

О СВЯЗИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КОЛЕБАНИЙ ПРИ РЕЗАНИИ

© 2015

А.В. Гусев, инженер кафедры «Технологии машиностроения»*В.В. Закураев*, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технологии машиностроения»*Новоуральский технологический институт,**филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Новоуральск (Россия)**А.Г. Ничков*, доктор технических наук, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты»*Уральский Федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург (Россия)*

Ключевые слова: токарная обработка; процесс стружкообразования; режимы резания; деформационные параметры процесса резания; спектральные характеристики; амплитудно-частотные характеристики вибросигналов.

Аннотация: Задача выбора оптимального режима резания является одной из обязательных при создании технологии механической обработки. При оптимальных режимах механической обработки должны существовать определенные физические условия (или совокупность условий) в технологической системе резания, обеспечивающие эту оптимальность. Под физическими условиями в данном случае понимается: деформационные процессы стружкообразования и их связь с физико-механическими характеристиками материалов при высокоскоростном пластическом деформировании; уровни и динамические характеристики самой технологической системы; результаты вибрационного взаимодействия элементов системы с деформационными процессами.

При установлении определенных соответствий между перечисленными факторами возникает возможность создания системы контроля процесса механической обработки. Определяющим фактором в разработке системы контроля являются результаты изучения процесса стружкообразования.

Данная работа посвящена исследованию деформационных процессов стружкообразования для последующего создания системы автоматизированного выбора эффективных режимов резания. В данной работе изучаются микрофотографии шлифов корней стружек, а также шлифы самих стружек. Результаты изучения этих фотографий позволяют построить схему формирования отдельных фрагментов локальных объемов стружки. Представлена модель стружкообразования с параллельными границами. В работе также изучались фотографии стружек и их деформационные характеристики, полученные при обработке различных материалов в достаточно широком диапазоне режимов резания. Представлена схема к модели деформационного цикла при стружкообразовании. Установлена корреляционная связь размеров пластически деформируемой зоны и времени деформационного цикла. Проведен численный эксперимент по изучению влияния скорости резания и рабочей подачи на изменение частоты стружкообразования. Данные исследования являются основой для создания системы автоматизированного определения оптимальных режимов токарной обработки.

ВВЕДЕНИЕ

Недостатком существующей нормативной базы по режимам резания является эмпирический характер данных, на основе которых принимаются параметры режима резания. Это существенно затрудняет возможности создания надежных алгоритмов работы систем контроля процесса резания и управления режимами работы металлорежущих станков [1].

Цель данной работы – выявление связи деформационных параметров процесса стружкообразования с характеристиками вибросигналов при резании материалов.

Известно, что при стружкообразовании формируется характерная структура стружек (морфология), анализ которых должен дать некий ответ на образование условий возникновения рациональных режимов механической обработки [2–7]. Для решения задачи построения модели процесса стружкообразования и выбора возможного варианта физического критерия, ответственного (или более информативного) за обрабатываемость материала, необходимо понимание особенностей направленной деформации и разрушения, которое является основой процесса резания.

Прежде всего для условий резания характерно: малый, неточно ограниченный объем материала, подвергающийся внешнему воздействию; высокие относи-

тельные деформации и скорости деформации; высокие градиенты температур и напряжений; непостоянство условий внешних воздействий и, как правило, очень малые отрезки времени для осуществления термомеханического разупрочнения (динамического возврата, «отдыха» материала).

Сложность процессов деформации при резании с учетом многоуровневого характера структурных преобразований на микро-, мезо-, макроуровне, высоких удельных энергетических затрат и потоков энергии в различных структурных элементах материала и самой технологической системе резания предполагает использование для описания и анализа указанных процессов обобщенных физических характеристик [8; 9].

Анализ известных работ по вопросам стружкообразования, как отечественных ученых: М.И. Клушина [10], В.А. Кудинова [11], В.С. Кушнера [12], Кабалдина [13] и др. [14–17], так и зарубежных авторов: Блэка [18], а также фирмы – производителя инструмента SECO [19] и др., указывает на два важных аспекта проблемы стружкообразования. Первый аспект заключается в необходимости учета термомеханических условий напряженно-деформационного состояния зоны резания. Эти условия характеризуются температурами, напряжениями сдвига локальных объемов материала, а также контактными напряжениями и температурами на передней

поверхности лезвия. Второй – это цикличность процесса стружкообразования (периодически повторяющийся деформационный цикл).

Исходя из целей данной работы, выполнены исследования процесса, раскрывающие некоторые положения физической модели стружкообразования.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ

Для исследования процесса стружкообразования принята известная модель стружкообразования с параллельными границами (рис. 1). Особенностью данной модели является образование дискретных элементов стружек толщиной Δx , соответствующих периодам сдвиговых деформаций. Величина Δx зависит от свойств обрабатываемого материала, режимов резания (прежде всего от толщины срезаемого слоя и скорости резания), геометрических параметров лезвий. Элемент Δx является макроэлементом диссипативной структуры (текстуры образующейся стружки) и может быть измерен.

