

(12)

Patentschrift

(21)	Anmeldenummer:	A 9438/2017	(51)	Int. Cl.:	B29C 64/106	(2017.01)
(86)	PCT-Anmeldenummer:	PCT/EP17066892			B29C 64/112	(2017.01)
(22)	Anmeldetag:	06.07.2017			B33Y 10/00	(2015.01)
(45)	Veröffentlicht am:	15.04.2021			B33Y 70/00	(2020.01)

(30)	Priorität: 16.05.2017 EUROPÄISCHES PATENTAMT 17171234.2 beansprucht.	(73)	Patentinhaber: IDEE & DESIGN The Art Factory GmbH 8510 Stainz (AT)
(56)	Entgegenhaltungen: EP 0904158 A4 DE 102004025374 A1	(72)	Erfinder: Fuchs Christian 8510 Stainz (AT) Pichlkastner Christian 8062 Kumberg (AT) Trummer Andreas 8010 Graz (AT) Brillinger Markus 4616 Weißkirchen (AT) Haas Franz 8510 Stainz (AT) Achatz Anna 4064 Oftring (AT) Peters Stefan 8010 Graz (AT) Egger Peter Max 9556 Liebenfels (AT)
		(74)	Vertreter: Sonn & Partner Patentanwälte 1010 Wien (AT)

(54) Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts (1) durch schichtweises Auftragen eines aushärtbaren fließfähigen Materials (2), mit einem Behälter (3) zur Aufnahme des Materials (2), einer Leitung (4) mit einer Pumpe (5) zwischen dem Behälter (3) und einer Düse (6) zum Auftragen des Materials (2) auf eine Unterlage (7) zur Bildung des dreidimensionalen Objekts (1) nach dem Aushärten des Materials (2). Erfindungsgemäß ist als Material (2) zur Bildung des dreidimensionalen Objekts (1) ein kristallines Material (2) verwendbar, welches oberhalb einer kritischen Temperatur (T_k) fließfähig und stabil ist und unterhalb der kritischen Temperatur (T_k) metastabil ist, sodass eine Störung zur Kristallisation und somit zur Verfestigung des Materials (2) führt, wobei das Material (2) im Behälter (3) oder in der Leitung (4) stromaufwärts der Pumpe (5) auf eine Temperatur (T_1) oberhalb der kritischen Temperatur (T_k)

aufgeheizt wird, und vor dem Auftragen auf die Unterlage (7) mit Hilfe der Düse (6) auf eine Temperatur (T_3) unterhalb der kritischen Temperatur (T_k) abgekühlt wird, sodass das Material (2) beim Auftragen auf die Unterlage (7) auskristallisiert.

