



(10) **DE 10 2012 210 182 A1** 2013.12.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 210 182.9**

(22) Anmeldetag: **18.06.2012**

(43) Offenlegungstag: **19.12.2013**

(51) Int Cl.: **F27D 17/00 (2012.01)**

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

(72) Erfinder:
Haje, Detlef, 02828, Görlitz, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	26 22 722	C3
DE	29 23 160	A1
DE	10 2011 107 685	A1
DE	79 24 709	U1
EP	0 027 787	B1
WO	2010/ 099 920	A2

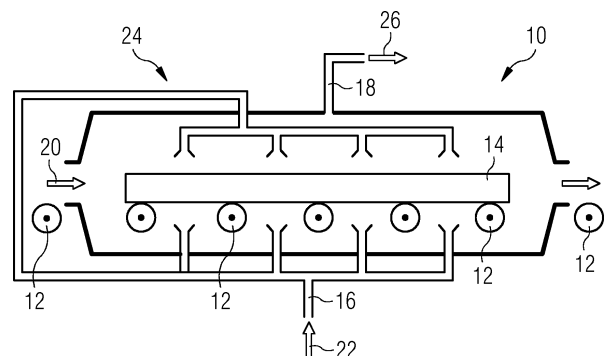
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einer Metallverarbeitungsanlage, sowie Metallverarbeitungsanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus einem über 100°C heißen metallischen Zwischenprodukt (14), das in einer Metallverarbeitungsanlage entlang einer Förderstrecke transportiert wird, umfassend die Schritte:

Einbringen des Zwischenproduktes (14) in eine im Verlauf der Förderstrecke angeordnete, mit einem Kühlmedium einlass (16) und einem Kühlmediumauslass (18) versehene Wärmeaustauschkammer (10), Zuführen eines Kühlmediums über den Kühlmedium einlass (16) in die Wärmeaustauschkammer (10), Abführen von durch Wärmeabgabe des Zwischenproduktes (14) erwärmten Kühlmediums über den Kühlmediumauslass (18), Gewinnen von Wärme aus dem abgeführten erwärmten Kühlmedium.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft den Bereich der Metallverarbeitung, insbesondere z. B. die Herstellung von Halbzeugen aus Stahl in Stahlwerken.

[0002] In Stahlwerken werden üblicherweise sehr große Wärmemengen zur Schaffung und Weiterverarbeitung von Rohstahl aufgewendet. Ausgehend von dem schmelzflüssigen Zustand des Stahls wird dieser als ein quasi-endloser Materialstrang oder in Form einzelner Stücke (z. B. so genannte "Brammen") mit einer Temperatur von einigen 100°C entlang einer Förderstrecke des Stahlwerkes transportiert.

[0003] Im Verlauf der Förderstrecke, die typischerweise als Rollenförderstrecke ausgebildet ist, können diese heißen metallischen Zwischenprodukte beispielsweise durch Warmwalzen weiterverarbeitet werden. Dazu werden diese im glühenden Zustand auf einer so genannten Warmwalzstraße zum gewünschten Halbzeug gewalzt. Resultierendes Flachmaterial (z. B. Stahlblech) wird im Rahmen dieser Verarbeitung üblicherweise zu so genannten Coils aufgespult. Auch solche Coils weisen in der Regel noch eine Temperatur von deutlich über 100°C auf.

[0004] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die bei Metallverarbeitungsprozessen aufgewendeten Wärmemengen besser auszunutzen, um damit Stahlwerke der vorstehend beschriebenen Art oder andere Metallverarbeitungsanlagen aus energetischer Sicht wirtschaftlicher betreiben zu können.

[0005] Gemäß eines Aspekts der Erfindung ist hierzu ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus einem über 100°C heißen metallischen Zwischenprodukt vorgesehen, das in einer Metallverarbeitungsanlage entlang einer Förderstrecke transportiert wird, umfassend die Schritte:

- Einbringen des Zwischenproduktes in eine im Verlauf der Förderstrecke angeordnete, mit einem Kühlmedium einlass und einem Kühlmediumauslass versehene Wärmeaustauschkammer,
- Zuführen eines Kühlmediums über den Kühlmedium einlass in die Wärmeaustauschkammer,
- Abführen von durch Wärmeabgabe des Zwischenproduktes erwärmten Kühlmediums über den Kühlmediumauslass, und
- Gewinnen von Wärme aus dem abgeführten erwärmten Kühlmedium, insbesondere zur Nutzung dieser Wärme zum Betrieb einer Dampfturbine und/oder in einem anderen wärme konsumierenden Prozess (z. B. zu Temperierungs- oder Heizzwecken).

[0006] Mit der Erfindung ist vorteilhaft eine systematische zusätzliche Nutzung der eingangs erwähnten, prozessbedingt ohnehin aufzuwendenden Wär-

memengen ermöglicht. Es wird damit eine leistungsfähige und für viele Arten von "Heißbetrieben" wie z. B. Stahlwerken geeigneten Methode zur Wärmerrückgewinnung bereitgestellt. Für den Einsatz der Erfindung sind insbesondere auch Metallgießereien (z. B. Eisen- und Stahlgießereien) interessant. Bei Gießereien werden Zwischenprodukte in Form von Gußstücken durch Eingießen schmelzflüssigen Metalls in Gußformen, anschließendes Erstarren bzw. Abkühlen und Ausformen hergestellt. Auch beim Ausformen besitzen diese metallischen Zwischenprodukte oftmals noch ein Temperaturniveau deutlich über 100°C.

[0007] In einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Zwischenprodukt beim Einbringen in die Wärmeaustauschkammer eine Temperatur von mehr als 200°C besitzt.

[0008] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Zwischenprodukt eine Masse von mehr als 5t, insbesondere mehr als 10t besitzt.

