

И. Е. ЧЕРНЕЦКАЯ, Е. С. ЯХОНТОВА

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОПЕРАЦИЯМИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Предложена автоматизированная система управления технологическими операциями процесса шлифования, особенностью которой является использование методов нечеткой логики для контроля параметров поверхности обрабатываемой детали.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, нечеткая логика, шлифование.

На современных предприятиях станки с ЧПУ используются на всех этапах обработки детали. Наилучшее качество поверхности достигается при шлифовании, которое является одной из завершающих операций технологического процесса.

При шлифовании детали критерием качества является шероховатость поверхности, которая представляет собой совокупность неровностей с относительно малыми шагами. В процессе шлифования детали возникают возмущающие воздействия, которые усиливают деформацию и вибрацию технологической системы. В результате происходят отклонения от заданных допусков шероховатости. В связи с этим возникла необходимость разработки автоматизированной системы управления шлифовальными операциями с помощью методов нечеткой логики, обеспечивающей контроль и корректировку параметров обрабатываемой поверхности детали в режиме реального времени.

Структурная схема автоматизированной системы управления представлена на рис. 1 (здесь 1 — деталь, 2 — шлифовальные круги, 3 — держатель и управляющий механизм,

4 — коническая передача, 5 — электромагнит, 6 — шток, 7 — герметичный цилиндр, 8 — электрореологическая суспензия, 9 — капилляр, 10 — камера, 11 — электрод, 12 — оптический датчик, 13 — ЭВМ).

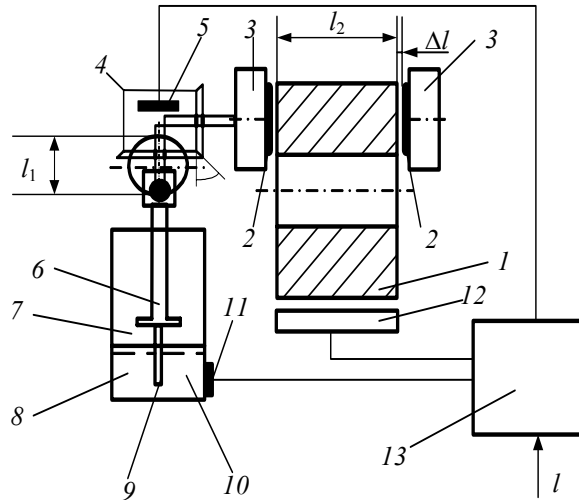


Рис. 1

Для управления перемещением шлифовальных кругов 2 и корректировки размеров детали l_2 предлагается использовать электрореологический эффект, заключающийся в том, что при воздействии электрического тока с помощью электрода 11 на электрореологическую суспензию 8 (состав: трансформаторное масло — 45,8 %, диатомит — 50 %, олеиновая кислота — 4,2 %) последняя переходит из жидкого состояния в твердое.

Управление шлифовальными операциями с использованием автоматизированной системы заключается в следующем [1]. При помощи оптического датчика 12 в режиме реального времени осуществляется контроль параметров l_2 поверхности обрабатываемой детали 1. При этом ЭВМ 13 определяет разность между текущим размером детали l_2 , полученным от оптического датчика, и эталонным значением l , заданным до начала технологического процесса. Если разность равна нулю, и следовательно, отклонений от заданных размеров нет, то обработка продолжается. Если значение l_2 отличается от эталонного, то по команде, генерируемой ЭВМ, включается электромагнит 5, который перемещает шток 6 на расстояние l_1 . Время t , в течение которого включен электромагнит, рассчитывается с использованием операций нечеткой логики. Шток 6 под действием электромагнитного притяжения поднимается вверх на строго фиксированную высоту l_1 . Это движение при помощи конической передачи 4 передается на держатель и управляющий механизм станка с ЧПУ 3, что приводит к перемещению шлифовальных кругов 2. При движении штока электрореологическая суспензия 8 через капилляр 9 поступает из камеры 10 в герметичный цилиндр 7, понижается давление в камере. После того как текущий размер детали l_2 совпадет с эталонным значением, электромагнит 5 отключается и шток 6 под действием силы притяжения из-за образовавшегося вакуума в камере 10 опускается вниз на расстояние l_1 . Это движение также при помощи конической передачи 4 передается на держатель и управляющий механизм станка с ЧПУ 3, что приводит шлифовальные круги в движение в обратном направлении. При этом электрореологическая суспензия через капилляр поступает назад в камеру, заполняя собой свободное пространство.

Если при обработке детали возникает необходимость уменьшить ход шлифовальных кругов l_1 , с помощью ЭВМ включается электрод 11. После этого под действием тока суспензия 8 затвердевает и расширяется, тем самым уменьшая свободное пространство в камере 10. Это приводит к уменьшению хода штока 6 и высоты l_1 соответственно.

Для управления перемещением шлифовальных кругов на величину l_1 (см. рис. 1) необходимо рассчитать время включения электромагнита t , предлагается с этой целью использовать аппарат нечеткой логики.

