

ОДНОСТУПЕНЧАТОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗА СЧЕТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Толкачев А.Н.

*Научно-образовательный центр воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей»
им. Академика В.П. Ефремова, Москва;
АО «Брянский автомобильный завод», Брянск*

Ключевые слова: одноступенчатое технологическое обеспечение, автоматизированная система, эксплуатационное свойство, износостойкость, комплексный параметр качества, автоматизированная система научных исследований.

Аннотация. Предложено использование комплексного параметра C_x для оценки качества поверхности трения при обеспечении износостойкости деталей машин. Приведен пример самообучающейся технологической системы с адаптивным управлением параметром качества поверхностного слоя деталей машин. Приведена схема автоматизированной системы научных исследований включенной в систему автоматизированного обеспечения заданного эксплуатационного свойства при обработке.

ONE-STAGE MAINTENANCE OF THE OPERATIONAL PROPERTY OF MACHINE PARTS DURING MACHINING BY MEANS OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Tolkachev A.N.

*Science and Education Center for Aerospace Defense "Almaz-Antey", Moscow;
AO Bryansk Automobile Plant, Bryansk*

Keywords: single-stage technological support, automated system, operational property, wear resistance, complex quality parameter, research automation system.

Abstract. The use of complex parameter C_x for estimation of friction surface quality when ensuring wear resistance of machine parts is proposed. An example of self-learning technological system with adaptive control of the quality parameter of the surface layer of machine parts is given. The scheme of the automated system of scientific researches included in the system of automated maintenance of the set operational property at processing is resulted.

Изготовление деталей машин с формообразованием за счет удаления части поверхностного слоя является лидирующим в современном машиностроении ввиду своей простоты, доступности используемых материалов и дешевизны производства по сравнению с другими видами производств. Существует практика решения задачи технологического обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин (износостойкости, контактной жесткости, усталостной прочности и др.) в два этапа. На первом этапе по заданной величине эксплуатационного свойства определяются параметры качества контактирующих поверхностей, так называемая задача конструктора. На втором этапе определяются условия механической обработки, обеспечивающие требуемые параметры качества поверхностного слоя этих поверхностей, соответственно для обеспечения заданной величины эксплуатационного свойства, задача технолога.

Сейчас развивается новое научное направление в технологии машиностроения – одноступенчатое технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин и их соединений, которое основывается на объединении и автоматизированном решении задач конструктора и технолога для определения оптимальных условий обработки деталей на стадии конструкторско-технологической подготовки производства. Для реализации автоматизированного технологического обеспечения рассматриваемого эксплуатационного свойства необходимы соответствующее алгоритмическое обеспечение и математические зависимости, отражающие взаимосвязь эксплуатационного свойства с условиями механической обработки. Например, зависимость вида

$$j_1 = C_{j_1} \cdot S^{x_1} \cdot v^{y_1} \cdot H \cdot B^{z_1}, \quad (1)$$

где j_1 – величина контактной жесткости при первом нагружении, МПа/мкм; s – величина подачи, мм/об; v – скорость резания, м/мин; HB – твердость материала по Бринелю, МПа; C_{j_1}, x_1, y_1, z_1 – коэффициенты модели.

Модель вида (1) отражает зависимость величина контактной жесткости при первом нагружении от режимов обработки (s и v).

В математическую модель (1) входят управляющие факторы величина подачи s и скорость резания v , с помощью которых можно управлять величиной эксплуатационного свойства (контактной жесткостью) во время механической обработки. Однако во время механической обработки непосредственный контроль величины эксплуатационного свойства (контактной жесткостью) невозможен. Поэтому для контроля данной величины во время механической обработки, например, при адаптивном управлении, необходимо использовать косвенный метод измерения. Для этого можно использовать математическую модель вида

$$j = C_j \cdot Pz^{x_f} \cdot T^{y_f}, \quad (2)$$

где j – величина контактной жесткости; C_j, x_f, y_f – коэффициенты модели; Pz – главная составляющая силы резания, Н; T – температура в зоне резания, °С.

Таким образом, модель (1) используются для управления величиной эксплуатационного свойства (контактной жесткостью) при механической обработке, а модель вида (2) для косвенного определения величины контактной жесткости на основании измеренных во время обработки силы резания Pz и температуры T в зоне резания при механической обработке.

