

(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2011-226487

(P2011-226487A)

(43) 公開日 平成23年11月10日 (2011.11.10)

(51) Int.Cl.
F03D 11/04 (2006.01)F I
F O 3 D 11/04テーマコード (参考)
3 H 0 7 8

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L 外国語出願 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2011-94137 (P2011-94137)
 (22) 出願日 平成23年4月20日 (2011. 4. 20)
 (31) 優先権主張番号 10160555.8
 (32) 優先日 平成22年4月21日 (2010. 4. 21)
 (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 100061815
 弁理士 矢野 敏雄

最終頁に続く

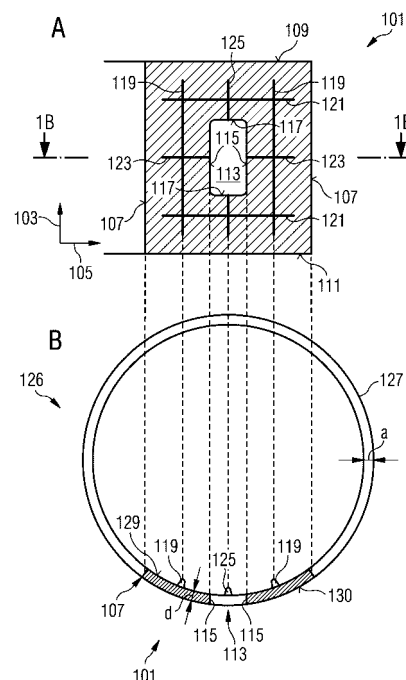
(54) 【発明の名称】 風車タワーのための壁セクション及び風車タワー

(57) 【要約】

【課題】 風車タワーの堅さを減じないように十分な構造剛性及び堅さを同時に提供する。

【解決手段】 風車のタワーのための壁セクション 101 において、壁セクションの開口 113 を包囲する内縁 115, 117 と、壁セクションの厚さ方向に突出しておりかつ該厚さ方向に対して横方向 103, 105 に延びている突出部 119, 121, 123 とが設けられている。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

風車のタワーのための壁セクション(101, 201)において、

壁セクションの開口(113, 213)を包囲する内縁(115, 117; 215, 217)と、

壁セクションの厚さ方向に突出しておりかつ該厚さ方向に対して横方向(103, 105; 203, 205)に延びている突出部(119, 121, 123, 125; 219, 221)とが設けられていることを特徴とする、風車のタワーのための壁セクション。

【請求項 2】

前記突出部が、壁セクションの内縁の部分に対して平行及び/又は外縁(107, 109, 111; 207, 209, 211)の部分に対して平行な、厚さ方向に対して横方向に延びている、請求項 1 記載の壁セクション。

10

【請求項 3】

前記突出部(123, 125)が、壁セクションの外縁の部分と内縁の部分との間に長手方向に延びている、請求項 1 又は 2 記載の壁セクション。

【請求項 4】

前記突出部(119, 121; 219, 221)が、壁セクションの外縁の部分と、壁セクションの外縁の部分とは反対側の外縁の別の部分との間に、長手方向に延びている、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の壁セクション。

【請求項 5】

前記壁セクションが、開口と外縁の周方向側部との間、開口と外縁の鉛直方向上側部分との間、及び/又は開口と外縁の鉛直方向下側部分との間に、配置された別の突出部を有している、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の壁セクション。

20

【請求項 6】

前記壁セクションの厚さが、壁セクションの外縁から内縁に向かって増大している、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の壁セクション。

【請求項 7】

前記壁セクションが、凸面(130)と凹面(129)とを有しており、突出部が前記凹面に配置されている、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の壁セクション。

【請求項 8】

前記壁セクションが、円筒セグメントの形状を有する、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の壁セクション。

30

【請求項 9】

前記壁セクションが、鋳造金属から成る、請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項記載の壁セクション。

【請求項 10】

前記鋳造金属が、鋼、特に DIN 規格 17182 による GS - 20 Mn 5 V 鋼、又は GS - 20 Mn 5 V 鋼と少なくともほぼ同等の特性を有する鋼、又は S355 鋼と少なくともほぼ同等の特性を有する鋼から成る、請求項 9 記載の壁セクション。

【請求項 11】

空気が通過するための少なくとも 1 つの穴を有する、請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項記載の壁セクション。

40

【請求項 12】

風車タワーにおいて、

タワー壁部分(127, 327)と、

請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項記載の壁セクション(101, 201)とが設けられており、

前記壁セクションが、少なくとも壁セクションの外縁の部分において前記タワー壁部分に結合されていることを特徴とする、風車タワー。

【請求項 13】

50

前記タワー壁部分が、溶接によって壁セクションに結合されている、請求項 1 2 記載の風車タワー。

【請求項 1 4】

突出部が、壁セクションに設けられた開口によるタワーの剛性の低下を補償するようになっている、請求項 1 2 又は 1 3 記載の風車タワー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、風車タワーのための壁セクション及び風車タワーに関する。特に、本発明は、風車タワーの剛性を高めるための突出部を有する風車タワーのための壁セクションに関する。

10

【背景技術】

【0002】

風車は、タワーと、タワーの上部に取り付けられたナセルと、ナセルに結合されたハブとを有しており、ハブに 1 つ又は 2 つ以上のロータ翼が取り付けられており、これらのロータ翼は、発電機に結合されたロータ軸に機械的エネルギーを伝達する。タワーの底部には通常、メンテナンスのためにタワー内部へ進入するためのドアが設けられている。ドアは、風車タワー壁部における開口を必要とする。風車タワー壁部は、通常、鋼等の金属から形成されている。

【0003】

20

国際公開第 2 0 0 6 / 0 5 0 7 2 3 号は、ドアを据え付けるために適した開口を有する風車のためのタワー部品を開示している。タワー部品は、実質的に均一な厚さを有しており、開口を有するタワー部品が取り付けられるタワーの壁セグメントの厚さよりも厚い。

【0004】

国際公開第 0 3 / 0 3 6 0 8 5 号は、風車のタワーを構成するための構造ユニットを開示しており、この構造ユニットは、ドアを収容するための貫通開口を有しており、構造ユニットは少なくとも部分的に鋳造部品として形成されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

30

【特許文献 1】国際公開第 2 0 0 6 / 0 5 0 7 2 3 号

【特許文献 2】国際公開第 0 3 / 0 3 6 0 8 5 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

壁セクションが風車タワーの底部の一部として使用される場合、風車タワーの堅さを減じないように十分な構造剛性及び剛性を同時に提供する、ドアを収容するために適した開口を有する風車タワーのための壁セクションが必要とされている。さらに、重量が低減されているにもかかわらず風車タワーシェルの一部として適した十分な構造剛性及び強度を提供する、風車のための壁セクションが必要とされている。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

この必要性は、独立請求項に記載の主体によって満たされてよい。本発明の有利な実施の形態は従属請求項に記載されている。

【0008】

1 つの実施の形態によれば、風車のタワーのための壁セクションが提供され、壁セクションは、壁セクションの開口を包囲する内縁と、壁セクションの厚さ方向に突出しかつ厚さ方向に対して横方向に延びた突出部とを有している。

【0009】

壁セクションは、特に風車タワーの底部において、風車タワーの一部又は風車タワーシ

50

ェルの一部を形成するように構成されていてよい。壁セクションは、主に、壁セクションの最大範囲の方向である2つの異なる横方向に延びている。壁セクションは、2つの横方向に対して横方向の厚さ方向に、著しくより小さな量だけ延びており、この量は壁セクションの厚さを表している。厚さは特に、20mm～100mm、特に20mm～75mm、さらに特に30mm～50mmであってよい。鉛直方向での横方向範囲は、200cm～400cm、特に約300cmであってよく、他の横方向、特にタワーの周方向における横方向範囲は、110cm～300cm、特に約250cmであってよい。

