

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

| | |
|---|--|
| (22) Data de pedido: 2012.08.31 | (73) Titular(es): HGZ PATENTVERMARKTUNGS GMBH AM WAMBACH 12 45481 MÄLHEIM DE |
| (30) Prioridade(s): 2011.09.01 DE 10201111789 2011.11.18 DE 102011118833 | (72) Inventor(es): HORST ZELL DE |
| (43) Data de publicação do pedido: 2013.03.06 | (74) Mandatário: MARIA TERESA DELGADO AVENIDA DA LIBERDADE, Nº 69, 3º D 1250-140 LISBOA PT |
| (45) Data e BPI da concessão: 2015.06.24 181/2015 | |

(54) Epígrafe: **MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A MONITORIZAÇÃO TÉRMICA DA CONDIÇÃO ESTRUTURAL DE AEROGERADORES**

(57) Resumo:

O MÉTODO SERVE PARA A MONITORIZAÇÃO DA CONDIÇÃO ESTRUTURAL DE AEROGERADORES SOB A FORMA DE TURBINAS EÓLICAS COM VÁRIAS PÁS DO ROTOR. NESTE CASO AS PÁS OU PEÇAS DO ROTOR SÃO AVALIADAS POR UM DISPOSITIVO DE GRAVAÇÃO TERMOGRÁFICO INSTALADO NUM HELICÓPTERO. OS VALORES DETERMINADOS NESTE CASO SÃO AVALIADOS QUANTO A DANOS CONSIDERANDO AS CARGAS TÉRMICAS E/OU DINÂMICAS PROVOCADAS PELO FUNCIONAMENTO DAS PÁS DE ROTOR NO MOMENTO DA MEDIÇÃO.

RESUMO**"MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A MONITORIZAÇÃO TÉRMICA DA
CONDIÇÃO ESTRUTURAL DE AEROGERADORES"**

O método serve para a monitorização da condição estrutural de aerogeradores sob a forma de turbinas eólicas com várias pás do rotor. Neste caso as pás ou peças do rotor são avaliadas por um dispositivo de gravação termográfico instalado num helicóptero. Os valores determinados neste caso são avaliados quanto a danos considerando as cargas térmicas e/ou dinâmicas provocadas pelo funcionamento das pás de rotor no momento da medição.

DESCRIÇÃO

"MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A MONITORIZAÇÃO TÉRMICA DA CONDIÇÃO ESTRUTURAL DE AEROGERADORES"

A invenção refere-se a um método para a monitorização da condição estrutural de aerogeradores sob a forma de turbinas eólicas com várias pás do rotor, sendo que os aerogeradores ou pás do rotor são monitorizados por um ou mais dispositivos de gravação termográficos instalados em e/ou num local móvel, sendo os valores determinados neste caso avaliados quanto a danos.

Como parte da crescente importância da energia renovável estão a ser construídas nos últimos anos a nível internacional cada vez mais aerogeradores. Devido aos fortes ventos que predominam acima do meio aquático, em especial nos mares, estão a ser construídos, ao largo, cada vez mais aerogeradores. Estes proporcionam a vantagem decisiva de eles, quando posicionados em locais menos atraentes, não interferirem com a paisagem. Os aerogeradores têm que, tal como também outras instalações industriais, serem também sujeitos a manutenção a intervalos regulares. Isto aplica-se ainda mais a aerogeradores, dado que eles são expostos a altas cargas dinâmicas. As verificações da condição estrutural, em particular das pás do rotor, têm portanto que ser executadas a intervalos relativamente curtos.

