УГОЛ ТЕКСТУРЫ В СТРУЖКЕ

Лепилин В.И.
Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В настоящее время считается общепризнанным, что стружка при резании образуется в результате пластической деформации сжатия и сдвига. От соотношения их зависит вид стружки, характер процесса резания, а следовательно и качество обработанной поверхности. При этом вид стружки может быть оценен по величине относительной деформации сжатия.

Для оценки возникающих сил и работы пластической деформации используется интенсивность деформации. Все необходимое при этом можно получить на основе измерения соответствующих параметров стружки, например по [1].

Анализ же вторичной пластической деформации и других явлений в контактных слоях стружки можно осуществить только на основе анализа текстуры и характера ее изменения. Существует ряд формул по которым с известным приближением можно определить, так называемый угол текстуры, характеризующий направление наибольшей вытянутости зерен деформируемого металла или что то же самое - одно из направлений главных деформаций. С этой целью, чаще других используются формулы Н.Н. Зорева [2] и А.М. Розенберга [3].

Формула А.М. Розенберга, если ввести в нее выражение относительного сдвига (А.М. Розенберг этого не сделал) для сливной стружки

$$\varepsilon = \operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{tg}(\beta_1 - \gamma) \qquad (1)$$

будет иметь вид

$$\operatorname{ct}\eta = 1 + \varepsilon \qquad (2)$$

Формула проста и удобна для использования. Автор и ряд других исследователей утверждают, что она дает результаты близкие к экспериментальным данным. Однако при всем отмеченном, нам кажется, что основные посылки из которых исходит автор делая вывод этой формулы неправомерны. Зерно металла, автор уподобляет кубу (в сечении - квадрату), вершины которого лежат в определенных местах (в частности - одна на лезвии, вторая на обработанной поверхности) и при образовании сливной стружки диагональ деформированного квадрата совпадает с текстурой.

Теоретически более правильны исходные посылки Н.Н. Зверева. Зерно металла в зоне пластической деформации (в секущей плоскости) представляется в виде описанной окружности радиусом r. При сдвиге в направлении параллельном плоскости сдвига окружность трансформируется в эллипс, большая ось которого совпадает с направлением текстуры. На основе этого Н.Н. Зверев получает

$$\mathrm{ctg}\eta = \frac{\varepsilon}{2} \pm \sqrt{1+\frac{\varepsilon^2}{4}} \quad , \qquad (3)$$

где ε - относительный сдвиг по формуле (1).

Эту же формулу получил и М.И. Клушин [4] для направления максимальных удлинений.

А.М. Розенберг сопоставляя результаты расчетов по своей формуле (2) и формуле (3) отмечает, что последняя дает величины углов на 1-4° больше. Имея в виду, что формула (3) получена исходя из более строгих предпосылок и полагая поэтому, что она дает более правильные результаты, можно согласиться с несколько большим ее усложнением по сравнению с формулой (2).

Однако, далее покажем, что используя то же представление о механизме формирования текстуры можно получить формулу иного вида. Повторим и несколько конкретизируем посылки Н.Н. Зорева.

Лезвие двигаясь со скоростью v деформирует некоторый объем металла (рис. 1).

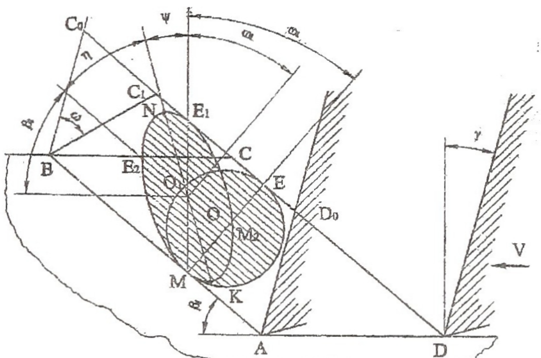

Рисунок 1

В этом объеме имеем зерно с описанной шаровой поверхностью. В главной секущей плоскости зерно будет представляться в виде окружности с диаметром $2r$ =ME. В результате сдвига в направлении параллельном плоскости сдвига AB объем ABCD трансформируется в объем ABC_1D_o. Величина сдвига по линии DC_o будет равна CC_1. Точка E так же переместится на величину равную CC_1 и займет положение E_1. Величина сдвига микрослоев относительно друг друга будет уменьшаться по мере приближения к плоскости сдвига AB. В связи со сказанным линия ME (диаметр зерна) трансформируется в линию ME_1, повернувшись на угол ω_1. Величиной $\mathrm{tg}\omega_1=\varepsilon$, как известно, характеризуется деформация сдвига. Для стружек любого вида относительный сдвиг [1]

$$\varepsilon = \mathrm{ctg}\beta_1 + \mathrm{tg}(\beta_1 - \gamma - \omega)\,. \qquad (4)$$