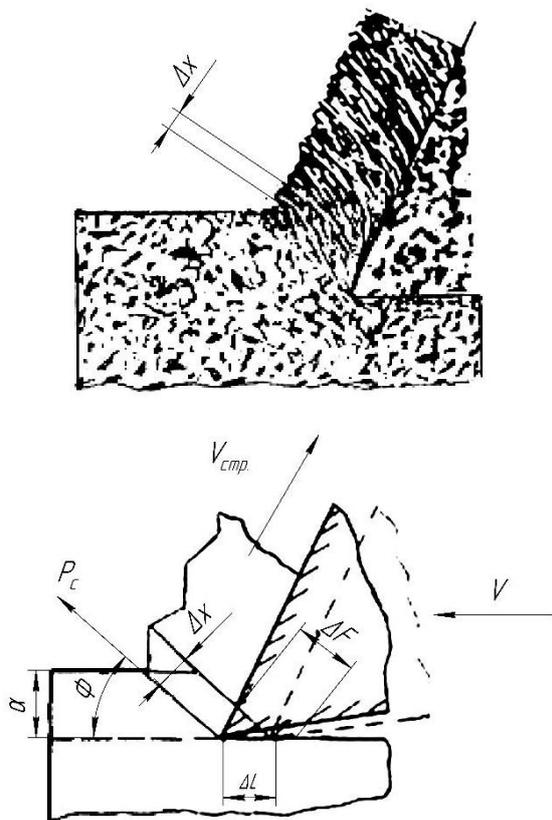
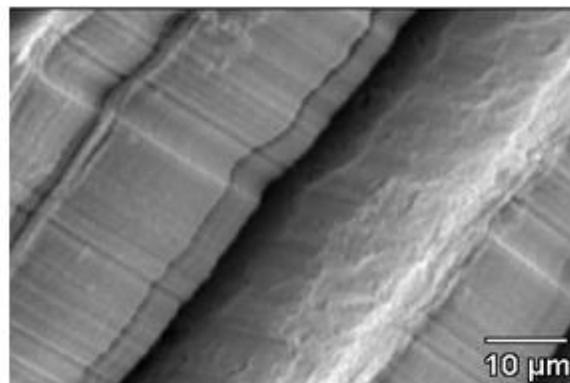


Рис. 1. Корень стружки и геометрическая модель стружкообразования при резании пластичных материалов;

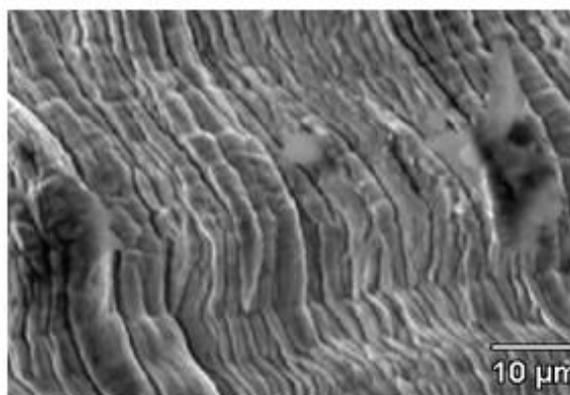
V – скорость резания, $V_{стр}$ – скорость схода стружки, P_c – сила сдвига, a – толщина срезаемого слоя; Φ – угол схода стружки; ΔL – перемещение лезвия в направлении скорости резания; ΔF – абсолютный сдвиг; Δx – толщина элемента стружки

Изучение процесса стружкообразования производилось различными методами [20]. Традиционно при этом используются микрофотографии шлифов корней стружек, а также шлифы самих стружек. Данные этих фото-

графий позволяют построить схему формирования отдельных фрагментов локальных объемов стружки. В данной работе изучены фотографии стружек, полученные при резании различных материалов в достаточно широком диапазоне режимов резания. На рис. 2 показаны фотографии стружек, полученных на электронном микроскопе.



а)



б)

Рис. 2. Фотографии стружек, полученных на электронном микроскопе при 2000-кратном увеличении:

а) стружка, полученная при резании при скорости $V=0,47$ м/с и подаче $S=0,21$;

б) стружка, полученная при резании при подаче $S=0,11$ и скорости $V=2,97$ м/с

На фотографиях поверхностей стружек, противоположных прирезцовой стороне, отчетливо наблюдается характер сдвиговых деформаций в виде чередующихся выступов и впадин. Следует отметить различный шаг пилообразных выступов при изменении скорости резания и подачи. На крупных пилообразных выступах просматриваются выступы с более мелким шагом. Величина шага мелких выступов практически остается постоянной при изменении скорости резания или подачи.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные данные микроанализа позволяют представить процесс циклического деформирования локальных объемов стружки. Предлагаемая схема деформационного цикла к модели стружкообразования

пластичных материалов в процессе лезвийной обработки представлена на рис. 3.

