

**В.Ф. Макаров, А.В. Шохрин, О.Н. Потягайло**

Пермский государственный технический университет

## **ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА РЕЗЦА НА ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ**

Проведены исследования зависимости физических параметров процесса резания (амплитуды вибрации, силы резания, температуры, шума резания, мощности резания) от износа режущего инструмента при различных режимах резания. Получены графики данных зависимостей и даны краткие рекомендации по применению компьютерного стенда диагностики процесса резания.

Развитие современного машиностроения невозможно без создания нового современного оборудования, новых технологий и инструмента. В настоящее время большинство машиностроительных предприятий активно оснащается высокопроизводительными станками с ЧПУ и обрабатывающими центрами с компьютерным управлением отечественного и зарубежного производства. В Пермском крае это ОАО «Новомет», ОАО «Протон», ОАО «ПМЗ», ОАО «Инкар», ОАО «Редуктор-ПМ» и др. Стоимость новых станков достаточно велика – достигает 2–3 млн евро за станок. Значительно выросла, в десятки раз, и стоимость режущих сборных инструментов. Непредвиденный выход из строя этого оборудования и инструмента приводит к большим издержкам производства на машиностроительных предприятиях. Поэтому уровень активности исследований в области контроля процессов механической обработки и инструмента в нашей стране и за рубежом резко вырос.

В России исследование процесса резания проводится практически во всех технических вузах страны и в отраслевых НИИ машиностроения. В наибольшей степени это Станкин, ВНИИТС, МНПП «Салют» г. Москвы. Однако для измерения сил резания, температуры резания, вибрации, мощности применяются различные методы, приборы, датчики, часто без преобразования аналогового электрического сигнала в цифровой, т.е. без использования персонального компьютера для анализа, записи и воспроизведения данных на современном уровне. Отсутствуют и комплексные системы диагностики процесса резания.

В научном плане сегодня явно недостаточно работ по установлению закономерностей влияния основных физических явлений процесса резания от износа на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах. В результате высокого давления, температуры и скорости относительного перемещения контактные поверхности инструмента в процессе его эксплуатации изнашиваются. Реаль-

ный разброс технологических факторов, влияющих на стойкость инструмента в производственных условиях, не позволяет надежно прогнозировать износ режущих кромок и приводит к необходимости их активного контроля. Принудительная смена инструмента на автоматизированном металлорежущем оборудовании после обработки заданного числа деталей независимо от его фактического износа экономически нецелесообразна, а также не дает полной гарантии безаварийной работы инструмента из-за сколов, поломок, выкрашиваний и т.д. [2]. В связи с этим становится необходимой компьютерная диагностика процесса резания с целью выявления соответствующих зависимостей.

Очевидно, что эффективность диагностики в основном определяется информативностью используемых диагностических признаков, их зависимостью от условий обработки. Традиционно для диагностики процесса резания применялись его статические температурно-силовые параметры, в большинстве случаев недостаточно информативные. Последнее время и у нас в стране, и за рубежом все большее внимание специалистов привлекает диагностика механической обработки на основе анализа высокочастотных динамических явлений различной физической природы: акустической эмиссии, вибрации, электромагнитного излучения, экзоелектронной эмиссии.

Во время процесса резания вибрация инструмента и заготовки неизбежна, следствием чего становится геометрическая неточность, снижение стойкости инструмента, удар по режущей кромке резца, что может привести к порче режущей части инструмента. Поэтому главной задачей диагностирования является выявление зависимости вибрации и шума резания от износа режущего инструмента при различных режимах резания [1].

Исследование влияния износа режущего инструмента на изменение физических параметров процесса резания проводилось на основе однофакторного эксперимента для различных режимов. Были проведены стойкостные испытания режущего инструмента. Резцы специально доводили до износа в процессе обработки деталей, периодически замеряя износ на разных сторонах одной пластинки, а затем производили измерения физических параметров процесса резания в зависимости от полученного износа (рис. 1).

Измерения производились при износе,  $h_s$ :

- 0,1 мм;
- 0,3 мм;
- 0,5 мм.

Измеряемые физические параметры:

- $P_x, P_y, P_z$  – составляющие силы резания;
- $V$  – вибрация;
- $T$  – температура;

- Ш – шум резания;
- $N$  – мощность привода станка.

