

Y. Ermolaev, G. Savelenko

Kirovograd National Technical University

Synthesis of controllers position of the electric supply to the electrode-tool on the machine dimensional processing of arc with the standard settings

Developed the structural schema for electric drive positional moving electrode-tool of dimensional processing arc machine fulfilling the conditions of technical and symmetric optimums and using the standard method of synthesis of subordinate regulation.

Developed the structural schema of positional electric drive performed synthesis regulators currents, speeds and positions a particular system electric drive pulse width modulation multi-coordinate - DC motor by fulfilling the conditions of technical and symmetric optimums and using the standard method of synthesis of subordinate regulation

Describes methods of synthesis positioning system for the purpose of determination of transfer functions of regulators and their parameters. Describes of examples of solving problems for a particular occasion.

automatic control system, subordinate regulation of parameters, positional electric drive, the synthesis of the regulator, the transfer function of the contour

Одержано 19.04.13

УДК 621.391.83

В.А. Бісюк, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Програмне забезпечення АСК процесу індукційного нагрівання і наплавлення композиційних покриттів

Проведено дослідження процесів індукційного нагрівання та наплавлення. В ході досліджень визначено технологічні параметри, що впливають на якість поверхні, що підлягає обробці – це температура і тривалість процесу ІНН, а відповідно напруга та частота струму на індукторі.

Запропоновано АСК технологічним процесом індукційного наплавлення, яка розроблена на основі програмованої мікроконтролерної системи та відповідного програмного забезпечення.

Індукційне наплавлення, композиційне покриття, керування технологічним процесом, програмне керування, програмне забезпечення.

В.А. Бісюк, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Програмне забезпечення АСК процесу індукційного нагрівання і наплавлення композиційних покриттів

Проведено исследование процессов индукционного нагрева и наплавки. В ходе исследований определены технологические параметры, влияющие на качество поверхности, подлежащей обработке - это температура и продолжительность процесса ИНН, а соответственно напряжение и частота тока на индукторе.

Предложено АСК технологическим процессом индукционной наплавки, которая разработана на основе программируемой микроконтроллерной системы и соответствующего программного обеспечения.

Индукционная наплавка, композиционное покрытие, управление технологическим процессом, программное управление, программное обеспечение

Постановка проблеми

В останні роки у зв'язку зі стрімкими темпами розвитку мікроелектроніки і, як наслідок, появою нових швидкодіючих засобів автоматизації стало можливим створення автоматизованих і автоматичних систем керування таких процесів, автоматизація яких раніше вважалася економічно недоцільною або технічно нездійсненною, в тій ступені, у якій вона відповідала б вимогам конкретного виробництва. Складність конструювання технологічного обладнання з автоматичною системою управління часто обумовлена занадто складним способом вимірювання технологічних параметрів і складністю алгоритму керування, останнє є визначальною причиною для відмови від автоматизації швидкодіючих процесів, коли часовий інтервал між керуючими впливами повинен становити мілісекунди і менше. До таких процесів належать і деякі процеси індукційного нагрівання та наплавлення (ІНН).

Також слід зазначити активне прагнення виробників до впровадження автоматизації на всіх стадіях виробництва. Все частіше метою автоматизації є підвищення якості виробленої продукції, в той час як раніше переважно це було підвищення продуктивності. Завдання автоматизації індукційного наплавлення є актуальним в різних галузях машинобудування, таких як виготовлення сільськогосподарської техніки, залізничного транспорту та інш.

Відповідно актуальним є питання розробки системи автоматичного керування (АСК) процесами індукційного наплавлення, яка орієнтована на стабілізацію показника якості цього процесу і в повній мірі використовує можливості сучасної мікроконтролерної електроніки та програмного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як показано в [1, 2, 3] збурюючий вплив на технологічний об'єкт в процесі нагрівання різних енергетичних, конструктивних і технологічних параметрів всього обладнання обумовлюють коливання процесу ІНН біля номінальних значень й можуть досягти значної величини. Для стабілізації параметрів процесу і, відповідно підвищення якості продукції створюються системи автоматичного керування зі зворотнім зв'язком та корегуючими (регульованими) параметрами, що забезпечуються впровадженням відповідних технічних засобів, а також програмного та інформаційного забезпечення [5, 6, 7]. Для підвищення ефективності АСК індукційним наплавленням необхідно всесторонньо дослідити механізми виділення і передачі тепла, алгоритми і засоби програмного керування.

