(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5813129号
(P5813129)
(45)発行日　平成27年11月17日(2015.11.17)　(24)登録日　平成27年10月2日(2015.10.2)

(51)Int.Cl.　F I
B23Q 11/10 (2006.01)　B23Q 11/10 E

請求項の数 4　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願2013-541490(P2013-541490)
(86)(22)出願日　平成23年10月31日(2011.10.31)
(86)国際出願番号　PCT/JP2011/075038
(87)国際公開番号　WO2013/065097
(87)国際公開日　平成25年5月10日(2013.5.10)
審査請求日　平成26年7月7日(2014.7.7)

(73)特許権者　390004330
日本オイルポンプ株式会社
埼玉県熊谷市久保島６３４番地
(74)代理人　110000431
特許業務法人高橋特許事務所
(72)発明者　川　野　裕　司
埼玉県熊谷市久保島６３４番地　日本オイルポンプ株式会社内

審査官　五十嵐　康弘

最終頁に続く

(54)【発明の名称】クーラント供給装置及び供給方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
工具（Ｄ）にクーラントを供給するポンプ（１０１）と、ポンプ（１０１）の吐出圧を計測する計測装置（２２）と、制御装置（５０）を備えており、制御装置（５０）は、予め求めたポンプ（１０１）の吐出圧をパラメータとしたポンプ回転数－吐出流量特性、ポンプ（１０１）の吐出圧をパラメータとしたポンプ吐出流量－クーラント用流路径特性及びクーラント用流路径－ポンプ目標吐出圧特性に基づき、ポンプ（１０１）の回転数とその時点のポンプ（１０１）の吐出圧から前記ポンプ回転数－吐出流量特性を用いてその時点におけるポンプ（１０１）の吐出流量を決定し、前記決定したポンプ吐出流量とポンプ吐出圧から前記ポンプ吐出流量－クーラント用流路径特性を用いて工具（Ｄ）のクーラント用流路径を決定し、さらに前記決定したクーラント用流路径から前記クーラント用流路径－ポンプ目標吐出圧特性を用いて工具（Ｄ）で穿孔している際のポンプ吐出圧の目標値を決定する機能と、当該目標値と計測されたポンプ吐出圧を比較してポンプ（１０１）の回転数を増加あるいは減少させる機能と、計測されたポンプ吐出圧により工具（Ｄ）による穿孔が終了したか否かを判定する機能を有していることを特徴とするクーラント供給装置（５００）。
【請求項２】
前記制御装置（５０）は、工具（Ｄ）の無負荷運転を終了した後、工具（Ｄ）でワークに対して穿孔加工を行う前の段階で、工具（Ｄ）のクーラント用流路径と、工具（Ｄ）で穿孔している際のポンプ吐出圧の目標値を決定する機能を備えている請求項１のクーラント

供給装置（５００）。
【請求項３】
ポンプ（１０１）と、ポンプ（１０１）の吐出圧を計測する計測装置（２２）と、制御装置（５０）を備えたクーラント供給装置（５００）により、工具（Ｄ）にクーラントを供給する方法において、予め求めたポンプ（１０１）の吐出圧をパラメータとしたポンプ回転数－吐出流量特性、ポンプ（１０１）の吐出圧をパラメータとしたポンプ吐出流量－ドリルの流路径特性及びドリルの流路径－ポンプ目標吐出圧特性に基づき、ポンプ（１０１）の回転数とその時点のポンプ（１０１）の吐出圧から前記ポンプ回転数－吐出流量特性を用いてその時点におけるポンプ（１０１）の吐出流量を決定し、前記決定したポンプ吐出流量とポンプ吐出圧から前記ポンプ吐出流量－クーラント用流路径特性を用いて工具（Ｄ）のクーラント用流路径を決定し、さらに前記決定したクーラント用流路径から前記クーラント用流路径－ポンプ目標吐出圧特性を用いて工具（Ｄ）で穿孔している際のポンプ吐出圧の目標値を決定し、ポンプ吐出圧を計測し、前記目標値と計測されたポンプ吐出圧を比較してポンプ（１０１）の回転数を増加させあるいは減少させて、計測されたポンプ吐出圧により工具（Ｄ）による穿孔が終了したか否かを判定することを特徴とするクーラント供給方法。
【請求項４】
工具（Ｄ）の無負荷運転を終了した後、工具（Ｄ）でワークに対して穿孔加工を行う前の段階で、工具（Ｄ）のクーラント用流路径と工具（Ｄ）で穿孔している際のポンプ吐出圧の目標値を決定する請求項３のクーラント供給方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、工作機械、特にセンタースルー（スピンドルスルー）クーラントタイプのドリル等、オイルホールを有する切削工具に対して、クーラントを供給する技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
図９で示すセンタースルー（スピンドルスルー）クーラントタイプのマシニングセンタにおいて、マシニングセンタ２００は、加工用テーブル２０５、主軸２１０、ツール２２０、クーラントノズル２４０を備えている。加工用テーブル２０５には、被加工物であるワーク４００が固定されている。図９で示すクーラントポンプ１００は、一台のポンプから低圧のクーラントと高圧のクーラントを吐出するタイプのポンプである。
クーラントポンプ１００の高圧ラインＬｈはツール２２０に連通し、クーラントポンプ１００の低圧ラインＬｌはクーラントノズル２４０に連通している。
クーラントポンプ１００は、クーラントの貯留タンク３００に取り付けられている。
【０００３】
図９のマシニングセンタ２００において、クーラントポンプ１００から吐出された低圧のクーラントはノズル２４０に供給され、ノズル２４０からワーク４００全体に向けて噴出される。ノズル２４０からワーク４００全体へ噴出されたクーラントは、加工中の切粉を除去する。
一方、クーラントポンプ１００から吐出された高圧且つ清浄なクーラントは、ツール２２０の先端から噴出する。ツール２２０先端からクーラントを高圧で噴出することにより、切削片がワーク４００へ噛み込んでしまうこと等を防止して、加工精度を向上している。
【０００４】
図９の高圧クーラント用のツール２２０は、ツール中央部を貫通するクーラント流路を高圧クーラントが流過して、加工するべきワークに対してクーラントを噴射しており、いわゆる「センタースルークーラントタイプの工作機械である。
図９で示す様なセンタースルークーラントの工作機械においては、クーラントの噴射を適正に制御することが、機械加工を正確に行うために重要である。