Для расчета времени включения электромагнита t , с учетом способа, описанного в работах [2, 3], выполняем следующую последовательность шагов.

Шаг 1. Задание входных переменных: эталонное значение размера детали l и время включения электромагнита t , которые описываются с помощью нечетких интервалов, задаваемых формулой:

$$M = (\underline{m}, \bar{m}, \alpha, \beta), \tag{1}$$

где M — нечеткий интервал; $[\underline{m}, \bar{m}]$ — ядро нечеткого интервала; \underline{m} и \bar{m} — нижнее и верхнее модальное значение нечеткого интервала; $[\underline{m} - \alpha, \bar{m} + \beta]$ — носитель нечеткого интервала; α и β — левый и правый коэффициент нечеткости соответственно.

Данные для построения нечетких интервалов представлены в табл. 1. Входные нечеткие интервалы для l и t приведены на рис. 2.

Таблица 1

№	$(\alpha; \bar{l}; \underline{l}; \beta)$	$(\alpha; \bar{t}; \underline{t}; \beta)$
1	(3; 8; 3; 3)	(2; 5; 2; 3)
2	(9; 14; 2; 3)	(6; 10; 2; 2)
3	(15; 20; 2; 2)	(13; 16; 2; 3)

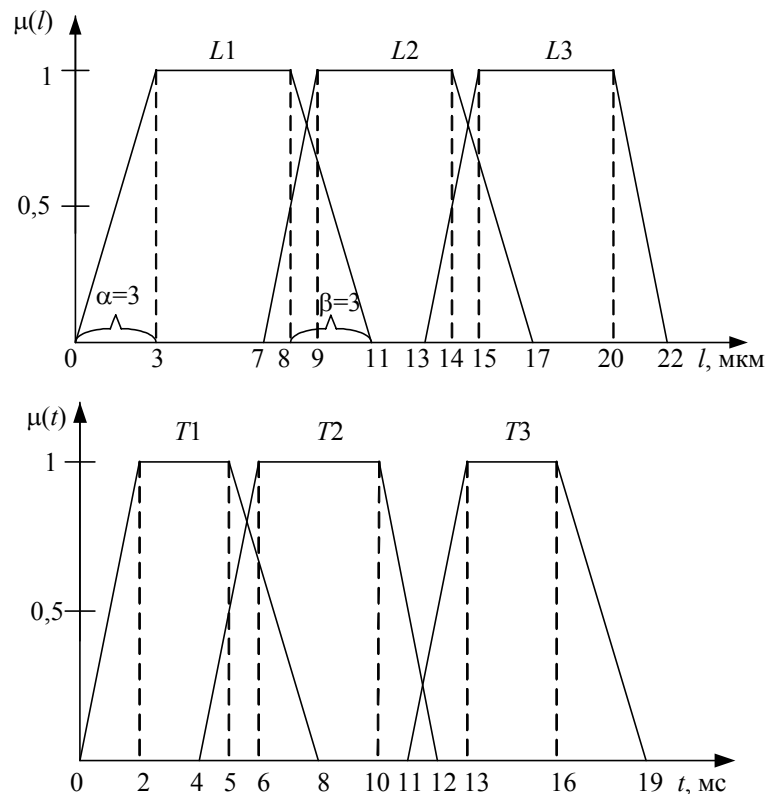


Рис. 2

Шаг 2. Построение выходного нечеткого интервала. Для этого по имеющимся входным данным рассчитываются ядро и носитель выходного нечеткого интервала согласно формулам, представленным в табл. 2 (здесь 1000 — коэффициент пересчета). По полученным значениям строятся графики нечетких интервалов (рис. 3).

Таблица 2

Формула	Вычисления
$\alpha_i = (\bar{l}_i - \alpha_i) \times (\bar{t}_i - \alpha_i)$	$\alpha_1 = (3-3) \times (2-2) \times 1000 = 0$ $\alpha_2 = (9-2) \times (6-2) \times 1000 = 28\,000$ $\alpha_3 = (15-2) \times (13-2) \times 1000 = 143\,000$
$\beta_i = (\bar{l}_i + \beta_i) \times (\bar{t}_i + \beta_i)$	$\beta_1 = (8+3) \times (5+3) \times 1000 = 88\,000$ $\beta_2 = (14+3) \times (10+2) \times 1000 = 204\,000$ $\beta_3 = (20+3) \times 2 \times (16+3) \times 1000 = 418\,000$
$\underline{m}_i = \underline{l}_i \times \underline{t}_i$	$\underline{m}_1 = 3 \times 2 \times 1000 = 6\,000$ $\underline{m}_2 = 9 \times 6 \times 1000 = 54\,000$ $\underline{m}_3 = 15 \times 13 \times 1000 = 195\,000$
$\bar{m}_i = \bar{l}_i \times \bar{t}_i$	$\bar{m}_1 = 8 \times 5 \times 1000 = 40\,000$ $\bar{m}_2 = 14 \times 10 \times 1000 = 140\,000$ $\bar{m}_3 = 20 \times 16 \times 1000 = 320\,000$

