

O NAPRĘŻENIACH W SPRĘŻYSTYM PODŁOŻU POD ŚLIZGAJĄCĄ SIĘ SZTYWNĄ KULĄ

PIOTR SUKIENNIK (KRAKÓW)

1. Wstęp. Badania doświadczalne stanu naprężeń sprężystych, towarzyszących tarcii ślizgowemu, można wg. stosowanych metod podzielić na dwie grupy. W pierwszej grupie o stanie sprężystym kontaktu ślizgowego wnioskuje się na podstawie analizy przemieszczeń wstępnych (STEWENS — 1899, WIERCHOWSKI — 1926, RANKIN — 1926, KONIACHIN — 1951, CURTNEY PRATT-EISNER — 1957, GREENWOOD i TABOR — 1957). Drugą grupę zagadnień stanowią prace uwzględniające w problematyce typu hertzowskiego składową styczną, a nawet analizujące efekty statyczne i dynamiczne właśnie z punktu widzenia składowej stycznej naprężenia (JOHNSON — 1957).

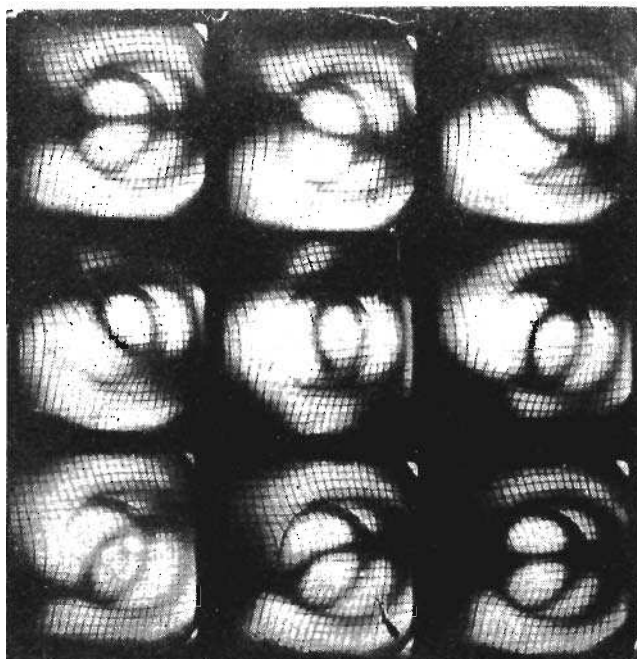
Przedstawioną pracę można zaliczyć do tej właśnie grupy jako pracę doświadczalną, analizującą jakościowo za pomocą metody elastoptycznej rozkład naprężeń stycznych dla trójwymiarowego kontaktu ślizgowego.

2. Opis doświadczenia. Dla zbadania rozkładu naprężeń stycznych pod ślizgającą się kulą modelowano półprzestrzeń za pomocą warstwy żelatyny 7% o grubości 50 mm. Po takiej półprzestrzeni ślizgała się kula szklana o promieniu krzywizny 5 cm dając «koło» styku o promieniu rzędu 0,5 cm. Obraz stacjonarny izoklin dla kontaktu ślizgowego (rys. 1) ustala się po przebyciu drogi rzędu średnicy koła styku i jest dobrze odtwarzalny. Fotografie izoklin 0° , 10° , 20° , 30° , 45° , 60° , 70° , 80° i 90° uzyskano w świetle sodowym przechodzącym, padającym prostopadle do kierunku ruchu i do powierzchni kontaktu.

Dla uzyskania obrazu dwuwymiarowego zastosowano metodę warstwy światłoczułej *A* grubości kilku milimetrów naniesionej na półprzestrzeni *B*. W tym celu żelatynę *B* hartowano gliceryną, żelatynę zaś *A* formaliną. Wpływ sposobu hartowania na czułość elastoptyczną zauważono wcześniej. Jest on dość znaczny, lecz nie rozwiązuje jeszcze problemu, ponieważ różnica pomiędzy czułościami elastoptycznymi *A* i *B* nie jest zbyt wielka, a na żelatynie trudno uzyskać większą ilość izochrom, niezbędną dla ilościowego opracowania pola naprężeń. Natomiast kontakt między warstwą *A* i *B* uzyskany przez naniesienie warstewki *A* w stanie płynnym na zastygniętą *B* jest idealny i jednorodny pod względem własności mechanicznych i optycznych i nie wymaga żadnych klejów.