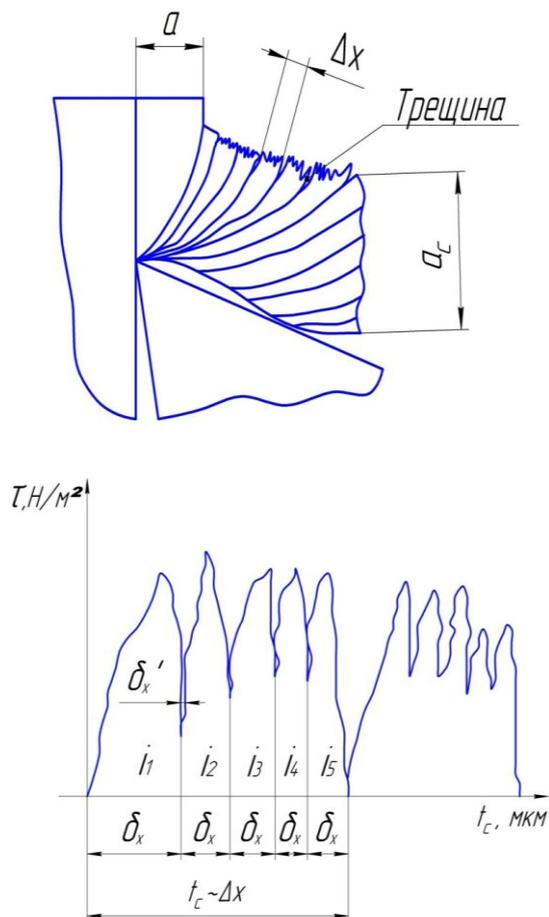


Рис. 3. Схема к модели деформационного цикла при стружкообразовании: δx – элементы стружки, соответствующие циклу образования условной плоскости сдвига; $\delta x'$ – размеры условной плоскости сдвига; Δx – элементы стружки, соответствующие неустойчивости сдвиговых деформаций; a – толщина

По оси абсцисс – время t_c деформационного цикла, по оси ординат напряжение – τ_c . Поскольку время сдвига $t_c = \Delta F / V_c = \epsilon \Delta x / V_c$ и допуская, что скорость сдвига локального объема материала (V_c) постоянна, как и относительная деформация (ϵ), можно полагать, что время последовательного прохождения сдвигов пропорционально величине пластически деформируемой зоны – Δx , т. е. $t_c = f(\Delta x)$.

Величина Δx соответствует расстоянию между крупными выступами, просматриваемыми на фотографиях (рис. 2). Величины δx (самые мелкие ступеньки) соответствуют времени образования условной плоскости сдвига. Величина $\delta x'$ соответствует размерам условной плоскости сдвига (по Блэку [18]). Это поверхности, в пределах которых происходит пластический сдвиг материала. На основании этих представлений деформационный цикл представляется как процесс образования квазидискретного элемента стружки в несколько шагов. На каждом шаге формируется условная

плоскость сдвига δx , через некоторое количество – i таких шагов возникает элемент Δx , образование которого заканчивается потерей устойчивости деформационного процесса. На каждом шаге:

$$\Delta x = (\delta x + \delta x')i.$$

В следующий момент времени описанный деформационный цикл повторяется. По оси ординат показано изменение напряжения сдвига (напряжение динамического сдвига по Блэку) в соответствии с характером изменения текстуры стружек. Напряжение сдвига τ_c является суммой напряжений сдвига, обусловленного тепловым механизмом катастрофического разупрочнения (плоскость сдвига) и напряжением сдвига нетеплового происхождения, связанного с упруго-пластическим деформированием материала.

Таким образом, размер Δx будет определяться величиной δx и числом i , образующихся δx в пределах Δx . Учитывая, что величина δx соответствует циклу образования условной плоскости сдвига, остается практически неизменной для данного материала ($\delta x = 2,0 \div 3,5$ мкм), величина Δx в большей степени должна зависеть от количества образующихся плоскостей сдвига – i . Надо полагать, что в соответствии с принципами термомеханики величина δx и количество плоскостей (поверхностей) сдвига – i в пределах Δx будут зависеть от физико-механических свойств обрабатываемого материала, а именно: значений теплоемкости, теплопроводности, предела текучести, а также упругих модулей материала.

Отмеченное ранее постоянство размеров мелких ступенек (δx) на крупных выступах (Δx) можно рассматривать как условие стабилизации деформационного процесса при сливном стружкообразовании. Однако этот период заканчивается нарушением стабильного пластического сдвига и образованием фрагмента Δx . По нашему мнению, цикличность этого явления заложена в самой кинетической природе процесса стружкообразования. Для анализа указанного явления рассмотрим графики зависимости числа образующихся мелких ступенек $i = \Delta x / \delta x$ от изменения режимов резания. На рис. 4 показаны эти зависимости.

Приведенные данные свидетельствуют, что с ростом скорости резания (читай скорости деформации) количество мелких ступенек во фрагментах Δx снижаются в среднем от 100 до 50, то есть в два раза.

При изменении рабочей подачи количество мелких ступенек увеличивается от 20 до 180, то есть в шесть раз (стали 40ХН и 12Х18Н10Т). Таким образом, на различных режимах резания количество локальных сдвиговых деформаций в каждом пилообразном выступе различно.

Уменьшение числа ступенек или их увеличение обусловлено тем, что в результате рассеивания энергии деформации локальные объемы толщиной δx на разных режимах получают различную долю этой энергии в единицу времени.

