

гия обработки металлов давлением" Белорусского политехнического института на ближайшие 25-30 лет. Такими направлениями, профилирующими кафедру, по нашему мнению, могут быть:

1) получение заготовок из порошковых материалов и гранул и изготовление из указанных заготовок изделий путем ковки, штамповки в штампах, прессования, прокатки и другими методами в различных средах;

2) исследование процессов высокоскоростного деформирования;

3) применение вибраций низкой частоты и колебаний ультразвукового диапазона при вырубке-пробивке, вытяжке, прессовании, гибке, прокатке, волочении и других процессах обработки давлением.

Кафедра располагает высококвалифицированными кадрами и необходимым оборудованием для успешного проведения работ по указанным направлениям.

УДК 620.178.7

Е.И.Вербницкий, А.Д.Евзиков

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ПЛОСКОГО ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ УПРОЧНЕНИЯ

Исследование напряженно-деформированного состояния при высокоскоростном деформировании с привлечением модели жесткопластического тела является справедливым только для малых и сравнительно равномерных деформаций. Увеличение обжатий ведет к значительным отклонениям результатов эксперимента от данных расчета. Причиной, вызвавшей эти отклонения, является упрочнение, которое зависит от параметров процесса и изменяется в деформируемом объеме.

Изменение предела текучести в условиях изотропного упрочнения может быть представлено в виде

$$k = k(q^p, T, H_i) \quad .$$

где q^p - параметр Одквиста, характеризующий интенсивность накопленных в течении данного отрезка времени пластических деформаций; T - температура; H_i - интенсивность скоростей деформации;

ции.

Использование представленной зависимости в расчетах связано со значительными трудностями определения приведенных параметров в деформируемом объеме. Поэтому в настоящей работе предлагается использовать закон упрочнения в виде

$$k = k(x, y) \quad ,$$

который в каждом конкретном случае можно определить сравнительно простыми экспериментальными методами.

Ниже приводится метод приближенного решения уравнений движения при плоском деформировании совместно с уравнением пластичности, в котором $k = k(x, y)$:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \rho a_x \quad ; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = \rho a_y \quad ; \quad (2)$$

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = 4k^2 \quad , \quad (3)$$

где σ_x , σ_y , τ_{xy} - компоненты тензора напряжений в прямоугольной декартовой системе координат;

ρa_x , ρa_y - удельные инерционные силы, действующие в направлении осей \bar{x} , \bar{y} соответственно.

После подстановки значения σ_y из уравнения (3) уравнение (2) преобразуется к виду:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{2\tau_{xy}}{\sqrt{k^2 - \tau_{xy}^2}} \cdot \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \rho a_y^{(k)} \quad (4)$$

где

$$\rho a_y^{(k)} = \rho a_y + \frac{2k}{\sqrt{k^2 - \tau_{xy}^2}} \cdot \frac{\partial k}{\partial y} \quad .$$

Характеристическое уравнение системы (I), (4)

$$\begin{vmatrix} -\lambda & 1 \\ 1 & \frac{2\tau_{xy}}{\sqrt{k^2 - \tau_{xy}^2}} - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

имеет два корня $\lambda_i = \frac{\tau_{xy} \pm k}{\sqrt{k^2 - \tau_{xy}^2}}$, где $i = 1, 2$.

Эти корни действительны, так как из уравнения (3) следует, что $|\tau_{xy}| \leq |k|$; кроме того, очевидно, что $\lambda_1 \lambda_2 = -1$.

Таким образом, система (I) - (3) в пластической области имеет два взаимно ортогональных семейства характеристик, дифференциальные уравнения которых приведены ниже:

$$dy - \lambda_i dx = 0$$

$$\begin{aligned} & \left(\lambda_i - \frac{2\tau_{xy}}{\sqrt{k^2 - \tau_{xy}^2}} \right) d\sigma_x + d\tau_{xy} + \\ & + \left(\frac{2\tau_{xy}}{\sqrt{k^2 - \tau_{xy}^2}} \rho a_x - \rho a_y^{(k)} \right) dx - \rho a_x dy = 0 \quad (5) \end{aligned}$$

Известно [1], что решение системы (I) - (3) сводится к построению в пластической области сетки характеристик, удовлетворяющей уравнениям (5) и поставленным граничным условиям. Для численного решения дифференциальные уравнения (5) нужно заменить соответствующими конечноразностными уравнениями, последовательное решение которых позволяет продолжать характеристики системы (I) - (3) и вычислять компоненты тензора напряжений σ_x , τ_{xy} в узлах сетки характеристик [2]. Соответствующие значения σ_y определяются из уравнения (3). Для определения значений a_x , a_y , k , необходимых для численного решения, используются опытные данные.

Л и т е р а т у р а

1. Макушок Е.М., Матусевич А.С., Северденко В.П., Сегал В.М. Теоретические основыковки и горячей объемной штамповки. "Наука и техника", Минск, 1968.

УДК 621.771

Н.Г.Сычев

ПРОКАТКА С УЛЬТРАЗВУКОМ И НАТЯЖЕНИЕМ КОНЦОВ ПОЛОСЫ

Одним из эффективных способов снижения подпирającego действия сил контактного трения является натяжение концов полосы, сущность которого состоит в изменении характера напряженного состояния металла в очаге деформации. В результате происходит снижение удельных давлений металла на валки, а вместе с ним и сил контактного трения. Кроме того, натяжение изменяет положение критического угла при прокатке, тем самым уменьшая подпирające действие сил трения.

Теоретический анализ взаимодействия колеблющейся поверхности валков с деформируемым объемом металла в очаге деформации /1/ позволяет сделать вывод о том, что характер и количественная сторона влияния различного вида натяжений концов полосы при прокатке с ультразвуком будет в значительной степени определяться направлением колебаний поверхности бочки валков. Экспериментальное исследование влияния натяжения на процесс прокатки полос продольноколеблющимися валками /2/ показало эффективность совместного применения обоих способов (ультразвукового и способа натяжения) для снижения давления металла на валки.

Влияние ультразвуковых колебаний, нормальных к контактной поверхности, на процесс прокатки с натяжением исследовали совместно с В.П.Северденко и А.В.Степаненко на образцах размером 200x25x0,25 мм из стали 08КП. Прокатку осуществляли со скоростью 0,06 м/сек при наличии смазки (машинное масло СУ). Амплитуда радиальных колебаний свободной поверхности бочки валков составляла 0,008 мм. Удельное заднее и переднее натяжение было равно 19,6 кг/мм². Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 1.