



(11)

EP 2 733 451 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.02.2017 Patentblatt 2017/05

(51) Int Cl.:
F27D 1/12 ^(2006.01) **C21B 7/10** ^(2006.01)
F27D 9/00 ^(2006.01) **F27B 1/24** ^(2006.01)
F27B 3/24 ^(2006.01) **F27D 1/06** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12007725.0**

(22) Anmeldetag: **15.11.2012**

(54) Kühlelement für metallurgische Öfen

Cooling element for metallurgical furnaces

Élément de refroidissement pour fours métallurgiques

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.05.2014 Patentblatt 2014/21

(73) Patentinhaber: **KME Germany GmbH & Co. KG
49074 Osnabrück (DE)**

(72) Erfinder:
• **Böert, Frank
49134 Wallenhorst (DE)**
• **Dratner, Christof
49080 Osnabrück (DE)**

(74) Vertreter: **Griepenstroh, Jörg
Bockermann Ksoll
Griepenstroh Osterhoff
Patentanwälte
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 0 008 261 EP-A1- 1 069 389
DE-U1-202010 011 142 LU-A1- 88 629
NL-A- 8 700 293**

- **J. Pause ET AL: "Neue Anwendungsgebiete für Wärmerohre", Hufenbach, W.A., 1. Januar 2010 (2010-01-01), Seiten 215-225, XP055057057, TU Dresden ISBN: 978-3-00-032522-9 Gefunden im Internet:
URL:http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/iet/vws/Veroeffentlichungen/vws/VWS-2010/VWS-2010-12-Dresden-Pause-web.pdf [gefunden am 2013-03-19]**

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

EP 2 733 451 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kühlelement für metallurgische Öfen, insbesondere Schachtofen, beispielsweise Hochöfen, gemäß den Merkmalen im Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Kühlelemente werden verwendet, um die Wand des Ofens, beispielsweise eines Hochofens vor Überhitzung zu schützen, ebenso wie vor abrasivem Verschleiß, thermomechanischen und thermochemischen Angriffen. Der Einbau von Kühlelementen am Inneren der Ofenwand reduziert oder verhindert gar solche Angriffe.

[0003] Es sind punktuell wirkende Kühlelemente bekannt, z. B. zylindrische oder ovale Kühlrohre. Es zählen sogenannte Kühlkästen oder Kühlplatten ebenso zum Stand der Technik, wie flächendeckende Kühlelemente, sogenannte Staves, die aus verschiedenen metallischen Werkstoffen, vorzugsweise Stahl, Grauguss und Kupfer bestehen. Auch sind Kombinationen aus punktuellen und flächendeckenden Kühlelementen bekannt.

[0004] Zum Schutz der Kühlelementoberflächen sind Schutzschichten vorgesehen. Diese dienen als Verschleiß- bzw. Anfahrerschutz. Sie bestehen aus feuerfesten, ungeformten und geformten keramischen Materialien in unterschiedlichen Dicken bis circa 250 mm.

[0005] Ferner sind Einsätze in Aufnahmen, die auf der dem Ofeninneren zugewandten Heißeite der Kühlplatte angeordnet sind, bekannt. Die Aufnahmen sind zumeist Nuten mit einer Hinterschneidung. In der Regel sind es schwalbenschwanzähnliche Nuten, die sowohl ungeformte als auch geformte, feuerfeste Werkstoffe, Grafit, Stahl, Stahlguss oder Graugussarten aufnehmen.

[0006] Bei metallurgischen Prozessen besteht ein hoher Kostendruck bedingt durch wechselnde Rohstoffqualitäten und somit den Bedarf an flexiblen, prozess- und verfahrenstechnischen Betriebsweisen der metallurgischen Öfen, um zu wettbewerbsfähigen Gesteigungspreisen pro Tonne erschmolzenen Roheisens zu kommen. Daher werden zukünftig Schachtofen mit weiter steigenden spezifischen Leistungen einerseits, und/oder abnehmender Erz-, Koks- und Möllerqualität andererseits, betrieben. Diese Betriebsbedingungen sind nicht förderlich für die bisher bekannten Kühlelemente, insbesondere nicht für die flächendeckend eingesetzten ungeschützten Staves aus Kupfer im kohäsiven Bereich von Schachtofen, denn sie werden verstärktem Verschleiß ausgesetzt.

[0007] Stark mittengängige Betriebsweisen eines Hochofens zur Erzielung höherer spezifischer Leistungen führen beispielsweise zu Temperaturdefiziten an der inneren Hochofenperipherie, d. h. an den Kühlelementen aus Kupfer. Dies führt zum Vordringen von teilweise unreduzierten Erzen und Möllerstoffen an die Wand des Schachtofens bis in den kohäsiven Bereich z. B. von Hochöfen. Damit geht eine signifikante Steigerung des Verschleißes einher, bedingt durch Abrieb an den Kühlelementen.

[0008] Die eigentliche Aufgabe der Kühlelemente,

nämlich das Anfrieren einer Verschleißschutzschicht durch hohe Wärmeleitfähigkeit von $> 300 \text{ W/mK}$, ist bei teilweise unreduzierten Möllerstoffen an der Kühlelement-Heißeite im Bereich der kohäsiven Zone eines Hochofens nicht mehr möglich. Aufgrund der nur geringen Abriebfestigkeit von gegossenen oder gewalzten Kühlelementen aus Kupfer kann es bereits früh zu einem voreilenden Verschleiß der Kühlplatten kommen, mit der Folge, dass kühlmittelführende Kanäle Leckagen erleiden.

[0009] Bemühungen durch Variation der Einsätze in den Aufnahmen von Kühlelementen, sowohl in der Geometrie als auch in der Werkstoffwahl, sind bisher erfolglos geblieben. Beispielsweise wurden Einsätze aus Grafit, Stahl, Stahl- und Grauguss oder feuerfesten, grobkeramisch amorphen, ungeformten und geformten Erzeugnissen der unterschiedlichen Rohstoffe verwendet.

[0010] All diese Werkstoffe haben gegenüber Kupfer eine vergleichsweise geringe Wärmeleitfähigkeit und sind deshalb nicht in der Lage, eine Schutzschicht an der Oberfläche des Kühlelements anzufrieren. Eine Steigerung der Abriebfestigkeit durch verschiedene Einsätze in den Aufnahmen der Kühlplatte oder eine Veränderung der Beschichtung an den Kühlelementoberflächen für sich genommen hat sich als nicht zielführend herausgestellt. Speziell im unteren Bereich der kohäsiven Zone eines Schachtofens, der sogenannten Metallisierungszone, wo teilweise sehr hohe Prozess- und Betriebstemperaturen sowie hohe Wärmeströme mit überlagerten Temperatur- und Wärmestromwechsel herrschen, konnte die Abriebfestigkeit nicht hinreichend gesteigert werden.

[0011] Zum Stand der Technik ist auf die DE 20 2010 011 142 U1 hinzuweisen. Es wird vorgeschlagen, eine gekühlte Ofenwand mit Korrosionsschutzkörpern zu versehen, die aus zwei unterschiedlichen keramischen Materialien mit verschiedenen Porositäten bestehen. Ein Grundkörper soll durch eine offen porige Siliziumkarbidkeramik, bevorzugt nitridgebundenes Siliziumkarbid gebildet werden, während das zweite keramische Material der ofeninnenseitig angeordneten plattenförmigen Bauteile durch eine dichte Siliziumkarbidkeramik, bevorzugt reaktionsgebundenes, siliziuminfiltriertes Siliziumkarbid (SiSic) gebildet wird.

[0012] Aus der NL 8700293 A ist eine Auskleidung eines Ofens mit einem feuerfesten Material bekannt, wobei das feuerfeste Material z. B. aus Grafit besteht. Das feuerfeste Material wird innen von Rohren durchzogen, durch die ein Kühlmedium geleitet wird.