【０００５】
その他の従来技術としては、クーラントの圧力と流量の積が略一定になる様に、いわゆる定馬力運転を行う制御を実行する技術も提案されている（例えば、特許文献１参照）。
しかし、クーラントの圧力と流量の積が略一定にする、いわゆる定馬力運転を行う制御も、制御するべきパラメータが圧力と流量の２種類存在するため、制御そのものが複雑化してしまい、それに伴い、制御系が複雑化してしまうという問題を有している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特許第４２５０９９９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
本発明は上述した従来技術の問題点に鑑みて提案されたものであり、単一のパラメータのみにより、クーラントの噴射を適正に制御することが出来るクーラント供給装置及び供給方法の提供を目的としている。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明のクーラント供給装置（５００）は、工具（Ｄ：例えば、センタースルークーラントのドリル）にクーラントを供給するポンプ（例えば、歯車ポンプ１０１）と、ポンプ（１０１）の吐出圧を計測する計測装置（ポンプ吐出圧計測装置２２）と、制御装置（コントロールユニット５０）を備えており、制御装置（５０）は、
予め求めたポンプ（１０１）の吐出圧をパラメータとしたポンプ回転数－吐出流量特性、ポンプ（１０１）の吐出圧をパラメータとしたポンプ吐出流量－クーラント用流路径特性及びクーラント用流路径－ポンプ目標吐出圧特性に基づき、ポンプ（１０１）の回転数（ステップＳ５の仮回転数）とその時点のポンプ（１０１）の吐出圧から前記ポンプ回転数－吐出流量特性を用いてその時点におけるポンプ（１０１）の吐出流量を決定し、前記決定したポンプ吐出流量とポンプ吐出圧から前記ポンプ吐出流量－クーラント用流路径特性を用いて工具（Ｄ）のクーラント用流路径を決定し、さらに前記決定したクーラント用流路径から前記クーラント用流路径－ポンプ目標吐出圧特性を用いて工具（Ｄ）で穿孔している際のポンプ吐出圧の目標値（目標圧力）を決定する機能と、
当該目標値（目標圧力）と計測されたポンプ吐出圧を比較して、ポンプ（１０１）の回転数（あるいは、電動モータ１の回転数）を増加あるいは減少させる機能と、
計測されたポンプ吐出圧により、工具（Ｄ）による穿孔が終了したか否かを判定する機能を有していることを特徴としている。
【０００９】
本発明のクーラント供給装置（５００）において、前記制御装置（５０）は、工具（Ｄ）の無負荷運転（アンロード運転）を終了した後、工具（Ｄ）でワークに対して穿孔加工を行う前の段階で、工具のクーラント用流路径と、工具（Ｄ）で穿孔している際のポンプ吐出圧の目標値（目標圧力）を決定する機能を備えているのが好ましい。
【００１０】
本発明のクーラント供給方法は、ポンプ（例えば、歯車ポンプ１０１）と、ポンプ（１０１）の吐出圧を計測する計測装置（ポンプ吐出圧計測装置２２）と、制御装置（コントロールユニット５０）を備えたクーラント供給装置（５００）により、工具（Ｄ：例えば、センタースルークーラントのドリル）にクーラントを供給する方法において、
予め求めたポンプ（１０１）の吐出圧をパラメータとしたポンプ回転数－吐出流量特性、ポンプ（１０１）の吐出圧をパラメータとしたポンプ吐出流量－ドリルの流路径特性及びドリルの流路径－ポンプ目標吐出圧特性に基づき、ポンプ（１０１）の回転数（ステップＳ５の仮回転数）とその時点のポンプ（１０１）の吐出圧から前記ポンプ回転数－吐出流量特性を用いてその時点におけるポンプ（１０１）の吐出流量を決定し、前記決定したポ

ンプ吐出流量とポンプ吐出圧から前記ポンプ吐出流量－クーラント用流路径特性を用いて工具（Ｄ）のクーラント用流路径を決定し、さらに前記決定したクーラント用流路径から前記クーラント用流路径－ポンプ目標吐出圧特性を用いて工具（Ｄ）で穿孔している際のポンプ吐出圧の目標値（目標圧力）を決定し、
ポンプ吐出圧を計測し、
前記目標値（目標圧力）と計測されたポンプ吐出圧を比較して、ポンプ（１０１）の回転数（あるいは、電動モータ１の回転数）を増加あるいは減少し、
計測されたポンプ吐出圧により、工具（Ｄ）による穿孔が終了したか否かを判定することを特徴としている。

【００１１】

本発明のクーラント供給方法において、工具（Ｄ）の無負荷運転（アンロード運転）を終了した後、工具（Ｄ）でワークに対して穿孔加工を行う前の段階で、工具（Ｄ）のクーラント用流路径と、工具（Ｄ）で穿孔している際のポンプ吐出圧の目標値（目標圧力）を決定するのが好ましい。

【発明の効果】

【００１２】

上述した構成を具備する本発明によれば、目標値（目標圧力）と計測されたポンプ吐出圧を比較して、ポンプ吐出圧を制御している（例えば、ポンプ１０１の回転数あるいは、電動モータ１の回転数を増加させ、減少する）ため、ポンプ（１０１）の吐出圧のみが制御パラメータとなっており、ポンプ（１０１）（あるいは、電動モータ１）の回転数のフィードバック制御を行う必要がない。

すなわち、本発明によれば、複雑なポンプ（１０１）（あるいは、電動モータ１）の回転数フィードバック制御を行う必要が無く、ポンプ（１０１）の吐出圧のみを制御することにより、工具（Ｄ）にクーラントを適正に供給することが出来る。

【００１３】

また本発明によれば、センタースルークーラントのドリル等の工具（Ｄ）からの情報、例えば、セットされた工具（Ｄ）におけるクーラント用流路径に関する情報をポンプ（１０１）側に入力すること無く、ポンプ（１０１）側において独自に、工具（Ｄ）のクーラント用流路径と、そのクーラント用流路径に最適なポンプ吐出圧力（目標圧力）を決定することが出来る。

当業者には明らかな様に、センタースルークーラントのドリル等の工具（Ｄ）のクーラント用流路径を決定した時に、それに対応してポンプ（１０１）側で自動的に目標圧力を決定することは、非常に困難である。工具（Ｄ）とポンプ（１０１）との組み合わせは無数にあり、また、当該工具（Ｄ）のクーラント用流路径も、多岐に亘るからである。

これに対して、本発明によれば、センタースルークーラントのドリル等の工具（Ｄ）のクーラント用流路径に関する情報をポンプ（１０１）側に入力すること無く、ポンプ（１０１）側において独自に、当該工具（Ｄ）のクーラント用流路径と、目標圧力を決定することが出来る。

そのため、工具（Ｄ）とポンプ（１０１）との組み合わせが無数にあっても、また、当該工具（Ｄ）のクーラント用穴径が多種類に亘ったとしても、クーラントを供給するポンプ側で工具（Ｄ）のクーラント用穴径を決定し、それに最適なクーラントの吐出圧力を決定して、工具（Ｄ）による穿孔加工を適正に行うことが出来る。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】本発明の実施形態を示すブロック図である。
【図２】実施形態におけるコントロールユニットの機能ブロック図である。
【図３】実施形態におけるクーラント噴射制御を示すフローチャートである。
【図４】実施形態におけるクーラント噴射制御を示すフローチャートである。
【図５】ポンプの回転量とクーラント流量の特性の一例を示す特性図である。
【図６】クーラント流量とドリルのクーラント用流路の内径の特性の一例を示す特性図で

