
ОПЫТ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ

И.А. Семенов, Г.Г. Позняк

Кафедра технологии машиностроения,
металлорежущих станков и инструментов
Российский университет дружбы народов
Ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117187

На поляризационно-оптических моделях изучается напряженно-деформированное состояние зерен и прослоек структурно-неоднородного материала. Моделируются поля напряжений, возникающие при резании в области обрабатываемой поверхности, прилегающей к передней грани режущего клина структурно-неоднородных материалов.

Постоянно растущие требования к надежности и прочности элементов конструкций приводят к необходимости учета структурной неоднородности материала, которой обладают все реально существующие среды и тела. Структурная неоднородность материала существенно влияет на процесс деформирования и разрушения, она вызывает ряд механических эффектов, которые не могут быть описаны в рамках классических детерминированных теорий. Это свидетельствует о необходимости применения методов нанометрических исследований процессов деформирования, построения соответствующих физических соотношений для материалов, разработки аналитических методов решения задач, связанных со структурной неоднородностью материалов, в особенности таких, как металлы, сплавы, композиционные материалы, применяемые в машиностроении.

Основными способами изучения являются микроскопические исследования с помощью современных электронных исследовательских комплексов и компьютерные исследования на базе математического моделирования методами, в основе которых лежит метод конечных элементов.

Однако микроскопические исследования дают только результат — окончание процесса разрушения, тогда как намного более интересно проследить сам процесс, т.е. последовательность напряжений и деформаций.

Методы компьютерного исследования применимы в основном к изучению объектов на макроуровне, так как метод конечных элементов не приспособлен для разбиения объекта исследования на разные элементы, структуры типа зерен, а разделяет область исследования на условные 3-гранные или 6-гранные элементы, независимо от реально существующих границ между зернами.

Методы и уравнения, разработанные в теории упругости и в теории разрушения, предполагают однородность и изотропию материала. Однако такие материалы, как твердые сплавы, полимербетон, приобретающие все большее распространение в машиностроении, имеют структуру неоднородную, исследовать которую на математических моделях весьма затруднительно в связи с большой трудоемкостью. Приходится рассматривать напряжения в пределах одного зерна, не выходя за его границы, затем рассчитывать распределение напряжений на границах и мысленно вырезать изученное зерно из структуры, компенсируя его воздействия на соседние зерна рассчитанной распределенной нагрузкой. Предло-

женное математическое моделирование, включающее ряд допущений, требует проверки результатов на физических моделях, например на хорошо отработанных моделях фотомеханики.

Поляризационно-оптическое исследование позволяет проследить процесс нагружения от начального момента касания индентора (резца, пуансона и т.д.) до момента возникновения трещины и отделения структурных элементов.

На проведенных опытах рассматривались поля напряжений в моделях зерен структурно-неоднородных материалов, таких как твердые сплавы, полибетон (синтегран), возникающие при резании в области обрабатываемой поверхности, прилегающей к передней грани режущего клина. На поляризационно-оптических моделях показано, в каком направлении будут распространяться напряжения, а также как будет формироваться трещина скола при отделении дискретных элементов структуры.

Объектом моделирования напряжений и деформаций является структура, состоящая из упругих элементов и упругопластических прослоек. В первом приближении полагаем, что отдельное зерно, как элемент композиционной структуры, может быть представлен в виде кубика с протяженностью ребра от 1 до 20 мм, а прослойка — в виде плоской пластины толщиной от 7 до 11% от протяженности ребра, что характерно для синтегранов. Расчетная модель формируется в виде плоской совокупности элементов единичной толщины, образующих структурное квазидискретное полупространство. Задача математического моделирования состоит в том, чтобы рассчитать напряжения в заданных точках зерен и выполнить анализ их напряженно-деформированного состояния путем компьютерного построения комплекта характеристических линий — траекторий главных напряжений, изохром (изолиний максимальных касательных напряжений) и линий скольжения.

Для физического моделирования была изготовлена плоская модель квазидискретной среды в виде параллельно расположенных рядов равновеликих круглых дисков (рис. 1), в первом приближении представляющая собой структуру таких материалов, как твердые сплавы, синтегранны. Модель представляет собой плоскую пластину, диски в которой изготовлены из оптически-чувствительного материала (эпоксидная смола ЭД6 МТГФА). Прослойки между зернами имитируются слоем клея, который на фотограммах выглядит как непрозрачная область.

