

(19)



(10)

AT 515948 A4 2016-01-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 530/2014
(22) Anmeldetag: 03.07.2014
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2016

(51) Int. Cl.: **B29C 45/73** (2006.01)
B29C 35/00 (2006.01)
B29C 35/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 202009012749 U1
DE 102013016773 A1
US 2012241125 A1

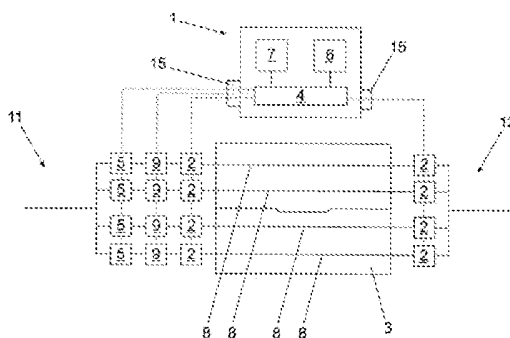
(71) Patentanmelder:
ENGEL AUSTRIA GMBH
4311 SCHWERTBERG (AT)

(72) Erfinder:
Raschke Florian MSc
4694 Ohlsdorf (AT)
Gießauf Josef Dipl.Ing.
4320 Perg (AT)
Pillwein Georg Dipl.Ing. Dr.
4210 Gallneukirchen (AT)

(74) Vertreter:
Torggler Paul Mag. Dr., Hofinger Stephan
Dipl.Ing. Dr., Gangl Markus Mag. Dr., Maschler
Christoph MMag. Dr.
Innsbruck

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Temperierung eines Formwerkzeugs

(57) Temperiervorrichtung zur Temperierung eines Formwerkzeugs (3) mit zumindest einem Signaleingang (15) mittels welchem zumindest ein Parametersignal einem Prozessor zuführbar ist, wobei der Prozessor dazu ausgebildet ist, aus zumindest einem Temperierparameter, welcher das zumindest eine Parametersignal oder eine daraus abgeleitete Größe ist, eine für das Erreichen eines im Wesentlichen thermisch stationären Zustands des Formwerkzeugs (3) charakteristische Größe zu berechnen und an eine Ausgabevorrichtung (6) weiterzugeben, welche zur Ausgabe der charakteristischen Größe an einen Bediener und/oder an eine Maschinensteuerung geeignet ist.



Zusammenfassung:

Temperiervorrichtung zur Temperierung eines Formwerkzeugs (3) mit zumindest einem Signaleingang (15) mittels welchem zumindest ein Parametersignal einem Prozessor zuführbar ist, wobei der Prozessor dazu ausgebildet ist, aus zumindest einem Temperierparameter, welcher das zumindest eine Parametersignal oder eine daraus abgeleitete Größe ist, eine für das Erreichen eines im Wesentlichen thermisch stationären Zustands des Formwerkzeugs (3) charakteristische Größe zu berechnen und an eine Ausgabevorrichtung (6) weiterzugeben, welche zur Ausgabe der charakteristischen Größe an einen Bediener und/oder an eine Maschinensteuerung geeignet ist.

(Fig. 1)

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Temperiervorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 17.

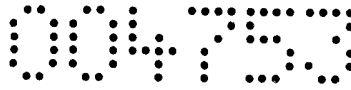
Im Folgenden wird der Stand der Technik anhand eines Formwerkzeugs einer Spritzgießmaschine dargelegt. Analoge Aussagen gelten aber ebenfalls für Formwerkzeuge bei Pressen, Spritzpressen und dergleichen.

Für die Formteilqualität eines mittels einer Spritzgießmaschine hergestellten Formteils ist unter Anderem die Temperatur des Formwerkzeugs, insbesondere an der Kavitätenoberfläche, wichtig. Ist die Temperatur hier zu niedrig, kann ein zu schnelles Aushärten der Schmelze beim Eintritt in die Formkavität zu Defekten, besonders an der Oberfläche des Formteils, führen.

Um dies zu vermeiden, wird im Stand der Technik eine Temperierung des Formwerkzeugs durchgeführt. Dies ist beispielsweise in der DE 10 2005 019 890 B3 beschrieben. Es wird ein Temperiermedium durch zumindest einen Temperierkanal im Formwerkzeug gefördert, um das Formwerkzeug auf eine akzeptable Temperatur zu bringen.

Im Regelfall werden mehrere Temperierkanäle im Formwerkzeug vorgesehen, welche durch einen gemeinsamen Vorlauf gespeist werden. Bevorzugt ist dabei eine Variante, bei welcher der Strom an Temperiermedium im Vorlauf aufgeteilt wird und jeweils ein Teilstrom an einen Temperierkanal geliefert wird. Nach den Temperierkanälen werden die Teilströme wieder in einem gemeinsamen Rücklauf zusammengefasst.

Dieses Aufteilen und Zusammenfassen der Teilströme an Temperiermedium geschieht häufig in sogenannten Temperierwasserverteilern an der Formgebungsmaschine. Für eine Beschreibung solcher Temperierwasserverteiler sei



auf die DE 10 2012 013 643 A1 der Anmelderin, die DE 88 02 462 U1 oder die DE 203 04 841 U1 verwiesen.

Es ist im Stand der Technik ebenfalls bekannt, die Zufuhr des Temperiermediums zu steuern oder zu regeln. Hierfür können Temperierwasserverteiler mit verschiedenen Sensoren wie Temperatursensoren und Volumenstromsensoren ausgestattet sein, deren Messwerte als Grundlage für die Steuerung oder Regelung dienen. Diese Steuerung oder Regelung ist meist in eine Maschinensteuerung der Formgebungsmaschine integriert.

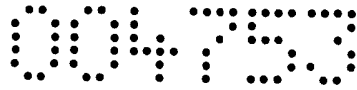
Es sind aber ebenfalls externe Temperiergeräte bekannt, welche unabhängig von der Formgebungsmaschine zur gesteuerten oder geregelten Temperierung von Formwerkzeugen eingesetzt werden.

Bei der Aufheizung eines Werkzeuges handelt es sich um einen trägen Prozess. Aufheizzeiten von Werkzeugen reichen von einigen Minuten bis hin zu mehreren Stunden.

Im Sinne der Formteilqualität und der Prozessstabilität sollen Werkzeuge vor Produktionsstart möglichst gut durchgewärmt werden. Unter Bedacht auf Energieeffizienz und eine hohe Verfügbarkeit von Werkzeugen ist aber eine unnötig lange Durchwärmung von Werkzeugen zu vermeiden.

Hierfür ist es im Stand der Technik bekannt, die Temperatur der Kavitätenoberfläche im Werkzeug direkt zu messen. Ist diese Temperatur zu niedrig, kann der Produktionsstart verschoben werden oder ein bereits gefertigtes Formteil automatisch als Ausschuss deklariert werden.

Diese Methode hat den Nachteil, dass Temperatursensoren zur direkten Messung der Temperatur der Kavitätenoberfläche nicht routinemäßig in Formwerkzeugen verbaut werden, da sie kostenintensiv sind.



Es ist ebenfalls möglich, die thermische Situation im und um das Formwerkzeug beim Beginn der Temperierung zu simulieren und aus der Simulation auf die Zeitdauer bis das Formwerkzeug durchwärmt ist zu bestimmen.

Dabei müssen allerdings alle Randbedingungen beim Aufheizvorgang jenen der Simulation entsprechen (Anfangstemperatur des Werkzeuges, (konstante/schwankende) Medientemperatur, Umgebungstemperatur), wodurch die Anwendbarkeit im konkreten Fall leidet. Außerdem ist hierbei nachteilig, dass Simulationen dieser Art recht aufwändig sind.

