

А.Г. Деревянченко, д-р техн. наук, Л.В. Бовнегра, канд. техн. наук,  
Д.А. Криницын, Одесса, Украина

## ПОДХОД К ДИАГНОСТИРОВАНИЮ СОСТОЯНИЙ РЕЖУЩИХ КРОМОК ИНСТРУМЕНТОВ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖАНИЯ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

*An approach of cutting tools edges defects and microdefects recognition with using the different signs of their projections and sections, which are registered with contact and optic sensors, is considered.*

*Розглянуто підхід до діагностування станів ріжучих кромок на основі розпізнавання дефектів та мікрodefektів з використанням ознак, що реєструються контактними та оптичними сенсорами.*

Современное автоматизированное производство требует применения высококачественных режущих инструментов и обеспечения условий надежной их эксплуатации путем создания специализированных систем поддержания работоспособности. Основы проектирования высокоэффективных режущих инструментов (РИ) для современных производств изложены в фундаментальных работах П.Р. Родина, Н.С. Равской, Б.А. Перепелицы и других авторов.

При профилировании РИ режущие кромки (РК) рассматриваются как линии заданной геометрии, образуемые в результате пересечения рабочих поверхностей режущей части. После изготовления инструмента и в процессе его эксплуатации РК представляют собой сложные случайные переходные поверхности, пространственное положение, форма и размеры которых с износом РИ непрерывно изменяются. При чистовой обработке состояние РК непосредственно влияет на качество обработки. Возникновение следов концентрированного износа (локальных – проточин и периодических – канавок) часто приводит к отказам. Появление этих дефектов на формообразующем участке режущих кромок непосредственно (а на остальных участках РК – косвенно) влияет на точность обработки и шероховатость поверхности детали. Притупление РК приводит к потере способности инструмента срезать малые припуски. Поэтому очевидна необходимость разработки подходов, методов и систем автоматического диагностирования состояний режущих кромок. Их отработка, как правило, начинается со стендовых исследований.

Целью настоящей статьи является изложение элементов подхода к диагностированию состояния режущих кромок РИ (резцов) на основе информации, формируемой контактными и оптическими датчиками на соответствующих стендах.

Предложено выполнять диагностирование (распознавание) текущего состояния режущих кромок на основе определения многоуровневого набора характеристик, включающего: 1. параметры формы и пространственного положения формообразующего участка РК и его элементов, определяемые в инструментальной системе координат; 2. классы и параметры дефектов РК (единичных и периодических); 3. параметры микрогеометрии режущих кромок (в том числе - максимальное и среднее значения величины радиуса округления ( $R^{\sigma}$ ) вдоль активного участка РК). Такой подход соответствует концепции многоуровневого иерархического диагностирования состояний режущей части инструмента [1], предусматривающего поуровневое распознавание макродефектов, дефектов и микродефектов РИ.

При проведении исследований использовались система технического зрения (СТЗ) [1] и стенд, схема и общие виды которого приведены на рис.1, 2.

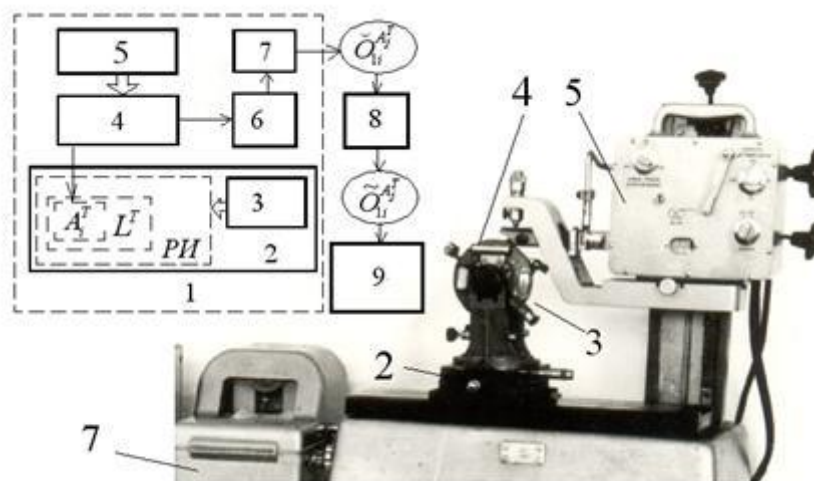


Рис. 1 – Схема и общий вид стенда (аппаратно – программного комплекса) для формирования первичных образов поверхностей РИ – профилей (сечений, проекций) и топограмм контактными методом

