

(19)



(11)

EP 2 320 189 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.07.2020 Patentblatt 2020/30

(51) Int Cl.:
F28F 27/00 ^(2006.01) **F28D 5/02** ^(2006.01)
F25B 17/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10188007.8**

(22) Anmeldetag: **19.10.2010**

(54) **Verfahren zum Betreiben eines Rückkühlkreislaufes mit einem Hybridkühler für eine Anlage mit einer diskontinuierlichen Wärmeabgabe**

Method for operating a recooling circuit with a hybrid cooler for an assembly with discontinuous heat discharge

Procédé de fonctionnement d'un circuit de refroidissement de recirculation doté d'un refroidisseur hybride pour une installation ayant une sortie de chaleur discontinue

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **04.11.2009 DE 102009051888**
18.02.2010 DE 102010008408

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.05.2011 Patentblatt 2011/19

(73) Patentinhaber: **Fahrenheit GmbH**
80803 München (DE)

(72) Erfinder: **Kühnert, Steffen**
06618 Naumburg/OT Wetterburg (DE)

(74) Vertreter: **Kruspigg, Volkmar et al**
Meissner Bolte Patentanwälte
Rechtsanwälte Partnerschaft mbB
Widenmayerstraße 47
80538 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 574 804 DE-A1- 4 215 898
DE-U1- 20 001 528 US-A- 3 887 666
US-B2- 7 021 070

EP 2 320 189 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Rückkühlkreislafes mit einem Hybridkühler für eine Adsorptionskältemaschine mit einer diskontinuierlich anfallenden Wärmeabgabe nach Anspruch 1.

[0002] Rückkühler und Rückkühlkreisläufe werden eingesetzt, um Wärme von einer Wärmequelle an die Umgebung abzuführen. Dabei wird ein Rückkühlmedium verwendet, um die Wärme von der Wärmequelle zu einer Wärmeaustauschfläche zu leiten, die mit der Umgebung im thermischen Kontakt steht. Hierzu sind eine Vielzahl unterschiedlicher Konfigurationen bekannt. Die Wärmeabgabe an die Umgebung erfolgt entweder über einen trockenen Rückkühler, bei dem das Rückkühlmedium durch Rohre innerhalb der Wärmetauschfläche fließt und so die Wärme an die Umgebung überträgt, oder über einen Naßkühler, bei dem das überwiegend in Form von Wasser ausgebildete Rückkühlmedium direkt verdampft oder verdunstet, wie dies beispielsweise bei einem Kühlturm der Fall ist.

[0003] Bei einem Hybridkühler ist das Prinzip der trockenen Rückkühlung und der Nasskühlung kombiniert. Dabei erfolgt eine trockene Rückkühlung, welche durch eine Wasserbesprühung, -berieselung oder -benetzung der Kühlflächen oder der umgebenden Luft unterstützt wird.

[0004] Die herkömmliche Steuerung des Betriebs eines Hybridkühlers erfolgt in der Weise, dass die Besprühung dann in Betrieb genommen wird, wenn sich eine bestimmte Temperatur in der Zuluft oder am Ausgang des Rückkühlers einstellt. Bei der Aktivierung der Besprühung wird ein Ventil geöffnet und es wird kontinuierlich Wasser in den Zuluftstrom eingesprüht. Durch die damit bewirkte Absenkung der Temperatur in der Zuluft wird eine höhere Wärmeabfuhr im Rückkühlkreislauf ermöglicht. Die Besprühung wird üblicherweise dadurch geregelt, indem die Temperatur am Rückkühleraustritt erfasst wird. Diese wird mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen.

[0005] Dieses Regelungsverfahren weist den Nachteil auf, dass sich der Wasserverbrauch bei der Besprühung und damit die Effizienz der Besprühung des Rückkühlers in einem nur sehr eingeschränkten Maße beeinflussen lässt. Das bekannte Regelungsverfahren ist für eine kontinuierliche Besprühung ausgelegt. Der Wasserverbrauch ist daher unverhältnismäßig groß, die ständige Besprühung führt außerdem zu Schmutz- und Kalkablagerungen im Rückkühler. Dies verschlechtert die Effizienz der Rückkühlung zusätzlich und führt wiederum zu einem zusätzlichen Wasserverbrauch bei der Besprühung.

[0006] Außerdem erweist sich die Regelung der Besprühung des Rückkühlers bei den derzeit bekannten Verfahren als nur sehr eingeschränkt variierbar. Sie weist technisch bedingt eine feste Hysterese auf, die verhindert, dass das Ein- und Ausschalten der Besprühung zeitgenau erfolgt. Der gesamte Regelvorgang gestaltet

sich somit sehr träge.

[0007] Die genannten Nachteile werden besonders dann gravierend, wenn Anlagen rückzukühlen sind, die eine diskontinuierliche Wärmeabgabe aufweisen, die noch dazu innerhalb relativ kurzer zeitlicher Zyklen wechselt. Die herkömmlichen Steuerungsverfahren der Rückkühlung führen in diesem Fall dazu, dass die Besprühung immer dann nutzlos im Betrieb bleibt, wenn von der Anlage keine oder eine nur geringe Wärmemenge abzuführen ist. Das bekannte Steuerungsverfahren der Besprühung ist wegen dessen Trägheit nicht in der Lage, auf die sich verändernden zyklischen Wärmelasten der Anlage zu reagieren. Dadurch wird die Rückkühlung einer solchen Anlage ineffizient.

[0008] In US 7 021 070 B2 wird eine Kompressorkühlung mit einem Kühlturbosystem beschrieben. Hierbei handelt es sich um einen Hybridkühler mit einer Wasserkühlung. In Abhängigkeit von Betriebsparametern der Kühlanlage wird eine Wasserzufuhr geregelt bzw. gesteuert. Hierzu sind im Kühlturbosystem bzw. im Hybridkühler Sensoren angeordnet. Eine Besprühung mit Wasser wird dann in Betrieb genommen, wenn sich eine bestimmte Temperatur in der Zuluft oder am Ausgang des Rückkühlers einstellt.

