

Анализируя графические отображения, можно отметить, что на характер деструктивных процессов микроорганизмов в большей степени оказывает влияние содержание ускорителя твердения. Области оптимальных значений долговечности найдены в средней зоне факторного пространства со смещением в сторону снижения содержания компонента УНК-2.

Список литературы

1. Бобрышев А. Н., Ерофеев В. Т., Козомазов В. Н. Физика и синергетика дисперсно-неупорядоченных конденсированных композитных систем. СПб. : Наука, 2012. 476 с.
2. Ерофеев В. Т., Мищенко Н. И., Селяев В. П., Соломатов В. И. Каркасные строительные композиты : 2 ч. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1995. 200 с.
3. Оптимизация составов биостойких эпоксидных композитов, отверждаемых аминофенольным отвердителем / В. Т. Ерофеев, А. В. Лазарев, А. Д. Богатов, С. В. Казначеев [и др.] // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013 № 4 (26). С. 218–227.
4. Исследование биологической стойкости эпоксидных покрытий / С. Н. Богатова, А. Д. Богатов, В. Т. Ерофеев и др. // Лакокрасочные материалы и их применение 2011. № 3. С. 42–45.
5. Бобрышев А. Н., Ерофеев В. Т., Козомазов В. Н. Полимерные композиционные материалы. Саранск, 2013.
6. Бажанова М. Е., Ерофеев В. Т., Бобрышев А. Н. Исследование стойкости полимерных и металлополимерных трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Известия Юго-западного государственного университета. 2011. № 5-2 (38). С. 415–421.
7. Оптимизация содержания компонентов винилэфирных композитов / В. Т. Ерофеев, Е. В. Волгина, С. В. Казначеев [и др.] // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 22–31.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗОНЫ РЕЗАНИЯ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ

А. В. Николаев

Уфимский государственный авиационный технический университет

Известные методы контроля стойкости режущих инструментов при механической обработке металлов позволяют с достаточной точностью контролировать остаточное время работы инструмента. Однако большинство из них основано на электропроводимости детали, что ограничивает их применимость к композиционным материалам. В связи с этим в работе рассматривается обобщенная структура информационно-измерительной и управляющей системы контроля стойкости режущего инструмента для станков с числовым программным управлением (ЧПУ) на основе метода газового анализа вблизи зоны резания. Результатом работы является нейросетевая модель, которая может быть использована в качестве эталонной при создании информационно-измерительной и управляющей системы кон-

троля стойкости режущего инструмента для станков с ЧПУ. Разработанное программное обеспечение может быть использовано для косвенной идентификации состояния режущего инструмента при функционировании автоматической системы управления технологическим процессом механической обработки углеродсодержащих материалов.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, механическая обработка, концентрация газов в зоне резания, композиционный материал, углеродсодержащий материал, оксид углерода, газоанализатор, нейронная сеть.

AUTOMATED SYSTEM OF MONITORING AND DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE CUTTING ZONE OF CARBON-CONTAINING ALLOYS

A. V. Nikolaev

Ufa State Aviation Technical University

Known methods of controlling the durability of cutting tools with mechanical processing of metals allow with sufficient accuracy to control the residual time of the operation. However, most of them based in the electrical conductivity of the part, which limits their applicability to composite materials. In this regard, the paper discusses a generalized structure of information-measuring and control system monitoring tool for machine tools with computer numerical control (CNC) based on the method of gas analysis close to the cutting zone. The results of this work is neural network model that can be used as a reference for the creation of information-measuring and control system of stability of cutting tools for CNC machines. Time raboutno software can be used for indirect identification of cutting tool condition during the operation of auto-MATIC control system of technological process of mechanical processing of carbonaceous materials.

Keywords: information-measuring system, machining, gas concentration in the cutting zone, composite material, carbon-containing material, carbon monoxide, gas detector, neural network.

