



(11)

**EP 2 870 328 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**16.11.2016 Patentblatt 2016/46**

(21) Anmeldenummer: **13737179.5**

(22) Anmeldetag: **03.07.2013**

(51) Int Cl.:

<b>B22F 1/00</b> <sup>(2006.01)</sup>	<b>B22F 7/00</b> <sup>(2006.01)</sup>
<b>C22C 38/04</b> <sup>(2006.01)</sup>	<b>C22C 38/16</b> <sup>(2006.01)</sup>
<b>F01L 3/02</b> <sup>(2006.01)</sup>	<b>B22F 3/16</b> <sup>(2006.01)</sup>
<b>B22F 7/02</b> <sup>(2006.01)</sup>	<b>C22C 38/44</b> <sup>(2006.01)</sup>
<b>C22C 38/46</b> <sup>(2006.01)</sup>	<b>C22C 38/52</b> <sup>(2006.01)</sup>
<b>C22C 38/42</b> <sup>(2006.01)</sup>	<b>C22C 38/60</b> <sup>(2006.01)</sup>
<b>F01L 3/08</b> <sup>(2006.01)</sup>	

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2013/064000**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2014/006076 (09.01.2014 Gazette 2014/02)**

(54) **HOCHWÄRMELEITENDER VENTILSITZRING**

HIGHLY THERMALLY CONDUCTIVE VALVE SEAT RING

SIÈGE DE SOUPAPE RAPPORTÉ À CONDUCTIVITÉ THERMIQUE ÉLEVÉE

(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: **04.07.2012 DE 102012013226**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**13.05.2015 Patentblatt 2015/20**

(73) Patentinhaber: **Bleistahl-Produktions GmbH & Co KG.**

**58300 Wetter (DE)**

(72) Erfinder:

- **KÖHLER, Ekkehard**  
**58300 Wetter (DE)**
- **EMDE, Dirk**  
**58256 Ennepetal (DE)**

• **SEYFARTH, Anna**

**44141 Dortmund (DE)**

• **LELGEMANN, Thomas**

**46047 Oberhausen (DE)**

(74) Vertreter: **Thiel, Christian**

**Schneiders & Behrendt**

**Rechts- und Patentanwälte**

**Huestrasse 23**

**(Westfalenbankgebäude)**

**44787 Bochum (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A1- 0 372 223 EP-A1- 1 002 883**

**EP-A2- 1 375 841 GB-A- 2 117 413**

**JP-A- S5 739 104 JP-A- H11 302 805**

**JP-A- S56 121 810 JP-A- 2005 048 263**

**US-A- 4 332 616**

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 2 870 328 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Ventilsitzring, der pulvermetallurgisch hergestellt wird und einen Trägerwerkstoff sowie einen Funktionswerkstoff aufweist.

**[0002]** Ventilsitzringe der genannten Art sind beispielsweise aus der japanischen Offenlegungsschrift JP 6145720 A bekannt. Diese Schrift beschreibt einen Kupfer-infiltrierten mehrschichtigen Ventilsitzring mit Co- und Mo-Anteilen für Verbrennungsmotoren.

**[0003]** Prinzipiell haben die vorbekannten Ventilsitzringe den Vorteil, dass sie eine ausgezeichnete Festigkeit aufweisen. Dies ist insbesondere mit der Verwendung von zwei unterschiedlichen Werkstoffschichten zu erklären. Dabei hat der Trägerwerkstoff hervorragende Festigkeitswerte.

**[0004]** Die vorbekannten Ventilsitzringe der genannten Art haben jedoch den Nachteil, dass sie den steigenden Ansprüchen von Verbrennungsmotoren aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit nicht mehr gerecht werden. Die Wärmeleitfähigkeit konventioneller Trägerwerkstoffe liegt üblicherweise unter  $45 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**[0005]** Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Ventilsitzring der vorgenannten Art zu schaffen, der eine bedeutend höhere Wärmeleitfähigkeit aufweist. Im Übrigen soll der Ventilsitzring üblichen Anforderungen an Dichtigkeit, Maßhaltigkeit und Festigkeit gerecht werden.

**[0006]** Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von einem Ventilsitzring der eingangs genannten Art vor, dass der Trägerwerkstoff der Trägerschicht (2) eine Wärmeleitfähigkeit größer  $55 \text{ W / m}^2\text{K}$  bei einem Gesamtkupfergehalt  $>25$  bis  $40 \text{ Gew.}\%$  hat. Der Gesamtkupfergehalt der erfindungsgemäßen Ventilsitzringe setzt sich vorzugsweise aus einer Eisen-Kupfer-Legierung, zugesetztem Kupferpulver und infiltriertem Kupfer zusammen.

**[0007]** Im Folgenden sind alle Prozentangaben Gew.-%.

**[0008]** Der Ventilsitzring gemäß der Erfindung zeichnet sich durch seine hohe Wärmeleitfähigkeit in Verbindung mit einer hohen Festigkeit für den Einsatz in modernen Verbrennungsmotoren aus. Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

- schnellerer Wärmetransport im Zylinderkopf,
- Absenkung der Ventiltemperatur,
- Verringerung der Klopfneigung im Verbrennungsmotor durch abgesenkte Ventiltemperaturen,
- gleichmäßigere Temperaturverteilung im Ventilsitzring,
- verringerte Deformation der Ventilsitzringe aufgrund von inhomogenen Temperaturverteilungen,
- verringerte Undichtigkeiten im Brennraum durch geringere Deformation der Ventilsitzringe.

**[0009]** Eine bevorzugte Ausführungsform des Ventilsitzringes sieht vor, dass der Trägerwerkstoff eine Wärmeleitfähigkeit größer  $65 \text{ W/m}^2\text{K}$  hat. Diese Variante eignet sich besonders für den Einsatz in Motoren mit Turboaufladung. Bei einem Ottomotor ist die Verbrennungstemperatur höher als beim Dieselmotor. Bei einem Dieselmotor hingegen liegt die Zündtemperatur etwa  $200$  bis  $300^\circ\text{C}$  höher als beim Ottomotor. Es besteht in jedem Fall die Notwendigkeit die hohe Temperatur schnell abzuführen, um eine Schädigung des Motorblocks zu verhindern.

