

501 B 7/06



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 41756

Kl. 42 b, 11

František Hawelka

Praga, Czechosłowacja

Sposób pomiaru grubości ścianek z materiałów ferromagnetycznych i urządzenie do wykonywania tego sposobu

Patent trwa od dnia 22 października 1957 r.

Pierwszeństwo 25 października 1956 r. (Czechosłowacja)

Wynalazek dotyczy sposobu pomiaru grubości ścianek z materiałów ferromagnetycznych i urządzenia do wykonywania tego sposobu.

Często jest konieczne wykonanie pomiaru grubości wyrobów z materiałów ferromagnetycznych np. rur żelaznych, w których ścianka jest dostępna tylko z jednej strony, a materiał ma być zbadany na uszkodzenia wewnętrzne.

Taki przypadek zachodzi przy badaniu układu rur w kotłach parowych, gdzie ma być dokonany szybki pomiar dużej liczby miejsc badanych i należy wskazać rury, w których nastąpiło osłabienie ścianki na skutek korozji.

Wyznaczanie miejsc uszkodzonych jest utrudnione wobec niedogodnego otoczenia, w którym ma być przeprowadzona praca, jak również wobec tego, że powierzchnia wmontowanych rur często już uległa korozji, a jest pokryta osadem popiołu i żużla.

Metody pomiarów za pomocą ultradźwięków i sposoby, w których stosuje się promienie rentgenowskie lub promienie gamma w tym przypadku zawodzą, gdyż wymagają odpowiedniego przygotowania powierzchni a oprócz tego zajmują dużo czasu. Tak samo nie nadają się w tym przypadku żadne metody pomiarów magnetycznych przy badaniach materiałowych opartych na wyznaczaniu natężenia pól magnetycznych, gdyż w przypadku chropowatych i zanieczyszczonych powierzchni rur natężenie pola magnetycznego wewnątrz mierzonego materiału nie może być wyznaczone z dostateczną dokładnością.

Wymienione wady usuwa wynalazek, który opiera się na zasadzie opisanej poniżej.

Jeżeli w materiale żelaznym wytworzy się za pomocą zewnętrznego źródła zmiennego sinusoidalne pole magnetyczne, to w materiale wy-

kazującym określoną przewodność elektryczną wzbudzają się prądy wirowe.

Prądy wirowe wewnątrz materiału przewodzącego oddziałują na moduł i fazę wektora zmiennego pola magnetycznego. Obydwie wymienione wielkości zmieniają się od powierzchni materiału w sposób ciągły w zależności od właściwości tworzywa, tzn. jego przewodności i przenikalności magnetycznej oraz w zależności od ogólnej grubości mierzonej ścianki.

Gdy zmienne pola magnetyczne małej częstotliwości, wytworzone w mierzonej ściance zostają odekranowane w odpowiednim miejscu pomiaru, to wpływ prądów wirowych powoduje, że pole magnetyczne w miejscu pomiarowym jest przesunięte w fazie względem wzbudzającego pola magnetycznego. To przesunięcie fazowe wyzyskuje się w sposobie według wynalazku do pomiaru grubości ścianki materiałów ferromagnetycznych. Sposób według wynalazku umożliwia również pomiar materiałów, których powierzchnia jest chropowata i zanieczyszczona i w których natężenie pola magnetycznego powstającego wewnątrz materiału nie może być ani wyznaczone, ani określone pod względem wielkości.

Sposób według wynalazku stosuje nową i oryginalną metodę, w której mierzona grubość ścianki jest określana na zasadzie różnicy fazy między wektorem pola magnetycznego wzbudzającego i wektorem pola wzbudzonego.

Sposób według wynalazku może być zastosowany z pożytkiem do celów pomiarowych w przypadkach omówionych za pomocą urządzenia według wynalazku.

Na rysunku uwidoczniłono przykład wykonania urządzenia według wynalazku, przy czym fig. 1 przedstawia przekrój schematyczny czujnika z permaloju, fig. 2 — układ czujnika z permaloju podczas pomiaru, fig. 3 — układ połączeń urządzenia, fig. 4 — układ dyskryminatora fazowego i fig. 5 — przebieg prądu i napięcia.

W urządzeniu według wynalazku można zastosować znany czujnik permalojowy, którego konstrukcja jest uwidoczniłona na fig. 1.