Введение

Процесс обработки деталей резанием имеет большое преимущество перед другими методами формообразования, так как обеспечивает высокую точность, универсальность, гибкость. Однако данный процесс не всегда бывает экономически эффективным, так как на него оказывают влияние многие факторы, большинство из которых напрямую влияет на производительность обработки.

Наряду с металлами широкую сферу применения в промышленности получили композиционные материалы углепластики, в них в качестве матрицы используется углеродное волокно, а наполнителями являются термореактивные полимерные смолы. Для таких материалов механическая обработка является окончательным методом формообразования поверхности изделия. Точность обработанного изделия и качество поверхностного слоя определяют работу в широком диапазоне технологических режимов [1, 2].

Большое количество работ российских и зарубежных ученых посвящены диагностированию зоны резания металлов, однако адаптация многих методов применительно к зоне резания композиционных материалов невозможна в связи с тем, что: условия деформирования и разрушения срезаемого слоя весьма специфичны; композиционные материалы неоднородны; наличие в них не токопроводящих материалов не позволяет воспользоваться методом переменной термоЭДС.

Поэтому актуальным является создание систем диагностирования процессов, происходящих в зоне резания, для автоматизации контроля обработки материалов углепластики. Такая система позволит избежать катастрофического износа отдельных элементов технологической системы, отказов режущих инструментов, распространения высоких температур в зоне резания и во всей технологической системе, снижения надежности работы оборудования в целом.

Огромное количество разнообразных моделей металлорежущих станков указывает на целесообразность использования бесконтактных способов контроля, позволяя тем самым осуществлять оперативную установку и настройку информационно-измерительной системы.

В качестве метода контроля износа инструмента предлагается использовать метод газового анализа. В процессе механической обработки углеродсодержащих материалов (стали, композиты, углепластики и т. д.) под действием сил резания происходит деформация и разрушение кристаллической решетки, которая сопровождается выделением большого количества тепла. Под действием высоких температур на поверхностях инструмента, детали и стружки протекают химические реакции. Результатом реакции является образование таких газов, как оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO₂), углеводороды (CH) и другие[3–6].

Цель данного исследования: повышение эффективности механической обработки с помощью разработанной информационно-измерительной и управляющей системы, на основе анализа регистрируемой информации о концентрации газов, образованных в зоне резания.

Разработка конструктивной схемы узла получения первичной информации о техническом состоянии зоны резания углеродсодержащих сплавов

Для разработки конструкции газозаборного зонда проведен анализ закономерностей формообразования и направления потока газов, исходящих при механической обработке. В процессе механической обработки углеродсодержащих материалов выделяется поток газов, двигающихся по сложной геометрической траектории, меняющейся с изменением условий резания.

Экспериментальные исследования формообразования потока газов проводились при фрезеровании стали 45 концевой фрезой $\varnothing 8$ мм. С

целью визуализации потоков газов на обрабатываемую поверхность был нанесен глицерин. Разработан зонд для забора газовой смеси и схема размещения зонда для станков с вертикальным и горизонтальным расположением шпинделя.

Схема управления узлом получения первичной информации о техническом состоянии зоны резания углеродосодержащих сплавов разработана с помощью программного комплекса TRACE MODE [7]. Эта схема узла позволяет проводить отбор и подготовку смеси газов для ее дальнейшего анализа, а универсальность схемы позволяет ее использовать для различных видов механической обработки углеродсодержащих материалов.

Разработка функциональной схемы информационно-измерительной системы бесконтактного контроля технического состояния зоны резания при механической обработке

Принцип действия информационно-измерительной системы бесконтактного контроля технического состояния зоны резания при механической обработке углеродсодержащих материалов основан на взаимодействии двух эффектов: акустооптического и молекулярного абсорбционного.

Молекулярная абсорбционная спектроскопия относится к оптическим методам анализа. Метод основан на способности вещества поглощать электромагнитное излучение оптического диапазона. В основе данного метода лежит избирательное поглощение света частицами (молекулами или ионами) вещества в растворе, при некоторых длинах волн светопоглощение происходит интенсивно, а при некоторых свет не поглощается или поглощается незначительно.

