

(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2008-114286

(P2008-114286A)

(43) 公開日 平成20年5月22日(2008.5.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 D 17/32 (2006.01)	B 2 2 D 17/32 J	4 F 2 0 6
B 2 9 C 45/76 (2006.01)	B 2 9 C 45/76	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2006-302580 (P2006-302580)
 (22) 出願日 平成18年11月8日 (2006.11.8)

(71) 出願人 000003458
 東芝機械株式会社
 東京都千代田区内幸町2丁目2番2号
 (74) 代理人 100094053
 弁理士 佐藤 隆久
 (72) 発明者 藤岡 俊治
 神奈川県座間市ひばりが丘四丁目29番1号 東芝機械株式会社内
 Fターム(参考) 4F206 AM02 AM32 AP20 AQ02 JA07
 JB12 JL07 JM02 JQ81

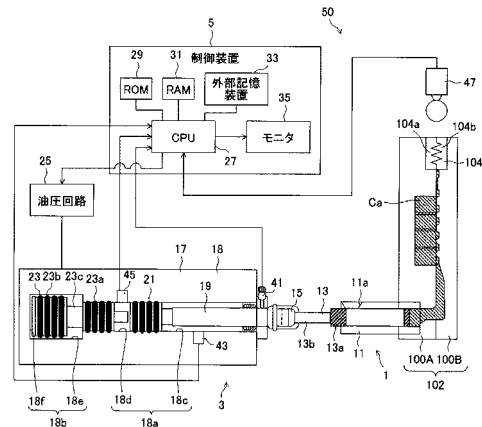
(54) 【発明の名称】 ダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置及び溶湯充填状態良否判定方法

(57) 【要約】

【課題】従来、熟練者のみが正常時と異常時との違いを捉えることができた射出音を、その違いを数値的に捉え、溶湯の充填状態の良否を判定可能とする。

【解決手段】ダイカストマシン1の溶湯充填状態良否判定装置50は、溶湯が一对の金型102のキャピティCaに充填されたときに発生する射出音の音圧を検出可能なマイクロフォン47と、マイクロフォン47の検出した射出音の音圧と、所定の設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する制御装置5とを備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

溶湯が金型のキャビティに充填されたときに発生する射出音の音圧を検出可能な検出器と、

前記検出器の検出した前記射出音の音圧と、所定の設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する良否判定部と、

を備えたダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 2】

前記検出器の検出した音圧が所定の射出音発生判定閾値を超えたか否かを判定する射出音発生判定部を備え、

前記良否判定部は、前記射出音発生判定部により、前記検出器の検出した音圧が前記射出音発生判定閾値を超えたと判定されてから所定の設定時間の間に前記検出器の検出した音圧を前記射出音の音圧とし、その音圧と前記設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する

請求項 1 に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 3】

前記所定の設定時間は、0.01 秒である

請求項 2 に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 4】

前記良否判定部は、前記検出器の検出した前記射出音の音圧が前記設定音圧を超えた回数が所定の設定回数を超えたときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定する

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 5】

前記設定音圧として、所定の許容範囲の上限値と下限値とが設定され、

前記良否判定部は、前記検出器の検出した前記射出音の音圧のピーク値の平均が前記許容範囲内にないときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定する

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 6】

前記検出器の検出した前記射出音の音圧の時間変化に基づいて前記射出音の可聴域の所定の周波数における音圧を算出する周波数解析部を備え、

前記良否判定部は、前記周波数解析部の算出した前記所定の周波数における音圧と前記設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 7】

前記周波数解析部は、前記射出音の可聴域の複数の周波数毎の音圧を算出し、算出した前記複数の周波数毎の音圧のうち所定の周波数範囲の音圧を平均して前記所定の周波数範囲における音圧の平均値を算出し、

前記良否判定部は、前記周波数解析部の算出した前記平均値と前記設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する

請求項 6 に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 8】

前記周波数解析部は、前記射出音の可聴域の複数の周波数毎の音圧を算出し、

前記良否判定部は、前記複数の周波数毎に、前記周波数解析部の算出した音圧と前記設定音圧とを比較して周波数毎の異常の有無を判定し、異常と判定された周波数の数が所定の設定数を超えたときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定する

請求項 6 に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 9】

前記良否判定部は、周波数が 20 ~ 5000 Hz の範囲において、前記周波数解析部の算出した音圧と前記設定音圧とを比較して、前記周波数解析部の算出した音圧が前記設定音圧を越えたときに異常が生じたと判定する

10

20

30

40

50

請求項 6 ~ 8 に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 10】

前記設定音圧として、所定の許容範囲の上限値と下限値とが設定され、
前記良否判定部は、前記周波数解析部の算出した前記所定の周波数における音圧が前記
許容範囲内にないときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定する

請求項 6 に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置。

【請求項 11】

前記良否判定部により異常が生じたと判定されたことを報知する報知部を備えた

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置

。

【請求項 12】

溶湯が金型のキャビティに充填されたときに発生する射出音の音圧を検出器により検出
し、その検出した音圧と所定の設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定するダ
イカストマシンの溶湯充填状態良否判定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定装置及び溶湯充填状態良否判定方
法に関する。

【背景技術】

【0002】

ダイカストマシンによる鑄造においては、熟練者が、金型のキャビティに溶湯を充填し
たときに発生する射出音を聞いて、充填が正常に行われたかの判断をしている。

【0003】

射出成形機による熱可塑性樹脂の成形においては、多種多様の射出成形機にも容易に適
用できる汎用性のある監視方法として、マイクロフォンと加速センサにより作動音と振動
を検出し、その検出値を基に成形状態を監視する方法が特許文献 1 に開示されている。特
許文献 1 では、金型周りに関しては、マイクロフォンで金型から発生する作動音を集音し
、その音圧レベルをモニターして、インサート成形物の異常な挿入を監視する方法が開示
され（特許文献 1 の段落 0016）、離型時の成形品の割れなどの異常の発生を監視でき
ることが示唆されている（特許文献 1 の段落 0020）。

【特許文献 1】特開平 05 - 50480 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 では、インサート成形物の異常挿入の場合は、異常に大きい音圧レベルの異
音を検出されるので、異常発生を監視できるとしている。特許文献 1 では、離型時の成形
品の割れの場合は、異常の発生を監視できることを示唆するのみで、具体的な検出方法は
記載されていないが、インサート成形物の異常挿入と同様の検出方法と推定される。

【0005】

すなわち、特許文献 1 では、正常時には無く、異常時にのみ発生する音であって、当業
者が聞いたら誰でも異常と分かる異常音を検出されたときに異常が発生したと判定してい
る。

【0006】

一方、ダイカストマシンでの鑄造における射出音は、正常時、及び、異常時のいずれの
場合でも発生し、熟練者のみが、その微妙な音の違いにより、溶湯の充填状態の正常又は
異常の判定を行うことができ、まだ経験の浅いオペレータが作業をしているなかでその判
断をすることは難しい。

【0007】

本発明の目的は、ダイカストマシンでの鑄造において、従来、熟練者のみが正常時と異

10

20

30

40

50

常時との違いを捉えることができた射出音を、その違いを数値的に捉え、溶湯の充填状態の良否を判定可能な溶湯充填状態良否判定装置及び溶湯充填状態良否判定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の溶湯充填状態良否判定装置は、溶湯が金型のキャビティに充填されたときに発生する射出音の音圧を検出可能な検出器と、前記検出器の検出した前記射出音の音圧と、所定の設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する良否判定部と、を備える。

【0009】

好適には、前記検出器の検出した音圧が所定の射出音発生判定閾値を超えたか否か判定する射出音発生判定部を備え、前記良否判定部は、前記射出音発生判定部により、前記検出器の検出した音圧が前記射出音発生判定閾値を超えたと判定されてから所定の設定時間の間に前記検出器の検出した音圧を前記射出音の音圧とし、その音圧と前記設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する。

【0010】

好適には、前記所定の設定時間は、0.01秒である。

【0011】

好適には、前記良否判定部は、前記検出器の検出した前記射出音の音圧が前記設定音圧を超えた回数が所定の設定回数を超えたときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定する。

【0012】

好適には、前記設定音圧として、所定の許容範囲の上限値と下限値とが設定され、前記良否判定部は、前記検出器の検出した前記射出音の音圧のピーク値の平均が前記許容範囲内にないときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定する。

【0013】

好適には、前記検出器の検出した前記射出音の音圧の時間変化に基づいて前記射出音の可聴域の所定の周波数における音圧を算出する周波数解析部を備え、前記良否判定部は、前記周波数解析部の算出した前記所定の周波数における音圧と前記設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する。

【0014】

好適には、前記周波数解析部は、前記射出音の可聴域の複数の周波数毎の音圧を算出し、算出した前記複数の周波数毎の音圧のうち所定の周波数範囲の音圧を平均して前記所定の周波数範囲における音圧の平均値を算出し、前記良否判定部は、前記周波数解析部の算出した前記平均値と前記設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する。

【0015】

好適には、前記周波数解析部は、前記射出音の可聴域の複数の周波数毎の音圧を算出し、前記良否判定部は、前記複数の周波数毎に、前記周波数解析部の算出した音圧と前記設定音圧とを比較して周波数毎の異常の有無を判定し、異常と判定された周波数の数が所定の設定数を超えたときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定する。

【0016】

好適には、前記良否判定部は、周波数が20～5000Hzの範囲において、前記周波数解析部の算出した音圧と前記設定音圧とを比較して、前記周波数解析部の算出した音圧が前記設定音圧を越えたときに異常が生じたと判定する。

【0017】

好適には、前記設定音圧として、所定の許容範囲の上限値と下限値とが設定され、前記良否判定部は、前記周波数解析部の算出した前記所定の周波数における音圧が前記許容範囲内にないときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定する。

【0018】

好適には、前記良否判定部により異常が生じたと判定されたことを報知する報知部を備える。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

本発明のダイカストマシンの溶湯充填状態良否判定方法は、溶湯が金型のキャビティに充填されたときに発生する射出音の音圧を検出器により検出し、その検出した音圧と所定の設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、ダイカストマシンでの鑄造において、従来、熟練者のみが正常時と異常時との違いを捉えることができた射出音を、その違いを数値的に捉え、溶湯の充填状態の良否を判定できる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置としての判定装置 50 を備えたダイカストマシン 1 の構成を示す図である。ただし、図 1 では、ダイカストマシン 1 のうち判定装置 50 との関連性が高い要部のみを示している。

【 0 0 2 2 】

ダイカストマシン 1 は、例えば、横型横射出方式のダイカストマシンにより構成されている。ダイカストマシン 1 は、例えば、固定金型 100A 及び移動金型 100B からなる一对の金型 102 を保持する不図示の型締装置と、一对の金型 102 により形成されるキャビティ Ca に溶湯を射出し充填する射出装置 3 と、キャビティ Ca において成形されたダイカスト製品を固定金型 100A 又は移動金型 100B から押し出す不図示の押し出し装置と、これらの各装置の動作を制御する制御装置 5 とを備えている。

【 0 0 2 3 】

一对の金型 102 には、キャビティ Ca のガス抜きをするためのチルベント 104 が設けられている。チルベント 104 は、例えば、固定金型 100A の分割面に設けられた固定側ブロック 104a と、移動金型 100B の分割面に設けられた移動側ブロック 104b とを有している。固定側ブロック 104a 及び移動側ブロック 104b は、固定金型 100A 及び移動金型 100B が型閉及び型締されたときに互いに歯合する鋸状歯をそれぞれ有している。キャビティ Ca は、鋸状歯間の隙間を介して一对の金型 102 外部へ連通しており、鋸状歯間の隙間からガス抜きがなされる。