ある。
【図７】ドリルのクーラント用流路の内径と目標圧力の特性の一例を示す特性図である。
【図８】目標圧力とアイドル回転数の特性の一例を示す特性図である。
【図９】センタースルークーラントタイプのマシニングセンタの一例を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。
図１において、本発明の実施形態に係るクーラント供給装置は全体を符号５００で示されている。
そして、クーラント供給装置５００は、クーラント用ポンプ（例えば、歯車ポンプ）１０１と、切換弁Ｖ２（例えば、３ポート２ポジションタイプ）と、クーラント貯留タンク３０１と、制御装置５０を備えている。
【００１６】
クーラント用ポンプ１０１は、電動モータ（例えば、ブラシレスモータ）１と、高圧発生部（高圧ポンプ）２と、安全弁Ｖ１を備えている。
図１で示すクーラント用ポンプ１０１では、高圧発生部２は、ポンプ駆動軸５によって回転駆動される。ポンプ駆動軸５は、カップリング１Ｃにより、電動モータ１の回転軸１ｓと接続されている。
図示は省略するが、ポンプ駆動軸５とカップリング１Ｃを省略して、電動モータ１の回転軸１ｓにより、高圧発生部２を、直接、回転駆動することも可能である。
【００１７】
図示の実施形態では、ポンプ１０１の吐出圧を変動させるために、ポンプ１０１あるいは電動モータ１の回転数（高圧ポンプ２の回転数）を増加あるいは減少させている。
しかし、図示の実施形態では、ポンプ１０１の回転数フィードバック制御、高圧ポンプ２の回転数フィードバック制御、あるいは、電動モータ１の回転数フィードバック制御は行われていない。
【００１８】
高圧発生部２の吸入口２ｉには、ラインＬ１が接続されている。ラインＬ1は、クーラント貯留タンク３０１内に開放されており、クーラントの吸込ラインとして機能する。
高圧発生部２からクーラントを吐出する吐出口２ｏは、ラインＬ５を介して、第２の接続口Ｃ２に連通している。
【００１９】
ラインＬ５には、高圧発生部２側の領域に第１の分岐点Ｂ１が設けられ、第２の接続口Ｃ２側の領域に第２の分岐点Ｂ２が設けられている。第１の分岐点Ｂ１からはパイロットラインＬｐが分岐して、クーラント用ポンプ１０１内のライン圧力をパイロット圧として安全弁Ｖ１に供給している。
第２の分岐点Ｂ２からは安全弁Ｖ１を介装したラインＬ６が分岐しており、ラインＬ６は、クーラント貯留タンク３０１内に開放されている。ラインＬ５の圧力（高圧発生部２の吐出圧）が所定以上に上昇した場合は、安全弁Ｖ１が開放して、ラインＬ５の圧力をクーラント貯留タンク３０１内に逃がして、クーラント用ポンプ１０１の安全を確保している。
【００２０】
ラインＬ５は、第２の接続口Ｃ２においてライン Ｌ２１に連通している。ラインＬ２１には、ラインＬ５を流れるクーラントの圧力を視認するため視認用圧力計７が介装されている。ここで、視認用圧力計７は、クーラント用ポンプ１０１には包含されていない。
ラインＬ２１は、流路切換弁Ｖ２に連通している。
ラインＬ２１において、視認用圧力計７と流路切換弁Ｖ２との間の領域には、クーラント用ポンプ１０１（高圧ポンプ２）の吐出圧を計測するポンプ吐出圧計測装置（以下、「吐出圧ゲージ」と言う）２２が介装されている。吐出圧ゲージ２２の計測結果は、入力信

号ラインＳｉ２を介して、制御装置５０に送られる。
【００２１】
流路切換弁Ｖ２の排出側（図１では左方）とドリルＤ（工具）は、ラインＬ２２によって接続されている。ラインＬ２２には、ラインフィルター２０及び逆止弁Ｖ３が介装されている。
逆止弁Ｖ３は、流路切換弁Ｖ２からドリルＤ側へクーラントが流れることは許容する。しかし、その逆方向（ドリルＤ側から流路切換弁Ｖ２に向かう方向）には、クーラントが流れることは許容しない。
流路切換弁Ｖ２は、制御信号ラインＳｏ２を介して、制御装置５０からの制御信号を受信する。
【００２２】
流路切換弁Ｖ２には、クーラント戻しラインＬ２３が接続され、クーラント戻しラインＬ２３の他端は、クーラント貯留タンク３０１の底部近傍に開放されている。
ドリルＤ（工具）にはクーラント回収ラインＬ３０の一端が接続され、クーラント回収ラインＬ３０により切削後のクーラントを回収する。クーラント回収ラインＬ３０の他端は、クーラント貯留タンク３０１の底部近傍に開放されている。
【００２３】
ドリルＤにおけるクーラント用流路径を設定した際に、ポンプ１０１側において、自動的に目標圧力を決定することは非常に困難である。
ドリルＤとポンプ１０１との組み合わせは無数にあり、当該ドリルＤに形成されたクーラント用流路の径も、多岐に亘るからである。また、ドリルＤの特性と、ポンプ１０１の特性は、使用条件、設置条件、その他の種々のパラメータに基づいて、ケース・バイ・ケースで変化し得るからである。
【００２４】
これに対して、図示の実施形態に係るクーラント供給装置５００は、ポンプ１０１側において、ポンプ１０１側のパラメータに基づいて、ドリルＤに形成されたクーラント用流路径と、その流路径に最適なポンプ吐出圧力（目標圧力）を決定する機能を有している。
図示の実施形態に係るクーラント供給装置５００によれば、ドリルＤとポンプ１０１とを設定して組み合わせた当初に、図５～図８で例示する様な各種特性を求めれば、以下に述べるような態様によって、セットしたドリルＤのクーラント用流路径に関する情報をポンプ１０１側に入力すること無く、ポンプ１０１側において、独自に、ドリルＤのクーラント用流路径と目標圧力を決定する。
【００２５】
ドリルＤのクーラント用流路径と目標圧力を決定する制御を行なう機能を有する制御装置５０について、機能ブロック図である図２を参照して説明する。
図２において、制御装置５０は、記憶装置５０ｍと、目標圧力決定ブロック５０ｂと、比較ブロック５０ｃと、ポンプ吐出圧信号用インターフェース５０ｄと、ドリル加工信号用インターフェース５０ｅと、アンロード運転制御ブロック５０ｆと、アンロード運転制御信号用インターフェース５０ｇと、タイマ５０ｔと、回転数決定ブロック５０ｈと、回転数制御信号発生ブロック５０ｊと、回転数制御信号用インターフェース５０ｋとを備えている。
【００２６】
記憶装置５０ｍは、仮回転数、回転数－流量特性、流量－ドリル流路径特性（流量－クーラント流路径特性）、ドリル流路径－目標圧力特性（クーラント流路径－目標圧力特性）、目標圧力－アイドル回転特性が記憶されている。記憶装置５０ｍに記憶されている情報は、図示の実施形態が制御を実行するに際して、必要不可欠である。
記憶装置５０ｍで記憶されている「仮回転数」とは、モータ１の回転数（クーラント用ポンプ１０１あるいは高圧発生部２の回転数）であり、ワークの加工前にクーラント用ポンプ１０１を起動した際に、一定に落ち着くべき回転数（例えば１０００ｒｐｍ）であって、設定された回転数である。

