

## МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ

*Врублевский Р.Е.,*

*Херсонская государственная морская академия*

*В статье описана структура интеллектуальной системы управления магнитно-импульсной обработкой (МИО) стальных изделий. Предложена модель интеллектуальной системы управления выбора оптимальных режимов МИО.*

*Ключевые слова: интеллектуальная система, магнитно-импульсная обработка.*

**Введение.** В настоящее время является актуальной проблема повышения ресурса узлов механизмов и машин, которые находятся под воздействием сил трения (узлы трения, кинематические пары и т.д.). Решение этой задачи требует разработки экономически выгодных и технологически простых технологий упрочнения таких узлов механизмов. Одной из наиболее перспективных технологий решения указанной проблемы является магнитно-импульсная обработка (МИО), представляющая собой последовательность циклически повторяющихся процессов воздействия на изделие электромагнитных полей с изменяемой направленностью и напряженностью [1, 2, 3].

Суть процесса МИО состоит в обработке изделий за счет электромагнитной индукции в неподвижных проводниках или в ускоренно-движущихся в магнитном поле соленоида. В деталях возникает вихревое электрическое поле, величина которого пропорциональна индукции внешнего поля, но характер перераспределения силовых линий магнитного потока в значительной степени зависит от магнитных характеристик изделия [5].

**Актуальность.** Важным аспектом эффективного практического использования технологии МИО становится определение необходимого для конкретного изделия набора управляющих параметров обработки, к которым относятся: магнитная энергия  $WM$ ; напряженность магнитного поля  $H$ ; магнитный поток  $\Phi$ ; время импульса  $\tau$ ; число импульсов в серии  $n$ ; интервалы повторения импульсов  $t$ , количество серий импульсов  $N$ . Сочетание воздействия этих параметров определяет вид влияния магнитного поля на деталь, а следовательно улучшение ее физико-механических характеристик. Определение требуемых значений параметров обработки требует решения многокритериальной оптимизационной задачи, которое дополнительно осложняется существенным влиянием на процессы МИО геометрической формы изделий и физических свойств материалов, из которых изготовлена деталь.

**Основная часть.** В этой связи перспективным направлением является создание интеллектуальной системы управления процессом МИО.

Для создания модели интеллектуальной системы управления процесса МИО и расчета оптимальных параметров магнитного упрочнения

применяется модель стохастического самобаланса энергии в веществе [2], при которой изделие не претерпевает перемагничивания. Величина предельного намагничивания материала при магнитоупрочнении не превышает 0,3...0,8 величины магнитного насыщения конкретной стали.

Для построения модели применим условие энергетического завершения микрогистерезисных процессов в стали [3, 5]. Кроме того, при выборе исходных данных принимаем следующее:

1) при МИО импульсное поглощение энергии веществом «работает» по схеме синфазных затухающих колебаний:

$$W \rightarrow W_1 \rightarrow W_2 \rightarrow W_3 \dots \rightarrow W_n;$$

$$W_n = \text{const}; \Delta W_i = 0,$$

где  $W_1, W_2, \dots, W_n$  – порции электромагнитной энергии, поглощенные заготовкой за каждый импульс 1, 2, 3...n.

В связи с тем, что процесс улучшения свойств материала зависит от магнитной индукции  $B_1, B_2, B_3 \dots B$ , то функция  $\psi = \varphi(n)$  имеет конечную величину ( $W' = \text{const},$ );

2) обратная связь при стабилизации механических свойств изделия вследствие намагничивания определяется автоматически после первого импульса;

$\tau \leq 1$  с;  $W_1 = W_{\text{max}}$  – что определяется постановкой задачи, требованием технологии и решается при помощи конструкции соленоида;

3) декремент затухания импульсов зависит от массы заготовки ( $M$ ) и магнитных свойств стали ( $\mu$ );

4) после МИО микрогистерезисные процессы в стали завершаются в течение 10...12 часов, т.е.  $v' = \frac{W}{M} \approx 0$ ;

5) избыточная энергия в изделии контролируется по скорости изменения магнитного сопротивления, а ее устранение считается оптимальным при достижении постоянной величины  $\Delta\mu / V\mu = \text{const}$  [6];

6) потери магнитной энергии в соленоиде не превышают 50 % [4];

Базис модели понятен из рис. 1, из которого следует, что выбор модели и оптимизация режима МИО возможна только при тензорной оценке изменения свойств заготовки.

