



(11) **EP 2 514 845 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.10.2012 Patentblatt 2012/43

(51) Int Cl.:
C22C 1/00 (2006.01) C22F 1/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12164534.5**

(22) Anmeldetag: **18.04.2012**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **21.04.2011 DE 102011007898**

(71) Anmelder:
• **Leibniz-Institut für Festkörper- und
Werkstoffforschung Dresden e.V.
01069 Dresden (DE)**

• **Technische Universität Dresden
01069 Dresden (DE)**

(72) Erfinder:
• **Freudenberger, Jens
01099 Dresden (DE)**
• **Marr, Tom
01069 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Rauschenbach, Marion
Rauschenbach Patentanwälte,
Bienertstrasse 15
01187 Dresden (DE)**

(54) **Verfahren zur Herstellung von Halbzeugen auf der Basis von intermetallischen Verbindungen**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf die Gebiete der Werkstoffwissenschaft und Umformtechnik und betrifft ein Verfahren, bei dem die Halbzeuge beispielsweise als Schweißdraht eingesetzt werden können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Herstellung von Halbzeugen auf der Basis von intermetallischen Verbindungen anzugeben, welches einfacher realisierbar und kostengünstiger ist.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, bei dem eine erste Hülle aus einem Metall mit einem zweiten

anderen Metall gefüllt wird, nachfolgend die gefüllte und geschlossene erste Hülle mittels Hämmern kaltumgeformt wird, danach das entstandene Umformgut zerkleinert und in eine weitere zweite Hülle aus einem Metall eingebracht und auch diese gefüllte und geschlossene mindestens zweite Hülle wieder mittels Hämmern kaltumgeformt wird, und mindestens nach dem letzten Umformschritt eine Wärmebehandlung durchgeführt wird.

EP 2 514 845 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf die Gebiete der Werkstoffwissenschaft und Umformtechnik und betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Halbzeugen auf der Basis von intermetallischen Verbindungen, welche beispielsweise als Schweißdraht für Auftrags- oder Verbindungsschweißen von Bauteilen auf der Basis von intermetallischen Verbindungen, wie Schaufeln in stationären Gasturbinen, Niederdruckverdichtern in Flugzeugturbinen oder als Konstruktionswerkstoff eingesetzt werden können.

[0002] Nach dem Stand der Technik sind zahlreiche Verfahren bekannt, metallische und nichtmetallische Materialien zu Halbzeugen zu verarbeiten. Insbesondere für metallische Materialien sind Ur- oder Umformverfahren, wie Gießen, Walzen, Ziehen, gut bekannt. Buch: Umformtechnik, Kurt Lange (Hrsg.), 2. Auflage, 1984, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg u.a..

[0003] Weiterhin bekannt sind spezialisierte Metallumformverfahren zur Einstellung von ultrafeinkörnigen Gefügen in metallischen Werkstoffen (T. Marr, u.a., Adv. Eng. Mater. 12 (2010) 1191-1197). Dabei wird eine Umformung mittels einer Schmiedetechnologie erreicht, indem das Ausgangsmaterial durch Rundkneten oder Hämmern im Durchmesser sukzessive reduziert wird. Anschließend erfolgt die Teilung des entstandenen Drahtes und das Einstapeln in ein Hüllrohr. Wiederholtes Rundkneten oder Hämmern dieses Verbundes verfeinert das Gefüge und die geometrische Struktur.

[0004] Intermetallische Verbindungen sind chemisch homogene Verbindungen aus zwei oder mehr Metallen. Sie zeigen im Unterschied zu Legierungen häufig kristalline Strukturen (Gitter), die sich von denen der konstituierenden Metalle unterscheiden. In ihrem Gitter herrscht eine Mischbindung aus einem metallischen Bindungsanteil und geringeren Atombindungs- bzw. Ionenbindungsanteilen. Aus diesem Grund ist die Schmelztemperatur solcher Verbindungen häufig höher als die der Einzelkomponenten.

Bekannte intermetallische Verbindungen sind beispielsweise Heusler-Verbindungen, Verbindungen aus Formgedächtnismaterialien oder Supraleiterverbindungen (siehe beispielsweise Wikipedia, Stichwort Intermetallische Verbindungen).

[0005] Weiterhin bekannt sind Herstellungsverfahren für intermetallische Verbindungen. Hergestellt werden intermetallische Verbindungen sowohl durch pulvermetallurgische, als auch durch herkömmliche Schmelzverfahren, wobei gerade wegen ihrer mechanischen Eigenschaften die Herstellung und Verarbeitung schwierig sein kann.