回転数－流量特性は、クーラントポンプ１０１の回転数（設定された回転数：図３のステップＳ５の仮回転数）と圧力毎のポンプの吐出流量との関係であり、例えば図５で示す様な特性である。図５では、クーラントポンプ１０１の吐出圧Ｐｃが０Ｍｐ～４Ｍｐにおける回転数－流量特性を例示している。なお、図５において、縦軸は流量を示し、横軸が回転数（設定された回転数：図３のステップＳ５の仮回転数）である。

【００２７】

流量－ドリルの流路径特性は、ドリルに供給される流量と、ドリルに形成されたクーラント用流路の内径寸法（クーラント用流路径）との関係であり、図６の特性図で例示されている。図６で例示する流量－ドリルの流路径特性においても、クーラントポンプ１０１の吐出圧をパラメータ（Ｐｃが０Ｍｐ、１Ｍｐ～４Ｍｐ）としている。なお、図６では縦軸が流量、横軸がドリルの流路径（図６では「ドリル穴径」と表示）である。

ドリルの流路径－目標圧力特性は、ドリルに形成されたクーラント用流路径と供給するクーラントの目標圧力（ポンプ１０１の目標吐出圧）との関係であり、図７で例示されている。なお、図７では、縦軸が目標圧力（図７では「必要圧力」と表示）、横軸がドリルの流路径（図７では「ドリル穴径」と表示）である。

【００２８】

ドリルの流路径－目標圧力特性は、ドリル（におけるクーラント）流路径をφ、目標圧力をＰｃａとすると、例えば、次の式で表現することが出来る。

$Pca=k\cdot 1/\varphi^{\varepsilon}$　（ｋ、εは定数）

図８は、供給するクーラントの目標圧力（ポンプ１０１の目標吐出圧）とクーラントポンプ１０１のアイドル回転数との関係を例示する特性図である。ここで、「アイドル回転数」は、ワークを切削していない時（加工待機時）のクーラントポンプ１０１の回転数を意味している。

なお、図示はされていないが、モータ１と高圧発生部２の間に変速機等が介装されており、モータ１の回転数と、高圧発生部２の回転数とが同一で無い場合も存在する。

【００２９】

目標圧力決定ブロック５０ｂは、記憶装置５０ｍと信号ラインＳｃ２によって接続されている。記憶装置５０ｍで記憶されている回転数－流量特性と、流量－ドリル流路径特性と、ドリル流路径－目標圧力特性が、目標圧力決定ブロック５０ｂに送られる。

目標圧力決定ブロック５０ｂは、適宜設定されるポンプ（或いは電動モータ）回転数（図３のステップＳ５の「仮回転数」）と、上述の各種特性に基づいて、ポンプの目標圧力（ポンプ吐出圧の目標値）を決定する機能を有している。

【００３０】

目標圧力決定ブロック５０ｂには、信号ラインＳｃ４が接続されている。そして、信号ラインＳｃ４は分岐点Ｂｃ２で分岐し、比較ブロック５０ｃ及び回転数決定ブロック５０ｈに接続されている。

目標圧力決定ブロック５０ｂで決定されたポンプ目標圧力の情報は、信号ラインＳｃ４を介して、比較ブロック５０ｃ及び回転数決定ブロック５０ｈに伝達される。

【００３１】

比較ブロック５０ｃは、ポンプ吐出圧信号用インターフェース５０ｄと信号ラインＳｃ５によって接続され、そのポンプ吐出圧信号用インターフェース５０ｄは、ポンプ吐出圧計測装置２２と信号ラインＳｉ２によって接続されている。また、比較ブロック５０ｃは、回転数決定ブロック５０ｈと信号ラインラインＳｃ６によって接続されている。

比較ブロック５０ｃは、ポンプ吐出圧計測装置２２からポンプ吐出圧信号用インターフェース５０ｄを介して、クーラントポンプ１０１の吐出圧の計測結果が入力される。そして、クーラントポンプ１０１の吐出圧の計測結果と、クーラントポンプ１０１の吐出圧の目標値を比較して、ポンプ１０１あるいはモータ１の回転数の増減を判断して、ポンプ１０１あるいはモータ１の回転数を増減する制御信号（回転数増減信号）を、信号ラインＳｃ６を介して回転数決定ブロック５０ｈに発信する機能を有している。

【００３２】

ドリル加工信号用インターフェース５０ｅは、信号ラインＳｓを介してドリルＤ（工作機械）と接続されており、加工開始時にドリルＤから発信される信号（ドリル加工開始信号）を制御装置５０に入力する機能を有している。なお、信号ラインＳｓは、図１では図示が省略されている。

図２において、ドリル加工信号用インターフェース５０ｅには、信号ラインＳｃ７が接続されている。信号ラインＳｃ７は分岐点Ｂｃ３で分岐し、回転数決定ブロック５０ｈ及びアンロード運転制御ブロック５０ｆと接続されている。

これにより、加工開始時にドリルＤから発信されるドリル加工開始信号が、ドリル加工信号用インターフェース５０ｅ、信号ラインＳｃ７を介して、回転数決定ブロック５０ｈ、アンロード運転制御ブロック５０ｆに伝達される。

【００３３】

回転数決定ブロック５０ｈは、信号ラインＳｃ８を介して回転数制御信号発生ブロック５０ｊに接続され、ラインＳｃ１２を介してタイマ５０ｔと接続されている。

回転数決定ブロック５０ｈは、ドリル加工信号用インターフェース５０ｅからのドリル加工開始信号、記憶装置５０ｍに記憶された仮回転数に関する情報及び目標圧力－アイドル回転数特性、目標圧力決定ブロック５０ｂで決定されたポンプ１０１吐出圧の目標値、比較ブロック５０ｃからの回転数増減信号、タイマ５０ｔからの計時情報に基づいて、制御の各段階において、ポンプ１０１（あるいはモータ１）の回転数を決定する機能を有している。

回転数決定ブロック５０ｈが、制御の各段階において、ポンプ１０１（あるいはモータ１）の回転数を決定する態様の詳細については、図３、図４を参照して後述する。

【００３４】

アンロード運転制御ブロック５０ｆは、信号ラインＳｃ１０を介してアンロード運転制御信号用インターフェース５０ｇと接続されている。アンロード運転制御信号用インターフェース５０ｇは、制御信号ラインＳｏ２を介して、流路切換弁Ｖ２と接続されている。

アンロード運転制御ブロック５０ｆは、ドリル加工信号用インターフェース５０ｅ、信号ラインＳｃ７を介して、ドリルＤからのドリル加工開始信号が伝達される。そして、ドリル加工開始信号の有無により、クーラントポンプ１０１がアンロード運転をするべき場合（ドリル加工開始信号の伝達前）には、流路切換弁Ｖ２をアンロード側（図１の「Ｂポジション」）に切り換える旨の制御信号を、アンロード運転制御信号用インターフェース５０ｇを介して、流路切換弁Ｖ２に発信する機能を有している。

