する。

【0080】

20

さらに、停止工程、切断工程および再切断工程に対して切断が不完全と判断したときの切断条件、材料、切断不完全の情報等を蓄積することで、次の切断条件選定の際、切断不完全の状態発生を高精度で防止することができる。

【0081】

以上の工程について具体的な装置構成および動作等を、図1を基に説明する。本発明の円管切断方法を実現するために、図1a)のように装置構成として、大きく、制御装置30、ウォータージェット装置10、検出機器20とで構成している。

【0082】

制御装置30は、ウォータージェット装置10および検出機器20および被切断物41を制御するために、全体制御部31と、その下部構成として切断条件設定部32、切断状況判断部36を配置している。円管切断に当たっては、全体制御部31からの材料ならびに一重、二重等の被切断物の条件の指示に基づき切断条件設定部32が切断条件テーブル32aから所定の切断条件を取り出し、切断条件を設定する。具体的には、研削材供給量、高圧水の水圧ならびに被切断物の回転数等を、研削材制御部33、圧力制御部34ならびに噴射ノズル駆動制御部35に対して各々設定値を指示する。

30

【0083】

ウォータージェット装置10は、制御装置30からの指示に基づき、高圧水は超高圧ポンプ13によって所定の高圧水13aを噴射ノズル11へ供給し、研削材は、研削材供給装置12によって所定量の研削材を噴射ノズル11へ供給する。噴射ノズル11は、制御装置30からの指示に基づき、噴射ノズル駆動機器14aの制御指示に沿って被切断物である円管41の仮想中心軸Gを中心に回転しながら、高圧水13aと研削材12aとをエゼクタ構造により混合し切断水11aとして噴射することで、円管41の壁面を切断する。この図では、2重管を例に図示しているが、何重の円管であっても切断対象とすることができる。

40

ここで、切断水11aは、円管41の仮想中心軸Gから外周方向に噴射するようにしているが、円管41の外部から所定の距離を保持しながら円管41の仮想中心軸Gに向かった噴射であっても良い。

【0084】

次に、切断状況の判定については、第1判定工程と第2判定工程の2つが存在するが、両判定方法とも同一構成であり、判定基準のみが異なるため、あわせて説明する。

50

切断状況の判定は、円管 4 1 の壁面を切断中に発生する音響および / あるいは振動を、液体中あるいは被切断物の所定位置に配置した検知機器 2 0 (音響センサー 2 0 b および / あるいは振動センサー 2 0 a ) で収集し、処置の信号処理を施し、周波数 / レベル解析部 3 7 で、周波数別出力レベルの解析を行い、その結果を切断状況判断部 3 6 へ送信する。

切断状況判断部 3 6 では、判定基準 3 6 a と周波数別出力レベルの解析結果との比較判定を行なう。

不完全切断と判定した場合は、該当不切断位置 (円管の場合であるため、角度) と不完全切断の情報とを切断不完全テーブル 3 6 b として記憶する。

また、同情報を切断不完全条件蓄積テーブル 3 6 c に記憶させ・蓄積する。この蓄積情報は、定期的を集計し、上記の切断条件テーブル 3 2 a へ反映させることで、精度の良い切断条件テーブル 3 2 a を実現することができる。

[ 第 1 の実施形態 ]

【 0 0 8 5 】

本発明の基本形となる第 1 の実施形態について、図 3 を基に説明する。

まず、切断条件の基本となる切断水 1 1 a の高圧水 1 3 a の圧力ならびに研削材 1 2 a の量を、対象となる被切断材料の材質および被切断部の一重、二重等の切断面形状等によって所定の圧力等の条件に整え切断水 1 1 a とする切断準備工程 S 1 0 を行う。

次に、切断起点となる位置の穴あけを行う停止工程 S 2 0 と、停止工程 S 2 0 と並行して停止工程 S 2 0 における穴あけの切断状況を判定する第 1 判定工程 S 3 0 を行う。

その後、前記切断準備工程 S 1 0 において設定した切断条件に従って、停止工程 S 2 0 の実施の後、その位置を出発点として被切断材料を単位時間当たり所定角度で回転させつつ、切断水 1 1 a を円管 4 1 の円管壁に向かって鉛直方向に噴射ノズル 1 1 により噴射していき、順次切断を行う切断工程 2 0 を行う。

同時に、並行して切断部の状況によって発生する異なった音響および / あるいは振動を、液体中あるいは被切断物である円管 4 1 の所定位置に載置した音響センサー 2 0 a および / あるいは振動センサー 2 0 b によって検知した検知情報の出力信号と、あらかじめ記憶させた判定基準 3 6 a との比較を行なう第 2 判定工程 S 5 0 を行う。

切断工程 S 4 0 と第 2 判定工程 S 5 0 終了後に、第 2 判定工程で切断不完全となる事象が発生したか否かの状態を特定し、切断不完全の情報を収集し、再切断の準備を行う特定工程 S 6 0 を行い、その特定工程 S 6 0 のデータに基づき不完全切断部のみの切断を行う再切断工程 S 7 0 を行い、一連の円管切断作業を終了する。

[ 第 2 の実施形態 ]

【 0 0 8 6 】

第 1 の実施形態の応用例として第 2 の実施形態について、図 4 を基に説明するが、第 1 の実施形態と同一部分については説明を割愛する。

第 2 の実施形態は、第 1 の実施形態が切断工程 S 4 0 の終了後に、特定工程 S 6 0 を設け、その結果に従って一括して再切断工程 S 7 0 を行うものであったが、第 2 判定工程で不完全切断部が発生したと判断した場合には、その時点で不完全切断部へ戻り、再切断工程 S 8 0 を行うものである。再切断工程 S 8 0 の実施後に、元の切断位置に戻り切断工程 S 4 0 を実施するため、不完全切断部を完全になくすためには非常に有効な方法である。

[ 第 3 の実施形態 ]

【 0 0 8 7 】

第 1、第 2 の実施形態では、切断工程 S 4 0 の実施中に第 2 判定工程 S 5 0 を行い、不完全切断部があるか否かの判定を行うものであったが、第 3 の実施形態として図 5 に示すように、切断工程 S 4 0 で発生するノイズの影響をなくすため、切断工程 S 4 0 の実施中の第 2 判定工程 S 5 0 は行わず、切断工程 S 4 0 の終了後に、不完全切断部があるか否かの判定をおこなう空運転工程 S 9 0 を設け、同時に第 2 判定工程を行い、ノイズの少ない情報による不完全切断部があるか否かの判定を行うようにしたものである。