Estas inspecções são particularmente problemáticas em aerogeradores no mar, porque a equipa deve alcançar a respectiva turbina eólica por barco. Os trabalhos de inspecção exigem nas pás do rotor elevadas habilidades acrobáticas, porque as pessoas têm que ter formação para montanhas altas, ou formação de escalada industrial, semelhante a alpinistas. Pré-requisito para estas inspecções é também que a respectiva pá de rotor se

encontre pelo menos aproximadamente na posição das seis horas. Quando a verificação da primeira pá de rotor estiver concluída, a turbina eólica tem de ser rodada e a pá de rotor seguinte a ser verificada tem que ser colocada na posição das seis horas. É óbvio que isto está associado a algum esforço. Da DE 10 2010 048 400.8 ou WO 2011/113402 A1 são conhecidos um método e um dispositivo para a monitorização da condição estrutural de aerogeradores sob a forma de turbinas eólicas com várias pás de rotor. Neste caso são utilizados veículos aéreos, em regra helicópteros. Estes possuem a bordo dispositivos de gravação adequados, por exemplo sob a forma de câmaras de infravermelhos, através das quais são recolhidos os dados necessários para a inspecção. Verificou-se neste caso que as leituras para as pás do rotor se encontram parcialmente grosseiramente deturpadas - totalmente independente de qualquer dano -. Isto por sua vez tem a ver decisivamente com as cargas térmicas das pás do rotor, que estão associadas ao seu funcionamento. Quer dizer, pelo atrito com o ar durante a rotação, as pás do rotor são submetidos a carga térmica; elas aquecem e na verdade de modo distribuído de forma diferente sobre os contornos das pás do rotor. Como problemáticas provaram ser além disso as cargas dinâmicas, provocadas pela rotação das pás do rotor. Um método semelhante, utilizando um drone, encontra-se descrito no documento US 2010/013260 A1.

Deste modo a presente invenção tem como objectivo proporcionar um processo para a avaliação da condição estrutural de turbinas eólicas por meio de dispositivos de gravação termográficos, com o qual podem ser determinadas leituras, o mais possível exactas.

Este objectivo é alcançado por as leituras determinadas serem avaliadas tendo em conta as cargas térmicas e/ou dinâmicas provocadas pelo funcionamento das pás do rotor no instante da medição.

Durante o funcionamento normal na forma de rotação das pás do rotor e do movimento de outras peças de construção tensionadas dinamicamente surgem cargas térmicas significativas. Estas dependem em larga medida do atrito entre as pás do rotor e o ar durante a rotação. Devido a erros de aceleração, que são provocados pela rotação, surgem também leituras adulteradas. Os erros de medição associados influenciam significativamente os resultados da medição dos dispositivos de gravação termográficos. Portanto, as leituras determinadas são primeiro avaliadas ou emitidas, quando as cargas térmicas provocadas pelo funcionamento das pás do rotor durante a rotação são tidas em conta de uma forma adequada. Neste caso deverá ajustar-se ao instante da medição e eventualmente à carga indicada nesse momento. A consideração destas cargas conduz, como resultado, a uma avaliação e documentação plástica, espacial e posicionalmente precisa.

Em concreto isto significa que os dados sobre as cargas térmicas e/ou dinâmicas condicionadas pelo instante da medição são definidos em relação aos valores lidos determinados. Quer dizer, são recolhidas por um lado leituras absolutas através do dispositivo termográfico. Estas devem ser depois comparadas com os dados, através dos quais são consideradas as cargas térmicas das pás do rotor indicadas no instante da medição. Por outras palavras, as leituras determinadas termograficamente os dados devem ser subestimados, os quais são influenciados por factores externos, como o atrito do ar, condições meteorológicas, temperatura, estação do ano, etc. Sobram então as leituras reais, as quais indicam danos reais das pás do rotor.

Isto conduz por fim ao facto de as leituras serem emitidas tendo em consideração os dados comparados, quer dizer após o processamento do erro de medição da temperatura utilizando um software especial e uma correcção associada, tem lugar depois a avaliação e emissão das

leituras comparadas, deste modo processadas ou corrigidas. São influenciados de modo decisivo os dados em bruto dos resultados de medição através do funcionamento das pás do rotor, quer dizer pela sua rotação, no qual através do atrito no ar aquecem. De acordo com a invenção encontra-se por isso previsto que devem ser consideradas as cargas térmicas devido à fricção durante o funcionamento das pás de rotor. O mesmo se aplica a outras formas de carga térmica tal como a radiação solar, temperatura externa, etc.

