

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-148565

(P2012-148565A)

(43) 公開日 平成24年8月9日 (2012. 8. 9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 3 2 B 3/10 (2006.01)	B 3 2 B 3/10	3 H 0 7 8
B 3 2 B 5/00 (2006.01)	B 3 2 B 5/00	A 4 F 1 0 0
B 2 9 C 70/10 (2006.01)	B 2 9 C 67/14	X 4 F 2 0 5
B 2 9 C 70/06 (2006.01)	B 2 9 C 67/14	P
F 0 3 D 11/00 (2006.01)	F 0 3 D 11/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 38 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-8138 (P2012-8138)
 (22) 出願日 平成24年1月18日 (2012. 1. 18)
 (31) 優先権主張番号 11151248.9
 (32) 優先日 平成23年1月18日 (2011. 1. 18)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 390039413
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
 Siemens Aktiengesellschaft
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
 ヴィッテルスバッハープラッツ 2
 Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen, Germany
 (74) 代理人 100099483
 弁理士 久野 琢也
 (74) 代理人 100112793
 弁理士 高橋 佳大

最終頁に続く

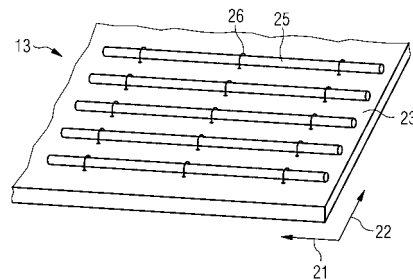
(54) 【発明の名称】 繊維強化積層体で使用する補強シート、繊維強化積層体及びウィンドタービンブレード、並びに繊維強化積層体を製造する方法

(57) 【要約】

【課題】 繊維強化積層体で使用する補強シート、繊維強化積層体及びウィンドタービンブレード並びに繊維強化積層体を製造する方法を改良する。

【解決手段】 本発明は、繊維強化積層体で使用する補強シートに関し、補強シートが、繊維材料からなる補強シート基層 2 3 の表面に連結される強化ストリップ 2 5 を備えるようにした。さらに本発明は、このような補強シートを備える繊維強化積層体及びウィンドタービンブレード並びに繊維強化積層体を製造する方法に関する。

【選択図】 図 6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

繊維強化積層体で使用される補強シートにおいて、該補強シートが、繊維材料からなる補強シート基層（２３）の表面に連結される強化ストリップ（２５）を備えることを特徴とする、繊維強化積層体で使用される補強シート。

【請求項 2】

前記強化ストリップ（２５）の少なくとも１つが、前記補強シート基層（２３）に結合されている、請求項 1 記載の補強シート。

【請求項 3】

前記強化ストリップ（２５）の少なくとも１つが、ストリップ状のパターンで前記補強シート基層（２３）に連結されている、請求項 1 又は 2 記載の補強シート。

【請求項 4】

前記強化ストリップ（２５）の少なくとも１つが、個々の取着点（２６）において、前記補強シート基層（２３）に連結されている、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の補強シート。

【請求項 5】

前記取着点（２６）の少なくとも１つが、接着剤による取着点、樹脂による取着点又はクランプによる取着点である、請求項 4 記載の補強シート。

【請求項 6】

前記強化ストリップ（２５）の少なくとも１つが、前記補強シート基層（２３）に縫合及び／又は縫着されている、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の補強シート。

【請求項 7】

前記強化ストリップ（２５）の少なくとも１つが、該強化ストリップ（２５）の長手方向で可動であるように連結されている、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の補強シート。

【請求項 8】

前記強化ストリップ（２５）の少なくとも１つが、前記補強シート基層（２３）に設けられたガイド部材を通してガイドされている、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の補強シート。

【請求項 9】

前記強化ストリップ（２５）が、細身のロッドであり、好ましくは本質的に硬い材料からなる、請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項記載の補強シート。

【請求項 10】

前記強化ストリップ（２５）の材料が、木材及び／又は金属及び／又はガラス繊維及び／又は樹脂を含む、請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項記載の補強シート。

【請求項 11】

繊維強化積層体において、繊維材料（１５）及び請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項記載の補強シート（１３）の交互の層の層スタックを備えることを特徴とする繊維強化積層体。

【請求項 12】

ウィンドタービンブレードにおいて、請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項記載の補強シート及び好ましくは請求項 11 記載の繊維強化積層体を備えることを特徴とするウィンドタービンブレード。

【請求項 13】

繊維材料層（１５）上に補強シート（１３）を配置することにより繊維強化積層体を製造する方法において、前記補強シート（１３）が、繊維材料から形成される補強シート基層（２３）の表面に連結される強化ストリップ（２５）を備えるようにすることを特徴とする、繊維材料層上に補強シートを配置することにより繊維強化積層体を製造する方法。

【請求項 14】

前記積層体内に少なくとも 2 つの補強シート（１３）を使用し、第 1 の補強シート（１

10

20

30

40

50

3)の強化方向(21)を、第2の補強シート(13)の強化方向(21)に対して実質的に横方向に、好ましくは60°~120°の角度をなして、又はより好ましくは90°の角度をなして配置する、請求項13記載の方法。

【請求項15】

以下のステップ、すなわち：

(a)型内に繊維材料の単数又は複数のシート(19)を積み重ねることにより前記積層体の繊維材料層(15)を形成するステップ、

(b)予め製造しておいた前記補強シート(13)を前記繊維材料層(15)上に配置するステップ、及び

(c)任意選択的に、前記積層体の所望の総厚さを得るために、ステップ(a)及び/又はステップ(b)を繰り返すステップ、

を有する、請求項13又は14記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、繊維強化積層体で使用される補強シート、このような補強シートを備える繊維強化積層体及びウィンドタービンブレード、並びに繊維強化積層体を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ウィンドタービンブレードあるいは風車の羽根は、ブレード全体を成形可能なクローズドモールド型注型技術等の技術を用いて製造可能である。例えばガラス繊維マットを、適当に形成された型内でコンポーネント層を形成するために使用することができ、マットの層は、繊維強化ポリマー又はガラス強化プラスチック(一般には単に「ファイバグラス」という)を提供するために、樹脂で結合され、型内で硬化される。このような方法は、欧州特許出願公開第1310351号明細書に記載されている。

【0003】

このようなクローズドモールド型注型技術により提供されるコンポーネント層は、樹脂を繊維マット又は層に含浸させることによって結合される、ガラス繊維マット又は層等の強化マットの数十から数百の層からなっている場合がある。別の方法では、繊維強化積層体構造は、注型品の強度及び剛さあるいは剛性を高めるために、コンポーネント層として使用される場合がある。

【0004】

繊維強化コンポーネント層の構造的な特性は、通常、積層体構造の各層内の繊維の量、種類及び配向により調節される。典型的には、コンポーネント層の剛さ及び強度は、繊維長手方向に発生する負荷次第である。それゆえ、従来の設計の繊維強化コンポーネント層は、完成したコンポーネント層の繊維が、完成したコンポーネントにおいて、型内に配置されたときと同じ配向を有するであろうことを前提としている。しかしながら、場合によっては、繊維層内のしわ、折り目又はひだが製造プロセス中に形成されてしまうことがある。このような場合、しわ、折り目又はひだ内の繊維は、もはや、所望の配向を有しておらず、繊維強化コンポーネント層の深刻な過負荷が結果的に生じる場合がある。

【0005】

しわ、折り目又はひだは、多数の理由から形成される。硬化中の繊維強化コンポーネント層の熱膨張は、型の熱膨張を上回ることがある。この場合、繊維強化コンポーネント層は、マトリックス材料、典型的には熱可塑性材料又は熱硬化性材料が繊維を所望の配向に維持するために十分に硬化する前に、圧縮負荷を受ける可能性がある。繊維強化コンポーネント層下の平らでない構造、又は繊維強化コンポーネント層が形成される表面の起伏は、しわ、折り目又はひだの発生を促進する場合がある。

【0006】

繊維強化コンポーネント層中のしわを防止する試みは、典型的には、単数又は複数の公

10

20

30

40

50

知技術の組み合わせからなる。例えば、繊維強化コンポーネント層の厚さは、発熱を最小化するために、所定の限度以下に維持される。型、及び繊維強化コンポーネント層が形成される他の表面は、高品質に維持されなければならない。硬化は、熱膨張における差を最小化するために、注意深く制御された温度勾配で実施されなければならない。しかしながら、これらの追加の努力は、製造の総コストを増加する。

【 0 0 0 7 】

繊維層内のしわを回避する別の方法は、繊維層間に補強シートを埋設することにある。補強シートは、繊維材料より剛さの高い材料から選択される。補強シートは、層間、例えばファイバグラスマットの層間に配置されると、繊維マットが補強シートによって程度の差こそあれフラットに維持されるため、補強シートは、しわ、折り目又はひだが繊維マット層内に形成されることを防止する。

10

【 0 0 0 8 】

慣用の補強シートは、樹脂材料の予め硬化された固体シート、又は穿孔されたシート、メッシュ状のシート若しくはその他の樹脂透過性のシート、例えば木材又は金属からなる箔あるいはフォイルである。

【 0 0 0 9 】

米国特許第 2 0 0 5 / 0 0 4 8 2 6 0 号明細書には、金属箔及び複数の繊維ブライを備える積層コンポジット体を製造する方法が開示されている。この方法は、金属箔シートを穿孔するステップ、穿孔された金属箔シートを複数の繊維ブライ内に向かい合うように所定の順序及び配向で積み重ねるステップ、及び積み重ねたシート及びブライに樹脂を注入して樹脂を金属箔の穿孔部を通して流し、複数の繊維ブライ間に分散させて積層コンポジット体を形成するステップを含む。穿孔された金属箔の代わりに、複数の薄い金属箔ストリップが、樹脂の注入及び固化後に所望の剛さの積層繊維 - 金属 - コンポジット構造を形成するために繊維ブライ間に配置される金属コンポジット要素として使用されてもよい。それゆえ、金属箔ストリップは、積層構造内の繊維ブライを湿潤させるために樹脂が箔ストリップ間のスペースを通流可能とするために使用される。

