

ний для широкого диапазона скоростей $v = 0,1 \dots 100$ м/с и углов резания $\gamma = 60 \dots 85^\circ$ показали, что температура стружки и интенсивность деформаций после прохождения главной плоскости сдвига изменяются в пределах $T_C = 80 \dots 350^\circ\text{C}$, $\Gamma = 1,5 \dots 11$.

На рис. 4 представлены графики зависимостей коэффициента укорочения стружки K_L и средней температуры $T_{\text{ср}}$ на передней поверхности инструмента от скорости резания, полученных расчетным путем, которые хорошо согласуются с экспериментальными результатами [7].

Проведенные исследования позволили сделать вывод о возможности определения термомеханического состояния металла в зоне резания по приведенной методике, что позволит значительно сократить объем экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee E.H., Shaffer B.W. The theory of plasticity applied to a problem of machining // Trans. ASME: J. Appl. Mech. – 1951. – N 18. – P. 405–413.
2. Childs T.H.C. Elastic effects in metal cutting chip formation // Int. J. Mech. Sci. – 1980. – Vol. 22, N 8. – P. 457–467.
3. Dewhurst P. On the non-uniqueness of the machining process // Proc. R. Soc. – London, 1973. – Vol. 360, N 1703. – P. 587–610.
4. Kudoh H. Some new Slip-live Solutions for two-dimensional steady-state machining // Int. J. Mech. Sci. – 1965. – Vol. 7, N 1. – P. 43–57.
5. Hastings W., Mathew P., Oxley P.B. A machining theory for predicting chip geometry, cutting forces etc. from work material properties and cutting conditions // Proc. R. Soc. – London, 1980. – Ser. A. – Vol. 371, N 1747. – P. 569–587.
6. Резников А.Н. Теплофизика резания. – М.: Машиностроение, 1969. – 288 с.
7. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М.: Машгиз, 1956. – 338 с.
8. Хилл Р. Математическая теория пластичности. – М.: Гостехиздат, 1956. – 407 с.
9. Ивлев Д.Д. Вдавливание тонкого лезвия в пластическую среду // Изв. АН СССР. Отд-ние технич. наук. – 1957. – № 10. – С. 35–39.
10. Джонсон Г., Коффелд Дж., Линдхолл Ю., Кэдж и А. Поведение различных материалов при больших скручивающих деформациях в широком диапазоне скоростей деформации: Ч. I. Пластичные металлы. Ч. II. Малопластичные металлы // Теоретич. основы инженерн. расчетов. – М.: Мир, 1983. – № 1. – С. 51–65.
11. Третьяков А.В., Трофимов Г.К., Гурьянова М.К. Механические свойства сталей и сплавов при пластическом деформировании. – М.: Машиностроение, 1971. – 64 с.

УДК 621.9.019

МАЙ ТХАНЬ УОНГ

СТРУЖКООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Тонкое точение, как правило, производится с малой глубиной резания $t = 0,05 \dots 0,3$ мм. Когда резец имеет радиус закругления при вершине $r \geq 0,5$ мм, в основном режет только закругленная часть режущей кромки. В этом случае передний угол в разных точках режущего лезвия различен и толщина среза не постоянна.

Особенности стружкообразования изучались при тонком точении образцов из металлических порошков ЖГр1,2Д2,5К0,8 ПДЖ10-63, ЖГр1Д3, ЖГр2

резами из Т15К6 и ВК8. Характер зависимости коэффициента усадки стружки от скорости резания, подачи и действительного переднего угла при свободном точении этих материалов такой же, как при точении компактных материалов, но усадка стружки меньше. Разброс значений коэффициента усадки K_a стружки в зависимости от скорости резания и подачи показан (рис. 1). В диапазоне скорости резания $v = 80 \dots 160$ м/мин разброс относительно небольшой, что свидетельствует о более стабильном процессе стружкообразования. В случае обработки образцов из материала ЖГр1,2Д2,5К0,8, в этом диапазоне скоростей резания стружка состоит из отдельных витков. С повышением скорости резания диаметр витков уменьшается. При обработке образцов из ЖГр1Д3, ЖГр2, ПЖ10-63 и скорости резания более 160 м/мин стружка переходит в элементную, при этом элементы отличаются друг от друга по толщине и по цвету, что свидетельствует о разных степенях деформации материала. Вероятно, это происходит из-за локализованного нагрева в полосе сдвига, который приводит к нестабильному стружкообразованию [1]. Низкая теплопроводность и повышенная хрупкость обрабатываемых материалов являются причинами нестабильности сдвига при образовании стружки.

