ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.422.23

ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ У ЗАТУПЛЕННОЙ ВЕРШИНЫ ТРЕЩИНЫ В КРИСТАЛЛЕ*

Д.Н. КАРПИНСКИЙ, С.В. САННИКОВ
(Южный федеральный университет),
Б.В. СОБОЛЬ
(Донской государственный технический университет)

Выполнен расчет эволюции пластической деформации у вершины трещины в кристалле α-Fe в условиях плоской деформации (моды I и II). Получены временные распределения пластической деформации, эффективного сдвигового напряжения, коэффициента интенсивности напряжения. Проведено сравнение результатов расчетов для трещин с затупленной и острой вершинами.

Ключевые слова: *вершина трещины, пластическая деформация, кристалл, дислокации, плоскости скола, системы легкого скольжения, коэффициент интенсивности напряжения.*

Введение. Оценивание влияния формы вершины трещины на характеристики разрушения является актуальной задачей физики прочности и механики разрушения. Выбор модели формы хрупкой трещины существенно влияет на результаты расчета распределения упругого напряжения и деформации в окрестности ее вершины. В простейшем случае трещины-разреза, когда пренебрегают радиусом кривизны вершины $\rho \to 0$, эти распределения можно представить в виде асимптотического ряда по степеням расстояния $r^{(k-1)/2}$ $(k \ge 0)$ от вершины до заданной точки [1, 2]. Пренебрежение членами ряда с $k < 0$ обусловлено условием ограниченности величин перемещений и энергии деформирования у вершины трещины. Расчеты показывают, что распределения напряжений и деформаций содержат лишь особенности в вершине $O\left(r^{-1/2}\right)$ при $k = 0$, которые могут исчезнуть при некотором распределении внешней нагрузки [3]. Кроме детального изучения главного члена асимптотики $(k = 0)$, содержащего особенность, в последние годы внимание исследователей привлекает учет несингулярных слагаемых упругого поля вблизи вершины трещины-разреза $(k \ge 1)$. В работах [4, 5] подробно исследован второй член асимптотики упругого напряжения (Т-напряжение), который в случае трещины-разреза не зависит от r. В этом случае Т-напряжение входит лишь в компоненту тензора напряжения, соответствующую растяжению или сжатию вдоль линии трещины. Расчеты показали, что учет несингулярной составляющей заметно изменяет условия роста трещины [4, 5].

Впервые оценка распределения упругого поля в полярных координатах r и ϕ у вершины хрупкой трещины с учетом ненулевой величины радиуса вершины ρ прямолинейной трещины получена в исследовании [6]. Однако позже была получена более точная формула для распределения компонент тензора напряжений у вершины [7]:

$$\begin{aligned}
\sigma_r &= \frac{K_{\mathrm{I}}}{4\sqrt{2\pi r}}\left[\varphi_1(\rho,r)\cos\left(\frac{\phi}{2}\right) - \psi_1(\rho,r)\cos\left(\frac{3\phi}{2}\right)\right] - \frac{K_{\mathrm{II}}}{4\sqrt{2\pi r}}\left[\varphi_1(\rho,r)\sin\left(\frac{\phi}{2}\right) + \psi_2(\rho,r)\sin\left(\frac{3\phi}{2}\right)\right], \\
\sigma_\phi &= \frac{K_{\mathrm{I}}}{4\sqrt{2\pi r}}\left[\varphi_2(\rho,r)\cos\left(\frac{\phi}{2}\right) + \psi_3(\rho,r)\cos\left(\frac{3\phi}{2}\right)\right] - \frac{K_{\mathrm{II}}}{4\sqrt{2\pi r}}\left[\varphi_2(\rho,r)\sin\left(\frac{\phi}{2}\right) + \psi_4(\rho,r)\sin\left(\frac{3\phi}{2}\right)\right], \qquad (1) \\
\tau_{r\phi} &= \frac{K_{\mathrm{I}}}{4\sqrt{2\pi r}}\left[\varphi_3(\rho,r)\sin\left(\frac{\phi}{2}\right) + \psi_5(\rho,r)\sin\left(\frac{3\phi}{2}\right)\right] + \frac{K_{\mathrm{II}}}{4\sqrt{2\pi r}}\left[\varphi_3(\rho,r)\sin\left(\frac{\phi}{2}\right) + \psi_6(\rho,r)\sin\left(\frac{3\phi}{2}\right)\right],
\end{aligned}$$

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 10-08-00839-а).