

УДК 621.9.011

## АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗОНЫ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ РЕЗАНИИ

**В. В. Постнов**

postnovmss@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступило в редакцию 25.07.2013

**Аннотация.** Предложена модель стружкообразования при управляемом изменении скорости резания с определенным ускорением. Получены зависимости для расчета характеристик деформации срезаемого слоя при нестационарном резании, учитывающие явления последовательности и эволюции деформационных процессов в зоне стружкообразования.

**Ключевые слова:** нестационарное резание; стружкообразование; срезаемый слой.

### ВВЕДЕНИЕ

Исследования физических явлений, протекающих в зоне контакта инструмента с деталью, составляют необходимую основу для оптимизации процесса резания и разработки технологических рекомендаций по построению операций лезвийной обработки деталей современной техники.

Исходя из анализа деформационных, температурных, силовых процессов в зоне резания при управляемых переменных режимах обработки, необходимо разработать модели этих процессов, позволяющие учитывать динамику нагружения контактных поверхностей инструмента и закономерности изменения внутренних параметров зоны контакта с учетом реальных законов изменения технологических условий лезвийной обработки.

### 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В процессах высокотемпературной упруго-пластической деформации связь между степенью  $\varepsilon$ , скоростью  $\varepsilon'$  деформации и напряжениями  $\sigma_p$ ,  $\tau_p$  неоднозначна и реологические свойства металла в значительной мере определяются тем законом, по которому происходит реализация процесса нагружения [1].

Большинство процессов лезвийной обработки характеризуется сложными законами развития деформации срезаемого слоя во времени: скорость деформации в зоне стружкообразования резко увеличивается от нуля до значений

$10^4 - 10^6 \text{ с}^{-1}$  с одновременным повышением степени деформации и температуры, происходит вторичная пластическая деформация в приконтактных слоях стружки и детали, параллельно идут процессы упрочнения, релаксации и т. д. При нестационарном резании на эти явления накладывается дополнительное воздействие, связанное с изменением скорости резания (деформирования) ( $v$ ) с ускорением резания  $a_v = dv/dt$ , или параметров сечения срезаемого слоя ( $S$ ,  $t$ ) со скоростью изменения подачи  $a_s$ , или скоростью изменения глубины  $a_t$  резания.

С позиций кинетической теории прочности [2] при изменении во времени приложенных напряжений  $\sigma(\tau)$  состояние элементарного объема материала может быть выражено уравнением

$$\Delta\varepsilon = \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial\sigma}\right)_\tau \cdot \Delta\sigma + \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial\tau}\right)_\sigma \cdot \Delta\tau = \frac{\Delta\sigma}{E_p} \left(1 + \frac{E_p \cdot \varepsilon'}{\sigma'}\right), \quad (1)$$

где  $E_p = \left(\frac{\partial\sigma}{\partial\varepsilon}\right)_\tau$  – мгновенный модуль упругости;  $\varepsilon'$ ,  $\sigma'$  – скорости изменения деформации и напряжений соответственно;  $\tau$  – время деформирования.

Два слагаемых в выражении (1) предполагают, что в изменение степени деформации при нестационарном нагружении вносят вклад два определяющих фактора: при высоких скоростях деформации, когда свойства ползучести материала не успевают проявиться или они весьма

слабы ( $E_p \cdot \varepsilon' / \sigma' \ll 1$ ), имеет место однозначная связь между напряжениями и деформациями  $\Delta\varepsilon(\tau) = \Delta\sigma(\tau) / E_p$ ; при малых скоростях деформации и относительно высокой пластичности ( $E_p \cdot \varepsilon' / \sigma' \gg 1$ ) влиянием изменения нагрузки  $\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial\sigma}\right)_\tau \cdot \Delta\sigma(\tau)$  на процесс деформации можно пренебречь, приращение степени деформации практически определяется скоростью ее изменения во времени:  $\Delta\varepsilon = \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial\tau}\right)_\sigma \cdot \Delta\tau$ .

По-видимому, при стружкообразовании первый случай характерен для зоны сдвига, а второй – для зон пластического контакта на передней и задней поверхностях инструмента в пределах так называемого заторможенного слоя.