Так, с ростом скорости резания удельная мощность деформации увеличивается, что приводит и к росту температуры в локальных объемах формирующихся крупных ступенек размерами Δx . Это обеспечивает снижение времени сдвига материала.

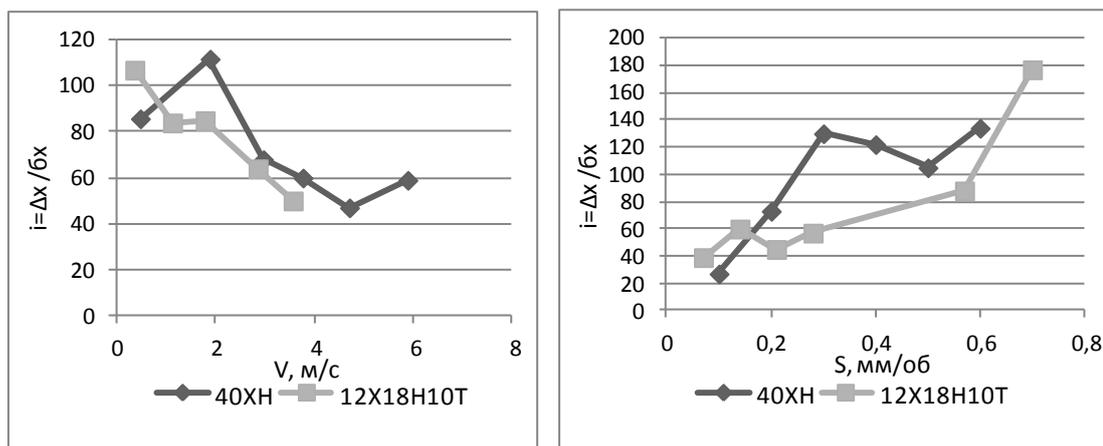


Рис. 4. Графики зависимостей числа образующихся мелких ступенек $i = \Delta x / \delta x$ от изменения скорости резания (а) и рабочей подачи (б)

С ростом толщины срезаемого слоя (a) увеличиваются объемы материала, подвергаемые деформации. При одних и тех же размерах δx удельная мощность деформации будет меньше, так как объем материала в зоне первичной деформации больше. Это является причиной того, что размеры Δx увеличиваются.

Ранее показано, что в соответствии с механикой процесса стружкообразования время сдвига $t_c = f(\Delta x)$, а частота сдвиговых деформаций $f_c = 1/t_c$, эта частота также является функцией размера Δx , т. е. $f_c = f'(\Delta x)$.

Описываемые выше условия протекания процесса стружкообразования должны отражаться на изменении «мгновенных» сил резания – P_b , порождаемых изменением деформационных характеристик стружкообразования. При этом амплитудные значения «мгновенных» сил резания также должны быть связаны с величинами Δx и δx . Это обстоятельство позволяет вести косвенное измерение параметров циклического процесса: амплитудно-частотных или спектральных характеристик колебательного процесса. С другой стороны, возможно установление корреляционной связи между термомеханическими условиями стружкообразования и измеряемыми параметрами колебательных процессов при резании. Нам представляется, что это одна из главных задач для создания методики контроля процесса стружкообразования.

Хорошо известно соотношение, связывающее частоту стружкообразования (частоту сдвиговых деформаций) с величиной Δx :

$$f_c = \frac{10^3 \cdot V}{K_a \cdot \Delta x}.$$

Во-первых, это соотношение напрямую устанавливает связь f_c с величиной Δx . Во-вторых, частота сдвиговых деформаций пропорциональна скорости резания и обратно пропорциональна коэффициенту утолщения стружки (усадки) – K_a . Следует заметить, что и параметр Δx , и усадка стружки – K_a характеризуют всего лишь геометрические показатели параметров стружки. В то же время известно, что коэффициент усадки стружки характеризует степень деформации срезаемого

слоя, а значит, косвенно связан с термомеханическими условиями процесса стружкообразования.

На рис. 5 приведены зависимости изменения скорости деформации ($\dot{\epsilon}$) и частоты образования сдвигов элементов стружки (f_c) от скорости резания.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные данные говорят о следующем: 1) увеличение частоты (f_c) сдвиговых деформаций соответствует увеличению скорости деформации ($\dot{\epsilon}$); 2) диапазоны изменения частоты сдвиговых деформаций существенно зависят от свойств обрабатываемых материалов; 3) частоты f_c , как и скорость деформации ($\dot{\epsilon}$), нелинейно зависят от изменения скорости резания; 4) исходя из целей данной работы, следует отметить, что частота сдвиговых деформаций в установленном диапазоне их измерения от 1000 до 80000 Гц может быть измерена современными техническими средствами.

