



(11) **EP 2 768 277 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**
veröffentlicht nach Art. 153 Abs. 4 EPÜ

(43) Veröffentlichungstag:
20.08.2014 Patentblatt 2014/34

(51) Int Cl.:
H05B 3/36 (2006.01) F24C 7/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12840085.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/RU2012/000842

(22) Anmeldetag: **10.10.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/055260 (18.04.2013 Gazette 2013/16)

(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: **13.10.2011 RU 2011141547**

(71) Anmelder: **Zakrytoye Aktsionernoye Obschestvo
"Pikkerama"
Novosibirsk 630090 (RU)**

(72) Erfinder:
• **ALFERYEV, Sergey Dmitrievich
636035 Seversk (RU)**
• **POLYAKOV, Valeriy Anatolievich
634021 Tomsk (RU)**

(74) Vertreter: **Jeck, Anton
Klingengasse 2
71665 Vaihingen/Enz (DE)**

(54) **THERMISCHER MONOLITHISCHER HEIZBLOCK AUS FEUERFESTEM PHOSPHATZEMENT**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Widerstandserhitzung in industriellen Widerstandsöfen, und zwar auf monolithische metallkeramische thermische Heizeinheiten (Platten 1). Die monolithische thermische Heizeinheit (Platte 1) enthält ein darin eingebautes Heizelement (2), dessen Symmetrieachsen mit Symmetrieachsen der monolithischen thermischen Heizeinheit (Platte 1) zusammenfallen, und ist aus dem elektrisch nichtleitenden wärmeleitfähigen feuerfesten Phosphatbeton gefertigt. Das Heizelement (2) ist aus einem Zickzack-Draht-Heizkörper (3) und bandförmigen Stromableitungen (4)

ausgebildet. Dabei stehen die Fläche und der Umfang des Drahtquerschnitts und die Fläche und der Umfang des Stromableitungsquerschnitts im Verhältnis von wenigstens 1 : 4 zueinander. Die Verbindungsstellen des Draht-Heizkörpers (3) mit den Stromableitungen (4) sind in Form von kegelförmigen Aussparungen (5) in der monolithischen thermischen Heizeinheit (Platte 1) ausgebildet. Der technische Effekt der Erfindung ist die Herstellung einer monolithischen elektrisch nichtleitenden Heizeinheit, welche hohe Effizienz, Zuverlässigkeit und einfache Fertigung in sich vereinigt.

EP 2 768 277 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine monolithische thermische Heizeinheit aus feuerfestem Phosphatbeton (Phosphatzement) nach dem Oberbegriff des Anspruchs.

[0002] Die Erfindung ist auf dem Gebiet der Widerstandserhitzung in industriellen Widerstandsöfen, und zwar für monolithische metallkeramische thermische Heizeinheiten (Heizblöcke), einsetzbar.

[0003] Die Praxis der konstruktiven Gestaltung und des Betriebs von industriellen Widerstandsöfen legt die Anforderungen an die Heizelemente fest. Die grundsätzlichen Anforderungen umfassen eine hohe Effizienz und Zuverlässigkeit, Festigkeit und eine fehlende Leitfähigkeit.

[0004] Bekanntlich ist die Kontaktwärmeleitfähigkeit die wirksamste Art der Wärmeübertragung von einem erwärmten Körper an einen kalten Körper im Vergleich zur Strahlungsaufheizung und anderen Wärmeübertragungsarten [M.A. Mikheev, I.M. Mikheeva, Grundlagen der Wärmeübertragung, Moskau, Energia, 1977, S. 17].

[0005] Die bekannte wirksamste Form eines Heizkörpers (eines Widerstandselements) ist als Zickzack-Runddraht ausgebildet und in Druckschriften von I.A. Feldman begründet [wie z. B. "Berechnung und konstruktive Gestaltung der Heizkörper der elektrischen Widerstandsöfen", Energia, Moskau- Leningrad, 1966, S. 18].