Стенд предназначен для формирования контактными методом первичных образов поверхностей режущей части РИ – “сечений” поверхностей, проекций режущих кромок. Он создан на базе стандартного профилографа – профилометра (1). Подход к регистрации проекций и сечений режущих кромок с использованием профилографа формировался на основе материалов, изложенных в работе [2].

Фрагмент общего вида стенда, отображающий непосредственно зону контроля, приведен на рис. 2.

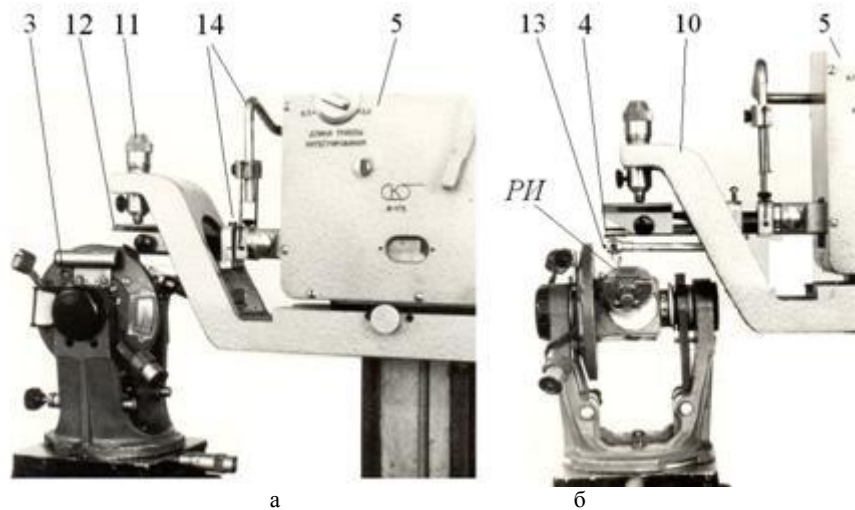


Рис. 2 – Фрагменты общего вида стенда для формирования первичных образов поверхностей РИ контактным методом

Объектом контроля инструмента является одна из контактных поверхностей ( $A_T^F$ ) режущей части ( $L^F$ ) изношенного инструмента или его элемента (например - ТНП). Контролируемый РИ размещали в устройстве ориентации 3, которое крепится на крестовом столике 2, смонтированном на столе профилографа 1. Щуп датчика 4 (алмазная игла с коническо-сферической вершиной; радиус при вершине - 2 мкм) контактирует непосредственно с поверхностью РИ. Плоскость, проходящая через ось щупа и ось датчика (или – через вектор скорости датчика, втягиваемого в корпус мотопривода 5) и является плоскостью “сечения” контролируемой поверхности РИ.

Сигнал от датчика поступает в электронный блок 6 (на рис. 1 не показан), где усиливается и проходит предобработку. На ленте самописца 7 в реальном масштабе времени (в процессе записи) отображается профиль поверхности (профиль сечения), увеличенный в 2 – 10 тысяч раз. Масштаб увеличения определяется размерами объекта регистрации.

Указанный профиль является элементарным первичным образом ( $\check{Q}_{1r}^A$ ) - отображением контролируемой поверхности РИ ( $A_T^F$ ). Для ввода в ПЭВМ (9) использовалась следующая последовательность действий: выполнялось сканирование множества профилограмм и сохранение соответствующих изображений ( $\check{Q}_{1r}^A$ ) в накопителе (8), с которого затем производилось считывание информации. Затем выполнялась оцифровка каждой профилограммы с использованием специального программного комплекса, т.е. формировалось множество элементарных цифровых первичных образов  $Q_{1r}^A$ .

