

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4745126号
(P4745126)

(45) 発行日 平成23年8月10日(2011.8.10)

(24) 登録日 平成23年5月20日(2011.5.20)

(51) Int.Cl.

F 1

B29C 45/66 (2006.01)

B29C 45/66

B29C 45/76 (2006.01)

B29C 45/76

B22D 17/26 (2006.01)

B22D 17/26

A

B22D 17/26

J

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2006-141806 (P2006-141806)
 (22) 出願日 平成18年5月22日 (2006.5.22)
 (65) 公開番号 特開2007-307870 (P2007-307870A)
 (43) 公開日 平成19年11月29日 (2007.11.29)
 審査請求日 平成20年7月15日 (2008.7.15)

(73) 特許権者 000002107
 住友重機械工業株式会社
 東京都品川区大崎二丁目1番1号
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 守谷 幸次
 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
 機械工業株式会社 横須賀製造所内
 (72) 発明者 森田 洋
 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
 機械工業株式会社 横須賀製造所内
 (72) 発明者 山本 泰三
 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
 機械工業株式会社 横須賀製造所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】型締装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電磁石と磁性体との間の間隙に磁界を形成して該磁性体に作用する吸着力により型締力を発生する型締装置であって、

発生すべき目標型締力を F とし、該目標型締力 F が発生しているときの前記電磁石と前記磁性体との間の間隙を含む磁路の磁気抵抗を $R_m 1$ とし、該目標型締力 F が発生しているときに前記電磁石のコイルに流れる電流を I としたときに、

$$F = f (R_m 1, I)$$

という関係に基づいて型締力を制御することを特徴とする型締装置。

【請求項2】

10

請求項1記載の型締装置であって、

前記間隙の前記磁気抵抗 $R_m 1$ は、前記電磁石の前記コイルに流れる電流 I と前記コイルに印加される電圧 V との関係に基づいて算出されることを特徴とする型締装置。

【請求項3】

請求項2記載の型締装置であって、

前記電流 I と前記電圧 V との関係は、型締力を発生させる際の前記電圧 V の立ち上がり特性と前記電流 I の立ち上がり特性との関係に基づいて求められることを特徴とする型締装置。

【請求項4】

請求項2記載の型締装置であって、

20

前記電流 I と前記電圧 V との関係は、型締力を発生させる際の前記電圧 V に所定の周波数の電圧を重畠させ、前記電流 I に現れる該周波数の電流振幅を検出し、該所定の周波数の電圧振幅と該所定の周波数の電流振幅との関係に基づいて求められることを特徴とする型締装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の型締装置であって、

前記磁気抵抗は、前記電磁石と前記磁性体とにより形成される磁路の透磁率に依存する項と、前記間隙の距離に依存する項とを含む関係式に基づいて算出されることを特徴とする型締装置。

【請求項 6】

10

請求項 1 記載の型締装置であって、

前記関係 $F = f(R_m 1, I)$ は、前記目標型締力 F の値とその値が得られる前記電流 I の値とを関連付けて示すテーブル情報により表されることを特徴とする型締装置。

【請求項 7】

請求項 1 記載の型締装置であって、

前記関係 $F = f(R_m 1, I)$ は、前記磁気抵抗の異なる複数の値の各々に対して求められることを特徴とする型締装置。

【請求項 8】

20

請求項 1 記載の型締装置であって、

前記関係 $F = f(R_m 1, I)$ は、取り付けられる金型に対応して求められることを特徴とする型締装置。

【請求項 9】

請求項 1 記載の型締装置であって、

前記関係 $F = f(R_m 1, I)$ は、型締装置を実際に動作させて測定された値、又は金型装置の動作のシミュレーションにより得られた値から求められることを特徴とする型締装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は型締装置に係わり、特に電磁石により型締力を発生させる型締装置に関する。

【背景技術】

【0002】

成形機の一例として、射出成形機は、射出装置、金型装置及び型締装置を備え、樹脂を射出装置の射出ノズルから射出して金型装置のキャビティ空間に充填し、固化させることによって成形品を成形する。金型装置は固定金型及び可動金型を有し、型締装置を作動させ、固定金型に対して可動金型を進退させることによって、型閉じ、型締め及び型開きを行う。

【0003】

従来の型締装置として、トグル機構を用いて可動プラテンを進退させる方式の型締装置が広く用いられている。トグル機構を用いた型締装置においては、型締力を発生させるためのトグル機構の機械的動作に起因して可動プラテンに曲げモーメントが作用することがあり、可動プラテンの金型取付面に歪みが発生することがある。また、トグル機構を伸展させることによって型締めが行われるので、型締力を精度よく制御することができないおそれがある。

【0004】

40

そこで、電動モータ及び電磁石を備え、型閉じ及び型開きの動作には電動モータを用い、型締めの動作に電磁石の吸着力を利用した型締装置が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。この型締装置においては、固定プラテンと所定の間隔を置いてリヤプラテンが配置され、固定プラテンとリヤプラテンとの間に架設されたタイバーに沿って可動プラテンが進退自在に配設される。そして、リヤプラテンの後端面に電磁石が固定され、リ

50

ヤプラテンの後方に吸着板が進退自在に配設される。吸着板と可動プラテンとの間にリンク機構が設けられ、リンク機構を電動モータによって屈伸させる。

【0005】

したがって、電動モータを駆動してリンク機構を伸展させることによって型閉じを行った後、電磁石を駆動して反発力を作用させることにより、可動プラテンの背面から押圧することができ、型締めを行うことができる。この場合、可動プラテンの背面の中央部分を押圧することができるので、可動プラテンに曲げモーメントがほとんど作用せず、金型取付面に発生する歪みを抑制することができる。

【特許文献1】特許第3190600号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述の電磁石により型締力を発生させる型締装置では、型締力となる電磁石の吸着力の強さは、電磁石とそれに吸着される吸着板との間の間隙の距離（寸法）に依存する。発生する吸着力の強さはこの間隙の距離の二乗に反比例し、距離が短いほど大きな吸着力が発生する。

【0007】

所望の強さの型締力を得るには、この吸着力を所望の型締力の値（強さ又は大きさ）に対応した値（強さ又は大きさ）に制御する必要がある。そこで、電磁石と吸着板との間の間隙の距離と得られる吸着力との関係から、電磁石と吸着板との間の間隙の距離を求めて設定する。