[0006] Der nächstkommende Stand der Technik ist ein Heizelement nach dem Patent RU 2311742, Veröffentlichungsdatum 02.01.2003, IPC H05B 3/14, welches als Prototyp gewählt ist. Der bekannte Prototyp ist aus einem eisenhaltigen Material mit einem Widerstandselement ausgebildet. Das Widerstandselement ist in einer Elektroisolierschicht angeordnet. Die Elektroisolierschicht ist mit einer wärmeisolierenden Verbundstoffschicht und einer Schutzschicht bedeckt. Hier erfolgt die Wärmeübertragung vom Widerstandselement an die Oberfläche über eine Isolier-Verbundstoffstruktur. Die Isolier-Verbundstoffstruktur ist aus einigen keramischen und organischen Stoffen ausgebildet. Die Isolier-Verbundstoffstruktur ist dafür vorgesehen, die Unterschiede im Widerstandselement und im Material des Heizelements hinsichtlich der Wärmeausdehnungszahl auszugleichen. Das Widerstandselement ist mit einer Elektroisolierschicht bedeckt, um eine Oxidation zu vermeiden. Das Heizelement wird in aufeinanderfolgenden Pressschritten in einigen Presswerkzeugen und unter Einsatz von Gasbrennen gefertigt.

[0007] Die Mängel dieses bekannten Heizelements sind:

- eine hohe Leitfähigkeit der Arbeitsoberfläche des Elements, welches aus einem eisenhaltigen Material (wenigstens 75 %) gefertigt wird. Das ist allerdings aufgrund der Anforderungen der elektrotechnischen Sicherheit während der Arbeiten an und mit industriellen Widerstandsöfen bei solchen verfahrens-

technischen Prozessen wie Anlassen, Härten und Erwärmung von Metallerzeugnissen mit unterschiedlichen Konfigurationen unzulässig;

- das Vorhandensein eines schrittweisen Verfahrens der Herstellung des Heizelements in einigen Presswerkzeugen und der Pressausrüstung erschwert und verteuert den Fertigungsverfahren beachtlich.

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine monolithische elektrisch nichtleitende Heizeinheit zu entwickeln, welche eine hohe Effizienz, Zuverlässigkeit und einfache Fertigung in sich vereinigt.

[0009] Die gestellte Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs gelöst.

[0010] Die monolithische thermische Heizeinheit ist aus einem elektrisch nichtleitenden wärmeleitfähigen feuerfesten Phosphatbeton gefertigt. Das Heizelement ist im Phosphatbeton eingegossen. Das Heizelement ist aus einem Zickzack-Draht-Heizkörper und bandförmigen Stromableitungen ausgebildet. Das Verhältnis zwischen der Fläche und dem Umfang des Drahtquerschnitts und der Fläche und dem Umfang des Querschnitts der Stromableitungen beträgt wenigstens 1 : 4. Die Symmetrieachsen des Heizelements fallen mit den Symmetrieachsen der thermischen Heizeinheit zusammen. Die Verbindungsstellen zwischen dem Draht-Heizkörper und den Stromableitungen in der thermischen Heizeinheit sind in Form von kegelförmigen Aussparungen ausgebildet.

[0011] Die Erfindung wird anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Konstruktion der thermischen Heizeinheit,

Fig. 2 das Heizelement.

[0012] Die monolithische thermische Heizeinheit (Fig. 1) ist in Form einer monolithischen Platte 1 ausgebildet. Die linearen Abmessungen der Heizeinheit sind durch die linearen Abmessungen des Heizelements 2 festgelegt. Das Heizelement 2 ist aus einem Zickzack-Draht-Heizkörper 3 (Fig. 2) und bandförmigen Stromableitungen 4 gefertigt. Der Zickzack-Draht-Heizkörper 3 ist gewählt, weil er die wirksamste Art eines Heizkörpers darstellt.

[0013] Das Heizelement 2 (Fig. 1) ist in der thermischen Einheit (Platte 1) angeordnet. Dabei fallen die Symmetrieachsen des Heizelements 2 mit den Symmetrieachsen der thermischen Heizeinheit (Platte 1) zusammen. Die Wärmeübertragung von der gesamten Fläche des Heizelements 2 an das Phosphatbeton-Material erfolgt aufgrund der Kontaktwärmeleitfähigkeit. Dabei stellt die Betondichte sicher, dass die Oxidation des Heizkörpermetalls praktisch völlig vermieden ist. Der Drahtquerschnitt, die Drahtlänge und die Zickzackteilung des Draht-Heizkörpers 3 im Heizelement 2 (Fig. 2) werden durch den benötigten elektrischen Widerstand des Heizelements 2, d. h. durch die benötigte Leistung der ther-

mischen Heizeinheit festgelegt. Dabei stehen die Fläche und der Umfang des Drahtquerschnitts und die Fläche und der Umfang des Stromableitungsquerschnitts in einem Verhältnis von wenigstens 1 : 4 zueinander. Die Länge der Stromableitung 4 wird durch die Befestigungsart des Stromkabels und die Dicke der Auskleidung eines bestimmten Ofens bestimmt.