【００３５】

アンロード運転制御ブロック５０ｆは、タイマ５０ｔと信号ラインＳｃ１１で接続されている。

ここで、アンロード運転制御ブロック５０ｆがアンロードＯＦＦ信号を発信して、切換弁Ｖ２を加工側（クーラントをドリルＤへ送る側）に切り換えた場合には（図１の「Ａポジション」）、ポンプ１０１（あるいはモータ１）の回転数が仮回転数（例えば、１０００ｒｐｍ：図３のステップＳ５参照）に安定するまでの所要時間が約１秒であると仮定している（図３のステップＳ６参照）。当該所要時間についても、タイマ５０ｔで計測する。

【００３６】

図２において、回転数制御信号発生ブロック５０ｊは、クーラント供給装置５００のポンプ１０１（あるいはモータ１）の回転数を、回転数決定ブロック５０ｈで決定した回転数にせしめるための回転数制御信号を発生させる機能を有している。

回転数制御信号発生ブロック５０ｊは、信号ラインＳｃ９を介して回転数制御信号用インターフェース５０ｋと接続され、その回転数制御信号用インターフェース５０ｋは、制御信号ラインＳｏ１を介してクーラント供給装置５００のモータ１と接続されている。これにより、回転数制御信号発生ブロック５０ｊから発進される上述した回転数制御信号が、モータ１に伝達される。

【００３７】

次に、工作機械のドリルＤにクーラントを供給する場合における制御について、図１、図２、図５～図８を参照しつつ、図３、図４に基づいて説明する。

制御開始時は、図３のステップＳ１、Ｓ２で、流路切換弁Ｖ２をアンロード運転（無負荷運転：図１では「Ｂポジション」）側に切り換えて（アンロードＯＮ）、クーラント供給装置５００にアンロード運転を実行させる。

【００３８】

アンロード運転時は、流路切換弁Ｖ２において、ラインＬ２１がラインＬ２３に連通し（図１の「Ｂポジション」）、ポンプ１０１から吐出されるクーラントは、クーラント貯留タンク３０１に戻される。

ステップＳ３では、制御装置５０により、クーラントをドリルに供給するのか否か（ドリルクーラントＯＮか？）を判断する。制御装置５０は、ドリルＤ側から加工開始信号が入力されたか否かによって、クーラントをドリルＤに供給するか否かを判断する。

【００３９】

ドリルＤ側から加工開始信号が入力されておらず、クーラントをドリルに供給しないのであれば（ステップＳ３がＮＯ）、切換弁Ｖ２を図１における「Ｂポジション」として、クーラント供給装置５００にアンロード運転を続行させる（ステップＳ３がＮＯのループ）。

一方、ドリルＤ側から加工開始信号が入力され、クーラントをドリルＤに供給する場合には（ステップＳ３がＹＥＳ）、ステップＳ４に進み、切換弁Ｖ２を図１の「Ａポジション」（ラインＬ２１がラインＬ２２に連通する状態）に切り換える。そして、ステップＳ５に進む。

【００４０】

ステップＳ５では、ポンプ１０１或いはモータ１に制御信号を発信して、ポンプ１０１の回転数（或いはモータ１の回転数）を仮回転数（例えば１０００ｒｐｍ）に設定する。ここで、ポンプ回転数（或いはモータ回転数）を仮回転数（例えば１０００ｒｐｍ）に設定するのは、周波数を決定することにより行われる。なお、ポンプ回転数（或いはモータ回転数）を仮回転数（例えば１０００ｒｐｍ）に設定するのと同時に、タイマ５０ｔによる計時を開始する。

次のステップＳ６では、制御装置５０は、ポンプ回転数を仮回転数（例えば１０００ｒｐｍ）に設定してから、所定時間（例えば１秒）が経過したか否かを判断する。

ポンプ回転数を仮回転数（例えば１０００ｒｐｍ）に設定してから、所定時間（例えば１秒）が経過していなければ（ステップＳ６がＮＯ）、所定時間（例えば１秒）が経過するまで待機する（ステップＳ６がＮＯのループ）。

ポンプ回転数を仮回転数（例えば１０００ｒｐｍ）に設定してから、所定時間（例えば１秒）が経過したならば（ステップＳ６がＹＥＳ）、ステップＳ７に進む。

【００４１】

図３のステップＳ７の段階では、ポンプ１０１の回転数（或いはモータ１の回転数）を仮回転数（例えば１０００ｒｐｍ）に設定してから、所定時間（例えば１秒）が経過しており（ステップＳ６がＹＥＳ）、ポンプ１０１（或いはモータ１）の回転が安定した状態になっている。

ステップＳ７では、ポンプ１０１の回転が安定した状態において、設定された回転数（ステップＳ５における仮回転数：例えば、１０００ｒｐｍ）と、その時点のポンプ１０１の吐出圧力（ポンプ吐出圧計測装置２２で計測されたポンプ吐出圧Ｐｃ）に基づいて、図５で例示する様な回転数－ポンプ吐出流量特性を用いて、目標圧力決定ブロック５０ｂ（図２参照）によって、その時点におけるポンプ１０１の吐出流量を決定する。

【００４２】

ここで、圧力が１ＭＰａや２ＭＰａの様に「きりが良い」数値ではない場合には、図５の（圧力毎に異なる）特性の間の領域を比例配分して、回転数－ポンプ吐出流量特性を決定する。すなわち、圧力が例えば１．３ＭＰａであれば、図５における圧力１ＭＰａの特性と、圧力２ＭＰａの特性との間の領域を３：７に区分する様な特性曲線を求め、その特

性曲線を「圧力１．３ＭＰａにおける回転数－ポンプ吐出流量特性」として、その時点のポンプ回転数からポンプ吐出流量を決定（演算）する。

【００４３】

ステップＳ７において、ポンプ吐出流量を決定した後に、目標圧力決定ブロック５０ｂにより、図５を用いて決定したポンプ吐出流量と、図６で例示する流量－ドリル流路径特性（ポンプ吐出流量とドリルＤ内のクーラント用流路内径との関係）を用いて、例えば、図５を用いて決定したポンプ吐出流量を図６の縦軸に当てはめることにより、図６の特性上の数値であるドリル流路径（ドリルＤに形成されたクーラント用流路の内径）を決定する。

図６で例示する流量－ドリル流路径特性は、記憶装置５０ｍから目標圧力決定ブロック５０ｂに伝達される。ここで、図６で例示する流量－ドリル流路径特性においても、圧力が「きりが良い」数値ではない場合には、図６の（ポンプ吐出圧力毎に異なる）特性の間の領域を比例配分して、その時点におけるポンプ１０１吐出圧（ポンプ吐出圧計測装置２２で計測されたポンプ吐出圧Ｐｃ）に対応した流量－ドリル流路径特性を決定する。そして、決定された流量－ドリル流路径特性と、図５を用いて決定されたポンプ吐出流量を用いて、ドリル流路径（ドリルＤに形成されたクーラント用流路の内径）を決定（演算）する。

【００４４】

ステップＳ７において、ドリル流路径を決定したならば、目標圧力決定ブロック５０ｂにより、図７で例示する様なドリル流路径－目標圧力特性を用いて、ポンプ吐出圧力の目標値（目標圧力）を決定する。

