



(11) **EP 1 972 393 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.09.2008 Patentblatt 2008/39

(51) Int Cl.:
B21D 26/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08150875.6**

(22) Anmeldetag: **31.01.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **23.03.2007 DE 102007014948**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)**

(72) Erfinder: **Schreiber, Karl
15838 Am Mellensee (DE)**

(74) Vertreter: **Wablat, Wolfgang
Patentanwalt
Potsdamer Chaussee 48
14129 Berlin (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Warmumformung von Blechen aus titanbasierten Legierungen**

(57) Das umzuformende Titanblech (5) wird gemäß der Erfindung in einem abdichtend geschlossenen Werkzeug (1) durch die Strahlungswärme von in das Werkzeug integrierten Heizelementen (9) auf eine 600°C nicht überschreitende Umformtemperatur erwärmt und unter der Wirkung eines in das Werkzeug eingeführten, auf die

Warmformgebungstemperatur erwärmten gasförmigen, nicht oxidierend wirkenden Druckmediums und eines auf der vorn Druckmedium abgewandten erzeugten Unterdrucks gegen eine kalte Werkzeugkontur (3) umgeformt.

EP 1 972 393 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Warmumformung von Blech aus titanbasierten Legierungen und eine Umformvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Titanlegierungen werden im Allgemeinen als schwer verformbar angesehen und haben oftmals gegenüber anderen Legierungen wie Stahl oder Aluminiumlegierungen in geringerem Maße vorhersehbare Verformungseigenschaften. Insbesondere der Grad der Rückfederung, die überwiegend bei der Kaltverformung von dünnen Titanblechen, seltener aber auch bei der Warmformgebung auftritt, kann nur schwer im Voraus bestimmt werden. Viele Bauteile aus Titanlegierungen werden daher durch Formgebung bei erhöhten Temperaturen oder - bei Bauteilen mit geraden Abschnitten und ausreichend großem Biegeradius des Werkzeugs - auch durch Kaltformgebung - gegebenenfalls in mehreren Verformungsschritten oder mit einem anschließenden Warmformgebungsschritt - hergestellt. Um die mit der Rückfederung verbundenen Nachteile zu verringern, wurde auch schon eine Überformung vorgeschlagen. Weitere Probleme bei der Umformung von Titan sind die Gefahr der Rissbildung, der Werkzeugverschleiß und eine Versprödung des Werkstoffs, insbesondere beim Warmformgeben, sowie eine Tendenz zur Ungleichmäßigkeit aufgrund der Anisotropie dünner Bleche.

[0003] Eine Kaltverformung von Titan und Titanlegierungen ist bei sehr einfachen Geometrien des Werkstücks und großen Biegeradien des Werkzeugs sowie unter Erwärmung des Umformwerkzeugs in einem mehrstufigen Verfahren bei Raumtemperatur oder bei erhöhter Temperatur im Bereich zwischen 215 und 315°C möglich.

[0004] Die bessere Verformbarkeit von Titanlegierungen bei erhöhter Temperatur geht mit einer Verringerung der Rückfederung und der Streckgrenze einher und erlaubt eine Verformung in nur einem Verformungsschritt. Abgesehen von dem mit der erforderlichen Erwärmung des Werkzeugs erheblichen apparativen und Energieaufwand, sind nur geringe, mit langen Haltezeiten bei hohen Temperaturen verbundene Verformungsgeschwindigkeiten möglich, so dass das Warmverformungsverfahren sehr kostenintensiv ist.

[0005] Einige Titanlegierungen haben bei der Warmverformung bei sehr hoher Temperatur superplastische Eigenschaften, jedoch ist bei Temperaturen oberhalb 540°C eine Schutzgasatmosphäre oder eine Beschichtung des Werkstücks erforderlich, da das Material bei einer Sauerstoffanreicherung zur Versprödung und Verzunderung neigt. Die superplastischen Eigenschaften einiger Titanlegierungen sind im Temperaturbereich zwischen 870 und 950°C und bei sehr geringen Verformungsgeschwindigkeiten zu verzeichnen. Die geringe Fließspannung bei diesen Temperaturen und die geringen Verformungsgeschwindigkeiten erfordern geringe Verformungskräfte. Zur Vermeidung der Oberflächen-

