

УДК 620.179:534.6

Филоненко С.Ф.

Национальный авиационный университет. Украина, г. Киев

## ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ СВОЙСТВ КОМПОЗИТА НА АКУСТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ РАЗРУШЕНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

*Рассмотрены результаты статистической обработки данных моделирования сигналов акустической эмиссии при механической обработке композиционного материала для механической модели разрушения поверхностного слоя при изменении неоднородности его свойств. Определены закономерности изменения амплитудных параметров акустической эмиссии при изменении дисперсности свойств композиционного материала. Проведено их математическое описание. Показано, что с уменьшением неоднородности свойств композиционного материала процентный прирост дисперсии среднего уровня амплитуды сигналов акустической эмиссии опережает процентный прирост среднего уровня амплитуды и его стандартное отклонение.*

Ключевые слова: акустическая эмиссия; композиционный материал; результирующий сигнал; амплитуда; механическая обработка; площадь разрушения.

### Постановка проблемы

При исследовании процессов механической обработки композиционных материалов (КМ) используются различные методы, которые позволяют анализировать широкий спектр параметров. Традиционными анализируемыми параметрами являются силы резания ( $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ ), температура в зоне резания, а также параметры вибраций. В качестве нетрадиционных методов используются звуковой метод (регистрация шума в зоне резания в звуковом частотном диапазоне) и метод акустической эмиссии (АЭ).

Согласно литературным данным, метод АЭ имеет возрастающее распространение. Его применение обусловлено значительными преимуществами метода в получении больших объемов информации о процессах, которые протекают в поверхностных слоях КМ при его деформировании и разрушении. Данные процессы охватывают микро- и макроуровни разрушения КМ. С учетом высокой чувствительности и малой инерционности метода, сигналы АЭ отражают кинетику процессов в зоне резания КМ.

Проводимые исследования показывают, что регистрируемое акустическое излучение изменяется во времени при механической обработке КМ. Однако интерпретация такого изменения параметров АЭ, регистрируемой в экспериментальных исследованиях, представляет значительные трудности. Это обусловлено не только изменением условий взаимодействия пары материалов (обрабатываемый-обрабатывающий материалы), но и наличием большого числа влияющих факторов.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что такими факторами являются как параметры технологического процесса механической обработки КМ, так и физико-механические характеристики КМ. Их наличие приводит к ограниченному применению метода АЭ при контроле, диагностике и мониторинге технологических процессов механической обработки КМ, не смотря на значительные преимущества метода.

С данной точки зрения, интерес представляют теоретические исследования акустического излучения, формируемого в процессе механической обработки КМ при действии различных факторов. Такие исследования позволят решить ряд задач. Во-первых, определить ожидаемые закономерности изменения параметров АЭ при действии влияющего фактора. Во-вторых, определить чувствительность параметров АЭ к приросту влияющего фактору. В-третьих, определить преобладающий фактор, который приводит к максимальному изменению параметров АЭ. Безусловно, результаты таких исследований являются основой в разработке АЭ методов контроля, диагностики и мониторинга технологических процессов механической обработки КМ, а также методов управления данными процессами.

### Анализ источников и публикаций

Анализ научных публикаций показывает, что большая часть работ по исследованию АЭ при механической обработке материалов относится к экспериментальным исследованиям. Они рассмат-



ривают различные типы обрабатываемых материалов (материалы с кристаллической структурой и КМ), а также различные виды их механической обработки (точение, сверление, фрезерование) [1-6]. Согласно данным, полученным большинством исследователей, регистрируемые сигналы АЭ являются непрерывными сигналами, которые формируются при деформировании и разрушении поверхности обрабатываемого материала. На их фоне наблюдаются выбросы амплитуды (импульсные сигналы), которые связывают с разрушением обрабатываемого инструмента. Однако закономерности изменения параметров АЭ (в большинстве случаев среднее, среднеквадратическое значение амплитуд регистрируемых сигналов АЭ, амплитуды низкочастотной и высокочастотной составляющей спектра сигналов) имеют сложный характер изменения [7-10]. Закономерности являются неустойчивыми, имеют ограниченное применение, а во многих случаях противоречат друг другу.

