

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-47623

(P2011-47623A)

(43) 公開日 平成23年3月10日(2011.3.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 2 7 B 9/36 (2006.01)	F 2 7 B 9/36	3 K 0 5 9
H 0 5 B 6/06 (2006.01)	H 0 5 B 6/06 3 4 1	4 K 0 5 0
F 2 7 B 9/40 (2006.01)	H 0 5 B 6/06 3 8 1	4 K 0 6 3
C 2 1 D 9/00 (2006.01)	H 0 5 B 6/06 3 8 6	
F 2 7 D 11/06 (2006.01)	F 2 7 B 9/40	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-198629 (P2009-198629)
 (22) 出願日 平成21年8月28日 (2009.8.28)

(71) 出願人 000005902
 三井造船株式会社
 東京都中央区築地5丁目6番4号
 (74) 代理人 100091306
 弁理士 村上 友一
 (74) 代理人 100152261
 弁理士 出口 隆弘
 (72) 発明者 内田 直喜
 岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船
 株式会社玉野事業所内
 (72) 発明者 阿尾 高広
 岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船
 株式会社玉野事業所内

最終頁に続く

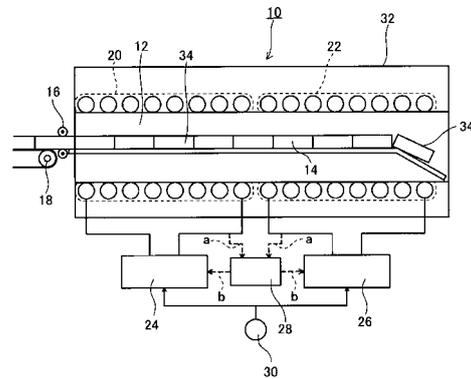
(54) 【発明の名称】 連続加熱炉における誘導加熱方法および連続加熱炉

(57) 【要約】

【課題】非共振型のインバータを接続した誘導加熱コイルを用いた連続加熱炉であっても、ピレットを常温から所定温度まで加熱することができ、かつその昇温サイクルを短くすることのできる連続加熱炉を提供する。

【解決手段】誘導加熱コイル20, 22を配置したピレットヒータ10であって、ピレット34が搬送される搬送路12に沿って配置される誘導加熱コイル20, 22と、誘導加熱コイル20, 22のそれぞれに個別に接続され、ピレット34の性質移転に伴ってコイルインダクタンスが変化する負荷回路を有するインバータ24, 26と、インバータ24, 26をそれぞれ制御する制御部28とを有し、制御部28は、誘導加熱コイル20, 22に投入される電流と電圧をそれぞれ検出し、複数のインバータ24, 26のそれぞれが定格電圧で電流を流す際に前記電流が設定電流となる周波数をそれぞれ算出し、各インバータ24, 26における出力電流の周波数を算出された周波数として運転することを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の誘導加熱コイルを配置した連続加熱炉における誘導加熱方法であって、
前記誘導加熱コイルには、被加熱物の性質移転に伴ってインダクタンスが変化する負荷回路を有するインバータを接続し、

各インバータが定格電圧で電流を流す際の電流が設定電流となるように周波数を制御することを特徴とする連続加熱炉における誘導加熱方法。

【請求項 2】

前記周波数の制御は、前記設定電流を定格電流とした場合に、前記各インバータが前記定格電流を流せる最高周波数とすることを特徴とする請求項 1 に記載の連続加熱炉における誘導加熱方法。

10

【請求項 3】

前記各インバータは、前記誘導加熱コイルに流す電流の周波数を同期させることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の連続加熱炉における誘導加熱方法。

【請求項 4】

誘導加熱コイルを配置した連続加熱炉であって、

被加熱物が搬送される通路に沿って近接配置される複数の誘導加熱コイルと、

前記複数の誘導加熱コイルのそれぞれに個別に接続され、被加熱物の性質移転に伴ってインダクタンスが変化する負荷回路を有するインバータと、

複数の前記インバータをそれぞれ制御する制御部とを有し、

20

前記制御部は、各誘導加熱コイルに投入される電流と電圧をそれぞれ検出し、複数の前記インバータのそれぞれが定格電圧で電流を流す際に、前記電流が設定電流となる周波数をそれぞれ算出し、各インバータにおける出力電流の周波数を算出された周波数として運転することを特徴とする連続加熱炉。

【請求項 5】

前記制御部は、前記設定電流を定格電流とした場合に、前記各インバータが前記定格電流を流せる最高周波数を算出し、各インバータにおける出力電流の周波数として運転することを特徴とする請求項 4 に記載の連続加熱炉。