ここで、空運転工程とは、切断水 1 1 a として研削材 1 2 a を混在させず高圧水 1 3 a

10

20

30

40

50

のみを使用して噴射ノズル 1 1 から円管 4 1 に向けて噴射し切断と同等の動きをさせるものである。

この形態では、切断工程 S 4 0 と同一軌跡をたどるため、切断工程を 2 回実施するのと同等と考えられるが、不完全切断部があるか否かの判定については、完全切断部では、切断した隙間に高圧水が通過する、また、不完全切断部では、円管壁に高圧水が衝突する事象に起因する音響および/あるいは振動を液体中あるいは被切断物の所定位置に載置した音響センサーおよび/あるいは振動センサーによって検知した検知情報での第 2 判定工程 S 5 0 となるため、精度の良い不完全切断部の判定が実現できる。

特定工程 S 6 0 ならびに再切断工程 S 7 0 については、第 1 の実施形態と同一であるため割愛する。

10

[ 第 4 の実施形態 ]

【 0 0 8 8 】

第 1 ~ 第 3 の実施形態は、切断条件は切断準備工程 S 1 0 で設定した条件を再切断工程 S 7 0 においても同一切断条件で行うことを前提に説明したが、図 6 の第 4 の実施形態では、特定工程 S 6 0 で不完全切断部があると判断した場合には、切断条件を変更する切断条件再設定工程 S 9 0 を設け、再切断工程 S 7 0 でなく、切断工程 S 4 0 を行うようにしたものである。

当然ながら、不完全切断部があると判断した場合には、切断条件再設定工程 S 9 0 で切断条件変更を行った後に、切断工程 S 4 0 に戻り、不完全切断部の切断が完全に行えるように、不完全切断部の起点まで戻るようにし切断洩れを防止する。

20

切断条件再設定工程 S 9 0 では、当初の切断条件を基準に、研削材の単位時間当たりの供給量 1 2 a を増加させる、あるいは円管の回転速度を減ずる等の条件変更を行い、切断条件の変更を行う。

また、切断条件を変更した場合には、以降の切断工程 S 4 0 では、その後に新たな不完全切断部が発生しない限り、切断条件再設定工程 S 9 0 で変更した切断条件を踏襲するものとする。

これらの応用として、切断条件再設定工程 S 9 0 での切断条件の変更は、変更基準パターンを記憶しておき、標準化することも出来る。

【 0 0 8 9 】

次に、本発明の第 5 乃至第 8 の実施形態にかかる円管切断方法を説明する。

30

【 0 0 9 0 】

最初に、本発明の第 5 の実施形態に係る円管切断方法を、図を基に、説明する

図 1 は、本発明の実施形態に係る円管切断装置の概念図である。図 2 は、本発明の実施形態に係る円管切断方法の作用説明図である。図 7 は、本発明の第 5 の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。図 1 2 は、本発明の実施形態に係る円管切断方法の施工対象機器の一例の図である。

【 0 0 9 1 】

円管切断方法は、円管を切断するための方法である。

円管は、同心円状になった内管と外管とで構成されてもよい。

円管切断方法は、原子炉本体の解体に用いられてもよい。

40

図 1 2 は、解体中の原子炉の様子を示している。

原子炉本体 4 0 は、減速材である重水を収納するカランドリアタンク 4 2、熱と放射線遮蔽を目的としてカランドリアタンクの周囲に設置される鉄水遮蔽体、カランドリア管に挿入され内部に燃料集合体を収納し一次冷却水を流す圧力管集合体 4 1 a、制御棒案内管、制御棒駆動装置とで構成される。

例えば、原子炉本体 4 0 は、生体遮蔽壁を有する鉄筋コンクリート製構造体上に設置され、原子炉一次冷却系の再循環系機器の入口ヘッダーと蒸気ドラムに一次冷却水入口管、一次冷却水出口管で接続される。

例えば、円管 4 1 は、圧力管 4 1 a とカランドリア管 4 1 b とで構成される二重管である。

50

カランドリア管 4 1 b は、上部をカランドリアタンク上管板 4 3 に固定される。

カランドリア管 4 1 b は、下部をカランドリアタンク下管板 4 4 に固定される。

カランドリア管 4 1 b は、中間部を防震板 4 5 に固定される。

原子炉が運転されると、原子炉本体は放射能化する。

使用済みの原子炉の圧力管、カランドリア管の二重管は放射能化されている。

以下では、特に断らない限り、円管は、原子炉の圧力管とカランドリア管との二重管であるとして、説明する。

#### 【 0 0 9 2 】

円管切断方法は、準備工程 S 1 5 と停止工程 S 2 5 と解析工程 S 3 5 と切断工程 S 4 5 と記録工程 S 5 5 と特定工程 S 6 5 と再切断工程 S 7 5 とで構成される。

準備工程 S 1 5 は、ウォータージェット装置 1 0 と検知機器 2 0 と制御機器 3 0 とを準備する工程である。

ウォータージェット装置 1 0 は、噴射ノズル 1 1 で構成される。

噴射ノズル 1 1 は、円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸 G を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる機器である。

噴射ノズル 1 1 は、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸 G を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できてもよい。

#### 【 0 0 9 3 】

噴射ノズルが円管の半径方向に沿って内側から外側へ高圧水を噴射してもよい。

噴射ノズルが円管の半径方向に沿って外側から内側へ高圧水を噴射してもよい。

例えば、円管が同心円状になった内管と外管とをもつ場合、噴射ノズルが円管の半径方向に沿って内側から外側へ高圧水を噴射する。

#### 【 0 0 9 4 】

ウォータージェット装置 1 0 は、噴射ノズル 1 1 と研削材供給機器 1 2 とで構成されてもよい。

例えば、ウォータージェット装置 1 0 は、噴射ノズル 1 1 と研削材供給機器 1 2 と超高压ポンプ 1 3 と噴射ノズル駆動機器 1 4 とで構成される。

噴射ノズル 1 1 は、円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って研削材を混合された高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸 G を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できる機器である。

噴射ノズル 1 1 は、液体に浸けた円管の壁を切断するために円管の半径方向に沿って研削材を混合された高圧水を噴射しながら円管の内側に位置する仮想中心軸 G を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転できてもよい。

