

Автоматизированная система мониторинга и диагностики обработки ответственных деталей в машиностроении керамическим режущим инструментом

В работе описаны принципы построения системы мониторинга и диагностики при обработке ответственных деталей в машиностроении. Система базируется на оценке виброакустического сигнала, позволяющего отслеживать поломку инструмента и не допустить брака изделий. Показана высокая чувствительность виброакустического сигнала к изменениям, происходящим в зоне обработки детали. Описано решение, обеспечивающее встраивание в систему ЧПУ металлообрабатывающего станка разрабатываемой системы для автоматизированного мониторинга, диагностики и своевременного принятия решения о необходимости замены керамического инструмента.

Ключевые слова: мониторинг, диагностика, виброакустический сигнал, инструмент из керамики, качество детали.

В современном промышленном производстве особую актуальность приобретает проблема надежной эксплуатации прогрессивного технологического оборудования при его непрерывной эксплуатации, т. е. простой из-за нарушения работоспособного состояния технологической системы должны быть сведены к минимуму. Это возможно только при обеспечении высокой надежности работы всех компонентов автоматизированных систем, а также сокращения времени восстановления работоспособного состояния элементов технологической системы, которое в свою очередь напрямую зависит от степени их повреждения в случаях несвоевременного отказа режущего инструмента.

Одним из перспективных инструментальных материалов для скоростной обработки высокотвердых материалов является инструментальная керамика, обладающая высокой твердостью и термостойкостью в широком диапазоне температур, а также химической пассивностью по отношению к большинству обрабатываемых материалов. Однако широкое применение керамического инструмента ограничено из-за его недостаточно высокой надежности – непрогнозируемого скалывания режущей части в различные периоды его эксплуатации. Очевидно, что из всех видов механообработки нестационарные условия эксплуатации керамического инструмента наиболее характерны для процесса фрезерования, когда за один рабочий ход зуба фрезы параметры срезаемого слоя периодически изменяются [1].

Повысить надежность обработки ответственных деталей из закаленных и труднообрабатываемых материалов на станках с ЧПУ в режиме реального времени

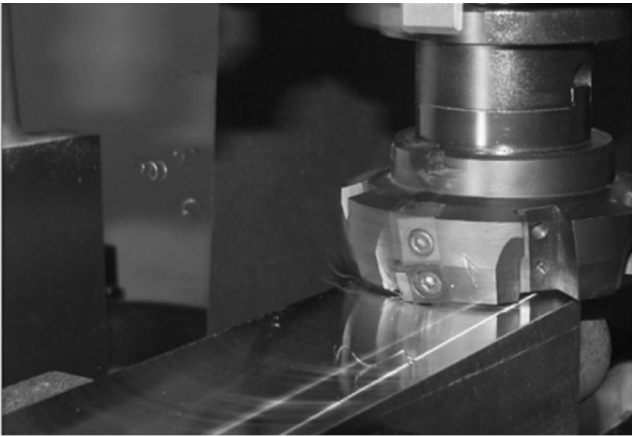


М. А. Волосова,
к. т. н., доцент, проректор по научной работе,
доцент кафедры высокоэффективных
технологий обработки, ведущий научный
сотрудник Центра физико-технологических
исследований, ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
m.volosova@stankin.ru

можно использованием систем диагностирования состояния технологической системы. Диагностирование в зависимости от вида обработки решает различные задачи: при черновой и полустойковой обработке диагностируются функциональные отказы, связанные с отказами инструмента из-за хрупкого разрушения и катастрофического износа. При финишной обработке деталей должна обеспечиваться параметрическая надежность ТС, а нарушения выходных параметров – показателей качества обработки должны предупреждаться в процессе обработки, а не после изготовления деталей [2].

Сегодня ведущие мировые производители уже приступают к выпуску керамических фрез для многокоординатной прецизионной обработки деталей компрессоров и турбин, использование которых в сравнении с обработкой твердосплавным инструментом позволяют до 10 раз увеличить скорость резания. Однако, несмотря на большие перспективы таких технологий до сих пор остается целый ряд проблем решить которые без использования систем диагностики не представляется возможным.