Encontra-se previsto numa forma de realização adicional da invenção que as cargas dinâmicas provocadas pela rotação das pás de rotor sejam consideradas. Esta correcção pode ser necessária se os erros de aceleração decorrentes da rotação das pás do rotor pudessem influenciar deturpando assim os resultados finais das leituras.

Em certa medida estas cargas podem ser normalizadas, porque as cargas térmicas e dinâmicas sobre as pás do rotor correspondem a certas leis, em particular aquelas devido ao atrito em caso de cargas térmicas e induzidas pela rotação em caso de cargas dinâmicas. Neste sentido deverá ser compreendida a proposta segundo a qual as cargas térmicas e/ou dinâmicas são consideradas separadas em segmentos das pás de rotor.

De acordo com uma forma de realização da invenção encontra-se previsto que as pás do rotor sejam divididas na sua extensão de eixo longitudinal e/ou transversal em segmentos, troços ou zonas. Segue-se também de forma adequada por um lado uma divisão das pás do rotor, quando observadas na sua direcção de eixo longitudinal, em troços correspondentes. Por outro lado são formados troços que correm na direcção do eixo transversal ou paralelos ao mesmo. De seguida no âmbito da avaliação os segmentos individuais são atribuídos à respectiva pá de rotor e

compostos tanto quanto possível numa representação completa ou representação parcial representativa.

De particular importância devido à elevada necessidade de correcção em termos dos valores medidos detectados por um dispositivo de gravação termográfico é a direcção do eixo transversal de uma pá do rotor. Deste modo encontra-se previsto que na direcção do eixo transversal sejam considerados pelo menos os bordos de ataque dos segmentos, superfície das pás e bordos de fuga. Durante a rotação das pás do rotor, o fluxo de ar experimenta, em especial no bordo de ataque da pá do rotor, uma aceleração elevada, sendo que as partículas de ar e pá do rotor nesta área são especialmente aquecidas, o que origina simultaneamente uma elevada necessidade de correcção no que se refere aos resultados das medições. Por meio de uma redução na aceleração sobre a superfície da pá em si, o desenvolvimento da temperatura nesta área é geralmente baixa. Ela eleva-se em seguida novamente na direcção dos bordos de fuga, sendo no entanto que em comparação com o bordo de ataque tal acontece em menor grau. Estes dados normalizados para um registo das temperaturas da pá do rotor em funcionamento têm que ser tidos em conta e ao emitir as leituras finais, calculados, para poder evitar resultados da medição deturpados.

Para efeitos de gravação das leituras termográficas pensou-se em especial como local móvel uma aeronave de modelo aprovado ou aeronave tripulada, tal como um helicóptero, um balão, um Zepelim, um papagaio ou um drone. Os helicópteros de modelo / drones (veículos aéreos não tripulados) abaixo de 25 kg não necessitam de autorização de aeronavegabilidade e não serão utilizados para a verificação de integridade estrutural.

Os dados são recolhidos a partir de uma distância preferida entre a pá de rotor e dispositivo de gravação de cerca de 0,01 a 10.000 m.

