

УДК 621.9:681.518

В.А. Залога, д-р техн. наук, Р.Н. Зинченко, канд. техн. наук, Сумы, Україна

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В даній статті розроблено методіку попереднього настроювання системи діагностики стану різального інструмента при точінні, яка не потребує проведення повнорозмірних експериментів для її настроювання. Характерною особливістю даної методіки є те, що вона основана на попередніх експериментах з моделювання процесу різання зношеним інструментом за допомогою методу скінчених елементів, для чого необхідно, щоб система діагностування стану різального інструменту мала можливість видавати у процесі обробки різанням інформацію о силі різання. Для реалізації вищезазначеної методіки розроблено методіку побудови 3D моделі різальної частини інструменту та розроблено САПР за даної методікою в системі PowerShape.

В данной статье разработана методика предварительной настройки системы диагностики состояния режущего инструмента при точении, не требующая проведения полноразмерных экспериментов для ее настройки. Характерной особенностью данной методики является то, что она основана на предварительных экспериментах по моделированию процесса резания изношенным инструментом методом конечных элементов, для чего необходимо, чтобы система диагностики режущего инструмента могла выдавать в процессе обработки резанием информацию о силе резания. Для реализации вышеуказанной методики разработана методика построения 3D модели режущей части инструмента и разработана САПР по данной методике в системе PowerShape.

In this paper, was developed the technique of pre-setting system diagnostics of cutting tools for turning, which do not require a full-size experiments to set it up. A characteristic feature of this method is that it is based on pre-setting experiments on modeling of cutting with cutting tool with flank wear by finite element method, which requires the system to diagnose the cutting tools could produce during machining information about the power of cut. To implement the above procedure was developed a method of constructing a 3D model of the cutting tool and developed a CAD system using this technique in the PowerShape.

В процессе механической обработки резанием состояние инструмента, изменяющееся вследствие процесса изнашивания, является одним из важнейших факторов, влияющих как на качество обработанной поверхности, так и на все остальные его технико-экономические показатели. Интенсивность изнашивания инструмента в процессе резания в значительной мере зависит от пары «обрабатываемый – инструментальный» материалы и принятых условий обработки. Следует отметить, что при условии обработки относительно больших партий заготовок (крупносерийный и массовый тип производств) работоспособность инструмента может оцениваться, например,

таким параметром (критерием), как период его стойкости, который при достижении им значения, соответствующего критической (допустимой) величине износа режущей (рабочей) части, более или менее достоверно свидетельствует о моменте замены инструмента. Однако, при единичном и мелкосерийном, а, следовательно, и многономенклатурном, типах производств, характерных для современного машиностроения, такой критерий является практически непригодным, но, вместе с тем, при реализации таких видов работы рабочему – станочнику (оператору) необходимо иметь не только возможность контроля текущего состояния инструмента на протяжении всего времени его работы, но и управления им. Особенно это является крайне необходимым при обработке труднообрабатываемых материалов дорогостоящим инструментом, а также при комбинировании различных видов обработки одним инструментом (продольное точение, подрезание торца, фасонное точение и др.), когда, с одной стороны, требуется максимальное использование ресурса инструмента и получение экономического эффекта от его использования, а, с другой стороны, с целью обеспечения отсутствия брака, своевременная остановка процесса резания и замена изношенного инструмента или его режущей части. В указанных случаях наиболее целесообразным и оправданным является использование систем диагностики состояния режущего инструмента (СДСРИ) как непосредственно в процессе резания, так и за его пределами [1].

Известно [1], что для нормальной работы любой системы диагностики (СД) сначала в ее базе данных (рис. 1) должна быть накоплена необходимая для диагностирования информация (база данных), которая позволяла бы ей принимать решение, соответствующее действительному состоянию как отдельно взятого инструмента, так технической (обрабатывающей) системы в целом. Для этого необходимо произвести сопоставление значений информативных показателей с эталоном (рис. 2), который соответствует величине диагностируемого параметра, например, величины износа по задней поверхности инструмента.

