

PRZETWORNIKI CIŚNIENIA W BADANIACH MECHANICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁÓW ROLNICZYCH

J. Pytka, J. Horabik, K. Konstankiewicz, A. Król

Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Streszczenie: W pracy przedstawiono zasadę działania, konstrukcję i technologię dwóch rozwiązań przetworników do badań rozkładu naporu w materiałach ziarnistych. Pierwszy z nich, przetwornik stanu naprężenia, pozwala na wyznaczenie składowych tensora naprężenia w ośrodku. Drugi przetwornik, wykorzystujący pomiar ciśnienia za pośrednictwem cieczy hydraulicznej służy do wyznaczania naporu normalnego w ośrodku rozdrobnionym. Przetworniki zostały zaprojektowane do współpracy ze stanowiskiem badawczym-zbiornikiem cylindrycznym na materiały ziarniste.

Słowa kluczowe: Naprężenia w ośrodku sypkim, czujniki do pomiaru naprężeń.

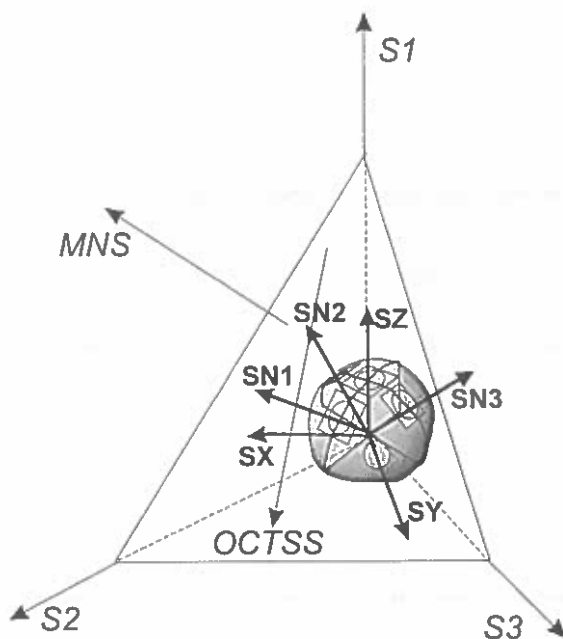
WPROWADZENIE

Materiały rolnicze podlegają działaniu obciążeń zewnętrznych, których wartości często przekraczają doraźną wartość wytrzymałości mechanicznej. Powoduje to niekorzystne następstwa, takie jak zagęszczenie gleby, zniszczenie lub uszkodzenia tkanki roślinnej warzyw i owoców, czy uszkodzenia ziaren roślin uprawnych. Ponadto, obróbka, zbiór czy też transport i składowanie takich materiałów wiążą się z działaniem sił zewnętrznych, które generują naprężenia wewnętrzne i odkształcenia. Dokładny opis procesów zachodzących wewnątrz materii pochodzenia biologicznego jest utrudniony, ze względu na brak zadowalających rozwiązań modelowych a także wyników doświadczalnych. Jednym z aspektów prezentowanego problemu jest pomiar naporu ziaren w zbiorniku cylindrycznym. Zastosowanie ogólnodostępnych, standardowych czujników ciśnienia, bez uwzględnienia specyfiki ośrodka badanego nie

gwarantuje uzyskania miarodajnych wyników [1,6,7,10]. Głównym celem niniejszej pracy było zaprojektowanie i wykonanie specjalizowanych urządzeń pomiarowych do pomiaru naporu w materiałach ziarnistych w różnych stanach obciążeń.

PRZETWORNIK STANU NAPRĘŻEŃ

Przetwornik stanu naprężeń SST (*ang. Stress State Transducer*) jest jednym z nowych urządzeń badawczych służącym do wyznaczania składowych stanu naprężeń w ośrodku rozdrobnionym [2,3,4].