Надежность фрезерования высокотвердых материалов, закаленных сталей на станках с ЧПУ в режиме реального времени, т. е. непосредственно в процессе резания (рис. 1, а), возможно обеспечить путем использования системы мониторинга и диагностики состояния режущего инструмента, предназначенной для получения достоверной информации о текущем состоянии процесса резания и принятия на ее основе необходимых управляющих решений. Исследования критериев состояния инструмента из оксидно-



а



б

Рис. 1. Фрезерование детали из закаленной стали на станке с ЧПУ инструментом из керамики и характерный отказ (скол) инструмента в процессе обработки детали

карбидной керамики (без покрытия и с покрытиями) в условиях обработки с переменными параметрами срезаемого слоя на примере торцевого фрезерования закаленных сталей, показали, что основным критерием состояния инструмента является износ по главной задней поверхности цилиндрической части пластины [h_3], ограниченной радиусом. Наиболее адекватно критерий отказа h_3 отображается силовыми параметрами, которые используются в алгоритмах диагностирования состояния инструмента как диагностические признаки. Однако, несмотря на то, что покрытие способствует некоторому уменьшению вероятности хрупкого разрушения керамического инструмента, вероятность его отказа из-за сколов до достижения предельного значения [h_3] существенна (рис. 1, б). При этом остановка процесса резания в этих случаях приводит к браку [3] изделий и снижению эффективности обработки керамическим инструментом.

Для распознавания поломок и сколов инструмента необходимо использовать в качестве диагностического

признака состояния инструмента виброакустический (ВА) сигнал, позволяющий отслеживать поломку керамической пластины фрезы в течение времени, которое меньше, чем время одного оборота фрезы из-за мгновенно локального изменения АЧХ ВА сигнала в момент поломки пластины. Это показано в ряде исследований, проведенных авторами работы, показывающих изменения параметров ВА сигнала в зависимости от состояний режущих пластин [4, 5]. Использование силовых параметров для распознавания поломок режущих пластин менее оправдано, так как этот способ характеризуется большей инерционностью, вследствие того, что диагностический параметр подвергается математической обработке за один период его изменения.

Для практической реализации принципов автоматизированного мониторинга и диагностики при обработке деталей из закаленных и труднообрабатываемых материалов режущим инструментом из керамики в МГТУ «СТАНКИН» на базе фрезерного 3-координатного станка DMG 635V Ecoline (рис. 2) был реализован многофункциональный информационно-измерительный диагностический комплекс, схема которого представлена на рис. 3.

Основой созданной системы является диагностический модуль VCM DAQ Unit – микропроцессорное

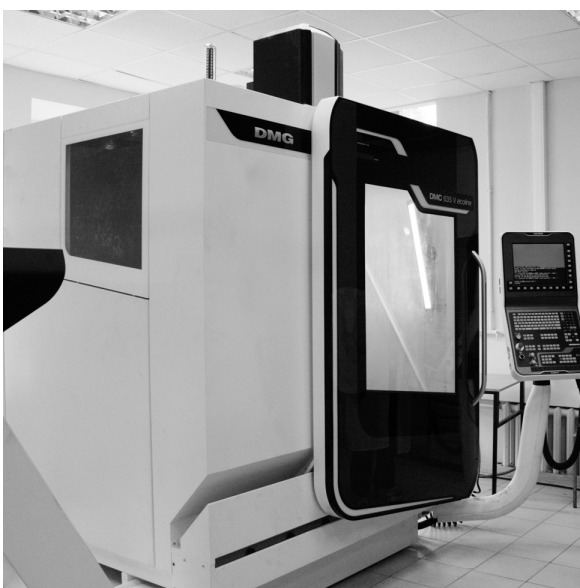


Рис. 2. Общий вид 3-координатного обрабатывающего центра, на базе которого реализована автоматизированная система мониторинга и диагностики

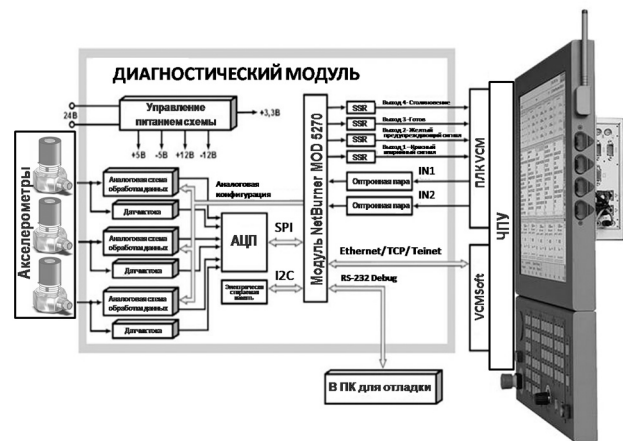


Рис. 3. Схема информационно-измерительного диагностического комплекса

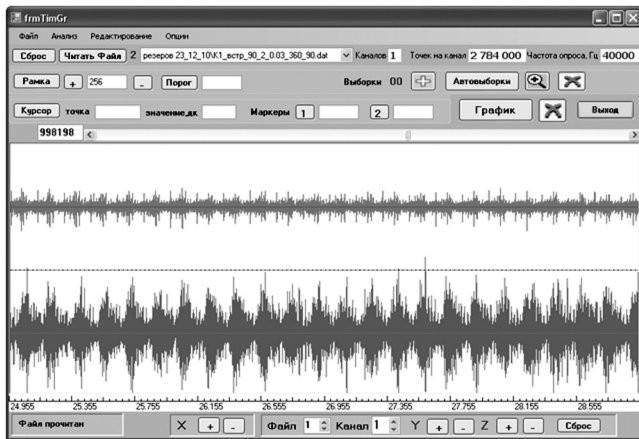


Рис. 4. Пример записи вибраций при встречном фрезеровании заточенной (верхний график) и изношенной (нижний график) фрезями, оснащенными керамическими пластинами