Решение этой задачи сводится либо к поиску информации в различных литературных источниках и наполнению из них базы данных, причем в этом случае приходится доверять достоверности результатов, полученных другими исследователями, либо к самостоятельному проведению дополнительных (наладочных) экспериментов, что может оказаться более достоверным, однако и более затратным вариантом, особенно при обработке дорогостоящим инструментом дорогостоящих и, как правило, труднообрабатываемых материалов.

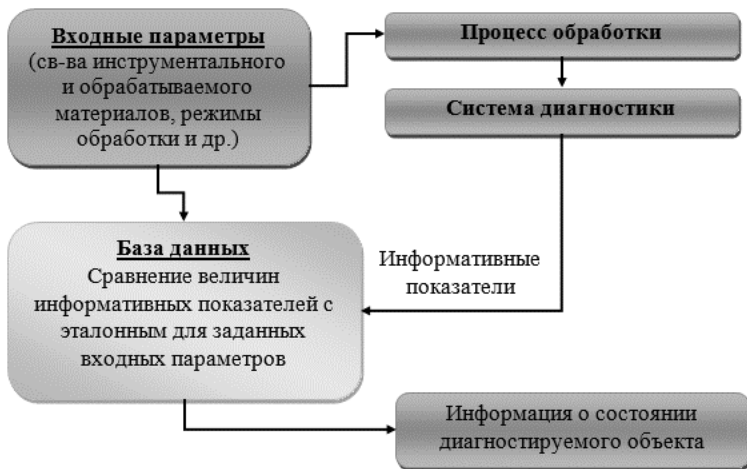


Рисунок 1 – Схема работы системы диагностирования [1]



Рисунок 2 – Схема создания базы данных в системе диагностики [1]

Второй подход может окупиться, чаще всего, только при высокой серийности. Можно также подстраивать уже имеющуюся СД в процессе обработки детали, что в условиях малой серийности и большой номенклатуры обрабатываемых деталей может являться в достаточной мере приемлемым. Этот метод тоже является в достаточной степени достоверным, но требующим определенных навыков у рабочего-станочника, т.е. требующим его более высокой квалификации. В настоящее время наиболее интересным вариантом является предварительная настройка СДСРИ. Как

правило, для проведения настройки СДСРИ некоторые авторы прибегают к предварительным натурным экспериментам [2-4 и др.], по результатам которых они настраивают экспертную подсистему СД на основе нечеткой логики [5], искусственных нейронных сетей [6,3], генетических алгоритмов [7] и, гибридных систем, построенных на нейронечетких системах [8], на основе вейвлет анализа [9,10] и др., что для формирования базы знаний является крайне неудобным.

Цель работы: разработка методики предварительной настройки системы диагностики состояния режущего инструмента при точении.

В связи с этим предлагается методика, которая основана на предварительных виртуальных экспериментах, которые заключаются в моделировании процесса резания изнашивающимся инструментом с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Для этого необходимо выполнение определенных требований, основанных на том, что в процессе моделирования процесса резания с помощью МКЭ решатель LSDYNA позволяет получать параметры напряженно-деформированного состояния элементов системы резания и текущие значения силы резания [11, 12].

Эти требования к СД могут быть сформулированы следующим образом :

1) необходимо, чтобы СДСРИ могла выдавать в процессе обработки информацию о силе резания. Такими методами могут быть методы, построенные либо на непосредственном измерении сил резания или мощности резания, либо на возможности функционального определения этих показателей в процессе резания;

2) если СДСРИ может выдавать в процессе обработки информацию о силе резания, то должна быть установлена корреляционная связь между информативным показателем того метода, на котором построена СДСРИ, и силой или мощностью резания.