[0013] Zur Ofeninnenseite hin ist an dem feuerfesten Material ein weiterer feuerfester Werkstoff in nutförmigen Ausnehmungen angeordnet. Der Werkstoff kann Siliziumkarbid sein.

[0014] Die EP 0 008 261 A1 offenbart eine Auskleidung für Schmelzöfen, bei welchem in Blöcken aus Feuerfestwerkstoff innenliegende Stahlstützen eingegossen sind. Diese innenliegenden Stützen besitzen eine hohe thermische Leitfähigkeit und dienen dazu, die Wärme aus

dem Inneren des Feuerfestmaterials an die Ofenwand abzugeben. Dadurch soll die Standzeit des Feuerfestmaterials verbessert werden. Durch die EP 1 069 389 A1 zählt ein wassergekühltes Kühlelement aus Metall zum Stand der Technik, bei welchem an einer dem Inneren des Ofens zugewandten Heißeite feuerfeste Profilbauteile angeordnet sind. Die feuerfesten Profilbauteile sind leicht austauschbar, wodurch die Lebensdauer des Kühlelementes insgesamt verlängert werden kann.

[0015] Aus J. Pause et al: "Neue Anwendungsgebiete für Wärmerohre, Hufenbach, W. A. (Hrsg.): Tagungsband Internationales Kolloquium des Spitzentechnologieclusters ECEMP 2010, TU Dresden 2010, S. 215-225 ist es bekannt, bei Wärmerohren als Werkstoffauswahl für den Wärmeübertrager SiSiC und SiSiC zu verwenden. Die Siliziumkarbide zeichnen sich durch hohe Abrasionsbeständigkeit, mechanische Festigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit sowie Schlackeresistenz und hohe Wärmeleitfähigkeit aus.

[0016] Aus der LU 88 629 ist eine feuerfeste Ziegelauskleidung für ein Kühlelement eines Hochofens bekannt, wobei die Ziegel mittels Befestigungsbolzen in der Kühlplatte verankert sind. Als Material für die Ziegel wird u.a. nitridisch gebundenes Siliziumkarbid vorgeschlagen.

[0017] Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde ein Kühlelement aufzuzeigen, welches die Fähigkeit besitzt, Schutzschichten anzufrieren und zu erhalten und gleichzeitig eine erhöhte Abriebfestigkeit besitzt.

[0018] Diese Aufgabe ist bei einem Kühlelement mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0019] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0020] Das erfindungsgemäße Kühlelement zeichnet sich dadurch aus, dass es wenigstens ein Profilbauteil umfasst, das in die Aufnahmen an der Heißeite der Kühlplatte form-, kraftschlüssig oder stoffschlüssig eingesetzt ist. Ein Profilbauteil besteht zumindest teilweise aus einer Hochleistungskeramik auf Basis nicht-oxidkeramischer Werkstoffe.

[0021] Die sogenannten hochleistungskeramischen Werkstoffe im Sinne der Erfindung sind Werkstoffe gemäß der Norm DIN ENV 12212 (wie z. B. Silizium infiltriertes, reaktionsgebundenes Siliziumcarbid, Kürzel SB-SiC). Mit diesen Werkstoffen ist es möglich, die vorgenannte Aufgabe zu lösen. Insbesondere ist es möglich, dass der Betreiber eines metallurgischen Ofens, insbesondere eines Hochofens, nicht gezwungen wird, bewährte Betriebsweisen, z. B. mittengängige Fahrweisen mit höheren spezifischen Roheisenerzeugungsraten, zugunsten von höheren Standzeiten der Kühlelemente aufzugeben bzw. zu verändern.

[0022] Ein weiterer Vorteil ist, dass die Kühlelemente in ihrem grundsätzlichen Aufbau ebenfalls nicht verändert werden müssen. Es kommen vielmehr neuartige Profilbauteile aus zumindest teilweise, insbesondere außenseitig, hochleistungskeramischen Werkstoffen zum

Einsatz. Diese Werkstoffe können im Stranggussverfahren hergestellt werden. Vorzugsweise besitzen sie eine Wärmeleitzahl von mehr als 120 W/mK. Die Wärmeleitzahl liegt insbesondere in einem Bereich von 120 bis 150 W/mK. Zudem zeichnen sie sich durch hohe Feuerfestigkeit bis 1550° C aus. Gleichzeitig sind sie extrem temperaturwechselbeständig. Die Abriebfestigkeit liegt bevorzugt in einem Bereich $< 0,5 \text{ cm}^3$ (ASTM C 704).

[0023] Die Summe dieser Haupteigenschaften der Hochleistungskeramik ist erforderlich, um Kühlelemente aus Kupfer, insbesondere im Bereich der kohäsiven Zone von Schachtföfen, beispielsweise von Hochöfen, einerseits unempfindlich gegen abrasiven Verschleiß zu machen und andererseits, um die Fähigkeit zu erhalten, natürliche Schutzschichten als Selbstschutz aufgrund der hohen Wärmeleitzahlen anzufrieren.

[0024] Die besagten Profilbauteile aus zumindest teilweise hochleistungskeramischen Werkstoffen können nicht nur bei Kühlelementen aus gewalzten Werkstoffen, sondern auch bei gegossenen Kühlelementen zum Einsatz kommen.

[0025] Die hochleistungskeramischen Werkstoffe gehören zur Gruppe der nichtoxidkeramischen Werkstoffe auf SiC-Basis.

[0026] Bei den Profilbauteilen kann es sich um Voll- oder offene Profile handeln.

[0027] Vorzugsweise handelt es sich um Hohlprofile. Ein Hohlprofil im Sinne der Erfindung ist insbesondere ein umfangsseitig geschlossenes Hohlprofil.

[0028] Derartige Hohlprofile lassen sich im Stranggussverfahren einfach und dabei auch materialsparend herstellen. Es ist daher möglich, Hohlprofile zu verwenden, die innenseitig zusätzlich mit einem feuerfesten Werkstoff versehen sind. Bei dem feuerfesten Werkstoff handelt es sich insbesondere um eine selbstfließende, amorph-keramische, ungeformte feuerfeste SiC-Masse, insbesondere der zementarmen Gruppe, sogenannte LCC-Betone (LCC = low cement castables).

[0029] Die Masse ist ebenfalls verschleißresistent und als selbstfließender Werkstoff leicht verarbeitbar, sodass Hohlräume innerhalb des Profilbauteils vollständig ausgegossen bzw. gefüllt werden können. Die Masse wird nach dem Vergießen ausgehärtet.

[0030] Im Rahmen der Erfindung ist es aber auch möglich, mehrere Profile ineinandergeschachtelt anzuordnen. Sollte das äußere Hohlprofil beschädigt werden, tritt der verschleißfeste feuerfeste Werkstoff in Kontakt mit dem Inneren des Hochofens. Ein weiteres Profil innenseitig des äußeren Hohlprofils kann hier unterstützend wirken. Es kann die positiven Materialeigenschaften des äußeren Hohlprofils besitzen und insbesondere vor abrasivem Verschleiß schützen, aber gleichzeitig vorzugsweise die sehr hohe Wärmeleitzahl und besagte Feuerfestigkeit besitzen. In diesem Sinne können mehrere Profile ineinander geschachtelt angeordnet sein. Hierbei muss es sich nicht bei allen Profilen um Hohlprofile handeln. Denkbar ist aber, dass alle Profile, die ineinandergeschachtelt angeordnet sind, in ihrer Querschnittsflä-

che kongruent ausgebildet sind. Innere Profile können bevorzugt aus demselben Werkstoff hergestellt sein, wie das äußere Hohlprofil.