[0009] Es besteht die Aufgabe, einen Rückkühlkreislauf mit einem Hybridkühler so zu gestalten, dass dieser sich besonders gut für Anlagen mit einer diskontinuierlichen Wärmeabgabe eignet. Der Rückkühlkreislauf soll insbesondere für Anlagen geeignet sein, bei der die Wärmeabgabe innerhalb vergleichsweise kurzer Zeitzyklen wechselt. Der Rückkühlkreislauf soll einen reduzierten Wasserverbrauch bei der Besprühung aufweisen, die Effizienz der Rückkühlung steigern und eine erhöhte Lebensdauer der in dem Rückkühlkreislauf vorhandenen Komponenten, insbesondere des Hybridkühlers selbst, gewährleisten. In Verbindung damit sollen die Betriebs- und Wartungskosten des Rückkühlkreislaufs und darüber hinaus der Anlage gesenkt und optimiert werden.

[0010] Die Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrensaspektes gemäß der Lehre zum Betreiben eines Rückkühlkreislafes mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Erfindungsgemäß zeichnet sich das Verfahren zum Betreiben eines Rückkühlkreislafes mit einem Hybridkühler für eine Adsorptionskältemaschine mit einer diskontinuierlichen Wärmeabgabe durch eine Besprühregelung des Hybridkühlers mit folgenden Verfahrensschritten aus:

Die Besprühregelung des Hybridkühlers betrifft einen Arbeitszyklus der Adsorptionskältemaschine, wobei sich der Arbeitszyklus im Wesentlichen zeitlich periodisch wiederholt:

Es erfolgt ein kontinuierliches Erfassen eines aktuellen Betriebsparameters innerhalb der Adsorptionskältemaschine. Der so erfasste Betriebsparameter wird mit einem vorgegebenen ersten Wert in einer Regeleinheit verglichen. Eine Besprühvorrichtung des Hybridkühlers wird bei einem Erreichen und/oder Überschreiten des

vorgegebenen Wertes durch den aktuell erfassten Betriebsparameter aktiviert, bis ein vorgegebener zweiter Wert erreicht und/oder unterschritten worden ist.

[0012] Die Besprüheinrichtung bleibt so lange aktiviert, wie der betreffende Betriebsparameter überschritten ist. Danach wird die Besprüheinrichtung deaktiviert, indem ein Ventil geschlossen wird. Das Ventil ist während eines festen Intervalls geöffnet oder geschlossen, sodass der Hybridkühler intervallartig besprüht wird.

[0013] Im Gegensatz zu der herkömmlichen Steuerung der Besprüheinrichtung, die auf den Temperaturwert am Ausgang des Rückkühlers rückgekoppelt ist, wird ein Betriebsparameter, beispielsweise ein Temperaturwert, aus der Adsorptionskältemaschine selbst zur Regelung der Besprüheinrichtung verwendet. Der Betrieb der Besprüheinrichtung ist somit unmittelbar mit den Betriebsabläufen der Adsorptionskältemaschine und damit mit dem dort ablaufenden wärmeerzeugenden Prozess gekoppelt. Die Besprüheinrichtung reagiert somit unmittelbar auf die Betriebsabläufe und damit auf die Wärmeerzeugung innerhalb der Anlage. Dadurch werden die Ansprechzeiten der Regelung der Besprüheinrichtung entscheidend verkürzt, sodass ein echter diskontinuierlicher und/oder zyklischer Betrieb der Besprüheinrichtung entsprechend der diskontinuierlichen Wärmeerzeugung innerhalb der Adsorptionskältemaschine ausführbar ist. Die Besprüheinrichtung reagiert dadurch insbesondere auf innerhalb der Adsorptionskältemaschine ablaufende Betriebszyklen und ist mit diesen gekoppelt. Damit wird die zum Besprühen verbrauchte Wassermenge und somit die Beanspruchung des Hybridkühlers nachhaltig gesenkt und der Rückkühlkreislauf in effektiver Weise auf die von der Adsorptionskältemaschine gelieferte Wärmelast eingestellt.

[0014] Die Anlage ist als eine Adsorptionskältemaschine ausgeführt. Dabei wird der aktuell erfasste Betriebsparameter innerhalb eines Verdampfers in einem Kaltwasserkreislauf oder einem Kondensator in der Adsorptionskältemaschine erfasst.

[0015] Adsorptionskältemaschinen zeichnen sich durch eine diskontinuierlich erzeugte und zyklische Wärmeabgabe aus. Für derartige Zwecke ist der erfindungsgemäß betriebene Rückkühlkreislauf somit besonders vorteilhaft.

[0016] Das Verfahren und eine beispielhafte Vorrichtung zum Ausführen des Verfahrens sollen nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Zur Verdeutlichung dienen die Figuren 1 bis 5. Es werden für gleiche und/oder gleichwirkende Teile dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0017] Hierbei zeigen:

- Fig. 1 eine Darstellung einer zyklischen Arbeitsweise einer Adsorptionskältemaschine,
- Fig. 2 eine Darstellung eines beispielhaften Rückkühlkreislaufs im Überblick,
- Fig. 3 eine zweckmäßige Ausführungsform eines beispielhaften Hybridkühlers,

Fig. 4 eine Darstellung eines Temperaturverlaufs am Austritt eines Hybridkühlers unter dem Einfluss einer zeitlich diskontinuierlichen Wärmelast mit und ohne Besprühungsintervalle und

5 Fig. 5 eine Darstellung einer Maschinenarbeitszahl einer rückgekühlten Adsorptionskältemaschine in Abhängigkeit von einer Außentemperatur mit und ohne Besprühung.

10 **[0018]** Nachfolgend wird ein Verfahren anhand eines Betriebs eines mit einer Adsorptionskältemaschine gekoppelten Rückkühlkreislaufes, insbesondere eines Rückkühlwasserkreislaufes, beispielhaft dargestellt. Wie für alle thermisch angetriebenen Kälteanlagen, ist auch für derartige Anlagen eine leistungsfähige und effiziente Rückkühlung der zugeführten Antriebsenergie und der erzeugten Kälteenergie von großer Bedeutung. Die von der Maschine nicht weiter verwertbare Rückkühlenergie in Form von Wärme muss daher über den Rückkühlkreislauf und über einen Wärmeaustausch effizient abgeführt werden. Hierzu zirkuliert in dem Rückkühlkreislauf ein Wärmeträger, der beispielsweise aus Wasser oder einem Gemisch aus Wasser und Glykol besteht.