【0010】

壁セクションは、鉛直方向に延びた2つの鉛直方向の外縁と、風車タワーの周方向に沿って延びた2つの周方向の外縁とを含む外縁を有してよい。壁セクションの中央部分には開口が設けられており、この開口は、壁セクションの内縁によって包囲されている。内縁は、鉛直方向に沿って延びた2つの鉛直方向の内縁部分と、開口を上側及び下側においてそれぞれ区切る上側の内縁及び下側の内縁とを有してよい。上側の内縁及び下側の内縁は、湾曲していてもよいし（特に円のセグメント）、直線状であってもよい。

【0011】

さらに、1つの実施の形態によれば、壁セクションは、換気のための換気穴を有してよく、壁セクションにおける換気穴の数は、1～20、特に1～10、特に1～3以上であってよい。換気穴は、開口よりも小さくてよい。

【0012】

開口は、ドアを収容するように構成されていてよい。開口は、直立位置において人員が開口（例えば出入口）を通過できるように寸法決めされていてよい。別の実施の形態によれば、開口の寸法は用途に依存してよい。寸法は例えば、大きな構成部材（特に2m～10mの範囲又は2m～5mの範囲）をこの開口を通じて風車タワーの内部へ搬入できるように又はこの開口を通じてタービンからこれらの構成部材を搬出できるように十分に大きくてよい。

【0013】

壁セクションは、ドアを取り付けるための取付けエレメントを有してよい。

【0014】

突出部は、壁セクションに提供されたりブ、膨れ又は一般的な支持構造として形成されていてよい。突出部は、壁セクションの剛性又は構造剛性を高めるように設計されていてよい。突出部を無視すると、壁セクションは均一な厚さを有してよい。突出部は、壁セクションの中央部分における開口による減じられた剛性を補償するために、壁セクションの補強又は支持を提供してよい。これにより、壁セクションは、風車タワーの構造剛性及び剛性に悪影響を及ぼすことなく風車タワーのためのシェル部分として使用されるために適している。

【0015】

突出部は、1mm～200mm、特に20mm～60mm、特に30mm～50mm、特に約40mmの厚さ及び／又は幅を有してよい。突出部は特に、鋼等の金属から成っていてよい。突出部は、例えばボルトを使用することによって又は溶接によって、壁セクションに固定されていてよい。別の実施の形態によれば、突出部（1つ又は2つ以上の突出部）は、例えば突出部を含んだ壁セクションを鋳造することによって、壁セクションと一体に形成されている。壁セクションを鋳造した後に開口が切り取られてよい。択一的に、壁セクションは、金属を圧延し、金属を曲げ、帯金属に突出部を取り付ける製造ステップを含んでいてよい。これにより、製造コストが低減されると同時に、風車タワーに組み込むのに適した壁セクションを提供する。

【0016】

1つの実施の形態によれば、突出部の形状、材料、寸法及び配置は、コンピュータモデリング計算によって導き出されてよい。

【0017】

1つの実施の形態によれば、突出部は、内縁の部分に対して平行な及び／又は壁セクシ

10

20

30

40

50

ョンの外縁の部分に対して平行な、厚さ方向に対して横方向に延びている。これにより、突出部は、周方向（水平方向）リブ補強部を提供してよく、壁セクションの鉛直方向リブ補強部及び／又は対角補強部をも提供してよい。特に、突出部は、壁セクションの外縁から間隔を置いて配置されていてよく、壁セクションの内縁から間隔を置いて配置されていてもよい。突出部は、例えば、壁セクションの外縁と壁セクションの内縁との間に配置されていてよい。これにより、壁セクションの剛性及び堅さは、壁セクションの全体的な厚さを増大することなく、改良及び増大されてよく、これにより、壁セクションの重量を低減し、壁セクションのコストも低減する。

【 0 0 1 8 】

一実施形態によれば、突出部は、壁セクションの外縁の部分と内縁の部分との間に長手方向に延びている。特に、突出部は、壁セクションの外縁の部分及び／又は内縁の部分まで延びていてよい。これにより、突出部は、外縁の部分から内縁の部分まで完全に延びていてよい。これにより、特に開口の領域又は開口を包囲する領域において、壁セクションは、剛性を高めるために突出部によって有利には補強されている。

10

【 0 0 1 9 】

1つの実施の形態によれば、突出部は、壁セクションの外縁の部分と、壁セクションの外縁の部分とは反対側の外縁の別の部分との間に長手方向に延びている。特に、突出部は、壁セクションの外縁の部分から、壁セクションの外縁の部分とは反対側の外縁の別の部分まで完全に延びていてよい。すなわち、突出部は、両横方向、すなわち鉛直方向及び周方向（水平方向）に壁セクションの全横方向範囲に亘って延びていてよい。別の実施の形態において、突出部は、壁セクションの全横方向範囲に亘って延びておらず、壁セクションの外縁の部分と外縁の別の部分との間の横方向範囲の約 60 ～ 80 % まで延びている。これにより、重量を減じることができると同時に、剛性及び強度を高めるために、特に開口の周囲の領域が補強されてよい。

20

【 0 0 2 0 】

1つの実施の形態によれば、壁セクションはさらに、開口と外縁の周方向側部との間、開口と外縁の鉛直方向上側部分との間及び／又は開口と外縁の鉛直方向下側部分との間に配置された別の突出部を有している。特に、別の突出部は、壁セクションの付加的な補強を提供してよい。特に、別の突出部は、特に開口を包囲する領域において壁セクションを有効に構造的に支持するために開口を包囲していてよい。

30

【 0 0 2 1 】

壁セクションの厚さ方向に突出しておりかつ鉛直方向、周方向、及び／又は周方向と鉛直方向との間の方向に延びた、1つ又は2つ以上の付加的な突出部が設けられていてよい。

【 0 0 2 2 】

1つの実施の形態によれば、壁セクションの厚さは、壁セクションの外縁から内縁に向かって（ひいては開口に向かって）増大している。これにより、壁セクションの厚さは、厚さ方向に突出した突出部の厚さを考慮せずに決定される。つまり、突出部の厚さは、この定義における壁セクションの厚さを決定するために考慮されない。壁セクションの外縁から内縁までの厚さの増大は、50 ～ 200 %、特に55 ～ 150 % であってよい。つまり、外縁における壁セクションの厚さは、約 10 mm ～ 70 mm、特に 20 mm ～ 50 mm、より特に 25 mm ～ 40 mm、特に約 32 mm であってよく、内縁における壁セクションの厚さは、10 mm ～ 150 mm、特に 75 mm ～ 125 mm、特に約 100 mm であってよい。つまり、厚さは、外縁から内縁まで、1.5 ～ 4、特に 2 ～ 3.5、特に約 3 のファクタだけ増大していてよい。これにより、壁セクションの構造剛性及び堅さは、構造的強度を損なわずに、壁セクションの全面積に亘って均一に壁セクションの全厚さを増大することを必要とすることなく、改良されてよい。

40

【 0 0 2 3 】

鑄造壁セクションは、開口により損なわれた堅さを提供するために、開口の周囲において増大してよいプレート厚さを有していてよい。プレート厚さを少しずつ増大するために

50

、全ての方向での内側シェルの大きな慣性モーメントが僅かな材料で生ぜしめられることが開発されてよく、内側シェルのこの大きなモーメントは特に開口の周囲に集中させられる。

【0024】

1つの実施の形態によれば、壁セクションは、凸面及び凹面を有しており、突出部は凹面に配置されている。凹面は、組み立てられた風車タワーの内面の部分を提供する面であってよい。凹面に突出部を配置することは、凸面に突出部を配置するのとは比べ、高められた構造剛性及び剛性を生ずる。

【0025】

1つの実施の形態によれば、壁セクションは、円筒セグメント又は円錐セグメントの形状を有する。特に、壁セクションは、少なくともほぼ円筒セグメント又は円錐セグメントの形状を有してよい。これにより、壁セクションは風車タワーシェルに容易に挿入されてよい。円筒は、1つの実施の形態によれば200cm～800cm、特に350～450cmの直径を有してよい。