[0031] Selbstverständlich ist es möglich, dass es sich bei dem inneren Profil auch um ein Bauteil ohne Hohlstruktur handelt. Eine Hohlstruktur im Sinne der Erfindung bezieht sich auf eine umfangsseitig offene oder geschlossene Kontur. Selbstverständlich können auch U-förmig, Z-förmig, S-förmig oder in anderer Art und Weise mehrarmige Profile vorgesehen sein. Derartige, mit Armen versehene Profile können auch mit einem Hohlprofil kombiniert werden, beispielsweise indem ein kreisförmiger oder mehreckiger Kern als Hohlprofil ausgebildet ist, an den außenseitig quasi radial abstehende Arme angeordnet sind. Die Arme erstrecken sich dann in Richtung zu dem äußeren Hohlprofil. Auch die umgekehrte Anordnung ist denkbar, nämlich das Arme vom äußeren Hohlprofil zum Inneren des Hohlprofils ragen. Arme im Sinne der Erfindung sind Stege oder durchgehende Vorsprünge, wie sie mit dem Stranggussverfahren leicht hergestellt werden können. Die Wanddicke der Profile oder Hohlprofile kann über den Umfang eines Profils stark variieren. Die Erfindung ist mithin nicht auf eine bestimmte Profilgeometrie beschränkt. Maßgeblich ist, dass das Profilbauteil insgesamt eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt und vor abrasivem Verschleiß schützt.

[0032] Wenn mehrere ineinandergeschachtelte Profile vorhanden sind, ist vorgesehen, dass die Zwischenräume zwischen den Profilen und dem Hohlprofil durch einen feuerfesten Werkstoff gefüllt sind, so dass der gesamte von dem äußeren Hohlprofil umgebende Innenraum ausgefüllt ist.

[0033] Auch ein Spalt zwischen der Aufnahme und dem Profilbauteil kann mit dem feuerfesten Werkstoff gefüllt sein. Hierdurch wird der Wärmeübergang zwischen dem Profilbauteil und der Aufnahme zusätzlich verbessert.

[0034] Der feuerfeste Werkstoff in oder zwischen den Profilen ist insbesondere ein nicht-oxidkeramischer Werkstoff. Wie vorstehend beschrieben handelt es sich bei den feuerfesten Werkstoffen zum Ausfüllen von Spalten und Zwischenräumen um einen selbstfließenden, also gießfähigen, amorphkeramischen, ungeformten, feuerfesten SiC-Werkstoff, vorzugsweise der Gruppe LCC (low cement castable). Durch diesen Werkstoff werden die verschiedenen Profile miteinander verbunden und verankert.

[0035] Der feuerfeste, ungeformte Werkstoff kann auch aus einem Gemisch von recycelter Hochleistungskeramik, insbesondere RBSiC-Hochleistungskeramik und einer feuerfesten, nicht oxidkeramischen SiC-Masse bestehen, die insbesondere zementarm ist (Gruppe LLC).

[0036] Dahingegen besteht wenigstens eines der Profile vorzugsweise aus einem feuerfesten Werkstoff der Gruppe HA65. Dieser Werkstoff ist beispielsweise ein hochtonerhaltiger, feuerfester Werkstoff mit mindestens 65 % Al₂O₃-Gehalt.

[0037] Das Profilbauteil, das mit der Aufnahme der Kühlplatte in Kontakt kommt, ist vorzugsweise trapezförmig im Querschnitt. Es kann dabei ein Stück aus dem Kühlelement vorstehen. Das äußere Profilbauteil kann in seinem aus der Aufnahme der Kühlplatte vorstehenden Bereich eine Hinterschneidung besitzen. Diese Hinterschneidung kann dazu dienen, eine formschlüssige Verankerung einer feuerfesten Verschleißschuttschicht zu schaffen. Diese kann werkseitig aufgetragen werden oder sich auch im laufenden Betrieb bilden, so dass auch für sich bildende, angefrorene Verschleißschuttschichten eine Verankerung bereitgestellt wird.

[0038] Zusätzlich können in den Aufnahmen abwechselnd andere Werkstoffe eingesetzt werden, wie beispielsweise vollkeramische Einsätze. Diese können abwechselnd mit den erfindungsgemäßen Profilbauteilen verwendet werden, wobei nicht zwingend die gleiche Subfolge von abwechselnden Profilbauteilen über das gesamte Kühlelement eingehalten werden muss. Die Subfolgen von Profilbauteilen und keramischen Einsätzen können variieren.

[0039] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Längsschnitt durch ein Kühlelement in Form eines Kupferstaves mit teilweise eingesetzten Profilbauteilen;

Figur 2 einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines Kühlelements in Form eines Gussstaves mit teilweise eingesetzten Profilbauteilen;

Figur 3 ein Profilbauteil im Querschnitt;

Figur 4 eine weitere Ausführungsform eines Profilbauteils im Querschnitt;

Figur 5 eine weitere Ausführungsform eines Profilbauteils im Querschnitt;

Figur 6 eine weitere Ausführungsform eines Profilbauteils im Querschnitt;

Figur 7 eine weitere Ausführungsform eines Profilbauteils im Querschnitt;

Figur 8 eine weitere Ausführungsform eines Profilbauteils im Querschnitt;

Figur 9 einen Teilschnitt durch ein Kühlelement einer weiteren Ausführungsform mit verankerter Verschleißschuttschicht;

Figur 10 einen weiteren Teilschnitt durch ein Kühlelement mit verankerter Verschleißschuttschicht;

- Figur 11 einen Teilschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines Kühlelements mit eingesetzten Profilbauteilen;
- Figur 12 einen Teilschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines Kühlelements mit eingesetzten Profilbauteilen und Befestigungselementen und
- Figur 13 einen Teilschnitt durch ein Kühlelement mit einem offenen Profil eines Profilbauteils.

[0040] Figur 1 zeigt ein Kühlelement 1 a, das an einer Wand, dem sogenannten Panzer 2 eines nicht näher dargestellten metallurgischen Ofens, insbesondere eines Schachtofens, wie z. B. eines Hochofens, befestigt ist. Das Kühlelement 1 a umfasst eine Kühlplatte 3a, mit im Inneren verlaufenden Kühlmittelkanälen 4, die über Kühlmittelanschlüsse 5, 6 auf einer Kaltseite der Kühlplatte 3a in nicht näher dargestellter Weise mit Kühlmittel gespeist werden. Die Kühlmittelanschlüsse 5, 6 durchsetzen die Wand 2. Ein Befestigungselement 7 dient zur Fixierung des Kühlelements 1 a an dem Panzer 2.

[0041] Auf der dem Ofeninneren zugewandten Heißeite, das heißt in der Bildebene rechts, befinden sich auf der Kühlplatte 3a nutenförmige Aufnahmen 8, die jeweils von Stegen 9 begrenzt werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel verlaufen die nutenförmigen Aufnahmen 8 horizontal. Die nutenförmigen Aufnahmen 8 besitzen vorzugsweise einen schwalbenschwanzförmigen Querschnitt.

[0042] Die nutenförmigen Aufnahmen 8 dienen zur Aufnahme von Profilbauteilen 10a. Die Profilbauteile 10a sind im Stranggussverfahren hergestellt. Sie bestehen aus einer Hochleistungskeramik. Sie sind in ihrem Querschnitt an die Kontur der Aufnahme 8 angepasst und sind formschlüssig in der Aufnahme 8 gehalten. Die Profilbauteile 10a stehen ein kleines Stück über die Heißeite der Stege 9 vor, so dass die gegenüber den Profilbauteilen 10a zurückversetzte Oberfläche 11 der Kühlplatte 3a vor abrasivem Verschleiß geschützt wird.

[0043] Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform beispielsweise eines Gußstave-Kühlelements 1 b mit Profilbauteilen 10b, die in nutenförmigen Aufnahmen 8 einer Kühlplatte 3b angeordnet sind. Beispielsweise besteht das Kühlelement 1b aus Grauguss. Hinsichtlich der Anordnung der Nuten 8, 9 sowie die Geometrie der Profilelemente 10b wird auf die Ausführungen zu Figur 1 Bezug genommen. Identische Komponenten wurden mit den bereits eingeführten Bezugszeichen versehen.