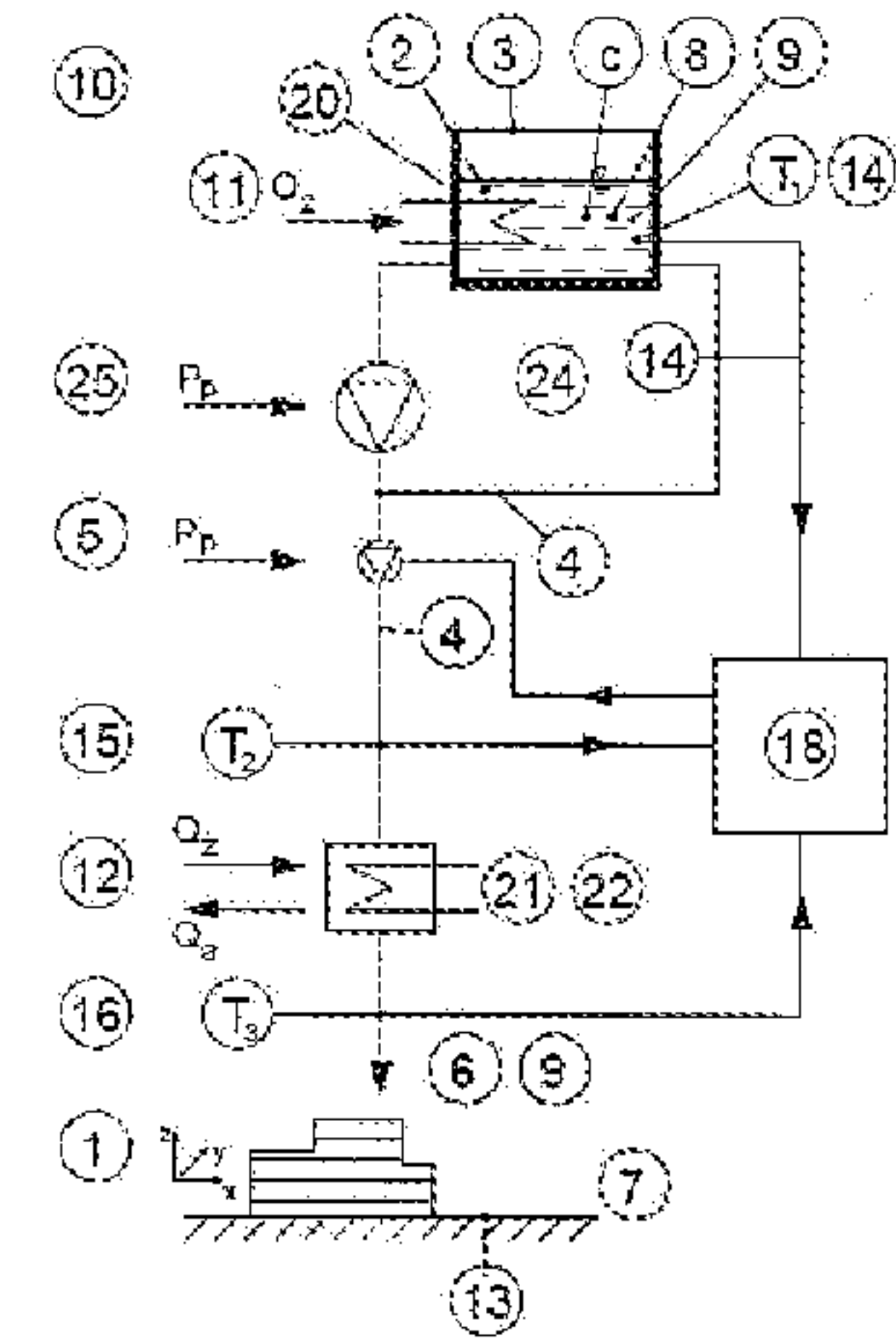


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts durch schichtweises Auftragen eines aushärtbaren fließfähigen Materials, welches Material im fließfähigen Zustand von einem Behälter über eine Leitung mit einer darin angeordneten Pumpe zu einer Düse befördert wird, und mit Hilfe der Düse auf eine Unterlage zur Bildung des dreidimensionalen Objekts aufgetragen und ausgehärtet wird.

[0002] Die Herstellung dreidimensionaler Objekte durch schichtweises Auftragen eines aushärtbaren fließfähigen Materials oder das sogenannte 3D-Drucken von dreidimensionalen Objekten ist zum Aufbau von Prototypen aber auch gebrauchsfähigen Gegenständen insbesondere kleineren Stückzahlen hinlänglich bekannt. Typischerweise werden Kunststoffe, Kunstharze, Keramiken und Metalle als Materialien zum Aufbau der dreidimensionalen Objekte eingesetzt. Gegenüber Gussverfahren hat das 3D-Drucken den Vorteil, dass das aufwendige Herstellen von Formen und das Formenwechseln entfällt.

[0003] Zum Aushärten des aushärtbaren fließfähigen Materials werden verschiedene Verfahren eingesetzt, welche vom Einsatz von Laserlicht bis hin zur Verwendung spezieller Bindemittel reichen.

[0004] Die US 2015/307385 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte der gegenständlichen Art unter Verwendung eines kristallinen Materials, welches beim Auftragen auf eine Unterlage auskristallisierbar ist.

[0005] Die WO 2015/092017 A1 offenbart ein anderes Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte, wobei Tröpfchen eines fließfähigen Materials auf eine Unterlage aufgedruckt und ausgehärtet werden.

[0006] Beispielsweise beschreibt die US 5,257,657 A ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte unter Verwendung von Metallen oder Salzen als Material für den Aufbau des Objekts.

[0007] Die WO 2016/091249 A1 beschreibt ein Verfahren zum schichtweisen Aufbau von Formen und Kernen mit einem wasserglashaltigen Bindemittel.

[0008] Auch im Bauwesen wurde der Einsatz von 3D-Druckern beschrieben, beispielsweise in der US 2016/0261834 A1.

[0009] Nachteilig bei bisherigen 3D-Druck-Verfahren ist, dass die verwendeten Materialien häufig toxisch und umweltschädigend sind, wodurch ein Wiederverwerten der Objekte und von Materialresten sehr aufwendig ist. Darüber hinaus kann das hergestellte dreidimensionale Objekt in der Regel nur beschränkt nachbearbeitet oder in seiner Form verändert werden.

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher in der Schaffung eines oben genannten Verfahrens zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts, welches möglichst einfach und kostengünstig durchführbar ist. Die verwendeten Materialien sollen möglichst umweltverträglich und nicht toxisch und bei der Verarbeitung unbedenklich sein. Eine Nachbearbeitung des ausgehärteten Objekts soll möglichst einfach möglich sein. Nachteile bekannter Verfahren und Vorrichtungen sollen vermieden oder zumindest reduziert werden.