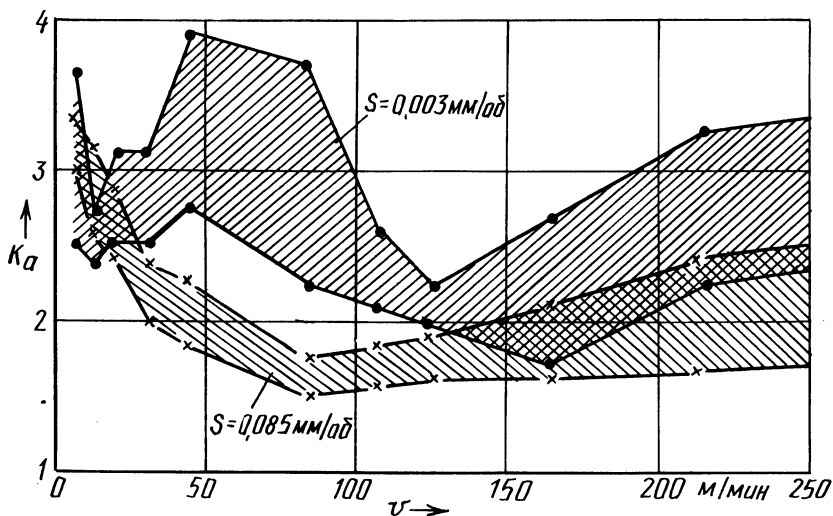


Рис. 1. Зависимость коэффициента усадки стружки от скорости резания (обрабатываемый материал ЖГр1,2Д2,5К0,8, режущий материал ВК8, толщина среза $t = 0,2$ мм)

Исследованы особенности усадки стружки в трех случаях: при свободном резании, несвободном резании с малым радиусом при вершине инструмента и когда резание осуществляется только закругленной частью лезвия. В последнем случае толщина среза в произвольной точке M_i работающего участка лезвия (рис. 2)

$$a_i^* = a_{\max} \frac{r(\psi_i + \psi_1)}{r(\psi_1 + \psi_2) - S \cos \psi_2},$$

где a_{\max} — наибольшая толщина среза, мм; r — радиус вершины инструмента, мм; ψ_i — полярный угол точки M_i ; ψ_1 — угол охвата рабочей части вспомогательного режущего лезвия; ψ_2 — угол охвата рабочей части главного режущего лезвия; S — подача, мм/об.

Для определения коэффициента усадки стружки толщину среза вычисляем в направлении ее схода:

$$a_i = a_i^* / \cos \mu,$$

$$\text{где } \mu = \left| \frac{\psi_1 + \psi_2}{2} - \psi_i \right|.$$

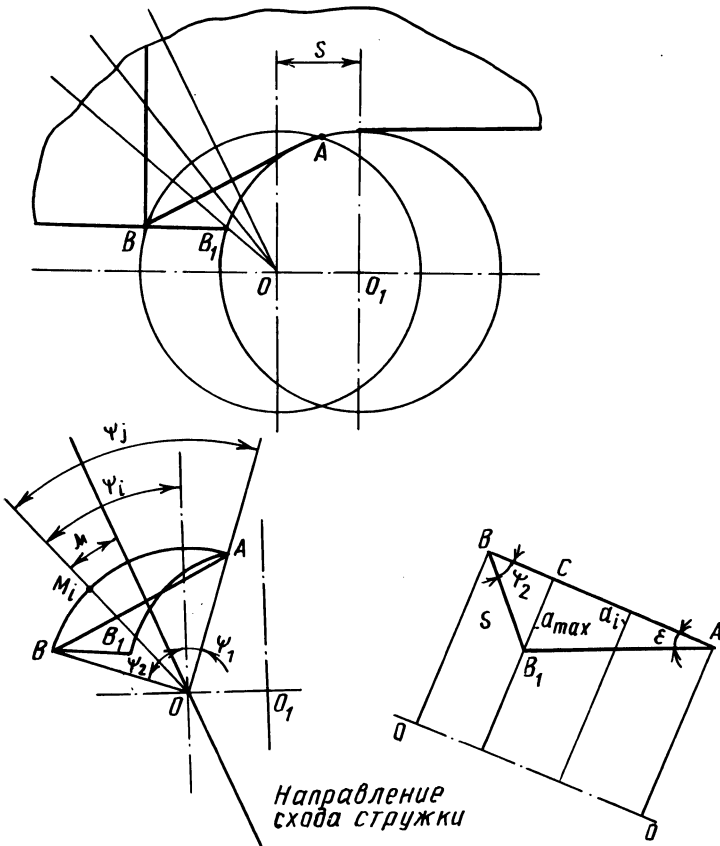


Рис. 2. Схема для расчета толщины среза

С учетом того что $\psi_1 + \psi_2 = \psi$, $\psi_i = \psi_i + \psi_1$, получаем

$$a_i = rS \psi_j \sin \psi_2 / (\psi r - S \cos \psi_2) \cos (\psi - \psi_j).$$

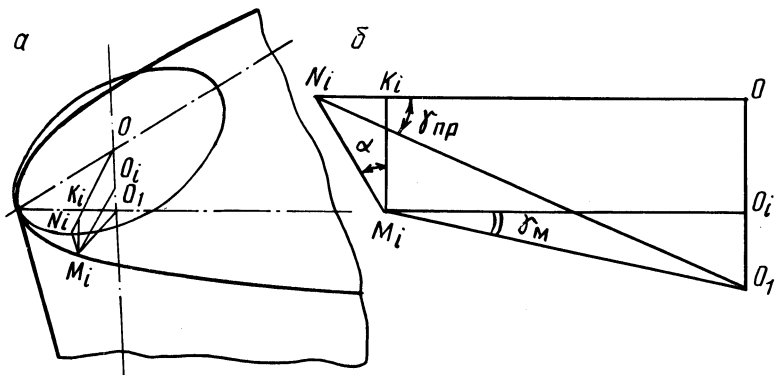


Рис. 3. Схема для расчета действительного переднего угла

Из рис. 2 и 3 следует, что от точки A к точке B передний угол уменьшается, продольный и поперечный передние углы остаются постоянными, а точка M_i на лезвии опускается. Допуская, что опускание M_i пропорционально полярному углу ψ_i , получаем

$$\operatorname{tg} \gamma_{M_i} = \frac{(90 - \psi_i) \operatorname{tg} \gamma_{\text{пр}}}{90 - \psi_i \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \gamma_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где γ_{M_i} — передний угол в точке M_i ; $\gamma_{\text{пр}}$ — продольный передний угол; α — задний угол.

С учетом того что угол α мал, получаем

$$\operatorname{tg} \gamma_{M_i} = \frac{O_i O_1}{r} = (1 - \psi_i / 90) \operatorname{tg} \gamma_{\text{пр}}. \quad (2)$$

В качестве коэффициента усадки стружки был принят коэффициент ее утолщения

$$K_a = a_1 / a,$$

где a_1 — толщина стружки; a — расчетная толщина среза.

Для случая несвободного резания с малым радиусом резца

$$a = S \sin \varphi,$$

где φ — главный угол в плане резца.

Коэффициент утолщения в точке M_i

$$K_a^{M_i} = a_{1i} / a_i,$$

где a_{1i} — измеренная толщина стружки в точке M_i ; a_i — расчетная толщина среза в данной точке.

Толщина стружки a_{1i} измерялась с помощью микроскопа.

Зависимость коэффициента усадки стружки от скорости резания приведена на рис. 4.

Рис. 4. Зависимость усадки стружки от полярного угла и толщины среза при $t = 0,2$ мм, $S = 0,085$ мм/об:

1...3 – с геометрией реза $\gamma = 0$, $\alpha = 6$, $r = 1$ мм; 4 – $\gamma = 0$, $\alpha = 6$, $r = 0,2$ мм; 5 – $\gamma = 9$, $\alpha = 6$, $r = 1$ мм

При точении незакругленным резцом поперечное сечение стружки имеет трапециевидную форму, усадка металла, снимаемого частью лезвия, прилегающей к вершине, меньше, чем снимаемого остальной его частью. При обработке резцом с большим радиусом вершины усадка металла при вершине реза значительно выше, чем на крае. На коэффициент усадки стружки значительное влияние оказывает действительный передний угол γ_{M_i} (рис. 4).

Из выражения [2]

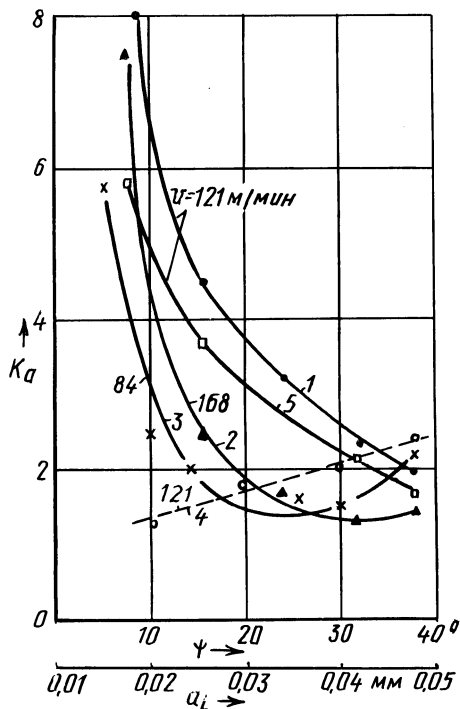
$$K_a^{M_i} = \frac{\cos(\phi_{M_i} - \gamma_{M_i})}{\sin \phi_{M_i}}$$

можно определить угол сдвига ϕ_{M_i} в точке M_i :

$$\phi_{M_i} = \text{arccctg} \frac{K_a^{M_i} - \sin \gamma_{M_i}}{\cos \gamma_{M_i}},$$

где $K_a^{M_i}$ берется по результатам измерений, γ_{M_i} рассчитывается по формулам (1) и (2).

По результатам расчетов можно определить зависимость угла сдвига от полярного угла.



ЛИТЕРАТУРА

1. Л и Д. Влияние скорости резания на стружкообразование при прямоугольном резании / Конструирование и технология машиностроения // Тр. амер. о-ва инженеро-механиков. – М.: Мир, 1985. – № 17-С. 165–171.
2. Развитие науки о резании металлов / И.И. Зорев и др. – М.: Машиностроение, 1967. – 416 с.