

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6960772号
(P6960772)

(45) 発行日 令和3年11月5日(2021.11.5)

(24) 登録日 令和3年10月14日(2021.10.14)

(51) Int. Cl.		F I			
H05B	3/00	(2006.01)	H05B	3/00	310B
B21D	26/033	(2011.01)	B21D	26/033	
B21D	37/16	(2006.01)	B21D	37/16	

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2017-101048 (P2017-101048)	(73) 特許権者	000002107
(22) 出願日	平成29年5月22日 (2017.5.22)		住友重機械工業株式会社
(65) 公開番号	特開2018-195539 (P2018-195539A)		東京都品川区大崎二丁目1番1号
(43) 公開日	平成30年12月6日 (2018.12.6)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	令和2年3月13日 (2020.3.13)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100162640
			弁理士 柳 康樹
		(72) 発明者	井手 章博
			愛媛県新居浜市忽開町5番2号 住友重機械工業株式会社愛媛製造所内
		(72) 発明者	石塚 正之
			愛媛県新居浜市忽開町5番2号 住友重機械工業株式会社愛媛製造所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通電加熱装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属体に電力を供給し当該金属体を通電加熱する通電加熱装置であって、
前記金属体に接触する少なくとも2つの電極と、
前記電極に電力を供給する電力供給部と、
前記電力供給部を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、
前記電極への電力の供給を開始してから予め設定された第1所定時間の間、第1電流値にて前記電極に電力を供給することによって、前記金属体と前記電極との間の電気的な接続が不十分である場合にアーク放電を発生させるように前記電力供給部を制御し、
前記第1所定時間の経過後、前記第1電流値よりも大きい第2電流値にて前記電極に電力を供給するように前記電力供給部を制御する、通電加熱装置。

10

【請求項2】

前記制御部は、予め設定された前記第1所定時間の間、前記第1電流値で一定として、前記電極に電力を供給することで前記アーク放電が発生した場合、当該アーク放電を発生させた前記第1所定時間の経過後に、前記第2電流値にて前記電極に電力を供給するように前記電力供給部を制御する、請求項1に記載の通電加熱装置。

【請求項3】

金属体に電力を供給し当該金属体を通電加熱する通電加熱装置であって、
前記金属体に接触する少なくとも2つの電極と、

20

前記電極に電力を供給する電力供給部と、
 前記電力供給部を制御する制御部と、
 前記電極間の電圧を測定する電圧測定部と、を備え、
 前記制御部は、
 前記電極への電力の供給を開始してから第1所定時間の間、第1電流値にて前記電極に電力を供給するように前記電力供給部を制御し、
 前記第1所定時間の経過後、前記第1電流値よりも大きい第2電流値にて前記電極に電力を供給するように前記電力供給部を制御し、
 前記第2電流値にて前記電極に電力を供給するように前記電力供給部を制御している場合において、前記電圧測定部により測定された前記電極間の電圧値に基づき、前記電極と前記金属体との間でのアーク放電の発生を検知したときには、第2所定時間の間、前記第2電流値よりも小さい第3電流値にて前記電極に電力を供給するように前記電力供給部を制御し、
 前記第2所定時間の経過後、前記第2電流値にて前記電極に電力を供給するように前記電力供給部を制御する、通電加熱装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通電加熱装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、金属体である金属パイプ材料を加熱すると共に当該金属パイプ材料内に気体を供給して金属パイプを成形する成形装置が知られている。このような成形装置として、例えば特許文献1には、一对の金型と、一对の金型間に配置される金属パイプ材料に接触し電氣的に接続可能な電極と、電極が金属パイプ材料に電氣的に接続された状態において、電極を介して金属パイプ材料に通電可能な電力供給部と、を備える成形装置が記載されている。この成形装置は、金属パイプ材料に通電することで生じるジュール熱によって、金属パイプ材料を加熱し、型成形する通電加熱装置である。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2015-112608号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記のような通電加熱装置にあっては、高電流を流し金属パイプ材料を通電加熱するため、金属パイプ材料と当該金属パイプ材料に接触する電極との間での電氣的な接続が不十分であると（例えば、隙間が生じていると）、スパーク（アーク放電；以下アーク放電と呼ぶ）が発生してしまう可能性が高くなる。そして、特に強いアーク放電が発生すると、電極表面が傷つき、通電時の抵抗となって、電極自体の発熱や金属パイプ材料の温度上昇の妨げ等の不具合が生じてしまうことになる。

40

【0005】

そこで、本発明は、金属パイプ材料を始めとした金属体と電極との間において、アーク放電による電極への影響を抑制することができる通電加熱装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明による通電加熱装置は、金属体に電力を供給し当該金属体を通電加熱する通電加熱装置であって、金属体に接触する少なくとも2つの電極と、電極に電力を供給する電力

50

供給部と、電力供給部を制御する制御部と、を備え、制御部は、電極への電力の供給を開始してから第1所定時間の間、第1電流値にて電極に電力を供給するように電力供給部を制御し、第1所定時間の経過後、第1電流値よりも大きい第2電流値にて電極に電力を供給するように電力供給部を制御する。

【0007】

このような通電加熱装置によれば、第2電流値にて電極に電力を供給して金属体为目标温度まで加熱し始める前に、電極への電力の供給を開始してから第1所定時間の間、第2電流値よりも小さい第1電流値にて電極に電力を供給する。これにより、金属体と電極との間の電氣的な接続が不十分であると(例えば、隙間が生じていると)、弱いアーク放電が発生する。弱いアーク放電が発生すると、電極表面は、溶融するものの電流値が小さいため大きくは傷つかない。そして、電極表面が溶融することで電極と金属体とが短絡し、アーク放電は消滅する。その後、第1電流値よりも大きい第2電流値にて電極に電力を供給して金属体为目标温度まで加熱し始めたときには、既に電極と金属体とが短絡しているため、電極表面を大きく傷つけるほどの強いアーク放電が発生することが抑制される。よって、金属パイプ材料を始めとした金属体と電極との間において、アーク放電による電極への影響を抑制することができる。