При деформации простого сдвига хорды окружности, параллельные поверхности сдвига не изменившись по длине сдвинутся на тот же угол ω_1. Если концы сдвинутых хорд соединить плавной кривой. То получим эллипс с заданным диаметром ($2a_1$)

$$ME=M_2E_2=2a_1=2r$$

Так как хорды окружности сдвинувшись не изменились по длине, то став хордами эллипса они остаются разделенными пополам трансформированным диаметром ME_1, являющимся для эллипса сопряженным диаметром ($2в_1$)

$$ME_1 \cdot \cos\omega_1 = ME = 2r\,,$$

или $2в_1 \cdot \cos\omega_1 = 2r$.

Таким образом окружность трансформировалась в эллипс, в котором соотношение между заданным и сопряженным диаметрами определяется зависимостью

$$2a_1 = 2в_1 \cdot \cos\omega_1 \qquad (5)$$

Большая ось $KN=2a$ этого эллипса и есть направление наибольшей вытянутости металла или что то же самое, направление текстуры. Как видно из рис.1 положение большой оси эллипса определяется углом η относительно заданного диаметра или углом ψ - относительно сопряженного диаметра. Так как заданный диаметр эллипса параллелен плоскости сдвига (скалывания) АВ положение, которой в большинстве случаев известно или легко определяется по стружке, то направление текстуры удобнее характеризовать углом η, его и называют углом текстуры. Из того же рис.1

$$\eta = 90° - \omega_1 - \psi \qquad (6)$$

Выразим ψ через другие параметры. Известно, что каноническое уравнение эллипса имеет вид

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{в^2} = 1 \qquad (7)$$

Из рисунка видно, что координаты точки E_1

$$x = в_1 \cdot \cos\psi$$
$$y = в_1 \cdot \sin\psi \qquad (8)$$

следовательно, уравнение будет иметь вид

$$в_1\left(\frac{\cos^2\psi}{a^2} + \frac{\sin^2\psi}{в^2}\right) = 1 \qquad (9)$$

В соответствии с теоремой Аполлония (см. И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев «Справочник по математике», М.1964)

$$a_1^2 + в_1^2 = a^2 + в^2 \qquad (10)$$

$$\operatorname{tg}\psi \cdot \operatorname{tg}\eta = \frac{\mathit{в}^2}{a^2} \qquad (11)$$

Решив совместно (5) и (10) относительно $в_1$ и подставив полученное в (9) будем иметь

$$\frac{a^2 + в^2}{1+\cos^2\omega_1}\left(\frac{\cos^2\psi}{a^2} + \frac{\sin^2\psi}{в^2}\right) = 1 \qquad (12).$$

Имея в виду, что $\cos^2\psi + \sin^2\psi = 1$ и используя (11) можно получить

$$\cos^2\omega_1 = \frac{\sin 2\psi}{\sin 2\eta} \qquad (13)$$

Из (6) следует, что

$\sin 2\psi = \sin 2(\omega_1 + \eta)$ или

$$\sin 2\psi = \sin 2\omega_1 \cdot \cos 2\eta + \sin 2\eta \cdot \cos 2\omega_1$$

Подставив последнее в (13) можно получить

$$\cos^2\omega_1 = \sin 2\omega_1 \cdot \operatorname{ctg} 2\eta + \cos\omega_1 .$$

Решая полученное выражение относительно η будем иметь

$$\operatorname{ctg} 2\eta = \frac{1}{2}\operatorname{tg}\omega_1,$$

а так как $\operatorname{tg}\omega_1 = \varepsilon$, то

$$\mathbf{ctg2h} = \frac{1}{2}\varepsilon \qquad (14).$$

Сопоставление результатов расчетов по формулам (3) и (14) показывает их полную сходность.

Экспериментальная проверка дала возможность установить, что для стружек с элементностью до Э=0,1÷0,13 (сливные и близкие к ним) измеренные углы текстуры на микрошлифах близки к рассчитанным по (14) с учетом (4).

Список литературы

1. Лепилин В.И. Процесс резания - процесс циклический. Совершенствования технологии изготовления деталей в авиастроении. - Межвузовский сб. науч. тр. Самара. 1996.
2. Розенберг А.М., Еремин А.Н. Элементы теории процесса резания металлов. -М. 1956.
3. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. -М. 1956.
4. Клушин М.И. Резание металлов. -М. 1958.