

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50619/2014
(22) Anmeldetag: 09.09.2014
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2015

(51) Int. Cl.: **B29C 70/42** (2006.01)
B29C 33/52 (2006.01)

(30) Priorität:
25.10.2013 DE 102013111776.7 beansprucht.

(71) Patentanmelder:
Benteler SGL GmbH & Co. KG
33102 Paderborn (DE)

(72) Erfinder:
Céspedes-Gonzales Gilbert
4910 Ried im Innkreis (AT)
Kaiser Christoph
4873 Frankenburg (AT)
Staffenberger Thomas
4902 Manning (AT)
Drühe Christoph
37671 Höxter (DE)

(74) Vertreter:
WILDHACK & JELLINEK PATENTANWÄLTE
OG
1030 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffbauteils**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffbauteils mit einem ausgeschmolzenem Kern (1), gekennzeichnet, durch folgende Verfahrensschritte:

- Belegen eines Kerns (1) mit einem Faserwerkstoff (2),
- Einlegen des belegten Kerns (1) in ein Formwerkzeug (3), Injizieren von Matrixharz (4),
- Temperieren des Formwerkzeuges (3) zum Aushärten des Matrixharzes (4), wobei die teilweise während des Aushärtens des Matrixharzes (4) frei werdende exotherme Energie verwendet wird, das Kernmaterial aufzuschmelzen,
- Ausschmelzen des Kerns (1),
- Entnahme des Faserverbundwerkstoffbauteils aus dem Formwerkzeug (3).

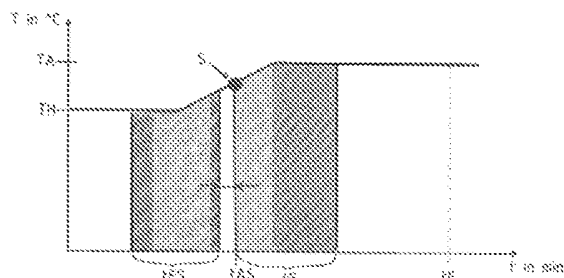


Fig. 2

Zusammenfassung
(in Verbindung mit Figur 2)

Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffbauteils

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffbauteils mit einem ausgeschmolzenem Kern (1), gekennzeichnet, durch folgende Verfahrensschritte:

- Belegen eines Kerns (1) mit einem Faserwerkstoff (2),
- Einlegen des belegten Kerns (1) in ein Formwerkzeug (3),
- Injizieren von Matrixharz (4),
- Temperieren des Formwerkzeuges (3) zum Aushärten des Matrixharzes (4), wobei die teilweise während des Aushärtens des Matrixharzes (4) frei werdende exotherme Energie verwendet wird, das Kernmaterial aufzuschmelzen,
- Ausschmelzen des Kerns (1),
- Entnahme des Faserverbundwerkstoffbauteils aus dem Formwerkzeug (3).

(Fig. 2)

Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffbauteils

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffbauteils mit einem ausgeschmolzenen Kern gemäß den Merkmalen im Patentanspruch 1.

Aus dem Stand der Technik ist es mehr und mehr bekannt auch in automatisierter Herstellung Faserverbundwerkstoffbauteile herzustellen. Insbesondere finden diese somit auch Einzug in den Automobilsektor.

Oftmals ist es hier jedoch notwendig gerade Faserverbundwerkstoffbauteile herzustellen, die eine komplexe Formgebung haben und insbesondere von innen hohl sind.

Hierzu wird oftmals das LCM-Verfahren genutzt, was für Liquid Composing Molding steht. Eine bekannte Herstellungsvariante des LCM-Verfahrens ist das RTM-Verfahren (Resin Transfer Molding), wobei Faserwerkstoffe in ein Formwerkzeug gegeben werden und unter Druck Matrixharz in das Formwerkzeug, den Faserwerkstoff durchdringend injiziert wird und anschließend in dem Formwerkzeug insbesondere unter Temperaturzusatz aushärtet.