Таким образом, стружкообразование при резании пластичных материалов – процесс дискретного сдвига локальных объемов материала (рис. 1). Сдвиг при стружкообразовании (момент устойчивого нарушения сплошности материала) осуществляют в результате образования критической фрагментированной неоднородной структуры материала [21]. Неоднородность процесса фрагментации материала обусловлена неоднородностью рассеивания подводимой механической энергии. Как правило, при стружкообразовании преобладают механизмы ротационной пластичности, и формирующаяся текстура стружки возникает путем поворотов (разворотов) локальных макрообъемов материала. Наши исследования показывают, что сдвиг и поворот локальных макрообъемов (элементов) энергетически «выгоднее» осуществляется при одинаковых размерах сторон этих элементов [22]. В соответствии с механикой процесса стружкообразования сдвиги образующихся дискретных элементов стружки размером Δx порождают частоту процесса изменения «мгновенных» сил резания. При этом амплитудные значения «мгновенных» сил резания должны быть связаны с размерами Δx . На рис. 6 приведены такие данные, указывающие на корреляционную связь размеров Δx и времени t_c – времени деформационного цикла.

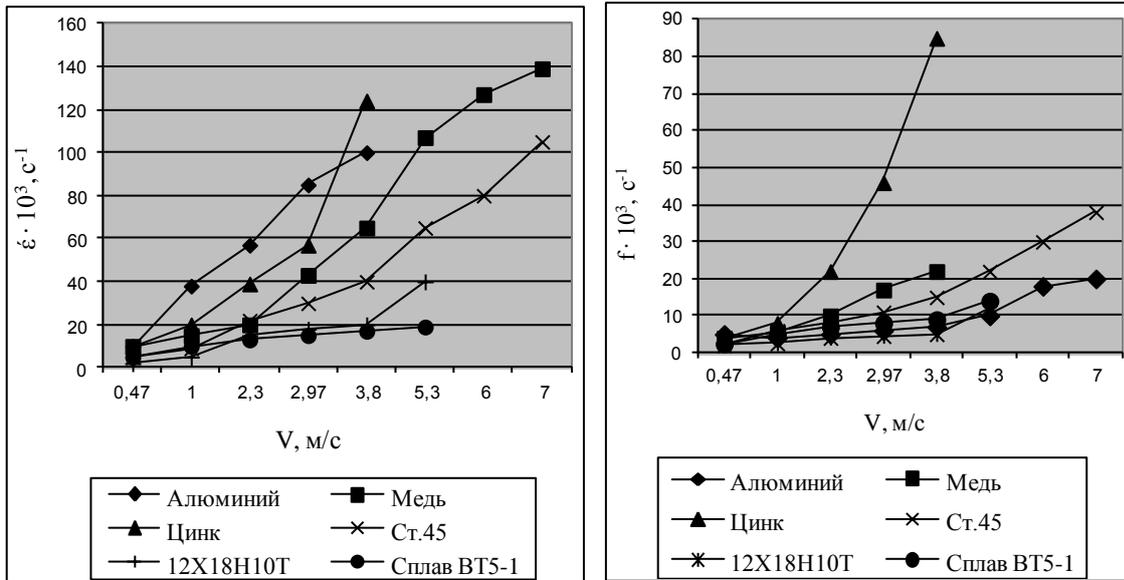


Рис. 5. Зависимости изменения скорости деформации ($\dot{\epsilon}$) и частоты образования сдвигов элементов стружки (f_c) от скорости резания

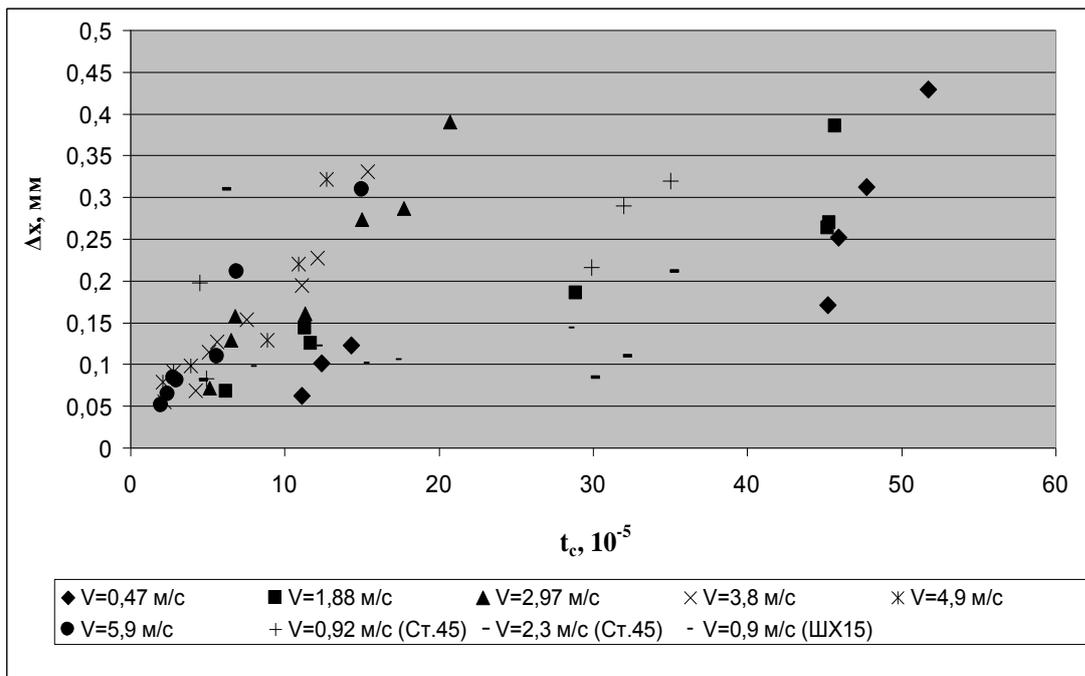


Рис. 6. Изменение толщины элементов стружек Δx от времени прохождения сдвиговых деформаций (времени деформационного цикла)

Цикличность деформационного процесса дает основание к описанию этого процесса методами вероятностного анализа случайных процессов и поведения динамических систем при случайных воздействиях [23; 24]. Исходными данными для определения спектральных характеристик процесса стружкообразования являются результаты измерений параметров стружек.