10

【0008】

ここで、通電加熱装置は、電極間の電圧を測定する電圧測定部を備え、制御部は、第2電流値にて電極に電力を供給するように電力供給部を制御している場合において、電圧測定部により測定された電極間の電圧値に基づき、電極と金属体との間でのアーク放電の発生を検知したときには、第2所定時間の間、第2電流値よりも小さい第3電流値にて電極に電力を供給するように電力供給部を制御し、第2所定時間の経過後、第2電流値にて電極に電力を供給するように電力供給部を制御してもよい。これによれば、第1電流値にて電極に電力が供給されて弱いアーク放電が発生しただけでは、第2電流値にて電極に電力が供給されることによる強いアーク放電の発生を十分に抑制可能な程度には電極と金属体とが短絡せず、強いアーク放電が発生した場合に、第2所定時間の間、第2電流値よりも小さい第3電流値にて電極に電力を供給し、電極表面を大きく傷つけることを抑制する。この第3電流値にて電極に電力を供給している状態において、アーク放電が発生したとしても、そのアーク放電は弱いアーク放電となる。弱いアーク放電が発生すると、電極表面は、再び溶融するものの電流値が小さいため大きくは傷つかない。そして、電極表面が溶融することで電極と金属体とが十分に短絡し、アーク放電は消滅する。その後、再び第2電流値にて電極に電力を供給するときには、電極と金属体とが十分に短絡しているため、強いアーク放電が発生することが抑制される。

20

30

【発明の効果】

【0009】

このような本発明によれば、金属体と電極との間において、アーク放電による電極への影響を抑制可能な通電加熱装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施形態に係る通電加熱装置を示す概略構成図である。

40

【図2】電極周辺の拡大図であって、(a)は電極が金属パイプ材料を保持した状態を示す図、(b)は電極にシール部材を押し付けた状態を示す図、(c)は電極の正面図である。

【図3】通電加熱時の電流、電圧を示すタイミングチャートであって、(a)は供給電流を示す図、(b)は(a)の供給電流に対する電圧の経時的変化を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明による通電加熱装置の好適な実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、各図において同一部分又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

50

【 0 0 1 2 】

成形装置の構成

図 1 は、通電加熱装置としての成形装置の概略構成図である。図 1 に示されるように、金属パイプを成形する成形装置 1 0 は、上型 1 2 及び下型 1 1 からなるブロー成形金型（金型）1 3 と、上型 1 2 及び下型 1 1 の少なくとも一方を移動させる駆動機構 8 0 と、上型 1 2 と下型 1 1 との間に配置される金属パイプ材料 1 4 を保持するパイプ保持機構 3 0 と、パイプ保持機構 3 0 で保持されている金属パイプ材料 1 4 に通電して加熱する加熱機構 5 0 と、上型 1 2 及び下型 1 1 の間に保持され加熱された金属パイプ材料 1 4 内に高压ガス（気体）を供給するための気体供給部 6 0 と、パイプ保持機構 3 0 で保持された金属パイプ材料 1 4 内に気体供給部 6 0 からの気体を供給するための一対の気体供給機構 4 0 , 4 0 と、ブロー成形金型 1 3 を強制的に水冷する水循環機構 7 2 と、アーク放電が発生した場合に警告を発する警告装置 7 1 とを備えると共に、上記駆動機構 8 0 の駆動、上記パイプ保持機構 3 0 の駆動、上記加熱機構 5 0 の駆動、上記気体供給部 6 0 の気体供給及び警告装置 7 1 の動作をそれぞれ制御する制御部 7 0 と、を備えて構成されている。

10

【 0 0 1 3 】

ブロー成形金型 1 3 の一方である下型 1 1 は、基台 1 5 に固定されている。下型 1 1 は、大きな鋼鉄製ブロックで構成され、その上面に例えば矩形状のキャビティ（凹部）1 6 を備える。下型 1 1 には冷却水通路 1 9 が形成され、略中央に下から差し込まれた熱電対 2 1 を備えている。この熱電対 2 1 はスプリング 2 2 により上下移動自在に支持されている。

20

【 0 0 1 4 】

更に、下型 1 1 の左右端（図 1 における左右端）近傍にはスペース 1 1 a が設けられており、当該スペース 1 1 a 内には、パイプ保持機構 3 0 の可動部である後述する電極 1 7 , 1 8 （下側電極）等が、上下に進退動可能に配置されている。そして、下側電極 1 7 , 1 8 上に金属パイプ材料 1 4 が載置されることで、下側電極 1 7 , 1 8 は、上型 1 2 と下型 1 1 との間に配置される金属パイプ材料 1 4 に接触する。これにより、下側電極 1 7 , 1 8 は金属パイプ材料 1 4 に電氣的に接続される。

【 0 0 1 5 】

下型 1 1 と下側電極 1 7 との間及び下側電極 1 7 の下部、並びに下型 1 1 と下側電極 1 8 との間及び下側電極 1 8 の下部には、通電を防ぐための絶縁材 9 1 がそれぞれ設けられている。それぞれの絶縁材 9 1 は、パイプ保持機構 3 0 を構成するアクチュエータ（不図示）の可動部である進退ロッド 9 5 に固定されている。このアクチュエータは、下側電極 1 7 , 1 8 等を上下動させるためのものであり、アクチュエータの固定部は、下型 1 1 と共に基台 1 5 側に保持されている。

