



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.05.2015 Patentblatt 2015/20

(51) Int Cl.:
D04H 3/02 (2006.01) B29C 70/38 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14192056.1**

(22) Anmeldetag: **06.11.2014**

(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

(72) Erfinder:
• **Grohmann, Yannis**
20249 Hamburg (DE)
• **Kruse, Frank Felix**
21680 Stade (DE)

(30) Priorität: **07.11.2013 DE 102013112259**

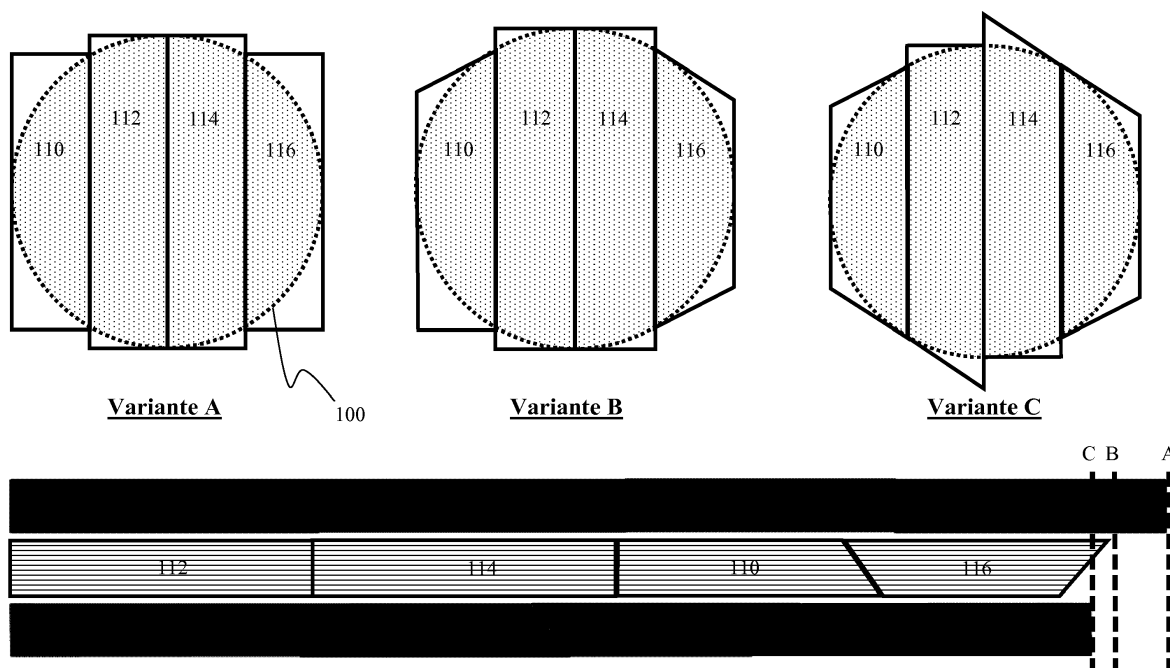
(74) Vertreter: **Aisch, Sebastian et al**
Gramm, Lins & Partner GbR
Patent- und Rechtsanwaltssozietät
Freundallee 13a
30173 Hannover (DE)

(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**
51147 Köln (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Faservorformlings**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung eines Faservorformlings für die Herstellung eines Faserverbundbauteils, wobei die Geometrie des Faservorformlings in eine Mehrzahl von Teilelementen unterteilt wird und anschließend eine Anordnung der einzelnen Teilelemente auf einem Fasermaterial so

ermittelt wird, dass das erzeugte Schnittmuster hinsichtlich des Verschnittes optimiert ist. Anschließend werden die Teilelemente gemäß dem Schnittmuster zugeschnitten und die einzelnen Teilelemente zur Bildung des Faservorformlings abgelegt.



Figur 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Faservorformlings für die Herstellung eines Faserverbundbauteils mit einer vorgegebenen Geometrie und Außenendkontur, wobei der Faservorformling aus einem Fasermaterial gebildet wird. Die Erfindung betrifft ebenso eine Fertigungsanlage hierzu.

[0002] Bauteile aus einem Faserverbundwerkstoff, sogenannte Faserverbundbauteile, sind aus der Luft- und Raumfahrt heute nicht mehr wegzudenken. Aber auch im Automobilbereich findet die Verwendung derartiger Werkstoffe immer mehr Zuspruch. Insbesondere kritische Strukturelemente werden aufgrund der hohen gewichtsspezifischen Festigkeit und Steifigkeit bei minimalem Gewicht aus faserverstärkten Kunststoffen gefertigt. Durch die aus der Faserorientierung resultierenden anisotropen Eigenschaften der Faserverbundwerkstoffe können Bauteile exakt an lokale Belastungen angepasst werden und ermöglichen so eine optimale Materialausnutzung im Sinne des Leichtbaus.

[0003] Im Fertigungsprozess kommen dabei neben trockenen Faserhalbzeugen wie Gelege und Gewebe auch sogenannte Prepregs (mit einem Matrixmaterial vorimprägnierte Faserhalbzeuge) zum Einsatz. Durch die immer höheren Stückzahlen bei der Produktion von faserverstärkten Bauteilen bestehen große Bestrebungen, den Herstellungsprozess weitestgehend zu automatisieren, ohne dabei die Qualität des Herstellungsprozesses bzw. der herzustellenden Bauteile negativ zu beeinflussen. Die Fasermaterialien können trockene, bebinderte, vorfixierte oder vorimprägnierte Gewebe, Vliesstoffe, uniaxiale oder multiaxiale Materialien sein.

