

УДК 621.534 (045)

# КОНТРОЛЬ ДРОБЛЕНИЯ СТРУЖКИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

*А.М. ФИРСОВ, канд. техн. наук, доцент,  
А.В.ВДОВИН, аспирант,  
В.О. ЧЕРВИНСКИЙ, инженер,  
И.В.ТИМАХОВИЧ, аспирантка  
(БТИ (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ, г. Бийск)*

Статья поступила 4 апреля 2012 года

**А.М. Фирсов** – 659305, Алтайский край, г. Бийск, ул.Трофимова, 27,  
Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ, e-mail: mrsi@bti.secna.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований контроля дробления стружки при токарной обработке с применением метода акустической эмиссии.

**Ключевые слова:** контроль, дробление стружки, токарная обработка, акустическая эмиссия.

В процессе токарной обработки остро стоит проблема удаления стружки, особенно для станков с ЧПУ. До 65 % всех простоев станков с ЧПУ связано с выходом из строя именно по причине того, что образуется стружка неблагоприятной формы. Несвоевременное удаление такой стружки может привести к поломке инструмента, снижению качества обработанных поверхностей, травматизму обслуживающего персонала, а в совокупности – к снижению производительности. Таким образом, решение проблемы стружкоудаления тесно связано с производительностью механической обработки. Поэтому процессом стружкодробления необходимо управлять не только на этапе технологической подготовки производства при проектировании операции точения, но и в процессе обработки.

С целью повышения надежности и производительности производства целесообразно применять автоматизированные средства диагностики процесса резания. Эффективность диагностики процесса резания целиком и полностью определяется информативностью используемых параметров, их зависимостью от условий обработки. Традиционное использование для этой цели силы и температуры резания в ряде случаев оказывается неприемлемым или недостаточно информативным и адекватным. Поэтому в последние

годы все большее внимание специалистов привлекает перспектива акустической диагностики процесса резания [1].

Акустическая эмиссия (АЭ) представляет собой упругую энергию, мгновенно высвобождающуюся в материале при деформации или разрушении. Источником высокочастотных колебаний АЭ-сигналов из зоны резания являются процессы трения и деформирования.

В данной работе показана возможность диагностирования стружкодробления при токарной обработке методом АЭ. Для этого предполагается выяснить, наблюдается ли корреляция между видом стружки и параметрами сигнала АЭ при варьировании параметров резания.

Исследования проводились на токарно-винторезном станке 16К20Ф3 с системой ЧПУ 2Р22. В качестве заготовки был выбран круг из стали 45. Режущий инструмент – токарный проходной резец с неперетачиваемой пластинкой МС221. Усиленный сигнал с пьезоэлектрического датчика поступает на сетевую плату АЦП, регистрирующую сигналы в пределах от нескольких герц до 300 кГц, и фиксируется компьютером при помощи специальной программы, разработанной в программном средстве Lab View. Обработка производилась с записью сигнала АЭ при обработке с различными режимами резания, т. е. параметрами, при которых можно зафиксировать

