



Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer: **AT 400 692 B**

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 754/94

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **B32K 35/32**  
B32K 35/30

(22) Anmeldetag: 13. 4.1994

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 7.1995

(45) Ausgabetag: 26. 2.1996

(56) Entgegenhaltungen:

CHEM. ABSTR. 116: 111419B 103: 11394C 104: 73497T 75:  
120841V  
EP 108959A1 EP 332978A1 EP 185954A2 EP 110418A2  
DE 3732749A

(73) Patentinhaber:

PLANSEE AKTIENGESELLSCHAFT  
A-6600 REUTTE, TIROL (AT).

(72) Erfinder:

EITER JOHANN  
BREITENWANG, TIROL (AT).  
HUBER THOMAS  
REUTTE, TIROL (AT).  
KÖCK WOLFGANG DR.  
REUTTE, TIROL (AT).

(54) HARTLOT

(57) Die Erfindung betrifft ein Hartlot für Hochtemperatur-Lötungen zum Verbinden von hochtemperaturfesten Werkstoffen, insbesondere von Chrom und Legierungen auf Chrombasis.

Das Hartlot besteht aus 40 bis 70 Gew.% Chrom, aus bis zu 2 Gew.% von einem oder mehreren Metallen aus der Gruppe Vanadium, Niob, Tantal, Titan, Zirkon und Hafnium, aus bis zu 2 Gew.% von einem oder mehreren Metallen und/oder deren Oxiden aus der Gruppe Seltene Erden und Yttrium sowie aus Nickel als Rest. Das erfindungsgemäße Lot ist insbesondere zum Verlöten von Teilen in Festelektrolyt-Hochtemperatur-Brennstoffzellen geeignet.

AT 400 692 B

Die Erfindung betrifft ein Hartlot für Hochtemperatur-Lötungen zum Verbinden von hochtemperaturfesten Werkstoffen insbesondere, von Chrom und Legierungen auf Chrombasis.

Bekannte Lote zum Hartlöten derartiger Werkstoffe sind Hartlote wie Zirkon, Titan, Vanadium oder solche auf Nickelbasis mit bis zu etwa 20 Gew.% Chromanteil und Anteilen von etwa 4 Gew.% Bor und/oder Silizium, die insbesondere beim Löten von Chrom oder Legierungen auf Chrombasis zum Einsatz kommen. Die letztgenannten Lote können neben Bor und/oder Silizium auch noch geringe Anteile an Molybdän und/oder Eisen enthalten.

Die genannten Lote auf Nickelbasis werden aus Pulvern in einem speziellen schmelzmetallurgischen Verfahren (Melt Spinning) in Form amorpher Folien hergestellt und werden als "rapidly solidified filler metals" beschrieben. Die Anteile an Bor und/oder Silizium im Lot dienen einerseits zur Senkung des Schmelzpunktes und andererseits zur Verbesserung der Benetzbarkeit des Lotes.

Nachteilig dabei ist, daß es durch die Bor- und/oder Siliziumanteile bei der Lötung zur Ausbildung intermetallischer Phasen mit unerwünschten Härten oder teilweise zu geringer Festigkeit kommt. Darüberhinaus weisen die bekannten Lote aufgrund ihres geringen Chromgehaltes einen Schmelzpunkt von max. etwa 1200 °C auf, der für viele Anwendungsfälle oftmals nicht ausreichend ist.

Der Chemical Abstract 103-11394c beschreibt die Verwendung einer Ni-Cr-Legierung mit bis zu 44 Gew.% Chromanteil zum Aufschmelzen auf Porzellan in der Zahnprothetik.

Der Chemical Abstract 108-60867w beschreibt die Verwendung einer Ni-Cr-Legierung mit bis zu 50 Gew.% Chromanteil für Gegenstände, die korrosiver Beanspruchung ausgesetzt sind.

Beiden Vorveröffentlichungen ist die Verwendung derartiger Legierungen als Lotmaterial für Hochtemperatur-Lötungen nicht zu entnehmen.

Die Chemical Abstracts 119-165908, 114-231119j, 112-122117v sowie 120-251017b beschreiben Lotlegierungen auf Ni-Cr-Basis mit einem maximalen Chromanteil von 30 Gew.%. Derartige Lotlegierungen sind jedoch für Hochtemperatur-Lötverbindungen von Gegenständen aus Chrom bzw. Legierungen auf Chrombasis nur in unzureichendem Maße geeignet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Hartlot für Hochtemperatur-Lötverbindungen zu schaffen, mit dem es bei der Lötung zu keinen versprödhenden intermetallischen Phasen kommt und das Einsatztemperaturen der verlöteten Werkstoffe bis mindestens 1300 °C ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß es aus 40 bis 70 Gew.% Chrom, aus bis zu 2 Gew.% von einem oder mehreren Metallen aus der Gruppe Vanadium, Niob, Tantal, Titan, Zirkon und Hafnium, aus bis zu 2 Gew.% von einem oder mehreren Metallen und/oder deren Oxiden aus der Gruppe Seltene Erden und Yttrium sowie aus Nickel als Rest besteht.

