

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА СИГНАЛ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

А. М. Фирсов, А. В.Вдовин

Бийский технологический институт
г. Бийск, Россия

Большинство деталей машин, обрабатываемых на металлорежущих станках, изготавливается из металлов и их сплавов. Обрабатываемость металлов резанием характеризуется их механическими свойствами, т.е. совокупностью показателей, характеризующих сопротивление материала воздействию на него нагрузке, его способность деформироваться при этом, а также особенности его поведения в процессе резания. Основными показателями свойств материалов можно выделить: прочность, упругость, пластичность, ударная вязкость, твердость и выносливость. Особое внимание необходимо уделить твердости, т. к. это один из параметров механических свойств материала, оказывающий значительное влияние на процесс резания при токарной обработке и поддающийся быстрому контролю.

В результате ранее проведенных экспериментальных исследований было установлено, что технологическая система генерирует сигнал акустической эмиссии частотой от 25 до 300 кГц, а использование критерия $K_s = S_{ach}/S$

дает возможность контролировать уровень получаемого сигнала при изменении режимов резания.

Как известно, твердость определяется отношением величины нагрузки к площади или объему поверхности отпечатка. Таким образом, влияние твердости на сигнал акустической эмиссии, должно быть значимым.

Для проверки данного утверждения, на токарном станке 16К20Ф3 была проведена серия экспериментов по обработке нескольких видов сталей с разной твердостью. Параметры эксперимента следующие: $S=0,2-0,6$ мм/об (шаг 0,1 мм/об), $V=60-140$ м/мин (шаг — 20 м/мин), $t=0,5$ мм и $t=1$ мм, материал — сталь 45 $D=70$ мм, сталь 40Х $D=80$ мм, ХВГ $D=90$ мм.

Измерение средней твердости НВ про-

водилось по пяти точкам в четырех плоскостях с помощью аттестованного твердомера Константа ТУ.

В связи с тем, что с повышением основных показателей механических свойств, а именно твердости и предела прочности, увеличивается сопротивление, которое оказывает металл обрабатываемому его режущему инструменту, эти показатели приобретают качество режимных параметров. Они выражают качественное и количественное влияние механических свойств металлов на уровень практических режимов их обработки режущими инструментами, и на качество получаемой поверхности.

Исследованиями установлено, что между твердостью НВ и пределом прочности σ_B для сталей различных марок существует следующая зависимость:

$$\sigma_B \approx k \cdot HB \quad (1)$$

Для углеродистых конструкционных сталей коэффициент пропорциональности $k = 0,27$, для низколегированных сталей $k = 0,31$, для высоколегированных сталей $k = 0,41$. С точностью, достаточной для практических целей, по уравнению (1) можно найти среднее вероятное значение предела прочности на разрыв σ_B , зная твердость НВ, и, наоборот, по значению σ_B можно рассчитать среднюю вероятную твердость НВ.

При входном контроле поступающего в обработку материала быстрее и проще проверить твердость, чем значение предела прочности σ_B . Поэтому твердость принята в качестве основного параметра, выражающего влияние механических свойств металлов на уровень режимов их обработки резанием.

Как видно из таблицы 1, значения коэффициентов для получения расчетных значений силы резания, для обрабатываемых в ходе эксперимента металлов, очень схожи, и различаются только пределом прочности, который имеет зависимость с твердостью ме-

талла. Таким образом, проводя эксперименты на одинаковых режимах для каждого металла, но с разной твердостью, мы можем

выявить не только общее влияние силы резания на сигнал АЭ, но и влияние твердости металла на сигнал АЭ в частности.

