

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

В. А. ГОВОРУХИН, Г. Л. КУФАРЕВ

(Представлена научным семинаром кафедры станков и резания металлов)

Изучение деформированного состояния зоны стружкообразования до сих пор проводилось или на очень низких скоростях резания, или на скоростях резания, не превышающих 25 м/мин, причем исследования проводились на станках с прямолинейным движением инструмента или заготовки [1, 2, 3].

В качестве делительной сетки использовались системы окружности или прямолинейных линий с базой (расстояние между двумя параллельными линиями или центрами двух соседних окружностей), не меньшей 0,1 мм. При этом для достаточно надежного описания деформированного состояния приходилось работать с толщиной среза, превышающей 0,5—8 мм, что в практике среднего машиностроения встречается редко. Поэтому необходимо исследовать деформации при скоростях резания и подачах, наиболее часто применяющихся в производстве. Такие скорости резания можно получить на станках с вращательным движением инструмента или заготовки, но при этом на исследуемую деталь необходимо наносить делительную сетку в полярной системе координат. Расчетных формул для определения деформаций по такой сетке в настоящее время нет.

На рис. 1 показан элемент такой сетки в процессе деформации. Предположим, что бесконечно малый элемент $abcd$ претерпевает деформацию сдвига в направлении of . Положение любого волокна, получившего наибольшее удлинение после деформации, обозначим через ak_1 . Положение этого же волокна до деформации обозначим через ak .

Тогда, согласно [4, 5], истинная деформация отрезка ak равна

$$l = \ln \frac{ak_1}{ak}$$

Из рис. 1

$$ak = \sqrt{(ab)^2 + (bk)^2}$$

$$ak_1 = \sqrt{(b_1k_1)^2 + (ab_1)^2 - 2(b_1k_1) \cdot (ab_1) \cdot \cos[180^\circ - (\beta + \alpha)]}$$

Обозначим

$$ab = d_p, \quad ad = a_0, \quad b_1c_1 = a_x,$$

$$ab_1 = t_y, \quad b_1k_1 = n \cdot a_x,$$

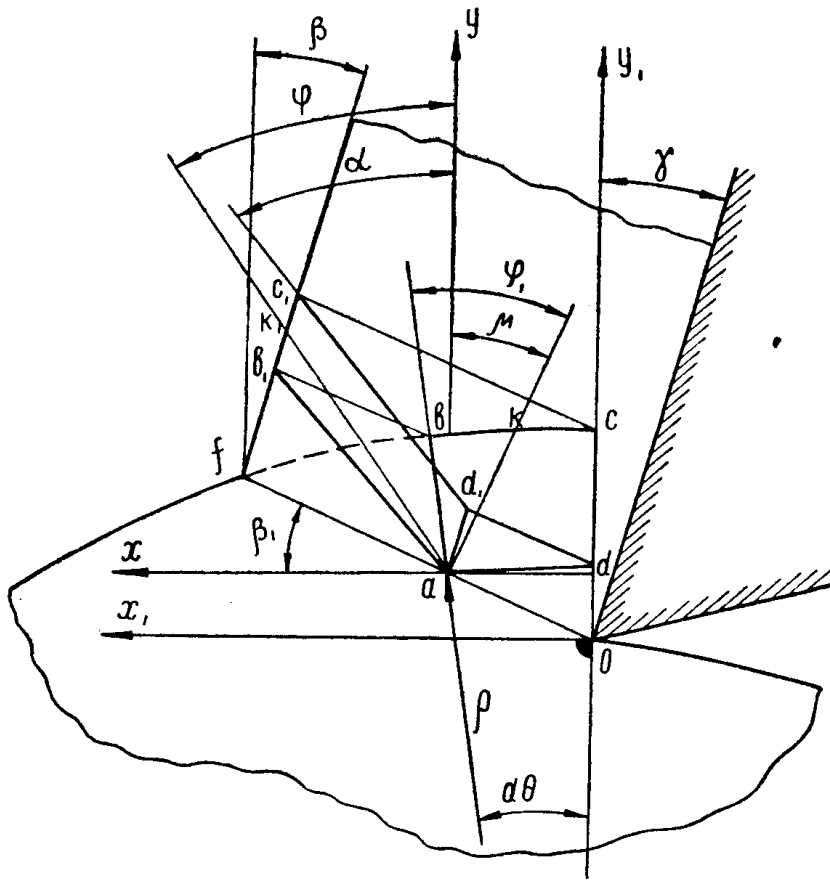


Рис. 1

здесь $d\rho$, a_0 — размеры элемента до деформации;
 a_x , b_y — размеры элемента после деформации;
 n — параметр, характеризующий направление наибольшей деформации.

$$bk = n \cdot (\rho + d\rho) \cdot d\theta.$$

Откуда

$$l = \frac{1}{2} \ln \frac{\left(\frac{a_x}{d\rho}\right)^2 \cdot n^2 + \left(\frac{b_y}{d\rho}\right)^2 + 2n \cdot \cos(\beta + \alpha) \cdot \frac{a_x \cdot b_y}{d\rho^2}}{1 + n^2 \cdot \left(\frac{\rho + d\rho}{d\rho} \cdot d\theta\right)^2}. \quad (1)$$