Była też opracowana technika badania obrazu izoklin w świetle odbitym przez chemiczne naniesienie warstewki srebra na materiał *B* i następne rozlanie warstewki *A*. Srebro naniesione chemicznie składa się z bardzo drobnych łusek i nie wpływa w sposób widoczny na własności mechaniczne żelatyny. Ta metoda jest jednak bardziej pracowita i wymaga przystosowywania aparatury. Obraz izoklin zaś jest

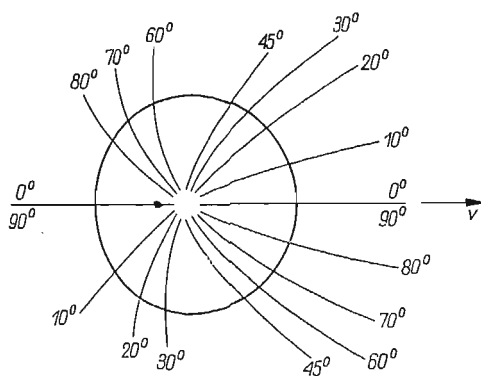
w zarysie taki sam, jak w metodzie światła przechodzącego; jest tylko mniej wysycony. Dlatego zdecydowano się na badanie kontaktów w świetle przechodzącym i na poszukiwanie dla dalszych badań materiałów A o konsystencji gumy bez



Rys. 1

opóźnienia sprężystego, dających dużą liczbę izochrom oraz materiałów B o identycznych własnościach mechanicznych, lecz nieczułych elastoptycznie.

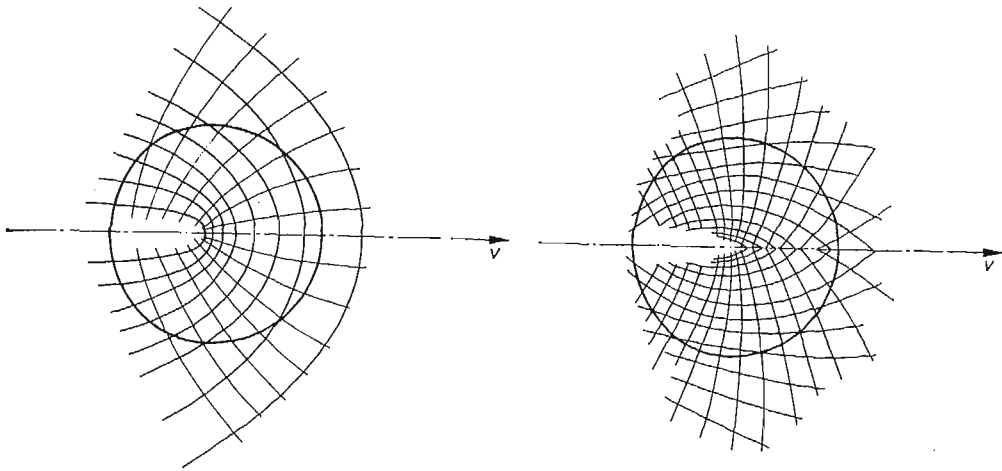
3. Dyskusja wyników. Na podstawie rys. 1 sporządzono obraz zbiorczy izoklin (rys. 2), a następnie znaleziono metodą graficzną trajektorie naprężeń głównych (rys. 3) i trajektorie maksymalnych naprężeń stycznych (rys. 4).



Rys. 2

Na rysunku 2 widać jeden punkt hydrostatycznego rozkładu naprężeń w okolicy środka koła styku.

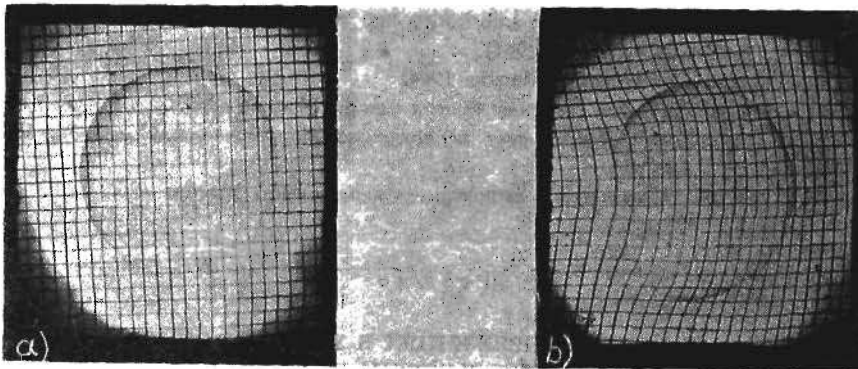
Izoklina 0° rozdziela zwykle obszary, których naprężenia styczne mają przeciwne znaki. Dla konfrontacji sporządzono fotografię koła styku z naniesioną siatką o oczkach kwadratowych. Rysunek 5a przedstawia zdjęcie w stanie spoczynku, a rysunek 5b — zdjęcie w stanie poślizgu na całej powierzchni styku. Na rysunku 5b widać wyraźnie beczkowatą deformację przed kołem styku a poduszkowatą za



