

СПОСІБ УПРАВЛІННЯ ІНДУКЦІЙНИМ НАГРІВОМ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ, ВИКОНАНИХ ПОСАДКОЮ З НАТЯГОМ

Н. С. Дрешняк, ас.

Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ

пр. Карла Маркса, 19, 49005, м. Дніпропетровськ, Україна

E-mail: VyranasenkoS@ntu.org.ua

Розглянутий спосіб управління індукційним нагрівом з'єднань циліндричних деталей машин із метою їх демонтажу при виконанні ремонтних робіт. Вибраний пристрій, який реалізує запропонований спосіб управління, приведені основні залежності.

Ключові слова: індукційний нагрів, деталі машин, демонтаж.

Вступ. Циліндричні з'єднання сталевих деталей машин (втулки з валом), виконані посадкою з натягом, широко використовують у машинобудуванні. Ці конструкції прості у виконанні, а нерухомисть деталей досягається завдяки механічним напруженням, що виникають у матеріалах деформованих поверхонь. Посадки втулок на вал чисто виконують у вигляді буртів, бандажів, що фіксують положення інших деталей на валу і перешкоджають їх осьовому переміщенню.

При ремонті машин, їх випробовуванні доводиться виконувати демонтаж з'єднань. Розпресування з'єднань здійснюють за рахунок осьових навантажень, що при використанні знімачів супроводжується пошкодженням насадкових поверхонь у вигляді виникаючих поверхневих подряпин. Після декількох ремонтів вал стає непридатним для використання. Значні обсяги демонтажних робіт призводять до суттєвих матеріальних витрат.

Небажаних наслідків дозволяє уникнути нагрівання з'єднань деталей. У результаті нагрівання втулка розширюється і її знімають з валу без пошкодження поверхонь. Одним із найбільш ефективних методів демонтажу є індукційний нагрів з'єднань деталей. Демонтаж здійснюють з мінімальними витратами часу та енергії, що характерно для систем прямого нагріву.

Аналіз попередніх досліджень. У роботі [1] проаналізовано режими нагріву, характерні для незмінних значень параметрів електромагнітного поля (частоти струму індуктора, питомої поверхневої потужності). Практична реалізація таких режимів достатньо проста. Вона не потребує введення додаткових пристроїв для управління параметрами поля, забезпечує, як правило, достатньо високі енергетичні показники джерела живлення. В той же час виконані дослідження свідчать про те, що значення питомої поверхневої потужності суттєво впливають на характер процесу нагріву, змінюючи його тривалість (параметр $t_{\text{н}}$).

Тривалість циклу нагріву $t_{\text{н}}$ є важливим показником процесу демонтажу, який характеризує його енергоефективність, технологічність. Зменшення $t_{\text{н}}$ відбува-

ється при нарощуванні значення питомої поверхневої потужності нагріву P_0 . Це потребує збільшення номінальної потужності джерела живлення і, відповідно, його вартості. Але це може бути прийнятним рішенням у разі підвищених вимог до скорочення $t_{\text{н}}$. Рішення особливо привабливе при невеликій масі вала, коли його температура в процесі нагріву втулки значно підвищується, що призводить до збільшення $t_{\text{н}}$.

Слід звернути увагу на те, що процес демонтажу з'єднання деталей у запропонованих в [1] режимах триває одиниці або десятки секунд. Таким чином, режим роботи джерела живлення є короткочасним або повторно-короткочасним, а його номінальна потужність може бути реалізована протягом короткого проміжку часу. Це стосується також джерел живлення, створених на базі елементів силової електроніки. Вибір елементної бази електричних кіл перетворювача у цьому випадку здійснюють, виходячи із значення номінальної потужності, а тепловідведення розраховують із умови короткочасності процесу, що значно знижує вартість джерела живлення.

Режими форсованого (при підвищених значеннях потужності) індукційного нагріву деталей відомі із практики електротермії [2] і призводять до суттєвого зниження тривалості процесу. Використання форсованого нагріву при демонтажі з'єднань деталей повинно враховувати деякі особливості процесу нагріву. Не слід допускати значних швидкостей нагрівання поверхні втулки, що може призвести до виникнення недопустимих значень температурних деформацій. Слід обмежувати досягнуте значення температури на поверхні втулки рівнем температури точки Кюрі. Якщо цю умову не виконувати, то ефективність нагріву поверхні (енергетичні показники) суттєво знизяться, що не є прийнятним. Цими факторами продиктована доцільність управління індукційним нагрівом у процесі демонтажу з'єднання, що здійснюється шляхом регулювання значення питомої поверхневої потужності.

Мета роботи. Розглянути спосіб управління, що забезпечує форсований нагрів з'єднань деталей.