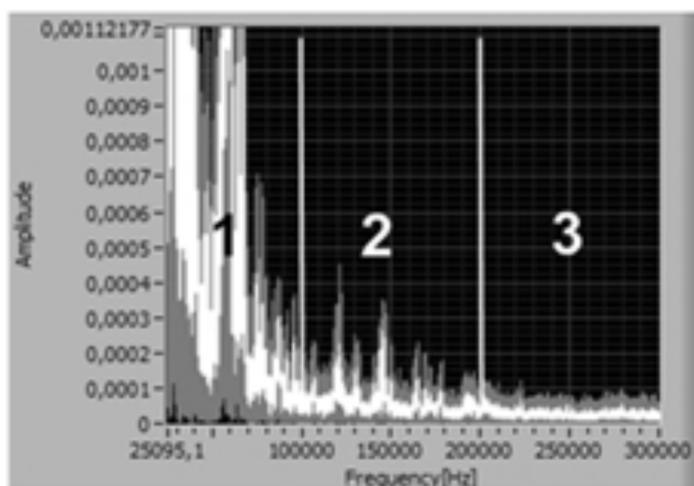


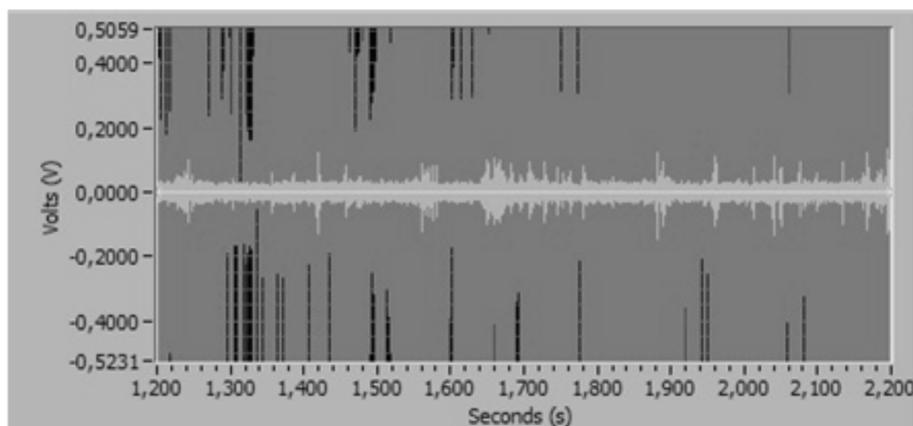
Рис. 1. АЧХ сигнала АЭ

и соотнести изменение вида стружки с соответствующим изменением сигнала АЭ.

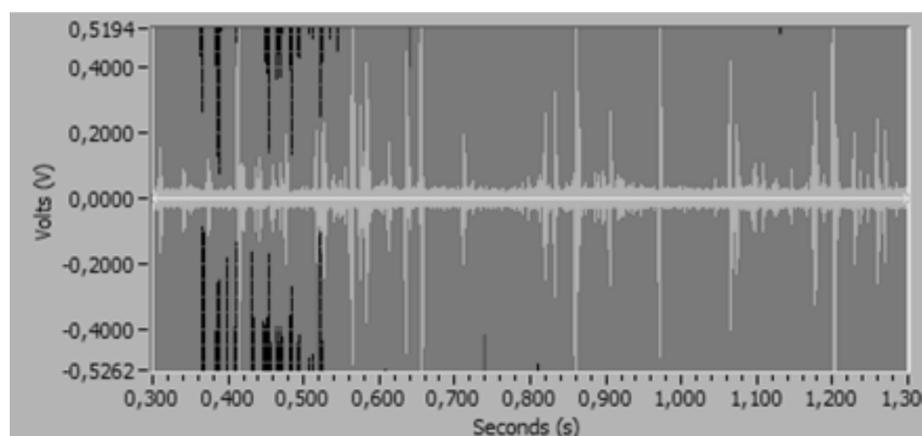
Для регистрации сигнала АЭ был спроектирован и изготовлен пьезоэлектрический преобразователь-датчик. Эти датчики обладают высокой чувствительностью и высокой жесткостью устройств, что позволяет измерять высокочастотные колебания, а также характеризуются простотой конструкции. Применение пьезоэлементов позволяет принимать разнообразные конструктивные решения датчиков.

Для выявления информативного диапазона частот весь частотный диапазон принимаемого сигнала разбивался при помощи соответствующих фильтров на 3 группы (частотные диапазоны): 25...100 кГц, 100...200 кГц и 200...300 кГц. Такое разделение обусловлено существенным отличием амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) сигнала АЭ, возникающего в процессе резания при переходе от одного частотного диапазона к другому, что наглядно проиллюстрировано на рис. 1. Верхняя граница принимаемого сигнала (300 кГц) ограничена возможностями платы АЦП, нижняя выбрана исходя из АЧХ используемого усилителя.

и соотнести изменение вида стружки с соответствующим изменением сигнала АЭ. Для регистрации сигнала АЭ был спроектирован и изготовлен пьезоэлектрический преобразователь-датчик. Эти датчики обладают высокой чувствительностью и высокой жесткостью устройств, что позволяет измерять высокочастотные колебания, а также характеризуются простотой конструкции. Применение пьезоэлементов позволяет принимать разнообразные конструктивные решения датчиков.



а



б

Рис. 2. Сигнал АЭ при получении недробленной (а) и дробленной (б) стружки

При исследовании сигнала АЭ рассматривались следующие параметры: количество импульсов сигнала АЭ ( $N$ ) за время  $t$  (активность сигнала АЭ); площадь под АЧХ сигнала АЭ ( $S_a$ ); площадь под энергетической характеристикой сигнала АЭ ( $S_e$ ); параметры  $A*N/dt$ ,  $A^2*N/dt$ ; амплитуда АЭ ( $A$ ); совмещенные параметры

$$W_1 = \frac{A^2 N}{P_z V}, \quad W_2 = \frac{AN}{V},$$

где  $A^2 N$  – мощность акустического излучения;  $P_z V$  – мощность резания;  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания;  $V$  – скорость резания.