В связи с вышесказанным, вытекает практическая необходимость создания комбинированного метода диагностики состояния режущего инструмента, который бы не только позволял осуществлять собственно процесс диагностирования (например, с помощью акустического излучения, акустической эмиссии и др.), но и обеспечивать возможность функционального определения в процессе обработки силы или мощности резания. Такой комбинированный метод позволит СДСРИ значительно повысить точность диагностирования, особенно в случае случайных колебаний информативных показателей одного из методов диагностики, входящих в СДСРИ. Следует отметить, что для реализации второго требования для настройки СД необходимо проведение некоторых экспериментов для установления корреляционных связей между износом инструмента и силой (или мощностью) резания, а также износом инструмента

и информативными показателями принятого метода диагностики, входящего в состав комбинированной СД.

Предлагаемый метод предусматривает следующую последовательность процедур, связанных с предварительной настройкой СДСРИ (рис. 3).



Рисунок 3 – Алгоритм методики предварительной настройки СД состояния режущего инструмента

Этап 1. На данном этапе необходимо ввести исходные данные о режимах резания (V, S, t), геометрии инструмента (передний и задний углы, главный и вспомогательный углы в плане, угол наклона режущей кромки) и его габаритах, а также характеристики обрабатываемого и инструментального материалов.

Этап 2. На данном этапе строятся модели инструмента (с учетом степени его износа в данный момент процесса резания) и заготовки в соответствии с геометрическими параметрами режущей части, введенными на первом этапе по методикам, представленным в [13]. Модель заготовки строится вручную, а для построения модели инструмента разработана САПР в среде Delphi которая использует встроенный язык макросов системы PowerShape

(программний продукт гібридного моделювання компанії Delcam). Окно розробленої програми (САПР) представлено на рис. 4. Програма працює за алгоритмом, приведеному на рис. 5.

