

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасов Б. А. Метод построения диаграммы ударного сжатия пенопласта. — «Механика полимеров», 1973, № 3.
2. Абашкин Б. И., Забиров И. Х., Русин В. Г. Динамическая сжимаемость пенополистирола. — «Механика полимеров», 1977, № 1.
3. Hoge K. G., Wasley B. J. Dynamic compressive behaviour varies forms materials. — «Applied Polymer Symposium», 1969, N 12.
4. Крысанов Ю. А., Новиков С. А. Исследование динамического сжатия пенополистирола. — «Проблемы прочности», 1977, № 8.
5. Melvin J. W., Roberts V. L. Compression of cellular plastics at high strain rates. — «J. Cellular Plastics», 1974, March—April, p. 97—100.
6. Бодренко С. И., Гердюков Н. Н., Новиков С. А., Русак В. Н., Чиждова В. Д. Пьезоэлектрический датчик для измерения параметров ударной волны в диапазоне давлений ниже 500 МПа. — В кн.: Тезисы докладов II Всесоюзного симпозиума по импульсным давлениям. М., 1976.
7. Voade V. R. Principal Hugoniot, second-shock Hugoniot and release behaviour of pressed copper powder. — «J. Appl. Phys.», 1970, vol. 41, N 11.
8. Иванов А. Г., Новиков С. А. Метод емкостного датчика для регистрации мгновенной скорости движущейся поверхности. — «Приборы и техника эксперимента», 1963, N 1.
9. Багреев В. В., Зарудный Е. Ф. Некоторые вопросы определения механических свойств пористых материалов динамическим методом. — В кн.: Исследования в области транспортной и строительной механики. М., «Транспорт», 1970.
10. Романенко И. Г. Физико-механические свойства пенистых пластмасс. М., Стандартгиз, 1970.
11. Lamberson D. L., Asay J. R., Guenther A. H. Equation of state of polystyrene and polymethylmethacrylate from ultrasonic measurements at moderate pressure. — «J. Appl. Phys.», 1972, vol. 43, N 30.
12. Дементьев А. Г., Тараканов О. Г. Термомеханические исследования легких пенопластов. ВИНТИ № 2259—70 деп.
13. Моисеев А. А., Дурасова Т. Ф. Технология получения и физико-механические свойства пенополистирола. — «Хим. промышленность», 1957, № 3.
14. Берлин А. А. Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров. М., Госхимиздат, 1954.
15. Бородин М. Я. и др. Пенопластмассы. М., Филиал ВИНТИ, 1959.
16. Павлов В. В. Технология и свойства антенных обтекателей из пенополистирола. — В кн.: Пенопластмассы. М., Оборонгиз, 1969.
17. Панферов К. В., Колпаков С. В. Механические свойства пенопластов с учетом фактора времени. — «Труды ЦКНИИ стройконструкции», 1962, вып. 11.
18. Voade V. R. Compression of porous copper by shock waves. — «J. Appl. Phys.», 1968, vol. 39, N 12.

УДК 620.171,5 : 772.99

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

В. П. Щепинов, В. В. Яковлев

(Москва)

Голографическая интерферометрия — высокочувствительный бесконтактный метод — позволяет исследовать характер развития деформации поверхности реальных деталей и конструкций, что очень важно для оценки их работоспособности. Путем сравнения двух состояний поверхности на различных этапах нагружения методом двойной экспозиции определяется в общем случае приращение упругопластической деформации, а при сравнении поверхности в исходном состоянии с ее состоянием после нагрузки и полной разгрузки измеряется остаточная деформация.

Записывая волны от четырех состояний поверхности при нагружении и разгрузке детали, можно одновременно осуществлять оба сравнения и фиксировать приращения как полной, так и остаточной деформации. При этом, если величина приращения нагрузки будет постоянна, то можно сравнивать между собой также и картины интерференционных полос, получаемые на различном уровне нагружения. В результате представляется возможным определять величину и характер развития упругой деформации, границу перехода в область упругопластического деформирования, величину и характер развития начальной остаточной деформации. Все это в совокупности дает представление о кинетике деформирования детали.

