

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkühlen, insbesondere zum Abschrecken, von Werkstücken durch Gase in einem Wärmebehandlungs- und Rückkühlung der in einem Gas-Kreislauf geförderten Gase an Kühlflächen in mindestens einem im Wärmebehandlungs-Ofen angeordneten Ofen-Wärmetauscher, der mit einem äußeren Wärmeabfuhr-Aggregat über Leitungen für ein in einem Flüssigkeits-Kreislauf geführtes flüssiges Kühlmedium in Verbindung steht.

Beim Betrieb von Wärmebehandlungsöfen, insbesondere von Vakuum-Härteöfen, fallen während des Abkühl- bzw. Abschreckvorgangs kurzzeitig hohe Wärmemengen im Megawatt-Bereich an, die abgeführt werden müssen. Üblicherweise wird zum Abschrecken ein Gas aus der Gruppe Stickstoff, Helium, Wasserstoff oder ein Gemisch aus derartigen Gasen verwendet, und die betreffenden Gase werden unter hohem Druck innerhalb des Wärmebehandlungs-Ofens durch ein internes Gebläse umgewälzt, so daß die betreffenden Gase nicht nur die Wärme der Charge von Werkstücken, sondern auch die Wärme von Ofen-Bauteilen aufnehmen müssen.

Üblicherweise werden die Ofen-Wärmetauscher mit Wasser beschickt, das die beschriebenen Energiemengen aufnehmen muß. Ein Betrieb des Ofen-Wärmetauschers mit Frischwasser wäre unwirtschaftlich und weder ökonomisch noch ökologisch zu vertreten. Infolgedessen werden die internen Ofen-Wärmetauscher an ein externes Wärmeabfuhr-Aggregat mit Gebläsekühlung durch Umgebungsluft angeschlossen (Zeitschrift "HTM Härterei - Technische Mitteilungen", Heft 1/86, Seiten 20/21).

Es ist auch bekannt, das externe Wärmeabfuhr-Aggregat als Rückkühlanlage auszubilden, die in der Regel mit Umgebungsluft nach dem Verdunstungsprinzip betrieben wird. Die Temperatur des rückgeköhlten Kühlwassers unterliegt jedoch je nach den Witterungsverhältnissen im Sommer oder Winter starken Schwankungen und führt infolgedessen zu unterschiedlichen zeitlichen Abkühlverläufen im Wärmebehandlungs-Ofen. Dies kann zu nicht mehr kontrollierbaren Qualitätsabweichungen bei den Werkstücken führen.

Ein weiterer Nachteil der bekannten Rückkühlrichtungen beruht auf der Tatsache, daß bei den beschriebenen Abkühl- bzw. Abschreckvorgängen Spitzenlasten auftreten, die je nach der Chargengröße mehrere Megawatt betragen können. Diese Spitzenlast fällt jedoch nur innerhalb einiger Minuten an. In der sich anschließenden Abkühlphase muß nur noch ein Bruchteil dieser Wärmemenge abgeführt werden. Entweder ist es erforderlich, die bekannten Rückkühlrichtungen überzudimensionieren, oder sie erfüllen ihren Zweck nur ungenügend.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Gattung dahingehend zu verbessern, daß reproduzierbar stets der gleiche Abkühlverlauf der Charge erreicht werden kann,

wobei es zusätzlich wünschenswert ist, den Ofen-Wärmetauscher mit möglichst niedrigen Temperaturen des flüssigen Kühlmediums zu beschicken. Insbesondere wäre es wünschenswert, die abgeführte Wärmemenge gezielt an die jeweils anfallende Wärmemenge anpassen zu können.

Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs beschriebenen Verfahren erfindungsgemäß dadurch, daß in dem äußeren Wärmeabfuhr-Aggregat ein Speichervolumen eines wässrigen Kühlmediums einem solchen Unterdruck ausgesetzt wird, daß mindestens ein Teil der wässrigen Phase des Speichervolumens zum Entzug von Wärme aus dem Flüssigkeitskreislauf durch den Ofen-Wärmetauscher verdampft wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt zunächst ein Speichervolumen eines wässrigen Kühlmediums vor, dessen Größe bzw. Menge an die jeweils anfallende Wärmemenge angepaßt werden kann, so daß eine Art Puffer-Wirkung entsteht. Durch die Vorgabe eines genau definierten Unterdrucks kann durch den Siedevorgang bzw. die Verdampfung der wässrigen Phase des Speichervolumens eine exakte Temperatur eingestellt werden, die deutlich unter der Raumtemperatur liegen kann, ja sogar unter dem Gefrierpunkt liegen kann, wenn man dem Kühlmedium geeignete Gefrierschutzmittel zusetzt. Hierdurch läßt sich die Temperaturdifferenz bis zur maximal zulässigen Temperatur für das Kühlmedium deutlich vergrößern, so daß sich - multipliziert mit der Menge des Kühlmediums - sehr genau festlegen läßt, welche Wärmemenge abgeführt werden kann, und welchen Verlauf die zeitlichen Abkühlvorgänge der Werkstücke haben. Dadurch lassen sich die Werkstückeigenschaften in sehr engen Grenzen bzw. mit äußerst geringen Toleranzen festlegen.

Eine Überdimensionierung des Wärmeabfuhr-Aggregats ist nicht erforderlich, da man es vornehmlich durch die zu erzielende Temperaturdifferenz in der Hand hat, entsprechend große Wärmemengen mit dem vorgesehenen zeitlichen Verlauf abzuführen. Die Aufnahme von Spitzenlasten ist mithin über die Wahl des Druckes bzw. die davon abhängige Temperatur des Kühlmediums problemlos möglich. Das Kühlmedium hat infolgedessen eine ausgezeichnete Speicherwirkung.