[0044] Das Besondere an den Kühlelementen 1 a und 1 b der Figuren 1 und 2 sind die dort eingesetzten Profilbauteile 10a, 10b. Figur 3 zeigt in einer Einzeldarstellung die Grundform eines solchen Profilbauteils 10a. Das Profilbauteil 10a besitzt einen mehrteiligen Aufbau. Es umfasst ein Hohlprofil 12. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist es im Querschnitt trapezförmig. Das Hohlprofil 12 ist umfangsseitig geschlossen. Es besitzt eine Füllung

aus einem feuerfesten Werkstoff 13.

[0045] Das Profilelement 10a besteht mithin aus zwei verschiedenen Werkstoffen. Das im Stranggussverfahren gefertigte Hohlprofil 12 aus hochleistungskeramischen Werkstoffen zeichnet sich durch extrem hohe Abriebfestigkeit und sehr hohe Wärmeleitzahlen von bis zu 150W/mK und zudem durch extrem hohe Feuerfestigkeiten bis 1550° C sowie hohe Temperaturwechselbeständigkeit aus. Es besteht aus einem hochleistungskeramischen Werkstoff, beispielsweise siliziuminfiltriertes, rekristallisiertes Siliziumnitrid.

[0046] Der feuerfeste Werkstoff 13 besteht aus einem im Verarbeitungszustand selbstfließenden, amorph-keramischen, ungeformten, feuerfesten Werkstoff. Diese SiC-Masse zählt zur Gruppe LCC (low cement castable). Dieser feuerfeste Werkstoff 13 kann auch genutzt werden, um weitere Profile, die innerhalb des äußeren Hohlprofils 12 angeordnet sind, zu verankern.

[0047] Figur 4 zeigt ein Profilbauteil 10c, das wiederum das von Figur 3 bekannte äußere Hohlprofil 12 umfasst, aber zusätzlich ein weiteres, innenliegendes Profil 14 aufweist. Das innenliegende, hohle Profil 14 kann eine geringere Wandstärke besitzen und weist zusätzlich Arme 15 auf, die von den Ecken des im Wesentlichen rechteckig bzw. trapezförmig konfigurierten inneren Profils 14 zu den Ecken des äußeren Hohlprofils 12 weisen. Die Zwischenräume sind wiederum mit dem feuerfesten Werkstoff 13 ausgegossen, wie es auch in Figur 3 dargestellt ist. Hierdurch wird der Kern, d. h. das Innere des Profilbauteils 10c zusätzlich noch verschleißfester und noch wärmeleitfähiger ausgebildet.

[0048] Figur 5 zeigt eine alternative Ausführungsform eines Profilbauteils 10d. Abweichend von der Ausführungsform der Figur 4 besitzt das innere Profil 16 zusätzlich zu den Armen 15 in den Ecken weitere Arme 17 im Bereich der oberen und unteren Längsseite des als Hohlprofil ausgestalteten Profils 16. Alle verbleibenden Zwischenräume werden wiederum mit dem feuerfesten Werkstoff 13 verfüllt.

[0049] Die Ausführungsform der Figur 6 zeigt ein Profilbauteil 10e, welches wiederum das äußere Hohlprofil 12 umfasst und zusätzlich ein inneres Profil 18. Sie sind beide trapezförmig im Querschnitt, sodass das innere Profil 18 im Wesentlichen äquidistant zu den Wänden des äußeren Profils 12 verläuft. Die Zwischenräume sind wiederum mit dem feuerfesten Werkstoff 13 verfüllt, ebenso wie der Innenraum des inneren Profils 18.

[0050] Figur 7 zeigt eine Ausführungsform eines Profilbauteils 10f, das im Unterschied zu der Ausführungsform der Figur 6 noch ein drittes Profil 19 umfasst, das wiederum von den dem mittleren Profil 18 und dem äußeren Hohlprofil 12 umgeben ist. Die Profile 12, 18, 19 sind äquidistant beabstandet, so dass sich eine mehrfache Verschachtelung ergibt. Auf die Erläuterung der Figur 12 wird Bezug genommen. Zwischenräume sind wiederum mit dem feuerfesten Werkstoff 13 verfüllt, ebenso wie der Innenraum des inneren Profils 19.

[0051] Figur 8 zeigt eine Variante eines Profilbauteils

10g, bei welcher das äußere Hohlprofil 12 ein inneres Profil 20 aufnimmt, das anders als bei allen vorherigen Ausführungsformen kein Hohlprofil ist. Es umfasst einen Horizontalsteg. Von dem Horizontalsteg gehen nach oben und unten jeweils drei Querstege ab, so dass sich die Form zweier nebeneinander stehender Buchstaben H ergibt. Die Zwischenräume sind wiederum mit dem feuerfesten Werkstoff verfüllt. Die äußeren Stege des Profils 20 sind etwas gegenüber der Vertikalrichtung des mittleren Stegs geneigt, so dass sich im Bereich der äußeren Stege ein gleichbleibender Abstand zu dem äußeren Hohlbauteil 12 ergibt.

[0052] Figur 9 zeigt einen Anwendungsfall, bei welchem ein Kühlelement 1 c im Teilschnitt dargestellt ist. Das Besondere bei diesem Kühlelement 1 c ist, dass zwei unterschiedliche Arten von Profilbauteilen 10a, 10h im Wechsel zum Einsatz kommen. Das Profilelement 10h steht weiter über die Heißeite der Kühlplatte 3c vor, so dass es in eine Verschleißschuttschicht 21 fasst und diese an der Heißeite der Kühlplatte 3c verankert. Hierzu besitzt das Profilbauteil 10h beidseitige Hinterschneidungen, die sich in der Darstellung der Figur 9 in die Bildebene hinein erstrecken. Mit anderen Worten wird das Profilbauteil 10h vom Nutgrund zur Nutmündung her in Anpassung an die Schwalbenschwanzform der Nut jünger und verbreitert sich in gleicher Weise und im gleichen Abstand von der Nut wieder. Dadurch entsteht eine sanduhrförmige Einschnürung, hinter welche sich die Verschleißschuttschicht 21 formschlüssig verkrallen kann. Auch das Profilbauteil 10h ist mit dem feuerfesten Werkstoff 13 ausgefüllt, so wie es auch bei den vorstehenden Ausführungsformen der Fall ist.

[0053] Die Ausführungsform der Figur 10 unterscheidet sich von der vorhergehenden dadurch, dass an Stelle der Profilbauteile 10a massive, amorph-keramische, abriebfeste, geformte feuerfeste Profilbauteile 22 der Werkstoffgruppe HA65 oder nichtoxidkeramische SiC-Sorten alternierend zu den Profilbauteilen 10a in die Nuten der Kühlplatte 3d eingesetzt sind. Auch bei dieser Ausführungsform befindet sich eine Verschleißschuttschicht 21 auf der Heißeite der Kühlplatte 3d. Darüber hinaus wird auf die Erläuterung der Figur 9 Bezug genommen.

[0054] Figur 11 zeigt eine Ausführungsform eines Kühlelements 1 e, das sich von demjenigen der Figur 1 dadurch unterscheidet, dass in die Kühlplatte 3e im Querschnitt etwas kleinere Profilbauteile 10i eingesetzt sind, die aber dennoch formschlüssig in den schwalbenschwanzförmig hinterschnittenen Aufnahmen 8 gehalten sind. Der entstehende Spalt zwischen den Profilbauteilen 10i und den Aufnahmen 8 ist mit einem feuerfesten Klebe-Werkstoff 24 gefüllt. Man kann hier von einer Hochtemperatur-Klebertechnik sprechen. Der temperaturbeständige Keramik-Klebewerkstoff ist auf polymerer Basis aufgebaut.

