

А.Г. Деревянченко, д-р техн. наук, Д.А. Криницын, Одесса, Украина

РАСПОЗНАВАНИЕ КОНТУРОВ ЗОН ИЗНОСА РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭТАЛОНОВ

Викладений підхід до автоматичного розпізнавання форм контурів зон зносу ріжущих інструментів (РІ) з використанням методу еталонів. Отримані результати свідчать про можливість застосування методу еталонних контурів для якісного автоматичного розпізнавання класів контурів зон зносу РІ в різних станах. Це забезпечить підвищення точності ідентифікації моделей відмов РІ вже в початковий період їх експлуатації.

Изложен подход к автоматическому распознаванию форм контуров зон износа режущих инструментов (РИ) с использованием метода эталонов. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения метода эталонных контуров для качественного автоматического распознавания классов контуров зон износа РИ в различных состояниях. Это обеспечит повышение точности идентификации моделей отказов РИ уже в начальный период их эксплуатации.

An approach to automatic cutting tool (CT) wear zones contours recognition with method of etalons using is considered. The results about possibility method of standard contours application for high-quality automatic recognition of CT wear areas contours classes in the different CT states are obtained. It will provide increasing of exactness of CT failures models authentication already in an initial period of CT exploitation.

При решении задач автоматического контроля состояний режущих инструментов (РИ) для прецизионной обработки все более широкое применение находят системы технического зрения (СТЗ) [1]. Они позволяют формировать 2D- и 3D- образы (геометрические модели) исходного, текущих и предельного состояний режущей части РИ. В процессах формирования образов зон износа РИ важная роль принадлежит операция выделения их контуров, по которым определяется ряд признаков состояния инструмента.

Целью настоящей статьи является изложение подхода к распознаванию классов формы контуров макродефектов зон износа с использованием набора эталонов.

Тематике распознавания контуров цифровых изображений посвящена обширная литература, среди которой наиболее близкими к тематике статьи являются работы [2 - 5]. Среди множества известных методов распознавания контуров особый интерес представляет метод, основанный на использовании эталонов (эталонных контуров)[3]. Поскольку режущая часть РИ для прецизионной обработки (в частности – резцов для тонкого точения)

характерна, как правило, сложной формой и нагружается неравномерно, имеет место множество классов форм зон износа (макродефектов) и их текстурных элементов (дефектов). Покажем возможность распознавания классов формы контуров макродефектов (зон износа задних поверхностей) резцов, отображающих те или иные модели отказов РИ, с использованием набора эталонных контуров.

После регистрации цифрового изображения РИ в контрольной позиции ГПМ выполняется его первичная обработка и выделение контура зоны износа. Далее производится формирование так называемого радиус – векторного представления контуров для распознаваемого (R^P) и эталонного ($R^Э$) контуров:

$$R^P = r_1^P, r_2^P, \dots, r_i^P, \dots, r_n^P, \\ R^Э = r_1^Э, r_2^Э, \dots, r_i^Э, \dots, r_m^Э,$$

где: $r_i^P, r_i^Э$ - радиус-векторы текущих точек распознаваемого и эталонного контуров зон износа.

Эталонные и исследуемый (распознаваемый) контуры зоны износа в общем случае имеют разные размеры и нуждаются в нормировании.

Радиус-векторное представление (или “развертка”) контура $R (R = r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n)$ в общем случае формируется следующим образом:

1. определяется положение центра масс контура;
2. определяется радиус – вектор каждой точки контура для набора $i = 1 \dots n$:

$$r_i = \sqrt{[x_i - x_c]^2 + [y_i - y_c]^2},$$

где: x_i, y_i – координаты текущей точки контура зоны износа РИ в системе координат изображения, размещенной в его левой верхней точке; x_c, y_c – координаты центра масс контура; n - число точек распознаваемого контура; m - число точек эталонного контура.

