



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

202 791

Int.Cl.³ 3(51) H 05 B 6/42

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

21) WP H 05 B/ 2316 961

(22) 13.07.81

(44) 28.09.83

71) siehe (72)

72) SEEGER, HORST, DIPL.-ING.; DD;

73) siehe (72)

74) VEB INDUCAL GOELLINGEN BFN 4731 GOELLINGEN AM SCHACHT 9

54) KUEHLBARE INDUKTIONSSPULE NACH DEM PRINZIP DES WAERMEROHRES

(57) Kühlbare Induktionsspule nach dem Prinzip des Wärmerohres zur Anwendung bei der induktiven Erwärmung von Metallen oder Schmelzen. Die Erfindung betrifft eine Induktionsspule, die selbst ein Teil eines oder mehrerer Wärmerohre zur Verlustwärmeabführung aus der Induktionsspule bildet. Erfindungsgemäß werden die Hohlprofilwindungen einer an sich bekannten Induktionsspule mit einer oder mehreren Windungen als Verdampferzone eines oder mehrerer Wärmerohre so genutzt, daß die Verlustwärme der Induktionsspule ein flüssiges Wärmeträgermedium aus der Kapillarschicht im Hohlleiterprofil verdampft und damit über die erforderliche Bildungswärme des Dampfes dem Hohlleiterprofil der Induktionsspule die Verlustwärme entzieht. Der so gebildete Dampf erreicht über Verbindungsrohre eine oder mehrere Kondensationszonen, in denen der Dampf kondensiert, seine Wärme an ein extremes Kühlsystem abgibt und über Kapillarsystem wird das Kondensat dem Hohlleiterprofil der Induktionsspule wieder zugeführt. Die Windungen, Verbindungsleitungen und Kondensationszone bilden ein System von einem oder mehreren Wärmerohren zur schnellen Fortleitung der Verlustwärme aus der Induktionsspule. Der Temperaturarbeitspunkt der Induktionsspule ist frei wählbar und kann den jeweiligen Temperaturparametern einer Abwärmenutzeranlage angepaßt werden.

Höhere Temperaturen, die eine Abwärmenutzung gewährleisten könnten, läßt die bisher angewandte Technologie nicht zu. Hierzu gibt es keine zulässig geprüften Kühlwasseranschlußschläuche.

Einen Versuch dieser Gesamtschwierigkeit, die eine Wasserkühlung mit sich bringt, zu umgehen, bildet ein Patent aus Großbritannien Nr. 2553274, bei dem das Hohlprofil durch ein massives oder flexibles Leiterband ersetzt wird und dieses in einem biegsamen Kühlwasserschlauch eingezogen zur Induktionsspule gewickelt wurde. Die Anordnung hat den Nachteil, daß die Windungsabstände durch den Kühlwasserschlauch sehr groß gewählt werden müssen und der elektrische Wirkungsgrad durch einen geringeren Spulenfüllfaktor sich verschlechtert.

In beiden technologischen Anordnungen der Wasserkühlung ergibt sich aufgrund der sehr hohen Strömungsgeschwindigkeit des Kühlwassers in den Wickelhohlprofilen ein starker Druckverlust. In der Praxis werden solche Induktionsspulen mehrteilig gewickelt und mehrere Teilspulen gesondert an Kühlkreisläufe angeschlossen, da der Hohlprofil-Querschnitt nach oben wie auch nach unten begrenzt einsetzbar ist.

Der elektrische Wirkungsgrad findet seine Grenzen bei der Optimierung der Kühlkreisläufe zur Abführung der Verlustwärme aus der Induktionsspule, bei der Auswahl der thermischen und elektrischen Isolation und der mechanischen Fertigkeit der Spule (Verguß der Spule mit Beton; DD 32847). Sehr gute Wärmeleitungseigenschaften hat das an sich bekannte Wärmerohr, jedoch gibt es keine bekannte Lösung zur direkten Kopplung des Wärmerohres mit einer Induktionsspule zur Verlustwärmefortführung aus dieser.

Bekannt sind Wärmerohre als selbständige Baueinheiten, als direkte oder indirekte Koppelglieder zwischen einer Wärmequelle und einer Temperatursenke zur Wärmeleitung, die in zahlreichen Patentschriften niedergelegt sind.

Bei der direkten Kopplung des Wärmerohres mit der Induktionsspule besteht die Problematik in der Eigenerwärmung des Wärmerohres durch den in diesem induzierten Strom durch das Magnetfeld der Induktionsspule. Auch bei der Anwendung von Wärmerohren aus elektrisch mitleitenden Materialien besteht die Schwierigkeit in der direkten Wärmeleitungskopplung zwischen jeder einzelnen voneinander elektrisch isolierten radialen Windungsfläche und dem Wärmerohr, dessen Wärmekontaktfläche ebenso elektrisch nichtleitend sein müßte.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, das System des Wärmerohres zur Verlustwärmeabführung aus der Induktionsspule so anzuwenden, daß die Induktionsspule selbst ein Teil eines oder mehrerer Wärmerohre bildet.