[0055] Figur 12 zeigt schließlich in Ergänzung zu Figur 11, das rückseitig der Kühlplatte 3f Befestigungselemente 23 eingesetzt sind, welche in Richtung der Heißeite der Kühlplatte 3f weisen und die Profilbauteile 10i in den

Aufnahmen 8 zusätzlich verankern. Es handelt sich bei diesem Ausführungsbeispiel um Schraubverbindungen, die jeweils hinter einer der Aufnahmen 8 mittig oder außermittig angeordnet sind, so dass jedes einzelne Profilbauteil 10i verankert ist.

[0056] Selbstverständlich lassen sich auch alle anderen der vorstehend beschriebenen Profilbauteile auf diese Art und Weise zusätzlich an der Kühlplatte verankern, so dass eine kraftschlüssige, formschlüssige und auch stoffschlüssige Verankerung mit dem Kühlelement möglich ist. Alternativ kann jede der Verankerungsformen einzeln realisiert sein.

[0057] Figur 13 zeigt ein offenes Profilbauteil 10j, das anders als die geschlossenen Profilbauteile 10a - i nicht ausschließlich zwischen den Stegen 9 angeordnet ist, sondern jeweils einen Steg 9 umgreift. Die Stege 9 besitzen beiderseits Hinterschneidungen, wobei das offene Profilbauteil 10j in die Hinterschneidungen fasst und dadurch formschlüssig an dem jeweils umgriffenen Steg 9 gehalten ist. Die Stege 9 sind im Querschnitt trapezförmig, so dass auch die Profilbauteile 10j bei konstanter Wanddicke trapezförmig sind.

Bezugszeichen:

[0058]

- 1a - Kühlelement
- 1b - Kühlelement
- 1c - Kühlelement
- 1d - Kühlelement
- 1e - Kühlelement
- 1f - Kühlelement
- 2 - Panzer
- 3a - Kühlplatte
- 3b - Kühlplatte
- 3c - Kühlplatte
- 3d - Kühlplatte
- 3e - Kühlplatte
- 3f - Kühlplatte
- 4 - Kühlmittelkanal
- 5 - Kühlmittelanschluss
- 6 - Kühlmittelanschluss
- 7 - Befestigungselement
- 8 - nutförmige Aufnahme
- 9 - Steg
- 10a - Profilbauteil
- 10b - Profilbauteil
- 10c - Profilbauteil
- 10d - Profilbauteil
- 10e - Profilbauteil
- 10f - Profilbauteil
- 10g - Profilbauteil
- 10h - Profilbauteil
- 10i - Profilbauteil
- 10j - Profilbauteil
- 11 - Oberfläche
- 12 - geschlossenes Hohlprofil

- 13 - feuerfester Werkstoff
- 14 - Profil
- 15 - Arm
- 16 - Profil
- 17 - Arm
- 18 - Profil
- 19 - Profil
- 20 - Profil
- 21 - Verschleißschuttschicht
- 22 - Profilbauteil
- 23 - Befestigungselement
- 24 - keramischer Klebewerkstoff

abriebfesten, hochwärmeleitfähigen Hochleistungs-
keramik bestehen.

- 5 **9.** Kühlelement nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der inneren Profile (14, 16, 18, 19) ein Hohlprofil ist.
- 10.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Profile (14, 16, 20) Arme (15, 17) besitzt, die sich von der Wand des einen Profils (14, 16, 20) in Richtung zur Wand eines anderen Profils (14, 16, 20) oder Hohlprofils (12) erstrecken.

Patentansprüche

- 1.** Kühlelement für metallurgische Öfen, mit einer metallischen Kühlplatte (3a - f) mit im Inneren verlaufenden Kühlmittelkanälen (4), an welcher feuerfeste Profilbauteile (10a - j, 22) befestigt sind, die in Aufnahmen (8) fassen, die auf der dem Inneren des Ofens zugewandten Heißeite der Kühlplatte (3a - f) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Profilbauteil (10a - j) zumindest teilweise aus einer Hochleistungskeramik auf Basis nicht-oxidkeramischer Werkstoffe besteht.
- 2.** Kühlelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochleistungskeramik zum Anfrägen einer Schutzschicht eine Wärmeleitzahl von mindestens 120 W/mK besitzt und eine Feuerfestigkeit bis 1550 °C aufweist.
- 3.** Kühlelement nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeleitzahl in einem Bereich von 120 bis 150 W/mK liegt.
- 4.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Profilbauteil (10a - i) wenigstens ein Hohlprofil (12) umfasst.
- 5.** Kühlelement nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hohlprofil (12) aus der abriebfesten, hochwärmeleitfähigen Hochleistungskeramik besteht.
- 6.** Kühlelement nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des Hohlprofils (12) ein feuerfester Werkstoff (13) angeordnet ist.
- 7.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrerer Profile (14, 16, 18 - 20) und Hohlprofile (12) ineinander geschachtelt angeordnet sind.
- 8.** Kühlelement nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Profile (14, 16, 18 - 20) aus der
- 11.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Zwischenräume zwischen ineinander geschachtelten Profilen (12, 14, 16, 18 - 20) ein feuerfester Werkstoff (13) angeordnet ist, so dass der gesamte von dem äußeren Hohlprofil (12) umgebene Innenraum ausgefüllt ist.
- 12.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der feuerfeste Werkstoff (13) in oder zwischen den Profilen (14, 16, 18-20) und dem Hohlprofil (12) ein nicht-oxidkeramischer Werkstoff ist.
- 13.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Spalt zwischen der nutförmigen Aufnahme (8) und dem Profilbauteil (10i, j) mit einem feuerfesten Keramikklebstoff (24) gefüllt ist.
- 14.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profilbauteil (10a - j) einen trapezförmigen Querschnitt besitzt.
- 15.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profilbauteil (10i) in seinem aus der nutförmigen Aufnahme (8) der Kühlplatte (3c) vorstehenden Bereich eine Hinterschneidung besitzt, zur formschlüssigen Verankerung einer feuerfesten Verschleißschuttschicht (21).
- 16.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den nutförmigen Aufnahmen (8) abwechselnd Profilbauteile (10a - i) mit Hohlprofilen und die vollkeramischen Profilbauteile (22) angeordnet sind.
- 17.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Profilbauteile (10i) über zusätzliche Befestigungselemente (23) formschlüssig an der Kühlplatte (3f) verankert sind.
- 18.** Kühlelement nach einem der Ansprüche 6 bis 17,

dadurch gekennzeichnet, dass der feuerfeste, un-
geformte Werkstoff (13) aus einem Gemisch von re-
cyclierter RBSiC-Hochleistungskeramik und einer
feuerfesten, nicht oxidkeramischen SiC-Masse be-
steht.

19. Kühlelement nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass die Hochleistungs-
keramik eine Abriebfestigkeit gemäß ASTM C 704
von $< 0,5 \text{ cm}^3$ besitzt.

Claims

1. Cooling element for metallurgical furnaces, having
a metallurgical cooling plate (3a - f) having coolant
channels (4) running in the interior, to which fire-re-
sistant profile components (10a - j, 22) are fastened,
which catch in receivers (8) which are arranged on
the hot side of the cooling plate (3a - f) facing towards
the interior of the furnace, **characterised in that** at
least one profile component (10a - j) consists at least
partially of a high-performance ceramic based on
non-oxide ceramic materials.
2. Cooling element according to claim 1, **character-
ised in that** the high-performance ceramic has a
thermal conductivity of at least 120 W/mK to freeze
on a protective layer and has a fire resistance up to
 1550°C .
3. Cooling element according to claim 2, **character-
ised in that** the thermal conductivity ranges from
 120 to 150 W/mK .
4. Cooling element according to any one of claims 1 or
3, **characterised in that** at least one profile compo-
nent (10a - i) comprises at least one hollow profile
(12).
5. Cooling element according to claim 4, **character-
ised in that** the hollow profile (12) consists of the
abrasion-resistant, highly thermally conductive,
high-performance ceramic.
6. Cooling element according to claim 4 or 5, **charac-
terised in that** a fire-resistant material (13) is ar-
ranged within the hollow profile (12).
7. Cooling element according to any one of claims 4 or
5, **characterised in that** several profiles (14, 16, 18
- 20) and hollow profiles (12) are arranged nested
one inside the other.
8. Cooling element according to claim 7, **character-
ised in that** the profiles (14, 16, 18 - 20) consist of
the abrasion-resistant, highly thermally conductive,
high-performance ceramic.

