



Warszawa dnia 15 kwietnia 1954 r.



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIIS PATENTOWY

Nr 35889

Kl. 42 k, 26

Aleksander Lisowski

(Warszawa, Polska)

Sposób optycznego mierzenia odkształceń sprężystych układów przestrzennych oraz urządzenie do wykonywania tego sposobu

Udzielono patentu z mocą od dnia 27 marca 1952 r.

Wynalazek dotyczy optycznego sposobu mierzenia odkształceń sprężystych układów przestrzennych oraz urządzenia do wykonywania tego sposobu.

Zasadniczym zadaniem konstruktora, projektującego dowolną konstrukcję budynku, kadłuba okrętu czy samolotu, jest sprawdzenie, czy naprężenie, występujące w materiale, nie osiągnie wartości niebezpiecznych. Przy obliczaniu konstrukcji stosunkowo prostych istnieje szereg metod rachunkowych, pozwalających na obliczenie naprężeń. Dotyczy to zwłaszcza ustrojów płaskich, tzn. takich, które leżą w jednej płaszczyźnie z działającymi siłami, np. belek prostych, słupów, ram, łuków, krat. Natomiast w ustrojach przestrzennych, zwłaszcza o pojedynczej lub podwójnej krzywiznie rozwiązano dotychczas ściśle tylko najprostrze przypadki sklepień przestrzennych, np. kopuły kulistej i sklepień cylindrycznych.

Znane są proste związki, w postaci wzorów, wyrażające zależność pomiędzy stanem naprężeń (naprężeń stycznych i normalnych) w dowolnym punkcie ustroju sprężystego a odkształceniami. Nie jest natomiast znany optyczny sposób mierzenia odkształceń układów przestrzennych i właśnie taki sposób podaje wynalazek.

Na rysunku fig. 1 przedstawia siatkę linii na dowolnym sklepieniu przestrzennym, fig. 2 — element tej siatki przed i po odkształceniu sklepienia, fig. 3 — mikrookular mikroskopu ze stałą podziałką i przesuwным krzyżem, przy czym kierunek przesuwu odbywa się równolegle do oznaczonej podziałki, fig. 4 — tenże mikrookular przy pomiarze przesunięcia pionowego wzdłuż osi y , fig. 5 — mikrookular przy pomiarze przesunięcia wzdłuż osi x i fig. 6 — śrubę mikrometryczną do przesuwania tuby mikroskopu, stanowiącej narząd do obliczania odkształceń wzdłuż osi mikroskopu.

Powłoka sklepienia przestrzennego według fig. 1 pod wpływem działającego obciążenia ulega odkształceniu, wskutek czego siatka linii tego sklepienia doznaje przesunięć, uwidocznionych na rysunku liniami kreskowanymi. Do obliczenia naprężeń, czy też wypadkowych sił i momentów, jest rzeczą konieczną znać położenie wszystkich punktów węzłowych siatki przed i po odkształceniu, przy czym w celu otrzymania wartości dokładniejszych należy zagałęć oczka tej siatki.

Na siatce tej wybiera się pewien element $A B C D$ przed i po odkształceniu (fig. 2). Przez punkt A , leżący na środkowej powierzchni łupiny, prowadzi się przed odkształceniem sklepienia układ osi współrzędnych $x y z$. Pod wpływem obciążenia łupiny punkt A przesunie się do położenia A' . Nowe położenie punktu wyraża się w przestrzennym układzie odpowiednimi przesunięciami wzdłuż osi x, y i z przez u, v i w . Stan naprężeń w dowolnym miejscu łupiny będzie mógł być obliczony, gdy będą znane przesunięcia wszystkich punktów węzłowych siatki.

Dla uniknięcia trudności rozwiązań analitycznych zastosowano w sposobie według wynalazku metodę doświadczalną do obliczania przesunięć poszczególnych punktów.