С помощью абсорбционного анализа можно одновременно определять концентрацию нескольких веществ в растворе при условии, что спектры их поглощения различаются по форме. Если компоненты смеси не взаимодействуют между собой, то измеряемая оптическая плотность будет представлять сумму оптических плотностей компонентов. Качественный спектрофотометрический анализ основан на том, что каждое соединение имеет характерный для него спектр поглощения. Положение и интенсивность полос поглощения вещества определяются содержащимися в нем хромофорными группами. С помощью таких приборов можно зарегистрировать спектр излучения или спектр поглощения исследуемой пробы.

Для построения монохроматора интерес представляет акустооптический эффект, на основе которого работает акустооптический переключаемый фильтр, являющийся ключевым элементом реализуемого механизма мультиспектральной сепарации, позволяющий выделять из широкого спектрального диапазона узкой линии, длина волны

которой изменяется в соответствии с электронным управляющим сигналом. Достоинствами акустооптических перестраиваемых фильтров является: быстрая перестройка вплоть до десятков микросекунд, что позволяет анализировать быстроизменяющиеся по спектру объекты и процессы; высокое число спектральных каналов (до 10 000).

Акустооптический эффект заключается в том, что оптические характеристики среды изменяются пропорционально механическим деформациям. При невысоких интенсивностях звука изменение оптических характеристик происходит пропорционально деформации среды. Под действием механических деформаций, переносимых звуковой волной, возникает пространственная модуляция оптических свойств среды, которые меняются во времени с частотой звуковой волны, т.е. значительно медленнее и по сравнению с периодом электромагнитных колебаний в световой волне, и по сравнению со временем прохождения светового луча через звуковой пучок.

Физическая картина дифракции света на упругой волне может быть описана следующим образом. Распространение акустической волны в упругооптической среде сопровождается появлением в этой среде бегущей периодической последовательности изменений показателя преломления. Если период этой последовательности меньше ширины светового пучка, то в среде происходит дифракция света на бегущей со скоростью звука фазовой дифракционной решетке. Характер этой дифракции существенно зависит от длины области взаимодействия света и звука l . При достаточно малом l дифракционная решетка может рассматриваться как плоская. В этом случае направления на дифракционные максимумы определяются как в обычной плоской дифракционной решетке.

Автором разработана функциональная схема информационно-измерительной системы контроля температуры в зоне резания при механической обработке и алгоритм управления системой мониторинга и диагностирования технического состояния зоны резания углеродосодержащих сплавов методом газового анализа.

Разработка и исследование математической модели с использованием нейронных сетей, отражающая зависимость концентрации газов, образующихся в зоне резания, от параметров технологического процесса

В основе предложенной системы управления лежит нейросетевая модель объекта управления [9, 10]. В данном случае нет необходимости в создании сложной модели, в которой имеется структурное соответствие, достаточно лишь, что бы моделировалось поведение. Поэтому в качестве метода моделирования выбран метод нейросетевого моделирования.

Первым этапом в создании нейросетевой модели является сбор и подготовка исходных данных. Сбор исходных данных был произведен в результате проведения эксперимента с реальной системой. В качестве металлорежущего оборудования выбран вертикально-сверлильный станок модели 2Н135. Обработка материала производилась сверлом диаметром 6 мм, материал режущей части Р6М5К5 (HSS Co 5 %), период стойкости инструмента, заявленный производителем, $T = 25$ мин. Регистрация изменения концентрации газа вблизи зоны резания проводилась с помощью переносного мультигазового газосигнализатора серии ИГС-98 «КОМЕТА-М». Эксперимент проводился на двух заготовках сталь 45 и композитный материал.

Так как на процесс обработки резанием влияет большое количество входных параметров, было проведено ранжирование, выделены наиболее значимые факторы (подача, скорость резания и период стойкости инструмента).