Регистрацию профилограмм (сечений поверхности -  $A_T^F$ ) производили как с использованием стандартного щупа, так и специального щупа 13 (рис. 2). В первом случае опора щупа перемещалась по специальной базовой поверхности приспособления 3, во втором – базовая плоскость “наездника” 12 вместе с датчиком перемещалась вдоль сферической вершины винта 11. Стабильность контакта обеспечивало приспособление 14 из оснастки профилографа.

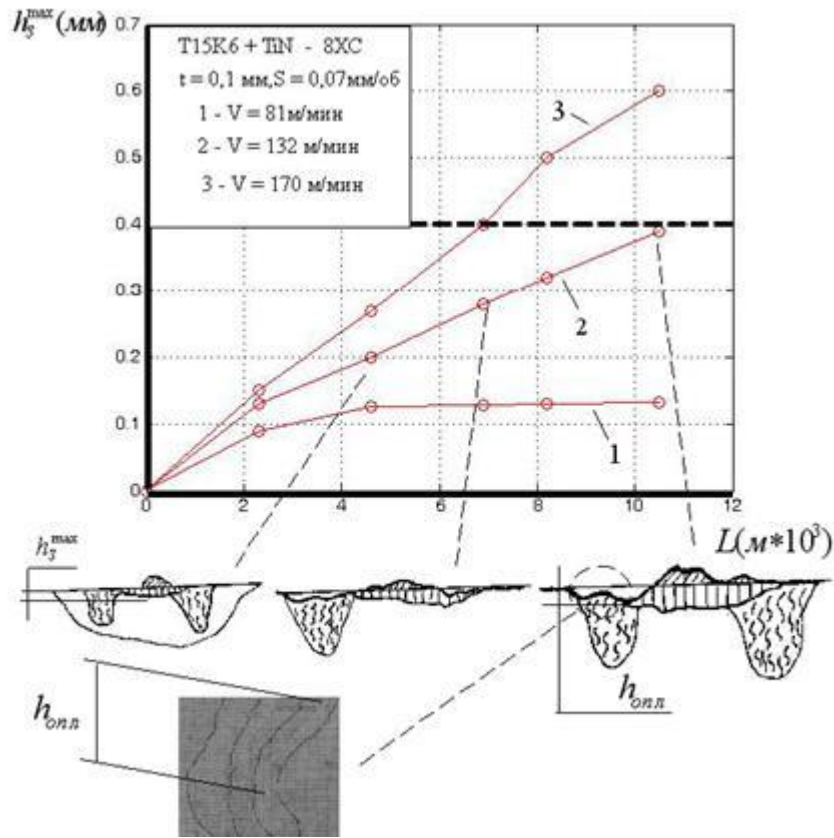


Рис. 3 – Изменение топографии задних поверхностей и состояния режущих кромок по мере износа резцов при точении стали 8XC

С использованием стенда и СТЗ производили контроль и диагностирование дефектов и микродефектов режущих кромок резцов, образующихся при чистовом и тонком точении, с определением комплексов параметров и диагностических признаков. Контроль выполнялся в моменты прерывания обработки.

На рис. 3 приведены графики нарастания максимальной ширины износа задней поверхности ( $h_3^{\max}$ ) и схемы, отображающие изменения структуры элементов задней поверхности и РК резцов по мере их износа.

Одной из особенностей состояния изношенного резца при тонком точении стали является появление специфического дефекта - "опускания" участка режущей кромки вследствие смыкания зон износа по передней и задним поверхностям. При достижении максимальной высоты опускания ( $h_{оп.л}$ ) порогового значения (0,040 – 0,045 мм) возникает эффект "фонтанирования" стружки, вследствие чего нарушается стабильное стружкодробление. В условиях автоматизированного производства такое состояние, несмотря на возможность инструмента формировать поверхность требуемого качества, является отказом РИ.

Как известно, смещение режущих кромок по мере износа РИ в "тело" инструмента и соответствующее смещение вершины оценивается величиной радиального износа -  $h_p$  (рис. 4.а) и параметрами интенсивности его изменения. Параллельно с этим происходит нарушение исходной геометрии формообразующего участка РК, что приводит к существенным изменениям параметров шероховатости обработанной поверхности, в частности -  $R_a$  (рис. 4.б).