Обрабатываемые материалы в определенных температурно-скоростных условиях проявляют так называемый эффект памяти [3], когда на зависимость  $\sigma_i(\varepsilon_i)$  оказывает влияние история предшествующей деформации  $\sigma_{i-1}(\varepsilon_{i-1})$ .

В определенных температурно-скоростных условиях деформируемые материалы проявляют так называемый эффект памяти или наследственности, возрастающий при непрерывном изменении скорости деформации, когда реологические свойства материала в текущий момент нагружения учитывают предысторию его нагружения. Наибольшего проявления эффекта наследственности следует ожидать [4] в диапазоне температур испытания, обеспечивающих скорости релаксационных процессов, близкие к скоростям действия разрушающих параметров (напряжений, деформаций), когда процесс деформации снижает локальные перенапряжения и условия разрушения становятся функцией времени испытания.

При нестационарном резании, имеющем место при оптимизации и управлении температурно-силовым режимом, на условие равновесия контактных процессов в зонах первичной и вторичной пластической деформации, определяющее мгновенное положение зоны сдвига, значительное влияние будут оказывать динамические и консервативные силы, возникающие вследствие изменения элементов режима резания.

## 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследования процесса образования стружки с помощью высокоскоростной киносъемки и изучения фотографий корней стружки [5] позволили установить, что процесс упруго-пластического сжатия деформированного объе-

ма, имеющий место перед образованием элементарного объема стружки, складывается из двух последовательных стадий:

- быстрого распространения пластической зоны перед резцом, сопровождающегося искривлением границы зоны сдвига, что может быть условно представлено в виде поворота плоскости сдвига из положения  $OA$  в положение  $OB$  (рис. 1, а);
- процесса развития пластического сдвига при перемещении резца из положения I в положение II на величину  $\Delta l_p$  с одновременным ростом угла сдвига до некоторого критического в данных условиях резания значения  $\beta_2$  (рис. 1, б), после чего происходит срез с образованием элемента стружки.

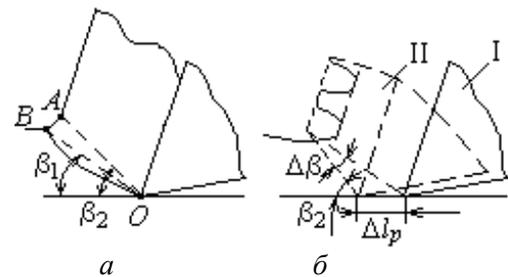


Рис. 1. Схема формирования зоны сдвига (по Альбрехту [6])

На стадии сжатия движение стружки по передней поверхности инструмента замедляется (для так называемых циклических стружек – до полной остановки). Коэффициент трения  $\mu$  в зоне вторичной пластической деформации стружки при этом возрастает до значения  $\mu$  трения покоя. По мере перехода во вторую стадию и увеличения силы сдвига вновь возрастает скорость  $v_c$  перемещения стружки по передней поверхности инструмента, что в свою очередь вызывает, с увеличением угла сдвига  $\beta$ , уменьшение касательных напряжений в зоне сдвига до тех пор, пока они не станут меньше предела текучести обрабатываемого материала, и характер деформации вновь будет представлять один из видов сжатия, повторяя цикл [6].

При этом если материал, непосредственно прилегающий к режущей кромке, будет перемещаться с исходной скоростью резания, то у другого (наружного конца) зоны сдвига будет происходить обратное течение материала с меньшей скоростью  $v_g = v - \Delta v$ . По данным Н. В. Талантова [7], для объемов, прилегающих к наружной поверхности зоны сдвига, при точении стали ЭИ481 резцом ВК8, скорость  $v_g$  снижается до 36 м/мин при скорости резания  $v = 50$  м/мин ( $S = 0,467$  мм/об,  $t = 2$  мм).

### 3. МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ

Для оценки напряженно-деформированного состояния зоны резания проведены эксперименты по определению коэффициента усадки стружки весовым методом.

