

изменение данной формы частицы на цилиндрическую с закругленными вершинами позволяет снизить концентрацию напряжений. Исследования мезомеханической модели фрагментов композиционного металлополимерного покрытия, основанные на дискретизации (в первую очередь конечноэлементной), позволили провести детальный анализ его напряженно-деформированного состояния, недостижимый средствами континуальной механики деформируемого твердого тела.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВКЛЮЧЕНИЕ–МАТРИЦА ПРИ ДЕЙСТВИИ НА МАТЕРИАЛ СЖИМАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ

В.А. Пигенко, И.Н. Степанкин

*Гомельский государственный технический университет
им. П.О. Сухого
Гомель, Беларусь*

Основным видом разрушения высокопрочных сталей, используемых для холодновысадочного инструмента работающего при воздействии высоких контактных нагрузок, является усталостное разрушение. Причиной зарождения микротрещин, приводящих к усталостному разрушению, могут быть различные неметаллические включения, в том числе вторичные крупные карбиды, т.к. они являются концентраторами напряжений при воздействии на инструмент нагрузки. Величина коэффициента концентрации напряжений зависит от многих факторов: формы включений, их размеров, упругих свойств, ориентации по отношению к приложенной на-

грузке, расстояния между соседними включениями и их взаимного расположения. Исследования влияния включений на концентрацию напряжений довольно широко освещены в литературе, однако рассмотрены не все факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние системы включение–матрица. Так, например, практически ничего не известно о влиянии угла наклона включений к линии действия нагрузки на концентрацию напряжений, а также о напряженно-деформированном состоянии системы включение–матрица при действии сжимающих нагрузок.

В данной работе исследовано влияние ориентации эллиптических включений на напряженно-деформированное состояние при одноосном сжатии. Расчет напряженно-деформированного состояния осуществлен с помощью метода конечных элементов, реализованного программой ANSYS.

Критериями прочности при численном анализе сложного напряженно-деформированного состояния системы включение–матрица выбраны: деформации при растяжении, касательные напряжения, эквивалентные напряжения по четвертой теории прочности. Основой для выбора деформаций в качестве критерия стало предположение, что опасное с точки зрения разрушения состояние материала наступает тогда, когда наибольшая по величине линейная деформация достигает значения, соответствующего отрыву при линейном растяжении. Такая оценка характерна для определения опасного состояния при сложном напряженном состоянии хрупких материалов (вторая теория прочности). Выбор в качестве критериев касательных и эквивалентных напряжений основан на предположении о возникновении на границе включения опасной пластической деформации, которая обусловлена высокими касательными напряжениями или высокой энергией формоизменения, зависящей от эквивалентных напряжений (четвертая теория прочности).

В данной работе исследовано влияние ориентации эллиптических включений на напряженно-деформированное состояние при одноосном сжатии. На рисунке 1 представлена конечно-элементная модель включения. Размеры включений выбраны с максимальной для существующих карбидных включений в стали Р6М5

длиной ($a/b = 8$), определенной по данным металлографических исследований.

Проведенные исследования показали, что наиболее опасными положениями с точки зрения хрупкого зарождения трещины является расположение частицы под углами $\alpha = 0^\circ$ и $\alpha = 90^\circ$ к направлению действия силы, а с точки зрения зарождения трещины из-за пластического деформирования или скольжения на границе включение–матрица – $\alpha = 0...35^\circ$. Минимум деформаций и напряжений возникает при расположении включения под углами $\alpha = 50...55^\circ$, что объясняется смещением максимума от вершины на середину включения.

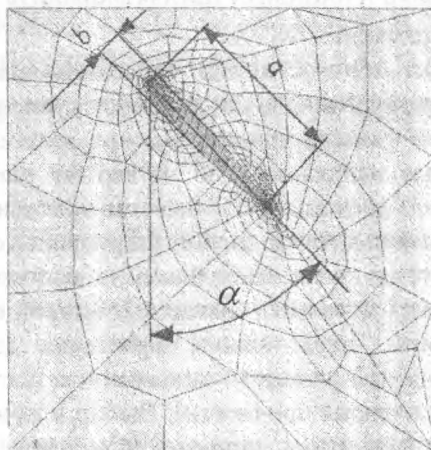


Рисунок 1. Конечно-элементная модель одиночного включения

Данные исследования влияния положения включения на напряженно-деформированное состояние системы включение–матрица проведены лишь для одиночного включения. Однако в реальных материалах возможно образование скоплений включений. Поэтому были проведены исследование влияния расстояния между соседними включениями для разных положений.

Исследования влияния расстояния между карбидами проводили для двух критических положений одиночного карбида, т.е. под углами 0° и 90° к линии действия приложенной нагрузки. Взаимное положение включений рассматривали также для двух крайних случаев – когда оси включений параллельны и когда они лежат на одной линии, как показано на рисунке 2.

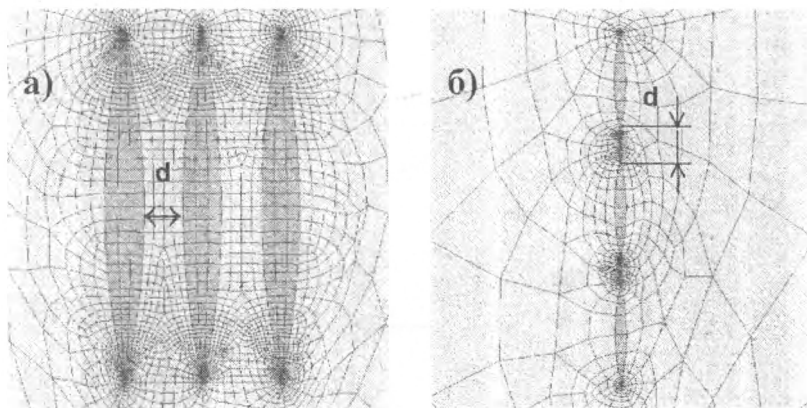


Рисунок 2. Конечно-элементные модели включений (а – расположение включений параллельно, б – строчечное расположение включений)

Проведенные исследования показали, что при параллельном расположении включений эллиптической формы (рисунок 2а) расстояние между ними в диапазоне 1-10 мкм оказывает незначительное влияние на коэффициент концентрации напряжений и деформаций. При расположении включений в одну линию (рисунок 2б) взаимовлияние на коэффициент концентрации напряжений сказывается при расстояниях между включениями менее 2 мкм.