9. Cooling element according to claim 6 or 7, **charac-
terised in that** at least one of the inner profiles (14,
16, 18, 19) is a hollow profile.
10. Cooling element according to any one of claims 7 to
9, **characterised in that** at least one of the profiles
(14, 16, 20) has arms (15, 17) which extend from the
wall of the one profile (14, 16, 20) in the direction of
the wall of another profile (14, 16, 20) or hollow profile
(12).
11. Cooling element according to any one of claims 7 to
10, **characterised in that** a fire-resistant material
(13) is arranged in the intermediate spaces between
profiles (12, 14, 16, 18 - 20) which are nested one
inside the other, such that the entire interior sur-
rounded by the outer hollow profile (12) is filled.
12. Cooling element according to any one of claims 6 to
11, **characterised in that** the fire-resistant material
(13) in or between the profiles (14, 16, 18 - 20) and
the hollow profile (12) is a non-oxide ceramic mate-
rial.
13. Cooling element according to any one of claims 1 to
12, **characterised in that** a gap between the groove-
shaped receiver (8) and the profile component (10i,
j) is filled with a fire-resistant ceramic adhesive (24).
14. Cooling element according to any one of claims 1 to
13, **characterised in that** the profile component
(10a - j) has a trapezoidal cross-section.
15. Cooling element according to one of claims 1 to 14,
characterised in that the profile component (10i)
has an undercut in its region protruding from the
groove-shaped receiver (8) of the cooling plate (3c),
for positive anchoring of a fire-resistant wear protec-
tion layer (21).
16. Cooling element according to any one of claims 1 to
15, **characterised in that** profile components (10a
- i) with hollow profiles and the full-ceramic profile
components (22) are arranged alternately in the
groove-shaped receivers (8).
17. Cooling element according to any one of claims 1 to
16, **characterised in that** the profile components
(10i) are anchored positively to the cooling plate (3f)
via additional fastening elements (23).
18. Cooling element according to any one of claims 6 to
17, **characterised in that** the fire-resistant, un-
formed material (13) consists of a mixture of recycled
RBSiC high-performance ceramic and a fire-resist-
ant, non-oxide ceramic SiC compound.
19. Cooling element according to any one of claims 1 to

18, **characterised in that** the high-performance ceramic has an abrasion resistance according to ASTM C 704 of $<0.5\text{cm}^3$.

Revendications

1. Élément de refroidissement pour fours métallurgiques, avec une plaque de refroidissement métallique (3a à f) avec des canaux de liquide de refroidissement (4) qui s'étendent à l'intérieur et auxquels sont fixés des éléments profilés réfractaires (10a à j, 22) qui se placent dans des logements (8) qui sont agencés du côté chaud, proche de l'intérieur du four, de la plaque de refroidissement (3a à f), **caractérisé en ce qu'**au moins un élément profilé (10a à j) est au moins en partie en une céramique à haute performance à base de matière céramique non oxydée.
2. Élément de refroidissement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour geler une couche de protection, la céramique à haute performance a une conductivité thermique d'au moins 120 W/mK et une résistance au feu allant jusqu'à 1550°C .
3. Élément de refroidissement selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la conductivité thermique est comprise entre 120 et 150 W/mK .
4. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 1 ou 3, **caractérisé en ce qu'**au moins un élément profilé (10a à i) comprend au moins un profilé creux (12).
5. Élément de refroidissement selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le profilé creux (12) est en une céramique à haute performance qui est résistante à l'abrasion et qui a une bonne conductivité thermique.
6. Élément de refroidissement selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce qu'**un matériau réfractaire (13) est agencé à l'intérieur du profilé creux (12).
7. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** plusieurs profilés (14, 16, 18 à 20) et profilés creux (12) sont agencés emboîtés les uns dans les autres.
8. Élément de refroidissement selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les profilés (14, 16, 18 à 20) sont en une céramique à haute performance qui est résistante à l'abrasion et qui a une bonne conductivité thermique.
9. Élément de refroidissement selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce qu'**au moins l'un des profilés intérieurs (14, 16, 18, 19) est un profilé creux.

10. Élément de refroidissement selon la revendication 7 à 9, **caractérisé en ce qu'**au moins l'un des profilés (14, 16, 20) a des bras (15, 17) qui s'étendent à partir de la paroi d'un profilé (14, 16, 20) en direction de la paroi d'un autre profilé (14, 16, 20) ou profilé creux (12).
11. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisé en ce qu'**un matériau réfractaire (13) est agencé dans les espaces entre des profilés (12, 14, 16, 18 à 20) emboîtés les uns dans les autres de telle sorte que tout l'espace intérieur entouré par le profilé creux extérieur (12) est rempli.
12. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 6 à 11, **caractérisé en ce que** le matériau réfractaire (13) dans ou entre les profilés (14, 16, 18 à 20) et le profilé creux (12) est une matière céramique non oxydée.
13. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce qu'**une fente entre le logement (8) en forme de rainure et l'élément profilé (10i, j) est remplie d'une colle céramique (24) réfractaire.
14. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** l'élément profilé (10a à j) a une section transversale en forme de trapèze.
15. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** l'élément profilé (10i) présente, dans sa zone dépassant du logement en forme de rainure (8) de la plaque de refroidissement (3c), une contre-dépouille pour l'ancrage par concordance de forme d'une couche réfractaire de protection contre l'usure (21).
16. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que**, dans les logements en forme de rainures (8), des éléments profilés (10a à i) avec des profilés creux et les éléments profilés en céramique massive (22) sont agencés en alternance.
17. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** les éléments profilés (10i) sont ancrés sur la plaque de refroidissement (3f) par concordance de forme par l'intermédiaire d'éléments de fixation (23) supplémentaires.
18. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 6 à 17, **caractérisé en ce que** le matériau réfractaire non formé (13) est en un mélange d'une céramique à haute performance RBSiC recyclée et d'une masse SiC réfractaire de céramique non oxy-

dée.

19. Élément de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce que** la céramique à haute performance a une résistance à l'abrasion selon ASTM C 704 inférieure à 0,5 cm³. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