Rys. 3

Rys. 4

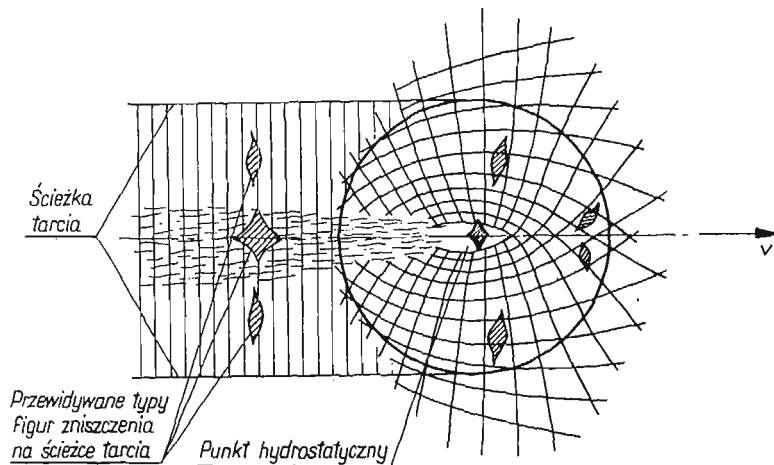
kołem styku. Obie te deformacje rozpościerają się głęboko na obszar styku. Natomiast przejście od stanu zgniecenia do stanu rozciągnięcia na samym kole styku nie ma swego wyraźnego odpowiednika w obrazie elastoptycznym.



Rys. 5

Problem zmiany znaków naprężeń w kontakcie ślizgowym jest ważnym z punktu widzenia zmęczeniowej teorii zużycia trących się par kinematycznych (RADCIK — 1958, KRAGIELSKI — 1962). Na podstawie rys. 6 można przewidzieć rozwój szczelin zużycia na ścieżce tarcia dla przypadku półprzestrzeni izotropowej np. dla gumy

i mas plastycznych (JELKIN — 1964, Chruszczow — 1965). W przypadku metali trzeba by modelować półprzestrzeń za pomocą materiałów elastoptycznych polikrystalicznych typu chlorku srebra (SZASKOLSKA — 1964). Jest to droga bardzo



Rys. 6

obiecująca, ponieważ chlorek srebra znalazł już szerokie zastosowanie przy badaniach podstawowych nad zmęczeniem i tarciem wewnętrznym.

Literatura cytowana w tekście

1. А. В. ВЕРХОВСКИЙ, Ж. Прикл. Физ., 4, 3 (1926).
2. J. S. RANKIN, Phil. Mag., 2, 8 (1926).
3. И. П. КОНЯХИН, Диссертация, Томск 1951.
4. Curtney Pratt-Eisner, Proc. Roy. Soc. A, 238 (1957).
5. Proceedings of the Conference on Lubrication and Wear, London 1957.
6. РАДЧИК, ДАН СССР, 4, 141 (1961).
7. А. Я. ЕЛЬКИН, Диссертация, Москва 1964.
8. И. В. КРАГЕЛЬСКИЙ, Усталостная теория износа, Москва 1962.
9. М. П. ШАСКОЛЬСКАЯ, Конференция по поляризациино оптическом методу, Ленинград 1964.
10. М. М. ХРУЦОВ, Платмасы в подшипниках скольжения, Москва 1965.

Резюме

О КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ В УПРУГОМ ОСНОВАНИИ ПОД СКОЛЬЗЯЩИМ ШАРОМ

В работе обсуждены эксперименты по исследованию усталостного механизма износа, проведенные в Кафедре физики Краковского Политехнического Института. Для нахождения поля напряжений под скользящим шаром в опытах применен фотоупругий метод. Отмечено, что фотоупругая картина, соответствующая касательным напряжениям под скользящим шаром, существует и имеет хорошую воспроизводимость.

Для нахождения поля напряжений, на основании картины изоклин, применен графический метод.

В работе высказано мнение о том, что проблема развития трещин в полях напряжений и проблема фрикционного износа имеют общие черты, и следовательно существует возможность сопоставления этих проблем и возможность поисков закономерностей развития фрикционного износа на дорожке трения.

Summary

ON THE TANGENTIAL STRESSES IN THE ELASTIC BASIS UNDER THE SLIDING SPHERE

The presented paper discusses the experiments carried out in the programme of studying fatigue mechanism of wear at the Department of Physics at the Technical University in Cracow. For an analysis of a stress field under the sliding ball, the photo-elastic method was applied. It was shown that the anticipated fringe picture appears and may be reproduced.

To find the stress distribution from the fringe picture, the graphical method was applied.

The opinion is expressed that the problem of crack propagation in a stress field and the problem of friction wear have similar aspects; thus a confrontation of both problems and a prediction of wear on the path of friction should be possible.

KATEDRA FIZYKI
POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Praca została złożona w Redakcji dn. 26 marca 1965 r.