【0026】

1つの実施の形態によれば、壁セクションは、鑄造金属から成る。壁セクションは、多数の鑄造金属部材から組み立てられてよい又は一体に形成された鑄造金属構造として製造されてよい。これにより、壁セクションは、互いに固定されなければならない多数の部材から組み立てられなくてよいので、製造プロセスを単純化することができる。鑄造壁セクションは、風車タワーシェルのシェル部分として適した形状を有してよく、壁セクションの厚さ方向に突出した突出部が形成されるような形状を有する。

【0027】

1つの実施の形態によれば、鑄造金属は、鋼、特にDIN規格17182によるGS-20Mn5V鋼、又はGS-20Mn5Vと少なくともほぼ同等の特性を有する鋼、又はS355鋼と少なくともほぼ同等の特性を有する鋼から成る。従って、鑄鋼から製造された壁セクションは、風車タワーの他の壁セグメントに完全に溶接可能であってよい。1つの実施の形態によれば、鑄造金属は、前記鋼よりも劣った特性を有する鋼から成る。

【0028】

1つの実施の形態によれば、壁セクションはさらに、空気の流れのための少なくとも1つ（又は2つ以上、特に1～10）の穴を有する。

【0029】

1つの実施の形態によれば、上述のような壁セクションの実施の形態を有し、タワー壁部分を有し、壁セクションが、壁セクションの外縁の少なくとも部分においてタワー壁部分に結合されているような風車タワーが提供される。壁セクションをタワー壁部分に結合することによって、風車タワーの少なくとも底部が組み立てられてよい。壁セクションの外縁は、鉛直方向に延びた部分と、水平方向（周方向）に延びた部分とを有してよい。鉛直方向は、少なくともほぼ、風車タワーの対称軸線に対して平行であってよい。周方向は、少なくともほぼ鉛直方向に対して垂直であってよい。風車タワー壁部分又は風車タワーシェル内において壁セクションを使用することによって、風車タワーは、単純に製造されてよく、それと同時にコストを低減する。

【0030】

1つの実施の形態によれば、タワー壁部分は、溶接によって壁セクションに結合されている。溶接は、少なくとも壁セクションの外縁の部分を、タワー壁部分の縁部に結合するために行われてよい。溶接によって、付加的な取付けエレメントを必要とすることなく、タワー壁部分と壁セクションとの間の十分に強い結合が提供されてよい。1つの実施の形態において、壁部分はボルト又はねじを用いて壁セクションに結合されている。

【0031】

1つの実施の形態によれば、突出部は、壁セクションにおける開口によるタワーの堅さの低下を補償するように適応されている。特に、堅さの低下は、壁セクションに突出部を提供することによって、少なくとも（例えば風車の能力に応じて）50%、特に75%、

10

20

30

40

50

より特に 90%、より特に 100% だけ補償されてよい。別の実施の形態によれば、タワーの堅さは、タワーの下部に突出部を有する壁セクションを提供することによって、壁セクションを有さないタワーと比較して（特に 10% 以上）さらに高められる。従って、タワーは、高い風速を有する過酷な環境に配置されてよい。

【0032】

1つの実施の形態によれば、風車タワーを製造するための製造方法が提供され、この方法は、風車タワーのための壁セクションを製造することを含み、壁セクションは、壁セクションの開口を包囲する内縁と、壁セクションの厚さ方向に突出しておりかつ厚さ方向に対して横方向に延びている突出部とを有しており、壁セクションをタワー壁部分に組み付けかつ取り付けを含む。

10

【0033】

発明の実施形態は、様々な異なる主体に関連して説明されていることに注意すべきである。特に、幾つかの実施形態は、方法形式の請求項に関連して説明されているのに対し、他の実施形態は、装置形式の請求項に関連して説明されている。しかしながら、当業者は、上記及び下記の説明から、その他の断りがない限り、主体の1つの形式の属する特徴のあらゆる組合せに加えて、異なる主体に属する特徴のあらゆる組合せ、特に方法形式の請求項の特徴と装置形式の請求項特徴とのあらゆる組合せは、本明細書に開示されているものとして考慮される。

【0034】

本発明の、上に定義された態様及び別の態様は、以下に記載された実施形態の例から明らかであり、実施形態の例に関連して説明される。本発明は、実施形態の例に関連して以下により詳細に説明されるが、発明はそれらの実施形態に限定されない。

20

【0035】

ここで本発明の実施形態を添付の図面を参照しながら説明する。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】図1Aは、実施形態による風車タワーのための壁セクションの側面図を概略的に示しており、図1Bは、実施形態による挿入された壁セクションを備えた風車タワーを上方から見た断面図である。

【図2】図2Aは、風車タワーのための壁セクションの側面図を概略的に示しており、図2B及び図2Cは、1つの実施の形態による壁セクションの断面図を概略的に示している。

30

【図3】図2A、図2B及び図2Cに示された実施の形態による風車タワーのための挿入された壁セクションを有する風車タワーの部分を斜視図で概略的に示している。

【図4】別の実施の形態による風車タワーのための壁セクションを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0037】

図面は概略的である。それぞれの図面において、類似又は同一の要素には、同じ参照符号、又は対応する参照符号と最初の数字のみが異なる参照符号が付されている。

【0038】

40

図1Aは、1つの実施の形態による風車タワーのための壁セクション101の側面図を概略的に示している。例示された実施の形態において、壁セクションは、DIN規格17182による鋼GS-20Mn5Vを含む、一体に形成された鋳造金属部材である。この鋼は、 2.1×10^5 (2.1 × 10⁵) MPaのヤング係数、0.3のポアソン比、 7.85×10^{-6} (7.85 × 10⁻⁶) kg/mm³の密度、355 MPaの引張降伏強さ、及び1.2の鋼のための部分的な係数とを有する鋼S355の材料特性と同様の特性を有する。

【0039】

図1Aに示された壁セクション101は、鉛直方向103及び水平方向105に延びた板状構造を有している。壁セクション101は、2つの鉛直方向の外縁107と、水平方

50

向の上側の縁部 109 と、水平方向の下側の縁部 111 とを有している。壁セクション 101 の中央部には開口 113 が設けられており、この開口 113 は、開口を人員が通り抜けることができるような適切な寸法を有している。開口 113 は、壁セクション 101 の 2 つの鉛直方向の内縁 115 と、壁セクション 101 の 2 つの水平方向の内縁 117 とによって包囲されている。

【0040】

壁セクション 101 の厚さ方向は、図 1 A の図平面に対して垂直方向に延びている。水平方向 105 での壁セクション 101 の範囲は、用途に応じて異なってよく、例えば 100 cm ~ 500 cm、特に 200 cm ~ 300 cm であってよいが、又は異なる寸法を有してよい。鉛直方向 103 での壁セクション 101 の範囲は、250 cm ~ 350 cm であってよい。方向 103 及び 105 に対して垂直な厚さ方向での壁セクションの厚さは、20 mm ~ 150 mm、特に 30 mm ~ 100 mm であってよい。1 つの実施の形態によれば、壁セクションの厚さ（壁セクションに設けられたあらゆる突出部を無視する）は、壁セクション全体に亘って均一であり、30 mm ~ 50 mm の厚さを有している。別の実施の形態によれば、厚さ（あらゆる突出部を無視する）は、鉛直方向 103 及び水平方向 105 の範囲に亘って変化しており、特に壁セクションの厚さは、壁セクション 101 の外縁 107, 109, 111 から内縁 115, 117 に向かって増大している。外縁 107, 109, 111 は、直線的な縁部である。内縁 115, 117 も、直線的な部分を含むが、互いに垂直に延びる縁部 115, 117 が結合する箇所において丸味付けられた部分をも有している。

