

(19)



(11)

EP 2 727 665 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.05.2014 Patentblatt 2014/19

(51) Int Cl.:
B21D 53/92 ^(2006.01) **B21D 22/02** ^(2006.01)
B21D 37/16 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12290377.6**

(22) Anmeldetag: **31.10.2012**

(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

• **Airbus Operations (S.A.S.)**
31060 Toulouse Cedex 9 (FR)

(72) Erfinder:
• **Zettler, Joachim**
80333 München (DE)
• **Van der Veen, Sjoerd**
31170 Tournepuille (FR)

(71) Anmelder:
• **EADS Deutschland GmbH**
85521 Ottobrunn (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Formbauteils, Verwendung des Verfahrens zur Herstellung eines Formbauteils und solcher Formbauteil**

(57) Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren (10) zur Herstellung eines Formbauteils bereitgestellt, aufweisend die Schritte Bereitstellen (12) eines metallischen Rohmaterials, Erwärmen (14) des Rohmaterials auf eine Verarbeitungstemperatur, Formen (16) des Rohmaterials zum Erhalt eines Formbauteils mit einer gewünschten Geometrie unter Verwendung eines

Formwerkzeuges, Beibehalten (18) der Verarbeitungstemperatur für eine definierte Zeitdauer nach dem Formen zum Abbau von Spannungen im Formbauteil, wobei das Formen als ein plastisches Formen ausgebildet ist und wobei die Verarbeitungstemperatur kleiner 325°C ist.

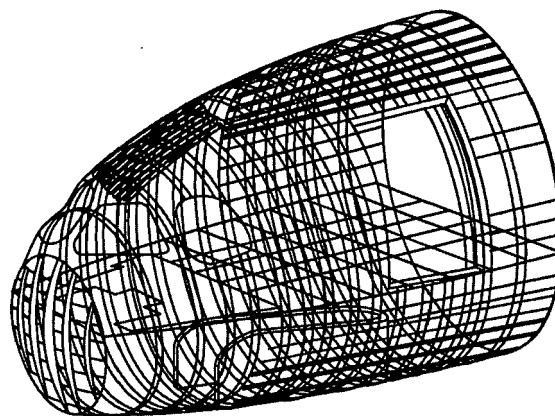


Fig. 1a

EP 2 727 665 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Fertigungstechnik von Strukturbauteilen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung den Aufbau einer Flugzeugstruktur. Weiter insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Formbauteils, die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Formbauteils, ein Formbauteil sowie ein Transportmittel, insbesondere ein Flugzeug, aufweisend ein erfindungsgemäßes Formbauteil.

[0002] Speziell im Flugzeubereich werden Strukturbauteile für beispielsweise eine Flugzeughülle benötigt, welche einerseits sehr leicht ausgebildet sind, andererseits jedoch die nötige strukturelle Belastbarkeit aufweisen, die bei einem Flugzeugbetrieb gefordert ist.

[0003] Eine herkömmliche Flugzeugstruktur wird hierbei meist als eine Tragwerksstruktur ausgebildet, welche beispielsweise im Falle der Flugzeughülle eine großflächige, dünnwandige Hülle aufweist, welche durch Verstrebungselemente, wie Stringer, Rippen und Spanten, die nötige Stabilität erhalten. Hierbei wird meist das zugrunde liegende Tragwerk abschnittsweise aufgebaut und die Außenhülle durch geeignete Verbindungsverfahren mit diesem Tragwerk verbunden. Dies erfordert jedoch, da die einzelnen Bauteile separat hergestellt werden, eine sehr hohe Fertigungsgenauigkeit, um eine letztendlich zufriedenstellende Montage mit einer geforderten Genauigkeit realisieren zu können.

[0004] DE 100 48 491 A1 beschreibt ein Verfahren zum Umformen von Strukturen aus Aluminiumlegierungen, wobei ein umzuformendes Bauteil elastisch verformt und anschließend erwärmt wird.

[0005] EP 2 364 794 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Metallbauteils, wobei die Verarbeitungstemperatur zwischen 325 und 350°C liegt.

[0006] Erfindungsgemäß wird nun ein Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils, insbesondere für eine Flugzeughülle, bereitgestellt, das derartige Elemente bzw. Sektionen im Wesentlichen einstückig ausbildet und somit einen reduzierten Herstellungsaufwand realisiert.

[0007] Demgemäß wird ein Verfahren zur Herstellung eines Formbauteils, eine Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Formbauteils, ein Formbauteil sowie ein Transportmittel aufweisend ein erfindungsgemäßes Formbauteil gemäß den unabhängigen Ansprüchen bereitgestellt. Bevorzugte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0008] Gemäß einer exemplarischen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Formbauteils bereitgestellt, aufweisend die Schritte Bereitstellen eines metallischen Rohmaterials, Erwärmen des Rohmaterials auf eine Verarbeitungstemperatur, Formen des Rohmaterials zum Erhalt eines Formbauteils mit einer gewünschten Geometrie unter Verwendung eines Formwerkzeuges, Beibehalten der

Verarbeitungstemperatur für eine definierte Zeitdauer nach dem Formen zum Abbau von Spannungen im Formbauteil, wobei das Formen als ein plastisches Formen ausgebildet ist und wobei die Verarbeitungstemperatur kleiner als 325°C ist.

[0009] Gemäß einer weiteren exemplarischen Ausgestaltung werden die Formwerkzeuge sowohl im erwärmten Zustand, vorzugsweise zwischen 250°C und 300°C, als auch im kalten Zustand, vorzugsweise Raumtemperatur, eingesetzt. Insbesondere bei einer Verwendung der Formwerkzeuge im nicht erwärmten Zustand ist es vorteilhaft, wenn der Wärmeübergang vom Formwerkzeug zum Rohmaterial und umgekehrt minimal ist. Bevorzugt ist die Wärmeleitfähigkeit des Formwerkzeug gering, beispielsweise bei einem Formwerkzeug aus hochlegiertem Stahl, beispielsweise X5CrNi18-10, unterhalb 20 W/mK.

