



(11) **EP 2 014 394 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**14.01.2009 Patentblatt 2009/03**

(51) Int Cl.:  
**B22F 3/20 (2006.01) B22F 1/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07405206.9**

(22) Anmeldetag: **13.07.2007**

<p>(84) Benannte Vertragsstaaten: <b>AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR</b> Benannte Erstreckungsstaaten: <b>AL BA HR MK RS</b></p>	<p>(71) Anmelder: <b>Alcan Technology &amp; Management Ltd.</b> <b>8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)</b></p> <p>(72) Erfinder: • <b>Adams, Horst</b> <b>9450 Altstätten (CH)</b> • <b>Dvorak, Michael</b> <b>3608 Thun (CH)</b></p>
--	--

(54) **Verfahren, bei dem durch Mikrowellen erwärmtes Metallpulver stranggepresst wird**

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung eines Profils durch Strangpressen von Pulver aus Metall und/oder Metalllegierungen wird eine Pulverschüttung auf eine Strangpresstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Pulvers erwärmt und unter Druck durch eine Öffnung einer Matrize zu dem Profil verpresst. Wenigstens ein Metall oder eine Metalllegierung des Pulvers ist ein reaktives, an einer freien Oberfläche spontan eine natür-

liche Oxidschutzschicht bildendes Metall und/oder das Pulver enthält homogen in der Pulverschüttung verteilte, Mikrowellenstrahlung absorbierende, faserartige Partikel. Die Pulverschüttung wird durch Mikrowellenbestrahlung auf Strangpresstemperatur erwärmt. Mit dem Verfahren wird eine schnelle und gleichmässige Erwärmung in allen Bereichen der Pulverschüttung erreicht.

**EP 2 014 394 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Profils durch Strangpressen von Pulver aus Metall und/oder Metalllegierungen, bei welchem Verfahren eine Pulverschüttung auf eine Strangpresstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Pulvers erwärmt und unter Druck durch eine Öffnung einer Matrice zu dem Profil verpresst wird.

**[0002]** Im Stand der Technik wird in einer Strangpressanlage im Normalfall ein Pressbolzen als metallisches Block material durch die Öffnung einer Matrice gedrückt. Beim Strangpressen von pulverförmigen Materialien werden die Pulverschüttungen wegen ihrer niedrigen Wärmeleitung vor dem Strangpressen üblicherweise in einem Behälter gekapselt und in der Regel, z.B. durch kalt-isostatisches Pressen, verdichtet. Die schlechte Wärmeleitung der Pulverschüttungen wird durch die als Isolator wirkenden Oxidschichten auf den Metallpartikeln noch erschwert. Durch die höhere Dichte und Kapselung beim Pressen verbessert sich der Wärmetransport, und die gesamte Pulverschüttung lässt sich so durch externe Wärmezufuhr homogen auf die gewünschte Strangpresstemperatur erwärmen, wobei allerdings die Zeitdauer, bis sich in der Pulverschüttung durch Wärmeleitung eine gleichmässige Temperaturverteilung eingestellt hat, verhältnismässig lang ist. Aus diesem Grund hat sich die direkte Verarbeitung von metallischen Pulvern in Strangpressanlagen bisher nicht durchgesetzt.

**[0003]** Die zum Strangpressen vorgesehene Pulverschüttung muss möglichst homogen auf die gewünschte Strangpresstemperatur gebracht werden. Hierzu wird die Pulverschüttung nach dem Stand der Technik in einem geeigneten Behälter entweder induktiv oder in einem Konvektionsofen erwärmt. Dabei ist darauf zu achten, dass der Erwärmungsvorgang lange genug dauert, um eine möglichst gleichförmige Temperaturverteilung innerhalb der Pulverschüttung sicherzustellen. Als Folge diese langen Wartezeit zur Sicherstellung der Temperaturhomogenität tritt eine unerwünschte Verzögerung im Produktionsprozess ein. Weiter erhöht sich das Risiko einer zu hohen Erwärmung in den äusseren Randschichten der Schüttung und/oder einer zu langen Wärmebehandlungszeit. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn aus mindestens zwei unterschiedlichen Komponenten bestehende Pulver, so genannte Kompositpulver, deren Komponenten bei erhöhter Temperatur entweder einzeln, z.B. durch Oxidation, oder untereinander zu unerwünschten Reaktionen neigen, verarbeitet werden sollen.

**[0004]** Die vorstehend beschriebenen Verfahren nach dem Stand der Technik sind beispielsweise in EP-A-0 327 064, US-A-4 050 143 oder US-A-4 699 657 offenbart.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchem eine schnelle und gleichmässige Erwärmung in allen Bereichen der Pulverschüttung erreicht werden kann.