Результаты экспериментального определения коэффициента утолщения стружки  $k_a$  и соответствующие расчетные значения угла сдвига  $\beta$  при непрерывном линейном изменении скорости с положительными ( $a_v > 0$ ) и отрицательными ( $a_v < 0$ ) ускорениями резания приведены на рис. 2.

Видно, что общий характер зависимостей  $k_a(v)$  при нестационарном резании аналогичен стационарному режиму ( $a_v = 0$ ), но в целом положительное ускорение оказывает большее влияние на их уровень и поведение, чем отрицательное. При малых ускорениях

( $a_v = \pm 0,9$  м/мин<sup>2</sup>) кривые  $k(v)$  практически совпадают с зависимостью, полученной при стационарном резании. С увеличением ускорения характерный максимум уменьшается по величине  $k_1$  и наблюдается при больших скоростях  $v_1$ . Для ускорений резания, превышающих некоторые критические значения ( $a_v = +3,6$  м/мин<sup>2</sup>;  $a_v = -2,7$  м/мин<sup>2</sup>), зависимости  $k(v)$  вновь начинают приближаться к  $k(v)$  для стационарного режима резания. Величина и знак ускорения резания оказывает непосредственное и неоднозначное влияние на деформационные процессы в зоне обработки, по-видимому, вследствие запаздывания последних по отношению к непрерывно изменяющейся скорости деформирования и эффекта технологической наследственности, проявляющегося максимально в диапазоне температур выше температуры  $\theta_1$  максимума наростообразования.