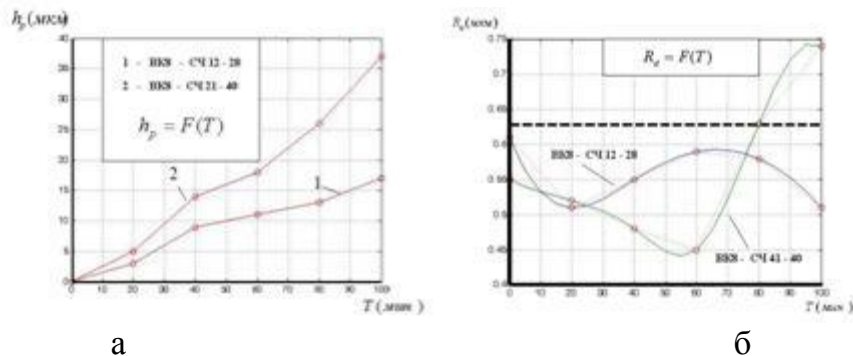


Рис. 4 – Характер нарастания радиального износа(а) и изменение параметра  $R_a$  по мере изнашивания резца (б) при тонком точении серых чугунов

На рис. 5 приведены изображения проточин ( $L_{II}^T$ ) – локальных дефектов на участках передней поверхности ( $L_I^T$ ) и режущих кромок ( $L_{II}^T$ ) РИ Их появление приводит к локальным нарушениям геометрии режущих кромок.

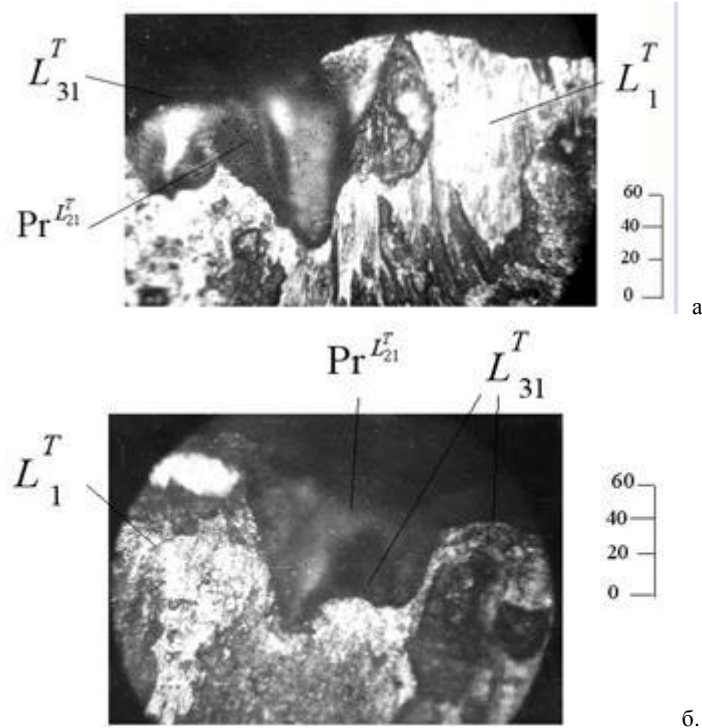


Рис. 5 – Изображения проточин – дефектов контактных поверхностей инструментов, возникающих на главной (а) и вспомогательной (б) режущих кромках (виды со стороны передней поверхности резца).

Притупление РК приводит к потере способности инструмента срезать малые припуски, поэтому весьма важно выполнять оценку параметров микрогеометрии РК (в частности -  $R_a$ ) и выявлять микродефекты РК. Для этого последовательно формировались наборы сечений РК (рис.6), выполнялось их сканирование и ввод в ПЭВМ. Далее производилась оцифровка и определение комплекса параметров РК с использованием специального программного комплекса. В частности, производилась оценка изменений величины  $R_a$  вдоль активных участков РК (рис. 7).