[0009] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Zwischenprodukt als ein quasi-endloser Materialstrang entlang der Förderstrecke transportiert wird. Insbesondere in diesem Fall kann die im Verlauf der Förderstrecke angeordnete Wärmeaustauschkammer beiderseitig offen ausgebildet sein, so dass insbesondere ein kontinuierliches Durchlaufen des Materialstranges durch die Wärmeaustauschkammer hindurch realisiert werden kann. In einer Weiterbildung ist die Wärmeaustauschkammer mit Mitteln zur (nicht notwendigerweise vollkommenen) Abdichtung von deren Innenraum ausgestattet, um mittels einer solchen "drucktragenden Dichtung" beispielsweise eine Steuerung des in der Wärmeaustauschkammer herrschenden Druckes vorzunehmen. Mit einer solchen Drucksteuerung bzw. Druckeinstellung kann vorteilhaft eine Optimierung des Wärmeaustauschprozesses realisiert werden.

[0010] In einer Weiterbildung eines solchen "kontinuierlichen Verfahrens" ist vorgesehen, dass der Zwischenproduktstrang nacheinander entlang der Förderstrecke wenigstens zwei Wärmeaustauschkammern der beschriebenen Art durchläuft, die im Verlauf der Förderstrecke hintereinander angeordnet sind. Bei einer solchen Mehrzahl von Wärmeaustauschkammern können diese vorteilhaft jeweils optimiert gestaltet bzw. betrieben werden. Beispielsweise kann für solche Wärmeaustauschkammern jeweils eine Druckeinstellbarkeit (in der bereits beschriebenen Weise) vorgesehen sein, wobei für die wenigstens zwei (oder mehr) Wärmeaustauschkammern unterschiedliche Druckniveaus eingestellt werden.

[0011] In einer anderen Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Zwischenprodukt als ein Zwischenproduktstück entlang der Förderstrecke transportiert

und in dieser Form in die Wärmeaustauschkammer eingebracht wird. Hierbei kann es sich z. B. um eine im Rahmen der Herstellung von Stahl oder anderen metallischen Werkstoffen anfallende Bramme handeln, z. B. mit einer Masse von mehr als 5t. Bei Einsatz der Erfindung für solche einzelnen Materialstücke kann auch vorgesehen sein, dass die Wärmeaustauschkammer beiderseitig mit einer jeweiligen Verschlusseinrichtung zum Verschließen der Wärmeaustauschkammer versehen ist. Vorteilhaft lassen sich damit Wärmemengen der betreffenden Zwischenprodukte durch einen "diskontinuierlichen Wärmeaustauschprozess" zurückgewinnen. Bei einer druckdichten Verschließbarkeit der Wärmeaustauschkammer kann insbesondere eine Steuerung des in der Wärmeaustauschkammer herrschenden Druckes eingesetzt werden, um den Wärmeaustauschprozess zu optimieren.

[0012] In einer Weiterbildung eines solchen "diskontinuierlichen Verfahrens" ist vorgesehen, dass das Zwischenproduktstück nacheinander entlang der Förderstrecke in wenigstens zwei Wärmeaustauschkammern der beschriebenen Art eingebracht (und dort jeweils einem Wärmeaustauschprozess unterzogen) wird, die im Verlauf der Förderstrecke hintereinander angeordnet sind. Bei einer solchen Mehrzahl von Wärmeaustauschkammern können diese vorteilhaft jeweils optimiert gestaltet bzw. betrieben werden. Beispielsweise kann für solche Wärmeaustauschkammern jeweils eine Drucksteuerbarkeit (in der bereits beschriebenen Weise) vorgesehen sein, wobei für die wenigstens zwei (oder mehr) Wärmeaustauschkammern unterschiedliche Druckniveaus eingestellt oder unterschiedliche zeitliche Druckverläufe vorgesehen werden.

[0013] In einer Ausführungsform wird als Kühlmedium Wasser verwendet. Alternativ kann jedoch auch ein anderes, im Hinblick auf die zu erwartenden Temperaturen geeignetes bzw. chemisch geeignetes Wärmeträgermedium verwendet werden.

[0014] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Kühlmedium in einem Kühlmediumkreislauf geführt wird, in welchem ein Wärmetauscher für die Gewinnung der Wärme aus dem erwärmten Kühlmedium angeordnet ist. In einer Weiterbildung wird der genannte Wärmetauscher zur Abgabe der Wärme an ein Arbeitsmedium einer Dampfturbine betrieben. Auch bei diesem Arbeitsmedium kann es sich z. B. um Wasser (bzw. Wasserdampf) handeln. Es kann z. B. in für Kondensationsdampfturbinenanlagen typischer Weise in einem Wasser-Dampf-Kreislauf geführt werden.

[0015] Das bereits erwähnte "diskontinuierliche Verfahren" zur Wärmerückgewinnung kann beispielsweise folgende Schritte umfassen:

- Einbringen des als Zwischenproduktstück ausgebildeten Zwischenproduktes in die Wärmeaustauschkammer,
- Verschließen der Wärmeaustauschkammer durch Betätigung hierfür vorgesehener Verschlusseinrichtungen (Hierzu kann z. B. vorgesehen sein, dass das Zwischenprodukt zunächst in die beiderseitig offene Wärmeaustauschkammer eingebracht wird und dann die Wärmeaustauschkammer beiderseitig verschlossen wird. Alternativ kann z. B. zunächst ein ausgangsseitiges Ende verschlossen werden, dann das Zwischenprodukt über ein eingangsseitiges Ende eingebracht werden, und schließlich das eingangsseitige Ende verschlossen werden),
- nachfolgendes Zuführen und Abführen des Kühlmediums unter Steuerung des in der Wärmeaustauschkammer herrschenden Druckes, und
- nachfolgendes Öffnen der Wärmeaustauschkammer, um das Zwischenproduktstück wieder aus der Wärmeaustauschkammer zu entfernen.

[0016] Die erwähnte Steuerung (einschließlich z. B. Regelung) des Druckes in der Wärmeaustauschkammer besitzt insbesondere z. B. den Vorteil, dass damit unter Berücksichtigung der typischerweise vom Druck abhängenden Siedetemperatur des Kühlmediums (z. B. Wasser) ein Verdampfen bzw. eine Verdampfungsrates in der Wärmeaustauschkammer in gewünschter Weise beeinflusst werden kann. Für einen möglichst effizienten Wärmeübergang vom Zwischenprodukt zum Kühlmedium kann es z. B. nachteilig sein, wenn das Kühlmedium (z. B. Wasser) beim Kontakt mit der heißen Produktoberfläche (bei atmosphärischem Druck) sofort in großen Mengen verdampft. Hierbei kann es zu einer nicht optimalen Ausnutzung des Temperaturniveaus bzw. zu einer Begrenzung des Wärmeüberganges kommen.

