

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **227043**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **417777**

(51) Int.Cl.
G01N 29/04 (2006.01)
G01N 29/24 (2006.01)
G01N 33/38 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **30.06.2016**

(54) **Sposób wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych
i urządzenie do wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

16.01.2017 BUP 02/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.10.2017 WUP 10/17

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL
INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

TOMASZ DĘBOWSKI, Warszawa, PL
MARCIN LEWANDOWSKI, Warszawa, PL
SŁAWOMIR MACKIEWICZ, Warszawa, PL
ZBIGNIEW RANACHOWSKI, Warszawa, PL
JERZY HOŁA, Wrocław, PL
KRZYSZTOF SCHABOWICZ, Wrocław, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Katarzyna Paprzycka

PL 227043 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych i urządzenie do wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych, zwłaszcza w płytach zawierających włókna celulozowe.

W publikacji „*Non-destructive evaluation (NDE) of polymer matrix composites. Techniques and applications*”, autorstwa Vistap M. Karbhari, Woodhead Publishing Limited, 2013, opisana jest metoda do wykrywania delaminacji w elementach kompozytowych skanowania powierzchni tych elementów przy pomocy ruchomej głowicy lub głowic ultradźwiękowych, wyposażonych w układ pozycjonowania ich położenia sprzężony z komputerem. W powyższym sposobie na ogół umieszcza się obiekt badany w basenie z wodą, aby zapewnić powtarzalne sprzężenie głowic ultradźwiękowych z badanym obiektem lub stosuje się cienkie maty gumowe jako medium pośredniczące pomiędzy głowicą ultradźwiękową i badanym obiektem. W trakcie przemieszczania głowic po badanym obiekcie sygnał elektryczny z głowic zawierający informację o lokalnie występujących delaminacjach w badanym obiekcie jest przetwarzany w cyfrowym defektoskopie ultradźwiękowym, a następnie sygnał ten jest prezentowany w postaci mapy uszkodzeń na ekranie tego urządzenia.

Opisana w powyższym podręczniku procedura została zaprojektowana do stosowania w stacjonarnych laboratoriach badawczych, ponieważ baseny do zanurzania badanych elementów oraz systemy do przemieszczania głowicy po powierzchni tych elementów nie umożliwiają dogodnego przemieszczania zestawu diagnostycznego i wymagają czasochłonnych przygotowań w przypadku zmiany geometrii badanego obiektu. Ponadto nierówna powierzchnia płyty włókno-cementowej utrudnia proces sprzężenia głowic ultradźwiękowych z płytą i jest źródłem znacznych błędów pomiaru w trakcie procedury przemieszczania głowic.

Sposób wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych, w którym wykrywanie delaminacji odbywa się na zasadzie pomiaru lokalnych zmian prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej i porównania ich z prędkością podłużnej fali ultradźwiękowej we wzorcowej próbce badanego materiału pozbawionej delaminacji według wynalazku charakteryzuje się tym, że prędkość podłużną fali ultradźwiękowej wyznacza się stosując zamocowaną w elemencie pozycjonującym parę głowic ultradźwiękowych o średnicy wiązki ultradźwiękowej nie przekraczającej 20 mm, zapewniającym pewne i powtarzalne sprzężenie z badanym obiektem, przy czym sygnał elektryczny z głowic nadawczej i odbiorczej, umieszczonych po obu stronach badanej płyty włókno-cementowej jest przesyłany do cyfrowego defektoskopu ultradźwiękowego umożliwiającego określenie odstępu czasu pomiędzy pierwszym a drugim echem docierającym do głowicy odbiorczej, a prędkość podłużnej v_L fali ultradźwiękowej jest wyznaczana ze wzoru:

$$v_L = 2g / (t_2 - t_1) + c$$

gdzie „ t_1 ” i „ t_2 ” oznaczają opóźnienia czasu rejestracji pierwszego i drugiego echa docierającego do głowicy odbiorczej, mierzone w mikrosekundach względem początku impulsu nadawczego, g oznacza grubość płyty włókno-cementowej, a c oznacza poprawkę wyznaczaną na podstawie pomiaru prędkości fali ultradźwiękowej wykonanej na znormalizowanym wzorcu o znanej grubości i prędkości fali ultradźwiękowej typu EN 12223.

Korzystnym jest, jeżeli przed procesem wykrywania delaminacji powierzchnię płyty włókno-cementowej zabezpieczy się przezroczystą folią samoprzylepną a powierzchnie czołowe ultradźwiękowych głowic nadawczej i odbiorczej pokryje cienką warstwą gęstego żelu silikonowego.

