

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТА С УЧЕТОМ АНАЛИЗА СТАБИЛЬНОСТИ ЕЕ СТРУКТУРЫ

Деревянченко А.Г., докт. техн. наук, Косс Е.В., канд. техн. наук,
Синьковский А.С., канд. техн. наук, Овчаренко А.В., студент
(Одесский национальный политехнический университет)

Изложен подхода к оценке остаточного ресурса инструмента на основе анализа изменений структуры его режущей части, которые произошли вследствие изнашивания. Распознавание комплекса дефектных элементов структуры обеспечивает возможность выполнения прогнозирования остаточного ресурса инструмента на основе использования комплекса моделей отказа режущей части

Введение и постановка задачи. Важной задачей современного машиностроения является сокращение расходов на дорогостоящие режущие инструменты (РИ). Одним из путей ее решения является создание методов автоматического контроля и диагностирования состояний РИ, определения моментов рациональной их смены на основе периодических оценок остаточного ресурса режущей части (РЧ). Как показано нами в работе [1], РЧ в процессе эксплуатации представляет собой систему элементов с переменной структурой. Вследствие действия различных механизмов изнашивания при резании происходит возникновение и развития разнообразных дефектов Контактных поверхностей. В условиях тонких срезов, на операциях финишной обработки ввиду сложности формы РЧ ее изнашивание, накопление и распределение дефектов вдоль контактных поверхностей происходит крайне неравномерно [1, 2]. Указанное приводит к большому разбросу значений стойкости (ресурса) даже в пределах партии однотипных РИ.

Целью работы является изложение подхода к оценке (прогнозированию) остаточного ресурса инструмента с учетом изменений структуры его режущей части, которые произошли вследствие изнашивания РИ.

Результаты исследований. В работе [1] нами показаны многочисленные экспериментальные данные, отображающие переменность структуры РЧ при тонких срезах. Приведем экспериментальные данные других авторов. На рис. 1 приведены графики интенсивности изнашивания по задней поверхности резцов из быстрорежущей стали в условиях вибраций различных частот - материалам работы [2, рис. 164]. Сохранена структура исходных рисунков [2], для упрощения их описания добавлены номера наблюдавшихся последовательностей состояний РИ (цифры в кружках). Не акцентируя внимание на физико – механических особенностях процесса резания, обусловивших появление этих последовательностей, остановимся на анализе формы зависимостей $h_{\zeta} = F(T)$ и приведенных схемах структур режущей части резцов. Анализ графиков позволил установить наличие нескольких моделей изменения состояний режущей части резца. При резании без вибраций

(при “спокойном резании” – графики 1, 4 на рис. 1) не происходит изменение класса формы зон износа РЧ, т.е. не происходит изменение структуры режущей части РИ в течение всего периода стойкости. При резании с вибрациями (графики 2, 3, 5, 6 на рис. 1) имеют место изменения класса формы зон износа РЧ, т.е. происходят изменения структуры режущей части РИ в течение периода стойкости, сопровождающиеся резкими изменениями интенсивности изнашивания.