[0006] So können Titanaluminide o. ä. beispielsweise über Schmelzen und Gießen in einem Kaltwand-Induktions-Tiegelofen hergestellt werden (Einsatz des Kaltwand-Induktions-Tiegelofens zum Schmelzen und Gießen von TiAl-Legierungen, Matthias Vogt, VDI Verlag 2001, Düsseldorf). Dabei kommt es nur zu einem gerin-

gen Kontakt zwischen dem zu schmelzenden Material und der geschlitzten, wassergekühlten Kupferkokille, die sich innerhalb einer Induktionsspule befindet. Das Verfahren eignet sich daher für hochschmelzende, hochreine und (im heißen Zustand) chemisch aggressive Materialien, wie die Titanaluminide, da das Verfahren auch leicht im Vakuum betrieben werden kann.

Weiterhin sind andere Verfahren zu Herstellung solcher Verbindungen bekannt (JP-A-63-247321). Hier werden Titanaluminidhalbzeuge in einem aufwändigen, mehrstufigen pulvermetallurgischem Verfahren hergestellt, bei dem zunächst Aluminium- und Titanpulvermischungen kalt isostatisch verpresst, die entlüfteten Grünstücke auf 455°C erhitzt, und anschließend nochmals verpresst und extrudiert werden müssen.

[0007] Nachteilig an den bekannten Lösungen ist, dass die Herstellung von intermetallischen Verbindungen nur mittels aufwändiger Verfahren möglich ist. Weiterhin sind Halbzeug- oder Bauteilgrößen auf die über schmelzmetallurgisch und pulvermetallurgisch herstellbaren Abmessungen begrenzt. Eine Drahtherstellung über diese Verfahren ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Herstellung von Halbzeugen auf der Basis von intermetallischen Verbindungen anzugeben, welches einfacher realisierbar und kostengünstiger ist.

[0009] Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung von Halbzeugen auf der Basis von intermetallischen Verbindungen wird eine erste Hülle aus mindestens einem Metall mit mindestens einem zweiten anderen Metall in kompakter und/oder Pulverform mindestens teilweise gefüllt, nachfolgend wird die gefüllte und geschlossene erste Hülle mittels Hämmern kaltumgeformt, danach wird das entstandene Umformgut zerkleinert und in eine weitere mindestens zweite Hülle aus mindestens einem Metall eingebracht und auch diese gefüllte und geschlossene mindestens zweite Hülle wieder mittels Hämmern kaltumgeformt, wobei dieser Verfahrensschritt einmal durchgeführt oder mehrmals wiederholt wird, und mindestens nach dem letzten Umformschritt wird eine Wärmebehandlung durchgeführt, wobei die Metalle insgesamt bezüglich ihrer Zusammensetzung und ihres Volumenanteils und die Wärmebehandlung zur Herstellung der intermetallischen Verbindung ausgewählt werden, und die Wärmebehandlung bei einer maximalen Temperatur durchgeführt wird, die immer unterhalb der Schmelztemperatur des niedrigstschmelzenden Metalls und/oder der Phase liegt und mindestens solange durchgeführt wird, bis mindestens das niedrigstschmelzende Metall im Wesentlichen vollständig in eine oder mehrere andere Phasen umgesetzt ist, und im Falle einer mehrstufigen Wärmebehandlung die maximale Temperatur immer unter der Schmelztemperatur des jeweils vorliegenden niedrigstschmelzenden Metalls und/

oder Phase liegt.

[0011] Vorteilhafterweise werden Halbzeuge aus Titan und Aluminium, Nickel und Aluminium, Niob und Aluminium, Lithium und Aluminium, Magnesium und Aluminium, Magnesium und Nickel hergestellt.

[0012] Weiterhin vorteilhafterweise bestehen die Halbzeuge vollständig aus einer oder mehreren intermetallischen Verbindungen.

[0013] Ebenfalls vorteilhafterweise werden Hüllen mit kreisförmigem, dreieckigem, quadratischem, rechteckigem, mehreckigem, ovalem oder ellipsoidem Querschnitt eingesetzt.

[0014] Es ist auch von Vorteil, wenn das zweite andere Metall in kompakter Form in die erste Hülle eingebracht wird.

[0015] Und weiterhin von Vorteil ist es, wenn die Zerkleinerung des Umformgutes durch Zerschneiden, Brechen, Mahlen realisiert wird.