【 0 0 2 4 】

型締装置は、特に図示しないが、固定金型 100A を保持する固定ダイプレートと、移動金型 100B を保持する移動ダイプレートと、移動ダイプレートを固定ダイプレートに対して型開方向及び型閉方向に移動させる駆動機構とを有している。型締装置は、金型 102 の型閉め、型開き、型締めを行う。

【 0 0 2 5 】

射出装置 3 は、キャビティ Ca に連通する射出スリーブ 11 と、射出スリーブ 11 内の溶湯をキャビティ Ca に向けて押し出す射出プランジャ 13 と、射出プランジャ 13 を駆動する射出シリンダ 17 と、射出シリンダ 17 の圧油の供給又は排出を制御する油圧回路 25 とを備えている。

【 0 0 2 6 】

射出スリーブ 11 は、例えば概ね円筒状に形成され、固定金型 100A に固定されている。射出スリーブ 11 には、射出スリーブ 11 内に溶湯を供給するための給湯口 11a が開口している。給湯口 11a には、例えば不図示のラドルにより溶湯が供給される。

【 0 0 2 7 】

射出プランジャ 13 は、射出スリーブ 11 内に嵌合するプランジャチップ 13a と、プランジャチップ 13a が先端に固定されたプランジャロッド 13b とを有している。プランジャチップ 13a が射出スリーブ 11 内をキャビティ Ca に向かって摺動することにより、射出スリーブ 11 内の溶湯はキャビティ Ca に射出され、充填される。

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

射出シリンダ 17 は、例えば油圧シリンダにより構成されている。射出シリンダ 17 は、シリンダ部 18 と、シリンダ部 18 内を摺動可能な射出用ピストン 21 及び増圧用ピストン 23 と、射出用ピストン 21 に固定されたピストンロッド 19 とを備えている。

【0029】

シリンダ部 18 は、概ね円筒状に形成されており、射出用シリンダ室 18a と、増圧用シリンダ室 18b とを有している。増圧用シリンダ室 18b は、射出用シリンダ室 18a よりも大径に形成されている。また、増圧用シリンダ室 18b は、射出用シリンダ室 18a の奥側に隣接し、射出用シリンダ室 18a に連通している。

【0030】

射出用ピストン 21 は、射出用シリンダ室 18a を摺動可能に設けられている。増圧用ピストン 23 は、射出用シリンダ室 18a のうち、射出用ピストン 21 よりも奥側を摺動可能な小径部 23a と、増圧用シリンダ室 18b を摺動可能な大径部 23b と、小径部 23a と大径部 23b とを固定するロッド部 23c とを有している。

【0031】

射出用ピストン 21 は、射出用シリンダ室 18a を、第 1 シリンダ室 18c と、第 2 シリンダ室 18d とに区画している。大径部 23b は、増圧用シリンダ室 18b を第 3 シリンダ室 18e と第 4 シリンダ室 18f とに区画している。小径部 23a は、一端が第 2 シリンダ室 18d に面するとともに、他端が第 3 シリンダ室 18e に面している。

【0032】

射出用ピストン 21 は、第 2 シリンダ室 18d に圧油が供給されることによりキャピテイ C a 側に前進し、第 1 シリンダ室 18c に圧油が供給されることにより後退する。増圧用ピストン 23 は、第 4 シリンダ室 18f に圧油が供給されることにより第 2 シリンダ室 18d を増圧し、第 3 シリンダ室 18e に圧油が供給されることにより第 2 シリンダ室 18d を減圧する。

【0033】

ピストンロッド 19 は、一端が射出用ピストン 21 に固定されるとともに、他端がカップリング 15 を介してプランジャロッド 13b に固定されている。

【0034】

油圧回路 25 は、特に図示しないが、油圧源、油圧源からの圧油を第 1 シリンダ室 18c、第 2 シリンダ室 18d、第 3 シリンダ室 18e 及び第 4 シリンダ室 18f のそれぞれに供給可能な複数の流路、その各流路から各シリンダ室への圧油の供給を制御する方向制御弁、各シリンダ室からの圧油の排出を制御する方向制御弁等を含んで構成されており、適宜な圧力の圧油を各シリンダ室に選択的に供給可能であるとともに各シリンダ室から圧油を選択的に排出可能である。

【0035】

制御装置 5 は、例えば、コンピュータにより構成されている。すなわち、種々の演算を行う CPU 27、CPU 27 が実行するプログラム等を記憶する ROM 29、CPU 27 のワーキングメモリとしての RAM 31、種々のプログラムやデータを記憶する外部記憶装置 33 を備えている。

【0036】

また、制御装置 5 は、CPU 27 からの制御信号に基づいて適宜な画像を表示するモニター 35 を備えている。モニター 35 は例えば液晶ディスプレイや CRT ディスプレイにより構成されている。

【0037】

CPU 27 は、ダイカストマシン 1 に設けられた各種のセンサからの信号に基づいて、型締装置、射出装置 3、押出し装置、モニター 35 等の各部の動作を制御するための制御信号を各部に出力する。

【0038】

ダイカストマシン 1 は、例えば、各種センサとして、ピストンロッド 19 の位置を検出する位置センサ 41、第 1 シリンダ室 18c の圧力を検出する第 1 圧力センサ 43、第 2

10

20

30

40

50

シリンダ室 18 d の圧力を検出する第 2 圧力センサ 45、金型 102 及び / 又は射出スリーブ 11 からの音を検出するマイクロフォン 47 とを備えている。

【0039】

位置センサ 41 は、例えば、磁気式のリニアセンサ等の適宜な形式の位置センサにより構成されている。位置センサ 41 は、ピストンロッド 19 の位置に応じた電気信号を CPU 27 に出力する。なお、ピストンロッド 19 と射出プランジャ 13 とは互いに固定されているから、以下では、位置センサ 41 の検出位置を射出プランジャ 13 の位置として言及する場合がある。制御装置 5 は、位置センサ 41 の検出した位置を微分して射出プランジャ 13 の速度を算出することができる。制御装置 5 は、位置センサ 41 の検出した位置に基づいて、射出プランジャ 13 の速度制御を行う。

10

【0040】

第 1 圧力センサ 43 及び第 2 圧力センサ 45 は、例えばダイアフラム式の圧力センサ等の適宜な形式の圧力センサにより構成されている。第 1 圧力センサ 43 及び第 2 圧力センサ 45 は、圧油から受ける圧力に応じた電気信号を CPU 27 に出力する。制御装置 5 は、第 1 圧力センサ 43 及び第 2 圧力センサ 45 の検出した圧力に基づいて、射出用ピストン 21 が圧油から受ける力を算出することができる。制御装置 5 は、第 1 圧力センサ 43 及び第 2 圧力センサ 45 の検出した圧力に基づいて、シリンダ圧力等の算出及び制御を行う。なお、シリンダ圧力は、圧油の圧力に基づいて算出される、プランジャチップ 13 a から溶湯に作用する圧力（プランジャ圧力）である。

【0041】

20

マイクロフォン 47 は、ダイナミックマイクロフォン、コンデンサマイクロフォン、リボン型マイクロフォン等の適宜な形式のマイクロフォンにより構成されている。マイクロフォン 47 は、受けた音の音圧（瞬時音圧）に応じた電圧の電気信号を、連続的又は間欠的に CPU 27 に出力する。なお、マイクロフォン 47 からの電気信号の周波数に基づいて、マイクロフォン 47 が受けた音の周波数が特定されるから、マイクロフォン 47 は音の周波数を検出していると捉えることもできる。

【0042】

マイクロフォン 47 は、例えば、金型 102 の周囲のうち、チルベント 104 側、換言すれば、キャピティ Ca の最奥部側に配置されている。また、マイクロフォン 47 は、集音する方向を金型 102 に向けて配置されている。制御装置 5 は、マイクロフォン 47 からの電気信号を所定のサンプリング周期でサンプリングし、マイクロフォン 47 の検出した音圧に基づいて溶湯の充填状態の良否を判定する。マイクロフォン 47 及び制御装置 5 は、可聴域（20 ~ 20000 Hz）の音を検出、処理可能である。

30

【0043】

なお、判定装置 50 は、制御装置 5 及びマイクロフォン 47 を含んで構成されている。

【0044】

以上のダイカストマシン 1 における動作を説明する。

【0045】

ダイカストマシン 1 では、ダイカスト製品を鑄造する成形サイクルが繰り返し実行される。各成形サイクルには、離型剤等を固定金型 100 A 及び移動金型 100 B に塗布する前処理工程、前処理がなされた固定金型 100 A 及び移動金型 100 B を型閉めする型閉工程、型閉めされた一対の金型 102 を型締する型締工程、型締めされた金型 102 のキャピティ Ca に溶湯を射出して充填する射出工程、充填された溶湯が凝固した後に金型 102 を型開きする型開工程、型開きされた固定金型 100 A 又は移動金型 100 B からダイカスト製品を押し出す押出工程、固定金型 100 A 及び移動金型 100 B の洗浄等を行う後処理工程等が含まれる。

40

【0046】

図 2 は、射出工程において、制御装置 5 が実行する射出制御処理の手順を示すフローチャートである。

【0047】

50

ステップS 1では、制御装置5は、低速射出を開始するように油圧回路25に制御信号を出力する。これにより、第2シリンダ室18dに圧油が供給され、射出プランジャ13の前進が開始される。ただし、スリーブ内の溶湯が空気を巻き込むことを防止するために、射出プランジャ13の前進速度は比較的低速に制御される。

【0048】

ステップS 2では、制御装置5は、位置センサ41の検出した位置に基づいて、射出プランジャ13が所定の高速切替位置に到達したか否か判定し、到達したと判定するまで低速射出を継続する。高速切替位置に到達したと判定した場合は、プランジャ速度を高速に切り換えて高速射出を開始するように、油圧回路25に制御信号を出力する（ステップS 3）。すなわち、第2シリンダ室18dに供給する圧油の量を増大するように油圧回路25に制御信号を出力する。

10

【0049】

ステップS 4では、制御装置5は、昇圧開始条件が満たされたか否か判定し、昇圧開始条件が満たされたと判定するまで高速射出を継続する。昇圧開始条件は、例えば、第1圧力センサ43及び第2圧力センサ45の検出した圧力に基づいてサージ圧が検出されたこと、位置センサ41の検出した位置に基づいて射出プランジャ13が所定の位置に到達したことが検出されたことなどである。

【0050】

制御装置5は、昇圧開始条件が満たされたと判定すると、昇圧開始を指令する（ステップS 5）。すなわち、第4シリンダ室18fに圧油が供給されるように油圧回路25に制御信号を出力する。

20

【0051】

ステップS 6では、制御装置5は、溶湯の昇圧が開始されたか否か判定する。例えば、第1圧力センサ43及び第2圧力センサ45の検出した圧力に基づいて算出されるシリンダ圧力が上昇を開始したか否かを判定する。制御装置5は、昇圧が開始されたと判定したときは、昇圧時間の計測を開始する（ステップS 7）。

【0052】

ステップS 8では、制御装置5は、シリンダ圧力が鑄造圧力（終圧）に到達したか否かを判定し、到達したと判定するまで待機する。制御装置5は、シリンダ圧力が鑄造圧力に到達したと判定したときは、昇圧時間の計測を終了する（ステップS 9）。また、昇圧動作を終了し、保圧動作を行うように油圧回路25へ制御信号を出力する（ステップS 10）。