[0011] Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe dadurch, dass als Material zur Bildung des dreidimensionalen Objekts ein kristallines Material verwendet wird, welches oberhalb einer kritischen Temperatur fließfähig und stabil ist und unterhalb der kritischen Temperatur metastabil ist, sodass eine Störung zur Kristallisation und somit zur Verfestigung des Materials führt, wobei das Material im Behälter oder in der Leitung stromaufwärts der Pumpe auf eine Temperatur oberhalb der kritischen Temperatur aufgeheizt wird, und vor dem Auftragen auf die Unterlage auf eine Temperatur unterhalb der kritischen Temperatur abgekühlt wird, sodass das Material beim Auftragen auf die Unterlage auskristallisiert. Erfindungsgemäß wird als Material zur Herstellung des dreidimensionalen Objekts ein Material verwendet, welches eine metastabile Phase aufweist. Dementsprechend wird für das erfindungsgemäße Verfahren ein Material eingesetzt, welches bei

Erwärmung oberhalb einer bestimmten kritischen Temperatur flüssig ist und unterhalb der kritischen Temperatur metastabil ist, wodurch eine Kristallisation und in der Folge eine Aushärtung ermöglicht wird. Mit dem gegenständlichen Verfahren können dreidimensionale Objekte hergestellt werden, welche selbst als Prototyp oder Kleinserie für verschiedene Anwendungen zum Einsatz kommen können oder auch als Form für anschließende Gussverfahren dienen. Je nach Auswahl des Materials zur Bildung eines dreidimensionalen Objekts können toxisch und biologisch abbaubare Stoffe zum Einsatz kommen. Aufgrund der besonderen Eigenschaft des verwendeten Materials ist auch eine Nachbearbeitung einfach möglich, da bei Erwärmung zumindest von Teilen des Objekts über die kritische Temperatur eine Verflüssigung des Materials stattfindet und somit eine leichte Bearbeitbarkeit der Oberfläche möglich ist. Schließlich kann durch Erhöhung der Temperatur über die kritische Temperatur des verwendeten Materials auch das gesamte hergestellte dreidimensionale Objekt wieder verflüssigt werden und das Material vollständig wiederverwendet werden.

[0012] Als Material zur Bildung des dreidimensionalen Objekts wird vorzugsweise eine Mischung aus Natriumacetat-Trihydrat und Wasser verwendet. Dieses Material ist ein Natriumsalz der Essigsäure mit der Eigenschaft bei bestimmten Temperaturen metastabil zu sein. Bei Temperaturen über einer kritischen Temperatur bleibt die Mischung flüssig, wohingegen bei Absenkung der Temperatur unter die kritische Temperatur die Mischung metastabil wird und durch einen Initiierungskeim zum Auskristallisieren und zur Phasenumwandlung gebracht werden kann. Bereits das Auftreffen der unterhalb der kritischen Temperatur abgekühlten Mischung auf eine Unterlage bzw. Oberfläche reicht für das Einsetzen der Kristallisation und somit die Verfestigung des Materials aus. Die bevorzugte Mischung aus Natriumacetat-Trihydrat und Wasser zeichnet sich weiters durch toxische und biologische Abbaubarkeit, Wasserlöslichkeit und komplette Recyclingfähigkeit aus. Die Mischung kann erst kurz vor der Anwendung des 3D-Drucks hergestellt werden oder auch bereits vorher hergestellt und in einem externen Behälter gelagert werden. Besonders hervorzuheben ist die hervorragende Löslichkeit dieses Materials im Wasser, wodurch ein rasches Auflösen des Materials stattfinden kann. Dies kann auch gezielt für eine schnelle Entformung des Materials als Gussform genutzt werden.

[0013] Dabei kann die Mischung 38 bis 48 Gewichts-%, insbesondere 43 Gew.-%, Wasser enthalten. Derartige Mischungsverhältnisse haben sich als besonders geeignet herausgestellt.

[0014] Die Mischung wird im Behälter oder in der Leitung stromaufwärts der Pumpe vorzugsweise auf eine Temperatur oberhalb von 58°C, insbesondere 70 bis 100 °C, aufgeheizt und vor dem Aufträgen mit der Düse auf eine Temperatur unterhalb 58°C, insbesondere 30 bis 45 °C, abgekühlt. Bei einer oben genannten Mischung von Natriumacetat-Trihydrat und Wasser liegt die kritische Temperatur bei 58°C, oberhalb welcher Temperatur es zu einer sogenannten peritektischen Reaktion kommt. Nach einer Verfestigung des Materials können durch Erhitzen auf über 78°C die Kristalle wieder in Lösung gebracht werden. Bei Abkühlung der Mischung unterhalb 58°C, insbesondere 30-45°C, geht die Mischung in einen metastabilen Zustand über, bei dem geringste Störungen des metastabilen Gleichgewichts zu einer Überführung des flüssigen (metastabilen) in einen festen (stabilen) Aggregatzustand führen.