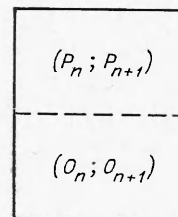
Для осуществления требуемого попарного сравнения световых волн практически удобно использовать два участка одной фотопластинки [1]. Схема экспонирования такой фотопластинки, условно разделенной на две части (верхнюю и нижнюю), для n -й ступени нагружения изображена на фиг. 1. Световая волна от ненагруженного объекта O_n записывается при первой экспозиции на нижнем участке фотопластинки. Второй и третьей экспозициями на верхнем участке фиксируются соответственно световые волны от начального P_n и конечного P_{n+1} состояний поверхности нагруженной детали. Волна, рассеянная объектом после полной разгрузки O_{n+1} , записывается на нижнем участке при четвертой экспозиции. Таким образом, на одной фотопластинке получаются две двухэкспозиционные голограммы.

Картина интерференционных полос, наблюдаемая при восстановлении волн, записанных на верхней голограмме, в общем случае содержит информацию о приращении полной деформации, а картина полос, наблюдаемая через нижнюю голограмму, отражает приращение остаточной деформации. Отсутствие интерференционных полос при наблюдении нижних голограмм свидетельствует о том, что на данных ступенях нагружения происходит только упругое деформирование. Заключение о характере упругой деформации, в частности о ее линейности, можно сделать из сравнения ряда интерферограмм, полученных при постоянной величине приращения нагрузки.

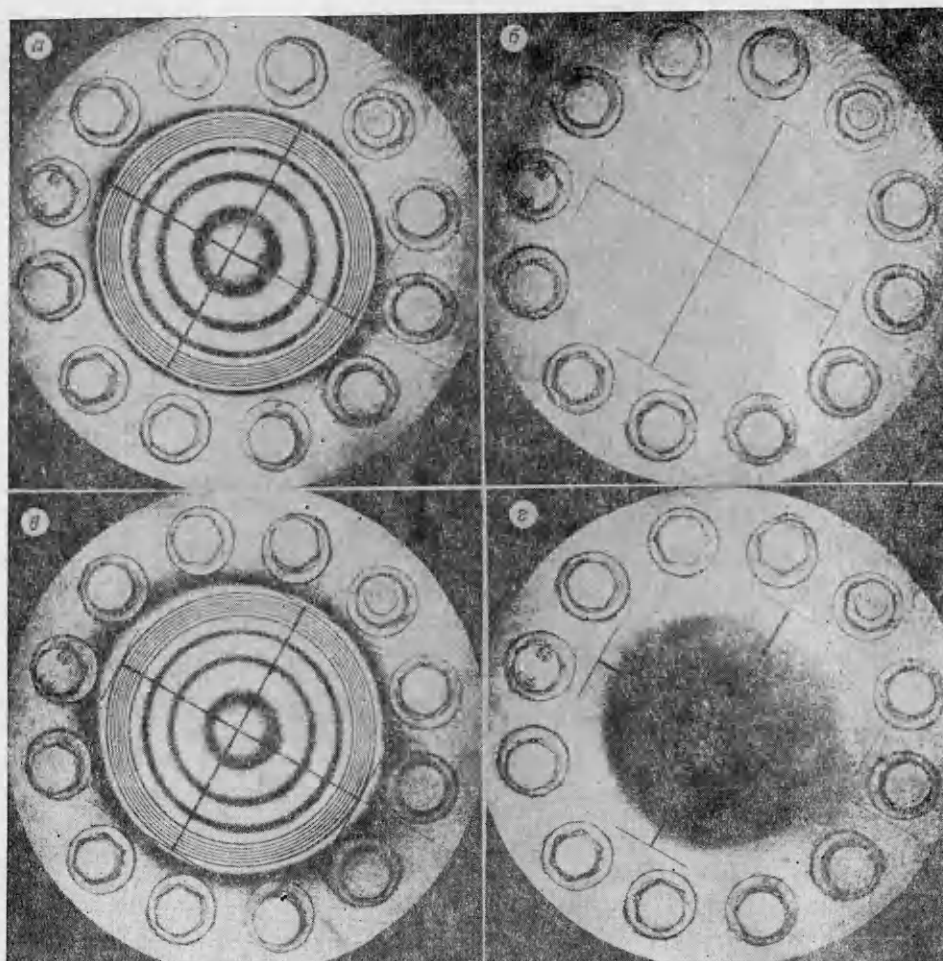
Усилие, при котором впервые наблюдаются интерференционные полосы через нижнюю голограмму, соответствует границе перехода в область упругопластического деформирования. Картины полос, образующиеся при рассмотрении голограмм ($O_n; O_{n+1}$) при дальнейшем ступенчатом нагружении, показывают процесс накопления остаточных деформаций.