W szklanej rurce włoskowatej 1 jest umieszczony rdzeń permalojowy, a na rurce jest nawinięta cewka 3. Dwa jednakowe elementy są połączone w szereg w ten sposób, że kierunki uzwojeń cewek 3 są odwrotne. Na całość jest nawinięta cewka 4.

Gdy przez cewki 3 przepuszcza się prąd zmienny o częstotliwości średniej lub wielkiej, to na zaciskach cewki 4 nie wzbudza się żadne

napięcie, gdyż działanie obu cewek 3 znosi się na skutek odwrotnych kierunków uzwojenia.

Gdy cały ten czujnik umieści się w polu magnetycznym, to na skutek przesycenia rdzeni permalojowych wzbudza się w uzwojeniu 4 siła elektromagnetyczna o podwójnej częstotliwości, której wielkość w określonych granicach i przy odpowiednio dobranym prądzie w cewce 3 odpowiada wielkości pola magnetycznego, w którym znajduje się czujnik.

Przykład zastosowania czujnika permalojowego jest przedstawiony schematycznie na fig. 2. Pałak 7 wykonany z blach transformatorowych stanowi elektromagnes, za pomocą którego prąd zmienny, przepuszczony przez cewkę 8, wytwarza zmienne pole magnetyczne w przedmiocie 9 podanym pomiarowi. Pomiędzy biegunami elektromagnesu 7, 8 jest umieszczona osłona ekranująca 5, w której znajduje się czujnik permalojowy 6.

Pola magnetyczne, przebiegające tuż pod powierzchnią, odpowiada na zasadzie praw fizycznych prawie dokładnie polu, przebiegającemu tuż ponad powierzchnią badanego przedmiotu 9. Gdy powierzchnia miejsca pomiarowego jest odekranowana we właściwy sposób od pola rozproszenia elektromagnesu 7, 8, np. za pomocą osłony 5, otaczającej czujnik 6 i wraz z nią przylega ściśle do badanej powierzchni, to dzięki temu pod wspomnianą osłoną nie może wystąpić żadne zewnętrzne pole magnetyczne, lecz pozostaje tam tylko zmienne pole magnetyczne, przebiegające, tuż przy powierzchni badanego przedmiotu.

W sposobie pomiaru według wynalazku wyzyskuje się przesunięcie fazowe między zmiennym polem magnetycznym, przebiegającym tuż przy powierzchni badanego przedmiotu, a zmiennym polem elektromagnesu 7, 8, który wywołuje pole. Jak wynika z rozważań teoretycznych i doświadczeń przesunięcie fazowe pola magnetycznego dla określonego tworzywa zależy od grubości ścianki, znajdującej się pod czujnikiem.

Na fig. 3 litera G_1 przedstawia generator wytwarzający sinusoidalny prąd zmienny małej częstotliwości. Prąd ten zasila cewkę magnesyjącą 8 elektromagnesu 7, 8.

Inny generator G_2 wytwarza prąd zmienny o wielokrotnie większej częstotliwości niż generator G_1 . Prąd ten zasila cewki 3 czujnika permalojowego według fig. 1. Na zaciskach cewki wskaźnikowej 4 tego czujnika wytwarza się prąd zmienny wielkiej częstotliwości i tę częstotliwość moduluje się następnie niską częstotliwością prądu cewki 8 elektromagnesu 7, 8.

Aby modulacja tego zmiennego napięcia wyższej częstotliwości przebiegała jednoznacznie należy umieścić czujnik permalojowy w trwałym polu magnetycznym stałym. Pole to musi mieć przynajmniej takie natężenie, żeby sumaryczne pole magnetyczne, które stanowi sumę składowej jednokierunkowej oraz składowej zmiennej małej częstotliwości podlegającej pomiarowi, nigdy nie spadło do zera.

Według wynalazku nakładanie pola magnetycznego jedno-kierunkowego i zmiennego może być dokonane w rozmaity sposób, np. w ten sposób, że prąd zmienny wzbudzający elektromagnes 7, 8 według fig. 2 posiada składową prądu stałego, która wzbudza żądaną składową wyprostowaną pola magnetycznego pod czujnikiem wskaźnikowym 6, albo też w pobliżu elektromagnesu 7, 8 jest umieszczony jeden lub kilka magnesów trwałych 12, jak na fig. 2, lub też do przewodu cewki 4 czujnika permalojowego według fig. 1 zostanie przyłączone źródło prądu stałego (E na fig. 3) przez dostatecznie duży opornik R .