研削材供給機器 1 2 は、高圧水に混合する研削材を噴射ノズル 1 1 に供給する機器である。

超高压ポンプ 1 3 は、噴射ノズル 1 1 に高圧水を供給する機器である。

例えば、噴射ノズル 1 1 は、エゼクタ構造により高圧水と研削材とを混合し噴射する。

噴射ノズル駆動機器 1 4 は、噴射ノズル 1 1 を円管の内側に位置する仮想中心軸 G を中心として回転角度を徐々に変化させながら回転させる。

仮想中心軸 G は、円管の中心軸に平行であってもよい。

仮想中心軸 G は、円管の中心軸に略一致していてもよい。

#### 【 0 0 9 5 】

以下に、検知機器 2 0 を 2 つのタイプに分けて各々に説明する。

#### 【 0 0 9 6 】

第 1 のタイプの検知機器 2 0 は、液体の中の特定位置での水中音響を検知し水中音響に対応した信号データを出力する機器である。

図 1 2 の A は、第 1 のタイプの検知機器 2 1 の一例を示している。

例えば、検知機器 2 0 は、円管から離れた位置にある液体の中の特定の位置に配置され

10

20

30

40

50

た水中マイク 2 1 である。

検知機器 2 0 は、円管から離れた位置にある液体の中の特定の位置に配置された水中マイク 2 1 であってもよい。

例えば、円管が同心円状になった内管と外管とをもつ場合、検知機器 2 0 は、外管から離れた位置にある液体の中の特定の位置に配置された水中マイク 2 1 である。

【 0 0 9 7 】

第 2 のタイプの検知機器 2 0 は、円管の壁の特定位置での振動を検知し振動に対応する信号データを出力する機器である。

図 1 2 の B は、第 2 のタイプの検知機器 2 2 の一例を示している。

例えば、検知機器 2 0 は、円管の壁の特定位置での振動を検知し振動に対応する信号データを出力する加速度センサ 2 2 である。

円管が同心円状の内管と外管とを持つ場合に、検知機器 2 0 は、外管の壁の特定位置での振動を検知し振動に対応する信号データを出力する機器であってもよい。

例えば、円管が原子炉の圧力管とカランドリア管との二重管であるときに、検知機器 2 0 は、カランドリアタンクの下方に露出する二重管の外管の壁での振動を検知し振動に対応する信号データを出力する加速度センサであってもよい。

例えば、円管が原子炉の圧力管とカランドリア管との二重管であるときに、検知機器 2 0 は、カランドリアタンクの上方に露出する二重管の外管の壁での振動を検知し振動に対応する信号データを出力する加速度センサであってもよい。

例えば、円管が原子炉の圧力管とカランドリア管との二重管であるときに、検知機器 2 0 は、カランドリアタンクの内部に露出する二重管の外管の壁での振動を検知し振動に対応する信号データを出力する加速度センサであってもよい。

加速度センサ 2 2 の検知できる加速度の方向が円管の壁に直交していてもよい。

加速度センサ 2 2 の検知できる加速度の方向が円管の壁に垂直であってもよい。

【 0 0 9 8 】

制御機器 3 0 は、ウォータジェット装置 1 0 を制御する機器である。

例えば、制御機器 3 0 は、検知機器 2 0 からの信号データを基に、ウォータジェット装置 1 0 を制御する。

例えば、制御機器 3 0 は、検知機器 2 0 からの信号データを基に、噴射ノズル駆動機器 1 4 と超高压ポンプ 1 3 と研削材供給機器 1 2 とを駆動し、高压水の圧力、研削材の供給量、または回転速度を制御する。

制御装置 3 0 が信号データを基に研削材供給量、回転速度を制御する方法は、後段で詳述する。

【 0 0 9 9 】

停止工程 S 2 5 は、高压水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズル 1 1 の仮想中心軸 G を中心とする回転を停止した状態を維持する工程である。

停止工程 S 2 5 は、研削材の混合された高压水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズル 1 1 の仮想中心軸 G を中心とする回転を停止した状態を維持してもよい。

停止工程 S 2 5 を実施すると、高压水が円管の壁に当たり、時間が経過すると高压水が円管の壁に穴を空ける。

【 0 1 0 0 】

噴射ノズルが円管の半径方向に沿って内側から外側へ高压水を噴射する場合、高压水が円管の壁を切断し、噴射ノズルから噴射した高压水が外管の外側へ噴射される。

【 0 1 0 1 】

解析工程 S 3 5 は、信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」をリアルタイムに判定する工程である。

例えば、解析工程 S 3 5 は、信号データの特定周波数帯域でのレベルを予め設定された設定レベルと比較して、その比較結果を基に円管の壁を「切断できている」または「切断できていない」をリアルタイムに判定する工程である。

例えば、信号データの特定周波数帯域でのレベルが設定レベルより高いとき「切断でき

10

20

30

40

50

ている」を判断し、そうでないとき「切断できていない」と判断する。

例えば、信号データの特定周波数帯域でのレベルが設定レベルより低いとき「切断できている」を判断し、そうでないとき「切断できていない」と判断する。

【 0 1 0 2 】

停止工程 S 2 5 と解析工程 S 3 5 とを実施中に、「切断できている」と判断されると、停止工程 S 2 5 から後述する切断工程 S 4 5 に遷移する。

【 0 1 0 3 】

切断工程 S 4 5 は、高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズル 1 1 を回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする工程である。

例えば、回転角度は 0 度から 3 6 0 度まで変化する。

回転速度が 0 度から 3 6 0 度まで変化して、全域にわたって「切断できている」と円管が切断できる。

特別の場合、回転角度の変化角度が 3 6 0 度以下であったり、3 6 0 度以上であったりする。

回転速度は、回転角度が単位時間に変化する変化量である。

回転速度が適性であると、円管を切断できる。

また、研削材供給量が適性であると、円管を切断できる。

また、回転速度と研削材供給量との組合せが適性であると、円管を切断できる。

【 0 1 0 4 】

記録工程 S 5 5 は、信号データを回転角度に対応させて記録する工程である。

回転速度と信号データとを関連づけて記録してもよい。

回転速度が一定であるときに、計測時刻と信号データとを関連づけて記録してもよい。

【 0 1 0 5 】

特定工程 S 6 5 は、信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に円管の壁の切断できていない箇所である切断不良箇所を判定し、切断不良箇所に対応する回転角度である切断不良回転角度を特定する。