Dla zbliżenia się do warunków pracy rzeczywistych konstrukcji, zwłaszcza zaś dowolnego kształtu przestrzennego sklepienia żelazobetonowego, układów ramowych, żelbetowych i stalowych w myśl wynalazku wykonuje się model odnośnej konstrukcji w odpowiednim zmniejszeniu z materiału o znanych cechach wytrzymałościowych. Ponieważ do mierzenia odkształceń stosuje się według wynalazku metodę optyczną, przeto model najkorzystniej jest wykonać z materiału przezroczystego, jak celuloid, szkło, plastik itp. Przy tym sposobie pomiary uskutecznia się za pomocą mikroskopu z zastosowaniem mikrookularu. Mikroskop dostosowuje się do pomiarów odkształceń w trzech kierunkach, np. wzajemnie prostopadłych do siebie, w celu umożliwienia rozpatrywania nie tylko układów płaskich, jak to ma miejsce dotychczas, ale również dowolnych układów przestrzennych.

Optyczny sposób pomiarów odkształceń w zastosowaniu do modeli przestrzennych jest według wynalazku dostosowany do pomiarów przesunięć w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach. Z początku oblicza się przesunięcie w w kierunku normalnym do powierzchni modelu badanego przedmiotu, a następnie przesunięcie u, v w dwóch pozostałych wzajemnie

prostopadłych do siebie kierunkach. Przesunięcia u i v będą zatem leżały w płaszczyźnie stycznej do powierzchni przed odkształceniem odnośnego modelu.

Przy pomiarach oś mikroskopu ustawia się normalnie do powierzchni, tj. wzdłuż osi z i dokonuje się pomiarów przesunięć wzdłuż tej osi oraz w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach, leżących w płaszczyźnie normalnej do osi.

Pomiar przesunięć odbywa się za pomocą mikrookularu. W mikrookularze jest widoczna stała podziałka, w danym przypadku od 0, 1, 2... 8, oraz przesuwany krzyż. Kierunek przesuwu jest równoległy do oznaczonej podziałki (fig. 3). Pomiar wykonuje się w sposób następujący.

Do obliczenia przesunięcia pionowego v wzdłuż osi y (fig. 4) poziomą nitkę krzyża nastawia się na rozpatrywany punkt modelu przed jego obciążeniem. Następnie uskutecznia się odczytanie liczb całkowitych za pomocą dwóch równoległych kresek, które związane są z przesuwnym krzyżem i przesuwają się wzdłuż podziałki.

Dalsze cyfry odczytuje się na mikrometrycznej śrubie mikrookularu, która daje np. dokładność do 1/100 podziałki. Następnie model zostaje obciążany. Punkt A badanego modelu przesuwają się wówczas do położenia A' . Za pomocą śruby mikrometrycznej poziomą nitkę krzyża przesuwają się wówczas do tego nowego położenia A' punktu A i uskutecznia się nowe odczytanie. Różnica odczytań daje wartość przesunięcia wzdłuż osi podziałki, która przebiega pod kątem 45° do linii krzyża. Oznaczając przesunięcie krzyża przez A_1 , otrzymuje się wielkość przesunięcia v wzdłuż osi y :

$$v = a_1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Nastawiając następnie odpowiednio oś pionową y na punkt A przed i po odkształceniu, uzyskuje się wielkość przesunięcia u wzdłuż osi x (fig. 5), mianowicie:

$$u = a_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Znając powierzchnię mikroskopu, można już z łatwością obliczyć rzeczywistą wielkość tych przesunięć w mikronach.