[0010] Gemäß einer weiteren exemplarischen Ausgestaltung werden die Formwerkzeuge nach Abschluss der Formgebung geschlossen gehalten, um für eine definierte Zeitdauer Spannungen im Formbauteil abzubauen. Durch geringen Wärmeaustausch zwischen den Formwerkzeugen und dem Rohmaterial ist der Abbau von Spannungen für erwärmte als auch kalte Formwerkzeuge realisierbar.

[0011] Gemäß einer weiteren exemplarischen Ausgestaltung wird eine Verwendung des Verfahrens zur Herstellung eines Formbauteils, insbesondere für ein Transportmittel, weiter insbesondere für ein Flugzeug, verwendet.

[0012] Gemäß einer weiteren exemplarischen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird ein Formbauteil, insbesondere für ein Transportmittel, weiter insbesondere für ein Flugzeug, bereitgestellt, welches unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt wurde.

[0013] Gemäß einer weiteren exemplarischen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird ein Transportmittel, insbesondere Flugzeug, aufweisend ein erfindungsgemäßes Formbauteil, angezeigt.

[0014] Speziell im Bereich des Flugzeugcockpits weist die Flugzeugstruktur einerseits eine starkkurvige Beschaffenheit auf, andererseits werden gerade diese Teile regelmäßig einer erhöhten Belastung ausgesetzt, wie beispielsweise einem Vogeleinschlag. Speziell aufgrund des erhöhten Kurvenverlaufs ist eine hochpräzise Bereitstellung einzelner Elemente der Flugzeugstruktur von besonderer Bedeutung.

[0015] Erfindungsgemäß wird ein Formbauteil aus einem, insbesondere metallischen, Rohmaterial hergestellt. Hierbei haben speziell AlMg- bzw. AlMgSc-Legierungen ihre Geeignetheit vielfach unter Beweis gestellt. Insbesondere geeignet für die Herstellung erfindungsgemäßer Formbauteile sind allgemein Aluminium Legierungen mit Scandium-Beimischungen.

[0016] Erfindungsgemäß wird somit ein metallisches Rohmaterial bereitgestellt, welches nach Erwärmung auf eine Verarbeitungstemperatur unter Verwendung eines

Formwerkzeugs derart verformt wird, so dass die gewünschte Geometrie eines späteren Formbauteils erzielt wird. Das Formen bzw. Verformen des Rohmaterials zum Erhalt des Formbauteils ist hierbei als ein plastisches Formen ausgebildet. In anderen Worten wird im Vorgang des Formens das Rohmaterial bereits derart verformt, so dass es selbst bei Abbruch des Herstellungsverfahrens nicht mehr in seine ursprüngliche Form, beispielsweise ein plattenähnliches Rohmaterial, zurückgehen würde. Nachdem im Rahmen des Schrittes des Formens des Rohmaterials eine gewünschte Geometrie des späteren Formbauteils hergestellt wurde, wird erfindungsgemäß diese Form für eine definierte Zeitdauer gehalten, bei gleichzeitiger Beibehaltung der definierten Verarbeitungstemperatur. Die definierte Verarbeitungstemperatur ist hierbei kleiner als 325°C, insbesondere im Bereich von 250°C. Das Beibehalten der Verarbeitungstemperatur für eine definierte Zeitdauer z.B. 30 Minuten, ohne weitere Verformung dient dabei dem Abbau von Spannungen im Formbauteil.

[0017] Im Rahmen der Forschung und Entwicklung der vorliegenden Erfindung wurde festgestellt, dass die Geschwindigkeit des Formens keinen wesentlichen Einfluss auf später im Formbauteil vorherrschende Spannungen aufweist, sofern ein ausreichender Relaxierungsschritt, vorgesehen wird somit das Beibehalten der Bearbeitungstemperatur für eine definierte Zeitdauer nach dem Formen zum Abbau von Spannungen im Formbauteil, insbesondere ohne weitere Veränderung der Geometrie des Formbauteils. Weiterhin wurde im Rahmen der Forschung und Entwicklung der vorliegenden Erfindung herausgefunden, dass tatsächlich der Vorgang des Abkühlens des Formbauteils, insbesondere der dabei auftretende Temperaturunterschied, hauptsächlich für nach der Herstellung im Formbauteil vorherrschende Materialspannungen verantwortlich ist. Demgemäß verursacht eine geringere Verarbeitungstemperatur auch eine geringere totale Spannung bzw. Verspannung des Formbauteils. Eine besonders bevorzugte Temperatur ist hierbei im Wesentlichen 250°C. Gleichzeitig ermöglicht ein Formen bei einer verringerten Verarbeitungstemperatur von beispielsweise ca. 250°C die Verwendung von Materialien, welche eine niedrigere Kristallerholungstemperatur ("Recovery Temperature") aufweisen. Materialien mit einer solchen verringerten Kristallerholungstemperatur wiederum weisen eine erhöhte Festigkeit ggü. Materialien mit einer höheren Kristallerholungstemperatur auf.

[0018] Die Verwendung einer Verarbeitungstemperatur, die kleiner ist als 325°C, beispielsweise im Wesentlichen im Bereich von 250°C, ermöglicht somit die Herstellung von Formbauteilen mit wesentlich reduzierten inneren Verspannungen bei gleichzeitig höherer Festigkeit des Werkstoffs als dies bei einem Verfahren mit einer Verarbeitungstemperatur von 325° oder mehr möglich wäre.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung mag das erfindungsgemäße

Verfahren weiterhin die Schritte Abkühlen des Formbauteils und insbesondere Nachbearbeiten des Formbauteils aufweisen.

