

А.Г. Деревянченко, д-р техн. наук, В.В. Грибова, канд. физ.-мат. наук,
Е.Н. Марченко, Одесса, Украина

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛЕЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТА С УЧЕТОМ ЕЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗНОСА

Викладений підхід до використання структурно - параметричних моделей різальної частини для відображення еволюції станів інструменту. Показана можливість побудови комбінованих 3D – моделей різальної частини, що формуються на основі початкової її геометрії і за наслідками періодичного контролю інструменту, що зношується, системою технічного зору.

Изложен подход к использованию структурно - параметрических моделей режущей части для отображения эволюции состояний инструмента. Показана возможность построения комбинированных 3D – моделей режущей части, формируемых на основе исходной ее геометрии и по результатам периодического контроля изнашиваемого инструмента системой технического зрения.

*A.G. DEREVLANCHENKO, V.V. GRIBOVA, E.N. MARCHENKO
AN APPROACH TO CUTTING PART OF CUTTING TOOL MODELS FORMING IN
ACCORDANCE WITH ITS FORMS CHANGING IN THE PROCESS OF WEAR*

An approach to structurally – parameter cutting part models using for the evolution reflection of the instruments states. Possibility of construction of combined 3D – models of cutting part, formed on the basis of its initial geometry and on results periodic control of the worn down instrument by the system of technical vision using, is discussed.

В условиях современного машиностроения гибкие производственные модули (ГПМ) работают при ограниченном участии операторов. Нормальное функционирование ГПМ и его основных узлов обеспечивают соответствующие автоматизированные или автоматические системы поддержания работоспособности. Режущие инструменты (РИ) в структуре ГПМ относятся к объектам повышенного контроля, так как вследствие интенсивного изнашивания они быстро теряют работоспособность и переходят в состояние отказа. При разработке методов диагностирования состояний режущей части (РЧ) инструмента, соответствующего математического и программного обеспечения важная роль принадлежит выбору моделей состояния РИ. Такие модели с учетом специфических особенностей изнашивания, многообразия путей эволюции состояний режущей части должны отображать текущую структуру РЧ, тип ее дефектов и соответствующие параметры, определяемые по результатам контроля РИ. Модели должны быть пригодны для распознавания и прогнозирования как постепенных, так и внезапных отказов; как устранимых отказов (радиальный износ – подналадка РИ), так и неустранимых (скол РЧ).

Анализ предыдущих исследований [1] показал перспективность использования структурных (СМ) и структурно-параметрических (СПМ) моде-

лей режущей части РИ. Однако они применялись лишь для отображения отдельных состояний РЧ, вне рассмотрения эволюции РИ по мере износа. Кроме того, в СПМ отсутствовали параметры, характеризующие степень работоспособности изношенной режущей части РИ с позиций ее прочности. Известен ряд работ, посвященных созданию моделей напряженно – деформированного состояния РЧ с использованием метода конечных элементов - МКЭ ([2] и многие другие). Однако они в основном выполняются для моделей РЧ в исходном состоянии, без учета ее формоизменений с износом инструмента.

Целью настоящей статьи является изложение подходов к отображению изменений состояний РЧ с использованием СМ и СПМ, а также построения комбинированных 3D – моделей РЧ, формируемых с использованием результатов периодического контроля инструмента системой технического зрения (СТЗ).

Рассмотрим основные результаты исследований. Разработаны методы формирования моделей типа СМ и СПМ с использованием СТЗ, оснащенной одной или двумя телекамерами. В рамках данной работы приведены результаты, относящиеся к контролю, распознаванию состояния и построению моделей задних поверхностей резцов.