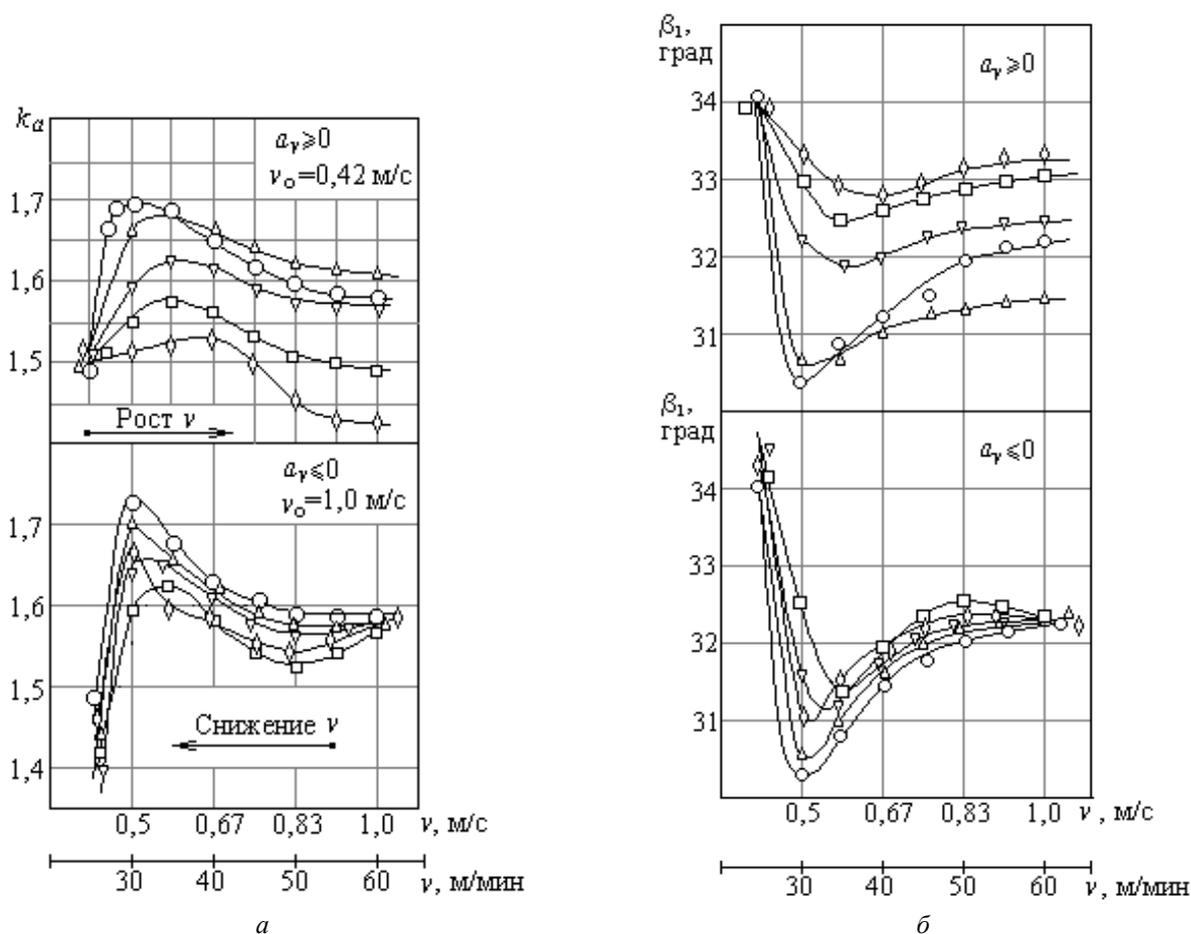


Рис. 2. Влияние величины и знака ускорения резания на коэффициент утолщения стружки (а) и угол сдвига (б) при точении сплава ХН73МБТЮ резцом ВК8 ( $S = 0,1$  мм/об,  $t = 0,5$  мм):

$\circ - a_v = 0$  м/мин<sup>2</sup>;  $\Delta - a_v = 0,9$  м/мин<sup>2</sup>;  $\square - a_v = 2,7$  м/мин<sup>2</sup>;  $\diamond - a_v = 3,6$  м/мин<sup>2</sup>;  $\blacktriangledown - a_v = 6,0$  м/мин<sup>2</sup>

С учетом вышеизложенного предложена модель стружкообразования, представленная на рис. 3, при которой ускорение резания вызывает изменение угла наклона плоскости сдвига. При этом предполагается, что поворот зоны сдвига и изменение ее толщины происходит в пределах зоны сдвига конечной толщины  $\Delta S$  за время единичного цикла стружкообразования в результате опережения (при положительном ускорении резания) вершины резца (точка  $O$ ) по отношению к свободной поверхности зоны стружкообразования (точка  $A$ ) вследствие «обратного» течения материала на наружной поверхности зоны сдвига.

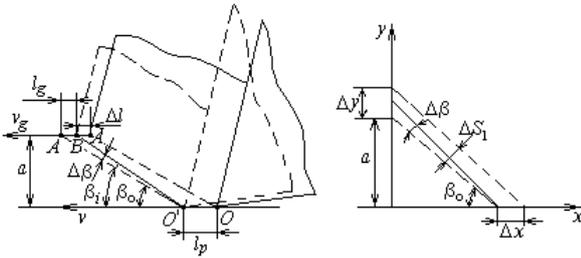


Рис. 3. Модель для анализа изменения условий стружкообразования при нестационарном резании

За время  $\Delta\tau_{ц}$  образования единичного объема (элемента) стружки вершина резца переместится на длину  $l_p = v \cdot \Delta\tau_{ц}$ , а свободный конец условной плоскости сдвига – на длину  $l_g = v_g \cdot \Delta\tau_{ц} = (v - \Delta v) \Delta\tau_{ц}$ .

Из рис. 3 очевидно соотношение

$$a \cdot \operatorname{tg}(\beta_0 + \Delta\beta) - \Delta l \cdot \operatorname{tg}(\beta_0 + \Delta\beta) = a \cdot \operatorname{tg}\beta_0,$$

откуда

$$\Delta l = a \frac{\operatorname{tg}\beta_0 - \operatorname{tg}(\beta_0 + \Delta\beta)}{\operatorname{tg}(\beta_0 + \Delta\beta)}. \quad (2)$$

Преобразуя выражение (2), можно приближенно записать

$$\Delta l = \Delta v \cdot \Delta\tau_{ц} \approx a \frac{\Delta\beta}{\sin^2 \beta_0}, \quad (3)$$

Изменения скорости  $\Delta v$  и угла  $\Delta\beta$  сдвига приводят в процессе образования элемента стружки к периодическому изменению скорости  $v_r$  движения материала через зону стружкообразования на стадии пластического сжатия:

$$\Delta v_r = \Delta v \cdot \sin \beta + v \cdot \Delta\beta \cdot \cos \beta. \quad (4)$$