例えば、解析工程 S 3 5 は、信号データの特定周波数帯域でのレベルを予め設定された設定レベルと比較して、その比較結果を基に円管の壁を「切断できていない」と判断すると、信号データに対応した回転角度を切断不良角度として特定する。

例えば、信号データの特定周波数帯域でのレベルが設定レベルより低いとき「切断できていない」を判断し、信号データに対応した回転角度を切断不良角度として特定する。

例えば、信号データの特定周波数帯域でのレベルが設定レベルより高いとき「切断できていない」を判断し、信号データに対応した回転角度を切断不良角度として特定する。

【 0 1 0 6 】

再切断工程 S 7 5 は、高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が切断不良回転角度に一致する様に回転させる工程である。

研削材を混合した高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が切断不良回転角度に一致する様に回転させるてもよい。

高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転させて、回転角度が切断不良回転角度に一致する箇所で、噴射ノズルを所定回転速度で回転させてもよい。

噴射ノズルを所定の所定回転速度で回転させ、回転角度が切断不良回転角度に一致するときに、高圧水を円管の半径方向に噴射させてもよい。

所定回転速度は、円管を切断できるのに適性な回転速度と同一か遅い速度である。

【 0 1 0 7 】

切断工程 S 4 5 と記録工程 S 5 5 とを実施した後で再切断工程 S 7 5 を実施する。

例えば、切断工程 S 4 5 と記録工程 S 5 5 とを実施した後で特定工程 S 6 5 を実施し、特定工程 S 6 5 を実施した後で再切断工程 S 7 5 を実施する。

例えば、切断工程 S 4 5 と記録工程 S 5 5 と特定工程 S 6 5 とを実施した後で再切断工程 S 7 5 を実施する。

【 0 1 0 8 】

10

20

30

40

50

次に、本発明の第6の実施形態に係る円管切断方法を、図を基に、説明する。図8は、本発明の第6の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。

【0109】

円管切断方法は、円管を切断するための方法である。

円管の説明は、第5の実施形態にかかる円管切断方法のものと同じなので、省略する。

【0110】

円管切断方法は、準備工程S15と停止工程S25と解析工程S35と切断工程S45と反転切断工程S85とで構成される。

準備工程S15と停止工程S25と解析工程S35と切断工程S45と説明は、第5の実施形態にかかる円管切断方法のものと同じなので、省略する。

10

【0111】

最初に、停止工程S25と解析工程S35とを実施中に、「切断できている」と判断されると、停止工程S25から切断工程S45に遷移する。

【0112】

反転切断工程S85は、高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が他方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとする工程である。

研削材を混合された高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が他方の回転方向に変化する様に回転させて円管を切断しようとしてもよい。

【0113】

切断工程S45と解析工程S35とを実施中に、「切断できていない」と判定されると反転切断工程S85を一時的に実施した後に切断工程S45を実施する。

20

切断工程S45と解析工程S35とを実施中に、「切断できていない」と判定されると反転切断工程S85を一時的に実施した後に切断工程S45と解析工程S35とを実施してもよい。

反転切断工程S45は、予め設定された設定回転角度だけ反転する様に実施される。

【0114】

次に、本発明の第7の実施形態に係る円管切断方法を、図を基に、説明する。図9は、本発明の第7の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。

【0115】

円管切断方法は、円管を切断するための方法である。

30

円管の説明は、第5の実施形態にかかる円管切断方法のものと同じなので、省略する。

【0116】

円管切断方法は、準備工程S15と停止工程S25と解析工程S35と切断工程S45と空運転工程S95と記録工程S55と特定工程S65と再切断工程S75とで構成される。

準備工程S15と停止工程S25と解析工程S35と切断工程S45と記録工程S55と特定工程S65と再切断工程S75の説明は、第5の実施形態にかかる円管切断方法のものと同じなので、省略する。

【0117】

最初に、停止工程S25と解析工程S35とを実施中に、「切断できている」と判断されると、停止工程S25から切断工程S45に遷移する。

40

【0118】

空運転工程S95は、高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が一方または他方の回転方向に変化する様に回転させる工程である。

例えば、高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が一方または他方の回転方向に単位時間当たり一定に変化する様に回転させる。

切断工程S45で研削材を混合された高圧水で円管を切断する場合、研削材を混合されない高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が一方または他方の回転方向に単位時間当たり一定に変化する様に回転させてもよい。

切断工程S45で研削材を混合された高圧水で円管を切断する場合、切断工程よりも少

50

ない研削材を混合された高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が一方または他方の回転方向に単位時間当たり一定に変化する様に回転させてもよい。

【0119】

切断工程S45を実施した後で空回転工程S95と記録工程S55を実施し、空回転工程S95と記録工程S55を実施した後で再切断工程S75を実施する。

例えば、切断工程S45を実施した後で空回転工程S95と記録工程S55を実施し、空回転工程S95と記録工程S55を実施した後で特定工程S65を実施し、特定工程S65を実施した後で再切断工程S75を実施する。

例えば、切断工程S45を実施した後で空回転工程S95と記録工程S55を実施し、空回転工程S95と記録工程S55と特定工程S65を実施した後で再切断工程S75を実施する。

10

切断工程S45で回転角度が0度から360度に変化する様に噴射ノズル11を回転させて、空回転工程S95で回転角度が360度から0度に変化する様に噴射ノズル11を回転させて、再切断工程S75で回転角度が0度から360度に変化する様に噴射ノズル11を回転させてもよい。

【0120】

次に、本発明の第8の実施形態に係る円管切断方法を、図を基に、説明する。図10は、本発明の第8の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。

【0121】

円管切断方法は、円管を切断するための方法である。

20

円管の説明は、第5の実施形態にかかる円管切断方法のものと同一なので、省略する。

【0122】

円管切断方法は、準備工程S15と停止工程S25と解析工程S35と切断工程S45とで構成される。

準備工程S15と停止工程S25と解析工程S35との説明は、第5の実施形態にかかる円管切断方法のものと同一なので、省略する。

【0123】

最初に、停止工程S25と解析工程S35とを実施中に、「切断できている」と判断されると、停止工程S25から後述する切断工程S45に遷移する。

【0124】

切断工程S45は、高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとする工程である。

30

研削材を混合された高圧水を円管の半径方向に噴射している噴射ノズルを回転角度が一方の回転方向に変化する様に回転させ円管を切断しようとしてもよい。

【0125】

切断工程と解析工程とを実施中に、制御機器が判定結果を基に研削材供給量または回転速度を制御する。

切断工程と解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると回転角度の変化量である回転速度を下げてよい。