3. выполняется формирование развертки контура в прямоугольной системе координат, где по оси абсцисс откладываются номера точек контура, а по оси ординат – значения соответствующих радиус – векторов.

Далее производится нормализация радиус – векторного представления эталонных и исследуемого контуров. Эта операция необходима для корректного вычисления уровня корреляции между формой эталонных

контуров и формой исследуемого контура. Производится нормализация по амплитуде (т.е. приведение к общему уровню значения динамического диапазона всех радиус – векторных представлений – эталонных и исследуемого контуров). Выполняется определение максимального и минимального значения амплитуды среди всех эталонных и исследуемого контуров.

Вводятся понятия абсолютного и относительного поправочных коэффициентов по амплитуде. Данные характеристики вычисляются для каждого из контуров. Далее выполняется нормализация по амплитуде каждой точки радиус – векторного представления каждого контура.

Производится нормализация по длине последовательности (приведение к общему, максимальному значению длин последовательностей всех радиус-векторных представлений эталонного и исследуемого контуров). Выполнение восстановления недостающих значений для каждой радиус–векторной последовательности (вследствие увеличении длины) происходит при помощи линейной интерполяции. Производится ”прореживание” каждой (увеличенной по длине на предыдущем шаге) радиус – векторной последовательности при помощи безусловной выборки.

Далее выполняется определение коэффициента подобия исследуемых радиус-векторных представлений распознаваемого контура зоны износа РЧ и каждого эталонного с исследованием взаимно – корреляционной функции.

Взаимо-корреляционная функция двух сигналов (здесь – нормированных радиус – векторных представлений контуров) определяется известным выражением [6]:

$$r_{xy}(\tau) = \int f(t) \varphi(t-\tau) dt.$$

Циклическая свертка – частный случай получения взаимно-корреляционной функции нормированных радиус – векторных представлений контуров определяется выражением [7]:

$$r_{xy}(k) = \frac{n \sum x_i(k)y_i - \sum x_i(k) \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2(k) - \sum x_i(k)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - \sum y_i^2}},$$

где k – значение взаимного смещения двух функций.

Важным элементом метода распознавания контуров (в первую очередь - контуров макродефектов РЧ) является формирование эталонных контуров. К ним предъявляются следующие требования:

1. Эталонный контур должен быть представительным, т.е. отражать все особенности формы границ зоны износа, обусловленные характером распределения интенсивности изнашивания контактной поверхности РИ

вследствие особенностей ее нагружения и физико – механических условий контакта;

2. Эталонный контур должен быть инвариантным к абсолютным значениям габаритных размеров зон износа, т.к. с его использованием выполняется оценка класса формы изношенной поверхности, а не ее абсолютные размеры.

На рис. 1 приведено условное представление разброса положений изношенной режущей кромки (РК) инструмента и форм соответствующих контуров, которые изношенная РК последовательно образует с участком исходной РК. В вершине нового РИ задана инструментальная система координат – XYZ.

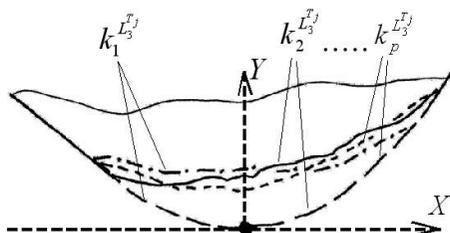


Рисунок 1 – Условное изображение разброса положений РК для набора резцов, изношенных в одинаковых условиях резания в течении одного и того же периода времени

Здесь $k_1^{L_j^j}$, $k_2^{L_j^j}$, ..., $k_p^{L_j^j}$ - контуры РК для набора резцов, изношенных на момент времени t_j периода стойкости, а $k^{L_j^j} = k_1^{L_j^j}, k_2^{L_j^j}, \dots, k_p^{L_j^j}$ - набор совмещенных контуров, в результате обработки которого может быть сформирован эталонный контур – представитель данного класса формы зоны смещения РК вследствие износа, p – количество РИ в исследуемом наборе.

