

ансамблей, в том числе и в реальных материалах, и в этом проявляется целесообразность поведения материала. В контексте отмеченного, заметим, что реальные материалы обладают свободными полостями на микроуровне и различными дефектами на границах зерен, что предполагает отсутствие симметрии сил сопротивления сдвигу, т.е. наличие развиваемых в сужающихся каналах сил и направления с минимумом сопротивления сдвигу четко и безальтернативно определяет и направление сдвига, т.е. явления самоорганизации материала в пространстве сжимающих напряжений полностью реально и обосновано, и это действие должно явно улучшиться при наличии периодических быстрых сил, обусловленных УЗК.

**Список литературы:** 1. Христафорян С.Ш. Теоретические и технологические основы повышения эффективности обработки материалов использованием УЗК. //Авто-реф. на соиск.уч.ст. д.т.н., - Ереван,-1996. 2. Христафорян С.Ш., Артунян А.В. и др. Синергетическая модель пластического деформирования материала при резании. Межд. сб. науч.тр. - Донецк: ДонНТУ, 2007, Вып.34, с.238-244. 3. Христафорян С.Ш., Баласа-нян Б.С., Артунян А.В. Повышение эффективности процесса прессования деталей в закрытых объемах применением сложных схем наложения УЗК.// Межд. науч. жур. Проблемы прикладной механики. - Тбилиси, 2004, N2,с.74-78. 4. Христафорян С.Ш., Артунян А.В. Особенности процесса прессования материалов в закрытых объемах с использованием различных схем наложения УЗК. Межд. сб.науч.тр. -Донецк: ДонНТУ, 2006, Вып.31, с.305-311. 5. Христафорян С.Ш., Саакян С.Г. и др. Особенности структуры свободной поверхности области деформирования материала при резании. Межд.сб. науч.тр. – Донецк: ДонНТУ, 2007, Вып.33, С.318-322.

Сдано в редакцию 16.01.08

## ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ МАТЕРИАЛА В ПРОСТРАНСТВЕ ОБЛАСТИ РЕЗАНИЯ

Христафорян С.Ш., Христафорян Э.С. (ГИУА, Ереван, РА)

*Are examined questions of the kinematics of material in the field of the material plastic deformation in the cutting process from the positions of material self-organizing, which is been in a state of plasticity far from temperatures of phase transitions in the space of the high hydrostatic pressure, caused by the stresses, created in the very process of cutting. It is shown that the true shrinkage of shaving with the cutting considerably lower than that, which is determined by known procedures.*

Процесс резания характерен тем, что в обрабатываемом материале при воздействии режущим клином возникает вполне определенная структура - область резания и тут протекают процессы, в итоге которых вовлекаемый в процесс резания материал претерпевая весьма солидную деформацию приобретает структуру стружки, которая не только по текстуре сильно отличается от сырья (обрабатываемого материала), она еще и обладает особенной кинематикой движения, за счет которой формируется своеобразный его вид и трудно предсказуемая траектория его перемещения. Обрабатываемый материал в случае свободного резания поступает в область резания имея вполне конкретную скорость для всех вступающих в процесс деформирования своих ансамблей, однако на выходе из области резания скорости этих ансамблей, как правило, отличны по сечению стружки, причем не только своеобразно распределены, но и вполне конкретно, иначе твердое тело стружки не состоится.

Не вызывает каких-либо возражений то, что отмеченное пространство скоростей ансамблей стружки формируется в пространстве зон пластического деформирования и трения в области резания, в итоге изменения геометрии ансамблей и траектории их перемещения в ней. К сожалению, столь очевидному факту теория резания мало обращала внимания, скорее практически не обращала, а основные акценты ставились на геометрические соотношения области резания. Например, основное понятие теории резания усадка стружки - отношение длин срезаемого слоя к длине образованной стружки, принят как показатель уровня пластического деформирования материала при резании, тогда как с позиций структуры области резания площадь поверхности, с которой материал вовлекается в деформирование существенно отличается от поверхности сечения среза [1,2] и уровень деформирования должен предполагать

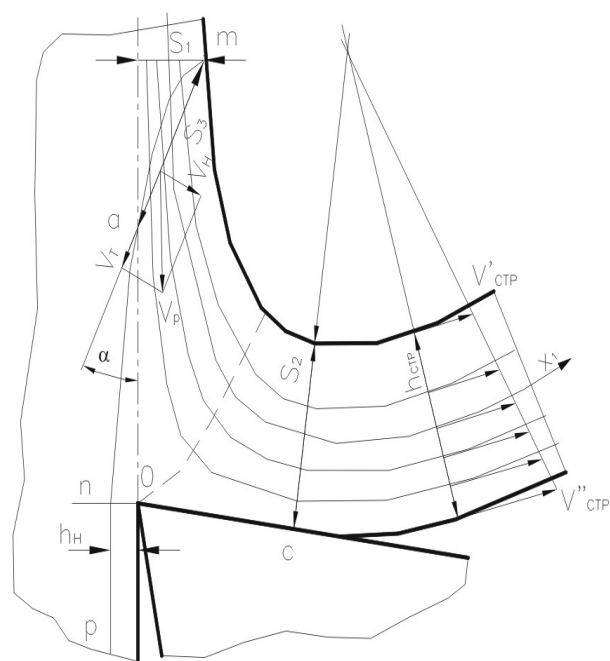


Рис.1. Пространство области резания с характерным потоком вещества через неё и соответствующими характеристиками.

изменение формы какого-то объема материала при его трансформации в стружку и характера деформаций ансамблей, составляющих отмеченный объем, которые сильно отличны по сечению стружки. Более того, мало вероятно, что при измеренной по принятой методике усадке стружки порядка выше пяти [3] сплющивание цепи ансамблей материала в области резания составляет величину такого порядка, т.к. в области резания нет, практически, таких условий. По этому вопросу надо обнаружить новые интерпретации [2], как в понятии усадка стружки, так и в учете особенностей изменения кинематики материала в области резания при его деформировании в стружку.

Область резания ограничивается со стороны обрабатываемого материала некоторой поверхностью, проходящей через точки  $m$ ,  $a$  и  $n$  (рис.1). Заметим, что эта поверхность должна касаться прямой  $pr$  в точке  $n$ , характеризующей глубину проникновения деформаций в тело обрабатываемого материала в нормальном к направлению резания направлении  $On = h_n = f(\sigma_n)$ . Если допустить, что износ режущего клина пренебрежимо мал, то точка  $n$  будет находиться напротив вершины режущего клина на нормали к обработанной поверхности. Материал в области  $Ona$  претерпевает деформирование, однако он не может быть вовлечен в область резания и участвовать в формировании тела стружки. В процессе деформирования, зерна или иные ансамбли материала на границе  $aO$  (рис.1), при походе к вершине клина, могут вытянуться в область резания и лишь после нарушения их сплошности у режущей кромки клина, часть их окажется в области резания, а оставшаяся доля будет вовлечена в процесс формирования обработанной поверхности. Точка  $a$  – точка пересечения поверхности  $tan$  с линией резания на некотором расстоянии от вершины клина, зависящем от набора физико-механических свойств деформируемого материала и может быть характеризовано как глубина проникновения или распространения пластической деформации в материал.

Если поверхность  $am$  характеризует границу, с которой в область резания вовлекается деформируемый материал, то, учитывая итоги теории резания, можно считать, что касательная к ней в точке  $m$  составляет угол  $\pi/4$ , а это говорит о том, что можно принять с определенным, существенно меньшим, чем в теории резания, допущением, что поверхность, с которой материал вовлекается в процесс резания может быть заменена плоскостью  $S_3$ , площадь которой существенно больше площади среза -  $S_1$  и будет равна площади реальной поверхности  $am$ . Следовательно, когда рассматривается усадка стружки, исходя из условий сплошности и неизменной плотности объемов вовлекаемого в процесс резания материала и соответствующей ему стружки, без каких-либо возражений можно оперировать наклоненной к направлению резания под углом  $\alpha$  отмеченной плоскостью и поверхностью среза стружки  $S_2$ , которая, в свою очередь, будет меньше поверхности текстурированной стружки с углом наклона текстуры  $-\varepsilon$ , а это говорит о том, что итоги анализа будут заведомо завышены на величину равную  $\sec \varepsilon$ , уже при условии, что поверхность текстуры есть плоскость.

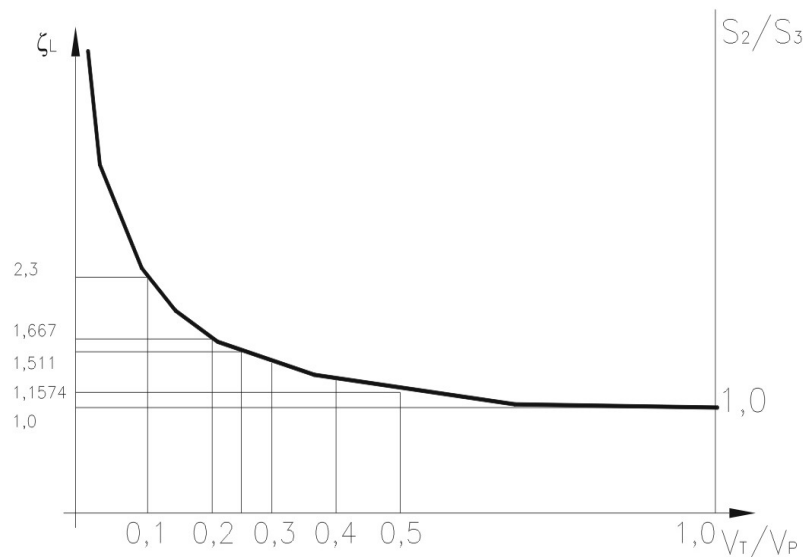


Рис.2. Фрагмент области резания (а) и графическая интерпретация соотношений истинной усадки стружки, основанной на реальной поверхности  $S_3$  и измеренной традиционной методикой.

На базе проведенных теоретических выкладок и соответствующих расчетов, основанных на энергетических условиях протекания процесса резания, установлено, что истинная усадка стружки  $\xi_L$  существенно меньше той, которую мы измеряем известной методикой, и соотношение последних приведено на рис. 2 [1, 4]. Так при соотношении скорости резания и скорости схода стружки равном 2 ( $\xi_i=2$ ) усадка  $\xi_L$  составляет 1,157, а при соотношении равном 10 ( $\xi_i=10$ )  $\xi_L$  составляет всего лишь 2,3, т.е. материал в итоге деформирования будет сплюснут не в 10, а в 2,3 раза, что выглядит явно реалистичнее, с позиций сплющивания цепочки материала в области резания в текстурированную стружку, для случая, когда условия резания таковы, что измеренная традиционным методом усадка стружки равна  $\xi_i=10$ .

Воспользуемся ранее полученными результатами [1-6], характеризующими усадку стружки и массоперенос через область резания. Нет сомнений в том, что если

материал вовлекается в процесс деформирования с поверхности, то ансамбли материала в ней можно считать стянутыми этой поверхностью и они составят некоторую цепочку. Учтем, что в области резания не происходит так называемого перемешивания материала и рядом расположенные ансамбли не меняют своего соседства, несмотря на то, что они же могут, значительно деформируясь, существенно менять свою конфигурацию, а это говорит о том, что цепочка ансамблей в поверхности, которую можно условно стянуть некоторой поверхностью  $d'm'$  при продвижении через область резания останется стянутой ею, причем конфигурация этой поверхности будет непрерывно меняться ввиду деформирования отмеченной цепочки ансамблей. В конечном итоге эта условная поверхность должна предеформироваться таким образом, чтобы цепочка ансамблей составила, скорее вытянулась, в направлении линии текстуры стружки, наклоненной к оси стружки под некоторым углом  $-\varepsilon$ . Допуская, что деформирование цепочки ансамблей происходит по какой-то закономерности, т.е. конечная усадка формируется постепенно, по мере продвижения материала через область резания и соответствующего снижения скорости материала в области резания в направлении криволинейной оси  $X$  (рис.3), закономерность изменения длины цепочки может быть представлена в соответствии с рисунком 3, а полученная кривая в общем случае описывает изменение площади стянутого поверхностью слоя материала, вовлекаемого в область резания и проходящего деформируясь через неё к конечному состоянию к текстуре стружки.

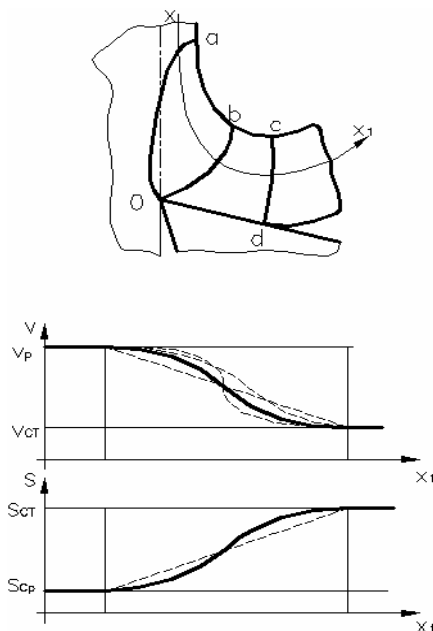


Рис. 3. Возможное изменение текущей скорости потока вещества через область резания и изменения площади поверхности стягивающей цепочку ансамблей материала одновременно вовлекаемого в процесс резания.