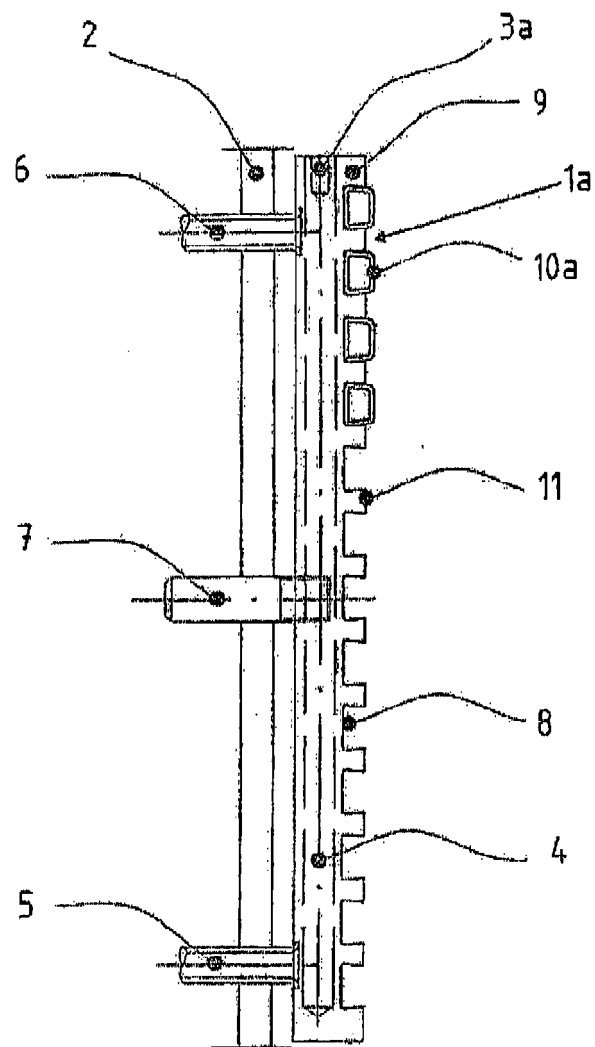


Fig. 1

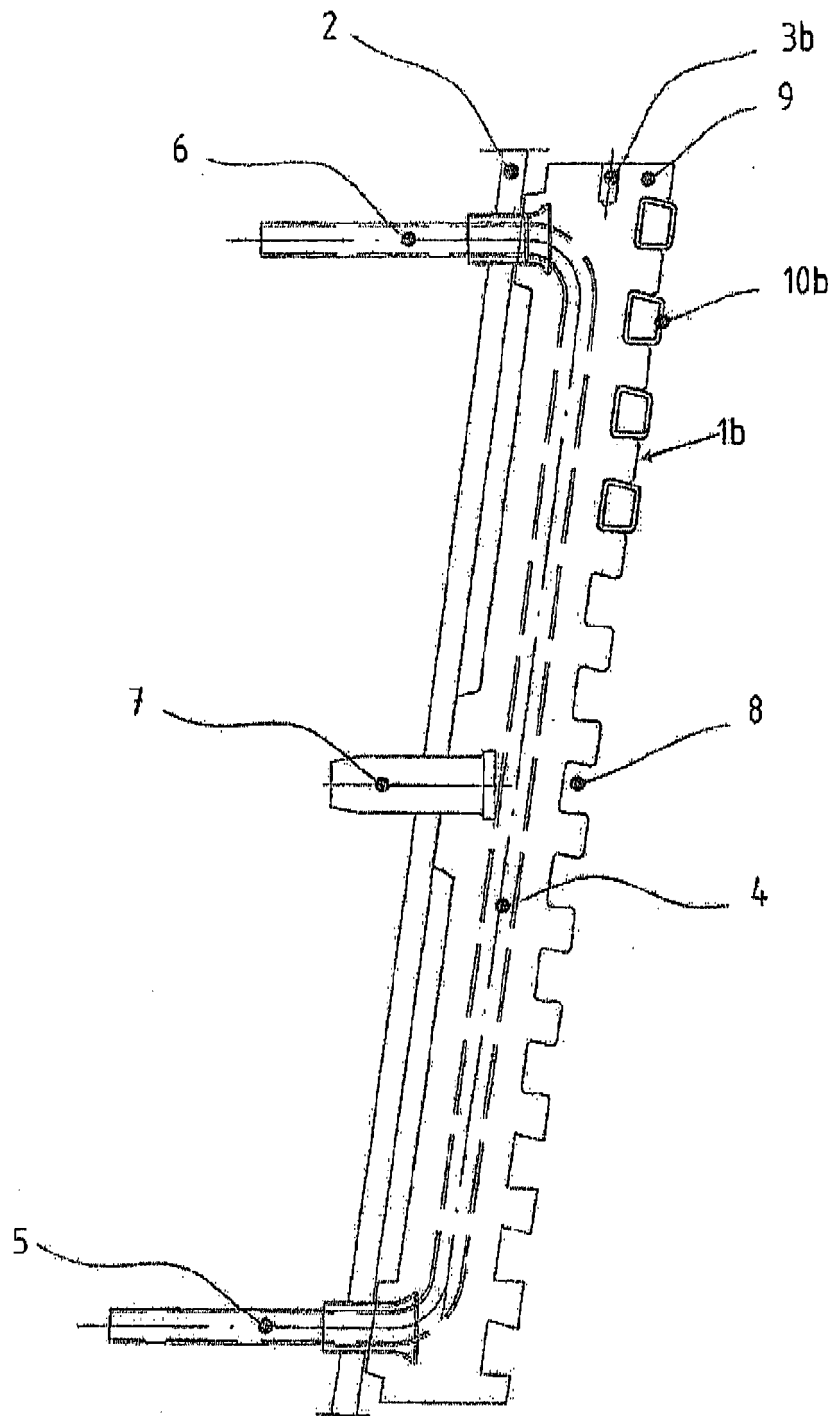


Fig. 2

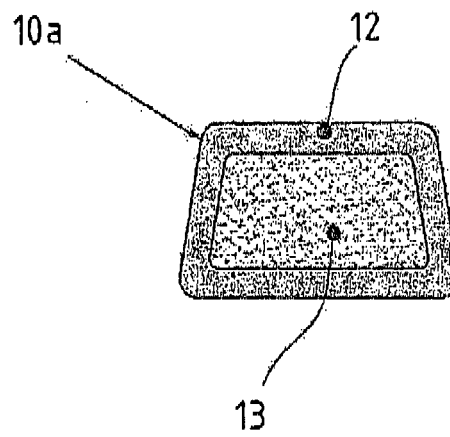


Fig. 3

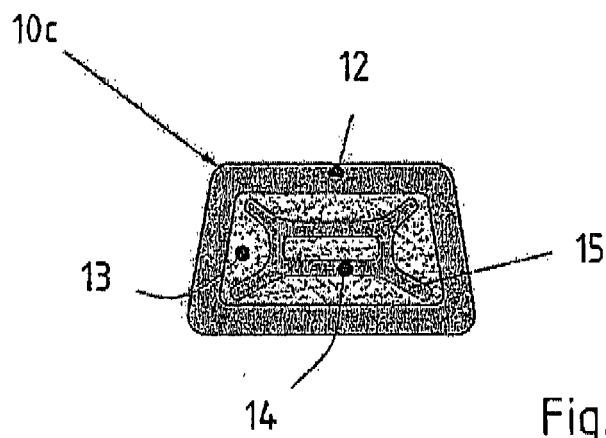


Fig. 4

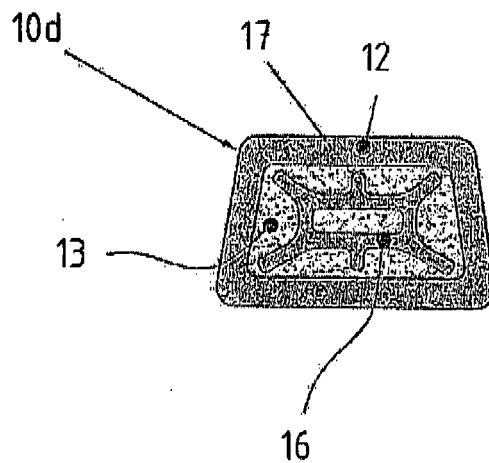


Fig. 5

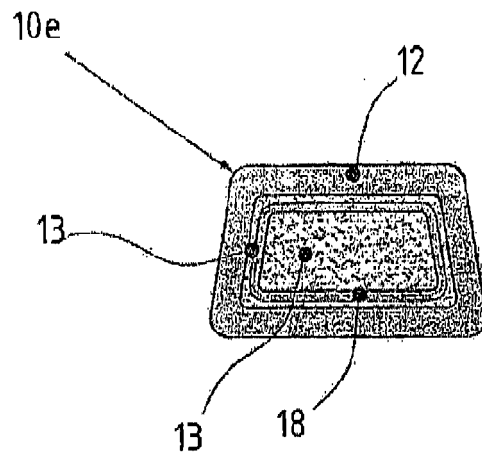


Fig. 6

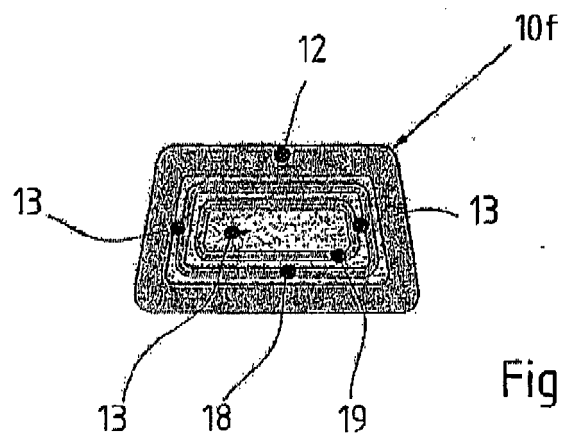


Fig. 7

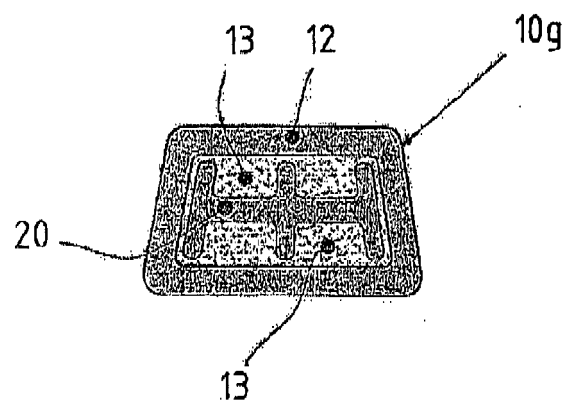


Fig. 8

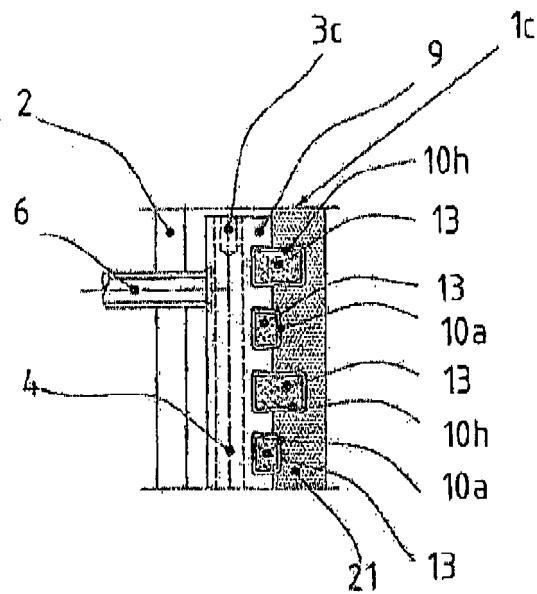


Fig. 9

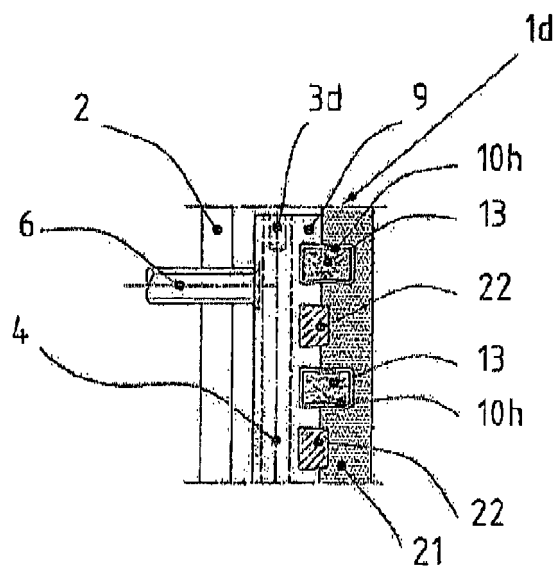


Fig. 10