[0004] Gerade in der Großserienproduktion müssen darüber hinaus auch die Aspekte der Produktivität und der Ressourcenschonung mitberücksichtigt werden, da diese aufgrund der großen Stückzahl hier besonders ins Gewicht fallen. So werden auch heute noch sogenannte Multiaxialgelege, die aus zwei oder mehreren Faserlagen aufgebaut werden, entweder mit konstanter Warenbreite und Flächengewicht als Meterware gefertigt oder einzeln mit Hilfe eines Tapelegers oder einer Roboterlegevorrichtung hergestellt.

[0005] So bietet zwar das Herstellen von Multiaxialgelegen in Form von Meterware mit konstanter Warenbreite den Vorteil einer hohen Produktivität, und zwar auch dann, wenn diese im Nachgang auf die entsprechenden Faserlegeformen zugeschnitten werden müssen. Allerdings ist der Materialverschnitt bei dieser Art der Herstellung von Fasergelegen besonders groß, so dass er gerade bei der Großserienproduktion negativ ins Gewicht fällt und sich somit signifikant auf den Bauteilpreis auswirkt.

[0006] Aus der DE 10 2010 044 721 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Faserhalbzeuges bekannt, bei dem das herzustellende Faserhalbzeug in eine Mehrzahl von Modellstreifen zerlegt wird und diese Modellstreifen dann anschließend mittels

einzelner Faserstreifen nacheinander gelegt und hergestellt werden. Auch hierbei ergibt sich der entsprechende Nachteil, dass die Produktivität gegenüber der Herstellung von Multiaxialgelegen mittels Meterware äußerst gering ist, da die einzelnen Teile des vollständigen Modells nacheinander gefertigt werden.

[0007] Aus der WO 2009/156385 A2 ist ein Verfahren zum Herstellen eines Multiaxial-Fasergeleges bekannt, bei dem die einzelnen Rovings der Faserlagen in einem Spreizprozess verarbeitet werden.

[0008] Aus der WO 2009/042225 A2 ist eine Vorrichtung bekannt, mit der Faserhalbzeuge aus Faserstreifen hergestellt werden können, wobei die einzelnen Faserstreifen während des Legens der Faserstreifen von einem quasi Endlosband atoque zugeschnitten werden.

[0009] Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zum Herstellen von Faservorformlingen anzugeben, mit denen der Verschnitt reduziert werden kann, so dass insbesondere bei der Großserienproduktion der Anteil an ungenutztem Material möglichst gering gehalten werden kann.

[0010] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Anspruch 1 sowie der Anlage gemäß Anspruch 6 erfindungsgemäß gelöst.

[0011] Demnach wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass zunächst ein Schnittmuster erzeugt, indem die Faservorformling-Geometrie in einer Mehrzahl von Teilelementen unterteilt wird, die zusammengesetzt die spätere Faservorformling-Geometrie mit der vorgegebenen Außenendkontur bilden sollen. Anschließend werden die Teilelemente zu einem Schnittmuster angeordnet, mit dem die einzelnen Teilelemente aus einem Fasermaterial zugeschnitten werden sollen. Die Erzeugung des Schnittmusters erfolgt dabei in Abhängigkeit von der Außenkontur der einzelnen Teilelemente, die zusammengesetzt die Geometrie des späteren Faservorformlings bilden sollen. Das Ermitteln der Geometrie und Anordnung der einzelnen Teilelemente erfolgt dabei mit Hilfe eines auf einer Rechenmaschine ablaufenden Optimierungsverfahren unter Berücksichtigung der Außenkontur der einzelnen Teilelemente, um den Verschnitt zwischen benachbarten Teilelementen des Schnittmusters zu minimieren. Das Unterteilen der Faservorformling-Geometrie in die einzelnen Teilelemente sowie das Erzeugen des Schnittmusters kann dabei mit Hilfe einer Mikroprozessor gesteuerten Schnittmusterermittlungseinheit erfolgen.

[0012] Die Außenkontur der ermittelten Teilelemente entspricht dabei der Außenendkontur des Faservorformlings.

[0013] Ist das Schnittmuster erzeugt, so wird der Faservorformling aus den einzelnen Teilelementen durch Zuschneiden der einzelnen Teilelemente aus dem Fasermaterial gemäß Schnittmuster hergestellt, indem die Teilelemente vor, während oder nach dem Zuschneiden zur Bildung des Faservorformlings angeordnet bzw. abgelegt werden. Der Faservorformling wird so mit seiner

vorgegebenen Geometrie und Außenendkontur gebildet. Ein Faservorformling ist ein aus einem Fasermaterial gebildeten Faserhalbzeug, das zumindest teilweise die spätere Bauteilform des herzustellenden Faserverbundbauteils enthält.

[0014] Bei dem Optimierungsverfahren im Sinne der vorliegenden Erfindung handelt es sich um die Lösung eines Optimierungsproblems derart, dass mit Hilfe einer Zielfunktion ein gewünschter Parameter der Aufgabenstellung minimiert wird. Der zu minimierende Parameter ist hierbei der Verschnitt, unter dem der Materialüberschuss benachbarter Teilelemente in dem Schnittmuster verstanden wird. Die Zielfunktion kann dabei derart ausgebildet sein, dass sie den Parameterverschnitt mit Hilfe eines analytischen oder eines numerischen Verfahrens minimiert.

[0015] So ist es beispielsweise zweckmäßig und vorteilhaft, wenn die Schritte des Unterteilens der Geometrie und Erzeugung des Schnittmusters mehrfach durchgeführt werden, wobei jedes Mal unterschiedliche Geometrien der einzelnen Teilelemente bei der Unterteilung der Faservorformling-Geometrie erzeugt werden. Dies ist besonders vorteilhaft dann, wenn die Anwendung des Verfahrens nicht auf eine vorgegebene Materialgröße, beispielsweise Materialbreite, beschränkt ist. Die bei jedem Durchgang erzeugten Schnittmuster werden dann hinsichtlich ihres jeweiligen Verschnittes miteinander verglichen, so dass beispielsweise dasjenige Schnittmuster zum Zuschnitt verwendet wird, das den geringsten Verschnitt aufweist.