[0019] Durch die Wärmeaufnahme in der Maschine steigt die Wärmeträgertemperatur im Rückkühlkreislauf. Der Wärmeträger wird entlang des Rückkühlkreislaufs und insbesondere an einem als ein Wärmeübertrager ausgebildeten Kühler wieder auf ein niedrigeres Temperaturniveau abgekühlt. Er steht danach der Kälteanlage somit für die erneute Wärmeaufnahme zur Verfügung. Die Effizienz und die Leistung des Rückkühlkreislaufs sind von der Außentemperatur, der Art des eingesetzten Kühlers, dessen Peripheriekomponenten und der Kälteanlage selbst abhängig.

35 **[0020]** Fig. 1 zeigt eine Darstellung der zyklischen Arbeitsweise einer Adsorptionskältemaschine. Die charakteristische diskontinuierliche Arbeitsweise der Maschine ist durch den Aufbau und die wechselnden Prozesse Adsorption und Desorption geprägt. Für einen möglichst kontinuierlichen Betrieb der Maschine werden in zwei Adsorbern im Wechsel Adsorptions- und Desorptionsprozesse ausgeführt. Bei der in der Kurve C dargestellten Austrittstemperatur eines Wärmeträgerkreislaufs sind die Schwankungen extrem steil und treten zyklisch auf. Diese Schwankungen zeigen sich auch in gedämpfter Form bei der Eintrittstemperatur des Wärmeträgerkreislaufs an der Kurve D. Die zyklische Arbeitsweise der Maschine kommt besonders deutlich in dem durch die Kurve E gezeigten Verlauf einer Kälteleistung zum Ausdruck. Bei dem hier gezeigten Beispiel wird eine maximale Kälteleistung von 8 kW und eine minimale Kälteleistung von 2 kW erreicht.

[0021] Die durch die Kurve F dargestellte Außentemperatur zeigt bis zu einem Punkt X einen Verlauf mit natürlichen Schwankungen. Der sprunghafte Anstieg der Außentemperatur im Punkt X ist auf einfallende Sonnenstrahlung zurückzuführen. Der Anstieg der Außentemperatur hat einen verzögerten Anstieg der Eintrittstem-

peratur bei Kurve D und Austrittstemperatur bei Kurve C des Wärmeträgerkreislaufs zur Folge. Die nach dem Punkt X erfolgende Minderung der Kälteleistung bei Kurve E ist auf die Temperaturerhöhung im Kreislauf zurückzuführen.

[0022] Figur 2 zeigt einen für die Adsorptionskältemaschine vorgesehenen beispielhaften Rückkühlkreislauf 1, Figur 3 eine beispielhafte Ausführungsform eines in den Kreislauf geschalteten Hybridkühlers.

[0023] Der Rückkühlkreislauf enthält einen zweckmäßigerweise im Freien angeordneten Hybridkühler 2 und eine Anlage 3, beispielsweise eine Adsorptionskältemaschine mit den in Fig. 1 dargestellten Betriebszyklen, die diskontinuierlich Wärme an den Rückkühlkreislauf abgibt. Der in dem Rückkühlkreislauf strömende Wärmeträger strömt über einen Vorlauf 4 von der Anlage in den Hybridkühler. Er übergibt dort die von der Anlage aufgenommene Wärme an die Umgebungsluft. Hierzu ist ein Kühlelement 5 in einer Lamellenbauweise vorgesehen, die einen besonders guten Wärmekontakt mit der Umgebung bietet.

[0024] Der in dem Hybridkühler abgekühlte Wärmeträger strömt über einen Rücklauf 6 zur Anlage zurück. Zum Umwälzen des Wärmeträgers innerhalb des Rückkühlkreislaufs ist eine Pumpe 7 vorgesehen. Der Fluss des Wärmeträgers im Rückkühlkreislauf kann über eine Reihe von Ventilen geregelt werden. Über in der Nähe der Pumpe angeordnete Sperrventile 10 kann der Vorlauf bei Bedarf gesperrt werden. Ein mit dem Rückkühlkreislauf verbundener Vorrats- und Ausgleichsbehälter 11 kompensiert Druckschwankungen.

[0025] Innerhalb der von dem Rückkühlkreislauf gekühlten Anlage strömt ein Prozessmedium innerhalb eines Prozesskreislaufes. Bei einer Adsorptionskältemaschine entspricht der Prozesskreislauf dem bei derartigen Anlagen üblichen Kreislauf des adsorbierten und desorbierten Kältemittels. Dieser tauscht Wärme über in dem Kreislauf angeordnete Wärmetauscher, insbesondere einen Kondensator 13, zwei Adsorbern 14 und einen Verdampfer 15 mit angrenzenden Betriebskomponenten aus.

[0026] Der Verdampfer 15 ist hierzu thermisch an einen hier nicht gezeigten externen Kaltwasserkreislauf gekoppelt. Dieser schließt beispielsweise eine Kühldecke oder eine Kühltspirale ein. Diese Einrichtungen sind hier nicht dargestellt.

[0027] Die Adsorber 14 sind wiederum thermisch an einen externen Heißwasserkreislauf gekoppelt, der beispielsweise einen hier nicht dargestellten Solarspeicher, eine Fernwärmeeinrichtung oder eine Abwärmeeinrichtung eines Blockheizkraftwerks enthält.

[0028] An verschiedenen Stellen der Sekundärseiten der Wärmetauscher oder auch im Rückkühlkreislauf sind, insbesondere im Bereich des Kondensators, des Verdampfers und/oder der Adsorber, Temperatursensoren 16 vorgesehen. Diese übergeben die an diesen Stellen erfassten Betriebsparameter, d.h. die in diesem Beispiel gemessenen Temperaturwerte, an eine Regelein-

heit 17.