[0015] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die Düse und bzw. oder die Unterlage zumindest in einer Ebene parallel zur Unterlage und einer dazu senkrechten Richtung bewegbar ist. Auf diese Weise können verschiedenste dreidimensionale Objekte schichtenweise aufgebaut werden. Je nach Anwendung können nur die Düse, nur die Unterlage oder sowohl die Düse als auch die Unterlage bewegbar ausgebildet sein.

[0016] Das Material kann mit der Düse mit gepulster Förderleistung der Pumpe aufgetragen werden. Dadurch entsteht eine tropfenartige Optik des entstehenden dreidimensionalen Objekts.

[0017] Alternativ dazu kann das Material mit der Düse auch mit im Wesentlichen konstanter Förderleistung aufgetragen werden, wodurch sich bahnenartige Strukturen ergeben und ein entsprechend anderes Erscheinungsbild des dreidimensionalen Objekts resultiert. Je nach gewünschter Oberfläche des entstehenden dreidimensionalen Objekts kann zwischen der gepulsten Förderleistung der Pumpe und der konstanten Förderleistung der Pumpe im Betrieb umgeschaltet wer-

den.

[0018] Wenn dem Material ein Farbstoff zugesetzt wird, können zumindest Teile des dreidimensionalen Objekts hervorgehoben oder markiert werden. Wenn das gesamte dreidimensionale Objekt in einer bestimmten Farbe eingefärbt werden soll, kann der Farbstoff bereits in der verwendeten Mischung für das Material zur Bildung des dreidimensionalen Objekts enthalten sein. Der Farbstoff kann dem Material prinzipiell an beliebigen Stellen, beispielsweise dem Behälter, zugesetzt werden. Wenn nur Teile des dreidimensionalen Objekts eingefärbt werden sollen, wird der Farbstoff vorzugsweise erst in der Düse oder kurz davor der Flüssigkeit zugesetzt. Als geeignete Farbstoffe kommen beispielsweise Lebensmittelfarben in Frage.

[0019] Vorzugsweise wird die Temperatur des Materials im Behälter oder in der Leitung stromaufwärts der Pumpe gemessen und geregelt. Dadurch wird gewährleistet, dass die kritische Temperatur, oberhalb derer das Material zur Bildung des dreidimensionalen Objekts fließfähig ist, eingehalten wird.

[0020] Auch die Temperatur des Materials zwischen Pumpe und Düse kann gemessen werden. Durch die Messung dieser Temperatur kann festgestellt werden wie viel Wärme dem Material entzogen werden muss, um die Unterschreitung der kritischen Temperatur vor der Zuführung des Materials zur Düse sicherzustellen.

[0021] Auch die Temperatur des Materials an der Düse wird vorzugsweise gemessen. Durch diese Messung kann überprüft werden, ob das verwendete Material den metastabilen Zustand aufweist und es bei Auftreffen auf die Unterlage zur Kristallisation und schließlich Verfestigung des Materials kommt.

[0022] Schließlich ist es auch von Vorteil, wenn die Förderleistung der Pumpe gemessen wird. Durch die Messung der Förderleistung der Pumpe kann in der Folge eine Regelung der Förderleistung der Pumpe in Abhängigkeit verschiedener Parameter erfolgen.

[0023] Beispielsweise kann die Förderleistung der Pumpe in Abhängigkeit der Temperatur des Materials vor dem Auftragen mit Hilfe der Düse geregelt werden. Auf diese Weise kann die Größe der Tröpfchen des Materials zur Herstellung des dreidimensionalen Objekts, welche die Gestalt des herzustellenden Objekts festlegt, eingestellt und konstant gehalten werden. Weiters kann die Größe der Tröpfchen des Materials noch durch die Öffnung der Düse eingestellt werden.

[0024] Das Objekt kann bei Bedarf auch nachbearbeitet werden, beispielsweise mechanisch durch Schleifen oder durch Auswaschen oder thermisch durch Bearbeitung oberhalb der kritischen Temperatur. Je nach verwendetem Material kann auch eine vollständige Wiederverwertung des Materials des dreidimensionalen Objekts ermöglicht werden.

[0025] Eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts durch schichtweises Auftragen eines aushärtbaren fließfähigen Materials kann einen Behälter zur Aufnahme des Materials, eine Leitung mit einer Pumpe zwischen dem Behälter und einer Düse zum Auftragen des Materials auf eine Unterlage zur Bildung des dreidimensionalen Objekts nach dem Aushärten des Materials aufweisen, wobei als Material zur Bildung des dreidimensionalen Objekts ein kristallines Material verwendbar ist, welches oberhalb einer kritischen Temperatur fließfähig und stabil ist und unterhalb der kritischen Temperatur metastabil ist, sodass eine Störung zur Kristallisation und somit zur Verfestigung des Materials führt, wobei eine Heizeinrichtung zum Aufheizen des Materials im Behälter oder in der Leitung stromaufwärts der Pumpe auf eine Temperatur oberhalb der kritischen Temperatur vorgesehen ist, und eine Kühleinrichtung zum Abkühlen des Materials vor dem Auftragen auf die Unterlage auf eine Temperatur unterhalb der kritischen Temperatur vorgesehen ist, sodass das Material beim Auftragen auf die Unterlage auskristallisierbar ist. Eine derartige Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts ist, abgesehen vom höheren Regelaufwand für das Einhalten der entsprechenden Temperaturen, relativ einfach und kostengünstig.