例えば、切断工程と解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると研削材供給量を一定にしたまま回転速度を下げてよい。

40

【0126】

切断工程と解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると研削材の単位時間当たりの供給量である研削材供給量を増やしてもよい。

例えば、切断工程と解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると回転速度を一定にしたまま研削材供給量を増やしてもよい。

【0127】

切断工程と解析工程とを実施中に、「切断できていない」と判定されると回転角度の変化量である回転速度を下げ、研削材の単位時間当たりの供給量である研削材供給量を増やしてもよい。

50

また、研削材供給量と回転速度とが所定の対応関係をもってもよい。

研削材供給量が少なくなると回転速度が多くなる対応関係をもち、研削材供給量が多くなると回転速度が少なくなる対応関係をもっているもよい。

図 1 1 は、研削材供給量と回転速度との所定の対応関係の一例を示す。

切断接線速度は、研削材を混合された高圧水が円管の壁を切断する際の高圧水の切断線に沿った接線方向の速度である。

研削材供給速度は、高圧水に混合するために供給される研削材の単位時間当たりの供給量である。

例えば、切断接線速度と回転速度は比例する対応関係を持つ。

図 1 1 において、斜線で埋められた領域が切断不良となる条件である。その他の空白の領域が切断良となる条件である。

実線は、斜線で埋められた領域と空白の領域の境を示す線である。

実線は、円管の状態や研削材の状態により移動する可能性がある。

一点鎖線は、切断接線速度と研削材供給速度との対応関係を示す一例である。

例えば、研削材供給量と回転速度とは、一点鎖線に沿って移動する様に変化する。

一点鎖線は、直線であっても曲線であってもよい。

#### 【実施例 1】

##### 【0128】

次に、実施例 1 として水中音響による切断良否判定試験の結果について説明する。

まず、原子炉で使用する圧力管とカランドリア管とで構成された二重管を模擬した円管を液体に浸け、内管の内側に噴射ノズルを挿入し、水深 300 ~ 400 mm の位置の円管の壁を半径方向に沿って内側から外側へ研削材の混合された高圧水を噴射し、噴射ノズルを仮想中心軸 G の周りに回転させ切断を行なった。

水中音響マイクは切断位置から水平に 400 mm 離れた位置に固定し、切断を開始してから終了するまで、水中音響マイクから出力する信号データを収集、記録した。

その後、信号データを周波数分析し、周波数を 0 Hz から 1000 Hz の間を 200 Hz 毎に 5 等分し、各々の周波数帯域でのレベルを観察した。その結果を、模式的に図 1 3 a ) に示す。

##### 【0129】

内管の壁が「切断できている（内管 OK）」、外管の壁が「切断できている（外管 OK）」ときは、信号データの a 1 で示す領域の 200 ~ 400 Hz 帯域のレベルが高い。

また、内管の壁が「切断できている（内管 OK）」、外管の壁が「切断できていない（外管 NG）」ときは、信号データの b 1 で示す領域の 200 ~ 400 Hz 帯域のレベルが小さい。

内管の壁が「切断できていない（内管 NG）」、外管の壁が「切断できていない（外管 NG）」ときは、信号データの c 1 で示す領域の 200 ~ 400 Hz 帯域のレベルがさらに小さい。

##### 【0130】

上記の結果から、水中音響に対応する信号データの特定周波数帯域のレベルを基に、内管の壁および外管の壁が「切断できている」「切断できていない」を判定することができることが判明した。

#### 【実施例 2】

##### 【0131】

実施例 2 として振動による切断良否判定試験の結果について説明する。

実施例 1 と同様に、原子炉で使用する圧力管とカランドリア管とで構成された二重管を模擬した円管を液体に浸け、内管の内側に噴射ノズルを挿入し、水深 300 ~ 400 mm の位置の円管の壁を半径方向に沿って内側から外側へ研削材の混合された高圧水を噴射し、噴射ノズルを仮想中心軸 G の周りに回転させ切断を行なった。

振動センサは外管の外壁に切断箇所より周方向に 180 度、軸方向に 270 mm 離れた箇所に垂直方向加速度を検知するように取り付け、切断を開始してから終了するまで、振

10

20

30

40

50

動センサから出力する信号データを収集、記録した。

その後、信号データを周波数分析し、周波数を0 Hzから1000 Hzの間を200 Hz毎に5等分し、各々の周波数帯域でのレベルを観察した。その結果を、模式的に図13b)に示す。

【0132】

内管の壁と外管の壁とが「切断できている(内管OK、外管OK)」ときは、信号データのa2で示す領域の600~800 Hz帯域と800~1000 Hz帯域のレベルが高く、a3で示す領域の他の周波数帯域でのレベルが低い。

内管の壁が「切断できている(内管OK)」、外管の壁が「切断できていない(外管NG)」のときは、信号データのb2で示す領域の0~1000 Hz帯域でのレベルが均一に高い。

10

内管の壁が「切断できていない(内管NG)」、外管の壁が「切断できていない」ときは、信号データのc2で示す領域の0~1000 Hz帯域でのレベルが均一に小さい。

【0133】

上記の結果から、円管の壁の振動に対応する信号データの特定周波数帯域のレベルを基に、円管の壁が「切断できている」「切断できていない」を判定することができることが判明した。

また、二重管の外管の壁の振動に対応する信号データの特定周波数帯域のレベルを基に、内管の壁および外管の壁が「切断できている」「切断できていない」を判定することができることが判明した。

20

【0134】

実施例1、実施例2では、音響センサーならびに振動センサー単独での不完全切断の判定例を説明したが、これらの2つのセンサーを組み合わせることによって、さらに精度の良い不完全切断の判定を実現することができる。

【0135】

以上説明したように、第1乃至第4の実施の形態、実施例のような本発明を実施することによって、円管の壁を切断する際に部分的に未切断等のトラブルが発生したことを検出し、再切断等を行ない、完全な形の切断作業を達成するに好適な円管切断方法が実現できる。