図７で例示する様なドリル流路径－目標圧力特性も、記憶装置５０ｍから目標圧力決定ブロック５０ｂに伝達される。

目標圧力決定ブロック５０ｂでは、図６を用いて決定されたドリル流路径を、図７で例示する様なドリル流路径－目標圧力特性に適用する（図６を用いて決定されたドリル流路径を、図７の横軸に当てはめる）ことにより、図７で例示する様な特性線上の数値であるポンプ吐出圧力の目標値（目標圧力）が決定される。

これにより、図３のステップＳ７において、ポンプ吐出圧力の目標値（目標圧力）が決定される。そして、ステップＳ８に進む。

【００４５】

図３のステップＳ８では、ステップＳ７で決定した目標圧力から、図８で例示する様な特性（目標圧力－アイドル回転数特性）を用いて、アイドル回転数を決定している。

アイドル回転数は、回転数決定ブロック５０ｈ（図２）で決定される。

回転数決定ブロック５０ｈには、目標圧力決定ブロック５０ｂで決定された目標圧力（ステップＳ７で決定されたポンプ吐出圧力の目標値）が伝達され、記憶装置５０ｍから目標圧力－アイドル回転数特性が伝達される。回転数決定ブロック５０ｈでは、目標圧力－アイドル回転数特性にステップＳ７で決定された目標圧力を適用して（例えば、ステップＳ７で決定された目標圧力を図８の横軸に当てはめて）、図８で例示する様な特性線上の数値であるアイドル回転数を決定する。

ステップＳ８では、回転数決定ブロック５０ｈで決定したポンプ（あるいはモータ）のアイドル回転数を、回転数制御信号発生ブロック５０ｊに伝達し、ポンプ吐出圧Ｐｃを昇圧あるいは降圧するため、モータ１に回転数制御信号を伝達する。そして、ステップＳ９に進む。

【００４６】

ステップＳ９では、ドリルＤ側に、クーラント供給装置５００でクーラント供給の準備が完了した旨のアンサーバック信号を、例えば０．５秒間だけ発信する。この段階では、ドリルＤ側から加工開始信号が発信されており（ステップＳ３がＹＥＳ）、ドリルＤがワーク４００（図９参照：図１、図２では図示せず）に接触するまでに、クーラントをドリルＤへ供給する必要がある。そのため、後述するステップＳ１０の制御を行なう前段階で、クーラント供給の準備が完了した旨のアンサーバック信号を、ドリルＤ側に発信する。

ドリルＤ側にアンサーバック信号を発信した後、ステップＳ１０に進む。
図２では明示されていないが、当該アンサーバック信号は、例えば、ステップＳ８でアイドル回転数が決定した際に、回転数決定ブロック５０ｈからドリル加工信号用インターフェース５０ｅ、信号ラインＳｓを介して、ドリルＤに送信される。
【００４７】
ステップＳ１０において、制御装置５０は、ドリルＤがワーク４００と接触したか否かを判断する。ここで、ドリルＤがワークと接触すると、ポンプ１０１のクーラント吐出圧が上昇するので、制御装置５０は、ポンプ１０１のクーラント吐出圧が上昇したか否かによって、ドリルＤがワークと接触したか否かを判断する。
ポンプ１０１のクーラント吐出圧が上昇したならば（ステップＳ１０がＹＥＳ）、ドリルＤが下降してワーク４００と接触し、穿孔加工が開始されたと判断する。そして、図４のステップＳ１２に進む。
【００４８】
一方、ポンプ１０１のクーラント吐出圧が上昇していなければ（ステップＳ１０がＮＯ）、ドリルＤはワーク４００と接触しておらず、穿孔加工は開始されていないと判断して、ステップＳ１１に進む。ステップＳ１１では、制御装置５０は、ドリルＤによる穿孔加工は終了し、ドリルＤにクーラントを供給する必要がないのか否かを判断する。
ドリルＤによる穿孔加工が終了し、ドリルＤにクーラントを供給する必要がないのであれば（ステップＳ１１がＹＥＳ）、ステップＳ１まで戻る。
一方、ドリルＤによる穿孔加工が終了しておらず、ドリルＤにクーラントを供給する必要がある場合には（ステップＳ１１がＮＯ）、ステップＳ１０に戻る。
【００４９】
図４のステップＳ１２では、制御装置５０は、ポンプ１０１の吐出圧Ｐｃ（ポンプ吐出圧計測装置２２で計測されたポンプ吐出圧）が目標圧力範囲（許容範囲）内に収まっているか否かを判断する。ここで、目標圧力範囲（許容範囲）は、ステップＳ８で決定された目標圧力に対して、所定の誤差αの範囲内であることを意味しており、所定の誤差αは、例えば目標圧力の１０％に設定されている。
すなわち、ステップＳ１２では、「目標圧力－α≦吐出圧（Ｐｃ）≦目標圧力＋α」であるか否かを判断している。
【００５０】
ポンプ１０１の吐出圧Ｐｃが「目標圧力－α」よりも低圧であれば（ステップＳ１２で「目標圧力－α＞」）、ステップＳ１３でポンプ１０１（あるいはモータ１）の回転数を増加して、ステップＳ１２に戻る。
ポンプ１０１の吐出圧Ｐｃが「目標圧力＋α」よりも高圧であれば（ステップＳ１２で「＞目標圧力＋α」）、ステップＳ１４でポンプ１０１（あるいはモータ１）の回転数を減少して、ステップＳ１２に戻る。
ステップＳ１２～Ｓ１４の制御により、ドリルＤがワーク４００の穿孔加工を開始した後、ポンプ１０１の吐出圧力Ｐｃは、目標圧力範囲内（目標圧力－α≦吐出圧Ｐｃ≦目標圧力＋α）に収まることになる。そして、ポンプの吐出圧力が、目標圧力範囲内（目標圧力－α≦吐出圧Ｐｃ≦目標圧力＋α）に収まったならば（ステップＳ１２が「ＹＥＳ」）、ステップＳ１５に進む。
【００５１】
ドリルＤによるワーク４００への貫通孔の穿孔が完了すると、ポンプ１０１のクーラント吐出圧力が急激に低下する。そのため、ステップＳ１５では、ポンプ１０１の吐出圧力が急激に低下したか否かを判定し、以って、ドリルＤによりワーク４００が穿孔されたか否かを判断する。
ポンプの吐出圧力が急激に低下した場合には（ステップＳ１５がＹＥＳ）、ワーク４００にドリル孔が穿孔され、穿孔加工が終了したと判断する（ステップＳ１６）。
なお、いわゆる「止まり穴」の場合には、ドリルＤによるワーク４００の穿孔が完了すると、ドリルＤが切削箇所から後退するので、ポンプ１０１のクーラント吐出圧力が急激

に低下する。換言すれば、ドリルＤで穿孔される孔は、貫通孔のみならず、いわゆる「止まり穴」であっても、ドリルＤによるワーク４００の穿孔が完了すると、ポンプ１０１のクーラント吐出圧力Ｐｃは急激に低下するのである。