[0026] Die Heizeinrichtung ist zum Aufheizen des Materials im Behälter oder in der Leitung stromaufwärts der Pumpe auf eine Temperatur oberhalb von 58°C, insbesondere 70 bis 100°C, aus-

gebildet, und die Kühleinrichtung zum Abkühlen des Materials vor dem Auftragen mit der Düse auf eine Temperatur unterhalb 58°C, insbesondere 30 bis 45°C, ausgebildet.

[0027] Wenn eine Bewegungseinrichtung zur Bewegung der Düse und bzw. oder der Unterlage zumindest in einer Ebene parallel zur Unterlage und einer dazu senkrechten Richtung vorgesehen ist, kann das gewünschte dreidimensionale Objekt durch Verschiebung der Düse und bzw. oder der Unterlagen schichtenweise hergestellt werden.

[0028] Die Pumpe kann zur Förderung des Materials mit gepulster Förderleistung oder zur Förderung des Materials mit im Wesentlichen konstanter Förderleistung ausgebildet sein.

[0029] Wenn dem Material ein Farbstoff zusetzbar ist, kann das dreidimensionale Objekt entsprechend gestaltet oder zumindest ein Teil davon entsprechend hervorgehoben werden.

[0030] Vorzugsweise ist ein Temperatursensor zur Messung der Temperatur des Materials im Behälter oder in der Leitung stromaufwärts der Pumpe vorgesehen. Die Temperatursensoren können verschiedenartig ausgeführt sein und sind vorzugsweise in den entsprechenden Zuleitungen für das Material integriert.

[0031] Auch ein Temperatursensor zur Messung der Temperatur des Materials zwischen Pumpe und Düse kann vorgesehen sein.

[0032] Schließlich kann auch ein Temperatursensor zur Messung der Temperatur des Materials an der Düse wichtige Informationen für die Regelung des Verfahrensablaufs liefern.

[0033] Weiters kann ein Sensor zur Messung der Förderleistung der Pumpe vorgesehen sein. Hier können verschiedene Durchflusssensoren, insbesondere optische Sensoren, vorzugsweise zur Anwendung kommen.

[0034] Schließlich kann eine Regelungseinrichtung zur Regelung der Förderleistung der Pumpe in Abhängigkeit der Temperatur des Materials vor dem Auftragen mit Hilfe der Düse vorgesehen sein.

[0035] Wenn zumindest eine Einrichtung zur Nachbearbeitung des dreidimensionalen Objekts vorgesehen ist, kann dieses entsprechend bearbeitet werden. Wie bereits oben erwähnt, kann die Nachbearbeitung beispielsweise mechanisch durch Schleifen oder Auswaschen oder thermisch durch Erwärmung von Teilen des dreidimensionalen Objekts über die kritische Temperatur erfolgen.

[0036] Wenn der Behälter und bzw. oder die Leitung mit einer thermischen Isolation versehen ist, können die gewünschten Temperaturen besser eingehalten und von äußeren Einflüssen geschützt werden.

[0037] Die Kühleinrichtung zum Abkühlen der Flüssigkeit unterhalb der kritischen Temperatur kann beispielsweise durch einen Wärmeübertrager oder ein Peltierelement gebildet sein.

[0038] Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

[0039] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrensablaufs zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts; und

[0040] Fig. 2 ein Phasendiagramm einer Mischung aus Natriumacetat-Trihydrat und Wasser als Material zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts;

[0041] Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. einer Vorrichtung 10 zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts 1. Ein spezielles aushärtbares fließfähiges Material 2, nämlich ein kristallines Material, welches oberhalb einer kritischen Temperatur T_k fließfähig und stabil ist und unterhalb der kritischen Temperatur T_k metastabil ist, sodass eine Störung zur Kristallisation und somit zur Verfestigung des Materials 2 führt, wird in einem Behälter 3 aufbewahrt. Über eine Heizeinrichtung 11 wird dem Material 2 im Behälter 3 Wärme Q_z zugeführt, sodass die Temperatur des Materials 2 oberhalb der kritischen Temperatur T_k liegt, bei der das Material 2 fließfähig und stabil ist. Zur Überwachung der Temperatur T_1 im Behälter 3 oder in der nachfolgenden Leitung 4 zur Pumpe 5 kann ein entsprechender Temperatursensor 14 ange-