[0029] Bei dem bereits erwähnten Hybridkühler handelt es sich um einen Trockenhybridkühler mit einer Besprüheinrichtung 18 und einer Ventilation 19. Die Besprüheinrichtung besteht aus einer unter dem Kühlelement 5 angeordneten Düsenanordnung 20, die von einer Zulaufleitung 21 mit Kaltwasser versorgt wird. Die Wasserzufuhr über die Zulaufleitung kann über ein Sperrventil 22 freigegeben oder abgesperrt werden. Der Öffnungszustand des Sperrventils wird von der Regeleinheit 17 über eine Steuerleitung 17a sowie die über diese Leitung übermittelten elektrischen Schaltsignale bestimmt. Das Sperrventil ist hierzu als ein elektrisch schaltbares Ventil, beispielsweise als ein Magnetventil, ausgebildet.

[0030] Bei dem hier vorliegenden Aufbau des Hybridkühlers wird Umgebungsluft durch die Ventilation angesaugt. Diese durchströmt das Kühlelement und tritt aus dem Hybridkühler wieder aus. Bei dem Trockenrückkühler mit Besprühung in Ventilationsrichtung befindet sich die Düsenanordnung in Form eines Düsenstocks unter dem Kühlelement. Die angesaugte Umgebungsluft strömt somit zuerst durch den Düsenstock und reißt das dort eingesprühte Wasser mit sich. Durch das Einsprühen von Wasser in die Strömungsrichtung des Luftvolumenstroms wird das Kühlelement an dessen Oberfläche benetzt. Ein zum einem in dem Luftvolumenstrom und zum anderen auf der Oberfläche der Lamellenwärmetauscherwand des Kühlelementes auftretender Verdunstungseffekt ermöglicht eine Abkühlung des Wärmeträgers auf eine Temperatur, die unterhalb der Umgebungstemperatur liegt. Dadurch wird die Kühlung des Wärmeträgers im Rückkühlkreislauf intensiviert. Über den Schaltzustand des Sperrventils kann die Besprühung aktiviert oder deaktiviert und somit die Effektivität der Kühlung eingestellt werden.

[0031] Fig. 4 zeigt den Effekt der diskontinuierlichen Besprühung anhand eines beispielhaften Diagramms. Das Diagramm zeigt den zeitlichen Verlauf einer Austrittstemperatur am Rückkühler unter dem Einfluss einer diskontinuierlichen Wärmelast während eines Arbeitszyklus der Adsorptionskältemaschine. Dieser wiederholt sich im Wesentlichen zeitlich periodisch.

[0032] Die Kurve A zeigt dabei den Temperaturverlauf der Austrittstemperatur aus dem Rückkühler ohne Besprühung, die Kurve B gibt den Temperaturverlauf der Austrittstemperatur mit Besprühung an. Bei dem hier gezeigten Beispiel wird die Besprühung während des Arbeitszyklus innerhalb von zwei Zeitintervallen t_{S1} ausgeführt. Aus dem Verlauf der Kurve A ist zu entnehmen, dass die Temperatur am Austritt des Rückkühlers zunächst ein Maximum erreicht, das mit der Zeit durch die einsetzende Wirkung des Rückkühlers asymptotisch gegen einen Grenzwert sinkt.

[0033] Wie der Verlauf der Kurve B zeigt, wird durch die während des ersten Zeitintervalls t_{S1} erfolgende Besprühung das anfängliche Temperaturmaximum beträchtlich gesenkt. Die Temperaturkurve zeigt im Anschluss daran einen weitaus flacheren Verlauf. Im Ge-

gensatz zu dem Temperaturverlauf bei Kurve A kann durch eine spätere, wiederum innerhalb eines Zeitintervalls t_{S1} erfolgende Besprühung die zum Zeitpunkt $t = 0$ vorliegende Anfangstemperatur schnell wieder erreicht werden. Die kurzzeitige Besprühung in den beiden Zeitintervallen genügt somit, um den Temperaturverlauf am Austritt des Hybridkühlers zu glätten und somit eine gleichbleibende Kühlleistung des Hybridkühlers bei einer diskontinuierlichen Wärmelast zu gewährleisten. Die nur innerhalb der Zeitintervalle ausgeführte Besprühung reicht aus, um die diskontinuierlich herangeführte Wärme effektiv abzuführen.

[0034] Dieser Effekt wird durch die infolge der Besprühung herabgesetzte Temperatur der über die Ventilation angesaugten Umgebungsluft bewirkt. Der Temperaturverlauf der Umgebungsluft ist durch die Kurve B' dargestellt.

[0035] Erfindungsgemäß wird der Beginn und die Dauer der jeweiligen Zeitintervalle t_{S1} von der Regeleinheit bestimmt. Die Besprühung setzt dann ein, wenn die Temperatur T an einer Stelle des Kältekreislaufs der Adsorptionskältemaschine einen Sollwert T_{soll} erreicht oder überschreitet. Sie wird dann deaktiviert und das Ventil 22 geschlossen, wenn der vorgegebene Betriebsparameter, in diesem Fall der Sollwert T_{soll} , wieder unterschritten wird. Die starke Abflachung des Kurvenverlaufs B im Vergleich zu A erklärt sich dadurch, dass die Besprühung des Kühlelementes im Hybridkühler bereits dann einsetzt, bevor der nun stärker erwärmte Wärmeträger das Kühlelement über den Vorlauf erreicht hat. Dadurch ist das Kühlelement bereits benetzt und kann somit die von dem Wärmeträger herangeführte Wärme sehr effektiv aufnehmen.

[0036] Wie aus dem Diagramm auch hervorgeht, setzt die Besprühung somit zu einem Zeitpunkt ein, wenn die Temperatur des Wärmeträgers noch im Steigen begriffen ist. Das während des Zeitintervalls t_{S1} erreichte Minimum in der Kurve B' der Lufttemperatur fällt damit zeitlich mit dem ansteigenden Abschnitt der Kurve B der Austrittstemperatur zusammen. Die Wirksamkeit der durch die Regeleinheit geregelten intervallartigen Besprühung ergibt sich somit vor allem daraus, dass dem Temperaturanstieg des Wärmeträgers im Rückkühlkreislauf zeitgenau und bereits zu Beginn begegnet wird.

