

**Р. Є. Врублевський**

## **ВИКОРИСТАННЯ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЗМІВ В ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ**

**Анотація:** проаналізовані переваги магнітно-імпульсної обробки для підвищення стійкості та зносу деталей машин та механізмів. Розроблена установка магнітно-імпульсної обробки з системою інтелектуального управління процесом. Застосовано установку магнітно-імпульсною обробкою яка дозволяє змінювати параметри режимів обробки, залежно від матеріалу і геометрії оброблюваного виробу, що дозволить швидко переналаштуватися на обробку виробів різних типів і матеріалів.

**Ключові слова:** магнітно-імпульсна обробка, зміцнення деталей, підвищення стійкості деталей, інтелектуальна система управління.

**Abstract:** the advantages of magnetic pulse treatment for improving the durability and wear resistance of machine parts and mechanisms have been analyzed. A magnetic pulse treatment unit with an intelligent process control system has been developed. The developed magnetic pulse treatment unit allows for changing the processing parameters depending on the material and geometry of the workpiece, which enables quick reconfiguration for processing different types of products and materials.

**Key words:** magnetic-impulse treatment, part strengthening, durability enhancement of parts, intelligent control system.

Магнетизмом людство цікавиться понад 300 років. Дослідженням застосування прикладного магнетизму для зміни властивостей виробів та розширення застосування магнітної обробки у технології машинобудування, особливо при металообробці, займалися багато авторів.

Відомо, що проблеми стійкості та зносу деталей машин становить основу розвитку машинобудування. Довговічність механізмів зазвичай зумовлена властивостями матеріалів, умовами докільця. Особливостями їхньої конструкції, умовами експлуатації, а також наявністю неминучих дефектів або технологічних відхилень при повному циклі виробництва виробу [1, 2, 3, 4]. Доведено [2], що руйнування деталей механізмів пов'язане з концентраціями внутрішніх, поверхневих та монтажних напруг. Термодинаміка, гідростатодинаміка тертя, відхилення вимог триботехнології, динаміка навантаження, кавітація, а також корозія ще більше посилюють вплив залишкової напруги на працездатність механізму. Традиційні методи підвищення довговічності деталей не забезпечують як можливу довговічність роботи окремих вузлів механізму, і розрахунковий ресурс часу його експлуатації. Застосовуючи сучасні фізико-механічні способи зміцнення робочих елементів механізму (наприклад, механічні, термодинамічні чи квантово-механічні), можна в 1,5...5,0 разів збільшити його ресурс. [3]

Однак, багаторічний досвід показує, що впровадження найпростіших сучасних способів зміцнення, наприклад, лазерного, технологічно складне і не завжди ефективне для складних механізмів. Тому традиційні методи зміцнення через великі капітальні витрати не вирішують проблеми довговічності деталей механізмів в військовій техніці. Сучасні термодинамічні методи зміцнення, наприклад, термомеханічна або термомагнітна обробка найчастіше трудомісткі, нерентабельні, не оперативні і вимагають значних капіталовкладень. Потреба застосування високотемпературного нагрівання виключає методи зміцнення цілого класу виробів. Нові фізико-технічні та фізико-хімічні методи підвищення довговічності деталей хоч і мають універсальні властивості поліпшення робочих поверхонь (наприклад, напилення, лазерна та електронна обробка поверхні деталей), але настільки складні в технологічному плані, що практично непридатні для зміцнення робочих елементів великогабаритних і масових механізмів [3]. Крім цього зазначені вище способи не дозволяють вести «безконтактну» обробку деталей машин та механізмів, зміцнювати вироби на потоці, усувати надмірну енергію в них як за обсягом, так і локально вибірково. Зазначені способи не дозволяють також усувати напругу в томи. Тому збільшення розрахункового ресурсу роботи деталей механізмів в військовій техніці не завжди можна рекомендувати [4].