Первые теоретические исследования АЭ были проведены при анализе акустического излучения, формируемого при механической обработке материалов с традиционной кристаллической структурой [11]. В основе исследований положено предположение, что энергия АЭ пропорциональна энергии, которая затрачивается на резание материала [11]. С учетом того, что работа, затрачиваемая на пластическую деформацию при резании, пропорциональна объему деформированного материала, действующему напряжению и скорости деформации, а также считая, что между работой на пластическую деформацию и энергией АЭ существует прямо пропорциональная связь, то среднеквадратическое значение амплитуды сигнала АЭ представлено в виде

$$RMS^2 = C_1(\sigma \dot{V}), \quad (1)$$

где  $C_1$  — коэффициент пропорциональности.

С учетом данных предположений и параметров резания, выражение для среднеквадратического значения амплитуды сигналу АЭ при резании материалов в работе [11] представлено в виде

$$RMS = C_1 C_2 \left\{ \tau_k t' v \left( \frac{\cos \gamma}{\sin \varphi \cos(\varphi - \gamma)} f + \frac{1}{3} (\ell + 2\ell_1) \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi - \gamma)} \right) \right\}^{\frac{1}{3}}, \quad (2)$$

где  $\tau_k$  — напряжение сдвига;  $t'$  — глубина резания;  $v$  — скорость резания;  $\varphi$  — угол сдвига;  $\gamma$  — передний угол инструмента;  $\ell$  — длина зоны контакта инструмент-стружка;  $\ell_1$  — длина зоны сцепления стружки с инструментом;  $f$  — скорость поперечной подачи;  $C_1, C_2$  — постоянные коэффициенты.

В работе [12] выражение (3) было уточнено в виде

$$RMS = C_3 \left\{ \tau_k t' v \left( C_4 \frac{\cos \gamma}{\sin \varphi \cos(\varphi - \gamma)} f + \frac{1}{3} C_5 (\ell + 2\ell_1) \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi - \gamma)} + C_6 \ell_b \right) \right\}^m, \quad (3)$$

где  $\ell_b$  — длина границы контакта задней поверхности инструмента с деталью;  $C_3$  — коэффициент пропорциональности;  $C_4, C_5, C_6$  — коэффициенты, которые учитывают затухание сигнала между зоной сдвига, границей контакта стружки с инструментом, зоной трения и датчиком АЭ;  $m$  — постоянная материала.

Однако многие экспериментальные исследования показали слабое согласование или отсутствие связи предложенной модели с закономерностями изменения среднеквадратического значения амплитуды сигнала АЭ при механической обработке материалов.

Выражение для результирующего сигнала АЭ при механической обработке материалов с кристаллической структурой, рассмотренное в работах [13, 14], получено на основе физических представлений формирования акустического излучения при протекании последовательных процессов пластической деформации и разрушения поверхностного слоя материала, т.е. процессов, сопровождаемых формированием импульсных сигналов АЭ. Подходы, рассмотренные в [13, 14], использованы в модели акустического излучения для случая механической обработки КМ при преобладающем термоактивационном [15, 16] и преобладающем механическом разрушении поверхностного слоя [17]. В общем случае, при последовательном термоактивационном или механическом разрушении элементарных площадок КМ во времени без учета износа режущего инструмента результирующий сигнал АЭ  $U_p(t)$  представлен в виде выражения

$$U_p(t) = \sum_j U_j(t - t_j), \quad (4)$$

где  $t_j$  — моменты времени появления импульсных сигналов АЭ  $U_j$ , возникающих при последовательном термоактивационном или механическом разрушении  $j$ -ых площадок КМ.

Исследования, проведенные в работах [16, 17], показали, что для случаев термоактивационного и механического разрушения элементарных площадок КМ во времени результирующие сигналы АЭ представляют собой непрерывные сигналы с сильно изрезанной формой. Однако скорости развития процессов разрушения КМ для механической модели значительно выше, чем для термоактивационной модели. Это хорошо наблюдается в длительно-

стях формируемых импульсных сигналов АЭ для рассматриваемых процессов.