Bezüglich der Führung des Kühlmediums in einem Kreislauf gibt es vorrangig zwei Möglichkeiten. Einmal ist es möglich, daß man das im Flüssigkeits-Kreislauf geführte Kühlmedium mit dem Speichervolumen vermischt und damit dem im Kreislauf durch den Ofen-Wärmetauscher geführten Kühlmedium unmittelbar Wärme entzieht. Es gibt in diesem Falle für den Flüssigkeits-Kreislauf durch den Ofen-Wärmetauscher nur eine einzige Flüssigkeit. Es ist aber andererseits auch möglich, das durch den Ofen-Wärmetauscher geführte Kühlmedium in einem geschlossenen Kreislauf mittels eines im Speichervolumen angeordneten weiteren Wärmetauschers durch das Speichervolumen zu führen. In diesem Falle kann das Speichervolumen durch eine andere

Flüssigkeit bzw. durch eine Flüssigkeit mit einer anderen Zusammensetzung ersetzt werden.

Es ist dabei besonders vorteilhaft, wenn man das Speichervolumen in einem wärmeisolierten Speichertank auch außerhalb der Abkühlphase der Werkstücke einem Unterdruck aussetzt, bei dem die wäßrige Phase des Speichervolumens verdampft. Hierbei kann man die bereits beschriebene Betriebsweise derartiger Wärmebehandlungsöfen vorteilhaft ausnutzen, die darin besteht, daß der Spitzenwert der abzuführenden Wärmemenge nur innerhalb weniger Minuten auftritt, während der Rest der abzuführenden Wärmemenge erst allmählich abgeführt werden muß. Zwischen den einzelnen Abkühl- bzw. Abschreckvorgängen liegen in der Regel zeitliche Abstände, sogenannte Zykluszeiten, von mehreren Stunden, und diese Zeit kann man dazu verwenden, das Speichervolumen mit einer relativ niedrigen Pumpleistung abzukühlen.

Um hohe Abkühlgeschwindigkeiten zu erzielen, ist es besonders zweckmäßig, wenn man das Speichervolumen durch Verdampfungskühlung auf Temperaturen von höchstens 20 °C, vorzugsweise von höchstens 0 °C abkühlt und bei dieser Temperatur für den Abkühlvorgang bereit hält.

Es ist dabei im Zuge einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens von Vorteil, wenn man das Speichervolumen vor dem Abkühlen der Werkstücke zunächst durch Anlegen eines Drucks P1 auf eine erste Temperatur T1 abkühlt, danach einen höheren Druck einstellt und anschließend den Abkühlvorgang der Werkstücke einleitet. Durch diese Maßnahme wird vermieden, daß das Kühlmedium zu Beginn der Abkühlphase sofort zu sieden anfängt. Will man den Siedevorgang weiter hinauszögern, so ist es vorteilhaft, wenn man den Druck P2 während des Abkühlvorgangs der Werkstücke kontinuierlich oder schrittweise weiter erhöht.

Es ist dabei wiederum im Zuge einer vorteilhaften weiteren Ausgestaltung von besonderem Vorteil, wenn man im Wärmebehandlungsöfen einen mehrstufigen Wärmetauscher vorsieht, und wenn man mindestens eine der in Gasströmungsrichtung ersten Wärmetauscher-Stufen an einen unter üblichem Druck stehenden Wasserkreislauf anschließt und wenn man die mindestens eine in Gas-Strömungsrichtung folgende Wärmetauscher-Stufe an den Kreislauf mit Unterdruck-Verdampfungskühlung anschließt.

Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß ein großer Teil der abzuführenden Wärme zunächst einmal über die herkömmlichen Rückkühlvorrichtungen abgeführt wird. Die erfindungsgemäße Unterdruck-Verdampfungskühlung dient alsdann nur noch dazu, die Differenz der Energiemengen abzuführen und reproduzierbare Bedingungen einzustellen. Dadurch aber können die Investitions- und Betriebskosten weiter reduziert werden.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Abkühlen, insbesondere zum Abschrecken, von Werkstücken durch Gase mit einem Wärmebehandlungsöfen

und mit mindestens einem im Wärmebehandlungsöfen angeordneten Ofen-Wärmetauscher zur Rückkühlung der in einem Gas-Kreislauf geförderten Abschreckgase an Kühlflächen des Ofen-Wärmetauschers sowie mit einem über Leitungen an den Wärmebehandlungsöfen angeschlossenen äußeren Wärmeabfuhr-Aggregat.

Zur Lösung der gleichen Aufgabe ist eine solche Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeabfuhr-Aggregat einen evakuierbaren Speichertank für ein wäßriges Kühlmedium besitzt, und daß an den Speichertank eine Vakuumpumpe angeschlossen ist.

Auch bezüglich der Vorrichtung können im wesentlichen zwei alternative Lösungen verwendet werden. Bei der einen Lösung münden die Leitungen des Ofen-Wärmetauschers unmittelbar in den Speichertank, und in dem anderen Fall befindet sich im Speichertank unterhalb des konstruktiven Flüssigkeitsspiegels für das Speichervolumen ein Tank-Wärmetauscher, an den die Leitungen des Ofen-Wärmetauschers angeschlossen sind. In dem zuletzt genannten Fall findet eine indirekte Wärmeübertragung durch die Wandungen des Tank-Wärmetauschers statt, ohne daß die beiden Kühlmedien durchmischt würden.

Wesentlich ist in jedem Falle nur, daß ein hinreichend großes Speichervolumen einer Flüssigkeit mit einer entsprechend großen Wärme-Speicherkapazität zur Verfügung gestellt wird, und daß dieses Speichervolumen eine möglichst niedrige Temperatur aufweist, so daß ein entsprechend großer Temperaturanstieg des Speichervolumens möglich ist.

Der Ausdruck "konstruktiver Flüssigkeitsspiegel" ist eine konstruktive Angabe, die der Konstrukteur beim Entwurf des Speichertanks zu berücksichtigen hat.