[0016] Vorteilhafterweise wird das Schnittmuster der Teilelemente weiter in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Faserwinkelorientierung, einem zulässigen Schnittwinkel des Fasermaterials, der Anzahl aufzubauender Lagen des Faservorformlings und/oder einer minimalen Größe eines Teilelementes erzeugt. Diese Randbedingungen können dabei einen wesentlichen Einfluss darauf haben, wie die Teilelemente innerhalb des Schnittmusters angeordnet werden, da beispielsweise in der Regel der Faservorformling eine vorgegebene Faserwinkelorientierung aufweisen muss und somit die Teilelemente nicht beliebig aus dem Fasermaterial herausgeschnitten werden können. Vielmehr müssen auch die Teilelemente, je nach Position und Anordnung innerhalb des Faservorformlings, der vorgegebenen Faserwinkelorientierung entsprechen. Darüber hinaus haben auch ein zulässiger Schnittwinkel des Fasermaterials und die Anzahl der aufzubauenden Lagen des Faservorformlings eine Relevanz hinsichtlich der Anordnung der Teilelemente in dem Schnittmuster bezüglich des Fasermaterials.

[0017] Der Faservorformling kann bspw. derart hergestellt werden, indem zunächst Fasermaterial eines Teilelementes zumindest teilweise abgelegt wird. Bevor es endgültig abgelegt wird, wird es gemäß dem Schnittmuster an seiner letzten Schnittkante zugeschnitten. Dies ist besonders dann vorteilhaft, wenn die Teilelemente aus einem Faserendlosmaterial abgelegt werden, so dass

der Prozessschritt des Zuschneidens und Ablegens zusammenfällt. Dabei müssen die Teilelemente zwangsläufig nicht nebeneinander abgelegt werden, sondern hinsichtlich ihrer Position innerhalb des Faservorformlings gemäß Schnittmuster. Denkbar ist aber auch, dass zumindest ein Teil der Teilelemente aus dem Fasermaterial gemäß dem Schnittmuster zugeschnitten werden und anschließend die zugeschnittenen Teilelemente zur Herstellung des Faservorformlings abgelegt werden. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn die zugeschnittenen Teilelemente vor dem Ablegen hinsichtlich ihrer Position innerhalb des Faservorformlings sortiert und in einem Materialspeicher sortiert abgelegt werden. Da bei dem vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahren nunmehr nicht, wie aus dem Stand der Technik bekannt, die Ablegereihenfolge für den Zuschnitt der Teilelemente relevant ist, sondern sich die Reihenfolge der zugeschnittenen Elemente in erster Linie aus der Minimierung des Verschnittes ergeben, ist es besonders vorteilhaft, wenn die zugeschnittenen Teilelemente vor dem Ablegen hinsichtlich ihrer Position innerhalb des Faservorformlings sortiert werden, so dass beim Ablegeprozess mittels der Faserlegeeinheit die einzelnen Teilelemente nacheinander aus dem Materialspeicher entnommen und abgelegt werden können. Hierdurch lässt sich trotz des erhöhten Aufwands beim Zuschnitt der Teilelemente die Produktivität des Legeprozesses erhöhen.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird die Faservorformling-Geometrie in eine Mehrzahl von streifenförmigen Teilelementen mit einer vorgegebenen Streifenbreite unterteilt und die einzelnen streifenförmigen Teilelemente als Faserstreifen nacheinander von einem Faserendlosmaterial abgeschnitten. Dies ist beispielsweise dann wünschenswert, wenn der Legeprozess für die Herstellung des Faservorformlings darauf beruht, dass einzelne Faserstreifen aus einem Faserendlosmaterial mit vorgegebener Materialbreite gelegt werden sollen. Das Schnittmuster wird dabei erzeugt, indem die einzelnen Faserstreifen nacheinander auf dem Faserendlosmaterial angeordnet werden, wobei die Reihenfolge der Faserstreifen auf dem Faserendlosmaterial mittels des Optimierungsverfahrens zur Verschnittoptimierung in Abhängigkeit von den Außenkonturen der Faserstreifen ermittelt wird.

[0019] So werden bei dieser Ausführungsform die einzelnen Faserstreifen hinsichtlich ihrer Reihenfolge so angeordnet, dass beispielsweise möglichst identische oder ähnliche Außenkonturen, die mit einer Schnittkante beim Zuschnitt der Faserstreifen von dem Endlosmaterial korrespondieren, benachbart angeordnet werden, wodurch der Verschnitt beim Zuschneiden der Faserstreifen minimiert wird. So ist es beispielsweise denkbar, dass die Schnittkante zwischen zwei benachbarten Faserstreifen jeweils die aneinander liegenden Außenkonturen der Faserstreifen bilden. In diesem Falle wären die Außenkonturen hinsichtlich ihres Schnittverlaufes identisch. Denkbar ist aber auch, dass die Faserstreifen auf dem Faserendlosmaterial hinsichtlich ihrer Reihenfolge so ange-

ordnet werden, dass diejenigen Faserstreifen benachbart angeordnet werden, deren Außenkonturen innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches deckungsgleich sind. Auch hierdurch lässt sich der Verschnitt minimieren.