30

【0053】

制御装置5は、高速切替位置（ステップS 2）、高速速度（ステップS 3～S 4）、昇圧時間（ステップS 7及びS 9）、シリンダ圧力（鑄造圧力、ステップS 8）を管理することにより、ダイカスト製品の良否判別やフィードバック制御を行う。例えば、計測した昇圧時間や高速速度と、これらの目標値とを比較し、その差が大きい場合には、異常が生じたものとして判定する。また、計測した昇圧時間や高速速度が、これらの目標値に近くように、その計測している成形サイクル中に、若しくは、次の成形サイクルにおいて、圧油の供給量を制御する。

40

【0054】

しかし、高速切替位置、高速速度、昇圧時間、シリンダ圧力は、プランジャロッド13bを介して計測されているものであり、これらが目標値に制御されたとしても、実際に所望の圧力が溶湯に伝わっているかどうかはわからない。従って、実際には金型内に異常が発生しても、制御装置5は、良品と判定してしまうおそれがある。また、金型に温度センサや圧力センサを設け、金型温度や溶湯圧力を直接的に計測、管理する場合、金型自体に細工をしなければならないことからコストが増大する。

【0055】

そこで、ダイカストマシン1では、マイクロフォン47の検出する音の大きさ（音圧）に基づいて、ダイカスト製品の良否を判定している。具体的には以下のとおりである。

50

【 0 0 5 6 】

なお、音圧は、音圧を表す指標（例えば瞬時音圧）によっては正負があるが、音の大きさに関するはその指標の絶対値であることから、以下では、特に断り無く、音圧、又は、音圧の大きさの語により、その指標の絶対値を指すことがある。

【 0 0 5 7 】

図 3 及び図 4 は、溶湯が金型のキャビティに充填される前後における、すなわち、高速射出が開始された後（ステップ S 3 の後）から昇圧が終了するまで（ステップ S 8 ）の間の所定の期間における、マイクロフォン 4 7 が検出した瞬時音圧を示すグラフである。図 3 及び図 4 において、横軸は時間、縦軸は音圧である。

【 0 0 5 8 】

図 3 及び図 4 は、実験において実際に計測された瞬時音圧である。参考に、横軸及び縦軸に数値を記載するが、本願発明はこのような数値範囲において音圧が計測されるものに限定されるものではない。例えば、瞬時音圧の大きさは、マイクロフォン 4 7 と金型 1 0 2 との距離等により変化する。

【 0 0 5 9 】

図 3 は、良品が鑄造されたときの計測結果を示している。また、図 4 は、不良品が鑄造されたときの計測結果を示している。具体的には、図 4 は、チルベント 1 0 4 を塞ぎ、ガス抜けを悪くし、ダイカスト製品に膨れを生じさせた場合の計測結果を示している。

【 0 0 6 0 】

図 3 では、点線 L 1 で示す付近において、図 4 では、点線 L 1 で示す付近において、音圧が急激に大きくなっている。これは、溶湯が金型 1 0 2 のキャビティ C a に充填されたときにキャビティ C a を音源として発生する射出音が生じたことを示している。

【 0 0 6 1 】

なお、本願において、充填は、キャビティ C a に溶湯が充満した状態（キャビティ C a 内にガスが無い状態）を意味しない。本願の充填は、ガス抜けが悪く、キャビティ C a にガスが残っている場合に、そのガスが占める部分を除いて空いているところに溶湯が充填されることを含む。この場合であっても、図 4 に示されるように、射出音は生じる。

【 0 0 6 2 】

射出音の発生タイミングは、溶湯の給湯誤差や油圧回路 2 5 の制御誤差等により、射出プランジャ 1 3 の位置などに基づいて特定することは難しい。しかし、図 3 及び図 4 から理解されるように、射出音が生じたか否かは、検出された音圧が射出音発生判定閾値 P_t を超えたか否かにより判定可能である。

【 0 0 6 3 】

射出音発生判定閾値 P_t は、高速射出が開始された後（ステップ S 3 の後）から昇圧が終了するまで（ステップ S 8 ）の間の所定の期間において、マイクロフォン 4 7 により検出された音圧の変化を、良品及び不良品が鑄造された場合の少なくとも一方に基づいて分析することにより、急激に大きくなる前の音圧の振幅よりも大きく、かつ、急激に大きくなった音圧の振幅よりも小さい範囲で、適宜に設定してよい。なお、振幅は、基準となる音圧（例えば 0 ）から正又は負の極点（音圧を表す指標として実効音圧等の正のみの値を利用する場合には正の極点）に至る大きさである。

【 0 0 6 4 】

図 3 と、図 4 とを比較すると、不良品が鑄造される場合には、良品が鑄造される場合に比較して、射出音発生直後において音圧が大きくなっている。従って、射出音の発生から所定の設定時間 T_0 が経過するまでの間において、マイクロフォン 4 7 により検出された音圧が所定の設定音圧を超えたか否かを判定することにより、充填状態の良否判定を行うことが可能である。

【 0 0 6 5 】

設定音圧 P_s は、不良品が鑄造された場合の音圧と、良品が鑄造された場合の音圧とを射出音発生後において比較し、不良品が鑄造された場合の音圧の振幅よりも小さく、かつ、良品が鑄造された場合の音圧の振幅よりも大きくなる範囲で、適宜に設定してよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

設定時間 T_0 は、不良品が鑄造された場合の音圧と、良品が鑄造された場合の音圧とを射出音発生後において比較し、不良品が鑄造された場合の音圧の振幅が良品が鑄造された場合の音圧の振幅よりも大きくなる範囲で、適宜に設定してよい。例えば、図 3 及び図 4 の計測データでは、0.01 秒程度が適切である。0.01 秒を過ぎると、不良品が鑄造された場合でも音圧は収束し始め、良品が鑄造された場合と差がほとんど無くなるからである。

【 0 0 6 7 】

図 5 は、上述のような射出音に基づく充填状態の良否判定を実現するために、制御装置 5 が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャートである。この処理は、例えば、各成形サイクルにおいて、図 2 の射出制御と並行してリアルタイムで行われる。

10

【 0 0 6 8 】

なお、以下の処理では、音圧を表す指標として、瞬時音圧、実効音圧、音圧レベル等の適宜な指標が利用されてよいが、一例として瞬時音圧を用いた場合を説明する。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 2 1 では、制御装置 5 は、射出音発生判定開始条件が満たされたか否か判定し、満たされたと判定するまで待機し、満たされたと判定したときはステップ 2 2 に進む。上述のように、制御装置 5 は、マイクロフォン 4 7 の検出した検出音圧が、射出音発生判定閾値 P_t を超えたか否かにより射出音の発生を検出するが、各成形サイクルにおいては、射出音よりも音圧が大きい、射出音以外の音がマイクロフォン 4 7 により検出され、当該射出音以外の音を射出音として誤って検出してしまうおそれがある。そこで、そのようなおそれをなくすために、射出音よりも音圧が大きい音が生じる可能性のある工程が終了したか否かを判定し、終了したと判定した場合に、射出音発生判定を開始する。射出音発生判定開始条件は、例えば、位置センサ 4 1 により検出された射出プランジャ 1 3 の位置が高速切替位置に到達したこと（ステップ S 3 に進んだこと）、低速射出が開始されたこと（ステップ S 1 ）、型締又は型閉が終了したことなどである。

20

【 0 0 7 0 】

ステップ S 2 2 では、上述のように、制御装置 5 は、検出音圧が、射出音発生判定閾値 P_t を超えたか否か判定し、超えたと判定するまで待機し、超えたと判定したときはステップ S 2 3 に進む。

30

【 0 0 7 1 】

ステップ S 2 3 では、上述のように、検出音圧のうち、射出音発生から設定時間 T_0 における音圧に基づいて良否判定を行うために、計時を開始する。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 2 4 では、検出音圧が設定音圧 P_s を超えたか否か判定する。検出された音圧が設定音圧 P_s を超えたと判定した場合は、設定音圧 P_s を超えたことを示す検出回数に 1 を加算し（ステップ S 2 5 ）、ステップ S 2 6 に進む。音圧が設定音圧 P_s を超えたと判定しなかった場合は、ステップ S 2 5 をスキップしてステップ S 2 6 に進む。

【 0 0 7 3 】

なお、検出音圧が設定音圧 P_s を超えたか否かの判定は、一波長若しくは半波長毎に行われる。例えば、音圧の変化率の符号が逆転する時点を特定し、その特定した時点の音圧を振幅として特定し、その特定した振幅と設定音圧 P_s とを比較する。及び / 又は、ゼロクロスをしたか否かの判定をして、一波長若しくは半波長毎に判定を行う。

40

【 0 0 7 4 】

ステップ S 2 6 では、制御装置 5 は、計時している時間が設定時間 T_0 に到達したか否か判定する。到達したと判定しなかった場合は、ステップ S 2 4 に戻り、到達したと判定した場合は、ステップ S 2 7 に進む。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 2 7 では、制御装置 5 は、検出音圧が設定音圧 P_s を超えたことを示す検出回数が、所定の設定回数を超えたか否か判定する。超えたと判定した場合は、所定の異常

50

時処理を実行し(ステップS28)、その後、処理を終了する。超えなかったと判定した場合は、ステップS28をスキップして処理を終了する。

【0076】

異常時処理は、例えば、異常が発生したことを作業者に報知するための報知処理、押出工程において固定金型100A又は移動金型100Bから押し出されたダイカスト製品を、良品とは別に仕分けするように不図示の搬送装置を制御するための処理、成形サイクルを停止させるための処理である。報知処理は、例えば、異常が発生したことを示す所定の画像をモニタ35に表示するための処理、異常が発生したことを示す所定の報知音を不図示のスピーカから出力するための処理、異常が発生したことを示す情報を外部記憶装置33に記録する処理である。

10

【0077】

なお、設定時間 T_o の間において、瞬時音圧が設定音圧 P_s を越えたか否かを判定するのであるから、瞬時音圧のサンプリングは、設定時間 T_o (例えば0.01秒)よりも短い周期で行われる必要がある。また、図5のように、計測と同時にステップS21~S26等の各処理を実行する場合には、各処理は、設定時間 T_o よりも短い時間で実行される必要がある。マイクロフォン47による音圧の計測は、必要最小限の期間、すなわち、ステップS21~ステップS26までの間においてのみ行ってもよいし、その期間を含むより広い期間において行ってもよい。

【0078】

射出音発生判定閾値 P_t 、設定音圧 P_s 、設定時間 T_o 、設定回数は、ダイカストマシン1(判定装置50)の製造者において設定してもよいし、ダイカストマシン1のユーザにおいて設定可能であってもよい。

20

【0079】

以上の第1の実施形態によれば、ダイカストマシン1の判定装置50は、溶湯が金型102のキャピティCaに充填されたときに発生する射出音の音圧を検出可能なマイクロフォン47と、マイクロフォン47の検出した射出音の音圧と、設定音圧 P_s とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定する制御装置5とを備えていることから、従来、熟練者のみが正常時と異常時との違いを捉えることができた射出音を、その違いを数値的に捉え、溶湯の充填状態の良否を判定することができる。

【0080】

従来のような、射出プランジャの速度(例えば高速速度)、シリンダ圧力、昇圧時間等の測定値と基準値とを比較して行うダイカスト製品の良否判定方法に、上述の音圧に基づく判定方法を加えると、製品の良否判定の精度が向上する。

