

А.Г. Деревянченко, д-р техн. наук, О.Ю. Бабилунга, канд. техн. наук,
Д.А. Криницын, Одесса, Украина

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗОН ИЗНОСА РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Викладений підхід до створення системи інтелектуального аналізу зображень зон зносу різальних інструментів. Запропоновано методи підвищення якості автоматичної обробки та розпізнавання зображень зон зношування інструментів. Показана доцільність застосування спектрального аналізу зон зображень інструментів, що містять дефекти структури.

Изложен подход к созданию системы интеллектуального анализа изображений зон износа режущих инструментов. Предложены методы повышения качества автоматической обработки и распознавания изображений зон износа инструментов. Показана целесообразность применения спектрального анализа зон изображений инструментов, содержащих дефекты структуры.

An approach to design system for intellectual analysis of cutting tools wear areas images is discussed. Methods of quality improvement of cutting tool wear zones images processing and recognition, cutting tools state diagnosing models are considered. Expedience of spectrology application of cutting tools images areas, containing the structures defects, is discussed.

Непрерывный рост требований к качеству обработки на станках класса ГПМ обуславливает необходимость создания систем поддержания работоспособности режущих инструментов (СПР РИ). Режущие инструменты в структуре ГПМ относятся к объектам повышенного контроля, т.к. вследствие интенсивного износа они быстро теряют работоспособность и переходят в состояние отказа. Многообразие видов и форм отказов РИ значительно усложняет процесс диагностирования состояния их режущей части (РЧ), что делает актуальным создание в структуре автоматизированных СПР РИ интеллектуальных систем компьютерной обработки изображений РЧ.

Целью настоящей статьи является изложение ряда результатов, полученных в ходе разработки системы интеллектуального анализа изображений зон износа РЧ РИ.

Система интеллектуального анализа изображений РЧ (СИА ИРЧ), состоит в общем случае из следующих функциональных элементов, создание которых выполняется на основе базовых работ в области обработки изображений, и в первую очередь [1 - 4]:

а) модуль предварительной обработки изображений, в котором решаются задачи нормализации и улучшения качества исходного изображения РЧ;

б) модуль сегментации структуры РЧ РИ, обеспечивающий выделение границ и областей зон износа;

- в) модуль формирования вектора признаков для описания состояния РИ;
- г) модуль диагностирования (распознавания) текущего состояния РИ;
- д) модуль прогнозирования остаточного ресурса РИ на основании оценки динамической последовательности состояний РИ;
- е) база данных (БД), в которой хранится информация о состоянии РИ и др.

Рассмотрим основные информационные процессы, происходящие в СИА ИРЧ (рис. 1) на примере инструментов прецизионной обработки. Здесь основная зона износа A_2^T режущей части L^T расположена на задней поверхности РИ – L_2^T . При периодическом контроле РИ с помощью телевизионной камеры системы технического зрения (СТЗ) формируются первичные образы изображений O_1^{Tz} зоны износа. Важной характеристикой изображений РЧ является их качество, которое зависит от влияния освещенности, геометрических искажений, условий съемки. Поэтому, для улучшения качества, первичные образы изображений O_1^{Tz} подвергаются предварительной обработке. Для дальнейшего анализа и обработки важна детальность представления отдельных элементов изображения. С целью сегментации изображения на отдельные значимые области (вторичные образы O_2^L) применяются известные методы контурного анализа и морфологической обработки.

По сегментированным областям износа формируется вектор признаков x^L , отображающий состояние режущей части РИ. Он состоит из различных категорий признаков. К одной из категорий можно отнести признаки, описывающие форму области износа (геометрические), ко второй – признаки, связанные со структурой поверхности зоны износа РИ (текстурные). По результатам периодического контроля РИ могут распознаваться состояния режущей части РИ различных классов. Например, правомочно выделение классов дефектов различных размеров: $C_1^{A_2^T}$ множество классов состояний изношенной задней поверхности РИ в целом, т.е. классов формы макродефектов; $C_2^{A_2^T}$ – множество классов дефектов на задней поверхности зоны износа (проточкины, следы концентрированного износа) и т.д.