[0020] Ein Abkühlen des Formbauteils kann hierbei noch im Formwerkzeug oder auch außerhalb des Formwerkzeuges bzw. bei entferntem Formwerkzeug zum Beispiel an Luft erfolgen. Ein Kühlen im Formwerkzeug ermöglicht einerseits lediglich das passive Abkühlen des Formbauteils, andererseits können weitere Komponenten, z.B. am Formwerkzeug vorgesehen sein, welche ein aktives Abkühlen bzw. ein gesteuertes Abkühlen ermöglichen. Durch einen geeigneten Abkühlungs-Temperaturverlauf kann im Weiteren ein bevorzugter Abbau von Spannungen im Formbauteil realisiert werden. Ein Nachbearbeiten des Formbauteils kann zum Erhalt des fertigen Formbauteils, wie es später beispielsweise in einer Flugzeugstruktur verwendet wird, nötig sein.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung mag das Nachbearbeiten des Formbauteils ein Ausbilden einer Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur, insbesondere durch spanende Bearbeitung, z.B. Fräsen, sein.

[0022] Somit lässt sich aus einem geeigneten Rohmaterial in einem Verarbeitungsdurchgang die gewünschte Endform erzeugen, wobei nachfolgend durch Abtragen von Material aus der Dicke des Formbauteils Verstrebungen vergleichbar mit Stringer, Rippen oder Spanten im Material aus dem Vollen herstellbar sein können. Eine solche Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur weist aufgrund der Einstückigkeit mit der Hülle eines Formbauteils eine ideale Anbindung auf.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung mag die Verarbeitungstemperatur kleiner als 320°C, insbesondere kleiner als 300°C, weiter insbesondere kleiner als 280°C, weiter insbesondere kleiner als 260°C, weiter insbesondere im Bereich von 200°C bis 300°C, weiter insbesondere im Bereich von 220°C bis 280°C, weiter im Bereich von 230°C bis 270°C, weiter im Bereich von 240°C bis 260°C, weiter insbesondere im Wesentlichen 250°C sein.

[0024] Je niedriger die Verarbeitungstemperatur bzw. die Temperaturerhöhung zwischen Normaltemperatur (Umgebungstemperatur) und Formtemperatur, ist desto geringer sind bei einem Abkühlungsprozess in das Material des Formbauteils induzierte Verspannungen.

[0025] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung mag nach dem Schritt des Nachbearbeitens des Formbauteils kein weiterer Verarbeitungsschritt zum Abbau von inneren Spannungen, insbesondere keine erneute Erwärmung, nötig sein.

[0026] Aufgrund der Verringerungen der internen Spannungen im Formbauteil aufgrund einer reduzierten Verarbeitungstemperatur kann bei einem geeigneten Herstellungsverfahren auf weitere Relaxierungsschritte, insbesondere nach der Ausbildung der Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur, verzichtet werden.

[0027] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung mag die definierte Zeit-

dauer 30 Minuten im Wesentlichen nicht überschreiten.

[0028] Eine derartige Zeitdauer mag ausreichen, um im Wesentlichen vollständig bzw. signifikant im Material auftretende Verspannungen durch Relaxierung abzubauen.

[0029] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung mag das Rohmaterial bereits vorgeformt bereitgestellt sein bzw. vor dem Erwärmen vorgeformt werden.

[0030] Durch eine derartige Vorformung mag es im Weiteren möglich sein, das Rohmaterial bzw. den Rohling bereits in gewissem Maße auf die später einzunehmende gewünschte Geometrie vorzuformen, so dass insbesondere die Schritte des Erwärmens und Formens des Rohmaterials vereinfacht erfolgen können. Möglicherweise durch die Vorformung auftretende Verspannungen im Rohmaterial können gleichfalls durch den Relaxierungsschritt abbaubar sein.

[0031] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung mag das Rohmaterial als dicke Platte bzw. als massives Material auf, insbesondere mit einer Dicke im Bereich von 50mm bis 400mm, 300mm oder 200mm, weiter insbesondere 80mm bis 150mm ausgebildet sein.

[0032] Eine derartige Ausgestaltung als dicke Platte bzw. massives Material ermöglicht nach der Formung ein spanendes Nachbearbeiten zur Herstellung einer Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur aus dem Vollmaterial. Als dicke Platte bzw. massives Material soll somit im Rahmen der vorliegenden Erfindung jegliches Material mit einer Dicke verstanden werden, die geeignet ist, nach dem Formungsschritt im Nachbearbeitungsschritt eine geeignete Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur ausbilden zu können.

[0033] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung mag das Rohmaterial ausgebildet sein als ein Material aus der Gruppe bestehend aus AlSc-Legierung, MgSc-Legierung, AlMgSc-Legierung und Sc-Legierung.

[0034] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird ein Formbauteil bereitgestellt, wobei das Formbauteil ausgebildet sein mag als ein Cockpit-Formbauteil, ein Tür-Formbauteil, insbesondere ein Türrahmen, ein Bugschott-Formbauteil oder ein Fahrwerk-Formbauteil.

[0035] Insbesondere diesen Arten von Formbauteilen ist gemein, dass sie einer erhöhten Belastung im Betrieb des Flugzeuges ausgesetzt sind und somit besonders bevorzugt fest vorzusehen sind. Allgemein lässt sich das Verfahren sinnvoll auf alle integralen Formbauteile anwenden, die hohen Betriebslasten ausgesetzt sind.

[0036] Nachfolgend wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher auf Ausführungsbeispiele der Erfindung eingegangen. Es zeigen:

Fig. 1a einen exemplarischen Aufbau eines Cockpitbereiches einer Flugzeugstruktur;

Fig. 1b-1j exemplarische Ausgestaltungen von Formbauteilen für eine Flugzeugstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine exemplarische Ausgestaltung des Verfahrens zur Herstellung eines Formbauteils gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine exemplarische Darstellung der Reduzierung des Verzuges und damit der geometrischen Abweichung gegenüber der Zielgeometrie nach Abkühlung eines Formbauteils gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0037] Weiter Bezug nehmend auf Fig. 1a wird ein exemplarischer Aufbau eines Cockpitbereiches einer Flugzeugstruktur dargestellt.

[0038] Fig. 1a zeigt den vorderen Bereich einer Flugzeugstruktur, insbesondere den Cockpitbereich, mit Fensteröffnungen, dem Bugschott, welches insbesondere Vogeleinschlag widerstehen können muss, dem Fahrwerksbereich sowie zumindest einer Eingangstüre mit entsprechendem Türrahmen.