Метою даної роботи є дослідження властивостей технологічного процесу індукційного нагрівання деталей та нанесення композиційних покриттів (КП) і можливостей розробки та впровадження АСК з відповідним програмним забезпеченням.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо процеси, що протікають при індукційному наплавленні. Механізми виділення і передачі тепла при індукційному наплавленні можна класифікувати і охарактеризувати наступним чином:

1. Виділення тепла в деталі, за рахунок виникнення джерел тепла на поверхні деталі внаслідок дії електромагнітного випромінювання.

1.1 Глибину проникнення ВЧ поля в поверхню деталі можна розрахувати виходячи з температури поверхні та експериментальних залежностей властивостей матеріалу, що нагрівається від температури.

1.2 На потужності джерел тепла позначається потужність генератора, зазор і властивості деталі, які у тому числі залежать від температури поверхні.

1.3 Питома потужність (потужність, що припадає на 1 кв. см поверхні) є найбільш інформативним параметром для процесу нагрівання, тому що вона визначає характер і ефективність протікання процесу.

2 Поширення тепла в деталі, пояснюється механізмом теплопровідності.

2.1 Можна виділити корисне тепло, яке передається за допомогою теплопровідності, це нагрівання деталі в напрямку руху індуктора. Таке нагрівання інтенсифікує ряд сприяючих наплавленню процесів. По-перше, відбувається попереднє нагрівання і випаровування вологи з шихти. По-друге, нагрівається подальша зона наплавлення, і нагрівання до температури наплавлення відбувається швидше. По-третє, відбувається більш глибоке прогрівання, що дозволяє легуючим елементам, які містяться в шихті глибоко проникати в структуру металу.

2.2 Частину тепла, переданого внаслідок теплопровідності можна віднести до втрат. Втрати тепла відбуваються внаслідок нагрівання областей деталі, які не підлягають процесу наплавлення. При недостатній питомій потужності ці втрати можуть становити більшу частину загальної потужності, що вкладається в деталь.

3 Передача тепла від зони деталі, що нагрівається до порошку шихти і розплаву, відноситься до механізмів тепловіддачі і теплопередачі, і може бути класифікована залежно від напрямку.

3.1 Теплопередача від деталі до шихти вимагається для активації хімічних окисно-відновлювальних процесів у зоні наплавлення.

3.2 Тепловіддача в навколишнє середовище є головним джерелом втрат енергії при процесах ІНН, проведених без захисного середовища. Незважаючи на утворення шлаків на поверхні розплаву, що сприяють збереженню тепла в зоні наплавлення, випромінювання при температурі 1200°C може складати 1000 Вт на 1 кв. см. поверхні. Найбільший градієнт температури знаходиться в зоні розплавлення, тому з одного боку, досягається максимальна температура деталі, з іншого боку в безпосередній близькості до поверхні розплаву перебуває мідна трубка індуктора, охолоджувана водою з температурою не вище 20°C. Таке розташування елементів викликає тепловий потік, що перевищує потужність випромінювання з поверхні або тепловіддачу в навколишнє середовище в будь-якій іншій зоні деталі.

Розглянемо фактори, що впливають на протікання процесу наплавлення. Під факторами розуміються всі фізичні величини, які можна виразити кількісно. Для процесу індукційного наплавлення ці величини можна класифікувати на три групи: теплові, механічні та електричні. Розглянемо їх більш детально:

1) Механічні, це найбільш наочна група параметрів, всі параметри цієї групи є регульованими.

- 1.1) Швидкість руху деталі V , [м / с];
- 1.2) Зазор між індуктором і деталлю δ [м];
- 1.3) Висота насипання порошку h [м] (входить в зазор).

