



(10) **DE 103 29 552 B4** 2011.03.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 29 552.6**
(22) Anmeldetag: **30.06.2003**
(43) Offenlegungstag: **03.02.2005**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.03.2011**

(51) Int Cl.⁸: **C22C 1/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Meyer, Lothar W., Prof. Dr.-Ing., 09235
Burkhardtsdorf, DE; Collatz-Meyer, Anna Bianca,
Dr., 09235 Burkhardtsdorf, DE**

(74) Vertreter:
Findeisen Hübner Neumann, 09112 Chemnitz

(72) Erfinder:
**Krüger, Lutz, Dr.-Ing., 09125 Chemnitz, DE;
Trommer, Frank, Dipl.-Ing., 08543 Pöhl, DE;
Meyer, Lothar Werner, Prof. Dr.-Ing., 09235
Burkhardtsdorf, DE; Wielage, Bernhard, Prof. Dr.-
Ing. habil., 32805 Horn-Bad Meinberg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 37 50 385 T2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von Durchdringungs-Verbundwerkstoffen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung von Durchdringungs-Verbundwerkstoffen aus Titanaluminid, Titan und Aluminium, dadurch gekennzeichnet, dass

a) Titanwerkstoffe und Aluminiumwerkstoffe verwendet werden, die in Form von

- Abfall der spanenden Bearbeitung,
- Pellets,
- Pulver,
- Verdünnungsabfälle und
- Schredderschrott

vorliegen und aus Titan und/oder Titanlegierungen sowie aus Aluminium und/oder Aluminiumlegierungen bestehen;

b) die Titanwerkstoffe und Aluminiumwerkstoffe gesäubert und zerkleinert werden;

c) in einem Behälter vorbestimmter Form durch Befüllen mit einer Schüttung, bestehend aus 40,0 Vol.-% bis 99,9 Vol.-% Titan und/oder Titanlegierungen und 0,1 Vol.-% bis 60 Vol.-% Aluminium und/oder Aluminiumlegierungen, und anschließend mechanischen Verdichten ein Vorkörper vorbestimmter Form hergestellt wird und

dieser Vorkörper anschließend mit einer Schmelze aus Aluminium infiltriert wird, wobei Titan und Aluminium zu Titanaluminid reagieren.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Durchdringungs-Verbundwerkstoffen aus Titanaluminid, Titan und Aluminium.

[0002] Die Herstellung von Titan-TiAl₃-Laminaten unter Vakuumbedingungen und die Herstellung anderer Lamine aus Metall und intermetallischen Verbindungen bei hohen Temperaturen und partiell unter Beaufschlagung von Drücken unterschiedlicher Höhe ist bekannt. Weiterhin ist die Herstellung von Titan-TiAl₃-Laminaten durch Reaktionsfoliensintern unter Atmosphäre bekannt. Mit diesem Verfahren können auch relativ dicke TiAl₃-Schichten erzeugt werden. Es ist auch die Herstellung von dichten Werkstoffen und Bauteilen aus TiAl durch Reaktionssintern aus Ti-Al-Elementepulvermischungen bekannt. Eine weitere Möglichkeit ist die Herstellung von TiAl-Titan-Verbundwerkstoffen durch eine Folienmetallurgietechnik. Bei dieser werden Ti- und Al-Folien als Coil (Rolle) aufgewickelt und von Titan umschlossen. Der so entstehende Behälter wird verschweißt, evakuiert und auf Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes des Aluminiums erwärmt. Das Al reagiert mit einem Teil des Titan und es bildet sich TiAl₃, sowie andere Titanaluminide. Nach dem Glühprozess der Ausgangswerkstoffe Aluminium und Titan werden alternierende Schichten aus TiAl₃, Ti und Poren beobachtet. Kaltaußenrundhämmern und die abschließende Diffusionsreaktion und Kompaktierung durch Heiß-Isostatisches Presse (HIP) führt zu TiAl im Titanbehälter. Letztlich ist aus der DE 37 50 385 T2 ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes bekannt, bei dem die Vorläufer des intermetallischen Materials und der zweiten Phase in Kontakt und bei ausreichender Temperatur zur Reaktion gebracht werden.