20

【 0 0 1 0 】

国際公開第 2 0 0 4 / 0 7 1 7 6 1 号パンフレットには、アルミニウム合金から形成される少なくとも 2 つのプレートの積層体が開示されている。2 つのプレート間には、連続的な、互いに平行な繊維の少なくとも 2 つの群を含む中間層が配置されている。中間層は、樹脂固化中、金属プレートに連結される。しかしながら、この積層体は、樹脂注入技術により提供されることができず、したがって、結果的に複雑かつ高価な積層体となる。

30

【 0 0 1 1 】

国際公開第 9 5 / 2 0 4 7 9 号パンフレットには、一方向に配向された複数の層、例えば一方向に配向された繊維により強化されたマトリックス材料の複数の層を備えるコンポジット積層体を製造する方法が開示されている。少なくとも 1 つの内側の金属層、例えば、積層体の外表面を形成しない金属層は、均整の取れた対称的な積層体を提供するために、外側の層とともに配置されている。

【 0 0 1 2 】

欧州特許出願公開第 2 1 1 3 3 7 3 号明細書には、繊維材料シートからなる強化積層体を製造する方法が開示されている。この繊維強化積層体において、第 1 の横方向に第 2 の横方向より高い剛さを有し、かつ第 1 の横方向に、積層体を構成する他の層より高い剛さを有する層が用意されている。この刊行物によれば、この層の固有の特性は、部分的に樹脂で含浸され、予め硬化され、その結果、硬化した樹脂が、このシートの第 1 の横方向に沿って延在するスペーサストリップを形成している繊維材料シートによって達成されている。

40

【 0 0 1 3 】

上述の従来技術に記載のシート及び層のような硬い又は剛いシートの欠点は、曲面状の又は湾曲した物体上での層の成形が不可能であることにある。

【 0 0 1 4 】

50

製造中になされた予防策にもかかわらず、しわ、折り目又はひだが繊維強化コンポーネント層内に形成されてしまうと、層の修復又は廃棄が通常は要求される。これは、しわ、折り目又はひだに起因した剛さ及び／又は強度の損失は、しばしば、現実的なセーフティマージン又は許容誤差を上回るからである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】欧州特許出願公開第1310351号明細書

【特許文献2】米国特許第2005/0048260号明細書

【特許文献3】国際公開第2004/071761号パンフレット

【特許文献4】国際公開第95/20479号パンフレット

【特許文献5】欧州特許出願公開第2113373号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

それゆえ、本発明の課題は、上述の問題を解決すべく改良された、繊維強化積層体で用される補強シート、このような補強シートを含む繊維強化積層体及びウィンドタービンブレード、並びに繊維強化積層体を製造する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上述の発明が解決しようとする課題は、請求項1に係る補強シート、請求項11に係る繊維強化積層体、請求項12に係るウィンドタービンブレード及び請求項13に係る繊維強化積層体を製造する方法により解決された。

【発明の効果】

【0018】

繊維強化積層体内で使用するための補強シートは、繊維材料からなる補強シート基層の表面に連結又は接合されている強化ストリップを備える。補強基層の表面との強化ストリップの好ましい連結は、補強部材、すなわち強化ストリップを補強基層上に適当なパターンで固定することを可能にする。

【0019】

最も好ましくは、強化ストリップは、互いに適当に間隔を置いているように配置されている。本発明の一態様において、強化ストリップは、基層の表面に実質的に平行なパターンで配置されている。もちろん、強化ストリップは、屈曲した形状に配置されていても、積層体部分における補強シートの使用に基づいた、その他のあらゆる適切な湾曲したパターンで配置されていてもよい。基層の一部に他の部分より多くの強化ストリップを配置するか、又は2つの隣接する強化ストリップ間のスペースを基層のある部分において減じてよい。このことは、補強シートの剛さ又はこの補強シートにより提供される強化方向のより単純な改変を可能にする。

【0020】

補強部材が適当に補強シート基層の表面に配置されると、補強シートは、繊維強化積層体を製造する方法において好適に使用可能である。補強シートは、下層の繊維マット又は繊維強化層が、複合繊維強化積層品の製造プロセス中に、しわ、折り目又はひだを形成することを防止するのに好適である。慣用の比較的硬い補強シートと比較して、本発明に係る補強シートは、補強部材のパターンのフレキシビリティ及び基層との補強部材の直接的な連結のため、容易に賦形可能であり、曲面状のあるいは湾曲した物体上にも容易にドレープ可能である。強化ストリップが、適当に基層に連結又は接合されず、下層の繊維マットへの何らかの固定なしに配置される場合、補強効果又はいわゆる「しわ防止効果」は、製造プロセス中、特に繊維強化層への樹脂の注入中、容易には維持されない。これは、繊維マットへの連結がなければ、又は繊維マットが直接互いに連結されていないか、若しくは互いに間隔を置いていれば、補強部材が容易に移動可能であるからである。

【 0 0 2 1 】

繊維材料及び本発明に係る補強シートの交互の層の層スタックからなる本発明に係る繊維強化積層体において、しわ、折り目又はひだの形成は、好ましくは、製造プロセス中、予防されている。したがって、繊維強化積層体の剛さ及び／又は強度は、構成される補強シートのしわ防止効果のために改善可能である。本発明の文脈において、「交互の層の層スタック」なる用語は、少なくとも2つの異なる層がそのような積層体中に互いに積み重ねられているのであれば、繊維マット又は繊維プライのような2以上の繊維材料シートが、次の補強シートをその上に配置する前に互いに隣接するように配置されている層スタック又は積層体スタックも含むことを意図している。別の態様では、2以上の補強シートが互いに隣接し、それに単数又は複数の繊維材料シートに続いていてもよい。本発明において、補強シートが繊維材料シート内に、補強シートのしわ防止効果を繊維材料シートに提供するために実質的に交互の順番で配置されていると有利である。

10

【 0 0 2 2 】

本発明に係るウィンドタービンブレードは、本発明に係る補強シート又は好ましくは繊維強化積層体を備え、それゆえ、構成される又は使用される補強シートのそれぞれのしわ防止効果による改善された剛さ及び強度を有している。

【 0 0 2 3 】

本発明に係る繊維強化積層体を製造する方法において、本発明に係る補強シートを繊維材料層上に配置する。繊維材料からなる補強シート基層の表面に連結又は接合させられている強化ストリップを備える補強シートの使用は、下層の繊維マットが、層スタックの組立並びに樹脂の注入及び硬化のプロセスステップ中に、しわ、折り目又はひだを形成することを防止する。硬化は、本発明の文脈において、自己硬化プロセス又は加熱の手段による樹脂の硬化を意味している。

20

【 0 0 2 4 】

本発明に係る補強シートは、特に樹脂が硬化されていない状態で、それぞれの基層に何らかの結合なしに繊維マット上に配置される金属プレート等の慣用の補強シートと比較して、改善されたしわ防止作用に寄与する。さらに、しわ防止部材として使用される強化ストリップは、製造したい積層体の形態又は製造方法で使用される型の形態に基づいて任意の適当な形状で配置可能である。強化ストリップが補強シートの基層に連結又は接合されると、強化ストリップは、その位置で基層の表面に実質的に固定され、それゆえ、積層体中の樹脂がまだ硬化していなくても積層体中に固定されている。

30

【 0 0 2 5 】

本発明の特に有利な態様及び特徴は、従属請求項に記載され、以下の説明に開示されている。有利な態様の特徴は、別の態様の実現が望まれる場合、組み合わせられてもよい。

【 0 0 2 6 】

本発明に係る補強シートは、本発明の一態様において、補強シート基層に結合される少なくとも1つの強化ストリップを備えていてよい。本発明の文脈における結合（ボンディング）は、強化ストリップが適当な一時的又は永続的な結合手段により基層に硬く固定又は接合されることを意味している。例えば、強化ストリップは、ストリップ状のパターンで補強シート基層に結合されていてよい。このようなストリップ状のパターンは、基層の表面に接着剤あるいはグルー等の結合剤のストリップを設け、その後、この結合剤に強化ストリップを押し付けることにより形成可能である。好ましくは、補強シートの強化ストリップの少なくとも1つが、この方法で基層に結合されているのに対し、この補強シートの他の強化ストリップは、異なる方法で基層に連結されていてよい。例えば、補強シートの中央に設けられた強化ストリップのみが、結合される一方、補強シートの外側に設けられた強化ストリップは、異なる方法で、例えば後述するような例示的な連結手段の1つによって連結される。もちろん、本発明において、すべての強化ストリップが基層の表面に結合されていてよい。

40

【 0 0 2 7 】

別の形態において、強化ストリップは、以下の態様又は例の1つにおいて説明するよう

50

な任意の連結手段によりストリップ状のパターンで基層に接合されてもよい。

【0028】

一態様において、強化ストリップの少なくとも1つが、個々の取着点において、補強シート基層に連結又は接合されていてもよい。例えば取着点は、接着剤による取着点、樹脂による取着点又はクランプによる取着点であってよい。別の態様では、強化ストリップの少なくとも1つが、補強シート基層に縫合及び／又は縫着されてもよい。こうして、個々の取着点が形成される。

【0029】

強化ストリップが前述したように少なくとも個々の取着点で連結されると、強化ストリップの他の部分、すなわちストリップの、個々の取着点間に位置する部分は、基層に固定

10

【0030】

一態様において、本発明に係る補強シートは、強化ストリップが強化ストリップの長手方向で可動であるように基層に連結されている少なくとも1つの強化ストリップを有していてもよい。本発明の文脈において、「強化ストリップの長手方向で可動」とは、強化ストリップが、強化ストリップの横方向で実質的に固定されている一方、長手方向では僅かに可動であるように、補強シート基材層に連結されていることを意味している。例えば、強化ストリップは、基層の表面に配置されており、強化ストリップの長手方向でのみ可動であるように個々の取着点において連結されている。それゆえ、補強シートは、強化ストリップの少なくとも1つが横方向でのみ基層に固定されている一方、長手方向では固定されていないので、強化ストリップの長手方向でも適切なフレキシビリティを有していることができる。このことは、補強シートのしわ防止効果に影響を及ぼすことなく、繊維マットの湾曲した表面又は積層体スタックの曲面状の形態上に補強シートを配置することがより容易であるために好ましい。