O dispositivo para executar o método de acordo com a invenção compreende, num exemplo de forma de realização preferida, cinco componentes. Neste caso trata-se antes de tudo de uma aeronave certificada ou uma aeronave tripulada tal como por exemplo um helicóptero, um balão, um Zepelim, um papagaio ou um drone, e um ou mais dispositivos de gravação termográficos. Estes serão possivelmente utilizados em paralelo com outros dispositivos termográficos ou também outras bases, tal como baseados em técnica de radar, TeraHerz de ultra-sons, laser ou varrimento 3D, sendo que sobre as últimas são produzidas gravações tridimensionais especiais. Deste modo podem ser gravadas de diferentes ângulos. Todas estas imagens recolhidas por meio de técnicas diferentes - por exemplo termografia, TeraHerz, varrimento 3D, tecnologia de laser, radar, ultra-som e/ou infravermelhos, de preferência de tecnologia de infravermelhos dual-band - podem, como resultado, ser sobrepostas. Deste modo pode ser determinada com precisão a posição do objecto medido na profundidade da pá do rotor. As caixas compactas servem para receber um ou mais destes dispositivos de gravação. O helicóptero sobrevoa, individualmente ou em conjunto, as pás do rotor independentemente da sua posição e seu qualquer outro estado. Neste caso tem lugar um varrimento das pás do rotor individuais, de preferência através de ondas TeraHerz, em que, por exemplo, a densidade do material da pá do rotor é detectada. Com este método podem ser obtidas em especial também boas informações de profundidade. Vantajosamente é possível o varrimento também com os equipamentos sujos, os quais por exemplo se encontram afectados por cristais de sal. Como terceiro componente o dispositivo compreende uma unidade para armazenamento (intermédio) destes dados e como quarto a unidade de acordo com a invenção, por meio da qual os valores medidos são avaliados tendo em consideração as cargas térmicas e/ou dinâmicas das lâminas provocadas pelo

funcionamento das pás do rotor no instante da medição. Isto tem lugar convenientemente num passo do processo separado e automático antes da emissão em si das leituras, através das quais se pode chegar à conclusão sobre danos nas pás do rotor. Por fim o dispositivo compreende uma unidade para a emissão das leituras finais calculadas durante o seu funcionamento tendo em consideração cargas térmicas e/ou dinâmicas especiais de pás do rotor, que colocam a equipa de avaliação no estado de poder ter uma ideia sobre a condição estrutural da pá do rotor a ser verificada no verdadeiro sentido da palavra.

Uma forma de realização adicional da invenção prevê que a pá do rotor seja monitorizada no seu todo e/ou somente a sua superfície, em repouso ou em funcionamento, pelo que, entre outros se encontram disponíveis métodos por varrimento ou medição a laser.

De acordo com uma variante adicional da invenção encontra-se previsto que os dados recolhidos por varrimento e por medição termográfica ou Terahertz sejam comparados uns com os outros. No corpo varrido tal como por exemplo pá do rotor, nacela da caixa, torre ou ponte podem ser estabelecidas medições termográficas ou TeraHerz, para poder localizar as posições dos danos individuais.

A invenção é, portanto, caracterizada em particular por se ter criado um método para a verificação da condição estrutural de estruturas, tal como edifícios, torres, pórticos, pontes e, em particular, de turbinas eólicas. Para além da torre e nacela da caixa de um aerogerador, a invenção refere-se a turbinas eólicas, em especial aquelas em aerogeradores ao largo, sendo que as leituras recolhidas através de um dispositivo de gravação termográfico podem ser corrigidas. Deste modo é possível uma avaliação e documentação plástica, espacial, e posicionalmente precisa. A correcção tem lugar de tal modo que são comparados dados com as leituras determinadas termograficamente, por meio

das quais são consideradas as cargas térmicas devido ao funcionamento das pás do rotor, no instante da leitura, nomeadamente por atrito e as cargas dinâmicas provocadas pela rotação das pás do rotor. Através do apoio de um helicóptero é possível uma utilização flexível, que é também, em particular, completamente independente da forma, tipo e tamanho da turbina eólica a ser verificada. Também é concebível a utilização em pás de rotor apoiadas rotativamente num eixo horizontal bem como em torno de um eixo vertical.

Outros pormenores e vantagens do objecto da presente invenção serão evidentes da seguinte descrição dos desenhos em anexo, em que um exemplo de forma de realização preferida se encontra representado com os pormenores necessários e peças individuais.

As figuras representam:

Figura 1 helicóptero em acção numa turbina eólica,

Figura 2 pá do rotor,

Figura 3 troço desta pá do rotor.