Um nunmehr ein von innen hohles Faserverbundwerkstoffbauteil herzustellen gibt es aus dem Stand der Technik wiederum verschiedene Ansätze. So wird beispielsweise das Faserverbundwerkstoffbauteil mehrteilig in Differenzialbauteile hergestellt, bei dem Hohlbauteile durch Fügeverfahren, wie beispielsweise Kleben oder Nieten gekoppelt werden. Ein solches Herstellungsverfahren ist jedoch mit hohen Herstellungskosten aufgrund mehrerer Werkzeuge und Vorrichtungen verbunden. Des Weiteren benötigen diese Verfahren stets ein oder mehrere zusätzliche Prozessschritte.

Die Alternative dazu besteht in einem Herstellungsverfahren, bei dem ein Kernmaterial genutzt wird. Hierzu wird ein Kernmaterial mit einem Faserwerkstoff belegt oder aber auch umwickelt und sodann beispielsweise im RTM-Prozess der Faserwerkstoff mit samt Kern in ein Formwerkzeug eingelegt und der Faserwerkstoff von Matrixharz durchdrungen. Hierzu kann der Kern, beispielsweise im Falle von Schaumwerkstoff in dem hergestellten Bauteil verbleiben oder aber auch aus dem Bauteil auf Wachsbasis ausgeschmolzen werden.

Im Falle des Ausschmelzens eines Kerns wird zunächst das Faserhalbzeug mit dem Kern in einem Formwerkzeug hergestellt, sodann wird der Faserverbundwerkstoff ausgehärtet und das Bauteil danach mit optionaler zwischenzeitlicher Festaushärte- bzw. Lagerzeit in einen Temperofen verbracht, wobei in dem Temperofen der Kern zuvor von Wärme ausgeschmolzen wird.

Ein solcher Herstellungsvorgang ist jedoch sehr zeit- und energieaufwendig, weshalb er sich für die automatisierte Fertigung nur bedingt eignet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ausgehend vom Stand der Technik ein Verfahren zur automatisierten Herstellung eines hohlen

Faserverbundwerkstoffbauteils aufzuzeigen, bei dem die Herstellungszeit bei zumindest gleichbleibender Herstellungsqualität unter Verwendung eines geringeren Energieaufwandes verkürzt ist.

Die zuvor genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffbauteils mit ausgeschmolzenem Kern gemäß den Merkmalen im Patentanspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsvarianten der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

Das Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffes mit einem ausgeschmolzenen Kern weist erfindungsgemäß folgende Verfahrensschritte auf:

- Belegen eines Kerns mit einem Faserwerkstoff,
- Einlegen des belegten Kerns in ein Formwerkzeug,
- Injizieren von Matrixharz,
- Temperieren des Werkzeuges zum Aushärten des Matrixharzes, wobei teilweise die während des Aushärtens des Matrixharzes frei werdende exotherme Energie verwendet wird, das Kernmaterial aufzuschmelzen,
- Ausschmelzen des Kerns,
- Entnahme des Faserverbundwerkstoffbauteils aus dem Formwerkzeug.

Wesentlicher Teil der Erfindung ist die Kombination aus Aushärtevorgang und Ausschmelzvorgang in einem Werkzeug, wobei sowohl der Aushärtevorgang als auch der Ausschmelzvorgang zeitlich unmittelbar aneinander anknüpfen oder aber sich bereits überlagern. Hierdurch ist es ermöglicht, das während des Aushärtevorganges auf eine gegenüber der Raumtemperatur erhöhte Temperatur gebrachte Formwerkzeug aneinandergereiht oder aber durch Überlagerung des Aushärteprozesses und Ausschmelzprozesses in einem fließenden Übergang in seiner Temperatur weiter zum Ausschmelzen des Kern zu erhöhen, so dass ein Wärmeverlust bei Entformen und Manipulieren des hergestellten

Faserverbundwerkstoffbauteils mit Kern vermieden ist. Hierbei ist besonders zu berücksichtigen, dass gerade der Faserverbundwerkstoff eine nur geringe Wärmeleitfähigkeit hat, so dass ein wenn auch nur geringfügig abgekühltes Außenmaterial nur mit erhöhtem Energieaufwand wiederum auf Temperatur gebracht wird.