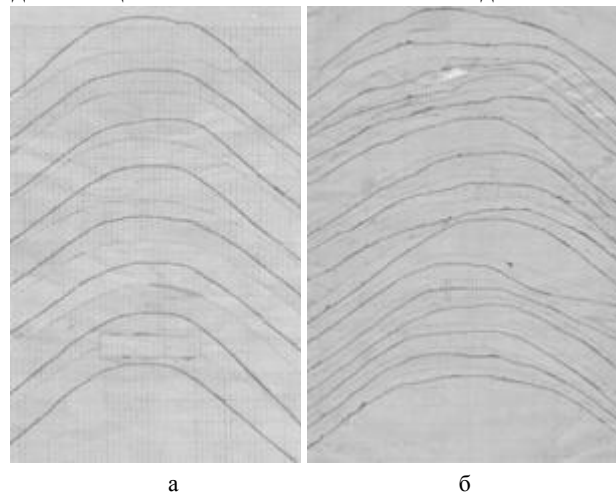


Рис. 6 – Пример наборов профилограмм – “сечений” участков режущих кромок нового (а) и изношенного (б) резца. Увеличение – 2000. Шаг между сечениями РК – 0,025 мм

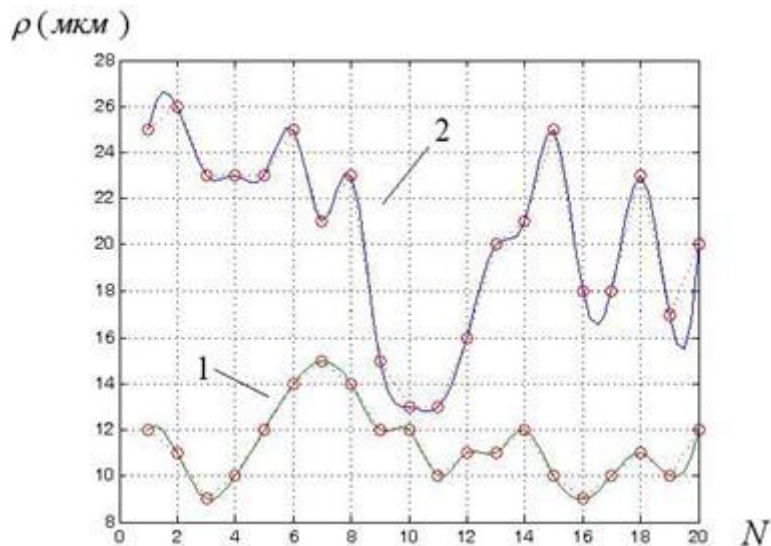


Рис. 7 – Изменение радиуса округления РК ( $\rho$ ) вдоль режущей кромки у нового (1) и изношенного (2) резцов. N – номер точки РК; шаг между точками – сечениями РК – 0,025 мм

Контроль достоверности автоматического диагностирования микродефектов режущих кромках удобно выполнять с использованием аналоговых (рис. 8) или дискретных ( $O_1^d, O_2^d$  – рис. 9) топограмм (3D – отображений, моделей реальных РК). Например, на рис. 9. в, г отчетливо видны периодические следы концентрированного износа, оперативное распознавание которых производится по цифровым проекциям и изображениям РК с использованием методов вейвлет – анализа и фракталов.

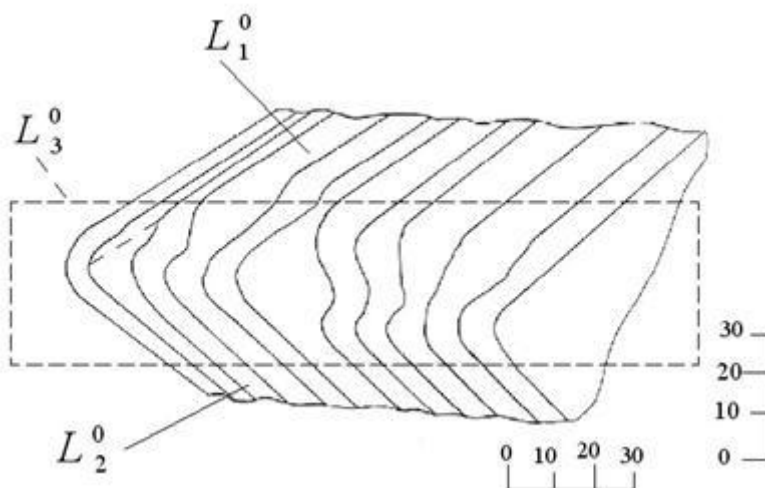


Рис. 8 – Аналоговая топограмма участка режущей кромки резца. Масштабные шкалы заданы в мкм.