**[0010]** Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des Ventilsitzringes sieht vor, dass der Trägerwerkstoff eine Wärmeleitfähigkeit größer  $70 \text{ W / m}^2\text{K}$  hat. Diese Ausführungsform wird besonders in Hochleistungsmotoren, etwa in Sportwagen oder im Motorsport benötigt, wenn die Motoren leistungsmäßig vollkommen ausgereizt werden. Eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit erhöht dann die Lebensdauer des Motors.

**[0011]** Vorzugsweise weist der Trägerwerkstoff eine Eisen-Kupfer-Legierung auf. In dieser Kombination führt die hohe Festigkeit von Eisen und die gute Wärmeleitfähigkeit von Kupfer zu besonders positiven Eigenschaften des Trägerwerkstoffs in der Anwendung.

**[0012]** Der pulvermetallurgisch hergestellte Ventilsitzring weist besonders gute Eigenschaften auf, wenn der Kupfer-Anteil der Eisen-Kupfer-Legierung über  $5 \text{ Gew.}\%$ , insbesondere bei  $10 \text{ Gew.}\%$ , liegt. Bei dieser Legierungskonstellation werden die Vorteile von Eisen und Kupfer besonders gut genutzt. Die maximale Löslichkeit für Kupfer im Austenit beträgt bei  $1094^\circ\text{C}$   $8,5 \text{ Gew.}\%$ . Allerdings kann das Kupfer sowohl zulegiert als auch diffusionsgebunden in die Eisen-Kupfer-Legierung integriert sein. Bei diffusionsgebundenem Kupfer sind Anteile von deutlich über  $8,5 \text{ Gew.}\%$  erreichbar. Erfindungsgemäß wird unter einer Eisen-Kupfer-Legierung auch Eisen mit diffusionsgebundenem Kupfer verstanden.

**[0013]** Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Ventilsitzringes sieht vor, dass der Trägerwerkstoff eine Mischung aus der Eisen-Kupfer-Legierung und Kupfer-Pulver ist. Hierbei verklebt das Kupfer die Eisenkörper und bildet eine zusammenhaltende Matrix. Durch den erhöhten Kupfer-Anteil kann die Wärme besonders gut durch den Werkstoff geleitet werden. Dies gewährleistet die Langlebigkeit der beteiligten Maschinenelemente im Bereich des Ventilsitzringes. Eine besonders

gute Kombination aus Wärmeleitfähigkeit und Festigkeit lässt sich erzielen, wenn der Anteil des Kupfer-Pulvers zwischen 8 und 12, insbesondere bei 10 Gew.-%, liegt. Die vom Kupfer gebildete Matrix bietet hierbei eine besonders gute Wärmeleitfähigkeit, ohne dass die tragende Funktion des Eisens nennenswert beeinträchtigt wird. Durch die immer weiter steigende Leistung und damit verbundenen Betriebstemperaturen von Motoren, ist eine Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit von Ventilsitzringen mit einer vorteilhaften Verlängerung ihrer Lebensdauer in Verbindung zu setzen.

**[0014]** Eine besonders bevorzugte Variante eines erfindungsgemäßen Ventilsitzringes sieht vor, dass der Trägerwerkstoff und/oder der Funktionswerkstoff zusätzlich Kupfer enthalten, das per Infiltration zugeführt wird. Die Infiltration dient der Ausfüllung der Poren des Grünlings. Dies geschieht während des Sinterprozesses. Dabei wird das flüssige Kupfer über die Kapillarwirkung in die Poren gezogen. Während Poren bei gesinterten Produkten üblicherweise eine wärmeisolierende Wirkung aufweisen, wird die Wärmeleitfähigkeit gegenüber dem Grundwerkstoff, in diesem Fall Träger- und Funktionswerkstoff, bedeutend erhöht. Dies bedeutet eine optimale Nutzung des Werkstückvolumens zur Optimierung der Wärmeleitfähigkeit.

**[0015]** Pulvermetallurgisch hergestellte Ventilsitzringe mit infiltrierten Kupfergehalten mit etwa 20 Gew.-% sind an sich bekannt. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass sich die Wärmeleitfähigkeit des Ventilsitzringes besonders positiv einstellt, wenn der Kupfergehalt des Trägerwerkstoffes >25 Gew.-%, insbesondere zwischen 25 bis 40 Gew.-% liegt, wobei die Festigkeitseigenschaften des Eisens nicht verloren gehen. Eisen hat grundsätzlich eine höhere Festigkeit als Kupfer, jedoch hat Kupfer eine höhere Wärmeleitfähigkeit. In der vorgenannten Legierungszusammensetzung für den Trägerwerkstoff lassen sich beide Vorteile dieser Metalle ohne deren Nachteile verbinden. Derartig hohe Kupfergehalte des Trägerwerkstoffes werden erreicht, wenn zusätzlich zur Kupferinfiltration für den Trägerwerkstoff ein Eisen-Kupfer-Legierungspulver verwandt wird, dem Kupfer-Pulver zugemischt wird.

**[0016]** Der Gesamtkupfergehalt der erfindungsgemäßen Ventilsitzringe liegt vorzugsweise bei >28 bis 40 Gew.-%.

**[0017]** Eine besonders vorteilhafte Zusammensetzung des Trägerwerkstoffes zeigt folgende Tabelle:

0,5	bis	1,5	Gew.-%	C
0,1	bis	0,5	Gew.-%	Mn
0,1	bis	0,5	Gew.-%	S
>25	bis	40	Gew.-%	Cu (insgesamt)
Rest				Fe.

**[0018]** Die Legierungszusammensetzung des Funktionswerkstoffes besteht in einer bevorzugten Ausführungsform aus:

0,5	bis	1,2	Gew.-%	C
6,0	bis	12,0	Gew.-%	Co
1,0	bis	3,5	Gew.-%	Mo
0,5	bis	3,0	Gew.-%	Ni
1,5	bis	5,0	Gew.-%	Cr
0,1	bis	1,0	Gew.-%	Mn
0,1	bis	1,0	Gew.-%	S
8,0	bis	22,0	Gew.-%	Cu (infiltriert)
Rest			Gew.-%	Fe.