[0039] Herkömmlich wurden derartige Strukturen ausgebildet, indem eine Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur mit im Wesentlichen der gewünschten Form bzw. Geometrie der Flugzeugstruktur aufgebaut und diese im Nachfolgenden durch geeignet geformte Oberflächenelemente verschlossen wird. Derartige Oberflächenelemente werden somit nachträglich unter Verwendung geeigneter Verbindungsverfahren wie beispielsweise Verschrauben, Schweißen oder Nieten mit der Tragwerksstruktur verbunden.

[0040] Aufgrund der erhöhten Belastung des vorderen Bereichs einer Flugzeugstruktur ist ein besonders bevorzugtes Material ein Metall bzw. eine Metalllegierung.

[0041] Fig. 1b zeigt nunmehr den Aufbau eines vorderen Bereichs einer Flugzeugstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0042] Einzelne Elemente wie Türrahmen, Fahrwerk, Cockpit und Bugschott werden als separate Formbauteile gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung integral hergestellt. Insbesondere wird die gewünschte Geometrie, insbesondere Außengeometrie der Flugzeugstruktur, durch die Formung des Rohmaterials bereitgestellt, wobei nach dem Relaxierungsschritt und dem Abkühlungsschritt ein massives geformtes Bauteil entstanden ist, welches nunmehr in einem Nachbearbeitungsschritt derart weiterbearbeitet wird, so dass eine innenliegende Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur ausgebildet wird.

[0043] Dieses Ausbilden mag beispielsweise durch Abtragen, zum Beispiel durch Fräsen, von Material aus dem Vollen des abgekühlten Formbauteils realisierbar sein. Bei einem entsprechenden Nachbearbeiten wird somit das Gewicht des einzelnen Formbauteils durch Ab-

tragung von nicht benötigtem Material aus der Dicke des Rohlings signifikant reduziert, während durch dieses Abtragen gleichzeitig die geforderte Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur ausbildbar ist.

[0044] Da das Nachbearbeiten an einem integralen, einstückigen geometrisch geformten Formbauteil erfolgt, treten hierbei keine weiteren signifikanten Spannungen bzw. Verzüge des Formbauteils auf, dieses wird vielmehr durch Ausbildung der Verstrebungsstruktur in seiner Festigkeit gestärkt. Das erfindungsgemäße Verfahren hat somit seinen besonderen Vorteil in der einfachen Ausbildung einer nicht orthogonalen Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur und dem nachfolgenden Erhalt eines einstückigen Formbauteils, welches gleichfalls einen signifikanten Kurvenverlauf aufweisen kann, der bei herkömmlichen Herstellungsverfahren von Flugzeugbauteilen Genauigkeitsprobleme ergeben könnte.

[0045] Fig. 1c-1j zeigen einzelne exemplarische Ausgestaltungen von Formbauteilen gemäß der vorliegenden Erfindung im Detail.

[0046] Fig. 1a, d stellen hierbei einen Teil eines Cockpits dar, insbesondere mit Fensteröffnungen. Fig. 1e, f zeigen eine exemplarische Ausgestaltung eines Türrahmens, während Fig. 1g, h eine exemplarische Ausgestaltung eines Bugschotts darstellen. Speziell beim Bugschott und nachfolgend beim Fahrwerk, wie in Fig. 1i, j dargestellt, ist die Verstrebungsstruktur bzw. Tragwerksstruktur auf einer Seite, meist der Innenseite, somit der zum Flugzeuginnenraum gerichteten Seite, erkennbar. Die genaue Ausbildung der Tragwerksstruktur ist hierbei dem jeweiligen Formbauteil geschuldet, orientiert sich jedoch im Wesentlichen an bekannten Tragwerksstrukturen, insbesondere des Flugzeugbaus.

[0047] Weiter Bezug nehmend auf Fig. 2 wird eine exemplarische Ausgestaltung eines Verfahrens zur Herstellung eines Formbauteils gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt.

[0048] Das Verfahren 10 zur Herstellung eines Formbauteils beginnt mit dem Bereitstellen 12 eines Rohmaterials. Besonders bevorzugt sind hierbei metallische Legierungen wie beispielsweise Aluminiumscandium oder Aluminiummagnesiumscandium. Im Wesentlichen ist jedoch jegliches plastisch verformbare Rohmaterial, welches in einer geeigneten Dicke verformbar und zum Ausbilden einer geeigneten Verstrebungsstruktur nachbearbeitbar ist, geeignet, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

[0049] Der optionale Schritt der Vorformung 24 ermöglicht bereits ein Anpassen der Geometrie vor dem eigentlichen Erwärmen und Formen des Rohmaterials, wodurch unter anderem die Handhabung des Rohmaterials vereinfachbar ist. Die Vorform wird typischerweise durch bekannte Umformverfahren wie Rollformen oder Biegen hergestellt und ist idealerweise derart gestaltet, dass die finale Bauteilgeometrie bereits in guter Näherung erreicht wird. Der daran anschließende Warmumformschritt kann damit schnell und kostengünstig erfolgen.

[0050] Nachfolgend wird das Rohmaterial auf eine

Verarbeitungstemperatur erwärmt 14. Die Verarbeitungstemperatur mag hierbei kleiner als 325°C, insbesondere im Bereich von 230°C bis 270°C, weiter insbesondere im Bereich von 240°C bis 260°C, weiter insbesondere im Wesentlichen 250°C sein.

[0051] Nachfolgend wird das Rohmaterial plastisch verformt 16 zum Erhalt eines Formbauteils mit einer gewünschten Geometrie. Die Verformung mag unter Verwendung von herkömmlichen Formwerkzeugen erfolgen, beispielsweise durch Eindrücken des Rohmaterials in eine vorgegebene Form. Hierbei auftretende Spannungen im Formbauteil werden durch ein Beibehalten 18 der Verarbeitungstemperatur für eine definierte Zeitdauer nach dem Formen abgebaut.