Das erfindungsgemäße Lot benetzt völlig überraschend die zu verbindenden Werkstoffe, auch ohne Anteile an Bor und/oder Silizium ausgezeichnet und weist einen gut kontrollierbaren Lotfluß auf, wodurch ein Austreten des Lotes aus dem Lotspalt und damit ein Nacharbeiten der verlöteten Teile vermieden wird. Das Lot ist insbesondere zum Verbinden von Chrom bzw. chromhaltigen Werkstoffen geeignet.

Aber auch andere hochtemperaturfeste Materialien, insbesondere hochschmelzende Metalle wie Wolfram oder Molybdän, Graphit, aber auch keramische Werkstoffe wie SiC, TiC, TiB<sub>2</sub> und dgl. sind zum Verlöten unter Verwendung des erfindungsgemäßen Lotes gut geeignet.

Neben diesen Eigenschaften weist das erfindungsgemäße Lot eine hohe Duktilität, eine gute Wärmeleitfähigkeit, eine gute elektrische Leitfähigkeit sowie eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit auf.

Durch Anteile von bis zu 2 Gew.% von einem oder mehreren der Metalle aus der Gruppe Vanadium, Niob, Tantal, Titan, Zirkon und Hafnium läßt sich die Duktilität des Lotes noch weiter verbessern, ohne daß andere gute Eigenschaften in größerem Ausmaß negativ beeinflusst werden.

Durch Anteile von bis zu 2 Gew.% an Seltenen Erden, Yttrium und/oder deren Oxiden wird eine Verbesserung des Lotes hinsichtlich seiner Heißgaskorrosionsbeständigkeit erreicht.

Als besonders vorteilhaft hat sich ein Lot mit 50 Gew.% Chrom, Rest Nickel erwiesen.

Bevorzugt wird das Lot in Form von dünnen Folien mit einer Folienstärke zwischen 50 und 200 µm eingesetzt.

Die Herstellung der Folien erfolgt dabei vorteilhafterweise durch pulvermetallurgische Verfahren.

Als besonders bevorzugtes Verfahren wird ein Rohling durch Mischen, Pressen und Sintern der pulverförmigen Ausgangsmaterialien hergestellt. Danach wird der Rohling luftdicht eingekannt und der eingekannte Rohling auf eine Blechstärke von etwa 2 mm warmgewalzt. Nach dem Entfernen des Kannungsmaterials wird das Blech auf die gewünschte Folienstärke kaltgewalzt.

Neben der Folienform kann das erfindungsgemäße Lot auch in Drahtform hergestellt werden.

Das erfindungsgemäße Lot hat sich insbesondere zum Verlöten von Teilen in Festelektrolyt Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC-Brennstoffzellen) bewährt.

Bei derartigen Brennstoffzellen wird ein keramischer Festelektrolyt auf ZrO<sub>2</sub>-Basis verwendet, der auf

beiden Seiten mit metallischen Elektroden in Verbindung steht, wobei an einer Elektrode Sauerstoff und an der anderen Elektrode der Brennstoff zugeführt wird. Als Brennstoff sind bei den SOFC-Brennstoffzellen neben Wasserstoff auch Kohlenwasserstoffe geeignet.

Bei der Herstellung von SOFC-Brennstoffzellen-Modulen können mehrere in Serie geschaltete plan aufeinanderliegende Brennstoffzellen über sogenannte bipolare Platten zusammengeschaltet werden, wobei die bipolare Platte die Kathode der einen Zelle mit der Anode der benachbarten Zelle elektrisch leitend verbindet.

Als bevorzugte Materialien für die bipolaren Platten, aber auch für andere Bauteile der Hochtemperatur-Brennstoffzellen werden Legierungen auf Chrombasis verwendet. Die einzelnen Teile derartiger Brennstoffzellen werden vorteilhafterweise durch Löten miteinander verbunden, wobei an das Lot eine Vielzahl unterschiedlicher Anforderungen gestellt werden. So muß das Lot beispielsweise eine gute Wärmeleitfähigkeit und gute elektrische Leitfähigkeit aufweisen, der thermische Ausdehnungskoeffizient muß möglichst nahe an jenen des keramischen Elektrolyten und der metallischen Teile liegen und es muß vor allem eine gute Korrosionsbeständigkeit gegenüber den heißen Gasen, wie Luft, Wasserstoff sowie Kohlenwasserstoffe gegeben sein.