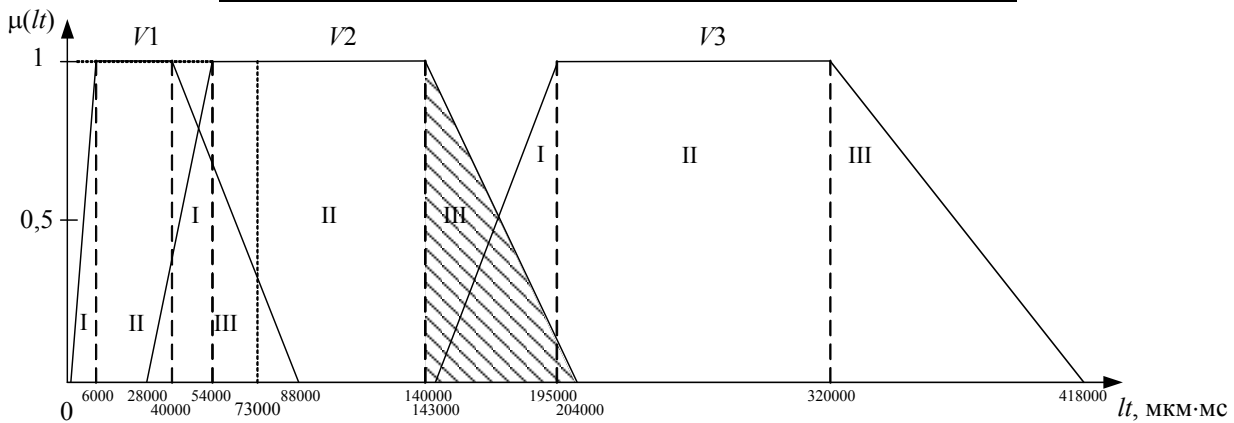


Рис. 3

Шаг 3. Задание правил управления:

Если $L1$ и $T1$, то $V1$;

Если $L2$ и $T2$, то $V2$;

Если $L3$ и $T3$, то $V3$.

Шаг 4. Согласно правилам управления определяется область на рис. 3, в которую попадает разность между эталонным значением l и значением, полученным от оптического датчика l_2 . Разность 73 000 ($7,3 \cdot 1000$, здесь 1000 — коэффициент пересчета) соответствует области III первого нечеткого интервала. Вычисляется λ' (параметр, который высчитывается как произведение нечетких интервалов), с учетом определенной области, по формуле:

$$\lambda' = \bar{\mu}_{lt} l = L \left(\frac{-\bar{l}\beta_t - \bar{t}\beta_l + \sqrt{(\bar{t}\beta_l - \bar{l}\beta_t)^2 + 4\beta_l\beta_t}}{2\beta_l\beta_t} \right), \quad (2)$$

$$\lambda' = \frac{-8 \cdot 3 \cdot 1000 - 5 \cdot 1000 \cdot 3 + \sqrt{(5 \cdot 1000 \cdot 3 - 8 \cdot 3 \cdot 1000)^2 + 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot 73\,000}}{2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1000} = 0,73.$$

Шаг 5. Вычисление времени включения электромагнита t по выражению:

$$t_i = \begin{cases} \bar{t}_i - \alpha_i L(\lambda'); \\ \underline{t}_i - \beta_i L(\lambda'), \end{cases} \quad (3)$$

$$t_i = 5 + 3 \cdot (1 - 0,73) = 5,81 \text{ мс.}$$

В результате приведенных расчетов получаем, что электромагнит необходимо включить на 5,81 мс. За это время произойдет компенсация внешних возмущающих воздействий.

Описанный способ позволяет заранее рассчитать время, необходимое для компенсации возмущающих воздействий, что сокращает время переходных процессов системы.

Использование автоматизированной системы управления и способа управления перемещением шлифовальных кругов обеспечивает контроль и корректировку параметров обрабатываемой поверхности детали в режиме реального времени. В результате повышаются точность обработки деталей при шлифовании и качество готовой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2379169 РФ, В 23Q 15/00. Способ и устройство управления точностью обработки деталей / В. С. Титов, М. В. Бобырь, Е. С. Яхонтова. Заявл. 20.09.09; опубл. 20.01.10. 12 с.
2. Бобырь М. В., Титов В. С. Метод коррекции параметров режима резания в системах с ЧПУ // Мехатроника, Автоматизация, Управление. 2010. № 7. С. 49—53.
3. Бобырь М. В., Титов В. С., Тевс С. С. Выбор оптимальных параметров управления технологическим процессом методами нечеткой логики // Промышленные АСУ и контроллеры. 2003. № 5. С. 21—23.

Сведения об авторах

- Ирина Евгеньевна Чернецкая** — д-р техн. наук, профессор; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; E-mail: white731@yandex.ru
- Елена Сергеевна Яхонтова** — аспирант; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; E-mail: elena-yahontova@yandex.ru

Рекомендована Юго-Западным
государственным университетом

Поступила в редакцию
18.02.13 г.