На рис. 7 представлены гистограммы распределения значений Δx .

Из вышеизложенного следует, что при перемещении режущего лезвия величина и продолжительность дей-

ствия импульсов сил, являющихся результатом деформации локальных объемов материала, будут событиями случайными, следовательно, и функция воздействия на элементы динамической системы (ДС) носит случайный характер, а амплитуды вибросигналов будут случайными величинами [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. В результате изучения микрошлифов, фотографий шлифов стружек, а также самих стружек, с учетом имеющихся в литературе данных по проблемам

стружкообразования, предложена схема деформационного цикла к модели стружкообразования при лезвийной обработке.

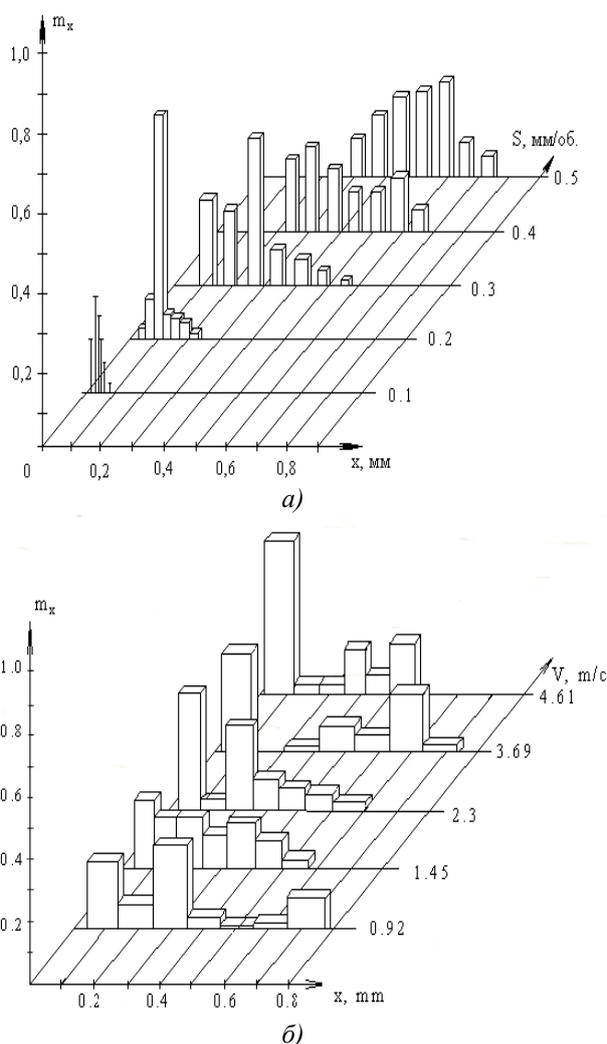


Рис. 7. Распределение величины Δx от изменения рабочей подачи (а) и от изменения скорости резания (б)

2. Установлено, что формирующиеся дискретные сдвиги материала стружки следует считать элементами пространственно-временной структуры. Это процесс, развивающийся во времени в результате деформации и отрыва материала припуска. Показано, что чередование теплового механизма сдвиговых деформаций (катастрофического разупрочнения) и деформаций нетеплового происхождения (по Блэку) является результатом неоднородного рассеяния подводимой к материалу энергии, обусловленного образованием тепловых волн в деформируемых объемах материала, их распространением и затуханием.

3. Обнаружено, что количество мелких ступенек (δx), образующихся в пределах крупных выступов – Δx при изменении скорости резания и толщины срезаемого слоя, обусловлено различной величиной энергии, «заканчиваемой» в материал в единицу времени.

4. Указанные выше условия создают циклический характер деформационного процесса стружкообразования. Результатом этого является возникно-

вание колебательных явлений в технологической системе.

