

АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ РОТАЦИОННОГО ТОКАРНОГО РЕЗЦА

*ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В любой технологической системе при ее функционировании генерируются высокочастотные волны упругой деформации (напряжений), которые распространяются по элементам системы и характеризуются высокой информативностью в отношении условий протекания рабочего процесса. Прием – преобразование – обработка и регистрация таких волн в совокупности составляет так называемый метод акустической эмиссии (АЭ).

В отличие от низкочастотных колебаний волны АЭ определяются доминирующими физическими процессами, которые при обработке резанием включают пластическую деформацию и разрушение обрабатываемого материала, трение и разрыв фрикционных связей на контактных поверхностях режущего лезвия инструмента.

Ранее выполненными исследованиями [1,2] установлена тесная корреляционная связь между параметрами АЭ, в первую очередь, амплитуды колебаний (энергетическая характеристика), их спектральной плотности и условиями резания обычным лезвийным инструментом. Это обеспечивает возможность оптимизации режимов резания, геометрических параметров инструмента и диагностики процесса на основе анализа АЭ.

Процесс ротационного резания отличается от традиционного дополнительным касательным движением режущего лезвия в процессе обработки и наличием подшипникового узла в конструкции ротационного резца. Исследования АЭ при ротационном резании [3, 4] также подтвердили зависимость параметров АЭ от условий резания. Необходимость изучения вибрации и АЭ, в частности, особенно важно для ротационного инструмента, так как для него характерны более высокие значения силы резания и относительно малая жесткость по сравнению с традиционными призматическими резцами.

В настоящей работе эксперименты выполнялись при ротационном точении по второй геометрической схеме установки резца, по прямой и обратной схемам резания [3]. Наружное точение образцов из стали 45, имеющих форму колец диаметром 77 мм и шириной 20 мм, производилось на токарно-винторезном станке модели 16К20 остро заточенным ротационным резцом с режущей конической чашкой диаметром 46 мм из твердого сплава Т15К6. Конструкция подшипникового узла включает по два радиальных №204 и упорных №8204 подшипников с посадочным диаметром 20 мм [4]. Радиус округления режущего лезвия составлял 25-40 мкм, передний угол заточки чашки $\gamma_3=30^\circ$, задний угол $\alpha_3=20^\circ$. Режимы резания: скорость главного движения $V=2-8,8$ м/с; глубина резания $t=0,1-0,5$ мм; продольная подача $S=0,28-0,57$ мм/об, обработка велась без охлаждения. Углы установки ротационного резца выбирались на основе ранее полученных данных и составляли $\varphi=18^\circ$, $\omega=26^\circ$.

Амплитуда АЭ фиксировалась трехканальным виброизмерителем SM231, получающим сигнал с пьезодатчиков КД35, установленных над передней опорой подшипникового узла ротационного резца. Колебания измерялись в радиальном направлении по отношению к круговой режущей кромке в вершине резца и в осевом направлении резца, перпендикулярном указанному выше. Путем сложения амплитуд определялся угол наименьшей жесткости резца, а также угол действия составляющей силы резания, действующей в плоскости режущего лезвия. Коэффициент передачи пьезодатчиков КД35 равнялся 5-5,03 мВ/мс⁻². Диапазон измеряемых частот колебаний 20-20000 Гц. С помощью октавного фильтра устанавливались области спектра с максимальным уровнем колебаний.

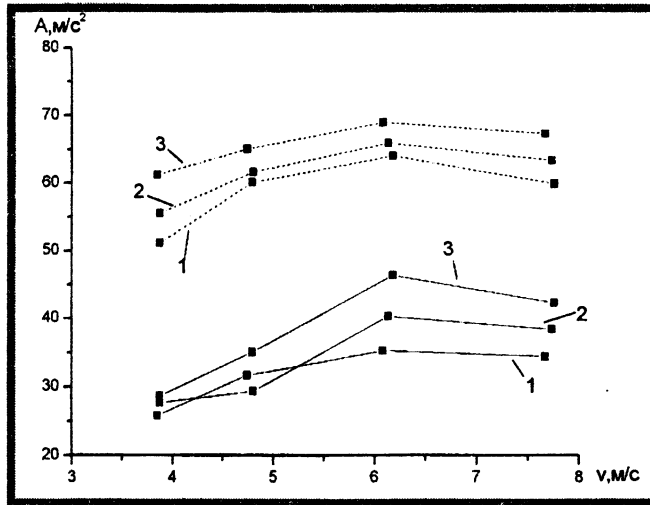


Рисунок 1 – Влияние скорости резания на уровень колебаний ротационного резца в направлениях: 1-радиальном; 2-осевом; 3- под углом 35° к радиальному при прямой (сплошные линии) и обратной (пунктирные линии) схемах резания.