【００５２】

図示の制御では、ステップＳ１２～Ｓ１４において、ポンプ１０１の吐出圧力Ｐｃが目標圧力範囲（目標圧力－α≦吐出圧Ｐｃ≦目標圧力＋α）になったならば（ステップＳ１２が「ＹＥＳ」）、その後、ポンプの吐出圧力が、目標圧力範囲から外れたとしても、急激に降圧しない限りは無視する（ステップＳ１５がＮＯのループ）。

ドリルＤによる穿孔加工中に、ワーク４００に穿孔されたドリル穴の深さが増加するに連れて、ポンプ１０１のクーラント吐出圧力は上昇する。しかし、制御における「ハンチング」を防止するため、その様なポンプ吐出圧の変動は無視する。

【００５３】

ポンプ１０１のクーラント吐出圧力が急激に低下して（ステップＳ１５がＹＥＳ）、ワーク４００にドリル孔を穿孔する加工が終了したと判断されたならば（ステップＳ１６）、ポンプ１０１の回転数をアイドル回転数に設定する（ステップＳ１７）。ドリルＤをワーク４００から引き抜く際に、ワーク４００のドリル穴周辺部が破損することを防止するため、必要且つ十分なクーラントを噴射するためである。

また、ドリルＤによる穿孔完了後、ポンプ１０１の回転数が穿孔時と同一であれば、過剰なクーラントが噴射されてしまう。これに対して、穿孔後、ポンプ１０１の回転数をアイドル回転数まで落とすことにより、クーラント噴射量を減少させることが出来る。

ポンプ１０１の回転数をアイドル回転数に設定（ステップＳ１７）した後、図３のステップＳ１０まで戻る。

【００５４】

図示の実施形態によれば、ポンプ１０１のクーラント吐出圧の目標値（目標圧力）と、ポンプ吐出圧計測装置２２による計測結果を比較して、ポンプ１０１の回転数、あるいは、電動モータ１の回転数を増加させ、あるいは減少させている。すなわち、図示の実施形態では、高圧ポンプ２の吐出圧のみが制御パラメータとなっており、ポンプ１０１（高圧ポンプ２）あるいは電動モータ１の回転数をフィードバック制御する必要がない。

【００５５】

また、図示の実施形態では、ポンプ１０１（高圧ポンプ２）あるいは電動モータ１の回転数を増加あるいは減少させているが、係る制御は回転数フィードバック制御ではない。ポンプ１０１の吐出圧を昇圧あるいは降圧するためである。

図示の実施形態によれば、複雑な（ポンプ１０１あるいは電動モータ１の）回転数フィードバック制御を行う必要が無く、ポンプ１０１の吐出圧のみを制御して、センタースルークーラントのドリルＤにクーラントを適正に供給することが出来る。

【００５６】

当業者には明らかな様に、センタースルークーラントタイプのドリルＤにおけるクーラント用流路径を決定した時に、それに対応してポンプ１０１側で自動的に目標圧力を決定することは、非常に困難である。ドリルＤとポンプ１０１との組み合わせは無数にあり、また、当該ドリルＤにおけるドリルのクーラント用流路径も、多岐にわたるからである。

図示の実施形態によれば、センタースルークーラントのドリルＤからの情報、例えば、セットされたドリルＤにおけるドリルのクーラント用流路径に関する情報をポンプ１０１側に入力せず、ポンプ１０１側において、ドリルのクーラント用流路の内径寸法（流路径）と、そのクーラント用流路径に最適なポンプ吐出圧力（目標圧力）を決定することが出来る。そのため、ドリルＤとポンプ１０１との組み合わせが無数にあっても、また、当該ドリルにおけるクーラント用流路径が多種類存在したとしても、最適なクーラントの吐出圧力を決定して、ドリルによる穿孔加工を適正に行うことが出来る。

【００５７】

図示の実施形態はあくまでも例示であり、本発明の技術的範囲を限定する趣旨の記述ではない。

例えば、図５～図７で示す特性図は、ケース・バイ・ケースで異なっている。また、仮回転数（図示の実施形態では１０００ｒｐｍ）、回転数安定のための待機時間（ステップＳ６参照）、ポンプ吐出圧の目標値に対する許容誤差α（目標値の１０％）等についても、ケース・バイ・ケースで変更することが出来る。

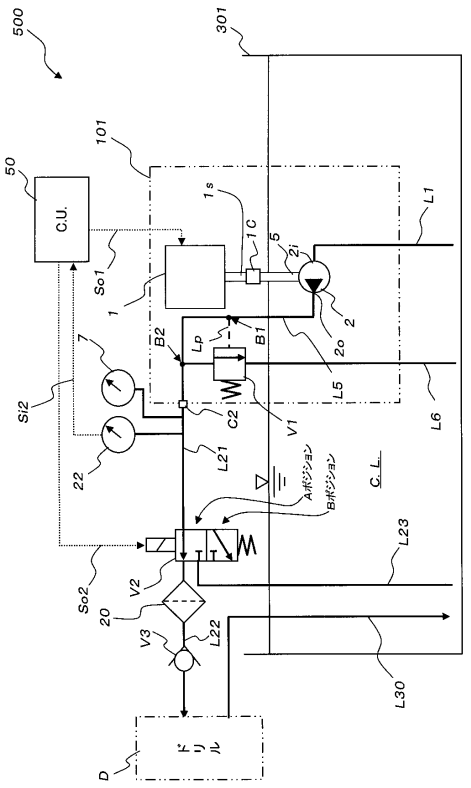
また、図示の実施形態では、クーラントが供給される工具としてドリルＤが示されているが、その他の工具にクーラントを供給する場合においても、本発明を適用することが可能である。

【符号の説明】

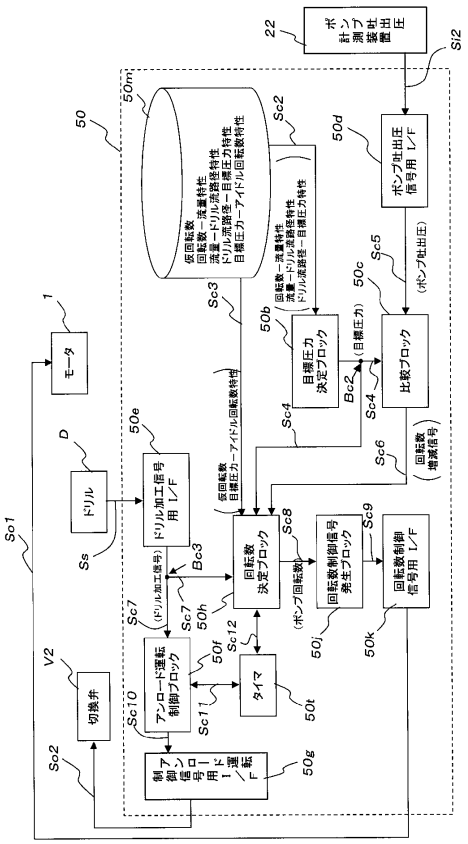
【００５８】

１・・・電動モータ
２・・・高圧発生部／高圧ポンプ
３・・・吸込圧発生部／低圧ポンプ
４・・・異物除去用サイクロン
５・・・ポンプ駆動軸
６・・・回転数計測装置
７・・・視認用圧力計
２０・・・ラインフィルター
２２・・・ポンプ吐出圧計測装置／吐出圧ゲージ
２６・・・切粉採取装置
５０・・・制御装置／コントロールユニット
３０１・・クーラント貯留タンク
Ｄ・・・ドリル
Ｖ１・・・安全弁
Ｖ２・・・流路切換弁
Ｖ３・・・逆止弁