30

【 0 0 1 6 】

ブロー成形金型 1 3 の他方である上型 1 2 は、駆動機構 8 0 を構成する後述のスライド 8 1 に固定されている。上型 1 2 は、大きな鋼鉄製ブロックで構成され、内部に冷却水通路 2 5 が形成されると共に、その下面に例えば矩形状のキャビティ（凹部）2 4 を備える。このキャビティ 2 4 は、下型 1 1 のキャビティ 1 6 に対向する位置に設けられる。

【 0 0 1 7 】

上型 1 2 の左右端（図 1 における左右端）近傍には、下型 1 1 と同様に、スペース 1 2 a が設けられており、当該スペース 1 2 a 内には、パイプ保持機構 3 0 の可動部である後述する電極 1 7 , 1 8 （上側電極）等が、上下に進退動可能に配置されている。そして、下側電極 1 7 , 1 8 上に金属パイプ材料 1 4 が載置された状態において、上側電極 1 7 , 1 8 は、下方に移動することで、上型 1 2 と下型 1 1 との間に配置された金属パイプ材料 1 4 に接触する。これにより、上側電極 1 7 , 1 8 は金属パイプ材料 1 4 に電氣的に接続される。

40

【 0 0 1 8 】

上型 1 2 と上側電極 1 7 との間及び上側電極 1 7 の上部、並びに上型 1 2 と上側電極 1 8 との間及び上側電極 1 8 の上部には、通電を防ぐための絶縁材 1 0 1 がそれぞれ設けら

50

れている。それぞれの絶縁材 101 は、パイプ保持機構 30 を構成するアクチュエータの可動部である進退ロッド 96 に固定されている。このアクチュエータは、上側電極 17, 18 等を上下動させるためのものであり、アクチュエータの固定部は、上型 12 と共に駆動機構 80 のスライド 81 側に保持されている。

【0019】

パイプ保持機構 30 の右側部分において、電極 18, 18 が互いに対向する面のそれぞれには、金属パイプ材料 14 の外周面に対応した半円弧状の凹溝 18a が形成されている（図 2 参照）、当該凹溝 18a の部分に丁度金属パイプ材料 14 が嵌り込むように載置可能とされている。パイプ保持機構 30 の右側部分において、絶縁材 91, 101 が互いに対向する露出面には、上記凹溝 18a と同様に、金属パイプ材料 14 の外周面に対応した半円弧状の凹溝が形成されている。また、電極 18 の正面（金型の外側方向の面）には、凹溝 18a に向って周囲がテーパ状に傾斜して窪んだテーパ凹面 18b が形成されている。よって、パイプ保持機構 30 の右側部分で金属パイプ材料 14 を上下方向から挟持すると、丁度金属パイプ材料 14 の右側端部の外周を全周に渡って密着するように取り囲むことができるように構成されている。

【0020】

パイプ保持機構 30 の左側部分において、電極 17, 17 が互いに対向する面のそれぞれには、金属パイプ材料 14 の外周面に対応した半円弧状の凹溝 17a が形成されている（図 2 参照）、当該凹溝 17a の部分に丁度金属パイプ材料 14 が嵌り込むように載置可能とされている。パイプ保持機構 30 の左側部分において、絶縁材 91, 101 が互いに対向する露出面には、上記凹溝 18a と同様に、金属パイプ材料 14 の外周面に対応した半円弧状の凹溝が形成されている。また、電極 17 の正面（金型の外側方向の面）には、凹溝 17a に向って周囲がテーパ状に傾斜して窪んだテーパ凹面 17b が形成されている。よって、パイプ保持機構 30 の左側部分で金属パイプ材料 14 を上下方向から挟持すると、丁度金属パイプ材料 14 の左側端部の外周を全周に渡って密着するように取り囲むことができるように構成されている。

【0021】

図 1 に示されるように、駆動機構 80 は、上型 12 及び下型 11 同士が合わさるように上型 12 を移動させるスライド 81 と、上記スライド 81 を移動させるための駆動力を発生するシャフト 82 と、該シャフト 82 で発生した駆動力をスライド 81 に伝達するためのコネクティングロッド 83 とを備えている。シャフト 82 は、スライド 81 上方にて左右方向に延在していると共に回転自在に支持されており、その軸心から離間した位置にて左右端から突出して左右方向に延在する偏心クランク 82a を有している。この偏心クランク 82a と、スライド 81 の上部に設けられると共に左右方向に延在している回転軸 81a とは、コネクティングロッド 83 によって連結されている。駆動機構 80 では、制御部 70 によってシャフト 82 の回転を制御することにより偏心クランク 82a の上下方向の高さを変化させ、この偏心クランク 82a の位置変化をコネクティングロッド 83 を介してスライド 81 に伝達することにより、スライド 81 の上下動を制御できる。ここで、偏心クランク 82a の位置変化をスライド 81 に伝達する際に発生するコネクティングロッド 83 の揺動（回転運動）は、回転軸 81a によって吸収される。なお、シャフト 82 は、例えば制御部 70 によって制御されるモータ等の駆動に応じて回転又は停止する。

