

*А. Н. Трунов**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА СБОРА АКУСТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛООБРАБОТКИ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА**

Инструмент, находящийся под нагрузкой на станке, испытывает износ. На большинстве предприятий, где применяются металлообрабатывающие станки, анализ инструментального износа, как правило,

* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Соколова.

происходит визуально, а чаще всего из-за этого режимы резания, используемые при механической обработке со срезом слоя материала, не назначаются выше минимально рекомендованных из справочных значений [1].

Другим применяемым на практике способом является лазерное измерение кромки инструмента, но это оборудование предназначено для измерения одного и того же резца для одной операции, так что оно нецелесообразно в использовании на предприятиях, не выпускающих продукцию с массовым или крупносерийным типом производства.

Но износ резца можно измерять не только прямым, как это делают все вышеописанные методы, но и косвенным образом с помощью акустического метода прогнозирования [2 – 5]. Инструмент испускает тепло, звуковые волны, вибрацию во время обработки, которые зависят довольно значительно в том числе и от радиуса скругления его режущей кромки.

Устройство, созданное для анализа части этих сторонних величин и соотносящее их статистически со степенью износа, будет дешевле лазерного аналога, сохраняя адекватную степень точности.

Для единичного станка без постоянных посторонних шумов снятие фильтрованного по частоте звука, получаемого от процесса резания, достаточно для определения износа работающего инструмента, так как амплитуда звуковой волны, испускаемая резцом, прямо пропорциональна степени его износа [2 – 5].

Оборудованием для сбора физических и акустических данных будут являться: микроскопы МИС-11 и УИМ-21 – для измерения шероховатости заготовки и степени износа резца соответственно; микрофон U510 с диапазоном частот 100 Гц...10 кГц, токарный станок 1И6МП, Персональный компьютер с программным обеспечением Audacity для записи, измерения амплитуды и частоты звука и OBS Studio для записи видеоряда.

Для того, чтобы провести эксперименты для сбора данных, необходимо изначально задать их граничные факторы и условия проведения.

В работе будут проводиться эксперименты с записью акустических характеристик с помощью проходного резца с пластиной для чистового точения Т15К6. Закрепляемая заготовка – круглый прокат сталь 40Х диаметром 30 мм и длиной от 40 до 60 мм. Режимы резания, назначаемые на операции, будут идентичными – подача 0,12 мм/об; глубина резания 0,3 мм; частота вращения шпинделя 600...1500 об/мин.

Примем некоторые упрощения, способствующие более точному анализу параметров: резец считается острым при радиусе скругления его кромки в 0,1 мм, затупленным – при недостижении им шероховатости поверхности Ra 1,6 во время обработки, тупым – либо при недостижении им шероховатости на поверхности заготовки Ra 3,2, либо при радиусе скругления в $2,0 \pm 0,1$ мм, неиспользуемым – при недостижении на поверхности заготовки шероховатости Ra 6,3. Единовременный эксперимент считается завершенным при достижении заточенным резцом неиспользуемого статуса. Если не проводить данное разделение, полученные результаты будут отдалены от практических показателей – не будет понятно, при каком значении амплитуды звуковой волны может получаться то или иное качество поверхности, что уничтожает даже столь ничтожную пользу от получения желаемых параметров.

Из-за потери скорости изменения износа при увеличении радиуса скругления резца эксперимент будет проходить при различных промежутках времени в зависимости от вышеописанных характеристик инструмента и заготовки – при остром резце остановки на проверку качеств будут проходить каждые пять минут, при затупленном – каждые восемь, при тупом – каждые десять, до окончания единовременного эксперимента. Во время каждой паузы кончик кромки инструмента и поверхность заготовки будут измеряться на микроскопе, значения первого будут сравниваться с предыдущим измерением – для определения величины износа, вторая будет измеряться на шероховатость для определения субъективной степени затупленности резца. Часть записанного звука, отвечающая последнему отрезку эксперимента, будет отфильтрована по частоте (1...10 кГц [1]) и переведена в спектрограмму, найдены и усреднены арифметически точки максимума амплитуды.

Видеозапись, при наличии, будет крупным планом показывать работающий резец, что вместе с прикрепленной при монтаже спектрограммой будет служить наглядности, использоваться не в качестве источника для научного материала, а для презентации процесса.

Стоит уточнить, что микрофон во время записи изначально будет крепиться на станине около шпинделя станка. Если входящий звук из-за слишком значительной громкости не будет регистрироваться прибором, устройством будет отведено от зоны резания до достижения удовлетворительного результата.

Получившиеся параметры эксперимента будут внесены в табл. 1 при использовании изначально нового или заточенного токарного резца до номинальных параметров, соответствующих состоянию резца как «острый».

1. Таблица с результатами экспериментов за одну заточку

Разница значений l_i и l_{i+1} , мкм	Шероховатость заготовки по средней линии Ra, мкм	Максимальная амплитуда на измеряемом участке времени, дБ	Улавливаемый диапазон частот, кГц	Время измерения

Примечание: l – расстояние от нуля микроскопа до точки соприкосновения с крайней от державки кромки резца; i – номер итерации эксперимента.

После внесения некоторого количества строк (около десяти) в вышеописанную таблицу, части результатов первого и третьего столбцов по критерию затупленного резца будут приведены к среднему арифметическому значению и внесены уже в табл. 2

2. Таблица среднеарифметических параметров

Степень затупленного резца	Диапазон износа, мкм	Максимальная амплитуда на участке, дБ

По значениям из табл. 2 можно будет выявить зависимость амплитуды резца от степени его износа. Для улучшения точности получаемых данных можно разбить критерии остроты инструмента на большее число ступеней при сохранении количества проводимых экспериментов.

Однако ограничиться одними звуковыми зависимостями при создании изделия, используемого на практике, крайне проблематично. Обычно в цеху станки по металлообработке стоят очень близко друг к другу, и из получающегося результирующего шума от их совместной работы крайне тяжело вычленить звук, издаваемый одним инструментом. Для получения возможности использования этих величин на практике нужно либо глушить посторонний шум звуковой волной с противофазой, либо, если станок не является универсальным, ставить записывающее устройство внутрь рабочей зоны станка с защитой от стружки и СОЖ.

В данной работе был выведен метод сбора акустических данных точения стального круга проходным резцом из твердого сплава, приведена актуальность данной темы и некоторые серьезные недостатки подхода на практике при измерении только звуковых волн.

Список литературы

1. Трунов, А. Н. Машинное вычисление возникающих сил и мощности на основе выбранных режимов резания / А. Н. Трунов // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – Вып. XVI. – С. 74 – 76.
2. Соколов, М. В. Прогнозирование износа токарных резцов акустическим методом : монография / М. В. Соколов. – Изд-во : LAP LAMBERT Academic Publishing, Саарбрюккен, Германия, 2019. – 87 с.
3. Соколов, М. В. Акустический метод прогнозирования износа инструмента при токарной обработке / М. В. Соколов, Ф. Д. Усман // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн (ВМПД – 2017) : матер. VI Междунар. науч.-прак. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – Вып. 4, Т. 1. – С. 246 – 251.
4. Усман, Ф. Д. Экспериментальная установка для исследования износа токарного резца акустическим методом / Ф. Д. Усман, М. В. Соколов // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2021 : сб. тр. IV Междунар. науч.-техн. форума : в 10 т. – Рязань, 2021. – С. 129 – 132.
5. Цифровое машиностроение [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, М. В. Соколов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 267 с.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*