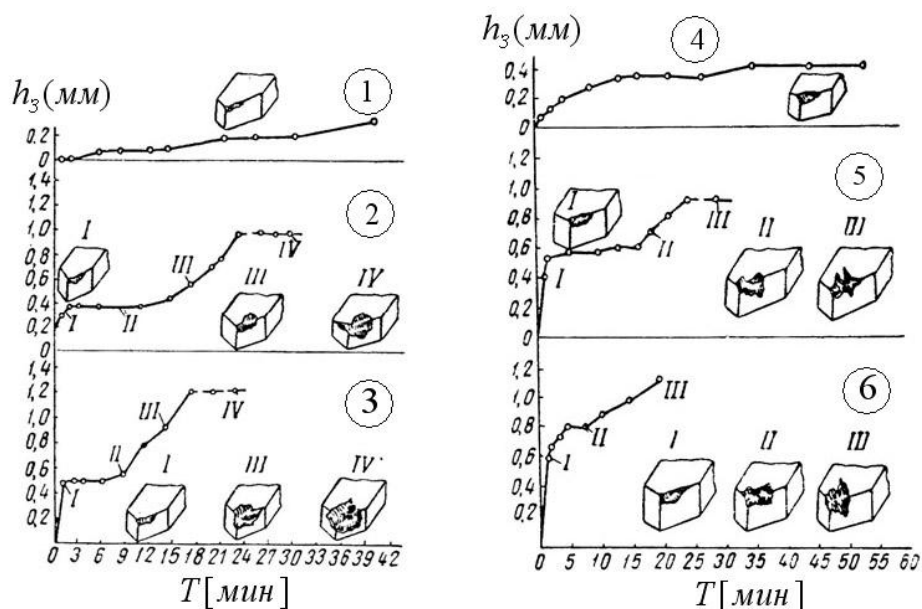


Рис. 1. Графики интенсивности изнашивания резцов из быстрорежущей стали по задней поверхности в зависимости от частоты вибраций [2]: 1, 4 – спокойное резание, 2 – $\nu_p = 1585 \text{ \AA}\ddot{o}$; 3 – $\nu_p = 825 \text{ \AA}\ddot{o}$; 5 – $\nu_p = 1860 \text{ \AA}\ddot{o}$; 6 – $\nu_p = 925 \text{ \AA}\ddot{o}$.

События подобного плана (однако с совершенно иными моделями динамики формоизменений), происходящие со структурой режущей части резцов для тонкого точения, неоднократно наблюдали авторы этой работы. Рассмотренные материалы подтверждают необходимость распознавания классов формы зон износа РЧ в процессе резания и фиксации моментов их изменений.

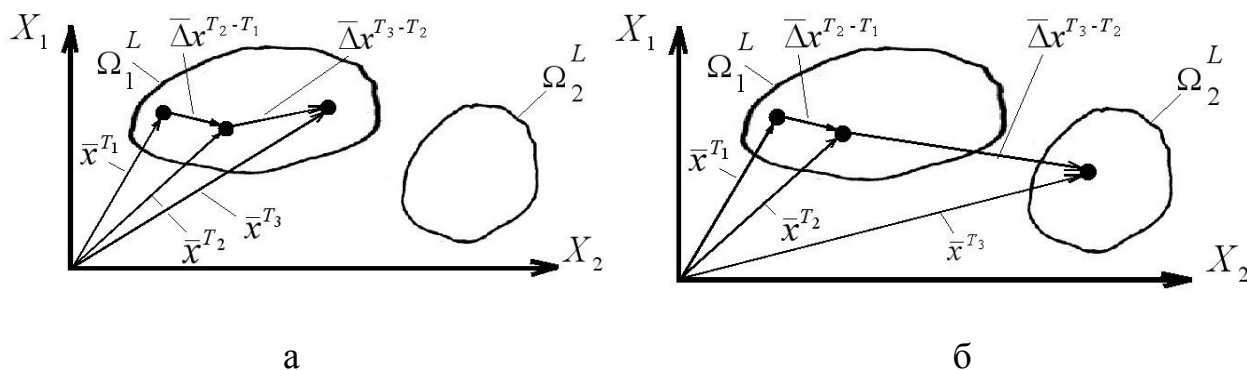


Рис. 2. Представление динамики состояний режущей части резцов в пространстве признаков формы зон износа задних поверхностей: а – в пределах одного класса формы (структуры) РЧ, б – с переходом к другому классу формы (структуры) РЧ.

Режущую часть РИ в процессе эксплуатации рассматриваем как систему с переменной структурой, которая в результате действия различных факторов процессов резания и изнашивания может находиться в одном из состояний, характеризующихся, например, классом формы макродефекта – контура износа задней поверхности инструмента. Два варианта динамики состояний режущей части резцов в пространстве двух признаков формы зон износа задних поверхностей (X_1, X_2) отображены на рис. 2.