【0041】

壁セクション 101 の剛性を高めるために、壁セクションは、多数の突出部 119, 121, 123 及び 125 を有している。突出部は、厚さ方向、すなわち図 1 A の図平面に対して垂直に壁セクションから突出しており、これにより、補強リブを形成している。突出部 119, 125 は鉛直方向 103 に延びているのに対し、突出部 121, 123 は水平方向 105 に延びている。特に、突出部 119 は、壁セクション 101 の水平方向の上側の外縁 109 と水平方向の下側の外縁 111 との間に延びている。突出部 125 は、水平方向の内縁 117 から壁セクション 101 の水平方向の上側の外縁 109 及び水平方向の下側の外縁 111 に向かって延びている。突出部 121 は、開口 113 の上方及び下方に配置されており、鉛直方向の外縁 107 の間に延びており、その範囲は、水平方向 105 での壁セクションの全範囲の約 80 % に達している。突出部 123 は、鉛直方向の内縁 115 から鉛直方向の外縁 107 に向かって延びているが、鉛直方向の外縁と鉛直方向の内縁との間の距離全体に亘って延びているのではなく、約 70 % ~ 90 % だけに亘って延びている。突出部は、特に壁セクション 101 の機械的安定性を高めるリブ又は膨らみとして考えられてよく、突出部は、壁セクション 101 の剛性を高めるための補強を提供する。

【0042】

図 1 B は、風車タワー 126 に組み込まれている時の、図 1 A に示された壁セクション 101 を上方から見た横断面図を概略的に示している。風車タワー部分 127 は、円形の横断面を有する円筒のセグメントである。円筒の直径は、350 cm ~ 450 cm であってよい。円筒のセグメント 127 の厚さ "a" は、30 mm ~ 40 mm であってよい。円筒セグメント 127 は、圧延された鋼から形成されてよい。

【0043】

壁セクション 101 は、鉛直方向の外縁 107 において円筒セグメント 127 に溶接されている。図 1 B に示したように、壁セクション 101 の突出部 119, 125 は、壁セクション 101 の凹面 129 に形成されている。凹面 129 は、風車タワー 126 の内面の部分である。図 1 B に示したように、壁セクション 101 の厚さ "d" は、突出部 119, 125 の厚さを無視した場合、均一である。

【0044】

他の実施の形態は、突出部 119, 121, 123 及び 125 とは異なる方向に延びた

、異なる位置における付加的な突出部を有していてもよい。

【0045】

1つの実施の形態によれば、壁セクション101は、一体に形成された鋳造金属部材ではなく、鋼を圧延し、鋼を曲げ、リブを曲げられた鋼板に取り付けることによって製造される。

【0046】

図2Aは、1つの実施の形態による壁セクション201の側面図を概略的に示している。壁セクション201の寸法は、mmの単位で図示されている。開口213は、鉛直方向に延びた2つの直線状の内縁215と、611.4mmの半径を有する円セグメントの形状を有する2つの内縁217とによって区切られている。この特定の丸みを帯びた形状は、壁セクション201の安定性を高める。図1Aに示された実施の形態とは異なり、図2Aに示された壁セクション201は、開口213を実質的に包囲する4つの突出部219及び221のみを有している。他の実施の形態は、壁セクション201のためのより多くの突出部を有している。

【0047】

図2Aに示された壁セクション201の実施の形態と、図1A及び図1Bに示された壁セクション101の実施の形態との相違点は、図2A、図2B及び図2Cに示された壁セクション201が鉛直方向203及び水平方向205に沿って可変の厚さを有しており、これにより、図2Aの図平面に対して垂直な厚さ方向での厚さが、壁セクション201の外縁207、209及び211から内縁215及び217に向かって増大しているということである。壁セクション201の輪郭は、断面図を示す図2B及び図2Cから明らかである。厚さが外縁209における32mmから内縁217における100mmまで増大していることが分かる。また、図2Cから分かるように、壁セクションの厚さは鉛直方向の外縁207における40mmから一定の割合で鉛直方向の内縁215における102mmまで増大している。これにより、壁セクション201の剛性及び構造強度が、32mm又は40mmの均一な厚さを有する壁セクションと比較して高められる。さらに、突出部219及び221は、壁セクションの機械的強度を高める。

【0048】

1つの実施の形態によれば、1つ又は2つ以上の突出部が、図1A及び図1Bに示された壁セクション101又は図2A、図2B及び図2Cに示された壁セクション201の凸面に設けられていてもよい。

【0049】

図3は、1つの実施の形態による風車タワー326の部分を概略的に示している。風車タワー326は、風車タワーのための壁構造又はシェル構造を提供するセグメント327を有している。セグメント327は、円錐形又は円筒形であってよい。メンテナンス作業員が風車タワー326の内部へ進入することができるように、図2A、図2B及び図2Cに示された壁セクション201が縁部207、209においてタワーセグメント327に溶接されている。これにより、メンテナンス人員は開口213を通してタワー326の内部へ進入することができる。開口213は、図示しない取付けエレメントによって壁セクション201に回転可能に結合されてよいドアによって閉鎖されてよい。

【0050】

図4A及び図4Bは、別の実施の形態による壁セクション401を概略的に示している。壁セクション401は、図1及び図2に示された壁セクション101及び201と同様に構成されているが、対称軸線（鏡面軸線）433に対して対称に配置された突出部430を有している点で異なり、これらの突出部430は、対角線上に（すなわち鉛直方向403と水平方向405との間の方向に）配置されている。この場合、水平方向405に対する傾斜角度は20°～70°、特に30°～60°、特に約45°であってよい。

【0051】

図4Bの横断面図に示したように、突出部430は壁セクション401から量Pだけ突出しており、Pは、30mm～80mm、特に約60mmであってよい。さらに、壁セク

10

20

30

40

50

ション 4 0 1 及び突出部の厚さ t は、同じ寸法であり、30 mm ~ 50 mm、特に約 40 mm であってよい。壁セクションの突出部と外面との間の縁部は、半径 R を有するように丸み付けられており、この半径 R は、30 mm ~ 50 mm、特に 40 mm であってよい。

【0052】

1 つの実施の形態によれば、壁セクションの製造材料及びその他の機械的パラメータは、壁セクションが挿入された風車タワーが、開口を有さないタワーのための慣性モーメントと等しいかそれよりも高い慣性モーメントを有するように、最適化されている。特に、3 つの剛性（水平方向の移動と、別の水平方向及び鉛直方向を中心とする 2 つの回転）は、トポロジ最適化、ジオメトリ最適化シミュレーションにおける制約として使用されてよい。さらに、鑄造制約が考慮されてよく、対称制約も考慮されてよい。これにより、形状最適化は、風車タワーの全体的な剛性を変化させないように適応させられる。特に、シミュレーションは、有限要素解析を用いて行われてよい。特に、せん断力の効果、及び曲げモーメントの効果、鉛直方向を中心に提供されるトルクの効果、及び変形荷重によって生ぜしめられる効果が分析されてよい。特に、最善の性能を示す壁セクションの設計を選択するために、様々な異なる設計レイアウトに対して、フォンミーゼス応力が分析されてよい。

10

【0053】

「含む」とは、他のエレメント又はステップを排除せず、単数の表記は複数を排除しないことに注意すべきである。様々な実施の形態に関連して記載されたエレメントは、組み合わせられてもよい。請求項における参照符号は、請求項の範囲を制限するものとして解釈すべきではない。