[0052] Insbesondere werden beim Beibehalten 18 der Verarbeitungstemperatur die verwendeten Formwerkzeuge nicht entfernt, vielmehr wird das Rohmaterial während des Beibehaltens 18 der Verarbeitungstemperatur von den Formwerkzeugen in Form der gewünschten Geometrie gehalten. Durch diesen Relaxierungsschritt werden Spannungen im Formbauteil abgebaut, so dass nach Entnahme des Formbauteils aus dem Formwerkzeug ein sogenannter Rücksprung, somit eine eigenständige Verformung des Formbauteils aufgrund des Fehlens des formgebenden Werkzeuges, reduziert bzw. vollständig vermieden wird. Der Relaxierungsschritt erfolgt hierbei ebenfalls bei der zuvor verwendeten Verarbeitungstemperatur von beispielsweise im Wesentlichen 250°C für eine definierte Zeitdauer wie beispielsweise 30 Minuten oder weniger.

[0053] Nach dem Relaxierungsschritt 18 erfolgt ein Abkühlen des Formbauteils auf Umgebungstemperatur 20, welches einerseits passiv, zum Beispiel durch einfaches Entfernen der Formwerkzeuge und einem Abkühlen an Luft, erfolgen kann, oder auch als aktives Abkühlen erfolgen mag, zum Beispiel unter Verwendung von temperatursteuerbaren Formwerkzeugen, welche eine gegenüber Luftkühlung beschleunigte oder verzögerte Abkühlung ermöglichen. Gleichfalls ist eine gesteuerte Abkühlung mit einem gewünschten Abkühlungsverlauf bzw. Abkühlungstemperaturkurvenverlauf durch Steuerung der Temperatur des Formwerkzeuges denkbar.

[0054] Nach dem Abkühlen 20 des Formbauteils wird dieses nachbearbeitet 22. Beim Nachbearbeiten wird durch geeignete Verfahren, wie beispielsweise Fräsen, eine Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur integral am bzw. im Formbauteil ausgebildet. Hierbei abfallendes Material kann über bekannte Recyclingprozesse wiederverwendet werden.

[0055] Weiter Bezug nehmend auf Fig. 3 wird eine exemplarische Ausgestaltung der Reduzierung von Spannungen in einem Formbauteil anhand eines Verzuges nach Abkühlung gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt.

[0056] Der zuvor angesprochene Verzug stellt ein sogenanntes Rückspringen bzw. eine Geometrieänderung eines Formbauteils dar. Die Geometrieänderung stellt dabei eine Abweichung zwischen gewünschter

bzw. geforderter Geometrie, wie sie unter Verwendung der Formwerkzeuge beim Formen des Rohmaterials herstellbar ist und der sich letztendlich nach Entfernen des Formbauteils aus dem Formwerkzeug einstellenden Geometrie dar.

[0057] Eine solche Änderung ist exemplarisch in Fig. 3 dargestellt. Wie zuvor angegeben, treten bei erhöhter Abkühlungstemperatur bzw. bei einem erhöhten Unterschied zwischen Verarbeitungstemperatur und Temperatur im abgekühlten Zustand erhöhte Spannungen auf. Gemäß Fig. 3 beträgt die exemplarische Abweichung von der Sollgeometrie bei einem Formungsprozess bei 325°C 2,8mm, während bei einer Formung bei 250°C eine Abweichung von nur 1,4mm auftritt, was somit einer Halbierung der Abweichung gegenüber 325°C entspricht. Eine Formung bei 300°C weist im Resultat eine Abweichung von exemplarisch 1,9mm auf, während eine Formung bei 275°C eine Abweichung von 1,6mm aufweist. Hierbei wurde jeweils auf den Mittelwert einer Messreihe abgestellt.

[0058] Wie somit Fig. 3 eindeutig zu entnehmen ist, ergibt sich bei verringerter Verarbeitungstemperatur, beispielsweise 250°C im Vergleich zu 325°C, eine signifikante Reduzierung des Springbacks, was sich aufgrund einer überproportionalen Reduzierung von durch den Abkühlungsprozess im Material induzierten Spannungen ergibt.

Bezugszeichenliste

[0059]

10 Verfahren zur Herstellung eines Formbauteils

12 Bereitstellen eines Rohmaterials

14 Erwärmen des Rohmaterials

16 Formen des Rohmaterials

18 Beibehalten der Verarbeitungstemperatur/Relaxierung

20 Abkühlen des Formbauteils

22 Nachbearbeiten des Formbauteils

24 Vorformen des Rohmaterials

Patentansprüche

1. Verfahren (10) zur Herstellung eines Formbauteils, aufweisend die Schritte
Bereitstellen (12) eines metallischen Rohmaterials;
Erwärmen (14) des Rohmaterials auf eine Verarbeitungstemperatur;
Formen (16) des Rohmaterials zum Erhalt eines

Formbauteils mit einer gewünschten Geometrie unter Verwendung eines Formwerkzeuges;
Beibehalten (18) der Verarbeitungstemperatur für eine definierte Zeitdauer nach dem Formen zum Abbau von Spannungen im Formbauteil;
wobei das Formen als ein plastisches Formen ausgebildet ist; und
wobei die Verarbeitungstemperatur kleiner 325°C ist.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, weiterhin aufweisend die Schritte
Abkühlen (20) des Formbauteils; und insbesondere Nachbearbeiten (22) des Formbauteils.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei das Nachbearbeiten des Formbauteils ein Ausbilden einer Tragwerksstruktur bzw. Verstrebungsstruktur, insbesondere durch Fräsen, ist.

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verarbeitungstemperatur kleiner als 320°C, insbesondere kleiner als 300°C, weiter insbesondere kleiner als 280°C, weiter insbesondere kleiner als 260°C, weiter insbesondere im Bereich von 200°C bis 300°C, weiter insbesondere im Bereich von 220°C bis 280°C, weiter insbesondere im Bereich von 230°C bis 270°C, weiter insbesondere im Bereich von 240°C bis 260°C, weiter insbesondere im Wesentlichen 250°C ist.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei nach dem Abkühlen und/oder Nachbearbeiten des Formbauteils kein weiterer Verarbeitungsschritt zum Abbau von inneren Spannungen erfolgt, insbesondere keine erneute Erwärmung.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei definierte Zeitdauer im Wesentlichen 30 Minuten nicht überschreitet.