Аналогичный подход может быть предложен для обеспечения такого эксплуатационного свойства как износостойкость. Износостойкость поверхность может характеризовать комплексный параметр качества поверхности C_x , используемый для оценки качества поверхности трения. Данный комплексный параметр C_x впервые был предложен профессором А.Г. Суловым, [1]. Он включает в себя параметры: шероховатости, волнистости, макроотклонения, так и физико-механических свойств.

$$C_x = \frac{(Ra \cdot Wz \cdot H \max)^{1/6}}{tm^{3/2} (1000 \cdot Sm)^{1/2} \cdot \left(\frac{H_{\mu \max}}{H_{\mu ish}} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{\sigma_b - \sigma_{ost}}{\sigma_a} \right) \cdot ty} \quad (3)$$

где σ – величина максимальных растягивающих напряжений, при точении наружных поверхностей; Ra , Wz , $H_{\max}$, Sm – стандартизованные параметры шероховатости по ГОСТ 2789-73; H_{μ} – поверхностная микротвердость, t_y – параметр фрикционной усталости.

Как видно из (3) данная модель устанавливает связь комплексного параметра только с параметрами качества поверхностного слоя. А для автоматического управления и обеспечения требуется иметь математическую модель вида

$$FMP_c = C_f \cdot P_z^{x_f} \cdot T^{y_f}, \quad (4)$$

где FMP_c – вычисленное значение эксплуатационного свойства на основе измеренных P_z и T ; P_z – главная составляющая силы резания, Н; T – температура в зоне резания, °C; C_f , x_f , y_f – коэффициенты модели.

Как было ранее сказано, математическая модель (4) используется в автоматизированной системе для косвенного определения текущего значения эксплуатационного свойства на основе измеренных P_z и T во время механической обработки при управлении.

Для управления эксплуатационным свойством требуется использовать модель, связывающую FMP с управляющими переменными s , v и t процесса резания, вида

$$FMP_c = C_u \cdot s^{x_u} \cdot v^{y_u} \cdot t^{z_u}, \quad (5)$$

где s , v , t – подача, скорость резания и глубина резания соответственно; C_u , x_u , y_u , z_u – коэффициенты модели.

На практике в процессе производства деталей выявляются дополнительные факторы, которые невозможно спрогнозировать и учесть на этапе назначения режимов обработки (ошибки при поставке материала, обработка материалов, производимых по ТУ с скрытыми характеристиками, среда обработки материалов, качество режущего инструмента и т.д.). Корректировку технологического процесса обработки материалов для обеспечения качества деталей, а также во избежание брака изготавливаемого изделия, или выхода из строя оборудования, возможно проводить средствами автоматизированной системы управления в режиме постоянного мониторинга входных параметров, получаемых как до начала обработки, так и в процессе обработки, с параллельным логированием необходимых параметров, с последующей оптимизацией режимов обработки.

Петрешин Д.И. в работе «Разработка и создание самообучающейся технологической системы с адаптивным управлением параметрами качества поверхностного слоя деталей машин» [2] предложил структуру автоматизированной системы для обеспечения параметров качества поверхностного слоя.

Для реализации автоматизированной системы обеспечения заданного эксплуатационного свойства необходимо совместно с предложенной системой (см. рис. 1) использовать автоматизированную систему научных исследований (АСНИ) износостойкости [2]. Данные системы должны быть взаимосвязаны для решения поставленной задачи (рис. 2).