20

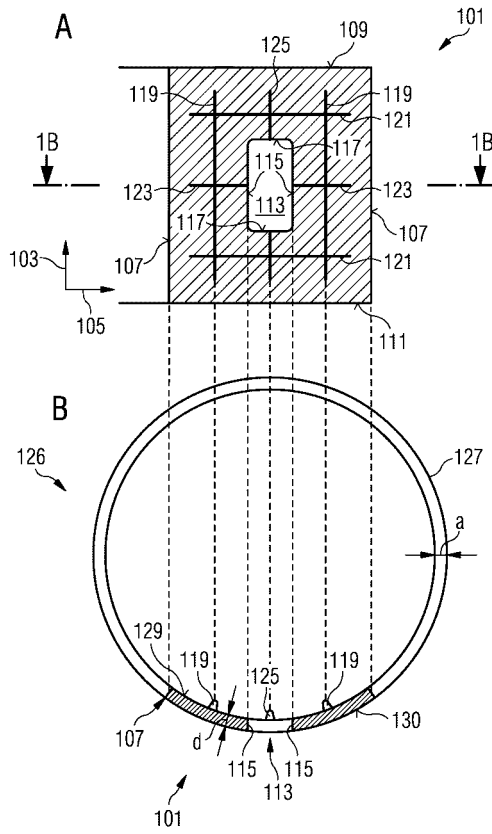
【符号の説明】

【0054】

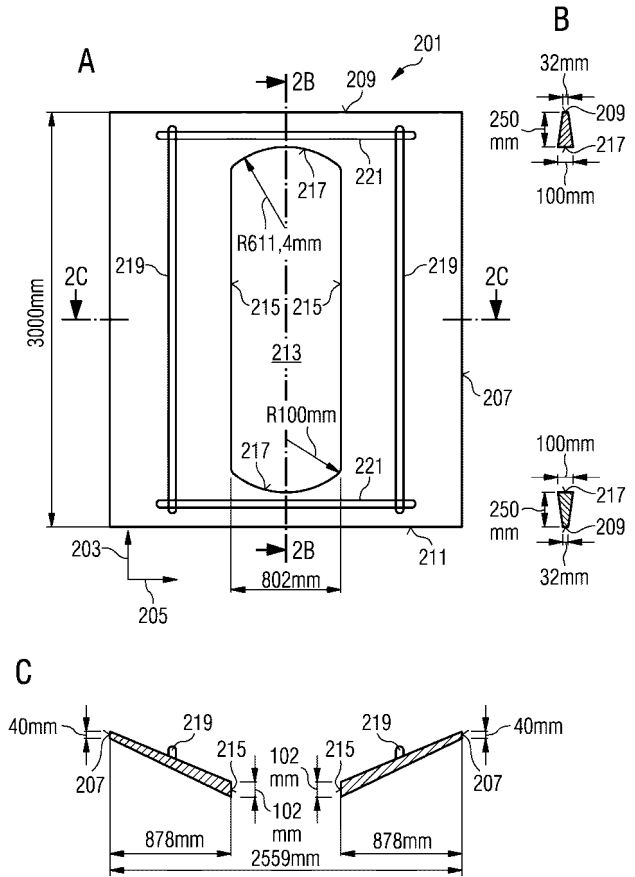
1 0 1 壁セクション、 1 0 3 鉛直方向、 1 0 5 水平方向、 1 0 7 鉛直方向の外縁、 1 0 9 水平方向の上側の縁部、 1 1 1 水平方向の下側の縁部、 1 1 3 開口、 1 1 5 鉛直方向の内縁、 1 1 7 水平方向の内縁、 1 1 9 , 1 2 1 , 1 2 3 , 1 2 5 突出部、 1 2 6 風車タワー、 1 2 7 風車タワー部分、 1 2 9 凹面、 2 0 1 壁セクション、 2 0 7 , 2 0 9 , 2 1 1 外縁、 2 1 3 開口、 2 1 5 , 2 1 7 内縁、 2 1 9 , 2 2 1 突出部、 3 2 6 風車タワー、 3 2 7 セグメント、 4 0 1 壁セクション、 4 0 3 鉛直方向、 4 0 5 水平方向、 4 3 0 突出部、 4 3 3 対称軸線

30

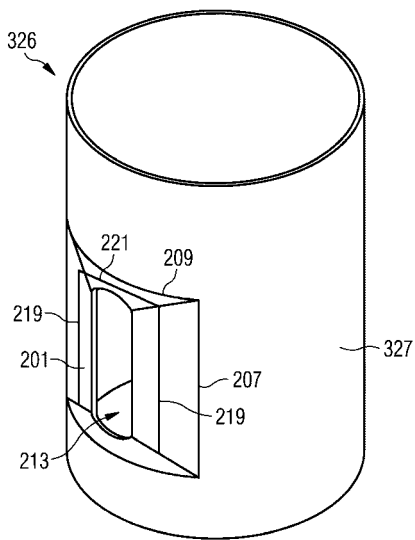
【図 1】



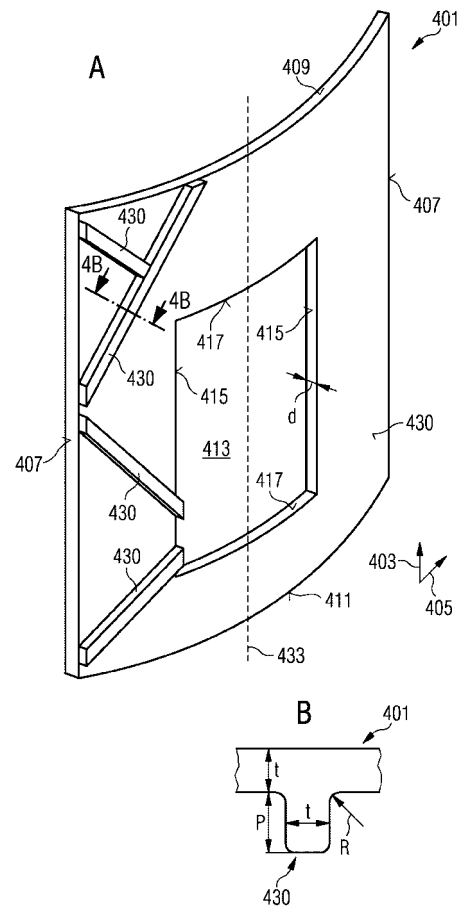
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100112793
弁理士 高橋 佳大
(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 100156812
弁理士 篠 良一
(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 アブデルラヒム アムダー
デンマーク国 ブランデ モーセヴェンゲズ 1 4
(72)発明者 ヤン ヤコプスン
デンマーク国 エスビエアウ ラアケーアスゲーゼ 2
(72)発明者 スティーン ケアゲゴー イェンスン
デンマーク国 スカナボー ホルメコレン 3 1
F ターム(参考) 3H078 BB12 BB20 BB21 CC47

【外国語明細書】

Title of Invention

Wall section for a wind turbine tower and wind turbine tower

Detailed Explanation of the Invention

Field of invention

The present invention relates to a wall section for a wind turbine tower and to a wind turbine tower. In particular, the present invention relates to a wall section for a wind turbine tower having a protrusion for increasing a stiffness of the wind turbine tower.

A wind turbine comprises a tower, a nacelle mounted at a top of the tower and a hub connected to the nacelle, wherein at the hub one or more rotor blades are mounted that transfer mechanical energy to a rotor shaft connected to a generator. At a bottom portion of the tower usually a door is provided for getting access to the inside of the tower for maintenance purpose. The door requires an opening within the wind turbine tower wall. The wind turbine tower wall is typically made from a metal, such as steel.

Art Background

WO 2006/050723 A1 discloses a tower part for a wind turbine having an aperture suitable for installing a door. The tower part has a substantially uniform thickness and is thicker than the thickness of a wall segment of the tower to which the tower part having the aperture is mounted.

WO 03/036085 A1 discloses a structural unit for constructing a tower of a wind turbine, wherein the structural unit has a through opening for accommodating a door and wherein the structural unit is at least partially formed as cast part.

There may be a need for a wall section for a wind turbine tower having an opening suitable for accommodating a door which at the same time provides sufficient structural rigid-

ity and stiffness in order not to reduce the stiffness of the wind turbine tower, when the wall section is used as a part of a bottom part of the wind turbine tower. Further, there may be a need for a wall section for a wind turbine tower having a reduced weight but providing a sufficient structural rigidity and strength to be suitable as a portion of a wind turbine tower shell.

Summary of the Invention

This need may be met by the subject matter according to the independent claims. Advantageous embodiments of the present invention are described by the dependent claims.

According to an embodiment a wall section for a tower of a wind turbine is provided, wherein the wall section comprises an inner edge surrounding an opening of the wall section; and a protrusion protruding in a thickness direction of the wall section and extending transverse to the thickness direction.

