

УДК 621.9.02

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Иващенко А.П.

Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ivaschenko@kti.ru

В статье рассмотрены различные работы авторов в области лезвийной обработки режущим инструментом материалов, причем больший акцент проводился на работы, в которых было уделено внимание методам и средствам контроля состояния режущего инструмента. Установлено, что контроль состояния режущего инструмента в процессе резания наиболее целесообразно вести при обработке деталей сложной формы, а так же когда нежелательно увеличение полного цикла обработки из-за дополнительных контрольных операций. При этом контроль состояния инструмента после окончания процесса резания целесообразно осуществлять при обработке сравнительно простых деталей. В производстве, основное применение получили методы контроля по усилию резания и по потребляемому току, а также по параметрам вибраций. Причем совмещение метода контроля по усилию резания и звуковому давлению (виброакустические колебания) при оценке стойкости режущего инструмента является наиболее удобными методами контроля, которые можно применять в производстве.

Ключевые слова: размерная стойкость, твердосплавный режущий инструмент

METHODS AND RESOURCES CONTROL THE WEAR CUTTING TOOLS

Ivashchenko A.P.

Kamyshin Tecnological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: ivaschenko@kti.ru

In article various works of authors in the field of lezviyny processing by the cutting tool of materials are considered, and the bigger accent was carried out for works of from methods and resources control the wear cutting tools. It is found that the control of the cutting tool during cutting is most expedient to conduct the processing of parts of complex shape, and also when undesirably increasing the overall processing cycle due to additional control operations. At the same time control of the tool after the cutting process is advantageously carried out in the processing of relatively simple parts. In production, the main method of control is a method of cutting force and current consumption, as well as the parameters of vibration. Control method of cutting force and vibration resistance in the evaluation of the cutting tool is the most convenient method of control that can be used in production.

Keywords: dimensional passive hardness, carbide-tipped single-point the cutting tool

Размерная стойкость как параметр при резании материалов может варьироваться в достаточно больших пределах, так как на данный параметр влияют: неоднородность структуры обрабатываемого и инструментального материалов; изменение физико-механических и теплофизических свойств обрабатываемого и инструментального материалов одной марки, как внутри партии, так и между партиями одного завода-изготовителя или разных заводов; неоднородность пластической деформации обрабатываемого материала; неустойчивый характер стружкообразования (формирование различных типов стружек, образование нароста, цикличность стружкообразования); изменение сил во времени при резании материалов; нарастающий во времени износ инструмента; колебания технологической системы. Не все причины можно явно изменять в процессе резания материалов, так нельзя изменять неоднородность и пластическую деформацию обрабатываемого материала, но можно изменять силы резания, нарастающий во времени износ инструмента, вибрации с помощью варьирования режимов

резания. Дополнительно можно производить оперативный контроль физико-механических и теплофизических свойств обрабатываемого и инструментального материалов, непосредственно перед процессом резания или в процессе резания и вводить коррекцию на режим резания.

Стойкость и нарастающая величина износа режущего инструмента во времени пропорционально зависят друг от друга, причем, чем дольше во времени инструмент достигает своей критической величины износа, тем выше его стойкость. Между величиной износа и продолжительностью резания существует S-образная зависимость [6], при этом инструмент последовательно проходит стадии «переходный процесс», «нормальная работа инструмента» и «аварийный режим». Для большинства режущего инструмента потеря работоспособности (отказ) составляет из-за износа 47%, из-за поломки 21%, из-за скалывания 10%, из-за выкрашивания 22% [12, 13]. Затраты времени на выявление и ликвидацию отказов режущего инструмента составляют в среднем 10% общего

времени работы станочного оборудования. Инструмент может быть заменен в связи с внезапным отказом, постепенным отказом или исчерпанием своей стойкости, при этом в качестве контролируемого параметра рассматривается в основном износ инструмента [4, 9, 12].

Контролирование величины износа режущего инструмента можно осуществлять различными методами и средствами в процессе резания материалов: с помощью измерения сил резания, момента на шпинделе, тока или мощности двигателя главного привода [4, 9, 12, 17], путем пробного резания [11], вибродиагностики с использованием акселерометров [9, 12], методом акустической эмиссии [10], путем определения температуры резания с помощью ЭДС и пирометров [1], измерением температуры стружки, спектральным анализом силы резания [4], с использованием механических, оптических, индуктивных и др. датчиков [9, 15, 16, 17].

Широкое применение для контролирования состояния режущего инструмента нашли датчики касания [14], позволяющие измерять контролируемые размеры после окончания процесса резания с высокой точностью. При этом датчики касания размещаются непосредственно на станке и, в период измерительного цикла, станок работает в режиме координатно-измерительной машины.

Применяются и бесконтактные способы контролирования состояния режущего инструмента после окончания процесса резания, базирующиеся на использовании оптоэлектронных и пневматических датчиков вместо механических щупов. Используются датчики, с помощью которых по степени шероховатости обработанной можно судить об износе режущей кромки инструмента при точении [9, 12].