2) Теплові.

- 2.1) Температура деталі T [K];
- 2.2) Температура повітря T_v [K];
- 2.3) Температура води в індукторі T_n [K].

Також теплові параметри можна доповнити нерегульованими тепловими властивостями деталі і шихти такими, як коефіцієнти теплопровідності, температуропровідності і тепловіддачі.

3) Електричні.

- 3.1) Потужність активна (споживана від мережі) P_a [Вт];
- 3.2) Потужність вихідна (потужність на виході генератора включає в себе як активну, так і реактивну складову, співвідношення активної і реактивної потужності залежить від зазору і електромагнітних властивостей деталі) P [ВА];
- 3.3) Струм в індукторі I [А];
- 3.4) Частота струму f [Гц];
- 3.5) Глибина проникнення високочастотного струму в деталь Δ [м].

Це основні електричні параметри, в них не перераховані електромагнітні властивості деталі (електричний опір, магнітна проникність), тому що вони, в першу чергу, залежать від складу матеріалу сталі та шихти. У процесі індукційного наплавлення не розглядається питання приготування шихти, тому параметри, пов'язані зі складом, є нерегульованими.

З перерахованих параметрів можна виділити кілька основних параметрів, за допомогою яких можна керувати процесом. При проведенні процесу нагрівання можливий контроль параметрів, наведених на (рис. 1). Це: струм індуктора I , напруга на індукторі U , зазор між індуктором і деталлю δ , швидкість переміщення деталі V , температура поверхні деталі T . Множенням струму і напруги індуктора можна отримати сукупний параметр - потужність. Також можна виміряти потужність, споживану по ланцюгу постійного струму на вході високочастотного інвертора, цю потужність можна вважати активною складовою повної потужності установки.

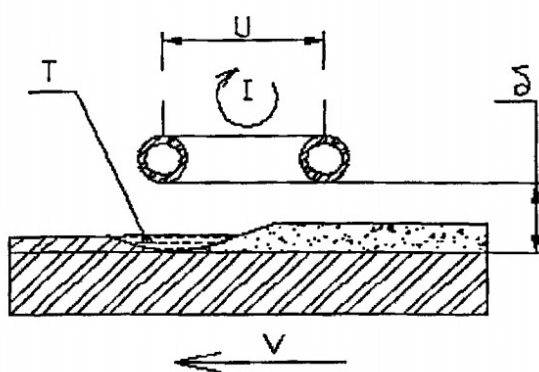


Рисунок 1 – Параметри процесу індукційного наплавлення

Визначити ступінь впливу параметрів на процес і один на одного можна використовуючи аналітичні залежності [4], що зв'язують ці параметри: опір контуру і індуктора; струм; глибина проникнення; потужність, що виділяється в деталі; рівняння теплопровідності; рівняння теплопередачі; рівняння втрат на випромінювання; експериментальні довідкові залежності властивостей матеріалів і параметрів процесу. Аналізуючи відомі залежності можна прийти до висновку про взаємний вплив досліджуваних параметрів. Більш наочно взаємний вплив параметрів показано на (рис. 2).