Urządzenie do wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych, wyposażone w nadawczą i odbiorczą głowicę ultradźwiękową o średnicy wiązki nie przekraczającej 20 mm, według wynalazku wyróżnia się tym, że głowica ultradźwiękowa nadawcza i odbiorcza umieszczona jest w ruchomych przegubach umożliwiających docisk głowic do badanej płyty włókno-cementowej równomiernie na całych powierzchniach czołowych, przeguby zaopatrzone w gwinty do wkręcenia głowic są przymocowane do sztywnych wysięgników umożliwiających dokonywanie pomiaru na całej powierzchni badanej płyty włókno-cementowej, przy czym końce tych wysięgników są połączone ze sprężynowym mechanizmem dociskowym umieszczonym wewnątrz uchwytów służących do przemieszczania głowic po obu powierzchniach badanej płyty włókno-cementowej, natomiast głowice ultradźwiękowe są połączone z cyfrowym defektoskopem ultradźwiękowym przy pomocy giętkich kabli koncentrycznych. Ponadto w skład urządzenia wchodzi cyfrowy defektoskop ultradźwiękowy umożliwiający wyświetlenie

na ekranie odstępu czasu pomiędzy pierwszym a drugim echem docierającym do głowicy odbiorczej lub, po odpowiednim przeliczeniu, prędkości fali ultradźwiękowej w badanym materiale.

Korzystnym jest, jeżeli cyfrowy defektoskop ultradźwiękowy służący do wyznaczania prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej w badanym materiale na postać karty o niewielkich rozmiarach z możliwością komunikacji przez interface USB z komputerem. Rozwiązanie według wynalazku umożliwia wykrywanie delaminacji o długości powyżej 10 mm w płytach włókno-cementowych o grubości w zakresie 4 mm do 40 mm oraz zapewnia wysoką dokładność wyznaczania prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej w badanym materiale poprzez zastosowanie cyfrowego defektoskopu ultradźwiękowego oraz dogodnego w użyciu systemu pozycjonującego głowice ultradźwiękowe na badanym obiekcie. Ponadto proces wykrywania delaminacji jest wykonywany w sposób nie naruszający struktury badanego obiektu a użycie cyfrowego defektoskopu ultradźwiękowego umożliwia przeprowadzenie pomiaru prędkości fali ultradźwiękowej w sposób zautomatyzowany i w czasie nie przekraczającym jednej sekundy.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w przykładzie wykonania uwidocznionym na rysunku, na którym:

- fig. 1 przedstawia widziane z góry urządzenie do wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych,
- fig. 2 przedstawia wyniki pomiaru prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej dla sześciu przykładowych płyt włókno-cementowych, przy czym wyniki wyznaczone dla materiału bez delaminacji są usytuowane wokół wykreślonej cienkiej prostej w zależności od ciężaru właściwego badanych płyt, natomiast przy pomocy strzałek zaznaczona jest wielkość zmiany prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej w przypadku wystąpienia typowych delaminacji.

Na fig. 1 zaznaczono zakresy niepewności pomiaru prędkości fali ultradźwiękowej i grubości badanych płyt w porównaniu do zakresu zmian fali ultradźwiękowej zmierzonych w przypadku wystąpienia typowych delaminacji.

Przykład wykonania

Jak przedstawiono na fig. 1, urządzenie do wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych jest wyposażone w dwie głowice ultradźwiękowe nadawczą i odbiorczą 3. Głowice ultradźwiękowe 3 umieszczone są w ruchomych przegubach 2, umożliwiających docisk głowic 3 do badanej płyty włókno-cementowej 1 równomiernie na całych powierzchniach czołowych. Przeguby 2 zaopatrzone w gwinty do wkręcenia głowic 3 są przymocowane do sztywnych wysięgników 4 umożliwiających dokonywanie pomiaru na całej powierzchni badanej płyty włókno-cementowej 1, przy czym końce tych wysięgników 4 są połączone ze sprężynowym mechanizmem dociskowym 5 umieszczonym wewnątrz uchwytów. Średnica wiązki ultradźwiękowej generowanej przez głowicę ultradźwiękową 3 nie przekracza 20 mm. W skład urządzenia do wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych wchodzi cyfrowy defektoskop ultradźwiękowy połączony z głowicami ultradźwiękowymi 3 nadawczą i odbiorczą przy pomocy elastycznych kabli koncentrycznych. Badana płyta włókno-cementowa 1 może mieć grubość 4 mm do 40 mm.