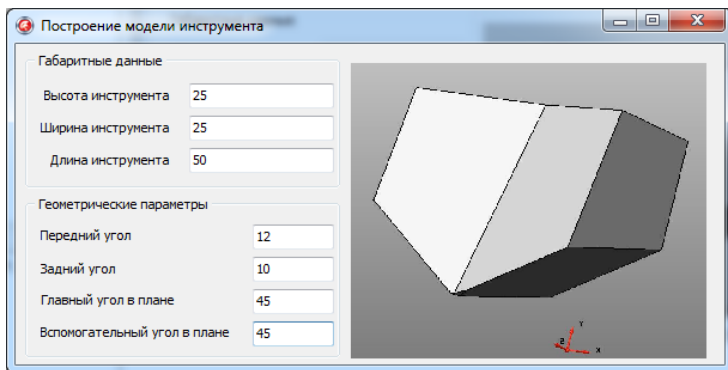


Рисунок 4 – Окно розробленої САПР для побудови моделі інструмента

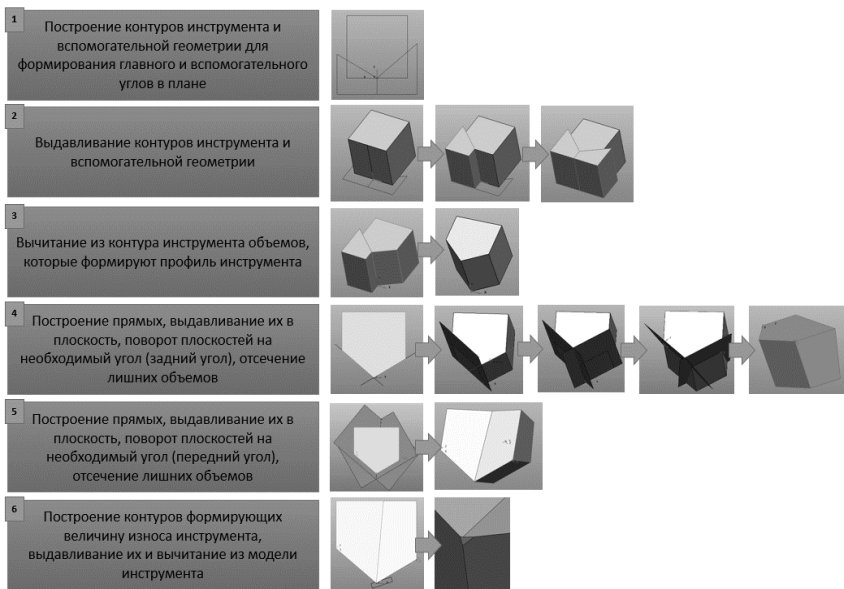


Рисунок 5 – Алгоритм роботи САПР інструмента

На первом этапе, формируется новая модель инструмента, позволяющая сформировать контуры заготовки для инструмента и предварительные контуры его режущей части, которые в дальнейшем сформируют главный и вспомогательный углы в плане (п. 1). На втором этапе эти контуры - контур заготовки будущей модели инструмента и контур режущей части, который будет формировать главный и вспомогательный углы в плане, – выдавливаются (п. 2). На третьем этапе сформировавшиеся объемы вычитаются из объема заготовки инструмента (п. 3). На четвертом этапе вдоль главной и вспомогательной режущих кромок строятся прямые, которые длиннее режущих кромок, и при помощи команды формирования поверхностей методом выдавливания превращаются в плоскости и поворачиваются под задним углом. С помощью команды отсечения поверхностью [13,14] отсекают от заготовки инструмента «ненужные» объемы, формируя модель инструмента с заданными главным и вспомогательным задними углами (п. 4). Аналогичным способом на пятом этапе формируются главный и вспомогательный передние углы (п. 5). На заключительном шестом этапе формируется контур, который после выдавливания и вычитания из модели инструмента «ненужных» объемов, формирует модель инструмента с заданной величиной износа (п. 6).

Этап 3. После построения модели изношенного инструмента и заготовки, накладывается конечно-элементная сетка в программе LS-PrePost, окно которой представлено на рис. 6, по методике, представленной в [11 и 12], и выполняются расчеты в программном продукте Ansys (этап 4), после чего для оценки соответствующего состояния инструмента (степени его износа) необходимо извлечь данные о силе резания (этап 5) и обучить этим данным экспертную подсистему СДСРИ (этап 6).

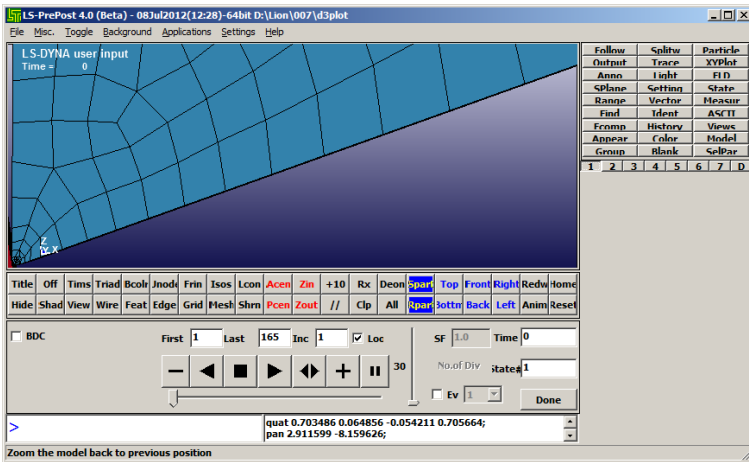


Рисунок 6 – Окно программы LS-PrePost

Выводы:

1) разработана методика предварительной настройки СДСРИ при точении, не требующая проведения полноразмерных экспериментов для настройки СДСРИ;

2) характерной особенностью данной методики является то, что она основана на предварительных экспериментах по моделированию процесса резания изнашивающимся инструментом методом конечных элементов (МКЭ), для чего необходимо, чтобы система диагностики режущего инструмента могла выдавать в процессе обработки информацию о силе резания;

3) для реализации вышеуказанной методики разработана методика построения 3D модели режущей части инструмента и разработана САПР по данной методике в системе PowerShape;

4) для повышения точности диагностирования, особенно в условиях случайных колебаний информативных показателей одного из принятых методов диагностики, а также для реализации разработанной методики предварительной настройки СДСРИ, предложено создание комбинированной СДСРИ, содержащей помимо метода диагностики, на котором уже построена СДСРИ, также в своем составе и метод диагностики, который позволяет получать информацию о силе (или мощности) резания.