Рассмотренные модели позволили провести исследование влияния ряда факторов на параметры результирующих сигналов АЭ. Так, в работе [16] исследовано влияние скорости механической обработки КМ на параметры АЭ при термоактивационном разрушении поверхностного слоя. Получены закономерности изменения амплитудных параметров АЭ и определена их чувствительность к изменению скорости механической обработки КМ. В работе [17], для случая механического разрушения поверхностного слоя, исследовано влияние параметра, характеризующего физико-механические характеристики КМ, на амплитудные параметры АЭ. Показано, что возрастание влияющего параметра не изменяет характер формируемого акустического излучения. В тоже время, возрастание значения влияющего параметра приводит к падению среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ, его стандартного отклонения и дисперсии. При общем падении амплитудных параметров АЭ наибольшую чувствительность к изменению влияющего параметра имеет дисперсия среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ.

Следует отметить, что производство КМ является сложным технологическим процессом. При этом важной характеристикой КМ является дисперсность его свойств по всему объему получаемых заготовок, и, как следствие, дисперсность свойств изготавливаемых изделий. С данной точки зрения интерес представляет исследование закономерностей изменения АЭ в процессе механической обработки КМ при изменении дисперсности его свойств.

### Формулирование цели статьи

В работе будут исследованы закономерности изменения амплитудных параметров результирующих сигналов АЭ при механической обработке КМ в зависимости от дисперсности его свойств для случая преобладающего механического разрушения поверхностного слоя. Будет проведена статистическая обработка результатов моделирования с описанием закономерностей изменения амплитудных параметров АЭ. Будет проведен анализ процентного прироста амплитудных характеристик АЭ при уменьшении дисперсности свойств КМ. Будет определена чувствительность амплитудных характеристик АЭ к уменьшению дисперсности свойств КМ.

### Результаты исследований

Будем считать, что производится механическая обработка КМ течением с постоянными технологическими параметрами. При постоянной глубине, скорости продольной подачи и скорости резания

происходит последовательное разрушение площадок поверхностного слоя КМ во времени. Площадки имеют одинаковый размер  $S_T$ , а их разрушение происходит на малых промежутках времени по преобладающему механизму механического разрушения с формированием импульсных сигналов АЭ. При преобладающем механизме механического разрушения площадок КМ формируемый импульсный сигнал АЭ описывается выражением [17] вида

$$U_j(t) = u_0 t \alpha v_0 e^{r\alpha} e^{-\frac{v_0}{r\alpha}(e^{r\alpha} - 1)}, \quad (5)$$

где  $u_0 = N_0 \psi \delta_s$  — максимально возможное упругое смещение, которое распространяется по материалу при мгновенном разрушении заданной площади КМ;  $N_0$  — количество одиночных элементов КМ в заданной площади разрушения;  $\psi$  — коэффициент пропорциональности между механическим напряжением и амплитудой одиночного импульса возмущения, который формируется при разрушении одиночного элемента (является константой);  $\delta_s$  — величина, которая пропорциональна длительности импульса возмущения при разрушении одиночного элемента КМ;  $\alpha$  — скорость нагружения;  $v_0, r$  — постоянные, которые определяются физико-механическими характеристиками КМ.

