

где  $K(x) = \int_0^{2\pi} \frac{dt}{\sqrt{1-x^2\sin^2 t}}$  - полный эллиптический интеграл

Лежандра. Окончательно вместо (8) получим выражение

$$\tilde{f}(r') = \int_0^{r'} dr \int_0^{2\pi} dt \frac{f(r)r^2\sin^2 t}{(r'^2 - r^2\sin^2 t)^{3/2}}. \quad (9)$$

Заметим, что в [3] был предложен фильтр с пропусканием  $\mathcal{F} = e^{in\varphi}$  для оптического выполнения преобразования Ханкеля  $n$ -го порядка.

Заметим также, что в реальных световых полях в окрестности точек с нулевой интенсивностью имеют место „винтовые дислокации“ [4], и комплексная амплитуда света в области дислокации описывается выражением аналогичным (4).

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Сороко Л.М. Гильберт-оптика. М.: Наука, 1981.
- [2] Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. Специальные функции. М.: Наука, 1983.
- [3] Березный А.Е., Прохоров А.М., Сисакян И.Н., Соيفер В.А. // ДАН СССР. 1984. Т. 274. № 4. С. 802-805.
- [4] Баранова Н.Б., Зельдович Б.Я. // ЖЭТФ. 1981. Т. 80. В. 5. С. 1789-1797.

Поступило в Редакцию  
9 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 12                      26 июня 1990 г.

05.1; 07; 12

© 1990

#### ИЗМЕРЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ЗОНЕ МЕХАНИЧЕСКОГО КОНТАКТА ТВЕРДЫХ ТЕЛ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

А.В. Осинцев, Ю.И. Островский,  
В.П. Шепинов

При изучении механического контакта твердых тел методом корреляционной голографической интерферометрии используется

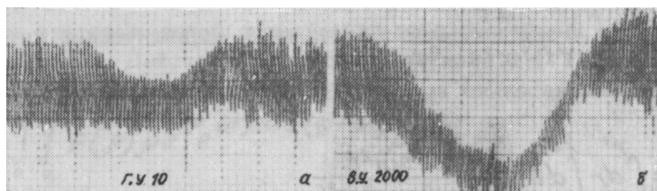


Рис. 1. Профилограммы изменения регулярного микрорельефа поверхности плиты в зоне контакта с шаром.  $\alpha$  – при нагрузке  $P = 30$  кН,  $\delta$  – при  $P = 75$  кН.

изменение контраста интерференционных полос [1, 2]. Необратимое изменение элементов микрорельефа поверхности тела в зоне контакта приводит к декорреляции микроструктуры восстановленных световых волн, и контраст несущих интерференционных полос в этой области уменьшается. Однако наличие на поверхности тела упрочненного слоя, физико-механические свойства которого в ряде случаев существенно отличаются от свойств нижележащих слоев, не позволяет полностью уничтожить исходный микрорельеф при механическом контакте. Это обстоятельство дает возможность осуществить регистрацию голографических интерферограмм, по которым, измеряя смещения полос, можно количественно определить остаточные перемещения в зоне контакта, а измеряя контраст полос определять контактные давления.

Рассмотрим сначала кинетику изменения микрорельефа поверхности на примере контакта шара с плитой. На рис. 1 показаны профилограммы изменения регулярного микрорельефа ( $R_\alpha = 2.5$  мкм) поверхности стальной плиты, полученные после контакта со стальным полированным шаром радиусом  $R = 38$  мм. Профилограммы сняты по одному и тому же сечению плиты, проходящему через центр пятна контакта. На начальном этапе контактного взаимодействия с увеличением нагрузки происходит пластическое смятие вершин микронеровностей (рис. 1,а). Затем наступает такой момент, когда смятие микронеровностей уже практически не наблюдается, а в зоне контакта появляется макропластическая деформация (рис. 1,б). Полной декорреляции микрорельефа в этом случае не происходит. К коррелированным областям микрорельефа на рис. 1,б относятся в первую очередь впадины. Таким образом, в рассмотренном случае возможно наблюдение голографических интерференционных полос в зоне контакта и измерение по ним остаточных перемещений. Подробное описание изменения нерегулярного микрорельефа поверхности в зоне контакта тел с согласованными поверхностями можно найти в работе [3].