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Rohmaterial bereits vorgeformt bereitgestellt wird oder vor dem Erwärmen vorgeformt (24) wird.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Rohmaterial als dicke Platte bzw. als massives Material, insbesondere mit einer Dicke im Bereich von 50mm bis 400mm, 300mm oder 200mm, weiter insbesondere 80mm bis 150mm ausgebildet ist.

9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das metallische Rohmaterial ausgebildet ist als ein Material aus der Gruppe bestehend aus AlSc-Legierung, MgSc-Legierung, AlMgSc-Legierung und Sc-Legierung.

10. Verwendung des Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche zur Herstellung eines Formbauteils, insbesondere für ein Transportmittel, weiter insbesondere für ein Flugzeug.

5

11. Formbauteil, insbesondere für ein Transportmittel, weiter insbesondere für ein Flugzeug, welches unter Verwendung des Verfahrens gemäß zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9 hergestellt wurde.

10

12. Formbauteil gemäß Anspruch 11, wobei das Formbauteil ausgebildet ist als ein Cockpit-Formbauteil, ein Tür-Formbauteil, ein Bugschott-Formbauteil oder ein Fahrwerk-Formbauteil.

15

13. Transportmittel, insbesondere Flugzeug, aufweisend ein Formbauteil gemäß Anspruch 11 oder 12.

20

25

30

35

40

45

50

55

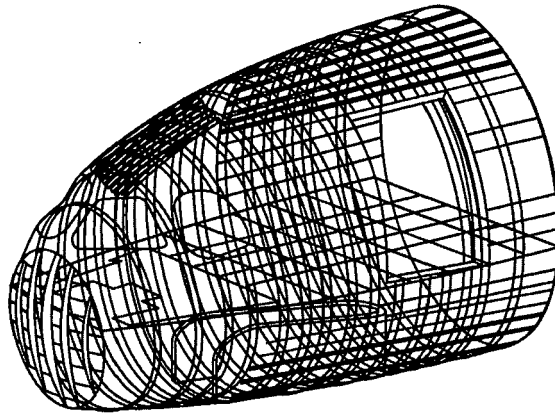


Fig. 1a

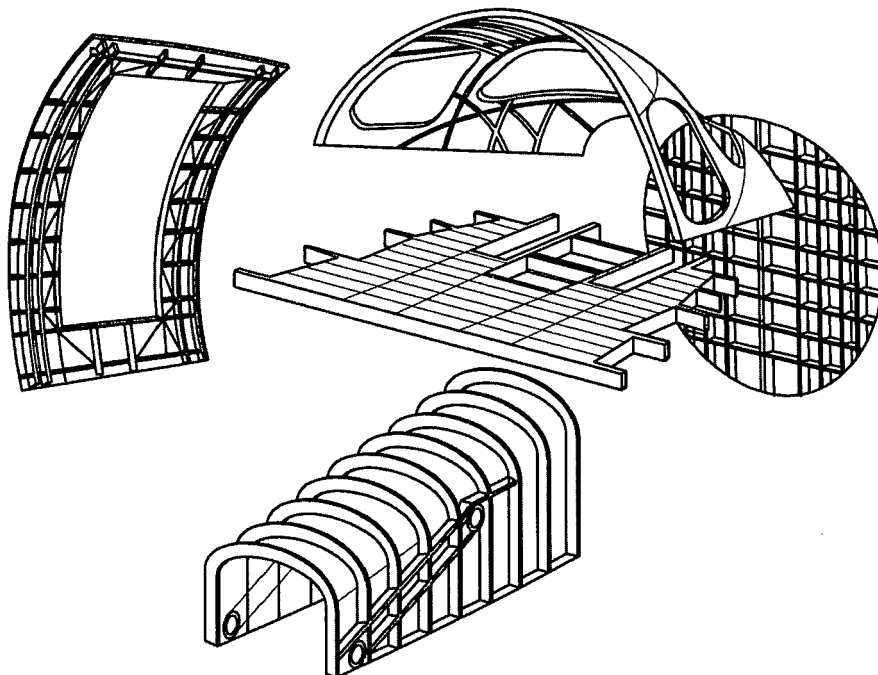


Fig. 1b

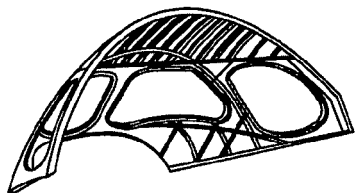


Fig. 1c

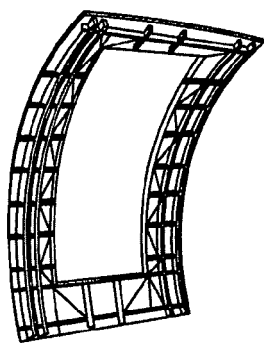


Fig. 1e

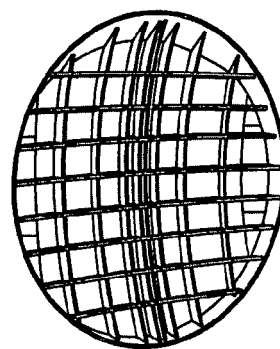


Fig. 1g

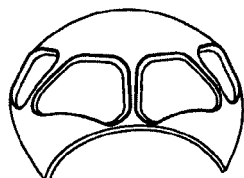


Fig. 1d

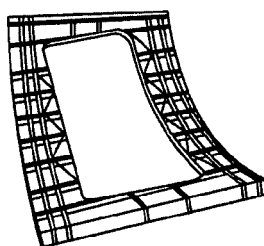


Fig. 1f

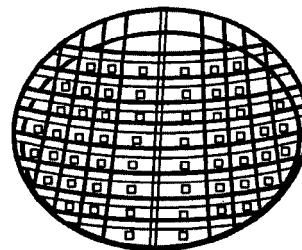


Fig. 1h

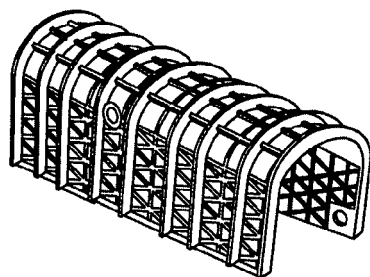


Fig. 1i

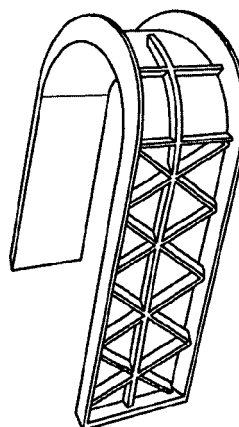


Fig. 1j