30

【0081】

制御装置5は、マイクロフォン47の検出した音圧が射出音発生判定閾値 P_t を超えたか否かを判定し、マイクロフォン47の検出した音圧が射出音発生判定閾値 P_t を超えたと判定されてから設定時間 T_o の間にマイクロフォン47の検出した音圧を射出音の音圧とし、その射出音の音圧と設定音圧 P_s と比較して溶湯の充填状態の良否を判定することから、射出音の発生を適切に検出できるとともに、良否判定に資する検出音圧から、射出音発生後の他の音の影響を排除することができる。従って、射出音に基づく良否判別の精度を向上できる。

40

【0082】

制御装置5は、マイクロフォン47の検出した射出音の音圧の振幅が設定音圧 P_s を超えた回数が所定の設定回数を超えたときに溶湯の充填状態に異常が生じたと判定することから、何らかの偶発的な要因により、音圧の大きい射出音以外の音がマイクロフォン47により検出されたとき等に生じる判定誤差を防止することができる。

【0083】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置の機械的構成は第1の実施形態と同様である。すなわち、第2の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置は、図1に

50

示したように、ダイカストマシン 1 に設けられた制御装置 5 及びマイクロフォン 4 7 を含んで構成されている。また、第 2 の実施形態においても、ダイカストマシン 1 は、図 2 を参照して説明した第 1 の実施形態と同様の成形サイクルや射出工程を行う。

【0084】

ただし、第 2 の実施形態では、制御装置 5 は、図 5 を参照して説明した第 1 の実施形態の良否判定処理とは異なる良否判定処理を実行する。

【0085】

第 1 の実施形態では、チルベント 104 を塞いだ場合に射出音が大きくなったことから、射出音が設定音圧 P_s を超えたか否かに基づいて異常の発生を判定した。しかし、異常の種類によっては、射出音が正常時よりも小さくなることも考えられる。そこで、第 2 の実施形態では、制御装置 5 は、射出音が正常時よりも小さくなる異常も検出可能な良否判定処理を実行する。

10

【0086】

図 6 及び図 7 は、第 2 の実施形態の判定処理を説明するために、図 3 及び図 4 に示した瞬時音圧の時系列変化を、良否判定の基準となる正側の許容範囲 P_{Rp} 及び負側の許容範囲 P_{Rn} (以下、単に「許容範囲 P_R 」といい、両者を区別しないことがある。)とともに示す図である。

【0087】

正側の許容範囲 P_{Rp} は、正側の上限値 P_{Lpu} 及び正側の下限値 P_{Lpd} により規定されている。負側の許容範囲 P_{Rn} は、負側の上限値 P_{Lnu} 及び負側の下限値 P_{Lnd} により規定されている。以下、単に「上限値 P_{Lu} 」又は「下限値 P_{Ld} 」といい、正側、負側を区別しないことがある。

20

【0088】

制御装置 5 は、検出した射出音の瞬時音圧の正側のピーク値 P_{pp} 及び負側のピーク値 P_{pn} (以下、単に「ピーク値 P_p 」といい、両者を区別しないことがある。)を特定する。そして、正側のピーク値 P_{pp} の平均値、負側のピーク値 P_{pn} の平均値をそれぞれ算出する。

【0089】

制御装置 5 は、正側のピーク値 P_{pp} の平均値が許容範囲 P_{Rp} 内にあるか否か、及び / 又は、負側のピーク値 P_{pn} の平均値が許容範囲 P_{Rn} 内にあるか否かを判定する。そして、各平均値が許容範囲 P_R 内に無い場合、異常が発生したと判定する。

30

【0090】

なお、正側のピーク値 P_{pp} は、音圧が増加から減少に切り替る点の音圧であり、負側のピーク値 P_{pn} は、音圧が減少から増加に切り替る点の音圧である。すなわち、ピーク値 P_p は、検出した音圧の変化率の符号が反転するときの音圧である。ただし、音圧の変化率の符号が反転するときの音圧すべてをピーク値 P_p として用いてもよいし、音圧の変化率の符号が反転するときの音圧のうち、所定の条件を満たす音圧のみをピーク値 P_p として用いてもよい。

【0091】

例えば、制御装置 5 は、正側又は負側のそれぞれにおいて、射出音開始時から検出音圧の変化率の符号が反転したときの音圧を順次特定するとともに保存してゆく。そして、正側又は負側のそれぞれにおいて、保存した数が所定の設定個数に到達した後は、新たに検出された変化率の符号が反転するときの音圧の絶対値が、保存されている音圧のうち絶対値が一番小さい音圧の絶対値よりも大きい場合にのみ、その一番小さい音圧に代えて、新たに検出された変化率の符号が反転するときの音圧を保存する。そして、射出音終了時に最終的に保存されている設定個数の音圧をピーク値 P_p として用いる。このようにすることで、ノイズ等に起因する微小変動によって生じた変化率の符号の反転の影響を抑制して、ピーク値 P_p の検出精度を向上できる。その他、適宜なフィルタ処理を行ったり、ゼロクロス判定に基づいて半波長毎にピーク値 P_p を検出するなどしてもよい。

40

【0092】

50

各ピーク値 P_p の平均値は、特定した射出音のピーク値 P_p を全て用いて算出してもよいし、特定した全てのピーク値 P_p から適宜に複数のピーク値 P_p を選択し、その選択したピーク値 P_p を用いて算出してもよい。

【0093】

複数のピーク値 P_p を選択的に用いて平均値を算出する場合、その選択方法は適宜な方法としてよい。例えば、特定した全てのピーク値 P_p のうち、大きいほうから所定数のピーク値 P_p 及び / 又は小さいほうから所定数のピーク値 P_p を除外して平均値を算出してもよい。また、例えば、特定した全てのピーク値 P_p の平均値や標準偏差を一端算出し、その平均値や標準偏差に基づいてピーク値 P_p の正規分布を特定し、その正規分布に基づいて発生確率が所定値以下となるピーク値 P_p の範囲を算出し、当該範囲内のピーク値 P_p を除外して再度平均値を算出してもよい。

10

【0094】

許容範囲 P_R の上限値 P_{LU} 及び下限値 P_{LD} は、良品が鑄造された場合のピーク値 P_p の平均値が含まれ、不良品が鑄造された場合のピーク値 P_p の平均値が含まれないように、実験等に基づいて適宜に設定してよい。

【0095】

例えば、良品が鑄造された場合における、上記のように算出した正側のピーク値 P_{pP} の平均値、負側のピーク値 P_{pN} の平均値を正側の許容範囲 P_{Rp} の基準値 P_{pPs} 、負側の許容範囲 P_{Rn} の基準値 P_{pNs} (以下、単に、「基準値 P_{pPs} 」といい、正側、負側を区別しないことがある) とし、その基準値 P_{pPs} に対して所定の許容幅を設定することにより、上限値 P_{LU} 及び下限値 P_{LD} を設定してもよい。この場合、基準値 P_{pPs} として、一回の鑄造におけるピーク値 P_{pP} の平均値を用いてもよいし、一回の鑄造におけるピーク値 P_{pP} の平均値を、複数回の鑄造について平均し、その平均値の平均値を用いるなど、ピーク値 P_{pP} の平均値を複数個用いてもよい。また、許容幅は、正側、負側、上限側、下限側で別個に設定してもよいし、いずれかにおいて共通に設定してもよい。許容幅には、例えば、良品が鑄造された場合の一回の鑄造における正側のピーク値 P_{pP} の平均値について、複数回の鑄造における標準偏差を算出し、その標準偏差又は標準偏差に適宜な補正係数を乗じたものを用いてよい。

20

【0096】

図8は、上述のような射出音の音圧が所定の許容範囲内にあるか否かに基づく充填状態の良否判定を実現するために、制御装置5が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャートである。この処理は、例えば、各成形サイクルにおいて、図2の射出制御と並行してリアルタイムで行われる。

30

【0097】

ステップS51～S53は、図5のステップS21～S23と同様の処理であり、また、ステップS54は、図5のステップS26と同様の処理である。従って、ステップS51～S54により、射出音発生時点(瞬時音圧の絶対値が射出音発生判定閾値 P_t を超えた時点)から所定の設定時間 T_o (例えば0.01秒)が経過するまでの間の瞬時音圧が計測される。

【0098】

ステップS55では、制御装置5は、正側及び / 又は負側のピーク値 P_p を特定する。ステップS56では、正側及び / 又は負側のピーク値 P_p の平均値を算出する。そして、ステップS57では、その算出した平均値が許容範囲 P_R 内か否かを判定する。

40

【0099】

制御装置5は、平均値が許容範囲 P_R 内でないと判定した場合は、ステップS58に進んだ後、処理を終了する。平均値が許容範囲 P_R 内であると判定した場合は、ステップS58をスキップして処理を終了する。ステップS58は、図5のステップS28と同様の処理である。

【0100】

なお、射出音発生判定閾値 P_t 、許容範囲 P_R (許容範囲 P_R を規定する上限値、下限

50

値、基準値等のパラメータのうち少なくとも一つ)、設定時間 T_0 は、ダイカストマシン1(判定装置50)の製造者において設定してもよいし、ダイカストマシン1のユーザにおいて設定可能であってもよい。また、正側及び負側の双方について判定するか否か、正側及び負側の一方についてのみ判定する場合に正側及び負側のうちいずれについて判定するかは、ダイカストマシン1のユーザにおいて選択可能であってもよい。

【0101】

以上の第2の実施形態によれば、第1の実施形態と同様の効果を奏する。すなわち、従来、熟練者のみが正常時と異常時との違いを捉えることができた射出音を、その違いを数値的に捉え、溶湯の充填状態の良否を判定することができる。

【0102】

また、ピーク値 P_p が、上限値 P_{Lp} 及び下限値 P_{Ln} により規定される許容範囲 P_R 内か否かにより良否判定を行うことから、射出音が大きくなる異常だけでなく、射出音が小さくなる異常も検出できる。ピーク値 P_p が、許容範囲 P_R 内か否かの判定を、ピーク値 P_p の平均値を用いて行うことから、ノイズ等により偶発的に生じた大きい又は小さいピーク値 P_p の影響を排除でき、良否判定の精度が向上する。正側、負側を区別して良否判定を行うことにより、より高精度な判定が期待される。

【0103】

(第3の実施形態)

本発明の第3の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置の機械的構成は第1の実施形態と同様である。すなわち、第3の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置は、図1に示したように、ダイカストマシン1に設けられた制御装置5及びマイクロフォン47を含んで構成されている。また、第3の実施形態においても、ダイカストマシン1は、図2を参照して説明した第1の実施形態と同様の成形サイクルや射出工程を行う。

【0104】

ただし、第3の実施形態では、制御装置5は、図5を参照して説明した第1の実施形態の良否判定処理とは異なる良否判定処理を実行する。

【0105】

図9は、良品が鑄造された場合の射出音の瞬時音圧の測定結果10回分と、チルベントが塞がれることにより不良品が鑄造された場合の射出音の瞬時音圧の測定結果10回分について、瞬時音圧の時系列データをフーリエ変換して示すグラフである。すなわち、図3と同様な瞬時音圧の時系列データ10個と、図4と同様な瞬時音圧の時系列データ10個とをフーリエ変換して示すグラフである。横軸は周波数(Hz)、縦軸は音圧レベル(dB)である。図9は、可聴域(20~20000Hz)を含む範囲で解析結果を示している。なお、フーリエ変換の対象とした時間範囲は、図3及び図4に示すように、射出音発生時点(瞬時音圧の絶対値が射出音発生判定閾値 P_t を超えた時点)から0.01秒後までの間である。

