

Передбачуваний винахід відноситься до області створення спеціалізованих пристроїв з сильними імпульсними магнітними полями для магнітної, термічної, термохімічної і магніто-термічної обробки металевих виробів.

Зовнішнє магнітне поле використовується для інтенсифікації дифузійного насичення робочих поверхонь металевих виробів хімічними елементами (бором, вуглецем, кремнієм та ін).

Установка може бути використана в машинобудуванні, приладобудуванні, ремонтному виробництві для зміцнення металевих виробів, насамперед, для підвищення зносостійкості, жаростійкості та стійкості проти корозії [1].

Відомі пристрої для створення сильних магнітних полів за допомогою соленоїдів. Сильне магнітне поле напруженістю до 700кА/м одержують за допомогою соленоїда з внутрішнім діаметром 60мм, водяним охолодженням обмотки соленоїда. При цьому досягається щільність струму до 30А/мм², який забезпечує робочий струм соленоїда - 600А [2].

Наведений пристрій конструктивно складний, коштовний і потребує для живлення спеціального генератора ПН-1000, потужністю 80кВт.

Існують установки з соленоїдами діаметром 10, 20 і 40мм для обробки імпульсним магнітним полем (ОІМП) феромагнітних матеріалів, розроблені в СРСР, Болгарії, США. Ці установки містять трансформатор, накопичувальний конденсатор, що розряджається через керований тиристор на соленоїд. В результаті формується великий імпульсний струм і, як наслідок, висока імпульсна напруженість магнітного поля [3].

Найбільш близьким за технічною сутністю і досягнутими результатами є пристрій, що наведений в роботі [3].

В основу винаходу поставлено задачу створення багатофункціональної установки, яка дозволяла б інтенсифікувати процеси термічної та хіміко-термохімічної обробки металів за рахунок суттєвого прискорення дифузійного насичення поверхневих шарів металевих виробів необхідними хімічними елементами, істотно покращувала б якість зміцнених покриттів та збільшувала б фізико-механічні властивості металів, насамперед зносостійкість, жаростійкість та стійкість проти корозії.

Поставлена задача вирішується тим, що багатофункціональна установка для обробки металевих виробів в сильних магнітних полях Фіг.1 містить блок випрямлячів (1) і соленоїд (4), пов'язані між собою за допомогою комутаційного блоку (2), яка відрізняється тим, що додатково має програмний блок (3) для встановлення довготривалості та скважності імпульсів струму живлення соленоїда і термічну камеру (5), вхід комутаційного блоку пов'язано з блоком випрямлячів, вихід - через програмний блок з соленоїдом, в центрі якого розміщена термічна камера з заданою температурою нагрівання, яка автоматично підтримується в заданому діапазоні і контейнер з хімічно-активним середовищем заданого складу, та вироби, що підлягають магніто-термохімічній обробці.

Сформовані програмним блоком імпульси струму живлення соленоїда, визначеної тривалості і періодом повторення, дають можливість використати для отримання сильного імпульсного магнітного поля великогабаритний соленоїд з внутрішнім діаметром, достатнім для розміщення в центрі соленоїда термічної камери з контейнером, заповненим хімічно активним середовищем заданого складу і оброблюваними металевими виробами. Задане програмним блоком відношення періоду повторення імпульсів до їх тривалості забезпечує нормальний тепловий режим соленоїда (формула 2).

Блок випрямлячів (1) містить чотири автономних джерела живлення. Два джерела живлення - однонапівперіодні і мостові - регульовані, і два - трифазні, з фіксованими постійними напругами на виході.

Програмний блок формує струм живлення великогабаритного соленоїда і забезпечує його нормальну роботу в тепловому режимі.

Установка працює наступним чином.

Блок випрямлячів (1) підключається безпосередньо до мережі живлення. На виході випрямляча знімається постійна напруга U_0 . Ця напруга надходить на комутаційний (2) і програмний (3) блоки, де формуються імпульси з тривалістю t_i і періодом повторення T , Фіг.2. Сформовані програмним блоком імпульси струму надходять на обмотку соленоїда (4), в якому протікає імпульсний струм i . Цей струм створює в обмотці імпульсне магнітне поле соленоїда з напруженістю більше 800кА/м. Імпульсне магнітне поле діє на нагрів до заданої температури термічну камеру (5), де знаходиться магнітопрозорий контейнер з хімічно-активним середовищем, заданого складу, і оброблювані вироби. На Фіг.2 наведена характеристика імпульсного струму живлення соленоїда, де:

T - період повторення імпульсів;

t_i - тривалість імпульсу;

t_f - час наростання фронту імпульсу;

t_c - час спаду імпульсу;

I_0 - амплітуда імпульсу;

I_{cp} - середнє значення імпульсного струму.

Важливою характеристикою імпульсу є скважність Q , що характеризується відношенням T до t_i .