**[0019]** Hierbei handelt es sich um einen herkömmlichen Funktionswerkstoff. Da es sich bei den Legierungselementen um kostenintensive Materialien handelt, wird versucht, dass der Anteil der Funktionsschicht am gesamten Ventilsitzring möglichst optimiert bzw. gering gehalten wird. Da es sich bei Ventilsitzringen um Massenprodukte handelt, bedeutet dies eine enorme Reduktion der Kosten, aufgrund des reduzierten Anteils der kostspieligen Werkstoffe.

**[0020]** Eine alternative Ausführungsform der Funktionsschicht setzt sich aus folgendem Funktionswerkstoff zusammen:

0,5	bis	1,5	Gew.-%	C
5,0	bis	12,0	Gew.-%	Mo
1,5	bis	4,5	Gew.-%	W
0,2	bis	2,0	Gew.-%	V
2,2	bis	2,8	Gew.-%	Cr
0,1	bis	1,0	Gew.-%	Mn

(fortgesetzt)

0,1	bis	0,5	Gew.-%	S
12,0	bis	24,0	Gew.-%	Cu (infiltriert)
Rest			Gew.-%	Fe.

**[0021]** Die Wahl der Werkstoffe für die Funktionsschicht hängt von den Anforderungen an den Ventilsitzring ab. Sofern die benötigten Eigenschaften durch den Funktionswerkstoff erfüllt werden, ist die kostengünstigere Variante zu wählen.

**[0022]** Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung eines Ventilsitzringes, aufweisend eine Trägerschicht aus einem Trägerwerkstoff sowie eine Funktionsschicht aus einem Funktionswerkstoff mit den nachfolgenden Schritten:

- Herstellen einer Trägerschicht mit einem Trägerwerkstoff aus einem Eisen-Kupfer-Legierungspulver,
- ggf. Verpressen des Pulvers der Trägerschicht zu einem Halbzeug,
- Herstellen einer Funktionsschicht aus einem üblichen pulverförmigen Funktionswerkstoff,
- Verpressen des Pulvers zu einem Grünling,
- Sintern des Grünlings in Kontakt mit Kupfer.

**[0023]** Hierbei weisen die Funktions- und Trägerschicht unterschiedliche Eigenschaften auf. Während die Funktionsschicht des Ventilsitzringes insbesondere im Hinblick auf die thermische Beanspruchung ausgelegt ist, weist die Trägerschicht die notwendige Festigkeit und verbesserte Wärmeleitfähigkeit auf. Dazu besteht der Trägerwerkstoff aus einem Eisen-Kupfer-Legierungspulver.

**[0024]** Die Trägerschicht setzt sich aus einem Eisen-Kupfer-Legierungspulver zusammen. Das Eisen liefert die Festigkeit und das Kupfer verbessert die Wärmeleitfähigkeit der Trägerschicht. Anschließend wird das Pulver der Trägerschicht zu einem Halbzeug verpresst. Hierbei lässt sich die Oberflächenneigung zur Innenkante des Ventilsitzringhalbzeugs den Anforderungen entsprechend anpassen. Der Neigungswinkel zur Horizontalebene liegt nach Lehre der Erfindung zwischen 20° und 40°. Somit lässt sich einstellen, an welchen Stellen die Funktionsschicht ggf. stärker oder schwächer ausgebildet ist. Durch den eingestellten zulaufenden Verlauf der Trägerschicht, lassen sich der Anteil und damit die Kosten der Funktionsschicht auf ein Minimum reduzieren. Dieses Halbzeug wird mit einem pulverförmigen Funktionswerkstoff bedeckt und anschließend zu einem Grünling verpresst. Dieser Grünling kommt während des Sinterprozesses mit Kupfer in Kontakt. Aufgrund der Poren des gepressten Grünlings dringt das flüssige Kupfer mittels der Kapillarwirkung in das Werkstück ein. Durch diese Form der Kupferanreicherung des Werkstückes wird die Wärmeleitfähigkeit bedeutend erhöht, während die tragende Funktion der Träger- und Funktionsschichten beibehalten wird.

**[0025]** Eine bevorzugte Ausführung des Verfahrens besteht darin, dass das Eisen-Kupfer-Legierungspulver der Trägerschicht mit einem Kupfer-Pulver kombiniert wird, wobei der Anteil des Kupfer-Pulvers an der Gesamtlegierung über 15 Gew.-% beträgt. Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass bei dieser Vorgehensweise die tragenden Eigenschaften des Eisens nicht verloren gehen, wobei die Wärmeleitfähigkeit durch das Kupfer stetig steigt. Das Kupfer-Pulver verklebt die Eisen-Kupfer-Partikel miteinander, wobei letztere aufgrund des relativ geringen Anteils von bis zu 15 Gew.-% keinen inakzeptablen Einfluss auf die Festigkeit des Materials haben.

**[0026]** Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens sieht vor, dass das Eisen-Kupfer-Legierungspulver mit Graphit kombiniert wird, wobei der Anteil des Graphits an der Gesamtlegierung zwischen 0,5 und 1,5 Gew.-% beträgt. Die Schmierwirkung des Graphits verhindert ein Fressen der Oberfläche der Trägerschicht und erhöht somit die Lebensdauer des Ventilsitzringes.

**[0027]** Eine hilfreiche Ausführungsform des Verfahrens besteht darin, dass die Trägerschicht mittels eines Pressdrucks von 450 bis 700 MPa auf eine Dichte von 6,5 bis 7,5 g / cm<sup>3</sup> zu einem Halbzeug komprimiert wird. Diese Parameter haben sich im Hinblick auf die Kupferinfiltration als unerwartet positiv herausgestellt, da die Größe der Poren einer Idealen für die notwendige Kapillarwirkung entspricht. Das zu infiltrierende Kupfer wird über diese Porenkanäle in das Werkstück geführt. Zu hohe Pressdrücke und Dichten verhindern ein Eindringen des Kupfers in das Werkstück, während zu niedrige Pressdrücke und Dichten nicht die notwendigen Festigkeitswerte für den Ventilsitzring herstellen lassen. Der Pressdruck nach Lehre der Erfindung wird gegenüber den herkömmlichen Pressdrücken reduziert, womit die Dichte der Grünlinge ebenfalls abnimmt. Durch die niedrigere Dichte entstehen mehr Poren, die durch die Kupfer-Infiltration gefüllt werden. Dies führt zu einer höheren Kupfer-Aufnahme per Infiltration als bislang üblich.