20

【0031】

別の有利な態様において、本発明に係る補強シートの強化ストリップの少なくとも1つ又は幾つかが、補強シート基層に設けられたガイド手段、例えばストリップ又はポケットによりガイドされていてよい。別の態様において、ガイド手段は、基層材料自体の手段によって、例えば、基層に孔を幾つか設けることによって形成されてもよい。孔を通して強化ストリップは、基層がある箇所においてはストリップの上であり、別のある箇所においてはストリップの下にあるように押し込まれる。それゆえ、強化ストリップは、ガイド手段としての孔からなる手段によって横方向で固定されている一方、ストリップの長手方向で可動である。

30

【0032】

強化ストリップの先の配置と同様に、ガイド手段によりガイドされる強化ストリップが、長手方向での十分なフレキシビリティを補強シートに与える一方、強化ストリップは、基層に横方向で固定される。それゆえ、積層体スタックの湾曲した又は曲面状の形状への適合を、しわ防止効果を維持したまま改善することができる。

40

【0033】

一般に強化ストリップは、本発明の文脈において、補強シートの強化方向に所望の剛さ又は硬さを提供するのに適したあらゆる任意の補強部材であってよい。本発明に係る補強シートにおける使用のための強化ストリップの例示的な態様として、細身のロッドが挙げられる。この細身のロッドは、好ましくは、実質的に堅固な材料からなる。長手方向に十分な剛さ及び強度を有する一方、横方向で補強シートに十分なフレキシビリティを与える細身のロッドは、十分な剛さ及び強度を提供する限り、あらゆる任意の横断面を有していてもよい。強化ストリップの材料の例として、ストリップの長手方向に十分な剛さを与えるあらゆる任意の材料が挙げられてもよい。材料は、好ましくは、木材及び／又は金属及び／又はガラス繊維及び／又は樹脂を含む。

50

【 0 0 3 4 】

強化ストリップは、ロッドのように実質的に丸い横断面又は楕円形の横断面を有していてもよい。しかし、強化ストリップは、その材料の剛さが極めて高い材料であれば、フラットなストリップであってもよい。比較的フラットなストリップは、過度に大きな穴又は空間を積層体の基層と次の繊維材料層との間に生じないために好ましい。強化ストリップ又はスレンダーロッドが、使用される補強シートと実質的に同じ長さを有していても有利である。もちろん、完成品がウィンドロータのブレードであれば、補強シートは、通常、連続的な配列で置かれていなければならない。この場合、強化ストリップが互いに直線上に配置されるのではなく、かみ合った状態で配置されるように、隣接する補強シート上を覆うことが好ましい。

10

【 0 0 3 5 】

強化ストリップ又はスレンダーロッドは、好ましくは約 0 . 0 1 ~ 2 c m の範囲、より好ましくは 0 . 0 2 ~ 0 . 5 c m の範囲、一般には約 0 . 1 5 c m の幅又は直径を有していてもよい。

【 0 0 3 6 】

2つの隣接する強化ストリップ間のスペースは、ストリップの直径又は幅の約 1 0 ~ 5 0 0 倍の範囲にあり、好ましくは 1 c m ~ 1 5 c m の範囲、より好ましくは約 5 c m にある。

【 0 0 3 7 】

本発明に係る、繊維材料及び補強シートの交互の層の層スタックを備える繊維強化積層体は、十分な剛さ及び強度を提供するために、幾つかの前述の本発明に係る補強シートを有していてもよい。

20

【 0 0 3 8 】

本発明に係るウィンドタービンブレードは、補強シートのしわ防止効果のため、十分な剛さ及び強度を備える、本発明に係る補強シート及び好ましくは本発明に係る繊維強化積層体を備える。

【 0 0 3 9 】

繊維強化積層体を製造する方法は、繊維材料層上に本発明に係る補強シートを配置するステップを有している。繊維材料からなる補強シート基層の表面に連結又は接合される強化ストリップを備える補強シートの使用は、積層体スタックを組み立てるプロセスを容易にするだけでなく、製造プロセス中のしわ、折り目又はひだの形成なしに又はその形成が軽減された状態で高信頼性に製造され得る形状の範囲を拡大する。特に、本発明に係る方法の好ましい態様において、積層体内において少なくとも2つの補強シートを使用し、補強シートを、第1の補強シートの強化方向が第2の補強シートの強化方向に対して実質的に横方向に、好ましくは 6 0 ° ~ 1 2 0 ° の角度、又はより好ましくは 9 0 ° の角度にあるように配置する。それゆえ、完成した積層体の剛さ及び強度は、積層体スタックの少なくとも2つの補強シート内の強化ストリップの異なる強化方向のため、1より多くの方向で改善可能である。

30

【 0 0 4 0 】

本発明に係る方法の別の態様において、本発明に係る方法は、以下のステップ、すなわち：

40

(a) 型内に繊維材料の単数又は複数のシートを積み重ねることにより積層体の繊維材料層を形成するステップ、

(b) 予め製造しておいた本発明に係る補強シートを繊維材料層上に配置するステップ、及び

(c) 任意選択的に、積層体の所望の総厚さを得るために、ステップ (a) 及び / 又はステップ (b) を繰り返すステップ、を有する。

【 0 0 4 1 】

本発明の別の対象及び特徴は、添付図面を参照しながら説明する以下の詳細な説明から

50

看取可能である。ただし、図面は、単に例示を目的としたものにすぎず、発明の範囲を特定することを意図したものではない。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】積層型のウィンドタービンブレードの概略断面図である。

【図2】図1の概略部分図である。

【図3】図1に示したウィンドタービンブレードを製造するプロセスの第1段階を示す概略図である。

【図4】図1に示したウィンドタービンブレードを製造するプロセスの第2段階を示す図である。

【図5】図1に示したウィンドタービンブレードを製造するプロセスの第3段階を示す図である。

【図6】補強シート基層の表面上に実質的に平行な強化ストリップを備える、本発明に係る補強シートの一実施の形態の一部の概略斜視図である。

【図7】補強シート基層の表面上に湾曲した強化ストリップを備える、本発明に係る補強シートの別の実施の形態の一部の概略斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0043】

図中、同一の符号は、全図にわたって同一の部材を示している。図中の部材は、必ずしも縮尺どおりには図示されていない。

【0044】

以下に、本発明の一実施の形態について図1乃至図6を参照しながら説明する。図1は、本発明に係る方法を用いて製造された積層型のウィンドタービンブレード1の概略断面図である。ウィンドタービンブレード1は、上側の半部3及び下側の半部5から形成されている。上下の半部3, 5は、それぞれ、肉厚化区分9及び非肉厚化区分11を有している。上下の半部3, 5は、個別には図示しない複数の繊維強化層を有している。肉厚化区分9における繊維強化層の数は、非肉厚化区分11と比較して増加されている。

【0045】

上側の半部3の肉厚化区分9は、図2により詳細に示してある。肉厚化区分9内には、本発明に係る補強シート13が、繊維材料15のアンダーレイ層（以下、繊維材料層ともいう。）内のしわ（wrinkles）、折り目（folds）又はひだ（knits）を防止するために使用されている。補強シート13の剛さは、長手方向に配置された強化ストリップを備える特別な構造により、強化方向において垂直方向より高く、かつ繊維材料層15よりか、又は、存在するのであれば、積層体を構成する付加的な層（図示せず）より高い。補強シート13は、固化後の完成品において繊維強化層を形成する繊維材料層15間に配置されている。

【0046】

付加的な層は、層13, 15のスタック内にあってよい。このような付加的な層は、例えば、離型性を改善する平滑な表面又は層を提供する仕上げ層であってもよい。

【0047】

本発明の様々な観点から、補強シート13は、別の実施の形態では、ブレードの半部3, 5に、上述の非肉厚化区分11において組み込まれるか、又は肉厚化区分9及び非肉厚化区分11の組み合わせに組み込まれてもよい。

【0048】

繊維材料層15も補強シート13も、樹脂マトリックス内に埋設されていてよい。樹脂マトリックスは、樹脂の注入と、続いての樹脂の固化又は硬化とにより形成可能である。注入及び硬化のプロセス中、補強シート13は、補強シート13のより高い剛さにより繊維材料層15がしわ、折り目又はひだを形成することが実質的に起こり得ないので、繊維材料層15内のしわ、折り目及びひだの形成を防止する。この理由は、繊維材料層15が型と補強シート13との間に挟持されているか、又は2つの補強シート13間に挟持され

10

20

30

40

50

ているからである。

【 0 0 4 9 】

以下に、図 1 及び図 2 に示したウィンドタービンプレード 1 を形成する方法について、図 3 乃至図 5 を参照しながら説明する。

【 0 0 5 0 】

一般に、ウィンドタービンプレード 1 の上下の半部 3 , 5 は、繊維材料層 1 5 を形成するために乾燥した繊維マット 1 9 を重なり合わせに型 1 7 内に配置し、樹脂を注入する手段によって繊維マット 1 9 を湿潤し、次に樹脂を硬化することによって製造可能である。これにより、繊維強化積層体構造は、簡単な方法でかつ低コストに製造可能である。これは、樹脂の注入が、1 回のステップでなされることができ、各繊維マットを型内又は繊維 10
マットのスタック内に敷設する前になされる必要がないからである。ウィンドタービンプレード 1 の製造に関連して説明したが、図 3 乃至図 5 を参照しながら説明する方法は、ウィンドタービンプレードの製造に限定されるものではなく、その他の繊維強化積層体構造、例えば船舶建造、自動車製造又は建築産業における繊維強化積層体構造を製造するために使用されてもよい。