Параметри соленоїда установки для магніто-термохімічної обробки металевих виробів наведені нижче:

- довжина соленоїда $l=600\text{мм}$;

- внутрішній діаметр 265мм;

- зовнішній діаметр 400мм;

- число витків $n=1540$;

- індуктивність $L=0,365\text{Гн}$;

- опір обмотки $r=1,5\text{Ом}$;

- постійна часу $\tau=0,24\text{с}$;

- номінальний струм обмотки $I_{ном}=I_{cp}=70\text{А}$.

Визначимо максимальну імпульсну напруженість магнітного поля соленоїда установки при використанні нерегульованого джерела живлення з вихідною напругою $U_0=514\text{В}$.

$$I_0 = \frac{U_0}{r} = \frac{514}{1,5} = 342\text{А}$$

Тоді імпульсний струм

Виходячи Фіг.2 можна записати співвідношення:

$$I_0 t_i = I_{cp} T \quad (1)$$

звідки

$$Q = \frac{I_0}{I_{cp}} = \frac{T}{t_i} = \frac{342}{70} \approx 4,88 \quad (2)$$

Вибираємо скважність $Q=5$, чим забезпечуємо нормальний тепловий режим соленоїда.

Далі знайдемо тривалість наростання фронту імпульсу соленоїда t_f . Межі наростання фронту вибрані від $0,05 I_0$ до $0,95 I_0$ (3)

Струм в соленоїді змінюється за формулою:

$$i = I_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (4)$$

Підставляючи (3) у (4) знайдемо.

$$t_f = 3\tau, \text{ або } 0,7\text{с.} \quad (5)$$

Звідси можна прийняти тривалість імпульсу без врахування спаду $t_i=1\text{с}$.

Період повторення імпульсів T повинен бути:

$$T = t_i \cdot Q = 5\text{с.} \quad (6)$$

Для захисту соленоїда від перенапруги під час розриву струму до нього підключений високовольтний силовий шунтуючий діод.

Імпульсна напруженість магнітного поля в центрі соленоїда буде:

$$H = \frac{I_0 \cdot n \cdot \cos \alpha}{l} = \frac{342 \cdot 1540 \cdot 0,92}{0,6} \approx 810 \text{кА/м} \quad (7)$$

де α - кут між віссю соленоїда та прямою, що з'єднує центр соленоїда і його кінець (початок) на внутрішньому діаметрі.

Активна потужність, споживана установкою, дорівнює:

$$P = I_{cp}^2 \cdot r = 70^2 \cdot 0,0015 = 7,35 \text{кВт}$$

Це в 10 разів менше ніж в установці, що створює аналогічну напруженість магнітного поля, наведений в [3].

Наводимо отримані в Національному транспортному університеті результати порівнювальних випробувань фізико-механічних властивостей сталей, зміцнених магніто-термохімічною обробкою [4; 5].

На Фіг.3 наведені результати випробувань зносостійкості сталевих деталей при різних видах зміцнюючої обробки. Як видно з Фіг.3 боровані деталі проявляють найбільшу стійкість до зносу.

На Фіг.4 наведені результати порівняльних випробувань деталей, виготовлених із сталі 45 на жаростійкість. Жаростійкість борованих деталей суттєво відрізняється в позитивну сторону.

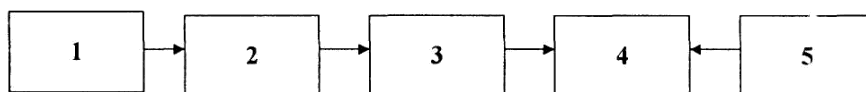
На Фіг.5 наведені результати антикорозійної стійкості сталевих деталей машин, зміцнених різними способами.

Деталі машин, які зміцнені борованням за антикорозійними властивостями наближаються до коштовних високолегованих сталей та мають високу якість зміцнених робочих поверхонь.

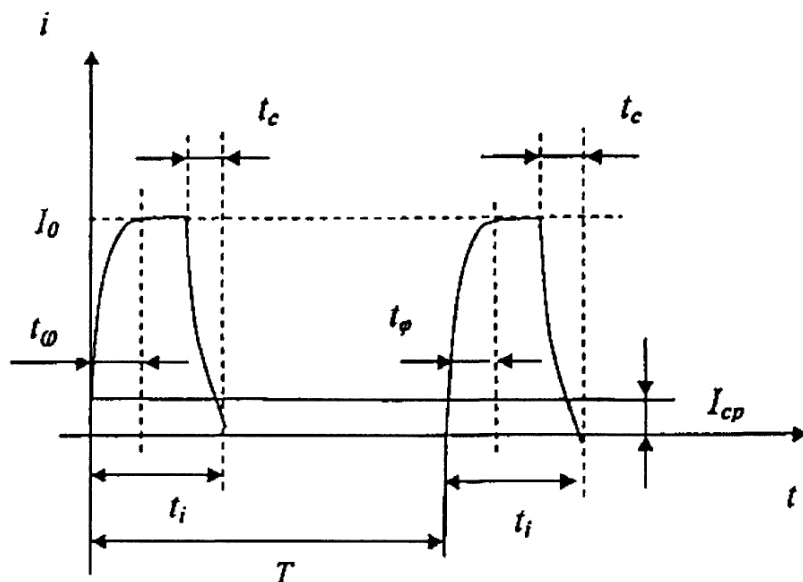
Таким чином, запропонована багатофункціональна установка для обробки металевих виробів в сильних магнітних полях дозволяє вести магнітну, термічну, термохімічну та магніто-термохімічну обробку металевих виробів, в результаті чого вироби набувають заданих фізико-механічних властивостей.

