ПЛАСТИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ В ПЛОСКОМ КРИВОЛИНЕЙНОМ КАНАЛЕ С УГЛОВЫМИ ТОЧКАМИ

А. Ю. Лошманов

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», loshmanov@kmscom.ru

В работах [1, 2] на основании модели идеального жесткопластического тела предлагается подход к определению полей деформаций в окрестности особенности в виде центра веера линий скольжения. Рассматривается задача о течении жесткопластического материала по каналу постоянной высоты с круговым изгибом и угловой точкой.

Рассмотрим канал с n угловыми точками (пример канала при $n = 2$ представлен на рис. 1). Определение полей деформаций будем рассматривать в рамках плоской деформации идеального жесткопластического тела, а в качестве меры деформации примем тензор конечных деформаций Альманси E_{ij} [1].

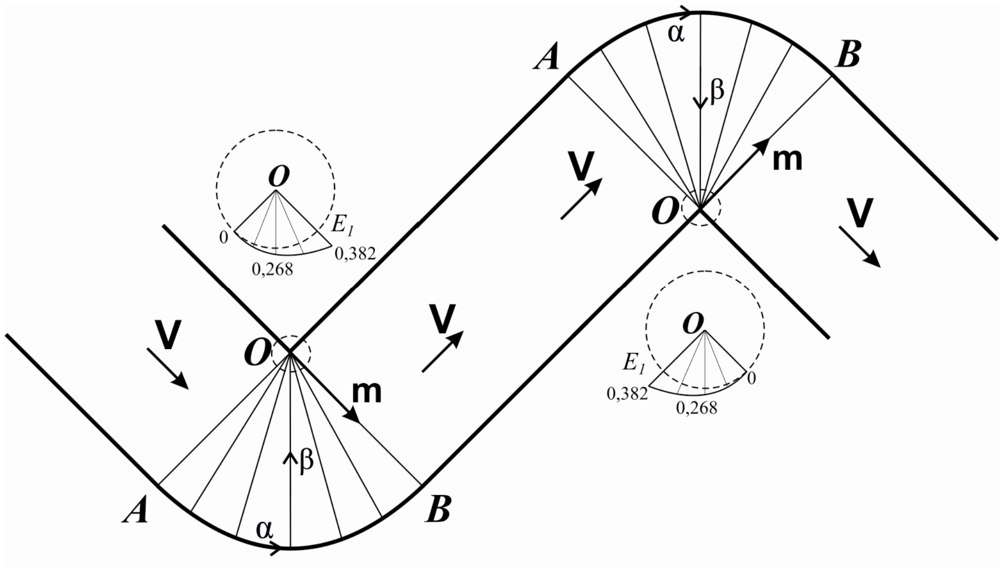

Рис. 1. Плоский криволинейный канал с двумя угловыми точками

Удельная мощность диссипации энергии определяется выражением

$$D = \sigma_{ij}\varepsilon_{ij} = 2\tau_{max}\varepsilon_{max},$$

где τ_{max} – максимальное касательное напряжение, ε_{max} – максимальная скорость сдвига

$$\tau_{max} = k, \quad \varepsilon_{max} = \frac{1}{R}\left(\frac{\partial v}{\partial \alpha} + u\right) - \frac{1}{S}\left(\frac{\partial u}{\partial \beta} - v\right).$$

Здесь R – радиус кривизны линий семейства α, S – радиус кривизны линий семейства β; u, v – проекции скорости перемещения на α, β-линии, соответственно.

В рассматриваемом пластическом течении (рис. 1) траектории движения частиц совпадают с семейством -линий и являются окружностями с центром в точке O [2]:

$$\frac{\partial u}{\partial \beta} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial \alpha} = 0, \quad u = V, \quad v = 0, \quad S = \infty.$$

Поэтому

$$D = \frac{2kV}{R}.$$

Время нахождения частицы в веере $T = \frac{\delta R}{V}$, где δ – угол нахождения частицы внутри веера линий скольжения семейства β, отсчитываемый от линии OA.

Удельная диссипация энергии частиц в окрестности точки O определяется в виде

$$H = \int_0^T D dt = 2k\delta, \quad W = \frac{H}{k} = 2\delta.$$

Пусть частицы проходят все n окрестностей угловых точек, тогда удельная диссипация энергии таких частиц может быть найдена следующим образом:

$$W = \pi n.$$

На рис.1 показано распределение деформаций (первого главного, алгебраически наибольшего, значения тензора конечных деформаций Альманси) в окрестности обеих угловых точек. Анализ полученных полей деформаций показывает, что наличие в канале четного числа угловых точек приводит к тому, что частица, прошедшая веера линий скольжения в окрестности этих точек, получит нулевую деформацию. В данном случае течение представляет собой повторно-кинематическое нагружение, аналогичное процессам малоцикловой усталости [3]. Подобные процессы могут не вызывать деформаций материала, но вести к увеличению его повреждаемости. Поэтому такие процессы следует связывать не с деформационными, а энергетическими характеристиками.

Предложенный подход позволяет описывать поле деформаций и удельной диссипации механической работы с учетом накопления при изгибе полосы, при некоторых видах листовой прокатки, при выглаживании листовых деталей угловым штампом, при равноканальном угловом прессовании [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Буханько А.А., Лошманов А.Ю., Хромов А.И.* Расчет полей деформаций в задачах обработки материалов давлением при наличии особенностей поля скоростей перемещений // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2006. № 9. С. 22.

2. *Лошманов А.Ю.* Математическое описание полей деформаций в некоторых задачах обработки металлов давлением // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2011. Т. 1. № 5. С. 10-15.

3. *Кочеров Е.П., Буханько А.А., Хромов А.И.* Деформационно-энергетический подход и малоцикловая усталость материалов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2011. № 3-1. С. 23-27.