[0017] Daher ist gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform vorgesehen, dass bei dem diskontinuierlichen Verfahren nach dem Einbringen des Zwischenproduktstückes in die Wärmeaustauschkammer zunächst ein relativ hoher Druck (z. B. mehr als 10 bar, insbesondere mehr als 20 bar) eingestellt wird und dieser Druck sodann schrittweise oder kontinuierlich abgesenkt wird. Die Druckabsenkung kann hierbei insbesondere in Abhängigkeit von der hierbei im zeitlichen Verlauf ebenfalls absinkenden Temperatur des Zwischenproduktes vorgesehen sein. Damit kann eine optimale Nutzung des jeweils momentan vorhandenen Temperaturniveaus bei der Abkühlung des Zwischenproduktes erreicht werden.

[0018] Die Steuerung des Druckes, etwa zur Realisierung der vorstehend erwähnten Druckabsenkung im Laufe eines Wärmeaustauschprozesses, kann in einfacher Weise durch eine geeignete Steuerung der Zuführung und/oder Abführung des Kühlmediums bewerkstelligt werden. Hierfür können eine Zufuhrlei-

tung bzw. Abfuhrleitung mit entsprechenden Pumpenrichtungen und/oder Ventileinrichtungen ausgestattet sein.

[0019] In einer spezielleren Ausführung ist vorgesehen, dass die Druckabsenkung dadurch bewerkstelligt wird, dass das über den Kühlmediumauslass abströmende Kühlmedium schrittweise (oder in schrittweise oder kontinuierlich veränderten Anteilen) mit Speichern bzw. Wärmeabnehmern (der zum Wärmegewinnen vorgesehenen Einrichtung) unterschiedlichen Druckes verbunden wird. Beispielsweise kann in einer frühen Phase eines Wärmeaustauschvorganges der Kühlmediumauslass über ein Ventil mit einem auf relativ hohem Druckniveau arbeitenden Wärmetauscher verbunden sein, wohingegen im weiteren zeitlichen Verlauf ein schrittweises oder kontinuierliches Umschalten auf wenigstens einen weiteren, auf vergleichsweise niedrigerem Druckniveau arbeitenden Wärmetauscher erfolgt.

[0020] Wenn eine solche Mehrzahl von Wärmetauschern über eine geeignete Steuerungsanordnung (z. B. Ventilanordnung) mit dem Kühlmediumauslass verbunden ist und im Rahmen des Wärmeaustauschprozesses die erwähnte Druckabsenkung vorgesehen wird, so ist gemäß einer Weiterbildung vorgesehen, dass die mehreren Wärmetauscher sekundärseitig mit Wärmeträgermedien unterschiedlicher Temperatur beaufschlagt werden, um auch primärseitig unterschiedlichen Kühlmediumtemperaturen Rechnung zu tragen.

[0021] Nach Abschluss des Wärmeaustauschprozesses bzw. Abkühlvorganges kann nach Öffnen (z. B. beiderseitigem Öffnen) der Wärmeaustauschkammer das Zwischenproduktstück wieder aus der Wärmeaustauschkammer herausgeführt und, gewissermaßen im "Fließbandbetrieb" ein nachfolgendes Zwischenproduktstück in die Wärmeaustauschkammer eingebracht werden, um sodann den nächsten Wärmeaustauschprozess in gleicher Weise durchzuführen.

[0022] Gemäß eines weiteren Aspekts der Erfindung wird eine Metallverarbeitungsanlage bereitgestellt, z. B. ein Stahlwerk oder eine Metallgießerei, welche Mittel zur Durchführung eines Verfahrens zur Rückgewinnung von Wärme der oben beschriebenen Art aufweist.

[0023] Eine zum Transportieren des Zwischenproduktes entlang der Förderstrecke vorgesehene Fördereinrichtung, z. B. Rollenfördereinrichtung, erstreckt sich bevorzugt "durch die Wärmeaustauschkammer hindurch", so dass diese Fördereinrichtung auch für das Einbringen und Ausbringen des Zwischenproduktes in bzw. aus der Wärmeaustauschkammer genutzt werden kann. Im Falle des "diskontinuierlichen Wärmeaustauschverfahrens" ist die För-

dereinrichtung bzw. deren Ansteuerung lediglich derart zu modifizieren, dass damit ein zeitweises Anhalten des Produkttransportes im Bereich der Wärmeaustauschkammer bewerkstelligt werden kann.

[0024] In einer vorteilhaften Ausführung wird die aus dem abgeführten erwärmten Kühlmedium gewonnene Wärme in einem Wasser-Dampf-Kreislauf einer Dampfturbine eingekoppelt, um diese Wärme vorteilhaft zum Betrieb der Dampfturbinenanlage zu nutzen. Bevorzugt wird die Dampfturbinenanlage hierbei jedoch überwiegend mit Wärme eines anderen Ursprunges (z. B. Verbrennungsprozess, Abwärme von Industrieprozessen, Kernspaltungsprozess, Solarthermie etc.) betrieben, also die aus dem heißen metallischen Zwischenprodukt zurückgewonnene Wärme lediglich als "zusätzliche Energiequelle" zum Betrieb der Dampfturbinenanlage genutzt.