После распознавания на каждом уровне его результаты должны сохраняться, накапливаться и обрабатываться. Очевидна необходимость включения в состав СПР РИ экспертной системы, в структуру которой входят: база данных – БД образов развития, эволюции или динамических образов режущей части РИ (БД ДО РИ), система управления базой данных (СУБД) и база знаний и правил принятия решений (БЗ).

БД ДО РИ и БЗ ориентированы на хранение и анализ информационных потоков, связанных с динамикой состояний инструментов и их

обслуживанием (воздействиями на технологическую систему ГПМ при выявлении устранимых или неустранимых отказов).

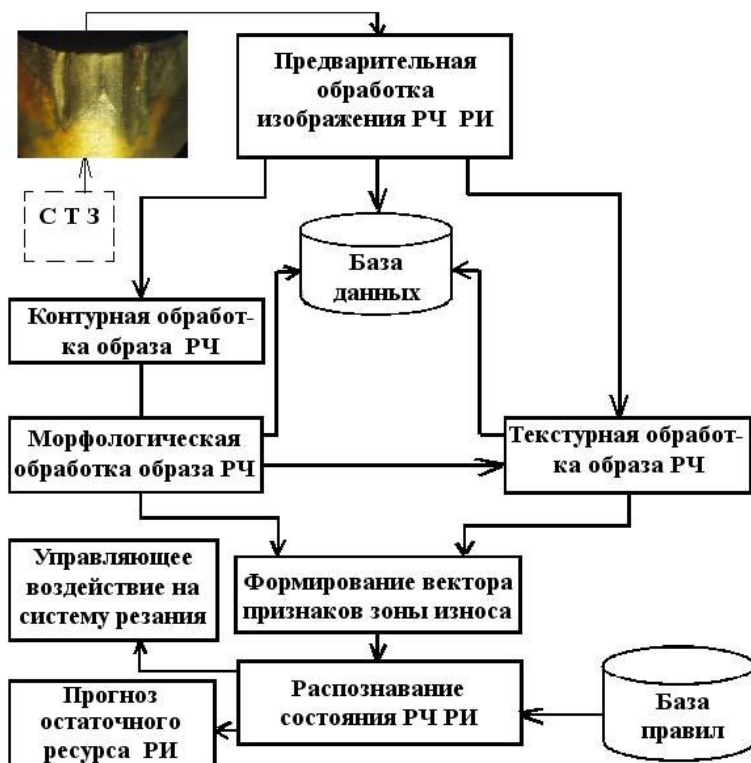


Рисунок 1 – Структура одного из вариантов системы интеллектуального анализа изображений режущей части РИ

Пример последовательности обработки изображения передней поверхности изношенного резца в структуре СИА ИРЧ показан на рис. 2.

Модуль формирования признаков зоны износа РЧ позволяет использовать различные их наборы, выбор которых определяется:

- типом РИ и режимами его эксплуатации;
- требуемой глубиной диагностирования состояний режущей части инструмента;
- перечнем элементов структуры режущей части, состояние которых обуславливает состояние РИ;
- требуемой скоростью диагностирования текущего состояния РИ и др.