The wall section may be configured to form a portion of a wind turbine tower or a portion of a wind turbine tower shell, in particular at a bottom portion of the wind turbine tower. The wall section extends primarily in two different lateral directions which are the directions of the maximal extent of the wall section. The wall section extends in a thickness direction transverse to the two lateral directions to a much smaller amount, wherein this amount represents a thickness of the wall section. The thickness in particular may be between 20 mm - 100 mm, in particular between 20 mm and 75 mm, further in particular between 30 mm and 50 mm. The lateral extent in a vertical direction may be in between 200 cm and 400 cm, in particular around 300 cm and the lateral extent in the other lateral direction, in particular in a circumferential direction of the tower, may be in between 110 cm and 300 cm, in particular around 250 cm.

The wall section may comprise an outer edge comprising two vertical outer edges running in the vertical direction and comprising two circumferential outer edges running along the circumferential direction of the wind turbine tower. In a central portion of the wall section an opening is provided which is surrounded by an inner edge of the wall section. The inner edge may comprise two vertical inner edge portions running along the vertical direction and an upper inner edge and a lower inner edge delimiting the opening at an upper side and a lower side, respectively. The upper inner edge as well as the lower inner edge may have a curved shape (in particular a segment of a circle) or may have a straight shape.

Further, according to an embodiment, the wall section may comprise ventilation holes for ventilation, wherein a number of ventilation holes in the wall section may be between 1 and 20, in particular between 1 and 10, more in particular between 1 and 3 or more. The ventilation hole(s) may have a smaller size than the opening.

The opening may be configured to accommodate a door. The opening may be sized to allow a person traversing the opening (e.g. doorway) in an upright position. According to another embodiment a size of the opening may depend on the application. The size may e.g. be large enough to deliver large components (in particular between 2 m and 10 m in extent or between 2 m and 5 m in extent) into the interior of the turbine tower through this opening or carry these components out of the turbine through this opening.

The wall section may comprise mounting elements for mounting a door.

The protrusion may be formed as a rib, a bulge or a general support structure applied to the wall section. The protrusion may be designed to increase the stiffness or structural rigidity of the wall section. Disregarding the protrusion the

wall section may have a uniform thickness. The protrusion may provide a reinforcement or a backing of the wall section such as to compensate for a reduced stiffness due to the opening in a central part of the wall section. Thereby, the wall section is well-suited to be used as a shell portion for a wind turbine tower without adversely affecting the structural rigidity and stiffness of the wind turbine tower.

The protrusion may have a thickness and/or a width of 1 mm to 200 mm, in particular 20 mm - 60 mm, in particular 30 mm - 50 mm, in particular about 40 mm. The protrusion may in particular comprise a metal, such as steel. The protrusion may be fixed to the wall section, such as by using bolts or by welding. According to other embodiments, the protrusion (the one or more protrusions) are integrally formed with the wall section, such as by casting the wall section including the protrusion. The opening may be cut out after casting the wall section. Alternatively the wall section may comprise a manufacturing step of rolling a metal, bending the metal and mounting the protrusion at the band metal. Thereby, manufacturing costs may be reduced, while at the same providing a wall section suitable for integrating into a wind turbine tower.

According to an embodiment the geometry, the material, the size, and the arrangement of the protrusion may be derived from computer-modelling calculations.

According to an embodiment the protrusion extends transverse to the thickness direction parallel to a portion of the inner edge and/or parallel to a portion of an outer edge of the wall section. Thereby the protrusion may provide a circumferential (horizontal) rib reinforcement and may also provide a vertical rib reinforcement and/or diagonal reinforcement of the wall section. In particular, the protrusion may be arranged spaced apart from the outer edge of the wall section and may be arranged also spaced apart from the inner edge of the wall section. The protrusion may for example be arranged

in between the outer edge of the wall section and the inner edge of the wall section. Thereby, the rigidity and stiffness of the wall section may be improved and increased without increasing the overall thickness of the wall section thus reducing a weight of the wall section and also reducing costs of the wall section.

According to an embodiment the protrusion longitudinally extends between a portion of an outer edge and a portion of an inner edge of the wall section. In particular, the protrusion may extend up to the portion of the outer edge and/or up to the portion of the inner edge of the wall section. Thus, the protrusion may extend all the way from the portion of the outer edge to the portion of the inner edge. Thereby, especially in the region of the opening or in a region surrounding the opening the wall section is advantageously reinforced by the protrusion in order to increase its stiffness.

According to an embodiment the protrusion longitudinally extends between a portion of an outer edge of the wall section and another portion of the outer edge opposite to the portion of the outer edge of the wall section. In particular, the protrusion may extend all the way from the portion of the outer edge of the wall section to the other portion of the outer edge opposite to the portion of the outer edge of the wall section. Thus, the protrusion may extend across an entire lateral extent of the wall section in both lateral directions, i.e. the vertical direction and the circumferential (horizontal) direction. In other embodiments the protrusion does not extend across the entire lateral extent of the wall section but extend to about 60-80% of the lateral extent between the portion of the outer edge and the other portion of the outer edge of the wall section. Thereby, a weight can be reduced and at the same time in particular areas around the opening may be reinforced, to increase their stiffness and strength.

According to an embodiment the wall section further comprises

a further protrusion arranged between the opening and a circumferential side portion of an outer edge, between the opening and a vertically upper portion of the outer edge and/or between the opening and a vertically lower portion of the outer edge. In particular, the further protrusion may provide additional reinforcement of the wall section. In particular, the further protrusion may surround the opening to effectively structurally support the wall section especially within regions surrounding the opening.

One or more additional protrusions may be provided protruding in a thickness direction of the wall section and extending in the vertical direction, the circumferential direction, and/or a direction between the circumferential direction and the vertical direction.

According to an embodiment the thickness of the wall section increases from the outer edge towards the inner edge of the wall section (and thus towards the opening). Thereby, the thickness of the wall section is determined without taking the thickness of the protrusion protruding in the thickness direction into account. Thus, the thickness of the protrusion does not count for determining the thickness of the wall section in this definition. The increase of the thickness from the outer edge towards the inner edge of the wall section may amount to 50-200%, in particular to 55-150%. Thus, the thickness of the wall section at the outer edge may amount to about 10 mm - 70 mm, in particular 20 mm - 50 mm, more in particular 25 mm to 40 mm, in particular about 32 mm and the thickness of the wall section at the inner edge may amount to 10 mm to 150 mm, in particular 75 mm -125 mm, in particular to around 100 mm. Thus, the thickness may increase from the outer edge to the inner edge by a factor of 1.5 to 4, in particular 2 to 3.5, in particular around 3. Thereby, the structural rigidity and stiffness of the wall section may be improved without requiring to increase the overall thickness of the wall section in a uniform way across the whole area of the wall section without hampering structural strength.

The cast wall section may have a plate thickness which may increase around the opening to create stiffness that has been lost due to the opening. By increasing the plate thickness little by little it may be exploited that a big moment of inertia of inner shell in all directions may be generated with little material, wherein this big moment of inner shell is especially concentrated around the opening.

According to an embodiment the wall section comprises a convex surface and a concave surface, wherein the protrusion is arranged at the concave surface. The concave surface may be the surface providing a portion of an inner surface of the assembled wind turbine tower. To arrange the protrusion at the concave surface may result in an enhanced structural rigidity and stiffness compared to arranging the protrusion at the convex surface.

According to an embodiment the wall section has a shape of a cylinder segment or a cone segment. In particular, the wall section may at least approximately have a shape of a cylinder segment or a cone segment. Thereby, the wall section may easily be inserted in a wind turbine tower shell. The cylinder may have a diameter of 200 cm - 800 cm, in particular 350 cm - 450 cm according to an embodiment.

According to an embodiment the wall section comprises a cast metal. The wall section may be assembled from a number of cast metal parts or may be manufactured as an integrally formed cast metal structure. Thereby, it is possible to simplify the manufacturing process, since the wall section must not be assembled from a number of parts which have to be fixed to each other. The cast wall section may have a shape suitable as a shell portion of a wind turbine tower shell and having a shape such that a protrusion is formed protruding in the thickness direction of the wall section.