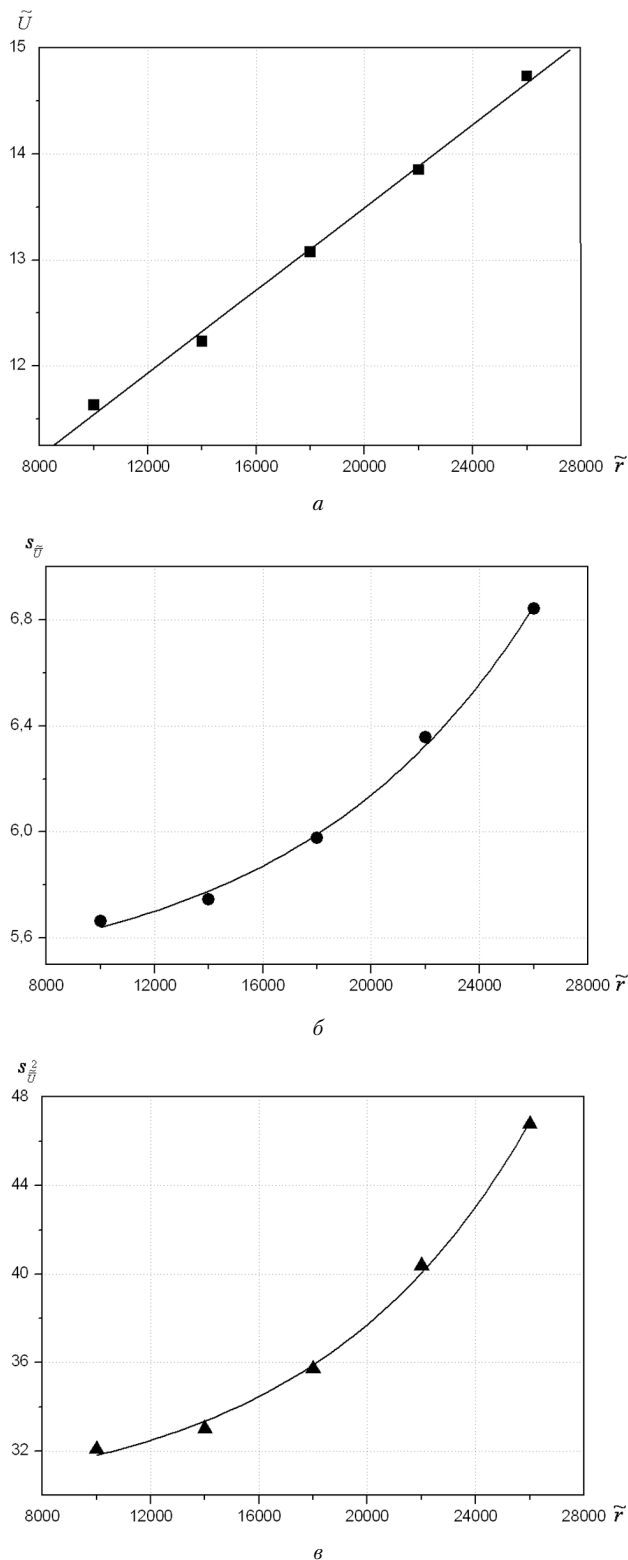
Последовательное разрушение площадок поверхностного слоя КМ во времени приводит к последовательности появления импульсных сигналов (5), которая формирует результирующий сигнал АЭ. Такой сигнал описывается выражением (4).

Процесс механической обработки КМ осуществляется при одновременном действии различных параметров. Их нестабильность (нестабильность скорости вращения детали, скорости продольной подачи, размеров разрушаемых площадок и других факторов) будет влиять на длительность процесса разрушения, которая определяет длительность формируемых импульсных сигналов АЭ. Другими словами, нестабильность параметров механической обработки КМ будет приводить к случайной составляющей в моменте времени  $t_j$  появления каждого последующего импульсного сигнала АЭ. В данном случае, моменты времени появления импульсных сигналов АЭ  $U_j$  запишем в виде

$$t_j = j\Delta t_j \pm \delta, \quad (6)$$

где  $\Delta t_j$  — интервал времени между началом формирования последующего импульсного сигнала АЭ, по отношению к предыдущему;  $j = 0, \dots, n$  — количество последовательно разрушаемых площадок КМ;  $\delta$  — случайная составляющая в моменте времени появления каждого последующего импульсного сигнала АЭ.

Параметр  $r$  в выражении (5) характеризует дисперсность свойств КМ. Проведем исследование его



**Рис. 1.** Графики изменения среднего уровня амплитуды  $\tilde{U}$  (■), его стандартного отклонения  $s_{\tilde{r}}$  (●) и дисперсии  $s_{\tilde{r}}^2$  (▲) в зависимости от дисперсности ( $\tilde{r}$ ) свойств КМ при его механической обработке КМ для механической модели разрушения

влияния на закономерности изменения амплитудных параметров результирующих сигналов АЭ при механической обработке КМ. Исследования будем

проводить с моделированием результирующих сигналов по выражениям (4) и (5), с учетом случайной составляющей во времени развития процесса разрушения площадок КМ, согласно (6), при изменении дисперсности свойств КМ (изменении параметра  $r$ ). По результатам моделирования проведём статистическую обработку данных с построением и анализом зависимостей изменения среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ ( $\tilde{U}$ ), его стандартного отклонения ( $s_{\tilde{r}}$ ) и дисперсии ( $s_{\tilde{r}}^2$ ) от величины параметра  $r$ .