【0106】

なお、参考までに、図9等において横軸及び縦軸に数値を記載し、また、以下の説明では、理解を容易にするために、図示した数値を参照するが、本願発明はこのような数値範囲に限定されるものではない。例えば、良品鑄造時及び不良品鑄造時の射出音の周波数特性は、それぞれキャピティCaの形状等により変化する。

【0107】

図9に示すように、可聴域全域で見たときには、概ね、良品鑄造時の音圧レベルと、不良品鑄造時の音圧レベルとは、同レベルにある。従って、熟練者でなければ相違が聞き取りづらいことが窺える。

【0108】

微視的に見ると、周波数が0~5000Hzの範囲では、不良品鑄造時の音圧レベルが良品鑄造時の音圧レベルよりも高い傾向にあり、周波数が5000~20000Hzの範囲では、良品鑄造時の音圧レベルが不良品鑄造時の音圧レベルよりも高い傾向にある。良品鑄造時及び不良品鑄造時のいずれにおいても、周波数0~5000Hzの範囲の音圧レ

10

20

30

40

50

ベルは、周波数 5 0 0 0 ~ 2 0 0 0 0 H z の範囲の音圧レベルよりも高い傾向にある。

【 0 1 0 9 】

なお、周波数が 5 0 0 0 ~ 2 0 0 0 0 H z の範囲では、良品鑄造時の音圧レベルが不良品鑄造時の音圧レベルよりも高い傾向にあるにも係わらず、図 3 及び図 4 に示した生の音圧（全周波数の足し合わせの音圧）では、不良品鑄造時の音圧のほうが良品鑄造時よりも大きくなるのは、周波数 0 ~ 5 0 0 0 H z の範囲の音圧レベルは、周波数 5 0 0 0 ~ 2 0 0 0 0 H z の範囲の音圧レベルよりも高い傾向にあることからであると考えられる。

【 0 1 1 0 】

図 1 0 は、図 9 に示した周波数解析結果のうち、周波数 0 ~ 5 0 0 0 H z の範囲を示す図である。図 1 0 から、1 0 0 0 H z 付近で不良品鑄造時と、良品鑄造時とで音圧レベルに明瞭な差があることが分かる。

10

【 0 1 1 1 】

図 1 1 (a) は、図 1 0 に示した周波数解析結果のうち、周波数 9 0 0 ~ 1 0 5 0 H z の範囲を示す図である。図 1 1 (a) に示すように、良品鑄造時の音圧レベルと、不良品鑄造時の音圧レベルとは、所定の周波数範囲において、その存在範囲が異なっている。すなわち、良品鑄造時の音圧レベルは、約 6 0 d B よりも小さく、不良品鑄造時の音圧レベルは、約 6 0 d B よりも大きい。

【 0 1 1 2 】

図 1 1 (b) は、図 1 1 (a) に示した良品鑄造時の測定結果 1 0 回分と、不良品鑄造時の測定結果 1 0 回分それぞれについて、図 1 1 (a) に示した周波数範囲（9 0 0 ~ 1 0 5 0 H z ）において、音圧レベルを平均して示すグラフである。横軸は、測定回数 2 0 回（良品鑄造時 1 0 回、不良品鑄造時 1 0 回）を示しており、縦軸は、音圧レベル（d B ）である。

20

【 0 1 1 3 】

図 1 1 (b) に示すように、所定の周波数範囲において音圧レベルを平均した場合も、良品鑄造時の音圧レベルと、不良品鑄造時の音圧レベルとは、その存在範囲が異なっている。また、平均されることにより、図 1 1 (a) に示されるような周波数に対する音圧レベルの変動が均され、良品鑄造時の音圧レベルと不良品鑄造時の音圧レベルとの差がより鮮明になっている。

【 0 1 1 4 】

以上のとおり、溶湯充填状態の良否判定は、射出音の所定の周波数における検出音圧と、設定音圧とを比較し、検出音圧が設定音圧を超えたときに異常が発生したと判定することにより可能である。そこで、第 1 の実施形態では、時系列（時間領域）で与えられる音圧と設定音圧とを比較したのに対し、第 3 の実施形態では、周波数領域で与えられる音圧と設定音圧とを比較する。

30

【 0 1 1 5 】

図 1 2 は、上述のような射出音の所定の周波数における検出音圧に基づく充填状態の良否判定を実現するために、制御装置 5 が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャートである。この処理は、例えば、各成形サイクルにおいて、図 2 の射出制御と並行してリアルタイムで行われる。

40

【 0 1 1 6 】

ステップ S 3 1 ~ S 3 3 は、図 5 のステップ S 2 1 ~ S 2 3 と同様の処理であり、また、ステップ S 3 4 は、図 5 のステップ S 2 6 と同様の処理である。従って、ステップ S 3 1 ~ S 3 4 により、射出音発生時点（瞬時音圧の絶対値が射出音発生判定閾値 P_t を超えた時点）から所定の設定時間 T_o （例えば 0 . 0 1 秒）が経過するまでの間の瞬時音圧が計測される。

【 0 1 1 7 】

ステップ S 3 5 では、ステップ S 3 1 ~ S 3 4 において取得された瞬時音圧の時系列データに対してフーリエ変換を行い、周波数毎の音圧を算出する。フーリエ変換は、例えば F F T（高速フーリエ変換）により行う。なお、フーリエ変換の際には、窓関数を乗じた

50

り、各種のフィルタ処理を行うなど、算出精度を高めるための各種の処理を施してよい。

【0118】

瞬時音圧のサンプリングは、フーリエ変換によって所望の周波数又は所望の周波数範囲における音圧を算出可能な周期で行う必要がある。例えば、瞬時音圧のサンプリング周期を t とすると、FFTにより周波数毎の音圧が算出される周波数範囲は、 $0 \sim 1/(2t)$ であるから、所望の周波数範囲の最大値が $1/(2t)$ 以下になるように t を設定しなければならない。例えば、図11(a)に示したように、1050 Hz以下の音圧を算出したいのであれば、 t は、 $1/2100$ 秒(約0.0005秒)以下である必要がある。

【0119】

FFTにより周波数毎の音圧が算出されるときに周波数刻み f は、 $1/T_0$ となる。例えば、 T_0 が0.01秒であれば、 f は、100(Hz)となる。従って、所望の周波数範囲においてより多くの周波数について音圧を算出したい場合には、例えば、 T_0 を長くしたり、算出した周波数毎の音圧に基づいて補間計算を行う必要がある。なお、FFT法を改良したり、補間計算を行うことにより、 $1/T_0$ よりも小さい周波数刻み f で周波数毎の音圧を算出可能なFFTアナライザは市販されており、公知である。周波数刻み f を $1/T_0$ よりも小さくする手法は、種々選択可能であるとともに、市販のFFTアナライザにおいてもその手法は各社によって異なるが、良否判定のための設定音圧を求めるときと、良否判定をするときとで、その手法が共通していれば、補間計算等により判定精度が低下することはないと考えられる。また、第3の実施形態では、周波数毎の音圧を基に良否判別をすることから、 T_0 を長くして瞬時音圧の時系列データに射出音の後の音が混じっても、射出音と射出音の後の音との周波数範囲が異なれば、誤差は拡大しない。

【0120】

なお、フーリエ変換では、フーリエ変換がいわゆるパワースペクトルを計算するものであれば、単位時間あたりの瞬時音圧の2乗が算出される。従って、算出された値の平方根は、単位の観点からは、周波数毎の実効音圧と等価である。また、その実効音圧と基準の実効音圧との比を底とする対数の20倍は、単位の観点からは、周波数毎の音圧レベルと等価である。以下の処理では、フーリエ変換で得られたそのままの値、実効音圧、音圧レベルのいずれが用いられてもよいことから、これらを区別せずに、音圧又は検出音圧の語で総称する。

【0121】

ステップS36では、制御装置5は、ステップS35で得られた周波数毎の検出音圧を、所定の周波数範囲について平均する。例えば、図11に示した900~1050 Hzの周波数毎の検出音圧を平均する。

【0122】

ステップS37では、制御装置5は、ステップS36で算出した検出音圧の平均が設定音圧を超えているか否かが判定する。設定音圧は、例えば、図11(b)の実験結果に基づいて、65 dBに設定されている。

【0123】

制御装置5は、検出音圧の平均が設定音圧を超えていると判定した場合は、ステップS38に進んだ後、処理を終了する。超えていないと判定した場合は、ステップS38をスキップして処理を終了する。ステップS38は、図5のステップS28と同様の処理である。

【0124】

なお、フーリエ変換は、制御装置5の外部記憶装置33にFFTのプログラムを記憶させることにより実現されてもよいし、市販のFFTアナライザを制御装置5に組み込むことにより実現されてもよい。

【0125】

射出音発生判定閾値、設定音圧、設定時間、平均の対象とする周波数範囲は、ダイカストマシン1(判定装置50)の製造者において設定してもよいし、ダイカストマシン1の

10

20

30

40

50

ユーザにおいて設定可能であってもよい。

【0126】

以上の第3の実施形態によれば、第1の実施形態と同様の効果を奏する。すなわち、従来、熟練者のみが正常時と異常時との違いを捉えることができた射出音を、その違いを数値的に捉え、溶湯の充填状態の良否を判定することができる。

【0127】

制御装置5は、マイクロフォン47の検出した射出音の音圧の時系列変化に基づいて射出音の可聴域の所定の周波数における音圧を算出し、その算出した所定の周波数における音圧と設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定することから、射出音とは周波数特性の異なる音によるノイズを除去して良否判定を行うことができ、良否判定の精度が向上する。また、可聴域の音を対象としていることから、設定音圧等の設定において熟練者の知識を利用することも可能である。

10

【0128】

制御装置5は、射出音の可聴域の複数の周波数毎の音圧を算出し、算出した複数の周波数毎の音圧のうち所定の周波数範囲（例えば900～1050Hz）の音圧を平均して所定の周波数範囲における音圧の平均値を算出し、その算出した平均値と、設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定することから、周波数毎に生じる誤差が均され、判定精度が向上する。

【0129】

（第4の実施形態）

本発明の第4の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置の機械的構成は第1の実施形態と同様である。すなわち、第4の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置は、図1に示したように、ダイカストマシン1に設けられた制御装置5及びマイクロフォン47を含んで構成されている。また、第4の実施形態においても、ダイカストマシン1は、図2を参照して説明した第1の実施形態と同様の成形サイクルや射出工程を行う。

20

【0130】

ただし、第4の実施形態では、制御装置5は、図5を参照して説明した第1の実施形態の良否判定処理とは異なる良否判定処理を実行する。第4の実施形態では、制御装置5は、第3の実施形態と同様に、周波数毎の音圧に基づいて良否判定を行う。ただし、第3の実施形態が平均を算出して判定したのに対し、第4の実施形態では、平均を算出せずに、周波数毎の音圧と、設定音圧とを比較して良否判定を行う。

30

【0131】

図13は、上述のような周波数毎の音圧と、設定音圧とを比較する良否判定を実現するために、制御装置5が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャートである。この処理は、例えば、各成形サイクルにおいて、図2の射出制御と並行してリアルタイムで行われる。

【0132】

ステップS41～S45は、図12のステップS31～S35と同様である。従って、ステップS41～S45により、射出音発生時点（瞬時音圧の絶対値が射出音発生判定閾値 P_t を超えた時点）から所定の設定時間 T_o （例えば0.01秒）が経過するまでの間の瞬時音圧が計測されるとともに、その計測値に対してフーリエ変換が行われ、周波数毎の検出音圧が算出される。なお、検出音圧が、フーリエ変換したそのままの値、実効音圧、音圧レベル等であってもよいことは、第3の実施形態と同様である。