В результате периодического контроля РЧ формируются наборы цифровых изображений контактных поверхностей инструментов (здесь - резцов). Их обработка и распознавание позволяет выполнять качественную и количественную оценки формоизменений РЧ, что обеспечивает автоматическое формирование СМ (M^{L^1}) и СПМ (M^{L^2}). Количество распознанных элементов структуры РЧ определяет размерность матрицы, а распознанный класс каждого из элементов матрицы становится идентификатором одной из ее строк и соответствующего столбца. Матрица (таблица) структуры включает следующую информацию (Рис. 1): 1. набор распознанных элементов РЧ, т.е. совокупность идентификаторов столбцов и строк; 2. распознанные отношения между ними - отношения порядка следования, положения элементов РЧ (например – отношения соседства элементов) – остаточных исходных и вновь образованных (дефектов).

Приняты следующие обозначения элементов системы режущей части РИ: A_2^1, A_2^2 – изношенные участки задней поверхности; L_{21}^2, L_{22}^2 – неизношенные участки задней поверхностей; $Pr_{21}^1; Pr_{21}^2, Pr_{22}^2$ – проточки на главной, главной и вспомогательной задних поверхностях; Kn_{31}^2, Kn_{32}^2 – соответствующие канавки на режущих кромках; $L_{31}^2, L_{32}^2; A_{31}^2, A_{32}^2$ – неизношенные (остаточные) и активные участки РК; M^{L^1}, M^{L^2} – модели структур РЧ резца на моменты обработки t_1, t_2 ; M^{L^2} – простейший вариант структурно – параметрической модели (матрицы, в ячейках которых указываются параметры

соответствующего элемента структуры (дефекта) РЧ; X – пространство состояний РЧ размерности n , в котором выделены 2 класса – Ω_1^L, Ω_2^L .

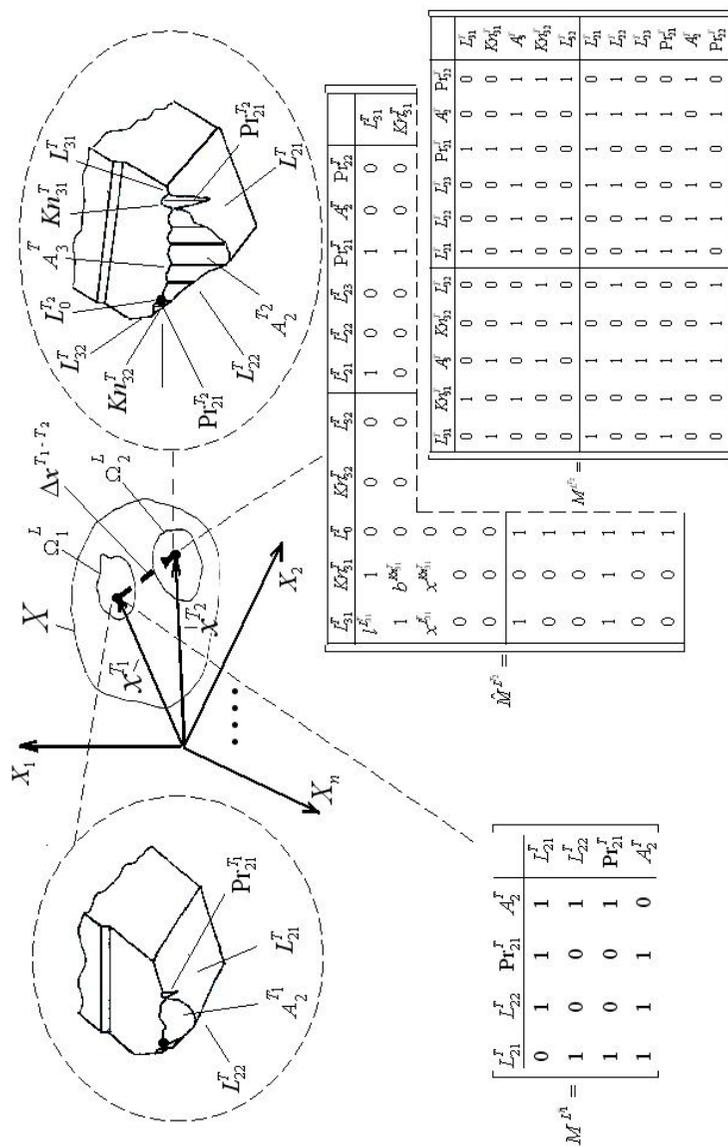


Рисунок 1 – Схематическое представление изменений состояний РЧ и ее отображения в пространстве состояний ИС, в структурных и структурно-параметрических моделях (матрицах)