【0022】

加熱機構 50 は、電力供給部 55 と、電力供給部 55 と電極 17, 18 とを電氣的に接続するブスバー 52 と、電極 17, 18 間の電圧を測定する電圧測定部としての電圧計 53 と、を備える。電力供給部 55 は、直流電源及びスイッチを含み、電極 17, 18 が金属パイプ材料 14 に電氣的に接続された状態において、ブスバー 52、電極 17, 18 を介して金属パイプ材料 14 に通電可能とされている。ブスバー 52 は、ここでは、下側電極 17, 18 に接続されており、電圧計 53 は、ブスバー 52 の下側電極 17 寄りの位置に接続されると共に、ブスバー 52 の下側電極 18 寄りの位置に接続されている。なお、電力供給部 55 は、約 10000A 20V 以上の電力を供給するようになっている。

【 0 0 2 3 】

この加熱機構 5 0 では、電力供給部 5 5 から出力された直流電流は、ブスバー 5 2 によって伝送され、電極 1 7 に入力される。そして、直流電流は、金属パイプ材料 1 4 を通過して、電極 1 8 に入力される。そして、直流電流は、ブスバー 5 2 によって伝送されて電力供給部 5 5 に入力される。

【 0 0 2 4 】

電圧計 5 3 により測定される電圧値（図 1 に示す（B）からの情報）は、制御部 7 0 のアーク放電検知部 7 0 a に入力される。アーク放電検知部 7 0 a は、電圧計 5 3 で測定した電圧値に基づき電極 1 7 , 1 8 と金属パイプ材料 1 4 との間におけるアーク放電の発生を検知する。制御部 7 0 は、アーク放電検知部 7 0 a がアーク放電の発生を検知したら、
10 加熱機構 5 0 の電力供給部 5 5 に対して、出力すべき電力を調整させる電力調整指令を送出すると共に、警告装置 7 1 に警告指令を送出する。警告装置 7 1 は、例えばランプや音や画面表示等で警告を発するものである。

【 0 0 2 5 】

一对の気体供給機構 4 0 の各々は、シリンダユニット 4 2 と、シリンダユニット 4 2 の作動に合わせて進退動するシリンダロッド 4 3 と、シリンダロッド 4 3 におけるパイプ保持機構 3 0 側の先端に連結されたシール部材 4 4 とを有する。シリンダユニット 4 2 はブロック 4 1 上に載置固定されている。シール部材 4 4 の先端には先細となるようにテーパ面 4 5 が形成されており、電極 1 7 , 1 8 のテーパ凹面 1 7 b , 1 8 b に合わさる形状に構成されている（図 2 参照）。シール部材 4 4 には、シリンダユニット 4 2 側から先端
20 に向かって延在し、詳しくは図 2（a）,（b）に示されるように、気体供給部 6 0 から供給された高圧ガスが流れるガス通路 4 6 が設けられている。

【 0 0 2 6 】

気体供給部 6 0 は、ガス源 6 1 と、このガス源 6 1 によって供給されたガスを溜めるアキュムレータ 6 2 と、このアキュムレータ 6 2 から気体供給機構 4 0 のシリンダユニット 4 2 まで延びている第 1 チューブ 6 3 と、この第 1 チューブ 6 3 に介設されている圧力制御弁 6 4 及び切替弁 6 5 と、アキュムレータ 6 2 からシール部材 4 4 内に形成されたガス通路 4 6 まで延びている第 2 チューブ 6 7 と、この第 2 チューブ 6 7 に介設されている圧力制御弁 6 8 及び逆止弁 6 9 とからなる。圧力制御弁 6 4 は、シール部材 4 4 の金属パイプ材料 1 4 に対する押圧力に適應した作動圧力のガスをシリンダユニット 4 2 に供給する役割を果たす。逆止弁 6 9 は、第 2 チューブ 6 7 内で高圧ガスが逆流することを防止する役割を果たす。第 2 チューブ 6 7 に介設されている圧力制御弁 6 8 は、制御部 7 0 の制御により、金属パイプ材料 1 4 を膨張させるための作動圧力を有するガスを、シール部材 4 4 のガス通路 4 6 に供給する役割を果たす。
30

【 0 0 2 7 】

制御部 7 0 は、気体供給部 6 0 の圧力制御弁 6 8 を制御することにより、金属パイプ材料 1 4 内に所望の作動圧力のガスを供給することができる。また、制御部 7 0 は、図 1 に示す（A）から情報が伝達されることによって、熱電対 2 1 から温度情報を取得し、駆動機構 8 0 等を制御する。

【 0 0 2 8 】

水循環機構 7 2 は、水を溜める水槽 7 3 と、この水槽 7 3 に溜まっている水を汲み上げ、加圧して下型 1 1 の冷却水通路 1 9 及び上型 1 2 の冷却水通路 2 5 へ送る水ポンプ 7 4 と、配管 7 5 とからなる。省略したが、水温を下げるクーリングタワーや水を浄化する濾過器を配管 7 5 に介在させることは差し支えない。
40

【 0 0 2 9 】

成形装置を用いた金属パイプの成形方法

次に、成形装置 1 0 を用いた金属パイプの成形方法について説明する。最初に、焼入れ可能な鋼種の円筒状の金属パイプ材料 1 4 を準備する。この金属パイプ材料 1 4 を、例えばロボットアーム等を用いて、下型 1 1 側に備わる電極 1 7 , 1 8 上に載置（投入）する。電極 1 7 , 1 8 には凹溝 1 7 a , 1 8 a が形成されているので、当該凹溝 1 7 a , 1 8
50

aによって金属パイプ材料14が位置決めされる。

【0030】

次に、制御部70は、駆動機構80及びパイプ保持機構30を制御することによって、当該パイプ保持機構30に金属パイプ材料14を保持させる。具体的には、駆動機構80の駆動によりスライド81側に保持されている上型12及び上側電極17, 18等が下型11側に移動すると共に、パイプ保持機構30に含まれる上側電極17, 18等及び下側電極17, 18等を進退動可能としているアクチュエータを作動させることによって、金属パイプ材料14の両方の端部付近を上下からパイプ保持機構30により挟持する。この挟持は電極17, 18に形成される凹溝17a, 18a、及び絶縁材91, 101に形成される凹溝の存在によって、金属パイプ材料14の両端部付近の全周に渡って密着するよ