【0136】

30

また、以上説明したように、本発明の第5乃至第8の実施形態にかかる円管切断方法は、その構成により、以下の効果を有する。

半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断し、音響の様子を基に切断不良箇所を特定した後、噴射ノズル11の噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、停止した噴射ノズル11から噴射した高圧水で円管41の壁を切断し、音響の様子を基に切断を確認した後、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断ようとし、切断のスタート点を切断不良箇所にしないうようにできる。

40

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断し、音響の様子を基に「切断できていない」と判定されると、一時的に噴射ノズル11を反転して切断不良箇所を切断し、その後で元に戻し、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断し、高圧水を噴射する噴射ノズル11を円管41の円周にそって回転した際の

50

音響の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズル11の噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する研削材の混合された高圧水により円管41を円周にそって切断し、研削材の混合されない高圧水を噴射する噴射ノズル11を円管41の円周にそって回転した際の音響の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズル11の噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断する際に、噴射ノズル11の回転速度を信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると回転速度を下げて、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断する際に、噴射ノズル11の回転速度を信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると研削材供給量を増して、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、水中音響を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断する際に、噴射ノズル11の回転速度を信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると対応関係をもつ回転速度を下げて研削材供給量を増して、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、高圧水を内側から外側へ噴射して内管と外管とをもつ円管41を切断し、外管から離れた箇所の水中音響を検知する様にするので、水中での音響は伝搬速度が大きく、高圧水が外管の壁を切断して外側へ噴射した際の音響を検知機器が効率良く検知できる。

【0137】

また、以上説明したように、本発明に係る円管41切断方法は、その構成により、以下の効果を有する。

半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、円管41の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断し、振動の様子を基に切断不良箇所を特定した後、噴射ノズル11の噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、円管41の壁の振動を検知する様にして、停止した噴射ノズル11から噴射した高圧水で円管41の壁を切断し、振動の様子を基に切断を確認した後、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断し、しようとし、切断のスタート点を切断不良箇所にしない様にしてできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、円管41の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断し、振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、一時的に噴射ノズル11を反転して切断不良箇所を切断し、その後で元に戻し、円管41の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル11を仮想中心軸Gの周りに回転させ、円管41の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズル11の噴射する高圧水により円管41を円周にそって切断し、高圧水を噴射する噴射ノズル11を円管41の円周にそって回

10

20

30

40

50

転した際の振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズル 1 1 の噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管 4 1 の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル 1 1 を仮想中心軸 G の周りに回転させ、円管 4 1 の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズル 1 1 の噴射する研削材の混合された高圧水により円管 4 1 を円周にそって切断し、研削材の混合されない高圧水を噴射する噴射ノズル 1 1 を円管 4 1 の円周にそって回転した際の振動の様子を基に「切断できていない」と判定されると、噴射ノズル 1 1 の噴射する高圧水により切断不良箇所を切断し、円管 4 1 の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル 1 1 を仮想中心軸 G の周りに回転させ、円管 4 1 の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズル 1 1 の噴射する高圧水により円管 4 1 を円周にそって切断する際に、噴射ノズル 1 1 の回転速度を信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると回転速度を下げて、円管 4 1 の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル 1 1 を仮想中心軸 G の周りに回転させ、円管 4 1 の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズル 1 1 の噴射する高圧水により円管 4 1 を円周にそって切断する際に、噴射ノズル 1 1 の回転速度を信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると研削材供給量を増して、円管 4 1 の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル 1 1 を仮想中心軸 G の周りに回転させ、円管 4 1 の壁の振動を検知する様にして、噴射ノズル 1 1 の噴射する高圧水により円管 4 1 を円周にそって切断する際に、噴射ノズル 1 1 の回転速度を信号データの特定周波数帯域でのレベルを基に「切断できていない」と判断されると対応関係をもつ回転速度を下げて研削材供給量を増して、円管 4 1 の円周に沿って切断不良箇所のない切断をできる。

また、半径方向に高圧水を噴射する噴射ノズル 1 1 を仮想中心軸 G の周りに回転させ、高圧水を内側から外側へ噴射して内管と外管とをもつ円管 4 1 を切断し、外管の壁の振動を検知する様にするので、水中での音響は伝搬速度が大きく、高圧水が外管の壁を切断して外側へ噴射した際の音響を検知機器が効率良く検知できる。

#### 【 0 1 3 8 】

上記の円管切断方法が原子炉に用いられる円管を輪切りするのに適しており、この円管切断方法を用いることにより作業員が放射能のある作業域で作業する時間を短くできる。

また、円管を液体に浸けて円管を切断する際にウォータージェット装置を容易に自動制御できるので、作業員の被爆をより低減できる。

#### 【 0 1 3 9 】

本発明は以上に述べた実施形態に限られるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で各種の変更が可能である。

円管を原子炉の圧力管とカランドリア管の二重管であるとして説明したが、これに限定されず、円管は、単管であっても 3 重以上の多重管であってもよい。

第 5 の実施形態にかかる円管切断方法から第 8 の実施形態にかかる円管切断方法を、各々に説明したが、これらに限定されず、第 5 の実施形態にかかる円管切断方法から第 8 の実施形態にかかる円管切断方法を組み合わせても良いし、不都合のない範囲で幾つかの工程を省略してもよい。

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 1 4 0 】

【 図 1 】本発明の実施形態に係る円管切断方法の作用説明図ならびに円管切断装置の概念図である。

【 図 2 】本発明の実施形態に係る円管切断方法の研削材供給量と切断速度との関係を示した図である。

【 図 3 】本発明の第 1 の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。

【 図 4 】本発明の第 2 の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。

- 【図5】本発明の第3の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。  
 【図6】本発明の第4の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。  
 【図7】本発明の第5の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。  
 【図8】本発明の第6の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。  
 【図9】本発明の第7の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。  
 【図10】本発明の第8の実施形態に係る円管切断方法のフローチャート図である。  
 【図11】本発明の第8の実施形態に係る円管切断方法のグラフである。  
 【図12】本発明の実施形態に係る円管切断方法の施工対象機器の一例の図である。  
 【図13】本発明の水中音響と振動による切断状況を判断する事例を示した図である