Исследовалась зависимость амплитуды АЭ ротационного резца от режимов резания (V , S , t) и его геометрических параметров. Некоторые результаты экспериментов приведены на рисунках 1-2

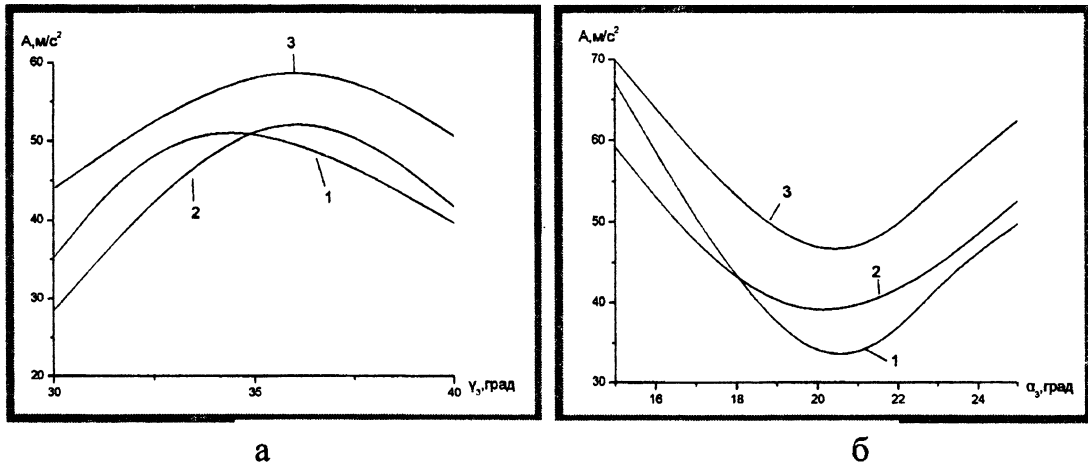


Рисунок 2 – Зависимость уровня колебаний ротационного резца от величины:
а – переднего угла; б – заднего угла
(номера кривых 1, 2, 3 соответствуют направлениям измерений по рисунку 1).

В результате обработки данных установлено, что наименьшую жесткость, равную 21 Н/мм, ротационный резец имеет в направлении около 35° по отношению к радиальному.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы.

1. При прямой схеме резания интенсивность колебаний во всех выбранных направлениях меньше, чем при обратной схеме, что свидетельствует о большей устойчивости процесса прямой схемы резания (рис. 1). Зависимость амплитуды колебаний от скорости резания имеет экстремальный характер, который наиболее выражен для направления минимальной жесткости резца. Повышение устойчивости процесса при высоких скоростях резания объясняется повышением температуры резания, снижением сил резания и более стабильным и устойчивым процессом самовращения ротационного резца.

2. Увеличение глубины резания сопровождается возрастанием амплитуды колебаний для обеих схем резания и во всех фиксированных направлениях. Интенсивность роста ам-

плитуды для прямой схемы резания выше, чем для обратной. Так, для направления наименьшей жесткости с увеличением глубины резания от 0,25 мм до 0,6 мм для прямой схемы резания отмечено увеличение амплитуды от 38 до 80 м/с² (более чем в 2 раза) когда как для обратной схемы увеличение составило от 28 до 43 м/с² (в 1,5 раза). Это может быть объяснено уменьшением кинематического заднего угла для обратной схемы и соответственным повышением устойчивости процесса резания.

3. При анализе влияния подачи (диапазон 0,28-0,57 мм/об) установлено, что для обратной схемы амплитуда возрастает во всех направлениях измерения, например, с 40 до 60 м/с² для направления наименьшей жесткости. Для прямой схемы резания отмечен максимум значения A при подачах от 0,28 до 0,43 мм/об ($A=53$ м/с²). Дальнейшее увеличение подачи приводит к снижению интенсивности колебаний резца (при $S=0,57$ мм/об $A=48$ м/с²), т.е. увеличение подачи свыше 0,43 мм/об сопровождается повышением устойчивости процесса резания.

4. Для всех экспериментов характерна максимальная амплитуда колебаний в направлении наименьшей жесткости, а минимальная – в радиальном направлении.

5. Направление минимальной жесткости зависит от соотношения составляющих силы резания, что необходимо учитывать при конструировании ротационных резцов, обеспечивая угол оси жесткости около 35-45°. Это создает предпосылки для устойчивости процесса при низких и высоких скоростях резания (рис.1).

6. Зависимости интенсивности колебаний от углов заточки ротационного резца (рисунок 2) имеет ярко выраженный экстремальный характер, причем величина углов заточки, при которых наблюдаются экстремумы, примерно одинакова для всех измеряемых направлений. Эти величины для условий экспериментов близки к назначенным углам заточки ($\gamma_3=30^\circ$, $\alpha_3=20^\circ$), которые были ранее оптимизированы в отношении максимальной стойкости инструмента.

Указанные выводы обосновывают возможность оптимизации геометрии ротационного инструмента на основе использования метода АЭ, не проводя длительных испытаний на износ и сравнительной оценки режущих свойств инструментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов Е.Г., Борисенко А.В. Исследование спектра колебаний резца в процессе устойчивого резания металлов // Докл. АН БССР, 1968, т. XII, № 9.
2. Подураев В.Н., Борзов А.А. Анализ и прогнозирование процесса резания методом акустической эмиссии. – В сб. Перспективы развития режущего инструмента. – М.: МДНТП, 1978.
3. Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А., Соусь А.В. Прогрессивные схемы ротационного резания металлов. – Мн.: Наука и техника, 1972.
4. Ящерицын П.И., Борисенко А.В., Дривотин И.Г., Лебедев В.Я. Ротационное резание материалов. – Мн.: Наука и техника, 1987.

УДК 621.9.02-589.22

Лебедев В.Я., Сидоренко В.А.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ КАСАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ РОТАЦИОННОМ ТОЧЕНИИ НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»,
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Известно, что в общем случае кинематическая реализация обработки резанием включает рабочие движения, сообщаемые инструменту или заготовке: главное движение, одно или несколько движений подачи и касательное движение. Последнее движение ис-