10

【0031】

なお、このとき、図2(a)に示されるように、金属パイプ材料14の電極18側の端部は、金属パイプ材料14の延在方向において、電極18の凹溝18aとテーパ凹面18bとの境界よりもシール部材44側に突出している。同様に、金属パイプ材料14の電極17側の端部は、金属パイプ材料14の延在方向において、電極17の凹溝17aとテーパ凹面17bとの境界よりもシール部材44側に突出している。また、上側電極17, 18の下面と下側電極17, 18の上面とは、それぞれ互いに接触している。ただし、金属パイプ材料14の両端部全周に渡って密着する構成に限られず、金属パイプ材料14の周方向における一部に電極17, 18が当接するような構成であってもよい。

20

【0032】

続いて、制御部70は、加熱機構50を制御することによって、金属パイプ材料14を加熱する。具体的には、制御部70は、加熱機構50の電力供給部55を制御して電力を供給し、図3(a)に示されるように電流制御を行う。より具体的には、制御部70は、電極17, 18に電力の供給を開始してから第1所定時間T1の間、第1電流値C1にて電極17, 18に電力を供給するように、電力供給部55を制御(定電流制御)する。なお、「第1所定時間T1」とは、予め設定された時間である。例えば、第1所定時間T1は、1秒未満の時間であってもよい。また、「第1電流値C1」とは、第2電流値C2よりも小さい電流値である。例えば、第1電流値C1は、10A以上100A以下の電流値であってもよい。「第2電流値C2」とは、金属パイプ材料14を目標温度まで通電加熱

30

【0033】

このように制御部70が電力供給部55を制御して電流値を第1電流値C1とすると、ブスバー52を介して下側電極17, 18に伝達される電力が、金属パイプ材料14を挟持している上側電極17, 18及び金属パイプ材料14に供給される。

【0034】

このとき、金属パイプ材料14と電極17, 18との電氣的な接続が不十分であると(例えば、隙間が生じていると)、図3(b)に示されるように、電極17, 18と金属パイプ材料14との間においてアーク放電EA1が発生する。

40

【0035】

アーク放電EA1が発生するとき、電力供給部55は、第2電流値C2よりも小さい電流値である第1電流値C1にて電極17, 18に電力を供給している。このため、アーク放電EA1は、電力供給部55が第2電流値C2にて電極17, 18に電力を供給している場合に発生するアーク放電と比較して弱い(すなわち、低出力・低電力の)アーク放電である。アーク放電EA1が発生すると、電極17, 18の表面は、溶融するものの大きくは傷つかない。そして、電極17, 18の表面が溶融することで電極17, 18と金属パイプ材料14とが短絡し、アーク放電EA1は消滅する。

【0036】

アーク放電EA1が発生すると、制御部70のアーク放電検知部70aは、電圧計53

50

で測定した電圧値に基づいて電極 17, 18 と金属パイプ材料 14 との間におけるアーク放電 E A 1 の発生を検知する。例えば、アーク放電検知部 70 a は、単位時間当たりの電圧の変化量 (dv/dt ; 微分) に基づきアーク放電 E A 1 の発生を検知する。具体的には、アーク放電検知部 70 a は、単位時間当たりの電圧の変化量が所定値以上となった場合に、アーク放電 E A 1 が発生したと判断する。この所定値は、予め定められた値であり、アーク放電 E A 1 が発生したと判断して良い値である。

【0037】

制御部 70 は、アーク放電 E A 1 の発生を検知したら、警告装置 71 に指令を送出し、例えばランプや音や画面表示等で警告を発生させる。

【0038】

続いて、制御部 70 は、電極 17, 18 に電力の供給を開始してから第 1 所定時間 T 1 が経過した後、第 2 電流値 C 2 にて電極 17, 18 に電力を供給するように、電力供給部 55 を制御 (定電流制御) する。これにより、金属パイプ材料 14 に存在する抵抗により、金属パイプ材料 14 自体がジュール熱によって発熱する。

【0039】

このとき、金属パイプ材料 14 と電極 17, 18 との電気的な接続が不十分であると (例えば、アーク放電 E A 1 による電極 17, 18 と金属パイプ材料 14 との短絡が不十分であると)、図 3 (b) に示されるように、電極 17, 18 と金属パイプ材料 14 との間においてアーク放電 E A 2 が発生する。

【0040】

アーク放電 E A 2 が発生するとき、電力供給部 55 は、第 1 電流値 C 1 よりも大きい電流値である第 2 電流値 C 2 にて電極 17, 18 に電力を供給している。このため、アーク放電 E A 2 は、アーク放電 E A 1 と比較してやや強い (すなわち、高出力・高電力の) アーク放電である。ただし、既に弱いアーク放電 E A 1 が発生して電極 17, 18 と金属パイプ材料 14 とが短絡しているため、アーク放電 E A 2 は、アーク放電 E A 1 が発生する前に第 2 電流値 C 2 にて電極 17, 18 に電力を供給した場合に発生し得る非常に強いアーク放電と比較すると、弱いアーク放電である。

【0041】

アーク放電 E A 2 が発生すると、制御部 70 のアーク放電検知部 70 a は、アーク放電 E A 1 が発生した場合と同様に、電圧計 53 で測定した電圧値に基づいて電極 17, 18 と金属パイプ材料 14 との間におけるアーク放電 E A 2 の発生を検知する。