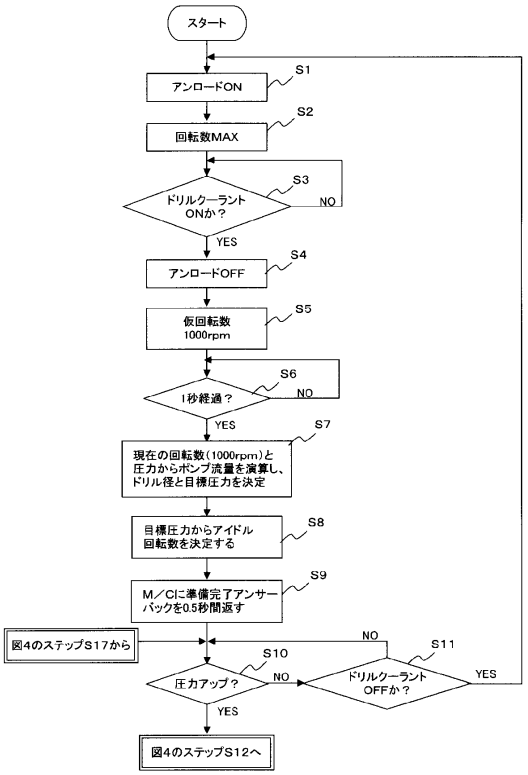
【図１】



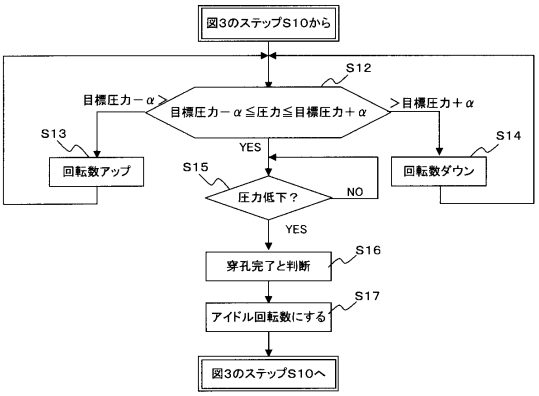
【図２】



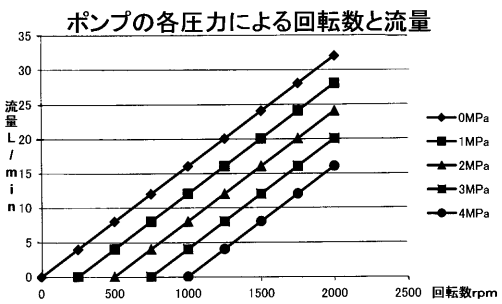
【図３】


スタート
アンロードON
S1
回転数MAX
S2
ドリルクーラント ONか？
S3
NO
YES
アンロードOFF
S4
仮回転数 1000rpm
S5
1秒経過？
S6
NO
YES
現在の回転数（1000rpm）と 圧力からポンプ流量を演算し、 ドリル径と目標圧力を決定
S7
目標圧力からアイドル 回転数を決定する
S8
M／Cに準備完了アンサー バックを0.5秒間返す
S9
図4のステップS17から
NO
S10
S11
圧力アップ？
NO
ドリルクーラント OFFか？
YES
YES
図4のステップS12へ

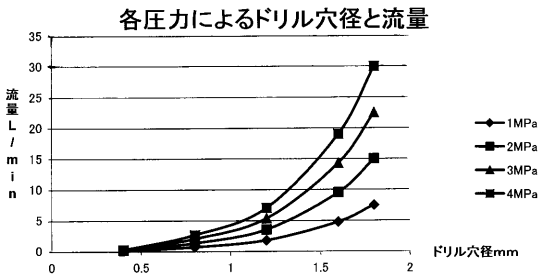
【図４】


図3のステップS10から
S12
目標圧力－α＞
目標圧力－α≦圧力≦目標圧力＋α
＞目標圧力＋α
S13
S14
YES
回転数アップ
S15
圧力低下？
NO
回転数ダウン
YES
穿孔完了と判断
S16
アイドル回転数にする
S17
図3のステップS10へ

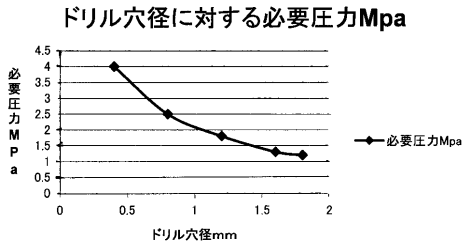
【図５】


ポンプの各圧力による回転数と流量
流量 L/min
回転数rpm
0MPa
1MPa
2MPa
3MPa
4MPa

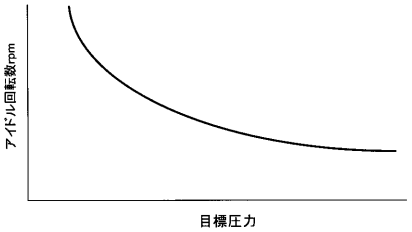
【図６】


各圧力によるドリル穴径と流量
流量 L/min
ドリル穴径mm
1MPa
2MPa
3MPa
4MPa

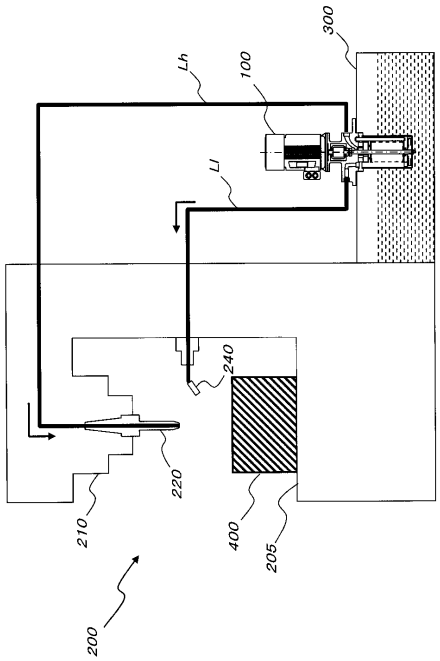
【図７】


ドリル穴径に対する必要圧力Mpa
必要圧力MPa
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
0.5
1
1.5
2
ドリル穴径mm
必要圧力Mpa

【図８】


アイドル回転数rpm
目標圧力

【図９】


300
Lh
100
LI
240
220
210
400
205
200

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００４－０３６４２１（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３３８０１６（ＪＰ，Ａ）
特許第４２５０９９９（ＪＰ，Ｂ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｑ　１１／１０
Ｂ２３Ｂ　４７／００
Ｆ０４Ｂ　４９／０６
Ｇ０５Ｄ　７／０６
Ｇ０５Ｄ　１６／２０