Изнашивание режущего инструмента является процессом средней скорости и по мере его развития, как в зоне резания, так и в динамической системе станка происходят сложные процессы, поэтому большой интерес представляют методы оценки величины износа инструмента, основанные на анализе вибраций, возникающих в упругой системе резец-деталь в процессе резания [4, 9, 12]. При этом следует отметить два метода: виброакустический и акустический. Основным достоинством применения указанных методов является простотастройки датчиков в станок практически без изменения его конструкции, информативность сигналов, отработанность основных элементов аппаратуры обработки сигналов.

Из многообразия процессов, влияющих на виброакустический сигнал, можно вы-

делить один или несколько основных, которые определяют характер изменения его параметров с ростом износа инструмента для конкретного вида обработки. Так, например, с ростом износа режущего инструмента при точении изменяются динамическая характеристика процесса резания и интенсивность взаимодействия микронеровностей на контактирующих поверхностях режущего инструмента и заготовки. Эти два процесса и определяют изменение параметров виброакустического сигнала при токарной обработке. При использовании данного метода виброакустический сигнал анализируется в диапазоне частот от 2 до 45 кГц [5].

Выполнение в СГТУ исследования по контролю над состоянием инструмента рядом известных методов (силовой, ЭДС резания, виброакустический, акустическая эмиссия) показали, что для производственных условий наиболее пригодными методами по простоте реализации могут быть акустические методы [3]. Однако они имеют ряд недостатков, поэтому широкое применение получили методы обработки сигналов с вибродатчиков с целью выделения информации о величине износа инструмента в узкополосной фильтрации спектра случайного процесса, образованного при резании материалов [10].

В источнике [2] рассмотрены методы прогнозирования стойкости металлорежущего инструмента, основанные на использовании параметров, характеризующих материал режущего инструмента, которые базируются на различии численных значений характеристик физико-химических свойств инструментального материала в зависимости от колебаний его состава, структуры и параметров процесса изготовления. Эти методы позволяют получить информацию, необходимую для прогнозирования стойкости инструмента вне процесса резания, например на стадии изготовления режущего инструмента. В качестве перспективного метода прогнозирования предлагается использовать методы, основанные на регистрации теплофизических свойств инструментального материала.

В источнике [8] изложена методология диагностики технологического оборудования на основе фрактального и вейвлет-анализа виброакустического сигнала с использованием искусственного интеллекта в режиме реального времени. Показана возможность управления динамическим технологическими системами и износом инструмента при удаленном доступе. Разработанное программное обеспечение интеллектуальной диагностики, установленное на вычислительной станции, реализует удален-

ное управление и контроль над оборудованием посредством сетей Wi-Fi, планшетных ПК и специального пакета программного обеспечения. Доступ к управлению осуществляется в соответствии с правами, определенными производственной системой предприятия.

В работе [7] проведенный анализ результатов работ отечественных и зарубежных ученых показал, что интегральной оценкой работоспособности инструмента могут служить модели, отражающие способность инструмента противостоять одновременному воздействию сил и температур в зоне резания. Определение составляющих силы резания и температур на поверхностях контакта инструмента с заготовкой для оценки износостойкости режущего инструмента в зависимости от режимов резания является необходимым условием при решении ряда задачи технологической подготовки производства: проектирование или выбор средств технологического оснащения, расчет физических параметров качества обрабатываемых поверхностей, оценка эффективности технологических свойств СОТС, покрытий на рабочих поверхностях режущего инструмента и т.д. В работе [7] установлена и экспериментально обоснованная зависимость стойкости режущего инструмента от действующих на контактных поверхностях режущего инструмента сил и температур при заданном критерии износа инструмента для пары «инструментальный – обрабатываемый материал», что дает возможность рассчитать геометрию режущего инструмента и режимы резания для условий токарной обработ-

ки титановых и никелевых сплавов с учетом критериев себестоимости, производительности и качества обработанной поверхности без дополнительных экспериментальных исследований.

Можно сделать вывод, что использование методов контроля величины износа инструмента с помощью вибродатчиков в процессе резания материалов имеет ряд преимуществ по сравнению с методами контроля с помощью датчиков касания после окончания процесса резания. Явные преимущества методов контроля величины износа инструмента с помощью вибродатчиков в процессе резания: оперативность контроля, уменьшение полного цикла обработки деталей, учет случайных факторов. Однако контроль величины износа и инструмента с помощью датчиков касания после окончания процесса резания касания имеет достаточно высокую надежность, при этом аппаратура контроля может быть размещена таким образом, что на нее не будут оказывать вредное влияние различные факторы, присущие процессу обработки.

Контроль состояния режущего инструмента в процессе резания наиболее целесообразно вести при обработке деталей сложной формы, а так же когда нежелательно увеличение полного цикла обработки из-за дополнительных контрольных операций. При этом контроль состояния инструмента после окончания процесса резания целесообразно осуществлять при обработке сравнительно простых деталей.

В таблице приведены распространенные методы контроля состояния инструмента.