[0020] Des Weiteren lässt sich auch der Verlauf der Schnittkante zwischen jeweils im Schnittmuster benachbarten Teilelementen mittels des Optimierungsverfahrens optimieren, indem beispielsweise Schnittverläufe gewählt werden, die zu einem minimalen Verschnitt führen, und zwar auch dann, wenn hierdurch die gewünschte Außenkontur des Teilelementes durch die Schnittkante nicht realisiert werden kann und es hierdurch zu einer Endkonturbesäumung kommen kann. Dies geht zwar zu Lasten der Produktivität, führt jedoch gleichzeitig zu signifikanten Einsparungen beim Verschnitt.

[0021] Selbstverständlich ist es auch denkbar, dass alle Teilelemente oder zumindest ein Teil eine Schnittkante aufweisen, die der Außenkontur des Faservorformlings entspricht. Hierdurch lassen sich gezielt Teilelemente mit fertiger Außenkontur herstellen, was die Produktivität erhöhen kann, da eine spätere Konturbearbeitung entfällt.

[0022] Es ist denkbar und zweckmäßig, dass zunächst alle Teilelemente oder zumindest ein Teil davon gemäß dem erzeugten Schnittmuster zugeschnitten und die zugeschnittenen Teilelemente vor dem Ablegen in einem Materialspeicher zwischengespeichert werden, so dass der gesamte Ablegeprozess ohne den Prozessschritt des Zuschneidens durchgeführt werden kann. In diesem Falle ist es besonders vorteilhaft, wenn die einzelnen Teilelemente zusätzlich vor dem Ablegen in dem Materialspeicher zwischengespeichert werden.

[0023] Denkbar ist allerdings auch, dass jeweils ein Teilelement gemäß dem erzeugten Schnittmuster zugeschnitten und das aktuell zugeschnittene Teilelement zur Herstellung des Faservorformlings anschließend abgelegt wird, bevor ein weiteres Teilelement zugeschnitten wird. In diesem Fall lässt sich der Schritt des Zwischenspeicherns einsparen, was die Produktivität erhöht und vorteilhafterweise bei einer geringeren Anzahl von Teilelementen Anwendung finden sollte.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird mittels des auf der Rechenmaschine ablaufenden Optimierungsverfahrens die Anzahl der Teilelemente in dem Schnittmuster minimiert. Durch die Vorgabe der Minimierung der Anzahl der Teilelemente kann signifikant die Produktivität erhöht werden, da bei weniger Teilelemente der Prozessschritt des Ablegens der einzelnen Teilelemente verringert/verkürzt wird. Mit Hilfe des Optimierungsverfahrens kann so mit den Vorgaben einer minimalen Anzahl von Teilelementen und eines minimalen Verschnittes erreicht werden, dass hinsichtlich der Produktivität, die es gilt zu steigern, der Verschnitt, den es gilt zu reduzieren, in ein Gleichgewicht geführt wird. Durch entsprechende Vorgaben, wie beispielsweise Erhöhung der Produktivität oder Reduzierung des Verschnittes, kann hier ein Optimum hinsichtlich dieser Vorgaben gefunden werden.

[0025] Es wird somit vorteilhafterweise möglich, mit Hilfe des Optimierungsverfahrens ein Optimum in Bezug auf minimalen Verschnitt und größtmöglicher Produktivität zu ermitteln. So macht es beispielsweise wenig Sinn, wenn durch eine hohe Anzahl von Teilelementen zwar der Verschnitt um wenige Prozent reduziert werden kann, die Produktivität jedoch aufgrund der vielen Teilelemente nahezu halbiert wird. Durch eine Gewichtung der Parameter Verschnittreduzierung oder Produktivitätserhöhung kann dabei Wert auf das eine oder das andere gelegt werden, um so ein bestmögliches Schnittmuster für die vorgegebenen Randbedingungen zu erhalten.

[0026] In einer vorteilhaften Ausführungsform bestehen die Teilelemente aus unidirektionalen, zueinander parallel ausgerichteten und eben vorbereiteten Endlosfasern. Denkbar ist jedoch auch, dass die Teilelemente beispielsweise aus Gewebe, Vlies oder multiaxialen Material bestehen. Die Teilelemente können aus trockenem, vorbebindertem, vorfixiertem oder bereits vorimprägniertem Fasermaterial bestehen. Bei speziellen Lagenaufbauten können aber bestimmte Teilelemente auch aus anderen Hilfswerkstoffen bestehen, zum Beispiel Bindervlies, Sichtgewebe oder Spezialfolien. Ein Teilelement hat dabei vorteilhafterweise immer zwei parallel zueinander liegende Seiten. Die parallel zueinander liegenden Seiten verlaufen dann vorteilhafterweise parallel entlang einer vorhandenen Faserwinkelorientierung. Ein Teilelement kann aber auch eine beliebige Außenkontur haben, die der Außenkontur des Faservorformlings an der Position des Teilelements entspricht. Die Teilelemente haben vorteilhafterweise einheitliche Breiten. Es wird also vorteilhafterweise nur eine oder zwei verschiedene Breiten von Teilelementen geben. Denkbar ist jedoch auch, dass deutlich mehr verschiedene Breiten vorhanden sind oder komplett auf einheitliche Breiten verzichtet wird.

[0027] Die Erfindung wird anhand der beigefügten Figuren beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 - verschiedene Varianten der Verschnittoptimierung;

Figur 2a, 2b - Varianten der Schnittwinkeloptimierung;

Figur 3 - eine vorteilhafte Ausführungsform.

[0028] Figur 1 zeigt bei drei Varianten A bis C den jeweiligen Materialverbrauch. Dabei soll ein Faservorformling 100 mittels Faserstreifen 110, 112, 114 und 116 hergestellt werden, wobei die jeweiligen Faserstreifen aus einem Faserendlosmaterial herausgeschnitten werden sollen und somit eine vorgegebene feste Materialbreite aufweisen. Der Faservorformling 100 hat dabei eine kreisförmige Geometrie und Außenendkontur.