[0003] Diese Verfahren habenden grundsätzlichen Nachteil, dass die Kosten für die Herstellung der Durchdringungs-Verbundwerkstoffe relativ hoch sind. Ursache dafür sind die hohen Materialkosten für die zum Einsatz kommenden Ausgangsstoffe, wie beispielsweise Titanbleche und Titanfolien.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung von Durchdringungs-Verbundwerkstoffen aus Titanaluminid, Titan und Aluminium zu entwickeln, bei dem die Herstellungskosten bedeutend verringert sind.

[0005] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass

- a) Titanwerkstoffe und Aluminiumwerkstoffe verwendet werden, die in Form von
 - Abfall der spanenden Bearbeitung,
 - Pellets,
 - Pulver,
 - Verdünnungsabfälle und
 - Schredderschrott

vorliegen und aus Titan und/oder Titanlegierungen sowie aus Aluminium und/oder Aluminiumlegierungen bestehen;

- b) die Titanwerkstoffe und Aluminiumwerkstoffe gesäubert und zerkleinert werden;
- c) in einem Behälter vorbestimmter Form durch Befüllen mit einer Schüttung, bestehend aus 40,0 Vol.-% bis 99,9 Vol.-% Titan und/oder Titanlegierungen und 0,1 Vol.-% bis 60 Vol.-% Aluminium und/oder Aluminiumlegierungen, und anschließend mechanischen Verdichten ein Vorkörper vorbestimmter Form hergestellt wird und
- d) dieser Vorkörper anschließend mit einer Schmelze aus Aluminium infiltriert wird, wobei Titan und Aluminium zu Titanaluminid reagieren. Vorteilhaft ist es, wenn Titan als offenporiger Schaum oder Schwamm verwendet wird.

[0006] Zweckmäßig ist, dass dem Schüttgut mineralische Bestandteile, wie Al₂O₃ und SiO₂, im Umfang von 0,1 Vol.-% bis 30 Vol.-% des Schüttgutes zugegeben werden. Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden dem Schüttgut Komponenten aus Kupfer im Umfang von 0,1 Vol.-% bis 15 Vol.-% des Schüttgutes zugegeben. Weiterhin ist bedeutend, dass der Reaktionsprozess von Titan und Aluminium zu Titanaluminid unterbrochen wird, nachfolgend das vorreagierte Halbzeug zunächst plastisch umgeformt und bei Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes von Aluminium der Reaktionsprozess fortgesetzt wird.

[0007] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die verwendeten Aluminiumwerkstoffe sind:

Aluminium mit einer Qualität von max. Al 99,9 und/oder

Aluminiumlegierung(en)

max. 20 Gew.-% Cu

max. 15 Gew.-% Mg

max. 20 Gew.-% Si

max. 20 Gew.-% Zn

max. 5 Gew.-% Fe

max. 5 Gew.-% Cr

max. 5 Gew.-% Mn

max. 5 Gew.-% Li

max. 4 Gew.-% Ti

Rest Al, einschließlich üblicher Verunreinigungen.

[0008] Die verwendeten Titanwerkstoffe sind: Titan mit einer Qualität von max. Ti 99,9 und/oder

Titanlegierung(en)
 max. 24 Gew.-% V
 max. 20 Gew.-% Cr
 max. 10 Gew.-% Fe
 max. 20 Gew.-% Mo
 max. 30 Gew.-% Al
 max. 6 Gew.-% Sn
 max. 15 Gew.-% Zr
 max. 1 Gew.-% Si
 max. 20 Gew.-% Cu
 max. 20 Gew.-% Ni
 max. 12 Gew.-% Mn
 max. 30 Gew.-% Nb
 max. 15 Gew.-% Ta
 max. 15 Gew.-% W