Napięcie zmienne wielkiej częstotliwości, powstające na zaciskach 4 czujnika permalojowego i zmodulowane napięciem zmiennym małej częstotliwości, zostaje doprowadzone do wzmacniacza Z_1 gdzie zostaje wzmocnione, po czym zdemodulowane w demodulatorze D .

Z demodulatora D wychodzi prąd zmienny małej częstotliwości, którego przesunięcie fazowe można zmierzyć. Prąd ten jest doprowadzony do drugiego wzmacniacza Z_2 , a stamtąd do dyskryminatora fazowego F . Wzmacniacz selektywny Z_2 jest nastrojony na małą częstotliwość prądu dostarczanego z generatora G_1 . Taki układ ma na celu usunięcie składowych wyższych harmoniczných, które przeszkadzałyby przy dalszym pomiarze.

Ze wzmacniacza Z_2 przechodzi prąd sinusoidalny małej częstotliwości do wspomnianego już dyskryminatora fazowego F . W dyskryminatorze F następuje porównanie fazy wspomnianego prądu sinusoidalnego małej częstotliwości z fazą prądu magnesującego małej częstotliwości, który jest wytwarzany w generatorze G_1 i przepływa przez cewkę 8 elektromagnesu 7, 8. Pomiar fazy wskazuje miernik prądu stałego U , którego podziałka jest wyskalowana bezpośrednio w milimetrach. Wskazanie tego przyrządu odpowiada grubości badanej ścianki.

Przykład wykonania dyskryminatora fazowego F jest przedstawiony na fig. 4. Do zacisków 1 — 3 jest doprowadzone ze wzmacniacza Z_2 według fig. 3 wzmocnione napięcie małej czę-

stotliwości, którego faza zostaje porównana z fazą magnesującego prądu małej częstotliwości. Zacisk 1 jest przyłączony do katody lampy wzmacniającej E_1 , a zacisk 3 do siatki tej lampy poprzez duży opornik R_1 , na który oddziaływa ujemna półfala napięcia sinusoidalnego, przyłożona do zacisku 3.

Skoro tylko napięcie na zacisku 3 przekroczy wartość zerową, na oporniku R_1 powstaje spadek napięcia pod wpływem prądu w obwodzie siatki. Potencjał siatki lampy E_1 posiada wartość zerową przez cały czas trwania dodatniej półfali prądu. W ciągu tego czasu przez uzwojenie pierwotne transformatora Tr przepływa stały prąd, odpowiadający potencjałowi zerowemu siatki. Skoro tylko napięcie na zacisku 3 znów przekroczy wartość zerową osiągając wartości ujemne znika natychmiast prąd w obwodzie siatki i siatka znajduje się pod działaniem ujemnej półfali napięcia sinusoidalnego.

Ponieważ wartość maksymalna wzmocnionego prądu zmiennego małej częstotliwości waha się w granicach od kilkadziesiąt do kilkuset woltów prąd anodowy, przepływający przez transformator Tr zanika natychmiast skoro tylko potencjał siatki spadnie o kilka woltów poniżej zera osiągając wartości ujemne. Prąd anodowy posiada wartość zerową aż do chwili gdy potencjał siatki lampy E_1 osiągnie znowu wartość zbliżoną od zera.

Przebieg prądu anodowego lampy E_1 , przepływającego przez uzwojenie pierwotne transformatora Tr , jest oznaczony w górnej części fig. 5 literą i .

Prąd anodowy posiada kształt trapezowy o bardzo stromych zboczach, przy czym nagły spadek prądu anodowego następuje właśnie w tej chwili, gdy napięcie sinusoidalne między zaciskiem 3 i zaciskiem 1 według fig. 4 przechodzi przez wartość zerową. Nagły spadek prądu anodowego powoduje wzbudzenie wysokiego impulsu napięcia we wtórnym uzwojeniu transformatora napięcia. Impuls napięcia, który powstaje w tej chwili, gdy napięcie na zacisku 3 przechodzi przez wartość zerową, jest przedstawiony w dolnej części fig. 5 i oznaczony literą e_1 . Do zacisku 4 według fig. 4 jest doprowadzone pierwotne napięcie generatora G_1 według fig. 3, z którego fazą ma być zrównana faza prądu zmiennego małej częstotliwości. Prąd ten został wywołany przez pole magnetyczne, w którym znajduje się czujnik 6 według fig. 2. To zmienne napięcie po wyprostowaniu jest nakładane w ten sposób, że napięcie na zacisku 4 nigdy nie opadnie poniżej wartości ujemnej.

