

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛАСТИ РЕЗАНИЯ И ОБ УСАДКЕ СТРУЖКИ

Христафорян С.Ш., Христафорян Э.С., Григорян Г.Р., Саакян С.Г. (ГИУА, HARVAL ENGINEERING, Ереван, Республика Армения)

*Is examined the possibility of the new interpretation of concept the shrinkage of shaving from the positions of the kinematics of the flow of the substance through the field of cutting, in this case by possible will be determined, also, in the concept conditional shear plane. It is proven that the true shrinkage of shaving must be evaluated from the positions of the invariability of the mass of workable material per unit time implicated into the process of cutting.*

Определенные понятия и положения реологии резания основаны лишь на анализе “архитектуры” текстуры области резания, причем в основном при свободном резании, однако уже здесь допускаются упрощения такого рода, что исключает реальность адекватного описания иных закономерностей процесса резания. Что же говорить о несвободном резании или при резании криволинейной режущей кромкой в различных процессах резания, например шабрении круговым шабером, когда по длине режущего лезвия шабера изменяется и глубина резания и рабочая геометрия режущего клина шабера. Отмеченные проблемы приобрели явные очертания при исследовании авторами процессов резания с использованием принудительных УЗК режущей кромки [1,2,3,4,6]. Анализ геометрических соотношений области резания, самообразующейся в процессе пластического деформирования материала при резании на основе энергетического подхода позволяет смело утверждать, что усадка стружки подчиняется определённой закономерности (1) и надеяться на раскрытие новых закономерностей процесса резания

$$\xi_l = (1 - 2E_3/mV^2)^{-0.5} = (1 - V_3^2/V_P^2)^{-0.5} \text{ и } l = l_C(1 - V_3^2/V_P^2)^{-0.5}, \quad (1)$$

где  $-V_3$  - эквивалентная скорость, характеризующая затраченную на пластическое деформирование материала энергию.

Анализ закономерностей процесса резания отмечает очевидный факт, что нас ожидают два типа процессов, когда могут произойти; деградация обрабатываемого материала с позиций термодинамики структур и устойчивости, то есть обрабатываемого материала обладал большей степенью организации или порядка; созидание или эволюция, обрабатываемый материал менее организован нежели продукт процесса. Есть и третий, априори невозможный, тип, когда исходный обрабатываемый материал не претерпевает изменений в процессе резания, то есть возможны только два противоположных результата. Однако это не так, так как обрабатываемый материал всеми технологическими возможностями доводится до квазиизотропности и свойства его по объему одни и те же с малыми отклонениями от состояния равновесия - флуктуациями, которые не в состоянии привести к реализации нового состояния системы, то первый тип процесса не осуществим в процессе резания, то есть стружка и область резания более организованные структуры, находящиеся в явном отклонении от равновесия, а структура резания подпитывается энергией и веществом, ведет себя кооперированно, диссипативна, обладает пространственно-временными свойствами и масштабностью.

Область резания представим несколькими подобластями, для которых состояние материала в них можно явно оговорить; анизотропное твердое тело стружки, изотропный обрабатываемый материал, область  $C$  где происходит пластическое течение или сдвиг материала - условный фазовый переход вдали от температур фазовых переходов и анизотропные области  $B$  и  $D$ , отделяющие область  $C$  от обрабатываемого материала и стружки (рис.1). Допустив, что эти области отделены друг от друга условными по-

верхностями, то на основе граничных условий процесса резания можно утверждать, что поток вещества через эти границы будет неизменным и для случая свободного резания можно записать

$$M = m_{ab}l_{ab} = m_{bc}l_{bc} = m_{cd}l_{cd} = m_{de}l_{de}, \quad D_l^{S_i} = \text{const}$$

то есть для процессе резания диффузия вещества через определяющие области резания поверхности, условно проведенные в ней постоянная величина, иначе нарушится условие сплошности материала.

