

## **Проектування прогресивних конструкцій різальних інструментів та технологічного оснащення**

УДК 621.9.01

### **ФОРМИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ**

**Деревянченко А.Г., Фомин А.А., Криницын Д.А., Бовнегра Л.В.**  
(ОНПУ, г. Одесса, Украина)

#### **Введение**

В условиях современных интегрированных производств гибкие производственные модули (ГПМ) работают при ограниченном участии операторов. Нормальное функционирование ГПМ и его основных узлов обеспечивают соответствующие автоматизированные или автоматические системы поддержания работоспособности (СПР) [1]. Режущие инструменты в структуре ГПМ относятся к объектам повышенного контроля, так как вследствие интенсивного изнашивания они быстро теряют работоспособность и переходят в состояние отказа. В современной литературе отсутствует информация о подходе к формированию диагностической информации для многоуровневого диагностирования состояния режущей части.

Целью статьи является изложение подхода к формированию диагностической информации в виде набора образов режущей части инструментов.

#### **Основная часть**

Система поддержания работоспособности должна своевременно выявлять дефекты режущей части инструмента, распознавать их вид, то есть принадлежность к одному из классов, идентифицировать соответствующую модель отказа режущего инструмента и прогнозировать его остаточный ресурс. Кроме того, система должна формировать соответствующие управляющие воздействия на технологическую систему ГПМ [1]. Система поддержания работоспособности инструмента включает ряд подсистем нижнего уровня – подсистему прямого, косвенного или комбинированного контроля состояния режущего инструмента. С этой целью, например, используются системы технического зрения с формированием цифровых изображений зон износа режущего инструмента, системы диагностирования, которые обеспечивает распознавание текущего состояния режущего инструмента, и выполняют прогнозирование остаточного ресурса режущего инструмента на основании оценки последовательности его состояний, и другие системы.

Качество функционирования систем поддержания работоспособности инструмента в значительной степени определяется качеством диагностирования состояний инструментов, которое зависит от качества соответствующей диагностической информации.

Образ режущей части формируется в результате контроля инструмента с использованием контактных, оптических и других датчиков. Он представляет собой информационный набор – совокупность первичного ( $O_1^L$ ) и вторичного ( $O_2^L$ ) образов контрольной точки (элемента структуры режущей части) инструмента, соответствующий вектор признаков состояний режущей части инструмента ( $x^L$ ). В результате вы-

полнения процедуры распознавания образу режущей части ставится в соответствие класс состояний ( $C^L, C^{A_2^T}, \dots$ ).

Под многоуровневым диагностированием режущего инструмента, в широком смысле, понимаем процесс принятия решения о работоспособности режущей части по результатам последовательного или параллельного распознавания состояний нескольких элементов и (или) процессов системы резания. В узком смысле, понимаем процесс принятия решения о работоспособности инструмента по результатам последовательного, поуровневого распознавания состояний одной или нескольких изношенных поверхностей режущей части инструмента. Распознавание выполняется от уровня макродефектов, когда оценивается форма зоны износа в целом, до уровня дефектов и микродефектов, когда распознаются текстурные составляющие контактной поверхности, обусловленные кинематикой процесса резания и физическими особенностями процесса изнашивания.

Исследования показали, что множество вариантов многоуровневого диагностирования состояний режущей части инструмента может быть представлено в виде структуры, приведенной на рис. 1.



Рис. 1. Структура вариантов процессов многоуровневого диагностирования состояний режущей части инструмента

Каждому из вариантов многоуровневого диагностирования присвоен цифровой код. Для режущих инструментов, используемых при чистовой и прецизионной обработке, особый интерес представляет схема диагностирования МД – 2 и ее варианты МД – 2.1, МД – 2.2 (см. рис.1).

Рассмотрим вариант МД – 2.1 для случая, когда первичная диагностическая информация формируется с использованием системы технического зрения по схеме, представленной на рис. 2.