According to an embodiment the cast metal comprises steel, in particular GS-20Mn5V steel according to DIN standard 17182 or steel having at least approximately equal properties to GS-20Mn5V steel or steel having at least approximately equal properties as S355 steel. Thereby the wall section manufactured from cast steel may be fully weldable to other wall segments of the wind turbine tower.

According to an embodiment the cast metal comprises steel having properties inferior to the aforementioned steel.

According to an embodiment the wall section further comprises at least one (or more, in particular 1 to 10) hole adapted for passage of air.

According to an embodiment a wind turbine tower is provided comprising an embodiment of a wall section as described above and comprising a tower wall portion, wherein the wall section is connected to the tower wall portion at at least a portion of an outer edge of the wall section. By connecting the wall section to the tower wall portion at least a bottom portion of the wind turbine tower may be assembled. The outer edge of the wall section may comprise portions extending in the vertical direction and portions extending in the horizontal (circumferential) direction. The vertical direction may at least approximately be parallel to a symmetry axis of the wind turbine tower. The circumferential direction may be at least approximately perpendicular to the vertical direction. By using the wall section within a wind turbine tower wall or wind turbine tower shell the wind turbine tower may be manufactured in a simple way at the same time reducing costs.

According to an embodiment the tower wall portion is connected to the wall section by welding. Welding may be performed to connect at least a portion of the outer edge of the wall section to an edge of the tower wall portion. By welding a sufficiently strong connection between the tower wall portion and the wall section may be provided without requiring additional mounting elements. In an embodiment the wall por-

tion is connected to the wall section using bolts or screws.

According to an embodiment the protrusion is adapted to compensate a reduction of a stiffness of the tower due to the opening in the wall section. In particular, the reduction of the stiffness may be compensated by at least (e.g. depending on capacity of wind turbine) 50%, in particular 75%, more in particular 90%, more in particular 100%, by providing the protrusion in the wall section. According to other embodiments the stiffness of the tower is even be enhanced (in particular by more than 10%) compared to a tower not having the wall section by providing the wall section having the protrusion in a lower part of the tower. Thus, the tower may be positioned in a rough environment having high wind speed.

According to an embodiment a manufacturing method for manufacturing a wind turbine tower is provided, wherein the method comprises manufacturing a wall section for a wind turbine tower, the wall section comprising an inner edge surrounding an opening of the wall section; and a protrusion protruding in a thickness direction of the wall section and extending transverse to the thickness direction, and assembling and mounting the wall section to a tower wall portion.

It has to be noted that embodiments of the invention have been described with reference to different subject matters. In particular, some embodiments have been described with reference to method type claims whereas other embodiments have been described with reference to apparatus type claims. However, a person skilled in the art will gather from the above and the following description that, unless other notified, in addition to any combination of features belonging to one type of subject matter also any combination between features relating to different subject matters, in particular between features of the method type claims and features of the apparatus type claims is considered as to be disclosed with this document.

The aspects defined above and further aspects of the present invention are apparent from the examples of embodiment to be described hereinafter and are explained with reference to the examples of embodiment. The invention will be described in more detail hereinafter with reference to examples of embodiment but to which the invention is not limited.

Embodiments of the present invention are now described with reference to the accompanying drawings.

Brief Explanation of the Drawings

Figure 1A and 1B schematically shows a side view of a wall section for a wind turbine tower according to an embodiment and a cross-sectional top view of a wind turbine tower with an inserted wall section according to an embodiment;

Figures 2A, 2B and 2C schematically illustrate a side view of a wall section for a wind turbine tower and cross-sectional views of the wall section according to an embodiment;

Figure 3 schematically shows a portion of a wind turbine tower having inserted a wall section for a wind turbine tower according to the embodiment illustrated in Figures 2A, 2B and 2C in a perspective view; and

Figures 4A and 4B illustrate wall section for a wind turbine tower according to another embodiment.

Detailed Description

The illustration in the drawing is schematically. It is noted that in different figures, similar or identical elements are provided with the same reference signs or with reference signs, which are different from the corresponding reference signs only within the first digit.

Figure 1A schematically shows a side view of a wall section 101 for a wind turbine tower according to an embodiment. In the illustrated embodiment the wall section is an integrally formed cast metal part which comprises steel GS-20Mn5V according to DIN standard 17182. This steel has properties similar to the material properties of steel S355 having a Young's module of 2.1×10^5 MPa, Poisson's ratio of 0.3, a density of 7.85×10^{-6} kg/mm³, tensile yield strength of 355 MPa, and partial coefficient for steel of 1.2.

The wall section 101 illustrated in Figure 1A comprises a plate-like structure extending in a vertical direction 103 and in a horizontal direction 105. The wall section 101 has two vertical outer edges 107, and upper horizontal edge 109 and a lower horizontal edge 111. In a central portion of the wall section 101 an opening 113 is provided having an appropriate size to allow a person to transverse the opening 113. The opening is surrounded by two vertical inner edges 115 of the wall section 101 and two horizontal inner edges 117 of the wall section 101.

A thickness direction of the wall section 101 runs perpendicular to the drawing plane of Figure 1A. An extent of the wall section 101 in the horizontal direction 105 may depend on the application and may e.g. be between 100 cm and 500 cm, in particular between 200 cm and 300 cm or may have a different size. An extent of the wall section 101 in the vertical direction 103 may be between 250 cm and 350 cm. The thickness of the wall section in the thickness direction perpendicular to the directions 103 and 105 may be 20 mm - 150 mm, in particular 30 mm - 100 mm. According to an embodiment the thickness of the wall section (disregarding any protrusion provided at the wall section) is uniform across the entire wall section and has a thickness of 30 mm - 50 mm. According to another embodiment the thickness (disregarding any protrusion) varies across the extent in the vertical direction 103 and the horizontal direction 105, wherein in particular the thickness of the wall section increases from the outer edges

107, 109, 111 towards the inner edges 115, 117 of the wall section 101. The outer edges 107, 109, 111 are straight edges. Also the inner edges 115, 117 comprise straight portions but comprise also rounded portions at positions where edges 115, 117 running perpendicular to each other are joined.

For increasing the stiffness of the wall section 101 the wall section includes a number of protrusions 119, 121, 123 and 125. The protrusions protrude in a thickness direction, i.e. perpendicular to the drawing plane of Figure 1A from the wall section, thereby forming reinforcement ribs. The protrusions 119, 125 extend in a vertical direction 103, while the protrusions 121, 123 extend in the horizontal direction 105. In particular, the protrusions 119 extend between the upper horizontal outer edge 109 and the lower horizontal outer edge 111 of the wall section 101. The protrusions 125 extend from the horizontal inner edges 117 towards the horizontal upper outer edge 109 and the lower horizontal outer edge 111 of the wall section 101. The protrusions 121 are arranged above and below the opening 113 and extend between the vertical outer edges 107, wherein their extent amount to about 80% of the entire extent of the wall section in the horizontal direction 105. The protrusions 123 extend from the vertical inner edges 115 towards the vertical outer edges 107, but do not span the entire distance between the vertical outer edges and the vertical inner edges, but only about 70% to 90%. The protrusions may be considered as ribs or bulges that increase the mechanical stability of the wall section 101 in particular, they provide a reinforcement to increase the stiffness of the wall section 101.

Figure 1B schematically shows a cross-sectional top view of the wall section 101 illustrated in Figure 1A when integrated in a wind turbine tower 126. The wind turbine tower portion 127 is a segment of a cylinder having a circular cross-section. The diameter of the cylinder may amount to 350 cm to 450 cm. The thickness "a" of the cylinder segment 127 may be

30 mm - 40 mm. The cylinder segment 127 may be formed from rolled steel.

The wall section 101 is welded to the cylinder segment 127 at the vertical outer edges 107. As can be seen in Figure 1B, the protrusions 119, 125 of the wall section 101 are formed at the concave surface 129 of the wall section 101. The concave surface 129 represents a portion of an inner surface of the wind turbine tower 126. As can be seen from Figure 1B the thickness "d" of the wall section 101 is uniform when disregarding the thickness of the protrusions 119, 125.

Other embodiments may comprise additional protrusions at different positions and running in different directions than the protrusions 119, 121, 123 and 125.