Es ist dabei im Zuge einer wiederum vorteilhaften weiteren Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes möglich, oberhalb des konstruktiven Flüssigkeitsspiegels für das Speichervolumen einen Kondensator für Wasserdampf anzuordnen, so daß eine möglichst geringe Dampfmenge über die Vakuumpumpe geführt und im nachhinein wieder ergänzt werden muß, damit das Speichervolumen seinen ursprünglichen Umfang beibehält.

Es ist dabei weiterhin von Vorteil, wenn der Ofen-Wärmetauscher mindestens zwei in Gas-Strömungsrichtung hintereinander angeordnete Wärmetauscher-Stufen aufweist, von denen mindestens eine der ersten Wärmetauscher-Stufen an einen normalen Wasserkreislauf und mindestens eine der in Gas-Strömungsrichtung folgenden Wärmetauscher-Stufen an den Speichertank angeschlossen ist. Die hierbei erlangten Vorteile hinsichtlich der Investitions- und Betriebskosten wurden bereits weiter oben aufgeführt.

Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes werden nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 4 näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 einen schematischen Vertikalschnitt durch einen Wärmebehandlungssofen, und einen Speichertank sowie die Leitungsführung für ein Kühlmedium, das mit dem Speichervolumen gemischt wird,

Figur 2 eine analoge Darstellung des unteren Teils von Figur 1, jedoch mit einem Speichertank, in dem das über den Ofen-Wärmetauscher geführte Kühlmedium durch einen Tank-Wärmetauscher von dem Speichervolumen getrennt gehalten wird,

Figur 3 eine graphische Darstellung eines möglichen Betriebsablaufs für die Vorrichtungen nach den Figuren 1 und 2 hinsichtlich Temperatur und Druck im Speichertank, und

Figur 4 eine Darstellung analog Figur 1, jedoch mit einem zweistufigen Ofen-Wärmetauscher und zwei Kühlmittel-Kreisläufen.

In Figur 1 ist ein Wärmebehandlungssofen 1 dargestellt, der als Vakuumofen ausgebildet ist. Sein Innenraum ist in einen Chargenbereich 2 und in einen Kühlbereich 3 unterteilt. Im Chargenbereich 2 befindet sich eine Charge 4, die aus zahlreichen Werkstücken besteht und von einer Wärmedämmung 5 umgeben ist. Zu dieser Wärmedämmung gehören zwei bewegliche Klappen 6 und 7, die zur Steuerung einer Kühlgasströmung durch die Öffnungen 8 und 9 im Sinne der eingezeichneten Strömungspfeile dienen. Die für die Aufheizung der Charge 4 erforderlichen Heizeinrichtungen sind der Einfachheit halber nicht dargestellt. Der Chargenbereich 2 ist von dem Kühlbereich 3 durch eine Wand 10 getrennt, die zur Wärmedämmung 5 gehört.

Im Kühlbereich 3 befindet sich ein Ofen-Wärmetauscher 11 mit Kühlflächen 12, die nur sehr schematisch dargestellt sind, und auf deren Sekundärseite ein flüssiges Kühlmedium in einem Kreislauf 13 geführt wird, zu denen unter anderem die Zuleitung 13a und die Ableitung 13b gehören.

Der Wärmetauscher 11 ist von einer weiteren Wärmedämmung 14 umgeben. Durch ein Gebläse 15 mit einem Antriebsmotor 16 läßt sich das Abschreckgas bei geöffneten Klappen 6 und 7 in einem Kreislauf im Sinne der eingezeichneten Strömungspfeile führen.

Zum Kühlmittelkreislauf 13 gehört ein Wärme-Abführ-Aggregat 17, das aus einem druckfesten und gasdichten Speichertank 18 besteht, der von einer Wärmeisolierung 19 umgeben ist, von der nur ein Teil symbolisch dargestellt ist. In dem Speichertank 18 befindet sich ein Speichervolumen 20, das aus einer der weiter oben beschriebenen Flüssigkeiten bestehen kann, in jedem Falle aber einen erheblichen Anteil einer verdampfbaren Flüssigkeit, insbesondere von Wasser, enthält. Das Speichervolumen umfaßt mehrere 1000 Liter der besagten Flüssigkeit und besitzt einen konstruktiven

Flüssigkeitsspiegel 21, oberhalb dessen sich ein Gas- oder Dampfraum 22 befindet.

Der Speichertank 18 ist über eine Leitung 23 an eine Vakuumpumpe 24 angeschlossen, die je nach den gewählten Betriebsbedingungen aus einer mechanischen Vakuumpumpe, einem Pumpsatz, oder einfach aus einer Wasserstrahlpumpe bestehen kann. Etwa gebildetes Kondensat kann durch eine gestrichelt angeordnete Leitung 25 in den Speichertank zurückgeführt werden. Die Zuleitung 13a für den Ofen-Wärmetauscher 11 geht über eine Flüssigkeitspumpe 26 vom unteren Teil des Speichertanks 18 aus, und die Rückleitung 13b mündet in den Dampfraum 22, so daß sich die flüssige Phase des Rücklaufs sofort mit dem Speichervolumen 20 vermischen kann. Meßgeräte 27 und 28 dienen zur Messung von Druck P und Temperatur T. Zum Speichertank 18 gehören noch ein Wasserzulauf 29, ein Gaseinlaß 30 und ein Sicherheitsventil 31, durch das Wasserdampf bei einem Druck oberhalb von etwa 1 bar austreten kann.