ordnet sein. Bevor das fließfähige Material 2 mithilfe der Pumpe 5 der Düse 6 zugeführt wird, wird die Temperatur des Materials 2 mithilfe einer Kühleinrichtung 12 durch Wärmezufuhr Q_z bzw. Wärmeabfuhr Q_a unter die kritische Temperatur T_k gebracht, wodurch der Zustand des Materials 2 metastabil wird, sodass eine Störung zur Kristallisation und somit zur Verfestigung des Materials 2 führt. Bereits das Aufbringen von Tröpfchen des Materials 2 von der Düse 6 auf eine Unterlage 7 stellt eine solche Störung dar, welche zur Kristallisation und somit zur Verfestigung des Materials 2 und schließlich Bildung des dreidimensionalen Objekts 1 führt. Die Kühleinrichtung 12 kann beispielsweise durch ein Peltierelement 21 oder einen Wärmeübertrager 22 realisiert werden. Zur Überwachung der Temperaturen T_2 und T_3 können weitere Temperatursensoren 15 und 16 an geeigneten Stellen angeordnet sein.

Vorzugsweise werden die Signale der Temperatursensoren 14, 15, 16 einer Regelungseinrichtung 18 zugeführt, welche auch mit der Pumpe 5 verbunden ist, sodass die Förderleistung P_p der Pumpe 5 in Abhängigkeit der Temperaturen T_1 , T_2 und T_3 geregelt werden kann.

[0042] Zur Herstellung des dreidimensionalen Objekts 1 wird die Düse 6 und bzw. oder die Unterlage 7 durch eine entsprechende Bewegungseinrichtung 13 zumindest in xy-Ebene parallel zur Unterlage 7 bewegt. Auch in senkrechter Richtung z zur Ebene xy wird die Unterlage 7 und bzw. oder die Düse 6 beweglich ausgeführt sein.

[0043] Das Material 2 zur Herstellung des dreidimensionalen Objekts 1, insbesondere eine Mischung 8 aus Natriumacetat-Trihydrat ($C_2H_3NaO_2$) und Wasser, kann im Behälter 3 gemischt werden oder in einem externen Behälter (nicht dargestellt) hergestellt und dem Herstellungsprozess zugeführt werden. Über ein Umlaufsystem 24 mit einer zusätzlichen Pumpe 25 kann das Material 2 bzw. die Mischung 8 bewegt werden. Eine thermische Isolation des Behälters 3 oder auch weiterer Teile der Vorrichtung 10 (nicht dargestellt) kann die Konstanthaltung der entsprechenden Temperaturen und ein Schutz von äußeren Einflüssen gewährleistet werden.

[0044] Dem Material 2 kann beispielsweise im Behälter 3 oder bei der Düse 6 ein Farbstoff 9 zugesetzt werden.

[0045] Fig. 2 zeigt ein Phasendiagramm einer Mischung von Natriumacetat-Trihydrat und Wasser, wobei auf der Abszisse die gelöste Menge an Natriumacetat-Trihydrat im Wasser in Gew.-% angegeben wird und auf der Ordinate die Temperatur in Grad Celsius aufgetragen wird. Oberhalb der Linie A B C ist sowohl Wasser als auch Natriumacetat-Trihydrat gasförmig. Im Bereich des Dreiecks A B D ist Natriumacetat-Trihydrat flüssig. Unterhalb den Zuständen I, J, K wird der metastabile Zustand erreicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts (1) durch schichtweises Auftragen eines aushärtbaren fließfähigen Materials (2), welches Material (2) im fließfähigen Zustand von einem Behälter (3) über eine Leitung (4) mit einer darin angeordneten Pumpe (5) zu einer Düse (6) befördert wird, und mit Hilfe der Düse (6) auf eine Unterlage (7) zur Bildung des dreidimensionalen Objekts (1) aufgetragen und ausgehärtet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Material (2) zur Bildung des dreidimensionalen Objekts (1) ein kristallines Material (2) verwendet wird, welches oberhalb einer kritischen Temperatur (T_k) fließfähig und stabil ist und unterhalb der kritischen Temperatur (T_k) metastabil ist, sodass eine Störung zur Kristallisation und somit zur Verfestigung des Materials (2) führt, wobei das Material (2) im Behälter (3) oder in der Leitung (4) stromaufwärts der Pumpe (5) auf eine Temperatur (T_1) oberhalb der kritischen Temperatur (T_k) aufgeheizt wird, und vor dem Auftragen auf die Unterlage (7) mit Hilfe der Düse (6) auf eine Temperatur (T_3) unterhalb der kritischen Temperatur (T_k) abgekühlt wird, sodass das Material (2) beim Auftragen auf die Unterlage (7) auskristallisiert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Material (2) zur Bildung des dreidimensionalen Objekts (1) eine Mischung (8) aus Natriumacetat-Trihydrat und Wasser verwendet wird, und dass die Mischung (8) vorzugsweise 38 bis 48 Gewichts- %, insbesondere 43 Gew.-%, Wasser enthält.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mischung (8) im Behälter (3) oder in der Leitung (4) stromaufwärts der Pumpe (5) auf eine Temperatur (T_1) oberhalb von 58°C, insbesondere 70 bis 100 °C, aufgeheizt wird und vor dem Auftragen mit der Düse (6) auf eine Temperatur (T_3) unterhalb 58°C, insbesondere 30 bis 45 °C, abgekühlt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Düse (6) und bzw. oder die Unterlage (7) zumindest in einer Ebene (xy) parallel zur Unterlage (7) und einer dazu senkrechten Richtung (z-Richtung) bewegbar ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material (2) mit der Düse (6) mit gepulster Förderleistung (P_p) der Pumpe (5) aufgetragen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material (2) mit der Düse (6) mit im Wesentlichen konstanter Förderleistung (P_p) aufgetragen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Material (2) ein Farbstoff (9) zugesetzt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur (T_1) des Materials (2) im Behälter (3) oder in der Leitung (4) stromaufwärts der Pumpe (5) und bzw. oder die Temperatur (T_2) des Materials (2) zwischen Pumpe (5) und Düse (6) und bzw. oder die Temperatur (T_3) des Materials (2) an der Düse (6) gemessen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Förderleistung (P_p) der Pumpe (5) gemessen wird, und vorzugsweise die Förderleistung (P_p) der Pumpe (5) in Abhängigkeit der Temperatur (T_3) des Materials (2) vor dem Auftragen mit Hilfe der Düse (6) geregelt wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