Wesen der Erfindung

Ursache der vorgenannten Mängel ist bedingte technische Notwendigkeit, daß die in der Induktionsspule entstehende Verlustwärme durch eine Wasserkühlung in Hohlleiterführung abgeführt wird. Diese Kühlungsart bedingt die Förderung relativ großer Flüssigkeitsmengen durch enge Hohlleiterquerschnitte mit einem geringen spezifischen Wärmezuwachs, da nur die sensible Wärme des Kühlmediums genutzt werden kann. Die Siede- und Verdampfungskühlung ist auch bei mehrwindigen Induktionsspulen nicht mehr anwendbar, da die Kühlwasserströmung bei waagerechter Anordnung der Spule durch die Dampfbildung unterbrochen wird.

Durch die Anwendung der Erfindung werden eine oder mehrere Windungen der Induktionsspule als Verdampferzone und damit als Teil eines Wärmerohres genutzt. Die Hohlprofilwindungen werden nicht mehr von der Kühlflüssigkeit vollrändig durchflossen, sondern ein spezielles Wärmeträgermedium benetzt nur noch eine Kapillarschicht innerhalb des Hohlprofils, das durch die Verlustwärme innerhalb des Hohlprofileiters verdampft. Damit wird nicht mehr nur die sensible Wärme des Kühlmediums genutzt, sondern auch die latente Wärme (Verdampfwärme).

Dies bedeutet, daß wesentlich weniger Kühlflüssigkeit benötigt wird und aufgrund des geschlossenen Kühlsystems und der Reinheit des Kühlmediums ein Niederschlag von Verunreinigungen im Hohlleiterprofil nicht mehr möglich ist. Eine wesentlich längere Betriebszeit der Spule ist zu erwarten und der technische Aufwand eines Primär-Kühlmittelkreislaufes entfällt. Hierdurch entfallen Kühlwasserschläuche, Druckerhöhungspumpen als Kühlwasserumwälzpumpen und die Auswahl des Hohlleiterprofils für die Induktionsspule gestattet einen größeren Freiraum hinsichtlich der Optimierung zur Verbesserung des elektrischen Wirkungsgrades.

Da eine große Auswahl unterschiedlicher Wärmeträgermedien zur Verfügung stehen können Innendruck und Betriebstemperatur der Induktionsspule frei gewählt werden. Damit kann die mechanische Fertigkeit der Spule variabler gestaltet werden. Das Vergießen der Spule mit Feuerfestbeton kann durch das Verbinden der Windungsseitenwände mit einer elektrisch-thermischen Isolationsschicht entfallen.

Aufgrund der nicht mehr benötigten Wasserkühlung und durch die Substitution des Feuerfestbetons an der Induktionsspule wird der Spulenfüllfaktor erhöht, die mehrteilige Fertigung der Spule nicht mehr notwendig, die Baulänge wesentlich verkürzt, das Gesamtgewicht reduziert, Standzeit der Spule verlängert, die Regelbarkeit der Leistung durch Verkürzung der thermischen Zeitkontakte verbessert, die axiale Leistungsdichte erhöht und der elektrische Wirkungsgrad verbessert. Erfindungsgemäß werden die Hohlprofile einer an sich bekannten Induktionsspule mit einer oder mehreren Windungen als Verdampferzone eines oder mehrerer Wärmerohre der Art genutzt, da die Hohlleiterprofile der Windungen an der Innenfläche mit einer Kapillarschicht teilweise oder ganz belegt sind. In der ein flüssiges Wärmeträgermedium durch die Bildung der Verdampfungswärme in Hohlleiterprofil der Induktionsspule verdampft wird und diesem durch die Bildungswärme die Wärme entzieht. Über eine adiabate Zone als Verbindungsleitung breitet der so gebildete Dampf sich rasch aus und erreicht die Kondensationszone des Wärmerohres. Durch die Temperatursenke an der

Kondensationswand, die durch einen externen Sekundärkühlkreislauf erzeugt wird, kondensiert der Dampf und gibt die freiwerdende Kondensationswärme über die Wandung an den Sekundärkühlkreislauf ab. Das gebildete Kondensat wird in einer Kapillarschicht oder einem Docht im adiabaten Verbindungsrohr dem Verdampfer bzw. einer oder mehrerer Windungen von einer mehrwindigen Induktionsspule wieder zugeführt.