**[0028]** Besondere und komplexe Eigenschaften des Ventilsitzringes lassen sich durch das Verfahren einstellen, indem

der Grünling mehrlagig geschichtet und verdichtet wird. Dies hat zwei wesentliche Vorteile. Zum einen wird an gering beanspruchten Positionen des Ventilsitzringes ein kostengünstiger Werkstoff verwendet. Zum anderen lassen sich die Eigenschaften durch Legierungszusammensetzung und Schichtdicke an unterschiedlichen Stellen entsprechend den jeweiligen Anforderungen anpassen.

**[0029]** Der Sinterprozess findet bei einer Temperatur von mehr als der Schmelztemperatur von Kupfer statt. Dies ermöglicht die Kupferinfiltration, wobei das geschmolzene Kupfer während des Sinterprozesses mittels Kapillarwirkung durch die geöffneten Poren in das Werkstück eindringt.

**[0030]** Das Kupfer kann dem Grünling zur Infiltration als Ring zugeführt werden.

**[0031]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 Schnittdarstellung des Ventilsitzringes;

Figur 2 Gefügeaufnahme der alten Trägerschicht;

Figur 3 Gefügeaufnahme der neuen Trägerschicht;

Figur 4 Diagramm zur Wärmeleitfähigkeit des gesamten Ventilsitzringes nach Stand der Technik und nach Lehre der Erfindung;

Figur 5 Diagramm zur Wärmeleitfähigkeit der Trägerschicht nach Stand der Technik und nach Lehre der Erfindung.

**[0032]** In Figur 1 wird eine Schnittdarstellung eines Ventilsitzringes 1 gezeigt. Die Trägerschicht 2 bildet den volumetrischen Großteil des Ventilsitzringes 1. Die Funktionsschicht 3 befindet sich im oberen Bereich des Ventilsitzringes 1 und bildet im Wesentlichen die Auflagefläche für Ventile. Deutlich erkennbar ist die Neigung zwischen Trägerschicht 2 und Funktionsschicht 3, die möglichst parallel zur Auflagefläche für die Ventile entlang des Ventilsitzringes verläuft. An der Kontaktstelle der Trägerschicht 2 und der Funktionsschicht 3 bildet sich eine Diffusionsschicht 4. Die Diffusionsschicht 4 bildet sich insbesondere während des Sinterns des zuvor nur verpressten Grünlings.

**[0033]** In den Figuren 2 und 3 sind Gefügeaufnahmen der Trägerschicht 2 des Ventilsitzringes 1 dargestellt. Figur 2 zeigt das Gefüge einer konventionellen Trägerschicht 2 nach Stand der Technik. Demgegenüber zeigt Figur 3 eine Gefügeaufnahme der Trägerschicht 2 eines Ventilsitzringes 1 im Sinne der Erfindung. Deutlich erkennbar weist die Gefügeaufnahme der Trägerschicht 2 in Figur 3 einen bedeutend höheren Kupferanteil auf. Der Kupferanteil ist in den Figuren 2 und 3 durch die hellen Flächen erkennbar. Die dunklen Flächen zeigen den Anteil des Eisen- bzw. Eisen-Kupfer-Anteils.

**[0034]** Die Figuren 4 und 5 zeigen Diagramme bezüglich der Wärmeleitfähigkeit der Ventilsitzringe 1 bzw. der Trägerschicht 2. Dabei erfolgt eine Gegenüberstellung der alten (Stand der Technik; SdT) und der neuen Fertigungsmethode (Lehre der Erfindung; LdE) der Ventilsitzringe 1. Die Wärmeleitfähigkeit wurde nach dem Laser-Flash-Verfahren an der RWTH Aachen gemessen.

**[0035]** Die Figur 4 zeigt ein Diagramm der Wärmeleitfähigkeit fertiger Ventilsitzringe 1. Variante 1 weist im Vergleich zu Variante 2 eine andere Zusammensetzung der Funktionsschicht 3 auf. Die Funktionsschicht 3 wird nach Stand der Technik als bekannt vorausgesetzt. Die Zusammensetzung der Trägerschicht unterscheidet sich nach Stand der Technik und nach Lehre der Erfindung. Deutlich erkennbar liegt die Wärmeleitfähigkeit der Varianten 1 und 2 nach Lehre der Erfindung in hohem Maße über der Wärmeleitfähigkeit der Varianten 1 und 2 nach Stand der Technik.

**[0036]** Die Figur 5 zeigt ein Diagramm der Wärmeleitfähigkeit von Trägerschichten 2 für zwei unterschiedliche Varianten von Funktionsschichten 3 von Ventilsitzringen 1. Es zeigt sich, dass die Wärmeleitfähigkeit der herkömmlichen Trägerschicht 2 nach Stand der Technik ab  $48 \text{ W / m} \cdot \text{K}$  mit steigender Temperatur abnimmt. Demgegenüber hält sich die Wärmeleitfähigkeit der Trägerschicht 2 für beide Varianten nach Lehre der Erfindung gemittelt leicht über  $70 \text{ W / m} \cdot \text{K}$ . Bei einer Temperatur von  $500^\circ\text{C}$  liegt die Wärmeleitfähigkeit der Varianten 1 & 2 nach Lehre der Erfindung (etwa  $70 \text{ W / m} \cdot \text{K}$ ) 46 Gew.-% über der Wärmeleitfähigkeit der Varianten 1 & 2 nach Stand der Technik (etwa  $38 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ).