Die Betriebsweise einer solchen Vorrichtung kann beispielhaft wie folgt beschrieben werden: Im Speichertank 18, der einen Rauminhalt von 8 m³ aufweist, befinden sich 5 m³ Wasser mit einer Temperatur von 20 °C. Durch Evakuieren mittels der Vakuumpumpe 14, die bei diesem Beispiel als Wasserstrahlpumpe ausgeführt ist, wird der Speichertank auf einen Druck von 0,0123 bar evakuiert, was einer Siedetemperatur des Wassers von 10 °C entspricht. Dadurch sinkt die Temperatur des Wassers allmählich auf 10 °C, wobei 84,2 kg Wasser verdampft werden. Der Speichertank 18 wird anschließend auf 0,042 bar mit einem Gas wie Luft oder Stickstoff geflutet. Danach wird im Wärmebehandlungssofen 1 ein Abschreckvorgang durchgeführt, wobei durch die Flüssigkeitspumpe 26 ständig das im Wärmetauscher 11 erwärmte Kühlwasser durch den Speichertank 18 geführt und dort entsprechend abgekühlt wird. Das Wasser im Speichertank 18 wird dabei allmählich erwärmt, und würde bei dem eingestellten Druck von 0,042 bar erst bei 30 °C zu sieden beginnen. In den ersten beiden Minuten des Abschreckvorgangs fallen Wärmemengen von etwa 3 Megawatt an, was zu einer Erwärmung des Speichervolumens um 17,5 °C auf 27,5 °C führt. Daraus ergibt sich, daß das Wasser unterhalb der Siedetemperatur gehalten wird.

Für den weiteren Prozeßablauf gibt es mehrere alternative Möglichkeiten:

- Der Speichertank wird durch Nachfluten mit Gas auf einen höheren Druck bis maximal 1 bar entsprechend einer Siedetemperatur von 100 °C aufgefüllt, bis der Abschreckvorgang beendet ist. Der Wasservorrat würde in diesem Falle, wenn noch für einen Zeitraum von 15 Minuten eine Wärmemenge von 1 Megawatt anfällt, auf ca. 88,7 °C erwärmt werden. Die durch die anschließende Vakuumverdampfung zu verdampfende Wassermenge beträgt ca. 650 kg und wird alsdann nachgefüllt. Der Speichertank wird alsdann erneut evakuiert und das Speichervolumen

durch Verdampfungskühlung wieder auf die ursprüngliche Ausgangstemperatur von 10 °C abgekühlt. Da bis zum nächsten Abschreckvorgang einige Stunden vergehen, reicht eine Vakuumpumpe kleiner Leistung aus.

- Beim Einsatz einer Vakuumpumpe mit einer höheren Saugleistung kann auch gezielt ein Sieden des Speichervolumens während des Abschreckvorganges in Kauf genommen werden. Will man während der Abschreckung die Temperatur des Speichervolumens beispielsweise nicht über 30 °C ansteigen lassen, so muß die Vakuumpumpe eine Saugleistung aufweisen, die im Stande ist, einen Abzug der über die eingebrachte Wärmemenge verdampften Wassermenge zu gewährleisten. Hierbei hat man folgende Beeinflussungsmöglichkeit in der Hand: Je höher der Druck bzw. je höher die Siedetemperatur, desto kleiner kann die Saugleistung der Vakuumpumpe gewählt werden. Will man die Anfangstemperatur weiter absenken, so müssen dem Speichervolumen die bereits weiter oben angegebenen Gefrierschutzmittel zugegeben werden. So kann man beispielsweise durch Zusatz entsprechender Mengen von Glykol die Gefriertemperatur des Kühlmediums bis auf -20 °C absenken, wobei sich gleichzeitig auch die Siedetemperatur absenken läßt.

In Figur 2 werden gleiche Teile oder Teile mit gleicher Funktion mit gleichen Bezugszeichen versehen, so daß sich Wiederholungen erübrigen. Das Wärmeabfuhr-Aggregat 32 hat jedoch einen anderen Aufbau als das Wärmeabfuhr-Aggregat 17 in Figur 1: Im Speichertank 18 befindet sich unterhalb des konstruktiven Flüssigkeitsspiegels 21 für das Speichervolumen 20 ein Tank-Wärmetauscher 33, der das über den Ofen-Wärmetauscher 11 geführte Kühlmedium vom Speichervolumen 20 getrennt hält. An diesen Tank-Wärmetauscher 33 sind die Leitungen 13a und 13b des Ofen-Wärmetauschers 11 angeschlossen. Die beschriebene Verdampfungskühlung bewirkt große Wärmeübergangszahlen, so daß man mit einem entsprechend kleinen Tank-Wärmetauscher auskommt. Man kann hierbei aber das Kühlmedium im Kreislauf 13 unter einem höheren Druck halten und dadurch Siedevorgänge im Ofen-Wärmetauscher 11 vermeiden, und zwar auch dann, wenn dort höhere Kühlmittel-Temperaturen auftreten sollten. Beim Wärme-Abfuhr-Aggregat 17 nach Figur 1 würde beim Auftreten von Verdampfungsvorgängen im Ofen-Wärmetauscher ein Zwei-Phasengemisch vom Ofen-Wärmetauscher in den Speichertank zurückströmen, und dieses Zwei-Phasen-Gemisch wird im Speichertank 18 über Schwerkraft getrennt, und der entstandene Dampf wird über die Vakuumpumpe 24 abgesaugt. Das Wasser, welches nie wärmer wird, als die dem Druck entsprechende Siedetemperatur, wird wieder zurückgepumpt.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 sind der Vakuumpumpe 24 ein erster Kondensator 34 vorge-

schaltet und ein zweiter Kondensator 35 nachgeschaltet. Es ist jedoch möglich, auf jeweils einen dieser Kondensatoren 34 oder 35 zu verzichten oder überhaupt keinen Kondensator vorzusehen. Die anfallenden Kondensate werden über die Leitungen 34a bzw. 35a in den Speichertank 18 zurückgeleitet.