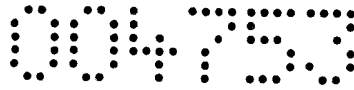
Insbesondere bei Produktionsunterbrechungen ist es außerdem bekannt, eine Temperaturmessung am Bauteil (z.B.: während oder unmittelbar nach der Entformung) durchzuführen oder den thermischen Haushalt der Formteile mittels Infrarot-Sensorik (z.B.: Wärmebildkamera) zu ermitteln.

Diese Vorgehensweise ist jedoch sehr kostenintensiv. Außerdem ist die Handhabung dieser Methode in der Praxis nicht immer einfach.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Temperiereinrichtung und ein Verfahren zur Temperierung eines Formwerkzeuges bereitzustellen, welche eine gegenüber dem Stand der Technik vereinfachte Bestimmung der Durchwärmung des Formwerkzeuges bei Produktionsbeginn und/oder bei Produktionsunterbrechungen erlauben.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich der Temperiereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 17 gelöst.

Dies geschieht indem ein Prozessor der Temperiereinrichtung dazu ausgebildet ist, aus zumindest einem Temperierparameter, welcher zumindest ein zugeführtes Parametersignal oder eine daraus abgeleitete Größe ist, eine für das Erreichen eines im Wesentlichen thermisch stationären Zustands des Formwerkzeuges charakteristische Größe zu berechnen und an eine Ausgabevorrichtung



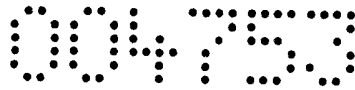
weiterzugeben, welche zur Ausgabe der charakteristischen Größe an einen Bediener und/oder an eine Maschinensteuerung geeignet ist.

Als abgeleitete Größen können jegliche Größen verwendet werden, welche durch Rechenoperationen, Integration, Ableitung, Anwenden von Funktionen und dergleichen aus der ursprünglichen Größe (beispielsweise das zumindest eine Parametersignal), gewonnen werden können.

Der thermisch stationäre Zustand kann durch eine im Wesentlichen zeitlich konstante Temperatur des Formwerkzeugs gegeben sein. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Einflüsse der Produktion nicht berücksichtigt werden sollten, da beispielsweise das Einbringen einer Schmelze in die Formkavität und die anschließende Kühlung derselben natürlich den thermischen Haushalt des Formwerkzeugs beeinflussen. Im Falle einer bereits begonnenen Produktion kann als Kriterium für den im Wesentlichen thermisch stationären Zustand beispielsweise die Konstanz einer über eine Zykluszeit gemittelten Größe, insbesondere einer Temperaturdifferenz, herangezogen werden. Die Konstanz beispielsweise einer Temperatur oder einer Temperaturdifferenz zu einem definierten Zeitpunkt im Produktionszyklus über mehrere Zyklen hinweg kann ebenfalls als Kriterium für den thermisch stationären Zustand verwendet werden.

Wird die charakteristische Größe an einen Bediener ausgegeben, kann dies auf verschiedenste Weise geschehen. Neben der direkten, visuellen, numerischen Angabe eines Zeitpunkts des Erreichens oder einer Zeitdauer bis zum Erreichen eines im Wesentlichen thermisch stationären Zustands des Formwerkzeugs kann es beispielsweise vorgesehen sein, Informationsleuchten oder dergleichen zu verwenden, welche für gewisse Restdauern stehen.

Im einfachsten Fall kann lediglich eine Information an den Bediener ausgegeben werden, ob der im Wesentlichen thermisch stationäre Zustand bereits erreicht ist (Restdauer 0). Dies kann auch während der Produktion verwendet werden, um zu überwachen, dass keine unerwünschten thermischen Einflüsse bestehen, die den im Wesentlichen thermisch stationären Zustand im Formwerkzeug stören würden.



Die Ausgabe der charakteristischen Größe kann ebenfalls an die Maschinensteuerung erfolgen, welche die entsprechenden Aktionen (bspw. Produktionsbeginn starten oder abwarten) der Formgebungsmaschine einleitet.

Die Temperiereinrichtung kann in die Maschinensteuerung integriert sein.

Durch die Erfindung ist es auf einfache Weise möglich die Zeit abzuschätzen, wann eine gute Durchwärmung des Formwerkzeugs gegeben ist. Dies hilft Ausschusszahlen zu minimieren.

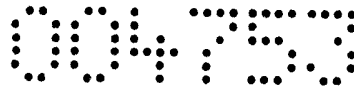
Als Temperiermedium kann Wasser – unter Umständen mit Zusätzen – zum Einsatz kommen. Aber auch die Temperierung mit Öl oder dergleichen ist denkbar.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Bevorzugt vorgesehen kann es sein, dass der zumindest eine Temperierparameter zumindest eine Temperaturdifferenz, zumindest eine abgeführte Wärmemenge, zumindest eine Heizleistung oder eine aus diesen Parametern abgeleitete Größe ist. Größen dieser Klasse sind gut zur Erfassung des Wärmehaushaltes des Formwerkzeugs geeignet.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Temperiereinrichtung mittels des zumindest einen Signaleingangs mit zumindest einem Temperatursensor verbindbar ist, wobei zumindest ein mittels des zumindest einen Temperatursensors gemessener Temperaturmesswert das Parametersignal ist.

Es kann weiterhin bevorzugt vorgesehen sein zumindest zwei Temperatursensoren zu verwenden. Insbesondere, wenn diese so angeordnet sind, dass sie – vorzugsweise für jeden Temperierkanal separat – eine Temperatur im Vorlauf und eine Temperatur im Rücklauf liefern, kann dadurch eine Temperaturdifferenz gebildet werden, was es ermöglicht, die abgeführte Wärme relativ genau zu berechnen. Eine



hohe Genauigkeit bei der Berechnung der charakteristischen Größe kann dadurch erreicht werden.

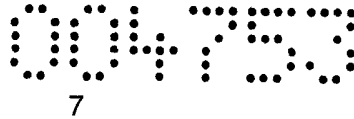
Es sind aber auch andere Ausführungsformen denkbar. Falls beispielsweise mit einer konstanten Temperatur des Temperiermediums im Vorlauf zu rechnen ist, können weniger Temperatursensoren zum Einsatz kommen (beispielsweise je ein Temperatursensor pro Temperierkanal im Rücklauf).

Insbesondere dann, wenn Temperaturdifferenzen aus Vorlauftemperaturen und Rücklauftemperaturen zur Berechnung der charakteristischen Größe verfügbar sind, kann die zusätzliche Verwendung der Messwerte eines Volumenstromsensors von Vorteil sein. Bei der Bestimmung des Temperierparameters, insbesondere der abgeführten Wärmemenge, können diese Volumenstrommesswerte die Genauigkeit erhöhen.

Bei einer einfachen Ausführungsform der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass die Temperievi Vorrichtung mittels des zumindest einen Signaleingangs mit einem Heizelement zur Erwärmung eines Temperiermediums verbindbar ist, wobei eine aufgenommene elektrische Leistung und/oder eine Einschaltdauer des Heizelements das Parametersignal ist. Somit kann die Erfindung auch verwendet werden, wenn keine Temperatursensoren vorhanden sind oder deren Einsatz vermieden werden soll.

Es ist ebenfalls möglich andere Parametersignale außer Temperaturmesswerte zu verwenden. Ein Beispiel wäre die Verwendung einer Einschaltdauer oder einer Leistungsaufnahme einer Heizeinrichtung zur Erwärmung des Kühlmediums im Verlauf als Parametersignal.