【請求項 6】

前記制御部は、前記各インバータが前記誘導加熱コイルに流す電流の周波数を同期させることを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載の連続加熱炉。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ピレットヒータのように、被加熱物を連続的に投入して加熱を行う連続加熱炉に係り、特に誘導加熱を用いて加熱を行う連続加熱炉における誘導加熱方法、および誘導加熱炉に関する。

【背景技術】

【0002】

被加熱物である鉄系材料のピレットを連続的に投入して加熱するピレットヒータでは、ピレットを常温から 1250 程度まで連続送り状態で加熱を行う。このようなピレットヒータでは従来、トラブルにより送りを停止したり、加熱を停止した場合、ピレットを所望する温度に加熱して送り出すまでの間、無駄焼きされる材料が多く、加熱停止状態から適切な昇温サイクルの回復までの時間の短縮が課題とされてきた。

40

【0003】

誘導加熱を用いた加熱装置は被加熱物の急速加熱に適しているため、ピレットヒータにも採用されている（特許文献 1 参照）。特許文献 1 に開示されているピレットヒータは、第 1 の誘導加熱コイル、第 2 の誘導加熱コイル、第 1 のインバータ、第 2 のインバータ、温度計測手段、および制御装置を備える。ピレットが搬送される搬送経路上に配置された第 1 の誘導加熱コイルは、第 1 のインバータに接続され、所望する加熱温度よりも若干低

50

い温度にまで加熱される。第1の誘導加熱コイルの後段には、第2のインバータに接続された第2の誘導加熱コイルが配置されている。第2の誘導加熱コイルは、ビレットの加熱状態のバラツキを抑制するための補助加熱部としての役割を担う。第1の誘導加熱コイルと第2の誘導加熱コイルの間には、温度計測手段が配置され、第1の誘導加熱コイルから排出されたビレットの温度を計測し、計測された温度に基づいて第2のインバータによる制御電力が定められる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平7-249478号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

引用文献1に開示されているインバータは共振型のインバータであるため、共振コンデンサの占めるスペースが大きく、装置の小型化を図る上ではインバータを非共振型のものとするのが望ましい。しかし、鉄系材料であるビレットは、キュリー点を跨ぐことにより、強磁性から常磁性へ性質移転が成される。ここで、非共振型のインバータを採用した場合、キュリー点以下の強磁性体としての加熱状態と、キュリー点以上の常磁性体としての加熱状態とでは、キュリー点以下における加熱状態の方が誘導加熱コイルにおけるコイルインダクタンスが2倍程度も高い値となる。このため、誘導加熱コイルに所定の電流を流すには高い電圧が必要となり、定格電圧では所定の電流を流すことができなくなってしまうことがあり、結果として投入電力が低下し、加熱効率が悪く、昇温サイクルの回復が遅れる、あるいは所定の温度まで昇温させることができないという事態が生ずることがあった。

20

【0006】

そこで本発明では、非共振型のインバータを接続した誘導加熱コイルを用いた連続加熱炉であっても、ビレットを常温から所定温度まで加熱することができ、かつその昇温サイクルを短くすることのできる連続加熱炉における誘導加熱方法、および連続加熱炉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】

30

【0007】

上記目的を達成するための本発明に係る連続加熱炉における誘導加熱方法は、前記誘導加熱コイルには、被加熱物の性質移転に伴ってインダクタンスが変化する負荷回路を有するインバータを接続し、各インバータが定格電圧で電流を流す際の電流が設定電流となるように周波数を制御することを特徴とする。

【0008】

また、上記のような特徴を有する連続加熱炉における誘導加熱方法において前記周波数の制御は、前記設定電流を定格電流とした場合に、前記各インバータが前記定格電流を流せる最高周波数とするが良い。

このような構成とすることにより定格電圧、定格電流において、実現可能な範囲で最も高い電力を得ることができる。

40

【0009】

また、上記のような特徴を有する連続加熱炉における誘導加熱方法において前記各インバータは、前記誘導加熱コイルに流す電流の周波数を同期させるようにすると良い。

このような構成とすることにより、隣接配置した誘導加熱コイルを接続されたインバータは、電流同期制御を行うことが可能となり、相互誘導の影響を回避しつつ各誘導加熱コイルに供給する電流の調整を行うことができるようになる。