Считая, что возможные угловые колебания плоскости сдвига ограничены размерами зоны

стружкообразования толщиной,

$$\Delta S_1 = C_s \cdot \frac{a}{\sin \beta},$$

выражение (4) с учетом (3) преобразуется в виде

$$\Delta l = C_s \frac{a}{2 \sin \beta} = \frac{a \cdot \Delta\beta}{\sin^2 \beta_0} + v \cdot \Delta\tau_{ц} \cdot \Delta\beta \cdot \cos \beta_0. \quad (5)$$

Из рис. 3 очевидно, что

$$v \cdot \Delta\tau_{ц} \cdot \cos \beta_0 = \frac{\Delta S_1}{2} = C_s \frac{a}{2 \sin \beta}$$

и выражение (5) может быть решено относительно  $\Delta\beta$  в виде

$$\Delta\beta = \frac{C_s}{2(1 + 0,5 C_s \sin \beta)}, \quad (6)$$

откуда расчетное угловое изменение положения зоны сдвига при  $C_s = 0,1$  [6] находится в пределах  $\Delta\beta = 2^\circ 46' - 2^\circ 50'$  для значений  $\beta = 10^\circ \div 45^\circ$ .

При обработке пластичных упрочняемых материалов перемещение  $\Delta l$  при обратном течении со скоростью  $\Delta v$ , согласно данным Альбрехта [6], может увеличиваться до  $\Delta l = 0,125a / \sin^2 \beta$ ,

что приводит к образованию циклических стружек.

Как показано в работе [7], скорость  $v_g$  является величиной саморегулируемой, определяемой равновесием процессов деформационного упрочнения и температурного разупрочнения материала в зоне стружкообразования.

При нестационарной обработке с линейно и непрерывно возрастающей или убывающей скоростью резания  $v_i = v_0 \pm a_v \cdot \tau$ , изменение скорости  $\Delta v_r$ , перемещения деформируемого материала через зону сдвига  $\Delta\tau$  за время составит

$$\Delta v_{r_i} \cong v_i \cdot \cos \beta_0 \cdot \Delta\beta \pm a_v \cdot \Delta\tau_{ц} \cdot \sin \beta_0, \quad (7)$$

При этом в соответствии с рис. 3 за время единичного цикла стружкообразования  $\Delta\tau_{ц}$  вершина резца переместится на длину

$$l_p = v_0 \cdot \Delta\tau_{ц} \pm \frac{a_v \cdot \Delta\tau_{ц}^2}{2}, \quad (8)$$

а материал на наружной поверхности зоны сдвига переместится на длину  $l_g = (v_0 - \Delta v) \Delta\tau_{ц}$ . Тогда величина «обратного» течения как разница в пройденном пути

$$\Delta l_i = \Delta v \cdot \Delta \tau_{ц} - \frac{a_v \cdot \Delta \tau_{ц}^2}{2}, \quad (9)$$

что с учетом уравнения (3) соответствует изменению угла сдвига

$$\Delta \beta_i = \frac{\Delta l_i \cdot \sin^2 \beta_o}{a} = \left( \Delta v \cdot \Delta \tau_{ц} - \frac{a_v \Delta \tau_{ц}^2}{2} \right) \frac{\sin^2 \beta_o}{a}, \quad (10)$$

Согласно исследованиям Н. В. Талантова [7], скорость обратного течения материала  $\Delta v$  саморегулируется из условия равенства интенсивности температурного разупрочнения

$$\Delta \tau_{сдв}(\theta) = \frac{\partial \tau_{сдв}}{\partial \theta} \cdot d\theta, \quad (11)$$

определяемого величиной  $\Delta v$ , и интенсивности деформационного упрочнения

$$\Delta \tau_{сдв}(\varepsilon) = \frac{\partial \tau_{сдв}}{\partial \varepsilon} \cdot d\varepsilon + \frac{\partial \tau_{сдв}}{\partial \dot{\varepsilon}} \cdot d\dot{\varepsilon}, \quad (12)$$

зависящего от скорости  $v_g = (v_i - \Delta v)$ . Здесь  $\tau_{сдв}$  – сопротивление сдвигу обрабатываемого материала.