Alle drei Zonen sind als montierbare Einheiten ausgebildet und werden hermetisch verschlossen. Während alle Verdampferzonen durch das Spulen-Hohlprofil der Windungen miteinander verbunden sind, bildet jede Kondensationszone eine getrennte Einheit, die im oberen Teil mit einer verschließbaren Öffnung versehen ist. Diese werden als Einfüllöffnungen für das Wärmeträgermedium genutzt und können außerdem mit einer Druckregleinheit als regelbares Wärmerohr versehen werden oder zusammengeschlossen werden. Die adiabaten Verbindungsleitungen zwischen Verdampfer- und Kondensationszone sind aus elektrisch nichtleitendem Material hergestellt und an den Enden mit hermetisch dichtenden Verbindungsstücken versehen.

Ausführungsbeispiel

Eine mögliche Anwendung der Erfindung ist das als Fig.: 1 dargestellte Ausführungsbeispiel, das nachfolgend erläutert wird.

Ausgangspunkt für die Induktionsspule 1 ist das Spulen-Wickelhohlprofil 2, das mit einer mehrlagigen Windungsisolation 3 aus Polythylenglykoltherephtelat auf eine Innenmanschette 4 aus Alumo-Silikat-Faser (Keramik-Papier) so engwindig gewickelt wird, daß ein anschließendes Verschweißen der Windungsseitenflächen mit der Windungsisolation erfolgen kann.

Anschließend werden die Hohlprofile im oberen Teil jeder Windung in ihrer ganzen Breite geöffnet und ein Kapillarschichtband 6 wird so eingezogen, daß dieses an der radialen Innenfläche des Hohlprofils anliegt. Jede Öffnung wird mit einem dichtschießenden Anschlußstück ausgestattet und die Kapillarschicht über ein Docht 6 verbunden.

Dieser Docht 6 wird in das Verbindungsrohr 7 eingeschoben, das als adiabate Zone 9 die Verbindung von Verdampferzone 8 zur Kondensationszone 10 zur Dampf- und Kondensatführung herstellt.

Innerhalb eines Wärmetauscher-Gehäuses 12 befindet sich für jede Windung der Induktionsspule 1 eine Wärmetauscherzone 12 mit einer Kondensatsammlerzone, in die jeweils der Docht 6 eintaucht. Über die Wärmetauscherzone 12 wird die extern geführte Kühlflüssigkeit geführt, die über die Anschlüsse 14 zugeführt und über 15 abgeführt wird. Die Füll- und Anschlußstutzen 16 führen aus dem Gehäuse 12 heraus und werden so genutzt, daß auch ein Druckregelsystem angeschlossen werden kann.

Die Funktion der kühlbaren Induktionsspule 1 nach dem Prinzip des Wärmerohres beruht auf der Nutzung der Induktionsspule 1, die mit einer Wechselspannung gespeist einen magnetischen Flu erzeugt, der das im axialen Hohlraum der Spule eingebrachte Werkstück durch einen in diesem induzierten Strom erwärmt.

In der Induktionsspule 1 entsteht dabei eine Verlustwärme, die an der Erwärmung des Werkstückes nicht mit beteiligt ist. Aufgrund des sogenannten Skin-Effektes bei höher frequenden Wechselspannungen entsteht diese Verlustwärme an der Windungsfläche, die dem zu erwärmenden Werkstück gegenüber liegt und mit der Kapillarschicht 6 belegt ist.

Die Kapillarschicht 6 ist mit einem Wärmeträgermedium getränkt das nach der Arbeitstemperatur der Induktionsspule an den Temperaturparametern der Abwärmenutzeranlage ausgewählt wurde, dieses wird durch die entstehende Verlustwärme in der Kapillarschicht 6 verdampft. Dieser breitet sich schnell über die freien Hohlräume aus und erreicht auf grund des Druckgefälles über die Verbindungsrohre 7 die Kondensationszonen 10.

Zwischen dem Dampf und den Wandungen der Kondensationszonen 10 wird durch das externe Kühlsystem über die Wärmetauscherzonen 12 ein Temperaturgefälle aufrechterhalten, welches den Dampf zur Kondensation zwingt und seine in den Windungen aufgenommen Verdampfungswärme als Kondensationswärme über die Wandungen der Wärmetauscherzone 12 an das externe Kühlsystem abgibt, die die Verlustwärme Wärmeverbrauchern zuführt.

Das so gebildete Kondensat fließt an den Wandungen der Kondensationszonen 10 den Kondensatsammelzonen 11 zu. Von hier wird dieses durch die Kapillarwirkung der Dochte 6, die in die Kondensatsammelzonen 10 eintauchen, der Kapillarschicht 6 in den Windungen der Induktionsspule 1 wieder zugeführt, die diese radial in der Windung verteilt.

Die Innenschichthülse 5 dient zum Schutz gegen äußere mechanische Beschädigung der Innenmanschette 4.