Таблица 1 – значения коэффициентов для расчета силы резания

Сталь 45		Сталь 40 X		Сталь ХВГ	
n	0,75	n	0,75	n	0,75
σв	640	σв	610	σв	760
Ср	300	Ср	300	Ср	300
x	1	x	1	x	1
y	0,75	y	0,75	y	0,75
n	-0,15	n	-0,15	n	-0,15
КΨр	1	КΨр	1	КΨр	1
Кγр	1	Кγр	1	Кγр	1
Кгρ	0,93	Кгρ	0,93	Кгρ	0,93

Воспользовавшись зависимостью между твердостью и пределом прочности обрабатываемого материала, а также для того, чтобы учесть влияние основных режимов резания (скорость резания и подача), мы воспользовались известной зависимостью расчета силы резания, чтобы привести наши эксперименты к некому единому параметру, позволяющему оценивать и сравнивать полученные значения сигнала акустической эмиссии. В основу данного метода проведения экспериментов входит сопоставление расчетных значений параметров обработки с практически полученным сигналом акустической эмиссии. Проверка показала их удовлетворительное совпадение, а отдельные несоответствия объясняются практической невоспроизводимостью условий обработки при проведении экспериментов. Данное положение имеет принципиальное значение, так как позволяет методом АЭ уточнять оптимальные режимы резания на каждом рабочем месте в случае

необходимости непосредственно в производственных условиях.

Для наглядного представления результатов эксперимента в программе «Maple» были построены трехмерные графики полученных математических зависимостей параметра АЭ - Ks и режимов резания.

Для построения данных зависимостей была использована бикубическая интерполяция. В вычислительной математике это расширение кубической интерполяции на случай функции двух переменных, значения которой заданы на двумерной регулярной сетке. Поверхности, полученные в результате бикубической интерполяции, являются гладкой функцией, в отличие от поверхностей, полученных в результате билинейной интерполяции. В случае бикубической интерполяции значение функции в искомой точке вычисляется через ее значения в 16-ти соседних точках. Уравнение данной интерполяции приведено ниже:

$$g(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j = a_{33} x^3 y^3 + a_{32} x^3 y^2 + a_{31} x^3 y^1 + a_{30} x^3 y^0 + a_{23} x^2 y^3 + a_{22} x^2 y^2 + a_{21} x^2 y^1 + a_{20} x^2 y^0 + a_{13} x^1 y^3 + a_{12} x^1 y^2 + a_{11} x^1 y^1 + a_{10} x^1 y^0 + a_{03} x^0 y^3 + a_{02} x^0 y^2 + a_{01} x^0 y^1 + a_{00} x^0 y^0; \quad (2)$$

Далее подбирались коэффициенты уравнения, для более точного описания необходимого диапазона значений, и уже по полученным бикубическим уравнениям стро-

ились объемные поверхности, описывающие данные матрицы значения. Для проверки адекватности построенной модели рассчитывалась норма вектора погрешности.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА СИГНАЛ
АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