Можно предположить, что точение с положительным ускорением резания, увеличивая  $v_g$ , приводит к уменьшению фактической равновесной скорости обратного течения  $\Delta v$ , что снижает температуру на конечной границе зоны сдвига и останавливает обратный поворот плоскости сдвига при значении  $\beta_i$ , большем исходного значения угла сдвига  $\beta_o$  на некоторую величину  $\delta \beta$ , которую в соответствии с выражением (10) можно представить в виде

$$\delta \beta = \frac{a_v \Delta \tau_{ц}^2 \cdot \sin^2 \beta_o}{2a}. \quad (13)$$

Поскольку при линейном изменении скорости резания описанный выше процесс осуществляется непрерывно, результирующая зависимость  $\beta(v_i)$  при нестационарном резании будет представлять собой кривую более пологую, а при достаточно больших ускорениях – располагающуюся выше, чем зависимость  $\beta(v)$  при стационарном резании, что и подтверждается экспериментально (рис. 2, б).

Допуская, что изменения угла сдвига происходят в пределах зоны конечной толщины  $\Delta S_1$ , что обусловлено необходимостью затрат опре-

деленного времени на процессы деформации в зоне стружкообразования и ограничивает бесконечное возрастание скорости деформации, время  $\Delta \tau_{ц}$  определяется как

$$\Delta \tau_{ц_i} = \frac{\Delta S_1}{v_i \cdot \sin \beta_i}, \quad (14)$$

в зависимости от текущего значения скорости резания и угла сдвига. Приняв толщину зоны стружкообразования  $\Delta S_1$  пропорциональной длине условной плоскости сдвига [6]

$$\Delta S_1 = C_s \frac{a}{\sin \beta}, \quad (15)$$

из уравнения (13) с учетом (14) и (15), переходя в пределе от приращений  $\Delta v = a_v \cdot \Delta \tau_{ц}$  и  $\delta \beta$  к соответствующим производным, получим

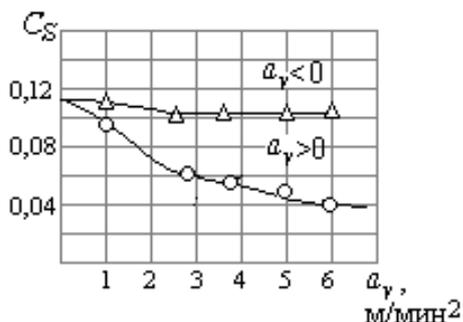
$$\left( \frac{\sin^2 \beta_o}{\sin \beta_i} \right)^2 d\beta = \frac{C_s}{2} \cdot \frac{dv}{v}, \quad (16)$$

откуда, после интегрирования,

$$\operatorname{ctg} \beta_i = \operatorname{ctg} \beta_o - \frac{C_s}{2 \sin^2 \beta_o} \cdot \ln \frac{v_i}{v_o}. \quad (17)$$

На рис. 4 представлены зависимости коэффициента  $C_s$ , рассчитанные по экспериментальным данным (рис. 2 а, б) в соответствии с зависимостью (12) для различных по величине и знаку ускорений резания. Полученные данные показывают, что точение с положительными ускорениями снижает относительную толщину зоны первичной пластической деформации, выраженную коэффициентом  $C_s$  от 0,11 для стационарного резания до  $C_s = 0,04$ .

Отрицательные ускорения ( $a_v < 0$ ) мало влияют на изменение коэффициента  $C_s$  в диапазоне скоростей резания выше зоны наростообразования. Следует отметить, что уменьшение  $C_s$  обеспечивает снижение колебаний  $\Delta \beta_{ц}$  угла сдвига и, следовательно, повышение стабильности процесса обработки при нестационарном точении.