$L_1^d, L_2^d, L_3^d$  – соответственно передняя, задняя поверхности и РК

После отбора наиболее информативных признаков состояний РК формируется пространство признаков для каждого уровня диагностирования. Распознавание классов дефектов РК выполняется с использованием статистических методов и нейронных сетей.

Проведенные исследования, по мнению авторов, свидетельствуют о перспективности использования разработанного подхода к многоуровневому диагностированию состояний режущих кромок РИ в системах поддержания работоспособности современных автоматизированных производств.

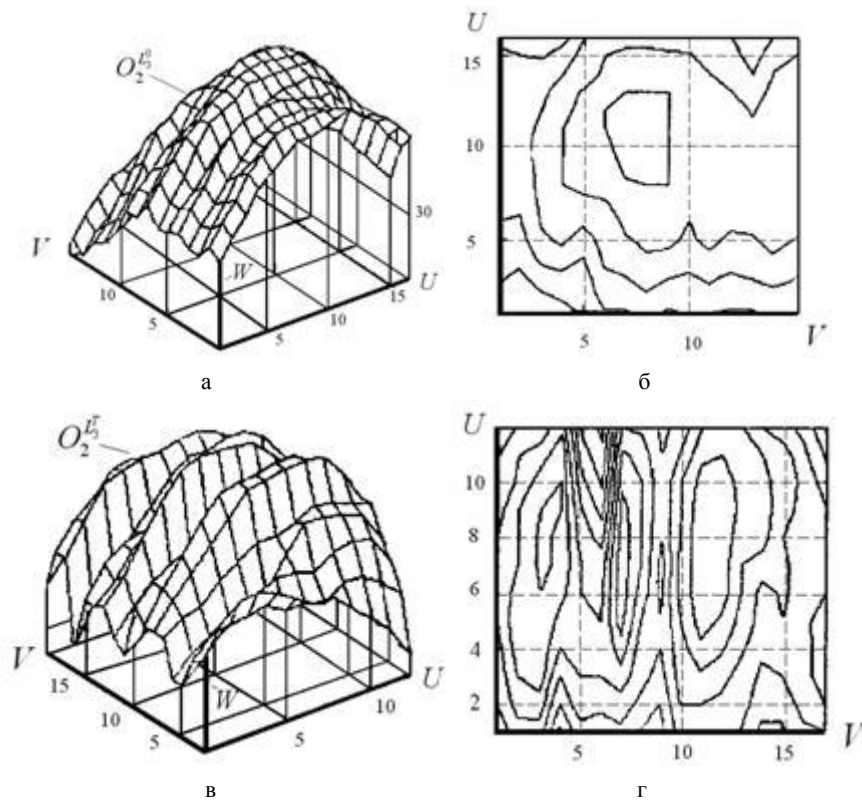


Рис. 9 – Фрагменты дискретных топограмм (а, в) и соответствующих карт уровней (б, г) участков РК резцов. UVW – локальная система координат, задаваемая измерительной системой на участке РК (отсчеты - в дискретах регистрации)

**Список литературы: 1.** Подход к многоуровневому диагностированию состояний режущей части инструмента / А.Г. Дервянченко, Л.В. Бовнегра, З.Б. Василевская,

В.В. Ткачук // Високі технології в машинобудуванні. Збірник наукових праць НТУ "ХПІ".— Харків, 2006. Вип.1(12) — С. 137 – 140. 2. Основы алмазного шлифования/ Семко М.Ф., Грабченко А.И., Раб А.Ф., Узунян М.Д., Пивоваров М.С.- Киев.: Техніка, 1978. – 192 с.

Поступила в редколлегию 15.05.2009