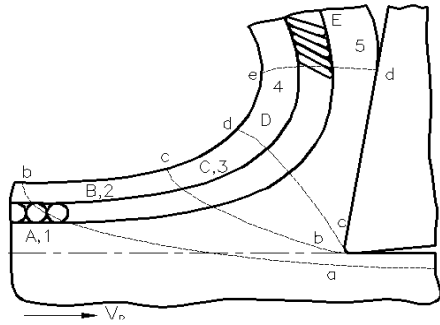


Рис.1. Область резания разделенная на подобласти условными поверхностями

Анализ микрофотографий области резания указывает, что длины этих условных поверхностей в общем случае не равны, следовательно, постоянной величиной может быть лишь масса вещества, перенесенная через эти поверхности, выраженная через их площадь, скорость резания и плотность вещества, которая для конкретного процессе резания может быть не учтена, то есть

$$V_i S_i = \text{const} = K_1,$$

где  $K_1$  - характеризует данный процесс резания и зависит от набора его параметров,  $V_i$  - среднеинтегральная скорость ансамблей обрабатываемого материала в данной поверхности  $S_i$ . Допуская, что образование стружки удовлетворяет условию сохранения сплошности обрабатываемого материала и в нём нет компонент, плотность которых могла бы измениться в процессе резания, рассмотрим зависимость  $\xi_l = l_o/l_C$  с включением параметра времени, т.е.  $V_p = \xi_l V_C$ , где  $V_p$  - скорость поступления обрабатываемого материала в область резания,  $V_C$  - скорость выхода из области резания продукта процесса резания - стружки,  $\xi_l$  - коэффициент усадки стружки.

Для массы поступающего в область резания материала можно записать

$$mV_p^2/2 = \xi_l^2 mV_C^2/2,$$

то есть энергия поступающей в область резания массы равна произведению кинетической энергии той же массы стружки и квадрата коэффициента усадки стружки.

Проведем преобразования

$$mV_p^2 - mV_C^2 = (\xi_l^2 - 1)mV_C^2; \quad E_K - E_{K_1} = (\xi_l^2 - 1)E_{K_1}; \quad E_3 = E_{K_1}(\xi_l^2 - 1),$$

или затраченная на структурирование обрабатываемого материала энергия  $E_3$  равна произведению  $(\xi_l^2 - 1)$  энергию массы стружки. Заменим на скорость резания скорость стружки, тогда

$$E_3 = mV_p^2(\xi_l^2 - 1)/2\xi_l^2 = mV^2(1 - \xi_l^{-2})/2 = E_K(1 - \xi_l^{-2}),$$

$$\xi_l^2 = (1 - E_3/E_K) \quad \text{и} \quad \xi_l = [E_K/(E_K - E_3)]^{0.5} = (E_K/E_{K_1})^{0.5}. \quad (2)$$

Допустим система резания характеризуется только процессом пластического деформирования материала и другие потребители энергии отсутствуют, то есть не происходит разогрева исходного обрабатываемого материала в области резания, что приведет к изменению набора физико-механических свойств деформируемого обрабатываемого материала, тогда для данных условий величина затраченной энергии постоянна и

$$\xi_l^{-2} = 1 - 2E_3/mV_p^2; \quad mV_p^2(1 - 1/\xi_l^2)/2 = \text{const}.$$

Анализ зависимости показывает, что она хорошо характеризует экспериментально установленную связь  $\xi_l$  и скорости резания и имеет смысл если  $V^2 > 2E_3/m$ , т.е. масса обрабатываемого материала должна обладать большей энергией, чем необходимая для реализации процесса пластического деформирования материала этой массы, что не вызывает каких-либо возражений и поэтому эта зависимость, безусловно, верная и намно-го расширяет возможности анализа процесса стружкообразования. Заменим  $\xi_l$  в данной зависимости на отношение длин срезаемого слоя и стружки или площадей их сечений получим зависимость 1. Допустим обрабатываемый материал неподвижен, то есть система координат исходного материала находится в покое и  $l_1$ -масштаб длины данного объема обрабатываемого материала в движущейся системе стружки, а скорость  $V_1'$  от-носительного движения системы координат стружки относительно скорости резания может характеризовать затраченную на процесс пластического деформирования мате-риала энергию, тогда  $l_1 = l_0 (1 - V_1'^2 / V_p^2)^{0.5}$ . Нетрудно заметить однозначное сходство с известной зависимостью теории относительности в преобразованиях Лоренца, но здесь вместо универсальной константы природы  $c$ , полагающей для материальных тел верх-ний предел скоростей, фигурирует  $V_p$ , интерпретируемую как максимально возможную скорость в условиях данного процессе резания. Толкование  $c$  как скорости света в ва-кууме, конечно, не препятствует для нашего предположения, а только конкретизирует его, более того, если для структуры или системы наблюдаемого мира  $c$  - мировая кон-станта, скорость - предел, то для иной структуры эта скорость может быть другой, лишь бы она была максимальной для ней, что подтверждает четкость проведенных рассужде-ний и позволяет предположить, что в структуре резания возможно не может быть ско-ростей, больших чем установленная скорость резания или скорость притока вещества в преобразующую её структуру.