Rys.1. Stan naprężeń w materiale oraz schemat geometryczny przetwornika SST

Fig.1. Stress state in granular material and a geometric diagram of the SST

Z powodzeniem został zastosowany do badań stanu naprężeń glebie pod obciążeniem kół pojazdów i maszyn rolniczych [3,5], a w połączeniu z systemem rejestracji odkształceń pozwala na wyznaczanie zależności naprężenie-odkształcenie w ośrodku podczas deformacji [9]. Przetwornik SST składa się z 6-ciu czujników ciśnienia, zorientowanych względem siebie tak, by na podstawie mierzonych wartości nacisków normalnych możliwe było wyznaczenie składo-

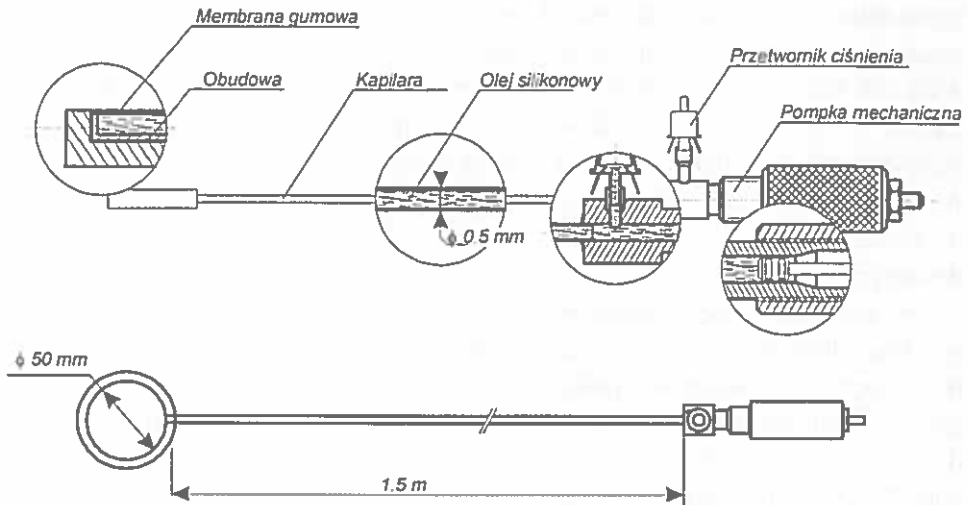
wych stanu naprężenia: naprężeń głównych S_1 , S_2 oraz S_3 , średniego naprężenia normalnego na powierzchni oktaedrycznej MNS (*Mean Normal Stress*) i naprężenia ścinającego na powierzchni oktaedrycznej OCTSS (*Octahedral Shear Stress*). Powyższe wielkości stanowią kompletną informację co do chwilowego stanu naprężeń w punkcie ośrodka, a więc mogą być wykorzystane w badaniach własności mechanicznych, weryfikacji i parametryzacji modeli teoretycznych przewidujących zachowanie się materiałów sypkich podczas obciążania siłami zewnętrznymi.

W realizacji przetwornika zastosowano własne opracowania konstrukcyjne, w szczególności membranowe czujniki nacisku normalnego zbudowane z wykorzystaniem tensometrów elektrooporowych oraz układ kondycjonowania sygnałów pomiarowych, uzyskiwanych z mostków tensometrycznych. Ze względu na specyfikę badanego ośrodka, a w szczególności wielkość ziaren zaszła potrzeba zmodyfikowania istniejącego przetwornika. Dodatkowo, konieczne było zwiększenie rozdzielczości przetwornika (z 1 kPa na 0,1 kPa), przy jednoczesnym zawężeniu zakresu pomiarowego do ok. 100 kPa zamiast dotychczasowych 1000 kPa. Zastosowano czujniki o powiększonej powierzchni czynnej (572 zamiast 226 mm²). Parametr ugięcia membrany względem jej średnicy nie przekroczył wartości 0,0001 [6]. Podwojenie powierzchni spowodowało zintensyfikowanie efektów niestabilności temperaturowej przetwornika.

W celu zminimalizowania upływności termicznej zastosowano dodatkowy układ tensometrów kompensacyjnych. Prototypowy czujnik jest obecnie w fazie prób kalibracyjnych.