【0042】

制御部 70 は、アーク放電 E A 2 の発生を検知したら、警告装置 71 に指令を送出し、例えばランプや音や画面表示等で警告を発生させる。なお、制御部 70 は、アーク放電検知部 70 a が予め定められた複数回数検知した場合に、電極 17, 18 のメンテナンス又は電極 17, 18 の交換を促させる警告を発生させても良い。

【0043】

そして、制御部 70 は、アーク放電 E A 2 の発生を検知したら、加熱機構 50 の電力供給部 55 に対して、出力すべき電力を調整させる電力調整指令を送出する。これにより、制御部 70 は、第 2 所定時間 T 2 の間、第 2 電流値 C 2 よりも小さい第 3 電流値 C 3 にて電極 17, 18 に電力を供給するように電力供給部 55 を制御する。ここで、「第 2 所定時間 T 2」とは、予め設定された時間である。例えば、第 2 所定時間 T 2 は、1 秒未満の時間であってもよい。また、「第 3 電流値 C 3」とは、第 2 電流値 C 2 よりも小さい電流値である。図 3 (a) において示される第 3 電流値 C 3 は、第 1 電流値 C 1 よりも大きく且つ第 2 電流値 C 2 よりも小さい電流値である。なお、第 3 電流値 C 3 は第 1 電流値 C 1 と同じ大きさの電流値であってもよい。

【0044】

アーク放電 E A 2 が発生すると、電極 17, 18 の表面は更に溶融する。ここで、上述のように、制御部 70 は、アーク放電 E A 2 の発生を検知したら、第 2 電流値 C 2 よりも小さい第 3 電流値 C 3 にて電極 17, 18 に電力を供給するように電力供給部 55 を制御

10

20

30

40

50

しているため、強いアーク放電 E A 2 が発生している状態が継続せずに短絡し、電極 1 7 , 1 8 の表面が大きく傷つくことが抑制される。

【 0 0 4 5 】

第 3 電流値 C 3 にて電極 1 7 , 1 8 に電力が供給される状態においては、アーク放電が発生したとしても、そのアーク放電は弱いアーク放電となる。弱いアーク放電が発生すると、電極 1 7 , 1 8 の表面は、再び溶融するものの第 3 電流値 C 3 の電流値が第 2 電流値 C 2 よりも小さいため大きくは傷つかない。電極 1 7 , 1 8 の表面が溶融することで電極 1 7 , 1 8 と金属パイプ材料 1 4 とが十分に短絡し、アーク放電は消滅する。

【 0 0 4 6 】

続いて、制御部 7 0 は、電極 1 7 , 1 8 に電力の供給を開始してから第 2 所定時間 T 2 が経過した後、第 2 電流値 C 2 にて電極 1 7 , 1 8 に電力を供給するように、電力供給部 5 5 を制御（定電流制御）する。これにより、金属パイプ材料 1 4 に存在する抵抗により、金属パイプ材料 1 4 自体がジュール熱によって発熱する。そして、電圧計 5 3 で測定される電圧値は徐々に上がっていき、所定値に達したら通電を終了する。

【 0 0 4 7 】

続いて、制御部 7 0 による駆動機構 8 0 の制御によって、加熱後の金属パイプ材料 1 4 に対してブロー成形金型 1 3 を閉じる。これにより、下型 1 1 のキャビティ 1 6 と上型 1 2 のキャビティ 2 4 とが組み合わされ、下型 1 1 と上型 1 2 との間のキャビティ部内に金属パイプ材料 1 4 が配置密閉される。

【 0 0 4 8 】

その後、気体供給機構 4 0 のシリンダユニット 4 2 を作動させることによってシール部材 4 4 を前進させて金属パイプ材料 1 4 の両端をシールする。このとき、図 2 (b) に示されるように、金属パイプ材料 1 4 の電極 1 8 側の端部にシール部材 4 4 が押し付けられることによって、電極 1 8 の凹溝 1 8 a とテーパ凹面 1 8 b との境界よりもシール部材 4 4 側に突出している部分が、テーパ凹面 1 8 b に沿うように漏斗状に変形する。同様に、金属パイプ材料 1 4 の電極 1 7 側の端部にシール部材 4 4 が押し付けられることによって、電極 1 7 の凹溝 1 7 a とテーパ凹面 1 7 b との境界よりもシール部材 4 4 側に突出している部分が、テーパ凹面 1 7 b に沿うように漏斗状に変形する。シール完了後、高圧ガスを金属パイプ材料 1 4 内へ吹き込んで、加熱により軟化した金属パイプ材料 1 4 をキャビティ部の形状に沿うように成形する。

【 0 0 4 9 】

金属パイプ材料 1 4 は高温（ 9 5 0 前後 ）に加熱されて軟化しているので、金属パイプ材料 1 4 内に供給されたガスは、熱膨張する。このため、例えば供給するガスを圧縮空気とし、 9 5 0 の金属パイプ材料 1 4 を熱膨張した圧縮空気によって容易に膨張させることができる。