[0029] In der ersten Variante A werden die Faserstreifen nacheinander von einem Faserendlosmaterialband

abgeschnitten, und zwar mittels im Wesentlichen rechtwinkliger Schnittwinkel. Wie zu erkennen ist, weist diese Variante den größten Verschnitt auf, da aufgrund der rechteckigen Geometrie der einzelnen Faserstreifen die Differenz zu der Außenendkontur des Faservorformlings 100 am größten ist.

[0030] Erfindungsgemäß wird nun, um den Verschnitt möglichst gering zu halten, die Reihenfolge der Anordnung sowie die Schnittwinkel optimiert, so dass der Verschnitt minimiert wird. Dabei werden die Schnittwinkel so erzeugt, dass die aus dem Schnittwinkel resultierende Schnittkante jeweils zwei aufeinander folgenden Faserstreifen jeweils entspricht.

[0031] So ist in Variante B der Figur 1 gezeigt, dass die Faserstreifen 110 und 116 an zumindest einer Seite einen identischen Schnittwinkel aufweisen, so dass diese Faserstreifen 110 und 116 auf dem Faserstreifenendlosmaterial nacheinander angeordnet werden können und eine gemeinsame Schnittkante aufweisen. Hierdurch lässt sich der Materialverbrauch gegenüber der ersten Variante A reduzieren.

[0032] Gemäß der Variante C der Figur 1 wurde eine andere Anordnung der Faserstreifen gewählt, wodurch sich nunmehr gemeinsame Schnittkanten der Faserstreifen 110 und 112 sowie der Faserstreifen 114 und 116 ergeben und darüber hinaus die Faserstreifen 112 und 116 ebenfalls eine gemeinsame Schnittkante haben können. Gemäß dieser Anordnung kann der Materialverbrauch und somit der Verschnitt, noch einmal gegenüber der Variante B reduziert werden.

[0033] Wie in Figur 1 gezeigt, wird durch die Optimierung der Anordnung und somit der Optimierung des Schnittwinkels nicht nur der Verschnitt reduziert, sondern auch die Reihenfolge der Faserstreifen innerhalb des Faservorformlings verändert. So wird in Variante B auf dem Faserstreifenendlosmaterial zunächst die mittig liegenden Faserstreifen 112 und 114 angeordnet, woraufhin der äußere linke Faserstreifen 110 und dann der äußere rechte Faserstreifen 116 folgen. Zu erkennen ist außerdem, dass der Faserstreifen 110 an seiner unteren Seite keinen abgeschrägten Schnittwinkel aufweist, so dass dieser mit dem zuvor auf dem Faserstreifenendlosmaterial angeordneten Faserstreifen 114 mit einer Schnittkante abgeschnitten werden kann.

[0034] In der Variante C sind die beiden innenliegenden Faserstreifen auf dem Faserstreifenendlosmaterial außen angeordnet, während die beiden äußeren Faserstreifen dann mittig hieran angeordnet werden. Hierdurch kann eine noch größere Übereinstimmung mit den Schnittwinkeln erreicht werden.

[0035] Mittels des Optimierungsverfahrens können somit die Faserstreifen jeweils unterschiedlich auf dem Faserstreifenendlosmaterial angeordnet werden, wobei dann jeweils ein entsprechender Schnittwinkel zwischen den beiden Faserstreifen ermittelt wird, der einen minimalen Verschnitt erzeugt.

[0036] Das Erzeugen des Schnittmusters mit Hilfe des Optimierungsverfahrens kann somit in zwei Stufen erfol-

gen, zum einen durch eine optimale Anordnung der einzelnen Faserstreifen hinsichtlich ihrer geforderten Außenkontur, um die Außenendkontur des Faservorformlings 100 zu bilden, und zum anderen durch die Ermittlung einer optimalen Schnittkante, so dass in der Summe der Verschnitt minimiert wird.

[0037] Die Figuren 2a und 2b zeigen dabei zwei verschiedene Varianten, wie zwei Faserstreifen mit ihrer geforderten Außenkontur angeordnet werden können, so dass sich ein optimaler Schnittwinkel zueinander ergibt. Figur 2a ist dabei die sicherste und einfachste Variante, da sich die Schnittwinkel der beiden Faserstreifen 210 und 220 nicht innerhalb des Materialbereiches schneiden. Es ist dabei unerheblich, ob an der Schnittkante 212 oder 222 die beiden Faserstreifen voneinander getrennt werden, da in beiden Fällen eine Endkonturbesäumung notwendig ist und der Verschnitt gleich bleibt.

[0038] In Figur 2b würden sich beide Schnittwinkel innerhalb des Materialbereiches schneiden, da die beiden Faserstreifen 210 und 220 direkt aneinander angrenzend angeordnet werden. Die Schnittkante zum Abschneiden der beiden Faserstreifen würde dann an der Schnittkante 222 erfolgen, wobei der Verschnitt beim Zuschnitt der Außenkontur für den Faserstreifen 210 gegenüber der Variante der Figur 2a geringer ist.

[0039] Figur 3 zeigt eine Ausführungsform, bei der der Faservorformling nicht aus einer Mehrzahl von Faserstreifen mit gleichbleibender Faserstreifenbreite erzeugt wird, sondern durch individuell abgestimmte Teilelemente. Der Faservorformling 300 mit seiner gewünschten Geometrie und Endkontur wird dabei in eine Mehrzahl von Teilelementen 310, 312, 314, 316, 318 und 320 unterteilt, wobei diese einzelnen Teilelemente dann auf einem Fasermaterial 330 entsprechend so angeordnet werden, dass der Verschnitt minimiert wird. Dabei wird ein Schnittmuster erzeugt, das optimal aufeinander abgestimmte Schnittkonturen im Grundmaterial aufweist, um den Verschnitt zu reduzieren und dabei gleichzeitig die Produktivität zu erhöhen, da weniger Streifen abgelegt werden müssen und somit weniger Transportaufwand bzw. weniger notwendige Bewegung der Robotik beim Ablegen der Faserstreifen zu einer deutlichen Reduzierung der Fertigungszeit führen.

