



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 21.12.74 (P. 176723)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 03.07.76

Opis patentowy opublikowano: 31.05.1978

**MKP G01L 1/22
G01b 7/18**

**Int. Cl.² G01L 1/22
G01B 7/18**

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Witold Niedziela, Witold Styburski, Wojciech Rogalski

Uprawniony z patentu: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

Sposób łączenia tansometrów z podłożem

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób łączenia tensometrów z podłożem sprężystym z materiału przewodzącego prąd elektryczny.

Tensometr, według Styburski W.: „Przetworniki tensometryczne. Konstrukcja, projektowanie, użytkowanie” WNT, 1971, jest elementem służącym do pośredniego pomiaru odkształceń liniowych, realizowanego poprzez pomiar zmian jego oporności czynnej. Podstawą wykorzystania tensometrów oporowych jest liniowa zależność oporności przewodnika od jego wydłużenia oraz proporcjonalność odkształceń i naprężeń w materiałach spełniających prawo Hooke’a.

Stosunkowo dawno znane zalety metody określania odkształceń badanych obiektów przy użyciu tensometrów (patrz: Fink K. Rohrbach: „Handbuch der Spannungs und Dehnungsmessung” 1958, VDT Verlag oraz Roliński T. „Zarys elektrycznej tensometrii oporowej”, WNT, 1969) spowodowały, że jest ona stosowana nie tylko w badaniach wytrzymałościowych, lecz także w pośrednich pomiarach wielkości mechanicznych, takich jak siły, ciśnienia, drgania itp. Z samej zasady budowy i pracy tensometru wynika jeden z kilku zasadniczych wymogów jakie powinien on spełniać. Wymogiem tym jest dokładne przenoszenie odkształceń badanego obiektu na element oporowy czujnika, przy braku lub zminimalizowaniu wpływu, na zmianę jego oporności, innych, poza mierzonym odkształceniem, czynników. Ponieważ najczęściej stosowa-

2

nym sposobem połączenia tensometru z badanym podłożem jest ich sklejenie, oznacza to jak ważny jest sposób klejenia, a zatem i stosowana technologia.

Ogólnie można stwierdzić, że klejona jest jednym z najważniejszych elementów wpływających na dokładność pomiaru. Stanowi ona, już podczas samego pomiaru, warstwę mającą wpływ na zmianę współczynnika czułości odkształceniowej k , który jest najważniejszym czynnikiem charakteryzującym tensometr i wpływającym na dokładność pomiarów.

Dotychczas nie opracowano jednoznacznych i jednokrotnych w zastosowaniu światowych warunków, precyzujących w szczegółowy sposób wymagania oraz metody badania naklejanych tensometrów oporowych. Pewne informacje na ten temat zawarte są w publikacjach: *Compte rendu de la Commission d'Extensométrie du GAMAC*, *Revue Française de Mécanique* nr 9, 1964 oraz Puczkina B. J. „Prilkeiwajemye tenzodatcziki soprotiwlenija”, Izd. Energiya, Moskwa—Leningrad 1966.

Wydana w 1963 r. i powszechnie obowiązująca norma amerykańska NAS 945 jest stosowana w Europie przez jednego producenta tensometrów, firmę Höttinger Baldwin Messtechnik. Trwałe połączenie tensometru z podłożem uzyskuje się w większości przypadków za pomocą różnych klejów. Najczęściej stosowane kleje można podzielić, ze względu na ilość składników służących do ich

przygotowania na jednoskładnikowe i dwuskładnikowe. Wśród klejów jednoskładnikowych rozróżnia się kleje samoschnące na bazie nitrocelulozowej, np. KTN-1, OB-300 lub samowiązające, na bazie cyjanokrylowej, np. klej Z-70 produkowany przez firmę Hottinger Baldwin.

Kleje dwuskładnikowe można podzielić na kleje polimeryzujące w temperaturach otoczenia, np. proste w użyciu X-60 firmy Hottinger oraz na polimeryzujące w podwyższonych temperaturach, na bazie żywic epoksydowych lub fenolowych, np. EPY-500 Hottingera, BWF-41 produkcji polskiej lub BF-2 produkcji ZSRR.

Do łączenia z podłożem tzw. tensometrów cementowych stosuje się specjalne cementy będące na ogół tajemnicą producenta. Oprócz stosowania metody sklejania, tensometr można połączyć z podłożem przez bezpośrednie zgrzewanie jego podkładki wykonanej z folii stalowej, do której przyklejony jest tensometr, z badanym obiektem lub też, jak podano w opisie patentowym polskim nr 58434, przez bezklejowe mocowanie tensometru do podłoża warstwą częściowo przez producenta utwardzonej żywicy epoksydowo-fenolowo-formaldehidowej.

Jednakże łączenie tensometrów z podłożem poprzez sklejenie ich jest i wydaje się, że będzie w przyszłości, zdecydowanie najpowszechniejsze. Niezależnie od doboru stosowanych klejów bardzo ważne jest właściwe przygotowanie powierzchni badanych obiektów pod tensometr, łączenie powleczonych klejem tensometru i podłoża, wraz z usuwaniem pęcherzy powietrza, a przede wszystkim, suszenie.