【0010】

また、上記目的を達成するための本発明に係る連続加熱炉は、被加熱物が搬送される通路に沿って近接配置される複数の誘導加熱コイルと、前記複数の誘導加熱コイルのそれぞ

50

れに個別に接続され、被加熱物の性質移転に伴ってインダクタンスが変化する負荷回路を有するインバータと、複数の前記インバータをそれぞれ制御する制御部とを有し、前記制御部は、各誘導加熱コイルに投入される電流と電圧をそれぞれ検出し、複数の前記インバータのそれぞれが定格電圧で電流を流す際に、前記電流が設定電流となる周波数をそれぞれ算出し、各インバータにおける出力電流の周波数を算出された周波数として運転することを特徴とする。

【0011】

また、上記のような特徴を有する連続加熱炉において前記制御部は、前記設定電流を定格電流とした場合に、前記各インバータが前記定格電流を流せる最高周波数を算出し、各インバータにおける出力電流の周波数として運転するものとして行うことができる。

10

このような構成とすることにより、定格電圧、定格電流において、実現可能な範囲で最も高い電力を得ることができる。

【0012】

また、上記のような特徴を有する連続加熱炉において、前記制御部は、前記各インバータが前記誘導加熱コイルに流す電流の周波数を同期させるようにすると良い。

このような構成とすることにより、隣接配置した誘導加熱コイルを接続されたインバータは、電流同期制御を行うことが可能となり、相互誘導の影響を回避しつつ各誘導加熱コイルに供給する電流の調整を行うことができるようになる。

【発明の効果】

【0013】

上記のような特徴を有する連続加熱炉における誘導加熱方法によれば、非共振型のインバータを接続した誘導加熱コイルを用いた連続加熱炉であっても、ビレットを常温から所定温度まで加熱することができ、かつその昇温サイクルを短くすることができる。

また、上記のような特徴を有する連続加熱炉によれば、上記方法を実施することができ、上記方法の効果を奏することが可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施形態に係る連続加熱炉の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明に係る連続加熱炉における誘導加熱方法、および連続加熱炉に係る実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の実施形態では、連続加熱炉の一実施形態として、ビレットヒータを例に挙げて説明する。

図1は、実施形態に係るビレットヒータ10の構成を示すブロック図である。実施形態に係るビレットヒータ10は、搬送路12と誘導加熱コイル20、22、インバータ24、26、外殻32、及び制御部28を基本として構成される。

30

【0016】

搬送路12は、被加熱物であるビレット34を連続的に投入される炉の役割を担う。搬送路12には、ビレット34を搬送するためのスキッドレール14が配置されており、スキッドレール14は、搬送路12の入口から出口まで延設されている。搬送路12の入口側にはピンチローラ16が配置されており、コンベア18等によって搬送路12の入口まで搬送されたビレット34をスキッドレール14上を滑らせるようにして搬送路へと押し込む。

40

【0017】

このような構成とすることによりビレット34は、後続のビレット34による押し出し力によりスキッドレール14上を滑り、出口側まで押し出される。スキッドレール14は、中空構造とし、内部に冷却水や冷却ガス等の冷媒を循環させるようにすることが望ましい。このような構成とすることにより、スキッドレール14が熱により破損、変形することを防止することができる。

【0018】

50

誘導加熱コイル 20, 22 は、搬送路 12 の外周にソレノイド状に巻回されるコイルである。実施形態に係るピレットヒータ 10 では、搬送路 12 の入口側に設けた第 1 の誘導加熱コイル 20 と、搬送路 12 の出口側に設けた第 2 の誘導加熱コイル 22 とを有する。各誘導加熱コイル（第 1 の誘導加熱コイル 20、第 2 の誘導加熱コイル 22）は、銅管により構成され、内部に冷却水や冷却ガス等の冷媒を循環させる構造とすると良い。このような構成とすることにより、誘導加熱コイル 20, 22 自体が高温に加熱されてしまうことを避けることができる。

【0019】

インバータ 24, 26 は、上述した誘導加熱コイル 20, 22 に投入する電力の調整を行う電力調整手段であり、実施形態に係るピレットヒータ 10 では各誘導加熱コイル 20, 22 に対して個別にインバータ 24, 26 が接続されている。従って、第 1 の誘導加熱コイル 20 には第 1 のインバータ 24 が接続され、第 2 の誘導加熱コイル 22 には第 2 のインバータ 26 が接続されている。実施形態に係るピレットヒータ 10 は、被加熱物の性質変化、すなわちピレット 34 の性質が強磁性から常磁性に移転する性質移転に伴ってインダクタンスが変化する負荷回路を有するインバータを採用する。これにより、制御部から共振コンデンサを省くことができると共に、共振回路を構成する必要が無いため、運転状態において電流の周波数切り換えを容易に行うことが可能となる。このような非共振型のインバータの一例として、PWM インバータを挙げることができる。なお本実施形態では、第 1 のインバータ 24、第 2 のインバータ 26 は単一の電源部 30 に接続される構成としている。

