



österreichisches
patentamt

(10) **AT 506 066 B1 2009-06-15**

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 774/2008

(51) Int. Cl.⁸: **B23K 35/22**
B23K 103/02
B23K 1/19

(22) Anmeldetag: 2008-05-15

(43) Veröffentlicht am: 2009-06-15

(56) Entgegenhaltungen:

JP 2007-268575A DE 2912861A1
DE 2715176A1 US 3894678A1

(73) Patentinhaber:

MIBA SINTER AUSTRIA GMBH
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR LÖTVERBINDUNG ZWEIER BAUTEILE AUS EINEM
EISENWERKSTOFF**

(57) Es wird ein Verfahren zur Lötverbindung zweier Bauteile aus einem Eisenwerkstoff beschrieben, von denen zumindest einer einen pulvermetallurgischen Formkörper bildet, wobei ein Lot auf Eisenbasis mit Kohlenstoff als Legierungselement vor oder nach dem Einbringen in den Lötspalt zwischen den beiden Bauteilen unter Schutzgas auf Schmelztemperatur erhitzt wird. Um vorteilhafte Eigenschaften für die Lötnaht sicherzustellen, wird vorgeschlagen, dass das Lot neben dem Hauptlegierungselement Kohlenstoff in einer Mindestmenge von 3 Massen% höchstens Legierungselemente aufweist, die auch im Eisenwerkstoff zumindest eines der Bauteile vorhanden sind.

AT 506 066 B1 2009-06-15

DVR 0078018

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Lötverbindung zweier Bauteile aus einem Eisenwerkstoff, von denen zumindest einer einen pulvermetallurgischen Formkörper bildet, wobei ein Lot auf Eisenbasis mit Kohlenstoff als Legierungselement vor oder nach dem Einbringen in den Lötspalt zwischen den beiden Bauteilen unter Schutzgas auf Schmelztemperatur erhitzt wird.

Um pulvermetallurgische Formteile auf Eisenbasis zu umfassenderen Werkstücken zu verbinden, kommen verschiedene Fügetechniken in Betracht, unter anderem eine Lötverbindung, wobei entweder fertig gesinterte Teile verlötet werden oder das Löten in einem Arbeitsgang mit dem Sintern als sogenanntes Sinterlöten durchgeführt wird. Das Löten von pulvermetallurgischen Formteilen auf Eisenbasis ist gegenüber dem bekannten Löten von erschmolzenen Eisenwerkstoffen dadurch erschwert, dass aufgrund der unter der Wirkung von Kapillarkräften in die offenen Poren der Sinterwerkstoffe eindringenden, für erschmolzene Eisenwerkstoffe geeigneten Lote der Lötspalt an Schmelze verarmt und folglich keine ausreichende Lotmenge zur Stoffverbindung zur Verfügung steht. Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, wurde bereits ein Lot vorgeschlagen (DE 35 06 275 A1), das sich aus einem Legierungspulver auf Eisenbasis mit Kohlenstoff und insbesondere Phosphor als Legierungselemente und einem Legierungspulver auf Eisenbasis mit vorzugsweise Chrom als Hauptlegierungselement zusammensetzt. Bei einer Erwärmung dieses Lots wird lediglich der eutektische Bestandteil der Eisen-Kohlenstoff-Phosphor-Legierung schmelzflüssig, während die Eisen-Chrom-Legierung fest bleibt. Dies bedeutet eine vergleichsweise hohe Viskosität der Schmelze und damit eine erhebliche Behinderung der Kapillarwirkung. Außerdem diffundieren Kohlenstoff und Phosphor aus dem schmelzflüssigen eutektischen Bestandteil des Lots über die durch die Poren bedingte große Oberfläche in den Eisenwerkstoff der zu verlötenden Bauteile, wodurch die eutektische Zusammensetzung des schmelzflüssigen Bestandteils im Bereich der zu lötenden Bauteile verloren geht. Die Schmelztemperatur steigt an und die durch die erstarrte Schmelze verschlossenen Poren verhindern ein weiteres Abwandern des Lots aus dem Lötspalt. Nachteilig bei diesem bekannten Lötverfahren ist allerdings, dass der Phosphor bzw. das den Phosphor allenfalls ersetzende Molybdän langsamer als der Kohlenstoff in die Eisenmatrix der zu verlötenden Bauteile diffundiert, aufgrund der üblichen Löttemperaturen und -zeiten weitgehend in der Lötnaht verbleibt und spröde Eutektika bildet. Außerdem weist die Lötnaht einen erheblichen Chromanteil auf, der die Werkstoffeigenschaften der Lötnaht im Allgemeinen von denen der gelöteten Bauteile in oft unerwünschter Weise unterschiedlich macht.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Lötverbindung zweier Bauteile aus einem Eisenwerkstoff der eingangs geschilderten Art so auszugestalten, dass eine vorteilhafte Annäherung der Werkstoffeigenschaften der Lötnaht an die der zu verbindenden Bauteile erreicht werden kann.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass das Lot neben dem Hauptlegierungselement Kohlenstoff in einer Mindestmenge von 3 Massen% höchstens Legierungselemente aufweist, die auch im Eisenwerkstoff zumindest eines der Bauteile vorhanden sind.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es keiner Zusammensetzung des Lots aus einer eutektischen Legierung mit in die Eisenmatrix der zu lötenden Bauteile gut diffundierenden Elementen einerseits und einer hochschmelzenden Legierung andererseits bedarf, um ein übermäßiges Abwandern des Lots aus dem Lötspalt zu unterbinden. Es genügt vielmehr der Einsatz einer eutektischen Legierung aus Eisen und Kohlenstoff, weil aufgrund der raschen Diffusion des Kohlenstoffs in die Eisenmatrix des zu lötenden Bauteils die eutektische Zusammensetzung so rasch verloren geht, dass ein übergebührielches Nachfließen der Schmelze aus dem Lötspalt in die Poren wegen des Porenverschlusses durch die erstarrende Schmelze nicht zu befürchten ist. Es ist hierfür eine ausreichende Kohlenstoffmenge zur Verfügung zu stellen, wobei sich als untere Grenze ein Kohlenstoffgehalt von 3 Massen% herausgestellt hat.