Weiterhin entfallen die Transferzeit sowie gegebenenfalls zusätzliche Werkzeugkosten für einen Temperofen zum Ausschmelzen des Kerns. Dies führt zu einer deutlichen Verkürzung der Produktionszeit, bei gleichzeitig geringerem Energieaufwand. Im Rahmen der Erfindung besitzt weiterhin das teilausgehärtete Matrixharz eine gegenüber einem vollausgehärteten und gegebenenfalls raumtemperaturnahem Matrixharz erhöhte Wärmeabgabe. Während des Aushärteprozesses findet jedoch gleichzeitig auch eine exotherme Energiefreisetzung insbesondere bei Reaktionsharzen statt. Auch dies macht sich das erfindungsgemäße Verfahren zu nutzen, da die exotherme Energiefreisetzung während des Aushärtevorganges des Matrixharzes zugleich dazu genutzt wird, das Kernmaterial aufzuschmelzen. Auch hierdurch wird wiederum benötigte Energie eingespart sowie der Ausschmelzvorgang zeitlich verkürzt.

Im Rahmen der Erfindung ist unter Ausschmelzen sowohl zu verstehen, dass der Kern zunächst annähernd vollständig aufgeschmolzen ist, mithin vom festen Aggregatzustand in einen zumindest teilweisen insbesondere vollständig flüssigen Aggregatzustand übergegangen ist und anschließend aus der Hülle aus Faserverbundwerkstoff ausgeschüttet wird. Alternativ ist im Rahmen der Erfindung allerdings auch unter einem Ausschmelzen zu verstehen, dass der Kern bereits während des Aufschmelzens, ab Erreichen der Formstabilität des Faserverbundwerkstoffes direkt aus der Hülle des hergestellten Faserverbundbauteils austritt.

Weiterhin vorteilig ist es, wenn im Rahmen der Erfindung das Matrixharz unter Vakuum in das Formwerkzeug injiziert wird. Hierdurch wird eine bessere Durchdringung in kürzerer Injektionszeit ermöglicht, was die Qualität des hergestellten Produktes steigert sowie die Herstellungszeit senkt.

Im Rahmen der Erfindung ist es sowohl möglich, dass zunächst der Aushärtvorgang über einen Aushärtezeitraum bei einer Härtetemperatur stattfindet während sich der Kern im festen Zustand befindet, es ist jedoch alternativ auch möglich, dass bereits während des Aushärtvorganges der Ausschmelzvorgang des Kerns zumindest in Form eines Aufschmelzens des Kerns beginnt.

Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin vorteilig, wenn das Formwerkzeug frühestens ab Erreichen der Formstabilität des Bauteils jedoch spätestens zu Beginn der vollständigen Verflüssigung des Kernmaterials in einen Winkel gekippt wird, so dass ein vollständiges Ausfließen des Kernmaterials gewährleistet ist. Dabei ist der Kippwinkel des Formwerkzeugs von der Bauteilgeometrie und dessen fertigungstechnischer Einbaulage abhängig. Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, dass das Austreten des Kernmaterials durch den Kippwinkel des Werkzeuges gesteuert wird.

Weiterhin besonders bevorzugt wird in den auf dem Kern gewickelten Faserwerkstoff vor, während oder nach dem Temperieren zum Aushärten des Matrixharzes mindestens eine Öffnung eingebracht. Vorzugsweise werden zwei Öffnungen insbesondere an gegenüberliegenden Seiten eingebracht.

Eine erste Öffnung wird bevorzugt als Ausschmelzöffnung genutzt. Durch die Ausschmelzöffnung kann dann das im Innenraum des herzustellenden Faserverbundbauteils befindliche aufgeschmolzene Kernmaterial ausfließen. Die Öffnung kann zunächst vor Einlegen in das Formwerkzeug in den Faserwerkstoff eingebracht werden, aber auch an dem in dem Formwerkzeug eingelegten Faserwerkstoff. Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, dass die Öffnung erst nach Erreichen der Formstabilität des Faserverbundwerkstoffes eingebracht wird.

Im Rahmen der Erfindung ist es insbesondere von Vorteil, wenn zunächst ein Großteil des Kernmaterials aufgeschmolzen ist, da durch das fluide Kernmaterial eine entsprechende Wärmeweitergabe durch Wärmeleitung erfolgt. Ist bereits das aufgeschmolzene Kernmaterial teilweise aus dem Faserverbundwerkstoffbauteil ausgetreten, so entstehen Hohlräume und das noch feste Kernmaterial liegt nicht vollflächig an den Innenwänden des herzustellenden Faserverbundwerkstoffbauteils

an und erfährt folglich eine geringere Wärmeleitung, wodurch die Aufschmelzzeit des in dem Bauteil verbleibenden Kernmaterials verlängert wird.