20

【0008】

型締力を発生させた際に、電磁石と吸着板との間の間隙の距離が一定であれば、得られる吸着力も一定である。例えば、電磁石を固定プラテン（固定金型）に対して固定し、吸着板を可動プラテン（可動金型）に対して固定して、電磁石により吸着板を吸着して可動プラテンを固定プラテンに向けて吸着した場合、電磁石を固定プラテンに支持する部材（例えば、タイバー）に型締力の反力により歪み（伸び）が生じる。また、吸着板を可動プラテンに固定する部材にも型締力の反力により歪み（縮み）が生じる。さらに、固定プラテンや可動プラテン、及び金型装置にも歪みが生じる。したがって、これらの歪みにより、型締力を発生していない無負荷の状態における電磁石と吸着板との間の間隙の距離は、吸着力により型締力を発生させた際に変化してしまう。

30

【0009】

このように、電磁石と吸着板との間の間隙をある距離に設定してそれに対応する目標型締力を得ようとしても、設定した距離が変化してしまうため、得られる型締力は目標型締力とは異なる強さとなってしまう。

【0010】

上述の電磁石と吸着板との間の間隙の距離は、電磁石と吸着板が対向する面の間の距離として求められる。これは、型締力を発生した際に、これらの面が平面を維持し、且つ平行度も維持することを前提としている。したがって、電磁石と吸着板が対向する面全体にわたって間隙の距離は一様であることを前提としている。

40

【0011】

ところが、型締力を発生させると、型締装置の構成部品に型締力の反力が作用し、電磁石と吸着板が対向する面に僅かではあるが傾きが生じて平行度が変化する（悪くなる）おそれがある。また、型締力の反力により型締装置の構成部品に歪みが生じて、電磁石と吸着板が対向する面が僅かではあるが変形し、電磁石と吸着板が対向する面全体でみると、間隙の距離が変化してしまうおそれがある。

【0012】

このように、間隙の距離が一様でないと、ある位置での間隙の距離が同じであっても、他の位置では異なる距離となり、得られる型締力（すなわち、吸着板に作用する吸着力）も変化してしまう。ここで、電磁石と吸着板との間の距離の変化により吸着力が変化する

50

ということは、電磁石と吸着板とを通る磁路の磁気抵抗が間隙の距離の変化による磁気抵抗の変化に伴って変化するために吸着力が変化するということである。

【0013】

図1は、電磁石と吸着板との間の間隙を含む磁路の磁気抵抗 R_m と得られる型締力 F との関係を示す図である。型締力 F は吸着板に作用する吸着力と同じ大きさとなるから、型締力 $F = \text{吸着力}$ と考えると、型締力は磁気抵抗 R_m の二乗に反比例する。したがって、磁気抵抗 R_m と得られる型締力 F との関係は、図1に示すような2次関数曲線となる。このような関係において磁気抵抗 R_m が変化すると、磁気抵抗 R_m の小さい領域では、僅かな磁気抵抗 R_m の変化 R_m でも型締力 F の変化 F が非常に大きくなることがわかる。

【0014】

以上のように、従来の電磁石により型締力を発生させる型締装置では、型締力が発生したときに電磁石と吸着板との間の間隙を含む磁路の磁気抵抗が変化してしまい、所望の型締力が得られないという問題がある。

【0015】

本発明は上述の問題に鑑みなされたものであり、電磁石を用いて型締力を得る型締装置において、目標型締力を得るために電磁石に供給すべき電流値を容易に求めることができる型締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】

【0016】

上述の目的を達成するために、本発明によれば、電磁石と磁性体との間の間隙に磁界を形成して該磁性体に作用する吸着力により型締力を発生する型締装置であって、発生すべき目標型締力を F とし、該目標型締力 F が発生しているときの前記電磁石と前記磁性体との間の間隙を含む磁路の磁気抵抗を $R_m 1$ とし、該目標型締力 F が発生しているときに前記電磁石のコイルに流れる電流を I としたときに、 $F = f (R_m 1, I)$ という関係に基づいて型締力を制御することを特徴とする型締装置が提供される。

【0017】

本発明による型締装置において、前記間隙の前記磁気抵抗 $R_m 1$ は、前記電磁石の前記コイルに流れる電流 I と前記コイルに印加される電圧 V との関係に基づいて算出されることが好ましい。また、前記電流 I と前記電圧 V との関係は、型締力を発生させる際の前記電圧 V の立ち上がり特性と前記電流 I の立ち上がり特性との関係に基づいて求められることとしてもよい。あるいは、前記電流 I と前記電圧 V との関係は、型締力を発生させる際の前記電圧 V に所定の周波数の電圧を重畠させ、前記電流 I に現れる該周波数の電流振幅を検出し、該所定の周波数の電圧振幅と該所定の周波数の電流振幅との関係に基づいて求められることとしてもよい。

【0018】

上述の型締装置において、前記磁気抵抗は、前記電磁石と前記磁性体とにより形成される磁路の透磁率に依存する項と、前記間隙の距離に依存する項とを含む関係式に基づいて算出されることとしてもよい。

【0019】

また、本発明による型締装置において、前記関係 $F = f (R_m 1, I)$ は、前記目標型締力 F の値とその値が得られる前記電流 I の値とを関連付けて示すテーブル情報により表されることとしてもよい。あるいは、前記関係 $F = f (R_m 1, I)$ は、前記磁気抵抗の異なる複数の値の各々に対して求められることとしてもよい。また、前記関係 $F = f (R_m 1, I)$ は、取り付けられる金型に対応して求められることとしてもよい。さらに、前記関係 $F = f (R_m 1, I)$ は、型締装置を実際に動作させて測定された値、又は金型装置の動作のシミュレーションにより得られた値から求められることとしてもよい。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、型締力が作用した状態での実際の電磁石と磁性体との間の間隙の磁気抵抗を考慮して、電磁石に供給する励磁電流が求められるため、当該磁気抵抗が無負荷時

から変化しても、最初から変化を考慮して励磁電流が決定される。これにより、目標型締力を得るために電磁石に供給すべき電流値を正確に且つ容易に求めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明の一実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0023】

まず、本発明が適用される射出成形機の型締装置について図2及び図3を参照しながら説明する。図2は本発明が適用される型締装置の一例を示す側面図であり、金型が閉じた状態を示している。図3は図2に示す型締装置の側面図であり、金型が開いた状態を示している。