Матеріал і результати дослідження. Аналіз, проведений в [3], свідчить: простим способом регулювання потужності індукційного нагріву є частотно-імпульсне регулювання з використанням імпульсів синусоїдальної форми. При його застосуванні енергетичні показники джерела живлення залишаються достатньо високими. Доведено, що регулювання частоти слідування імпульсів впливає на тривалість циклу нагріву, тобто дія аналогічна зміні рівня питомої поверхневої потужності. Це склало основу для створення нового способу управління індукційним нагрівом (патент України № 43339 [4]), суть якого викладена нижче. Прототипом способу управління є технічне рішення, викладене в [5]. Суть цього рішення полягає у тому, що індуктор установки для демонтажу деталей, з'єднаних посадкою з натягом, підключений до джерела живлення, що формує імпульси струму синусоїдальної форми. Існує можливість для зміни частоти слідування цих імпульсів. У той же час у прототипі не викладений закон зміни частоти. Він повинен формуватися, виходячи із поставленої мети – зниження тривалості циклу нагріву з'єднання t_{η} . Запропонований спосіб управління відтворює алгоритм такої зміни.

Пристрій, що реалізує запропонований спосіб управління, містить об'єкт, що підлягає нагріванню: тонкостінну втулку 1, посаджену посадкою з натягом на вал 2 (рис. 1). Індуктор 3 виконано у вигляді соленоїда, у внутрішній частині якого розташована втулка 1, з'єднаний із джерелом живлення, що формує імпульси струму, форма яких відповідає рис. 1. Джерело живлення 4 з'єднано із задатчиком 5 частоти f_c слідування імпульсів струму, що протікають в індукторі 3. За допомогою пірметра 6 контролюється температура зовнішньої поверхні втулки 1.

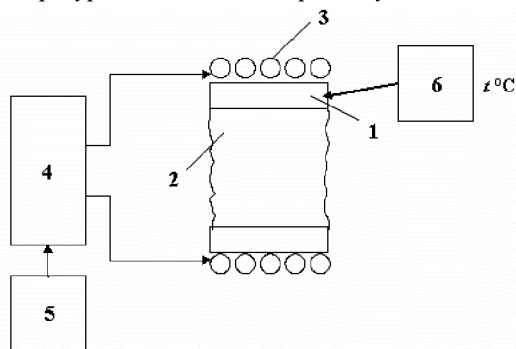


Рисунок 1 – Схема пристрою, що реалізує запропонований спосіб управління

Тривалість циклу нагріву t_{η} значною мірою залежить від швидкості росту температури зовнішньої поверхні втулки. Остання залежить від рівня питомої поверхневої потужності P_0 . Очевидно те, що, збільшуючи P_0 (форсований режим нагріву), швидкість

зростання температури підвищують, що призводить до зниження t_{η} . Зрозуміло, що нарощування P_0 не може бути нескінченим. Існують обмеження подвійного характеру. Одне із них виключає суттєве підвищення швидкості наростання температури зовнішньої поверхні втулки, виходячи із допустимих значень внутрішніх температурних напруг. Фактично це обмеження стосується допустимого рівня P_0 . Рівні P_0 , що відповідають запропонованій у роботі [5] методиці розрахунку цього параметру, не призводять до значних внутрішніх напруг у втулці, пов'язаних із температурною деформацією. Порівняно незначне (у два рази) збільшення значення P_0 , яке запропоноване в способі управління для форсованого нагріву, також не змінює характеру протікаючих процесів і є допустимим.

Інше обмеження стосується допустимого рівня температури зовнішньої поверхні втулки. Цей рівень не повинен перевищувати температуру точки Кюрі. Розрахунки температурних режимів нагріву, проведені в [1], свідчать про те, що вже при запропонованій поверхневій потужності P_0 значення температури в окремих режимах досягають значень, близьких до граничного. Таким чином, існує необхідність обмеження росту температури на заданому рівні. Цей рівень встановлюється близьким до температури точки Кюрі. Обмеження температури (її стабілізація на заданому рівні) досягається шляхом зменшення частоти f_c слідування імпульсів струму, що протікає в індукторі.

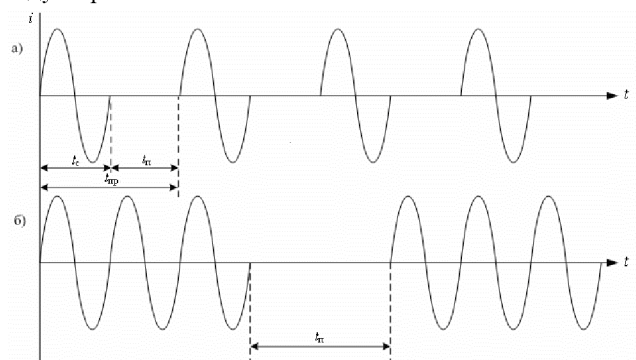


Рисунок 2 – Синусоїдальні імпульси струму індуктора

При цьому тривалість паузи струму t_n (рис. 2) між синусоїдальними імпульсами зростає, а середнє за період слідування імпульсів t_{np} значення поверхневої потужності зменшується.

Таким чином, запропонований алгоритм зміни частоти f_c слідування імпульсів струму наступний. Спочатку встановлюється максимальне значення f_c ,

яке відповідає подвійному значенню поверхневої потужності P_0 (частота f_M).