Die zweite Öffnung ist insbesondere als Druckregulierungsöffnung verwendet. Hier ist es möglich, dass ein entsprechender Überdruck in das Innere des hergestellten Faserverbundwerkstoffbauteils eingebracht wird, so dass das aufgeschmolzene Kernmaterial aufgrund des Überdruckes schneller durch die Ausschmelzöffnung aus dem Faserverbundwerkstoffbauteil austritt.

Im Rahmen der Erfindung ist es auch denkbar, dass die Injektionspunkte und Ansaugpunkte im RTM Verfahren, zur Druckbeaufschlagung und zum Ausfließen des Kernmaterials genutzt werden. Als Kernwerkstoff kommen Kerne aus schmelzbaren Werkstoffen zum Einsatz, beispielsweise auf Kunststoffbasis, insbesondere Thermoplasten. Auch ist es vorstellbar Kerne aus Silikon oder Metall einzusetzen.

Weitere Vorteile, Merkmale, Eigenschaften und Aspekte der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der folgenden Beschreibung.

Bevorzugte Ausführungsvarianten werden in den schematischen Figuren dargestellt. Diese dienen dem einfachen Verständnis der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1a bis d den Verfahrensablauf zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Faserverbundwerkstoffbauteils und

Figur 2 einen Zeittemperaturverlauf während einem erfindungsgemäßen Verfahren.

In den Figuren werden für gleiche Bauteile dieselben Bezugszeichen verwendet, auch wenn eine wiederholte Beschreibung aus Vereinfachungsgründen entfällt.

Figur 1a bis d zeigen einen erfindungsgemäßen Verfahrensablauf zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils. Zunächst wird ein Kern 1, umwickelt mit Faserwerkstoff 2 in ein Formwerkzeug 3 eingelegt. Bei dem Faserwerkstoff 2 kann es sich erfindungsgemäß um verschiedene Fasern, insbesondere Glasfasern, Karbonfasern, Aramidfasern oder aber auch Basaltfasern handeln.

Der Kern 1 selbst kann dabei mit einem Roving umwickelt sein oder aber auch in ein entsprechendes mattenförmiges Fasermaterial eingelegt sein oder aber auch in ein Vlies eingelegt sein. Im Rahmen der Erfindung wäre es auch vorstellbar, dass entsprechende Recyclingfasern genutzt werden.

Das Formwerkzeug 3 wird geschlossen, wobei dann ein Matrixharz 4 injiziert wird. Insbesondere erfolgt die Injizierung unter Druck p , wobei zusätzlich der entstandene Formhohlraum mit Vakuum 5 beaufschlagt wird, so dass das Matrixharz 4 entsprechend injiziert wird. Sodann findet eine entsprechende Temperatureinwirkung zum Aushärten des Matrixharzes 4 statt und zeitlich überlagert oder alternativ unmittelbar an den Aushärtevorgang anschließend eine weitere Temperatureinwirkung, wobei das Formwerkzeug 3 auf die Härtetemperatur gebracht wird.

Unmittelbar an die Härtezeit anschließend oder aber bereits während der Härtezeit beginnend wird das Formwerkzeug 3 auf eine Ausschmelztemperatur gebracht, wobei die Ausschmelztemperatur höher als die Härtetemperatur liegt. Das Kernmaterial beginnt aufzuschmelzen und durch eine Ausschmelzöffnung 6 aufgrund des Schwerkrafteinflusses aus dem Formwerkzeug 3 auszufließen. Das Formwerkzeug 3 kann dazu bevorzugt gekippt werden, wie in Figur 1c dargestellt. Dies kann durch Druckbeaufschlagung 8 verschnellert werden. Bevorzugt wird die Druckbeaufschlagung 8 durch eine Druckregulierungsöffnung 7 verschnellert. Bevorzugt werden als Druckregulierungsöffnung 7 und als Ausschmelzöffnung 6 die Öffnungen zum Injizieren des Matrixharzes 4 und/oder zum Beaufschlagen des Formhohlraumes mit einem Vakuum 5 genutzt. Im Anschluss daran wird das Formwerkzeug 3 geöffnet und das hergestellte Formbauteil mit ausgeschmolzenem Kern entnommen.