В ходе предварительных исследований было выявлено, что сигнал АЭ, записанный при реза-

нии с получением дробленой стружки, характеризуется наличием характерных всплесков амплитуды (рис. 2).

Чтобы учесть данный факт, было введено понятие пороговой амплитуды колебаний сигнала АЭ  $A_{п}$ . За пороговое значение амплитуды колебаний АЭ  $A_{п}$  принята амплитуда сигналов АЭ выше амплитуды колебаний основных сигналов АЭ  $A_{осн}$  на некоторую величину, обеспечивающую четкое разделение сигнала АЭ на информативный (выше порогового значения) и неинформативный для дробления стружки (ниже порогового значения) (рис. 3).

Амплитудой основных сигналов АЭ  $A_{осн}$  будем называть сигналы АЭ, количество импуль-

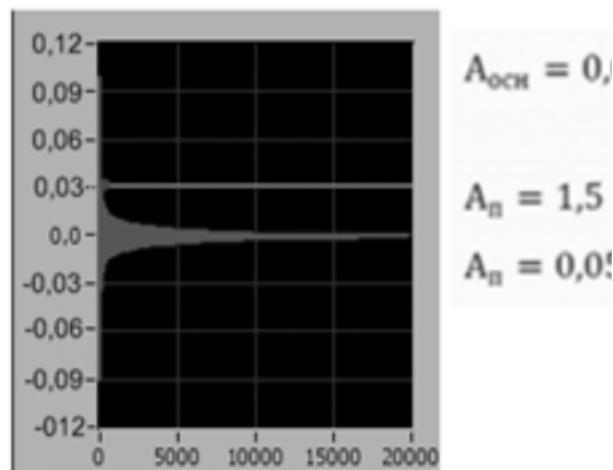
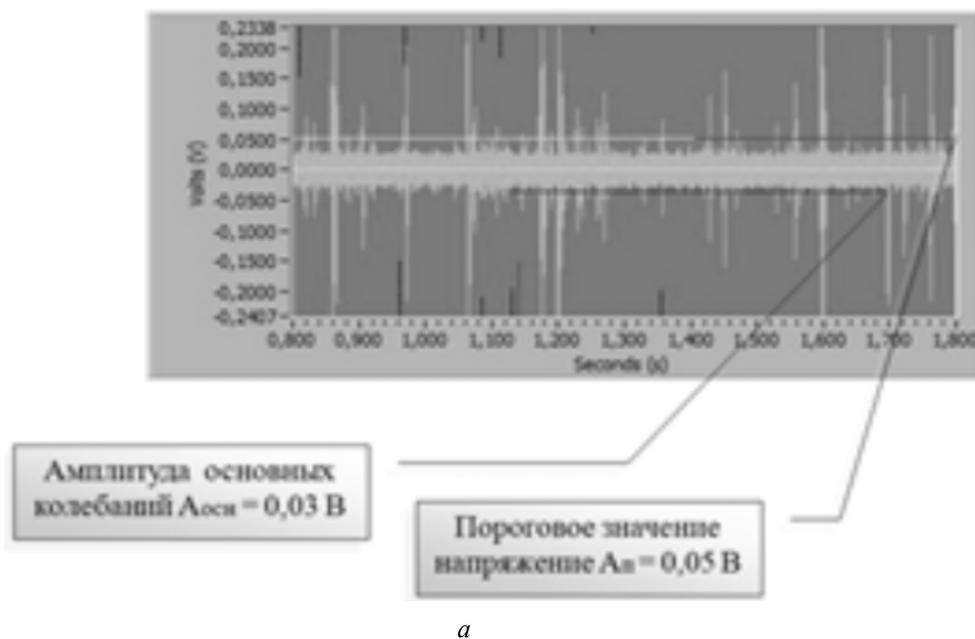


Рис. 3. Пороговое значение амплитуды колебаний сигнала АЭ (а) и амплитудное распределение (б)

сов  $N$  постоянной амплитуды которых значительно больше на заданном интервале времени. Значение параметра  $A_{\text{осн}}$  целесообразно находить, используя диаграмму амплитудного распределения, выбирая пороговую амплитуду колебаний сигнала АЭ с учетом характерного перегиба на диаграмме, который соответствует значению амплитуды, являющемуся границей между информативным и неинформативным сигналом АЭ (рис. 4).