10

【0024】

図2及び図3に示す型締装置10は、射出成形機のフレームFr上に設けられた2本のレールよりなるガイドGd上に支持される。固定プラテン11は、ガイドGd上に載置され、フレームFr及びガイドGdに対して固定されている。固定プラテン11と所定の間隔を置いて、かつ、固定プラテン11と対向させてリヤプラテン13が配設されている。固定プラテン11とリヤプラテン13との間に4本の連結部材としてのタイバー14(図においては、2本だけを示す)が架設される。可動プラテン12が、タイバー14に沿って固定プラテン11と対向した状態でタイバー14に沿って型開閉方向に進退自在(図において左右方向に移動自在)に配設される。そのために、可動プラテン12には、タイバー14が貫通するガイド穴(図示せず)が形成される。

20

【0025】

タイバー14の前端部(図において右端部)には、第1のねじ部(図示せず)が形成され、タイバー14は、第1のねじ部にナットn1を螺合して締め付けることによって固定プラテン11に固定される。各タイバー14の後端部(図において左端部)には、タイバー14より外径が小さいガイドポスト21が一体に形成されている。ガイドポスト21は、リヤプラテン13の後端面(図において左端面)から後方に向けて突出して延在する。各ガイドポスト21の、リヤプラテン13の後端面の近傍に、第2のねじ部(図示せず)が形成され、固定プラテン11とリヤプラテン13とは、第2のねじ部にナットn2を螺合して締め付けることによって固定される。ガイドポスト21をタイバー14と一体に形成しているが、ガイドポスト21をタイバー14とは別体として形成してもよい。

30

【0026】

なお、リヤプラテン13は、タイバー14が伸縮するのに伴って、ガイドGdに対してわずかに移動することができるようガイドGd上に載置される。固定プラテン11はフレームFr及びガイドGdに対して固定され、リヤプラテン13はガイドGdに対してわずかに移動することができるようになっているが、リヤプラテン13をフレームFr及びガイドGdに対して固定し、固定プラテン11をガイドGdに対してわずかに移動することができるよう構成してもよい。

【0027】

また、固定プラテン11には固定金型15が、可動プラテン12には可動金型16がそれぞれ固定される。固定金型15及び可動金型16によって金型装置19が構成される。可動プラテン12の進退によって可動金型16を固定金型15に対して移動し、型閉じ、型締め及び型開きが行われる。なお、型締めが行われると、固定金型15と可動金型16との間にキャビティ空間が形成され、射出装置17の射出ノズル18から射出された成形材料としての樹脂がキャビティ空間に充填される。

40

【0028】

可動プラテン12と平行に配設された磁性体としての吸着板22が、リヤプラテン13より後方において各ガイドポスト21に沿って進退自在に配設され、ガイドポスト21によって案内される。なお、吸着板22には、各ガイドポスト21と対応する箇所に、ガイドポスト21が貫通するガイド穴23が形成される。ガイド穴23は、前端面(図において右端面)に開口した大径部24とこれに繋がる小径部25とを含む。大径部24はボ-

50

ルナットn2を収容する。小径部25は吸着板22の後端面に開口し、ガイドポスト21が摺動する摺動面を有している。吸着板22は、ガイドポスト21によって案内されるようになっているが、吸着板22を、ガイドポスト21だけでなく、ガイドGdによって案内することもできる。

【0029】

可動プラテン12を進退させるために、型開閉用の駆動部としてリニアモータ28が、可動プラテン12とフレームFrとの間に配設される。リニアモータ28は、フレームFr上に、ガイドGdと平行に、かつ、可動プラテン12の移動範囲に対応して形成された固定子29と、可動プラテン12の下端において固定子29と対向し、かつ、所定の範囲にわたって形成された可動子31とを備える。固定子29の長さをLpとし、可動子31の長さをLmとし、可動プラテン12のストロークをLstとしたとき、長さLmは、リニアモータ28による最大の推進力に対応して設定される。また、長さLpは、 $Lp > Lm + Lst$ という関係を満足するように設定される。

10

【0030】

可動子31は、固定子29に向けて突出し、かつ、所定のピッチで複数の磁極歯33が形成されたコア34と、各磁極歯33に巻装されたコイル35とを備える。なお、磁極歯33は可動プラテン12の移動方向に対して直角の方向に、互いに平行に形成される。固定子29は、コア、及びコア上に延在させて形成された永久磁石（図示せず）を備える。永久磁石は、N極及びS極の各磁極を交互に、かつ、磁極歯33と同じピッチで着磁させることによって形成されている。

20

【0031】

したがって、前記コイル35に所定の電流を供給してリニアモータ28を駆動すると、可動子31が進退させられ、それに伴って、可動プラテン12が進退させられ、型閉じ及び型開きが行われる。

【0032】

なお、固定子29に永久磁石を、可動子31にコイル35を配設しているが、固定子にコイルを、可動子に永久磁石を配設することもできる。その場合、リニアモータ28を駆動する際にコイルが移動しないので、コイルに電力を供給するための配線を容易に行うことができる。

30

【0033】

可動プラテン12が前進（図において右方向に移動）して可動金型16が固定金型15に当接すると、型閉じが終了する。型閉じに続いて型締めを行うことができるよう、リヤプラテン13と吸着板22との間に、型締め用の駆動部としての電磁石ユニット37が配設される。また、可動プラテン12と吸着板22とを連結するロッド39が、リヤプラテン13及び吸着板22を貫通して延在する。ロッド39は、型閉じ時及び型開き時に、可動プラテン12の進退に連動して吸着板22を進退させ、型締め時に、電磁石ユニット37によって発生した型締力を可動プラテン12に伝達する。なお、固定プラテン11、可動プラテン12、リヤプラテン13、吸着板22、リニアモータ28、電磁石ユニット37、ロッド39等によって型締装置10が構成される。

【0034】

40

電磁石ユニット37は、リヤプラテン13側に配設された電磁石49、及び吸着板22側に配設された吸着部51を有する。リヤプラテン13の後端面の所定の部分、すなわちロッド39よりわずかに上方及び下方に、水平方向に延在した矩形の断面形状を有するコイル配設部としての二つの溝45が互いに平行に形成されている。溝45の間には、矩形の断面形状を有するコア46が形成され、リヤプラテンのコア46以外の部分にヨーク47が形成される。コア46にコイル48が巻装される。

【0035】

また、吸着板22の前端面の所定の部分として、吸着板22においてロッド39を包囲し、電磁石49と対向する部分に吸着部51が設けられる。なお、リヤプラテン13のコア46及びヨーク47、並びに吸着板22は、強磁性体から成る薄板を積層することによ