【 0 0 5 1 】

ウィンドタービンプレード 1 を製造する方法の第 1 段階は、図 3 に示してある。図 3 は、型 1 7 と、繊維材料層 1 5 を形成する複数の繊維マット 1 9 、例えばガラス繊維マット、炭素繊維マット又はアラミド繊維マットとの概略断面図である。繊維マット 1 9 は、繊維 20
マット 1 9 のスタックを形成するために型 1 7 内に重なり合わせに配置されている。繊維マットは、乾燥した状態にあってよく、型 1 7 内に配置する際に樹脂が含浸されている必要はない。このことは、繊維材料層の積み重ねを著しく容易にし、かつ高信頼性の繊維強化積層品の製造にかかるコストを低減する。単純化するために、繊維マット 1 9 及び繊維材料層 1 5 は、フラットな層として図示されている。別の実施の形態では、繊維マット 1 9 及び繊維材料層 1 5 は、例えば図 1 に示すように、曲面状の又は湾曲した層をカバーしてもよい。形状は、主として完成品の形態及び形状並びに機能次第である。

【 0 0 5 2 】

こうして形成された繊維マット 1 9 からなる繊維材料層 1 5 を型 1 7 内に配置した後、補強シート 1 3 を繊維マット 1 9 のスタック上に配置する（図 4 参照）。

【 0 0 5 3 】

補強シート 1 3 を第 1 の繊維材料層 1 5 上に配置した後、本実施の形態では複数の繊維 30
マット 1 9 を備える別の繊維材料層 1 5 を補強シート 1 3 上に配置する（図 5 参照）。

【 0 0 5 4 】

繊維材料層 1 5 と補強シート 1 3 との交互の層積み重ねは、所望の総厚さに達するまで継続可能である。1 つの繊維材料層 1 5 内に積み重ねられる繊維マット 1 9 の数は、実質的に無制限であって、補強シート 1 3 のしわ防止効果に何ら影響を及ぼさない。

【 0 0 5 5 】

図 3 乃至図 5 には図示されていないが、単数又は複数の付加的な補強シート 1 3 が、最下位の繊維材料層 1 5 を構成する繊維マット 1 9 の最下位のスタックの下に設けられてもよい。この場合、補強シート 1 3 は、型 1 7 内に配置される第 1 層をなし、強化ストリップ 2 5 は、好ましくは、積み重ねられる層に面している。この場合、積層品の外表面は、 40
実質的に平坦な外表面を有するように、補強シート基層 2 3 からなっている。交番する補強シート 1 3 と繊維材料層 1 5 とのスタックからなる全体のスタックの最外層は、少なくとも 1 つの補強シート 1 3 であってよい。本実施の形態でも、強化ストリップ 2 5 は、補強シート基層 2 3 からなる実質的に平坦な外表面を形成するために、好ましくは、積み重ねられる層に面している。

【 0 0 5 6 】

繊維材料層 1 5 及び補強シート 1 3 を、含浸されていない状態又は乾燥した状態で敷設した後（図 5 参照）、型 1 7 を閉鎖し、型 1 7 に真空を作用させる（図示せず）。その後、熱可塑性又は熱硬化性の材料、例えばポリエステル樹脂、エポキシ樹脂又はアラミド樹 50

脂を、排気された型 17 内に注入する。樹脂は、繊維材料層 15 及び補強シート 13 に浸透して、繊維材料の繊維マットを湿潤又は含浸させる。しばらくの後、すべての繊維材料層 15 及びすべての補強シート 13 は、十分に湿潤させられる。次のステップで、樹脂を外的な加熱あり又はなしで固化又は硬化させる。別の方法では、重合開始剤を用いて固化又は硬化プロセスを開始又は加速させてもよい。樹脂の硬化後、型 17 を解離する。

【0057】

硬化プロセス中、補強シート 13 は、繊維材料層 15 がしわを形成すること、例えば繊維マット 19 内の繊維の延在に対して実質的に垂直な方向で褶曲することを防止する。この理由は、補強シート 13 が繊維材料層 15 と比較して高い剛さを有しており、それ自体褶曲しないからである。補強シート 13 は、実質的に一方向で延在する強化ストリップ 25 を有しているので、強化方向において、強化方向に対して垂直な方向よりも高い剛さを有している。それゆえ、補強シート 13 の強化ストリップ 25 は、好ましくは、下層の繊維材料層 15 内の繊維の延在方向に対して実質的に垂直に配置されている。

【0058】

積層体が、繊維材料層 15 のスタック内に配置された補強シート 13 を有しているので、型 17 と第 1 の補強シート 13 との間又は 2 つの補強シート 13 の間に、しわを形成可能なスペースは存在しないか、存在したとしても最小にすぎない。さらに、仮に小さなしわが、型 17 と補強シート 13 との間又は 2 つの補強シート 13 の間に挟まれた繊維強化層 15 内に発生したとしても、このようなしわは、補強シート 13 によって、繊維材料層 15 内の繊維マットのこの特定のスタックに限られる。特に、積層体全体を通したしわ又は折り目の伝播は、単数又は複数の補強シート 13 により防止され、完成品中の欠陥は、最小化可能である。それゆえ、製品の品質は、繊維強化積層体における本発明に係る補強シートの使用又は本発明に係る方法における本発明に係る補強シートの使用により改善可能である。

【0059】

図 6 は、本発明に係る補強シート 13 の一部の概略斜視図である。補強シート 13 は、一般に、実質的にフラットな基層 23、好ましくは繊維材料から形成されるシート状の基層 23 からなる。補強シート 13 は、繊維材料層 15 と同様に、重なり合わせに配置される繊維材料の単数又は複数の層からなっていてよい（図示せず）。繊維材料基層 23 上には、単数又は複数の強化ストリップ 25、本実施の形態ではいわゆる「スレンダーロッド（slender rod）」の形態の強化ストリップ 25 が設けられている。それぞれの補強シートの強化ストリップ 25 は、実質的に平行な方向 21 で延在しており、垂直方向 22 に間隔を置いている。このことは、補強シート 13 全体のより高い剛さ、特に、強化ストリップ 25 の方向、すなわち強化方向 21 での、図 6 で見て垂直方向 22 に比べて高い剛さを実現する。それゆえ、補強シート 13 は、好ましくは強化方向 21 で堅固であり、方向 22 で柔軟である。このことは、柔軟性により型内への材料のドレープが容易である一方、補強シート 13 に隣接する繊維材料層 15 内のしわが効果的に防止されることを意味する。

【0060】

図 6 に示すように、繊維材料から形成される基層 23 は、少なくとも部分的に単数又は複数の強化ストリップ 25、本実施の形態ではスレンダーロッドの形態の強化ストリップ 25 に、数箇所の取着点 26 において取り付けられている。本実施の形態では、スレンダーロッドは、基層の繊維材料に取着点 26 において適当な縫着用の繊維又は糸を用いて縫合又は縫着されている。繊維材料層の材料に応じて、柔軟なガラス繊維、炭素繊維又はアラミド繊維が、縫着用の繊維又は糸として使用可能である。

【0061】

このようにして、基層 23 は、補強シートの所望の剛さが適当に強化方向 21 で提供可能であるように、強化ストリップ 25 により強化されている。本実施の形態で使用される強化ストリップ 25 は、使用される材料の類似性のため、引抜き成形されたガラス繊維から製造されている。この場合、基層 23 の繊維材料、強化ストリップ 25 及び縫着用の材

10

20

30

40

50

料 2 6 は、異なる形態のガラス繊維材料から製造されている。このことは、樹脂の硬化後、使用される材料の類似性のため、硬化した製品における剥離作用が効果的に予防されるので好ましい。

【 0 0 6 2 】

図 7 に示す実施の形態では、補強シートが、補強シート基層 2 3 の表面に曲がった強化ストリップ 2 5 を有している。この場合、補強シートは、シート的一部分において、シートの他部分とは異なる強化性能を有することができる。図 7 に示すように、強化ストリップ 2 5 は、補強シートの中央部において、左右の両サイドに示される部分と比べて大きく離間している。このことは、補強効果がこの補強シートの中央部において改善される一方、その外側ではより柔軟であることを意味する。このような補強シートの基層における強化ストリップ 2 5 のパターンは、ウィンドタービンのブレードのような湾曲又は屈曲した形状を有する積層体において好適に使用可能である。

10

【 0 0 6 3 】

本発明を有利な実施の形態及びその変化態様の形で開示したが、発明の範囲を逸脱することなく、多数の付加的な改変及び変更が実施可能であることは自明である。例えば、繊維材料層に強化ストリップを縫着する代わりに、コールド若しくはホットメルト接着剤、樹脂又はクランプが、ストリップを基層に特徴的な取着点において取り付けのために使用可能である。加えて、ガラス繊維からなる強化ストリップの剛さが、積層体の用途に合わせて好適に調整されていることが望ましければ、好適な材料、例えば木材、金属、炭素繊維若しくはアラミド繊維、硬化樹脂、又はこれらの材料の複合材料が、本発明の別の実施

20

【 0 0 6 4 】

本明細書を通して、単数形の使用は、複数のものを除外するものではなく、また「からなる」の用語は、その他のステップ又はその他の要素を除外するものでないと解すべきことは明白である。手段又は層なる記載は、特に言及がなければ、複数の手段又は層からなっているもよい。