Besonders vorteilhaft ist jedoch die Anbringung eines Tank-Kondensators 36 im Dampfraum 22, d.h. oberhalb des konstruktiven Flüssigkeitsspiegels 21 für das Speichervolumen 20. Auf diese Weise tropft das Kondensat unmittelbar in das Speichervolumen 20 zurück.

In Figur 3 ist auf der Abszisse die Zeit "t" dimensionslos aufgetragen. Auf der linken Ordinate ist die Temperatur T von 0 bis 100 °C aufgetragen, und auf der rechten Ordinate der Druck P bis etwa 1 bar. Die obere Kurve "P" steht für den Druck, und die untere Kurve "T" steht für die Temperatur. Die einzelnen Verfahrensabschnitte sind durchlaufend von 1 bis 8 beziffert. Im Abschnitt 1 findet ein Füllen des Speichertanks 18 mit Wasser bei Raumtemperatur statt. Im Abschnitt 2 erfolgt das Evakuieren des Speichertanks 18 in Verbindung mit einer Temperaturabsenkung auf weniger als 10 °C. Im Abschnitt 3 wird das Speichervolumen auf dieser Temperatur gehalten, der Druck P jedoch durch Fluten des Speichertanks 18 mit einem Gas entsprechend den obigen Angaben erhöht. Am Anfang des Abschnitts 4 beginnt der Abschreckvorgang bei konstantem Druck im Speichertank 18. Hierbei steigt die Temperatur T entsprechend an. Im Abschnitt 5 beginnt das Speichervolumen 20 zu siedeln, so daß die Temperatur T zunächst konstant bleibt. Hingegen wird das Evakuieren durch die Vakuumpumpe 24 fortgesetzt. Am Ende des Abschnittes 6 ist die Abschreckung beendet, und es erfolgt ein Nachfüllen von Wasser, so daß die Temperatur durch den Mischungsvorgang wieder leicht absinkt. Im Abschnitt 7 erfolgt eine weitere Evakuierung (ohne Wärmezufuhr) und ein Herunterkühlen des Speichervolumens 20 auf den Anfangszustand gemäß Abschnitt 1. Im Abschnitt 8, der mit dem Abschnitt 3 übereinstimmt, erfolgt wiederum ein teilweises Fluten des Speichertanks 18 auf einen geringfügig höheren Druck. Der Betriebszyklus kann jetzt wiederholt werden.

Das Ausführungsbeispiel nach Figur 4 unterscheidet sich von demjenigen nach Figur 1 dadurch, daß der Ofen-Wärmetauscher 37 zwei Wärmetauscher-Stufen 38 und 39 enthält. Die in Gas-Strömungsrichtung (siehe eingezeichnete Pfeile) erste Wärmetauscher-Stufe 38 ist über Leitungen 38a und 38b an einen normalen Wasserkreislauf angeschlossen, der beispielhaft eine Rückkühlanlage sein kann, die nach dem Verdunstungsprinzip arbeitet. Die in Gas-Strömungsrichtung unmittelbar nachfolgende zweite Wärmetauscher-Stufe 39 ist in analoger Weise an den Kreislauf 13 angeschlossen, wie dies in Figur 1 gezeigt ist. Dadurch ist es möglich, einen großen Teil der kurzzeitig anfallenden Wärmemengen über die erste Wärmetauscher-Stufe 38 auf dem üblichen Wege abzuführen und nur den verbleibenden Rest der Wärmemenge über die zweite Wärmetauscher-

Stufe 39 durch Verdampfungskühlung abzuführen. Es ist noch festzuhalten, daß bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1 und 2 die Zuleitungen 13a und 13b unmittelbar in den Speichertank 18 münden.