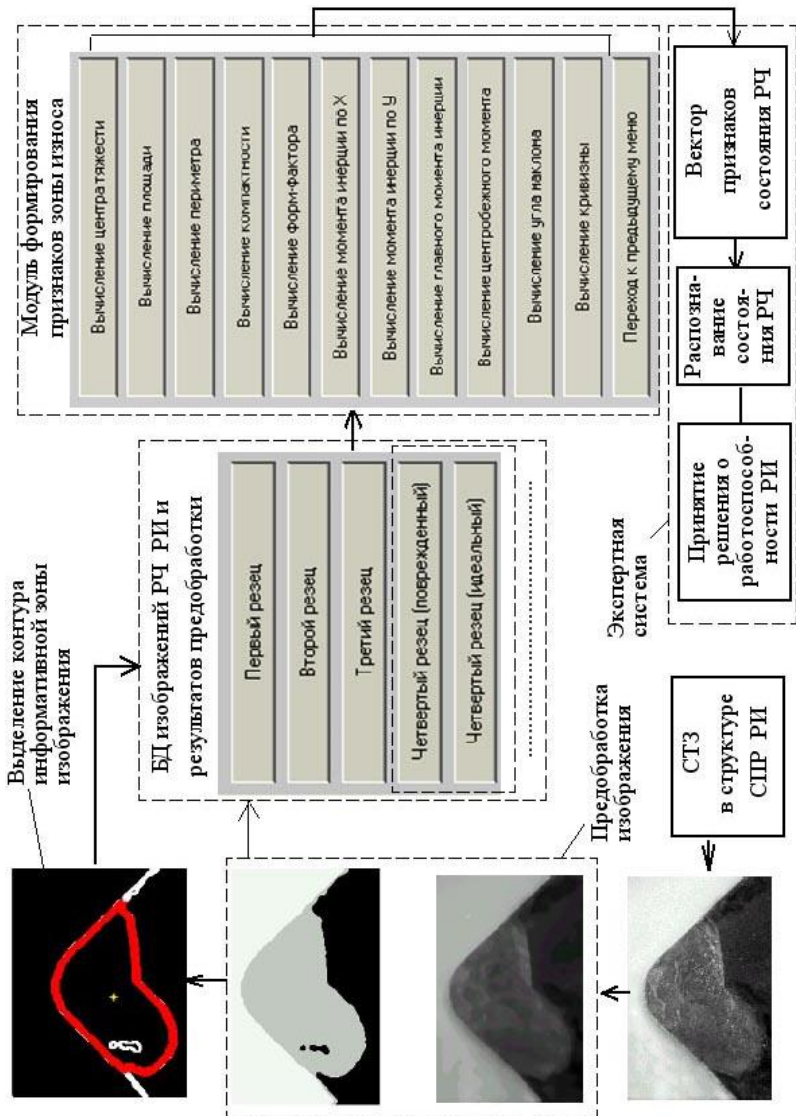


Рисунок 2 – Схема одного из вариантов обработки изображения режущей части РИ в структуре СИА ИРЧ

Рассмотрим примеры анализа изображений РЧ и определения соответствующих признаков при наличии в структуре РЧ таких дефектов, как проточкины и сколы.

В базовых работах по обработке изображений и выделению контуров информативных областей [1-4] используют прием построчного сканирования и определения характерных точек. Представляется целесообразным использовать этот прием для разработки метода выделения проточин.

Образование проточин по границам срезаемого слоя является одним из характерных видов изнашивания режущей части РИ. Пример соответствующего изображения изношенной задней поверхности резца приведен на рис. 3.а.

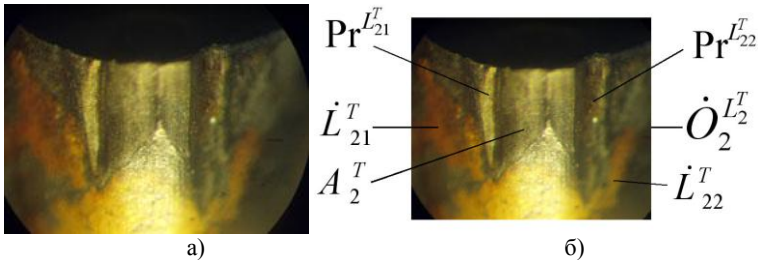


Рисунок 3 – Изображение (а) и выделение структурных элементов (б) зоны износа задней поверхности резца с двумя проточинами

Проточкины $Pr^{L_{21}^T}$, $Pr^{L_{22}^T}$ представляют собой борозды, формирующиеся на задней поверхности РИ на ее участках, соответствующих границам срезаемого слоя (рис. 3.б). Здесь $\dot{O}_2^{L_2^T}, L_{21}^T, L_{22}^T$ - образ и элементы структуры РЧ, выделенные на изображении для 1-го уровня распознавания. Поскольку область сечение срезаемого слоя распространяется на участки главной и вспомогательной режущих кромок, проточкины образуются на соответствующих границах. Можно записать:

$$Pr^{L_{21}^T} \subset L_{21}^T, Pr^{L_{22}^T} \subset L_{22}^T.$$

Если удастся получить достаточно четкое изображение этих зон, возможно выделение контуров каждой из проточин – соответственно $K_{Pr^{L_{21}^T}}, K_{Pr^{L_{22}^T}}$, граничащих собственно с контуром основной зоны износа $A_2^T (K_{A_2^T})$ – рис. 4.а. Но чаще всего происходит выделение контура общей дефектной зоны ($K_{\Sigma}^{A_2^T}$)- рис. 4.б.