[0014] Die genannten Bedingungen beheben die Betriebsmängel der Widerstandsöfen: Durchbrennen des Heizelements 2 an der Verbindungsstelle des Draht-Heizkörpers 3 mit den Stromableitungen 4 und Bildung von hohen Temperaturen an der Stromableitung 4, was das Durchbrennen der Befestigungselemente des Stromkabels mit den Stromableitungen 4 hervorruft, und zwar:

- Die n-fache Vergrößerung des Umfangs des Stromableitungsquerschnitts im Verhältnis zum Umfang des Drahtquerschnitts des Draht-Heizkörpers 3 führt zu einer Verringerung der Stromdichte mit gleichem Grad des Vielfachen auf der Oberfläche der Stromableitung 4 mit entsprechender Verringerung des elektrischen Widerstands der Stromableitung 4 und der Senkung ihrer Temperatur.
- Die n-fache Vergrößerung der Fläche des Stromableitungsquerschnitts im Verhältnis zur Fläche des Drahtquerschnitts des Heizkörpers 3 führt zur n-fachen Verringerung der Wärmestromdichte in der Stromableitung 4 mit entsprechender Erhöhung des Wärmewiderstands der Stromableitung 4, Streuung der Wärmeenergie und Temperatursenkung.
- Die minimale benötigte Länge der Stromableitung 4 dient auch diesem Ziel. Diese Länge stellt eine zusätzliche Vergrößerung des Wärmewiderstands und die Senkung der Temperatur an der Stromableitung 4 entlang dar, und zwar auf der Strecke von der Verbindung des Heizkörpers 3 mit der Stromableitung 4 bis zur Verbindungsstelle der Stromableitung 4 mit dem Stromversorgungskabel.

[0015] In Fig. 1 ist die Verbindungsstelle zwischen dem Draht-Heizkörper 3 und der Stromableitung 4 abgebildet. Die Verbindungsstelle ist in Form einer kegelförmigen Aussparung 5 in der thermischen Einheit ausgebildet, um eine Energieübertragung vom Material der thermischen Heizeinheit an die Stromableitungen 4 aufgrund der Kontaktwärmeleitfähigkeit zu verhindern.

[0016] Der monolithische Phosphatbeton der Heizeinheit ist homogen und weist eine gleiche Wärmeleitfähigkeit über alle drei Ordinaten auf. Mit Rücksicht darauf, dass die Symmetrieachsen des Heizelements und die Symmetrieachsen der thermischen Heizeinheit zusammenfallen, stellt das eine gleichmäßige Temperaturverteilung über den gesamten Umfang und über jede Ebene der Heizeinheit sicher, darunter auch den Temperaturausgleich auf der Arbeitsoberfläche der Heizeinheit. Die thermischen Heizeinheiten lassen sich in einer Bauplatte mit beliebigen Abmessungen beliebig verbinden, um ei-

nen Widerstandsofen mit einer benötigten Leistung zu erhalten.

[0017] Die relative bis zu 20 % hohe Porosität des kristallinen Phosphatbetons einerseits und die bis zu 70 MPa hohe Festigkeit andererseits stellen ein Abdämpfen der Wärmeausdehnung des Metallheizelements sicher. Die Plastizität des Metallheizelements nimmt mit einer Temperaturerhöhung zu, ohne dass die thermische Heizeinheit selbst zerstört wird.

[0018] Die Festigkeit und die Härte der thermischen Heizeinheit aus Phosphatbeton ermöglichen es, diese Heizeinheit in Ofenherden von Widerstandsöfen zu verwenden. Das stellt eine Verminderung des Stromverbrauchs bis 35 % sicher.

[0019] Die praktische Ausführung der vorgeschlagenen Erfindung ist in einem Widerstandsofen mit einem ausfahrbaren Herd und einem Fassungsraum von 1,2 m³ bei einer Betriebstemperatur von +1150° C realisiert. Der Ofen wird mit Hilfe von 28 monolithischen thermischen Heizeinheiten erhitzt. Jede Heizeinheit hat Abmessungen von 400 x 400 x 30 mm und einen elektrischen Widerstand von 1,5 Ω. Dabei sind die Heizeinheiten in 5 Bauplatten zusammengebaut. Das macht es möglich, eine 3-Phasen-Stromversorgung mit einer Leistung bis zu 30 kW zu bewerkstelligen.