деформирования, а предшествующие ей точки поверхности находятся во взаимодействии с материалом области резания.

Если горизонтальная ось представлена как соотношение текущей скорости ансамблей материала к скорости поступления, то представленная интерпретация может составить информацию о закономерностях кинематики материала в области резания на промежуточных этапах деформирования, более того о конфигурации и области резания, что служит уже достаточным основанием необходимости уточнения категории усадка стружки для адекватного понимания процессов протекающих в области пластического деформирования материала при резании. Определим скорость с которой материал вовлекается в область резания нормально и тангенциально стягивающей поверхности, в каждой точке которой она будет иметь различные значения нормальной и тангенциальной составляющих скорости входа, и которая условно заменена поверхностью  $S_3$ .

$$V_N = V_P \sin \alpha = V_P \cdot (\xi_1 - 1)^{-0,5},$$

$$V_T = V_P [ 1 - (\xi_1 - 1)^{-0,5} ]^{0,5},$$

а из условия сплошности потока имеем  $V_{ex} S_3 = V_{cm} S_2$  и  $V_{ex} S_1 / \sin \alpha = V_{cm} S_2 = V_P S_1$ , что явно утверждает правильность проведенных рассуждений. Заметим, для точки  $n$  скорость входа  $V_{ex} = 0$ , т.е. на неё не действует область

Разумеется, реальное изменение текущей скорости потока вещества будет иметь стохастический характер, т.к. учет возможных флуктуаций, к которым структура резания не безразлична, в настоящем, приняв во внимание реальность явления сдвига между соседними цепочками ансамблей материала, практически, неосуществим, но воспользовавшись методом усреднения можно с определенной достоверностью допустить, что при движении материала по криволинейной и центральной линии тока по оси  $X_1$  отмеченные изменения могут происходить по закономерности, представленной на рис.3, которая с приближением представится как:

$$V_{ст_i} = (V_p - V_{ст_0}) \cdot 0,5(1 + \cos k_i \pi) + V_{ст_0}; \quad k_i = X_i / X_{max}.$$

Примем, что средняя усадка стружки определяется изменением скорости потока вещества по этой оси, тогда  $V_p / V_{ст_0} = \xi_L$  и убедимся, что зависимость  $V=f(t)$  монотонно убывающая и это следствие того, что трудно найти для области резания созидающие причины иного поведения этой функции, следовательно  $\int_0^t V_i dt$  будет

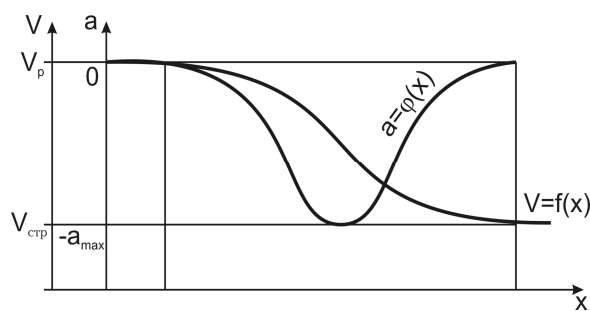


Рис.4. Диаграмма ускорений на линиях токов в области резания

характеризовать размер области деформирования по направлению оси  $XX_1$  и в первом приближении этот размер составит  $V_{CF_0} \cdot t$ , где  $V_{CF_0}$  - средняя скорость материала при прохождении линии данного тока вещества. Заметим, адекватный геометрический анализ области резания, например, определение длины тока каким-либо образом, позволит определить время, при котором происходит деформирование ансамбля материала на данной линии тока, а имея

конфигурацию свободной поверхности области резания определить изменение конфигурации поверхности, стягивающей один слой ансамблей материала, одновременно входящих в область резания.

Ввиду того, что ансамбли материала не меняют соседства время прохождения области резания ансамблями по различным линиям токов вещества одинаково для всех ансамблей [2,6]. Иначе говоря, можно определиться в конфигурации области резания. Отметим также, что по данной зависимости скорости можно определить и характер зависимости ускорения вещества (рис.4)  $a = \varphi(t)$ , анализ которой предполагает, что на линиях токов вещества неизбежно должно быть семейство точек, для которых величина торможения максимальна на них.

Безграничные возможности материального мира подталкивают к неопределенности в вопросе геометрического содержания совокупности отмеченных точек. Однако, рассмотренные моменты целесообразного поведения материала в пространстве напряжений, многочисленные, неоднократно проверенные и подтвержденные результаты теории резания позволяют уверенно утверждать, что они, скорее всего, располагаются в рассматриваемом сечении в некоторую кривую и составляют так называемую линию сдвига, а в трехмерном отображении, особенно при несвободном резания в сложную поверхность сдвига. Этой геометрической конфигурации должны соответствовать максимальные напряжения сжатия и сдвига на каждой линии тока, следовательно, максимальные давления, силы и ускорения, скорее торможения [7].

**Список литературы:** 1. Христафорян С.Ш., Саакян С.Г., Христафорян Э.С. Характеристики области резания и об усадке стружки. Межд. сб. науч.тр. – Донецк: ДонНТУ, 2007, Вып.33, С.323-327. 2. Христафорян Э.С. Об истинной степени пластического деформирования материала при резании Межд.сб. науч.тр. – Донецк: ДонНТУ, 2007, Вып.33, С.313-317. 3. Христафорян С.Ш. и др. Синергетическая модель пластического деформирования материала при резании. Межд.сб. науч.тр. - Донецк: ДонНТУ, 2007, Вып.34, с.238-244. 4. Христафорян С.Ш. О процессе резания материалов как самоорганизующейся структуре по переработке вещества. //Изв. НАН РА, сер. ТН, 1999, том 2, - с.145-152. 5. Христафорян С.Ш. Теоретические и технологические основы повышения эффективности обработки материалов использованием УЗК. //Автореф. на соиск.уч.ст. д.т.н., - Ереван, - 1996. 6. Христафорян С.Ш., Саакян С.Г., Христафорян Э.С. Особенности структуры свободной поверхности области деформирования материала при резании. Межд. сб. науч. тр. – Донецк: ДонНТУ, 2007, Вып. 33, С.318-322. 7. Развитие науки о резании материалов. М.: Машиностроение, 1967, с. 416.

Сдано в редакцию 16.01.08

## **О КИНЕМАТИКЕ АНСАМБЛЕЙ МАТЕРИАЛА НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ОБЛАСТИ РЕЗАНИЯ И ТЕЛА СТРУЖКИ**

**Христафорян С.Ш., Христафорян Э.С., Вартазарян З.В. (ГИУА, Ереван, РА)**

*Are examined the questions of the distribution of the speeds of the ensembles of substance on the boundaries of the cutting region, which ensure the conditions for involvement of the initial workable material in the process of plastic deformation and condition for formation of solid body of shaving, which has the clearly specific form and the kinematics of displacement in the space. Analysis is carry ouied for the case of free cutting with the output in the general case of cutting.*

Физический процесс резания, по существу, есть процесс изготовления стружки, в итоге которого не подвергшийся резанию остаток обрабатываемого материала, определенных размеров и качества обработанной поверхности именуется деталью. Именно он используется в качестве элемента современной техники определенного назначения, резание же – внедрение в материал клина и его пластическое деформирование, в итоге чего образуется стружка, это один из наиболее интересных процессов материального мира. Стоит заметить, что этот сложнейший физический процесс, несмотря на то, что процесс резания один из основных технологических процессов современного производства и ему посвящены многочисленные исследования, выведенные в отдельную отрасль науки, в сущности, достаточно не изучен. О чем говорить, если на сегодняшний день даже не разработана физическая модель пластического деформирования при резании, а имеющиеся все модели содержат условные понятия, предельно упрощены и не позволяют составить единое мнения о процессе резания. Поэтому вопрос разработки адекватной физической модели процесса стружкообразования - актуальная задача науки. Надо отметить, что в этом вопросе огромное значение приобретают вопросы особенностей кинематики вещества в области резания, в результате чего твердое тело стружки, приобретая, практически, неповторяющиеся пространственные формы или конфигурации при этом и перемещается в пространстве на выходе из области резания весьма своеобразно и трудно контролируемо.