Рассмотрим в зависимости 2 условие положительности подкоренного выражения, то есть вся энергия расходуется на процесс пластического деформирования материала и трение, тогда можно принять, что  $E_3$  для данных условий резания остается условно не-изменной величиной и при непрерывном увеличении энергии  $E$ , подводимой к струк-туре резания в единицу времени,  $\xi_l$  будет стремиться к единице. При снижении же ин-тенсивности подвода энергии в структуру резания  $\xi_l$  будет непрерывно возрастать до момента, когда необходимая энергия для реализации процесса резания или структури-рования новой структуры вещества станет равной подводимой, а при  $E < E_3$  корни уравнения мнимые, что свидетельствует о невозможности структурирования вещества обрабатываемого материала или осуществления собственно процесса резания.

Полученный результат отмечает, что конфигурация области резания должна быть обусловлена поверхностями, для которых произведение среднеинтегральной скорости обрабатываемого материала в ней на величину поверхности постоянная величина для конкретного процессе резания, так как обрабатываемый материал удовлетворяет грани-чным условиям, а это свидетельствует о том, что анализ области резания посредством плоскостей имеет явные элементы погрешности, на которые обращали внимание сами резальщики на протяжении всего времени существования теории резания.

Проведем в области резания криволинейную ось  $XX_1$ , проходящую через те точки, скорость которых характеризует среднеинтегральную скорость ансамблей

обрабатываемого материала, находящихся в принятых поверхностях, проходящих через эти точки на оси  $XX_1$  (рис.2а). Скорость точки на оси  $XX_1$  в направлении  $X_1$  ввиду граничных условий будет монотонно убывающей функцией координаты, причем на границах области резания приращение скорости  $dV/dx \rightarrow 0$  (рис. 2а, пунктирные кривые). Если рассмотреть некоторое среднее распределение скоростей (сплошная кривая), то функция изменения площадей  $dS_i/dx$  условных поверхностей, проходящих через точки криволинейной оси  $XX_1$ , будет иметь вид показанный там же, то есть площади поверхностей должны монотонно возрастать с поверхности, в которой наблюдаются признаки сжатия ансамблей материала до поверхности с которой прекращается процесс пластического деформирования материала, стружка отходит от клина и становится самостоятельным твердым телом. Любое внешнее воздействие на стружку приведёт к изменению формы и траектории её движения ввиду изменений в пространстве внешних параметров структуры резания и, следовательно, параметров пограничной поверхности, отделяющей стружку от области резания.

