

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.37

**УСТРОЙСТВО МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ  
ВЫБОРОМ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ**

*Бень А.П., Малыгин Б.В., Врублевский Р.Е.,  
Херсонская государственная морская академия*

*В статье определены особенности процесса магнитно-импульсной обработки (МИО) изделия. Предложена система управления режимами МИО изделий. Применение предложенной системы позволяет автоматизировать процесс МИО изделий разной геометрической формы и массы.*

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

**Введение.** Самым простым и оперативным способом упрочнения изделий является магнитно-импульсная обработка (МИО). Магнетизмом человечество интересуется более 300 лет. Сущность МИО заключается в избирательной концентрации материалом изделия электромагнитной энергии внешнего магнитного потока. При помощи МИО можно устранить 70...95% концентраций внутренних, поверхностных и монтажных напряжений и повысить надежность и ресурс работы механизмов судов не менее чем на 30-50%. Результаты упрочнения контролируются по изменению интегральных магнитных характеристик изделия – магнитной проницаемости, магнитного сопротивления, спектра магнитного рассеивания и др.

**Актуальность.** Исследованием применения прикладного магнетизма для изменения свойств изделий и расширения применения магнитной обработки в технологии машиностроения, особенно при металлообработке, занимались многие авторы. Вопросы использования электромагнитных явлений для интенсификации процесса резания металлов исследовались в работах Иванова В. Ю. [3], Галея М. Т. [2] и др. Например, в работах Алексеева А. В. и Бороухина Ю. А. изучено влияние на износ лезвийного инструмента постоянного магнитного, импульсного электромагнитного и электростатического поля. Постников С. Н., суммируя результаты исследований в области магнитной обработки режущего инструмента, указывает на необходимость магнитно-импульсной обработки (МИО) как наиболее прогрессивного способа ускоренного повышения стойкости инструмента. Отмечается технологическая простота метода и практически отсутствие дополнительных затрат. Автор [4] также отмечает необходимость глубокой и систематической разработки данного метода с целью расширения промышленного применения магнитно-импульсного упрочнения.

Барон Ю. М. изучил возможности МИО при магнитном упрочнении широкой номенклатуры режущего инструмента (более 100 наименований) [1]. Была показана эффективность метода при обработке не только

ферромагнитных сплавов, но также и цветных металлов. Было установлено, что стойкость намагниченного инструмента при прямой подаче выше, нежели при обратной подаче. Причем, для достижения оптимальной стойкости инструмента (при обратной подаче) многократно требовалось увеличить скорость охлаждения зоны резания, в результате чего расход смазывающе-охлаждаемой жидкости (СОЖ) возрастал в 2...5 раза.

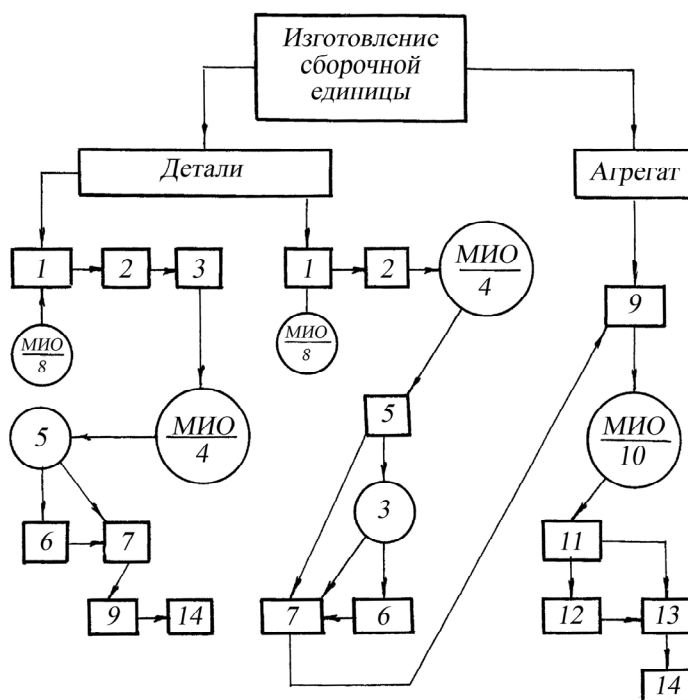


Рисунок 1 – Место расположения установок МИО при изготовлении механизмов в машино- и судостроении:

1 – механическая обработка, 6, 12 – размагничивание, 2 – термическая, 7 – готовые детали, агрегаты, 3 – отделочная работа, 8, 14 – упрочненный инструмент, 4, 10 – МИО, 9 – сборка, 5, 11 – выдержка, 13 – стендовые испытания

Для обработки металлических изделий в машино- судостроении наилучшие результаты от использования МИО могут быть получены в случае использования технологического процесса, представленного на рисунке 1, где показаны места возможного размещения размагничивающих устройств, необходимых для устранения остаточной напряженности магнитного поля с предварительно упрочненных изделий (если она нежелательна при работе механизма). Установки МИО необходимо установить (предусмотреть в цикле):

- 1) на участках термообработки деталей (например, для замены отжига, отпуска, нормализации и т.п.);
- 2) после финишной обработки изделий;
- 3) в конце сборочных линий;
- 4) на участках по изготовлению металлорежущего инструмента и штамповочной оснастки основных технологических цехов.

При таком расположении установок МИО можно не только упрочнить обрабатываемый инструмент и детали машин, но и повысить на 25...40% надежность и ресурс работы механизма. При этом следует учитывать, что для каждого из видов обработки изделия необходимо использовать различные режимы МИО, зависящие от материала, его геометрической формы и массы. Решение выбора оптимальных режимов обработки требует создания интеллектуальной системы управления МИО, созданию которой и посвящена рассматриваемая статья.

**Целью исследования** является внедрение системы управления режимами резания в процесс магнитно-импульсной обработки.

**Основная часть.** В литературе практически отсутствует информация по математическому моделированию спонтанного намагничивания инструмента и деталей машин, с целью управления упрочнением изделий. Сложность моделирования процесса МИО заключается в том, что при магнитном упрочнении одновременно может изменяться до 20 параметров. Указанные сложности не только затрудняют составление системы дифференциальных уравнений (или системы нелинейных уравнений), но и сдерживают работу по развитию методики моделирования и алгоритмизации МИО.

Для расчета оптимальных параметров магнитного упрочнения применялась модель стохастического самобаланса энергии в веществе, при которой изделие не претерпевает перемагничивания. Величина предельного намагничивания материала при магнитоупрочнении не превышала 0,3...0,8 величины магнитного насыщения конкретной стали. Такая постановка задачи позволяет для проработки математической модели применить компьютерную оптимизацию. На данном этапе развития импульсной техники этого вполне достаточно для создания простейшей программы в сфере прикладного магнетизма. Модель процесса строилась при условии энергетического завершения микрогистерезисных процессов в стали. Кроме того, при выборе исходных данных принималось следующее:

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

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

$$W_n = const; \Delta W_1 = 0,$$

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  $W' = const, \frac{dW}{dn} = 0$

2) обратная связь при стабилизации механических свойств изделия вследствие намагничивания определяется (автоматически) компьютером

установки после первого импульса;

$\tau \leq 1c$ ;  $W_1 = W_{\max}$  – 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  $\Delta\mu/V_\mu = const$ ;

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

7) решение задачи и управление процессом ведется компьютером (по заранее выбранной программе);

В лаборатории ресурсосберегающих технологий Херсонской государственной морской академии авторами статьи была разработана установка «Магнитрон» с интеллектуальной системой управления процессом МИО, общая схема которой представлена на рисунке 2.