Возможны следующие подходы к формированию эталонного контура $k_3^{A_j^j}$ формы зоны износа задней поверхности РИ:

1. построение внешнего и внутреннего огибающих контуров по набору $k_2^{A_j^j}$, их обработка и формирование $k_3^{A_j^j}$;
2. построение совмещенных радиус – векторных представлений (разверток) для набора $k_2^{A_j^j}$, построение их граничных огибающих, обработка и усреднение огибающих, формирование $k_3^{A_j^j}$ путем выполнения обратного преобразования: от радиус-векторного представления – к эталонному контуру.

Алгоритм распознавания классов форм зон износа режущей части инструмента представлен на рис. 2.

Фрагменты рабочих панелей программного комплекса с результатами сопоставления распознаваемого и трех эталонного контуров форм зон износа РИ по задней поверхности представлены на рис. 3.

Приняты следующие обозначения: 1 – контур распознаваемого изображения зоны износа задней поверхности РИ; 2,3,4 – эталонные контуры (соответственно - износ с образованием проточин, равномерный износ, износ при вершине); 5, 6, 7 – совмещенные нормированные радиус – векторные представления контуров; 8, 9, 10 – взаимокорреляционные функции; 11 – результаты распознавания в рабочей форме.

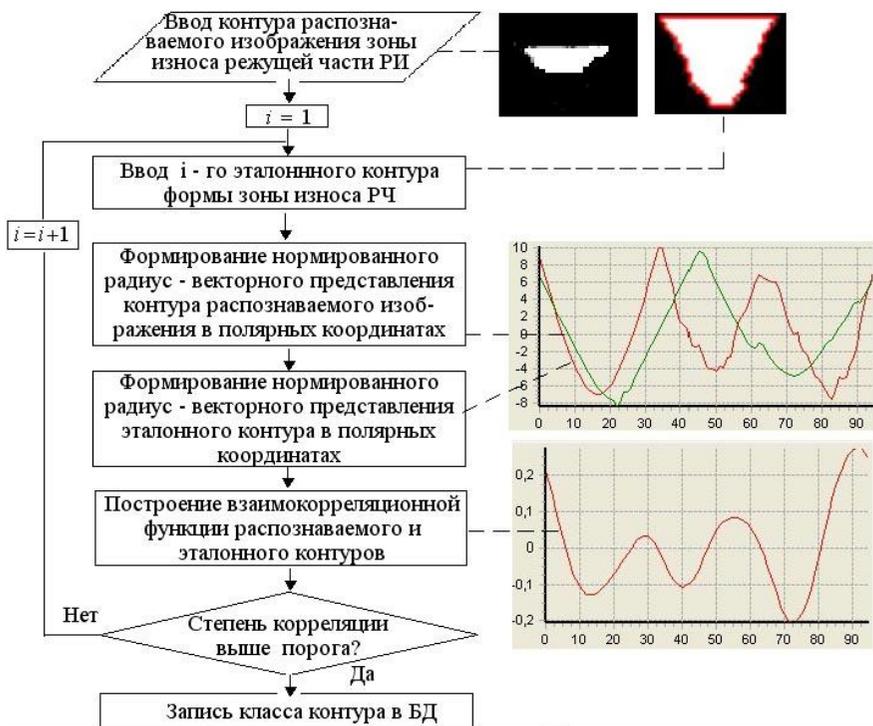
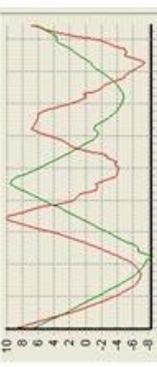
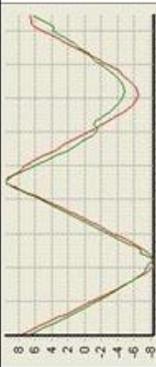
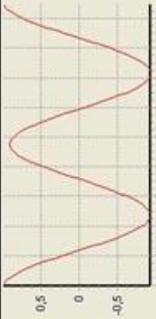
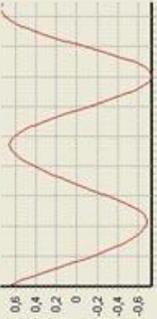


Рисунок 2 – Алгоритм распознавания классов контуров зон износа РИ.