**[0006]** Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass wenigstens ein Metall oder eine Metalllegierung des Pulvers ein reaktives, an einer freien Oberfläche spontan eine natürliche Oxidschutzschicht bildendes Metall ist und/oder das Pulver homogen in der Pulverschüttung verteilte, Mikrowellenstrahlung absorbierende, faserartige Partikel enthält, und dass die Pulverschüttung durch Mikrowellenbestrahlung auf Strangpresstemperatur erwärmt wird.

**[0007]** Durch Einsatz der Mikrowellentechnik zur Erwärmung der Pulverschüttung wird auf Grund ihrer Tiefenwirkung eine sehr schnelle und sehr gleichmässige Erwärmung in allen Bereichen der Pulverschüttung erreicht. Dadurch wird die Wartezeit bis zum Erreichen der Temperaturhomogenität drastisch verkürzt. Dies gilt insbesondere für reaktive metallische Pulver, d.h., für reaktive, an einer freien Oberfläche spontan eine natürliche Oxidschutzschicht bildende Metalle wie Aluminium, Magnesium, Titan, Tantal oder Zirkonium. Diese metallischen Pulver weisen an ihrer Oberfläche grundsätzlich eine, wenn auch sehr dünne, Oxidschicht auf, die zwar bei Kontaktwärmeübertragung einerseits als Isolator wirkt, andererseits aber den Erwärmungsvorgang durch die Mikrowellen unterstützt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Hohlräume zwischen den Pulverteilchen einschliesslich der Oxidschichten als so genannte "Wave guides" für die Mikrowellen wirken, da sie von der Dimension her der Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung entsprechen. Dadurch kann die Mikrowellenstrahlung ungehindert und unter vielfacher Reflexion den ganzen Bereich der Pulverschüttung homogen durchdringen.

**[0008]** Zur Optimierung der Durchdringung der Pulverschüttung durch die Mikrowellenstrahlung kann die Dichte der Pulverschüttung bzw. die Dimension der Hohlräume zwischen den Pulverpartikeln einschliesslich der Oxidschichten durch eine entsprechende Verdichtung der Pulverschüttung zusätzlich auf die Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung abgestimmt werden.

**[0009]** Wenn nun das Pulver neben den Metallpartikeln auch Mikrowellenstrahlungsenergie absorbierende, faserartige Bestandteile, wie z.B. Carbon Nanotubes (CNTs) enthält, wirken diese lokal als Empfangsantennen bzw. Absorber für die Mikrowellenstrahlung. Wenn die faserartigen Bestandteile homogen in der Pulverschüttung verteilt oder im optimalen Fall sogar zumindest teilweise in den metallischen Pulverpartikeln integriert sind, kann auf diese Weise eine sehr effektive und homogene Erwärmung der gesamten Schüttung erzielt werden. Dieser Effekt lässt sich durch eine möglichst genaue Abstimmung der Länge der faserartigen Bestandteile auf die Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung noch verstärken.

**[0010]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens wird die Pulverschüttung beim Erwärmen auf Strangpresstemperatur zunächst mit niedriger Mikrowellenenergie bei sich ändernder Frequenz durchstrahlt und die absorbierte Energie in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen. Bei einer be-

stimmten Frequenz, der so genannten Resonanzfrequenz, ergibt sich ein Maximum der absorbierten Energie. Mit dieser Frequenz wird nun die Pulverschüttung mit hoher Mikrowellenenergie durchstrahlt, wodurch sich eine wirkungsvolle Energieeinkoppelung ergibt.

**[0011]** Der Frequenzabstimmungsvorgang (sweep) mit niedriger Mikrowellenenergie und die nachfolgende Durchstrahlung mit hoher Mikrowellenenergie mit der Resonanzfrequenz zum Erwärmen der Pulverschüttung auf Strangpresstemperatur kann mittels einer Steuerelektronik auch vollautomatisch durchgeführt werden, so dass für verschiedene Pulverschüttmengen und Pulverzusammensetzung immer die optimale Frequenz der eingekoppelten Mikrowellenenergie eingestellt wird.