З перспективних способів зміцнень деталей машин, а також складальних одиниць та металоконструкцій, магнітної обробки виділяють одне з перших місць [5]. Простота концентрації електромагнітної енергії на виріб, швидке її акумулювання матеріалом робочих елементів деталі, а також оперативність підвищення експлуатаційних характеристик механізму (час обробки становить 0,3...2,0 при незначних енергетичних витратах), вказує на те, що методи магнітного зміцнення немає собі рівних. Зазначені переваги магнітної обробки виробів у порівнянні з іншими засобами зміцнення багаторазово підтверджувалися промисловим досвідом у машинобудуванні, приладобудуванні, суднобудуванні. [3, 4].

Переваги магнітного зміцнення порівняно з іншими фізико-технічними способами збільшення ресурсу виробів розглянуто на прикладі магнітно-імпульсної обробки (МІО) редукторів випробовувалися агрегати РМ-500 та РМ-1000. Зміцнююча обробка досліджувалась на більш ніж 100 агрегатах. Як зміцнюючі способи випробовувалась спеціальна термообробка, напилення, електроіскрове легування вольфрамосодержачим сплавом, лазерна обробка і МІО. Зіставлення результатів проводилося методом вибіркової статистики за практично постійних умов роботи деталей. З показників визначалися традиційні параметри – довговічність, безпека методу, оперативність обробки при ремонтах, економічність зміцнення, а також екологічність (нешкідливість для працюючого персоналу та навколишнього середовища) [3, 4].

Відомо, що при магнітній (а особливо магнітно-імпульсній) обробці виробів за рахунок електромагнітної індукції в нерухомих провідниках (наприклад, деталі машин) або в соленоїда, що прискорено рухаються в магнітному полі, напруженістю  $H$  (індукцією  $B$ ) провідниках (наприклад, інструмент невеликої маси) виникає вихрове електричне поле напруженістю. Величина його пропорційна індукції зовнішнього поля, але характер перерозподілу силових ліній магнітного потоку значною мірою залежить від магнітних характеристик провідника, особливо від «показника його суцільності» [1–6]. При МІО виробів у них синбадно (відповідно до головного вектора зовнішнього поля) наводиться вихрове електромагнітне поле напруженістю, яке здатне впливати на властивості матеріалу. Інтенсивність зміни цих властивостей залежить від характеру та швидкості циркуляції напруженості поля в обмеженому обсязі деталі. Тому кінцевий результат поліпшення виробів з допомогою взаємоіндукції локальних микровихреїв залежатиме як від маси, габаритів і магнітних властивостей деталі, і від енергії соленоїда, що створює зовнішній магнітний потік.

Нині розроблені і застосовуються десятки різних установок і пристроїв для магнітної обробки інструменту, деталей машин, складальних одиниць і металоконструкцій [3, 4]. Установки мають приблизно однотипну функціональну схему, але розрізняються за призначенням конструкції, потужністю напруженості поля, способом концентрації магнітного потоку, рівнем автоматизації, застосуванням мікроконтролерів, продуктивністю й іншими показникам. У жодній з цих установок не використовується інформаційна система управління процесом МІО.

На основі аналізу існуючих інформаційних систем управління в лабораторії ресурсозберігаючих технологій при Херсонській державній морській академії була створена установка МІО з системою нейро-нечіткого управління процесом. Дослідна установка має наступну функціональну схему (рис. 1).

Установка функціонує таким чином: у робочу порожнину соленоїда (6) поміщають деталь (7), що підлягає МІО. Оператор вводить дані про оброблювану деталь у базу даних інформаційної системи управління МІО (2). Отримана інформація обробляється системою управління (2), що за отриманими даними задає параметри режимів обробки. Після цього сигнал подається на мікроконтролер (3) через перетворювач (4) і модуль управління соленоїдом (5). У соленоїді виникає магнітний потік, який концентрується на виробі. Установка оснащується набором соленоїдів для різних типів деталей (у спеціальних електрозахисних кожухах).

Застосування інтелектуальної системи управління МІО дозволяє змінювати параметри режимів обробки, залежно від матеріалу і геометрії оброблюваного виробу. Це дозволить швидко переналаштовуватися на обробку виробів різних типів і матеріалів. Застосування нечітких нейронних мереж в управлінні дозволить точно оптимізувати параметри режимів МІО для конкретного типу виробу. Застосування запропонованого підходу до управління МІО дозволить скоротити час на обробку виробів, підвищити якість МІО, і скоротити витрати

електроенергії, що витрачається на процес МІО. У даний час розроблена установка МІО використовується для збільшення стійкості і зносу деталей машин і механізмів.