10

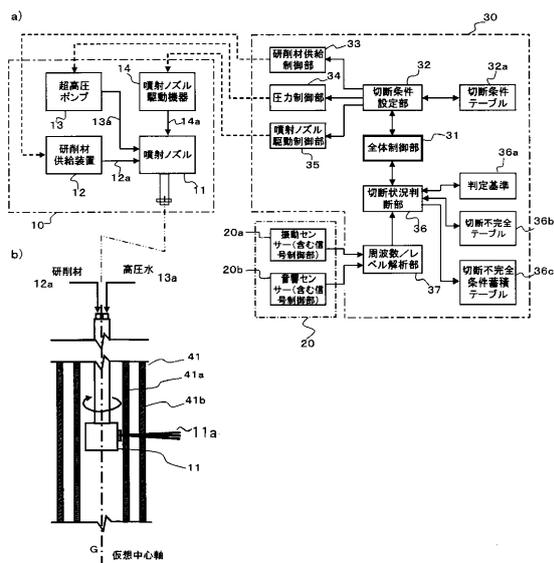
## 【符号の説明】

## 【0141】

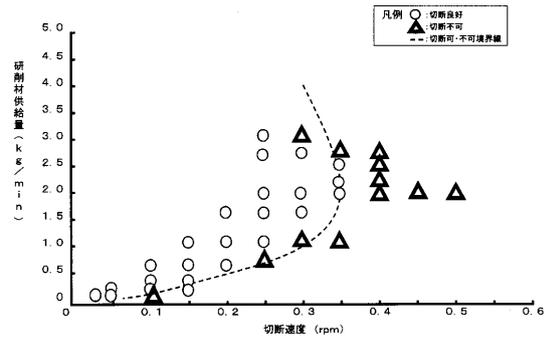
- |     |                |    |
|-----|----------------|----|
| 10  | ウォータージェット装置    |    |
| 11  | 噴射ノズル          |    |
| 12  | 研削材供給装置        |    |
| 13  | 超高圧ポンプ         |    |
| 14  | 噴射ノズル駆動機器      |    |
| 20  | 検知機器           |    |
| 21  | 水中マイク          |    |
| 22  | 加速度センサ         |    |
| 30  | 制御装置           | 20 |
| 31  | 全体制御部          |    |
| 32  | 切断条件設定部        |    |
| 33  | 研削材供給制御部       |    |
| 34  | 圧力制御部          |    |
| 35  | 噴射ノズル駆動制御部     |    |
| 36  | 切断状況判断部        |    |
| 37  | 周波数/レベル解析部     |    |
| 40  | 原子炉本体          |    |
| 41  | 被切断物である円管(二重管) |    |
| 41a | 内管(圧力管)        | 30 |
| 41b | 外管(カランドリア管)    |    |
| 42  | カランドリアタンク      |    |
| 43  | カランドリアタンク上管板   |    |
| 44  | カランドリアタンク下管板   |    |
| 45  | 防振板            |    |
| S10 | 切断準備工程         |    |
| S20 | 停止工程           |    |
| S30 | 第1判定工程         |    |
| S40 | 切断工程           |    |
| S50 | 第2判定工程         | 40 |
| S60 | 特定工程           |    |
| S70 | 再切断工程          |    |
| S80 | 反転切断工程         |    |
| S90 | 空運転工程          |    |
| S15 | 準備工程           |    |
| S25 | 停止工程           |    |
| S35 | 解析工程           |    |
| S45 | 切断工程           |    |
| S55 | 記録工程           |    |
| S65 | 特定工程           | 50 |