Расчёты результирующих сигналов АЭ будем проводить в относительных величинах. При моделировании параметры в выражении (5) приведем к безразмерным величинам, время будем задавать в относительных единицах, а амплитуду сигналов будем нормировать на величину  $u_0$ . Параметры  $v_0$  и  $\alpha$  примем равными:  $\tilde{v}_0 = 100000$ ;  $\tilde{\alpha}_0 = 20$ . Значение параметра  $r$  будем изменять в диапазоне величин от  $\tilde{r} = 10000$  до  $\tilde{r} = 26000$  с шагом приращения 40000. Увеличение значения  $\tilde{r}$  означает уменьшение дисперсности (разброса) свойств КМ. Интервал времени  $\tilde{\Delta}t_j$  и диапазон изменения случайной составляющей во времени  $\tilde{\delta}$  будем задавать исходя из длительности формируемых импульсных сигналов АЭ для заданной скорости  $\tilde{\alpha}$ . В соответствии с расчетами длительности импульсного сигнала АЭ для значения  $\tilde{\alpha} = 20$  и  $\tilde{r} = 10000$ , величину  $\tilde{\Delta}t_j$  примем равной  $\tilde{\Delta}t_j = 0,000007$ . При этом значение  $\tilde{\delta}$  будем изменять в диапазоне величин от 0 до 0,0000082 произвольным образом. Исходя из расчетов импульсных сигналов АЭ по выражению (5), при возрастании  $\tilde{r}$  происходит уменьшение длительности импульсных сигналов АЭ. Поэтому при моделировании результирующих сигналов АЭ, согласно (4), для всех других значений параметра  $\tilde{r}$  величины  $\tilde{\Delta}t_j$  и  $\tilde{\delta}$  будем уменьшать пропорционально уменьшению длительности импульсных сигналов АЭ. При моделировании результирующих сигналов АЭ проводили расчеты 5000 значений амплитуд.

Результаты статистической обработки данных по результатам проведенного моделирования для принятых условий в виде зависимостей изменения среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ ( $\tilde{U}$ ), его стандартного отклонения ( $s_{\tilde{r}}$ ) и дисперсии ( $s_{\tilde{r}}^2$ ) от дисперсности ( $\tilde{r}$ ) свойств КМ показаны на рис. 1.

Из полученных данных (рис. 1) видно, что при увеличении  $\tilde{r}$  (уменьшении дисперсности свойств КМ) происходит возрастание амплитудных параметров результирующих сигналов АЭ. При этом средний уровень амплитуды (рис. 1, а) имеет линейный характер возрастания, а стандартное отклонение (рис. 1, б) среднего уровня амплитуды и его дисперсия (рис. 1, в) возрастают не линейным образом. Анализ полученных результатов с аппроксимацией зависимости, приведенной

на рис. 1,  $a$ , показал, что она хорошо описывается выражением вида

$$\tilde{U} = a + b \cdot \tilde{r}, \quad (7)$$

где  $a$  и  $b$  — коэффициенты аппроксимирующего выражения.

Значения коэффициентов  $a$  и  $b$  аппроксимирующего выражения (7) составляют:  $a = 9,593$ ,  $b = 1,953 \cdot 10^{-4}$ . При этом коэффициент корреляции  $R$  составляет:  $R = 0,99812$ .

Статистический анализ данных с аппроксимацией зависимостей, приведенных на рис. 1,  $a$ , показал, что они хорошо описываются выражением вида

$$A_E = c + d \cdot e^{\tilde{r}/t}, \quad (8)$$

где  $A_E$  — стандартное отклонения ( $s_{\tilde{r}}$ ) среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ или его дисперсия ( $s_{\tilde{r}}^2$ );  $c$ ,  $d$  и  $t$  — коэффициенты аппроксимирующего выражения.

Значения коэффициентов  $c$ ,  $d$  и  $t$  аппроксимирующего выражения (8) составляют: для стандартного отклонения среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ —  $c = 5,4$ ,  $d = 0,07848$ ,  $t = 8915,236$ ; для дисперсии среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ —  $c = 29,4$ ,  $d = 0,7013$ ,  $t = 8082,972$ . При этом коэффициенты детерминации  $R^2$  составляют: для стандартного отклонения среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ —  $R^2 = 0,99812$ ; для дисперсии среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ —  $R^2 = 0,99767$ .