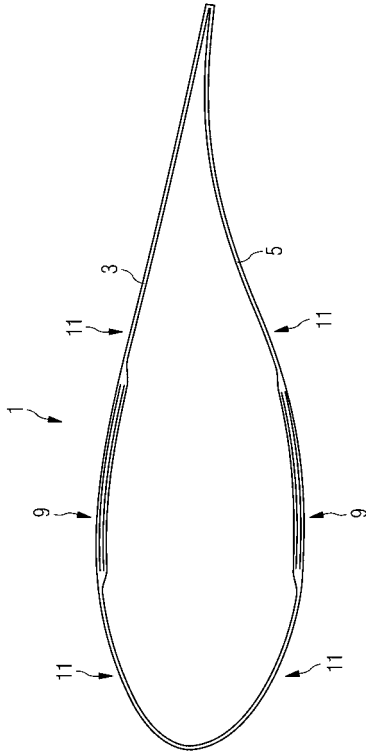
【 符号の説明 】

【 0 0 6 5 】

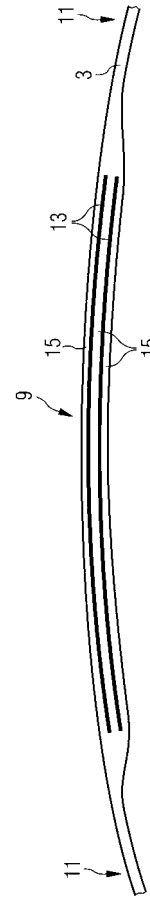
1 ウィンドタービンブレード、 3 上側の半部、 5 下側の半部、 9 肉厚化区分、 1 1 非肉厚化区分、 1 3 補強シート、 1 5 繊維材料層、 1 9 繊維マット、 2 1 平行方向、 2 2 垂直方向、 2 3 基層、 2 5 強化ストリップ、 2 6 取着点

30

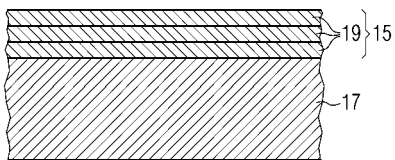
【図 1】



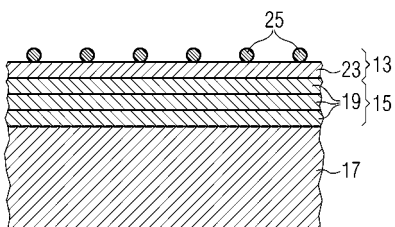
【図 2】



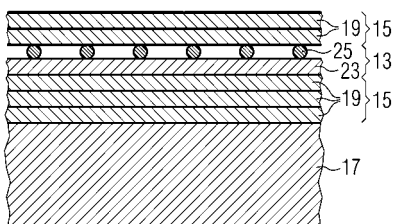
【図 3】



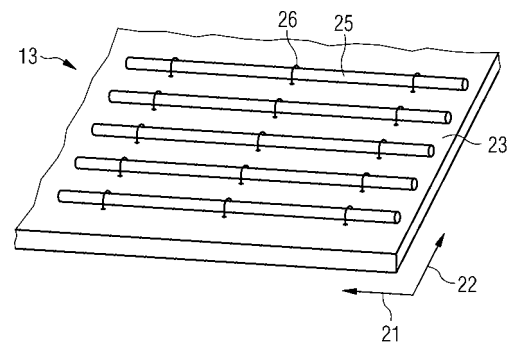
【図 4】



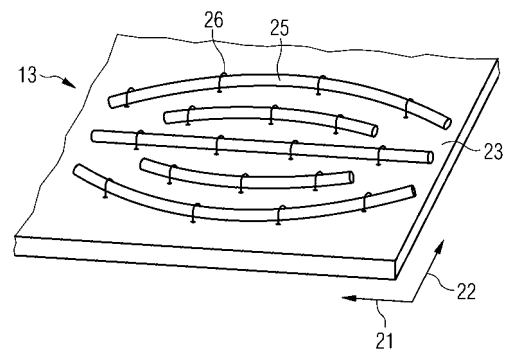
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
B 2 9 K 105/08	(2006.01)	B 2 9 K 105:08	
B 2 9 L 31/08	(2006.01)	B 2 9 L 31:08	

(74)代理人 100114292
弁理士 来間 清志

(74)代理人 100128679
弁理士 星 公弘

(74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100143959
弁理士 住吉 秀一

(74)代理人 100156812
弁理士 篠 良一

(74)代理人 100162880
弁理士 上島 類

(74)代理人 100167852
弁理士 宮城 康史

(74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(72)発明者 ミケール ナアレム
デンマーク国 スヴェンストロプ ドゥーウデール 1 0 2

F ターム(参考) 3H078 AA02 BB21 CC02

4F100 AB01B AB01E AG00B AG00E AK01B AK01E AK41 AK47 AK53 AP00B
AP00E AT00A AT00D BA02 BA03 BA04 BA05 BA06 BA07 BA10A
BA10C BA10E CB00E DA16B DC21B DC21E DG00A DG00C DG00D DG00E
DG01A DG01B DG01D DG01E DH02 EC08B EC08E EC09B EC09E EJ82
GB51 GB90 JK01B JK01E JK12B JK12E
4F205 AA36 AA39 AA41 AD03 AD06 AD16 AH04 AH81 HA06 HA14
HA22 HA33 HA34 HA37 HA47 HB01 HC02 HC06 HC14 HC16
HC17 HF05 HG03 HL16 HL25

【外国語明細書】

Title of Invention

Stiffening sheet for use in a fibre reinforced laminate, fibre reinforced laminate and wind turbine blade, and a method of manufacturing a fibre reinforced laminate

Detailed Explanation of the Invention

The invention describes a stiffening sheet for use in a fibre reinforced laminate, a fibre reinforced laminate and a wind turbine blade comprising such a stiffening sheet, and a method of manufacturing a fibre reinforced laminate.

Wind turbine blades may be manufactured using a technique such as the closed-mould casting technique in which the entire blade can be moulded. For example, glass fibre matting can be used to build up component layers in a suitably shaped mould, and the layers of matting are bonded with a resin and cured in the mould to give a fibre reinforced polymer or glass-reinforced plastic, generally referred to simply as "fibreglass". Such a method is described in EP 1 310 351 A1.

The component layers prepared by such a closed-mould casting technique may be constituted of several tens to hundreds of layers of reinforcing mats such as glass fibre mats or layers which are bonded together by impregnating the fibre mats or layers with a resin. Alternatively, fibre reinforced laminate structures may be used as component layers to enhance the strength and stiffness of the cast part.

The structural characteristics of a fibre reinforced component layer are usually governed by the amount, type and orientation of the fibres in each layer of the laminate structure. Typically, the stiffness and strength of a component layer depends on the loading occurring in the longitudinal fibre direction. Therefore, a traditionally designed fibre reinforced component layer assumes that the fibres of the finished component layer will have the same orientation in the finished component as when placed in the mould. However,

in some cases wrinkles, folds or knits in the fibre layers may form during the manufacturing process. In such cases the fibres in the wrinkles, folds, or knits no longer have the desired orientation, and severe overload of the fibre reinforced component layer may be the result.

Wrinkles, folds, or knits may form for a number of reasons. The thermal expansion of a fibre reinforced component layer during curing may exceed the thermal expansion of the mould, in which case the fibre reinforced component layer may come under compressive pressure before the matrix material, typically a thermoplastic or thermosetting material, is cured sufficiently to maintain the fibres in the desired orientation. Uneven structures underneath the fibre reinforced component layer or undulations in the surface on which the fibre reinforced component layer is built up may promote the development of wrinkles, folds, or knits.

Attempts of preventing wrinkles in fibre reinforced component layers comprise typically a combination of one or more known techniques. For example, the fibre reinforced component layer thickness is kept below certain limits in order to minimise exothermal heat generation. Moulds and other surfaces on which the fibre reinforced component layer is formed must be maintained at a high quality. Curing must be carried out at carefully controlled temperature gradients so as to minimise differences in the thermal expansion. However, these additional efforts add overall cost of manufacture.

Another method for avoiding wrinkles in fibre layers consists of including stiffening sheets between the fibre layers. The stiffening sheets are selected from materials stiffer than the fibre material. When positioned between layers of, for example, fibreglass mats, the stiffening sheets prevent wrinkles, folds, or knits forming in the fibre mat layers, because the fibre mats are kept more or less flat by the stiffening sheets.

The commonly-used stiffening sheets are a pre-cured solid sheet of a resin material, a perforated, mesh-like or any other resin-permeable sheet such as, for example, a foil made of wood or metal.

In US2005/0048260 A1 a method of fabricating a laminated composite body including a metal foil and a plurality of fibre plies is disclosed. The method includes perforating a sheet of metal foil, stacking the perforated metal foil sheet in the plurality of fibre plies in face to face relation in a predetermined order and orientation, and infusing resin into the stacked sheet and plies so that resin flows through the perforations in the metal foil sheet and intersperses between the plurality of fibre plies to form the laminate composite body. Instead of a perforated metal foil, a plurality of thin metal foil strips may be used as metal composite elements which are arranged between the fibre plies in order to make a laminate fibre-metal-composite structure of desired stiffness after resin infusion and hardening. Thereby, the metal foil strips are used to make it possible for the resin to flow through the spaces between the foil strips for wetting the fibre plies in the laminate structure.

In WO 2004/071761 A1 a laminate of at least two plates formed from aluminium alloy is disclosed, between which an intermediate layer is situated containing at least two groups of continuous, mutually parallel fibres. The intermediate layer is connected to the metal plates during resin hardening. However, this laminate cannot be prepared according to a resin infusion technique and thus results in a complicated and expensive laminate.

In WO 95/20479 A1 a method of manufacturing a composite laminate having a plurality of unidirectional oriented layers, for example layers of matrix material reinforced with unidirectional oriented fibres is disclosed. At least one inner

metal layer, for example a metal layer that does not form an outer surface of the laminate, is arranged together with the other layers so as to give a balanced and symmetric laminate.

In EP 2113373 A1 a method of manufacturing a reinforced laminate is disclosed which comprises fibre material sheets. In the fibre reinforced laminate a layer is prepared which has in a first lateral direction a greater stiffness than in a second lateral direction and which has in the first lateral direction a greater stiffness than the other layers constituting the laminate. According to this document, the specific characteristic of this layer is achieved by a fibre material sheet which is partly impregnated with resin and pre-cured such that the cured resin forms spaced strips extending along the first lateral direction of this sheet.

A disadvantage of rigid or stiff sheets like the sheets and layers described in the above prior art may be that the layer cannot be shaped over a rounded or curved body.

If, however, wrinkles, folds or knits are formed in fibre reinforced component layers despite preventive action taken during manufacture, repair or rejection of the layers will usually be required, as the loss of stiffness and/or strength owing to the wrinkles, folds, or knits will often exceed any realistic safety margins or tolerances.