Bei vielen der bevorzugten Temperierparameter kann ein asymptotisches Verhalten erwartet werden, das heißt die tatsächliche Gleichgewichtstemperatur wird erst nach sehr langer oder unendlicher Zeit erreicht. Dadurch kann es von Vorteil sein, wenn ein Toleranzbereich für den zumindest einen Temperierparameter, vorzugsweise gebildet durch einen Sollwert für die charakteristische Größe und einen Toleranzwert



für davon erlaubte Abweichungen, in einem mit dem Prozessor verbundenen Speicher hinterlegt ist.

Wenn in diesem Fall beispielsweise mit einer Ableitung, zum Beispiel einer Temperaturdifferenz, als Temperierparameter gearbeitet wird, kann es auch von Vorteil sein, dass ein Schwellenwert für den zumindest einen Temperierparameter in einem mit dem Prozessor verbundenen Speicher hinterlegt ist.

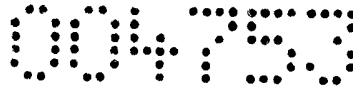
Die charakteristische Größe kann in diesen Fällen relativ einfach als ein Zeitpunkt oder ein Zeitraum bis zum Erreichen des Toleranzbereichs oder des Schwellenwerts festgelegt werden.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann es vorgesehen sein, dass der Prozessor dazu ausgebildet ist, zumindest einen Parameter einer das Verhalten des zumindest einen Temperierparameters vor dem Erreichen des thermisch stationären Zustands des Formwerkzeugs beschreibenden Funktion aus dem zumindest einen Parametersignal zu bestimmen und vorzugsweise den Zeitraum bis zum Erreichen des Toleranzbereichs und/oder des Schwellenwerts durch den zumindest einen Toleranzbereich unter Verwendung des zumindest einen Parameters zu bestimmen.

Insbesondere kann die Bestimmung des Parameters durch einen Kurvenfit an den zumindest einen Temperierparameter geschehen.

Bei dieser Ausführung ist es insbesondere durch die Bereitstellung einer Vielzahl von Temperaturmesswerten – das heißt durch die Messung eines oder mehrerer Temperaturverläufe – möglich, die Genauigkeit des Temperierparameters und/oder des Kurvenfits zu verbessern.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung können für zumindest zwei Temperierkanäle jeweils zumindest ein separates Parametersignal vorgesehen sein. Dies ermöglicht es, dass der Prozessor dazu ausgebildet ist, für die zumindest zwei Temperierkanäle separate charakteristische Größen zu berechnen und an die Ausgabeeinrichtung weiterzugeben, welche zur Ausgabe der separaten



charakteristischen Größe an den Bediener und/oder an die Maschinensteuerung geeignet ist.

Bei dieser Ausführungsform ist es dann möglich, aufgrund der für die Temperierkanäle separaten charakteristischen Größen denjenigen Temperierkanal zu identifizieren, der zur Durchwärmung am längsten benötigt. Dieser Temperierkanal kann dann gezielt beeinflusst werden, beispielsweise durch Erhöhung des Volumenstroms in diesem Temperierkanal. Beispielsweise durch iterative Weiterführung dieses Schemas, kann sogar die Gesamtdauer bis zur Durchwärmung des Formwerkzeugs minimiert werden.

Es wird auch Schutz für ein Temperiergerät mit einem Vorlauf zur Zufuhr des Temperiermediums zu zumindest einem Temperierkanal eines Formwerkzeugs, einem Rücklauf zur Abfuhr des Temperiermediums von zumindest einem Temperierkanal, einer Steuer- oder Regeleinheit, zumindest einem mit der Steuer- oder Regeleinheit verbundenem Stellglied zur Einstellung eines Volumenstroms und/oder einer Temperatur des durch den zumindest einen Temperierkanal geförderten Temperiermediums sowie einer erfindungsgemäßen Temperievi Vorrichtung begehrt.

Bevorzugt kann es vorgesehen sein, dass der zumindest eine Temperatursensor Temperaturen des Temperiermediums misst. In bestimmten Fällen kann es aber auch Sinn machen, Temperaturen beispielsweise am Formwerkzeug zu messen.

Außerdem wird Schutz für eine Formgebungsmaschine mit einem erfindungsgemäßen Temperiergerät oder einer erfindungsgemäßen Temperievi Vorrichtung begehrt.

Unter Formgebungsmaschinen können dabei Spritzgießmaschinen, Spritzpressen, Pressen und der gleichen verstanden werden.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind anhand der Figuren und der dazugehörigen Figurenbeschreibung ersichtlich. Dabei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Temperiereinrichtung,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der Erfindung bei einer Spritzgießmaschine,
- Fig. 3 und 4 zwei schematische Darstellungen der Erfindung bei Temperiergeräten und
- Fig. 5a, 5b und 6 drei Diagramme zur Verdeutlichung der thermischen Situation in einem Formwerkzeug vor der vollständigen Durchwärmung desselben.

In Figur 1 ist eine erfindungsgemäße Temperiereinrichtung 1 rein symbolisch dargestellt. Sie weist einen Prozessor 4, eine damit verbundene Ausgabevorrichtung 6 sowie einen Speicher 7 auf. Ebenfalls dargestellt ist die Verbindung der Temperiereinrichtung 1 mit Temperatursensoren 2 und Volumenstromregelventilen 5 sowie die Anordnung der verschiedenen Sensoren in Relation zum Formwerkzeug 3.

Die Ausgabevorrichtung 6 weist in diesem Fall einen Bildschirm sowie einen Schnittstelle auf (beides nicht dargestellt). Über den Bildschirm wird für Bediener unter anderem die charakteristische Größe t_{Tol} visuell dargestellt. Natürlich können auch alle anderen auftretenden Größen (siehe unten) ausgegeben werden.

Über die (in diesem Fall softwaremässige) Schnittstelle teilt die Ausgabevorrichtung 6 außerdem die charakteristische Größe t_{Tol} der Maschinensteuerung mit, in welcher die Temperiereinrichtung 1 integriert ist. Der Bediener kann vorab entscheiden, ob bei Erreichen des im Wesentlichen thermisch stationären Zustands automatisch die Produktion durch die Maschinensteuerung aufgenommen wird, oder ob hierfür ein Befehl des Bedieners notwendig ist.

Im Formwerkzeug 3 sind einige Temperierkanäle 8 vorgesehen. Diese werden aus einem Vorlauf 11 gespeist, wobei sich der Vorlauf 11 aus zunächst einer einzigen Leitung besteht, welche sich dann zur Speisung der einzelnen Temperierkanäle 8 aufspaltet. Ähnlich verhält es sich mit dem Rücklauf 12. Hier wird zunächst

Temperiermedium aus den Temperierkanälen 8 abgeführt und dann im Rücklauf in einer Leitung zusammengefasst. Das Aufspalten und Zusammenführen des Kühlmediumstroms in Vorlauf 11 und Rücklauf 12 erfolgt in an sich bekannten Temperiermediumverteilern.

Für jeweils einen Zweig von Vorlauf 11 und Rücklauf 12 ist ein separater Temperatursensor 2 vorgesehen. Dies ermöglicht die individuelle Erfassung einer Temperaturdifferenz ΔT für jeden Temperierkanal 8. Die Temperatursensoren 2 sind mit der Temperiertvorrichtung 1 und insbesondere mit deren Prozessor 4 verbunden, welcher die Berechnung der für das Erreichen eines im Wesentlichen thermisch stationären Zustands des Formwerkzeugs 3 charakteristischen Größe t_{Tot} durchführt. Für die Funktionsweise der Temperiertvorrichtung 1 sei auf Figuren 5a, 5b und 6 sowie die dazugehörige Beschreibung verwiesen.