50

って形成された電磁積層鋼板により形成される。また、リヤプラテン13とは別に電磁石49が配設され、吸着板22とは別に吸着部51が配設されているが、リヤプラテン13の一部として電磁石を形成し、吸着板22の一部として吸着部を形成することもできる。

【0036】

したがって、電磁石ユニット37において、溝45内のコイル48に電流を供給すると、電磁石49が励磁され、吸着部51が吸着されて型締力が発生する。

【0037】

ロッド39は、後端部(図において左端部)において吸着板22と連結し、前端部において可動プラテン12と連結している。ロッド39は、型閉じ時に可動プラテン12が前進することにより前進し、これにより吸着板22が前進する。また、ロッド39は、型開き時に可動プラテン12が後退(図において左方向に移動)することにより後退し、これにより吸着板22が後退する。

10

【0038】

そのために、リヤプラテン13の中央部分に、ロッド39を貫通させるための穴41が設けられる。また、吸着板22の中央部分に、ロッド39を貫通させるための穴42が形成される。さらに、穴41の前端部の開口に臨ませて、ロッド39を摺動自在に支持するブッシュ等の軸受部材Br1が配設される。また、ロッド39の後端部にねじ43が形成され、吸着板22に対して回転自在に支持された型厚調整機構としてのナット44がねじ43に螺合している。

【0039】

20

型閉じが終了した時点で、吸着板22はリヤプラテン13に近接し、リヤプラテン13と吸着板22との間にギャップ(隙間)が形成される。ギャップが小さくなりすぎたり、大きくなりすぎたりすると、吸着部51を十分に吸着することができず、型締力が小さくなってしまう。ギャップの最適な値(距離又は寸法)は、金型装置19の厚さが変化するのに伴って変化する。

【0040】

そこで、ナット44の外周面に大径のギヤ(図示せず)が形成され、吸着板22に型厚調整用の駆動部として型厚調整用モータ(図示せず)が配設され、型厚調整用モータの出力軸に取り付けられた小径のギヤが、ナット44の外周面に形成されたギヤに噛合せられる。

30

【0041】

金型装置19の厚さに対応して、型厚調整用モータを駆動し、ナット44をねじ43に対して所定量回転させると、吸着板22に対するロッド39の位置が調整され、固定プラテン11及び可動プラテン12に対する吸着板22の位置が調整されて、ギャップを最適な値にすることができる。すなわち、可動プラテン12と吸着板22の相対的な位置を変えることによって、型厚の調整が行われる。

【0042】

なお、型厚調整用モータ、ギヤ、ナット44、ロッド39等によって型厚調整装置が構成される。また、ギヤによって、型厚調整用モータの回転をナット44に伝達する回転伝達部が構成される。そして、ナット44及びねじ43によって運動方向変換部が構成され、運動方向変換部において、ナット44の回転運動がロッド39の直進運動に変換される。

40

【0043】

また、コイル35への電流の供給によるリニアモータ28の駆動、コイル48への電流の供給による電磁石49の励磁、及び型厚調整用モータの駆動は、制御部60により制御される。制御部60は型締装置10専用の制御部としてもよく、あるいは、射出成形機の制御部の一部として設けられてもよい。

【0044】

次に、前記構成の型締装置10の動作について説明する。

【0045】

50

まず、制御部 60 は、型開閉処理を行い、型閉じ時に、図 3 に示す状態において、コイル 35 に電流を供給する。それにより、リニアモータ 28 が駆動され、可動プラテン 12 が前進させられ、図 2 に示すように、可動金型 16 が固定金型 15 に当接させられる。このとき、リヤプラテン 13 と吸着板 22 との間、すなわち、電磁石 49 と吸着部 51 との間には、目標型締力 F を得るための最適なギャップ（間隙） Δ が形成される。なお、型閉じに必要とされる力は型締力と比較して十分に小さい。

【 0 0 4 6 】

続いて、制御部 60 は、コイル 48 に電流を供給し、磁性体である吸着板 22 の吸着部 51 を電磁石 49 の吸着力によって吸着する。それにより、吸着板 22 及びロッド 39 を介して吸着力が型締力として可動プラテン 12 に伝達され、型締めが行われる。このとき、リヤプラテン 13 と吸着板 22 とが接触しないように、リヤプラテン 13 と吸着板 22 との間、例えば、リヤアラテン 13 における吸着板 22 と対向する面、又は吸着板 22 におけるリヤプラテン 13 と対向する面に、接触防止用ストップ（図示せず）が配設される。さらに、ギャップ Δ を形成するためのギャップ調整用ストップ（図示せず）を配設してもよい。なお、接触防止用ストップをフレーム F_r に配設してもよい。

【 0 0 4 7 】

また、制御部 60 において、型締力が目標設定値になるようにコイル 48 に供給する電流の値が決定され、電流がコイル 48 に供給されて型締めが行われる。型締めが行われている間、射出装置 17 において溶融した樹脂が射出ノズル 18 から射出され、金型装置 19 のキャビティ空間に充填される。

【 0 0 4 8 】

そして、キャビティ空間内の樹脂が固化すると、制御部 60 は、図 2 に示す状態において、コイル 48 への電流供給を停止する。次に、型開閉処理手段はコイル 35 に逆方向の電流を供給する。それにより、リニアモータ 28 が駆動され、可動プラテン 12 が後退させられ、図 2 に示されるように、可動金型 16 が後退限位置に移動し、型開きが行われる。

【 0 0 4 9 】

上述のような電磁石を用いて型締力を発生させる型締装置において、特に、リヤプラテン 13 をガイド G_d 上に載置し、固定プラテン 11 をフレーム F_r 及びガイド G_r に対して固定した型締装置の場合、リヤプラテン 13 と吸着板 22 との間のギャップ（間隙） Δ の距離（寸法）は、吸着力が発生して金型装置 19 に型締力が作用した際に、タイバー 14 の伸び及びロッド 39 の縮み等により、図 4 に示すように、無負荷状態のときの距離 X_0 から X_1 ($X_1 = X_r + X_a$) だけ減少する。ここで、図 4 において、型締力を発生したときのリヤプラテン 13 と吸着板 22 の変位が一点鎖線で示されており、 X_r はリヤプラテン 13 の後方への変位による距離 X_0 の変化分であり、 X_a 吸着板 22 の前方への変位による距離 X_0 の変化分である。すなわち、ギャップ Δ の距離を距離 X_0 に設定し、距離 X_0 において目標型締力 F （目標吸着力）が得られるだけの電流 I をコイル 48 に供給して電磁石 49 により吸着板 22 を吸着しても、発生した吸着力に応じて距離 X_0 が X_1 だけ減少してしまい、実際に発生する型締力は目標型締力 F より大きい値となってしまう。