It is therefore an object of the present invention to provide an improved stiffening sheet for use in a fibre reinforced laminate, a fibre reinforced laminate and a wind turbine blade comprising such a stiffening sheet, as well as a method of manufacturing a fibre reinforced laminate in order to overcome the problems mentioned above.

The object of the invention is achieved by a stiffening sheet according to claim 1, and by a fibre reinforced laminate according to claim 11, and by a wind turbine blade according to

claim 12, and by a method of manufacturing a fibre reinforced laminate according to claim 13.

The stiffening sheet for use in a fibre reinforced laminate comprises reinforcing strips being connected or joined to a surface of a stiffening sheet base layer made of fibre material. The favourable connection of reinforcing strips to the surface of a stiffening base layer allows a fixation of the stiffening elements, namely of the reinforcing strips, in a suitable pattern on the stiffening base layer.

Most preferably, the reinforcing strips are arranged such that they are suitably spaced from each other. In an embodiment of the invention, the reinforcing strips are arranged in a substantial parallel pattern on the surface of the base layer. Of course, they can be arranged in a bent-like form or in any other suitable curved pattern which depends on the use of the stiffening sheet in the laminate part. It might be favourable to arrange more reinforcing strips in one part of the base layer than in another part or to reduce the space between two adjacent reinforcing strips in some parts of the base layer. This allows a more simple modification of the stiffness of the stiffening sheet or of the reinforcing direction provided by the stiffening sheet.

If the stiffening elements are suitably arranged on the surface of the stiffening sheet base layer, the stiffening sheet can be favourably used in a method of manufacturing a fibre reinforced laminate. The stiffening sheet is favourable in preventing underlying fibre mats or fibre reinforced layers from forming wrinkles, folds, or knits during the manufacturing process of a composite fibre reinforced laminate product. Compared to the relative rigid stiffening sheets commonly used, the stiffening sheet of the invention can easily be shaped and draped over a rounded or curved body due to the flexibility of the stiffening element pattern and the direct connection of the stiffening elements to the base layer. In

case the reinforcing strips would not be suitably connected or joined to the base layer, but would be placed without any fixation to the underlying fibre mats, the stiffening effect or the so called wrinkle-preventive effect would not easily be maintained during the manufacturing process, especially during the infusion of a resin into the fibre reinforced layers. This is because the stiffening elements can easily be displaced if there is no connection to the fibre mats or if they are not directly connected to or spaced apart from each other.

In the fibre reinforced laminate of the invention, which is composed of a layer stack of alternate layers of fibre material and stiffening sheets according to the invention, the formation of wrinkles, folds, or knits is favourably prevented during the manufacturing process. Thus, the stiffness and/or the strength of the fibre reinforced laminate can be improved because of the wrinkle preventive effect of the stiffening sheet comprised. In the context of the present invention, the terms "layer stack of alternate layers" is intended to include also layer stacks or laminate stacks in which two or more fibre material sheets such as fibre mats or fibre plies may be adjacent to each other before the next stiffening sheet is arranged thereon as long as at least two different layers are stacked on each other in such a laminate. Alternatively, two or more stiffening sheets may be adjacent to each other followed by one or more fibre material sheets. For the invention it is favourable that stiffening sheets are arranged within fibre material sheets in substantially alternating order to provide the wrinkle-preventing effect of the stiffening sheets to the fibre material sheets.

A wind turbine blade according to the invention comprises a stiffening sheet or preferably a fibre reinforced laminate of the invention and, thus, has an improved stiffness and strength due to the respective wrinkle-preventive effect of the stiffening sheet comprised or used.

In the method of manufacturing a fibre reinforced laminate according to the invention, a stiffening sheet of the invention is arranged onto a fibre material layer. The use of a stiffening sheet comprising reinforcing strips, which are connected or joined to a surface of a stiffening sheet base layer made of fibre material, prevents the underlying fibre mats from wrinkling, folding, or knitting during the process steps of assembling a layer stack, infusing and curing a resin. Curing means in the context of the invention a self-hardening process or a curing of the resin by means of heating.

The stiffening sheet according to the invention is responsible for an improved wrinkle-preventive action compared to common stiffening sheets like metal plates arranged onto fibre mats without any connection to a respective base layer, especially in the status where the resin is not cured. Moreover, the reinforcing strips used as wrinkle-preventive elements can be arranged in any suitable shape depending on the form of the laminate to be produced or the mould used in the manufacturing method. As they are connected or joined to the base layer of the stiffening sheet, the reinforcing strips are substantially fixed in their position onto the surface of the base layer and, thus, also in the laminate stack even though the resin in the laminate is not yet cured.

Particularly advantageous embodiments and features of the invention are given by the dependent claims, as revealed in the following description. Features of the embodiments may be combined as desired to arrive at further embodiments.

The stiffening sheet according to the invention can, in an embodiment of the invention, comprise at least one reinforcing strip which is bonded to the stiffening sheet base layer. Bonding in the context of the invention means that the reinforcing strip is rigidly fixed or joined to the base layer by

a suitable temporarily or permanent bonding means. For example, the reinforcing strip may be bonded in a strip-like pattern to the stiffening sheet base layer. Such a strip-like pattern may be formed by providing a strip of a bonding agent like glue onto the surface of the base layer and then pressing the reinforcing strip into the bonding agent. Suitable is that at least one of the reinforcing strips of a stiffening sheet is bonded to the base layer in this manner, while other reinforcing strips of this stiffening sheet may be connected in a different manner to the base layer. For example, only the reinforcing strips in the middle of a stiffening sheet are bonded while the reinforcing strips at the outer sides of the stiffening sheets are connected in a different manner, for example by one of the exemplified connecting means as explained hereafter. Of course it is also within the invention that all reinforcing strips are bonded to the surface of the base layer.

In another embodiment, it is also possible that the reinforcing strips are joined to the base layer in a strip-like pattern by any connecting means as described in one of the following embodiments or examples.

In an embodiment, at least one of the reinforcing strips may be connected or joined to the stiffening sheet base layer at single attachment points. As exemplary attachment points can be mentioned an adhesive attachment point, a resin attachment point, or a clamp attachment point. In an alternative, at least one of the reinforcing strips can be stitched or sewn to the stiffening sheet base layer, thus forming single attachment points.

If a reinforcing strip is connected at least in single attachment points as described beforehand, the other parts of the reinforcing strip, that means the parts of the strips lying between the single attachment points, may not be fixed to the base layer. In this case, the stiffening sheet will be

provided with some flexibility also in the longitudinal direction of the reinforcing strip. Thereby, the reinforcing strips may be adjusted to a bent-like or curved form or shape of the laminate and/or mould.

According to an embodiment, the stiffening sheet of the invention can comprise at least one reinforcing strip, which is connected to the base layer such that the reinforcing strip is movable in its longitudinal direction. In the context of the present invention, the term "being movable in its longitudinal direction" means that the reinforcing strip is connected to the stiffening sheet base material layer such that it is substantially fixed in its lateral direction, but can be slightly moved within its longitudinal direction. For example, the reinforcing strip is arranged on the surface of the base layer and is connected at single attachment points such that it can be moved in its longitudinal direction only. Thus, the stiffening sheet can be provided with a suitable flexibility also in the longitudinal direction of the reinforcing strips because at least one of the reinforcing strips is fixed only in the lateral direction to the base layer, but not in its longitudinal direction. This is favourable because it is then easier to place the stiffening sheet over a curved surface of fibre mats or a rounded shape of the laminate stack without influencing the wrinkle-preventive effect of the stiffening sheet.

In a further preferred embodiment, at least one reinforcing strip or any of the reinforcing strips of the stiffening sheet of the invention can be guided through guiding means, such as strips or pockets, which are provided on the stiffening sheet base layer. Alternatively, the guiding means can be formed by means of the base layer material itself, for example by providing several holes in the base layer, through which the reinforcing strips are pushed such that the base layer is provided in some parts on top of the strip and in other parts below the strip. Thereby, the reinforcing strip

is fixed in lateral direction by means of the holes as guiding means, but is movable in longitudinal direction of the strip.

Similar to the previous arrangement of the reinforcing strips, the reinforcing strip guided by a guiding means provides a sufficient flexibility in longitudinal direction to the stiffening sheet, while fixing the reinforcing strips to the base layer in the lateral direction. Thus, an improved adjustment to a curved or rounded shape of the laminate stack is possible while the wrinkle-preventing effect is maintained.

Generally, a reinforcing strip may in the context of the invention be any stiffening element which is suitable for providing a desired stiffness or rigidity in the reinforcing direction of the stiffening sheet. As exemplary embodiments of the reinforcing strips for the use in the stiffening sheet of the present invention can be mentioned thin rods which are, preferably, composed of an essentially rigid material. Thin rods having a sufficient stiffness and strength in longitudinal direction while providing enough flexibility to the stiffening sheet in their lateral direction can have any cross section as long as they provide a sufficient stiffness and strength. As exemplary materials of the reinforcing strips any materials providing a sufficient stiffness in longitudinal direction of the strips can be mentioned. The material preferably comprises wood and/or a metal and/or glass fibres and/or a resin.

The reinforcing strips may have an essentially rounded or oval cross section such as in rods, but they can also be flat strips if the material is a very stiff material. Relative flat strips may be favourable because they would not result in too big holes or spaces between the base layer and the next fibre material layer of the laminate. It is also preferred that the reinforcing strips or slender rods have a

length substantially identical to the stiffening sheet used. Of course if the finished product is a blade of a wind rotor, view stiffening sheets usually have to be lied in consecutive order. In this case, it is favourable to overlies the adjacent stiffening sheets in such a manner that the reinforcing strips are arranged not in line with each other but in an interlocked manner.

The reinforcing strips or slender rods can favourably have a width or diameter of in the range of about 0.01 to 2 cm, more preferably between 0.02 to 0.5 cm, and usually about 0.15 cm.

The spaces between two adjacent reinforcing strips are within a range of about 10 or 500 times the diameter or width of the strips, and preferably the spaces are in the range of about 1 cm to 15 cm, more preferably about 5 cm.