Ebenfalls im Vorlauf 11 für jeden Zweig separat sind Stellglieder 5 zur Einstellung bzw. Beeinflussung der Volumenströme vorgesehen, welche auch mit dem Prozessor 4 verbunden sind. Während des normalen Betriebs – also nach Erreichen des im Wesentlichen thermisch stationären Zustands – werden diese als Stellglieder 5 für eine Temperaturdifferenzregelung der Durchflussmengen durch die einzelnen Temperierkanäle 8 verwendet. Für die Regelung der Temperaturdifferenz beim im Wesentlichen thermisch stationären Zustand kommen außerdem Volumenstromsensoren 9 zum Einsatz. Natürlich können die Temperaturdifferenzen ebenfalls gesteuert werden, weshalb die Volumenstromsensoren nicht zwingend notwendig sind.

Der Prozessor 4 berechnet hierzu aus in sehr kurzen zeitlichen Abständen gelieferten Temperaturmesswerten der Temperatursensoren 2 eine über einen gewissen Zeitraum (beispielsweise eine Zykluszeit) gemittelte Temperaturdifferenz $\overline{\Delta T}$ nach folgender Formel:

(*)

$$\overline{\Delta T} = \frac{\int_{t1}^{t2} \dot{V} \cdot \rho \cdot cp \cdot \Delta T \cdot dt}{\int_{t1}^{t2} \dot{V} \cdot \rho \cdot cp \cdot dt} = \frac{Q}{\int_{t1}^{t2} \dot{V} \cdot \rho \cdot cp \cdot dt}.$$

Hierbei bezeichnen $\dot{V}^*$ den gemessenen Volumenstrom, ρ^* die Dichte und cp^* die spezifische Wärmekapazität des Temperiermediums, ΔT^* die Differenzen der gemessenen Temperaturmesswerte zwischen Vorlauf 11 und Rücklauf 12 für die einzelnen Temperierkanäle 8 sowie Q die abgeführte Wärmemenge.

Die gemittelte Temperaturdifferenz $\overline{\Delta T}$ wird dann als rückgeführte Größe für die Regelung des Volumenstroms mittels der Volumenstromregelventile 5 verwendet. Diese Regelung kann ebenfalls vom Prozessor 4 durchgeführt werden.

Im Gegensatz zu einer reinen Mittelwertbildung von Temperaturdifferenzen werden auf diese Weise Schwankungen im Volumenstrom, in der spezifischen Wärmekapazität und in der Dichte mit berücksichtigt. Die Berechnung der mittleren Temperaturdifferenz aus der Wärmemenge bietet alle Vorteile der Verwendung der Wärmemenge (Erfassung des Wärmehaushalts im Formwerkzeug 3), wobei die mittlere Temperaturdifferenz im Gegensatz zur Wärmemenge eine einfach verständliche und greifbare Größe ist.

Es ist zu bemerken, dass die Temperaturdifferenzregelung für die Erfindung nicht wesentlich ist. Die Erfindung kann auch mit jeglicher anderer Regelung oder Steuerung der Temperierung des Formwerkzeugs eingesetzt werden.

In Figur 2 ist teilweise schematisch dargestellt, wie die Ausführungsform aus Figur 1 bei einer Spritzgießmaschine 13 zum Einsatz kommt. Die Temperiervorrichtung 1 ist wie in Figur 1 dargestellt ausgeführt. Die Ausführungsform aus Figur 2 unterscheidet sich von derjenigen aus Figur 1 dadurch, dass die Volumenstromsensoren 9 sowie die Stellglieder 5 im Rücklauf 12 statt im Vorlauf 11 angeordnet sind.

Eine alternative Ausführungsform zu Figur 2 ergibt sich, indem die im Vorlauf 11 befindlichen Temperatursensoren 2 durch einen mit dem Bezugszeichen 2' versehenen Temperatursensor im gemeinsamen Vorlauf ersetzt werden.

Figur 3 zeigt eine Ausführungsform, wobei die Erfindung bei einem Temperiergerät 14 eingesetzt wird. Das Temperiergerät 14 ist von der Formgebungsmaschine separat ausgeführt. In diesem Fall liegt nur ein Temperierkreis 8 vor, welcher zur Temperierung des Formwerkzeugs 3 dient. Natürlich können Temperiergeräte 14 auch bei mehreren Temperierkreisen 8 verwendet werden. Die Temperievi Vorrichtung verfügt analog zu Figur 1 über einen Prozessor 4, eine Ausgabevorrichtung 6 sowie einen Speicher 7. Hierbei ist zu bemerken, dass die Ausgabevorrichtung 6 direkt an dem Temperiergerät 14 ausgebildet sein kann – beispielsweise ein Bildschirm. Es ist aber auch möglich als Ausgabevorrichtung 6 eine bereits an der Formgebungsmaschine vorhandene Ausgabevorrichtung 6 zu verwenden, wobei dann eine wie auch immer geartete Datenverbindung zwischen dem Temperiergerät 14 und der Formgebungsmaschine bestehen muss.

Bei der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform kommen ebenfalls Temperatursensoren 2 sowie ein Volumenstromsensor 9 zum Einsatz. Das heißt, das zumindest ein Parametersignal umfasst in diesem Fall, wie bei den Ausführungsformen aus Figur 1 und Figur 2 mehrere Temperaturmesswerte.

Die in Figur 4 dargestellte Ausführung ist analog zu der aus Figur 3 mit dem Unterschied, dass keine Temperatursensoren 2 zum Einsatz kommen, sondern, dass zumindest ein Parametersignal eines Heizelementes 10 verwendet wird. Das zumindest ein Parametersignal kann in diesem Fall eine Einschaltdauer des Heizelementes 10 oder eine elektrische Leistungsaufnahme des Heizelementes 10 sein. Es ist zu bemerken, dass das Heizelement 10 in diesem Fall innerhalb des Temperiergerätes 14 angeordnet ist. Das heißt, innerhalb des Temperiergerätes 14 wird das Temperiermedium aus dem Rücklauf 12 mittels einer Pumpe (nicht dargestellt) in den Vorlauf 11 gefördert. Vor oder nach der Pumpe im Kreislauf ist das

Heizelement 10 angeordnet. Dieses Innenleben des Temperiergerätes 14 ist der zeichnerischen Einfachheit halber nicht dargestellt.

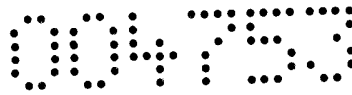
Um die thermische Situation im Formwerkzeug 3 vor dem Erreichen des im Wesentlichen thermisch stationären Zustands zu verdeutlichen, sind in den Figuren 5a und 5b die Temperatur an der Kavitätenoberfläche T_{KO} im Formwerkzeug 3, die beim Aufheizen des Formwerkzeugs 3 erbrachte Heizleistung P , deren Ableitung $\frac{dP}{dt}$ sowie die Vorlauftemperatur T_{VO} des Temperiermediums (in diesem Fall Wasser) im Vorlauf 11 idealisiert dargestellt.

Wie zu erkennen ist, stellt sich nach einer gewissen Zeit eine im Wesentlichen konstante thermische Situation bzw. ein im Wesentlichen thermisch stationärer Zustand ein. Auch im thermisch stationären Zustand fließt ständig ein Wärmestrom. In dieser dargestellten Situation ist der Wärmestrom konstant und erbringt die Verlustleistung P_{Verlust} . Dieser Wert ist abhängig von den durch Strahlung, Konvektion und Wärmeleitung auftretenden Verlusten beim im Wesentlichen stationären Zustand.

Jegliche abgeleitete Größe, an welcher sich dieser im Wesentlichen thermisch stationäre Zustand ablesen lässt, kann als Temperierparameter verwendet werden.