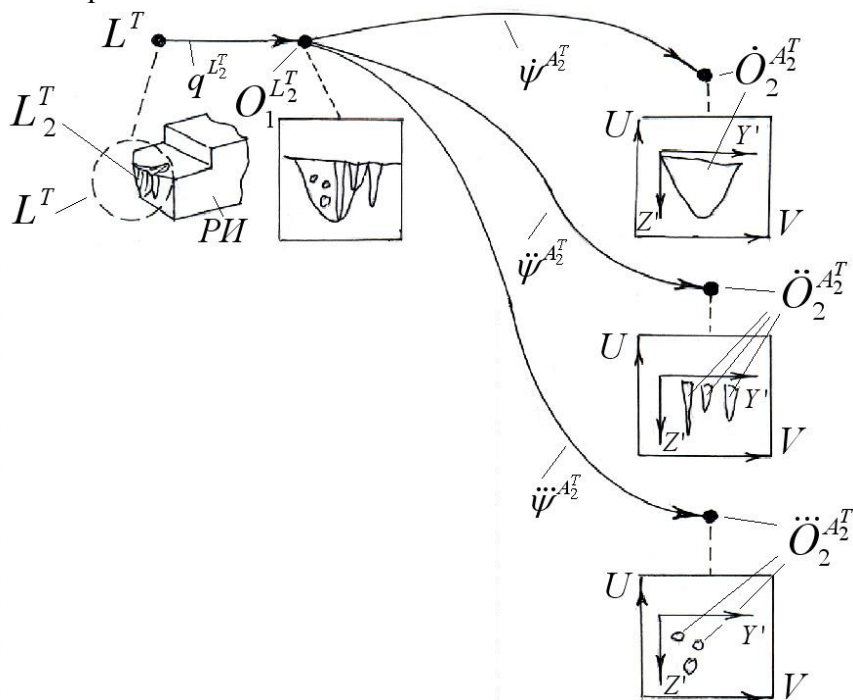


Рис. 2. Схема формирования многоуровневого набора вторичных образов режущей части РИ (на примере зоны  $A_2^T$ )

$q^{L_2^T}$  – процесс формирования первичного обобщенного образа  $A_2^T$ ;

$\dot{\psi}^{A_2^T}$ ;  $\ddot{\psi}^{A_2^T}$ ;  $\ddot{\psi}^{A_2^T}$  – процессы формирования уровневых вторичных образов  $A_2^T$ ;

$UV$  – система координат вторичного образа зоны  $A_2^T$  – уровневого цифрового изображения;

$YZ'$  – текущая система координат проекции зоны задней поверхности  $A_2^T$  на рабочую плоскость

Отображение дефектов всех уровней, присутствующих на контактной поверхности, происходит одновременно в течении одной операции контроля режущей части инструмента, если регистрация первичного образа режущей части выполняется телекамерой с высокой разрешающей способностью (размер матрицы – не менее 512 x 512). Разрешение телекамеры должно обеспечить выявление микродефектов изношенной поверхности.

В общем виде, операция формирования первичного образа (проекция  $L_2^T$  на рабочую плоскость (см. рис. 2)) можно представить в виде отображения:

$$L^T : q^{L_2^T} \rightarrow O_1^{L_2^T}. \quad (1)$$

Первичный образ (цифровое изображение)  $O_1^{L_2^T}$  содержит информативную часть, отображающую текущее состояние изношенной задней поверхности ( $O_1^{A_2^T}$ ), неинформативные элементы (изображение неизношенных участков задней поверхности -  $O_1^{N_2^T}$ , фон -  $F$ ) и помехи ( $\Delta$ ):

$$O_1^{L_2^T} = \{O_1^{A_2^T}, O_1^{N_2^T}, F, \Delta\}. \quad (2)$$

Поэтому на первом этапе обработки  $O_1^{L_2^T}$  производится фильтрация изображения, когда происходит удаление помех  $\Delta$ . На цифровом изображении (матрице) каждый элемент (пиксель) определен в системе координат  $UV$ .

Затем выполняется поуровневое формирование вторичных образов зоны износа – выделение контуров зон макродефекта ( $\dot{O}_2^{A_2^T}$ ), дефектов ( $\ddot{O}_2^{A_2^T}$ ) и микродефектов ( $\ddot{\ddot{O}}_2^{A_2^T}$ );

$$\dot{\psi}^{A_2^T} : O_1^{L_2^T} \rightarrow \dot{O}_2^{A_2^T}; \quad (3)$$

$$\ddot{\psi}^{A_2^T} : O_1^{L_2^T} \rightarrow \ddot{O}_2^{A_2^T}; \quad (4)$$

$$\ddot{\ddot{\psi}}^{A_2^T} : O_1^{L_2^T} \rightarrow \ddot{\ddot{O}}_2^{A_2^T}. \quad (5)$$

Содержанием образов, формируемых операциями (3) – (5), являются контуры дефектов соответствующих уровней:

$$\dot{O}_2^{A_2^T} \equiv k^{A_2^T}; \quad (6)$$

$$\ddot{O}_2^{A_2^T} = \left\{ k^{Kn_1^T}, k^{Kn_2^T}, \dots, k^{Kn_m^T} \right\}; \quad (7)$$

$$\ddot{\ddot{O}}_2^{A_2^T} = \left\{ k^{Vr_1^T}, k^{Vr_1^T}, \dots, k^{Vr_n^T}, k^{Sr_1^T}, k^{Sr_1^T}, \dots, k^{Sr_n^T} \right\}. \quad (8)$$

В результате урвневой обработки контуров формируются соответствующие наборы признаков: координаты центра тяжести контура в системе  $UV$ , моменты инерции, угол наклона осей контура относительно системы  $UV$ , площадь, периметр, линейные размеры, кривизна контура и др.