Die rasche Diffusion des Kohlenstoffs in der Eisenmatrix bewirkt aber nicht nur die Erstarrung

der Lotschmelze in den Poren, sondern auch eine Erstarrung der Lotschmelze in der eigentlichen Lötnaht, die allerdings wegen der größeren Dimension des Lötspalts gegenüber den Poren in den pulvermetallurgischen Bauteilen erheblich langsamer verläuft. Nach entsprechender Haltezeit auf der vorgesehenen Temperatur ist der Großteil des Kohlenstoffs aus der Lötnaht in die zu verlötenden Bauteile abdiffundiert, und es ergibt sich ein stetiger Abfall des Kohlenstoffgehalts von der eigentlichen Lötnaht ins Innere der Bauteile mit dem Vorteil eines weitgehend kontinuierlichen Übergangs der Werkstoffeigenschaften zwischen dem Eisenwerkstoff der Bauteile und dem der Lötnaht. Durch eine geeignete Wahl der Verfahrensparameter, insbesondere des Kohlenstoffgehalts des Lots, des Lotangebots, der Dicke des Lötspalts, der Löttemperatur und der Dauer der Wärmebehandlung, kann in der Lötnaht ein rein perlitisches oder bainitisches Gefüge ohne Sekundärzementit bzw. bei sinterhärtenden Stählen ein martensitisches Gefüge ohne nennenswerte Anteile an Restaustenit eingestellt werden, wodurch gute mechanische Festigkeit, Härte und Zähigkeit kombiniert werden. Zur zusätzlichen Angleichung der Werkstoffeigenschaften der Lötnaht an die der gelöteten Bauteile kann das Lot auch Legierungselemente aufweisen, die im Eisenwerkstoff zumindest eines der Bauteile vorhanden sind.

