

УДК 621.9.025

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ МАТЕРИАЛА
ТОНКИХ ПОКРЫТИЙ КВАЗИХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ**

Александр Александрович Кислов

*Студент 3 курса, бакалавриат**кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»**Ульяновский государственный технический университет**Научный руководитель: А.В. Чихранов,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты»*

В механике разрушения для оценки сопротивления хрупких материалов процессам развития трещины используют понятие критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} . Выражение для его определения получено на основании математического анализа распространения бесконечно острой трещины в непрерывной упругой среде при абсолютно хрупком разрушении материала, т. е. при условии, что у вершины трещины отсутствует проявление его пластических свойств. В то же время в работах [1, 2] отмечается, что хрупкому разрушению реальных материалов всегда предшествует определенная пластическая деформация, возникающая около ее вершины. Величина зоны пластических деформаций и ее интенсивность зависят прежде всего от материала. Для учета запаса пластичности материала при развитии трещины используют понятие вязкости разрушения $K_{ICП}$. При этом для расчета величин K_{IC} и $K_{ICП}$ применяют одно и то же уравнение:

$$K_{IC} = \sqrt{\frac{2E\gamma}{1-\nu^2}} \quad K_{ICП} = \sqrt{\frac{2E\gamma_s}{1-\nu^2}}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости первого рода; ν – коэффициент Пуассона; γ – поверхностная энергия твердого тела, Дж/м²; γ_s – эффективная поверхностная энергии, Дж/м², равная сумме поверхностной энергии твердого тела γ и удельной работы пластической деформации материала у конца трещины $\gamma_{пл}$.

При исследовании прочностных свойств относительно хрупких материалов более часто используют величину критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} . Использование такой характеристики объясняется простотой ее расчета. Кроме того, считается, что вклад работы $\gamma_{пл}$, затрачиваемой на пластическую деформацию материала у конца трещины, невелик и можно считать, что $\gamma_s \approx \gamma$ (или, соответственно, $K_{ICП} \approx K_{IC}$).

В работе была произведена оценка величин критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} и вязкости разрушения $K_{ICП}$ износостойких покрытий на основе нитрида титана, полученных методом конденсации вещества в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ) [3]. Расчет величин K_{IC} и $K_{ICП}$ проводили по методике, предложенной в работе [4]. Результаты расчета для различных покрытий представлены в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1, вязкость разрушения $K_{ICП}$ больше критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} в 3,4...3,7 раза. Это свидетельствует об упруго-пластическом разрушении материала покрытия при развитии в нем трещин. При этом около 80 % энергии разрушения затрачивается на работу пластической деформации материала у конца трещины ($\gamma_{пл}$) и только около 20 % на образование свободных поверхностей (берегов трещины). Поэтому для расчета сопротивления процессам развития трещины материалов износостойких ионно-плазменных покрытий

на основе нитрида титана необходимо использовать величину вязкости разрушения K_{ICP} , а не критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} . Последний может лишь служить для грубой предварительной оценки на начальном этапе выбора материала износостойкого покрытия.

Таблица 1. Сравнительные характеристики покрытий

Наименование покрытия	Критический коэффициент интенсивности напряжений K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	Вязкость разрушения K_{ICP} , МПа·м ^{1/2}
TiN	3,39	12,29
TiAlN	4,07	14,77
TiZrN	4,22	14,44
TiSiN	3,88	14,46
TiFeN	3,67	12,59
TiCrN	3,80	13,04
TiMoN	3,96	13,84

Следует также отметить, что для покрытий сложного состава наблюдается увеличение как значения критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} (на 8...25 %), так и величины вязкости разрушения K_{ICP} (на 2...20 %), что показывает их более высокие способности к сопротивлению квазихрупкому разрушению.

Литература

1. *Кремнев Л.С.* Критический коэффициент интенсивности напряжения и вязкость разрушения высокопрочных инструментальных материалов // *Металловедение и термическая обработка металлов*, 1996. – №1. – С. 30 – 35.
2. *Пестриков В.М., Морозов Е.М.* Механика разрушения твердых тел: курс лекций. – СПб.: Профессия, 2002. – 320 с.
3. *Табаков В.П., Смирнов М.Ю., Циркин А.В., Чихранов А.В.* Износостойкие покрытия для поверхностного упрочнения режущих инструментов // *Упрочняющие технологии и покрытия*, 2005. – №8. – С. 21-26.
4. *Табаков В.П., Чихранов А.В.* Определение механических характеристик износостойких ионно-плазменных покрытий на основе нитрида титана // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2010. Том. 12. № 4. С. 292–297.