Для определения чувствительности амплитудных параметров результирующих сигналов АЭ к уменьшению дисперсности свойств КМ проведём обработку их процентного прироста при возрастании процентного прироста параметра  $\tilde{r}$ . Результаты обработки процентного прироста среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ, его стандартного отклонения и дисперсии при возрастании процентного прироста  $\tilde{r}$  по отношению к их начальным значениям при  $\tilde{r}$  начальном, равным  $\tilde{r} = 10000$ , показаны на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что при возрастании процентного прироста параметра  $\tilde{r}$  (уменьшении дисперсности свойств КМ) наибольшую скорость возрастания имеет процентный прирост дисперсии среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ. Так, если процентный прироста параметра  $\tilde{r}$  составляет 160%, то процентный прирост среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ составляет 26,61%, стандартного отклонения среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ составляет 20,74%, а дисперсии среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ — 45,79%.

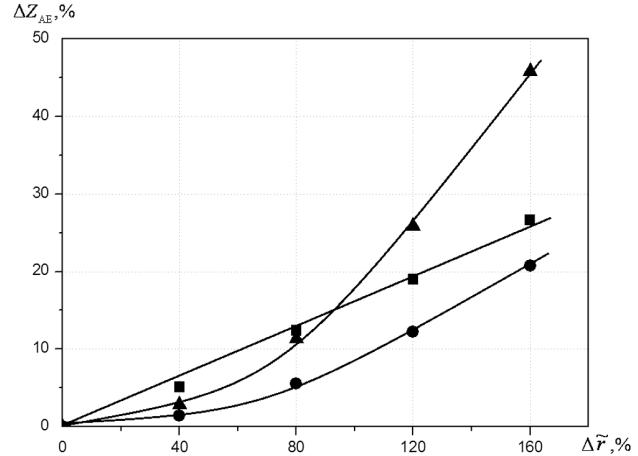


Рис. 2. Графики процентного прироста среднего уровня амплитуды  $\tilde{U}$  результирующего сигнала АЭ (■), его стандартного отклонения  $s_{\tilde{r}}$  (●) и дисперсии  $s_{\tilde{r}}^2$  (▲) от процентного прироста  $\tilde{r}$  при механической обработке КМ для механической модели его разрушения

Полученные результаты показывают, что наиболее чувствительным амплитудным параметром АЭ к уменьшению дисперсности свойств КМ является дисперсия среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ.

### Заключение

Проведена статистическая обработка результатов моделирования амплитуд результирующих сигналов АЭ при механической обработке КМ для механической модели формирования акустического излучения в зависимости от дисперсности свойств разрушаемого поверхностного слоя композита. Определены закономерности изменения среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ, его стандартного отклонения и дисперсии при уменьшении дисперсности свойств КМ. Показано, что средний уровень амплитуды имеет линейный характер возрастания, а стандартное отклонение среднего уровня амплитуды и его дисперсия возрастают не линейным образом. Проведена аппроксимация полученных закономерностей с определением их статистических характеристик. Определено, что наиболее чувствительным амплитудным параметром АЭ к изменению дисперсности свойств КМ является дисперсия среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ. При уменьшении дисперсности свойств КМ процентный прирост дисперсии среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ опережает процентный прирост среднего уровня амплитуды результирующего сигнала АЭ и его стандартного отклонения. Полученные результаты могут быть использованы при разработке методов контроля и мониторинга технологических процессов механической обработки КМ, направленных на определение однородно-



сти поверхности обрабатываемой детали. В тоже время интерес представляет исследование энергетических характеристик АЭ и их чувствительность к неоднородности свойств КМ.