5. Установлено, что уровень и характер колебаний с достаточной степенью точности измеряется современными техническими средствами. Это обстоятельство позволяет вести косвенное измерение параметров циклического процесса (деформационного цикла), его амплитудно-частотные и спектральные характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологические проблемы в современном машиностроительном производстве: сб. науч. трудов. М.: МГТУ «Станкин», 1998. 240 с.
2. Трент Е.М. Резание металлов. М.: Машиностроение, 1980. 263 с.
3. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. М.: Машгиз, 1956. 368 с.
4. Розенберг А.М. Элементы теории процесса резания металлов. М.: Машгиз, 1956. 319 с.
5. Закураев В.В. Термодинамические характеристики обрабатываемости и управление режимом резания // Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения: труды междунар. конф. Орел: ОГТУ, 2000. С. 147–150.
6. Петрушин С.И., Проскоков А.В. Теория несвободного резания материалов. Стружкообразование с развитой зоной пластических деформаций // Вестник машиностроения. 2010. № 1. С. 53–58.
7. Кабалдин Ю.Г., Муравьев С.Н. Информационные модели структурообразования и усталостного разрушения металлических материалов // Вестник машиностроения. 2007. № 8. С. 46–51.
8. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение, 1975. 344 с.
9. Закураев В.В. Результаты исследования физических закономерностей процесса стружкообразования при резании материалов // Механика и процессы управления. Т. 3. Проблемы машиностроения: Труды XXXIV Уральского семинара по механике и процессам управления. Екатеринбург: УРО РАН, 2004. С. 95–108.
10. Клушин М.И. Резание металлов. М.: Машгиз, 1958. 454 с.
11. Кудинов В.А. Динамика станков. М.: Машиностроение, 1967. 357 с.
12. Верещака А.С. Резание материалов. М.: Высш. шк., 2009. 535 с.
13. Кабалдин Ю.Г. Динамическая модель процесса резания // Вестник машиностроения. 2001. № 8. С. 33–38.
14. Розенберг Ю.А. Основные закономерности процесса образования элементной стружки // Вестник машиностроения. 2008. № 8. С. 53–55.
15. Воронцов А.Л., Султан-заде Н.М., Албагачиев А.Ю., Савкин А.Ю. Разработка новой теории тепловых процессов резания // Вестник машиностроения. 2010. № 1. С. 70–73.
16. Легаев В.П., Генералов Л.К. Повышение эффективности токарной обработки на основе автоматического контроля показателей процесса резания // Вестник машиностроения. 2011. № 1. С. 44–46.
17. Талантов Н.В. Температурно-деформационная неустойчивость процесса пластического деформирова-

- ния при обработке металлов резанием // Физика и химия обработки материалов. 1985. № 4. С. 31–36.
18. Black J.T. Flow stress model in metal cutting // *Journal of engineering for industry*. 1979. Vol. 101. № 4. P. 403–415.
 19. Stahl J.E. *Metal cutting – theories and models*. Sweden: Seco, 2012. 580 p.
 20. Гусев А.В. Обоснование возможности контроля процесса механической обработки // *Машиностроение – традиции и инновации: сб. трудов Всерос. молодежной конф.* Томск: Изд-во Томск. политех. ун-та, 2011. С. 195–198.
 21. Рыбин В.В. Большие пластические деформации и разрушение металлов. М.: Металлургия, 1986. 224 с.
 22. Гусев А.В., Закураев В.В. Способ определения оптимальных режимов резания : патент РФ № 2514251, заяв. № 2012131289/02 от 20.07.2012, опуб. 27.04.2014.
 23. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир, 1989. 540 с.
 24. Бендат Дж., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа. М.: Мир, 1983. 312 с.
 25. Гусев А.В. Диагностика процесса стружкообразования на основе спектрального анализа вибросигналов // *Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке: сб. материалов III Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием.* Ижевск: ИжГТУ, 2015. С. 872–876.
- REFERENCES**
1. *Tekhnologicheskie problemy v sovremennom mashinostroitelnom proizvodstve. Sbornik nauchnikh trudov* [Technological problems in the modern machinery production]. Moscow, MGTU “Stankin” Publ., 1998, 240 p.
 2. Trent E.M. *Rezanie metallov* [Metal cutting]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1980, 263 p.
 3. Zorev N.N. *Voprosy mekhaniki protsessa rezaniya metallov* [Issues of metal cutting process mechanics]. Moscow, Mashgiz Publ., 1956, 368 p.
 4. Rozenberg A.M. *Elementy teorii protsessa rezaniya metallov* [Accidence of theory of metal cutting process]. Moscow, Mashgiz Publ., 1956, 319 p.
 5. Zakuraev V.V. Thermodynamic characteristics of machinability and cutting modes control. *Trudy mezhdunar. konf. “Fundamentalnie i prikladnie problemy tekhnologii mashinostroeniya”*. Orel, OGTU Publ., 2000, pp. 147–150.
 6. Petrushin S.I., Proskokov A.V. Theory of constrained cutting: Chip formation with a developed plastic-deformation zone. *Russian Engineering Research*, 2010, vol. 30, no. 1, pp. 45–50.
 7. Kabaldin Yu.G., Muravyev S.N. Information models of structure formation and fatigue failure of metal materials. *Vestnik mashinostroeniya*, 2007, no. 8, pp. 46–51.
 8. Bobrov V.F. *Osnovy teorii rezaniya metallov* [Foundations of theory of metal cutting]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1975, 344 p.
 9. Zakuraev V.V. The results of study of physical regularities of chip formation process during cutting materials. *Trudy XXXIV Uralskogo seminar po mekhanike i protsessam upravleniya “Mekhanika i protsessy upravleniya. Tom 3. Problemy mashinostroeniya”*. Ekaterinburg, URO RAN Publ., 2004, pp. 95–108.
 10. Klushin M.I. *Rezanie metallov* [Metal cutting]. Moscow, Mashgiz Publ., 1958, 454 p.
 11. Kudinov V.A. *Dinamika stankov* [Machine-tools dynamics]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1967, 357 p.
 12. Vereshchaka A.S. *Rezanie materialov* [Materials cutting]. М.: Высш. шк., 2009. 535 с.
 13. Kabaldin Yu.G. Dynamic model of cutting process. *Vestnik mashinostroeniya*, 2001, no. 8, pp. 33–38.
 14. Rozenberg Yu.A. Basic regularities of the elemental chip forming process. *Vestnik mashinostroeniya*, 2008, no. 8, pp. 53–55.
 15. Vorontsov A.L., Sultan-Zade N.M., Albagachiev A.Y., Savkin A.I. Development of a new theory of thermal cutting processes 1. Basic principles. *Russian Engineering Research*, 2010, vol. 30, no. 1, pp. 64–66.
 16. Legaev V.P., Generalov L.K. More efficient lathe operation on the basis of automatic monitoring of the cutting parameters. *Russian Engineering Research*, 2011, vol. 31, no. 1, pp. 31–33.
 17. Talantov N.V. Temperature-deformation instability of the process of plastic deformation when processing metals by cutting. *Fizika i khimiya obrabotki materialov*, 1985, no. 4, pp. 31–36.
 18. Black J.T. Flow stress model in metal cutting. *Journal of engineering for industry*, 1979, vol. 101, no. 4, pp. 403–415.
 19. Stahl J.E. *Metal cutting – theories and models*. Sweden, Seco, 2012, 580 p.
 20. Gusev A.V. Substantiation of possibility of control of mechanical treatment process. *Sbornik trudov Vseros. molodezhnoy konf. “Mashinostroenie – traditsii i innovatsii”*. Tomsk, Tomsky politekhnicheskyy universitet Publ., 2011, pp. 195–198.
 21. Rybin V.V. *Bolshie plasticheskie deformatsii i razrushenie metallov* [Large plastic deformations and failure of metals]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1986, 224 p.
 22. Gusev A.V., Zakuraev V.V. *Sposob opredeleniya optimalnikh rezhimov rezaniya* [Method of determination of optimal cutting modes]. Patent RF no. 2514251, 2012.
 23. Bendat J.S., Piersol A.G. *Prikladnoy analiz sluchaynykh dannykh* [Applied analysis of random data]. Moscow, Mir Publ., 1989, 540 p.
 24. Bendat J.S., Piersol A.G. *Primeneniya korrelyatsionnogo i spektralnogo analiza* [Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis]. Moscow, Mir Publ., 1983, 312 p.
 25. Gusev A.V. Diagnostics of chip formation process on the basis of spectral analysis of vibration signals. *Sbornik materialov III Vseros. nauch.-tekhn. konf. aspirantov, magistrantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem “Molodye uchenye – uskoreniyu nauchno-tekhnicheskogo progressa v XXI veke”*. Izhevsk, IzhGTU Publ., 2015, pp. 872–876.