A figura 1 mostra uma turbina eólica 1 como parte integrante de um aerogerador num meio aquático, para cuja ilustração o nível da água se encontra esboçado e se encontra munido com a referência 15. A turbina eólica 1 compreende uma torre ancorada no fundo do mar e/ou flutuante 5, sobre a qual a turbina eólica em si se encontra posicionada. Com as referências 3 e 4 encontram-se assinaladas duas pás do rotor rotativas em torno de um eixo horizontal 17, com 7 o cubo de hélice e com 8 a denominada nacela, a qual se encontra montada rotativa sobre o mecanismo de orientação 9. Esta turbina eólica 1, especificamente a sua pá do rotor 4, a torre 5 ou a nacela 8, são monitorizadas na representação da figura 1 por um helicóptero 2 ou um dispositivo de gravação termográfico 11 instalado sobre ele, realizado como câmara 6. Também é concebível a monitorização através de ondas TeraHerz,

varrimento 3D ou tecnologia laser. O posicionamento das pás do rotor 3, 4 é neste caso do mesmo modo tão indiferente como o seu estado, em especial as pás do rotor 3, 4 antes da avaliação aqui representada aqui não têm também que ser libertas das impurezas.

Na figura 2 encontra-se representada uma tal pá de rotor 3 com os segmentos que correm ao longo do seu eixo longitudinal 17 segmentos, aqui são quatro segmentos 20 a 23.

Por fim a figura 3 mostra o segmento da figura 2 munido com a referência 22 ou o troço correspondente entre os dois eixos transversais 18' e 18'' numa vista ampliada. As cargas térmicas, deste modo pontos, que em especial aquecem como consequência do atrito que tem lugar durante a rotação das pás do rotor de atrito, estão representadas como picos. Estes encontram-se em particular no bordo de ataque 24 da pá do rotor 3 e encontram-se munidos exemplarmente com as referências 27, 28 e 29. Na direcção da superfície da pá 25 cai então significativamente a carga térmica; a aceleração é menor e o aquecimento correspondentemente menor. A carga térmica aumenta novamente depois na direcção do bordo de fuga 26 da pá do rotor 3, simbolizada pelos picos 30, 31, 32, que no entanto são significativamente mais baixos quando comparados com os picos 27, 28 e 29 no bordo de ataque 24 da pá do rotor 3. Com o método de acordo com a invenção os resultados finais da medição são corrigidos com os dados comparados de carga térmica. A avaliação sobre possíveis danos das pás do rotor tem lugar também tendo em consideração estas cargas térmicas, tal como elas estão exemplificadas na figura 3.

DOCUMENTOS REFERIDOS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de documentos referidos pelo autor do presente pedido de patente foi elaborada apenas para informação do leitor. Não é parte integrante do documento de patente europeia. Não obstante o cuidado na sua elaboração, o IEP não assume qualquer responsabilidade por eventuais erros ou omissões.

Documentos de patente referidos na descrição

- DE 102010048400 [0003]
- WO 2011113402 A1 [0003]
- US 2010013260 A1 [0003]

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a monitorização da condição estrutural de aerogeradores sob a forma de turbinas eólicas (1) com várias pás de rotor (4), sendo que os aerogeradores são monitorizados por um ou mais dispositivos de gravação (6) termográficos instalados em e/ou num local móvel (2), sendo os valores determinados neste caso avaliados quanto a qualquer dano, **caracterizado por** os valores de medição determinados serem avaliados tendo em conta as cargas térmicas e/ou dinâmicas provocadas pelo funcionamento das pás de rotor (4) no momento da medição.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os dados sobre as cargas térmicas e/ou dinâmicas no momento da medição serem comparados aos valores medidos determinados.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado por** os valores de medição serem emitidos tendo em conta os dados comparados.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** serem consideradas as cargas térmicas devido à fricção durante o funcionamento das pás de rotor (4).

5. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** serem consideradas as cargas dinâmicas provocadas pela rotação das pás de rotor (4).

6. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** as cargas térmicas e/ou dinâmicas serem consideradas separadas em segmentos das pás de rotor (4).

7. Método de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado**

por serem considerados pelo menos os bordo de ataque dos segmentos (24), superfície das pás (25) e bordo de fuga (26).