Варьируемые параметры обработки при исследовании:

- скорость резания  $V$ ;
- глубина резания  $t$ ;
- подача  $S$ .

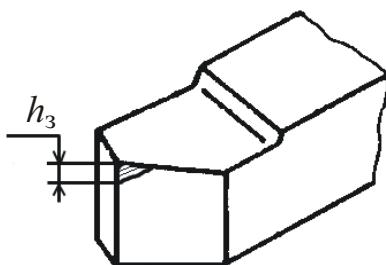


Рис. 1. Схема измерения износа реза

Объектом модификации и исследований является прецизионный универсальный токарно-винторезный станок 1Е61М. Назначение системы:

1. Предупреждение о возможном разрушении и поломке оборудования путем диагностики станка с ЧПУ.
2. Выбор оптимальных режимов резания для любого процесса формообразования.
3. Управление процессом резания по мере износа инструмента.

Эксперименты выполняются при следующих условиях:

- обрабатываемый материал – сталь 45;
- инструмент – проходной резец, оснащенный пластинкой из твердого сплава Т15К6;
- обработка образца производится без охлаждения.

В Пермском государственном техническом университете совместно с фирмой ООО НПП «РОС» для решения поставленной выше задачи разработан комплексный компьютерный стенд диагностики процесса резания. В состав комплексного стенда входят следующие элементы:

1. Динамометр с тензометрическими датчиками по трем осям, который обеспечивает измерение составляющих силы резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ .
2. Датчик вибрации ВД-03, предназначенный для измерения вибрации режущего инструмента и станка.
3. Пирометр (бесконтактный датчик температуры), который позволяет проводить дистанционное измерение температуры режущего инструмента.
4. Измеритель шума – электретный микрофон, предназначенный для измерения характеристик шума резания.

5. Датчик стационарного контроля мощности, предназначенный для измерения активной мощности работающего оборудования.

6. Датчик фактических оборотов шпинделя станка.

7. Крейт, предназначенный для коммутации входных сигнальных линий, платы аналоговой фильтрации, выходных сигнальных линий, АЦП, обеспечения их электропитанием.

8. Плата аналоговой фильтрации, предназначенная для выделения диапазона частот, необходимого для оцифровки сигналов вибрации.

9. Аналого-цифровой преобразователь, предназначенный для преобразования аналоговых сигналов в цифровой вид.

10. Пульта управления системой регистрации и контроля параметров оборудования, включающий в себя персональный компьютер, который через АЦП производит регистрацию и анализ технических параметров оборудования.

11. Система регистрации и анализа сигналов, представляющая собой программу, которая выполняет регистрацию, обработку и оценку сигналов от датчиков с отображением всех результатов на мониторе и оповещением персонала.

В результате исследований с помощью компьютерного стенда были получены графики зависимостей всех изучаемых физических явлений процесса резания от износа режущего инструмента при различных режимах резания.

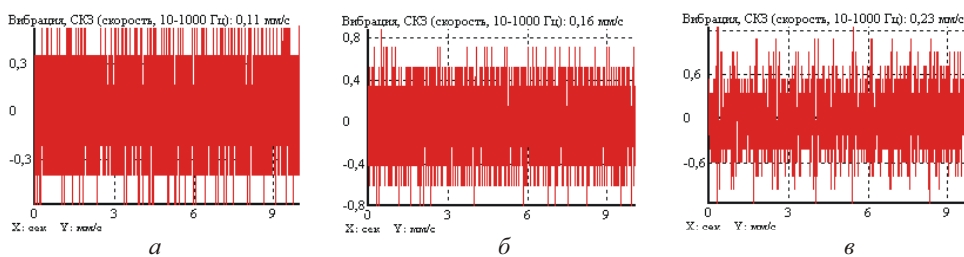


Рис. 2. Пример записи сигнала вибрации при режиме:  $V = 128$  м/мин;  $S = 0,05$  мм/об;  $t = 0,5$  мм при износе:  $a - 0,1$  мм;  $b - 0,3$  мм;  $v - 0,5$  мм

По полученным графикам были построены общие графики зависимости вибрации и шума резания от износа. Температура, сила резания и мощность также были исследованы, но в связи с тем, что эти параметры неоднократно исследуются в течение последних лет, мы эти результаты не приводим, поскольку наши данные подтверждаются ранними исследованиями, описанными в литературе.