[0025] In einer Weiterbildung wird diese Zusatzwärme beispielsweise im Bereich so genannten Vorwärmung der Dampfturbinenanlage eingekoppelt. Die Vorwärmung einer Dampfturbinenanlage wird üblicherweise durch einen oder mehrere so genannte Vorwärmer realisiert, die im Wasser-Dampf-Kreislauf hinter einem Kondensator (zum Kondensieren des Dampfes), jedoch vor einem Dampferzeuger (zum Erzeugen von Frischdampf) angeordnet sind, um das Kondensat bzw. "Speisewasser" ein- oder mehrstufig vorzuwärmen. Derartige Vorwärmer können z. B. als Wärmemischer bzw. Wärmetauscher ausgebildet sein, denen primärseitig z. B. "Anzapfdampf" zugeführt wird. Es handelt sich dabei um mehr oder weniger heißen und noch nicht vollständig entspannten Dampf aus dem Bereich der Dampfturbine. Durch Betreiben derartiger Vorwärmer im Rahmen der Erfindung mittels der "Zusatzwärme" aus dem in der Wärmeaustauschkammer ablaufenden Wärmeaustauschprozess, alternativ oder zusätzlich zur Verwendung des Anzapfdampfes, nimmt somit eine größere Dampfmenge am Expansionsprozess in der Dampfturbine teil und es wird folglich eine erhöhte Leistung der Dampfturbine erreicht.

[0026] In einer Ausführungsform umfasst die Dampfturbinenanlage wenigstens einen eigens zur Versorgung mit dem abgeführten erwärmten Kühlmedium vorgesehenen Vorwärmer (Wärmetauscher).

[0027] Ein solcher Vorwärmer kann z. B. vorteilhaft in der Vorwärmstrecke des Wasser-Dampf-Kreislaufes vor (stromaufwärts) einem durch Anzapfdampf beaufschlagten Vorwärmer angeordnet sein.

[0028] Als Alternative einer energetischen Nutzung des abgeführten erwärmten Kühlmediums in einer Dampfturbinenanlage kommt z. B. in Betracht, das abgeführte erwärmte Kühlmedium einem anderen Prozess zuzuführen, z. B. zu Erhitzungs-, Temperierungs-, Fernwärme- oder anderen Heizzwecken.

[0029] Zusammenfassend stellt die Erfindung eine effektive und schnelle Nutzung der vorhandenen Abwärme aus "Heißbetrieben" bereit. Diese Wärme kann zu weiteren Prozessen zugeführt werden, dies gegebenenfalls unter optimaler Nutzung des jeweiligen Temperaturniveaus (des metallischen Zwischenproduktes). Eine durch die Erfindung beschleunigte Abkühlung des Zwischenproduktes kann für den betreffenden Metallverarbeitungsprozess (z. B. Abkühlen, Erstarren, Ausformen etc.) sogar von Vorteil sein und in diesem Fall durch die erwähnte Optimierung des Wärmeüberganges noch verbessert werden. Die Erfindung liefert damit einen wertvollen Beitrag für eine verbesserte Ressourcennutzung.

[0030] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Es stellen dar:

[0031] [Fig. 1](#) eine schematische Schnittansicht einer Wärmeaustauschkammer gemäß eines Ausführungsbeispiels,

[0032] [Fig. 2](#) eine Wärmeaustauschkammer gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels,

[0033] [Fig. 3](#) ein Diagramm zur Veranschaulichung eines zeitabhängig eingestellten Druckes in einer Wärmeaustauschkammer,

[0034] [Fig. 4](#) ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung einer mehrstufigen Nutzung von Wärme aus einem in einer Wärmeaustauschkammer erwärmten und nachfolgend abgeführten Kühlmediums, und

[0035] [Fig. 5](#) ein schematisches Blockdiagramm einer Dampfturbinenanlage mit daran angeschlossener Wärmeaustauschkammer.

[0036] [Fig. 1](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer Wärmeaustauschkammer **10**, die im Verlauf einer Förderstrecke eines Stahlwerkes angeordnet ist, um damit ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus mehr als 100°C heißen metallischen Zwischenprodukten (hier z. B. "Brammen") zu realisieren.

[0037] Diese heißen metallischen Zwischenprodukte werden mittels einer Fördereinrichtung entlang der Förderstrecke transportiert. Im dargestellten Beispiel umfasst die Fördereinrichtung eine Reihe von Förderrollen **12**, die beispielsweise ausgehend von einer (nicht dargestellten) Stranggußanlage über eine oder mehrere Warmwalzstationen und weiter durch die Wärmeaustauschkammer **10** hindurch verläuft. Ein in dieser Weise transportiertes Zwischenprodukt **14** ist in [Fig. 1](#) eingezeichnet. Es handelt sich dabei z. B. um einen plattenförmigen Stahlblock mit einer Masse von etwa 20t und einer Temperatur von etwa 300°C.

[0038] Die Wärmeaustauschkammer **10** ist mit einem Kühlmediumeinlass **16** und einem Kühlmediumauslass **18** versehen, über welche ein Kühlmedium (Wärmeträger), im dargestellten Beispiel Wasser, in die Kammer **10** zugeführt bzw. nach Aufnahme von Wärme des Zwischenproduktes **14** als Wasserdampf abgeführt werden kann.

[0039] Das Wärmerückgewinnungsverfahren umfasst folgende Schritte:

Zunächst wird ein entlang der Förderstrecke transportiertes Zwischenprodukt **14** in Richtung des Pfeils **20** wie in [Fig. 1](#) dargestellt in die Kammer **10** hineintransportiert und dort gestoppt.

[0040] Sodann wird das Kühlmedium (Wasser) über den Kühlmediumeinlass **16** zugeführt (Pfeil **22**) und über eine Verzweigungs- und Verdünnungsanordnung **24** an beiden Flachseiten des Zwischenproduktes **14** aufgesprüht. Das sodann erwärmte Kühlmedium, hier in Form von Wasserdampf (alternativ: Heißwasser), wird über den Kühlmediumauslass **18** wieder aus der Kammer **10** abgeführt (Pfeil **26**).

[0041] Das abgeführte erwärmte Kühlmedium (Wasserdampf) wird einer energetischen Nutzung zugeführt, d. h. es wird in einer geeigneten Weise Wärme aus dem Wasserdampf gewonnen.

[0042] Das Zuführen und Abführen des Kühlmediums erfolgt bevorzugt in gesteuerter Weise, um einen möglichst effizienten Wärmeübergang vom Zwischenprodukt **14** in das Kühlmedium zu bewerkstelligen. Diese Steuerung kann z. B. gemäß eines Steueralgorithmus erfolgen, welcher als Eingangsgröße zumindest die momentane Temperatur des Zwischenproduktes **14** berücksichtigt, die z. B. mit einem in der Kammer **10** installierten Temperatursensor gemessen werden kann. Darüber hinaus kann der Steueralgorithmus z. B. auch die Temperatur des zugeführten Kühlmediums und/oder des abgeführten Kühlmediums berücksichtigen.