Для пороговых характеристик вводятся параметры: количество импульсов сигнала АЭ через порог ( $N_{\text{п}}$ ) за время  $\Delta t$  (пороговое значение активности сигнала АЭ); пороговые значения параметров  $A \cdot N/dt$  и  $A^2 \cdot N/dt$ .

В результате проведения исследований выяснилось, что наиболее информативным параметром АЭ для диагностирования стружкодробления является количество импульсов сигнала ( $N_{\text{п}}$ ) на диапазоне частот 100...200 кГц, зависимости которого от режимов резания представлены на рис. 5.

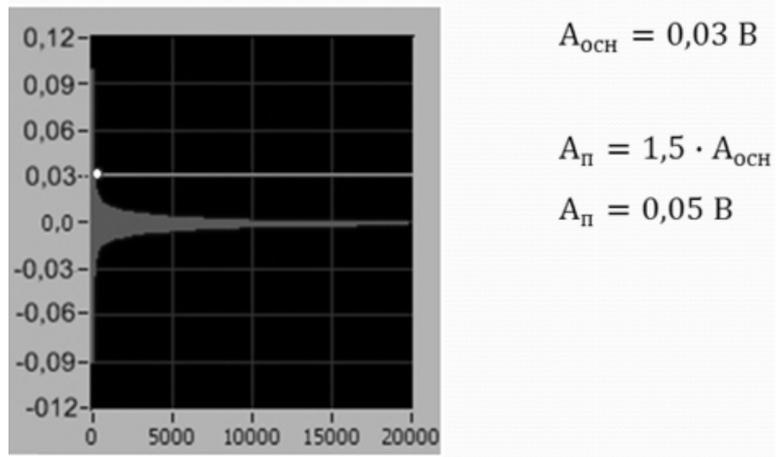


Рис. 4. Амплитудное распределение сигнала АЭ

По результатам исследований можно сделать вывод о целесообразности использования частотного диапазона 100...200 кГц для диагностирования стружкодробления. В данном случае корреляция параметров АЭ с видом сходящей стружки прослеживается наиболее четко. На диапазоне частот 25...100 кГц на параметры АЭ большое влияние оказывают посторонние шумы, затрудняющие процесс диагности-