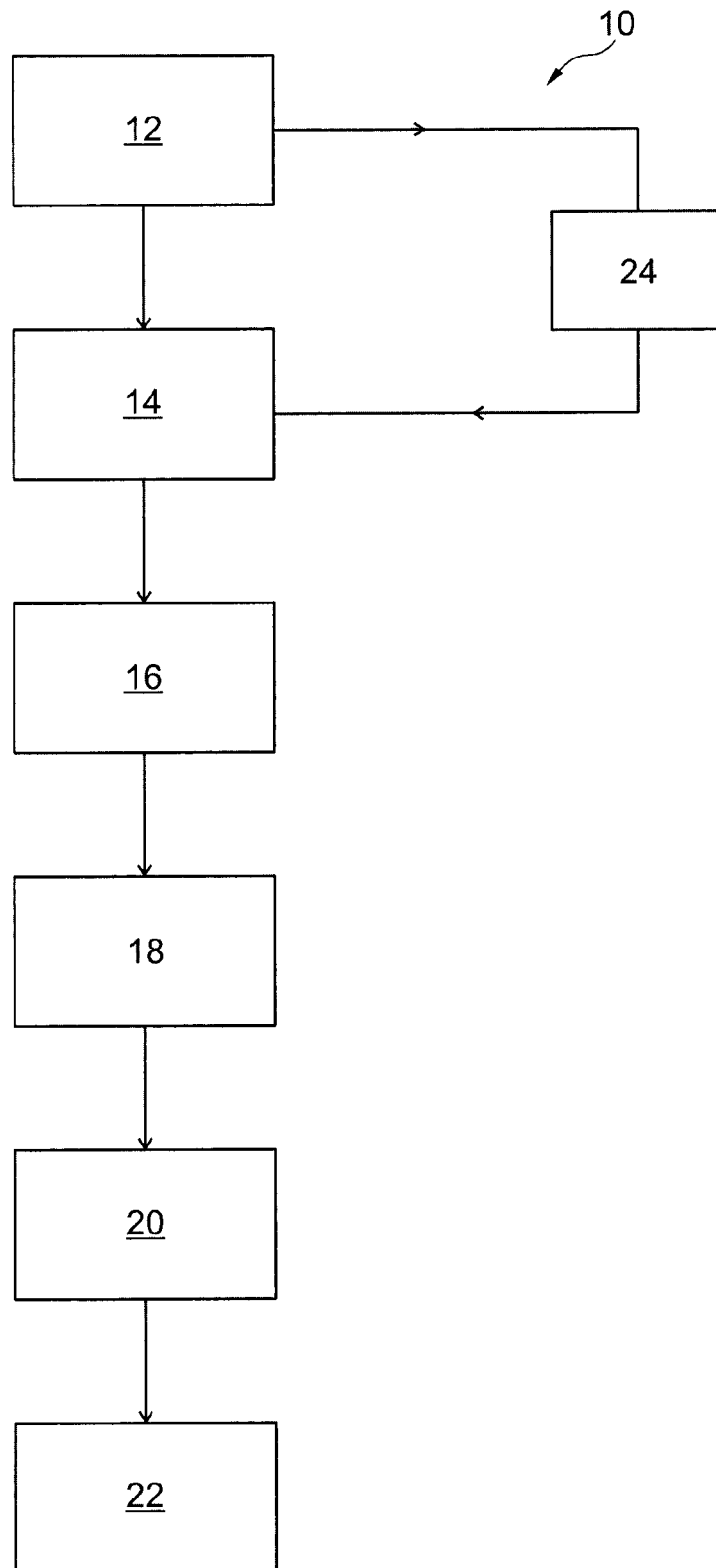


Fig. 2

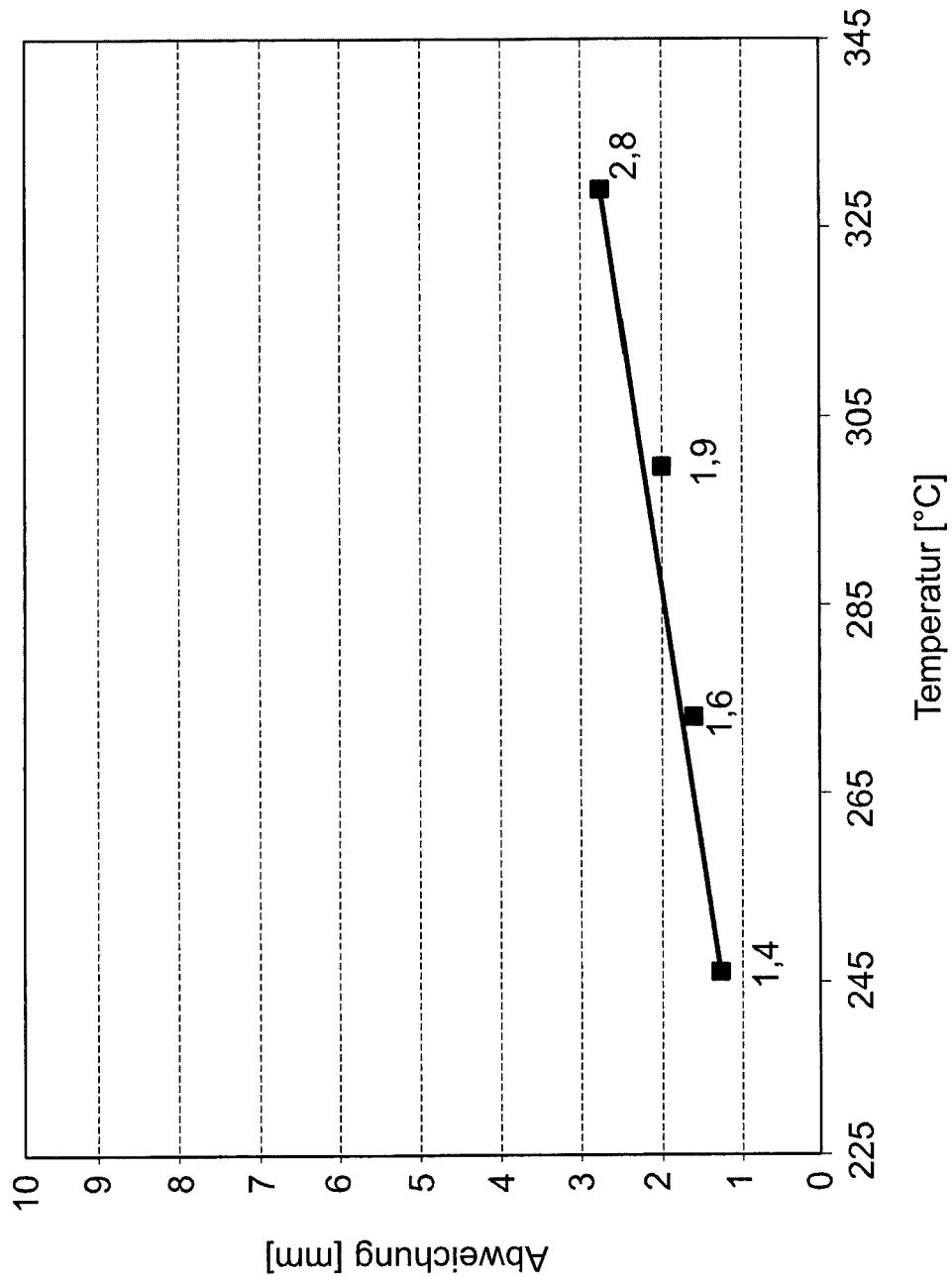


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 29 0377

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2004 136306 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 13. Mai 2004 (2004-05-13) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3-5 * * Absatz [0018] - Absatz [0020] *	1-13	INV. B21D53/92 B21D22/02 B21D37/16
X	JP 2003 103311 A (MITSUBISHI ALUMINIUM) 8. April 2003 (2003-04-08) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absatz [0036] *	1-13	
X	JP 2004 098125 A (KOMATSU SANKI KK) 2. April 2004 (2004-04-02) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3,5,6 * * Absatz [0009] *	1-7,9-13	
A		8	
X	US 2010/083728 A1 (MORALES ARIANNA T [US]) 8. April 2010 (2010-04-08) * Zusammenfassung; Ansprüche 15,17; Abbildungen 1,2 * * Absatz [0020] - Absatz [0021] *	1-13	
X	US 5 729 462 A (NEWKIRK TODD L [US] ET AL) 17. März 1998 (1998-03-17) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,6-8 *	11-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A		1-10	B21D
X	EP 2 329 897 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 8. Juni 2011 (2011-06-08) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absatz [0025] - Absatz [0027] * * Absatz [0044] *	11-13	
A		1-10	
X	US 6 550 302 B1 (GHOSH AMIT K [US]) 22. April 2003 (2003-04-22) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-4,7-10 * * Spalte 2, Zeile 1 - Zeile 33 *	11-13	
A		1-10	
	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Februar 2013	Prüfer Cano Palmero, A
KATEGORIE DER GENANNTE 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	

 1
EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 29 0377

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	FR 2 902 356 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 21. Dezember 2007 (2007-12-21)	11-13	