По результатам контроля РЧ последовательно формируются вектора состояний x^{T_1}, x^{T_2} , принадлежность которых к одному из классов определяется с использованием статистического или нейросетевого нечеткого классификаторов. $\Delta x^{T_1-T_2}$ – вектор изменения состояния РЧ за соответствующий период времени.

СПМ для второго состояния резца (на момент обработки t_2) включает четыре зоны: левая верхняя отображает отношения соседства между элементами РК- L_3^T (1- элементы граничат, 0 - элементы не граничат); правая нижняя отображает аналогичные отношения между элементами задней поверхности (L_2^T); соответственно правая верхняя и левая нижняя отображают отношения между L_2^T и L_3^T .

Модели класса СМ и СПМ (здесь показаны лишь простые их варианты) компактны и удобны для хранения в базах данных разрабатываемой в настоящее время экспертной системы интеллектуального комплекса диагностирования и многопараметрического прогнозирования состояний РЧ инструментов.

По мере эксплуатации РИ постепенное увеличение площади изношенных поверхностей (площадок износа, контактных поверхностей) приводит к росту параметров напряженно-деформированного состояния, температур отдельных участков РЧ. Особенно ярко это проявляется в условиях неравномерного нагружения различных участков активной зоны РЧ (например – в условиях чистового и тонкого точения резцами с переходной криволинейной РК, где толщина среза переменна). Результатом этого количественного роста является накопление микродефектов и дефектов, рост макродефектов, что приводит к качественному скачку – изменению структуры РЧ вследствие микровыкрашиваний РК, выкрашиваний околоромочных зон. Развитие элементов $Pr_{21}^{T_2}, Pr_{22}^{T_2}$ приводит к ослаблению режущей части и иногда – к ее выкрашиванию. Изменение структуры РЧ вследствие накопления дефектов различного уровня сопровождается, как правило, существенными изменениями геометрии и микрогеометрии РК и околоромочных зон, что сопровождается локальным повышением интенсивности изнашивания.

Для прогнозирования вероятности разрушения РЧ очевидна необходимость периодической оценки напряженно – деформированного состояния. В большинстве публикаций, известных авторам, модели строятся для РИ черновой обработки, находящихся в исходном состоянии. Представляет интерес выполнение оценки прочности РЧ с использованием 2D и 3D моделей, в структуре которых отображены основные дефектные элементы структуры

реальных РИ. Для реализации этого предлагается создание комбинированных моделей, которые формируются с использованием параметров исходной формы и геометрии РЧ, а также образов РЧ, которые формируются с применением СТЗ.

Формирование 3D – моделей РЧ изношенного РИ (например, резца) по результатам его контроля одной или несколькими СТЗ может производиться с использованием двух схем.

Схема 1. Выполняется регистрация проекции (цифрового изображения) зоны износа передней поверхности РИ (A_1^T) на основную плоскость (R_V) с использованием одной телекамеры СТЗ (формируется проекция - $P_{R_V}^{A_1^T}$).

Далее производится выделение активного участка режущей кромки - $P_{R_V}^{A_3^T}$ ($P_{R_V}^{A_3^T} \in P_{R_V}^{A_1^T}$), формирование поверхности $Q^{A_3^T}$, направляющей которой служит $P_{R_V}^{A_3^T}$, образующей – линия, параллельная вектору скорости резания.

Затем следует определение B_2^T – линии пересечения поверхностей $Q^{A_3^T}$ и L_2^0 ($L_2^0 = (L_{21}^0 \cup L_{22}^0 \cup L_{23}^0)$); выделение зоны износа задней поверхности A_2^T ($A_2^T \subset Q^{A_3^T}$), ограниченной линиями A_3^T и B_2^T (принято допущение о равенстве нулю значения заднего угла вдоль всего участка A_3^T).