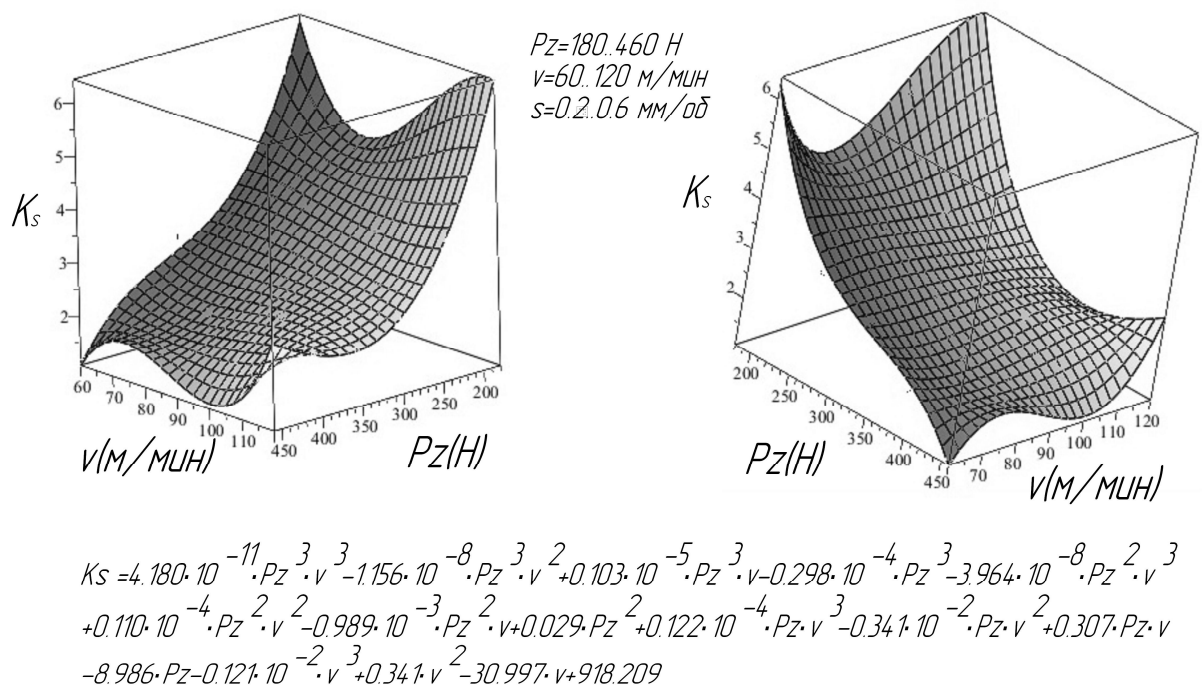


Рисунок 1 – Влияние механических свойств обрабатываемого материала на комбинированный параметр K_s сигнала АЭ на частотном диапазоне 100-200 кГц для стали 45 (HB = 130)

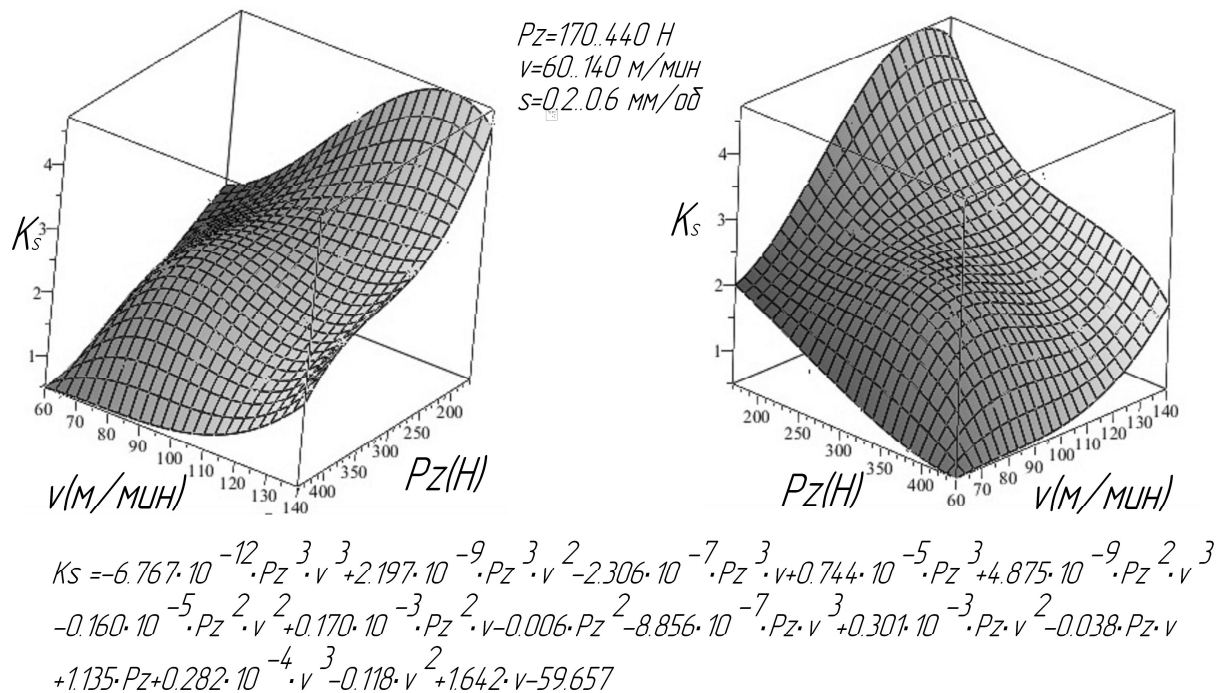
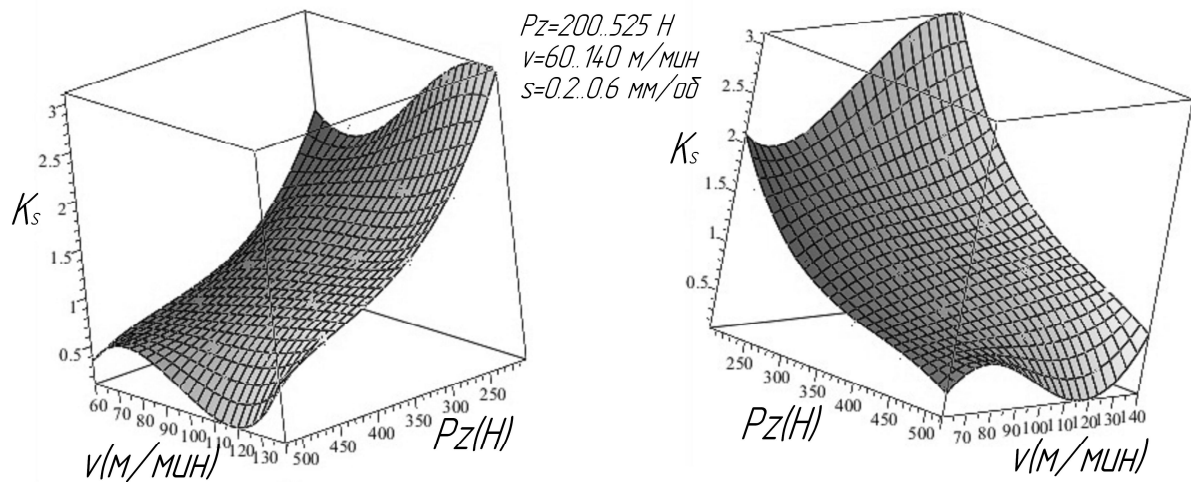