[0016] Vorteilhafterweise ist es auch, wenn der Verfahrensschritt des Zerkleinerns des das entstandenen Umformgutes, dessen Einbringen in eine weitere mindestens zweite Hülle aus mindestens einem Metall und dessen Umformen mittels Hämmern 2 bis 10mal durchgeführt wird.

[0017] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn die Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich 100°C - 1500 °C innerhalb einer Zeit von 0,5 h bis 24 h realisiert wird, noch vorteilhafterweise, wenn die Wärmebehandlung in mehreren Stufen durchgeführt wird.

[0018] Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn zwischen Umformschritten eine Wärmebehandlung in Form einer Zwischenglühung durchgeführt wird.

[0019] Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird es erstmals möglich, Halbzeuge auf der Basis von intermetallischen Verbindungen mit einem einfachen und kostengünstigen Verfahren herzustellen, sowie auch ein Halbzeug in Form eines Drahtes erstmalig direkt herzustellen.

[0020] Aus mindestens einem Metall wird eine Hülle hergestellt. Die Hülle kann dabei einen kreisförmigen, dreieckigen, quadratischen, rechteckigen, mehreckigen, ovalen oder ellipsoiden Querschnitt aufweisen. Jede andere Form eines Querschnittes ist aber ebenfalls möglich, wobei der runde oder annähernd runde Querschnitt bevorzugt ist. In diese Hülle wird ein mindestens zweites Metall in kompakter Form oder in Pulverform eingefüllt. Als kompakte Formen können beispielsweise Rohre oder Stangen zum Einsatz kommen. Die Pulverform soll erfindungsgemäß auch stückige Teile oder Granulate des zweiten Metalls umfassen.

Die Auswahl der Metalle erfolgt danach, welche intermetallische Verbindung das Halbzeug aufweisen soll. Dabei soll das Halbzeug nach der Herstellung im Wesentlichen vollständig aus der intermetallischen Verbindung bestehen, vorteilhafterweise vollständig. Auch die Volumenanteile der Metalle der Hülle und der Metalle, die in die Hülle gefüllt werden, werden nach der herzustellenden intermetallischen Verbindung ausgewählt.

[0021] Diese erste gefüllte Hülle wird dann geschlossen, beispielsweise durch Schweißen, Löten, Falten, Falzen, Nieten oder Verstopfen und wird dann der Kaltumformung mittels Hämmern zugeführt.

5 Unter Kaltumformung soll im Rahmen dieser Erfindung die Umformung der Verbunde bei einer Temperatur unterhalb der Rekristallisationstemperatur des am niedrigsten schmelzenden Metalls des Verbundes verstanden werden. Dabei kann die Kaltumformung nach der vorliegenden Erfindung auch bei Temperaturen bis - 196 °C realisiert werden. Vorteilhafterweise soll die erfindungsgemäße Kaltumformung aber bei und um die Raumtemperatur durchgeführt werden.

10 **[0022]** Nach dem Schließen der Hülle erfolgt die Kaltumformung mittels Hämmern. Das hergestellte Umformgut wird dann zerkleinert. Die Zerkleinerung kann durch Zerschneiden, Brechen, Mahlen realisiert werden. Vorteilhafterweise wird eine Stange oder ein Draht als Umformgut hergestellt und dieses dann in Abschnitte zerteilt.

20 Das zerkleinerte Umformgut wird anschließend in eine oder mehrere zweite Hülle(n) eingestapelt. Vorteilhafterweise werden die zerteilten Stangen in die zweite Hülle eingestapelt. Es kann aber auch das zerkleinerte Umformgut in Form von Granulat oder Stücken oder Pulver in die mindestens zweite Hülle eingefüllt werden.

25 Alle Hüllmaterialien sind weiterhin Metalle. Die Auswahl der Hüllmaterialien ist immer von der zu erzielenden Zusammensetzung der intermetallischen Verbindung abhängig.

30 **[0023]** Nach dem Verschließen der Hülle erfolgt erneut die Kaltumformung mittels Hämmern. Dabei wird das Hämmern solange durchgeführt, bis der gewünschte Umformgrad erreicht, und/oder das gewünschte Halbzeug hergestellt ist. Sofern das Halbzeug sowohl hinsichtlich seiner geometrischen Abmessungen als auch hinsichtlich seiner Zusammensetzung nicht mit einem Kaltumformschritt mittels Hämmern herstellbar ist, kann dieser zweite Umformschritt mehrfach wiederholt werden, wobei immer eine oder mehrere weitere Hülle(n) eingesetzt werden können, die mit dem zerteilten Umformgut des vorherigen Umformschrittes gefüllt werden und dann mittels Hämmern weiter kaltumgeformt werden. Diese Wiederholungen können beliebig oft realisiert werden, wobei jedoch für den Gesamtprozess zu beachten ist, dass durch das Hinzufügen jedes Hüllmaterials die Zusammensetzung der im Halbzeug befindlichen Komponenten verändert werden kann. Daher ist es vorteilhaft, sowohl die Anzahl der Umformschritte als auch die jeweiligen Anteile an den Metallen vor der Umformung festzulegen.