Patentansprüche

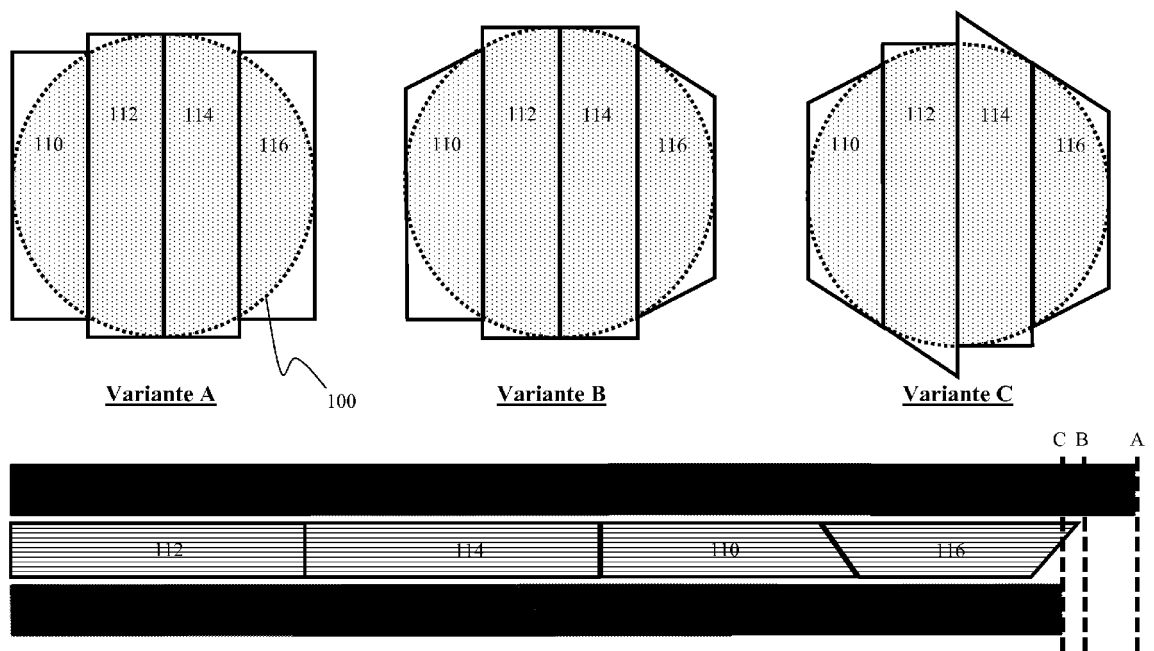
1. Verfahren zur Herstellung eines Faservorformlings für die Herstellung eines Faserverbundbauteils mit einer vorgegebenen Geometrie und Außenendkontur, wobei der Faservorformling aus einem Fasermaterial gebildet wird, mit den Schritten:

a) Erzeugen eines Schnittmusters durch Unterteilen der Faservorformling-Geometrie in eine Mehrzahl von Teilelementen, die zusammengesetzt die spätere Faservorformling-Geometrie mit der vorgegebenen Außenendkontur bilden,