Голографическую интерферометрию наиболее целесообразно применять в задачах с известным направлением вектора перемещений точек поверхности, поскольку в этом случае для интерпретации картин полос достаточно одного направления наблюдения [2].

Рассмотренный метод применен для изучения изгиба круглой пластины из сплава Д16Т, заземленной по контуру и нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. Пластина диаметром 70 мм и толщиной 10 мм имеет у закрепления кольцевую проточку шириной 6 мм и глубиной 8 мм. В оптической схеме получения голографических интерферограмм направления освещения и наблюдения совпадают [3]. Благодаря этому достигается наибольшая чувствительность к прогибам, равная половине длины волны источника света ($\lambda/2 = 0,315$ мкм), и сохраняется форма поверхности, что, в свою очередь, упрощает обработку интерферограмм.



Ф и г. 1.



Фиг. 2

Запись световых волн от поверхности пластины в различных состояниях нагружения осуществляется с помощью системы масок [4], закрывающих в определенной последовательности отдельные участки фотопластинки. Выбранным приращением нагрузки, равным 0,96 атм, обеспечивается хорошее разрешение интерференционных полос в зоне кольцевой проточки при достаточном их числе.

Картинки полос, полученные на первых десяти ступенях нагружения, идентичны и свидетельствуют только об упругом характере деформации пластины, поскольку не наблюдается интерференционных полос, отражающих приращение остаточных деформаций. Изображения пластины, наблюдаемые при восстановлении волн, записанных на верхней и нижней голограммах, для десятой ступени нагружения показаны на фиг. 2, а ($P_9; P_{10}$), б ($O_9; O_{10}$) соответственно. Большое число полос на участке проточки отражает существенно большую его деформацию по сравнению с центральной частью пластины. Интерферограммы приращению полной и остаточной деформации для одиннадцатой ступени нагружения представлены на фиг. 2, в ($P_{10}; P_{11}$), г ($O_{10}; O_{11}$). Появление первой полосы, показанной на фиг. 2, г, свидетельствует о переходе пластины в

область упругопластического деформирования при данной нагрузке.

Зависимости величины максимального прогиба пластины w от давления p для упругой 1 и остаточной 2 деформации построены на фиг. 3. Графики свидетельствуют о линейном характере упругого деформирования и нелинейном процессе накопления остаточных деформаций на начальном этапе пластического деформирования.

Высокая чувствительность метода голографической интерферометрии ограничивает диапазон измеряемых величин перемещений на одной ступени нагружения. При значительной величине упругой деформации можно фиксировать интерферограммы только на отдельных ступенях, но обязательно при постоянном приращении нагрузки.

В заключение необходимо отметить, что рассмотренный метод позволяет исследовать процесс деформирования деталей с учетом их конструктивных особенностей, механических свойств материала и технологии изготовления.

Поступила 22 XII 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. Щепинов В. П., Морозов Б. А., Аистов В. С. Разделение упругих и остаточных деформаций методом голографической интерферометрии. III Всесоюзный семинар «Оптико-геометрические методы исследования деформаций и напряжений» (тезисы докладов). Днепропетровск, 1978.
2. Voone P. M. Measurement of displacement, strain and stress by holography. The engineering uses of coherent optics. Cambridge, 1976.
3. Сапунов В. Т., Селезнев В. Г., Щепинов В. П., Яковлев В. В. Использование голографической интерферометрии для определения напряженного и деформированного состояния твердых тел. — В кн.: Проблемы голографии. Вып. 3. М., 1973.
4. Hariharan P., Hegedus Z. S. Simple multiplexing technique for double-exposure hologram interferometry. — «Opt. Commun.», 1973, vol. 9, N 2.

УДК 534.222.2

УРАВНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ДЛЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Н. С. Козин, Ю. С. Степанов, Н. Н. Холин

(Красноярск, Москва)

Проводятся теоретические исследования неупругого поведения поликристаллических металлических материалов на основе дислокационных представлений, развиваемых в работах [1—3]. Кинетические уравнения для одномерного деформирования среды были получены в работах [1, 2]. В работе описывается возможный вариант обобщения одномерных уравнений движения среды с дефектами структуры на случай трехмерного деформирования.

1. В широком диапазоне изменения скоростей деформации и температур микроструктурные механизмы динамики дислокаций определяют неупругое поведение металлических материалов. В общем случае плот-