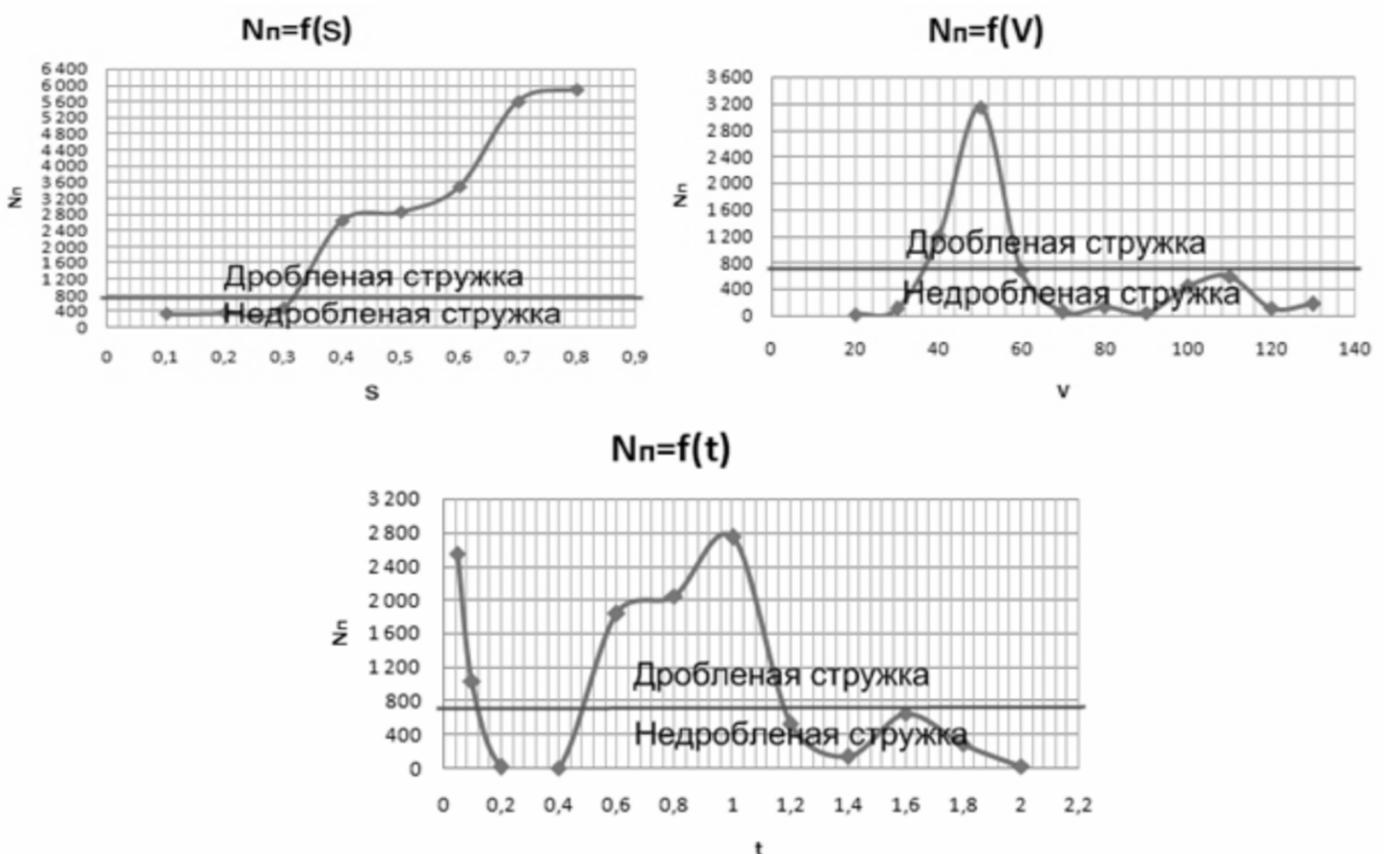


Рис. 5. Зависимости параметра  $N_{\text{п}}$  от режимов резания на частотном диапазоне 100...200 кГц

рования. Частотный диапазон 200...300 кГц, очевидно, позволяет увидеть детали процесса резания более подробно, однако это усложняет характер получаемых зависимостей и лишь затрудняет процесс диагностирования стружкодробления с учетом порогового значения амплитуды колебаний сигнала АЭ, т. е. это  $N_{\text{п}}$ ,  $A \cdot N / dt_{\text{п}}$  и  $A^2 \cdot N / dt_{\text{п}}$ . Однако наиболее информативным и достаточным для определения вида стружки является параметр активности АЭ  $N_{\text{п}}$ . Значение параметра  $N_{\text{п}}$  выше 700 импульсов за секунду свидетельствует о наличии стружкодробления при точении.

Метод АЭ позволит осуществлять непрерывный или дискретный активный контроль за ходом технологического процесса обработки, корректировать режимы обработки с целью обеспечения дробления стружки, а также проводить входной контроль обрабатываемого материала и режущих свойств инструмента. Экономическая эффективность применения

АЭ определяется повышением надежности процессов обработки, увеличением их производительности.

### Список литературы

1. *Андрейкив А.Е., Лысак Н.В.* Метод акустической эмиссии в исследовании процессов разрушения. – Киев: Наукова думка, 1989. – 176 с.
2. *Клюев В.В.* Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. – Т. 7: В 2 кн. – Кн. 1. В.И. Иванов, И.Э. Власов. Метод акустической эмиссии. – Кн. 2. Ф.Я. Балицкий, А.В. Барков, Н.А. Баркова и др. Вибродиагностика. – М: Машиностроение, 2005. – 829 с.
3. *Подураев В.Н., Базаров А.А., Горелов В.А.* Технологическая диагностика резания методом акустической эмиссии. – М.: Машиностроение, 1988. – 89 с.
4. *Синопальников В.А., Еременко И.В.* Диагностика процесса резания и инструмента: учеб. пособие. – М.: МОССТАНКИН, 1991. – 264 с.

### Control chip breaking in turning the method of acoustic emission

A.M. Firsov, A.V. Vdovin, V.O. Chervinskiy, I.V. Timahovich

The results of experimental investigations of the possibility the control chip breaking in turning to the method of acoustic emission.

**Key words:** control, breaking chips, turning, acoustic emission.