40 45 50

[0024] Für den erfindungsgemäßen Umformprozess ist zu beachten, dass während der Umformung im Wesentlichen noch keine Umwandlung der metallischen Materialien in intermetallische Verbindungen erfolgen darf. Geringe Umwandlungen sind möglich, solange das Umformgut noch umformbar ist.

[0025] Mindestens nach dem letzten Umformschritt wird das Umformgut wärmebehandelt. Die Wärmebe-

handlung führt zur Umwandlung der metallischen Materialien in die intermetallischen Verbindungen. Die Wärmebehandlung wird dabei immer bei einer maximalen Temperatur durchgeführt, die unterhalb der Schmelztemperatur des niedrigstschmelzenden Metalls, welches eingesetzt worden ist, liegt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass je höher die Temperatur liegt, umso schneller die Umwandlung in die intermetallischen Verbindungen erfolgt.

Weiterhin muss die Wärmebehandlung solange durchgeführt werden, bis mindestens das niedrigstschmelzende Metall im Wesentlichen vollständig in das mindestens andere Metall diffundiert ist.

Im Falle einer mehrstufigen Wärmebehandlung kann im Zuge der Diffusion zwischenzeitlich eine oder mehrere metallische Phasen gebildet werden, die dann eine höhere Schmelztemperatur aufweist/aufweisen, als die des vorher vorhandenen niedrigstschmelzenden Metalls. Nach dessen vollständiger Umsetzung kann dann die maximale Temperatur der Wärmebehandlung auch höher sein, als in einer der vorherigen Stufen der Wärmebehandlung. Dadurch kann eine weitere Phasenreaktion oder eine bessere Homogenität realisiert werden.

Vorteilhafterweise wird die Wärmebehandlung je nach eingesetzten Metallen und deren geometrischer Verteilung im Verbund bei Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur der niedrigstschmelzenden beteiligten Phase liegt. Typischerweise kommen dabei Temperaturen von 100 °C bis 1500 °C innerhalb von Glühdauern zwischen 0,5 h und 24 h zum Einsatz.

Wärmebehandlungen zwischen den Umformschritten sind möglich, jedoch ist in jedem Fall eine Wärmebehandlung nach dem letzten Umformschritt notwendig. Auch bei Wärmebehandlungen zwischen den Umformschritten sind die maximalen Temperaturen entsprechend der maximalen Temperatur bei der abschließenden Wärmebehandlung begrenzt. Die Dauer der Wärmebehandlungen zwischen den Umformschritten darf dabei nicht zu einer nennenswerten Umwandlung in intermetallische Verbindungen führen, damit das Umformgut noch umformbar bleibt. Nachfolgend wird die Erfindung an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1 (Ti₃Al)

[0026] In ein Titanrohr (Titan Grade 1) mit den Abmessungen: Außendurchmesser (AD) 24,0 mm, Innendurchmesser (ID) 20,0 mm und einer Länge von 400 mm wird eine Aluminiumstange der Legierung AA 5049 mit AD 19,8 mm der Länge 300 mm eingesetzt. Vor und hinter die Aluminiumstange werden Titanstopfen desselben Durchmessers von 10 mm Länge eingesetzt. Anschließend erfolgt die Kaltumformung durch Hämmern bei Raumtemperatur auf AD 2,8 mm des Verbundes. Der Verbunddraht wird in 37 Stücke zu je 250 mm Länge gesägt. Diese Stücke werden in ein zweites Hüllrohr aus Titan eingesetzt und ebenfalls mit Stopfen vorn und hin-

ten verschlossen. Im Weiteren wird dieser neue Verbund wieder auf AD 2,8 mm mittels Hämmern kaltumgeformt, wieder zerkleinert, in eine dritte Titanhülle eingefügt und wiederum auf AD 2,8 mm kaltumgeformt. Dieser neue Draht wird in einer zweistufigen Glühung in die Titanaluminidphase Ti₃Al überführt. Die erste Stufe erfolgt bei einer Temperatur von 600 °C für 6 h. Die zweite Stufe wird bei einer Temperatur von 1100 °C über 5h durchgeführt und homogenisiert den Drahtquerschnitt.