**Рис. 4.** Влияние величины и знака ускорения  $a_v$  движения резания на коэффициент относительной толщины  $C_s$  зоны стружкообразования при точении сплава ХН73МБТЮ резцом ВК8

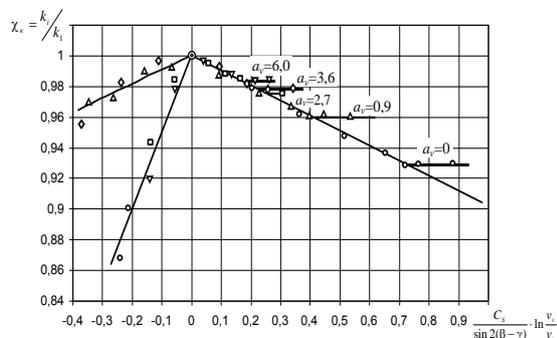
( $S = 0,1$  мм/об,  $t = 0,5$  мм,  $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$ ,  $r_b = 0,3$  мм,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $v = 0,6$  м/с)

Выражение (17) с учетом зависимости коэффициента усадки стружки от угла сдвига и переднего угла может быть представлено в виде соотношения

$$\frac{k_i}{k_1} = 1 - \frac{C_s}{\sin 2(\beta_1 - \gamma)} \cdot \ln \frac{v_i}{v_1}, \quad (18)$$

где  $k_1$  – коэффициент усадки стружки при скорости резания  $v_1$ , соответствующей скорости максимума наростообразования.

Графически выражение (18) при точении с различными ускорениями представлено на рис. 5, из которого видно, что использование этого уравнения возможно в диапазоне скоростей  $v_1 \leq v \leq v_o$ . Аппроксимация зависимостей  $k(v)$  для нестационарных условий резания единым обобщенным выражением (18) свидетельствует о принципиальном подобии контактных процессов в зоне стружкообразования при различных ускорениях  $a_v$  резания.



**Рис. 5.** Зависимость безразмерного критерия  $\chi_k$  деформации в зоне стружкообразования при нестационарном изменении скорости резания (ХН73МБТЮ – ВК8;  $S = 0,11$  мм/об;  $t = 0,5$  мм)

При этом  $\frac{C_s}{\sin 2(\beta_1 - \gamma)}$  является обобщен-

ным критерием подобия, а коэффициент относительной толщины зоны сдвига  $C_s$  – масштабным коэффициентом, по-видимому, учитывающим влияние скорости и ускорения процесса деформации, а также температуры резания на изменение уровня напряжений и деформаций в зоне обработки.

Зависимости (17) и (18) могут быть использованы для расчета  $k_i$  и  $\beta_i$  в диапазоне скоростей резания, больших скорости максимума наростообразования.

Таким образом, обработка с переменной скоростью резания приводит к изменению деформационных характеристик процесса стружкообразования вследствие непрерывного нарушения условия равновесия процессов деформационного упрочнения и температурного разупрочнения, приводящего вследствие сокращения толщины зоны стружкообразования к снижению колебаний и увеличению текущего значения угла сдвига по сравнению со стационарным точением. При этом степень влияния ускорения резания на деформационные характеристики  $k$ ,  $\beta_1$ ,  $\varepsilon$  при положительных ускорениях выше, чем при отрицательных значениях последних. Следует отметить, что на величину мгновенных приращений  $\delta\beta$  угла сдвига, в соответствии с уравнением (13), непосредственно влияет ускорение резания, толщина срезаемого слоя  $a$  и начальные условия нагружения срезаемого слоя, выражаемые значениями  $\sin^2 \beta_o$  и  $v_o$ , т. е. уравнение (17), описывающее поведение зависимости угла сдвига при нестационарном резании учитывает явления наследственности и эволюции деформационных процессов, протекающих в зоне стружкообразования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при нестационарном резании характер зависимостей деформационных характеристик ( $k$ ,  $\beta$ ,  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon'$ ) от элементов режима резания аналогичен стационарному режиму, но величина и знак скорости изменения элемента режима резания оказывает существенное и неоднозначное влияние на уровень и поведение указанных зависимостей.

2. Предложена модель стружкообразования, при которой ускорение резания вызывает изменение угла сдвига в пределах зоны конечной толщины за счет опережения перемещения вершины резца по отношению к свободной по-

верхности зоны стружкообразования вследствие обратного течения материала на наружной поверхности зоны сдвига за время единичного цикла стружкообразования.