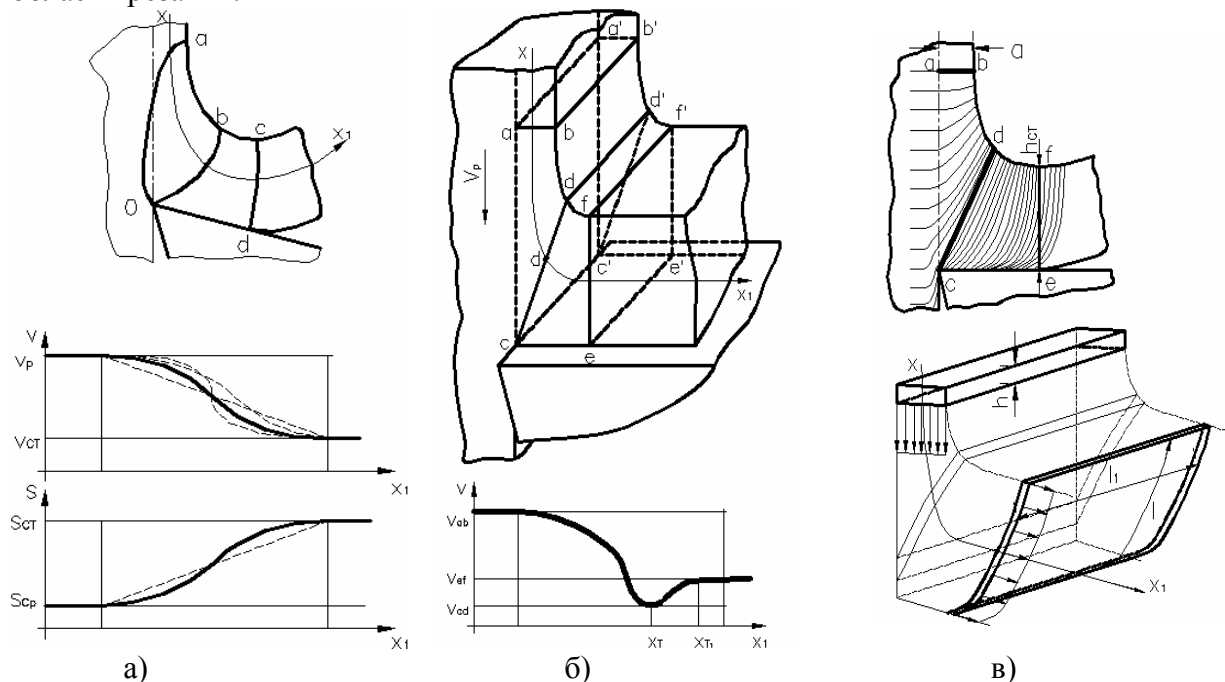


Рис.2. Кинематические характеристики потока вещества в области резания –а, изменение площади условных поверхностей в области резания и соответствующая кинематика вещества в ней в соответствии с принятыми представлениями –б, возможный веер характеризующих поверхностей в области резания с сохранением условия монотонного возрастания их площадей –в.

Рассмотрим рисунок 2б, где в соответствии с принятыми на сегодня представлениями приведена схема резания клином с углом  $\gamma = 0$  при коэффициенте усадки стружки  $\xi_l = S_{стр}/S_{срез} = 3$ , т.е. соотношение  $lf/ab$  соответствует утолщению стружки равному трем, то есть соотношение скоростей притока и оттока вещества в области резания тоже должно быть равным трем. В процессе пластического деформирования материала по этой схеме нарушается условие монотонного убывания скорости движения материала через область резания, так как величина  $cd > lf$ . Для рассматриваемого случая зависимость скорости движения материала в области

резания от координаты на оси  $XX_1$  будет иметь вид, показанный на рис.2б, указывающий на то, что на участке криволинейной оси  $X_T X_{T1}$  материал ускоряется, а это означает, что здесь должно быть осуществлено объемное сжатие материала и, так как область резания имеет свободные поверхности, то отмеченное мало вероятно ввиду условия сплошности материала и, практически, исключается. Конечно здесь могут возникнуть возражения, но они могут быть приняты лишь в случае если свободная поверхность области резания имеет такие сингулярные свойства, которые допустят возможность сжатия обрабатываемого материала в области резания не нарушая граничных условий, нарушение которых весьма ограничит возможности анализа структуры области резания и без того чрезвычайно сложного.

На рис.2в представлена иная схема отмеченных условий, когда отношение поверхностей поперечных сечений стружки и срезаемого слоя оставлено равным трем, однако, поверхности, через которые проходит вещество, построены соответственно условию их монотонного возрастания и на основе величины прямой  $cd$  - наикратчайшего расстояния от вершины РК до свободной поверхности области резания. При этом постоянным для конкретного процесса резания должно быть отношение некоторых поверхностей  $a'b$  и  $lf'$ . То есть можно считать, что в реальности отбор порции исходного обрабатываемого материала и выход порции готовой стружки должен происходить через криволинейные поверхности, а веер поверхностей, который можно провести в области резания для целей адекватного анализа, отличается тем, что каждая последующая поверхность должна иметь большую площадь нежели предыдущая. Представленный веер поверхностей вполне определенно совпадает с результатами, полученными методом делительных сеток и составлен на основе анализа микрофотографий области резания, полученных нами впервые, при резании специальных слоистых образцов, при этом не вызывает сомнений то, что поверхность  $cd$  в реальных условиях может быть не плоской.