Figur 2 zeigt einen Zeittemperaturverlauf am Beispiel Polypropylen (Thermoplast) mit einem ungefähren Kernvolumen von 2000 ccm, wobei auf die Y-Achse bezogen die Temperatur T in Grad Celsius aufgezeichnet ist und auf die X-Achse bezogen die Zeit t in Minuten. Der Prozess beginnt bei einer Werkzeugtemperatur, die auf Härtetemperatur T_H eingestellt ist. Dabei wird zum Zeitpunkt $t=0$ Matrixharz in das Werkzeug injiziert, wobei die Härtetemperatur T_H zunächst hier einer Temperatur T

bei Harzinjektion entspricht. Diese beträgt vorzugsweise 50°C bis 70°C, insbesondere 60°C. Unmittelbar nach der Harzinjektion beginnt der Aushärteprozess des Faserverbundwerkstoffes, wobei eine Formstabilität erreicht ist in einem Zeitraum t_{FS} nach bevorzugt 60°C bis 120 min, insbesondere 80 min bis 110 min, ganz besonders bevorzugt nach ca. 100 min.

Hier wird dann abhängig von dem verwendeten Kernmaterial und beispielsweise auch der Wandstärke des hergestellten Faserverbundwerkstoffbauteils begonnen die Temperatur T weiter zu erhöhen auf eine Ausschmelztemperatur T_A . Die Ausschmelztemperatur T_A beträgt vorzugsweise 100°C bis 150°C, insbesondere 110°C bis 130°C und ganz besonders bevorzugt 120°C. Bereits bei Erhöhung des Werkzeuges auf Ausschmelztemperatur T_A beginnt dann der Ausschmelzvorgang t_{AS} zum Schmelzpunkt S , wobei in einem weiteren Intervall eine Zeit t_F benötigt wird, bis das Kernmaterial vollständig aufgeschmolzen ist. Dieses Zeitintervall t_F , für die Zeit t in der der Kern verflüssigt ist, ist bevorzugt nach einer Gesamtprozesszeit von ca. 100 min bis 150 min, vorzugsweise 120 min bis 140 min und ganz besonders bevorzugt 130 min abgeschlossen. Sodann wird das Werkzeug entweder gekippt oder aber eine entsprechende Druckregulierungsöffnung geöffnet, so dass das Kernmaterial ausfließen kann. Der gesamte Prozess ist nach einer Zeit t von ca. 200 min bis 220 min, insbesondere 210 min beendet zum Zeitpunkt t_{AS} . In diesem Zusammenhang ist bei dem gezeigten bevorzugten Verfahrensablauf vorgesehen, dass zwischen dem Erreichen der Formstabilität und dem Zeitpunkt t_E des Beginnens des Ausschmelzens ein Zeitabstand größer 0 zu verzeichnen ist, was sich insbesondere auf die Produktionsgenauigkeit des hergestellten Bauteils auswirkt.

Bezugszeichen:

- 1 - Kern
- 2 - Faserwerkstoff
- 3 - Formwerkzeug
- 4 - Matrixharz
- 5 - Vakuum
- 6 - Ausschmelzöffnung
- 7 - Druckregulierungsöffnung
- 8 - Druckbeaufschlagung

- G - Schwerkraft
- p - Druck
- S - Schmelzpunkt
- T - Temperatur
- TA - Ausschmelztemperatur
- TH - Harzinjektionstemperatur
- t - Zeit
- tAS - Ausschmelzvorgang
- tE - Zeitpunkt Prozessende
- tF - Zeitintervall Aufschmelzen
- tFS - Zeit Formstabilität