Beispiel 2 (TiAl)

[0027] In ein Titanrohr (Titan Grade 1) mit den Abmessungen: Außendurchmesser (AD) 24,0 mm, Innendurchmesser (ID) 22,0 mm und einer Länge von 400 mm wird eine Aluminiumstange der Legierung AA 5049 mit AD 21,5 mm der Länge 300 mm eingesetzt. Vor und hinter die Aluminiumstange werden Titanstopfen desselben Durchmessers eingesetzt. Anschließend erfolgt die Kaltumformung durch Hämmern bei Raumtemperatur auf AD 2,8 mm des Verbundes. Der Verbunddraht wird in 37 Stücke zu je 250 mm Länge gesägt. Diese Stücke werden in ein zweites Hüllrohr aus Titan eingesetzt und ebenfalls mit Stopfen vorn und hinten verschlossen. Im Weiteren wird dieser neue Verbund wieder auf AD 2,8 mm mittels Hämmern kaltumgeformt. Der Verbunddraht wird wiederum in 37 Stücke zu je 250 mm Länge gesägt und diese in ein drittes Hüllrohr aus Titan eingesetzt, verschlossen und wiederum auf 2,8 mm mittels Hämmern kaltumgeformt. Dieser neue Draht wird in einer zweistufigen Glühung in die Titanaluminidphase TiAl überführt. Die erste Stufe erfolgt bei einer Temperatur von 600 °C für 4 h. Die zweite Stufe wird bei einer Temperatur von 1200 °C über 8 h durchgeführt und homogenisiert den Drahtquerschnitt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Halbzeugen auf der Basis von intermetallischen Verbindungen, bei dem eine erste Hülle aus mindestens einem Metall mit mindestens einem zweiten anderen Metall in kompakter und/oder Pulverform mindestens teilweise gefüllt wird, nachfolgend die gefüllte und geschlossene erste Hülle mittels Hämmern kaltumgeformt wird, danach das entstandene Umformgut zerkleinert und in eine weitere mindestens zweite Hülle aus mindestens einem Metall eingebracht und auch diese gefüllte und geschlossene mindestens zweite Hülle wieder mittels Hämmern kaltumgeformt wird, wobei dieser Verfahrensschritt einmal durchgeführt oder mehrmals wiederholt wird, und mindestens nach dem letzten Umformschritt eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, wobei die Metalle insgesamt bezüglich ihrer Zusammensetzung und ihres Volumenanteils und die Wärmebehandlung zur Herstellung der intermetallischen Verbindung ausge-

- wählt werden, und die Wärmebehandlung bei einer maximalen Temperatur durchgeführt wird, die immer unterhalb der Schmelztemperatur des niedrigstschmelzenden Metalls und/oder der Phase liegt und mindestens solange durchgeführt wird, bis mindestens das niedrigstschmelzende Metall im Wesentlichen vollständig in eine oder mehrere andere Phasen umgesetzt ist, und im Falle einer mehrstufigen Wärmebehandlung die maximale Temperatur immer unter der Schmelztemperatur des jeweils vorliegenden niedrigstschmelzenden Metalls und/oder Phase liegt. 5 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Halbzeuge aus Titan und Aluminium, Nickel und Aluminium, Niob und Aluminium, Lithium und Aluminium, Magnesium und Aluminium, Magnesium und Nickel hergestellt werden. 15
 3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Halbzeuge vollständig aus einer oder mehreren intermetallischen Verbindungen bestehen. 20
 4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Hüllen mit kreisförmigem, dreieckigem, quadratischem, rechteckigem, mehreckigem, ovalem oder ellipsoidem Querschnitt eingesetzt werden. 25
 5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das zweite andere Metall in kompakter Form in die erste Hülle eingebracht wird. 30
 6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Zerkleinerung des Umformgutes durch Zerschneiden, Brechen, Mahlen realisiert wird. 35
 7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Verfahrensschritt des Zerkleinern des das entstandenen Umformgutes, dessen Einbringen in eine weitere mindestens zweite Hülle aus mindestens einem Metall und dessen Umformen mittels Hämmern 2 bis 10mal durchgeführt wird. 40
 8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich 100 °C - 1500 °C innerhalb einer Zeit von 0,5 h bis 24 h realisiert wird. 45
 9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Wärmebehandlung in mehreren Stufen durchgeführt wird. 50
 10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zwischen Umformschritten eine Wärmebehandlung in Form einer Zwischenglühung durchgeführt wird. 55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 16 4534