Patentansprüche

1. Monolithische thermische Heizeinheit mit einem darin eingebauten Heizelement, dessen Symmetrieachsen mit Symmetrieachsen der monolithischen thermischen Heizeinheit (Platte 1) zusammenfallen, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die monolithische thermische Heizeinheit (Platte 1) aus einem elektrisch nichtleitenden wärmeleitfähigen feuerfesten Phosphatbeton gefertigt ist, **dass** das Heizelement (2) dabei aus einem Zickzack-Draht-Heizkörper (3) und bandförmigen Stromableitungen (4) ausgebildet ist, **dass** die Fläche und der Umfang des Drahtquerschnitts und die Fläche und der Umfang des Stromableitungsquerschnitts dabei in einem Verhältnis von wenigstens 1 : 4 zueinander stehen, und **dass** die Verbindungsstellen des Draht-Heizkörpers (3) mit den Stromableitungen (4) in Form von kegelförmigen Aussparungen (5) in der monolithischen thermischen Heizeinheit (Platte 1) ausgebildet sind.

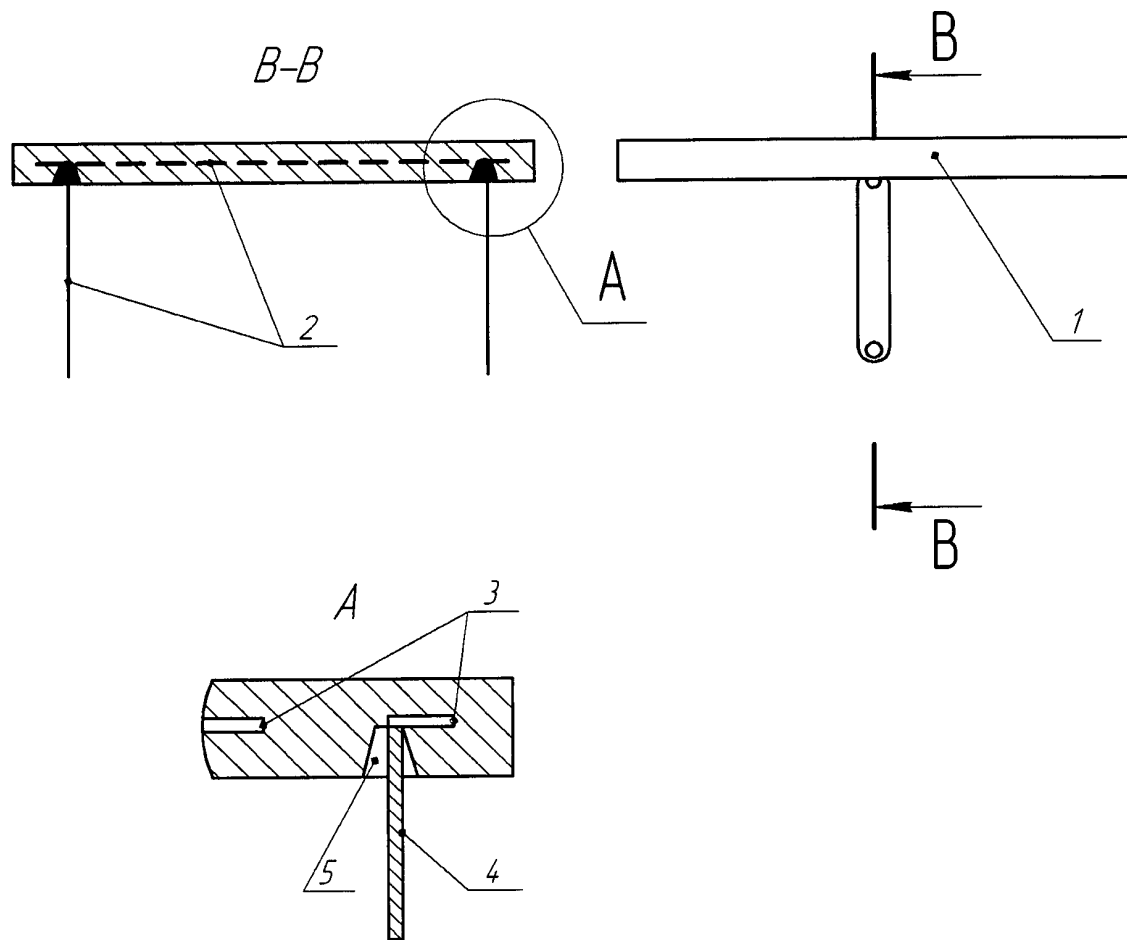


Fig.1

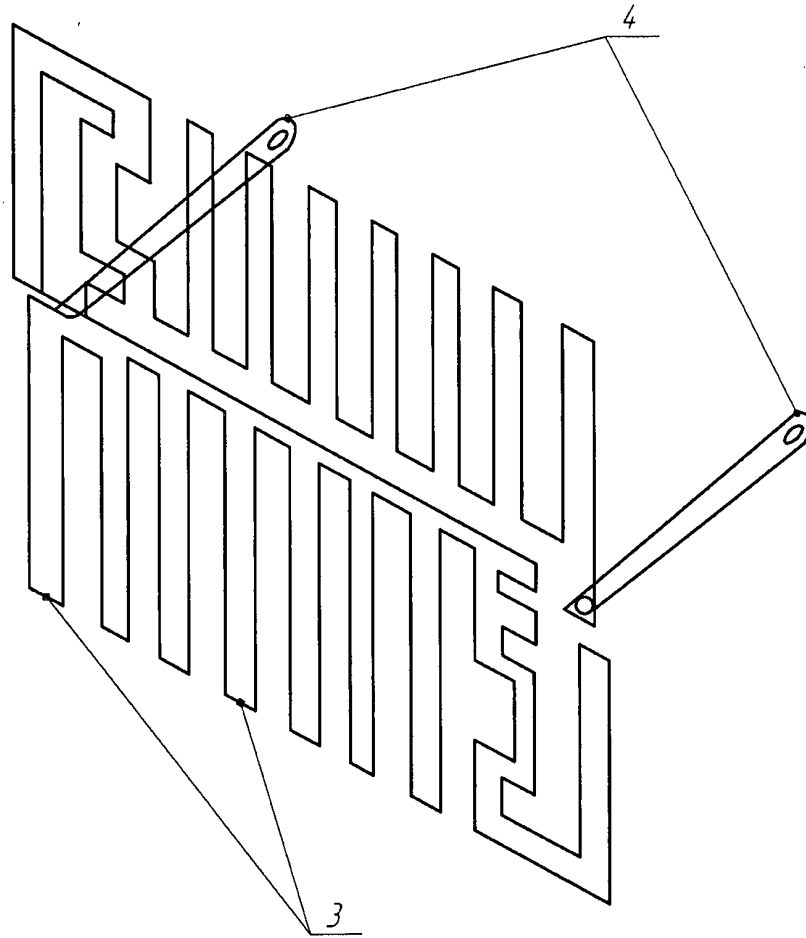


Fig.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2012/000842