Джерела інформації:

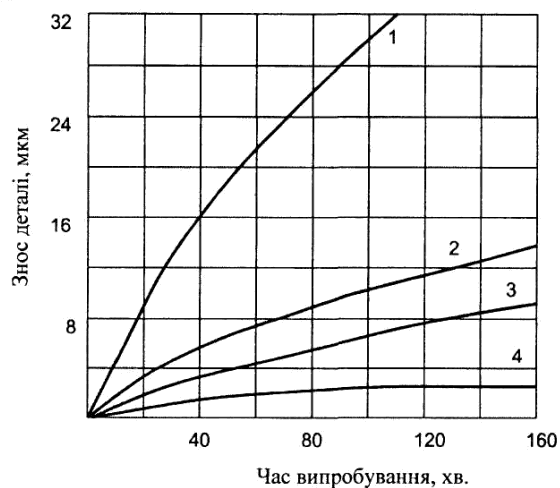
1. Сутність магнітно-імпульсної обробки. В кн. Б.В. Малигіна - Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин. М. Машиностроение. 1989. - 112с.
2. Установка для одержання магнітних полів. В книзі М.Л. Бернштейна Термічна обробка сталі. М. Металургія, 1968. - 95с.
3. Ю.А. Масалов та ін. Установки для ОІМП і результати застосування методу в промисловості. Матеріали 4 науково-технічного семінару з нетрадиційних технологій в машинобудуванні. Софія-Горький, 1989, - 134с., Ботевград 89.
4. Л.П. Барілович, В.М. Ткачук Порівняльна оцінка основних видів високоміцного покриття сталевих деталей транспортних машин. Вісник Транспортної академії України та Українського транспортного університету, Київ - 1998, №2.
5. В.М. Ткачук, Л.П. Барілович, Фазовий і структурний склад борованої сталі та його використання в практиці при відновленні і зміцненні деталей машин. Вісник Транспортної академії України та Українського транспортного університету, Київ - 1998, №2.



Фіг 1. Блок-схема багатофункціональної установки для обробки металевих виробів в сильних магнітних полях

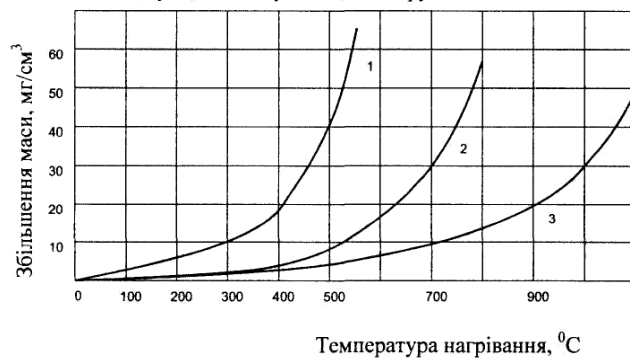


Фіг. 2. Характеристика імпульсного струму живлення багатофункціональної установки для магніто-термохімічної обробки металевих виробів в сильних магнітних полях



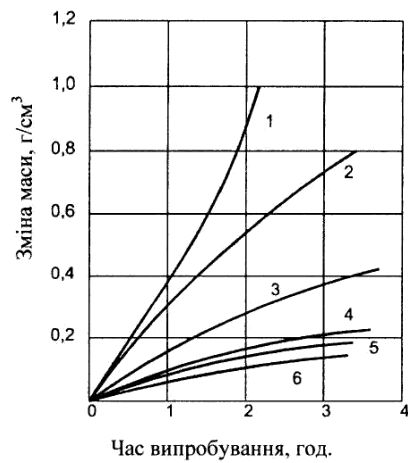
Фіг. 3. Знос сталевих деталей при різних видах зміцнюючої обробки в залежності від часу випробування:

1 – сталь 45 – гартування і низький відпуск; 2 – сталь 18ХГТ – цементування, гартування і низький відпуск; 3 – азотування; 4 – борування.



Фіг. 4. Жаростійкість сталі 45, при різних видах зміцнення:

1 – гартування + низький відпуск; 2 – азотування; 3 – борування.



Фіг.5 . Антикорозійна стійкість відновлених сталевих деталей.

Температура випробування 900 °С, матеріал – сталь 40Х9С2:

1 – наплавлені сталлю 08Г2С; 2 – наплавлені сталлю 08Г2С з наступним боруванням (двофазний борований шар $\text{Fe}_2\text{B} + \text{FeB}$); 3 – деталь з сталі Х30К60В84С2; 4 – наплавлена деталь (кланан) сталь 40Х9С2; 5 – наплавлені сталлю 08Г2С з наступним боруванням (однофазний борований шар Fe_2B); 6 – деталь з сталі Х20Н30.