Przebieg tego napięcia jest przedstawiony w dolnej części fig. 5 za pomocą linii falistej e_2 .

Gdy napięcie e_1 , tzn. napięcie impulsów na zaciskach wtórnego uzwojenia transformatora Tr osiągnie wartość e_2 , przez diodę D_1 zaczyna płynąć prąd, który na oporniku R_2 wywołuje taki spadek napięcia, że napięcie w punkcie A według fig. 4 zachowuje wartość e_3 , dopóki napięcie e_1 nie opadnie do wartości e_3 , czyli impuls napięcia powstający we wtórnym uzwojeniu transformatora Tr zostaje obcięty do wartości e_3 , jaką właśnie w tej chwili wykazuje wartość e_2 na zacisku 4 według fig. 4. Wartość e_3 zależy tylko od przesunięcia fazowego napięcia zmiennego, którego kierunek na zacisku 3 jest przeciwny od kierunku napięcia zmiennego, przyłożonego do zacisku 4 według fig. 4, tzn. jest zależne od fazy zewnętrznego zmiennego pola magnetycznego o małej częstotliwości, a więc również i od fazy zmiennego pola magnetycznego, przebiegającego wewnątrz badanego materiału, gdyż napięcie to pochodzi od tego pola magnetycznego.

Przy zmianie przesunięcia fazowego pola magnetycznego względem prądu dostarczanego z generatora G_1 według fig. 3, ulega zmianie tylko napięcie impulsów e_3 , pod warunkiem, iż przebieg napięcia na zacisku 4 pozostał bez zmiany. Można to łatwo osiągnąć za pomocą stabilizacji napięcia generatora G_1 .

Z powyższego jasno wynika, że zmiany przesunięcia fazowego są wprost proporcjonalne do zmian obciętych impulsów e_3 , a zależności wzajemne tak dobrane, że impulsy napięcia e_1 powstają w chwili gdy napięcie e_2 przechodzi przez wartość średnią.

Za pomocą tych impulsów napięcia jest ładowany kondensator C po przez diodę B_2 według fig. 4. Przy tym rząd wielkości stałej czasu R_4C , który jest wyższy od rzędu wielkości odwrotności częstotliwości prądu zmiennego, dostarczonego z generatora G_1 według fig. 3.

Dzięki temu potencjał na kondensatorze C oraz na połączonej z nim siatce lampy elektronowej E_2 stabilizuje się do wartości średniej, zbliżonej do napięcia impulsów e_3 . Wartość ta jest więc zależna tylko od przesunięcia fazowego zmiennego pola magnetycznego, powstającego wewnątrz przedmiotu badanego względem pola zmiennego wzbudzającego, przebiegającego na powierzchni badanego miejsca.

Lampa elektronowa E_2 według fig. 4 jest włączona jako wtórnik katodowy, a prąd anodowy wytwarza na oporniku katodowym R_5 spadek

napięcia, którego wartość zależy tylko od szukanego przesunięcia fazowego.