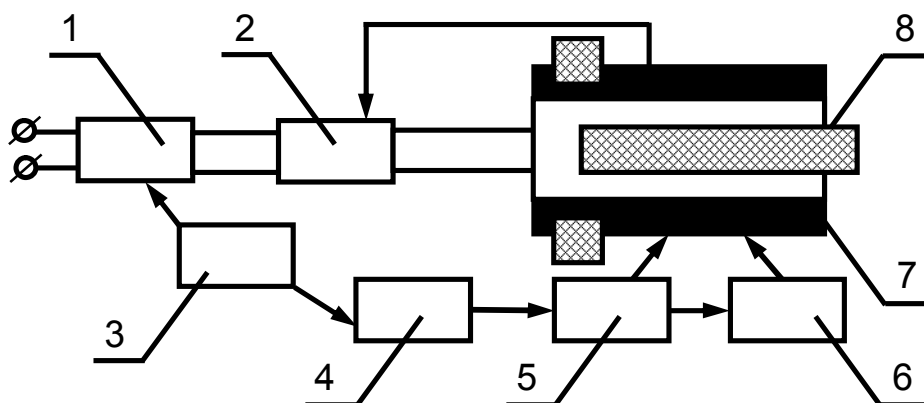


Рисунок 2 – Блок-схема установки «Магнитрон»

1 – силовой блок; 5 – система размагничивания; 2 – блок управления обработкой; 6 – следящая и преобразующая система; 3 – система выбора режимов; 7 – соленоид; 4 – блок контроля свойств материала изделий; 8 – изделие

Важным отличием представленной системы МИО от существующих образцов является использование интеллектуальной системы (ИС) управления рабочими параметрами МИО. Блок управления рабочими параметрами МИО осуществляет выбор оптимальных режимов обработки изделия, используя данные, хранящиеся в базе данных системы как результаты предыдущих обработок изделий различной конфигурации и массы. Исходными данными для выбора режимов являются: стойкость изделия ( $T_3$ ), магнитное сопротивление изделия ( $\mu$ ) и масса изделия ( $M$ ).

Выходными (управляющими) являются: энергия импульсов ( $W_{ен}$ ), напряженность магнитного поля ( $H$ ), мощность ( $N$ ). В качестве примера рассмотрим схему использования многоугольника связи массы стальной детали ( $M$ ) (рисунок 3), ее магнитного сопротивления ( $\mu$ ), необходимой для упрочнения электромагнитной энергии ( $W_{ен}$ ) и напряженности поля ( $H$ ) для выбора мощности установки и гарантирующей проектную стойкость изделия ( $T_3$ ). Полигоны А, В, С построены заранее для сталей 40ХН, 60С2, Р6М5. На рисунке 3 показана упрощенная схема взаимосвязи указанных выше параметров. Рассмотрим пример упрочнения стальной детали массой 6,3 кг и магнитным сопротивлением  $92 \text{ см} / \text{с}^2$ . Марка стали 40ХН, а планируемая стойкость 140%. ИС выполняет схему последовательных операций (точки 1...12) и определяет мощность установки, необходимую для увеличения ресурса детали массой 6,3 кг на 40%.

ИС определяет  $H$ ,  $W$ ,  $N$ , а также тепловые потери (площадь  $Q_T$  рис. 3) и величину рассеивания в материале электромагнитной энергии (площадь  $S_p$ ). На схеме стрелками показана последовательность операций при определении параметров, позволяющих повысить долговечность детали массой 6,3 кг из стали 40ХН с магнитным сопротивлением около  $92,0 \text{ см} / \text{с}^2$  в 1,4 раза. Используя массивы данных в соответствии с кривыми полигонов А, В, С рисунок 3, которые заранее введены в программу, ИС находит взаимосвязь указанных параметров для деталей из разного материала (например, стали 45, 60С2, Р6М5).