Регистрация дважды экспонированных голограмм плиты с нерегулярной шероховатостью при контакте ее с шаром производилась следующим образом [4]. Сначала на фотопластинке регистрирова-

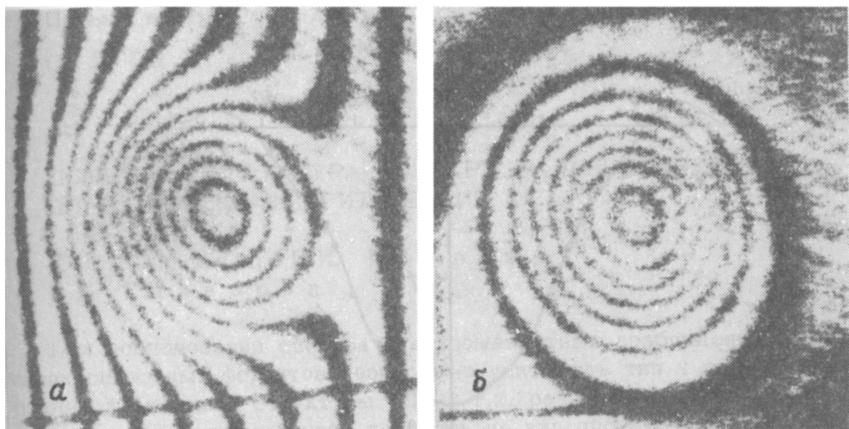


Рис. 2. Голографические интерферограммы плиты в зоне контакта с шаром в полосах конечной ширины (а) и в полосах бесконечной ширины (б) при нагрузке  $P = 245$  кН.

лась голограмма исходного состояния плиты в зоне предполагаемого контакта с шаром. Затем нижняя половина фотопластинки закрывалась непрозрачной маской и после контактного взаимодействия осуществлялась регистрация голограммы. После этого непрозрачная маска перемещается так, чтобы закрыть только что дважды отэкспонированную верхнюю половину фотопластинки и открыть ее нижнюю часть. Далее смещается источник, освещающий плиту и осуществляется второе экспонирование открытой половины фотопластинки.

При восстановлении световых волн записанных на верхней половине фотопластинки наблюдается голографическая интерферограмма в полосах бесконечной ширины (рис. 2,б), а через нижнюю часть фотопластинки – интерферограмма в полосах конечной ширины (рис. 2,а). Первая интерференционная полоса на рис. 2,а находится за границей поверхности контакта, имеет высокий контраст и характеризует выпучивание материала плиты. Кольцевые интерференционные полосы, контраст которых уменьшается по направлению к центру отпечатка, описывают усадку поверхностного слоя, т. к. при регистрации интерферограммы использовалась оптическая схема, в которой направления освещения и наблюдения совпадают с нормалью к поверхности плиты. Радиальная зависимость остаточных перемещений  $W$  в пятне контакта показана на рис. 3.

Изменения формы интерференционных полос конечной ширины и их контраста (рис. 2,б) вызваны остаточной макродеформацией и частичным изменением микрорельефа в зоне контакта, соответственно.

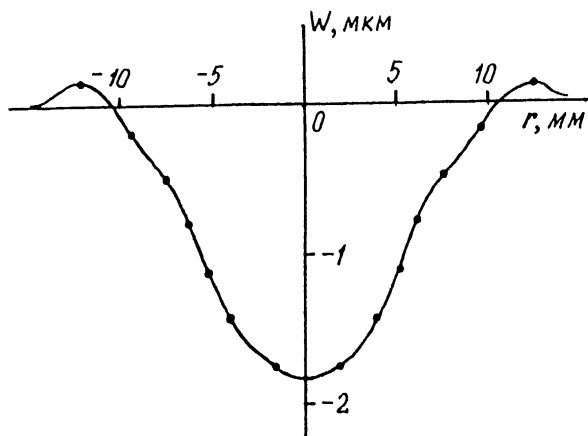


Рис. 3. Распределение остаточных перемещений по радиусу пятна контакта при нагрузке  $P = 245$  кН.

При решении задач механики контактного взаимодействия удобно использовать совместно обычную и корреляционную голографическую интерферометрию. В этом случае по голографической интерферограмме в полосах конечной ширины точно определяется номинальная поверхность контакта, а по геометрии и контрасту интерференционных полос бесконечной ширины находятся остаточные перемещения и контактные давления. Путем выбора соответствующей схемы регистрации голограмм возможно также измерение остаточных тангенциальных перемещений в зоне контакта.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Осинцев А.В., Островский Ю.И., Шепинов В.П., Яковлев В.В. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. Вып. 4. С. 202-204.
- [2] Дмитриев А.П., Дрейден Г.В., Осинцев А.В., Островский Ю.И., Шепинов В.П., Этинберг М.И., Яковлев В.В. // ЖТФ. 1989. Т. 59. № 3. С. 192-197.
- [3] Демкин Н.Б. Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей. М.: Наука, 1970. 228 с.
- [4] Шепинов В.П., Яковлев В.В. // ПМТФ. 1979. № 6. С. 144-147.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию  
10 апреля 1990 г.