A	* das ganze Dokument *	1-10	

X,D	EP 2 364 794 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS [FR]) 14. September 2011 (2011-09-14)	11-13	
A	* das ganze Dokument *	1-10	

X,D	DE 100 47 491 A1 (EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 18. April 2002 (2002-04-18)	11-13	
A	* das ganze Dokument *	1-10	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Februar 2013	Prüfer Cano Palmero, 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 : 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	

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 12 29 0377

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.

12-02-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2004136306 A	13-05-2004	KEINE	
JP 2003103311 A	08-04-2003	KEINE	
JP 2004098125 A	02-04-2004	JP 2004098125 A	02-04-2004
		KR 20040023537 A	18-03-2004
		TW 1272978 B	11-02-2007
US 2010083728 A1	08-04-2010	KEINE	
US 5729462 A	17-03-1998	KEINE	
EP 2329897 A1	08-06-2011	AU 2009293983 A1	25-03-2010
		CN 102159339 A	17-08-2011
		EP 2329897 A1	08-06-2011
		JP 2010069504 A	02-04-2010
		KR 20110069007 A	22-06-2011
		RU 2011114987 A	27-10-2012
		TW 201014661 A	16-04-2010
		US 2011165431 A1	07-07-2011
		WO 2010032545 A1	25-03-2010
US 6550302 B1	22-04-2003	KEINE	
FR 2902356 A1	21-12-2007	KEINE	
EP 2364794 A1	14-09-2011	CN 102211275 A	12-10-2011
		EP 2364794 A1	14-09-2011
		FR 2956597 A1	26-08-2011
		US 2011203343 A1	25-08-2011
DE 10047491 A1	18-04-2002	CA 2423566 A1	25-03-2003
		CN 1455711 A	12-11-2003
		DE 10047491 A1	18-04-2002
		EP 1320430 A1	25-06-2003
		ES 2228944 T3	16-04-2005
		JP 4776866 B2	21-09-2011
		JP 2004509765 A	02-04-2004
		US 2004050134 A1	18-03-2004
		WO 0226414 A1	04-04-2002

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

- DE 10048491 A1 [0004]
- EP 2364794 A1 [0005]