АВТОМАТИЗАЦІЯ

УДК 621.391.83

В.А. Бісюк, викл., В.М. Каліч, проф., канд. техн. наук, О.К. Дідик, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна,
E-mail: kntubisuk@ukr.net

Автоматизація процесу нанесення композиційних покриттів при неперервно-послідовному індукційному наплавленні

Розглянуто основні фактори які впливають на якість композиційних покриттів нанесених процесом неперервно-послідовного індукційного наплавлення.

Запропоновано математичний опис процесу неперервно-послідовного індукційного наплавлення.

неперервно-послідовне індукційне наплавлення, композиційне покриття, фактори впливу на якість композиційних покриттів

В.А. Бисюк, препод., В.М. Калич, проф., канд. техн. наук, А.К. Дидык, доц., канд. техн. наук
Кировоградский национальный технический університет, г.Кировоград, Украина

Автоматизация процесса нанесения композиционных покрытий при неперервно-последовательному индукционному наплавлении

Рассмотрены основные факторы влияющие на качество композиционных покрытий нанесенных процессом непрерывно - последовательной индукционной наплавки .

Предложено математическое описание процесса непрерывно- последовательной индукционной наплавки.

непрерывно-последовательная индукционная наплавка, композиционное покрытие, факторы влияющие на качество композиционных покрытий

Постановка проблеми. Високі темпи розвитку та впровадження процесів нанесення зміцнювальних композиційних покриттів (КП) у багатьох галузях виробництва визначаються тими широкими можливостями, які відкриваються з їх використанням при вирішенні задач, пов'язаних з підвищенням якості виробів та деталей сільськогосподарських машин; з подальшим ростом продуктивності праці; з економією матеріальних та енергетичних ресурсів. Найбільше впливає на ці темпи зростання вимог сучасного виробництва до експлуатаційних характеристик матеріалів та виробів, отримання яких без індукційного наплавлення (ІН) зміцнювальних КП не можливе, або економічно недоцільне.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес індукційного нагрівання металів і наплавлення КП широко використовується у виробничих умовах, найчастіше для зміцнення та відновлення відповідальних деталей СГТ [1,2], які піддаються в процесі роботи інтенсивному тертю. Існує ряд технологічних особливостей використання процесу ІН, які пов'язані з обмеженням енерговнеску в поверхню деталі. Проблема в тім, що для забезпечення одночасного індукційного нагрівання поверхні великих розмірів потрібне використання надпотужних генераторів і витрати електроенергії роблять використання ІН економічно недоцільним, крім того нерівномірний розподіл температурного поля приводить до термічних деформацій основи деталі і появи різного роду дефектів КП.

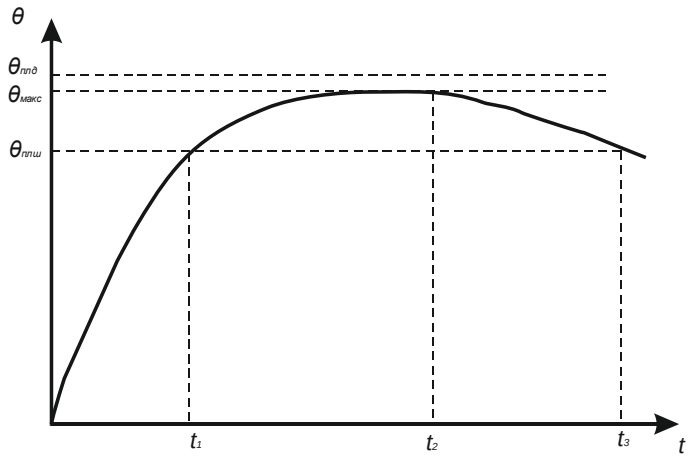
© В.А. Бісюк, В.М. Каліч, О.К. Дідик, 2016

Щоб запобігти цим недолікам використовують процес неперервно-послідовного індукційного наплавлення. Як технологічний процес це досить складна система взаємозалежних параметрів, для якої аналітичний опис залежностей на даний час не визначений, до того ж нелінійний характер зміни магнітної проникності металів при нагріванні вище точки Кюрі (750-800 C^0) обумовлюють складність автоматизації процесу. Але поява нових мікропроцесорних пристроїв, розробка і впровадження нового програмного та інформаційного забезпечення в системи керування дозволяють задовольнити нові вимоги до автоматизації таких процесів.