Сложность процессов МИО, протекающих в металлических изделиях, их зависимость, как геометрической формы изделия, его массы, так и от физических параметров структуры материала конкретного образца требует разработки интеллектуальных систем управления МИО, обеспечивающих адаптивную настройку параметров обработки конкретного изделия с целью сохранения его характеристик.

Проведенный анализ процесса МИО позволяет определить набор управляемых параметров и структуру интеллектуальной системы управления МИО металлических изделий.

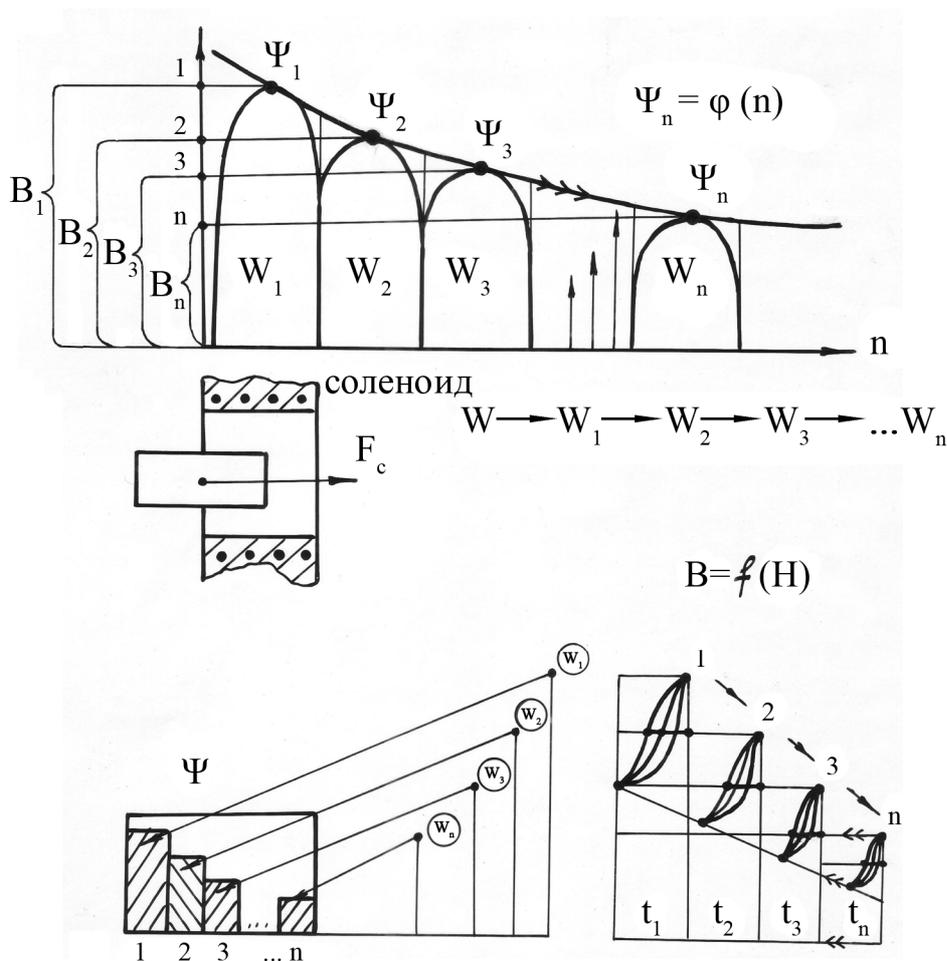


Рисунок 1 – Схема «компенсации» напряжений и микрогистерезисных процессов:  $n_1$ ,  $W_1$ ,  $\tau_1$  – контроль массы магнитных свойств детали; при  $\Delta W = \text{const}$  обработка прекращается



Рисунок 2 – Структура интеллектуальной системы управления процессом МИО

**Блок ввода предварительных данных обработки.** На начальном этапе работы в систему вводятся исходные данные процесса МИО: масса

заготовки (детали), объем  $V$ , концентрации напряжений  $\psi$ , определяемые по электрическому  $R$  и магнитному сопротивлению  $\mu_R$ , диаметр  $d$  и длина  $l$  образца, величина электромагнитной энергии, поглощаемая перлитной сталью  $W$  за время полного цикла намагничивания поправочный коэффициент (корректировка)  $K$ , который учитывает использование магнитного потока ( $\Phi \leq 2000$  Вб), взаимоиндукцию и тензорные свойства материала  $\lambda$ .