Das erfindungsgemäße Lot wird in hervorragender Weise allen diesen Eigenschaften gerecht, sodaß es sich für diesen speziellen Einsatzfall in besonderer Weise eignet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Beispielen näher erläutert:

#### 20 BEISPIEL 1:

Zur Herstellung einer bipolaren Platte für eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle wurden mehrere Bleche mit den Abmessungen 200 x 200 mm und 2 mm Blechstärke aus einer Chromlegierung mit 5 Gew.% Eisen und 1 Gew.% Yttriumoxid unter Verwendung des erfindungsgemäßen Lotes flächig miteinander verlötet. Dazu wurden die Bleche im Ultraschallbad gereinigt. Danach wurde der Löttaufbau mit drei übereinander angeordneten Blechen mit jeweils dazwischen angeordneten Lötfolien aus 50 Gew.% Nickel und 50 Gew.% Chrom mit einer Schichtstärke von 0,075 mm angeordnet. Der Löttaufbau wurde mit Gewichten, etwa 20 - 40 g/cm<sup>2</sup> beschwert und in einen Lötöfen eingebracht. Die Lötung erfolgte unter Wasserstoffatmosphäre. Der Lötöfen wurde von Raumtemperatur in 2 Stunden 30 Minuten auf 1350 °C erhitzt und während 5 Minuten auf dieser Temperatur gehalten. Danach erfolgte die Abkühlung auf Raumtemperatur während 3 Stunden. Eine zerstörungsfreie Prüfung des Lotverbundes ergab einen einwandfreien Zustand der Verbindung der einzelnen Bleche untereinander. Aus den Lötspalten war kein Lötmaterial ausgetreten, sodaß eine Nachbearbeitung der bipolaren Platte entfallen konnte.

Die derart hergestellte bipolare Platte wurde in eine SOFC-Brennstoffzelle eingebaut und getestet. Nach einem Betrieb der Brennstoffzelle von etwa 1000 Stunden konnten an der bipolaren Platte keinerlei Risse oder negative Auswirkungen korrodierender Einflüsse festgestellt werden.

#### BEISPIEL 2:

Zur Herstellung einer Lötfolie mit der Zusammensetzung 50 Gew.% Chrom, Rest Nickel, wurden 5 kg Chrompulver mit einer mittleren Korngröße von 30 µm sowie 5 kg Nickelpulver mit einer mittleren Korngröße von 3 µm miteinander vermischt. Danach wurde die Pulvermischung mit einem Preßdruck von 3 t/cm<sup>2</sup> zu einem Preßling mit den Abmessungen 25 x 170 x 400 mm verpreßt.

Der Preßling wurde bei einer Temperatur von 1200 °C während 6 Stunden gesintert und anschließend in einen Stahlmantel mit 2 mm Wandstärke nach einem Evakuieren luftdicht eingeschweißt.

Der eingekante Sinterling wurde bei einer Temperatur von 1200 °C auf eine Dicke von 2 mm warmgewalzt. Nach dem chemischen Entfernen des Stahlmantels wurde das Blech geschliffen und durch Kaltwalzen auf eine Folienstärke von 50 µm gebracht.

#### 50 Patentansprüche

1. Hartlot für Hochtemperatur-Lötungen zum Verbinden von hochtemperaturfesten Werkstoffen, insbesondere von Chrom und Legierungen auf Chrombasis, **dadurch gekennzeichnet**,  
daß es aus 40 bis 70 Gew.% Chrom, aus bis zu 2 Gew.% von einem oder mehreren Metallen aus der Gruppe Vanadium, Niob, Tantal, Titan, Zirkon und Hafnium, aus bis zu 2 Gew.% von einem oder mehreren Metallen und/oder deren Oxiden aus der Gruppe Seltene Erden und Yttrium sowie aus Nickel als Rest besteht.

## AT 400 692 B

2. Hartlot für Hochtemperatur-Lötungen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß es aus 50 Gew.% Chrom, Rest Nickel besteht.
3. Hartlot für Hochtemperatur-Lötungen nach Anspruch 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß es als  
5 duktile Folie vorliegt.
4. Verfahren zur Herstellung eines Hartlotes in Folienform nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch die folgenden Verfahrensschritte:
- Herstellen eines Rohlings durch Mischen, Pressen und Sintern der pulverförmigen Ausgangsmaterialien
  - luftdichtes Einkannen des Rohlings
  - Warmwalzen des gekanteten Rohlings auf eine Blechstärke von etwa 1 - 3 mm
  - Entfernen des Kammungsmaterials
  - Kaltwalzen des Bleches auf die gewünschte Folienstärke.
- 10
- 15
5. Verwendung des Hartlotes nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zum Verlöten von Teilen in Festelektrolyt-Hochtemperatur-Brennstoffzellen.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55