Ansprüche

1. Kühlbare Induktionsspule nach dem Prinzip des Wärmerohres dadurch gekennzeichnet,
daß eine an sich bekannte Induktionsspule aus Hohlprofil-Windungen teilweise oder ganz mit einer Kapillarschicht ausgekleidet eine oder mehrere Windungen zusammen eine Verdampfungszone eines Wärmerohres bilden.
2. Kühlbare Induktionsspule nach dem Prinzip des Wärmerohres nach **Punkt 1** dadurch gekennzeichnet,
daß die Hohlprofil-Windungen untereinander mit einer thermischen und elektrischen Isolierung mechanisch verbunden sind.
3. Kühlbare Induktionsspule 1 nach dem Prinzip des Wärmerohres nach **Punkt 1** dadurch gekennzeichnet,
daß eine Innenmanschette aus anorganischen Polymeren mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit, insbesondere aus Aluminium-Silikatoxid-Fasern angewendet wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

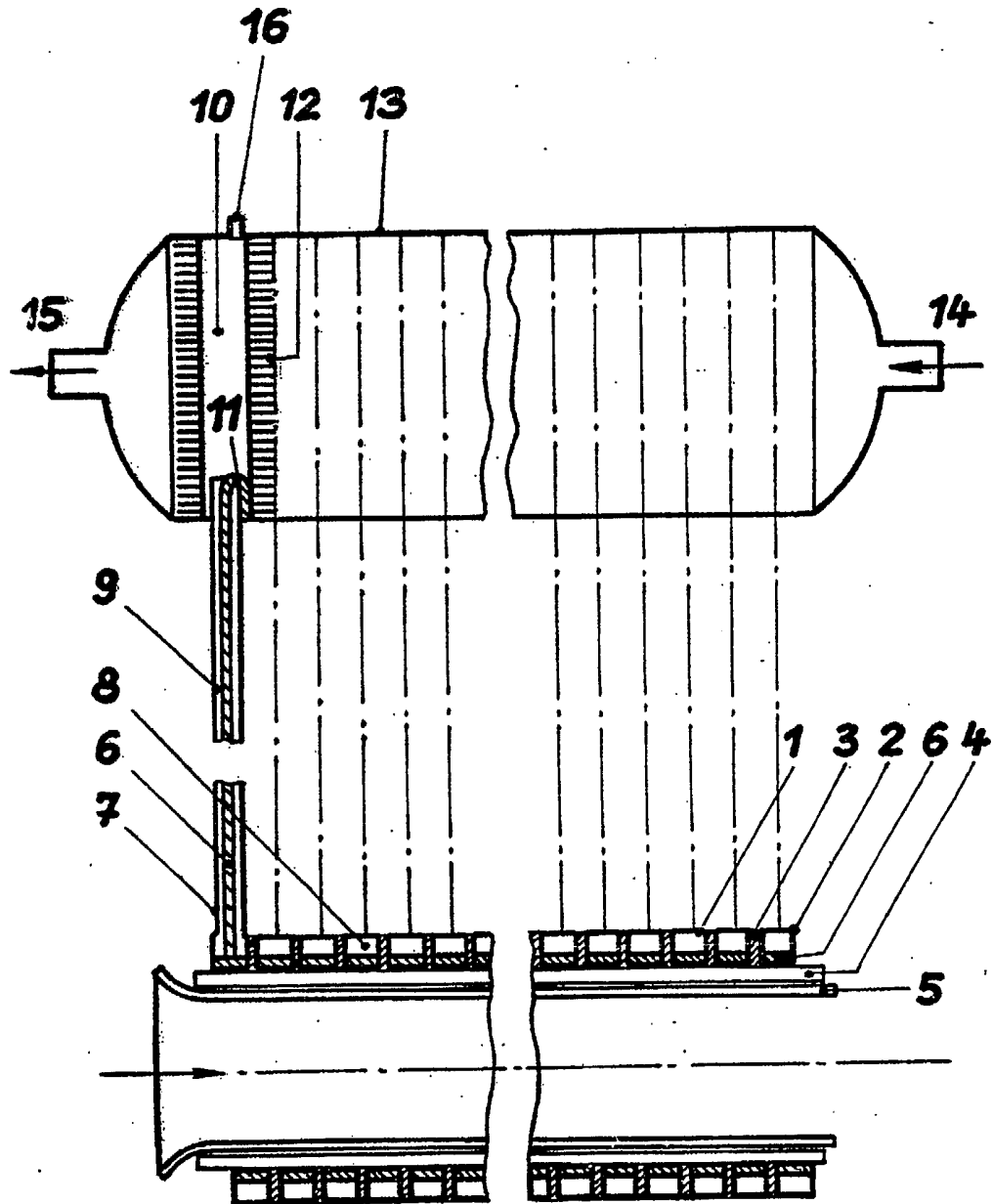


Fig. 1