Wie bereits erwähnt, kann durch Fortsetzung bzw. Beginn der Produktion eine periodische (entsprechend der Zykluszeit) Änderung im Wärmehaushalt dem stationären Zustand überlagert sein. Während der Produktion kann unter einem im Wesentlichen thermisch stationären Zustand verstanden werden, dass ein über eine Zykluszeit gemittelter Temperierparameter im Wesentlichen konstant bleibt oder dass zu einem definierten Zeitpunkt im Zyklus oder über den Zyklus gemittelt eine im Wesentlichen gleiche thermische Situation vorherrscht.

Einige Beispiele für die Berechnung der für das Erreichen des im Wesentlichen thermisch stationären Zustands charakteristischen Größe t_{Tot} werden im Folgenden gegeben.



Besipiele für dabei verwendete Temperierparameter sind eine Temperaturdifferenz ΔT , eine Heizleistung P sowie aus diesen Größen abgeleitete Größen, wie zum

Beispiel zeitliche Ableitungen $\frac{d\Delta T}{dt}$ und $\frac{dP}{dt}$.

Aus der gemessenen Temperaturdifferenz ΔT kann die Heizleistung P beim Vorwärmen des Formwerkzeugs 3 berechnet werden:

$$P = \dot{V} \cdot \rho(T) \cdot c_p(T) \cdot \Delta T$$

Hierbei bezeichnet $\dot{V}$ den Volumenstrom und $\rho(T)$ sowie $c_p(T)$ die im Allgemeinen temperaturabhängige Dichte beziehungsweise spezifische Wärmekapazität des Temperiermediums.

Aus der Steigung (ersten Ableitung nach der Zeit) der Leistungskurve $\frac{dP}{dt}$ bzw. der normierten Steigung $\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt}$ kann ermittelt werden, wie weit der Aufheizvorgang fortgeschritten ist. Bei konstantem Volumenstrom und als konstant angenommener Dichte und Wärmekapazität kann der Einfachheit halber auch $\frac{d\Delta T}{dt}$ oder $\frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{d\Delta T}{dt}$ für diesen Zweck herangezogen werden.

Alternativ kann eine volumenstrombereinigte Form von Temperaturdifferenzen verwendet werden, wie dies in Gleichung (*) dargelegt ist. Dies ist von Vorteil, da Temperaturdifferenzen für den Bediener leichter erfassbar sind und gleichzeitig alle Vorteile der Leistung als Temperierparameter beibehalten werden.

Der beispielhafte Verlauf der Temperaturdifferenz ΔT beim Aufheizen des Werkzeugs kann im Allgemeinen für jeden Temperierkanal 8 durch folgende Funktion beschrieben werden:

$$\Delta T(t) = (\Delta T_0 - \Delta T_\infty) \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} + \Delta T_\infty.$$

Diese Kurve ist Figur 6 dargestellt.

Aus der Messung von ΔT zu verschiedenen Zeitpunkten können die Konstanten ΔT_0 , ΔT_∞ und τ berechnet werden. ΔT_0 ist die zum Zeitpunkt $t = t_0$ vorliegende Temperaturdifferenz. ΔT_∞ ist jene Temperaturdifferenz, die nach ausreichend langer Heizzeit asymptotisch erreicht wird. Dieser Wert ist abhängig von den durch Strahlung, Konvektion und Wärmeleitung auftretenden Verlusten beim im Wesentlichen stationären Zustand.

Unter Kenntnis dieser Konstanten kann der Zeitpunkt t_{Tol} berechnet werden, zu dem die absolute Abweichung der Temperaturdifferenz $\Delta T(t)$ vom asymptotischen Wert ΔT_∞ einen vorbestimmten, im Speicher 7 hinterlegten Toleranzwert ΔT_{Tol} erreichen wird. Dies ist gleichbedeutend mit

$$|\Delta T(t_{Tol}) - \Delta T_\infty| = |\Delta T_0 - \Delta T_\infty| \cdot e^{-\frac{t_{Tol} - t_0}{\tau}} = \Delta T_{Tol}.$$

Woraus sich folgende Berechnung von t_{Tol} ergibt:

$$t_{Tol} = -\tau \ln \left(\frac{\Delta T_{Tol}}{|\Delta T_0 - \Delta T_\infty|} \right) + t_0$$

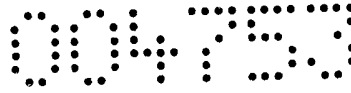
Zum Zeitpunkt t wäre die verbleibende Zeitdauer bis zum Erreichen der Toleranz $t_{Tol} - t$.

Alternativ könnte auch eine Toleranzschwelle für die zeitliche Änderung der Temperaturdifferenz ΔT – also das $d\Delta T / dt$ – festgelegt werden:

$$\frac{d\Delta T(t)}{dt} = \frac{d}{dt} (\Delta T_0 - \Delta T_\infty) \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} + \Delta T_\infty = -\frac{1}{\tau} (\Delta T_0 - \Delta T_\infty) \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}.$$

Für den Zeitpunkt des Erreichens des im Speicher 7 hinterlegten Schwellenwerts

$$T_s = \left. \frac{d\Delta T}{dt} \right|_{Tol} \text{ gilt in diesem Fall}$$



16

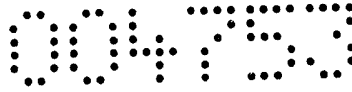
$$t_{Tot} = -\tau \ln \left(\frac{d\Delta T}{dt} \bigg|_{Tot} \frac{\tau}{|\Delta T_0 - \Delta T_\infty|} \right) + t_0.$$

Alternativ oder zusätzlich kann für diese Beurteilung der Verlauf der Heizleistung mit zuvor ermittelten Referenzkurven verglichen werden.

Während des Aufheizens kann ebenfalls eine Durchflussregelung durchgeführt werden, um die Aufheizzeit zu minimieren. Hierbei können die Volumenstromregelventile 5 vom Prozessor 4 so beeinflusst werden, dass diejenigen Temperierkanäle 8, welche erwartungsgemäß am längsten zur Durchwärmung benötigen, einen höheren Volumenstrom an Temperiermedium erfahren. Dies kann unter anderem dadurch erreicht werden, dass jene Kreise, die eine schnelle Durchwärmung erfahren, gedrosselt werden oder dass Drosselungen in langsam durchwärmenden Kreisen entfernt werden.

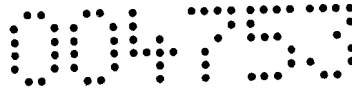
Es ist zu bemerken, dass die hier verwendeten Ableitungen und Integrale, soweit sie diskrete Messwerte betreffen, als deren diskrete Pendanten aufzufassen sind.

Innsbruck, am 2. Juli 2014



Patentansprüche:

1. Temperiertvorrichtung zur Temperierung eines Formwerkzeugs (3) mit zumindest einem Signaleingang (15) mittels welchem zumindest ein Parametersignal einem Prozessor zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor dazu ausgebildet ist, aus zumindest einem Temperierparameter, welcher das zumindest eine Parametersignal oder eine daraus abgeleitete Größe ist, eine für das Erreichen eines im Wesentlichen thermisch stationären Zustands des Formwerkzeugs (3) charakteristische Größe zu berechnen und an eine Ausgabevorrichtung (6) weiterzugeben, welche zur Ausgabe der charakteristischen Größe an einen Bediener und/oder an eine Maschinensteuerung geeignet ist.
2. Temperiertvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Temperierparameter zumindest eine Temperaturdifferenz (ΔT), zumindest eine abgeführte Wärmemenge, zumindest eine Heizleistung (P) oder eine aus diesen Parametern abgeleitete Größe ist.
3. Temperiertvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiertvorrichtung (1) mittels des zumindest einen Signaleingangs (15) mit zumindest einem Temperatursensor (2), vorzugsweise zumindest zwei Temperatursensoren (2), verbindbar ist, wobei zumindest ein mittels des zumindest einen Temperatursensors (2) gemessener Temperaturmesswert das Parametersignal ist.
4. Temperiertvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Prozessor (4) zumindest zwei Temperaturmesswerte als Signalparameter zuführbar sind und der Prozessor (4) dazu ausgebildet ist, aus den zumindest zwei Temperaturmesswerten zumindest eine Temperaturdifferenz (ΔT) zu bilden und bei der Berechnung der charakteristischen Größe zu berücksichtigen.



5. Temperiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiervorrichtung (1) mittels des zumindest einen Signaleingangs (15) mit einem Heizelement (10) zur Erwärmung eines Temperiermediums verbindbar ist, wobei eine aufgenommene elektrische Leistung und/oder eine Einschaltdauer des Heizelements (10) das Parametersignal ist.
6. Temperiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiervorrichtung (1) mittels des zumindest einen Signaleingangs (15) mit zumindest einem Volumenstromsensor (5) verbindbar ist, wobei mittels des zumindest einen Volumenstromsensors (5) gemessene Volumenstrommesswerte dem Prozessor (4) zuführbar sind.
7. Temperiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Toleranzbereich für den zumindest einen Temperierparameter, vorzugsweise gebildet durch einen Toleranzwert (ΔT_{Tol}) für vom Wert des Temperierparameters im thermisch stationären Zustand erlaubte Abweichungen, in einem mit dem Prozessor (4) verbundenen Speicher (7) hinterlegt ist.
8. Temperiervorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die charakteristische Größe ein Zeitraum bis zum Erreichen des Toleranzbereichs durch den zumindest einen Temperierparameter und/oder ein Zeitpunkt des Erreichens des Toleranzbereichs durch den zumindest einen Temperierparameter ist.
9. Temperiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schwellenwert (T_s) für den zumindest einen Temperierparameter in einem mit dem Prozessor (4) verbundenen Speicher (7) hinterlegt ist.
10. Temperiervorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die charakteristische Größe ein Zeitraum (t_s) bis zum Erreichen des

Schwellenwertes (T_S) durch den zumindest einen Temperierparameter und/oder ein Zeitpunkt des Erreichens des Schwellenwertes (T_S) durch den zumindest einen Temperierparameter ist.

11. Temperiereinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor (4) dazu ausgebildet ist, zumindest einen Parameter ($\tau, \Delta T_\infty, \Delta T_0$) einer das Verhalten des zumindest einen Temperierparameters vor dem Erreichen des thermisch stationären Zustands des Formwerkzeugs (3) beschreibenden Funktion aus dem zumindest einen Parametersignal zu bestimmen und vorzugsweise den Zeitraum bis zum Erreichen des Toleranzbereichs und/oder des Schwellenwertes (T_S) durch den zumindest einen Toleranzbereich unter Verwendung des zumindest einen Parameters ($\tau, \Delta T_\infty, \Delta T_0$) zu bestimmen.
12. Temperiereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Temperatursensor (2) vorgesehen ist, wobei vorzugsweise zumindest zwei Temperatursensoren (2) vorgesehen sind und vorzugsweise je einer an einem zu Temperierkanälen (8) des Formwerkzeugs (3) führenden Vorlauf (11) und einer an einem von den Temperierkanälen (8) wegführenden Rücklauf (12) angeordnet ist.
13. Temperiereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass für zumindest zwei Temperierkanäle (8) jeweils zumindest ein separates Parametersignal vorgesehen ist und dass der Prozessor (4) dazu ausgebildet ist, für die zumindest zwei Temperierkanäle (8) separate charakteristische Größen zu berechnen und an die Ausgabeeinrichtung (6) weiterzugeben, welche zur Ausgabe der separaten charakteristischen Größe an den Bediener und/oder an die Maschinensteuerung geeignet ist.
14. Temperiereinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor (4) mit zumindest zwei Stellgliedern (5) zur Regelung oder Steuerung von Volumenströmen in den zumindest zwei Temperierkanälen (8)

verbindbar ist und der Prozessor (4) dazu ausgebildet ist, die Volumenströme in denjenigen Temperierkanälen (8), deren separate charakteristische Größe ein späteres Durchwärmen anzeigen, zu erhöhen.

15. Temperiergerät mit einem Vorlauf (11) zur Zufuhr des Temperiermediums zu zumindest einem Temperierkanal (8) eines Formwerkzeugs (3), einem Rücklauf (12) zur Abfuhr des Temperiermediums vom zumindest einen Temperierkanal (8), einer Steuer- oder Regeleinheit sowie zumindest einem mit der Steuer- oder Regeleinheit verbundenen Stellglied (5) zur Einstellung eines Volumenstroms und/oder einer Temperatur des durch den zumindest einen Temperierkanal (8) geförderten Temperiermediums, dadurch gekennzeichnet, dass eine Temperievi Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14 vorgesehen ist.
16. Formgebungsmaschine mit einer Temperievi Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14 oder einem Temperiergerät nach Anspruch 15.
17. Verfahren zur Temperierung eines Formwerkzeugs (3), wobei
 - ein Temperiermedium durch wenigstens einen Temperierkanal (8) im Formwerkzeug (3) gefördert wird und
 - zumindest ein Parametersignal bereitgestellt wird,dadurch gekennzeichnet, dass
 - aus dem zumindest einen Parametersignal zumindest ein Temperierparameter, welcher das zumindest eine Parametersignal oder eine daraus abgeleitete Größe ist, bestimmt wird,
 - aus dem zumindest einen Temperierparameter eine für das Erreichen eines im Wesentlichen thermisch stationären Zustands des Formwerkzeugs (3) charakteristische Größe berechnet wird und
 - die charakteristische Größe an einen Bediener und/oder eine Maschinensteuerung ausgegeben wird.