Patentansprüche

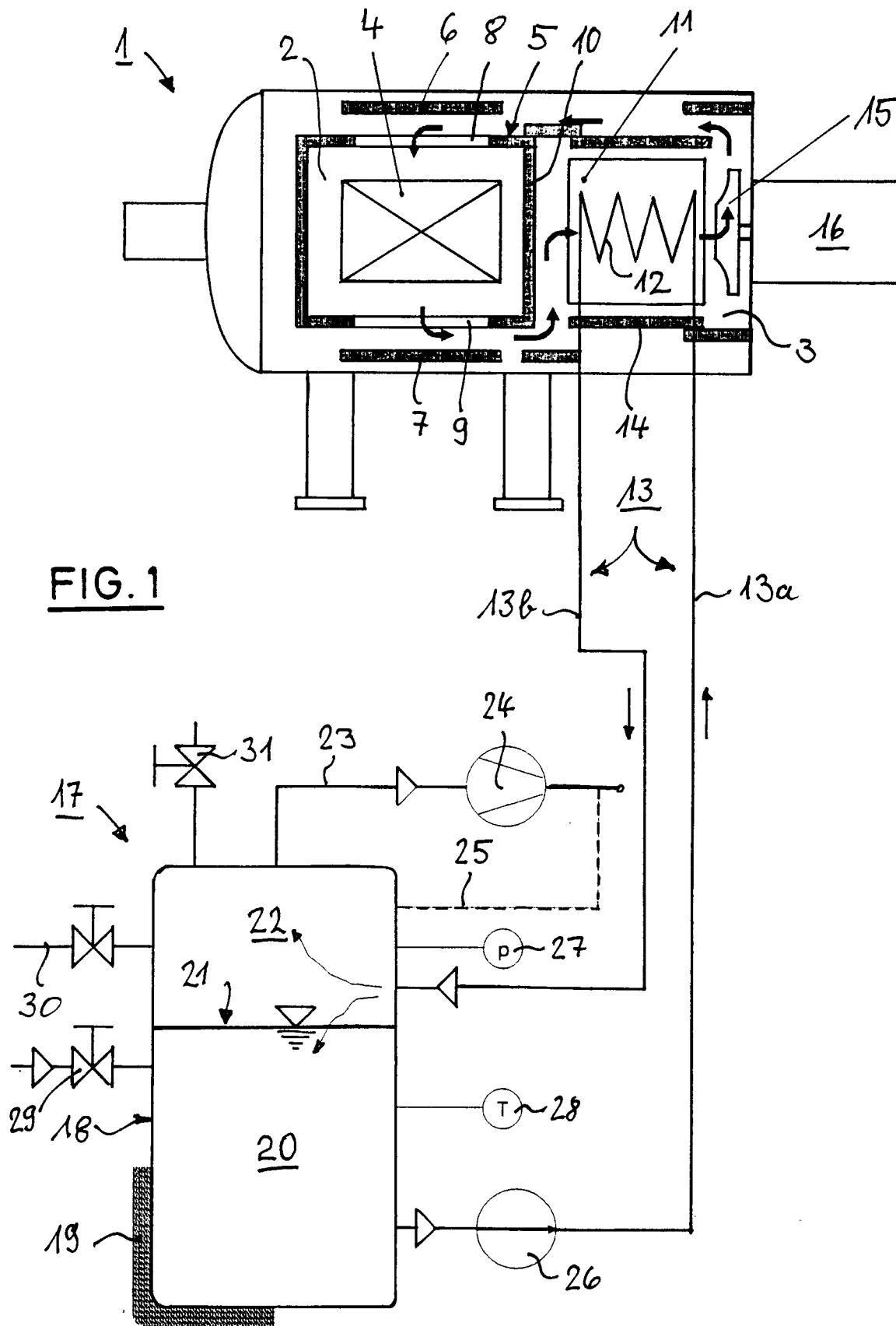
1. Verfahren zum Abkühlen, insbesondere zum Abschrecken, von Werkstücken durch Gase in einem Wärmebehandlungssofen (1) und Rückkühlung der in einem Gas-Kreislauf geförderten Gase an Kühlflächen (12) in mindestens einem im Wärmebehandlungssofen (1) angeordneten Ofen-Wärmetauscher (11, 37), der mit einem äußeren Wärmeabfuhr-Aggregat (17, 32) über Leitungen (13a, 13b) für ein in einem Flüssigkeits-Kreislauf (13) geführtes flüssiges Kühlmedium in Verbindung steht, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem äußeren Wärmeabfuhr-Aggregat (17, 32) ein Speichervolumen (20) eines wässrigen Kühlmediums einem solchen Unterdruck ausgesetzt wird, daß mindestens ein Teil der wässrigen Phase des Speichervolumens (20) zum Entzug von Wärme aus dem Flüssigkeitskreislauf (13) durch den Ofen-Wärmetauscher (11, 37) verdampft wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das im Flüssigkeits-Kreislauf (13) geführte Kühlmedium mit dem Speichervolumen (20) vermischt und damit dem im Kreislauf durch den Ofen-Wärmetauscher (11, 37) geführten Kühlmedium unmittelbar Wärme entzieht.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das durch den Ofen-Wärmetauscher (11, 37) geführte Kühlmedium in einem geschlossenen Kreislauf mittels eines im Speichervolumen (20) angeordneten weiteren Tank-Wärmetauschers (33) durch das Speichervolumen (20) führt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das Speichervolumen (20) in einem wärmeisolierten Speichertank (18) auch außerhalb der Kühlphase der Werkstücke einem Unterdruck aussetzt, bei dem die wäßrige Phase des Speichervolumens (20) verdampft.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das Speichervolumen (20) durch Verdampfungskühlung auf Temperaturen von höchstens 20 °C, vorzugsweise von höchstens 0 °C, abkühlt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man dem Kühlmedium und/oder dem Speichervolumen (20) mindestens ein Gefrierschutzmittel zusetzt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß man mindestens ein Gefrierschutzmittel aus der Gruppe der ein- oder mehrwertigen Alkohole und der Salze verwendet.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das Speichervolumen (20) vor dem abkühlen der Werkstücke zunächst durch Anlegen eines Drucks P1 auf eine erste Temperatur T1 abkühlt, danach einen höheren Druck P2 einstellt und anschließend den Abkühlvorgang der Werkstücke einleitet.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß man den Druck P2 während des Abkühlvorgangs der Werkstücke kontinuierlich oder schrittweise weiter erhöht.
10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das Speichervolumen (20) durch entsprechende Druckeinstellung zumindest gegen Ende des Abkühlvorgangs der Werkstücke am Sieden hält.
11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das verdampfte Wasser des Speichervolumens (10) kondensiert und in das Speichervolumen (20) zurückführt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß man oberhalb des Speichervolumens (20) im Speichertank (18) einen Wasserdampf-Kondensator (36) in Betrieb hält.
13. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man im Wärmebehandlungssofen (1) einen mehrstufigen Ofen-Wärmetauscher (37) vorsieht, und daß man mindestens eine der in Gas-Strömungsrichtung ersten Wärmetauscher-Stufen (38) an einen unter üblichem Druck stehenden Wasserkreislauf anschließt und die mindestens eine in Gas-Strömungsrichtung folgende Wärmetauscher-Stufe (39) an den Kreislauf (13) mit Unterdruck-Verdampfungskühlung anschließt.
14. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man zunächst das Speichervolumen (20) durch Druckabsenkung auf eine Temperatur unterhalb von 20 °C abkühlt und das Speichervolumen in Bereitstellung hält, vor dem Abkühlen der Werkstücke den Druck auf einen Wert erhöht, bei dem zu Beginn des Abkühlvorgangs der Werkstücke kein Sieden des Speichervolumens eintritt, den Abkühlvorgang einleitet und fortsetzt, bis ein Sieden des Speichervolumens eintritt, den Wasserdampf bis zur Beendigung der Abkühlung absaugt, danach das verdampfte Speichervolumen ergänzt und das ergänzte Speichervolumen durch Verdampfungskühlung wieder auf den Anfangszustand abkühlt.