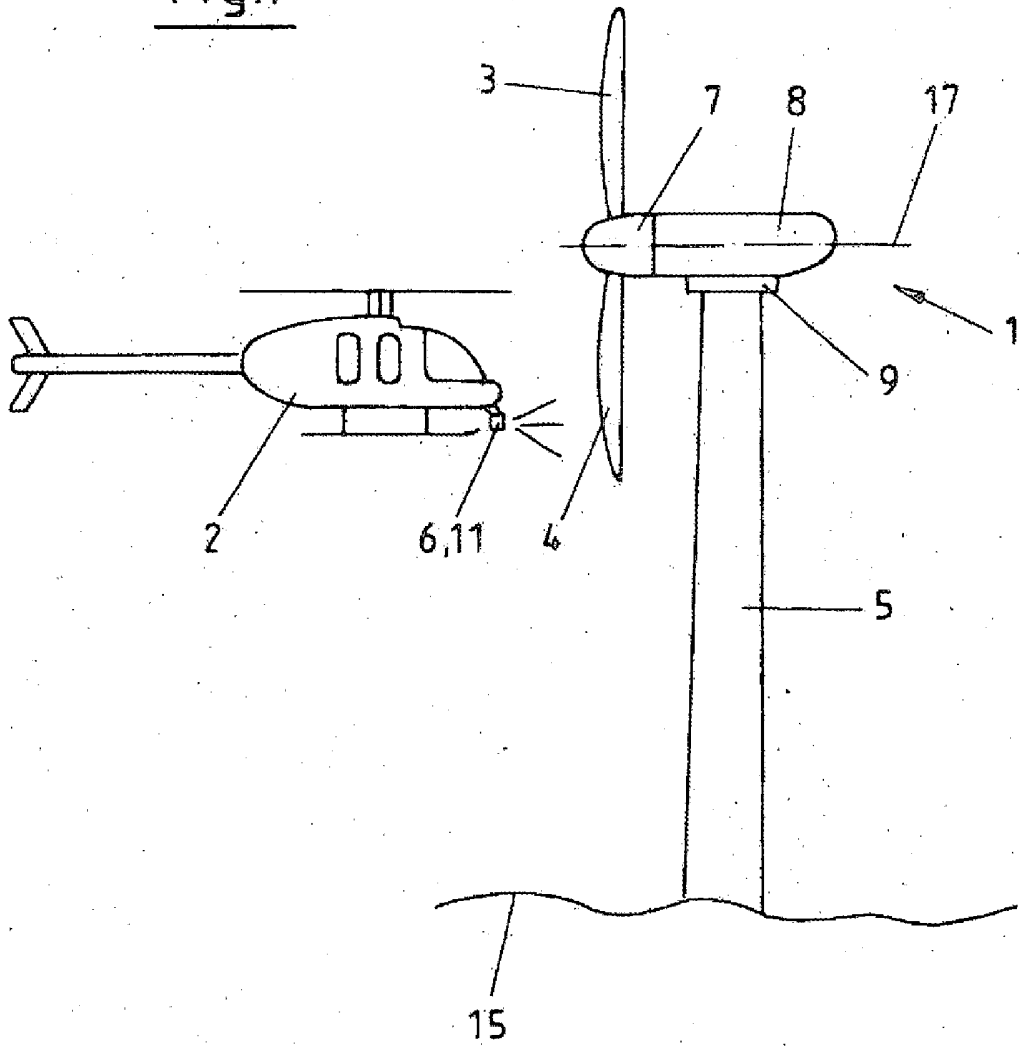
8. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** como local móvel ser utilizada uma aeronave certificada tipo e/ou aeronave tripulada tal como um helicóptero (2), um balão, um Zepelim, um papagaio ou um drone.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** as gravações termográficas serem produzidas por meio de tecnologia de infravermelhos dual-band.

10. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a pá do rotor (4) ser monitorizada no seu todo e/ou somente a sua superfície, em repouso ou em funcionamento.

11. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os dados recolhidos por varrimento e por medição termográfica ou Terahertz serem comparados um com o outro.