Обозначим

$$A = \left(\frac{a_x}{d\rho}\right)^2, \quad B = \left(\frac{b_y}{d\rho}\right)^2, \quad C = 2 \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \frac{a_x \cdot b_y}{d\rho^2},$$

$$D = \left(\frac{\rho + d\rho}{d\rho} \cdot d\theta\right)^2.$$

Тогда уравнение (1) примет вид

$$l = \frac{1}{2} \ln \frac{A \cdot n^2 + C \cdot n + B}{1 + D \cdot n^2}. \quad (2)$$

Для определения значений n , соответствующих наибольшим деформациям, необходимо исследовать уравнение (2) на максимум.

$$n_{1,2} = -\frac{B \cdot D - A}{D \cdot C} \pm \sqrt{\left(\frac{B \cdot D - A}{D \cdot C}\right)^2 + \frac{1}{D}}. \quad (3)$$

Направление наибольших деформаций, характеризуемое углом φ , определим по теореме синусов из треугольника ab_1k_1 .

$$\frac{n \cdot a_x}{\sin(\alpha - \varphi)} = \frac{b_y}{\sin(\varphi + \beta)}$$

Решение этого уравнения дает

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b_y \cdot \sin \alpha - n \cdot a_x \cdot \sin \beta}{b_y \cdot \cos \alpha + n \cdot a_x \cdot \cos \beta}. \quad (4)$$

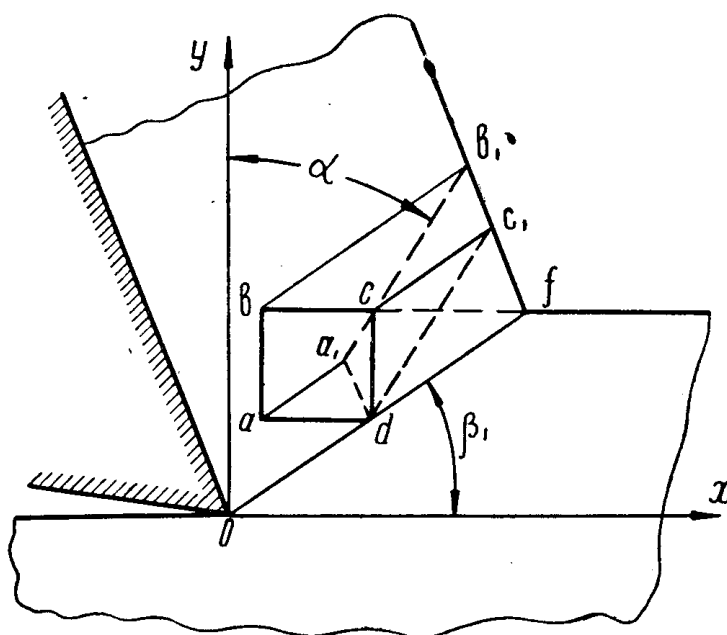


Рис. 2

Положение волокна до деформации, определяемое углом μ , определим из треугольника abk , пренебрегая искривлением стороны bk .

$$\mu = \varphi_1 - d\theta. \quad (5)$$

При этом угол φ_1 определяется из

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{(\rho + d\rho) \cdot d\theta \cdot n}{d\rho}.$$

Величина наибольшей деформации e_3 определяется из условия нежимаемости.

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0. \quad (6)$$

Интенсивность деформаций рассчитывается по

$$e_i = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sqrt{e_3^2 - e_1 \cdot e_2}. \quad (7)$$

Псевдомаксимальный сдвиг q' для случая плоской деформации [6]

$$q' = e_1 - e_2. \quad (8)$$

Максимальный сдвиг бесконечно малого элемента

$$\varepsilon = 2 \cdot \operatorname{sh} \frac{q'}{2}. \quad (9)$$

Направление сдвига, характеризуемое углом β_1 , для каждого элемента можно рассчитать, исходя из рис. 2.

Из треугольника ac_1f по теореме синусов находим

$$\frac{c_1f}{\sin[90^\circ - (\alpha + \beta)]} = \frac{ac_1}{\sin[90^\circ - (\beta - \beta_1)]};$$
$$\frac{c_1f}{\cos(\alpha + \beta)} = \frac{ac_1}{\cos(\beta - \beta_1)},$$

но

$$c_1f = \frac{ac \cdot \cos \beta_1}{\cos(\beta_1 - \beta)},$$

тогда получаем

$$\frac{ac}{ac_1} = \cos \alpha - \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \beta_1 = \operatorname{ctg} \alpha - \frac{ac}{ac_1 \cdot \sin \alpha}. \quad (10)$$

Величина ac_1 и угол α измеряются экспериментально. Таким образом, для каждого элемента можно определить все характеристики деформации.

В качестве характеристики деформации можно использовать как истинные деформации, о которых идет речь выше, так и главные, между которыми существует известная функциональная связь.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Кривоухов и др. Обрабатываемость резанием жаропрочных и титановых сплавов. Машгиз, 1961.
2. М. Г. Гольдшмидт. Исследование напряженно-деформированного состояния в процессе резания. Диссертация. Томск, 1966.
3. Г. Л. Куфарев. Деформация металла в зоне резания при образовании сливной стружки. Диссертация, Томск, 1958.
4. П. О. Пашков. Пластичность и разрушение металлов. Судпромгиз, 1950.
5. Я. Б. Фридман и др. Изучение пластической деформации и разрушения методом накатанных сеток. Оборонгиз, 1962.
6. В. Г. Осипов. О характеристиках конечных деформаций. Сб. «Проблемы металлургии», М., 1953.