15. Vorrichtung zum Abkühlen, insbesondere zum Abschrecken, von Werkstücken durch Gase mit einem Wärmebehandlungssofen (1) und mit mindestens einem im Wärmebehandlungssofen (1) angeordneten Ofen-Wärmetauscher (11, 37) zur Rückkühlung der in einem Gas-Kreislauf geförderten Abschreckgase an Kühlflächen (12) des Ofen-Wärmetauschers (11, 37) sowie mit einem über Leitungen (13a, 13b) an den Wärmebehandlungssofen (1) angeschlossenen äußeren Wärmeabfuhr-Aggregat (17, 32), **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wärmeabfuhr-Aggregat (17, 32) einen evakuierbaren Speichertank (18) für ein wäßriges Kühlmedium besitzt, und daß an den Speichertank (18) eine Vakuumpumpe (24) angeschlossen ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Leitungen (13a, 13b) des Ofen-Wärmetauschers (11, 37) unmittelbar in den Speichertank (18) münden.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Speichertank (18) unterhalb des konstruktiven Flüssigkeitsspiegels (21) für das Speichervolumen (20) ein Tank-Wärmetauscher (33) angeschlossen ist, an den die Leitungen (13a, 13b) des Ofen-Wärmetauschers (11, 37) angeschlossen sind.
18. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Speichertank (18) oberhalb des konstruktiven Flüssigkeitsspiegels (21) für das Speichervolumen (20) ein Tank-Kondensator (36) für Wasserdampf angeordnet ist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ofen-Wärmetauscher (11, 37) mindestens zwei in Gas-Strömungsrichtung hintereinander angeordnete Wärmetauscher-Stufen (38, 39) aufweist, von denen mindestens eine der ersten Wärmetauscher-Stufen (38) an einen normalen Wasserkreislauf und mindestens eine der in Gas-Strömungsrichtung folgenden Wärmetauscher-Stufen (39) an den Speichertank (18) angeschlossen ist.

50

55



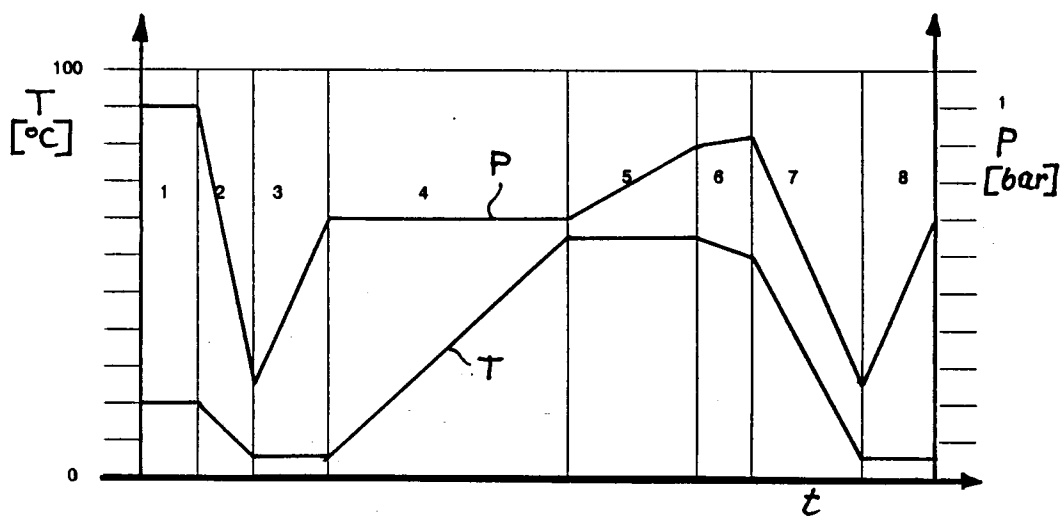
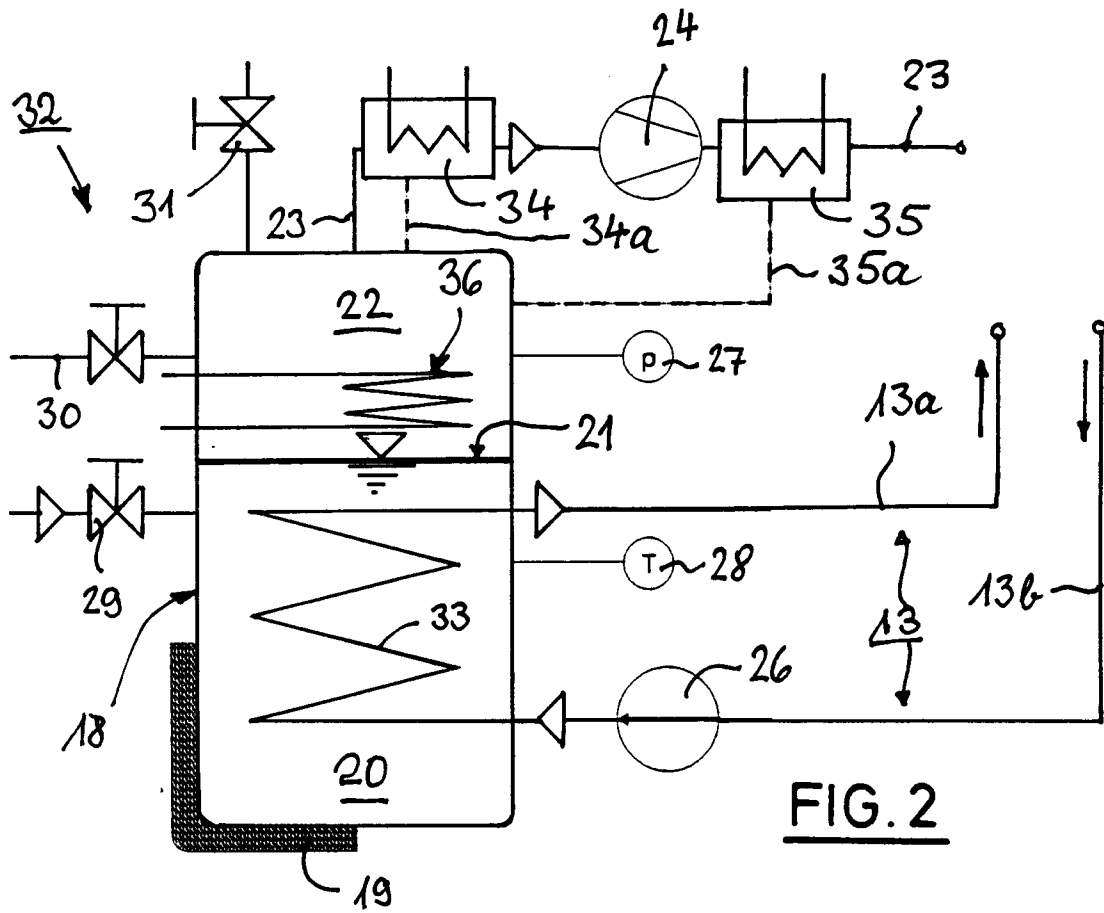


