
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗЕРНАХ И МЕЖЗЕРНЫХ СВЯЗЯХ МОДЕЛИ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Вассихун Й. Амедие, А.С. Кошеленко,
В.В. Копылов, Г.Г. Позняк**

Кафедра технологии машиностроения
металлорежущих станков и инструментов
Российского университета дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Рассматривается моделирование привершинной области режущей пластины как структурно-неоднородного материала и результаты исследования модели с помощью метода фотомеханики. Фотограммы, полученные с применением цифровой фотокамеры, позволяют оценить распределение напряжений в упругопластичных связях жестких зерен материала.

Анализ проблем статической и динамической прочности современных материалов режущих пластин показывает, что существует общность механизмов их разрушения. Экспериментальные исследования статической и динамической прочности таких материалов показывают, что их разрушение происходит либо в результате отрыва высокопрочных зерен структуры от нагруженной поверхности, либо из-за образования микротрещин, которые путем слияния формируют поверхности скола или вырыва, приводящие к отделению блока зерен [1; 5; 6]. При рассмотрении этого явления с позиций особенностей строения структурно-неоднородных материалов предполагают, что независимо от конкретного физического состава причиной возникновения микротрещин является малоцикловая усталость материала связки и постепенное накопление усталостных разрушений.

Математические модели описанного механизма весьма условны и ориентируются на определенные существующие методы решения и программы, в результате чего, как правило, дают только качественные оценки конкретных задач.

На основе анализа выполненных ранее исследований [3; 4] была поставлена задача рассмотреть плоскую модель структурно-неоднородного материала, представляющую собой совокупность жестких элементов, соединенных между собой упругими связями. Для разработки математической модели необходимо было получить определенные данные, которые могли бы подтвердить обоснованность принятых допущений, а также обоснованно выбрать конкретные численные соотношения с целью анализа математической модели на компьютере. Такую задачу целесообразно решать путем исследования физической модели методами фотомеханики.

Была разработана поляризационно-оптическая модель, которая имитирует зерна материала в виде квадратных пластин и связи между зернами методом создания прорезей в материале. Модель была изготовлена из материала

ЭД6-МТГФА в виде пластины 120 мм × 100 мм толщиной 5 мм. Физические характеристики: модуль упругости $E = (2,5—3,5) \cdot 10^3$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,36—0,37$, предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}} = 40—50$ МПа.

Эскиз модели, включающей 4 элемента, имитирующих зерна, а также схема одного такого элемента с его упругими связями, расположенного в вершине режущего клина, показана на рис. 1. Формирование жестких зерен и упругих связей между ними выполнялось путем высверливания отверстий по периметру моделей зерен. Тем самым образовывались упругие опоры, симметрично расположенные между зернами. В отличие от модели, описанной в работе [4], упругие связи в модели имитируются не прослойками, а совокупностью связей, каждая из которых представляет собой упругую опору, обладающую линейной податливостью по двум осям и угловой податливостью.

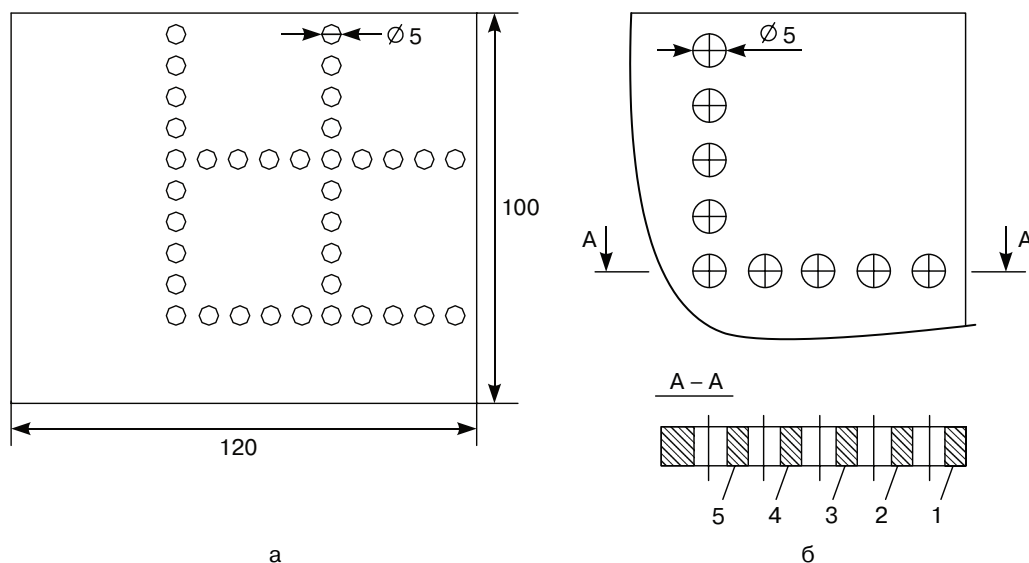


Рис. 1. Эскиз поляризационно-оптической модели:

а — модель с четырьмя зернами; б — модель зерна в привершинной области режущей пластины

Вид одной из опор показан на рис. 2. Фотограммы нагружения модели показывают, что нагрузка в элементах модели, имитирующих упругие связи, по мере удаления от места приложения нагрузки настолько резко уменьшается, что имеет смысл подробно анализировать и производить математическую обработку фотограмм только в связях первого (углового) жесткого элемента. В таблице представлены результаты расчетов максимальных касательных напряжений τ_{max} в пяти сечениях (рис. 1б).