Объединим слой ансамблей материала одновременно вовлекаемых в процесс пластического деформирования материала в области резания некоторой условной поверхностью  $S$ , тогда, учитывая, что в области резания не происходит перемешивания вещества, эта поверхность со слоем ансамблей будет перемещаться в структуре резания и изменять при этом свои размеры ввиду пластического деформирования материала слоя, то есть толщина слоя будет уменьшаться, а по двум другим измерениям увеличиваться и при этом непрерывно будет меняться кривизна поверхности (рис.2в). О характере отмеченного говорить сложно, т.к. если для подавляющего большинства процессов пластического деформирования материала таких как: осадка, волочение, и др., объемы в которых происходит деформирование материала строго определены и обусловлены параметрами формоизменяющего инструмента, для случая деформирования методами резания параметры области пластического деформирования материала, мягко говоря, не определены и поэтому крайне сложно ориентироваться в вопросах исследования закономерностей потока вещества через область резания, поэтому важно возможно глубоко определиться в геометрических соотношениях, скорее архитектуре, области резания.

**Список литературы:** 1. Касьян М.В., Христафорян С.Ш. К вопросу о механизме возникновения структуры резания. //Изв.ВУЗ-ов, Машиностроение. М.: - 2,-1990,-с.121-124. 2. Христафорян С.Ш. Влияние УЗК на процесс пластического деформирования при высоких скоростях резания // Эл-физ и эл-хим методы обработки.-М.: НИИМАШ,- 1983, -4, -с.9-12. 3. Христафорян С.Ш. Вопросы формирования пространственной стру-

ктуры твердого тела сливной стружки при непрерывном резании. //РСНТО, Арм. ССР, Мат.24НТК, , Ереван,-1987,-с.187-188. 4. Христафорян С.Ш. О процессе резания материалов как самоорганизующейся структуре по переработке вещества. // Изв.НАН РА, Серия тех.наук, -1999, том 2, -с.145-152. 5. Христафорян С.Ш., Баласанян Б.С. и др. Синергетические принципы организации области резания при обработке материалов с применением принудительных колебаний. // Информационные технологии и управление. 4-2.-2002.-Ереван: 2002. с.137-142. 6. Христафорян Э.С. Повышение эффективности процесса шабрения использованием ультразвуковых колебаний. Автореф...кан.тех. наук, Ереван, 1999.

Сдано в редакцию 18.01.07

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РОТОРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Чернышев Е.А. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

*Use of rotor machines for heading nails instead of nail automatics permits to increase nails manufacture productivity. Impulse nature of torque in working rotor machines is the cause to make sure that the machine parameters will guarantee minimum value of torsion oscillations amplitudes. For this, it is necessary to investigate how the machine parameters influence on torsion oscillations. The paper deals with theoretical background of the problem.*

### 1. Введение.

Использование роторных машин для обдавливанием небольших деталей, преимущественно тел вращения, с непродолжительным временем обработки позволяет существенно повысить производительность [1, 2]. Машины непрерывного действия являются перспективным вариантом технологического оборудования в метизном производстве, т.к. метизы удовлетворяют основным требованиям для обработки на роторных машинах [1].

Важной задачей при проектировании роторных машин является выбор рациональных параметров технологического оборудования, который может осуществляться по различным критериям. Так как условия работы роторных машин при обработке давлением обычно характеризуются импульсной нагрузкой, то параметризацию машины целесообразно проводить на основе исследования динамических процессов по критерию минимума амплитуд крутильных колебаний.

Теоретическому исследованию динамики роторных машин посвящены работы [3 – 8]. В них решены задачи выравнивания нагрузки между приводными двигателями [4], снижения «уровня колебаний» за счет уменьшения амплитуд гармоник (или отдельной гармоники) крутящего момента сил сопротивления путем вариации фазовых углов [5], уравнивания мощности [6] за счет стабилизации момента сил сопротивления, моделирования работы червячного привода роторных линий [7]. Однако условия работы роторных машин могут иметь особенности, корректирующие некоторые установленные закономерности. В частности, как отмечается в работе [6], увеличение числа позиций ротора ведет к уменьшению неравномерности момента и, следовательно, к снижению амплитуд крутильных колебаний, что действительно имеет место при условии симметричного цикла нагружения. Однако при обработке давлением наиболее характерен цикл нагружения, при котором стадия разгрузки в пределах упругой «отдачи» пластически деформированного металла короче участка нагрузки на 3 порядка, т.е. оказывается настолько малой, что участок снятия нагрузки определяется