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05B 3/36 (2006.01) F24C 7/06 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05B 3/00-3/86, C04B 28/34, H05K 5/06, H01R 19/40, F24C 15/24, 7/00-7/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

RUPAT, PatSearch, Esp@cenet, USPTO, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	RU 106479 U1 (OBSCHESTVO S OGRANICHENNOI OTVETSTVENNOSTIU «KOVCHEG») 10.07.2011, abstract, the claims, fig. 1	1
Y	SU 1320196 A1 (KUIBYSHEVSKII INZHENERNO-STROITELNYI INSTITUT IM. A.I. MIKOYANA) 30.06.1987, the claims	1
Y	SU 1798942 A1 (MEKHANICHESKII ZAVOD) 28.02.1993, the claims	1
Y	SU 1835103 A3 (KRYNIN N.S.) 15.08.1993, fig. 1	1
A	DDE 4238825 AI (KHAPPE, BERNHARD) 19.05.1994, the abstract	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 January 2013 (21.01.2013)

Date of mailing of the international search report

31 January 2013 (31.01.2013)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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

- RU 2311742 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **M.A. MIKHEEV ; I.M. MIKHEEVA.** Grundlagen der Wärmeübertragung, Moskau, *Energia*, 1977, 17 [0004]
- Berechnung und konstruktive Gestaltung der Heizkörper der elektrischen Widerstandsöfen. *Energia*, Moskau- Leningrad, 1966, 18 [0005]