**ABOUT ASSOCIATION OF DEFORMATION PARAMETERS OF CHIP FORMATION
AND CHARACTERISTICS OF FLUCTUATIONS DURING CUTTING**

© 2015

A. V. Gusev, engineer of Chair “Technologies of mechanical engineering”

V. V. Zakuraev, PhD (Engineering), Head of Chair “Technologies of mechanical engineering”

Novouralsk institute of technology, branch of National Research Nuclear University “MEPhI”, Novouralsk (Russia)

A. G. Nichkov, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of Chair “Metal cutting machines and tools”

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg (Russia)

Keywords: turning; chip formation process; cutting modes; deformation parameters of cutting process; spectral characteristics; amplitude-frequency characteristics of vibration signals.

Abstract: The issue of optimal cutting mode selection is one of the essential issues when creating mechanical technology. Certain physical conditions (or set of conditions) should exist within technological cutting system in case of the optimal machining modes and provide this optimality. In this case, the deformation processes of chip formation and their relation with materials physical and mechanical characteristics during high-speed plastic deformation; the levels and dynamic characteristics of the most technological system; and the results of vibration interaction of system elements with deformation processes are considered to be physical conditions.

The possibility of creation of machining process monitoring system occurs when determining certain correlations between the listed factors, there is a. The results of study of the chip formation process are the determining factor within the development of control system.

This paper covers the study of chip formation deformation processes for the subsequent creation of a system of automated selection of effective cutting modes. The present paper studies the micro-photos of chip roots specimens. The results of these photos study allow constructing the scheme of formation of separate fragments of local chip volumes. The paper presents the chip formation model with parallel borders. The authors also studied the photos of chips and their deformation characteristics received while processing various materials with a wide range of cutting modes. The paper gives the scheme for model of deformation cycle during chip formation. The authors determined the correlation relationship of plastic zone sizes and the time of deformation cycle. Numerical experiment was carried out to study the influence of cutting velocity and cutting feed on the change of chip formation frequency. This study is the basis for creation of a system of automated determination of the optimal turning modes.