【 0 0 5 0 】

例えば、無負荷状態のときの距離 X_0 が 1.0 mm に設定されていた場合、距離 X_0 の変化分 X は例えば 0.1 mm 程度となり、型締力を実際に作用させた際の距離 X_1 は、 $X_1 = X_0 - X = 1.0 - 0.1 = 0.9$ mm となってしまい、この距離に応じた型締力（吸着力）が発生してしまう。すなわち、間隙の距離 X が 1.0 mm (= X_0) において目標型締力 F が発生するはずであるのに、実際は距離 X が 0.9 mm (= X_1) となってしまい、目標型締力 F とは異なる強さの型締力が発生してしまう。ここで、吸着板 22 をガイド G_d 上に載置し、リヤプラテン 13 をフレーム F_r 及びガイド G_d に対して固定した型締装置の場合でも、型締力が発生するとタイバーの伸びとともに固定プラテンが射出装置側へ移動する。その際に、吸着板 22 はさらに前進するので、吸着板 22 とリヤ

10

20

30

40

50

プラテン 13 との間のギャップ は発生した吸着力の大きさに応じた距離だけ小さくなる。すなわち、目標型締力 F と異なる強さの型締力が発生してしまう。

【0051】

距離 X の変化により型締力（吸着力）が変化するということは、電磁石 49 と吸着板 22 とを通る磁路の磁気抵抗 R_m が間隙の距離 X の変化による磁気抵抗の変化に伴って変化するために吸着力が変化するということである。したがって、間隙の磁気抵抗を含む磁路全体の磁気抵抗 R_m に基づいて電磁石の励磁電流 I を決定すれば所望の吸着力を得ることができる。

【0052】

そこで、本実施形態による型締装置では、型締力が発生しているときの実際の磁気抵抗 R_m 1 と、そのときに電磁石 49 のコイル 48 に流れる電流 I （供給すべき電流）との関係 $F = f(R_m 1, I)$ を求め、この関係 $F = f(R_m 1, I)$ に基づいて型締力を制御する。すなわち、型締力発生時のタイマーの伸びの影響を受けた後の隙間で、目標型締力が発生するような電流を、電磁石に流すようにする。

10

【0053】

ここで、間隙を含む磁路の磁気抵抗 R_m が変化すると、主に間隙を磁化する励磁電流（すなわちコイル 48 に流れる電流） I と、電磁石 49 により発生して吸着板 22 に作用する吸着力 F_a との関係も変化する。図 5 は磁気抵抗 R_m が異なる場合の励磁電流 I と吸着力 F_a との関係を示す図である。

【0054】

図 5において、磁気抵抗 R_m が無負荷の時の磁気抵抗 R_m 0 で一定に維持されている場合の励磁電流 I と吸着力 F_a との関係が曲線 R_m 0 で示され、磁気抵抗 R_m が型締力が作用している際の実際の磁気抵抗 R_m 1 で一定に維持されている場合の励磁電流 I と吸着力 F_a との関係が曲線 R_m 1 で示されている。

20

【0055】

例えば、発生させるべき目標型締力 F に相当する吸着力の値を F_a 0 とし、無負荷時の間隙の磁気抵抗を R_m 0 に設定したとき、曲線 R_m 0 に基づいて、コイル 48 に供給すべき励磁電流は I 0 であると求められる。しかし、実際に型締めを行うと磁気抵抗 R_m 0 は磁気抵抗 R_m 1 に変化（減少）し、コイル 48 に電流 I 0 が流れると、発生する吸着力 F_a の値は F_a 0 よりはるかに高い値 F_a 1 となってしまう。したがって、実際に発生する型締力も、目標型締力 F よりもはるかに高い値となってしまう。

30

【0056】

そこで、本実施形態では、コイル 48 に供給する励磁電流 I を決定する際に、曲線 R_m 1 の関係に基づいて、目標型締力 F に相当する吸着力の値 F_a 0 から、実際に供給すべき励磁電流 I の値 I 1 を求める。これにより、型締めが行われて磁気抵抗 R_m が R_m 1 になったときに、所望の目標型締力 F が発生する吸着力 F_a 0 を発生させることができる。

【0057】

型締力の大きさと吸着力の大きさとは同じ大きさであるから、吸着力 = 型締力とみなすことができる。したがって、本実施形態によれば、型締力が発生しているときの実際の磁路の磁気抵抗 R_m 1 と電磁石 49 のコイル 48 に供給する電流 I との関係 $F = f(R_m 1, I)$ は、図 5 の曲線 R_m 1 の関係に相当し、目標型締力 F を精度よく発生させることができる。このため、型締力をフィードバック制御しなくても、電流 I の初期設定により目標型締力 F を発生させることができ、型締力制御を容易にしながら精度よく型締力を発生させることができる。

40

【0058】

上述の実施形態では、磁気抵抗 R_m 1 と電流 I との関係を $F = f(R_m 1, I)$ として関数で設定し、この関数を用いて演算により電流 I を決定する。ここで、磁気抵抗 R_m 1 は電磁石 49 のコイル 48 に印加する電圧 V とその電圧に応じてコイル 48 に流れる電流 I との関係から演算により求めることができる。以下に、電圧 V と電流 I を用いて磁路の磁気抵抗 R_m を求める方法について説明する。

50

【0059】

上述の電磁石49と吸着板22により形成される磁気回路は、図6に示す磁気回路モデルで表すことができる。電磁石49と吸着板22との間の隙間は中央部分の内極の隙間 X_i と端部の外極の隙間 X_o を含んでいる。内極の隙間 X_i を形成する対向面の面積が、外極の隙間 X_o を形成する対向面の面積の2倍であるとすると、図6に示す磁気回路は上下対称の形状となる。そこで、磁気回路の上半分について検討する。

【0060】

図6に示す磁気回路の上半分を考えると、内極の隙間 X_i の面積と端部の外極の隙間 X_o の面積は等しいことがわかる。磁気回路における磁路は、電磁石と吸着板の内部を通る磁路（鉄心磁路） $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$ と隙間 X_i 及び隙間 X_o を通る磁路よりなる。ここで、磁気回路の要素を以下のように定義する。