The fibre reinforced laminate according to the invention which is composed of a layer stack of alternate layers of fibre material and stiffening sheets can comprise any of the afore mentioned stiffening sheets of the invention to be provided with a sufficient stiffness and strength.

The wind turbine blade according to the invention comprises a stiffening sheet according to the invention and preferably a fibre reinforced laminate of the invention having a sufficient stiffness and strength due to the wrinkle-preventing effect of the stiffening sheet.

The method of manufacturing a fibre reinforced laminate comprises the step of arranging a stiffening sheet of the invention onto a fibre material layer. The use of the stiffening sheet comprising reinforcing strips being connected or joined to a surface of a stiffening sheet base layer made of fibre material facilitates not only the process of assembling the laminate stack but also widens the spectrum of shapes produced in a reliable manner without or with a reduced forma-

tion of wrinkles, folds, or knits during the manufacturing process. Especially, in a favourable embodiment of the method of the invention, at least two stiffening sheets are used in the laminate, wherein they are arranged in such a manner that the reinforcing direction of a first stiffening sheet is in a substantial transversal direction, preferably in an angle of 60° to 120° , or more preferably in an angle of 90° to the reinforcing direction of a second stiffening sheet. Thereby, the stiffness and the strength of the finished laminate can be improved in more than one direction because of the different reinforcing directions of the reinforcing strips in the at least two stiffening sheets of the laminate stack.

In a further embodiment of the method of the invention, the method comprises the steps of:

- a) building up a fibre material layer of the laminate by stacking one or more sheets of fibre material in a mould,
- b) arranging a previously manufactured stiffening sheet of the invention on top of the fibre material layer, and
- c) optionally repeating steps a) and/or b) to obtain a desired combined thickness of the laminate.

Other objects and features of the present invention will become apparent from the following detailed descriptions considered in conjunction with the accompanying drawings. It is to be understood, however, that the drawings are designed solely for the purposes of illustration and not as a definition of the limits of the invention.

Brief Explanation of the Drawings

Fig. 1 schematically shows a section through a laminated wind turbine blade;

Fig. 2 schematically shows a detail of Figure 1;

Fig. 3 schematically shows a first stage in the process of producing a wind turbine blade according to Figure 1;

Fig. 4 shows a second stage in the process of producing a wind turbine blade according to Figure 1;

Fig. 5 shows a third stage in the process of producing a wind turbine blade according to Figure 1;

Fig. 6 schematically shows a part of an embodiment of a stiffening sheet of the invention in a perspective view having substantially parallel reinforcing strips on the surface of the stiffening sheet base layer;

Fig. 7 schematically shows a part of a further embodiment of a stiffening sheet of the invention in a perspective view having curved reinforcing strips on the surface of the stiffening sheet base layer.

In the drawings, like reference numbers refer to like objects throughout. Objects in the diagrams are not necessarily drawn to scale.

An embodiment of the present invention will now be described with reference to Figures 1 to 6. Figure 1 is a schematic view of the cross-section of a laminated wind turbine blade 1 made using the method according to the invention. The wind turbine blade 1 is made of an upper half 3 and a lower half 5 each comprising a thickened section 9 and non-thickened sections 11. The upper and lower halves 3, 5 comprise a number of fibre reinforced layers which are not individually shown in the figure. In the thickened section 9 the number of fibre reinforced layers is increased with respect to the non-thickened sections 11.

The thickened section 9 of the upper half 3 is shown in more detail in Figure 2. In the thickened section 9, stiffening sheets 13 according to the invention are used to prevent wrinkles, folds or knits in the underlying layers of fibre

material 15 (in the following also called fibre material layers). The stiffening sheets 13 are stiffer in a reinforcing direction than in a perpendicular direction and are stiffer than the fibre material layers 15 or, if present, additional layers (not shown in the Figure) constituting the laminate due to its specific construction with longitudinal arranged reinforcing strips. The stiffening sheets are arranged between the fibre material layers 15 which build up the fibre reinforced layers in the finished product after hardening.

Additional layers may also be present in the stack of layers 13, 15. Such additional layers may, for example, be finishing layers for providing a smoother surface or layers improving the demoulding properties.

For various aspects of the invention, the stiffening sheets 13 may alternatively be integrated in the blade halves 3, 5 at the said non-thickened sections 11 or in a combination of the thickened sections 9 and the non-thickened sections 11.

The fibre material layers 15 as well as the stiffening sheets 13 can be embedded in a resin matrix which can be formed by resin infusion and subsequent hardening or curing of the resin. During the infusion and curing process, the stiffening sheets 13 prevent the formation of wrinkles, folds, and knits in the fibre material layers 15 since the greater stiffness of the stiffening sheets 13 does not allow the fibre material layers 15 to wrinkle or fold or knitting substantially. The reason is that the fibre material layers are sandwiched between the mould and a stiffening sheet 13 or between two stiffening sheets 13.

The method of forming the wind turbine blade 1 shown in Figures 1 and 2 will now be described with respect to Figures 3 to 5.

In general, the upper and lower halves 3, 5 of the wind turbine blade 1 can be produced by placing dry fibre mats 19 on top of each other in a mould 17 to form a fibre material layer 15, wetting the fibre mats 19 by means of a resin infusion and subsequently curing the resin. Thereby a fibre reinforced laminate structure can be produced in an easy way and with low costs because the infusion with the resin can be made in one step and does not need to be made before lying each fibre mat into the mould or into the stack of fibre mats. Although described with respect to producing a wind turbine blade 1, the method which is described with respect to Figures 3 to 5 is not limited to wind turbine blade production, but can also be used for producing other fibre reinforced laminated structures, e.g. in boat construction or automobile building or the building industry.

A first stage of the method for manufacturing the wind turbine blade 1 is shown in Figure 3. Figure 3 schematically shows a cut-out sectional view of the mould 17 and a number of fibre mats 19 forming the fibre material layer 15, e.g. glass fibre mats, carbon fibre mats or aramid fibre mats, which are placed in the mould 17 on top of each other to form a stack of the fibre mats 19. The fibre mats can be in a dry state and do not need to be resin impregnated when being placed into the mould 17. This significantly facilitates the stacking of the fibre material layers and lowers the costs for producing reliable fibre reinforced laminated products. For sake of simplicity, the fibre mats 19 and the fibre material layers 15 are shown as flat layers. Alternatively, they can cover rounded or curved layers as it is shown, for example, in Figure 1. The shape mainly depends on the form and shape as well as the function of the finished product.

After a thus formed fibre material layer 15 comprised of fibre mats 19 has been placed into the mould 17 a stiffening sheet 13 is placed on top of the stack of fibre mats 19 (see Figure 4).

After the stiffening sheet 13 has been placed on top of the first fibre material layer 15, another fibre material layer 15, here comprising a number of fibre mats 19, is placed on top of the stiffening sheet 13, as shown in Figure 5.

Alternate layer stacks of fibre material layers 15 and stiffening sheets 13 can be continued until the desired overall thickness is reached. The number of fibre mats 19 stacked in a fibre material layer 15 is essentially unlimited and has no effect on the wrinkle-preventing effect of the stiffening sheet 13.

Although not shown in Figures 3 to 5, one or more additional stiffening sheets 13 may be present under the lowermost stack of fibre mats 19 constituting the lowermost fibre material layer 15. In this case, a stiffening sheet 13 would be the first layer placed in the mould 17, wherein the reinforcing strips preferably face into the stacked layers. In this case, the outer surface of the laminate product is then composed of the stiffening sheet base layer in order to have a substantially even outer surface. The outermost layer of the overall stack consisting of stacks of fibre material layers 15 alternating with stiffening sheets 13 may also be at least one stiffening sheet 13. Here also, the reinforcing strips preferably face into the stacked layers in order to form an essentially even outer surface composed of the stiffening sheet base layer.

After the layering of the fibre material layers 15 and the stiffening sheets 13 in a non-impregnated or dry state (as shown in Figure 5), the mould 17 is closed and a vacuum is applied to the mould 17 (not shown in the Figures). Then, a thermoplastic or thermosetting material such as, e.g. a polyester resin, an epoxy resin, or an aramid resin, is infused into the evacuated mould 17. The resin permeates through the fibre material layers 15 and the stiffening sheets 13,

thereby wetting or impregnating the fibre mats of the fibre material. After a while all fibre material layers 15 and also all stiffening sheets 13 are sufficiently wetted. In the next step, the resin is hardened or cured with or without external heating. Alternatively, polymerisation initiators can be used to start or speed up the hardening or curing process. After curing the resin, the mould 17 is dismantled.

During the curing process the stiffening sheets 13 prevent the fibre material layers 15 from forming wrinkles, i.e. from folding up in a direction substantially perpendicular to the extension of the fibres in the fibre mats 19. The reason is that the stiffening sheet 13 has a higher stiffness than the fibre material layer 15 so that they do not fold themselves. Since the stiffening sheet 13 is provided with reinforcing strips 25 substantially extending in one direction, the stiffening sheet 13 has a greater stiffness in the reinforcing direction than in the direction perpendicular thereto. Therefore, the reinforcing strips 25 of the stiffening sheet 13 are preferably placed substantially perpendicular to the fibre extension in the underlying fibre material layer 15.

As the laminate comprises stiffening sheets 13 arranged within the stack of the fibre material layers 15, there is no or only minimal space available for the formation of wrinkles between the mould 17 and the first stiffening sheet 13 or between two stiffening sheets 13. Moreover, even if small wrinkles would occur in a fibre reinforced layer 15 sandwiched between the mould 17 and a stiffening sheet 13 or between two stiffening sheets 13 such wrinkles would be confined to this particular stack of fibre mats in a fibre material layer 15 by the stiffening sheet 13. Especially, the propagation of wrinkles or folds through the total laminate would be prevented by the one or more stiffening sheets 13 and the defects in the finished product can be minimized. Hence, the quality of the product can be improved by the use of the

stiffening sheets of the invention in a fibre reinforced laminate or in the method of the present invention.