Список использованных источников: 1. *Залого В.А.* Новая структура системы диагностирования состояния режущего инструмента, основанная на использовании правил нечеткой логики и систем искусственного интеллекта [Текст] / В.А. Залого, Р.Н. Зинченко, А.В. Гонщик // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Технические науки. – 2011. – Вып. 27. – С. 46-52. 2. *R.G. SILVA.* Tool wear monitoring of turning operations by neural network and expert system classification of a feature set generated from multiple sensor / R.L. Reuben, K. J. Baker and, S.J. Wilcox // Mechanical Systems and Signal Processing (1998) 12(2), 319-332. 3. *Зинченко Р.Н.* Повышение эффективности точения за счет диагностики износа инструмента по акустическому излучению: Дисс. ... канд. техн. наук:05.03.01. – Харьков, 2005. – 188 с. 4. *Деревянченко А.Г.* Распознавание состояний режущих инструментов интегрированных производств. [текст]/А.Г. Деревянченко, В.Д. Павленко; «шпучний інтелект» 4'2006 – 2006. 5. *P. Arabshahi.* Adaptation of Fuzzy Inferencing: A Survey / P. Arabshahi, R.J. Marks, R. Reed // Department of Electrical Engineering, University of Washington FT-10 Seattle, WA 98195 USA. 6. *R.G. Silva.* A neural network approach to tool wear monitoring / R.L. Reuben, K.J. Baker, S.J. Wilcox // department of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of Glamorgan, Pontypridd, Mid Glamorgan. UK 7. *Sofiane Achichea, Marek Balazinska, Luc Barona, Krzysztof Jemielniak.* Tool wear monitoring using genetically-generated fuzzy knowledge bases, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2002, Vol. 15, pp. 303–314. 8. *V.S. Shama, S.K. Shama, A.K. Shama.* Cutting tool wear estimation for turning, Journal of Intelligent Manufacturing, 2008, Vol. 19, pp. 99 – 108. 9. *Хвостиков А.С.* Диагностика износа режущего инструмента на основе вейвлет-анализа сигнала виброакустической эмиссии: дис... кандидата технических наук : 05.03.01 / Хвостиков Александр Станиславович; [Место защиты: Комсомольск-на-Амуре гос. техн. ун-т]- Комсомольск-на-Амуре, 2007. – 157 с.: ил. РГБ ОД, 61 07-5/4967 10. *Litao Wang.* Tool wear monitoring in reconfigurable machining systems through Wavelet analysis / G. Mostafa, Mehrabi, Elijah Kannatey-Asibu // Engineering Research Center for Reconfigurable Machining Systems University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-2125. 11. Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы: монография / Д.В. Криворучко, В.А.

Залога; под общ. ред. В.А.Залоги. – Сумы: Университетская книга, 2012. – 435с. **12.** Основи 3D-моделювання процесів механічної обробки методом скінченних елементів //Д.В. Криворучко, В.О. Залога, В.Г. Корбач. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 208 с. **13.** Библиотека автоматизации построений и создания САПР в системе POWERSHAPE с использованием объектно-ориентированного языка программирования DELPHI [Текст] / В. А. Залога, Р. Н. Зинченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. – 2010. – Вип. 26. – С. 239-247. **14.** Методичні вказівки до практичної роботи "Система PowerShape. Інтерфейс системи" з курсу "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві" [Текст]: для студ. спец. 7.090203 «Металорізальні верстати та системи», 7.090204 "Інструментальне виробництво" усіх форм навчання / В.О. Залога, Р.М. Зінченко. – Суми: СумДУ, 2009. – 66 с. – 5-78 **15.** Методичні вказівки до практичної роботи "Система "PowerShape". Поверхнєве моделювання" з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві" [Текст]: для студ. спец. 7.090203 "Металорізальні верстати та системи", 7.090204 "Інструментальне виробництво" усіх форм навчання / В.О. Залога, Р.М. Зінченко. — Суми: СумДУ, 2010. – 177 с.

Поступила в редакцію 04.07.2013