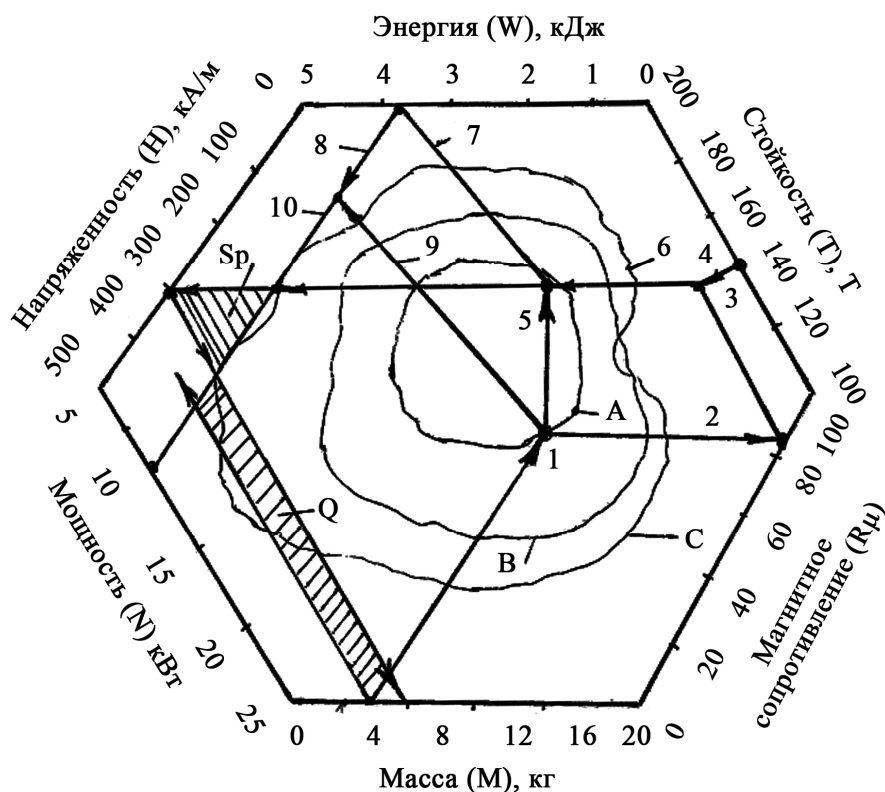


Рисунок 3 – Область оптимальных параметров обработки деталей различной массы из стали (материал: А – сталь 40ХН, В – сталь 60С2, С – быстрорежущая сталь Р6М5)

Проанализировав все данные, ИС устанавливает оптимальные режимы обработки, необходимые для упрочнения детали; необходимый источник электромагнитной энергии, которую соленоид сконцентрирует на деталь заданной массой.

**Вывод.** Сравнение результатов, полученных при традиционном МИО стальных изделий, с результатами, полученными в случае использования ИС управления процессом МИО показало, что технические характеристики инструмента улучшаются не менее чем на 30%. Перспективным направлением дальнейших исследований в области создания ИС управления МИО является разработка методов и алгоритмов многостадийной МИО, учитывающей особенности геометрической формы и материалов конкретных изделий.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон – Л. : Машиностроение, 1986. – 172 с.
3. Галей М. Т. Изучение влияния магнитного поля на стойкость быстрорежущего инструмента / М. Т. Галей, В. С. Ашихнин // Станки и инструмент. – 1981. – № 6. – С. 31-34.
4. Иванов В. Ю. Обоснование параметров магнитно-импульсного способа разупрочнения коренных золотосодержащих руд при их рудоподготовке: дис. ... кандидата технических наук : 25.00.20 / Иванов Виталий Юрьевич; – Москва, 2009. – 148 с.
5. V. P. Bulatov. 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. Oreshnikov, S. I. Rybnikov, E. B. Sedakova // Трение и износ. – 2000. – Т.2. – С. 640-643.

**Бень А. П., Малигін Б.В., Врублевський Р.Є.** ПРИЛАД МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ З АВТОМАТИЗОВАНИМ ВИБОРОМ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ

*У статті визначені особливості процесу магнітно-імпульсної обробки (МІО) виробів. Запропоновано систему управління режимами МІО виробів. Застосування запропонованої системи дозволить автоматизувати процес МІО виробів різної геометричної форми та маси.*

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

**Ben A.P., Malygin B.V., Vrublevskiy R.E.** DEVICE FOR MAGNETIC-PULSE TREATMENT OF METAL PRODUCTS WITH AUTOMATED SELECTION OF PROCESSING MODES

*Peculiarities of the process of magnetic-pulse treatment (MPT) of products are defined. The mode control system for MPT products is proposed. Application of the proposed system will allow to automate the process of MPT products of varying geometric shape and weight.*

*Keywords: magnetic-pulse processing, intellectual control system, cutting modes.*