10

【0061】

鉄心磁路の長さ： $L_n = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6$

鉄心磁路の断面積： S_n

鉄心の透磁率： μ_n

隙間の距離： x

隙間の面積： S_x

真空透磁率： μ_0

磁路の磁気抵抗： R_m

コイルに流れる電流： I

20

コイルの巻数： N

電磁石で一般に知られている特性において、隙間の磁束密度 B は以下の式で与えられる。

【0062】

【数1】

$$B = \frac{NI}{R_m S_x}$$

30

この式により、同じ大きさの電流 I がコイルに流れても、磁路の磁気抵抗 R_m が変化すると隙間の磁束密度 B が変化することがわかる。したがって、同じ大きさの電流 I がコイルに流れても、磁気抵抗 R_m が変化すると電磁石による吸着力も変化することがわかる。

【0063】

ここで、コイルのインダクタンス L は、

【0064】

【数2】

40

$$L = \frac{N^2}{R_m}$$

で求められるから、磁気抵抗 R_m は、

【0065】

【数3】

$$R_m = \frac{N^2}{L}$$

として求めることができる。

【0066】

10

コイルのインダクタンス L は、コイルの印加電圧を V としコイルの電気抵抗を R とする
と、コイルで成立する以下の電気的な関係により求めることができる。

【0067】

【数4】

$$V = RI - L \frac{dI}{dt}$$

20

$$L = \frac{RI - V}{\frac{dI}{dt}}$$

以上の関係より、インダクタンス L は電流の微分に比例することがわかる。したがって
、コイルに印加する電圧 V と流れる電流 I の時間的変化を求め、これらを比較することに
よりインダクタンス L を求めることができる。このように求めたインダクタンス L に基づ
いて、磁気抵抗 R_m を求めることができる。

30

【0068】

コイルに印加する電圧 V と流れる電流 I の時間的変化を求める方法として、電磁石により
発生する磁場が立ち上がる過程の実測値を比較して求める方法がある。図7は型締力を
発生させるために電磁石49のコイル48に印加した電圧と、その際にコイル48に流れ
る電流 I を示す図である。型締めを開始して電圧 V をコイル48に印加すると、まず、電
圧 V が急激に変化（上昇）するが、電流は所定の位相遅れて変化（上昇）する。この電流
の時間的遅れはコイル48のインダクタンス L に起因する遅れであり、この遅れを求める
ことでインダクタンス L を求めることができる。

【0069】

40

また、コイルに印加する電圧 V と流れる電流 I の時間的変化を求める他の方法として、
電磁石49のコイル48に印加する電圧 V に所定の周波数の電圧振幅を重畠しておき、それ
に対応して電流 I に現れる電流振幅を測定して求める方法がある。図8は所定の周波数
の電圧振幅を重畠した電圧 V と、それにより得られる電流 I を示す図である。電圧 V に重
畠する電圧振幅は、型締めサイクルの周波数より十分に高い周波数とし、電圧振幅は型締
め力に対する影響が無視できるような小さな振幅とする。例えば、型締め力が10トン（1
0000 kgf）であった場合は、100 kgfに相当する程度の電圧振幅としておく。
重畠した電圧振幅に対する電流振幅の遅れを検出することで、インダクタンス L を求める
ことができる。

【0070】

50

また、磁気抵抗 R_m を求める方法として、以下の理論式によって求める方法もある。

【0071】

【数5】

$$R_m = \sum_n \left(\frac{l_n}{\mu_n S_n} \right) + \frac{2x}{\mu_0 S_x}$$

10

この式の中で、第1項は鉄心の透磁率 μ_n に依存する項であり、第2項は間隙の距離 x に依存する項である。

【0072】

第1項に関して、鉄心の透磁率 μ_n は用いる材料により決まっているが、温度によって変化するため、予め温度変化による透磁率 μ_n の変化を求めておけばよい。例えば、異なる温度における透磁率 μ_n の値を、テーブル情報等のデータとして準備しておいてもよい。あるいは温度を変数とした経験式を作成しておき、透磁率 μ_n を算出することとしてもよい。第2項に関して、間隙の距離 x は実測値を入れることとなり、リニヤエンコーダなどの距離センサにより距離 x を検出して求めることで、第2項を算出することとなる。

20

【0073】

以上のような方法で、型締めが行われている最中の磁気抵抗 $R_m 1$ を求め、求めた $R_m 1$ と型締力の関数 $F = f(R_m 1, I)$ に基づいて、電磁石 49 に流すべき電流 I を求める。関数 $F = f(R_m 1, I)$ は、理論式により求めて設定してもよいが、シミュレーション等により数値解析を行って関数を求めてよい。あるいは、関数に基づいて演算により電流 I を求める代わりに、実際に型締装置を操作して得られた型締力の大きさとそのときの電流値とを、図 9 に示すようなテーブル情報として記憶しておき、このテーブル情報を参照しながら目標型締力 F に対応する電流値を求めてよい。なお、図 9 に示すテーブル情報は、図 5 における磁気抵抗が $R_m 1$ のときの吸着力 F_a (すなわち目標型締力 F) と電流 I との関係に相当する。このようなテーブルを複数個、間隙の距離に対応して予め制御部に入力するようにしてもよい。さらに、複数の温度に対応した鉄心の透磁率ごとのテーブルを予め制御部に入力するようにしてもよい。

30

【0074】

以上説明した関係 $F = f(R_m 1, I)$ 又はテーブル情報は、間隙の距離を $X 1$ としたときの関係であるが、距離 $X 1$ は発生させるべき目標型締力 F の値や、用いる金型の剛性、厚み等により異なるため、磁気抵抗 $R_m 1$ もそれに伴って変化する。したがって、異なる距離 $X 1$ に対応する磁気抵抗 $R_m 1$ の異なる複数の値に対応して、関係 $F = f(R_m 1, I)$ 又はテーブル情報を求めておくことが好ましい。例えば、距離 $X 1$ として、1.0 mm を中心にして前後 0.05 mm 間隔とし、0.85 mm、0.90 mm、0.95 mm、1.00 mm、1.05 mm、1.10 mm、1.15 mm、というように設定して各 $X 1$ の値に対応する磁気抵抗 $R_m 1$ に対して関係 $F = f(R_m 1, I)$ 又は、テーブル情報を求めておく。間隔を小さくすればより正確な電流値を設定できるが、記憶しておくデータ量が多くなるので、許容可能な範囲で型締力を求めるができる程度の間隔とすればよい。

