



G-09 b 23/18



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 41604

Kl. 42 n, 11/50

Centralne Biuro Studiów i Projektów
Budownictwa Wodnego
„Hydroprojekt“ *)
Warszawa, Polska

Model elektryczny do badania zjawisk fizycznych na zasadzie analogii, sposób wytwarzania materiału do wyrobu takich modeli oraz sposób wykonywania tych modeli

Patent trwa od dnia 24 maja 1958 r.

Wynalazek dotyczy materiału przewodzącego, w szczególności przeznaczonego do budowy modeli elektrycznych oraz sposobu wykonania modeli elektrycznych z tego materiału. Metoda analogii elektrycznych pozwala na badanie pewnych zjawisk fizycznych na modelach elektrycznych takich, w których wielkości elektryczne są związane tymi samymi równaniami matematycznymi, co i badane wielkości fizyczne. Szczególnie dogodnie jest stosowanie modeli wielkości określonych równaniem Laplace'a, a więc posiadających potencjał, wówczas bowiem łatwo można ustalić analogię między potencjałem wielkości badanej a potencjałem elektrycznym. Spośród zagadnień, dla których metoda analogii elektrycznych znalazła zastosowanie praktyczne i zyskuje coraz szersze rozpowszechnienie, na-

leży wymienić przede wszystkim filtrację wody gruntowej, której ruch w ośrodku przepuszczalnym można wyrazić potencjałem prędkości. Z innych zagadnień można wymienić zagadnienia aerodynamiki w konstrukcjach lotniczych, zagadnienia rozkładu pól magnetycznych w maszynach elektrycznych, rozkładu pól elektrycznych w kondensatorach oraz lampach elektronowych itp. Ponieważ jednak metoda modelowania elektrycznego wszelkich wielkości potencjałowych pozostaje w zasadzie taka sama, więc dla uproszczenia opisu w dalszym ciągu będzie mowa tylko o elektrycznym modelowaniu filtracji.

Jak wiadomo, modelem elektrycznym filtracji może być przewodnik elektryczny, w którym płynie prąd na skutek przyłożonej różnicy potencjałów i w których można zbadać rozkład potencjałów w punktach z góry wyznaczonych. Często przy takich badaniach wyznacza się linie

* Właściciel patentu oświadczył, że współtwórcami wynalazku są inż. mgr Henryk Działik, inż. Janusz Stawski, inż. Adam Anysz i Janusz Bublewski.

ekwipotencjalne, z których przez odwrócenie analogii można otrzymać wnioski o przebiegu filtracji w naturze. Linie ekwipotencjalne wyznacza się najczęściej za pomocą mostka Wheatstone'a z modelem włączonym do jednej z jego gałęzi.

Jeżeli obiekt hydrotechniczny ma wyraźną rozciągłość liniową, tzn. jeżeli jeden wymiar przewyższa wielokrotnie dwa wymiary pozostałe, jak to np. ma miejsce w przypadku zapór wodnych, jazów, itp. to wystarczy zbadać filtrację tylko w jednym przekroju tzw. filtrację płaską pionową. Modelem takiej filtracji będzie płaski przewodnik, uformowany w takim kształcie, jaki ma przekrój badanego obiektu. Za pomocą modeli płaskich można badać również obiekty o znacznej rozciągłości poziomej, lecz małej pionowej, w których występuje tzw. filtracja płaska pozioma. Przykładem takich obiektów są np. stopnie wodne w obszarze, w którym miąższość warstwy przepuszczalnej jest stosunkowo nieduża.

Są jednak również ważne obiekty budownictwa wodnego o kształcie zwartym, dla których nie można stosować modelowania dwuwymiarowego — np. grodze lub zbiorniki. Wówczas zachodzi potrzeba wykonania z odpowiedniego przewodnika modelu przestrzennego. Wykonanie takich modeli jest o wiele trudniejsze niż modeli płaskich.

Modelowanie gruntów o różnych współczynnikach filtracji wymaga stosowania przewodników o różnych przewodnościach właściwych. Współczynniki filtracji zmieniają się od $k = 10^{-1}$ cm/sec dla żwirów do $k = 10^{-6}$ cm/sec dla łąłw.

Z powyższego omówienia można określić warunki, jakim ma odpowiadać przewodnik, nadający się do wykonywania modeli elektrycznych. Przewodnik taki powinien posiadać cechy podane poniżej.

Przewodnik powinien mieć właściwość łatwego formowania plastycznego i obróbki mechanicznej oraz łatwego otrzymywania różnych przewodności właściwych w bardzo szerokich granicach.

