

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ НЕТАРИРОВАННЫХ ХРУПКИХ ПОКРЫТИЙ

А. Я. Александров, М. Х. Ахметзянов

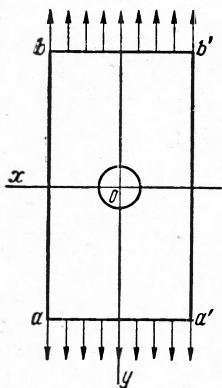
(Новосибирск)

Метод хрупких покрытий дает возможность достаточно просто определять на поверхности исследуемой детали направления главных деформаций, которые при упругом деформировании деталей из изотропного материала совпадают с направлениями главных напряжений. (Трещины в хрупкой пленке располагаются перпендикулярно к направлению главных деформаций растяжения.)

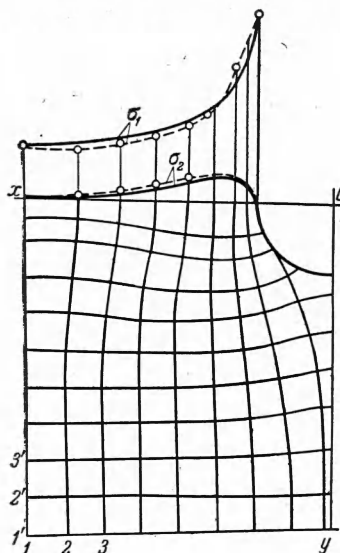
Что касается определения величины напряжений при помощи существующих способов обработки картин появления трещин в покрытии, то здесь для получения приемлемых результатов требуется обеспечить высокую стабильность и однородность предварительно оттарированного покрытия.

Трудность получения такого покрытия препятствует широкому использованию метода для количественного определения напряжений.

В заметке предлагается метод обработки результатов эксперимента при помощи хрупких покрытий, позволяющий количественно определять напряжения в деталях, работающих в условиях плоской задачи, без тарировки покрытий и без специальных мер по обеспечению их стабильности.



Фиг. 1



Фиг. 2

Метод основан на использовании схемы, предложенной в работе [1] для фотоупругих покрытий, и применим в случаях, когда нагрузки, действующие на контуре исследуемой области, известны.

При этом методе картина трещин в упругом покрытии используется только для построения траекторий главных напряжений, величины же напряжений находятся из рассмотрения равновесия элемента, ограниченного траекториями.

Уравнения равновесия Ляме — Максвелла для такого элемента имеют вид

$$\frac{\partial \sigma_1}{\partial S_1} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\rho_2} = 0, \quad \frac{\partial \sigma_2}{\partial S_2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\rho_1} = 0 \quad (1)$$

Здесь σ_1 и σ_2 — главные напряжения, S_1 и S_2 — длины траекторий главных напряжений, ρ_1 и ρ_2 — радиусы кривизны этих траекторий.

Из уравнений (1) находим

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_1^0 - \Sigma (\sigma_1 - \sigma_2) \frac{\Delta \theta_2}{\Delta S_2} \Delta S_1 \\ \sigma_2 &= \sigma_2^0 - \Sigma (\sigma_1 - \sigma_2) \frac{\Delta \theta_1}{\Delta S_1} \Delta S_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь θ_1 , θ_2 — углы наклона главных напряжений к оси x .

Способ обработки результатов эксперимента и порядок вычислений покажем на примере растяжения полосы с круглым отверстием (фиг. 1). На основе картины трещин построим траектории главных напряжений (фиг. 2).

На нагруженных кромках aa' и bb' известно одно главное напряжение $\sigma_1 = \sigma_y = \sigma_1^0$, на свободных кромках ab и $a'b'$ также известно одно главное напряжение $\sigma_2 = \sigma_x = \tau_{xy} = 0$.

Интегрированием вдоль кромок ab и $a'b'$, где $\sigma_2 = 0$, найдем напряжения σ_1 на этих кромках. Аналогично интегрированием вдоль кромок aa' и bb' найдем напряжения σ_2 на этих кромках.

Напряжения внутри области будем определять при помощи выражений (2), перемещаясь вдоль траекторий следующим образом (фиг. 2). Записывая уравнения (2) при продвижении от точек 2 и 2', найдем напряжения σ_1 и σ_2 в точке 22' (точка 22' лежит на пересечении траекторий, проходящих через точки 2 и 2', точка 23' — на пересечении траекторий, проходящих через точки 2 и 3' и т. д.). Если разности главных напряжений $\sigma_1 - \sigma_2$ взять по исходным точкам, то напряжения в точке 22' определяются сразу.

При высоких градиентах напряжений для большей точности следует брать средние значения разностей главных напряжений между искомой и исходными точками. В этом случае напряжения в точке 22' находятся решением системы двух уравнений (2) или при помощи последовательных приближений. Аналогично находятся напряжения в точке 23' по напряжениям в точках 22' и 3', напряжения в точке 32' — по напряжениям в точках 3' и 22' и так далее по всей области.

На фиг. 2 показаны графики распределения главных напряжений σ_1 и σ_2 по сечению $y = 0$, полученные описанным способом (пунктирные линии) и построенные при помощи известного решения этой упругой задачи (сплошные линии).

Поступила 20 VII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. Я. Об одной возможной схеме применения метода фотоупругости к исследованию плоских упруго-пластических задач. Тр. Новосибирского института инженеров ж. д. транспорта. Трансжелдориздат, 1952, вып. 8.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗРЫВНЫХ ВОЛН В ГЛИНИСТОМ ГРУНТЕ

Г. М. Ляхов, Э. В. Нарожная

(Москва)

В последнее время вышел ряд работ, посвященных экспериментальному исследованию взрывных волн в неводонасыщенных и водонасыщенных грунтах. Рассмотрено движение слоев грунта при взрыве [1], определены параметры волн в зависимости от содержания воды и воздуха в порах [2], исследовано распространение волн в слоистых грунтах [3], подтверждена применимость условия пластичности [4], рассмотрен выброс [5] и направленное метание грунта [6]. Эти работы относились в основном к песчаным грунтам.

Ниже приводятся результаты экспериментальных исследований взрывных волн в глинистых (суглинистых) грунтах. Показано, что параметры волн в глинистых и песчаных грунтах с одинаковыми объемными весами скелета и влажностью близки между собой. Определены давления, при которых взрывные волны являются ударными или волнами с постепенным нарастанием давления. Подтверждена применимость принципа подобия.

Эксперименты проводились в глинистом грунте естественного сложения с объемным весом скелета $\gamma = 1.60 - 1.65 \text{ г/см}^3$ и весовой влажностью 6—12%. Гранулометрический состав: частицы диаметром 0.5—0.1, 0.1—0.05, 0.05—0.005, 0.005—0.001 и менее 0.001 мм составляли соответственно 20.4, 20.0, 38.0, 9.3 и 12.3%.

Волны создавались при взрывах сосредоточенных зарядов прессованного тротила весом 0.2, 0.4, 0.8 и 1.6 кг.

Параметры волн записывались при помощи высокочастотных тензометрических и пьезоэлектрических датчиков, показания которых фиксировались на катодном и шлейфном осциллографах. Были применены также крешерные измерители давления. Воспринимающие элементы датчиков ставились по нормали и параллельно к фронту волны. Датчики и заряды устанавливались на глубине от 0.4 до 1.8 м.