3. Получены уравнения для расчета характеристик деформации срезаемого слоя при непрерывном управляемом изменении скорости резания, учитывающие явления наследственности и эволюции деформационных процессов в зоне контакта инструмента с заготовкой.

*Исследования проводились в рамках проекта по постановлению Правительства РФ № 218.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Талантов Н. В.** Физические основы резания, изнашивания и разрушения инструмента. М.: Машиностроение, 1992. 240 с.
2. **Журков С. Н., Нарзуллаев Б. Н.** Временная зависимость твердых тел // Журн. техн. физики. 1953. Т. 23, вып. 10. С. 1677–1684.
3. **Никифоровский В. С., Шемякин Е. И.** Динамическое разрушение твердых тел. Новосибирск: Наука, 1979. 270 с.
4. **Постнов В. В., Хадиуллин С. Х.** Термодинамический критерий оценки режущей способности инструментальных материалов // Вестник УГАТУ. 2007. Т. 9, № 6 (24). С. 162–169.
5. **Negashi H., Sata T.** Study on tool failure of carbide in interrupted turning // *CIRP Ann.* 1981. No. 1. P. 43–46.
6. **Альбрехт П.** Новые положения в теории резания металлов. Конструирование и технология машиностроения // Труды америк. общ-ва инженеров-механиков. 1961. Сер. В. Т. 38, № 3. С. 90–122.
7. **Талантов Н. В.** Физические основы процесса резания // Физические процессы при резании металлов: сб. ст. Волгоград: ВПИ, 1984. С. 3–37.

#### ОБ АВТОРЕ

**ПОСТНОВ Владимир Валентинович**, зав. каф. мехатрон. станочн. систем. Дипл. инж.-мех. (УГАТУ, 1972). Д-р техн. наук по технол. и оборуд. мех. и физ.-техн. обработки (УГАТУ. 2005). Иссл. в обл. нестационар. процессов резания жаропроч. сталей и сплавов.

#### METADATA

**Title:** Strain mode analysis of the chip forming area for nonstationary cutting.

**Authors:** V. V. Postnov

**Affiliation:** Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

**Email:** postnovmss@mail.ru

**Language:** Russian.

**Source:** Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 17, no. 8 (61), pp. 3-9, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

**Abstract:** Model of the chip forming by ruled variation of cutting speed with definite acceleration was proposed. Estimation relations of strain parameters in shearing layer for nonstationary cutting, which are conjuncted with evolution of strain processes, were obtained.

**Key words:** Unsteady cutting, chip formation, cut layer.

#### References (English transliteration):

1. N. V. Talantov, *Physical basis of the cutting tool wear and failure*. Moscow: Mashinostroenie, 1992.
2. S. N. Zhurkov and B. N. Narzullaev, "Time dependence of the solids," *Zh. Tech. Physics*, vol. 23, no. 10, pp. 1677-1684, 1953.
3. V. S. Nikiforovsky and E. I. Shemyakin, *Dynamic fracture of solids*. Novosibirsk: Nauka, 1979.
4. V. V. Postnov and S. H. Hadiullin, "Thermodynamic criterion for evaluating the cutting ability of the tool materials," *Vestnik UGATU*, vol. 9, no. 6 (24), pp. 162-169, 2007.
5. H. Negashi and T. Sata, "Study on tool failure of carbide in interrupted turning," *CIRP Ann.*, no. 1, pp. 43-46, 1981.
6. P. Albrecht, "The new provisions in the theory of metal cutting. Design and Technology Engineering," in *Proc. Amer. Society Islands of Mechanical Engineers*, vol. 38, series B, no. 3, pp. 90-122, 1961.
7. N. V. Talantov, "Physical basis of the cutting process," *Physical processes in metal cutting*. Volgograd: VPI, 1984, pp. 3-37.

#### About author:

**POSTNOV, Vladimir Vaventinovich**, Head. Dept. of Mech-atronic Machine Tool Systems. Dipl. Eng. (USATU, 1972). Dr. Tech. Science (UGATU, 2005).