[0043] Bei der nachfolgenden Beschreibung von weiteren Ausführungsbeispielen werden für gleichwirkende Komponenten die gleichen Bezugszahlen verwendet, jeweils ergänzt durch einen kleinen Buchstaben zur Unterscheidung der Ausführungsform. Dabei wird im Wesentlichen nur auf die Unterschiede zu dem bzw. den bereits beschriebenen Ausführungsbeispielen eingegangen und im Übrigen hiermit ausdrücklich auf die Beschreibung vorangegangener Ausführungsbeispiele verwiesen.

[0044] [Fig. 2](#) veranschaulicht ein modifiziertes Ausführungsbeispiel einer Wärmeaustauschkammer **10a**, deren Aufbau und Funktionsweise im Wesentlichen denjenigen der Wärmeaustauschkammer **10** von [Fig. 1](#) entsprechen.

[0045] Abweichend von dem vorangegangenen Beispiel, bei welchem die Wärmeaustauschkammer **10** beiderseitig offen ausgebildet war, ist die in **Fig. 2** dargestellte Wärmeaustauschkammer **10a** beiderseitig mit einer jeweiligen Verschlusseinrichtung **30a-1** bzw. **30a-2** (hier: "Verschlussklappen") versehen, so dass die Wärmeaustauschkammer **10a** im dargestellten Beispiel druckdicht verschließbar ist.

[0046] Das unter Verwendung der Kammer **10a** durchgeführte Wärmerückgewinnungsverfahren läuft im Wesentlichen wie das vorangehend mit Bezug auf die **Fig. 1** bereits beschriebene Verfahren ab, jedoch mit dem Unterschied, dass nach dem Einbringen eines Zwischenproduktes **14a** und für die Dauer des darauffolgenden Wärmeaustauschprozesses die Kammer **10a** an beiden Enden durch Betätigung der Verschlusseinrichtungen **30a-1**, **30a-2** druckdicht verschlossen wird und beim Wärmeaustauschprozess eine Steuerung des in der Wärmeaustauschkammer herrschenden Druckes erfolgt. Diese Drucksteuerung kann im Rahmen der ohnehin gesteuerten Zufuhr und Abfuhr des Kühlmediums bewerkstelligt werden und die Auswertung eines mittels eines Drucksensors gemessenen Druckwertes involvieren.

[0047] Der Vorteil einer druckdichten Verschließbarkeit der Kammer **10a** und der gemäß eines Steueralgorithmus gesteuerten Einstellung (z. B. Regelung) des Druckes besteht darin, dass die Verdampfung bzw. eine Verdampfungsrate des Kühlmediums gezielt beeinflusst werden kann, um die Wärmeübertragung gezielt zu beeinflussen bzw. weiter zu optimieren.

[0048] Ein Beispiel einer solchen Drucksteuerung wird nachfolgend mit Bezug auf **Fig. 3** erläutert.

[0049] **Fig. 3** zeigt einen beispielhaften Verlauf eines während des Wärmeaustauschprozesses in der Kammer **10a** herrschenden Druckes p im Verlauf der Zeit t .

[0050] Zu einem Zeitpunkt $t = 0$ wird die mit dem Zwischenprodukt **14a** beschickte Kammer **10a** geschlossen. Der Druck p entspricht in diesem Zeitpunkt dem atmosphärischen Druck (1 bar).

[0051] Zu einem Zeitpunkt $t = t_0$ beginnt die Eindüsung des Wassers, woraufhin der Druck p stark ansteigt. In dieser Phase kann abgeführtes erwärmtes Kühlmedium (Wasserdampf) beispielsweise einem "Verbraucher" (z. B. Wärmetauscher) zugeführt werden, der auf einem ersten, relativ hohen Druckniveau p_1 arbeitet.

[0052] Diese Möglichkeit der Abfuhr des erwärmten Kühlmediums zu einem Verbraucher mit einem bestimmten Druckniveau ist mit einem beispielhaften Blockdiagramm in **Fig. 4** veranschaulicht. Das über

den Kühlmediumauslass **18a** abgeführte Kühlmedium wird über ein (in dieser Phase geöffnetes) erstes Ventil V_1 einem ersten Wärmetauscher **40a-1** zugeführt, welcher primärseitig für eine Beschickung mit Kühlmedium des Druckes p_1 (und einer Temperatur T_1) ausgelegt ist. Weitere, ebenfalls mit dem Kühlmediumauslass **18a** verbundene Ventile V_2 und V_3 sind in dieser Phase geschlossen.

[0053] Wie in **Fig. 3** ersichtlich wird sodann der Druck p nach und nach verringert.

[0054] Zu einem Zeitpunkt $t = t_1$ ist der Druck p auf den Wert p_1 abgesunken, und es erfolgt eine "Umschaltung" des abgeführten Kühlmediums auf einen zweiten Verbraucher, hier einen Wärmetauscher **40a-2**, indem das Ventil V_1 geschlossen und stattdessen das Ventil V_2 geöffnet wird. Der zweite Wärmetauscher **40a-2** ist für einen primärseitigen Betrieb mit einem Druckniveau p_2 und einer Kühlmediumtemperatur T_2 ausgelegt. Es gilt $p_2 < p_1$ und $T_2 < T_1$.

[0055] Noch etwas später, zu einem Zeitpunkt $t = t_2$, und dementsprechend nach noch weiterer Abkühlung des Zwischenproduktes **14a**, ist der Druck p auf das Druckniveau p_2 abgesenkt, und es erfolgt eine Umschaltung des abgeführten Kühlmediums auf einen dritten Wärmetauscher **40a-3**, der primärseitig für den Druck p_3 und die Temperatur T_3 ausgelegt ist ($p_3 < p_2$ und $T_3 < T_2$).

[0056] Zu einem Zeitpunkt $t = t_3$ ist der Druck p auf den Wert p_3 abgesunken, und die Eindüsung des Wassers über den Kühlmediumeinlass **16a** wird beendet.