40

【0075】

また、同じ吸着力を作用させても、得られる型締力は、用いる金型の剛性、厚み等により異なることから、型締装置に実際に取り付けられる金型毎に、関係 $F = f(R_m 1, I)$ 又はテーブル情報を求めておくことが好ましい。

【0076】

しかしながら、通常は、金型は頻繁に変更されるため、間隙の距離を把握しながらコイ

50

ル48に供給する電流を決定したほうがよい。ここで、間隙の距離は、リニアモータに備えられた位置検出器（図示せず）と、型厚調整機構に備えられた位置検出器（図示せず）を用いて、間隙の距離を算出するようにしてもよいが、リヤプラテン13と吸着板22との間に、位置検出器を備えててもよい。リヤプラテン13と吸着板22との間に位置検出器を備えるほうが、部品の取り付け誤差などの外乱の影響をできるだけ排除することができる、精度よく型締力を発生させることができる。

【0077】

また、リヤプラテン13に温度検出器を備えることが好ましい。この場合、コイル48に流れる電流によって、磁気回路中の温度上昇による透磁率の変化を把握することができ、成形中に透磁率が変化しても、精度よく型締力を発生させることができる。

10

【0078】

このように、成形中も間隙の距離を検出したり、温度検出器によって磁気回路の温度を検出して磁気抵抗Rm1の変化を求め、さらに、関係 $F = f(Rm1, I)$ 又はテーブル情報とともに用いることで、磁気回路の温度が変化しても型締力を精度よく発生させることができる。

【0079】

さらに、コイル48と対向する吸着板22に永久磁石を備えることとしてもよい。この場合、コイル48に電流を供給しなくても、リヤプラテン13と吸着板22との間に吸着力を発生させることができるので、永久磁石が発生する吸着力の分、型締力をオフセットさせることができる。したがって、少ない電流で、目標の型締め力Fを得ることができる。

20

【0080】

以上のように、本実施形態による型締装置によれば、電磁石49に印加する電圧と、それに対応して流れる電流とを測定して磁気抵抗Rm1を求め、 $F = f(Rm1, I)$ という関係に基づいて、目標型締力Fが得られる電流値Iを精度よく求めることができる。磁気抵抗Rm1には、目標型締力Fが発生する際の電磁石49と吸着板22との間の間隙の実際の距離が反映されているため、型締力を発生させたときの型締装置の構成部品の歪みや変形があっても、目標型締力Fを精度よく発生させることができる。すなわち、型締力を発生させることで電磁石49と吸着板22の間の間隙の距離が僅かに変化したり、電磁石49と吸着板22の対向面の平行度や平面度が僅かに変化した場合でも、その変化は磁気抵抗Rm1に反映されるため、目標型締力Fを精度よく発生させることができる。また、磁気抵抗Rm1には、鉄心として機能する吸着板22及び電磁石49のコア46とヨーク47の透磁率が反映されており、透磁率の温度依存性も考慮することができるため、電磁石49と吸着板22の温度が変化した場合でも、温度変化に対応した電流値Iを求めることができ、常に目標型締力Fを精度よく発生させることができる。

30

【0081】

次に、上述の関係 $F = f(Rm1, I)$ 又はテーブル情報を有した型締装置の動作について説明する。

【0082】

量産成形前に、関係 $F = f(Rm1, I)$ 又はテーブル情報は制御部60へ入力されている。

40

【0083】

リニアモータ28に電流が供給されると、リニアモータ28は駆動され、リニアモータ28の駆動にともなって可動プラテン12が前進する。また、吸着板22はロッド39によって可動プラテン12に連結しているので、吸着板22も可動プラテン12とともに前進する。固定金型15と可動金型16との間の距離が予め定められた距離以下になると、リニアモータ28は減速動作を行いながら、金型19は当接される。ここで、リヤプラテン13と吸着板22との間の距離はX0である。

【0084】

続いて、制御部60は、間隙の距離はX0であるがX1に対応する予め定められた電流

50

I 1 をコイル 4 8 に供給する。これにより、磁性体である吸着板 2 2 の吸着部 5 1 が電磁石 4 9 の吸着力によって吸着され、これに伴い、タイバーが引張され、間隙の距離は X 0 から X 1 へと変化する。ここで、コイル 4 8 に供給される電流 I 1 は、型締力発生時のタイバーの伸びを含めた間隙の距離 X 1 においてオペレータが設定した目標型締力 F が発生するよう関係 $F = f (R_m 1, I)$ 又はテーブル情報によって算出された電流値である。これにより、金型 1 9 に型締力が作用し、型締めが行われる。そして、射出装置 1 7 により金型 1 9 内に充填された溶融樹脂が個化すると、前記電流の供給は停止される。そして、リニアモータ 2 8 が駆動され、型開き動作が行われ、金型 1 9 から成形品が取り出される。

【0085】

10

型締装置により形成される成形品が同一で、金型の変更がほとんど無い場合には、同一の成形条件によって成形されるので、間隙の距離を測定する位置検出器を備えずに成形することができる。