Использованы следующие обозначения: $\bar{x}^{T_1}, \bar{x}^{T_2}, \bar{x}^{T_3}$ – векторы признаков для трех последовательных состояний РЧ в моменты T_1, T_2, T_3 процесса изнашивания, Ω_1^L, Ω_2^L – 2 класса состояний РЧ, $\Delta x^{T_2-T_1}, \Delta x^{T_3-T_2}$ – векторы изменений состояний РЧ.

На рис. 2.а представлен вариант изменения состояний РЧ в пределах одного класса (дефекты, новые элементы структуры РЧ за период времени $\Delta T = (T_3 - T_1)$ качественно не изменились, но выросли в размерах). На рис. 2.б представлен вариант изменения состояний РЧ, в котором за период времени $\Delta T = (T_3 - T_2)$ произошло изменение класса состояния РЧ вследствие появления новых дефектов – новых элементов структуры изношенного РИ.

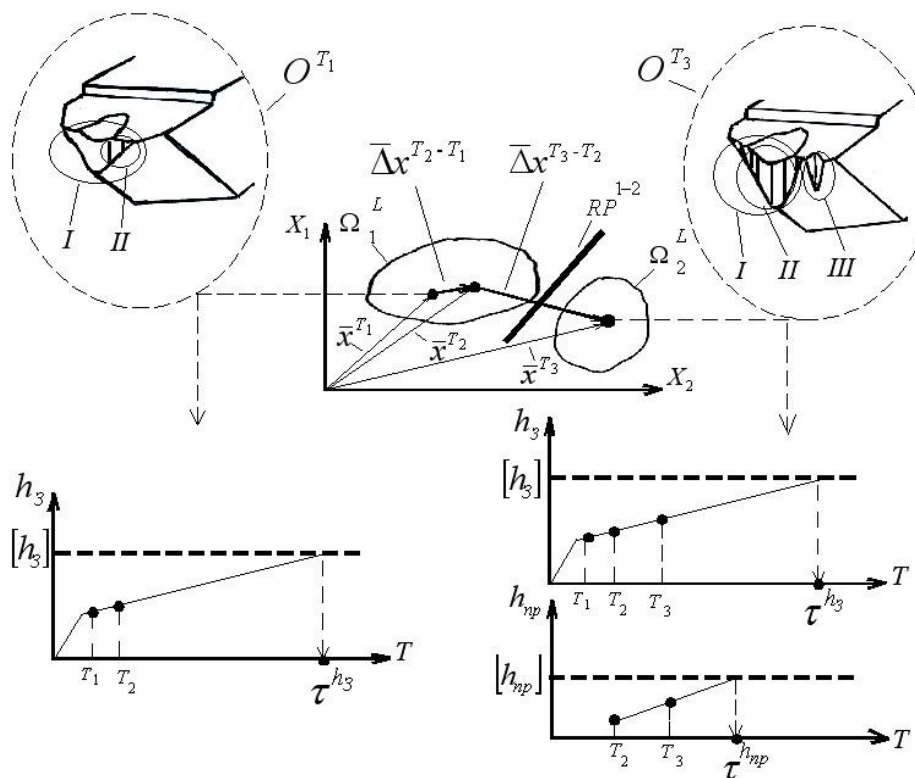


Рис. 3. Схематическое представление события изменения класса структуры РЧ в процессе резания и соответствующих моделей прогнозирования остаточного ресурса РИ.

Иллюстрация рассмотренных вариантов представлена на рис. 3. В пространстве рисунка приведены образы состояний РЧ (O^{T_1}, O^{T_3}), отображающие различие структур. Дефекты (дефектные элементы структур РЧ) обозначены

так: I – собственно зона износа задней поверхности РИ; II – следы концентрированного износа в этой зоне; III – проточина вне зоны I.