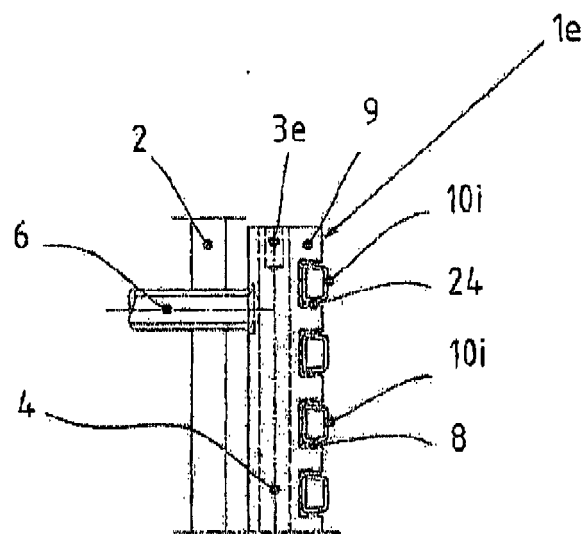


Fig. 11

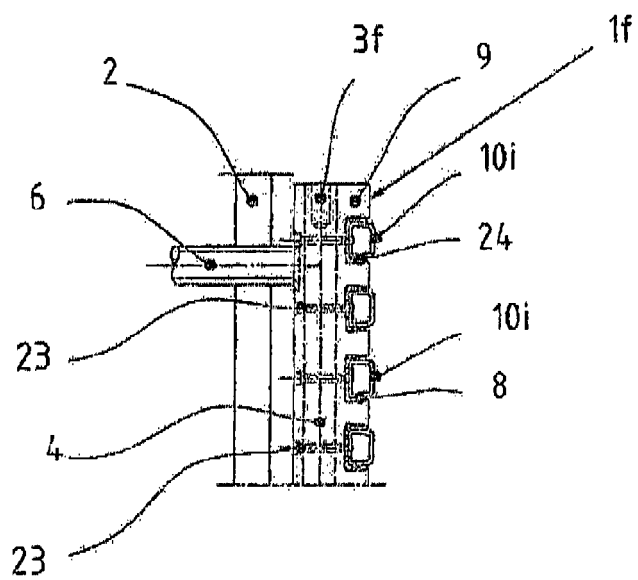


Fig. 12

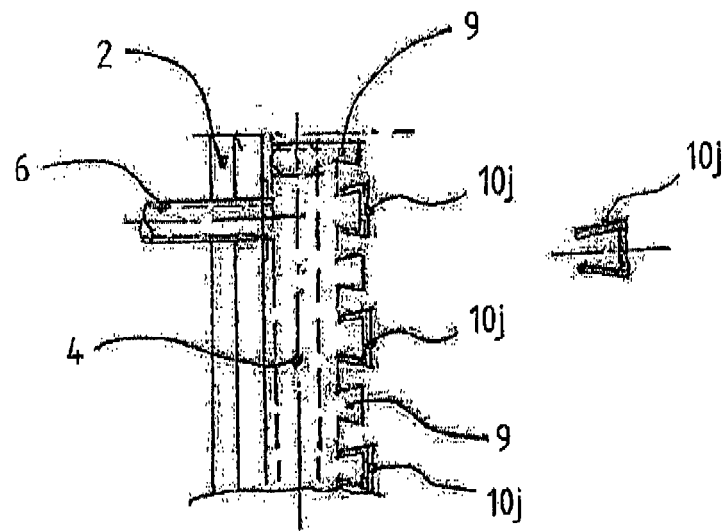


Fig. 13

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

- DE 202010011142 U1 [0011]
- NL 8700293 A [0012]
- EP 0008261 A1 [0014]
- EP 1069389 A1 [0014]
- LU 88629 [0016]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Neue Anwendungsgebiete für Wärmerohre. J. **PAUSE et al.** Tagungsband Internationales Kolloquium des Spitzentechnologieclusters ECEMP 2010. 2010, 215-225 [0015]