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines hohlen Faserverbundwerkstoffbauteils mit einem ausgeschmolzenem Kern (1), gekennzeichnet, durch folgende Verfahrensschritte:
 - Belegen eines Kerns (1) mit einem Faserwerkstoff (2),
 - Einlegen des belegten Kerns (1) in ein Formwerkzeug (3),
 - Injizieren von Matrixharz (4),
 - Temperieren des Formwerkzeuges (3) zum Aushärten des Matrixharzes (4), wobei teilweise die während des Aushärtens des Matrixharzes (4) frei werdende exotherme Energie verwendet wird, das Kernmaterial aufzuschmelzen,
 - Ausschmelzen des Kerns (1),
 - Entnahme des Faserverbundwerkstoffbauteils aus dem Formwerkzeug (3).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrixharz unter Vakuum (5) in das Formwerkzeug (3) injiziert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausschmelzen des Kerns (1) während des Härtens des Matrixharzes (4) beginnt oder dass das Ausschmelzen nach Erreichen einer Formstabilität beginnt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass für das Temperieren das Formwerkzeug (3) auf eine Härtetemperatur von vorzugsweise 40°C bis 80°C gebracht wird und während des Härtens oder nach dem Härten die Temperatur des Formwerkzeuges (3) auf eine

Ausschmelztemperatur von vorzugsweise 100°C bis 140°C gebracht wird, wobei die Ausschmelztemperatur höher ist gegenüber der Härtetemperatur.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Formwerkzeug (3) während oder nach der Ausschmelzzeit in einem Winkel gekippt wird, wobei der Winkel von der Geometrie und Einbaulage des Bauteils abhängig ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in den auf den Kern (1) belegten Faserwerkstoff (2) vor, während oder nach dem Temperieren mindestens eine Öffnung eingebracht wird, wobei vorzugsweise zwei Öffnungen eingebracht werden.
7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Öffnung als Ausschmelzöffnung (6) genutzt wird und vorzugsweise eine zweite Öffnung als Druckregulierungsöffnung (7), wobei durch die Druckregulierungsöffnung (7) der in dem Faserverbundwerkstoffbauteil entstehende Hohlraum mit einem Überdruck beaufschlagt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (1) aus einem aufschmelzbaren, bevorzugt wachsartigen Werkstoff ausgebildet ist, vorzugsweise aus einem Werkstoff auf Polypropylenbasis.
9. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Kernwerkstoff zusätzlich mit wärmeleitfähigkeitssteigernden Additiven, insbesondere Grafit, versehen ist.