[0037] Ein versuchsweise ausgeführter Vergleich der genannten Besprühart für den Hybridrückkühler mit der herkömmlichen Betriebsweise einer quasi kontinuierlichen Besprühung zeigt, dass bei dem Ausführen letzterer eine erheblich größere Wassermenge verbraucht wird. Im Vergleich zur herkömmlichen Betriebsweise ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Wasserverbrauch bei der Besprühung auf etwa ein Siebentel reduziert.

[0038] Fig. 5 zeigt den vorteilhaften Einfluss der in Fig. 4 dargestellten Ausführung der Besprühung auf eine Maschinenarbeitszahl einer Adsorptionskältemaschine mit einem derartig betriebenen Rückkühlkreislauf bei verschiedenen Umgebungstemperaturen. Die Maschinen-

arbeitszahl ist ein Maß für die Effektivität der Adsorptionskältemaschine. Sie gibt das Verhältnis zwischen der durch die Adsorptionskältemaschine gepumpten Wärme zum dafür benötigten Energieaufwand an. Eine hohe Maschinenarbeitszahl bedeutet somit eine hohe Effektivität der Kälteanlage.

[0039] Das Diagramm zeigt, dass die Maschinenarbeitszahl erwartungsgemäß bei zunehmender Außentemperatur sinkt. Sie erreicht ohne Besprühung etwa einen Wert von weniger als 10 bei einer Temperatur von 26 °C. Wird bei dieser Temperatur die Besprühung gemäß der Vorgehensweise nach Fig. 3 in Betrieb genommen, steigt die Maschinenarbeitszahl deutlich auf einen Wert von 15 und damit auf das anderthalbfache.

Bezugszeichenliste

[0040]

- | | |
|-----|--|
| 1 | Rückkühlkreislauf |
| 2 | Hybridkühler |
| 3 | Anlage mit diskontinuierlicher Wärmeabgabe |
| 4 | Vorlauf |
| 5 | Kühlelement |
| 6 | Rücklauf |
| 7 | Pumpe |
| 10 | Sperrventile |
| 11 | Vorrats- und Ausgleichsbehälter |
| 13 | Kondensator |
| 14 | Adsorber |
| 15 | Verdampfer |
| 16 | Temperatursensor |
| 17 | Regeleinheit |
| 17a | Steuerleitung |
| 18 | Besprüheinrichtung |
| 19 | Ventilation |
| 20 | Düsenanordnung |
| 21 | Zulaufleitung |
| 22 | Sperrventil |
| A | Austrittstemperatur ohne Besprühung |
| B | Austrittstemperatur mit Intervallbesprühung |
| B' | Temperatur der Umgebungsluft |
| C | zyklisch variierende Austrittstemperatur im Wärmeträgerkreislauf einer AKM |
| D | zyklisch variierende Eintrittstemperatur im Wärmeträgerkreislauf der AKM |
| E | zyklisch variierende Kälteleistung |

Patentansprüche

- Verfahren zum Betreiben eines Rückkühlkreislaufes (1) mit einem Hybridkühler (2) für eine Adsorptionskältemaschine (3) mit einer diskontinuierlichen Wärmeabgabe, betreffend eine Besprühregelung des Hybridkühlers (2) während eines Arbeitszyklus der Adsorptionskältema-

schine, wobei sich der Arbeitszyklus im Wesentlichen zeitlich periodisch wiederholt, mit folgenden Verfahrensschritten:

- kontinuierliches Erfassen eines aktuellen Betriebsparameters der Adsorptionskältemaschine (3), wobei der aktuell erfasste Betriebsparameter eine aktuelle Temperatur (T) in der Adsorptionskältemaschine (3) ist und innerhalb eines Wärmeträgerkreislaufs erfasst wird, 5
- Vergleich des erfassten Betriebsparameters mit einem vorgegebenen Temperatursollwert in einer Regeleinheit (17), 10
- Aktivieren einer Besprüheinrichtung (18) des Hybridkühlers (2) bei einem Erreichen und/oder Überschreiten des Temperatursollwertes durch den aktuell erfassten Betriebsparameter bis zu einem Erreichen oder Unterschreiten des Temperatursollwertes, 15
- wobei 20
- die Besprühung dann einsetzt, wenn die Temperatur T an einer Stelle des Kältekreislaufs der Adsorptionskältemaschine einen Sollwert T_{soll} erreicht oder überschritten hat und dabei ein Schaltsignal zum Öffnen eines Ventils der Besprüheinrichtung ausgegeben wird 25
- und
- die Besprühung während des Arbeitszyklus innerhalb von zwei Zeitintervallen t_{S1} ausgeführt wird, wobei der Beginn und die Dauer der jeweiligen Zeitintervalle t_{S1} von der Regeleinheit bestimmt werden 30
- und
- die Besprühung deaktiviert und das Ventil geschlossen wird, wenn der vorgegebene Betriebsparameter T_{soll} wieder unterschritten wird. 35

Claims

1. A method for operating a recooling circuit (1) with a hybrid cooler (2) for an adsorption refrigerator (3) with discontinuous heat discharge, concerning a spray control of the hybrid cooler (2) during an operating cycle of the adsorption refrigerator, with the operating cycle repeating substantially periodically in time, including the following method steps: 40
 - continuously detecting a current operational parameter of the adsorption refrigerator (3), wherein the currently detected operational parameter is a current temperature (3) in the adsorption refrigerator (3) and is detected within a heat carrier circuit, 50
 - comparing the detected operational parameter to a predefined temperature setpoint in a control unit (17), 55
 - activating a spray device (18) of the hybrid cool-

er (2), when the currently detected operational parameter reaches and/or exceeds the temperature setpoint until the temperature setpoint is reached or fallen below,

wherein

- the spraying starts when the temperature T at a point in the refrigerating circuit of the adsorption refrigerator has reached or exceeded a setpoint T_{soll} and during this, a switching signal for opening a valve of the spray device is output, and
- the spraying is performed during the operating cycle within two time intervals t_{S1} , wherein the start and duration of the respective time intervals t_{S1} are determined by the control unit, and
- the spraying is deactivated and the valve is closed when the predefined operating parameter T_{soll} is fallen below again.