40

【0133】

ステップS46では、周波数毎に、検出音圧が設定音圧を超えているか否か判定する。なお、比較判定を行う周波数は、適宜に選択されてよい。例えば、図11に示したような、良品鑄造時と不良品鑄造時との音圧の差が大きくなる所定の周波数範囲（例えば900～1050Hz）において、全ての周波数について（ f 刻みで）比較判定をしてもよいし、上記の所定の周波数範囲から、いくつかの周波数を抽出して比較判定をしてもよい。上記の所定の周波数範囲に囚われずに、 $0 \sim 1 / (2 \cdot t)$ の範囲から適宜にいくつかの

50

周波数を抽出して比較判定をしてもよいし、複数の所定の周波数範囲からいくつかの周波数を抽出して比較判定をしてもよい。例えば、不良品鑄造時の音圧が良品鑄造時の音圧よりも高くなる傾向にある周波数範囲(20~5000Hz)と、良品鑄造時の音圧が不良品鑄造時の音圧よりも高くなる傾向にある周波数範囲(5000~20000Hz)とからいくつかの周波数を抽出して比較判定してもよい(ただし、この場合、良品鑄造時の音圧が不良品鑄造時の音圧よりも高くなる傾向にある周波数範囲(5000~20000Hz)では、検出音圧が設定音圧を超えないときに異常と判定する。)。

【0134】

また、設定音圧は、全ての周波数について共通に設定されていてもよいし、周波数毎に設定されていてもよい。設定音圧は、例えば、図11(a)の実験結果に基づいて、60dBに設定されている。

10

【0135】

ステップS47では、検出音圧が設定音圧を超えた周波数の数が、所定の設定数を超えたか否か判定する。超えたと判定した場合はステップS48を実行した後、処理を終了する。超えていないと判定した場合は、ステップS48をスキップして処理を終了する。ステップS48は、図5のステップS28と同様の処理である。

【0136】

なお、射出音発生判定閾値、設定音圧、設定時間、比較対象とする周波数、検出音圧が設定音圧を超えた周波数の数と比較される設定数は、ダイカストマシン1(判定装置50)の製造者において設定してもよいし、ダイカストマシン1のユーザにおいて設定可能であってもよい。

20

【0137】

以上の第4の実施形態によれば、第1の実施形態と同様の効果を奏する。すなわち、従来、熟練者のみが正常時と異常時との違いを捉えることができた射出音を、その違いを数値的に捉え、溶湯の充填状態の良否を判定することができる。また、第3の実施形態と同様の効果を奏する。すなわち、所定の周波数における音圧と設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定することから、射出音以外の音圧の大きな音によるノイズを除去して良否判定を行うことができ、良否判定の精度が向上する。可聴域の音を対象としていることから、設定音圧等の設定において熟練者の知識を利用することも可能である。

【0138】

制御装置5は、射出音の可聴域の複数の周波数毎の音圧を算出し、複数の周波数毎に、算出した音圧と設定音圧とを比較し、算出した音圧が設定音圧を超えた周波数の数が所定の設定数を超えたときに異常が生じたと判定することから、特定の周波数において誤差等に起因する誤判定が生じたとしても、その誤判定が最終的な良否判定に及ぼす影響は低減され、最終的な良否判定の精度が向上する。

30

【0139】

さらに、設定音圧を周波数毎に設定することとすれば、より正確に周波数毎の判定を行うことができ、最終的な良否判定の精度がより向上する。例えば、図11(a)では、特定の周波数(970Hz付近)でピークとなる傾向があるから、設定音圧もその特定の周波数においてピークとなるように変化させれば、より周波数毎の判定が正確になる。

40

【0140】

(第5の実施形態)

本発明の第5の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置の機械的構成は第1の実施形態と同様である。すなわち、第5の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置は、図1に示したように、ダイカストマシン1に設けられた制御装置5及びマイクロフォン47を含んで構成されている。また、第5の実施形態においても、ダイカストマシン1は、図2を参照して説明した第1の実施形態と同様の成形サイクルや射出工程を行う。

【0141】

第5の実施形態では、制御装置5は、第3及び第4の実施形態と同様に、周波数毎の音圧に基づいて良否判定を行う。ただし、第5の実施形態では、制御装置5は、図12及び

50

図 13 を参照して説明した第 3 及び第 4 の実施形態の良否判定処理とは異なる良否判定処理を実行する。

【 0 1 4 2 】

第 3 及び第 4 の実施形態では、チルベント 104 を塞いだ場合に、所定の周波数範囲（例えば 0 ~ 5000 Hz）において射出音が大きくなったことから、その周波数範囲の音圧が設定音圧を超えたときに異常と判定した。また、チルベント 104 を塞いだ場合に、他の周波数範囲（例えば 5000 ~ 20000 Hz）の周波数範囲において射出音が小さくなったことから、その周波数範囲の音圧が設定音圧よりも小さいときに異常と判定する方法についても言及した。

【 0 1 4 3 】

しかし、異常の種類によっては、所定の周波数範囲（例えば 0 ~ 5000 Hz）において異常時の射出音が正常時の射出音よりも小さくなり、その他の周波数範囲（例えば 5000 ~ 20000 Hz）において異常時の射出音が正常時の射出音よりも大きくなることも考えられる。そこで、第 5 の実施形態では、制御装置 5 は、種々の異常を検出可能な良否判定処理を実行する。

【 0 1 4 4 】

図 14 は、図 10 に示した、良品鑄造時の 10 ケース及び不良品鑄造時の 10 ケースの周波数解析結果のうち、良品鑄造時の 1 ケース及び不良品鑄造時の 1 ケースを抽出して示す図である。

【 0 1 4 5 】

図 15 は、図 14 の周波数解析結果のうち、所定の周波数範囲（900 ~ 1050 Hz）を拡大して示すとともに、良否判定の基準となる許容範囲 P_R を示す図である。

【 0 1 4 6 】

許容範囲 P_R は、上限値 P_{LU} 及び下限値 P_{LD} により規定されている。上限値 P_{LU} 及び下限値 P_{LD} は、周波数毎に設定されている。制御装置 5 は、射出音の周波数毎の音圧が、各周波数に対して設定された許容範囲 P_R 内にあるか否かを判定し、許容範囲 P_R 内に無い場合、異常が発生したと判定する。

【 0 1 4 7 】

許容範囲 P_R の上限値 P_{LU} 及び下限値 P_{LD} は、良品が鑄造された場合の射出音の音圧が含まれ、不良品が鑄造された場合の射出音の音圧が含まれないように、実験等に基づいて適宜に設定してよい。

【 0 1 4 8 】

例えば、良品が鑄造された場合における、周波数毎の射出音の音圧を許容範囲 P_{RP} の基準値 P_{PS} とし、その基準値 P_{PS} に対して所定の許容幅を設定することにより、上限値 P_{LU} 及び下限値 P_{LD} を設定してもよい。この場合、基準値 P_{PS} として、一回の鑄造における周波数毎の射出音の音圧を用いてもよいし、複数回の鑄造における周波数毎の射出音の音圧の平均を用いるなど、複数回の鑄造における周波数毎の射出音の音圧を用いてもよい。また、所定の許容幅は、上限側、下限側、各周波数で別個に設定してもよいし、いずれかにおいて共通に設定してもよい。許容幅には、例えば、良品が鑄造された場合の周波数毎の射出音の音圧について、複数回の鑄造における標準偏差を算出し、その標準偏差又は標準偏差に適宜な補正係数を乗じたものを用いてよい。

【 0 1 4 9 】

図 16 は、上述のような周波数毎の音圧と、許容範囲 P_R とを比較する良否判定を実現するために、制御装置 5 が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャートである。この処理は、例えば、各成形サイクルにおいて、図 2 の射出制御と並行してリアルタイムで行われる。

【 0 1 5 0 】

ステップ S61 ~ S65 は、図 12 のステップ S31 ~ S35 と同様である。従って、ステップ S61 ~ S65 により、射出音発生時点（瞬時音圧の絶対値が射出音発生判定閾値 P_t を超えた時点）から所定の設定時間 T_o （例えば 0.01 秒）が経過するまでの間

10

20

30

40

50

の瞬時音圧が計測されるとともに、その計測値に対してフーリエ変換が行われ、周波数毎の検出音圧が算出される。なお、検出音圧が、フーリエ変換したそのままの値、実効音圧、音圧レベル等であってよいことは、第3の実施形態と同様である。

【0151】

ステップS66では、周波数毎に、検出音圧が許容範囲 P_R 内か否か判定する。なお、比較判定を行う周波数は、第4の実施形態のステップS46と同様に、適宜に選択されてよい。すなわち、所定の周波数範囲において比較判定をしてもよいし、所定の周波数範囲に囚われずに比較判定をしてもよい。全ての周波数について(f 刻みで)比較判定をしてもよいし、いくつかの周波数を抽出して比較判定をしてもよい。

【0152】

なお、本実施形態は、正常時の周波数特性を基準として許容範囲を設定することにより、異常の種類と射出音の周波数特性との対応関係が予め分かっているなくても、異常を検出できることがメリットの一つである。換言すれば、想定外の異常を検出できることがメリットの一つである。従って、比較判定をする周波数は、所定の周波数に囚われずに、可聴域全体に対して所定間隔(例えば一定間隔)で設定することが効果的である。

【0153】

ステップS67では、検出音圧が許容範囲 P_R 外となった周波数の数が、所定の設定数を超えたか否か判定する。超えたと判定した場合はステップS68を実行した後、処理を終了する。超えていないと判定した場合は、ステップS68をスキップして処理を終了する。ステップS68は、図5のステップS28と同様の処理である。

【0154】

なお、射出音発生判定閾値、設定時間、許容範囲 P_R (許容範囲 P_R を規定する上限値、下限値、基準値等のパラメータのうち少なくとも一つ)、比較対象とする周波数、検出音圧が許容範囲外になったときの周波数の数と比較される設定数は、ダイカストマシン1(判定装置50)の製造者において設定してもよいし、ダイカストマシン1のユーザにおいて設定可能であってもよい。

【0155】

以上の第5の実施形態によれば、第1の実施形態と同様の効果を奏する。すなわち、従来、熟練者のみが正常時と異常時との違いを捉えることができた射出音を、その違いを数値的に捉え、溶湯の充填状態の良否を判定することができる。また、第3及び第4の実施形態と同様の効果を奏する。すなわち、所定の周波数における音圧と設定音圧とを比較して溶湯の充填状態の良否を判定することから、射出音以外の音圧の大きな音によるノイズを除去して良否判定を行うことができ、良否判定の精度が向上する。可聴域の音を対象としていることから、設定音圧等の設定において熟練者の知識を利用することも可能である。

【0156】

さらに、本実施形態は、正常時の周波数特性を基準として許容範囲を設定することから、異常の種類と射出音の周波数特性との対応関係が予め分かっているなくても、異常を検出できる。換言すれば、想定外の異常を検出できる。

【0157】

なお、以上の第1～第5の実施形態において、判定装置50は、本発明の溶湯充填状態良否判定装置の一例であり、マイクロフォン47は本発明の検出器の一例であり、制御装置5は、本発明の良否判定部、射出音発生判定部及び周波数解析部の一例である。