На рис. 3 и 4 представлены графики зависимости виброскорости от износа режущего инструмента при скоростях резания 128 м/мин и 16 м/мин соответственно.

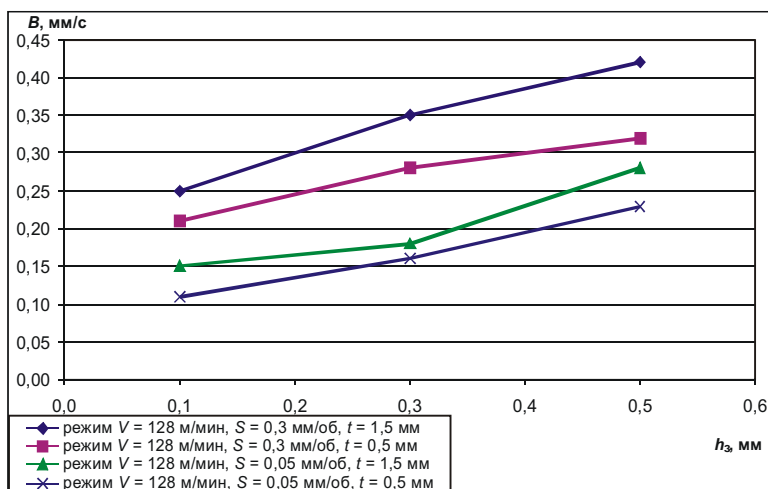


Рис. 3. График зависимости амплитуды вибрации от износа режущего инструмента ( $V = 128$  м/мин)

Из графика рис. 3 видим, что наиболее линейна зависимость при режиме с подачей 0,05 мм/об и глубиной резания 0,5 мм. При остальных трех режимах графики зависимости менее линейны. В общем же можно сказать, что при увеличении износа значения виброскорости растут, но не так значительно, как мы видим на рис. 2. При всех режимах зависимости практически линейны.

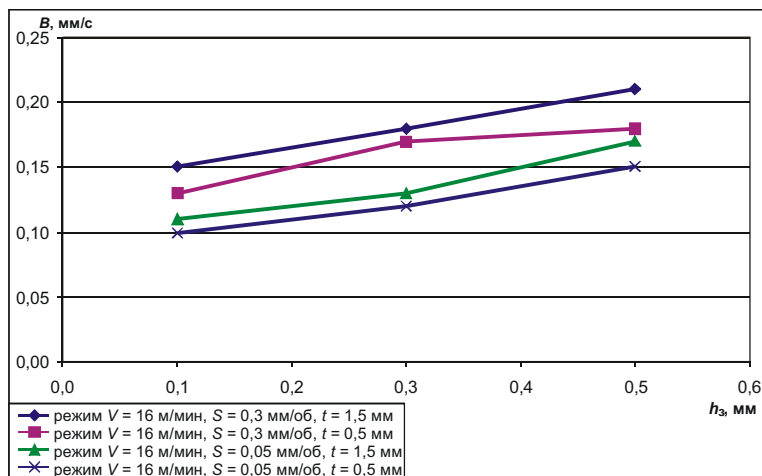


Рис. 4. График зависимости виброскорости от износа режущего инструмента ( $V = 16$  м/мин)

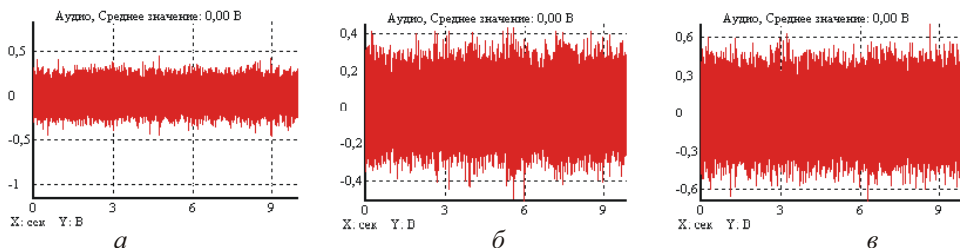


Рис. 5. Пример записи сигнала шума резания при режиме:  $V = 128$  м/мин;  $S = 0,05$  мм/об;  $t = 0,5$  мм при износе:  $a - 0,1$  мм;  $б - 0,3$  мм;  $в - 0,5$  мм

Затем полученные данные переводятся в дБ, и строятся графики зависимости шума резания от износа режущего инструмента при скоростях резания 128 и 16 м/мин соответственно (рис. 6, 7).