Przewodnik powinien również cechować się łatwością łączenia różnych części modelu o różnych przewodnościach właściwych oraz przyłączania elektrod metalowych od zewnątrz i w głębi modelu, a także dawać możność łatwego dokonywania pomiarów geometrycznych i wyznaczania oraz utrwalania badanych punktów i linii charakterystycznych dla modelu.

Na koniec przewodnik powinien wykazywać niezmiennosć własności elektrycznych w czasie,

możliwość regeneracji (wielokrotnego używania tego samego materiału) oraz powinien być nieszkodliwy dla zdrowia i niewrażliwy na czynniki zewnętrzne jak np. wilgoć i temperaturę.

Żaden ze znanych materiałów, używanych do budowy modeli elektrycznych, nie spełnia wszystkich wymienionych wyżej wymagań. Do modelowania płaskiego używa się najczęściej elektrolitów w postaci ciekłej lub półzestalonej (np. w postaci galarety). Jednak największa zaleta elektrolitów jaką jest łatwość otrzymywania różnych przewodności właściwych w bardzo szerokich granicach nie może być wykorzystana do budowy modeli o przewodności niejednorodnej, gdyż elektrolity o różnych stężeniach lub składach winny być połączone elektrycznie, lecz przegrodzone w przestrzeni, co jest warunkiem nie łatwym do spełnienia w modelu płaskim a niemożliwym w modelu przestrzennym. Modele wykonane z mas galaretowatych są niestałe wobec dość szybkiej dyfuzji wzajemnej elektrolitów.

Zamiast elektrolitów stosuje się obecnie dość powszechnie papiery przewodzące, lecz ich przewodności właściwe są niejednorodne i na ogół dość przypadkowe. Oczywiście papiery przewodzące zupełnie się nie nadają do budowy modeli przestrzennych. Wiele innych materiałów przewodzących proponowanych w literaturze fachowej, jak lakiery przewodzące, wilgotne masy proszkowe o podstawie grafitowej itd. nie przyjęły się w praktyce ze względu na niestalość charakterystyk przewodzenia prądu.

Przedmiotem wynalazku jest model elektryczny wykonany z masy przewodzącej, która spełnia wszystkie wymagania wymienione wyżej i nadaje się równie dobrze do budowy modeli płaskich, jak i przestrzennych. Masa ta zawiera dwa zasadnicze składniki: parafinę i sadzę, zmieszane ze sobą w stosunku zależnym od pożądanej przewodności właściwej. Po zmieszaniu otrzymaną ciastowatą masę ostudza się nieco do konsystencji, pozwalającej na łatwą obróbkę plastyczną i poddaje się wielokrotnemu walcowaniu, podgrzewając w razie potrzeby walce i masę za pomocą promienników ciepłych. Po każdym przewalcowaniu arkusz składa się na przemian wzdłuż i w poprzek, aby uzyskać dobrą jednorodność masy. Podczas walcowania pobiera się próbki masy i bada je na przewodność i jednorodność.

Bogate w węgiel mieszanki zawierające 20%—50% sadzy dają się bardzo dobrze walcować, ponieważ nie przylegają do stalowych walców. Mieszanki uboższe, zawierające 5%—20% sa-

dzy, mogą sprawiać trudności przy walcowaniu, a więc aby temu zapobiec można stosować np. odpowiednie wypełniacze, poprawiające warunki walcowania. Dobre wyniki otrzymano stosując jako wypełniacz biel cynkową, której dodaje się tym więcej, im mniej jest sadzy w masie. Jako wypełniacz może służyć również kreda, tlenek magnezu lub węglan magnezu.

Otrzymane arkusze masy przewodzącej o grubości 0,5–5 mm są wygodne w manipulowaniu, gdyż można je łatwo ciąć, wyginać, łączyć ze sobą przez sklejkowanie lub spawanie, jak również łączyć z dowolnymi elektrodami metalowymi. Z arkuszy tych można łatwo sporządzać modele o dowolnym kształcie i dowolnym zestawieniu różnych przewodności w poszczególnych częściach modelu.

Oporność właściwa masy przewodzącej może wahać się w bardzo szerokich granicach od 30 Ω cm w przypadku masy 50-procentowej do kilku M Ω cm w przypadku mieszanek kilkuprocentowych.

Wielką zaletą masy przewodzącej jest łatwość bezpośredniego łączenia płytek z masy o różnej przewodności właściwej przez spawanie, tzn. przez połączenie płytek na brzegach rozgrzanych np. strumieniem gorącego powietrza. Na granicy połączenia płytek nie występuje oporność przejściowa, a linie ekwipotencjalne zatałmują się w sposób wyraźny, co jest niemożliwe do osiągnięcia przy stosowaniu innych znanych materiałów, używanych do budowy modeli elektrycznych, np. elektrolitów i w ogóle materiałów o przewodności jonowej.