**[0012]** In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens kann die Pulverschüttung beispielsweise mit einem Schneckenförderer in einem Zwischenbehälter zunächst vorverdichtet werden. Anschliessend wird die so vorverdichtete Pulverschüttung im Zwischenbehälter mit der Resonanzfrequenz durchstrahlt und dadurch schnell und gleichmässig auf Strangpresstemperatur erwärmt. Mittels eines Stempels wird die vorverdichtete und auf Strangpresstemperatur erwärmte Pulverschüttung aus dem Zwischenbehälter durch die Matrizenöffnung gedrückt. Auf diese Weise lässt sich ein kontinuierliches Strangpressen von metallischem Pulvermaterial realisieren.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Profils durch Strangpressen von Pulver aus Metall und/oder Metalllegierungen, bei welchem Verfahren eine Pulverschüttung auf eine Strangpresstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Pulvers erwärmt und unter Druck durch eine Öffnung einer Matrice zu dem Profil verpresst wird,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
dass wenigstens ein Metall oder eine Metalllegierung des Pulvers ein reaktives, an einer freien Oberfläche spontan eine natürliche Oxidschutzschicht bildendes Metall ist und/oder das Pulver homogen in der Pulverschüttung verteilte, Mikrowellenstrahlung absorbierende, faserartige Partikel enthält, und dass die Pulverschüttung durch Mikrowellenbestrahlung auf Strangpresstemperatur erwärmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichte der Pulverschüttung bzw. die Dimension der Hohlräume zwischen den Pulverpartikeln einschliesslich der Oxidschichten auf die Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung abgestimmt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das reaktive, an einer freien Oberfläche spontan eine natürliche Oxidschutz-

schicht bildende Metall Aluminium, Magnesium, Titan, Tantal oder Zirkonium ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge der faserartigen Partikel auf die Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung abgestimmt ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die faserartigen Partikel zumindest teilweise in den metallischen Pulverpartikeln integriert sind.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pulverschüttung Carbon Nanotubes (CNTs) in homogener Verteilung enthält.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pulverschüttung beim Erwärmen auf Strangpresstemperatur zunächst mit niedriger Mikrowellenenergie bei sich ändernder Frequenz durchstrahlt, die absorbierte Energie in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen und beim Auftreten eines Maximum der absorbierten Energie die Resonanzfrequenz bestimmt wird, und dass nachfolgend die Pulverschüttung mit hoher Mikrowellenenergie mit der Resonanzfrequenz durchstrahlt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestimmung der Resonanzfrequenz der Pulverschüttung und die nachfolgende Durchstrahlung mit hoher Mikrowellenenergie mit der Resonanzfrequenz zum Erwärmen der Pulverschüttung auf Strangpresstemperatur mittels einer Steuerelektronik vollautomatisch durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pulverschüttung in einem Zwischenbehälter vorverdichtet, die vorverdichtete Pulverschüttung im Zwischenbehälter mit der Resonanzfrequenz durchstrahlt und auf Strangpresstemperatur erwärmt und nachfolgend mittels eines Stempels aus dem Zwischenbehälter durch die Matrizenöffnung gedrückt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorverdichten der Pulverschüttung im Zwischenbehälter mit einem Schneckenförderer durchgeführt wird.



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 07 40 5206

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WONG W L E ET AL: "Effect of hybrid length scales (micro + nano) of SiC reinforcement on the properties of magnesium" DIFFUSION AND DEFECT DATA. SOLID STATE DATA. PART B, SOLID STATE PHENOMENA, VADUZ, LI, Bd. 111, 3. Juli 2005 (2005-07-03), Seiten 91-94, XP009093338 ISSN: 1012-0394 * das ganze Dokument *	1-10	INV. B22F3/20 B22F1/00
A	DE 43 13 806 A1 (SALINA RENE [CH]) 3. November 1994 (1994-11-03) * das ganze Dokument *	7,8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B22F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. März 2008	Prüfer von Zitzewitz, A
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 Patentedokument, 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	

5

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches  
Patentamt

Nummer der Anmeldung

EP 07 40 5206

### GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung mehr als zehn Patentansprüche.

- ☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die ersten zehn sowie für jene Patentansprüche erstellt, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:
- ☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die ersten zehn Patentansprüche erstellt.

### MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

- ☒ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.
- ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
- ☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:
- ☐ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:
- ☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



Europäisches  
Patentamt

**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT  
DER ERFINDUNG  
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 07 40 5206

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-6

Das aus D1 nicht bekannte Merkmal ist die in Anspruch 6 definierte Tatsache, dass die Pulverschüttung CNTs enthält.

---

2. Ansprüche: 7-10

Das aus D1 nicht bekannte Merkmal ist das in Anspruch 7 definierte Bestimmen der Resonanzfrequenz.

---

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

EP 07 40 5206

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

18-03-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4313806	A1	03-11-1994	
		AU 7182294 A	16-02-1996
		WO 9602802 A1	01-02-1996
		EP 0767891 A1	16-04-1997
		JP 10504931 T	12-05-1998
		US 5994686 A	30-11-1999
-----			

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**

- EP 0327064 A [0004]
- US 4050143 A [0004]
- US 4699657 A [0004]