CZUJNIK CIŚNIENIA Z CIECZĄ POŚREDNICZĄCĄ

Charakterystyczną cechą tego urządzenia jest zastosowanie cieczy pośredniczącej oraz gumowej membrany, która w kontakcie z materiałem ziarnistym odkształca i dopasowuje się do chwilowego kształtu powierzchni materiału badanego. Najważniejszą korzyścią wynikającą z tego rozwiązania jest uniknięcie zjawiska koncentracji naprężeń, które w przypadku czujników sztywno-membranowych powoduje zawyżanie wartości rzeczywistej naprężenia. Sprawdzony w badaniach nacisków w glebie czujnik przekonstruowano i zwiększono powierzchnię czynną (z 78,5 do 1962,5 mm²). Jako ciecz pośredniczącą zastosowano olej silikonowy, zaś funkcję przetwornika pełni czujnik półprzewodnikowy w układzie pełnego mostka.



Rys.2 Czujnik ciśnienia z cieczą pośredniczącą

Fig.2 A hydraulic pressure transducer

PODSUMOWANIE

Zaprojektowane i wykonane czujniki przeznaczone są do pomiaru składowych stanu naprężenia w materiale sypkim oraz naporu normalnego. Pozwoli to na wyznaczenie rozkładu naprężenia w materiale sypkim oraz naporu na konstrukcję podczas różnych operacji technologicznych wykonywanych na tych materiałach. Powiększenie powierzchni czynnej czujników w stosunku do stosowanej w mechanice gleb umożliwi zastosowanie czujników do badania materiałów sypkich o wymiarze ziaren ok. 1 milimetra.

PIŚMIENNICTWO

1. Atewologun, A.O., Riskowski, G.L.: Experimental determination of Jousseu's stress ratio by four methods for soybeans under static conditions. Transactions of the ASAE, Vol. 34 (5), pp. 2193-2198, 1991.
2. Bailey, A.C., Nichols, A., Johnson, C.E.: A stress state transducer for soil. Transaction of the ASAE, No. 30, 1237-1241, 1987

3. **Bailey, A.C., Raper, R.L., Way, T.R., Burt, E.C. and Johnson C.E.:** Soil stresses under a traction tire at various loads and inflation pressures. *Journal of Terramechanics*, Vol.33(1) pp.1-11, 1996
4. **Blackwell, P.S. , Soane, B.D.:** Deformable spherical device to measure stresses within field soils. *Journal of Terramechanics*, Vol. 15(4), pp 207-222, 1978
5. **Harris, H.D., Bakker D.M.:** A soil stress transducer for measuring in situ soil stresses. *Soil&Tillage Research*, Vol.29(1), 35-48, 1994
6. **Kobiela, S.:** Application of pressure cells in civil engineering. *Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej*. Nr 27, 1991
7. **Molenda, M.:** Źródła błędów wyznaczania stanu naprężenia w roślinnym materiale sypkim. *Wydawnictwa Naukowe FRNA*, Nr 2, str.75-86, 1999.
8. **Law, G. J., Nagi, S. C., Jofriet, J.C.:** A method for measurement of horizontal to vertical pressure ratios of wheat and barley in a circular bin. *Canadian Agricultural Engineering*, Vol 35, No 1, pp. 45-49, 1993
9. **Pytko, J., Konstankiewicz, K.:** Metody badań naprężeń i odkształceń w glebie pod obciążeniem. *Acta Agrophysica*, Nr 14, 1998.
10. **Vanden Berg, G.E., Cooper, A.W., McColly, H.F., Erickson, A.E.:** Strain gage cell measures soil pressure. *Agricultural Engineering*, April '57, pp.232-237, 1957

PRESSURE TRANSDUCERS FOR STRESS STATE INVESTIGATIONS IN GRANULAR MATERIALS

J. Pytko, J. Horabik, K. Konstankiewicz, A. Król

Institute of Agrophysics Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin, 27

Summary: In the present work, two different types of pressure transducers have been presented. These are

- a) strain gage type pressure sensors; six of them are built in a spherical body of a three-axis measuring head (SST – stress state transducer);
- b) hydraulic pressure sensor with a rubber deformable diaphragm.

The over mentioned devices are expected to measure stress state in granular materials.

Key words: Stress state in granular materials, pressure transducers