Besonders günstige Verhältnisse ergeben sich in diesem Zusammenhang, wenn der Anteil der zusätzlichen Legierungselemente am Lot zumindest angenähert dem Anteil dieser Legierungselemente am Eisenwerkstoff der beiden Bauteile entspricht bzw. bei ungleichem Anteil dieser Legierungselemente an den Eisenwerkstoffen der beiden Bauteile zwischen diesen Anteilen liegt. Bei Einhaltung dieser Vorgaben ist die Lötnaht gefügemäßig vom Eisenwerkstoff der durch die Lötnaht verbundenen Bauteile nicht mehr scharf abgegrenzt, sondern hat im Wesentlichen die gleichen mechanischen und chemischen Eigenschaften wie diese. Damit werden sprunghafte Änderungen der Gefügestruktur vermieden. Der einzige deutlich erkennbare Unterschied zwischen der Lötnaht und dem Grundgefüge der Bauteile ist die fehlende Porosität der Lötnaht im Vergleich zu einem pulvermetallurgischen Bauteil, was ihr eine tendenziell höhere Festigkeit und Zähigkeit als dem Grundgefüge der zu verlötenden Bauteile verleiht.

Bei deutlich unterschiedlicher Zusammensetzung der Eisenwerkstoffe der zu verlötenden Bauteile bietet das erfindungsgemäße Verfahren die Möglichkeit, durch Wahl einer Lotzusammensetzung, die hinsichtlich der Anteile der zusätzlichen Legierungselemente zwischen denen der zu verlötenden Bauteile liegt, einen allmählichen Übergang der jeweiligen Legierungsanteile von der Konzentration im Bereich des einen Bauteils über die Lötnaht in den Bereich des anderen Bauteils sicherzustellen und damit schroffe Eigenschaftssprünge zu vermeiden, die bei stoffschlüssigen Fügeverbindungen immer unerwünscht sind.

Bildet der Kohlenstoff des Lots mit dessen übrigen Bestandteilen eine eutektische Zusammensetzung, so ergeben sich besonders vorteilhafte Bedingungen hinsichtlich der Erstarrung des Lots, weil bei der Diffusion des Kohlenstoffs in die Eisenmatrix der zu lötenen Bauteile die Schmelze im Bereich des verarmten Kohlenstoffanteils rasch erstarrt und eine Diffusion vom Eisen aus dem Eisenwerkstoff der Bauteile in die Lötnaht unterbunden wird, wie dies bei einem übereutektischen Kohlenstoffanteil der Lotzusammensetzungen auftritt.

Das Lot kann auf unterschiedlicher Art in den Lötspalt zwischen den zu verlötenden Bauteilen eingebracht werden. So ist es möglich, das Lot als einen dünnen Pulverpressling zwischen die zu verlötenden Teile einzulegen und dann unter Schutzgas auf die erforderliche Löttemperatur zu erwärmen. Aufgrund der niedrigen Viskosität der möglichst eutektischen Lotschmelze kann das Lot aber auch durch die Kapillarwirkung in den Lötspalt eingesaugt werden, sodass es ausreicht, das Lot im unmittelbaren Anschluss an den Lötspalt vorzusehen, was das Lötverfahren in vielen Fällen erheblich vereinfacht.

Beispiel 1:

Zwei Formkörper aus Sinterstahl mit 1,5 Massen% Molybdän und einem Kohlenstoffgehalt von 0,5 Massen% werden mit den zu verlötenden Flächen unter Zwischenlage eines Lots in Form

eines flachen Pulverpresslings mit einer Dicke von 0,5 mm aneinandergelegt. Die Pulvermischung des Lots besteht aus einem mit 1,5 Gewichts% Molybdän vorlegierten Eisenpulver (Korngröße kleiner 32 μm) und einem feinen Naturgraphit in einem Anteil von 5 Massen%. Die durch die Formkörper aus Sinterstahl gebildeten Bauteile mit der zwischen ihnen vorgesehenen Lotschicht werden unter einem Schutzgas auf Stickstoffbasis mit 5 Massen% Wasserstoffanteil auf 1200°C aufgeheizt, und zwar mit einer Aufheizrate von 10 K/min. Die Löttemperatur wird 30 min gehalten, bevor die Bauteile unter Schutzgas auf Raumtemperatur abgekühlt werden.