По данной схеме (рис. 2) износом по передней поверхности пренебрегаем, что правомочно для условий чистовой и прецизионной обработки.

Схема 2. Выполняется регистрация проекций (цифровых изображений) зон износа передней (A_1^T) и обобщенной задней (A_2^T) поверхностей с использованием двух телекамер СТЗ, т.е. формирование $P_{R_V}^{A_1^T}$ и $P_{R_S}^{A_2^T}$.

Затем производится формирование модели зоны A_2^T по изложенной выше схеме, формирование модели зоны A_1^T по специальной схеме, сопоставление моделей зон и их прототипов (контуров, выделенных на цифровых изображениях), оценка точности моделей.

Реализация указанных схем возможна с использованием геометрического моделирования зон износа РЧ в пакете Autodesk Inventor, в котором строятся модели исходного и текущих состояний РЧ (рис. 2.а - д) и выполняются предварительные расчеты напряженно – деформированного состояния РЧ.

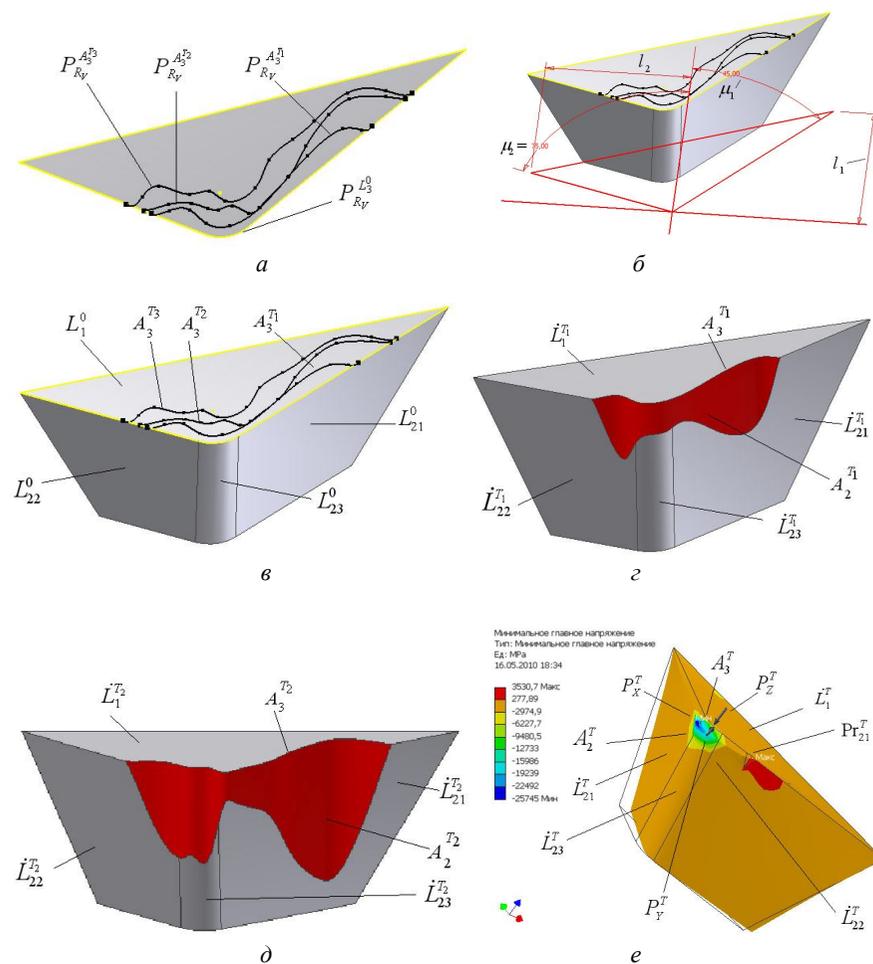


Рисунок 2 – Примеры отображения изменений формы и пространственного положения режущих кромок резца по мере его износа на 2D (а) и 3D(в) моделях РЧ резца для тонкого точения; схема к построению 3D - модели (б), результаты моделирования двух текущих состояний РЧ с использованием контуров смещения РК (г, д) и пример предварительных результатов расчета напряженного состояния РЧ (е)