W korzystnym wykonaniu urządzenia zastosowano głowice 3 typu Videoscan prod, firmy Panametrics, o średnicy wiązki 19 mm i częstotliwości rezonansowej 1 MHz. Sygnał elektryczny z głowic nadawczej i odbiorczej 3, umieszczonych po obu stronach badanej płyty włókno-cementowej 1 jest przesyłany do cyfrowego defektoskopu ultradźwiękowego umożliwiającego określenie odstępu czasu pomiędzy pierwszym a drugim echem docierającym do głowicy odbiorczej 3, a prędkość podłużnej v_L fali ultradźwiękowej jest wyznaczana ze wzoru: $v_L = 2g / (t_2 - t_1) + c$ gdzie „ t_1 ” i „ t_2 ” oznaczają opóźnienia czasu rejestracji pierwszego i drugiego echa docierającego do głowicy odbiorczej 3, mierzone w mikrosekundach względem początku impulsu nadawczego, g oznacza grubość płyty włókno-cementowej 1, a c oznacza poprawkę wyznaczaną na podstawie pomiaru prędkości fali ultradźwiękowej wykonanej na znormalizowanym wzorcu o znanej grubości i prędkości fali ultradźwiękowej typu EN 12223.

Delaminacje w płytach włókno-cementowych mogą wystąpić na etapie produkcji tych płyt jak również w wyniku oddziaływania z niekorzystnymi czynnikami środowiskowymi w trakcie eksploatacji płyt. Ponadto delaminacje obniżają wytrzymałość mechaniczną płyt włókno-cementowych i mogą być przyczyną przenikania wilgoci przez płyty, dlatego w zastosowaniach budowlanych płyt włókno-cementowych istotne są działania prowadzące do wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych, w którym wykrywanie delaminacji odbywa się na zasadzie pomiaru lokalnych zmian prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej wykonywanego przy pomocy pary głowic ultradźwiękowych umieszczonych w elemencie pozycjonującym głowice po obu stronach płyty włókno-cementowej i porównania ich z prędkością podłużnej fali ultradźwiękowej we wzorcowej próbce badanego materiału pozbawionej de laminacji, **znamienny tym**, że prędkość podłużną fali ultradźwiękowej wyznacza się stosując zamocowaną w elemencie pozycjonującym parę głowic ultradźwiękowych pomiarowych (3) o średnicy wiązki ultradźwiękowej nie przekraczającej 20 mm, zapewniającym pewne i powtarzalne sprzężenie z badanym obiektem, przy czym sygnał elektryczny z głowic nadawczej i odbiorczej (3), umieszczonych po obu stronach badanej płyty włókno-cementowej (1) jest przesyłany do cyfrowego defektoskopu ultradźwiękowego umożliwiającego określenie odstępu czasu pomiędzy pierwszym a drugim echem docierającym do głowicy odbiorczej (3), a prędkość podłużnej v_L fali ultradźwiękowej jest wyznaczana ze wzoru:

$$v_L = 2g / (t_2 - t_1) + c$$

gdzie „ t_1 ” i „ t_2 ” oznaczają opóźnienia czasu rejestracji pierwszego i drugiego echa docierającego do głowicy odbiorczej (3), mierzone w mikrosekundach względem początku impulsu nadawczego, g oznacza grubość płyty włókno-cementowej (1), a c oznacza poprawkę wyznaczaną na podstawie pomiaru prędkości fali ultradźwiękowej wykonanej na znormalizowanym wzorcu o znanej grubości i prędkości fali ultradźwiękowej typu EN 12223.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przed procesem wykrywania delaminacji powierzchnię płyty włókno-cementowej (1) zabezpiecza się przezroczystą folią samoprzylepną, a powierzchnie czołowe ultradźwiękowych głowic nadawczej i odbiorczej (3) pokrywa się cienką warstwą gęstego żelu silikonowego.
3. Urządzenie do wykrywania delaminacji w płytach włókno-cementowych wyposażone w dwie głowice ultradźwiękowe nadawczą i odbiorczą, dwa ruchome przeguby umożliwiające docisk głowic do badanej płyty włókno-cementowej, dwa sztywne wysięgniki oraz sprężynowy mechanizm dociskowy, **znamiennie tym**, że głowice ultradźwiękowe (3) umieszczone są w ruchomych przegubach (2), umożliwiających docisk głowic do badanej płyty włókno-cementowej (1) równomiernie na całych powierzchniach czołowych, przeguby (2) zaopatrzone w gwinty do wkręcenia głowic (3) są przymocowane do sztywnych wysięgników (4) umożliwiających dokonywanie pomiaru na całej powierzchni badanej płyty włókno-cementowej (1), przy czym końce tych wysięgników (4) są połączone ze sprężynowym mechanizmem dociskowym (5) umieszczonym wewnątrz uchwytów służących do przemieszczania głowic po obu powierzchniach badanej płyty włókno-cementowej (1), natomiast głowice ultradźwiękowe (3) są połączone z cyfrowym defektoskopem ultradźwiękowym przy pomocy giętkich kabli koncentrycznych.
4. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że cyfrowy defektoskop ultradźwiękowy służący do wyznaczania prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej w badanym materiale na postać karty o niewielkich rozmiarach z możliwością komunikacji przez interface USB z komputerem.