【 0 0 5 0 】

ブロー成形されて膨らんだ金属パイプ材料 1 4 の外周面が下型 1 1 のキャビティ 1 6 に接触して急冷されると同時に、上型 1 2 のキャビティ 2 4 に接触して急冷（上型 1 2 と下型 1 1 は熱容量が大きく且つ低温に管理されているため、金属パイプ材料 1 4 が接触すればパイプ表面の熱が一気に金型側へと奪われる。）されて焼き入れが行われる。このような冷却法は、金型接触冷却又は金型冷却と呼ばれる。急冷された直後はオーステナイトがマルテンサイトに変態する（以下、オーステナイトがマルテンサイトに変態することをマルテンサイト変態とする）。冷却の後半は冷却速度が小さくなったので、復熱によりマルテンサイトが別の組織（トルースタイト、ソルバイト等）に変態する。従って、別途焼戻し処理を行う必要がない。また、本実施形態においては、金型冷却に代えて、あるいは金型冷却に加えて、冷却媒体を例えばキャビティ 2 4 内に供給することによって冷却が行われてもよい。例えば、マルテンサイト変態が始まる温度までは金型（上型 1 2 及び下型 1 1 ）に金属パイプ材料 1 4 を接触させて冷却を行い、その後型開きすると共に冷却媒体（冷却用気体）を金属パイプ材料 1 4 へ吹き付けることにより、マルテンサイト変態を発生させてもよい。

10

20

30

40

50

【0051】

上述のように金属パイプ材料14に対してブロー成形を行った後に冷却を行い、型開きを行うことにより、例えば略矩形筒状の本体部を有する金属パイプを得る。

【0052】

このように、本実施形態によれば、第2電流値C2にて電極17, 18に電力を供給して金属パイプ材料14を目標温度まで加熱し始める前に、電極17, 18への電力の供給を開始してから第1所定時間T1の間、第2電流値C2よりも小さい第1電流値C1にて電極17, 18に電力を供給している。このため、金属パイプ材料14と電極17, 18との間の電氣的な接続が不十分であると(例えば、隙間が生じていると)、弱いアーク放電EA1が発生し、弱いアーク放電EA1が発生すると、電極17, 18の表面は、溶融するものの電流値が小さいため大きくは傷つかない。そして、電極17, 18の表面が溶融することで電極17, 18と金属パイプ材料14とが短絡し、アーク放電EA1は消滅する。その後、第1電流値C1よりも大きい第2電流値C2にて電極17, 18に電力を供給して金属パイプ材料14を目標温度まで加熱し始めたときには、既に電極17, 18と金属パイプ材料14とが短絡しているため、電極17, 18の表面を大きく傷つけるほどの強いアーク放電が発生することが抑制される。よって、金属パイプ材料14と電極17, 18との間において、アーク放電による電極17, 18への影響を抑制することができる。

10

【0053】

また、成形装置10は、電極17, 18間の電圧を測定する電圧計53を備え、制御部70は、第2電流値C2にて電極17, 18に電力を供給するように電力供給部55を制御している場合において、電圧計53により測定された電極17, 18間の電圧値に基づき、電極17, 18と金属パイプ材料14との間でのアーク放電EA2の発生を検知したときには、第2所定時間T2の間、第2電流値C2よりも小さい第3電流値C3にて電極17, 18に電力を供給するように電力供給部55を制御し、第2所定時間T2の経過後、第2電流値C2にて電極17, 18に電力を供給するように電力供給部55を制御している。このため、第1電流値C1にて電極17, 18に電力が供給されて弱いアーク放電EA1が発生しただけでは、第2電流値C2にて電極17, 18に電力が供給されることによる強いアーク放電EA2の発生を十分に抑制可能な程度には電極17, 18と金属パイプ材料14とが短絡せず、強いアーク放電EA2が発生した場合に、第2所定時間T2の間、第2電流値C2よりも小さい第3電流値C3にて電極17, 18に電力を供給し、電極17, 18の表面を大きく傷つけることを抑制している。この第3電流値C3にて電極17, 18に電力を供給している状態において、アーク放電が発生したとしても、そのアーク放電は弱いアーク放電となる。弱いアーク放電が発生すると、電極17, 18の表面は、再び溶融するものの第3電流値C3の電流値が第2電流値C2よりも小さいため大きくは傷つかない。そして、電極17, 18の表面が溶融することで電極17, 18と金属パイプ材料14とが十分に短絡し、アーク放電は消滅する。その後、再び第2電流値C2にて電極17, 18に電力を供給するときには、電極17, 18と金属パイプ材料14とが十分に短絡しているため、強いアーク放電が発生することが抑制される。

20

30

【0054】

以上、本発明をその実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、例えば、上記実施形態では、電極17, 18を2つとしているが、電極17, 18より軸線方向内側へ電極を追加して電極を3つ以上としても良い。

40

【0055】

また、アーク放電検知部70aは、電圧計53で測定した電圧値に基づき、電極17, 18と金属パイプ材料14との間でのアーク放電の発生を検知することができれば、その具体的な判定手法は特に限定されない。例えば、アーク放電検知部70aは、電圧計53で測定した電圧値と所定の設定値との差に基づきアーク放電の発生を検知するようにしても良い。ここでいう設定値は、予め定められた電圧値であり、アーク放電が発生したと判断して良い電圧値である。そして、アーク放電検知部70aは、測定した電圧値と設定値

50

との差に基づいて、アーク放電が発生したか否かを判断する。例えば、電圧計 53 で測定した電圧値が設定値を超えたときにアーク放電が発生したと判断する。

【0056】

また、制御部 70 は、電極 17, 18 に供給する電力を第 2 電流値 C2 から第 3 電流値 C3 に切り換える際に、一時的に第 3 電流値 C3 とは異なる電流値となる期間を設けてもよい。例えば、制御部 70 は、第 2 電流値 C2 から 0 A の電流値の状態を経た後に、第 3 電流値 C3 に切り換えてもよい。

【0057】

また、制御部 70 は、第 2 電流値 C2 にて電極 17, 18 に電力を供給するように電力供給部 55 を制御する状態と、第 3 電流値 C3 にて電極 17, 18 に電力を供給するよう