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	JP 3 188230 A (NHK SPRING CO LTD) 16. August 1991 (1991-08-16) * Zusammenfassung *	1-10	INV. C22C1/00 C22F1/00
A	JP 2 243747 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 27. September 1990 (1990-09-27) * Zusammenfassung *	1-10	
A	T. MARR, J. FREUDENBERGER, A. KAUFFMANN, J. SCHARNWEBER, C.-G. OERTEL, W. SKROTZKI, U. SIEGEL, U. KÜHN, J. ECKERT, U. MARTIN, L. S: "Damascene Light-Weight Metals", ADVANCED ENGINEERING MATERIALS, Bd. 12, Nr. 12, 2010, Seiten 1191-1197, XP002678788, * das ganze Dokument *	1-10	
A	EP 2 272 664 A1 (BRANDENBURGISCHE TECH UNI [DE]) 12. Januar 2011 (2011-01-12) * das ganze Dokument *	1-10	
A	DE 103 29 552 A1 (MEYER LOTHAR W [DE]; COLLATZ MEYER ANNA BIANCA [DE]) 3. Februar 2005 (2005-02-03) * das ganze Dokument *	1-10	C22C C22F
A	JINKEUN OH ET AL: "Microstructural analysis of multilayered titanium aluminide sheets fabricated by hot rolling and heat treatment", METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A, SPRINGER-VERLAG, NEW YORK, Bd. 33, Nr. 12, 1. Dezember 2002 (2002-12-01), Seiten 3649-3659, XP019694074, ISSN: 1543-1940 * das ganze Dokument *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. Juli 2012	Prüfer Zimmermann, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 16 4534

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	CHAUDHARI G P ET AL: "Titanium aluminide sheets made using roll bonding and reaction annealing", INTERMETALLICS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V, GB, Bd. 18, Nr. 4, 1. April 2010 (2010-04-01), Seiten 472-478, XP026935029, ISSN: 0966-9795, DOI: 10.1016/J.INTERMET.2009.09.008 [gefunden am 2009-10-28] * das ganze Dokument *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	XU L ET AL: "Growth of intermetallic layer in multi-laminated Ti/Al diffusion couples", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A: STRUCTURAL MATERIALS:PROPERTIES, MICROSTRUCTURE & PROCESSING, LAUSANNE, CH, Bd. 435-436, 5. November 2006 (2006-11-05), Seiten 638-647, XP027953001, ISSN: 0921-5093 [gefunden am 2006-11-05] * das ganze Dokument *	1-10	
A	ZHANG ET AL: "Processing sheet materials by accumulative roll bonding and reaction annealing from Ti/Al/Nb elemental foils", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A: STRUCTURAL MATERIALS:PROPERTIES, MICROSTRUCTURE & PROCESSING, LAUSANNE, CH, Bd. 463, Nr. 1-2, 17. Mai 2007 (2007-05-17), Seiten 67-73, XP022082239, ISSN: 0921-5093, DOI: 10.1016/J.MSEA.2006.06.144 * das ganze Dokument *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlussdatum der Recherche 3. Juli 2012	Prüfer Zimmermann, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 12 16 4534

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	V. SU ET AL: "Investigation on a fabrication technique of TiAl sheet", MATERIALS SCIENCE FORUM, Bd. 475-479, 1. Januar 2005 (2005-01-01), Seiten 805-808, XP9125200, CH ISSN: 0255-5476 * das ganze Dokument * -----	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. Juli 2012	Prüfer Zimmermann, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

 2
 EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 16 4534

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-07-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 3188230 A	16-08-1991	JP 2605152 B2 JP 3188230 A	30-04-1997 16-08-1991
JP 2243747 A	27-09-1990	KEINE	
EP 2272664 A1	12-01-2011	EP 2272664 A1 EP 2272665 A1 EP 2272666 A2	12-01-2011 12-01-2011 12-01-2011
DE 10329552 A1	03-02-2005	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 63247321 A [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Umformtechnik. Springer Verlag, 1984 [0002]
- **T. MARR, U.A.** *Adv. Eng. Mater.*, 2010, vol. 12, 1191-1197 [0003]
- **MATTHIAS VOGT.** Einsatz des Kaltwand-Induktions-Tiegelofens zum Schmelzen und Gießen von TiAl-Legierungen. VDI Verlag, 2001 [0006]