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図 1】磁気抵抗と型締力との関係を示す図である。

【図 2】本発明が適用される型締装置の側面図である。

【図 3】本発明が適用される型締装置の側面図である。

【図 4】図 2 に示すリヤプラテンと吸着板との間の間隙を拡大して示す図である。

【図 5】磁気抵抗が異なる場合の励磁電流と吸着力との関係を示す図である。

20

【図 6】電磁石と吸着板とにより形成される磁気回路を示す図である。

【図 7】型締力を発生させるために電磁石のコイル印加した電圧と、その際にコイルに流れる電流を示す図である。

【図 8】所定の周波数の電圧振幅を重畠した電圧と、それにより得られる電流を示す図である。

【図 9】得られる型締力の値と供給すべき電流値とを対応させたテーブル情報の一例を示す図である。

【符号の説明】

【0087】

1 0 型締装置

30

1 1 固定プラテン

1 2 可動プラテン

1 3 リヤプラテン

1 4 タイバー

2 1 ガイドポスト

2 2 吸着板

2 8 リニアモータ

3 7 電磁石ユニット

3 9 ロッド

4 3 ねじ

4 4 ナット

4 6 コア

4 7 ヨーク

4 8 コイル

4 9 電磁石

5 1 吸着部

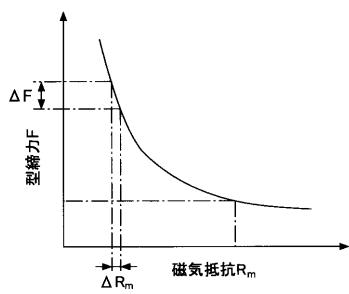
6 0 制御部

F r フレーム

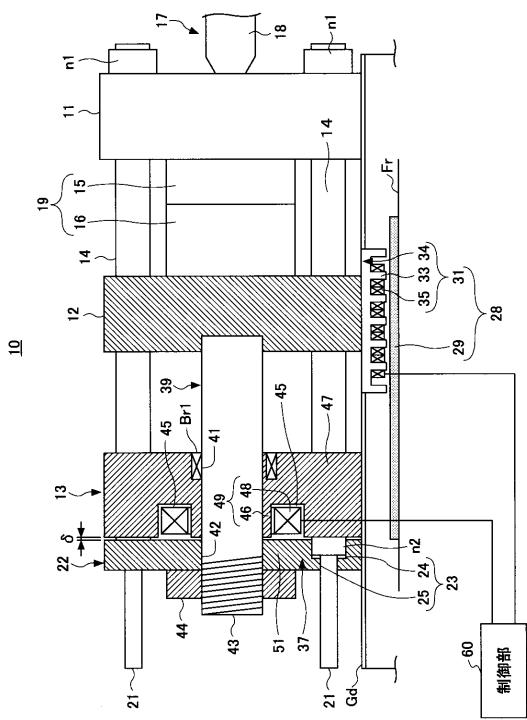
G d ガイド

40

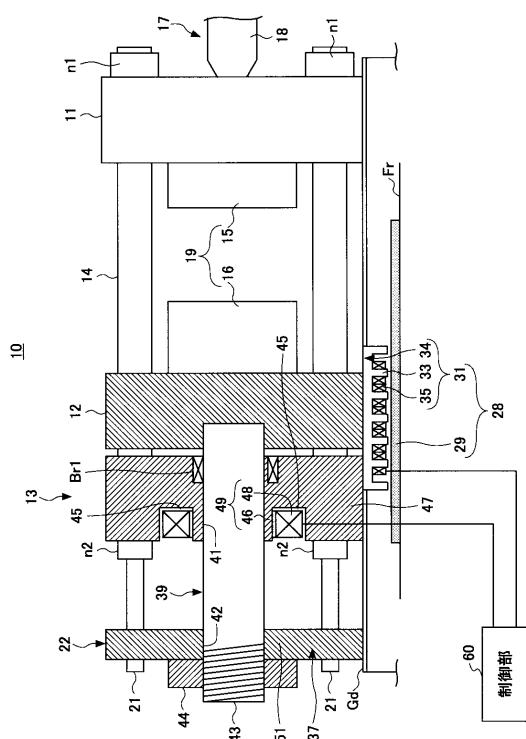
【図1】



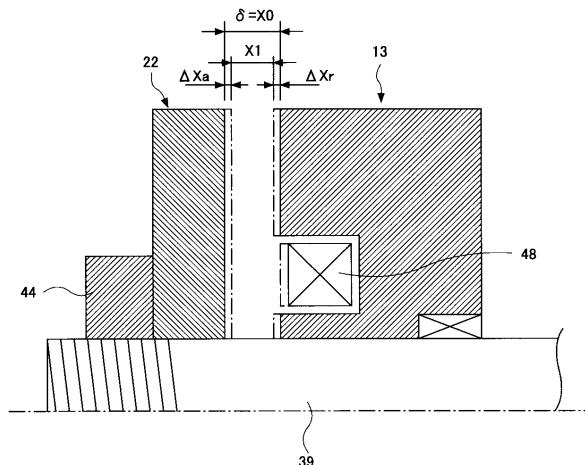
【図2】



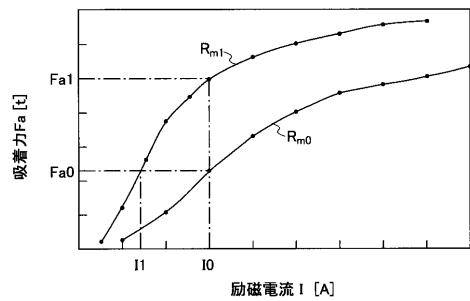
【図3】



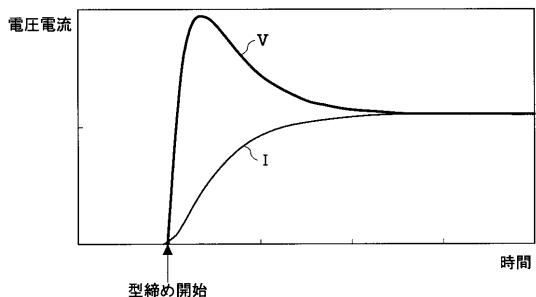
【図4】



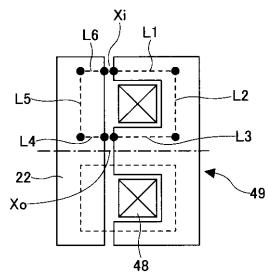
【図5】



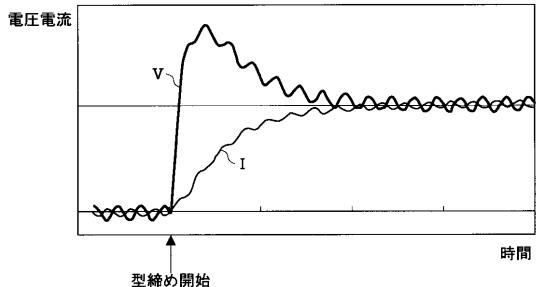
【図7】



【図6】



【図8】



【図9】

型締め $F(t)$	0.5	1	1.5	2	2.5	3
電流 I (A)	9	13	17	21	30	50

フロントページの続き

(72)発明者 吉田 直弘

千葉県千葉市稻毛区長沼原町731番地1 住友重機械工業株式会社 千葉製造所内

審査官 深谷 陽子

(56)参考文献 特開平10-244566 (JP, A)

特開2004-001543 (JP, A)

特開平11-147242 (JP, A)

特開平11-058471 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C 45/00 - 45/84

B22D 17/26

B29C 33/00 - 33/76