FIG. 3

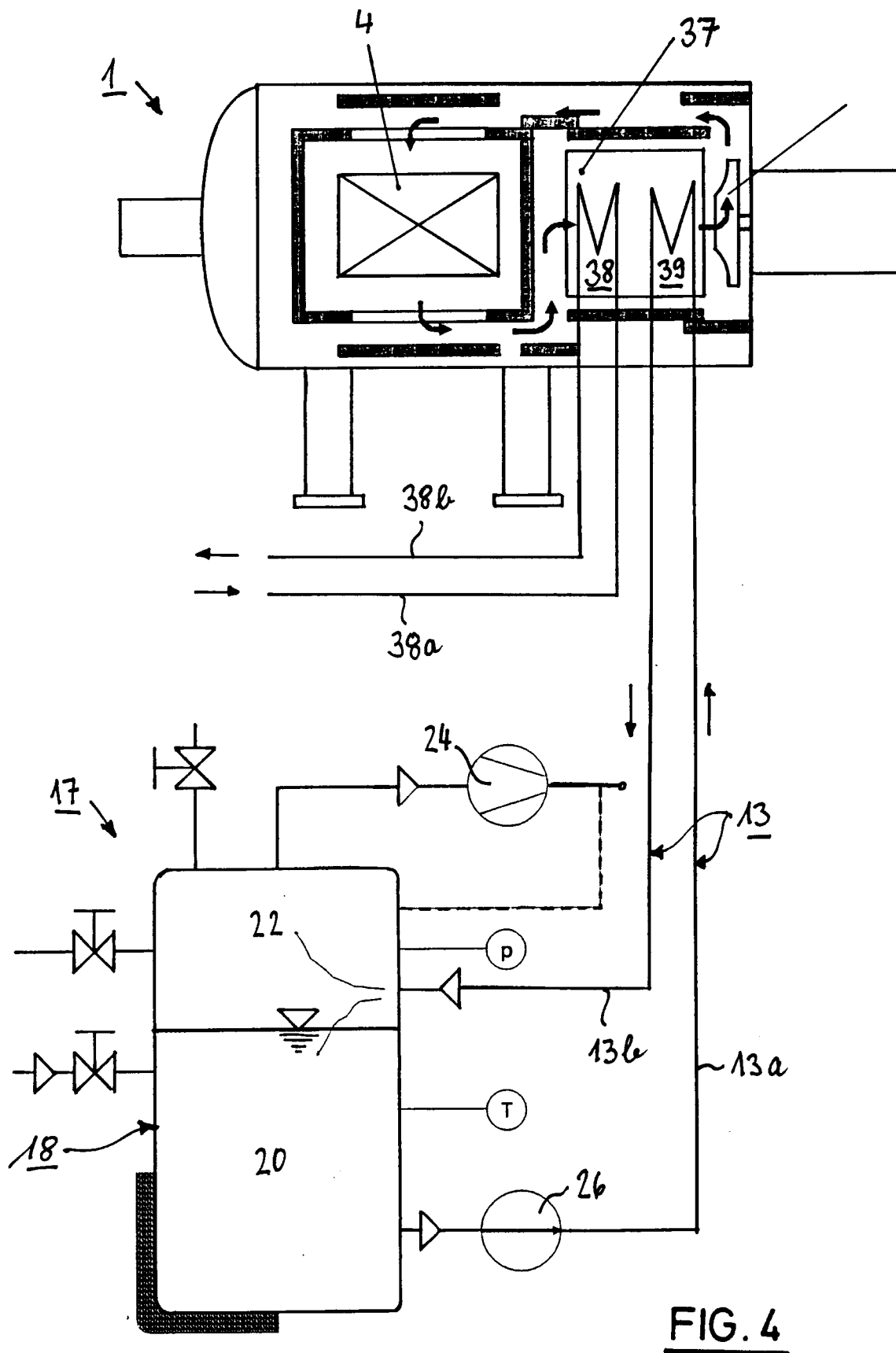


FIG. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 11 4288

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A,P	DE-C-44 22 588 (LEYBOLD DURFERRIT) * Anspruch 1 *	1	C21D1/613
A	US-A-5 121 903 (F. W. RIPLEY ET AL.) * Abbildung 2 *	1	
A	EP-A-0 415 811 (LE TRAITEMENT SOUS VIDE) * Abbildung 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 31.Oktober 1995	
		Prüfer Sutor, W	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)