Сущность метода распознавания данного класса дефектов заключается в построчном сканировании изображения после выделения контуров зоны износа (рис. 4). Кружками отмечены места пересечения каждой из уровневых линий сканирования с границами контуров. Для варианта рис.4 .а число пересечений (Р) для уровней 1-4 составляет 5, для уровня 5 – Р = 5, для уровня 6 - Р = 4, для уровня 7 – Р = 2.

Дальнейшее сканирование дает результат $P = 0$. Соответствующий обобщенный набор числа пересечений $P_{\Sigma} = (4; 4; 4; 4; 5; 4; 2; 0; \dots 0)$ определяет существование двух проточин по границам срезаемого слоя, причем высота проточки на вспомогательной задней поверхности меньше, чем на главной.

Для варианта рис. 4.б число пересечений для уровней 1-4 составляет 2, для уровня 5 – $P = 4$, для уровня 6 – $P = 2$. Дальнейшее сканирование дает результат $P = 0$. Соответствующий обобщенный набор числа пересечений $P_{\Sigma} = (2; 2; 2; 2; 4; 2; 0; \dots 0)$ также определяет существование двух проточин разной высоты по границам срезаемого слоя.

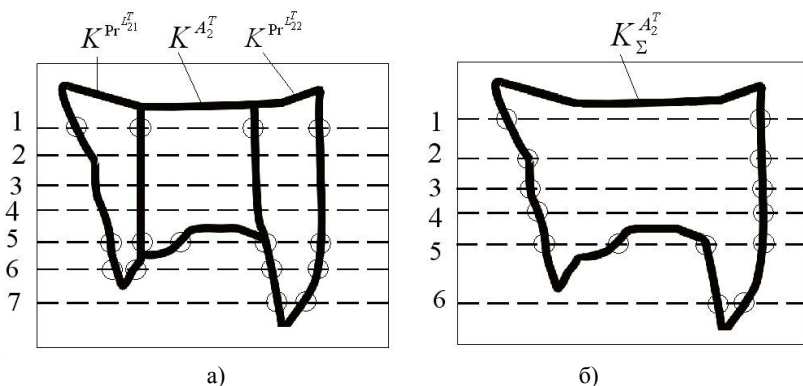


Рисунок 4 – Схематическое представление процессов построения зон контуров с определением числа пересечений на каждом уровне

Для повышения качества распознавания целесообразно определять и расстояние (b_i) между точками пересечений, т.е. локальную (уровневую, текущую) ширину того или иного дефекта. Это позволит исключить ошибки, связанные с попаданием в зону сканирования случайных контуров (например – обобщенной зоны адгезионных вырывов), которые могут исказить результаты. Выявление по набору $(P_1, b_1; P_2, b_2; P_3, b_3; \dots P_i, b_i, \dots, P_n, b_n)$ эффекта последовательного повторения значений ширины зон дефектов (с разбросом в заданных пределах) или закономерного ее изменения позволяет однозначно определять существование двух проточин.

Поскольку разрушения РЧ или ее элементов приводят к внезапным отказам РИ, системы резания и станочного комплекса в целом, представляется важным формирование качественных образов зон сколов и выкрашиваний (рис. 5).