10

【0058】

また、上記実施形態においては、成形対象を金属パイプ材料 14 としているが、金属パイプ材料 14 に限定されるものではなく、金属棒状体や金属板状体等に対しても適用でき、要は、ある程度延びる金属体に対して適用できる。また、成形装置も、気体供給を行わずに通電加熱を行う鍛造装置等とすることもできる。

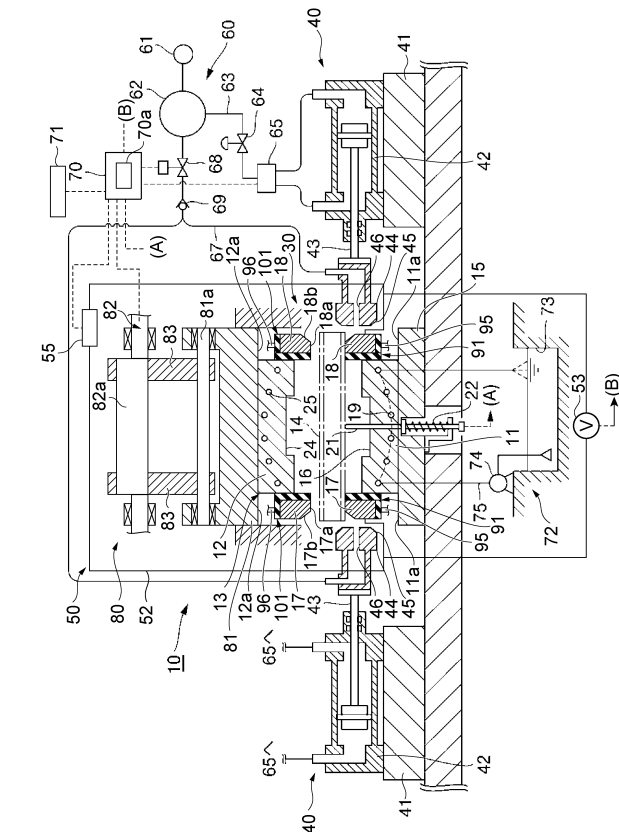
【符号の説明】

【0059】

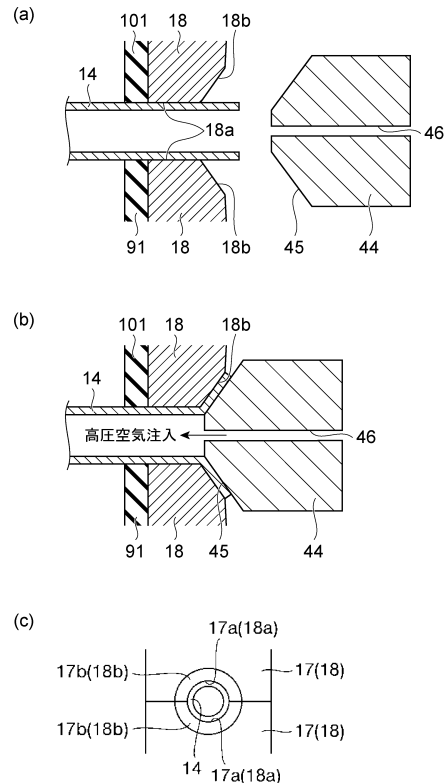
10...成形装置(通電加熱装置)、14...金属パイプ材料(金属体)、17, 18...電極、53...電圧計(電圧測定部)、55...電力供給部、70...制御部、C1...第1電流値、C2...第2電流値、C3...第3電流値、EA1, EA2...アーク放電、T1...第1所定時間、T2...第2所定時間。

20

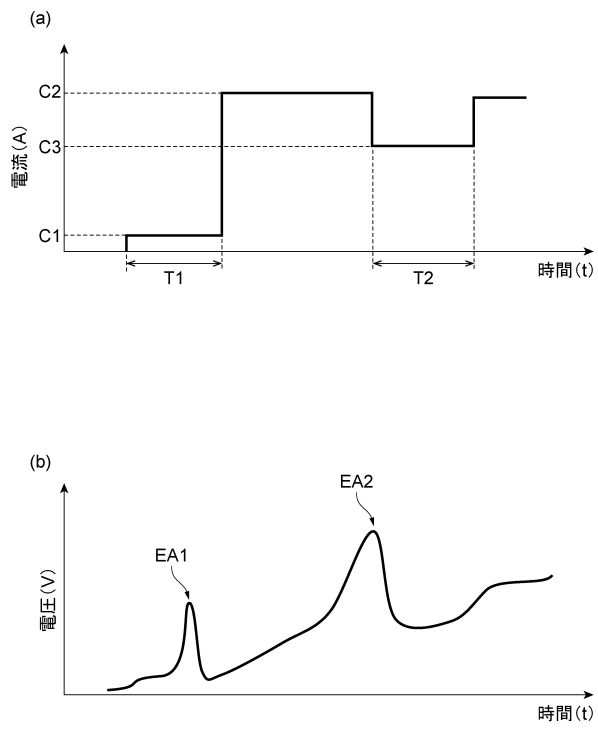
【図1】



【図2】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 雑賀 雅之

愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友重機械工業株式会社愛媛製造所内

(72)発明者 野際 公宏

愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友重機械工業株式会社愛媛製造所内

審査官 吉澤 伸幸

(56)参考文献 特開昭51-101246(JP,A)

特開2013-187072(JP,A)

特開2000-336425(JP,A)

米国特許第06463779(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H05B 3/00

B21D 26/033

B21D 37/16