oxidation erfolgt die in einem einzigen Schritt mögliche Verformung in einer Schutzgasatmosphäre bzw. im Vakuum. Aufgrund der hohen Werkzeugtemperaturen und der bei diesen Temperaturen sehr hohen Sauerstoffaffinität des Titans und der damit verbundenen erhöhten Oxidation und Versprödungsgefahr muss der hohe Verformungsgrad und die Vermeidung der Rückfederung mit einem hohen Kostenaufwand erkauft werden.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Warmumformen von Titanblech anzugeben, das bei vermindertem Kostenaufwand für Werkzeuge und Energie und vermindertem Werkzeugverschleiß in einem einzigen Umformschritt die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Titanblecherzeugnisse gewährleistet.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und einer Umformvorrichtung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0008] Der Grundgedanke der Erfindung besteht mit anderen Worten darin, dass das umzuformende Titanblech in einem abdichtend geschlossenen Werkzeug durch die Strahlungswärme von in das Werkzeug integrierten Heizelementen auf eine 600°C nicht überschreitende Warmumformungstemperatur erwärmt und unter der Wirkung eines in das Werkzeug eingeführten, auf die Warmumformungstemperatur erwärmten gasförmigen Druckmediums und eines auf der vom Druckmedium abgewandten Werkstückseite erzeugten Unterdrucks umgeformt wird.

[0009] Die erfindungsgemäße Umformvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens umfasst ein die Formwerkzeugkontur aufweisendes Formwerkzeug und einen Werkzeughohlkörper, zwischen denen das umzuformende Titanblech abdichtend gehalten ist. In den Werkzeughohlkörper sind Heizelemente zur Erwärmung des umzuformenden Titanblechs durch Wärmestrahlung sowie mindestens eine an eine Druckmediumquelle angeschlossene Einlassöffnung zur Zuführung eines mit einer bestimmten Umformkraft auf das erwärmte Titanblech wirkenden erwärmten gasförmigen Druckmediums integriert. In dem Formwerkzeug ist mindestens eine an eine Vakuumpumpe angeschlossene Abzugsöffnung vorgesehen, um auf der vom Druckmedium abgewandten Seite des umzuformenden Titanblechs einen Unterdruck oder ein Vakuum zu erzeugen.

[0010] Mit dem vorgeschlagenen Verfahren und der entsprechenden Umformvorrichtung kann Titanblech in einem Arbeitsgang und ohne Rückfederung sowie ohne Materialschädigung und bei geringem apparativem Aufwand und Energieaufwand umgeformt werden.

[0011] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Umformvorrichtung für Titanblech in geöffnetem Zustand mit eingelegtem, unverformtem Werkstück ;

Fig. 2 die Umformvorrichtung nach Fig. 1 in geschlossenem Zustand während des Formgebungsvorgangs; und

Fig. 3 die Umformvorrichtung mit dem fertig geformten Werkstück.

[0012] Zwischen einem Formwerkzeug 1, das eine der gewünschten Form des fertigen Werkstücks 2 entsprechende Formwerkzeugkontur 3 aufweist, und einem Werkzeughohlkörper 4 befindet sich das umzuformende Titanblech 5, hier aus Ti-A16V4, in einer Stärke von < 1mm. An den einander gegenüberliegenden Auflageflächen des Formwerkzeugs 1 und des Werkzeughohlkörpers 4 ist ein Dichtelement 6 ausgebildet, das für eine sichere Abdichtung zwischen dem Titanblech 5 und dem Formwerkzeug 1 sowie zwischen dem Titanblech 5 und dem Werkzeughohlkörper 4 sorgt. In dem Formwerkzeug 1 ist eine an eine Vakuumpumpe (nicht dargestellt) angeschlossene Abzugsöffnung 7 vorgesehen, während der Werkzeughohlkörper 4 über eine Einlassöffnung 8 mit einer Druckgasquelle (nicht dargestellt) verbunden ist. An der dem Blechrohling 5 gegenüberliegenden Innenfläche des Werkzeughohlkörpers 4 sind auf das Titanblech 5 gerichtete Heizelemente 9, hier: Kanthal-Heizwiderstände, angebracht. Wenn das Formwerkzeug 1 und der Werkzeughohlkörper 4, die beide kalt sind, abdichtend an dem Titanblech 5 anliegen (Fig. 2) wird in dem zwischen der Werkzeugkontur 3 und dem Titanblech 5 bestehenden Formwerkzeughohlraum 10 ein Vakuum bzw. zumindest ein Unterdruck erzeugt. Das Titanblech 5 wird durch die Strahlungswärme der Heizelemente 9 von ca. 1600°C auf eine Temperatur von etwa 600°C erwärmt. In den zwischen dem Titanblech 5 und dem Werkzeughohlkörper 4 verbleibenden Werkzeughohlraum 11 wird in abdichtend geschlossenem Zustand der Umformvorrichtung ein auf etwa 600°C erwärmtes gasförmiges Umformmedium, hier Argon, unter einem Druck von 40bar eingebracht, aufgrund dessen Druckwirkung das erwärmte Titanblech 5, und zwar infolge des zuvor erzeugten Vakuums ohne Gegendruck und ohne schädigende Gaseinwirkung an der Unterseite des Titanblechs, in Richtung Formwerkzeugkontur 3 verformt wird. Da das Formwerkzeug 1 kalt ist, erkaltet das Material beim Auftreffen auf die Formwerkzeugkontur 3 oder einen vorstehenden Abschnitt 12 (Fig. 2) von dieser sofort, so dass die umgeformte Werkstückkontur sofort stabilisiert wird und von diesem frühen Zeitpunkt an auch keine Werkstoffschädigung in Form einer Versprödung durch Gasaufnahme (Wasserstoff, Sauerstoff) und Oxidation, die wegen der 600°C nicht überschreitenden Erwärmung des Werkstücks bereits begrenzt ist, zu verzeichnen ist.