В таблице 1 приведены окончательные результаты распознавания с указанием степени корреляции распознаваемого и текущего эталонного контура (K_{R/E_i}) и типа распознанного контура зоны износа.

Таблица 1 – Обобщенные результаты распознавания класса формы зоны износа задней поверхности резцов для тонкого точения

Эталонные контуры	Совмещенные радиус-векторные представления распознаваемого и эталонного контуров	Взаимокорреляционная функция распознаваемого и эталонного контуров	Оценка степени корреляции контуров
Эталонный контур 1 			$K_{R/E_1} = 27,425$
Эталонный контур 2 			$K_{R/E_2} = 92,574$
Эталонный контур 3 			$K_{R/E_3} = 74,418$

Результат распознавания: в контролируемом состоянии резца имеет место равномерный износ задней поверхности РЧ, параметры которого не превышают допустимых. ОБРАБОТКУ МОЖНО ПРОДОЛЖАТЬ

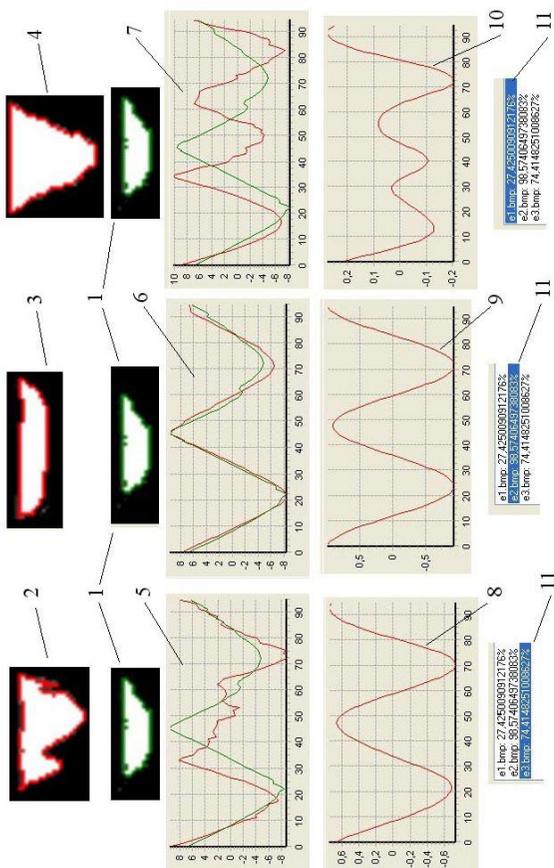


Рисунок 3 – Фрагменты изображений рабочих панелей программного комплекса с результатами сопоставления распознаваемого и трех эталонного контуров форм зон износа РИ по задней поверхности

Полученные результаты свидетельствуют, по мнению авторов, о возможности применения метода эталонных контуров для качественного автоматического распознавания классов контуров зон износа РИ в различных состояниях. Это обеспечит повышение точности идентификации моделей отказов РИ уже в начальный период их эксплуатации.

Список использованных источников: 1. Дервянченко А.Г., Павленко В.Д., Андреев А.В. Диагностирование состояний режущих инструментов при прецизионной обработке.- Одесса: Астропринт, 1999. – 184 с. 2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – Т 2. – М.: Мир, 1982. 3. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений. - М.: Высшая школа. 1983. -295 с. 4. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.– 784 с. 5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. 6. Елисеева И.И., Рукавишников В.О. Группировка, корреляция, распознавание образов (Статистические методы классификации и измерения связей). — М.: Статистика. — 1977. -144 с. 7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. лит. - 1974. -831 с.

Поступила в редколлегию 25.05.2010