Rest Titan, einschließlich üblicher Verunreinigungen

[0009] In einen Behälter beispielsweise in einen Tiegel werden nacheinander 40 Vol.-% Titanwerkstoffe, bestehend aus einer Ti-6Al-4V-Legierung aus Abfällen der spanenden Bearbeitung, wobei die Späne vorher gesäubert und bis auf 0,5 cm² zerkleinert werden, und aus 60 Vol.-% Aluminiumwerkstoff, bestehend aus Al 99,5 als Bruchstücke in einer Größe von 4 × 4 × 0,3 mm³ eingefüllt. Der Füllung werden zusätzlich 10 Vol.-% Kupfer als Pulver mit 50 µm mittlerer Korngröße beigegeben. Diese Füllung wird nachfolgend mechanisch verdichtet. Der Zusatz von Kupfer zum Schüttgut kann 0,1 Vol.-% bis 15 Vol.-% des Schüttgutes betragen. Daneben können auch mineralische Bestandteile, wie Al₂O₃ und SiO₂, in Größenordnung von 0,1 Vol.-% bis 30 Vol.-% dem Schüttgut zusätzlich zugegeben werden.

[0010] Der mechanisch verdichtete Vorkörper wird drucklos unter Inertgasatmosphäre oder unter Vakuum auf eine Temperatur von 850°C erwärmt und auf dieser Temperatur 5 Minuten gehalten. Anschließend wird auf 700°C abgekühlt und auf dieser Temperatur 1 Stunde gehalten. Bei der Infiltration von Aluminium reagiert Titan und Aluminium zu Titanaluminid. Der Reaktionsprozess kann unterbrochen werden, nachdem die Bildung von Titanaluminid eingesetzt hat. Das entstandene vorreagierte Halbzeug kann dann zunächst plastisch umgeformt und nachträglich bei Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes des Aluminiumwerkstoffes weiter reagiert werden. Je nach der Wahl der Temperatur und der Zeit sowie der Volumenverhältnisse der Ausgangsstoffe Titan und Aluminium werden diese vollständig oder teilweise zu Titanaluminid umgesetzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Durchdringungs-Verbundwerkstoffen aus Titanaluminid, Titan und Aluminium, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 a) Titanwerkstoffe und Aluminiumwerkstoffe verwendet werden, die in Form von
 – Abfall der spanenden Bearbeitung,

– Pellets,
 – Pulver,
 – Verdünnungsabfälle und
 – Schredderschrott

vorliegen und aus Titan und/oder Titanlegierungen sowie aus Aluminium und/oder Aluminiumlegierungen bestehen;

b) die Titanwerkstoffe und Aluminiumwerkstoffe gesäubert und zerkleinert werden;

c) in einem Behälter vorbestimmter Form durch Befüllen mit einer Schüttung, bestehend aus 40,0 Vol.-% bis 99,9 Vol.-% Titan und/oder Titanlegierungen und 0,1 Vol.-% bis 60 Vol.-% Aluminium und/oder Aluminiumlegierungen, und anschließend mechanischen Verdichten ein Vorkörper vorbestimmter Form hergestellt wird und

dieser Vorkörper anschließend mit einer Schmelze aus Aluminium infiltriert wird, wobei Titan und Aluminium zu Titanaluminid reagieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Titan als offenporiger Schaum oder Schwamm verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schüttgut mineralische Bestandteile, wie Al₂O₃ und SiO₂, im Umfang von 0,1 Vol.-% bis 30 Vol.-% des Schüttgutes zugegeben werden

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schüttgut Komponenten aus Kupfer im Umfang von 0,1 Vol.-% bis 15 Vol.-% des Schüttgutes zugegeben, werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktionsprozess von Titan und Aluminium zu Titanaluminid unterbrochen wird, nachfolgend das vorreagierte Halbzeug zunächst plastisch umgeformt und bei Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes von Aluminium der Reaktionsprozess fortgesetzt wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen