

Одно из прорывных направлений в области обработки резанием было создано Куфаревым Георгием Леонидовичем в виде винтовых передних поверхностей на металлорежущих инструментах и сменных многогранных пластинах, эффективность которых была предсказана им в 1969 году. СМП Г.Л.Куфарева в СССР выпускались комбинатами твердых сплавов в количестве до 2,5 млн. штук/год. На этот путь позже, с отставанием более чем на 10 лет, вступили и японские специалисты.

В 1986 г. защитил докторскую диссертацию «Теоретические основы управления формой стружки и создание гаммы резцов для точения пластичных металлов и сплавов на станках с ЧПУ» в Грузинском политехническом институте (Тбилиси). В этом же году была присуждена ученая степень доктора технических наук. В 1989 г. было присвоено ученое звание профессора.

На протяжении 15 лет (1963-1973 и 1987-1992 гг.) являлся заведующим кафедры «Станки и резание металлов». За эти годы кафедра из общеинженерной превратилась в специальную выпускающую кафедру; организована подготовка специалистов по вновь открывшейся специальности «Автоматизация и комплексная механизация технологических процессов в машиностроении».

Куфарев Г.Л. взял четкий курс на разработку проблем несвободного резания металлов – самого распространенного в машиностроительном производстве. Значительным событием в этом направлении стал выход в свет в 1970 году монографии «Стружкообразование» и качество поверхности при несвободном резании», сразу же стала классической.

Он создал новое для ТПИ научное направление в теории резания металлов – получение стружки из пластичных металлов в форме, удовлетворяющей технологические условия гибкого автоматизированного производства и безлюдной технологии в машиностроении. Теоретические разработки защищены патентами и реализованы в созданной на кафедре гамме непереключаемых сменных многогранных пластин из твердого сплава для токарных резцов.

Куфарев много внимания уделял творческому содружеству с коллективом подшипникового завода в г. Томске (ГПЗ-5), часто выступал с результатами исследований на семинарах и научно-технических конференциях в МАИ, МВТУ (г. Москва), ЛПИ (г. Ленинград), в Новосибирске, Ворошиловграде, Тбилиси, Томске. Руководил рядом хозяйственных работ с внедрением их результатов на ряде промышленных предприятий.

Участвовал в создании оригинальных приборов для исследования процессов резания металлов и сплавов. На многие конструкции были получены патенты.

Всей своей деятельностью Куфарев Г.Л. учил окружающих его людей думать и творчески решать задачи, возникающие по ходу жизни, смело ставить пионерские задачи и настойчиво искать пути их решения. Георгий Леонидович в общей сложности 15 лет заведовал выпускающими кафедрами «Станки и резание металлов», «Автоматизация и роботизация в машиностроении». Он вместе с заведующим кафедрой «Технология машиностроения» участвовал в становлении и развитии высшей школы в Юрге с момента ее возникновения в 1957 году, не порывая с ней связь до последних дней. Г.Л. Куфаревым за 50 лет научного творчества опубликовано более 120 научных работ и подготовлено более двух десятков кандидатов наук.

Литература.

1. Биографический справочник «Профессора Томского политехнического университета»: Том 3, часть 1 / Автор и составитель А.В. Гагарин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 326 с.
2. Профессора Томского политехнического университета 1991-1997гг.: Биографический сборник / Составители и отв. редакторы А.В. Гагарин, В.Я. Ушаков. – Томск: Изд-во НТЛ. – 1998. – 292 с.

## **О ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ СТРУЖКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ**

*А.В. Барсук, студент группы 10390*

*Научный руководитель Ласуков А.А.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Процесс стружкообразования представляет интерес для исследователей в области обработки материалов резанием на протяжении уже десятков лет. Однако большее внимание было уделено образованию сливной стружки. Хотя вопросом элементарного стружкообразования занимаются уже не

один год, он по сей день остаётся актуальным и с каждым годом эта актуальность увеличивается. Это связано с широким применением на сегодняшний день материалов с особыми физико-механическими свойствами, обработка которых сопровождается образованием элементной стружки и связана с определенными трудностями. Изучение данного вопроса необходимо для увеличения производительности обработки резанием, обеспечения качества обработанной на станке поверхности, стойкости инструмента и эффективности его использования. Изучение данных процессов позволит также решать вопросы обрабатываемости специальных сталей и сплавов, вопросы затрат энергии при обработке материалов [8].

Для более полного представления об элементном стружкообразовании необходимо изучение причин и условий образования данного вида стружки. Как правило, образование элементной стружки происходит при высоких скоростях (температурах) резания и этот процесс не является стабильным. Физические причины превращения сливной стружки при определенной скорости резания в суставчатую, а затем в элементную, до сих пор полностью неясны, а существующие предположения противоречивы.

Бобров и Седельников [1] в своей работе заявили, что чем выше прочность обрабатываемого материала, меньше передний угол резца и больше толщина срезаемого слоя, тем при меньшей скорости резания происходит превращение стружки из сливной и в элементную. Эти утверждения верны и никто не пытался их опровергнуть. Но помимо этих факторов существуют и другие.

В работе [5] показано, что причиной образования суставчатой стружки при резании титановых сплавов является охрупчивание срезаемого слоя вследствие поглощения кислорода и азота воздуха, причем, указывая, что интенсивность процесса возрастает с увеличением скорости (температуры) резания. Бобров и Седельников в своих экспериментах уточнили, что этот фактор справедлив только для обработки титановых сплавов.

Лоладзе [7] предположил, что суставчатая и элементная стружка образуется вследствие колебаний системы СПИД. Малая жесткость системы СПИД, по-видимому, может только усилить цикличность стружкообразования, но не является основной причиной образования элементной и суставчатой стружки.

Рехтом [2] при точении мягкой углеродистой стали со скоростью  $v=4880$  м/мин была получена стружка, состоящая из отдельных элементов. Все это свидетельствует о том, что превращение сливной стружки в суставчатую и элементную не исключение, свойственное обработке только некоторых материалов, а является общей закономерностью процесса образования стружки, в основе которого лежит деформация сдвига. Такого же мнения придерживаются и другие исследователи, наблюдавшие переход сливной стружки в суставчатую, а затем в элементную при обработке различных материалов. В зависимости от условий обработки (в частности от свойств обрабатываемого материала) данный переход наблюдается при разных скоростях резания. Это говорит в пользу влияния не собственно скоростного фактора на процесс резания, а скорее температурно-скоростного.

Наиболее убедительное объяснение превращения сливной стружки в элементную впервые, по-видимому, дал М.И. Клушин [3], а впоследствии Р.Ф. Рехт [2]. С их точки зрения основной причиной цикличности стружкообразования является эффект адиабатического разогревания зоны сдвига теплом, образующимся при пластическом деформировании срезаемого слоя с высокой скоростью деформации. При высокой скорости резания выделившееся тепло локализуется в тонком сдвигаемом слое и тем самым способствует интенсификации разупрочнения материала срезаемого слоя в самом процессе его деформирования. В результате этого остается локализованной так же деформация, не распространяющаяся в окружающий материал, а сопротивление деформации снижается (аналогичные результаты были получены при обработке жаропрочных сплавов в работе [4]). Последнее и приводит к нарушению сплошности стружки с образованием отдельных элементов. Чем выше скорость резания, тем выше скорость деформации и тем вероятнее действие разрушающего сдвига, приводящее к цикличности процесса стружкообразования. Зависимость коэффициента сплошности стружки (отношение сплошного участка стружки к общей высоте стружки) от скорости резания на примере обработки жаропрочных и титановых сплавов была исследована в работе [6], где также показана тенденция к уменьшению сплошности с увеличением скорости резания.

Адиабатическое разогревание зоны сдвига позволяет также объяснить влияние переднего угла инструмента и толщины срезаемого слоя на тип стружки. Очевидно, сливная стружка будет превращаться в элементную при скорости резания тем меньшей, чем больше толщина срезаемого слоя и меньше передний угол, т.е. чем выше температура резания. Не маловажную роль здесь будут играть

теплофизические характеристики обрабатываемого материала: чем меньше коэффициент теплопроводности, тем быстрее стружка превращается в элементную (локализация тепла происходит быстрее) [8].

В процессе обработки жестким инструментом получается непрерывная стружка, сформированная без воздействия колебаний, в процессе образования которой напряжение, сдвиг, скорость сдвига и температура остаются постоянными на протяжении всей обработки (рис. 1, а). Прерывистая или сегментная стружка характеризуется колеблющимся профилем с видными вершинами чешуек на вершине (рис. 1, б). Тип стружки и метод обработки, так же как метод отвода стружки по поверхности наклона влияют на важные параметры процесса обработки, такие как долговечность инструмента и качество обработанной поверхности детали. Поэтому важно установить модели, которые в состоянии предсказать переход стружки от непрерывной в сегментную форму при различных условиях и для различных материалов. Такая модель формирования сегментной стружки была в центре внимания многочисленных исследователей. Модель образования стружки представлена на рис. 2 [9].

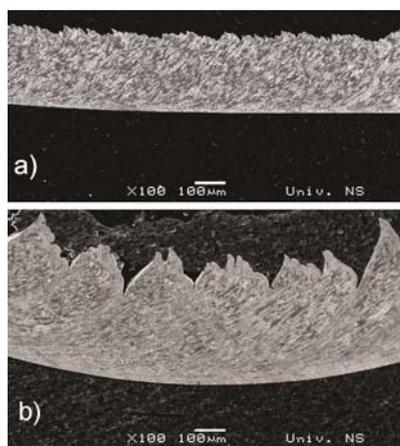


Рис. 1. Модель формирования стружки и ее сегментация для отпущенной стали:  
а) непрерывная стружка, б) прерывистая стружка

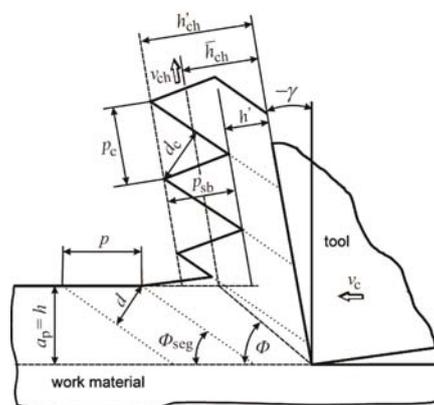


Рис. 2. Модель формирования и геометрия элементной стружки

Большинство исследователей в этом направлении останавливаются на мнении того, что сегментная стружка - это ничто иное, как результат износа режущего инструмента по передней поверхности. В результате этого все они стремятся уйти от сегментного стружкообразования. Бесспорно, обработка с появлением сливной стружки является более точной вследствие меньшего износа инструмента и меньших вибраций системы СПИД. Но сегментная стружка имеет преимущество в виде более безопасного отвода из зоны резания и в отличие от сливной, направление движения которой сложно предугадать, способна нанести менее серьезный вред станочнику. Так же сегментную стружку проще транспортировать, ведь она имеет большую плотность на занимаемом объеме, чем сливная. Ко всему этому, при обработке материала, сопровождающегося элементным стружкообразованием, происходит лучший отвод тепла из зоны резания, что так же влияет на износ инструмента.

Исходя из этого, есть смысл использовать точение с образованием сегментов при черновой обработке, при которой снимается значительная толщина материала, а резание со сливным стружкообразованием использовать для чистовой обработки.

В статье представлен анализ факторов, влияющих на процесс элементного стружкообразования. Показано, что данный процесс изучен намного слабее, чем процесс образования сливной стружки, а мнения авторов достаточно противоречивы. Изучение причин и условий образования элементной стружки представляет практический интерес, так как при образовании этого типа стружки изменяются характер и интенсивность изнашивания контактных поверхностей инструмента, состояние поверхностного слоя обработанной поверхности, улучшаются условия стружкодробления, меняются энергетические параметры процесса резания.

Литература.

1. Бобров В.Ф. Особенности образования суставчатой и элементной стружки при высокой скорости резания / В.Ф. Бобров, А.И. Седельников // Вестник машиностроения. – 1976. – №7. – С.61-65.

2. Рехт Р.Ф. Разрушающий термопластический сдвиг. Труды Американского общества инженеров-механиков. Пер. с англ., т.31, сер. Е, №2. – М.: Мир, 1964. – С.189-193.
3. Клушин М.И. О физических основах сверхскоростного резания металлов. – В сб. трудов Горьковского политехнического института, 1961. – Т. XVII, вып. 4. – С. 15-22.
4. Командури Р. Механизм образования непрерывной сегментной стружки при обработке резанием / Р. Командури, Р. Браун// Конструирование и технология машиностроения: труды американского общества инженеров-механиков. – № 1. – 1981. – С. 145-153.
5. Кривоухов В.А., Чубаров А.Д. Обработка резанием титановых сплавов. М.: Машиностроение, 1970. – 184 с.
6. Афонасов А.И. Процесс элементного стружкообразования / А.И. Афонасов, А.А. Ласуков // Вестник машиностроения. - 2013. - №12. - С.69-72.
7. Лоладзе Т.Н. Стружкообразование при резании металлов. - М.: Машгиз, 1952. – 200 с.
8. Ласуков А.А., Афонасов А.И., Сапрыкин А.А. Влияние температуры резания на характер стружкообразования / Ласуков А.А., Афонасов А.И., Сапрыкин А.А. // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта 2005». Том 59. Техніка. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – с.3-5.
9. Aco Antii The influence of tool wear on the chip-forming mechanism and tool vibrations. / Aco Anti, Petar B. Petrovi, Milan Zeljkovi, Borut Kosec, Janko Hodoli // Materials and technology 46 (2012) 3, 279–285.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ДЕФОРМАЦИИ,  
АДАПТИРОВАННОГО ДЛЯ МИКРОСКОПА TESCAN VEGA II LMU**

*А.А. Черняков, студент группы 10380*

*Научный руководитель: Алферова Е.А., к.ф.-м.н., доцент*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

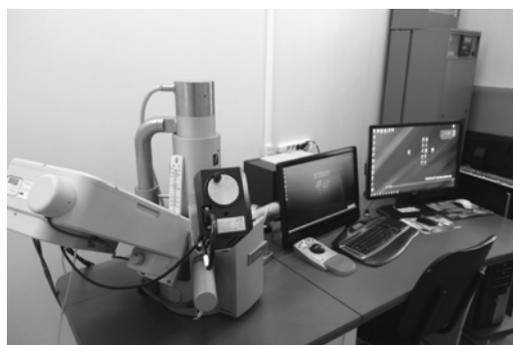
*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Пластическую деформацию традиционно изучают по картине деформационного рельефа. Существует ряд методов изучения деформационного рельефа, например: дифракции отраженных электронов (ДОЭ/EBSD), корреляции цифровых изображений (КЦИ), спекл-интерферометрии, конфокальная микроскопия, растровая микроскопия, интерференционная профилометрия и др. При исследованиях, во многих случаях, важна неизменная ориентация образца в микроскопах.

Целью данной работы было: спроектировать приспособление для деформации и установки образцов в микроскоп. Требования, предъявляемые к данному приспособлению: предотвращение разворота образца, возможность использования данного приспособления на микроскопах Tescan Vega II LMU и Leica DM 2500P.

Приспособление проектировалось для установки образца на микроскопы Tescan Vega II LMU (рис. 1, а) и Leica DM 2500P (рис. 1, б).



а)



б)

Рис. 1. Растровый электронный микроскоп Tescan Vega II LMU (а), оптический микроскоп Leica DM 2500P (б)