**[0037]** Die Erfindung wird durch das nachfolgende Beispiel näher erläutert:

Beispiel:

**[0038]** Die Trägerschicht wird aus einem Trägerwerkstoff bei 550 MPa zu einem Halbzeug verpresst. Der Trägerwerkstoff besteht dabei aus einer Kombination aus Kupfer-Pulver und Eisen-Kupfer-Legierungspulver. Dabei hat die Trägerschicht die Form eines Rings, der eine nach innen stark abfallende Neigung aufweist. Anschließend wird dieses Halbzeug mit einem Funktionswerkstoff in Pulverform bedeckt und zu einem Grünling verpresst, womit auch die Funktionsschicht entsteht. Dieser Grünling wird bei  $1100^\circ\text{C}$  gesintert, wobei Kupfer in Drahtform hinzugegeben wird. Dieses Kupfer schmilzt und wird über die Kapillarwirkung in den im Sinterprozess befindlichen Grünling gezogen. Der fertige Ventil-

sitzring hat in der Trägerschicht eine Legierungszusammensetzung von 1,2 Gew.-% C, 0,3 Gew.-% Mn, 0,2 Gew.-% S und 35 Gew.-% Cu und in der Funktionsschicht eine Legierungszusammensetzung von 1,1 Gew.-% C, 9,7 Gew.-% Co, 1,4 Gew.-% Mo, 2,5 Gew.-% Ni, 3,0 Gew.-% Cr, 0,5 Gew.-% Mn, 0,5 Gew.-% S und 19,0 Gew.-% Cu, wobei die Kupfer-Anteile aus der Eisen-Kupfer-Legierung, dem Kupfer-Pulver und der Kupfer-Infiltration zusammengefasst sind.

**[0039]** Der gefertigte Ventilsitzring hat eine hohe Festigkeit, bei gleichzeitig guter Wärmeleitfähigkeit und Schmierfähigkeit.

## Patentansprüche

1. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring mit einer Trägerschicht (2) und einer Funktionsschicht (3), wobei der Trägerwerkstoff der Trägerschicht (2) einen Gesamtkupfergehalt von > 25 bis 40 Gew.-% hat, damit eine Wärmeleitfähigkeit größer 55W/m\*K erreicht werden kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägerwerkstoff eine Eisen-Kupfer-Legierung enthält, wobei der Kupfer-Anteil der Eisen-Kupfer-Legierung über 5 Gew.-% liegt.
2. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägerwerkstoff der Trägerschicht (2) eine Wärmeleitfähigkeit größer 65 W / m\*K, hat.
3. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kupfer-Anteil der Eisen-Kupfer-Legierung 10 Gew.-% liegt.
4. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägerwerkstoff eine Mischung aus der Eisen-Kupfer-Legierung und Kupfer-Pulver enthält.
5. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil des Kupfer-Pulvers zwischen 5 und 15 Gew.-%, liegt.
6. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägerwerkstoff und/oder der Funktionswerkstoff Kupfer enthalten, das per Infiltration zugeführt worden ist.
7. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** einen Gesamt-Kupfergehalt von mehr als 25 Gew.-%.
8. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach einem der vorgenannten Ansprüche, mit einem die Trägerschicht (2) bildenden Trägerwerkstoff aus

0,5	bis	1,5	Gew.-%	C
0,1	bis	0,5	Gew.-%	Mn
0,1	bis	0,5	Gew.-%	S
>25	bis	40	Gew.-%	Cu
Rest				Fe.

9. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach einem der vorgenannten Ansprüche, mit einem die Funktionsschicht (3) bildenden Funktionswerkstoff aus

0,5	bis	1,2	Gew.-%	C
6,0	bis	12,0	Gew.-%	Co
1,0	bis	3,5	Gew.-%	Mo
0,5	bis	3,0	Gew.-%	Ni
1,5	bis	5,0	Gew.-%	Cr
0,1	bis	1,0	Gew.-%	Mn
0,1	bis	1,0	Gew.-%	S
8,0	bis	22,0	Gew.-%	Cu

(fortgesetzt)

Rest Gew.-% Fe.

- 5 10. Pulvermetallurgisch hergestellter Ventilsitzring nach einem der Ansprüche 1 bis 8, mit einem die Funktionsschicht (3) bildenden Funktionswerkstoff aus

	0,5	bis	1,5	Gew.-%	C
10	5,0	bis	12,0	Gew.-%	Mo
	1,5	bis	4,5	Gew.-%	W
	0,2	bis	2,0	Gew.-%	V
	2,2	bis	2,8	Gew.-%	Cr
15	0,1	bis	1,0	Gew.-%	Mn
	0,1	bis	0,5	Gew.-%	S
	12,0	bis	24,0	Gew.-%	Cu
	Rest			Gew.-%	Fe.

- 20 11. Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung eines Ventilsitzringes, aufweisend eine Trägerschicht (2) aus einem Trägerwerkstoff sowie eine Funktionsschicht (3) aus einem Funktionswerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 10, mit den nachfolgenden Schritten

- 25
- Herstellen einer Trägerschicht (2) mit einem Trägerwerkstoff aus einem Eisen-Kupfer-Legierungspulver
  - Gegebenenfalls Verpressen des Pulvers der Trägerschicht (2) zu einem Halbzeug
  - Herstellen einer Funktionsschicht aus einem üblichen pulverförmigen Funktionswerkstoff
  - Verpressen des Pulvers zu einem Grünling
  - Sintern des Grünlings in Kontakt mit Kupfer.

- 30 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eisen-Kupfer-Legierungspulver der Trägerschicht (2) mit Kupfer-Pulver kombiniert wird, wobei der Anteil des Kupfer-Pulvers in der Trägerschicht 5 Gew.-% bis 15 Gew.-% beträgt.

- 35 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eisen-Kupfer-Legierungspulver mit Graphit kombiniert wird, wobei der Anteil des Graphits an der Trägerschicht zwischen 0,5 und 1,5 Gew.-% beträgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trägerschicht (2) mittels eines Pressdrucks von 450 bis 700 MPa auf eine Dichte von 6,5 bis 7,5 g / cm<sup>3</sup> zu einem Halbzeug komprimiert wird.

- 40 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grünling mehrlagig geschichtet und verdichtet wird.

- 45 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu infiltrierende Kupfer als Ring zugeführt wird.

## Claims

- 50 1. Powdermetallurgically produced valve seat ring comprising a carrier layer (2) and a function layer (3), wherein the carrier material of the carrier layer (2) has a total copper content ranging between > 25 to 40 % w/w to provide a thermal conductivity in excess of 55 W / m\*K **characterized in that** the carrier material contains an iron-copper alloy, the copper content of the iron-copper-alloy exceeding 5 % w/w.