According to an embodiment the wall section 101 is not an integrally formed cast metal part but is manufactured by rolling steel, bending the steel and mounting the ribs onto the bent steel plate.

Figure 2A schematically shows a side view of a wall section 201 according to an embodiment. The dimensions of the wall section 201 are given in the figure in units of mm. The opening 213 is delimited by two vertically extending inner edges 215 having a straight shape and two inner edges 217 having a shape of a circle segment having a radius of 611.4 mm. This particular roundish shape increases the stability of the wall section 201. Different from the embodiment illustrated in Figure 1A the wall section 201 illustrated in Figure 2A only comprises four protrusions 219 and 221 substantially surrounding the opening 213. Other embodiments include a larger number of protrusions for the wall section 201.

A difference of the embodiment of a wall section 201 illustrated in Figure 2A to the embodiment of a wall section 101 illustrated in Figure 1A and Figure 1B is that the wall section 201 illustrated in Figures 2A, 2B and 2C has a varying

thickness across the vertical direction 203 and the horizontal direction 205 such that the thickness in the thickness direction perpendicular to the drawing plane of Figure 2A increases from the outer edges 207, 209 and 211 towards the inner edges 215 and 217 of the wall section 201. The profile of the wall section 201 is apparent from Figures 2B and 2C showing cross sectional views. It is apparent that the thickness increases from 32 mm at the outer edge 209 to 100 mm at the inner edge 217. Also, as is apparent from Figure 2C the thickness of the wall section increases from 40 mm at the vertical outer edge 207 monotonically to 102 mm at the vertically inner edge 215. Thereby, the stiffness and structural strength of the wall section 201 is increased compared to a wall section having a uniform thickness of 32 mm or 40 mm. Further, the protrusions 219 and 221 enhance the mechanical strength of the wall section.

According to an embodiment the one or more protrusions may be applied to a convex surface of the wall section 101 illustrated in Figure 1A and Figure 1B or of the wall section 201 illustrated in Figures 2A, 2B and 2C.

Figure 3 schematically illustrates a portion of a wind turbine tower 326 according to an embodiment. The wind turbine tower 326 comprises a segment 327 providing a wall structure or shell structure for the wind turbine tower. The segment 327 may have a cone-like shape or a cylinder-like shape. To provide access to the inside of the wind turbine tower 326 for maintenance personnel a wall section 201 illustrated in Figures 2A, 2B and 2C is welded at its edges 207, 209 to the tower segment 327. The maintenance personnel may then enter the inside of the tower 326 via the opening 213. The opening 213 may be closed by a door which may be rotatably connected to the wall section 201 by not illustrated mounting elements.

Figures 4A and 4B schematically show a wall section 401 according to another embodiment. The wall section 401 is similarly constructed as the wall sections 101 and 201 illus-

trated in Figures 1 and 2, but differs from these embodiments in that it comprises protrusions 430 that are arranged symmetrically to a symmetry axis (mirror axis) 433, wherein these protrusions 430 are arranged diagonally (i.e. in a direction between the vertical direction 403 and the horizontal direction 405). Thereby an inclination angle with the horizontal direction 405 may be between 20° and 70° , in particular between 30° and 60° , in particular around 45° .

As can be seen in the cross sectional view of Figure 4B, the protrusion 430 protrude by an amount P from the wall section 401, wherein P may amount to between 30 mm and 80 mm, in particular around 60 mm. Further, the thickness t of the wall section 401 and the protrusion are of similar size, and may amount to between 30 mm to 50 mm, in particular to around 40 mm. An edge between the protrusion and the outer surface of the wall section is rounded having a radius R which may amount to between 30 mm and 50 mm, in particular 40 mm.

According to an embodiment the geometry, the manufacturing materials and other mechanical parameters of the wall section are optimized such that the wind turbine tower with the wall section inserted has a moment of inertia which is equal or higher than the moment of inertia for the tower without the opening. In particular, the three stiffnesses (displacement in the horizontal direction and two rotations around another horizontal direction and the vertical direction) may be used as constraints in a topology optimization, geometry optimization simulation. Further, casting constraints may be taken into account as well as symmetry constraints. Thereby, the shape optimization is adapted not to change the overall stiffness of the wind turbine tower. In particular, the simulation may be performed utilizing a finite element analysis. In particular, an effect of a shear force may be analyzed, as well as an effect of a bending moment, an effect of a torque applied about the vertical direction and an effect caused by deformation load. In particular, Von Mises Stress may be analyzed for different design layouts in order to select the de-

sign of the wall section showing the best performance.

It should be noted that the term "comprising" does not exclude other elements or steps and "a" or "an" does not exclude a plurality. Also elements described in association with different embodiments may be combined. It should also be noted that reference signs in the claims should not be construed as limiting the scope of the claims.

Claims

1. A wall section (101, 201) for a tower of a wind turbine, the wall section comprising:

- an inner edge (115,117;215,217) surrounding an opening (113, 213) of the wall section;
- a protrusion (119,121,123,125; 219,221) protruding in a thickness direction of the wall section and extending transverse (103,105; 203,205) to the thickness direction.

2. The wall section according to claim 1, wherein the protrusion extends transverse to the thickness direction parallel to a portion of the inner edge and/or parallel to a portion of an outer edge (107,109,111; 207,209,211) of the wall section.

3. The wall section according to claim 1 or 2, wherein the protrusion (123,125) longitudinally extends between a portion of an outer edge and a portion of the inner edge of the wall section.

4. The wall section according to any of claims 1 to 3, wherein the protrusion (119,121; 219,221) longitudinally extends between a portion of an outer edge of the wall section and another portion of the outer edge opposite to the portion of the outer edge of the wall section.

5. The wall section according to any of claims 1 to 4, wherein the wall section comprises a further protrusion arranged
between the opening and a circumferential side portion of an outer edge,
between the opening and a vertically upper portion of the outer edge and/or
between the opening and a vertically lower portion of the outer edge.

6. The wall section according to any of claims 1 to 5,

wherein a thickness of the wall section increases from an outer edge towards the inner edge of the wall section.

7. The wall section according to any of claims 1 to 6, wherein the wall section comprises a convex surface (130) and a concave surface (129), wherein the protrusion is arranged at the concave surface.

8. The wall section according to any of claims 1 to 7, wherein the wall section has a shape of a cylinder segment.

9. The wall section according to any of claims 1 to 8, wherein the wall section comprises a cast metal.

10. The wall section according to claim 9, wherein the cast metal comprises steel, in particular GS-20Mn5V steel according to DIN standard 17182 or steel having at least approximately equal properties to GS-20Mn5V steel or steel having at least approximately equal properties as S355 steel.

11. The wall section according to any of claims 1 to 10, further comprising at least one hole adapted for passage of air.

12. A wind turbine tower, comprising:

- a tower wall portion (127,327); and
- a wall section (101,201) according to any of claims 1 to 10,

wherein the wall section is connected to the tower wall portion at at least a portion of an outer edge of the wall section.

13. The wind turbine tower according to claim 12, wherein the tower wall portion is connected to the wall section by welding.

14. The wind turbine tower according to claim 12 or 13, wherein the protrusion is adapted to compensate a reduction of a stiffness of the tower due to the opening in the wall section.

FIG 3

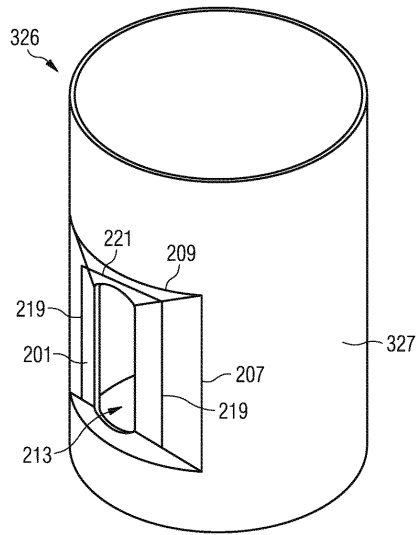


FIG 4