Постановка завдання. Метою роботи є виявлення основних факторів, які впливають на якість КП при неперервно-послідовному індукційному наплавленні, математичний опис процесу індукційного наплавлення.

Виклад основного матеріалу. Отримання готових виробів високої якості находиться в прямій залежності від точності дотримання заданих параметрів технологічного процесу індукційного нагрівання. Одним з параметрів, який характеризує кількісну та якісну сторону процесу нагрівання деталей і нанесення КП, перед їх подальшою обробкою є температурне поле виробу. Розподіл температурного поля в поверхневих шарах деталей, ступінь їх нагрівання визначається з одного боку енергетичними та конструктивними параметрами нагрівального обладнання, а також алгоритмом керування електротермічною установкою і пристроєм для переміщення деталі в полі індуктора, з іншого – великою кількістю зовнішніх факторів, які відхиляють температурне поле від потрібних значень.

Для контролю за розподілом температурного поля пропонується використовувати не тільки керування напругою і частотою струму на індукторі, але й швидкістю переміщення деталі в зоні наплавлення [3]. При цьому досягається можливість поступово нарощувати потужність енерговнеску в зоні нагрівання навіть при сталому режимі роботи генератора; більш рівномірний розподіл температури на поверхні деталі; можливість додаткового нагрівання, якщо на виході з індуктора температура обробленої ділянки недостатня для якісного наплавлення (рис. 1).



$\theta_{плш}$- температура плавлення шихти; $\theta_{макс}$- максимальна температура нагрівання; $\theta_{плд}$- температура плавлення деталі;
t_1-час нагрівання поверхні деталі до мінімальної температури плавлення шихти;
t_2- t_1 – час знаходження обробляємої ділянки в полі індуктора при температурі вище $\theta_{плш}$;
t_3-t_2 – час охолодження обробляємої ділянки до $\theta_{плш}$ після виходу з поля індуктора

Рисунок 1 – Залежність температури поверхні деталі від тривалості наплавлення

Повна тривалість наплавлення таким чином складається з часу нагрівання вище за $\theta_{плш}$ до $\theta_{макс}$ та часу охолодження до температури нижче за $\theta_{плш}$, при цьому система

керування має обмежити нагрівання поверхні не вище за $\theta_{макс,}$ щоб запобігти термічній деформації деталі.

В загальному випадку для процесу індукційного наплавлення в ряді робіт [4,5] пропонується знайти такий керуючий вплив, стиснутий обмеженнями енергетичного і технологічного характеру, який забезпечив би перехід із початкового стану в необхідний кінцевий стан із заданою точністю за мінімальний час, тобто надав би мінімуму функціоналу:

$$J = \int_0^{\tau} ldt, J \to \min , \quad (1)$$

де J – швидкість нагрівання;

l – довжина поверхні виробу, що підлягає нагріванню;

t – тривалість нагрівання.

Для визначення алгоритму роботи нагрівальної установки, що забезпечує мінімальне відхилення температурного поля металу від заданого в умовах енергетичних і технологічних обмежень необхідно досягнути мінімізації функціонала виду

$$J = \int_0^L [\theta(l,t) - Q_{зад.}]^2 dl , \quad (2)$$

де θ – температура деталі;

$Q_{зад.}$- задана потужність;

L – довжина нагрівача (рамки індуктора).

Математична модель процесу нагрівання може бути представлена рівнянням:

$$b\frac{d\theta}{dt} + b\nu\frac{d\theta}{dx} + \theta = P(t) , \quad (3)$$

де $\theta(x,t)$ – температура тіла, що нагрівається;

x – координата довжини нагрівача;

b – стала величина;

$P(t)$ – потужність витрачена на нагрівання;

v – швидкість переміщення деталі;

t – тривалість процесу.

Тоді задача оптимального керування зводиться до мінімізації функціонала

$$J = \int_0^L [\theta^*(l,t) - Q_{зад.}(L)]^2 dt . \quad (4)$$

Таким чином при розробці автоматичної системи керування слід враховувати технологічні можливості обладнання для індукційного наплавлення (потужність та частоту на виході генератора струму, розміри індуктора), можливість керування швидкістю та напрямком переміщення деталі, розміри обробляємої ділянки поверхні деталі, температурні обмеження на нагрівання деталі та шихти.