【0158】

本発明は以上の実施形態に限定されず、種々の態様で実施してよい。

【0159】

検出器は、射出音の音圧を直接的又は間接的に検出可能であればよく、マイクロフォンに限定されない。例えば、音は空気の振動であり、その振動は音源となる物体の振動により生成される一方、射出音の音源は金型及び溶湯の少なくとも一方であるから、金型の振動を測定する加速度センサにより、射出音を間接的に検出することが可能である。また、

10

20

30

40

50

検出器の配置位置は、金型のチルベント近傍に限定されない。例えば、射出スリーブ近傍（ダイプレートの金型取り付け面の背面側）に配置されても、射出スリーブを介して射出音を検出可能である。

【0160】

音圧を表す指標は、瞬時音圧、実効音圧、音圧レベル等、種々のものがあるが、いずれの指標を用いて良否判定を行ってもよい。例えば、第1の実施形態では、瞬時音圧に基づいて判定する場合を例示したが、実効音圧や音圧レベルが設定時間 T_0 において設定音圧を超えたか否かを判定してもよい。ただし、この場合、実効音圧や音圧レベルを算出する時間間隔は、設定時間 T_0 以下である必要がある。

【0161】

検出した射出音の音圧と、設定音圧との比較に基づく良否判定は、第1、第3及び第4の実施形態のように、検出した射出音の音圧が設定音圧を超えたときに異常と判定するもの、第2及び第5の実施形態のように、検出した射出音の音圧が許容範囲外となったときに異常と判定するもの（上限値としての第1の設定音圧を超えたとき、及び、下限値としての第2の設定音圧を下回ったときのいずれかが満たされたときに異常と判定するもの）に限定されない。異常が生じた場合の射出音のほうが、正常な射出音よりも音圧が小さくなるような異常を検出する場合や、異常が生じた場合の射出音のほうが、正常な射出音よりも音圧が小さくなるような周波数において比較する場合には、検出した射出音の音圧が設定音圧を超えないときに異常と判定してもよい。例えば、図9においては、周波数が5000～20000Hzの範囲では、良品鑄造時のほうが不良品鑄造時よりも音圧が高くなっていることから、当該周波数の音圧により良否を判定する場合には、閾値を超えないときに異常と判定可能である。

【0162】

第1～第5の実施形態は、適宜に組み合わせて実施してよい。例えば、制御装置5は、図5又は図8、図12、図13又は図16に示された良否判定方法のうち2以上を実行してもよい。この場合、複数の良否判定方法のうち、一つの方法において異常と判定されたときに異常時処理を行ってもよいし、所定数以上の方法において以上と判定されたときに異常時処理を行ってもよい。

【0163】

第1の実施形態では、検出音圧が設定音圧を超えた回数が所定の設定回数を超えたときに異常と判定したが、所定の設定回数を超えたか否かの判定は省略してもよい。すなわち、一回でも検出音圧が設定音圧を超えたら、異常と判定してもよい。なお、この場合、検出音圧が設定音圧を超えたか否かを判定するだけであるので、音圧の振幅を特定する必要がなく、サンプリング毎に逐次比較していけばよいから構成が簡素になる。また、第1の実施形態において、第2の実施形態のようにピーク値等の平均値を算出し、その平均値が設定音圧を超えたか否かの判定を行ってもよい。

【0164】

第2の実施形態では、ピーク値の平均が許容範囲外となったときに異常と判定したが、第1の実施形態のように、各ピーク値について許容範囲内か否かが判定し、許容範囲外となった数が所定の設定数を超えたときに異常と判定してもよい。各ピーク値について許容範囲内か否かが判定し、許容範囲外となった数が一つでもある場合に異常と判定してもよい。

【0165】

第3～第5の実施形態では、平均値の比較又は個別の比較により、複数の周波数について、検出音圧と設定音圧との比較を行ったが、一の周波数についてのみ比較を行って良否を判定してもよい。第5の実施形態では、第4の実施形態と同様に、周波数毎に許容範囲内か否かが判定し、許容範囲外となった数が所定の設定数を超えたときに異常と判定したが、第3の実施形態と同様に、所定の周波数範囲について平均値を算出し、その平均値が許容範囲外となったときに異常と判定してもよい。

【0166】

複数の判定に基づいて最終的な良否判定を行う方法は、第1～第5の実施形態に示され

10

20

30

40

50

たものに限定されない。例えば、第 1 の実施形態において、一定の時間刻みで設定された複数のサンプリング時刻において、検出音圧が設定音圧を超えたか否か判定し、その超えた数が所定の設定回数を超えたときに、最終的に異常と判定してもよい。

【0167】

第 1 ~ 第 5 の実施形態において示した、マイクロフォンによる音圧の検出と並行してリアルタイムで行われた処理（例えば、図 5 のステップ S 2 2 ~ S 2 6、図 8 のステップ S 5 1 ~ S 5 4、図 1 2 のステップ S 3 2 ~ S 3 4、図 1 3 のステップ S 4 2 ~ 4 4、図 1 6 のステップ S 6 1 ~ S 6 4）は、マイクロフォンにより検出した音圧のデータを RAM 3 1 等に逐次記録し、良否判定に必要な所定期間に亘ってデータが蓄積された以後において行われてもよい。この場合、マイクロフォンにより検出された音圧をサンプリングするサンプリング周期と、各処理に要する時間とを切り離すことができることから、各処理に要する時間よりも短いサンプリング周期で音圧を検出できる。換言すれば、各処理に要する時間を短くしなくても、精度の高い判定ができる。従って、ハードウェアの負担を軽減しつつ、判定精度を向上させることができる。

10

【0168】

射出音の検出は、検出した音圧が射出音発生判定閾値を超えたか否かに基づくものに限定されない。例えば、射出プランジャの位置から特定される射出音の発生タイミングと、実際の射出音の発生タイミングとのずれが、設定時間 T_0 に比較して短ければ、射出プランジャの位置から射出音の発生タイミングを特定し、特定した発生タイミング以後の音を射出音としてもよい。

20

【0169】

音圧と射出音発生判定閾値との比較により射出音の発生を特定する場合には、良否判定と同様に、周波数毎の音圧を算出し、一又は複数の周波数毎に比較したり、所定の周波数範囲の平均を比較してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0170】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る溶湯充填状態良否判定装置を備えたダイカストマシンの構成を示す図。

【図 2】図 1 のダイカストマシンの制御装置が実行する射出制御の手順を示すフローチャート。

30

【図 3】良品が鑄造された場合の射出音の時系列変化を示す図。

【図 4】不良品が鑄造された場合の射出音の時系列変化を示す図。

【図 5】図 1 の溶湯状態良否判定装置が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャート。

【図 6】良品が鑄造された場合の射出音の時系列変化を許容範囲とともに示す図。

【図 7】不良品が鑄造された場合の射出音の時系列変化を許容範囲とともに示す図。

【図 8】本発明の第 2 の実施形態に係る溶湯状態良否判定装置が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャート。

【図 9】射出音の可聴域での周波数解析結果を示す図。

【図 10】図 9 よりも狭い周波数範囲における周波数解析結果を示す図。

40

【図 11】図 10 よりも狭い周波数範囲における周波数解析結果を示す図。

【図 12】本発明の第 3 の実施形態に係る溶湯状態良否判定装置が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャート。

【図 13】本発明の第 4 の実施形態に係る溶湯状態良否判定装置が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャート。

【図 14】射出音の周波数解析結果を示す図。

【図 15】図 14 よりも狭い周波数範囲における周波数解析結果を許容範囲とともに示す図。

【図 16】本発明の第 5 の実施形態に係る溶湯状態良否判定装置が実行する良否判定処理の手順を示すフローチャート。

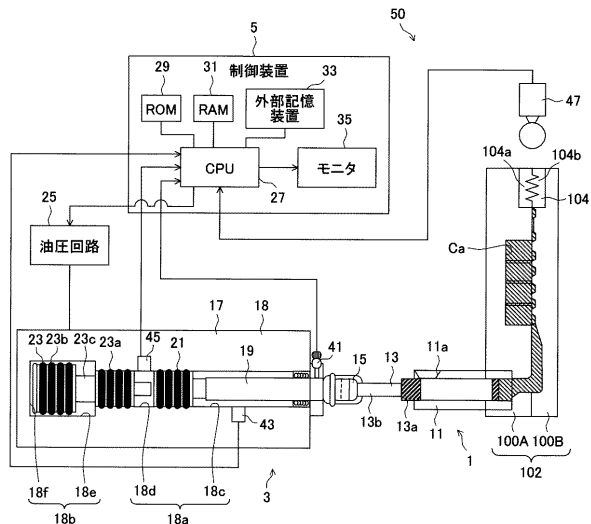
50

【符号の説明】

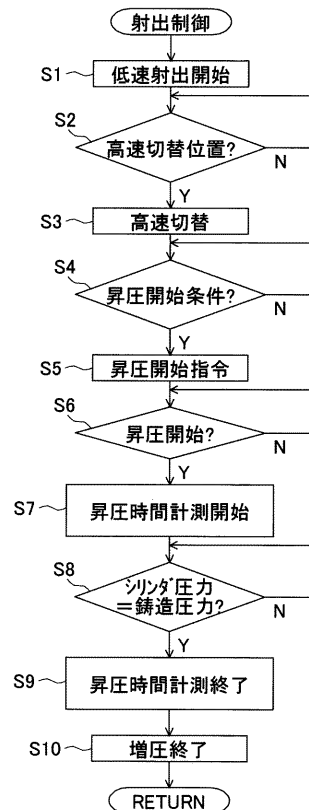
【0171】

1 ... ダイカストマシン、5 ... 制御装置（良否判定部）、47 ... マイクロフォン、50 ... 判定装置（溶湯充填状態良否判定装置）、100A ... 固定金型、100B ... 移動金型、Ca ... キャピティ。