Beispiel 2:

Es werden zwei entwachte Pulverpresslinge in Form von Zahnrädern mit einer Dicke von 20 mm und einem Durchmesser einerseits von 20 mm und andererseits von 50 mm hergestellt, wobei der eine Pulverpressling aus einem Eisenpulver mit 0,8 Gewichts% Kohlenstoff und der andere Pulverpressling aus einem Eisenpulver mit 1,5 Massen% Molybdän und 0,7 Massen% Kohlenstoff gebildet wird. Durch an der Stirnseite eines Zahnrades mitgepresste Nasen wird zwischen den axial aneinandergefügten Zahnrädern ein Lötspalt von 0,2 mm Dicke eingestellt. Das Lot, das aus einer Pulvermischung aus einem vorlegierten Eisenpulver mit 0,85 Massen% Molybdän (Korndurchmesser kleiner 25 μm) und 4,5 Massen% Kohlenstoff besteht, wird zu einem schmalen Ring mit 20 mm Innendurchmesser gepresst und über das kleinere Zahnrad geschoben, sodass das Lot auf dem größeren Zahnrad aufliegt. Die aus den beiden Zahnrädern und dem Lotring gebildete Teilegruppe wird in einem Hubbalkenofen unter Reinstickstoff als Schutzgas bei 1250°C 30 min isotherm gesintert und gleichzeitig gelötet, indem das Lot aufschmilzt und unter der Einwirkung der Kapillarkräfte in die Fügestelle eindringt. Nach Ablauf der isothermen Sinterzeit wird der sintergelötete Körper unter Schutzgas auf Raumtemperatur abgekühlt.

Beispiel 3:

Ein Zahnrad aus schmelzmetallurgischem Einsatzstahl mit 1,25 Massen% Mangan und 0,9 Massen% Chrom wird mit einem aus Pulver gepressten und gesinterten Zahnriemenrad verlötet, das aus einem Eisenwerkstoff mit 0,85 Massen% Molybdän und 0,3 Massen% Kohlenstoff gebildet wird. Das Zahnriemenrad wird zentrisch auf das Zahnrad gelegt, sodass sich die Nabenbereiche beider Räder flächig berühren. In zwei durchgehende Bohrungen mit 6 mm Durchmesser im Nabenbereich des Zahnriemenrades werden aus Elementarpulver gemischte und axial gepresste Zylinder (Durchmesser 5 mm) eines Lots aus 0,5 Massen% Mangan, 0,5 Massen% Molybdän und 5 Massen% Kohlenstoff, Rest Eisen, eingesetzt. Die Teilegruppe wird unter Stickstoff mit einem Wasserstoffgehalt von 10 Vol.% 15 min bei 1250°C sintergelötet, wobei das Lot in den Bohrungen aufschmilzt und durch Kapillarkräfte in die Fügestelle eindringt. Nach der Lötung wird die Teilegruppe unter Schutzgas abgekühlt.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Lötverbindung zweier Bauteile aus einem Eisenwerkstoff, von denen zumindest einer einen pulvermetallurgischen Formkörper bildet, wobei ein Lot auf Eisenbasis mit Kohlenstoff als Legierungselement vor oder nach dem Einbringen in den Lötspalt zwischen den beiden Bauteilen unter Schutzgas auf Schmelztemperatur erhitzt wird, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Lot neben dem Hauptlegierungselement Kohlenstoff in einer Mindestmenge von 3 Massen% höchstens Legierungselemente aufweist, die auch im Eisenwerkstoff zumindest eines der Bauteile vorhanden sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Anteil der zusätzlichen Legierungselemente am Lot zumindest angenähert dem Anteil dieser Legierungselemente am Eisenwerkstoff der beiden Bauteile entspricht bzw. bei ungleichem Anteil dieser Legierungselemente an den Eisenwerkstoffen der beiden Bauteile zwischen diesen Anteilen

liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Lot zumindest die für die jeweils geforderten Eigenschaften der Bauteile wesentlichen Legierungsbestandteile wenigstens des Eisenwerkstoffes eines Bauteils aufweist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Kohlenstoff des Lots mit dessen übrigen Bestandteilen eine eutektische Zusammensetzung bildet.

Keine Zeichnung