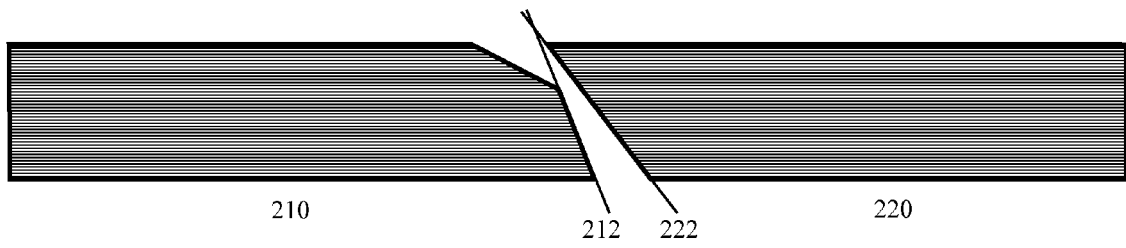
- und Anordnen der Teilelemente in einem Schnittmuster zum Zuschnitt der einzelnen Teilelemente aus einem Fasermaterial in Abhängigkeit von den Außenkonturen der einzelnen Teilelemente, wobei mittels eines auf einer Rechenmaschine ablaufenden Optimierungsverfahren der Verschnitt zwischen benachbarten Teilelementen des Schnittmusters minimiert wird, und
- b) Herstellen des Faservorformlings aus den einzelnen Teilelementen durch Zuschneiden der einzelnen Teilelemente gemäß dem erzeugten Schnittmuster.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schnittmuster der Teilelemente weiterhin in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Faserwinkelorientierung, einem zulässigen Schnittwinkel des Fasermaterials, einer Anzahl aufzubauender Lagen des Faservorformlings und/oder einer minimalen Größe eines Teilelementes erzeugt wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Faservorformling hergestellt wird, indem zunächst Fasermaterial eines Teilelementes zumindest teilweise abgelegt und das zumindest teilweise abgelegte Fasermaterial dann gemäß Schnittmuster endgültig zugeschnitten wird.
 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Faservorformling hergestellt wird, indem zumindest ein Teil der Teilelemente aus dem Fasermaterial gemäß Schnittmuster zugeschnitten werden und anschließend die zugeschnittenen Teilelemente zur Herstellung des Faservorformlings abgelegt werden.
 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zugeschnittenen Teilelemente vor dem Ablegen hinsichtlich ihrer Position innerhalb des Faservorformlings sortiert und in einem Materialspeicher sortiert abgelegt werden.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faservorformling-Geometrie in eine Mehrzahl von streifenförmigen Teilelementen mit einer vorgegebenen Streifenbreite unterteilt und die einzelnen streifenförmigen Teilelemente als Faserstreifen nacheinander von einem Faserstreifenendlosmaterial abgeschnitten werden, wobei das Schnittmuster erzeugt wird, indem die einzelnen Faserstreifen nacheinander auf dem Faserstreifenendlosmaterial angeordnet werden, wobei die Reihenfolge der Faserstreifen auf dem Faserstreifenendlosmaterial mittels des Optimierungsverfahren zur Verschnittoptimierung in Abhängigkeit von den Außenkonturen der Faserstreifen ermittelt wird.
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** weiterhin die Schnittkanten zwischen jeweils in dem Schnittmuster benachbarten Teilelementen mittels des Optimierungsverfahrens zur Verschnittoptimierung in Abhängigkeit von den Außenkonturen der Teilelemente ermittelt werden.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnittkanten der Teilelemente der Außenendkontur des jeweiligen Teilelementes entsprechen.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des auf der Rechenmaschine ablaufenden Optimierungsverfahrens die Anzahl der Teilelemente in dem Schnittmuster minimiert wird.
 10. Fertigungsanlage zur Herstellung eines Faservorformlings für die Herstellung eines Faserverbundbauteils mit einer vorgegebenen Geometrie und Außenendkontur, eingerichtet zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit
 - einer Schnittmusterermittlungseinheit, die eingerichtet ist, eine vorgegebene Faservorformling-Geometrie in eine Mehrzahl von Teilelementen zu unterteilen, die zusammengesetzt die spätere Faservorformling-Geometrie mit der vorgegebenen Außenendkontur bilden, und ein Schnittmuster zum Zuschnitt der einzelnen Teilelemente aus einem Fasermaterial durch Anordnen der Teilelemente in dem Schnittmuster in Abhängigkeit von den Außenkonturen der einzelnen Teilelemente derart zu erzeugen, indem mittels eines auf der Schnittmusterermittlungseinheit ablaufenden Optimierungsverfahren der Verschnitt zwischen benachbarten Teilelementen des Schnittmusters minimiert wird, und
 - einer Herstellungseinrichtung, die zum Herstellen des Faservorformlings aus den einzelnen Teilelementen durch Zuschneiden der einzelnen Teilelemente gemäß dem erzeugten Schnittmuster ausgebildet ist.
 11. Fertigungsanlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnittmusterermittlungseinheit weiterhin eingerichtet ist, das Schnittmuster der Teilelemente in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Faserwinkelorientierung, einem möglichen Schnittwinkel des Fasermaterials, einer minimalen Größe eines Teilelementes und/oder einer Anzahl aufzubauender Lagen des Faservorformlings zu erzeugen.
 12. Fertigungsanlage nach Anspruch 10 oder 11, **da-**

durch gekennzeichnet, dass die Fertigungsanlage ausgebildet ist, zunächst zumindest einen Teil der Teilelemente gemäß dem erzeugten Schnittmuster zuzuschneiden, die zugeschnittenen Teilelemente vor dem Ablegen in einem Materialspeicher zwischenspeichern und die zwischengespeicherten Teilelemente zur Herstellung des Faservorformlings abzulegen oder dass die Fertigungsanlage ausgebildet ist, jeweils ein Teilelement mittels einer Faserlegeeinheit zumindest teilweise abzulegen und gemäß dem erzeugten Schnittmuster zuzuschneiden, bevor ein weiteres Teilelement abgelegt wird.

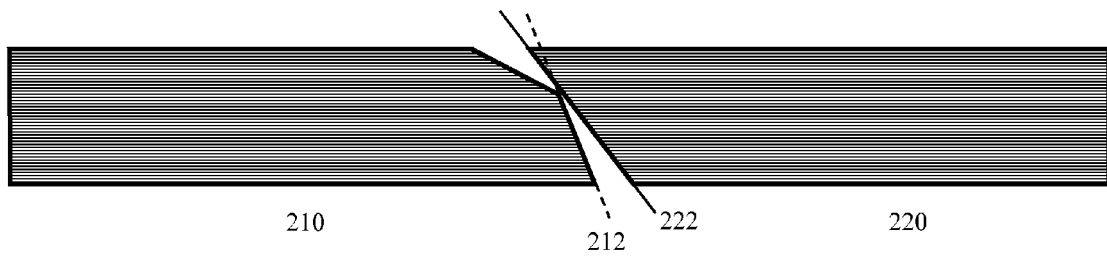
13. Fertigungsanlage nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnittmusterermittlungseinheit weiterhin eingerichtet ist, die Faservorformling-Geometrie in eine Mehrzahl von streifenförmigen Teilelementen mit einer vorgegebenen Streifenbreite zu unterteilen, so dass die einzelnen streifenförmigen Teilelemente als Faserstreifen nacheinander von einem Faserstreifenendlosmaterial abgeschnitten werden können, wobei das Schnittmuster erzeugt wird, indem die einzelnen Faserstreifen nacheinander auf dem Faserstreifenendlosmaterial angeordnet werden, wobei die Reihenfolge der Faserstreifen auf dem Faserstreifenendlosmaterial mittels des Optimierungsverfahren zur Verschnittoptimierung in Abhängigkeit von den Außenkonturen der Faserstreifen ermittelt werden, und die Fertigungsanlage weiterhin eine Materialbereitstellungseinrichtung zum Bereitstellen eines Faserstreifenendlosmaterials hat, wobei die Zuschnitteinrichtung zum Zuschneiden der Faserstreifen aus dem bereitgestellten Faserstreifenendlosmaterial gemäß dem Schnittmuster ausgebildet ist.
14. Fertigungsanlage nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnittmusterermittlungseinheit weiterhin eingerichtet ist, die Schnittkanten zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Faserstreifen mittels des Optimierungsverfahrens zur Verschnittoptimierung in Abhängigkeit von den Außenkonturen der Faserstreifen zu ermitteln.
15. Fertigungsanlage nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnittmusterermittlungseinheit weiterhin eingerichtet ist, mittels des auf der Schnittmusterermittlungseinheit ablaufenden Optimierungsverfahren die Anzahl der Teilelemente in dem Schnittmuster zu minimieren.