### Литература

- [1] Neslušán M. Analysis of chip formation during hard turning through acoustic emission /M. Neslušán, M. Šipek, J. Mrazik// Materials Engineering.-2012.-N019.-P.1-11
- [2] Kulandaivelu P. Wear monitoring of single point cutting tool using acoustic emission techniques /P.Kulandaivelu, P.S. Kumar, S. Sundaram//Sādhanā.-2013.-V.38.-Part2.-P.211-234
- [3] Zhou J.H. Tool wear monitoring using acoustic emission by dominant-feature identification/J.H. Zhou, C.K. Pang, Z.W. Zhang, F.L. Lewis// IEEE Transunion on instrumentation and measurement.-2011.-V.60.-No2.-P.547-559.
- [4] Fadare D.A. Influence of cutting parameters and tool wear on acoustic emission signal in high-speed turning of Ti-6Al-4V alloy/D.A. Fadare, W.F. Sales, J. Bonney and E.O. Ezugwu//Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences.-2012.-V.3 (3).-P.547-555
- [5] Qin F. Delamination wear of nano-diamond coated cutting tools in composite machining/ F. Qin, J. Hu, Y.K. Chou,, R.G. Thompson //Wear.-2009.-v.267.-P. 991—995
- [6] Sudha A. J. AE Waveform analysis of Delamination in GFRP Composite materials during drilling/A. J.Sudha, B. S. Sampathkumar and C.A. Vijaya// Int. J. of Engineering and Technology.-2009.-V.1.-No.1.-P.63-66.
- [7] Kopač J. Acoustic emission in drilling carbon steel and nodular gray iron/J. Kopač, S. Sali//J. of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering.-2006.-v.-No1.-P.91-95
- [8] Mukhopadhyay C. K. Statistical Analysis of Acoustic Emission Signals Generated During Turning of a Metal Matrix Composite/C. K. Mukhopadhyay, T. Jayakumar, B. Raj, S. Venugopal//J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.-2012.-V. XXXIV.-No. 2.-P. 145-154.
- [9] Bhuiyann M.S.H. An innovative approach to monitor the chip formation effect on tool state using acoustic emission in turning/ M.S.H. Bhuiyann, I.A.Choudhury,Y.Nukman// International Journal of Machine Tools & Manufacture.-2012.-v.58.-P.19—28/
- [10] Ronald B.A. Studies on grooving of dispersion strengthened metal matrix composites/B.A. Ronald, L.Vijayaraghavan, R. Krishnamurthy// Materials forum.-2007.-V.31.-P.101 — 109.
- [11] Teti R. Modeling and experimental analysis of acoustic emission from metal cutting /R.Teti, D.A. Dornfeld // ASME J. of Eng. for Industry.-1989.-V.111.-P. 229 — 237.
- [12] Liu J. J. Modeling and analysis of acoustic emission in diamond turning/ J. J. Liu, D. A. Dornfeld //J. of Manu. Sci. and Eng.-1996.-V.118.-P. 199-207.
- [13] Філоненко С.Ф Акустична емісія при механічній обробці матеріалів точінням /С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко// Технологические системы.-2011.-№ 3 (56) .-C.50-56
- [14] Филоненко С.Ф Акустическая эмиссия при изменении скорости обработки материалов точением /С.Ф. Филоненко, Т.В. Німченко, Т.Н. Косицкая// Технологические системы.-2011.-№ 4 (57) .-C.80-88
- [15] Filonenko S. Acoustic emission model with thermoactivative destruction of composite material surface/S. Filonenko// Proceedings of the National Aviation University.-2015.-N1 (62).-P. 57—62
- [16] Филоненко С.Ф Акустическая эмиссия при изменении скорости механической обработки композиционных материалов/ С.Ф Филоненко// Технологические системы.-2015.-№2(66).-C.90-96
- [17] Филоненко С.Ф Влияние свойств обрабатываемого композиционного материала на акустическую эмиссию /С.Ф Филоненко//Восточно-европейский журнал передовых технологий.-2015.- T.2.-№5(74).-C.60-64

**Filonenko S.F**

National Aviation University. Ukraine, Kiev

### INFLUENCE OF COMPOSITE PROPERTIES DISPERSION ON ACOUSTIC RADIATION AT MECHANICAL DESTRUCTION OF SURFACE LAYER

*Results of statistical data processing of simulation acoustic emission signals at composite material machining for a mechanical model of surface layer destruction at change of heterogeneity its properties are considered. Regularities of acoustic emission amplitude parameters change at change of composite material properties dispersion are define. Their mathematical expression is spent. Is show that with reduction of heterogeneity of composite material properties the percent increase of acoustic emission signals average level amplitude dispersion anticipates a percent increase of amplitude average level and its standard deviation.*

Keywords: acoustic emission; composite material; resulting signal amplitude; machining.