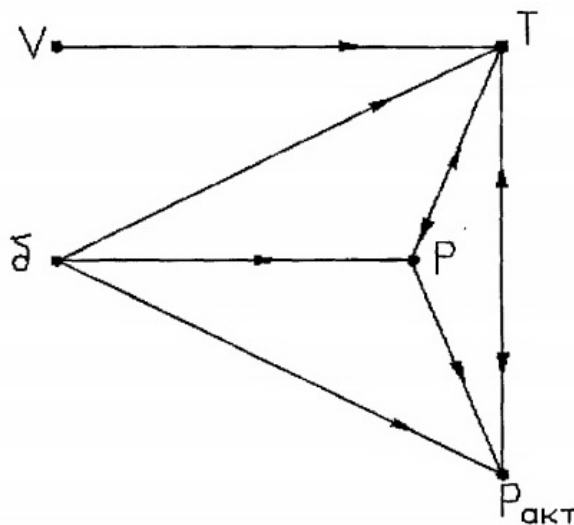


Рисунок 2 – Взаємний вплив параметрів процесу індукційного наплавлення

Якщо врахувати всі аналітичні залежності, то взаємозв'язки параметрів процесу можна вважати нелінійними, а всі наведені параметри слід враховувати при оцінці показника якості. Винятком є тільки споживана потужність, яку можна виключити, у зв'язку з тим, що вона менш інформативна, ніж потужність індуктора. Це пояснюється наявністю проміжних елементів, в яких відбуваються втрати енергії у вигляді тепла. Основним показником якості одержуваної деталі є зносостійкість. Цей параметр повністю характеризує здатність деталі витримувати ударні навантаження і тертя. Для визначення зносостійкості деталей їх ставлять на випробування в стенди тертя.

Головною метою автоматичного керування режимом індукційного наплавлення є підтримання незмінним заданого показника якості. Під показником якості мається на увазі величина зворотна розрахунковому значенню відносної нерівності поверхні. Таким чином, мінімальне значення показника якості може бути визначено як мінімальне значення нерівності.

Основними критеріями вибору способу регулювання показника якості є складний характер взаємозв'язків параметрів процесу і відсутність можливості точного моделювання процесу, зважаючи на неможливість розрахунку показника якості.

При такій поведінці об'єкта керування, регулювання показником якості повинно забезпечуватися зміною і контролем всіх параметрів, управління якими видається технологічно можливим. Оскільки в якості факторів, що впливають на протікання процесу були визначені потужність нагрівання і частота струму на індукторі, то слід розробити механізми регулювання цих параметрів.

З метою компенсації взаємного впливу параметрів процесу і забезпечення можливості динамічного керування процесом запропоновано апаратне та програмне забезпечення АСК процесом ІНН, в якій для кожного з параметрів організовано свій програмно керований регулятор (рис. 3).

До складу системи входять:

- Керуючий мікроконтролер AVR32;
- Контур керування напругою на індукторі;
- Перетворювач частоти струму;
- USB інтерфейс.