Fig. 1

1/6

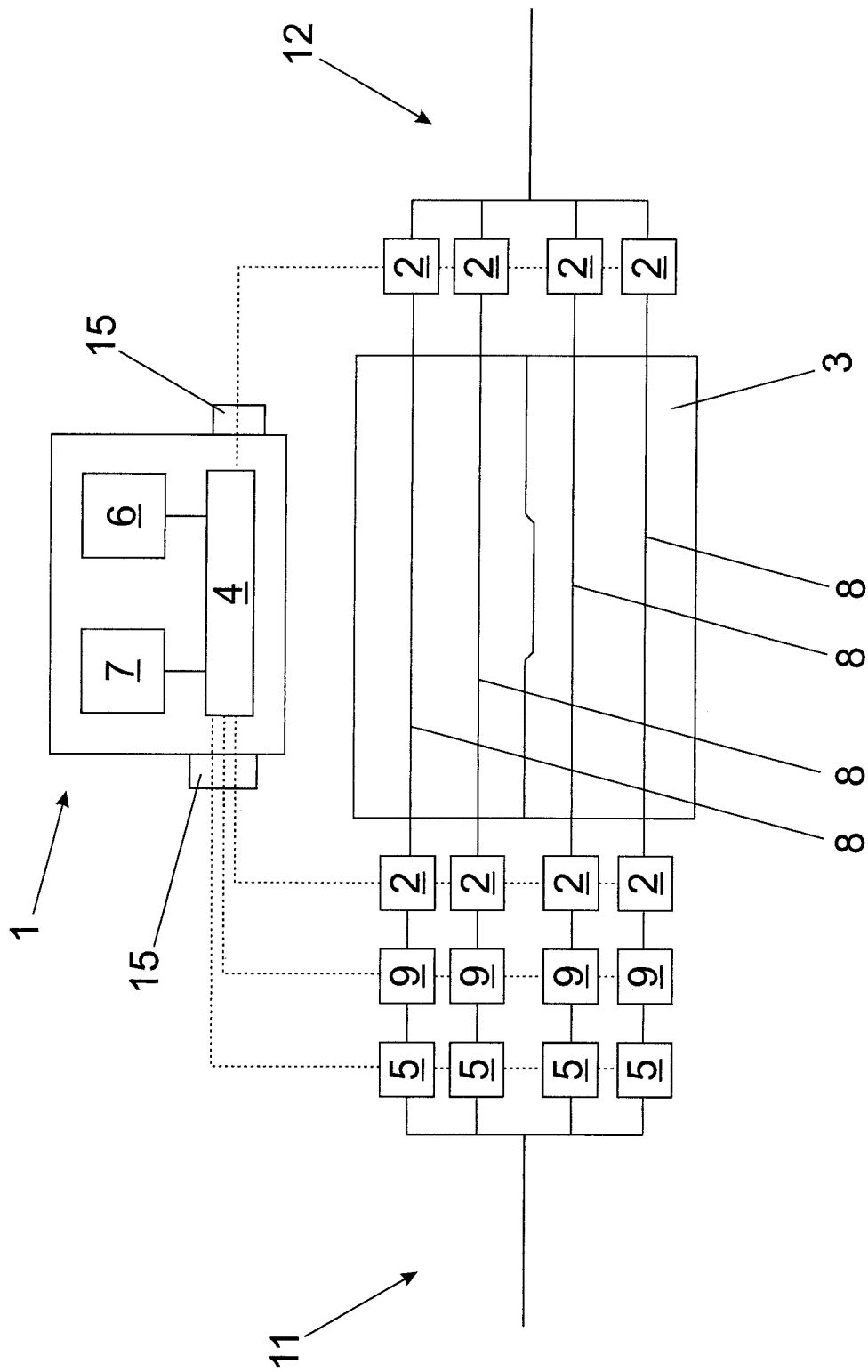


Fig. 2

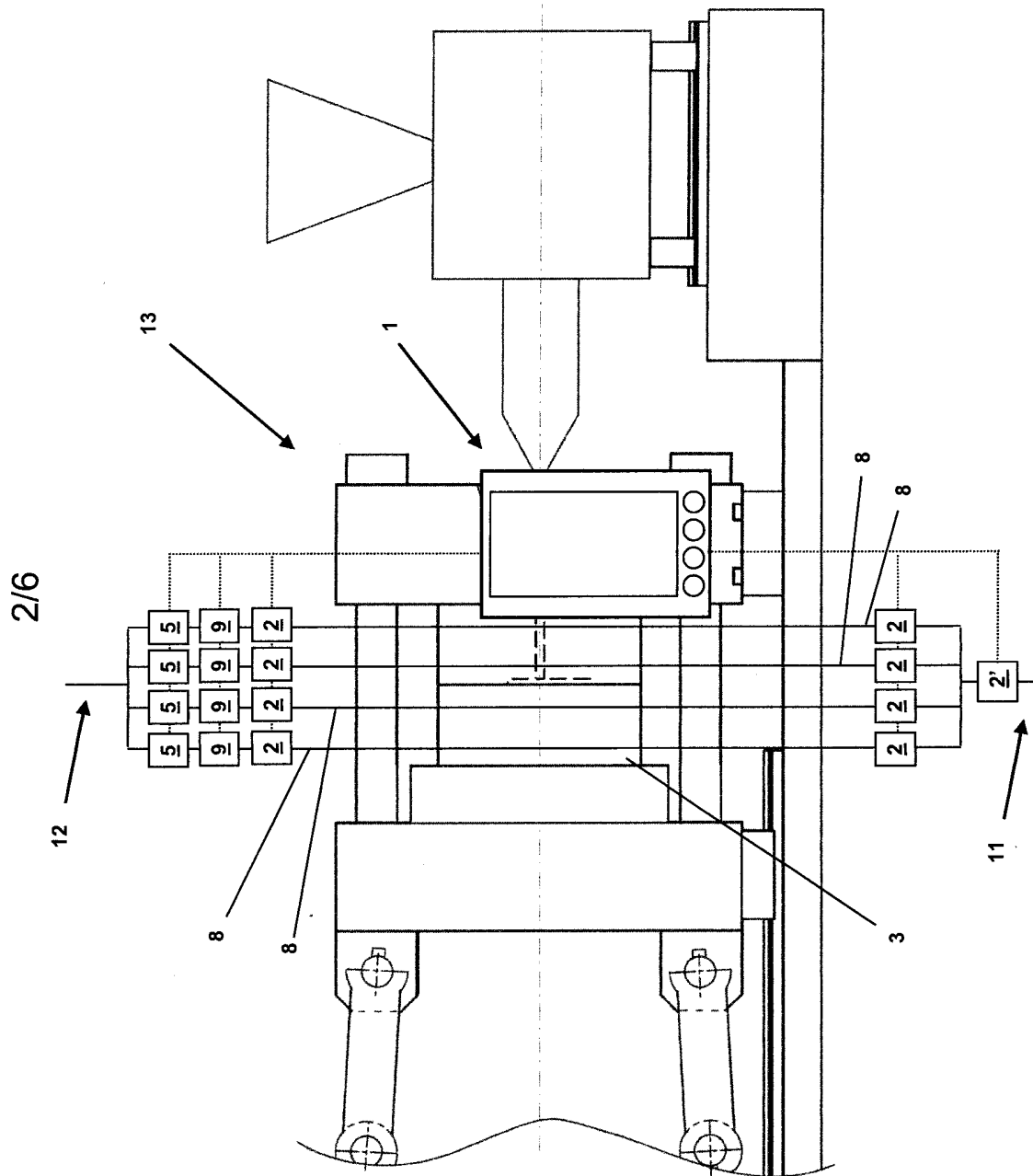


Fig. 3

3/6

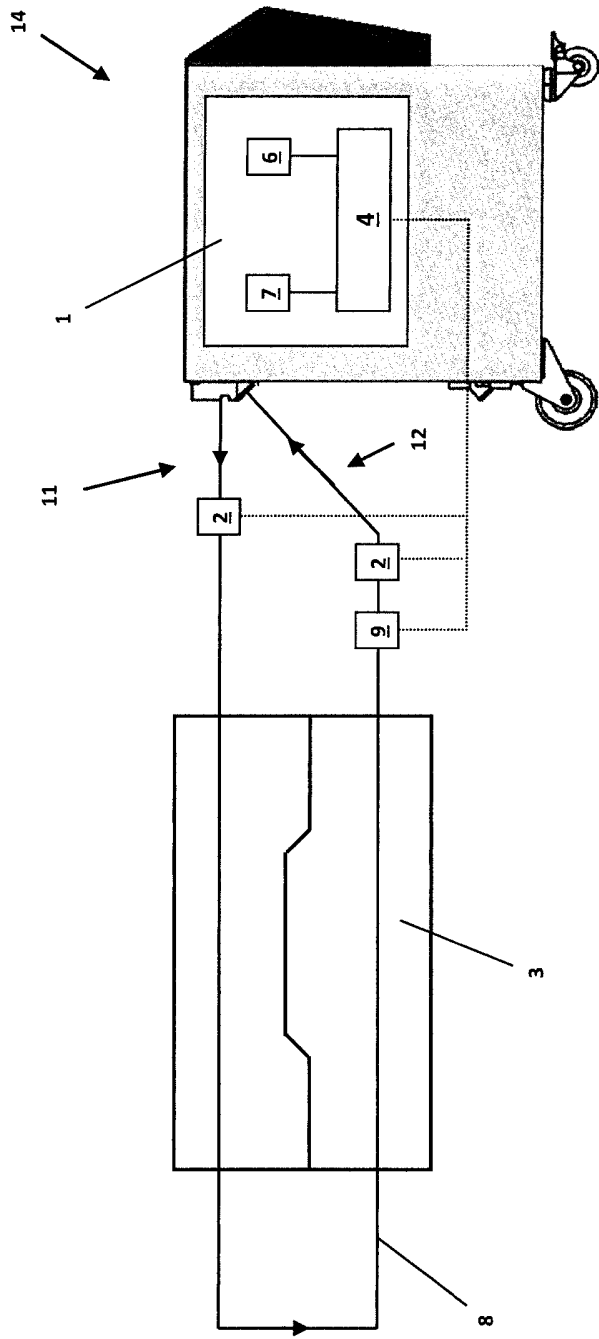


Fig. 4