После отбора наиболее информативных признаков формируется пространство признаков для каждого уровня диагностирования.

Далее производится обработка изображений множества изношенных режущих инструментов для каждого класса состояний, отобранных экспертом. Вычисляются признаки и формируются множество точек – областей в пространстве признаков, соответствующих классам состояний. Характер расположения областей обуславливает выбор соответствующего метода распознавания [2].

Далее выполняется распознавание классов дефектов на каждом уровне. Введены следующие обозначения классов состояний режущей части – классов дефектов различного уровня:

$\dot{C}^{A_2^T}$  – множество классов 1-го уровня состояний изношенной на момент  $T$  задней поверхности ( $A_2^T$ ), т.е. классов формы макродефекта – обобщенной зоны износа по задней поверхности;

$\ddot{C}^{A_2^T}$  – множество классов 2-го уровня состояний изношенной задней поверхности РИ, т.е. классов дефектов на поверхности зоны износа по задней поверхности (проточкины, следы концентрированного износа и др.);

$\ddot{\ddot{C}}^{A_2^T}$  – множество классов состояний изношенной задней поверхности инструмента 3-го уровня, т.е. классов микродефектов на поверхностях дефектов (следов адгезионных вырывов, царапин – следов абразивного износа и др.).

В результате многоуровневого распознавания может быть выявлено несколько “уровневых” дефектов, и состояние  $A_2^T$  ( $C^{A_2^T}$ ) определяется на основании интегрированной оценки:

$$C^{A_2^T} = \left\{ \dot{C}_i^{A_2^T}, (\ddot{C}_j^{A_2^T}, \ddot{C}_l^{A_2^T}), (\ddot{\ddot{C}}_k^{A_2^T}, \ddot{\ddot{C}}_h^{A_2^T}) \right\}, \quad (9)$$

где  $i, j, l, k, h$  – текущие индексы классов соответствующих уровней.

Такая оценка не ограничивается фиксацией присутствия в зоне  $A_2^T$  дефектов различных уровней и классов. Получение информации об интенсивности формирования, развития и накопления дефектов нижних уровней и сопоставление ее с параметрами дефектов верхних уровней создает возможность существенного повышения качества диагностирования.

Для формирования образов режущей части, выделения диагностических признаков и распознавания состояний используются различные аппаратные и программные средства искусственного интеллекта. Это системы технического зрения, методы и программные комплексы обработки изображений и распознавания формы контуров зон износа. На 1-м уровне диагностирования РИ применяются статистические методы распознавания, как при однозначном, так и нечетком описании классов, а также нейросетевые технологии. На 2-м и 3-м уровнях для распознавания состояний используются признаки, формируемые с применением методов анализа реализаций случайных процессов и фрактального анализа. Здесь также используется нечеткая классификация.

### Выводы

Установлено, что многоуровневая диагностическая информация, формируемая с использованием изложенного подхода, обеспечивает надежное функционирование системы поддержания работоспособности РИ.

**Список литературы:** 1. Деревянченко А.Г., Павленко В.Д., Андреев А.В. Диагностирование состояний режущих инструментов при прецизионной обработке. – Одесса: Астропринт, 1999. – 184 с. 2. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов/ Перевод с англ. Под. ред. Ю.И. Журавлева. – М.: Мир, 1978. – 411 с.

ФОРМУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ПІДТРИМАННЯ  
ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Дерев'янченко А.Г., Фомін А.А., Криницьн Д.А., Бовнегра Л.В.

Запропоновано підхід до формування діагностичної інформації для багаторівневого діагностування стану різальних інструментів у вигляді набору образів різальної частини інструменту.

ФОРМИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ  
ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Деревянченко А.Г., Фомин А.А., Криницын Д.А., Бовнегра Л.В.

Предложен подход к формированию диагностической информации для многоуровневого диагностирования состояний инструментов в виде набора образов их режущей части.

FORMING OF DIAGNOSTIC INFORMATION FOR SYSTEMS  
OF CUTTING TOOLS CAPACITY MAINTENANCE

Derevjanchenko A.G., Fomin A.A., Krinitsyn D.A., Bovnegra L.V.

Approach to forming of diagnostic information for the multilevel diagnosing of the states of tools as the set of images of their cutting part is offered.

*Рецензент: д.т.н., проф. Малишко І.О.*