Fig.1



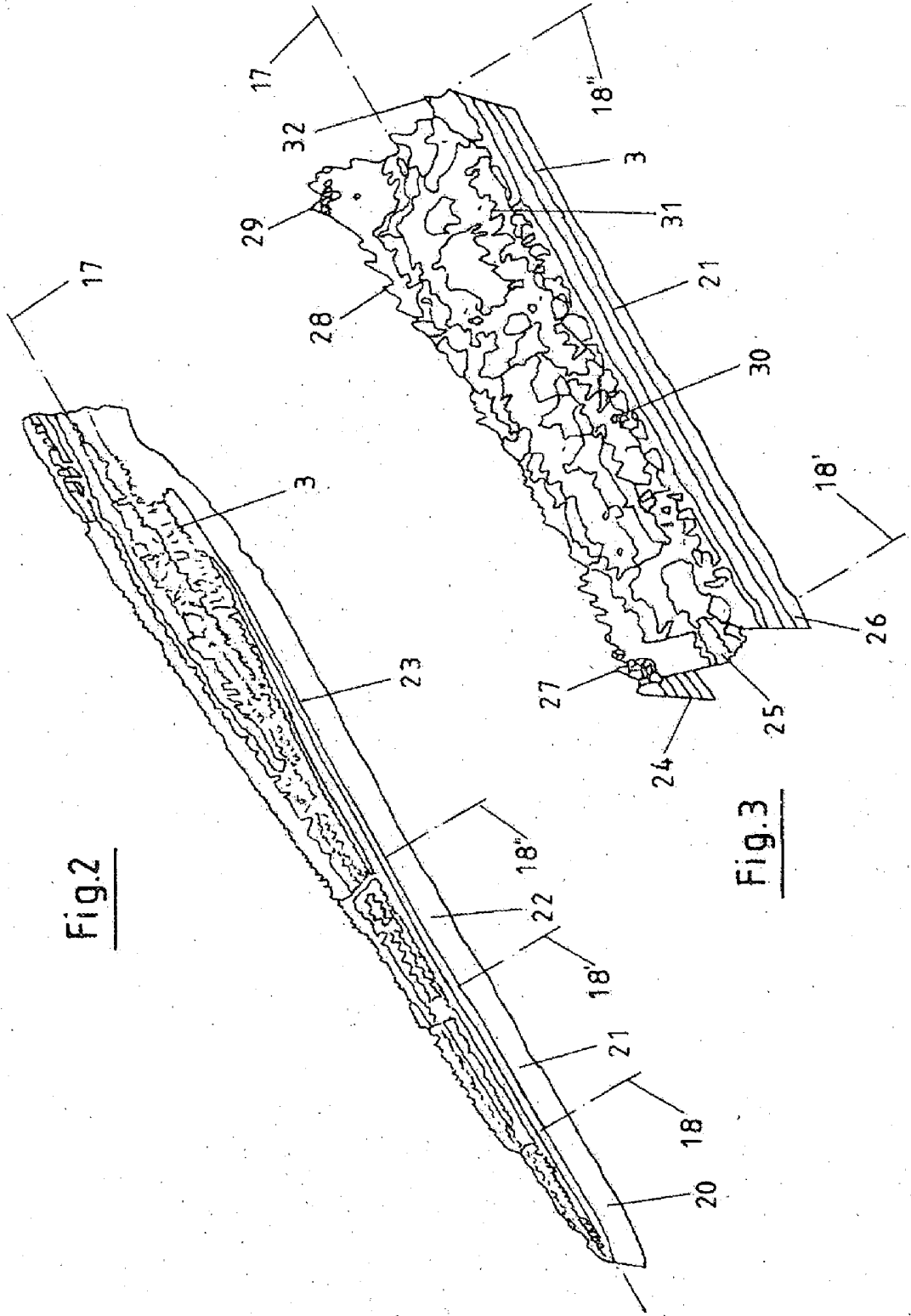


Fig. 2

Fig. 3