По цифровым изображениям изношенной РЧ выделяем контуры смещения РК (рис. 2.а - $K_1^{A_3^T}$, $K_2^{A_3^T}$, $K_3^{A_3^T}$, где: $K_1^{A_3^T} = P_{R_V}^{A_3^T} \cup P_{R_V}^{L_2^0}$, $K_2^{A_3^T} = P_{R_V}^{A_3^T} \cup P_{R_V}^{L_2^0}$, $K_3^{A_3^T} = P_{R_V}^{A_3^T} \cup P_{R_V}^{L_2^0}$, $K_1^{A_3^T} \in K_2^{A_3^T}$, $K_2^{A_3^T} \in K_3^{A_3^T}$, $K_1^{A_3^T} \in K_3^{A_3^T}$).

Цифровые контуры, распознанные в структуре цифрового изображения зоны A_1^T и определенные в его системе координат, трансформируются и воспроизводятся в системе координат 2D (рис. 1.а) и 3D (рис. 1. б - д) моделей РЧ. Примеры предварительных оценок прочности РЧ реза, в структуре которого распознаны зона A_2^T и проточина на главной РК (Pr_{21}^T), с использованием МКЭ приведены на рис.2.е. В настоящее время авторами производится дальнейшая обработка 2D - и 3D - моделей РЧ изношенных РИ, уточнение условий закрепления и нагружения РИ, комплекса параметров материалов РЧ и других граничных условий выполнения расчетов.

Выводы.

1.Изложен подход к использованию структурно - параметрических моделей режущей части для отображения эволюции состояний инструмента. Показана возможность построения комбинированных 3D – моделей РЧ, формируемых на основе исходной ее геометрии и по результатам периодического контроля изнашиваемого инструмента системой технического зрения. Модели класса СМ и СПМ (здесь показаны лишь простые их варианты) компактны и удобны для хранения в базах данных разрабатываемой в настоящее время экспертной системы интеллектуального комплекса диагностирования и многопараметрического прогнозирования состояний РЧ инструментов.

2. Изложен подход к формированию моделей для периодической оценки прочности РЧ по результатам автоматического контроля состояний инструментов. Планируется дальнейшая обработка 2D и 3D моделей РЧ изношенных РИ, уточнение условий закрепления и нагружения РИ, комплекса параметров материалов РЧ и других условий. Полученные предварительные результаты показали хорошее совпадение построенных моделей РЧ с образцами режущей части, регистрируемыми двумя телекамерами СТЗ. Это свидетельствует, по мнению авторов, о перспективности изложенного подхода.

Список использованных источников: 1. Дерев'янченко О.Г. Диагностивання станів різальних інструментів при прецизійній обробці/ О.Г. Дерев'янченко, В.Д. Павленко, А.В. Андрєєв. – Одеса: Астропрінт, 1999. – 184 с. 2. Криворучко Д.В., Сторчак М.Г., Залого В.А. Моделирование процессов обработки материалов резанием / Оборудование и инструмент для профессионалов. -2009. № 4 (115), С. 46 – 48.

Статья представлена в редколлегию 25.05.2011

Bibliography (transliterated): 1. Derev'janchenko O.G. Diagnostuvannja staniv rizal'nih instrumentiv pri precizijnij obrobci/ O.G. Derev'janchenko, V.D. Pavlenko, A.V. Andreev. – Odesa: Astroprint, 1999. – 184 s. 2. Krivoruchko D.V., Storchak M.G., Zaloga V.A. Modelirovanie processov obrabotki materialov rezaniem / Oborudovanie i instrument dlja professionalov. -2009. № 4 (115), S. 46 – 48.