- 55 2. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to claim 1, **characterized in that** the carrier material of the carrier layer (2) has a thermal conductivity in excess of 65 W / m\*K.

3. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to claim 2, **characterized in that** the copper contents of

the iron-copper alloy amounts to 10 % w/w.

4. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to any one of claims 2 or 3, **characterized in that** the carrier material contains a mixture of the iron-copper alloy and copper powder.
5. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to claim 4, **characterized in that** the share of the copper powder ranges between 5 and 15 % w/w.
6. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the carrier material and/or the function material contains copper added by means of infiltration.
7. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to claim 6, **characterized by** a total copper content higher than 25 % w/w.
8. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to any one of the preceding claims, provided with a carrier material forming the carrier layer (2) of

0.5 to 1.5	% w/w	C
0.1 to 0.5	% w/w	Mn
0.1 to 0.5	% w/w	S
>25 to 40	% w/w	Cu
Balance		Fe.

9. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to any one of the preceding claims, provided with a function material forming the function layer (3) of

0.5 to	1.2	% w/w	C
6.0 to	12.0	% w/w	Co
1.0 to	3.5	% w/w	Mo
0.5 to	3.0	% w/w	Ni
1.5 to	5.0	% w/w	Cr
0.1 to	1.0	% w/w	Mn
0.1 to	1.0	% w/w	S
8.0 to	22.0	% w/w	Cu
Balance		% w/w	Fe.

10. Powdermetallurgically produced valve seat ring according to any one of the claims 1 to 8, provided with a function material forming the function layer (3) of

0.5 to	1.5	% w/w	C
5.0 to	12.0	w/w	Mo
1.5 to	4.5	% w/w	W
0.2 to	2.0	% w/w	V
2.2 to	2.8	% w/w	Cr
0.1 to	1.0	% w/w	Mn
0.1 to	0.5	% w/w	S
12.0 to	24.0	% w/w	Cu
Balance		% w/w	Fe.

11. Method for the manufacture of a valve seat ring by powder metallurgical techniques comprising a carrier layer (2) consisting of a carrier material as well as a function layer (3) of a function material, according to any one of claims

1 to 10, wherein the following steps are taken

- Manufacturing a carrier layer (2) using a carrier material consisting of an iron-copper alloy powder,
- where necessary, press forming the powder of the carrier layer (2) into a semi-finished product,
- manufacturing a function layer using a customary powdery function material,
- press forming the powder into a green compact,
- sintering the green compact in contact with copper.

**12.** Method according to claim 11, **characterized in that** the iron-copper alloy powder of the carrier layer (2) is combined with copper powder, wherein the share of the copper powder in the carrier layer amounts to between 5 % w/w and 15 % w/w.

**13.** Method according to claim 11 or 12, **characterized in that** the iron-copper alloy powder is combined with graphite, wherein the share of the graphite in the carrier layer amounts to between 0.5 % w/w and 1.5 % w/w.

**14.** Method according to any one of claims 11 to 13, **characterized in that** the carrier layer (2) is compressed to form a semi-finished component having a density of between 6.5 and 7.5 g/cm<sup>3</sup> by applying a pressing force of 450 to 700 MPa.

**15.** Method according to any one of claims 11 to 14, **characterized in that** the green compact is multi-layered and densified.

**16.** Method according to any one of claims 11 to 15, **characterized in that** the copper to be infiltrated is added as a ring.

## Revendications

**1.** Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres, avec une couche porteuse (2) et une couche fonctionnelle (3), la matière porteuse de la couche porteuse (2) ayant une teneur totale en cuivre de > 25 à 40 % en poids, pour permettre d'atteindre une conductibilité thermique supérieure à 55 W / m\*K, **caractérisé en ce que** la matière porteuse contient un alliage de fer-cuivre, la part en cuivre de l'alliage de fer-cuivre étant supérieure à 5 % en poids.

**2.** Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la matière porteuse de la couche porteuse (2) fait preuve d'une conductibilité thermique supérieure à 65 W / m\*K.

**3.** Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la part en cuivre de l'alliage de fer-cuivre se situe à 10 % en poids.

**4.** Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la matière porteuse contient un mélange de l'alliage de fer-cuivre et de poudre de cuivre.

**5.** Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la part de poudre de cuivre se situe entre 5 et 15 % en poids.

**6.** Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la matière porteuse et/ou la matière fonctionnelle contiennent du cuivre qui a été alimenté par infiltration.

**7.** Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon la revendication 6, **caractérisé par** une teneur totale en cuivre de plus de 25 % en poids.

**8.** Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon l'une quelconque des revendications précédentes, avec une matière porteuse formant la couche porteuse (2) en

0,5 à 1,5 % en poids de C

## EP 2 870 328 B1

(suite)

5	0,1 à	0,5	% en poids	de Mn
	0,1 à	0,5	% en poids	de S
	> 25 à	40	% en poids	de Cu
	radical			de Fe.

9. Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon l'une quelconque des revendications précédentes, avec une matière porteuse formant la couche fonctionnelle (3) en

15	0,5 à	1,2	% en poids	de C
	6,0 à	12,0	% en poids	de Co
	1,0 à	3,5	% en poids	de Mo
	0,5 à	3,0	% en poids	de Ni
	1,5 à	5,0	% en poids	de Cr
	0,1 à	1,0	% en poids	de Mn
	0,1 à	1,0	% en poids	de S
20	8,0 à	22,0	% en poids	de Cu
	radical		% en poids	de Fe.

10. Siège rapporté de soupape fabriqué par métallurgie des poudres selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, avec une matière porteuse formant la couche fonctionnelle (3) en

30	0,5 à	1,5	% en poids	de C
	5,0 à	12,0	% en poids	de Mo
	1,5 à	4,5	% en poids	de W
	0,2 à	2,0	% en poids	de V
	2,2 à	2,8	% en poids	de Cr
	0,1 à	1,0	% en poids	de Mn
	0,1 à	0,5	% en poids	de S
35	12,0 à	24,0	% en poids	de Cu
	radical		% en poids	de Fe.