10

20

【0020】

外殻 32 は、上述した搬送路 12、誘導加熱コイル 20, 22 を覆う外装であり、断熱、磁束遮蔽等の作用を担う。

制御部 28 は、各誘導加熱コイル 20, 22 に対する電力の供給量を算出し、算出された電力を各誘導加熱コイル 20, 22 に供給するために各インバータ 24, 26 への制御信号を出力する役割を担う。制御部 28 には、各誘導加熱コイル 20, 22 に備えられた電流計（不図示）や電圧計（不図示）からの検出信号 a が入力される。

【0021】

前記電圧計からの検出信号より、各インバータ 24, 26 による出力電圧と定格電圧とを比較し、インバータ 24, 26 が定格電圧以下である場合には、インバータ 24, 26 の出力電圧を定格電圧まで引き上げる旨の信号を各インバータへ 24, 26 に出力する。電圧制御信号の出力により定格電圧で運転されているインバータ 24, 26 における電流計からの検出信号により得られる電流値と、所定の熱量を得るために設定した電流値（設定電流値）とを比較する。比較の結果、検出信号により得られた電流値が設定電流値よりも小さかった場合には、電流値が設定電流値に合致するように制御を行う。

30

【0022】

電圧 V と電流 I の関係は、数式 1 で示すことができる。

【数 1】

$$V = 2\pi f L \times I$$

40

ここで、 f は周波数、 L はコイルインダクタンスである。従って L は数式上においては定数として取り扱う事ができるため、 I を設定電流にまで向上させるには、周波数 f を低減させれば良い。これによりインピーダンス（ $2\pi f L$ ）の値が低下し、数式 1 の関係を満たすには、低下したインピーダンス分、他の変数を向上させる必要が生じ、変数である電流 I を向上させることができることとなる。

【0023】

また、電力と電流、及び周波数の関係は、

【数 2】

$$\text{電力} = \sqrt{(\mu s \times \rho \times f)} \times I^2$$

50

と示すことができる。 μs は比透磁率、 R は固有抵抗であり、いずれも被加熱物の温度帯域を定めた場合には定数として扱うことができる。このような関係から、電流 I が設定電流であっても、周波数が低下した場合には電力は大幅に低下してしまうことが解る。具体的には、周波数が $1/2$ になった場合、電力は $1/4$ になってしまうということである。

【0024】

このため、急速加熱時などに最大電力を得たい場合には、各インバータ 24, 26 が定格電圧において最大電流を流す事のできる最高周波数で運転する必要がある。なお、数式 2 から読み取れるように、電流 I が $1/2$ になった場合には電力は $1/4$ になってしまうため、電流 I を下げるよりも周波数を下げた方が電力への影響は少ないといえる。

10

【0025】

加熱制御に関しては、複数（本実施形態においては 2 つ）の誘導加熱コイル（第 1 の誘導加熱コイル 20 と第 2 の誘導加熱コイル 22）に供給する電流の周波数を同期させるように、インバータ 24, 26 に対して制御信号 b を送る。周波数を同期させることで電流波形を一致若しくは所定のズレ量を保つように制御することが可能となる。このような制御は、出力電流の周波数を瞬時的に変化させることで行うことができ、近接配置した第 1 の誘導加熱コイル 20 と第 2 の誘導加熱コイル 22 との間における相互誘導の影響を回避することが可能となる。これにより、各インバータ 24, 26 において、誘導加熱コイル 20, 22 に投入する電流の制御を精度良く行うことが可能となり、任意の昇温カーブを描く加熱制御を実現できる。

20

【0026】

次に、上記のような構成のピレットヒータ 10 によるピレット 34 の加熱について説明する。まず第 1 に、搬送路 12 の入口側から出口側にかけてピレット 34 を投入する際の加熱工程について説明する。

搬送路 12 にピレット 34 が投入されるとまず、第 1 の誘導加熱コイル 20 によりピレット 34 の加熱が成される。搬送路 12 に投入されたピレット 34 は常温であるため強磁性体としての性質を持つ。このため負荷回路におけるコイルインダクタンス L の値が高く、定格電圧運転時に第 1 の誘導加熱コイル 20 に対して設定電流を入力することが困難となってしまうことがある。

30

【0027】

このような場合には、第 1 の誘導加熱コイル 20 に供給する電流の周波数を低く（例えば 400 Hz ）設定し、設定電流を流すことができるようにする。これにより低温のピレット 34 を非共振型の第 1 のインバータ 24 を介して加熱する場合であっても、効率良く加熱、昇温させることが可能となる。