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'un circuit de refroidissement à recirculation (1) comportant un refroidisseur hybride (2) pour une machine frigorifique à adsorption (3), avec dissipation thermique discontinue, concernant une régulation de pulvérisation du refroidisseur hybride (2) pendant un cycle de fonctionnement de la machine frigorifique à adsorption, dans lequel le cycle de fonctionnement est essentiellement répété périodiquement dans le temps, comprenant les étapes suivantes consistant à :

- détecter en continu un paramètre de fonctionnement actuel de la machine frigorifique à adsorption (3), le paramètre de fonctionnement actuellement détecté étant une température actuelle (T) dans la machine frigorifique à adsorption (3) et étant détecté à l'intérieur d'un circuit de fluide caloporteur,
- comparer le paramètre de fonctionnement détecté avec une valeur de température de consigne donnée dans une unité de régulation (17),
- activer un dispositif de pulvérisation (18) du refroidisseur hybride (2) lorsque la valeur de température de consigne est atteinte et/ou dépassée par le paramètre de fonctionnement actuellement détecté jusqu'à ce qu'à atteindre ou passer en dessous de la valeur de température de consigne, dans lequel
- la pulvérisation commence lorsque la température T à un emplacement du circuit de réfrigération de la machine frigorifique à adsorption a atteint ou dépassé une valeur de consigne T_{soll} et qu'un signal de commutation est émis pour ouvrir une vanne du dispositif de pulvérisation, et

- la pulvérisation est effectuée pendant le cycle de travail en deux intervalles de temps t_{S1} , le début et la durée de chaque intervalle de temps t_{S1} étant déterminés par l'unité de régulation, et

5

- la pulvérisation est désactivée et la vanne est fermée lorsque l'on passe à nouveau en dessous du paramètre de fonctionnement prédéterminé T_{soll} .

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Zyklen der AKM

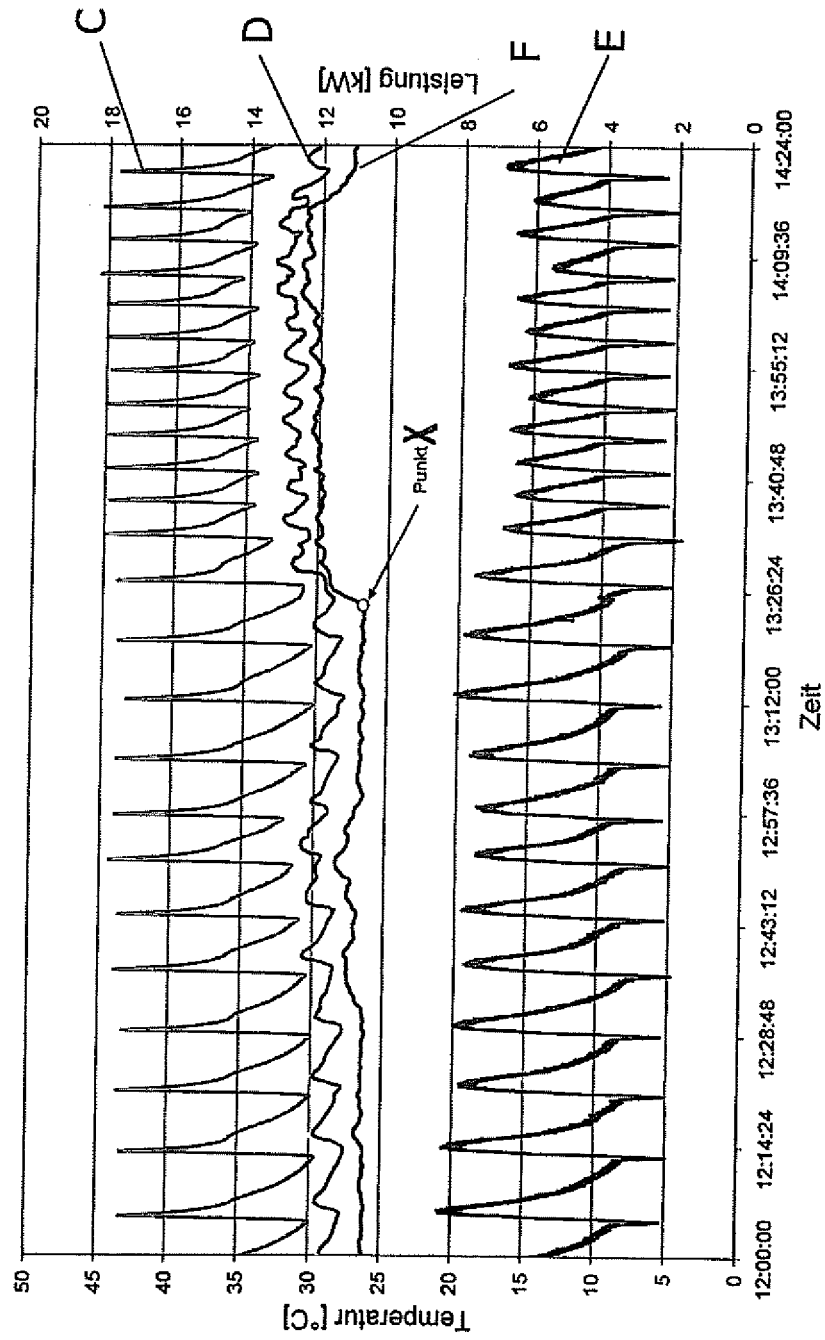
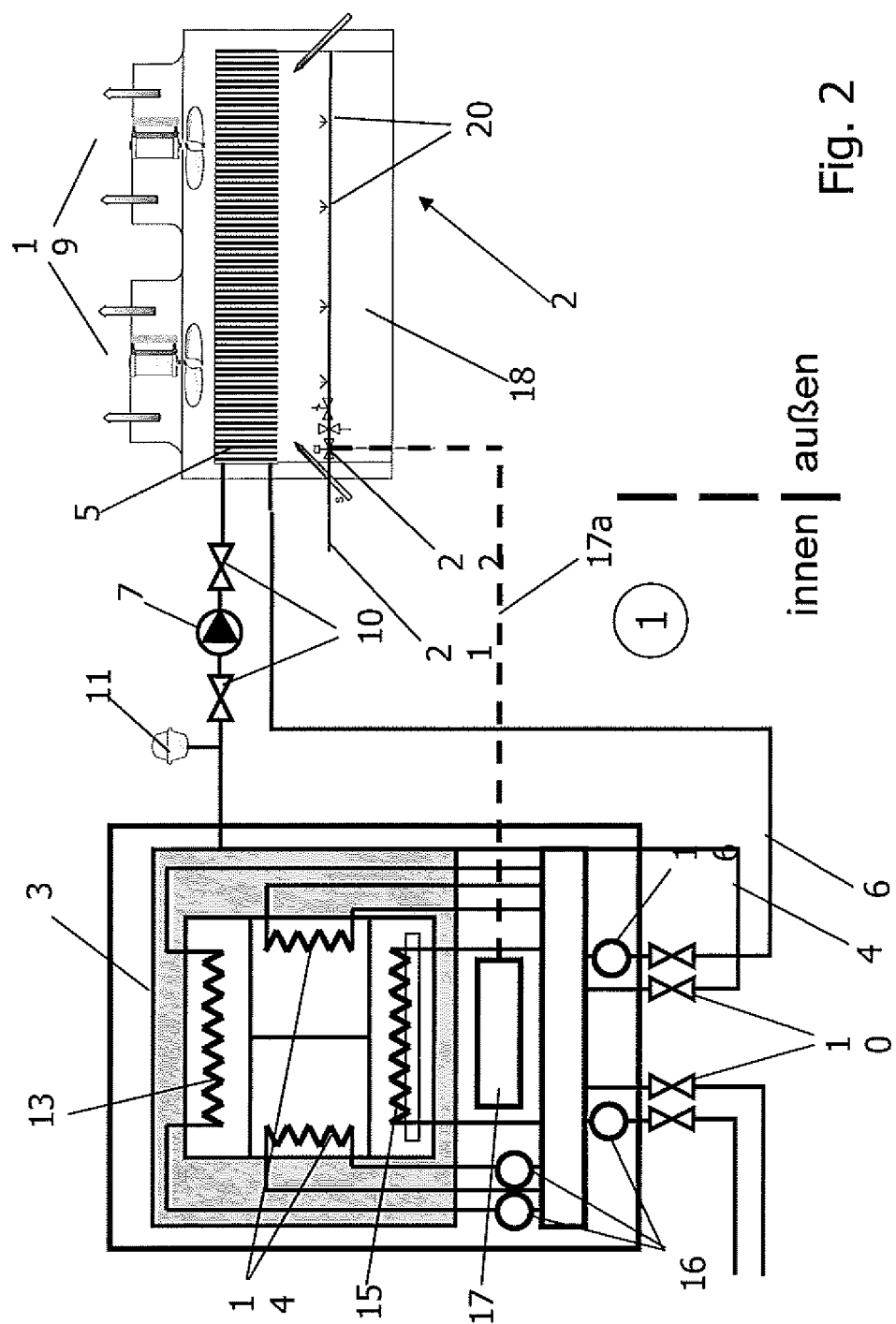