Висновки. Автоматична система, яка забезпечить оптимальне керування такими параметрами процесу послідовно-неперервного індукційного наплавлення, як швидкістю переміщення деталі, напругою та частотою струму на індукторі дозволить розраховувати оптимальні тривалість і температуру нагрівання, поверхня деталі буде прогріватися рівномірно і відповідно без значних термічних деформацій, забезпечить достатньо високу якість покриття і зменшить енерговитрати.

Список літератури

1. Индукционная наплавка твердых сплавов / В.Н. Ткачёв, Б.М. Фиштейн, Н.В. Казинцев, Д.А. Алдырев. – М.: Машиностроение, 1970. – 182с.

2. Боль А.А. Повышение качества индукционной наплавки путем оптимизации и автоматизации нагрева / А.А. Боль, В.П. Тимошенко, В.Н. Коваль.– Изв. СО АН СССР. сер. Технических наук, 1989. – Вып. 1. – С. 85-90.
3. Бісюк В.А. Автоматичне керування неперервно-послідовним індукційним наплавленням / В.А. Бісюк, О.К. Дідик // Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2015. – Вип. 28. – С. 250-255.
4. Данилушкин А.И. Оптимальное управление нелинейным процессом нагрева подвижного объекта / Данилушкин А.И., Руднев В.И. // Межвуз. сб. «Алгоритмизация и автоматизация технологических процессов и промышленных установок». – 1978. – Вип.10. – С. 65-73.
5. Гживачевский М. С. Математическое моделирование оптимального управления процессом индукционного нагрева: автореферат дис. ... доктора физико-математических наук : спец.: 05.13.16. / Гживачевский Марек Стефанович. – Москва, 1991. – 46 с.

Viktor Bisuk, lecturer, Viktor Kalich, Prof., PhD tech. sci., Olexandr Didyk, Assos. Prof., PhD tech. sci.
Kirovograd national technical university, Kirovohrad, Ukraine

Automating the process of applying composite coatings with continuously-sequential induction welding

Getting a high quality finished products is directly dependent on the accuracy of observance of the specified process parameters of induction heating. One of the parameters characterizing the quantitative and qualitative side of the heating process details and application manual, prior to further processing is temperature field product. Average temperature field in the surface layers of details, the degree of heating is determined on the one hand the energy and the design parameters of the heating equipment and the algorithm control Electro installation and a device for moving parts in the field inductor, the other - a large number of external factors that deflection temperature field of the right values.

Automatic system, which provides optimal control parameters such process consistently continuous induction welding as speed moving parts, voltage and frequency current to the inductor will calculate the optimal duration and temperature of the heating surface details will warm uniformly and therefore without significant thermal deformation, will provide sufficiently high coating quality and reduce energy consumption.

continuous-sequential induction welding, composite coating, the factors affecting the quality of composite coatings

Одержано 14.01.16

УДК 531.383

Н.І. Бурау, проф., д-р техн. наук, А.І. Вознюк, асп.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, E-mail: ai_voznyk@ukr.net
В.В. Цісарж, канд.техн. наук, ст. наук. співроб.
Державне підприємство НДІ РС «Квант-Радіолокація», м. Київ, Україна

Система стабілізації та наведення для наземних рухомих об’єктів на базі AHRS

В статті розглядається можливість створення системи стабілізації для наземного рухомого об’єкту на прикладі двохосної системи непрямої стабілізації з використанням приладу типу AHRS в якості гіроскопічного вимірювача. Також в роботі продемонстровано алгоритм перетворення координат, що базується на теорії кінцевих поворотів твердого тіла і використанні кватерніонів з параметрами Родрига-Гамільтона.

Показані основні переваги використання приладів, виготовлених за MEMS-технологіями, а також перспективи їх подальшого використання в системах стабілізації та наведення.

система стабілізації, системи визначення курсового положення, кватерніони

© Н.І. Бурау, А.І. Вознюк, В.В. Цісарж, 2016