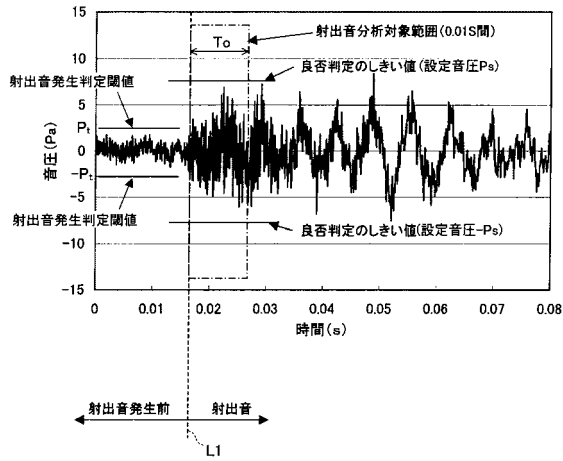
【図1】



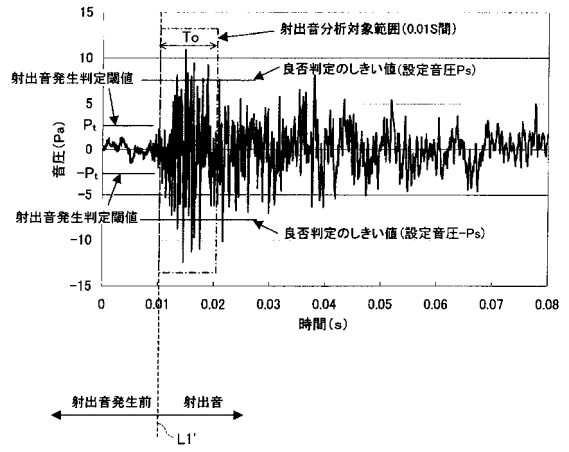
【図2】



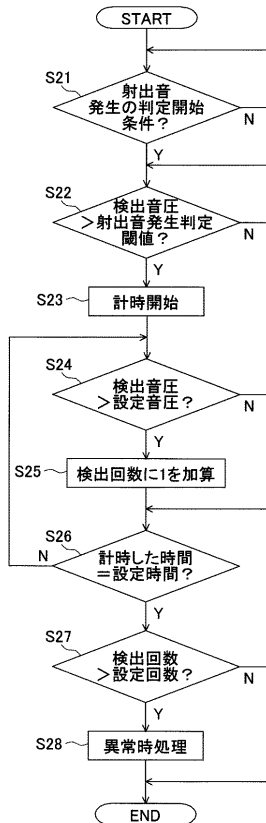
【 図 3 】



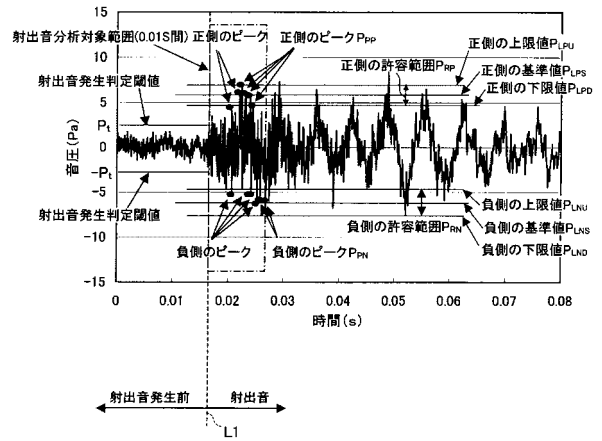
【 図 4 】



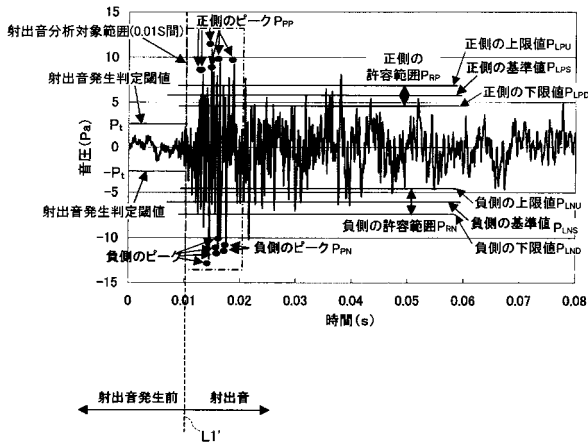
【 図 5 】



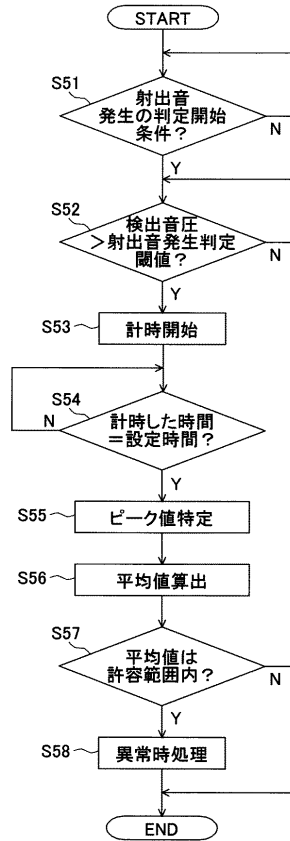
【 図 6 】



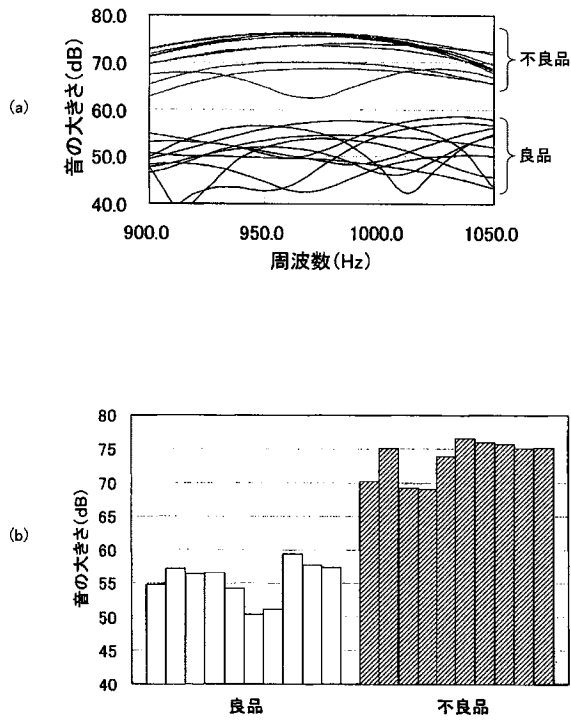
【 図 7 】



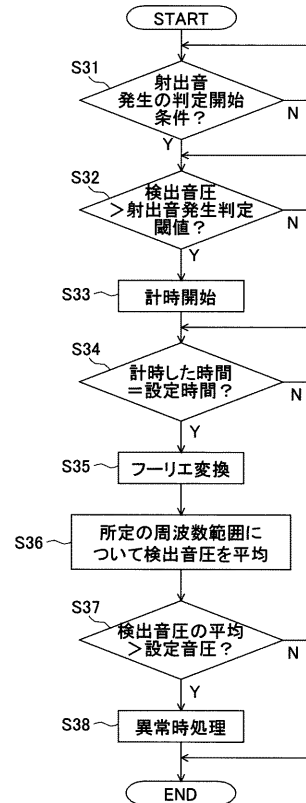
【 図 8 】



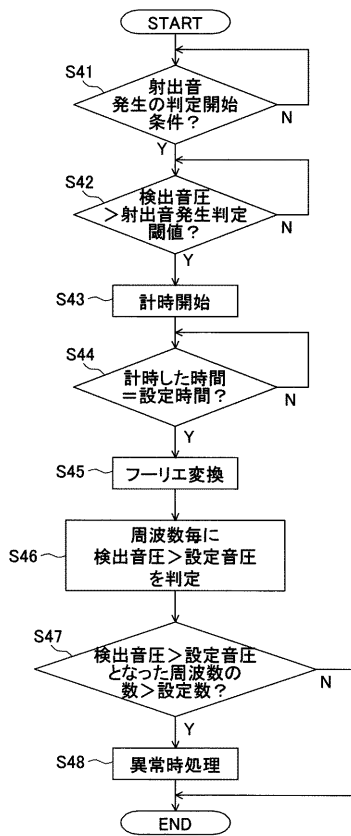
【 図 1 1 】



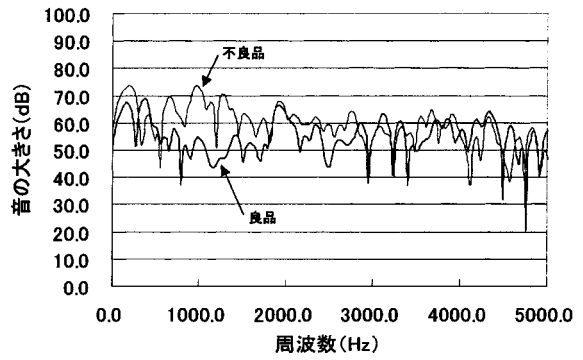
【 図 1 2 】



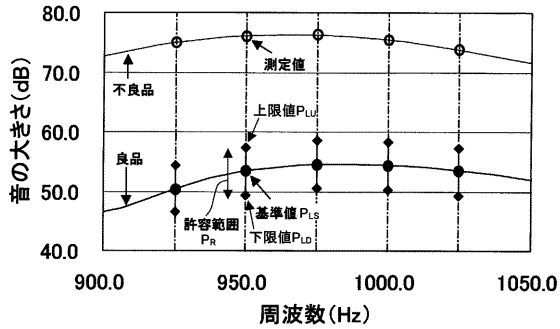
【 図 1 3 】



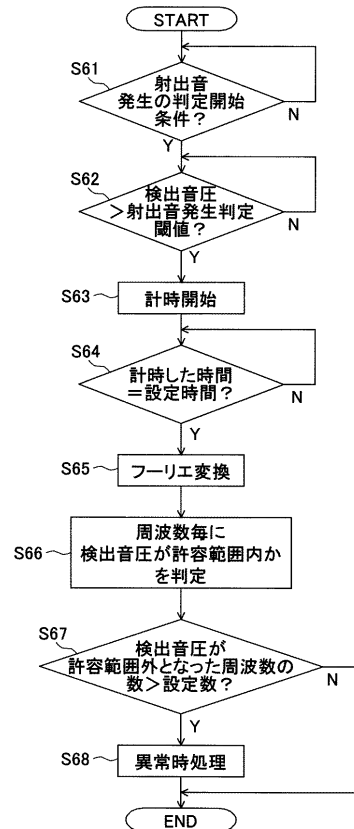
【 図 1 4 】



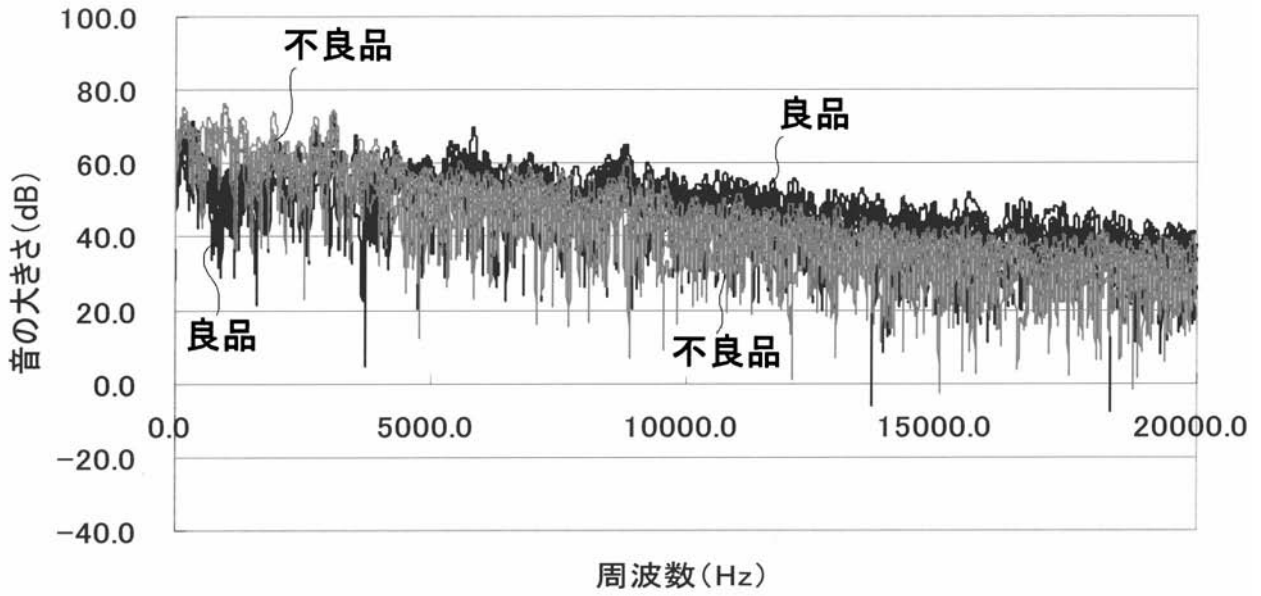
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 9 】



【 図 10 】