[0057] Zu einem Zeitpunkt $t = t_4$, nach Abfall des Druckes p auf atmosphärischen Druck (z. B. durch entsprechendes Entleeren bzw. Abblasen), werden die Verschlusseinrichtungen **30a-1**, **30a-2** (**Fig. 2**) automatisiert betätigt, um die Kammer **10a** wieder zu öffnen.

[0058] Damit ist der Wärmeaustauschprozess mittels des Zwischenproduktes **14a** beendet. Dieses wird durch Ansteuerung der betreffenden Förderrollen **12a** wieder aus der Kammer **10a** entfernt und somit zum Weitertransport an den stromabwärts der Kammer **10a** befindlichen Teil der Förderstrecke übergeben. Die im beschriebenen Beispiel eingesetzte Anzahl von Wärmeverbrauchern unterschiedlicher Druckniveaus ist selbstverständlich nur beispielhaft zu verstehen. Es könnten z. B. auch weniger oder mehr als drei unterschiedliche Druckniveaus eingesetzt werden.

[0059] Der beschriebene Wärmeaustauschprozess wird sodann für die auf der Förderstrecke nachfolgenden Zwischenprodukte in analoger Weise durchgeführt/wiederholt.

[0060] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bewirkt der Wärmeaustauschprozess eine Absenkung der Temperatur des betreffenden Zwischenproduktes (z. B. Metallbramme) um mindestens 50°C, bevorzugt mindestens 100°C.

[0061] Die in [Fig. 4](#) veranschaulichte energetische Nutzung des abgeführten erwärmten Kühlmediums (hier: Wasser bzw. Wasserdampf) durch Beaufschlagung eines oder mehrerer Wärmetauscher stellt eine bevorzugte Möglichkeit dar. Der Ausgang des oder der betreffenden Wärmetauscher können hierbei z. B. über eine (in [Fig. 4](#) nicht dargestellte) Pumpeinrichtung und/oder Strömungsrateneinstelleinrichtung mit dem Kühlmediumeinlass **16a** der Kammer **10a** verbunden sein. In diesem Fall entsteht ein geschlossener Kühlmediumkreislauf. Ein spezielleres Ausführungsbeispiel hierfür ist in [Fig. 5](#) dargestellt.

[0062] [Fig. 5](#) zeigt im oberen Teil Komponenten einer herkömmlichen Dampfturbinenanlage **50b**, bei welcher durch einen (in der Figur nicht dargestellten) "Wärmebereitstellungsprozess" in irgendeiner Art erzeugte thermische Energie durch die Dampfturbinenanlage **50b** in elektrische Energie umgesetzt wird.

[0063] Die Dampfturbinenanlage **50b** umfasst eine Dampfturbine **52b** mit einem Dampfeinlass **54b** für Frischdampf und einem Dampfauslass **56b** für Abdampf. Der Abdampf entsteht durch eine druck- und temperaturreduzierende Expansion des zugeführten Dampfes im Verlauf der Turbinendurchströmung.

[0064] Der Frischdampf wird mit einem Druck von z. B. mehr als 100 bar und einer Temperatur von z. B. mehr als 400°C am Dampfeinlass **54b** zugeführt. Der am Dampfauslass **56b** austretende Abdampf besitzt einen Druck von z. B. weniger als 1 bar und eine Temperatur von z. B. weniger als 50°C.

[0065] Eine Dampfbereitstellungseinrichtung **58b** ist eingangsseitig mit dem Dampfauslass **56b** der Dampfturbine **52b** und ausgangseitig mit dem Dampfeinlass **54b** der Dampfturbine **52b** verbunden, so dass die Dampfturbine zusammen mit der Dampfbereitstellungseinrichtung einen "Wasser-Dampf-Kreislauf" ausbildet.

[0066] Mittels der Dampfturbine **52b** wird Energie des zugeführten Dampfes in mechanische Drehleistung zum Antrieb eines Turbinenläufers umgesetzt, um einen mit dem Turbinenläufer gekoppelten elektrischen Generator G anzutreiben.

[0067] Die Dampfbereitstellungseinrichtung **58b** dient dazu, einerseits den kontinuierlichen Betrieb der Dampfturbine **52b** durch Rückführung des Arbeitsmediums zu bewerkstelligen und andererseits die Energie des Arbeitsmediums zu erhöhen. Zu diesem Zweck umfasst die Einrichtung **58b** im dar-

gestellten Ausführungsbeispiel im Strömungsverlauf nacheinander angeordnet einen Kondensator **60b**, eine Kondensatpumpe **62b**, einen Zusatzvorwärmer **64b**, einen ersten Vorwärmer **66b**, eine Speisewasserpumpe **68b**, einen zweiten Vorwärmer **70b** und einen Dampferzeuger **72b**.

[0068] Die Übertragung von thermischer Energie aus dem betreffenden Wärmebereitstellungsprozess (z. B. Verbrennungsprozess, Solarthermie etc.) in die Dampfbereitstellungseinrichtung **58b** erfolgt in erster Linie im Dampferzeuger **72b**. Die Vorwärmer **66b** und **70b** werden im dargestellten Beispiel durch Dampf ("Anzapfdampf") aus dem Expansionsverlauf der Dampfturbine **52b** versorgt. Der in dieser Weise aus der Dampfturbine **52b** heraus und zu den Vorwärmern **66b** und **70b** geleitete Dampf erwärmt das Kondensat bzw. Speisewasser und kann dann an geeigneter Stelle im Wasser-Dampf-Kreislauf wieder eingezweigt werden (oder im Bereich der Vorwärmer **66b** und **70b** dem Kondensat bzw. Speisewasser beigemischt werden).

[0069] Eine Besonderheit der dargestellten Dampfturbinenanlage **50b** besteht darin, dass diese über den "Zusatzvorwärmer" **64b** mit zusätzlicher Wärmeenergie aus einem Wärmerückgewinnungsverfahren der oben bereits beschriebenen Art versorgt wird.