4/6

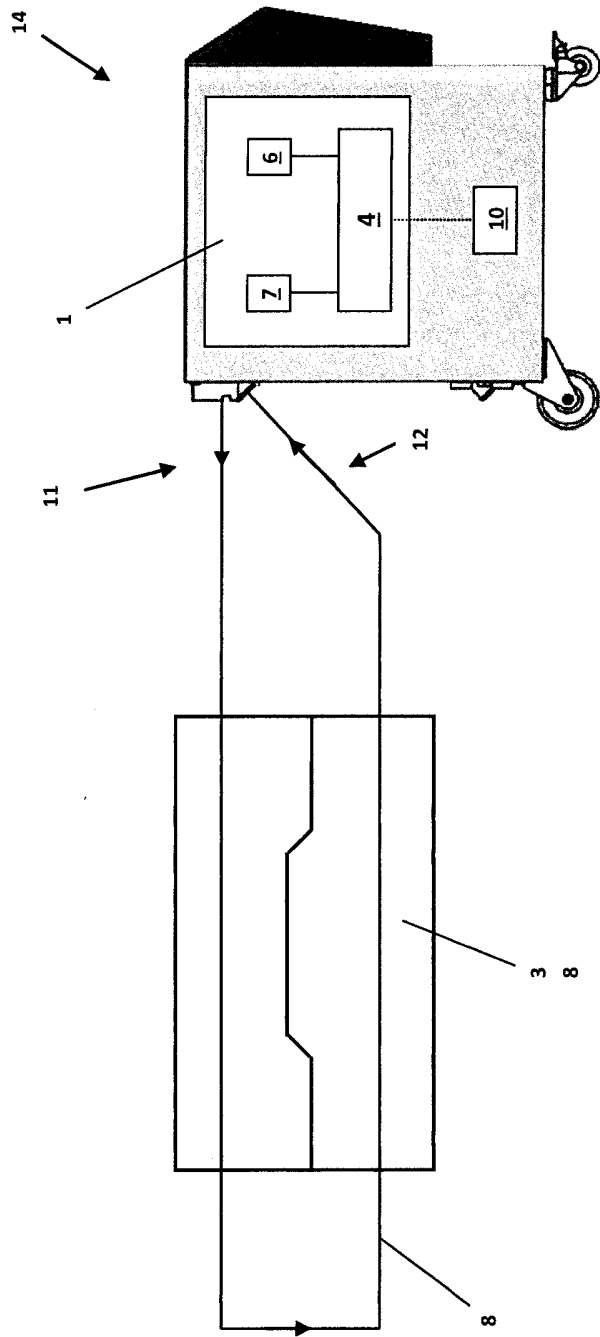


Fig. 5a

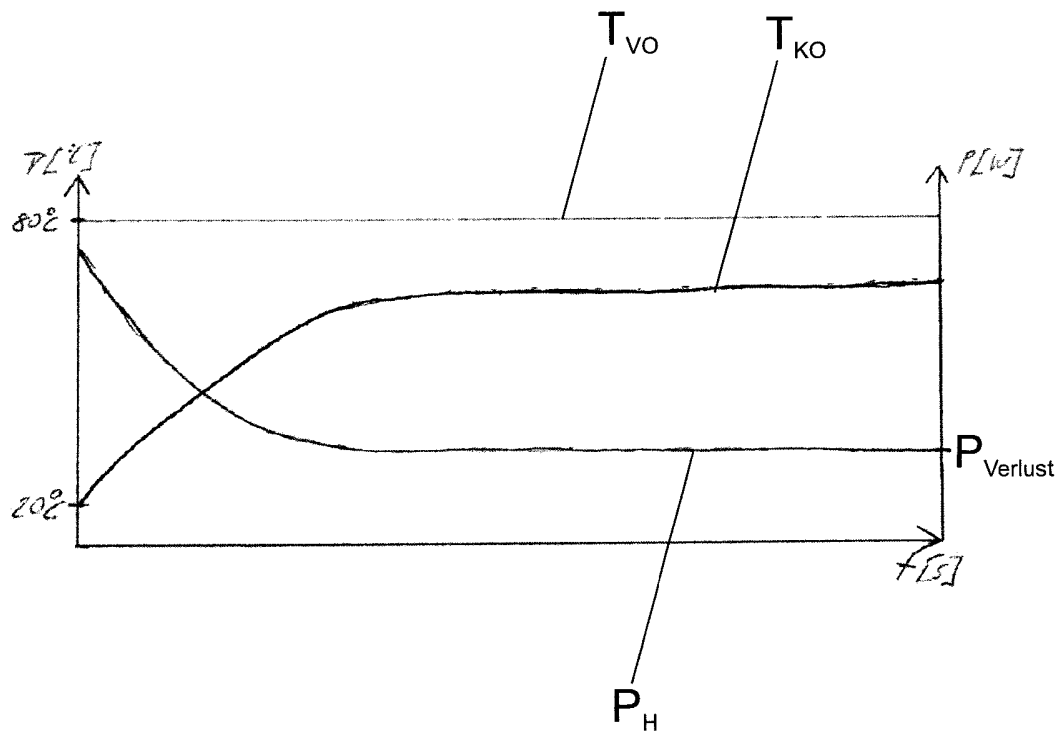


Fig. 5b

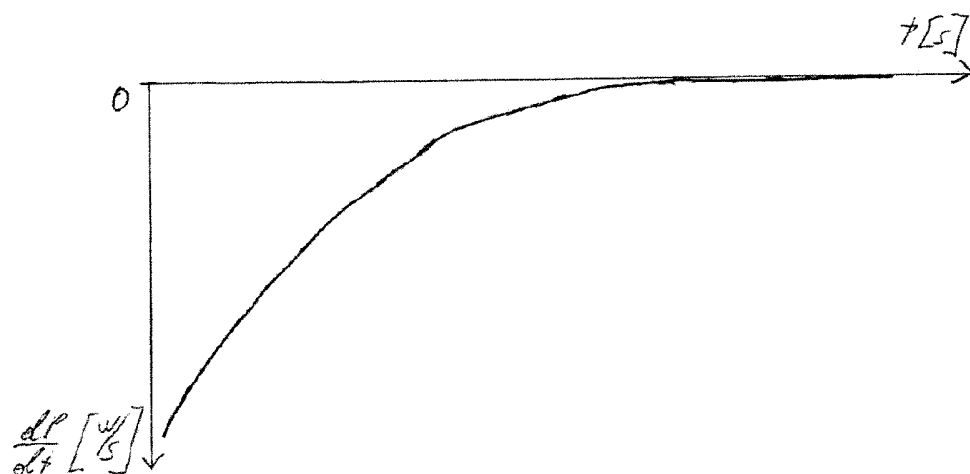


Fig. 6

6/6