Далі частоту f_c слідування імпульсів струму змінюють таким чином, щоб температура зовнішньої поверхні втулки стабілізувалася на досягнутому рівні. Ясно, що частота f_c зменшується. Характер зміни частоти f_c , необхідний для стабілізації температури, може бути різним (наприклад, криві 6, 7 і лінійна залежність 8 (рис. 3). Для практичної реалізації управління на цьому інтервалі найбільш простим у технічному виконанні є варіант лінійної залежності 8. Тому при наявності залежності виду 6 або 7 її доцільно апроксимувати лінійною залежністю 8, що не призведе до суттєвої зміни режиму нагріву.

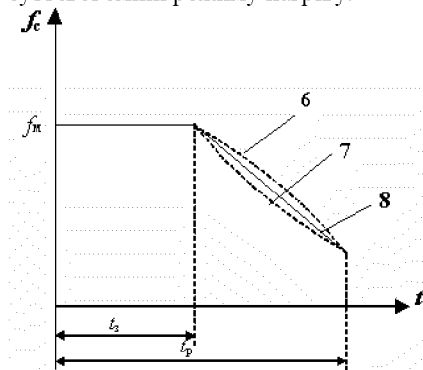


Рисунок 3 – Залежність частоти f_c слідування імпульсів струму від часу t

Попередньо встановлений характер залежності $f_c(t)$ у періоді часу від 0 до t_p відтворюють за допомогою задатчика 5 частоти f_c слідування імпульсів струму при кожному наступному демонтажі однотипних деталей. Для цього задатчик 5 програмують на відтворення залежності $f_c(t)$ в автоматичному режимі при кожному підключенні джерела живлення 4 до індуктора 3 із метою виконання чергової операції демонтажу деталей. При цьому контроль температури зовнішньої поверхні втулки не здійснюють, покладаючись на ідентичність раніше встановлених температурних режимів. Попереднє встановлення характеру залежності $f_c(t)$ та її відтворення в автоматичному режимі при кожному наступному демонтажі однотипних деталей дозволяє спростити процедуру управління процесом нагріву.

Про ефективність запропонованого способу управління можна судити, виходячи із того, що скорочення вдвоє інтервалу паузи імпульсного струму (підвищення частоти f_c) призводить до зменшення тривалості циклу нагріву t_u приблизно на 30 %.

Висновки. Зменшення тривалості циклу нагріву деталей досягається застосуванням імпульсної форми струму індуктора, де частота слідування імпульсів змінюється відповідно до встановленого способу, який забезпечує режим форсованого нагріву. Спосіб управління частотою слідування імпульсів струму передбачає її стабільність у періоді часу, що відповідає росту температури зовнішньої поверхні втулки, та зменшення її значення в наступному періоді до завершення демонтажу з'єднання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Выпанасенко Н.С. Математична модель для аналізу теплових процесів індукційного нагрівання циліндричних з'єднань сталевих деталей // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – Вип. № 2. – С. 60–65.
2. Кувалдин А.Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 200 с.
3. Выпанасенко Н.С. Анализ способов управления индукционным нагревом цилиндрических соединений при их демонтаже // 36. наук. праць Національного університету кораблебудування. – 2007. – Вип. 3. – С. 123–128.
4. Пат. України 43339, МПК В23Р19/02. Спосіб керування індукційним розпресовуванням деталей/ Півняк Г.Г., Дрешпак Н.С.; заявник та патентоодержувач Національний гірничий університет. – № u 2009 02908; заявл. 27.03.2009; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15.
5. Выпанасенко Н.С. Определение удельной поверхностной мощности индукционного нагрева соединений деталей, выполненных посадкой с натягом // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2008. – Вип. 18, ч. 2. – С. 131–136.

Стаття надійшла 10.03.2011
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Выпанасенком О.М.

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВОМ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПОСАДКОЙ С НАТЯЖЕНИЕМ

Н. С. Дрешпак., асс.

*Национальный горный университет, г. Днепропетровск
просп. Карла Маркса, 19, 49005, г. Днепропетровск, Украина
E-mail: VypanasenkoS@nmu.org.ua*

Рассмотрен способ управления индукционным нагревом соединений цилиндрических деталей машин с целью их демонтажа при выполнении ремонтных работ. Отмечено устройство, которое реализует предложенный способ управления, приведены основные зависимости.

Ключевые слова: индукционный нагрев, детали машин, демонтаж.

THE METHOD OF INDUCTION HEATING OPERATION FOR MACHINE PARTS CONNECTED WITH AN INTERFERENCE FIT

N. Dreshpak., ass.

*National Mining University, Dnipropetrovsk
prosp. Karl Marksa, 19, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine
E-mail: VypanasenkoS@nmu.org.ua*

The method of induction heating operation for cylindrical machine parts connections with the aim of their dismantling while doing repair works is investigated. A device, which will realize the offered method of management, the brought basic dependences over, is also marked in-process.

Key words: induction heating, machine parts, dismantling.