Из графика зависимости шума резания (рис. 6) мы видим, что резко возрастающего графика при увеличении износа нет. Для каждого режима график изменяется в пределах 5 дБ. Так же выглядит график зависимости при минимальной скорости резания (рис. 7). Зона разброса значений шума резания составляет от 32 до 39 дБ. В общем же можно сказать, что при увеличении износа шум резания, несомненно, возрастает, хотя и незначительно.

В заключение можно сказать, что наши эксперименты подтверждаются классической теорией резания. При увеличении износа режущего инструмента увеличиваются значения параметров режимов резания. И действительно, по изменению режимов резания мы можем проследить за физическими явлениями – силой резания, амплитудой вибрации, температурой, шумом резания, мощностью резания.

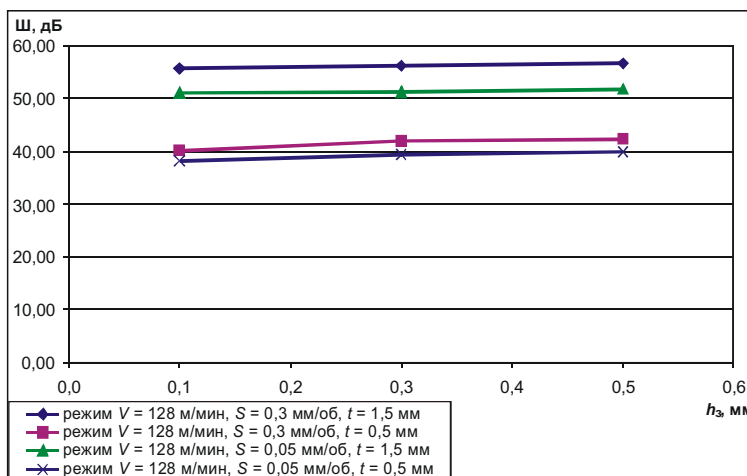


Рис. 6. График зависимости шума резания от износа режущего инструмента ( $V = 128$  м/мин)

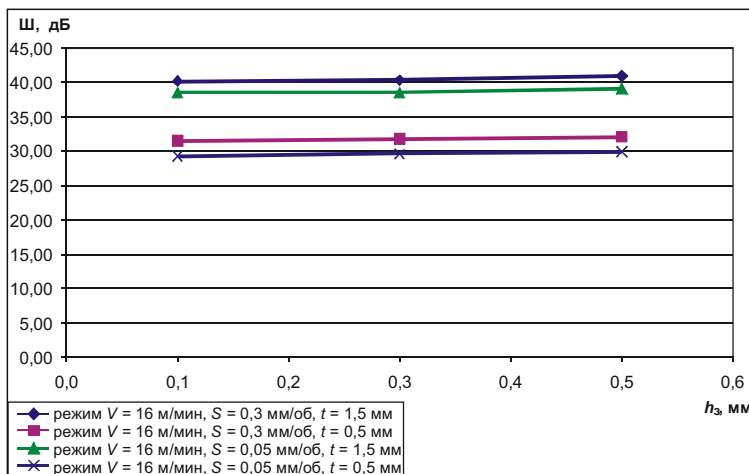


Рис. 7. График зависимости шума резания от износа режущего инструмента ( $V = 16$  м/мин)

Новизна данной работы заключается в исследовании зависимостей физических явлений процесса резания от износа в совокупности. Ранее проводилось рассмотрение каждого параметра в отдельности. Также новизна заключается в исследовании именно амплитуды вибрации и акустического шума в зависимости от износа режущего инструмента.

По полученным результатам также можно сделать вывод, что с помощью диагностического компьютерного центра мы можем говорить о физических явлениях процесса резания. Поэтому мы можем рекомендовать установку подобных диагностических центров различным машиностроительным предприятиям, а также ее применение в учебном процессе для проведения лабораторных и научно-исследовательских работ в вузах.

### Список литературы

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Подураев В.Н., Барзов А.А., Горелов В.А. Технологическая диагностика резания методом виброакустической эмиссии. – М.: Машиностроение, 1988. – 56 с.

Получено 17.05.2010