Suwakiem potencjometru P , który jednym końcem jest przyłączony do zacisku 4 osłony, a drugim końcem do dodatniego źródła napięcia anodowego zacisku 2, można nastawiać właściwe napięcie odpowiadające wartości e_3 , tak iż miernik magnetoelektryczny U , którego podziałka może być doświadczalnie wyskalowana bezpośrednio w milimetrach, podaje grubość mierzonej ścianki.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru grubości ścianek z materiałów ferromagnetycznych, według którego za pomocą zewnętrznego źródła wytwarza się w badanej ściance sinusoidalne zmienne pole magnetyczne, a miejsce badane jest odekranowane magnetycznie od tego pola, znamienny tym, że grubość mierzonej ścianki wyznacza się na podstawie przesunięcia fazowego między wektorem wzbudzonego i wektorem wzbudzającego zmiennego pola magnetycznego.
2. Urządzenie do wykonania sposobu według zastrz. 1, posiadające elektromagnes, za pomocą którego wytwarza się w badanej ściance sinusoidalne zmienne pole magnetyczne, a za pomocą osłony ekranującej miejsce badane jest odekranowane magnetycznie od pola rozproszenia elektromagnesu, znamienny tym, że posiada wskaźnik różnicy fazowej pomiędzy wektorem pola magnetycznego elektromagnesu wzbudzającego i wektorem pola magnetycznego w miejscu badanym.
3. Urządzenie według zastrz. 2, w którym jest zastosowany czujnik permalojowy, znamienny tym, że posiada źródło dodatkowego stałego pola magnetycznego o takim co najmniej natężeniu, że wypadkowe pole magnetyczne zawsze zachowuje wartość wyższą od wartości zerowej.
4. Urządzenie według zastrz. 3, znamienny tym, że źródło dodatkowego stałego pola magnetycznego tworzy jeden lub kilka elektromagnesów trwałych, umieszczonych w pobliżu czujnika permalojowego.
5. Urządzenie według zastrz. 3, znamienny tym, że źródło dodatkowego stałego pola magnetycznego otrzymuje się przez przepuszczenie prądu stałego przez uzwojenie czujnika permalojowego.

6. Urządzenie według zastrz. 3, znamiennie tym, że źródło dodatkowego stałego pola magnetycznego otrzymuje się dzięki temu, iż prąd wzbudzenia przepływający przez elektromagnes posiada składową stałą, która wytwarza wymaganą składową stałą pod narządem

wskaźnikowym, za pomocą którego jest wskazywane zmienne pole magnetyczne na powierzchni badanej ścianki.

František Havelka

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych.

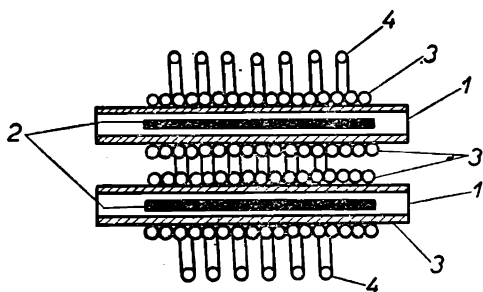


FIG. 1.

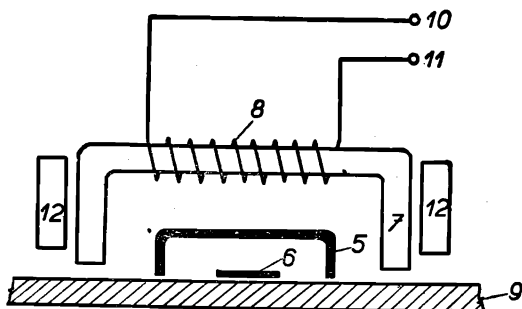


FIG. 2.

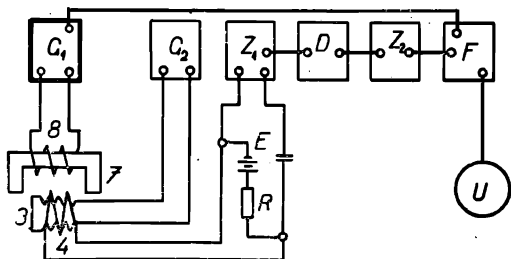


FIG. 3.

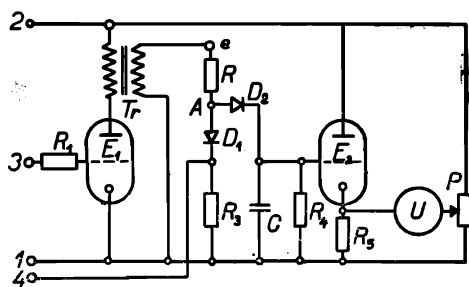


FIG. 4.

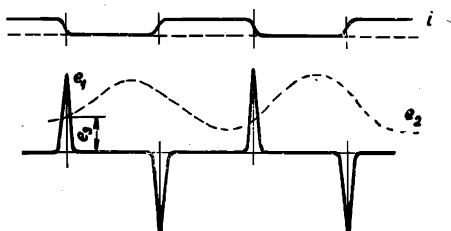


FIG. 5.