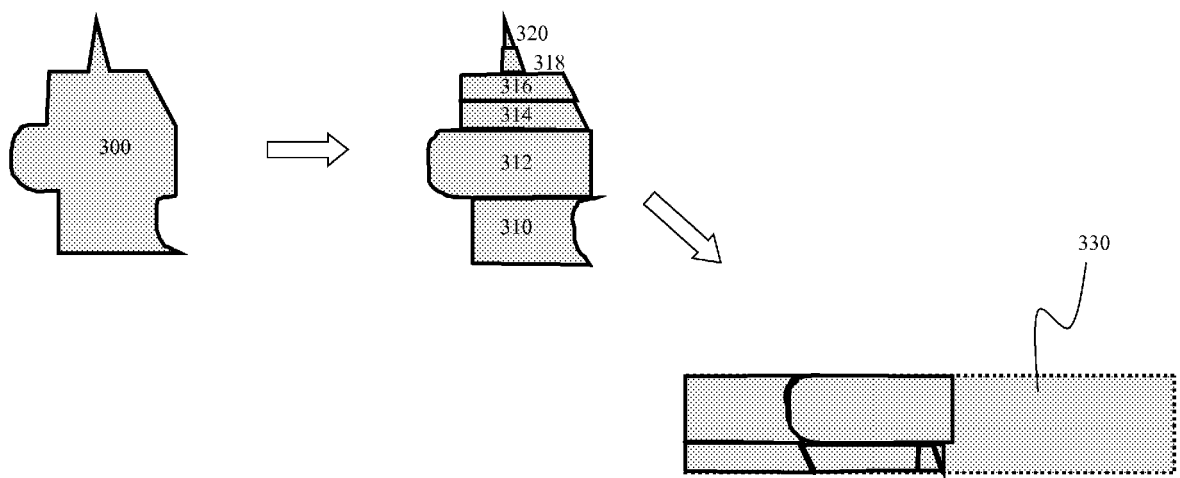
Figur 1



Figur 2a



Figur 2b



Figur 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 19 2056

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 248 659 A1 (ACCUDYNE SYSTEMS INC [US]) 10. November 2010 (2010-11-10) * Seite 4, Zeile 55 - Seite 6, Zeile 6; Abbildung 2 * * Seite 3, Zeilen 1-7, 17-20, 27-38 * * Seite 4, Zeilen 3-7 * * Seite 6, Zeilen 31-33 * * Seite 8, Zeilen 22-23, 33-35 *	1-8, 10-14	INV. D04H3/02 B29C70/38
X	WO 2012/104174 A1 (KRINGLAN COMPOSITES AG [CH]; PINI NICCOLO [CH]; ROGANTINI DANIELE [CH]) 9. August 2012 (2012-08-09) * Seite 2, Absatz 3 - Seite 3, Absatz 1 * * Seite 7, Absatz 2-3 * * Seite 9, letzter Absatz; Seite 10 - Seite 12; Ansprüche 2-6; Abbildungen 1,2,9 *	1-15	
A	WO 2011/047167 A1 (GERBER SCIENT INTERNATIONAL INC [US]; GORDON THOMAS A [US]; TODD WILLI) 21. April 2011 (2011-04-21) * Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildung 1 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) D04H B29C
A	US 5 405 683 A (SANDUSKY DONALD A [US] ET AL) 11. April 1995 (1995-04-11) * Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen 1,2 *	1-15	
A	DE 10 2009 042384 A1 (LIBA MASCHF [DE]) 7. April 2011 (2011-04-07) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. März 2015	Prüfer Elsässer, Ralf
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 14 19 2056

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.

23-03-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2248659 A1	10-11-2010	EP 2248659 A1	10-11-2010
		US 2010286808 A1	11-11-2010
-----	-----	-----	-----
WO 2012104174 A1	09-08-2012	CA 2826054 A1	09-08-2012
		CH 704406 A1	31-07-2012
		CN 103391841 A	13-11-2013
		EP 2670584 A1	11-12-2013
		JP 2014509270 A	17-04-2014
		TW 201249634 A	16-12-2012
		US 2013306233 A1	21-11-2013
		WO 2012104174 A1	09-08-2012
-----	-----	-----	-----
WO 2011047167 A1	21-04-2011	US 2011089591 A1	21-04-2011
		WO 2011047167 A1	21-04-2011
-----	-----	-----	-----
US 5405683 A	11-04-1995	KEINE	
-----	-----	-----	-----
DE 102009042384 A1	07-04-2011	CN 102021738 A	20-04-2011
		DE 102009042384 A1	07-04-2011
-----	-----	-----	-----

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 102010044721 A1 [0006]
- WO 2009156385 A2 [0007]
- WO 2009042225 A2 [0008]