- S 7 5 再切断工程
- S 8 5 反転切断工程
- S 9 5 空運転工程
- G 仮想回転軸

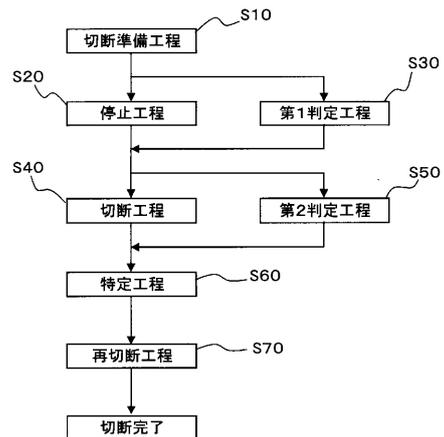
【図1】



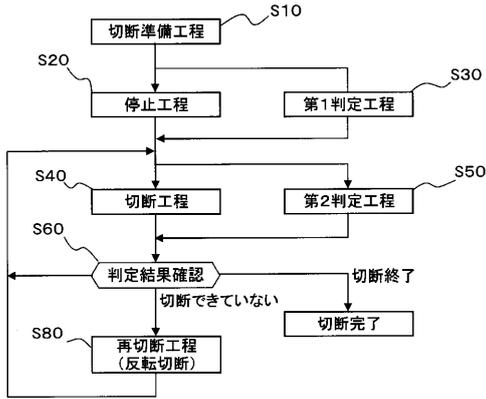
【図2】



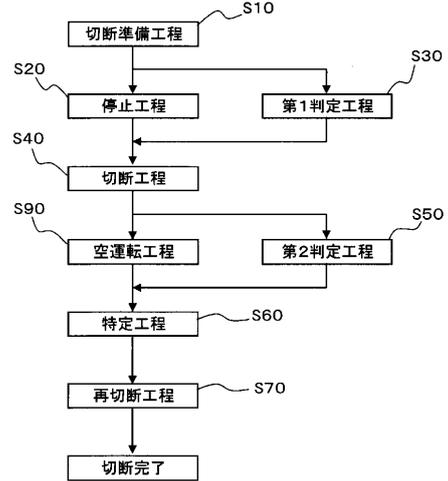
【図3】



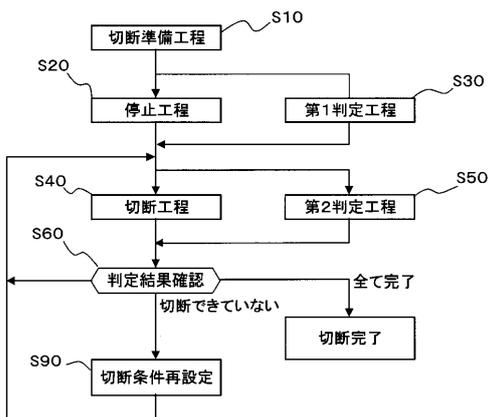
【図4】



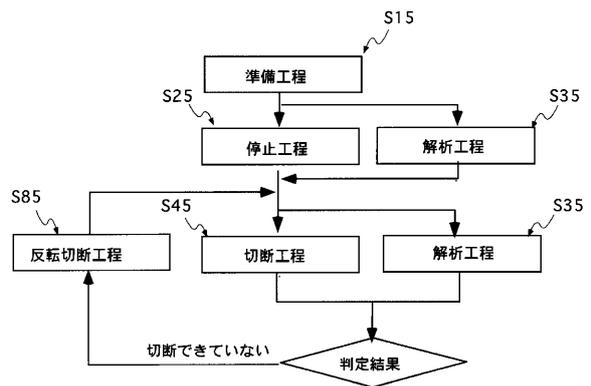
【図5】



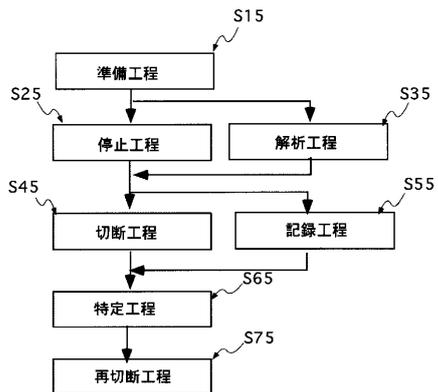
【図6】



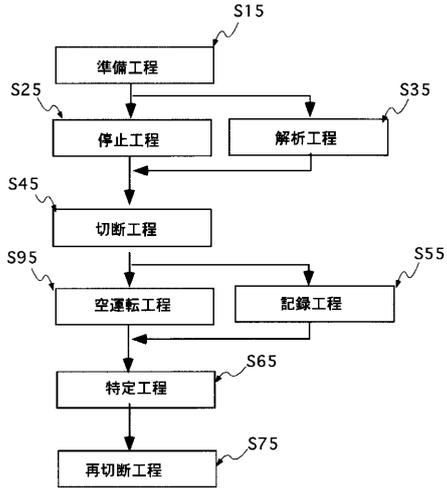
【図8】



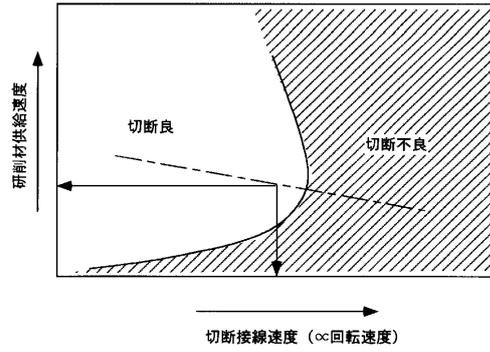
【図7】



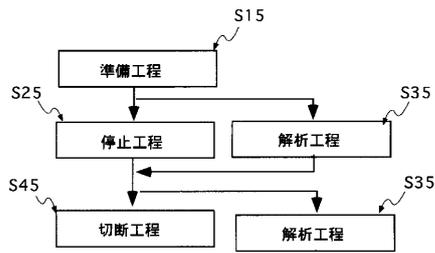
【図9】



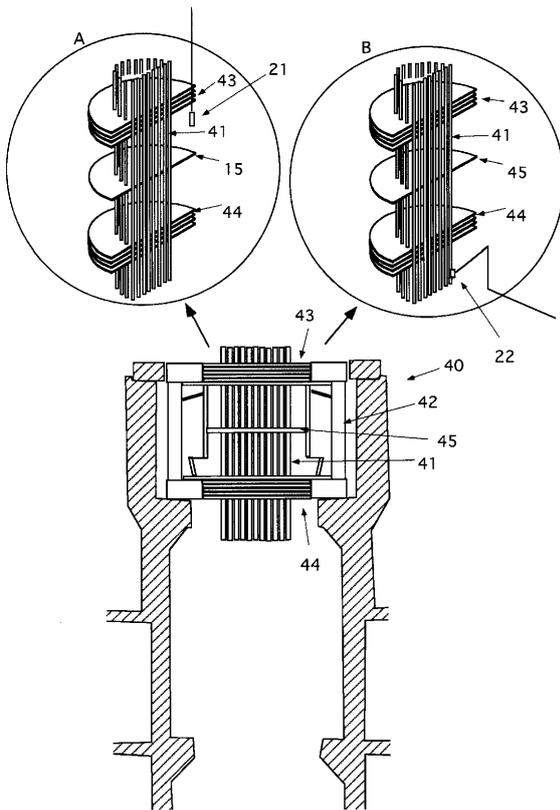
【図11】



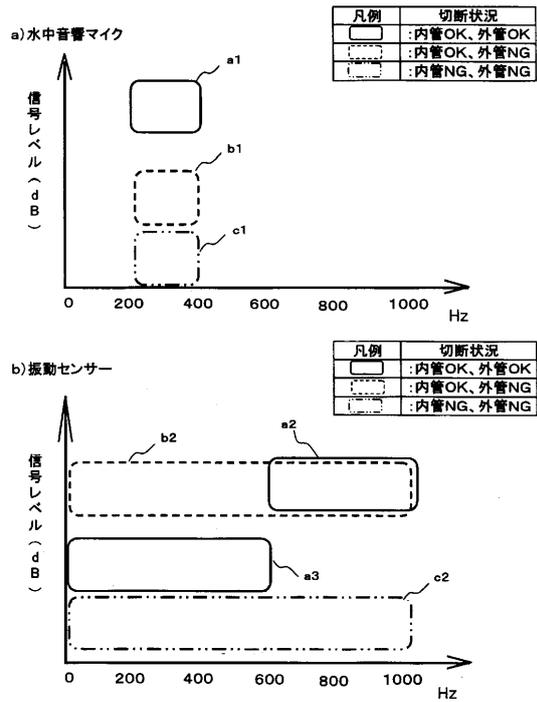
【図10】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 赤尾伸一  
東京都新宿区西新宿七丁目5番25号 三井住友建設株式会社内
- (72)発明者 大鐘 大介  
東京都新宿区西新宿七丁目5番25号 三井住友建設株式会社内
- (72)発明者 手塚 慎一  
東京都新宿区西新宿七丁目5番25号 三井住友建設株式会社内

審査官 馬場 進吾

- (56)参考文献 特開昭64-051298(JP,A)  
特開平08-187664(JP,A)  
特開平03-010800(JP,A)  
国際公開第2002/082056(WO,A1)  
特開平11-256627(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |      |
|------|------|
| B26F | 3/00 |
| B24C | 5/02 |