Fig. 1



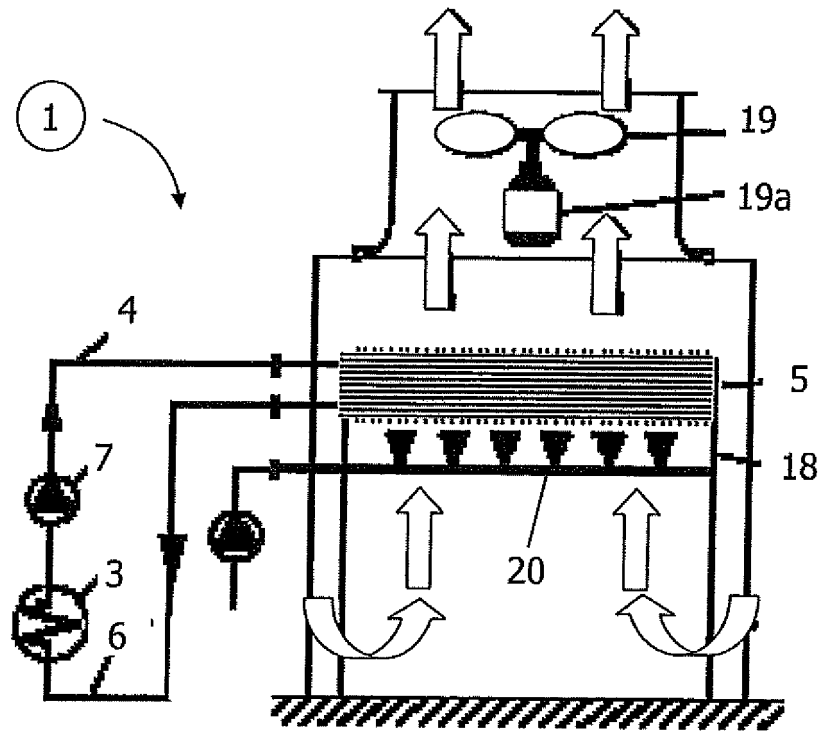


Fig. 3

Besprühung des Rückkühlers

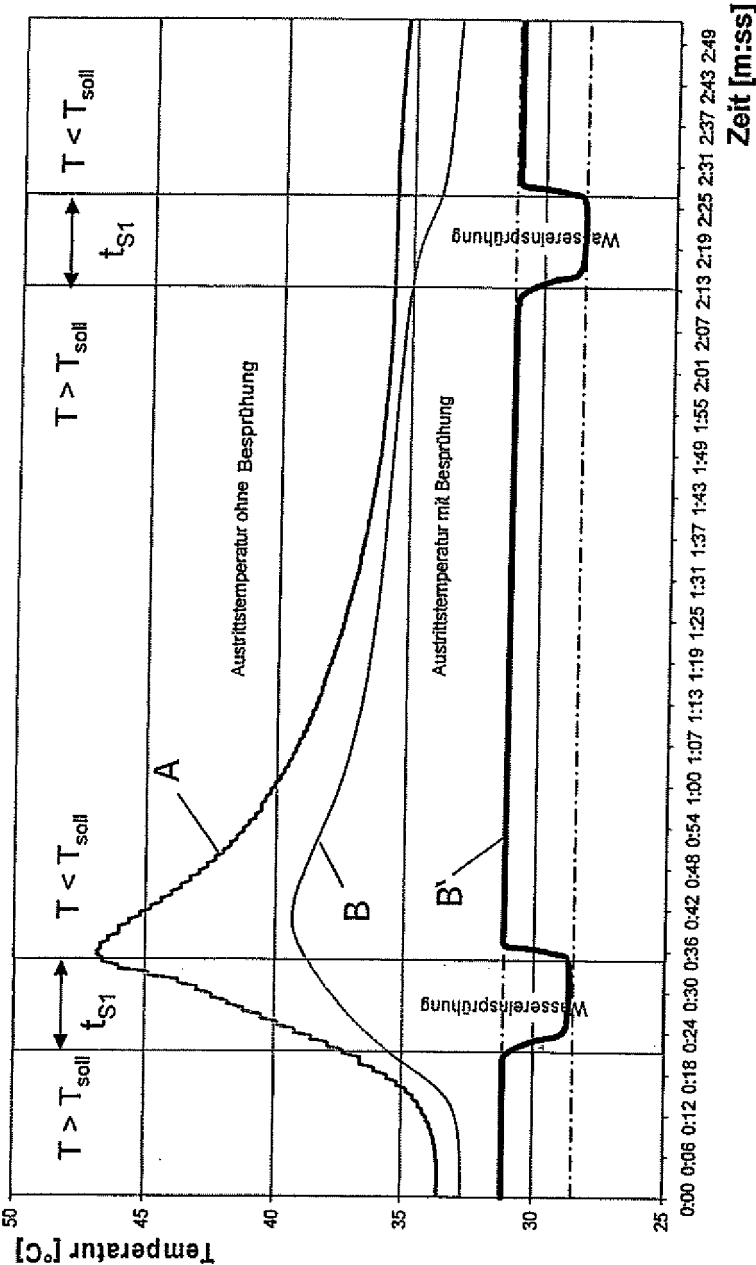


Fig. 4

Maschinenarbeitszahl einer AKM mit Rückkühler
und Besprühung

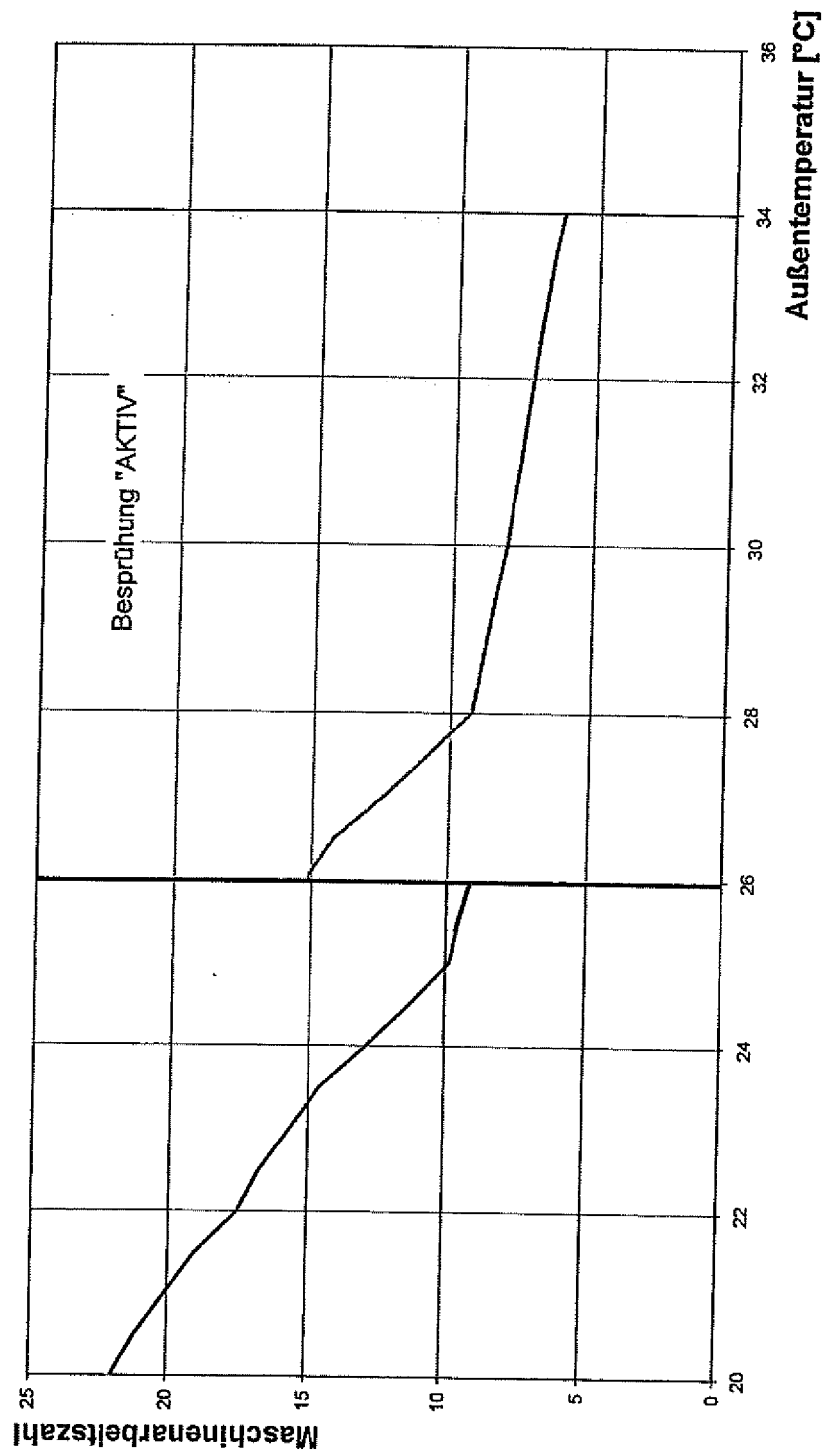


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 7021070 B2 [0008]