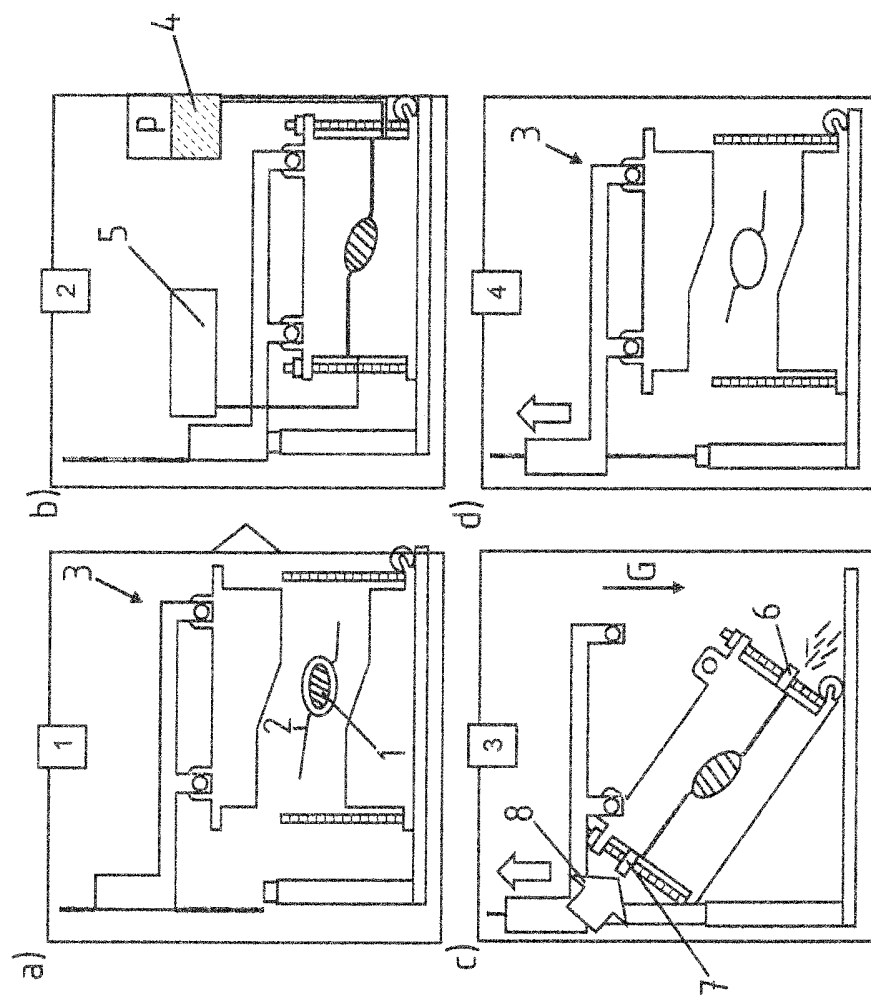


Fig. 1

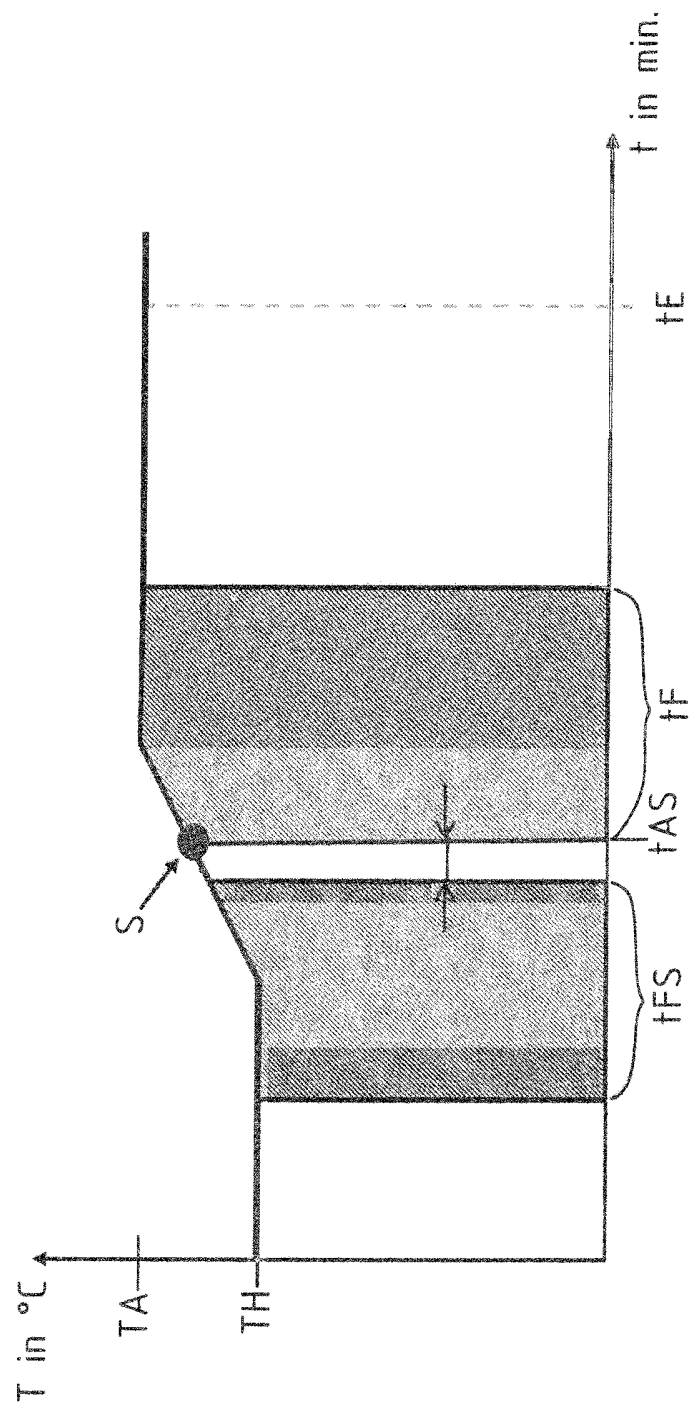


Fig. 2