Figure 6 schematically shows, in a perspective view, a part of a stiffening sheet 13 according to the present invention. The stiffening sheet 13 generally is comprised of a substantially flat base layer 23, preferably in sheet form, which is made of fibre material. The stiffening sheet 13 can, similar to the fibre material layers 15, be consisted of one or more layers of fibre material placed on top of each other (not shown in the Figure). On the top of the fibre material base layer 23, one or more reinforcing strips 25, here in the form of so called slender rods, are provided. The reinforcing strips 25 of each of the stiffening sheets extend in a substantially parallel direction 21 and are spaced apart in a perpendicular direction 22. This causes a greater stiffness of the whole stiffening sheet 13, especially in the direction of the reinforcing strips 25, which is the reinforcing direction 21, than in the perpendicular direction 22 in Figure 6. Therefore, the stiffening sheet 13 is favourably stiff in the reinforcing direction 21 and flexible in the direction 22. This means that the material is easy to drape into a mould due to the flexibility while sufficiently preventing wrinkles in the fibre material layer(s) 15 adjacent to the stiffening sheet.

As it is shown in Fig. 6, the base layer 23 made of fibre material is at least partly attached to the one or more reinforcing strips 25, here in the form of slender rods, at several attachment points 26. In this embodiment, the slender rods are stitched or sewn to the fibre material of the base layer at the attachment points 26 using a suitable sewing fibre or thread. Dependent on the material of the fibre material layer, flexible glass, carbon or aramid fibres could be used as sewing fibres or threads.

In this way, the base layer 23 is reinforced with the reinforcing strips 25 such that the desired stiffness of the stiffening sheet can suitably be provided in the reinforcing direction 21. The reinforcing strips 25 as used in this embodiment are made of pultruded glass fibres because of the similarity of the materials used. In this case, the fibre material of the base layer 23, the reinforcing strips 25 and the sewing material 26 are made of glass fibre materials in different forms. This is preferred because after the resin has cured, the similarity of the materials used effectively prevents delamination effects in the cured product.

In the embodiment shown in Figure 7, the stiffening sheet is provided with curved reinforcing strips 25 on the surface of the stiffening sheet base layer 23. In this case, the stiffening sheet can have different reinforcing abilities in one part of the sheet than in the other parts of the sheet. As it is shown in Figure 7, the reinforcing strips 25 are spaced wider apart in the middle of the stiffening sheet than at parts shown at the left and right side. That means that the stiffening effect is improved in the middle of this stiffening sheet, while it is more flexible at its outer side. Such a pattern of reinforcing strips 25 on a base layer of a stiffening sheet may be suitably used in laminates having a curved or bent shape like a blade of a wind turbine.

Although the present invention has been disclosed in the form of preferred embodiments and variations thereof, it will be understood that numerous additional modifications and variations could be made thereto without departing from the scope of the invention. For example, instead of sewing the reinforcing strips to the fibre material layer a cold or hotmelt adhesive, a resin, or a clamp could be used to attach the strips to the base layer at distinctive attachment points. In addition, if the stiffness of the reinforcing strips made of glass fibres shall be suitably adjusted to the application of the laminate, suitable materials such as wood, metal, carbon

or aramide fibres, cured resins or a composite of these materials could be used in alternative embodiments of the invention.

For the sake of clarity, it is to be understood that the use of "a" or "an" throughout this application does not exclude a plurality, and "comprising" does not exclude other steps or elements. A "means" or "layer" can comprise a number of means or layers, unless otherwise stated.

Claims

1. A stiffening sheet for use in a fibre reinforced laminate, wherein the stiffening sheet comprises reinforcing strips (25) being connected to a surface of a stiffening sheet base layer (23) made of fibre material.
2. The stiffening sheet according to claim 1, wherein at least one of the reinforcing strips (25) is bonded to the stiffening sheet base layer (23).
3. The stiffening sheet according to claim 1 or 2, wherein at least one of the reinforcing strips (25) is connected to the stiffening sheet base layer (23) in a strip-like pattern.
4. The stiffening sheet according to any one of claims 1 to 3, wherein at least one of the reinforcing strips (25) is connected to the stiffening sheet base layer (23) at single attachment points (26).
5. The stiffening sheet according to claim 4, wherein at least one of the attachment points is an adhesive attachment point, a resin attachment point, or a clamp attachment point.
6. The stiffening sheet according to any one of claims 1 to 5, wherein at least one of the reinforcing strips (25) is stitched and/or sewn to the stiffening sheet base layer (23).
7. The stiffening sheet according to any one of the claims 1 to 6, wherein at least one of the reinforcing strips (25) is connected such that the reinforcing strip (25) is movable in its longitudinal direction.
8. The stiffening sheet according to any one of claims 1 to 7, wherein at least one of the reinforcing strips (25) is guided through a guiding element provided on the stiffening sheet base layer (23).

9. The stiffening sheet according to any one of claims 1 to 8, wherein the reinforcing strips (25) are thin rods and are, preferably, composed of an essentially rigid material.

10. The stiffening sheet according to any one of claims 1 to 9, wherein the material of the reinforcing strips (25) comprises wood and/or a metal and/or glass fibres and/or a resin.

11. A fibre reinforced laminate composed of a layer stack of alternate layers of fibre material (15) and stiffening sheets (13) according to any one of claims 1 to 10.

12. A wind turbine blade comprising a stiffening sheet according to any one of claims 1 to 10 and, preferably, a fibre reinforced laminate according to claim 11.

13. A method of manufacturing a fibre reinforced laminate by arranging a stiffening sheet (13) onto a fibre material layer (15), wherein the stiffening sheet (13) comprises reinforcing strips (25) being connected to a surface of a stiffening sheet base layer (23) made of fibre material.

14. The method according to claim 13, comprising the use of at least two stiffening sheets (13) in the laminate, wherein the reinforcing direction (21) of a first stiffening sheet (13) is arranged in a substantial transversal direction, preferably in an angle of 60° to 120° , or more preferably in an angle of 90° to the reinforcing direction (21) of a second stiffening sheet (13).

15. The method according to claim 13 or 14, comprising the steps of:

- a) building up a fibre material layer (15) of the laminate by stacking one or more sheets of fibre material (19) in a mould,
- b) arranging a previously manufactured stiffening sheet (13) on top of the fibre material layer (15), and
- c) optionally repeating steps a) and/or b) to obtain a desired combined thickness of the laminate.

Abstract

Stiffening sheet for use in a fibre reinforced laminate, fibre reinforced laminate and wind turbine blade, and a method of manufacturing a fibre reinforced laminate

The invention describes a stiffening sheet for use in a fibre reinforced laminate, wherein the stiffening sheet comprises reinforcing strips (25) being connected to a surface of a stiffening sheet base layer (23) made of fibre material. The invention further describes a fibre reinforced laminate and a wind turbine blade comprising such a stiffening sheet, and a method of manufacturing a fibre reinforced laminate.

Figure 6

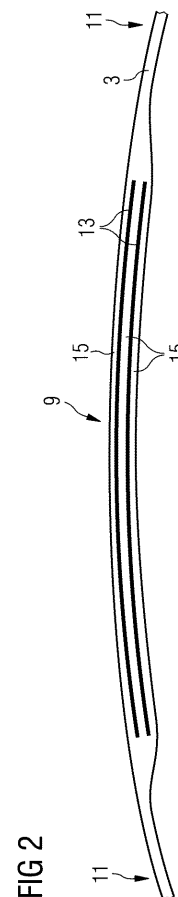
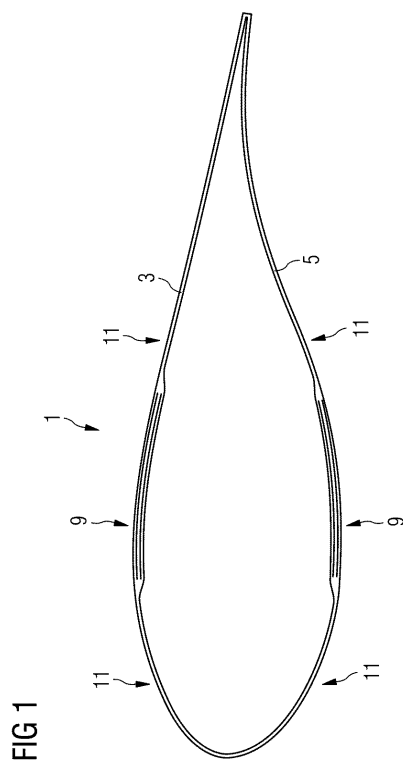


FIG 3

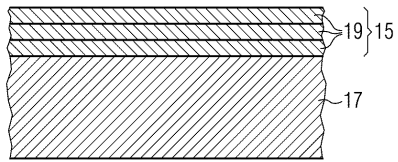


FIG 4

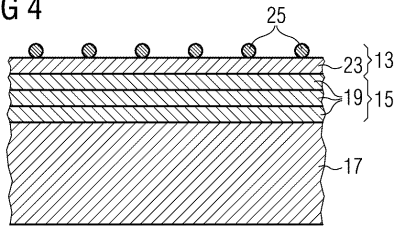


FIG 5

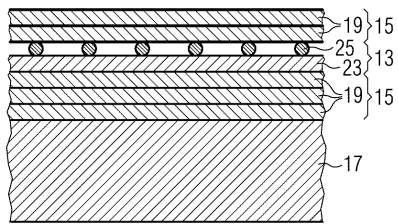


FIG 6

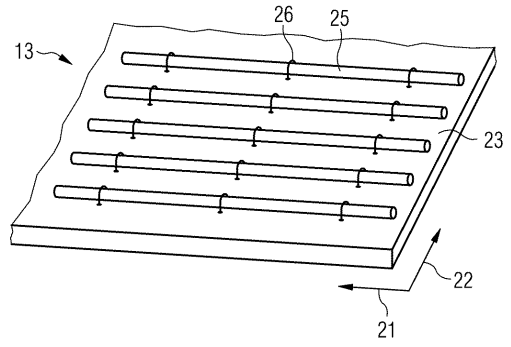


FIG 7