**Блок определения избыточной энергии детали.** Определяет избыточную энергию и переводит величины на математическую модель по «расходу» магнитной энергии на компенсацию избыточных напряжений в стали. По значению максимальной энергии и массе заготовки  $M$  определяются скорости диспергирования энергии по массе  $D_m$  и по объему  $D_v$ . При этом исходим из предпосылок, что при  $D_m \sim D_v$ , получаем оптимальную стойкость изделия ( $T \rightarrow T_{\text{опт}}$ ) и исходные значения напряженности  $H$ , силы тока в соленоиде  $I$  и мощности  $P$  для первого цикла упрочнения.

**Блок обработки результатов МИО.** Осуществляется оценка достигнутых в процессе МИО параметров обработки (стойкость изделия).

**Блок прогнозирования и выбора оптимальных параметров режимов МИО.** Блок состоит из двух модулей: модуль выбора оптимальных параметров режимов МИО, и модуль прогнозирования результатов МИО. В первом модуле использован эволюционный алгоритм, решающий многокритериальную задачу выбора оптимальных параметров МИО. Второй модуль использует нейросетевую технологию для прогнозирования начальных параметров обработки изделия на основе имеющихся данных по проводившейся ранее обработке подобных изделий.

Интеллектуальная система имеет единую базу данных по режимам обработки для изделий различной геометрической формы и материалов, что позволяет осуществлять выбор наиболее эффективных режимов обработки для новых образцов произвольной формы.

В настоящее время изготовлен опытный образец установки «Магнитрон» и программный продукт для расчета оптимальных режимов МИО. Их использование позволит сократить время испытаний для обработки образцов и улучшить качество полученных результатов.

**Выводы.** Использование предложенной интеллектуальной системы управления процессом МИО позволяет выбрать оптимальные режимы магнитоупрочнения для сложнопрофильных изделий с учетом разброса физических характеристик материала конкретного образца.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дистлер Г. И., Каневский В. Н. О влиянии слабого импульсного магнитного поля на реальную структуру твердых тел. – М. : АН СССР, 1983. – Т. 268. – №3. – С. 591-593.
2. Магнитные материалы и элементы : справочник. – М. : Высшая школа, 1976. – 335 с.
3. Малыгин Б. В. Магнитное упрочнение изделий (Теория и практика) : монография / Б. В. Малыгин, А. П. Бень. – Херсон : Издательство Херсонского государственного морского института, 2009. – 352 с.
4. Постников С. Н. и др. Некоторые физические аспекты магнитной обработки инструмента // труды Горьковского политехн. ин-та. – 1976. – №4. – С. 27-35.
6. Пустовойт В. Н. Алгоритмизация и программа расчета параметров магнитного упрочнения. – Минск : ФТИ АН БССР, 1990. – 115 с.
7. Пустовойт В. Н., Блиновский В. А. О методе исследования напряженного микросостояния после термической обработки в магнитном поле. – М. : Технические науки, 1975. – С. 68-70.
8. Bulatov V. P. The effect of magnetic pulse treatment on the triboengineering features of the plasma titanium nitride coating / V. P. Bulatov, Yu. P. Kozyrev, V. G. Kuznetsov, A. I. Oreshenkov, S. I. Rybnikov, E. V. Sedakova // Трение и износ. – 2000. – Т. 2. – С. 640-643.
9. Люгер Джордж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
10. Романов В. П. Интеллектуальные информационные системы в экономике : учебное пособие / Под ред. д.э.н., проф. Н. П. Тихомирова. – М. : Издательство «Экзамен», 2003. – 496 с.

**Врублевський Р.Є. МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЮ ОБРОБКОЮ**

*У статті описана структура інтелектуальної системи управління магнітно-імпульсною обробкою (МІО) сталевих виробів. Запропоновано модель інтелектуальної системи управління вибору оптимальних режимів МІО.*

*Ключові слова: інтелектуальна система, магнітно-імпульсна обробка.*

**Vrublevsky R.E. THE MODEL OF INFORMATION CONTROL SYSTEM OF MAGNETIC-PULSE TREATMENT**

*The article describes the structure of smart control systems of magnetic-pulse treatment (MPT) of steel products. The model of smart control system of MPT optimal modes has been proposed.*

*Keywords: smart system, magnetic-pulse treatment.*