устройство, работающее в режиме «реального» времени, которое способно производить анализ параметров вибрации с целью предупреждения либо предотвращения внезапного отказа режущего инструмента и брака обрабатываемых деталей. Система спроектирована таким образом, чтобы предоставить возможность оператору на основании анализа картины вибрации станка распознать возможные проблемы и своевременно принять необходимые предупредительные меры.

На рис. 4 показан пример записи ВА сигнала при встречном фрезеровании острозаточенным керамическим инструментом и фрезой, у которой износ зубьев по задней грани составлял в среднем около 0,2 мм. Из записей видно, что вибросигнал модулируется оборотами фрезы, что при работе изношенной фрезой сигнал заметно вырос и является чрезвычайно информативный диагностическим признаком.

Чрезвычайно важной и нетривиальной задачей является встраивание в систему ЧПУ системы диагностирования керамического инструмента для автоматизированного мониторинга, диагностики и своевременного принятия решения о необходимости замены инструмента. Наиболее оптимальным является применение открытого решения, которое базируется на возможности наращивания функций информационно-измерительного диагностического комплекса без перекомпиляции ядра системы ЧПУ [6, 7].

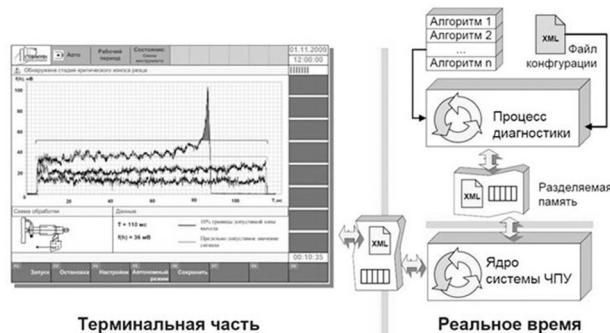


Рис. 5. Обобщенная структура подсистемы для мониторинга и контроля состояния инструмента из керамики

На рис. 5 представлена обобщенная структура подсистемы для диагностирования и контроля состояния керамического инструмента в составе системы ЧПУ. Модуль диагностики запускается в системе реального времени как отдельный процесс (процесс диагностирования), работающий параллельно с ядром. Такое решение позволяет обезопасить ядро при возникновении каких-либо ошибок при работе модуля диагностики в процессе его работы.

Автономный алгоритм диагностирования получает необходимую информацию от датчиков и выдает управляющие команды в ядро системы ЧПУ. Графическая часть модуля диагностики реализована в виде компонента, интегрируемого в интерфейс оператора. Подсистема диагностики через ядро системы ЧПУ передает данные в графический компонент, используя формат xml. Графический компонент диагностики интерпретирует данные от подсистемы диагностики и отображает их на экране в графическом и текстовом видах.

Система включает три следующих модуля:

- модуль сбора информации - отвечает за взаимодействие алгоритма диагностирования с физическими датчиками сбора информации о процессе обработки. Модуль производит конфигурирование алгоритмов работы с датчиками, считывание и интерпретацию полученной информации;
- модуль обработки информации - реализует алгоритм расчета остаточного времени работы до отказа режущего инструмента и выдает прогноз об остаточном ресурсе инструмента;
- модуль вывода - реализует передачу результатов работы диагностического алгоритма в систему управления верхнего уровня.

Разбиение на модули позволяет отделить алгоритмы диагностики от специфики общения с датчиками и способов взаимодействия с системой ЧПУ. Это делает систему диагностики гибкой и легко адаптируемой для использования различных типов датчиков и для подключения к другим системам ЧПУ.

Задача осуществления процедур связанных с мониторингом и диагностикой состояния инструмента на станках с ЧПУ может быть реализована с помощью универсального решения на базе внешнего вычисления.

Универсальность решения определяется тем, что его применение возможно для различных систем ЧПУ без изменения их архитектуры. Диагностика и контроль режущего инструмента происходит с помощью внешнего вычислителя, осуществленного на базе ПК промышленного исполнения. Для поступления управляющих сигналов в систему ЧПУ используется контроллер электроавтоматики. Система построена на прямом измерении ВА сигнала и косвенном измерении силовых параметров, по которым распознается состояние инструмента.