11. Procédé destiné à la fabrication par métallurgie des poudres d'un siège rapporté de soupape, comportant une couche porteuse (2) en une matière porteuse, ainsi qu'une couche fonctionnelle (3) en une matière fonctionnelle selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, présentant les étapes suivantes

- de la fabrication d'une couche porteuse (2) avec une matière porteuse en une poudre d'alliage de fer-cuivre,
- le cas échéant du compactage de la poudre de la couche porteuse (2) en un produit semi-fini,
- de la fabrication d'une couche fonctionnelle en une matière fonctionnelle pulvérulente usuelle,
- du compactage de la poudre en une ébauche de compact,
- du frittage de l'ébauche de compact en contact avec du cuivre.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'on** associe la poudre d'alliage de fer-cuivre de la couche porteuse (2) à de la poudre de cuivre, la part de la poudre de cuivre dans la couche porteuse s'élevant à de 5 % en poids à 15 % en poids.

13. Procédé selon la revendication 11 ou la revendication 12, **caractérisé en ce qu'on** associe la poudre d'alliage de fer-cuivre à du graphite, la part du graphite sur la couche porteuse s'élevant à de 0,5 et 1,5 % en poids.

14. Procédé selon la revendication 11 à la revendication 13, **caractérisé en ce qu'on** comprime la couche porteuse (2) en un produit semi-fini, à l'aide d'une puissance de pression de 450 à 700 MPa à une densité de 6,5 à 7,5 g / cm<sup>3</sup>.

## EP 2 870 328 B1

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, **caractérisé en ce qu'**on revêt l'ébauche de compact de plusieurs couches et on la compacte.
- 5 16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, **caractérisé en ce qu'**on alimente le cuivre à infiltrer sous forme de bague.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