Перед началом обучения нейронной сети необходимо выполнить масштабирование данных в диапазоне $[0;1]$. Нормирование данных влияет на процесс обучения нейронной сети и качество синтезированной модели. В результате обучения коэффициент корреляции составил $R^2 = 0,959$, показывая тем самым, что полученная нейросетевая модель зависимости концентрации оксида углерода от режимов обработки углеродсодержащих материалов, адекватно аппроксимирует поведение объекта управления. Это позволяет использовать полученную модель в системе управления процессом механической обработки углеродсодержащих материалов.

Заключение

Разработана и исследована информационная автоматизированная система мониторинга и диагностирования технического состояния зоны резания углеродсодержащих сплавов на основе анализа регистрируемой информации о концентрации газов в зоне резания. Методика газового анализа основана на заборе и определении концентрации одного или нескольких газов воздушной среды в зоне обработки. Определение газов возможно при любых технологических процессах, связанных с воздействием на углеродсодержащий материал высокой температуры.

Разработанная схема узла для получения первичной информации о техническом состоянии зоны резания углеродсодержащих сплавов позволяет проводить отбор и подготовку смеси газов для ее дальнейшего анализа, а универсальность схемы позволяет ее использовать для различных видов механической обработки углеродсодержащих материалов.

В основе предложенной системы управления лежит нейросетевая модель объекта управления. Полученная нейросетевая модель зависимости концентрации оксида углерода от режимов обработки углеродсодержащих материалов, адекватно аппроксимирует поведение объекта управления. Это позволяет использовать полученную модель в системе управления процессом механической обработки углеродсодержащих материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-50122 мол_нр.

Список литературы

1. Петров В. М. Модель разрушения композиционных углепластиков при обработке лезвийным инструментом // Инструмент и технологии. 2002. № 9–10. С. 23–30.
2. Белецкий Е. Н., Петров В. М., Сойту Н. Ю. Особенности процесса резания композиционных углепластиков лезвийным инструментом без охлаждения и с модифицированными смазочно-охлаждающими технологическими средами // Вестник Саратовского гос. техн. университета. 2009. Т. 3. № 1 (40). С. 42–46.
3. Швецов И. В. Диагностирование состояния режущего инструмента на основе газоаналитического отображения процессов механической обработки : дис. ... д-ра техн. наук. Великий Новгород, 2004. 365 с.
4. Никуленков О. В. Повышение эффективности строгальных операций при обработке крупногабаритных деталей на основе оценки состояния газовой среды в зоне резания : дис. ... канд. техн. наук. Великий Новгород, 2005. 146 с.
5. Афанасьев К. В. Диагностирование зоны резания методами бесконтактного контроля при сверлении углеродсодержащих сплавов : дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 183 с.
6. Швецов И. В., Тимофеев В. В. Режущие инструменты и устройства для контроля процесса резания // Инструменты. 1996. № 2. С. 24–25.
7. AdAstra Research Group, Ltd Руководство пользователя TRACE MODE 6. Т. 1. М., 2006. 589 с.
8. Медведев В. С., Потемкин В. Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / под общ. ред. В. Г. Потемкина. М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 496 с.
9. Николаев А. В., Ураксеев М. А., Петрова И. Ю. Нейросетевое моделирование зависимости концентрации оксида углерода от режимов обработки углеродсодержащих материалов // Успехи современной науки : международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12 (в печати).
10. Программа нейросетевого моделирования зависимости концентрации оксида углерода от режимов обработки углеродсодержащих материалов : свид. об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2016617847 от 14.07.2016 / А. В. Николаев.

МОДУЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ МАНЕВРОВ

Ю. А. Веселова

Астраханский государственный технический университет

Одним из маневров при движении транспортного средства является обгон. Обгоны вызваны желанием водителей двигаться без потерь времени. Трудность правильного выполнения водителем обгона автомобиля в сочетании с его высокой