[0070] Wie in [Fig. 5](#) dargestellt, ist hierfür eine Wärmeaustauschkammer **10b** zusammen mit dem Zusatzvorwärmer (Wärmetauscher) **64b** und einer Kühlmediumpumpe **74b** in einem Kühlmedium-Kreislauf **76b** angeordnet. Dementsprechend kann von einem Zwischenprodukt **14b** abgegebene Wärme für eine zusätzliche Vorwärmung des Kondensats im Wasser-Dampf-Kreislauf der Dampfturbinenanlage **50b** genutzt werden.

[0071] Der Aufbau, die Betriebsweise und die Integration der Kammer **10b** können hierbei so vorgesehen sein, wie dies vorstehend ganz allgemein und für die Ausführungsbeispiele gemäß der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) bereits beschrieben wurde. Eine nähere Erläuterung erübrigt sich daher an dieser Stelle.

[0072] Die in [Fig. 5](#) veranschaulichte Anordnung ist somit eine Kombination einer Metallverarbeitungsanlage und einer Dampfturbinenanlage mit dem eingangs erwähnten Vorteil einer verbesserten Ressourcennutzung. Die dargestellte Dampfturbinenanlage **50b** mit dem daran angekoppelten Kühlmedium-Kreislauf **76b** samt Wärmeaustauschkammer **10b** ist ein Mittel zur Durchführung des beschriebenen Wärmerückgewinnungsverfahrens für nahezu beliebige Metallverarbeitungsanlagen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus einem über 100°C heißen metallischen Zwischenprodukt (14), das in einer Metallverarbeitungsanlage entlang einer Förderstrecke transportiert wird, umfassend die Schritte:

- Einbringen des Zwischenproduktes (14) in eine im Verlauf der Förderstrecke angeordnete, mit einem Kühlmedium einlass (16) und einem Kühlmediumauslass (18) versehene Wärmeaustauschkammer (10),
- Zuführen eines Kühlmediums über den Kühlmedium einlass (16) in die Wärmeaustauschkammer (10),
- Abführen von durch Wärmeabgabe des Zwischenproduktes (14) erwärmten Kühlmediums über den Kühlmediumauslass (18),
- Gewinnen von Wärme aus dem abgeführten erwärmten Kühlmedium.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Zwischenprodukt (14) beim Einbringen in die Wärmeaustauschkammer (10) eine Temperatur von mehr als 200°C besitzt.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Zwischenprodukt (14) eine Masse von mehr als 5t, insbesondere mehr als 10t besitzt.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Zwischenprodukt (14) als ein quasi-endloser Materialstrang entlang der Förderstrecke transportiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Zwischenprodukt (14) als ein Zwischenproduktstück entlang der Förderstrecke transportiert wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Wärmeaustauschkammer (10) beiderseitig offen ausgebildet ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Wärmeaustauschkammer (10) beiderseitig mit einer jeweiligen Verschlusseinrichtung (30) zum Verschließen der Wärmeaustauschkammer (10) versehen ist.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Kühlmedium in einem Kühlmediumkreislauf (76) geführt wird, in welchem ein Wärmetauscher (64) für die Gewinnung der Wärme aus dem erwärmten Kühlmedium angeordnet ist.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, durchgeführt als ein diskontinuierliches Verfahren, umfassend

- Einbringen des als Zwischenproduktstück (14) ausgebildeten Zwischenproduktes in die Wärmeaustauschkammer (10),

- Verschließen der Wärmeaustauschkammer (10) durch Betätigung hierfür vorgesehener Verschlusseinrichtungen (30),
- nachfolgendes Zuführen und Abführen des Kühlmediums unter Steuerung des in der Wärmeaustauschkammer (10) herrschenden Druckes (p), und
- nachfolgendes Öffnen der Wärmeaustauschkammer (10), um das Zwischenproduktstück (14) wieder aus der Wärmeaustauschkammer (10) zu entfernen.