## References

- [1] Neslušan M. Analysis of chip formation during hard turning through acoustic emission /M. Neslušan, M. Šipek, J. Mrazik// Materials Engineering.-2012.-N019.-P.1-11
- [2] Kulandaivelu P. Wear monitoring of single point cutting tool using acoustic emission techniques /P.Kulandaivelu, P.S. Kumar, S. Sundaram//Sādhanā.-2013.-V.38.-Part2.-P.211-234
- [3] Zhou J.H. Tool wear monitoring using acoustic emission by dominant-feature identification/J.H. Zhou, C.K. Pang, Z.W. Zhang, F.L. Lewis// IEEE Transunion on instrumentation and measurement.-2011.-V.60.-No2.-P.547-559.
- [4] Fadare D.A. Influence of cutting parameters and tool wear on acoustic emission signal in high-speed turning of Ti-6Al-4V alloy//D.A. Fadare, W.F. Sales, J. Bonney and E.O. Ezugwu//Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences.-2012.-V.3 (3).-P.547-555
- [5] Qin F. Delamination wear of nano-diamond coated cutting tools in composite machining/ F. Qin, J. Hu, Y.K. Chou., R.G. Thompson //Wear.-2009.-v.267.-P. 991—995
- [6] Sudha A. J. AE Waveform analysis of Delamination in GFRP Composite materials during drilling/A. J.Sudha, B. S. Sampathkumar and C.A. Vijaya// Int. J. of Engineering and Technology.-2009.-V.1.-No.1.-P.63-66.
- [7] Kopač J. Acoustic emission in drilling carbon steel and nodular gray iron/J. Kopač, S. Sali//J. of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering.-2006.-v.-No1.-P.91-95
- [8] Mukhopadhyay C. K. Statistical Analysis of Acoustic Emission Signals Generated During Turning of a Metal Matrix Composite/ C. K. Mukhopadhyay, T. Jayakumar, B. Raj, S. Venugopal//J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.-2012.-V. XXXIV.-No. 2.-P. 145-154.
- [9] Bhuiyann M.S.H. An innovative approach to monitor the chip formation effect on tool state using acoustic emission in turning/ M.S.H. Bhuiyann, I.A.Choudhury,Y.Nukman// International Journal of Machine Tools & Manufacture.-2012.-v.58.-P.19—28/
- [10] Ronald B.A. Studies on grooving of dispersion strengthened metal matrix composites/B.A. Ronald, L.Vijayaraghavan, R. Krishnamurthy// Materials forum.-2007.-V.31.-P.101 — 109.
- [11] Teti R. Modeling and experimental analysis of acoustic emission from metal cutting /R.Teti, D.A. Dornfeld // ASME J. of Eng. for Industry.-1989.-V.111.-P. 229 — 237.
- [12] Liu J. J. Modeling and analysis of acoustic emission in diamond turning/ J. J. Liu, D. A. Dornfeld //J. of Manu. Sci. and Eng.-1996.-V.118.-P. 199-207.
- [13] Filonenko S.F. Acoustic emission at machine work of matereals cutting / S.F. Filonenko, T.V. Nimchenko // Technological systems. -2011. - #3(56). – P. 50-56. ISSN 2074-0603
- [14] Filonenko S.F. Acoustic emission at alteration of processing speed of materials cutting / S.F. Filonenko, T.V. Nimchenko, T.N. Kositskaya // Technological systems. -2011. - #4(57). – P. 80-88. ISSN 2074-0603
- [15] Filonenko S. Acoustic emission model with thermoactivative destruction of composite material surface/S. Filonenko// Proceedings of the National Aviation University.-2015.-N1 (62).-P. 57—62
- [16] Filonenko S.F. Acoustic emission at alteration of composite materials machining speed / S.F. Filonenko // Technological systems. - 2015. - #2(66). – P. 90-96. ISSN 2074-0603
- [17] Filonenko S.F. Vlijanje svojstv obrabatyvaemogo kompozicionnogo materiala na akusticheskuju jemissiju / S.F. Filonenko // Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. -2015. – V. 2. - #5(74). – P. 60-64.