

зания материалов как самоорганизующейся структуре по переработке вещества. // Изв. НАН РА, Серия тех. наук, -1999, том 2, -с.145-152. 3. Христафорян Э.С. Повышение эффективности процесса шабрения использованием ультразвуковых колебаний. Автореф ...кан.тех. наук, Ереван, 1999.

Сдано в редакцию 18.01.07

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОБЛАСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА ПРИ РЕЗАНИИ

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

In the process of cutting is self-organized the region of the cutting, where far from temperatures of phase transformations the workable material as a result of acting the high hydrostatic pressure changes elasticity on plastically, which is possible to carry out only in the locked space, whereas the region of cutting has free surfaces. Questions of the structurization of the free surfaces of the region of cutting from the positions of the guarantee of the necessary hydrostatic pressure in the region of cutting are for the first time examined

При резании в обрабатываемом материале образуется некоторая функциональная область, именуемая в теории резания областью резания, где благодаря особенностям процесса стружкообразования, происходит пластическое деформирование материала, приводящее к образованию новой структуры материала –стружки, отличающейся более высоким уровнем организации или порядка на микроуровне и характерной текстурой. Область резания по своему физическому содержанию весьма сложное пространственное материальное образование, о которой до сегодняшнего дня нет достаточных знаний.

В обрабатываемом материале, находящемся в пространстве области резания, отмечено характерное поле довольно высокого гидростатического давления. Настолько высокого, что в результате её действия в области резания – области структурирования обрабатываемого материала, имеющей свободные поверхности или поверхностный слой, назовем его оболочкой, возникают такие условия, при которых обрабатываемый материал в процессе самоорганизации удерживается в области резания и подвергаясь пластическому деформированию вдали от температур фазовых переходов претерпевает условный фазовый переход приобретая стружку стружки. Этот аспект в теории резания ранее не рассматривался.

Теорией и практикой резания накоплен богатейший фактический материал, а сам процесс резания успешно и в огромных масштабах реализуется в различных отраслях промышленности, но единство взглядов на сложнейший физический процесс резания не достигнуто. Известные модели процесса стружкообразования чрезмерно упрощены и не объясняют все многообразие характерных для процесса резания явлений, в первую очередь сам процесс стружкообразования, характеризующие закономерности процесса резания эмпирические зависимости и рекомендации, как правило, слабо обоснованы и редко служат задачам оптимального резания материалов.

Все исследования области стружкообразования – структуры материала в закритическом состоянии, основаны в принципе на геометрическом и металловедческом анализе корней стружек и уже сформированных областей резания, каким-либо образом зафиксированных в обрабатываемом материале. Результаты этого анализа в большинстве своем служили базисом в деле разработки физической модели процесса стружкообразо-

вания, однако многие из известных результатов резания уже не вписываются в разработанные несовершенные модели процесса стружкообразования, что не допускает возможности адекватного решения задач процесса резания на основе положений теории упругости и пластичности. Следует отметить, что теория упругости и пластичности в вопросе решении задач сложнопространственного деформирования материалов, к которым надо отнести процесс упруго-пластического деформирования материала в процессе резании, сама находясь в стадии бурного развития еще имеет свои собственные нерешенные проблемы.

Перспективным в исследованиях области резания надо считать целесообразность сосредоточить внимание на ранее не рассмотренные механизмы самовозникновения и самоприспособления области резания к условиям процесса резания, взаимодействия отдельных частей или подобластей области резания, а также на структуру сингулярной оболочки, возникающей в процессе резания и ограничивающей область резания при этом удерживающего подоболочковый предельно сжатый обрабатываемого материал в ней, что, безусловно, позволит существенно продвинуться в разработке физической модели процесса стружкообразования. Процессы образования области резания и его дальнейшего функционирования протекают в окружающем нас материальном мире, поэтому безусловно то, что есть определенные закономерности в поведении материальных структур в области резания, на которые ранее не концентрировалось, может и не обращалось, внимания.

При конкретном процессе резания и отсутствии флуктуаций конфигурация области резания, практически, неизменна и может быть представлена фигурой *clfmk* (рис.1). Рассматривая случай сливного процесса стружкообразования с учетом сплошности обрабатываемого материала выделим в области резания поверхностный слой толщиной в размер произвольного упругого ансамбля обрабатываемого материала - S и представим слой взаимодействующих ансамблей в виде деформированного согласно условиям процесса резания упругого бруса (рис.1а). Схема деформирования упругого бруса четко определяет его конфигурацию, так как составляющие брус упругие элементы при деформировании приобретут форму клиновых структур (рис.1б), поведение которых в пространстве напряжений строго определено, то есть проникновению ансамблей участка 1 в область резания препятствует гидростатическое давление в ней. Структура участка 1 допускает состояние равновесия, тогда как конфигурация структуры участка 2 не может оказать сопротивление давлению в области резания и это направление определяет направление выхода из области резания деформированного, скорее структурированного обрабатываемого материала. Очевидно, что чем выше давление в области резания, тем больше будут углы сходимости поверхностей клиновых структур - a_i, b_i составляющих поверхностный слой области резания на участке 1, или же нормальное давление в границе клиновых структур оболочки при данном коэффициенте трения между ними. Для участка 2 величина углов сходимости клиновых структур и нормальное давление между ними будет определять степень предрасположенности к выходу деформированного материала из области резания.

Структуры области резания и сингулярной оболочки формируются в самом начале процесса резания [1]. Когда режущий клин входит в контакт с обрабатываемым материалом и начинается процесс пластического его деформирования происходит зарождение структуры области резания и неизбежная её эволюция по определенной траектории в пространстве возможных конфигураций области резания до той, которая в качестве реальной области резания может сохраниться сколь угодно долго если в пространстве внешних параметров процесса резания будут отсутствовать флуктуации, наличие которых может привести и смене данной конфигурации области резания. Во всех процессах

резания зарождение и эволюция области резания к конечной устойчивой конфигурации происходят, безусловно, в результате кооперативных процессов, протекающих в обрабатываемом материале в поле сжимающих напряжений по принципам естественного отбора наиболее рациональной траектории развития для данного набора определяющих процесс резания характеристик [2]. Следовательно, самоорганизуемые структуры области резания и оболочки как одно целое должна описать единая модель [3,4].

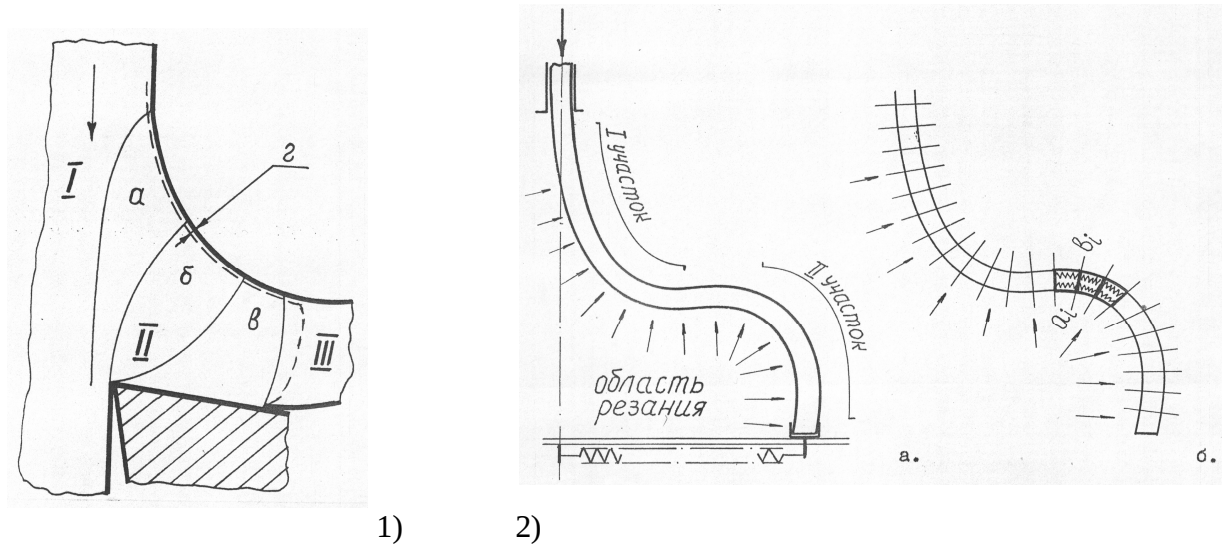


Рис.1. Подразделение области резания на функциональные подобласти -1.1 и структурные особенности деформирования условной балки, характеризующей оболочковый слой материала в области резания -1.2

Анализ клиновой структуры деформированного бруса указал, что необходимо фактически проверить возможность её возникновения в области резания, на что не обращалось внимания при анализе области резания известными методами. Впервые осуществленный процесс резания специальных слоистых образцов, позволил наблюдать процессы возникновения и эволюции области резания и образования клиновой конфигурации оболочки в отмеченном сечении (рис.2а). На рис. 2б приведены фрагменты результатов графического анализа области резания в виде построений границ отдельных слоёв обрабатываемого материала в области резания на начальном этапе её формирования, а также фотографии области резания (рис.2с), на которых прослеживается начальная граница подобласти пластического деформирования материала в области резания по изменению отражающей способности поверхности образца в результате поперечных пластических сдвигов слоистого обрабатываемый материал.

Наружную поверхность области резания -плоскую кривую $mbdf$, можно описать некоторой функцией $y = y(x)$ и оценить условие равновесия оболочки на примере одного ансамбля условного бруса, расположенного у точки $d(X_a Y_a)$. Эта точка есть пересечение наружной поверхности области резания с условной плоскостью сдвига Cd , принятой в известной модели процесс резания модели сдвига по единственной плоскости, которой соответствуют максимальные напряжения сжатия. Выделим на кривой $mbdf$ участок длиной $dd_1 = (1 + y^2(x))^{0.5} dx$, углы между радиусами кривизны плоской кривой и смежности в точках d, d_1 будут

$$\alpha_I = \alpha(d) - \alpha(d_1) = \arctg(x_d/y_d) - \arctg(x_{d'}/y_{d'}); \quad I = (1, 2, \dots, n),$$

могут характеризовать геометрическое содержание состояния принятого ансамбля оболочки в этой точке. Если в направлении условной плоскости сдвига действует некоторое давление $P_{\max}$, то на данный ансамбль единичной толщины со стороны области резания в первом приближении будет действовать сила $F = P_{\max} S$. Но на него в сужающейся структуре действует сила

$$F_1 = 4c(x')tg^2\alpha_i(1 + fctg\alpha_i)/(1 - fctg\alpha_i),$$

где $(x')tg\alpha_i$ - степень сжатия ансамбля равная произведению его диаметра D на упругое деформирование ε , c - характеристика упругости сжатого в сужающемся канале ансамбля, (x) - координата ансамбля в канале. Тогда для обеспечения условия удержания сжатого обрабатываемого материала в области резания в направлении cd необходимо, чтобы соблюдалось равенство

$$P_{i\max} = 4cD\varepsilon tg\alpha_i(1 + fctg\alpha_i)/(1 - fctg\alpha_i)(1 + y^2(x))^{0.5} dx \quad \text{или} \\ \alpha_i = \arctg \left(\left(P_{\max} (1 + y^2(x))^{0.5} dx - 4cD\varepsilon f \right) / \left(P_{\max} (1 + y^2(x))^{0.5} dx + 4cD\varepsilon f \right) \right).$$

Аналогичные условия будут обеспечены для всех ансамблей первого участка, то есть степень сжатия ансамблей оболочки области резания, радиусы закругления наружной поверхности области резания на участках ансамблей и углы смежности наружной поверхности, образующиеся в результате пластическому деформированию материал в области резания зависят от действующего в направлении ансамбля давления из области резания. Отметим, что для какого-то ансамбля в оболочке оно будет максимальным

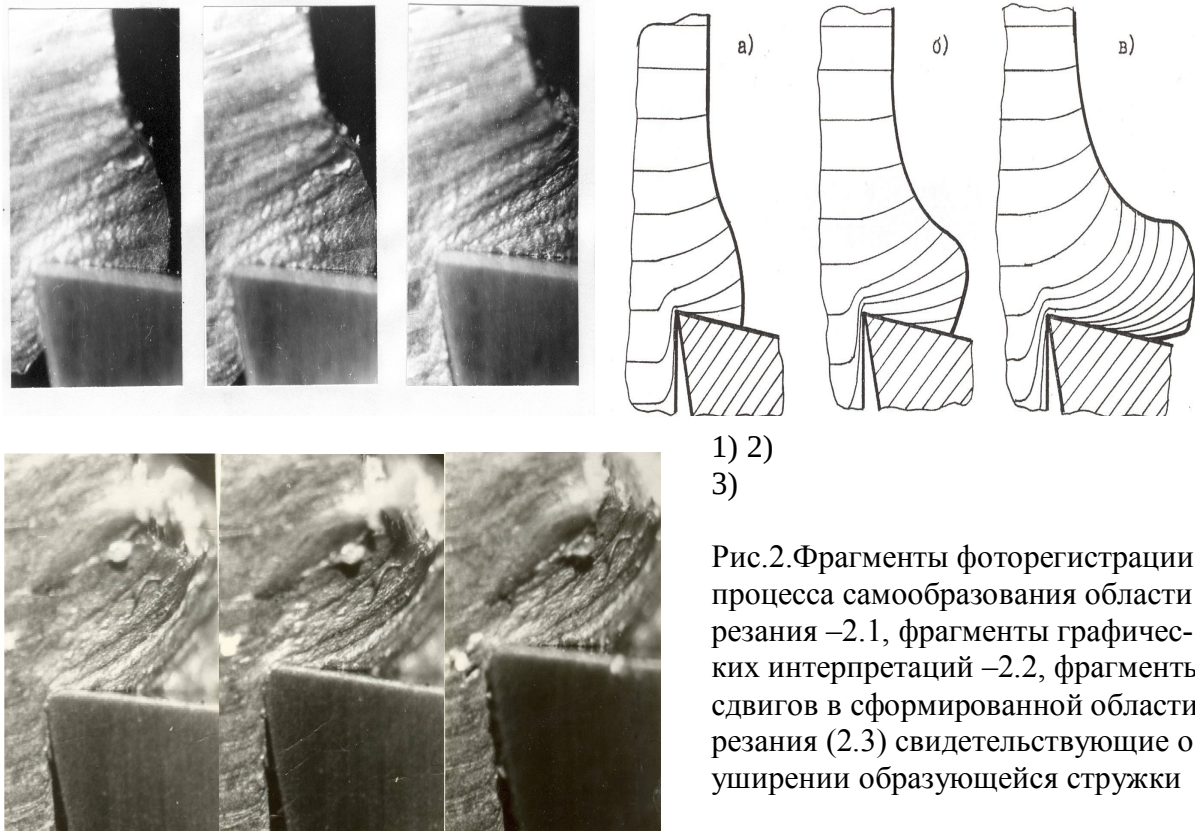


Рис.2.Фрагменты фоторегистрации процесса самообразования области резания –2.1, фрагменты графических интерпретаций –2.2, фрагменты сдвигов в сформированной области резания (2.3) свидетельствующие о уширении образующейся стружки

Примем идеализированное зерно обрабатываемого материала за ансамбль с определенными свойствами, тогда кривизна поверхности области резания будет явным ха-

рактизирующим параметром целостности области резания, причем саморегулируемым, то есть функция описывающая эту поверхность, величина давления в области резания и характер её распределения величины взаимосвязанные и взаимопределяющие и если у поверхности cd наблюдается максимальное давление в области резания, то для точки d радиус кривизны наружной поверхности области резания будет минимальным и в соответствии с изменением напряжений сжатия вдоль наружной поверхности области резания радиус кривизны будет увеличиваться до бесконечности в направлении dm и до радиуса заворачивания стружки- R_c в направлении df . Координаты центров кривизны плоской кривой $mbdf$ составят эволюту поверхности с явной точкой излома эволюты, соответствующее минимальному радиусу кривизны области резания. Уравнение эволюты может быть получено.

Анализ конфигурации наружного слоя области резания с позиций её целостности показал, что сходящиеся поверхности клиновых структур в оболочке не могут быть плоскими, так как ограничиваются возможности обрабатываемого материала к самоорганизации в пространстве напряжений сжатия при наличии незамкнутого объема и не возможно вписать такую конфигурацию области резания в реально наблюдаемую. Но клиновыми структурами и сужающимися конфигурациями при соответствующих размерах ансамблей можно составить, практически, любые поверхности высших порядков, причем такие, которые в состоянии нести огромные нагрузки и сохранить целостность оболочки. При этом рассмотренные зависимости сохраняются и становится возможным органически вписать конфигурацию оболочки области резания в ранее разработанную физическую модель процесса стружкообразования, более того, эта модель с сингулярной оболочкой позволяет рассмотреть области резания пространственно сложнейшей формы, как например, при резании шабрением шабером с круговым лезвием и меняющимся углом наклона шабера [3,4,5,6,7]. Адекватность разработанной модели подтверждена кинематическим анализом структуры области резания и фотодокументальным материалом. В качестве частных решений, она включает в себя все ранее принятые модели процесса стружкообразования и даёт описание процесса структурирования материала в области резания на всех уровнях описания.

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. И. Пригожин. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках: Пер.с англ. //Под ред. Ю.Л. Климотовича. –М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985, -327 с. 3. 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. 4. Христафорян С.Ш. Вопросы формирования пространственной структуры твердого тела сливной стружки при непрерывном резании. //РСНО, Мат.24НТК, Арм.ССР, Ереван,-1987,-с.187-188. 5. 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. 6. 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. 7. Христафорян Э.С. Повышение эффективности процесса шабрения использованием ультразвуковых колебаний. Автореф ... кан.тех. наук, Ереван, 1999.

Сдано в редакцию 18.01.07