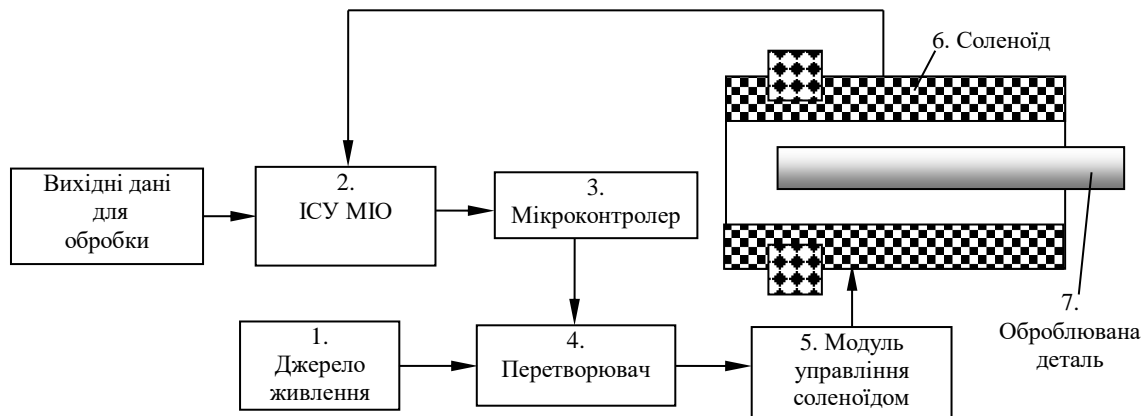


Рис. 1. Функціональна схема установки МІО

**Висновки.** Запропонована концепція побудови установки МІО металевих виробів, що забезпечує адаптивне управління таким процесом в умовах неповноти початкових даних відносно фізико-механічних властивостей конкретного виробу, що дозволяє істотно спростити процес вибору параметрів МІО для схожих за геометричною формою виробів. Розроблена інформаційна технологія управління МІО металевих виробів, що дозволяє управляти процесами їх обробки з урахуванням властивостей матеріалу і форми виробу та забезпечує швидке переналаштування технологічного устаткування на обробку виробів різного типу. Дослідження показали, що використання розробленої установки МІО дозволяє: знизити час на процес на 20–30 %, підвищити якість обробки у 2–3 рази, зменшити енерговитрати на процес на 15–25 %.

#### Список використаних джерел:

1. Аскіназі В.М. Зміцнення та відновлення деталей електромеханічною обробкою. – Л.: Машинобудування, 1977. – 229 с.
2. Гельфрат Ю. М. А.с. 503634, МКІ Н01 F13/00. Безконтактний спосіб електромагнітної обробки металевого розплаву / Ю. М. Гельфрат
3. Малигін Б.В., Бень О.П., Лемещенко О.Б. Застосування керованого прикладного магнетизму. Теорія. Технологія. Практика: матеріали І Міжнар. конференції "Radio electronics, Informatics, Technology", Кишинів, 15-16 жовтня, 2008р. / Академія наук Молдови. – Кишинів: Техн. ун-т Молдови, 2008. – С. 281-284.
4. Малигін Б.В., Бень А.П. Магнітне зміцнення виробів. (Теорія та практика). – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2009. – 352 с.: Іл
5. Маслов Ю.М. А.С. № 492002, МКІ Н01 F 13/00. Пристрій для імпульсного намагнічування виробів.
6. Русін П.І. А.С. 456837 С21Д 1/04. Влаштування термомагнітної обробки деталей кільцевої форми.

**Врублевський Роман Євгенович**, к.т.н., доцент кафедри суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8686-3488>, romanvrublevskiy77@gmail.com

**Vrublevskiy Roman**, PhD, Associate Professor, Department of Ship Technical Systems and Complexes, Kherson State Maritime Academy, Kherson, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8686-3488>.