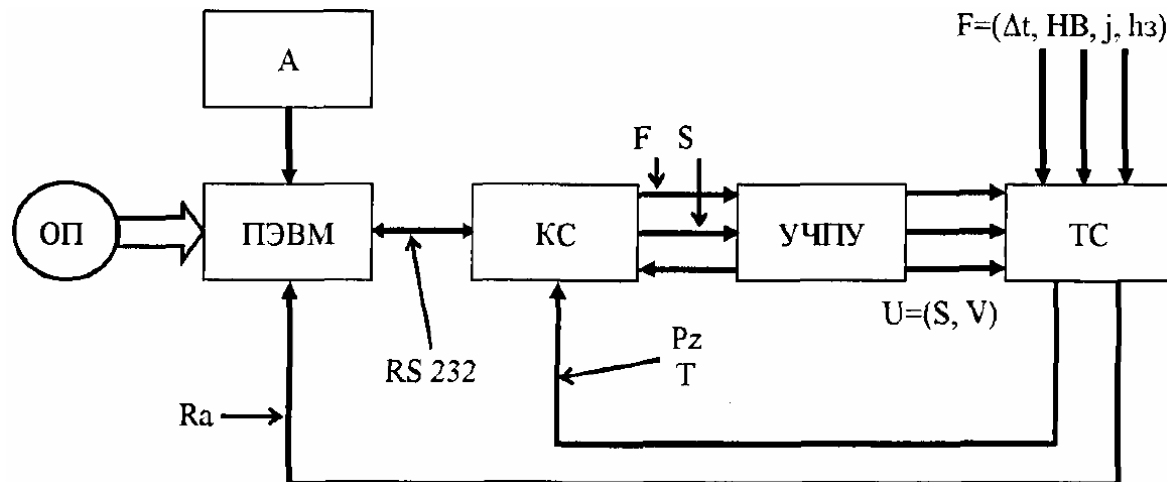


Рис. 1. Схема самообучающейся технологической системы

Совместное использование АСНИ и самообучающейся технологической системы предполагает следующую последовательность действий. На основе исходных данных о величине требуемой износостойкости в АСНИ определяется, имеется ли для этих данных соответствующие математические модели, связывающие условия механической обработки с требуемой величиной износостойкости (5) и величину износостойкости с выходными параметрами процесса резания модель вида (4). В случае, если такие модели имеются, то параметры данных моделей передаются в самообучающуюся технологическую систему для технологического обеспечения износостойкости в режиме адаптивного управления при механической обработке.

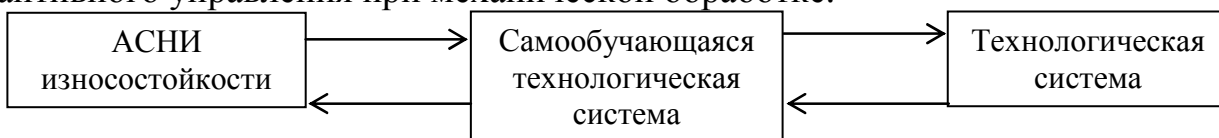


Рис. 2. Автоматизированная система управления эксплуатационными свойствами деталей машин

В том случае, когда математические модели для заданных исходных данных отсутствуют, АСНИ сообщает оператору о необходимости получить данные модели. После этого с помощью самообучающейся технологической системы ставится активный эксперимент, причем материал образцов и их твердость должны быть такие же, как и для реальной детали. Полученные в ходе активного эксперимента результаты и обработанные образцы передаются в АСНИ для измерения износостойкости и определения соответствующих математических моделей. После успешного получения математических моделей их параметры передаются в самообучающуюся технологическую систему для технологического обеспечения износостойкости в режиме адаптивного управления.

В работе Нестеренко П.С. представлена система адаптации станка с ЧПУ для выполнения задачи обеспечения качества не жестких деталей. Данные системы позволяют вносить корректировки в управляющие сигналы формообразующих узлов станочного оборудования, без переделки самой системы на основе сигналов с датчиков участвующих в процессе обработки, при

обработке сигнала с которых по заданному алгоритму выполнять корректировку [3].

Построение систем адаптации возможно по двум схемам.

1. Классическая – обработка сигнала с регистрирующих датчиков и корректировка сигнала согласно известным, описанным законам заложенных в логику системы адаптации. Применение данной схемы предпочтительно для производств с большой номенклатурой изделий с различным набором используемых материалов ввиду простоты хранения и уточнения данных.

2. Системы с не «жесткой логикой» – работа системы основана на сборе данных с датчиков и корректировке сигнала по описанным законам с использованием не четкой логики, что позволяет корректировать модель обработки, основываясь на случайных факторах. Для данной системы требуется большой набор постоянно обновляемых и просчитываемых данных. Как правило, использование данных систем целесообразно при массовом производстве, где малая номенклатура изготавливаемых изделий, по которым возможен сбор данных с выявления управляющего сигнала с наименьшими погрешностями.

Список литературы

1. Суслов А.Г., Петрешин Д.И. Автоматизированное обеспечение комплексного параметра качества поверхностного слоя S_x при механической обработке // Научные технологии в машиностроении. – 2011. – № 2. – С. 34-40.
2. Петрешин Д.И. Разработка и создание самообучающейся технологической системы с адаптивным управлением параметрами качества поверхностного слоя деталей машин: Автореф. дисс. ...докт. техн. наук. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2010. – 34с.
3. Нестеренко П.С. Обеспечение точности формы и размеров нежестких деталей на основе автоматического управления процессом токарной обработки: Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2020. – 152 с.

Сведения об авторах:

Толкачев Антон Николаевич – аспирант, начальник отдела систем конструкторско-технологической подготовки производства департамент информационных технологий.