Kleje samoschnące, na bazie nitrocelulozowej takie jak: KTN-1 i OB-300 nie wymagają podwyższonych temperatur. Czas ich wysychania od momentu połączenia ze sobą powierzchni klejonych, do chwili wykonywania dalszych operacji, np. lutowanie przewodów, nie przekracza 0,5 h. Pełną gotowość pomiarową uzyskuje się jednak dopiero po około 24 h. Wymienione kleje oraz inne kleje tej grupy mają szereg wad. Są nimi przede wszystkim, mały zakres temperatur użytkowania od -10 — $+40^{\circ}\text{C}$, duża wrażliwość na wilgotność otoczenia, duże pęcznienie i pogarszanie się właściwości podczas pracy w cieczach. (patrz: Styburski W.: „Przetworniki tensometryczne. Konstrukcja, projektowanie, użytkowanie” WNT 1971 oraz Roliński Z.: „Zarys elektrycznej tensometrii oporowej” WNT 1966).

Dla przetworników tensometrycznych, czyli urządzeń służących pomiarom wielkości mechanicznych, jest to temperatura na ogół za mała. Zależność właściwości fizycznych tych klejów od zmian wilgotności czyni ograniczoną lub utrudnioną możliwość ich zastosowań do badań na obiektach w przestrzeni otwartej. Suszenie klejów dwuskładnikowych, utwardzających się na drodze polimeryzacji, jest procesem długim, wymagającym posiadania określonych możliwości technicznych. Pozostałe z wymienionych klejów polimeryzujących, a więc EPY-500, BWF-41, BF-2, wymagają dość długiego okresu schnięcia w podwyższonej tempe-

peraturze, nie przekraczającej 190°C i dodatkowo stosowanie w tym czasie równomiernego docisku.

Suszenie odbywa się najczęściej w suszarkach, a studzenie powinno przebiegać powoli, najlepiej wraz z suszarką. Suszenie za pomocą suszarek lub promienników podczerwieni, jest uciążliwe a niekiedy niemożliwe, w przypadkach obiektów bardzo dużych oraz pracujących na powietrzu, zwłaszcza przy dużej ilości punktów pomiarowych.

Sposób łączenia tensometrów z podłożem sprężystym według wynalazku polega na tym, że warstwa kleju pomiędzy tensometrem a podłożem sprężystym z materiału przewodzącego utwardzana jest za pomocą pola elektrycznego, wytwarzanego przez generator, którego elementem obwodu wyjściowego jest podłoże sprężyste, klej i tensometr. Jako kleje stosuje się kleje o własnościach dielektrycznych.

W sposobie według wynalazku pokrywa się klejem spodnią część podkładki tensometru foliowego i nakłada na oczyszczoną pod tensometr powierzchnię badanego obiektu powleczoną cienką warstwą tego samego kleju. Za pomocą uchwytu wywiera się niewielki docisk tensometru do podłoża. Do uchwytu zamocowana jest metalowa elektroda kondensatora. Drugą elektrodę stanowi podłoże. Obydwie elektrody są połączone przewodami z generatorem mocy wysokiej częstotliwości.

Sposób według wynalazku zapewnia skrócenie czasu nagrzewania z kilku godzin do kilku minut. Umożliwia łączenie, nawet bardzo wielu tensometrów z podłożem, przy użyciu urządzeń łatwo dostępnych i prostych w obsłudze oraz pozwala na klejenie w różnych warunkach zewnętrznych i przy różnych wielkościach obiektów.

Przykład. Spodnią część podkładki tensometru foliowego typu FKM-16 pokrywa się klejem BWF-41 i układa na mechanicznie i chemicznie oczyszczonym niewielkim kawałku blachy aluminiowej powleczonej cienką warstwą tego samego kleju. Tak przygotowane, tensometr i blachę umieszcza się w uchwycie umożliwiającym wywarcie niewielkiego docisku tensometru do podłoża, w którym zamontowana jest także jedna z elektrod kondensatora, w postaci płytki kołowej z cienkiej blachy miedzianej.

Drugą elektrodę stanowi blacha aluminiowa, z naklejonym na niej tensometrem. Obydwie elektrody łączy się przewodami miedzianymi z generatorem mocy wysokiej częstotliwości. Próby przeprowadzono dla zakresu częstotliwości $f = 5 \div 50$ MHz, przy napięciu wyjściowym U_w zmieniającym się od $50 \div 500$ V. Efekt utwardzenia kleju uzyskany jest przy $f = 10$ MHz i $U_w = 450$ V; wielkość nacisku na klej zawierała się w przedziale $1 \div 3$ kg/cm². Efektywny czas grzania wynosi 3,5 min.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób łączenia tensometrów z podłożem sprężystym z materiału przewodzącego, na drodze utwardzania kleju tensometrycznego za pomocą pola elektrycznego, znamienny tym, że tensometr łą-

czy się z podłożem sprężystym klejem stanowiącym dielektryk między elektrodami kondensatora, będącego elementem wyjściowego obwodu rezo-

nansowego generatora wysokiej częstotliwości, przy czym jedna z okładzin kondensatora jest elementem odkształcanym.