Методы контроля состояния режущего инструмента

Внеоперационные		Оперативные	
Принцип измерения	Применение	Принцип измерения	Применение
Контактный с помощью датчиков касания (геометрические параметры инструмента или детали)	Промышленное	Силовой – по потребляемому току двигателя шпинделя (пропорционален крутящему моменту или мощности двигателя), – по усилию резания (деформации в опорах ходовых винтов, опорах шпинделя, резцовых головках)	Промышленное
Оптоэлектронный (контроль резца оптическими или телевизионными средствами, приборами с зарядовой связью)	Лабораторное	– по усилию резания (силы резания) и звуковому давлению (виброакустические колебания), которые изменяются при достижении предельного износа режущего инструмента	
Пневматический	– // –	Ультразвуковой	Лабораторное
Радиоизотопный (контроль радиоактивности стружки и резца)	– // –	По ЭДС резания	– // –
		По сопротивлению контакта резец-деталь	– // –
По шероховатости поверхности детали	– // –	По температуре резания	– // –
		По анализу колебаний технологической системы (виброакустические колебания и акустическая эмиссия)	Промышленное

Обзор методов контроля состояния инструмента показывает, что нарушение нормального состояния инструмента удовлетворительно коррелирует с величинами сил и параметрами вибраций, измеренными в ходе резания. Хотя в последние годы предлагаются разнообразные методы контроля состояния инструмента, но в производстве, основное применение получили методы контроля по усилию резания и по потребляемому току, а также по параметрам вибраций. Следовательно, совмещение метода контроля по усилию резания и звуковому давлению (виброакустические колебания) при оценке стойкости режущего инструмента является наиболее удобными методами контроля, которые можно применять в производстве.

Список литературы

1. Автоматизированный контроль износа режущего инструмента по температуре резания // Режущие инструменты: Экспертс-информация. Зарубежный опыт. – М.: ВНИИТЭМР, 1985. – С. 4–9.
2. Бибик В.Л. Методы прогнозирования стойкости режущих инструментов // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12–1. – С. 81–84.
3. URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=7981421 (дата обращения: 19.09.2015).
4. Бондарев В.В. Разработка средств диагностирования токарного модуля / В.В. Бондарев, В.А. Добряков, А.А. Игнатъев и др. // Микропроцессорная техника, техническая диагностика и структура систем управления. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1987. – С. 86–90.
5. Бржозовский Б.М. Диагностика автоматических станочных модулей / Б.М. Бржозовский, В.В. Бондарев, А.А. Игнатъев, и др.; Под ред. Б.М. Бржозовского. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1987. – 157 с.
6. Бржозовский Б.М. Точность и надежность автоматизированных прецизионных металлорежущих станков. Ч. I / Б.М. Бржозовский, В.А. Добряков, А.А. Игнатъев, В.В. Мартынов; Саратов: Саратов. политехн. ин-т, 1992. – 160 с.
7. Грановский Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский // учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
8. Горелов В.А. Разработка методов и средств эффективного выбора режимов резания труднообрабатываемых материалов на основе термосиловых характеристик процессов: Автореф. дис. докт. техн. Наук. – Москва, 2007. – 47 с.
9. Кабалдин Ю.Г. Диагностика износа режущего инструмента на основе фрактального и вейвлет-анализа с использованием искусственного интеллекта в режиме реального времени с возможностью удаленного доступа / Ю.Г. Кабалдин, И.Л. Лаптев, Д.А. Шатагин, В.О. Зотов, С.В. Серый // Машиностроение и автоматизация. Труды нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 5(102). – С. 183–189.
10. Кибальченко А.В. Контроль состояния режущего инструмента: Обзорная информация. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 44 с.
11. Кибальченко А.В. Применение метода акустической эмиссии в условиях ГПС: Обзорная информация. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 56 с.
12. Коваль М.И. Специальные характеристики и функции систем автоматического управления тяжелых и уникальных станков // Станки и инструмент. – 1985. – № 1. – С. 16–20.
13. Палей С.М. Контроль состояния режущего инструмента на станках с ЧПУ: Обзор / С.М. Палей, С.В. Васильев. – М.: НИИмаш, 1983. – 52 с.
14. Палей С.М. Состояние и тенденции развития способов прогнозирования периода стойкости лезвийного режущего инструмента: Обзорная информация. – М.: ВНИИТЭМР, 1985. – 44 с.
15. Kinnander A. Machining Reliability in NC-Turning / A. Kinnander, G. Sohlenins // Annals of the CIRP, 1979. v. 28. № 1. – P. 263–265.
16. Lee L.C. A Study of Noise Emission for Tool Failure Prediction // Int. J. Mach. Res., 1986. v. 26. № 2. – P. 205–206.
17. Moriwaki T. Seinsing and Prediction of Cutting Tool Failure // Bull. Jap. Soc. Precis. Eng., 1984. v. 18. № 2. – P. 90–96.
18. Suchil K. Birla Sensors for adaptive control and machine diagnostics // Technology of machine tools, 1980. v. 10. № 4. – P. 7.12-1. – 7.12-70.