Рисунок 2 – Влияние механических свойств обрабатываемого материала на комбинированный параметр K_s сигнала АЭ на частотном диапазоне 100-200 кГц для стали 40X (HB=186)



$$\begin{aligned}
 K_s = & 4.821 \cdot 10^{-12} \cdot Pz^3 \cdot v^3 - 1.438 \cdot 10^{-9} \cdot Pz^3 \cdot v^2 + 1.353 \cdot 10^{-7} \cdot Pz^3 \cdot v - 0.408 \cdot 10^{-5} \cdot Pz^3 - 5.237 \cdot 10^{-9} \cdot Pz^2 \cdot v^3 \\
 & + 0.157 \cdot 10^{-5} \cdot Pz^2 \cdot v^2 - 0.148 \cdot 10^{-3} \cdot Pz^2 \cdot v + 0.004 \cdot Pz^2 + 0.185 \cdot 10^{-5} \cdot Pz \cdot v^3 - 0.554 \cdot 10^{-3} \cdot Pz \cdot v^2 + 0.526 \cdot Pz \cdot v \\
 & - 1.609 \cdot Pz - 0.208 \cdot 10^{-3} \cdot v^3 + 0.063 \cdot v^2 - 5.987 \cdot v + 185.87
 \end{aligned}$$

Рисунок 3 – Влияние механических свойств обрабатываемого материала на комбинированный параметр K_s сигнала АЭ на частотном диапазоне 100-200 кГц для стали ХВГ (НВ=284)

Исходя из полученных данных можно сделать следующие выводы:

- подтверждено влияние твердости материала на сигнал акустической эмиссии;
- расчетное значение силы резания с использованием практически измеренной твердостью также имеет взаимосвязь с сигналом АЭ, что описывается с помощью функции бикубической интерполяции;
- сопоставление расчетных значений режимов обработки, параметров сигнала АЭ с практически полученным сигналом АЭ дает удовлетворительное совпадение, что позволяет методом АЭ уточнять оптимальные режимы резания на каждом рабочем месте в

случае необходимости непосредственно в производственных условиях.

Список литературы:

1. Алешин С.А., Белый Г.Ю., Вopilкин А.А. Методы акустического контроля металлов. - М.: Высшая школа, 1988. - 306С.
2. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. [текст]/ М.: Из-во стандартов, 1976. 272 с.
3. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. - М.: Высшая школа, 1985. - 304С.