1/2

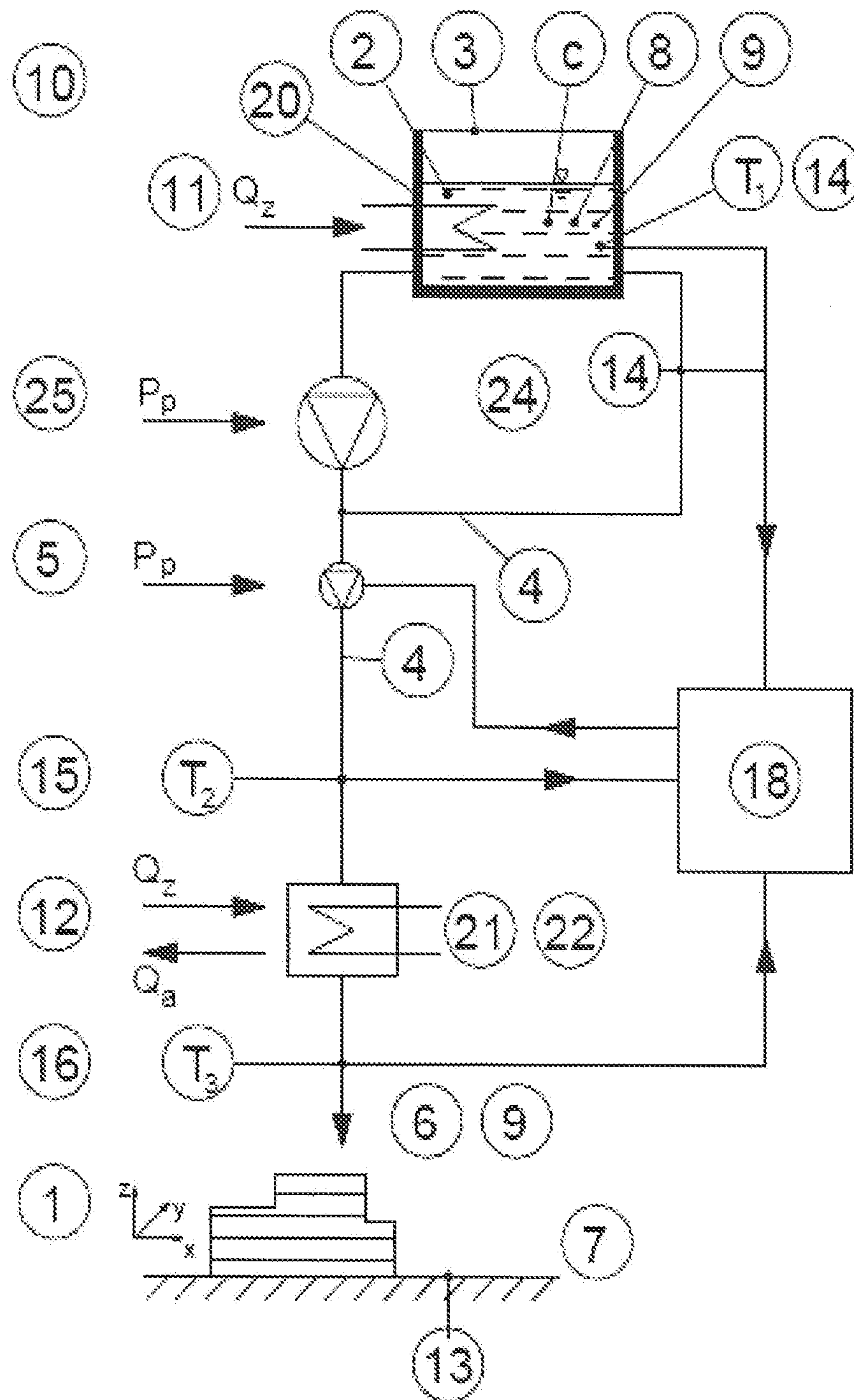


Fig. 1