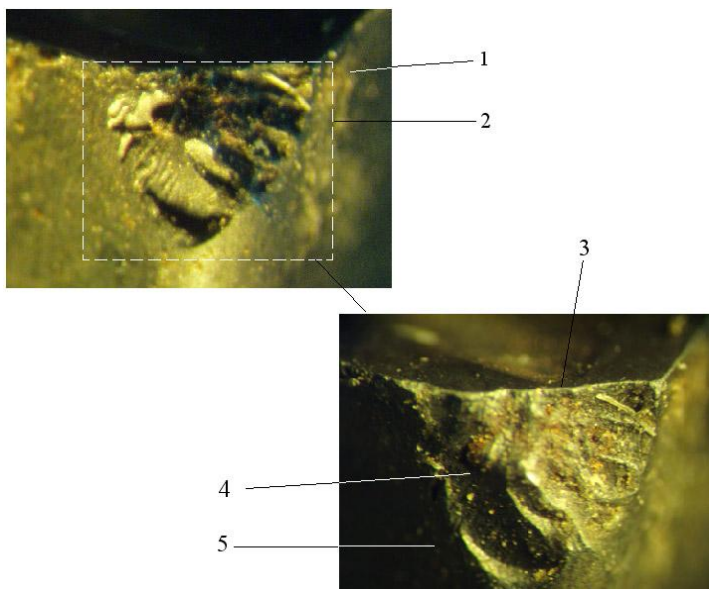


Рисунок 5 – Изображение режущей части резца, перешедшего в состояние отказа вследствие хрупкого разрушения режущей части со стороны задней поверхности: 1- главная задняя поверхность резца; 2 – зона скола со стороны задней поверхности; 3 – граница пересечения зоны скола с остаточным участком передней поверхности; 4 – поверхность скола (хрупкого разрушения); 5 – остаточная зона вспомогательной задней поверхности.

Для распознавания сколов режущей части РИ в результате хрупкого разрушения целесообразно применять спектральные оценки соответствующих зон изображений РЧ. Фрагменты соответствующих рабочих панелей разработанного в ОНПУ программного комплекса, реализующего СИА ИРЧ, показаны на рис. 6. Установлено, что параметры формы пересечения нормируемого энергетического спектра Фурье [5], который определяется для информативной зоны изображения режущей части РИ, могут использоваться в качестве признаков при распознавании типов текстуры поверхностей износа, в том числе текстур сколов. Оптимальный уровень выполнения пересечения поверхности нормируемого энергетического спектра (в диапазоне высоты 0...1) принадлежит к интервалу 0,05...0.1.

Разработан алгоритм сканирования зон изнашивания РЧ "окном", в пределах которого последовательно выполняется построение локальных энергетических спектров. Таким образом может быть сформирована карта

текстуры на поверхности макродефекта в целом. Это делает возможным определение следов действия тех или других механизмов изнашивания непосредственно для анализируемого состояния РИ. Такие данные целесообразно использовать при корректировке параметров режимов резания, типа инструментального материала и др.

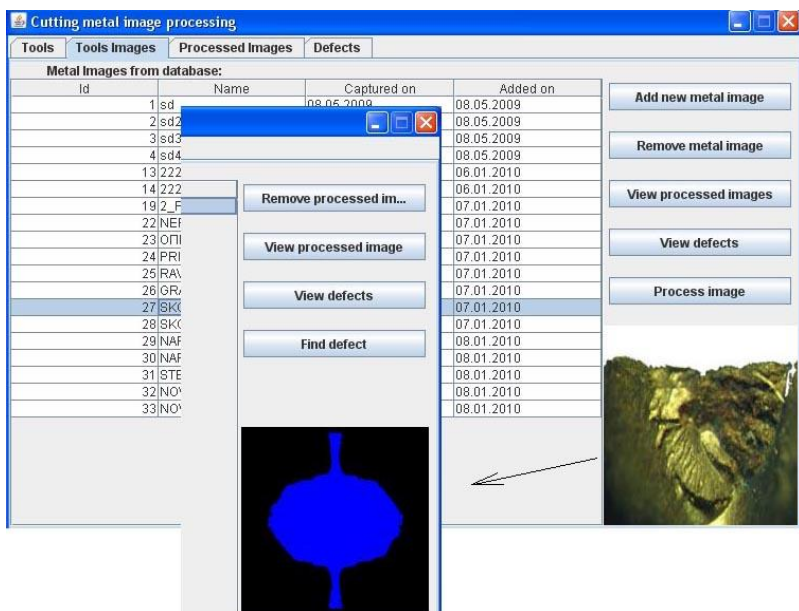


Рисунок 6 – Результат формирования сечения энергетического спектра Фурье для для зоны скола режущей части РИ

Результаты, полученных в ходе разработки системы интеллектуального анализа изображений зон износа РЧ РИ, свидетельствуют, по мнению авторов, о перспективности ее использования в системах автоматического диагностирования и прогнозирования состояний режущих инструментов ГПМ.

Список использованных источников: 1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – Т 2. – М.: Мир, 1982. 2. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений. - М.: Высшая школа. 1983. -295 с. 3. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.– 784 с. 4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. 5. Власенко В.А., Антошук С.Г., Сербина Н.А. Анализ признаков формы энергетических спектров текстурных изображений // Труды Одес. политехн. ун-та. – Одесса. – 2001. – Вып. 1(12). – С. 144-147.

Статья представлена в редколлегию 25.06.2010