10. Metallverarbeitungsanlage, umfassend Mittel (10) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

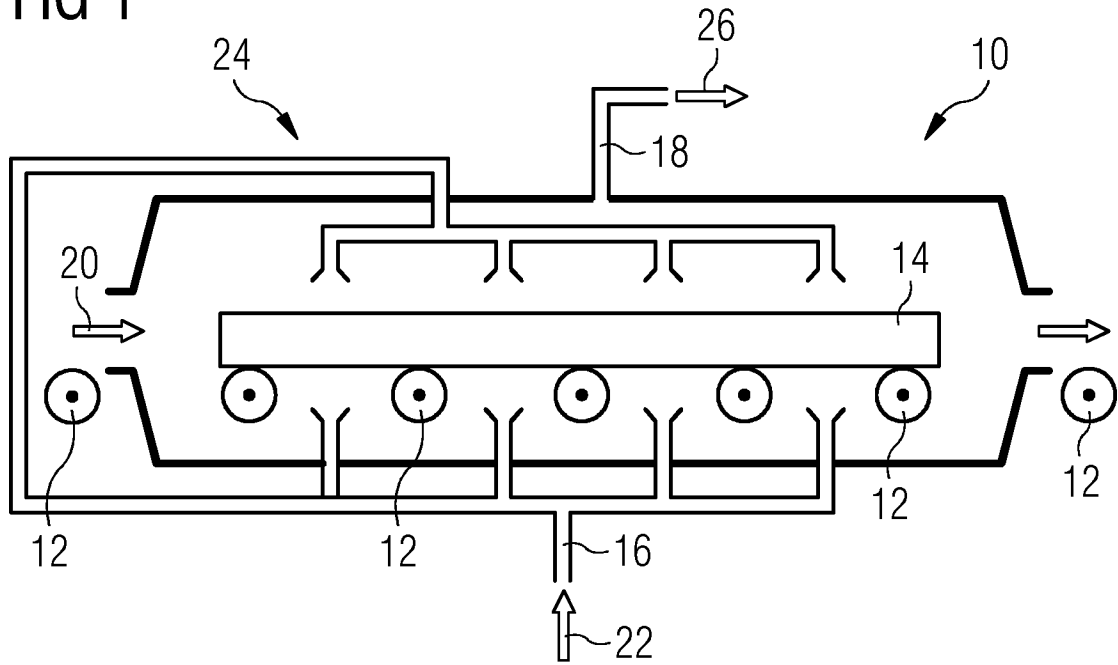


FIG 2

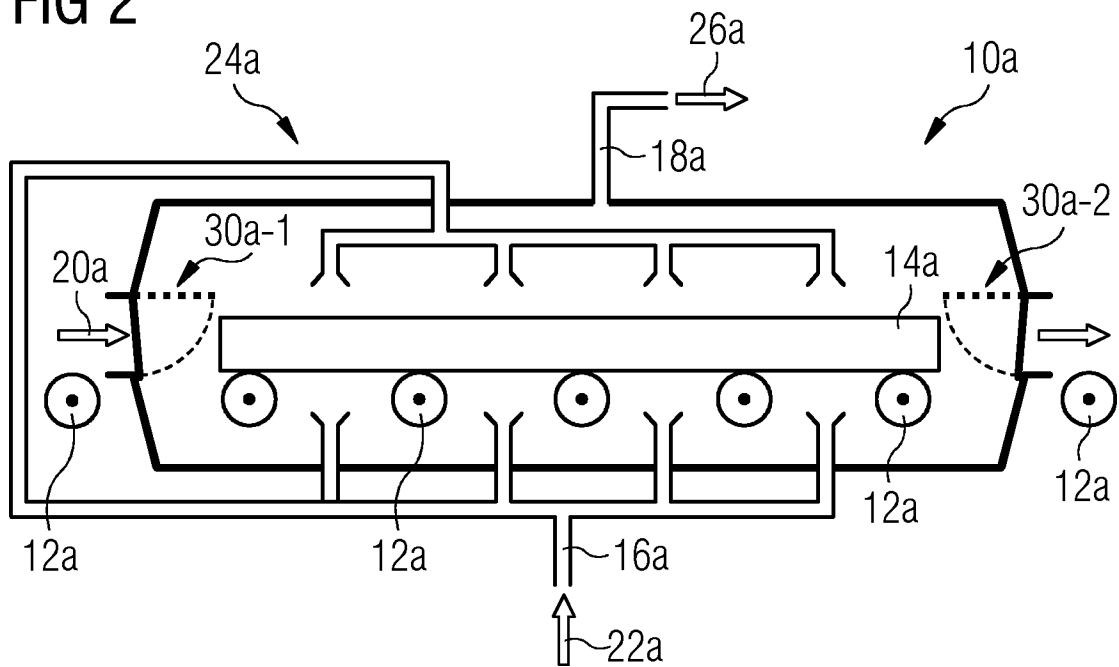


FIG 3

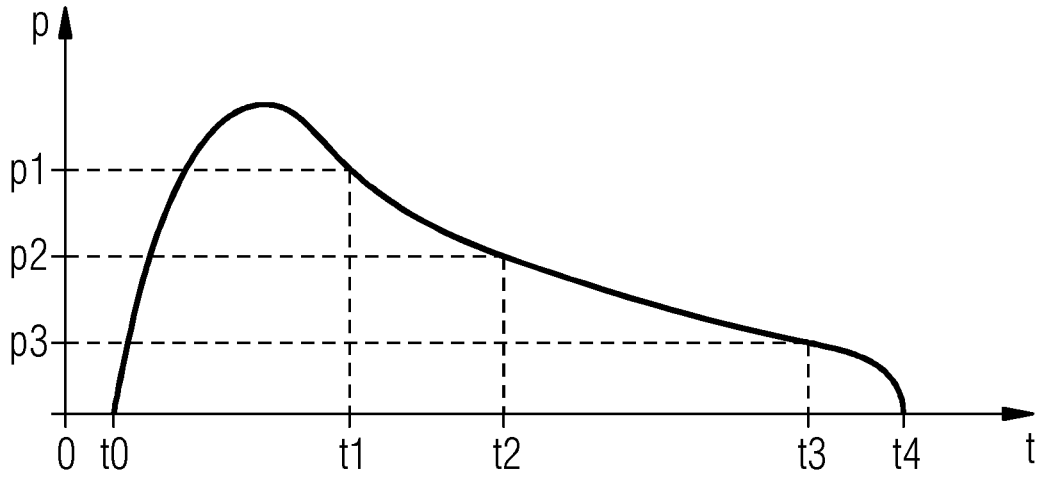


FIG 4

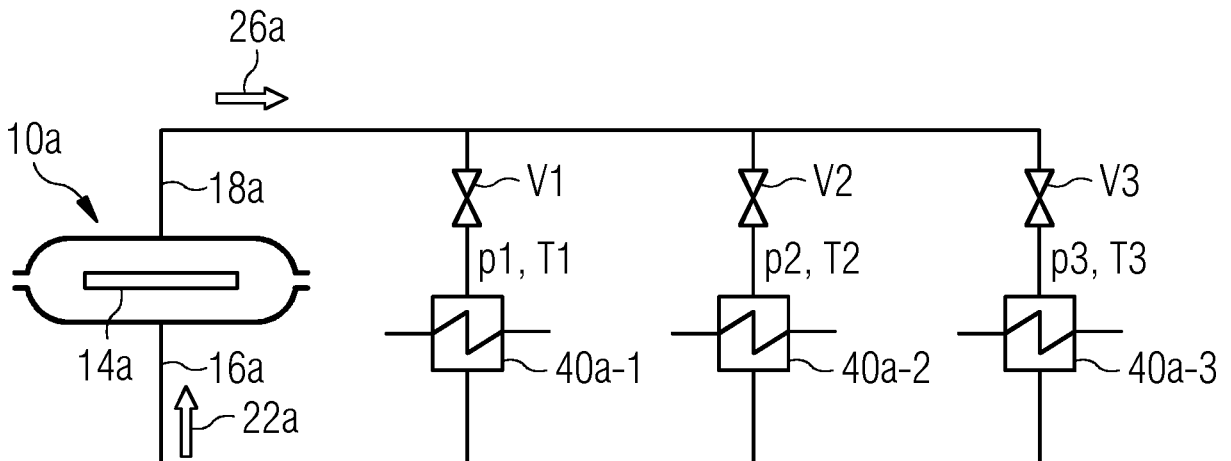


FIG 5