2/2

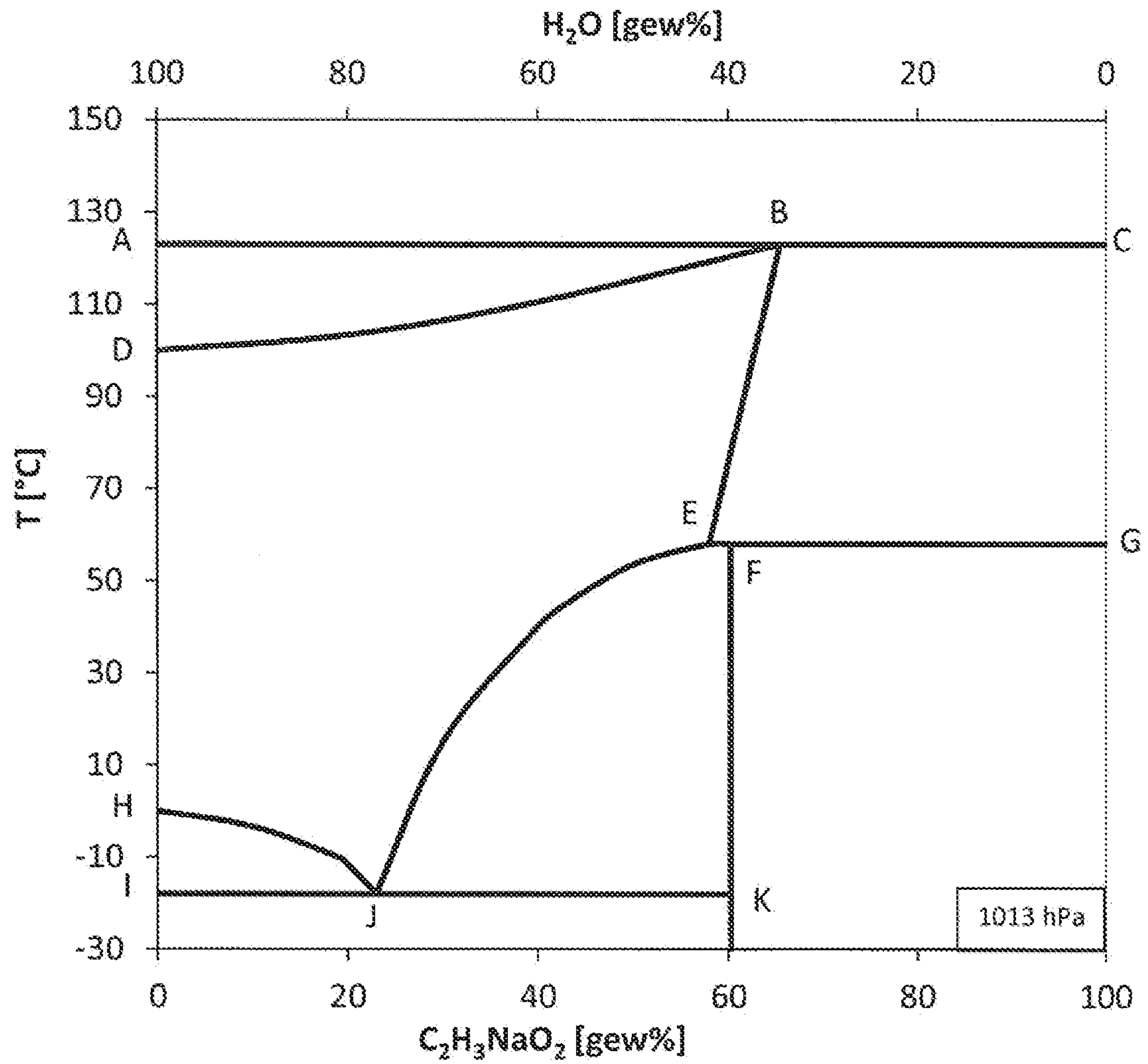


Fig. 2