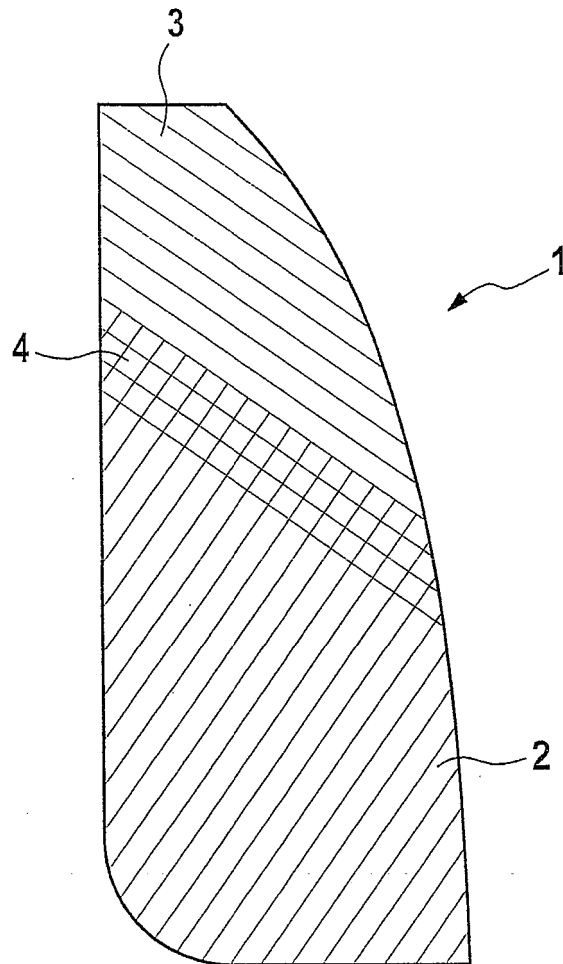


Fig. 1

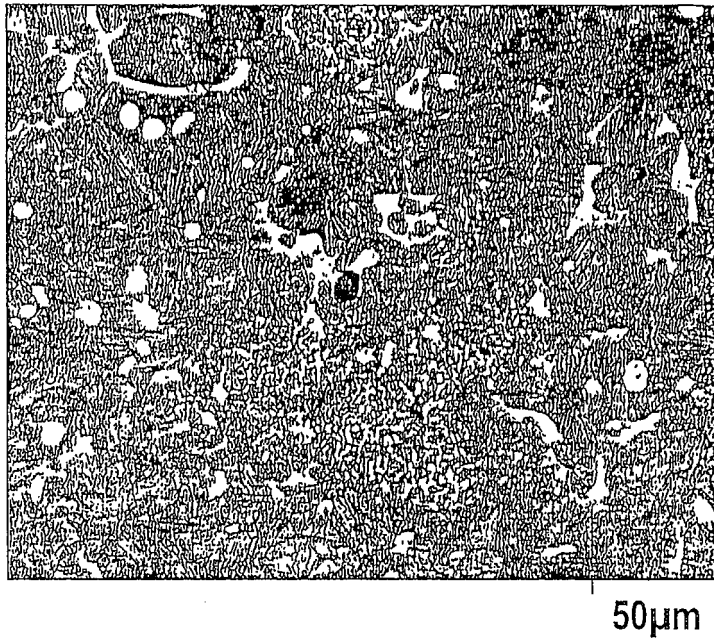


Fig. 2

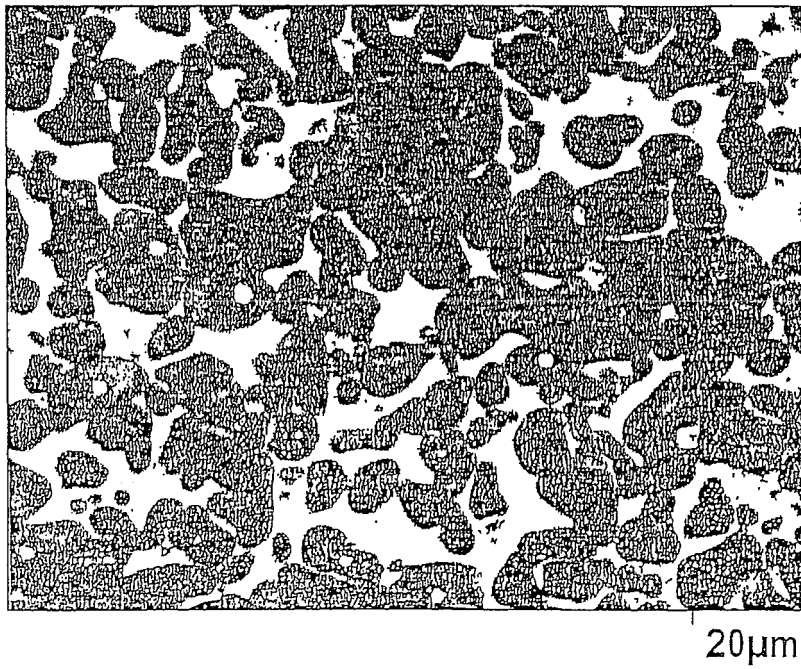


Fig. 3

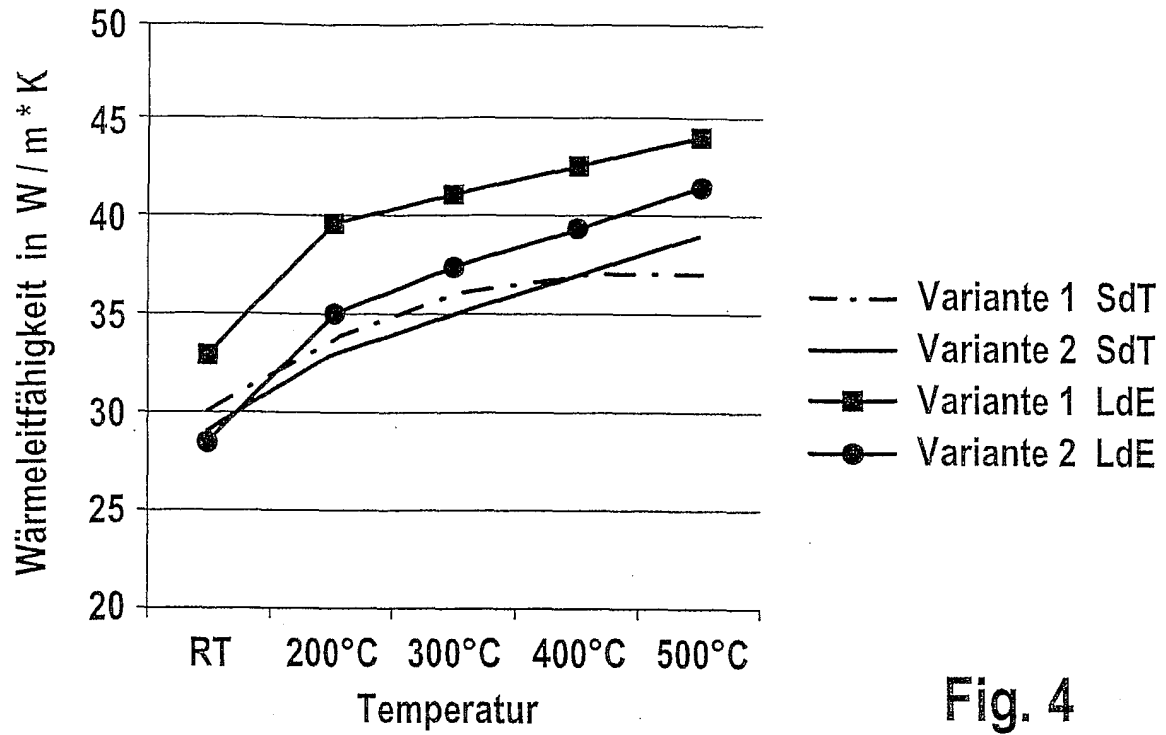


Fig. 4

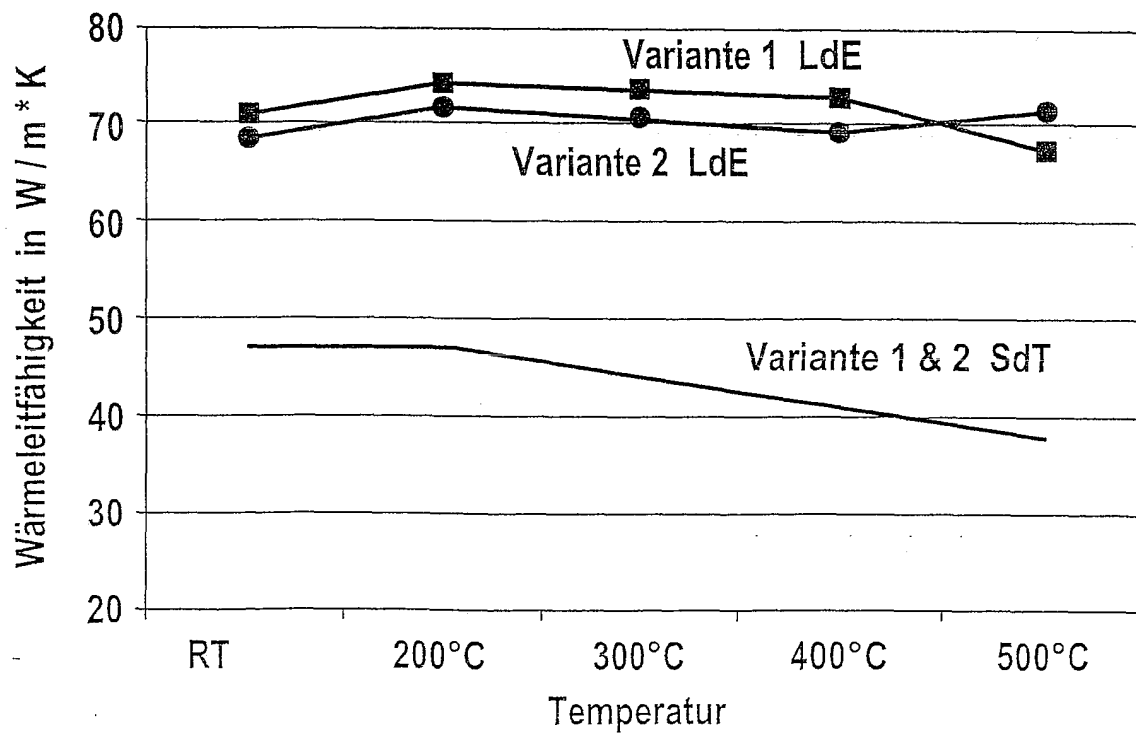


Fig. 5

**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**

- JP 6145720 A [0002]