Приняты обозначения: RP^{1-2} - решающее правило (граница между классами состояний); h_C - максимальная ширина износа задней поверхности (условно – признак X_1); $[h_C]$ - предельно допустимое значение h_C (первый критерий отказа); τ^{h_C} - прогнозируемый ресурс РИ по критерию h_C ; $h_{i\delta}$ - максимальная ширина проточки (условно – признак X_2); $[h_{i\delta}]$ - предельно допустимое значение $h_{i\delta}$ (второй критерий отказа); $\tau^{h_{i\delta}}$ - прогнозируемый ресурс РИ по критерию $h_{i\delta}$.

Каждый из названных выше типов дефектов может привести к отказу РИ: для I - достижение предельной площади контакта между задней поверхностью РИ и заготовкой; для II – выход следов концентрированного износа на формообразующий участок режущей кромки; для III – достижение ширины (т.е., и глубины) проточки значения, при котором произойдет скол вершины РЧ. Для упрощения на рис. 3 класс состояния РЧ, соответствующий II, как и график прогноза, не показаны. Очевидно, что из результатов прогноза $(\tau^{h_C}, \tau^{h_{i\delta}})$ выбирается наименьшее значение ресурса, которое передается в автоматизированную систему инструментального обеспечения станка для подготовки замены РИ в предотказном состоянии. После каждого нового акта контроля РИ и распознавания элементов текущей структуры РЧ происходит уточнение результатов прогноза.

Процесс изнашивания (накопления дефектов РЧ) вследствие существования процессов появления дефектов (потоков событий) может быть рассмотрен как однородная марковская цепь. Поток событий называют последовательность однородных событий, появляющихся одно за другим в случайные моменты времени [3]. Если области классов Ω_1^L, Ω_2^L пересекаются, то существует зона перехода от одного класса формы износа к другому. Здесь состояния РЧ распознаются нечетко. Например, состояние РЧ с вероятностью $P_{ij} = 0,65$ принадлежит классу износа с образованием проточки, и с вероятностью $0,35$ – равномерному износу. Матрица переходных вероятностей для двух классов формы износа РЧ будет иметь следующий вид:

$$\|P_{ij}\| = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{21} \end{vmatrix}, \text{ а после подстановки данных - } \|P_{12}\| = \begin{vmatrix} 0,65 & 0,35 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Построение матриц переходов требует тщательного статистического анализа значительных наборов данных, что будет выполнено в дальнейших исследованиях. Изложенный подход к оценке остаточного ресурса РИ с учетом изменений структуры режущей части может быть использован, по мнению авторов, при разработке систем автоматизированного контроля и диагностирования состояний инструментов в современных станочных системах.

Выводы. Изложен подхода к оценке остаточного ресурса инструмента на основе анализа изменений структуры его режущей части, которые произошли вследствие изнашивания. Распознавание комплекса дефектных элементов структуры обеспечивает возможность выполнения прогнозирования остаточно-

го ресурса інструмента на основі використання комплексу моделей відмови режущої частини.

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. Аваков А.А. Физические основы теории стойкости режущих инструментов. – М.: Машгиз. – 1960. – 305 с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Задачи и упражнения по теории вероятности. – М.: Академия. – 2003. – 448 с.

Анотація

Оцінка залишкового ресурсу різальної частини інструменту з урахуванням аналізу стабільності її структури

Викладено підхід до оцінки залишкового ресурсу інструменту на основі аналізу змін структури його різальної частини, які відбулися унаслідок зношування. Розпізнавання комплексу дефектних елементів структури забезпечує можливість виконання прогнозування залишкового ресурсу інструменту на основі використання комплексу моделей відмови різальної частини

Abstract

Estimation of cutting part remaining resource of instrument taking into account the analysis of its structure stability

Expounded going near the estimation of remaining instrument resource on the basis of analysis of changes structures of his cutting part, which happened because of wear. Complex of structure imperfect elements recognition is provided by possibility of implementation of remaining instrument resource prognostication on the basis of drawing on the complex of cutting part refuse models