Эксплуатационные испытания предлагаемой системы мониторинга и диагностики состояния торцевых фрез, оснащенных пластинами из оксидно-карбидной керамики при обработке закаленных сталей типа ШХ15, показали снижение процента брака обработанных изделий с 10-15% до 2-3% и повышение

производительности резания до 21% за счет получения достоверной информации о текущем состоянии керамического инструмента и принятия на ее основе необходимых управляющих решений.

* * *

Данная работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (задание № 11.1052.2014/К).

Список использованных источников

1. Григорьев С. Н., Волосова М. А. Диагностика и контроль керамического инструмента при высокоскоростном фрезеровании закаленных сталей на станках с ЧПУ // Измерительная техника. 2015. № 7. С. 7-10.
2. Kozochkin M. P. Vibration in cutting processes // Russian Engineering Research. 2009. Т. 29. № 4. p. 428-432.
3. Volosova M. A., Gurin V. D. Influence of vacuum-plasma nitride coatings on contact processes and a mechanism of wear of working surfaces of high-speed steel cutting tool at interrupted cutting // Journal of Friction and Wear. 2013. Vol. 34 (3). p. 183-189.
4. Grigoriev S. N., Gurin V. D., Volosova M. A., Cherkasova N. Y. Development of residual cutting tool life prediction algorithm by processing on CNC machine tool // Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. 2013. Т. 44. № 9. p. 790-796.
5. Григорьев С. Н., Гурин В. Д., Черкасова Н. Ю. Повышение производительности фрезерования с помощью диагностирования состояния инструмента с учетом достоверности отображения состояния объекта по критерию его отказа // Вестник МГТУ «Станкин». 2011. № 3 (15). С. 44-48.

6. Мартинов Г. М., Нежметдинов Р. А., Никишечкин П. А. Разработка средств визуализации и отладки управляющих программ для электроавтоматики, интегрированных в систему ЧПУ // Вестник МГТУ Станкин. 2012. № 4 (23). С. 134-138.
7. Мартинов Г. М., Мартинова Л. И. Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления // Вестник МГТУ Станкин. 2014. № 1 (28). С. 92-97.

Automated monitoring and diagnostic system for the processing of critical parts in mechanical engineering ceramic cutting tool

M. A. Volosova, Ph. D. in Technics, associate professor of the department «High-performance processing technologies», leading researcher at the Centre for Physical and Technological Research, MSTU «STANKIN».

The paper describes the principles of monitoring and diagnostic system for treatment of critical parts in mechanical engineering. The system is based on an assessment of vibroacoustic signal, the tracking tool breakage and prevent the marriage of products. This vibroacoustic signal is highly sensitive to changes in the parts area. The author describes a solution that provides integration into CNC machine tool system developed system for automated monitoring, diagnostics and timely decision-making on the need to replace ceramic tools.

Keywords: monitoring system, diagnostics, vibroacoustic signals, ceramic tool, quality details.

Конкурс в рамках Европейской программы IRA-SME

Фонд содействия инновациям начинает сбор заявок на участие в конкурсе «Международные программы», который направлен на поддержку российских организаций, участвующих в выполнении инновационных проектов в рамках двусторонних и многосторонних международных программ сотрудничества, подтвержденных подписанными Фондом соглашениями и меморандумами.

Конкурс ориентирован на поддержку предприятий, выполняющих перспективные разработки и имеющих зарубежных партнеров, за счет взаимодействия с которыми возможно повысить конкурентоспособность своей продукции и коммерциализовать результаты научно-технической деятельности за счет получения доступа к передовым технологиям и экспертизе, а также возможности вывести свою (а также совместно разработанную) продукцию на зарубежные рынки:

Подпрограмма №5 «Многосторонний конкурс в рамках Европейской программы IRA-SME, партнеры по международному консорциуму – Австрия, Германия, Бельгия, Чехия, Франция (Регион Па-де-Кале);

Заявки принимаются с 12:00 (мск) 08 июля 2016 года до 12:00 (мск) 11 октября 2016 года.

Срок рассмотрения не может превышать 90 календарных дней с момента окончания срока приема заявок.

Гранты предоставляются малым инновационным предприятиям в размере не более 15 млн рублей при условии софинансирования из собственных и (или) привлеченных средств третьих лиц в размере не менее 50% от суммы гранта. Срок выполнения НИОКР – 18 или 24 месяца.

В конкурсе могут принимать участие юридические лица, соответствующие 209-ФЗ от 24.07.2007, подавшие заявки с приложением необходимых документов в информационной системе Фонда. Перечень критериев и порядок оценки представлены в Положении о программе.

Подать заявку можно через систему АС «Фонд-М» по адресу <http://online.fasie.ru>.

Полная информация о международном конкурсе: www.ira-sme.net.

Контактное лицо по конкурсу: Левченко Ольга Георгиевна levchenko@fasie.ru.