Rysunki

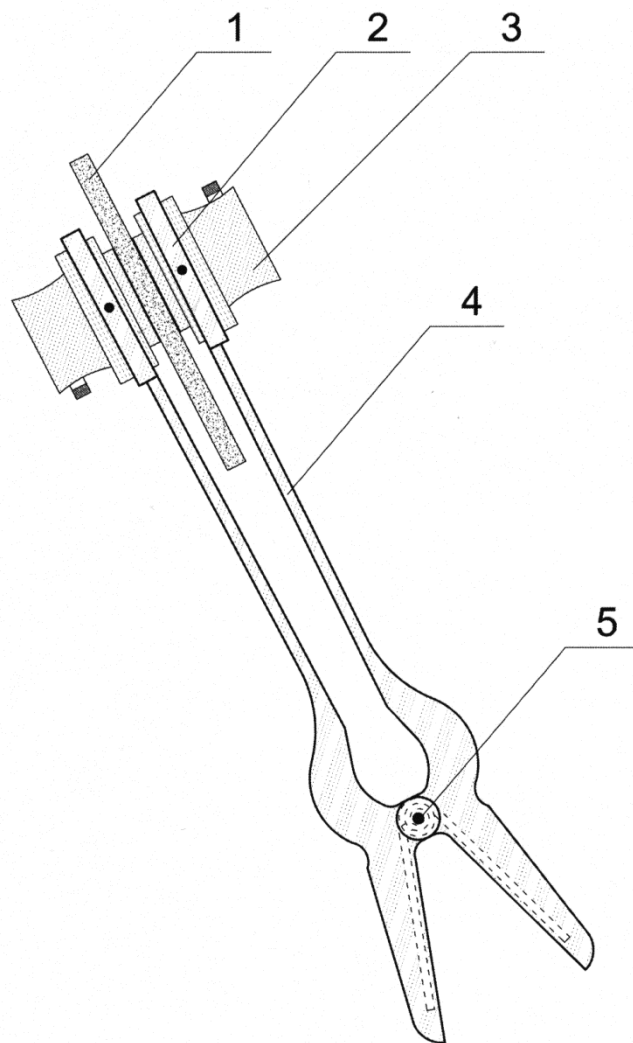


Fig. 1

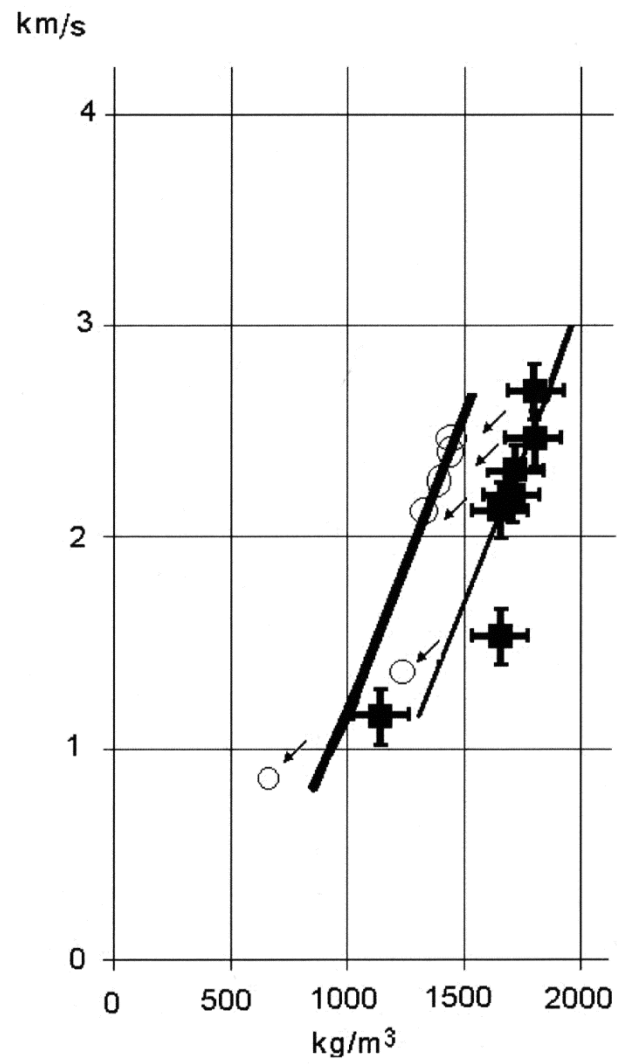


Fig. 2