Następnie przystępuje się do pomiaru przesunięcia wspomnianego punktu A w trzecim kierunku, tj. wzdłuż osi z . Kierunek tej osi pokrywa się z kierunkiem osi mikroskopu. Obliczenia wzdłuż osi mikroskopu uskutecznia się za pomocą mikrometrycznej śruby, przesuwającej tubę mikroskopu. W mikroskopie obraz przedmiotu

jest dobrze widoczny, jeżeli obiektyw znajduje się w pewnej określonej odległości od tego przedmiotu. Robiący odczytanie nastawia w tym celu mikroskop za pomocą śruby mikrometrycznej na największą ostrość badanego punktu. Po nastawieniu na optimum widoczności uskutecznia się odczytanie na śrubie mikrometrycznej, na której zastosowano np. podziałkę 1/100 całkowitego obrotu. Niech np. odczytanie to wynosi $n_1 = 7$ (fig. 6). Następnie model poddaje się znowu obciążeniu, wskutek czego następuje przesunięcie oglądanego przedmiotu w kierunku równoległym do osi mikroskopu. Dla ponownego otrzymania obrazu w mikroskopie trzeba jego tubę przesunąć za pomocą śruby mikrometrycznej. Po nastawieniu obrazu na największą ostrość uskutecznia się nowe odczytanie. Niech odczytanie tego przesunięcia wynosi np. $n_2 = 43$. Biorąc pod uwagę różnicę odczytów i oznaczając ją przez n otrzymuje się wielkość przesuwu, wynoszącą $n = n_2 - n_1 = 43 - 7 = 36$.

Znając skok śruby mikrometrycznej oraz uwzględniając zastosowany podział obrotu śruby, można obliczyć wielkość i kierunek rzeczywistego przesunięcia w mikronach. Przesunięcie to oznaczone zostało przez w , oś zaś, pokrywająca się z osią mikroskopu, przez z .

Wobec konieczności ustawiania mikroskopu kolejno nad poszczególnymi punktami badanego ustroju winien on być ustawiony na odpowiedniej podstawie, pozwalającej na dowolne ustawienie tuby mikroskopu w przestrzeni. Dlatego też urządzenie do wykonywania sposobu według wynalazku, polegające na zastosowaniu dowolnego mikroskopu z mikrookulem, jest zaopatrzone w podstawę, umożliwiającą przedstawianie tego mikroskopu we wszystkich kierunkach, w celu umożliwienia ustawienia tuby mikroskopu według dowolnego kierunku w przestrzeni.

Metoda, przedstawiona powyżej, pozwala na obliczanie i badanie charakteru pracy takich konstrukcji, jak dowolnych sklepień, zbiorników, silosów, ram i krat przestrzennych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób optycznego mierzenia odkształceń sprężystych układów przestrzennych, znamienne tym, że stosuje się wykonany w odpowiednim zmniejszeniu model przedmiotu, którego odkształcenia w trzech kierunkach mogą być zmierzone, najkorzystniej z materiału przezroczystego, na który nanosi się siatkę linii, najlepiej o możliwie zagęszczo-

nych oczkach, po czym uskutecznia się pomiar przesunięć poszczególnych punktów modelu w trzech prostopadłych do siebie kierunkach w dowolnej kolejności, dokonując np. z początku pomiaru w płaszczyźnie prostopadłej do osi mikroskopu, nastawiając poziomą nitkę krzyża na rozpatrywany punkt przed obciążeniem, robiąc odczytanie liczb całkowitych za pomocą dwóch równoległych kresek, związanych z przesuwym krzyżem mikrookulara i przesuwających się wzdłuż podziałki mikrookulara, i odczytując dalsze cyfry pomiaru na śrubie mikrometrycznej mikrookularu, następnie poddaje się model obciążeniu, wskutek czego następuje przesunięcie położenia badanego punktu, do którego to nowego położenia przesuwają się poziomą nitkę krzyża za pomocą śruby mikrometrycznej, a otrzymana różnica odczytów stanowi przesunięcie (u) wzdłuż osi (y) podziałki, przebiegającej pod kątem 45° do linii krzyża, następnie na badany punkt przed i po odkształceniu nastawia się oś pionową krzyża i na podstawie różnicy odczytów uzyskuje się wielkość przesunięcia (v) badanego punktu wzdłuż osi (x), po czym uskutecznia się pomiar przesunięcia punktu wzdłuż osi (z), pokrywającej się z pomiarem wzdłuż osi mikroskopu i mianowicie za pomocą śruby mikrometrycznej, przesuwającej tubę mikroskopu, nastawiając ją na największą ostrość badanego punktu i robiąc odczytanie na tej śrubie, następnie po obciążeniu, przy którym następuje przesunięcie tego punktu w kierunku równoległym do osi mikroskopu, nastawia się tubę ponownie na ostrość obrazu w tymże punkcie, uzyskując z różnicy odczytów wielkość przesuwu (w) punktu, przy czym znając skok śruby mikrometrycznej i uwzględniając zastosowany podział jej obrotu, oblicza się wielkość i kierunek rzeczywistego przesunięcia w mikronach.