【0028】

第 1 の誘導加熱コイル 20 によりキューリー点（約 770 ）以上に加熱されたピレット 34 は常磁性体となるため、第 2 のインバータ 26 の負荷回路におけるコイルインダクタンス L の値が小さくなる。このため第 2 の誘導加熱コイル 22 では、定格電圧、定格電流での運転が可能となり、ピレット 34 を所望加熱温度（約 1250 ）まで加熱することができる。ここで、数式 2 に示したように、周波数の低下は誘導加熱コイルに供給する電力の低下を招くこととなる。このため、第 1 のインバータ 24 と第 2 のインバータ 26 は、第 1 のインバータ 24 が定格電圧で運転する上で、設定電流を流すことのできる最も高い周波数で運転する。第 2 のインバータ 26 におけるコイルインダクタンス L は低いいため、周波数を第 1 のインバータ 24 の運転周波数に合わせた場合であっても、第 2 のインバータ 26 では定格電圧、定格電流での運転も可能となる。

40

これにより、インバータの小型化を図ることができると共にピレット 34 を所望温度まで短時間に昇温させることが可能となる。

【0029】

第 2 に、ピレット 34 が搬送路に投入された状態で搬送、および誘導加熱コイル 20,

50

22への電力の供給が停止され、再加熱が成される場合の加熱工程について説明する。このような場合、搬送路12内に残されたピレット34は常温に戻ってしまうこととなる。このため、再加熱時に搬送路12内に配置されたピレット34の性状はすべて強磁性であり、インバータ24, 26におけるコイルインダクタンスLは高い値を示すこととなる。再加熱時における課題は、無駄焼き材を極力減らす事であり、このためにはできるだけ早く通常の加熱状態における加熱サイクルを取り戻す必要がある。

【0030】

よって、第1のインバータ24と第2のインバータ26はそれぞれ、第1の誘導加熱コイル20と第2の誘導加熱コイル22に対し、定格電圧で定格電流を投入する必要がある。このため第1のインバータ24と第2のインバータ26は定格電圧、定格電流で運転することのできる最大周波数で運転を開始し、第2の誘導加熱コイル22内に搬入されるピレット34の温度がキュリー点以上となった時点で、第1のインバータ24は第1の誘導加熱コイル20に供給する電流を設定電流へと引き下げて運転を行うようにする。

10

【0031】

このような加熱工程を経ることにより、加熱再開されたピレットヒータ10においても、無駄焼き材を極力少なくし、短時間で加熱サイクルを取り戻すことができる。

なお上記説明ではキュリー点において出力電流の周波数を切り換えるような説明にも採ることができるが、各インバータ24, 26からの出力電流の周波数は、設定電流、あるいは定格電流において出力電力が最大になるように、逐次変化させて運転することが望ましい。

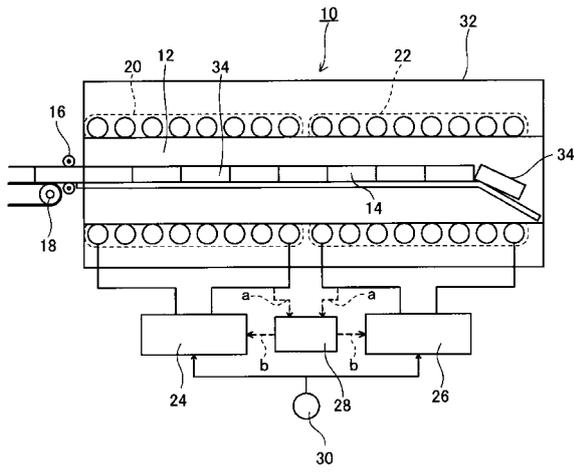
20

【符号の説明】

【0032】

10.....ピレットヒータ、12.....搬送路、14.....スキッドレール、16.....ピンチローラ、18.....コンベア、20.....第1の誘導加熱コイル(誘導加熱コイル)、22.....第2の誘導加熱コイル(誘導加熱コイル)、24.....第1のインバータ(インバータ)、26.....第2のインバータ(インバータ)、28.....制御部、30.....電源部、32.....外殻、34.....ピレット。

【 図 1 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

C 2 1 D 9/00 1 0 1 N
F 2 7 D 11/06 Z

Fターム(参考) 3K059 AA03 AA08 AB17 AB25 AC07 AC12 AC15 AC54 AD02 AD32
CD03
4K050 AA01 BA02 CD07 CF06 CG16
4K063 AA08 BA02 CA04 CA06 FA48