Elektrody metalowe można dołączyć na gorąco w dowolnym miejscu na powierzchni lub w głębi modelu.

Elektronowa przewodność masy przewodzącej do wykonywania modeli według wynalazku pozwala na wykonywanie pomiarów z zastosowaniem prądu stałego, co pozwala na uzyskanie dokładnych pomiarów za pomocą stosunkowo prostej aparatury z czułym przyrządem zerowym, np. galwanometrem lusterkowym. Przy pomiarach z zastosowaniem prądu stałego w przypadku przewodności elektronowej nie przeszkadzają w pomiarach zjawiska uboczne jak polaryzacja elektrod, pojemności pasożytnicze itp.

Ponieważ modele wykonane z opisanej powyżej masy mają wystarczającą sztywność i wytrzymałość przy wszelkich manipulacjach w praktyce laboratoryjnej można je przechowywać przez czas nieograniczony, uzupełniać pomiary lub powtarzać je w razie potrzeby. Wy-

niki pomiarów w postaci linii ekwipotencjalnych można wykreślić wprost na płytkach białą farbą i utrwalić je w dokumentacji sposobem fotograficznym, a po sfotografowaniu można je zetrzeć i na tym samym modelu wyznaczyć w razie potrzeby nowe linie dla innego przypadku rozkładu potencjałów. W ten sposób osiąga się znaczną oszczędność na pracy kreślarskiej i na sporządzaniu modeli dla różnych wariantów. Wyznaczanie krzywych depresji wód gruntowych jest stosunkowo łatwe wobec łatwości cięcia i spawania tej masy przewodzącej.

Masę przewodzącą z modeli już wykorzystanych i niepotrzebnych można ponownie przewalcować i użyć do budowy innych modeli.

Należy jeszcze zaznaczyć, że masa przewodząca do wykonywania modeli według wynalazku jest nieszkodliwa dla zdrowia i odporna na wilgoć, czynniki chemiczne itp. Przewodność właściwa masy jest zależna od temperatury, wobec czego zaleca się przeprowadzać pomiary zawsze przy jednokrotnej temperaturze.

Poniżej podano przykłady receptury materiału przewodzącego do wykonywania modeli według wynalazku.

Przykład I. Do parafiny (VEB Veban 52–54) ogrzanej do temperatury około 60°C dodaje się sadzy acetylenowej (VEB Piessteritz P-1250) w ilości 38% wagowych, a po ochłodzeniu mieszaniny do temperatury około 35°C poddaje się ją wielokrotnemu walcowaniu między stalowymi walcami. Arkusze walcowanej masy składa się wielokrotnie za każdym razem w innym kierunku. Po dziesięciu minutach walcowania otrzymuje się arkusze o oporności właściwej 5 Ω cm w temperaturze 18°C.

Przykład II. Do parafiny jak w przykładzie I dodaje się 15% sadzy i 15% bieli cynkowej jako wypełniacza w celu polepszenia warunków walcowania. Po przewalcowaniu arkusze masy przewodzącej wykazują oporność właściwą 32 Ω cm.

Zastrzeżenia patentowe

1. Model elektryczny do badania zjawisk fizycznych na zasadzie analogii, znamieny tym, że jego części składowe wykonane są z materiału stanowiącego mieszaninę parafiny z węglem, np. w postaci sadzy lub grafitu z ewentualnym dodatkiem wypełniacza np. tlenku cynkowego, kredy, tlenku lub węglanu magnezowego, polepszającego warunki termoplastycznej obróbki mieszanek ubogich w węgiel.

2. Sposób wytwarzania materiału do wyrobu modeli według zastrz. 1, znamienny tym, że po zmieszaniu podstawowych składników (parafiny i węgla) materiał poddaje się wielokrotnej obróbce plastycznej np. przez ugniatanie, walcowanie i prasowanie.
3. Sposób wykonywania modeli elektrycznych według zastrz. 1, znamienny tym, że poszczególne części modelu wykonane z materiału o jednakowej przewodności elektrycznej lub z materiałów o różnych przewod-

nościach elektrycznych, łączy się ze sobą przez spawanie na gorąco lub klejenie odpowiednim rozpuszczalnikiem.

4. Sposób według zastrz. 3, znamienny tym, że model przestrzenny wykonuje się z płytek ułożonych na stos i sprasowanych ze sobą z dociskiem o wielkości odpowiednich do uzyskania odkształceń plastycznych.

Centralne Biuro Studiów
i Projektów Budownictwa Wodnego
„Hydroprojekt“