2. Urządzenie do optycznego mierzenia sposobem według zastrz. 1 znamienne tym, że stanowi je dowolnego rodzaju mikroskop z mikrookulem, osadzony w odpowiedniej podstawie przestawnie we wszystkich kierunkach, w celu umożliwienia ustawienia tuby mikroskopu według dowolnego kierunku w przestrzeń.

Aleksander Lisowski

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych

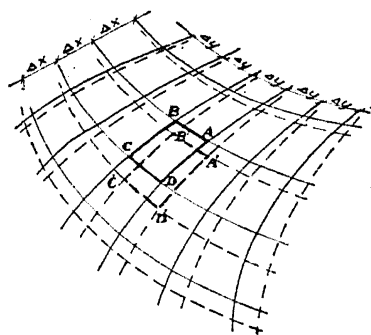


Fig. 1

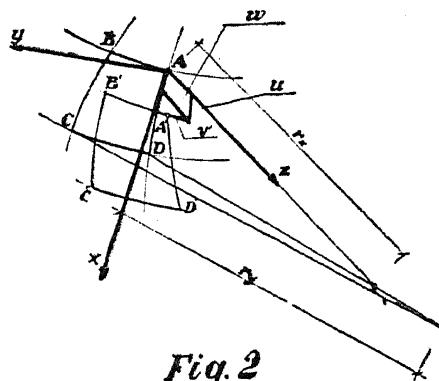


Fig. 2

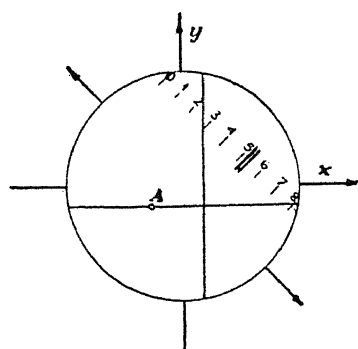


Fig. 3

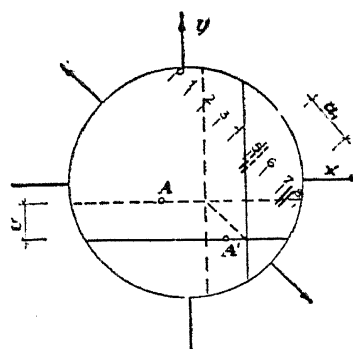


Fig. 4

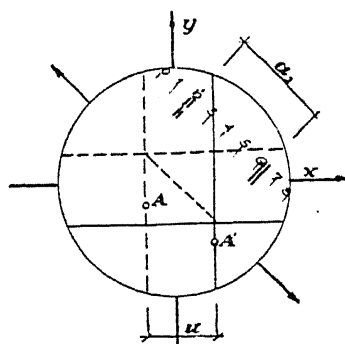


Fig. 5

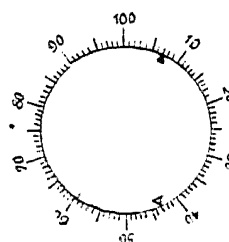


Fig. 6