[0013] Fig. 1 zeigt die Umformvorrichtung vor dem Schließen der beiden Werkzeughälften - Formwerkzeug 1 und Werkzeughohlkörper 4. In der in Fig. 2 gezeigten Darstellung mit abdichtend geschlossenen Werkzeughälften wird in den Werkzeughohlraum 11 das gasförmige

Umformdruckmedium eingebracht und in dem Formwerkzeughohlraum 10 ein Unterdruck erzeugt. Das Titanblech 5 ist bei zugeschalteten Heizelementen 9 unter der Wirkung des Druckmediums bereits soweit verformt, dass an einem Abschnitt 12 der Formwerkzeugkontur 3 die erkaltete Fertigkontur des Werkstücks erreicht ist. In Fig. 3 ist der Umformvorgang abgeschlossen. Die Zufuhr des Druckmediums und die Unterdruckerzeugung sowie die Wärmeerzeugung mittels der Heizelemente sind unterbrochen. Nach dem Öffnen der Umformvorrichtung kann das fertige, ohne Rückfederung oder Materialschädigung verformte Werkstück 2 aus dem kalten Werkzeug entnommen werden.

15 Bezugszeichenliste

[0014]

- | | |
|----|---|
| 1 | Formwerkzeug |
| 2 | Werkstück |
| 3 | Formwerkzeugkontur |
| 4 | Werkzeughohlkörper |
| 5 | Titanblech |
| 6 | Dichtelement |
| 7 | Abzugsöffnung |
| 8 | Einlassöffnung |
| 9 | Heizelemente |
| 10 | Formwerkzeughohlraum (Vakuum, Unterdruck) |
| 11 | Werkzeughohlraum (Verformungsdruck) |
| 12 | vorstehender Abschnitt v. 3 |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Warmumformung von Blech aus titanbasierten Legierungen in einer Umformvorrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** das umzuformende, zwischen zwei abdichtend geschlossenen Werkzeughälften gehaltene Titanblech durch die Wärmestrahlung von in das Werkzeug integrierten Heizelementen auf Warmformgebungstemperatur erwärmt und unter der Wirkung eines erwärmten gasförmigen, von oxidierenden Bestandteilen freien Druckmediums sowie eines auf der vom Druckmedium abgewandten Seite des Titanblechs erzeugten Unterdrucks ohne Gegendruck gegen die kalte Werkzeugkontur verformt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Warmverformungstemperatur 600°C nicht überschreitet.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckmedium auf die jeweilige Warmformgebungstemperatur erwärmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck des gasförmigen Druck-

mediums in Abhängigkeit vom Werkstoff, der Materialstärke, der Werkstückkontur und der Warmformgebungstemperatur variabel ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Druckmedium ein inertes Gas eingesetzt wird. 5

6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckmedium außerhalb der Umformvorrichtung in einem Wärmetauscher erwärmt wird. 10

7. Umformvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** ein 15
 eine Formwerkzeugkontur (3) aufweisenden Formwerkzeug (1) und einen Werkzeughohlkörper (4),
 zwischen denen das umzuformende Titanblech (5) abdichtend gehalten ist, wobei in dem Werkzeug-
 hohlkörper (4) auf das Titanblech (5) gerichtete Hei- 20
 zelemente (9) und eine Einlassöffnung (8) zur Zu-
 führung eines gasförmigen Druckmediums und in
 dem Formwerkzeug (1) eine Abzugsöffnung (7) zur
 Erzeugung eines Vakuums vorgesehen sind. 25

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizelemente (9) in den Werk-
 zeughohlkörper (4) integrierte Kanthal-Heizwider-
 stände sind. 30

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** - jeweils über Ventileinrichtungen -
 die Einlassöffnung (8) über einen Wärmetauscher
 an eine Druckmedienquelle und die Abzugsöffnung
 (7) an eine Vakuumpumpe angeschlossen ist. 35

40

45

50

55

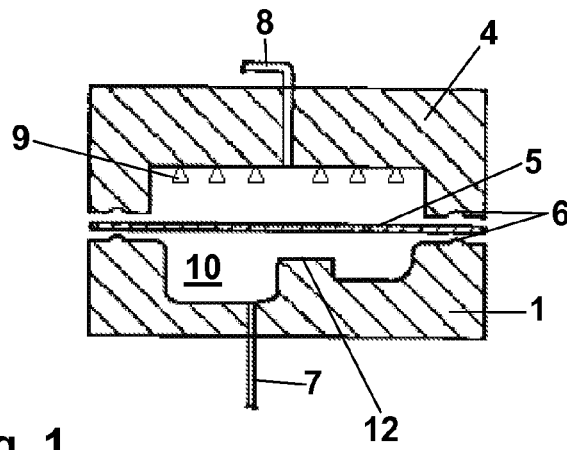


Fig. 1

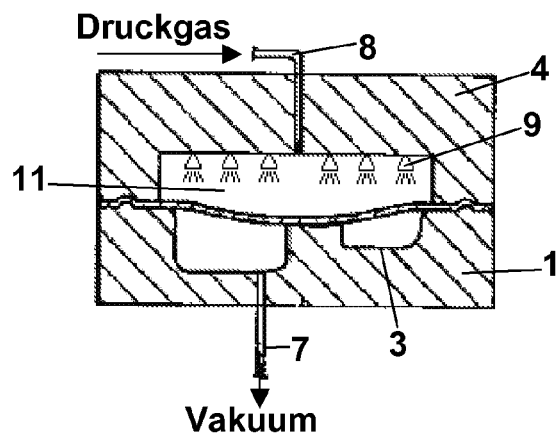


Fig. 2

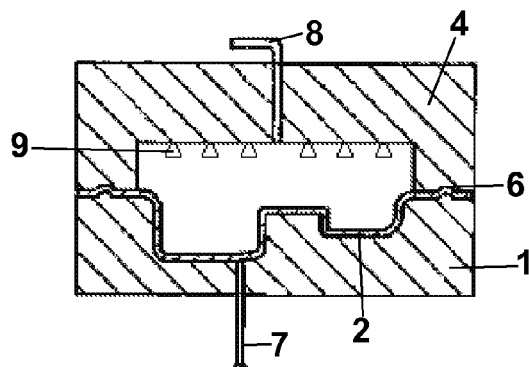


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 15 0875

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 6 202 276 B1 (CHUANG TUNG-HAN [TW]) 20. März 2001 (2001-03-20)	1,3-9	INV. B21D26/02
A	* Spalten 6-8; Abbildungen 1-4 *	2	
X	US 4 984 348 A (CADWELL GILBERT C [US]) 15. Januar 1991 (1991-01-15)	7-9	
A	* Spalten 4-5; Abbildungen 1-3 *	1-6	
X	US 3 934 441 A (HAMILTON CHARLES HOWARD ET AL) 27. Januar 1976 (1976-01-27)	7-9	
A	* das ganze Dokument *	1-6	
X	US 4 117 970 A (HAMILTON C HOWARD ET AL) 3. Oktober 1978 (1978-10-03)	7-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	* das ganze Dokument *	1-6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			B21D
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		17. April 2008	Knecht, 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			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 15 0875

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.

17-04-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6202276	B1	20-03-2001	TW	496823 B	01-08-2002
US 4984348	A	15-01-1991	KEINE		
US 3934441	A	27-01-1976	KEINE		
US 4117970	A	03-10-1978	KEINE		

EPO FORM P0461

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