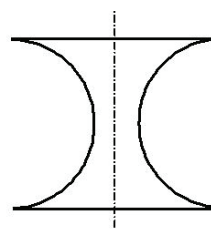


Рис. 2. Опора

Максимальные касательные напряжения τ_{\max} в Н/см² в сечениях модели

№ сечения	Схема нагружения					
1	499	516	86	86	516	413
2	550	430	103	172	430	258
3	637	241	155	224	361	206
4	688	172	206	103	206	35
5	774	86	172	86	103	17

Распределение напряжений в сечениях представлено на рис. 3.

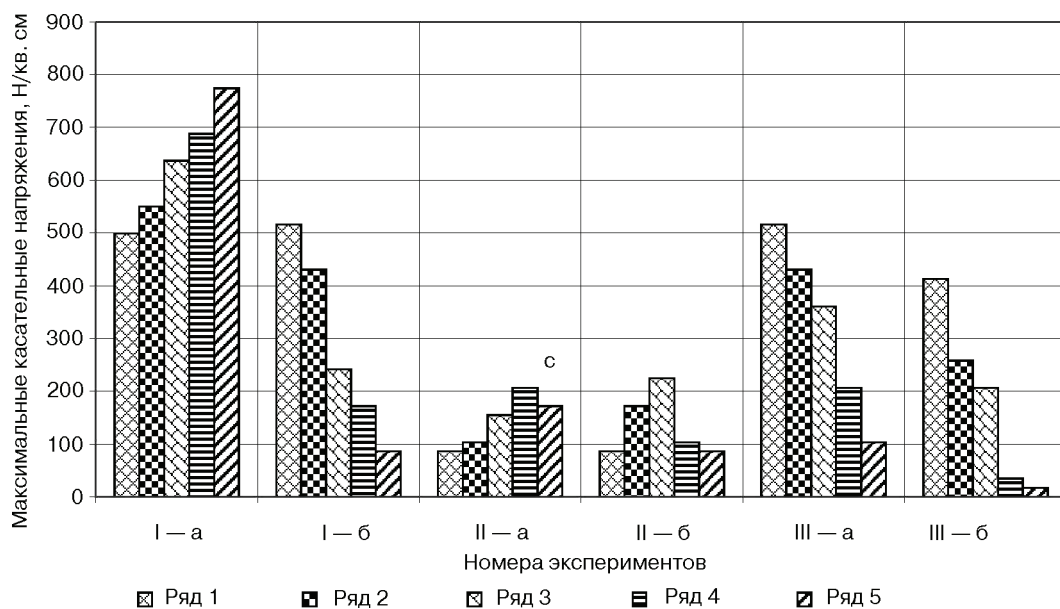


Рис. 3. Диаграмма распределения напряжений в упругих связях физической модели (номера рядов соответствуют номерам сечений на рис. 1б)

В заключение можно отметить, что напряжения в упругих связях между одинаковыми по форме и размерам зёрнами в значительной степени зависят от точки приложения действующего усилия. Характерно также, что максимальные напряжения наблюдаются в упругих связях, расположенных по краям зёрен. Это свидетельствует о том, что зёрна испытывают поворот, способствующий возникновению хрупкой формы разрушения.

Методика исследования позволяет получить конкретные данные для использования их при компьютерном анализе математической модели.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Алехин В.П.* Физика прочности и пластичности поверхностных слоев металла. — М.: Наука, 1983.
- [2] *Кащеев В.Н.* Процессы в зоне фрикционного контакта металлов. — М.: Машиностроение, 1978.
- [3] *Кошеленко А.С., Позняк Г.Г.* Теоретические основы и практика фотомеханики в машиностроении. — М.: Граница, 2004.
- [4] *Кошеленко А.С., Позняк Г.Г., Рогов В.А., Чавес И.К.* Математическая модель разрушений в приповерхностных областях скользящего контакта. Физика, химия и механика трибосистем // Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 4. — Иваново: Издательство Ивановского государственного университета, 2005. — С. 15—18.
- [5] *Крагельский И.В., Демкин Н.Б.* Исследование деформаций в зоне контакта твердых тел // Вестник АН СССР. — 1960. — № 11.
- [6] *Кудиш И.И.* Контактная задача теории упругости для предварительно напряженных тел с трещинами // Прикладная механика и технология физики. — 1987. — № 2. — С. 144—152.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF STRESS OF GRAINS AND INTER-GRAIN BOUNDS IN A MODEL OF HETEROGENEOUS STRUCTURE MATERIALS

**Wassihun Y. Amedie, A.S. Kashilenko,
V.V. Kopilov, G.G. Pozniak**

Department of technology of machine construction,
metal cutting machine tools and instruments
Peoples' Friendship University of Russia
Mikluha Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

In this research physical modeling is applied to investigate stress condition of carbide cutting tools as heterogeneous structure using method of photo elasticity. The photogram pattern interpreted and reveals the overall stress distribution in elasto-plastic bounds of rigid grains of the material.