По фотограммам, полученным в результате экспериментов, построены эпюры напряженных состояний модели при различных схемах приложения нагрузки. Пример одного из вариантов нагружения представлен на рис. 1.

Для исследования был разработан новый стенд, содержащий специальное нагружающее устройство (рис. 2). В существующих нажимных устройствах перемещение нажимного элемента происходит по направляющим, поэтому при несовпадении точки приложения силы к модели с направлением равнодействующей сил, прилагаемых к нажимному элементу, имеют погрешность направления приложения силы. Величина этой погрешности будет напрямую зависеть от точности изготовления направляющих, но всегда будет иметь место, что сказывается на результатах эксперимента. Применение плоскопараллельных пружин

жин в нажимном устройстве позволяет минимизировать эту погрешность. Основное качество этого устройства состоит в том, что передача усилия от винта, нагружающего модель через стакан 2 и нажимной элемент 3, производится без изменения направления, вне зависимости от того, лежит точка контакта модели и элемента нажимного на линии действия силы или имеет место отклонение от этой линии.

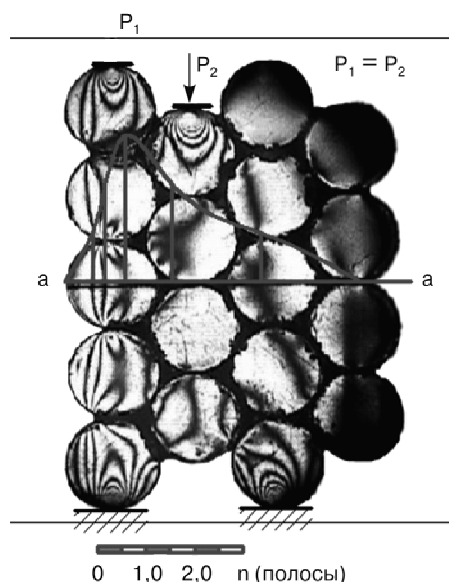


Рис. 1. Модель сегмента дискретной среды и распределение максимальных касательных напряжений в моделях зерен

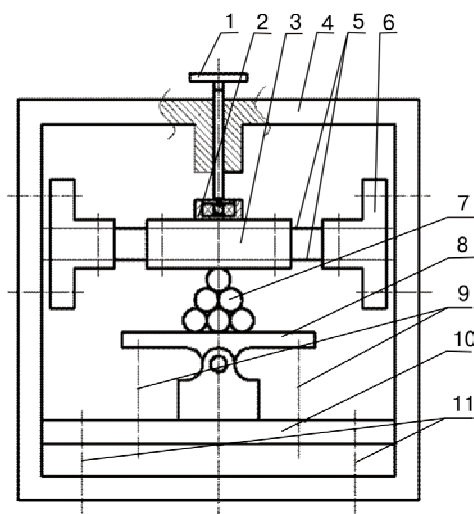


Рис. 2. Стенд для исследования моделей структурно-неоднородных материалов:

1 — винт нагружающий; 2 — стакан; 3 — элемент нажимной; 4 — рама; 5 — пружина плоская; 6 — элемент установочный; 7 — модель; 8 — стол поворотный; 9 — винт регулировочный; 10 — основание стола; 11 — винт регулировочный

Эксперименты на модели, представляющей собой область из нескольких параллельно расположенных рядов зерен, при различных вариантах нагружения модели квазидискретного материала, показали, что независимо от локализации силового воздействия максимальные касательные напряжения наблюдаются в крайнем ряду, имитирующем поверхность срезаемого слоя. При переходе от диска к диску, т.е. от «зерна» к «зерну» материала, напряжения резко падают, что значительно отличается от распределения напряжений в однородных материалах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости / Пер. с англ. — М.: Наука, 1979.
- [2] Кошеленко А.С., Позняк Г.Г. Теоретические основы и практика фотомеханики в машиностроении. — М.: Граница, 2004.

EXPERIENCE OF OPTICAL-POLARIZATION MODELLING OF THE STRUCTURALLY-NON-HOMOGENOUS MATERIAL AREA

I.A. Semenov, G.G. Poznyak

Faculty of mechanical engineering technology,
metal-cutting and machine tools

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The intense-deformed condition of grains and layers of non-homogenous materials are studying on optical-polarization models. The fields of pressure of cutting are modelling in the turning zone of non-homogenous materials adjoining to a forward side of a cutting edge.