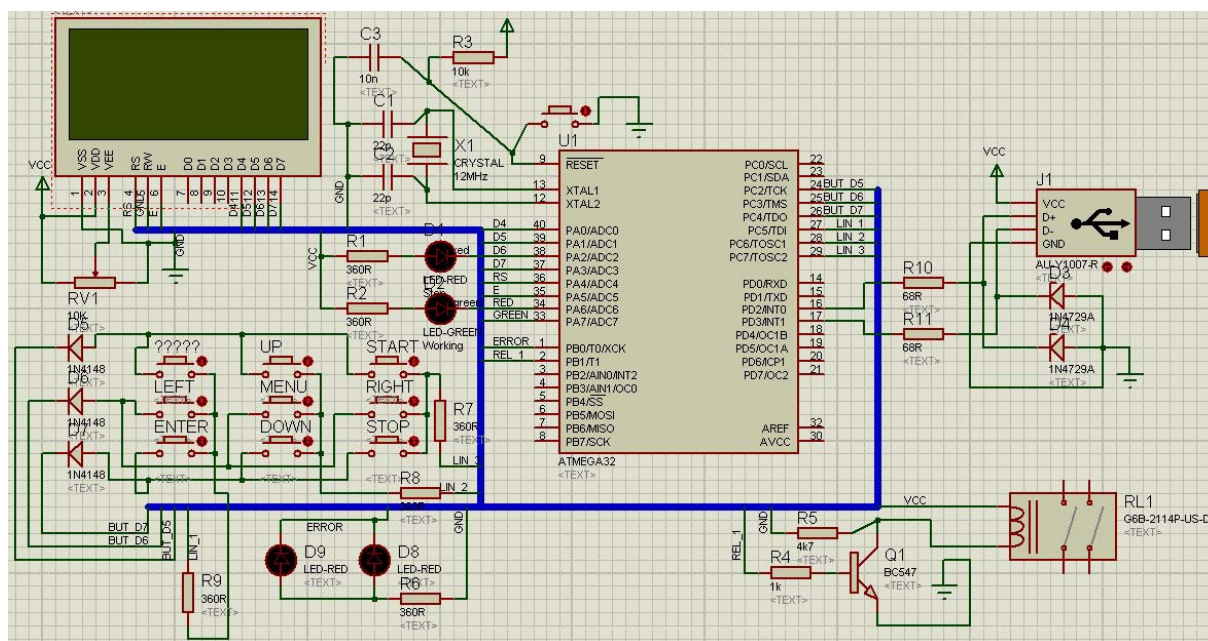


Рисунок 3 – Схема системи керування параметрами процесу ІНН

Введення початкових параметрів процесу в оперативну пам'ять мікроконтролеру і виведення та збереження проміжних і кінцевих параметрів та результатів процесу виконується через USB інтерфейс з бази даних (БД) під керуванням програмного модулю розміщеного на керуючій ЕОМ (рис.4).

id	Name	Mark_shiht	Mark_steal	Start_T	Min_T	Max_T	Nominal_voltage	Start_frequency	Nominal_current	Time_work
1	name	mark1	steal1	23	23	23423	2343	23453	234	234
2	name2	mark2	steal2	34	3434	342	5435	646	324	324
3	name3	mark3	steal3	2	32	33	45	5	54	54
4	name4	mark4	steal4	34	1	54	435	546	3	43
5	name5	mark5	steal5	545	432	53	435	46	324	45
6	name6	mark6	steal6	345	3	435	32	65	54	3
7	name7	mark7	steal7	2	56	656	53452	54	324	43
8	name8	mark8	steal8	656	6	7675	435	344	23	4
9	name9	mark9	steal9	43	65	435	34	3	4	5

Рисунок 4 – БД параметрів технологічного процесу ІНН

Поля БД містять інформацію про код або назву номенклатури деталі, марку шихти, марку сталі, початкову температуру процесу, мінімально необхідне та максимально допустиме значення температури поверхні деталі, початкове значення напруги та частоти струму на індукторі та задану тривалість процесу (в мс).

Висновки

Проведені дослідження процесів ІНН показали фактори, що впливають на протікання процесу наплавлення, виявлено їх взаємозалежності. Визначено можливості керування параметрами, які істотно впливають на якість оброблених деталей.

Програмно керована АСК технологічним процесом індукційного наплавлення на основі програмованої мікроконтролерної системи дозволяє динамічно (не зупиняючи процес) змінювати керовані параметри і зберігати інформацію про хід процесу для моніторингу та подальшої обробки.

Список літератури

1. Кривочуров Н.Т. /Способы контроля тепловложения при индукционной наплавке/ Кривочуров Н.Т. /Иванайский В.В., Иванайский Е.А., Деризин В.Я.; //Вестник Алтайского государственного аграрного университета/ Вып. 14 Механизация и электрификация сельского хозяйства - Барнаул. - 2007. - С. 61-62.
2. Аулін В.В. /Керування та моніторинг процесів приготування композиційних матеріалів та нанесення композиційних покриттів на деталі машин/ Аулін В.В, Віхрова Л.Г., Бісюк В.А., Бобрицький В.М.; //Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства./ Вып. 37. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. Том 2. – Харків. – 2005.- С.174-178.
3. Безменов Ф.В. Некоторые особенности протекания процесса нагрева цилиндрических деталей при заданных значениях температуры на поверхности и глубине закалки/ Безменов Ф.В. // Индукционный нагрев. – 2008. - №5. – С. 3-11.
4. Новгородцев А.Б. /Теория электромагнитного поля/ Новгородцев А.Б.// С.Пб.: Изд. СПбГТУ, 1995. – 222с.

V. Bisuk

Kirovograd National Technical University

Software ASC process of induction heating and welding of composite coatings

With the rapid pace of development of microelectronics and, consequently, the advent of high-speed automation made possible the creation of automated systems and automatic control of such processes, the automation of previously considered uneconomical or technically impracticable, to the extent where it would meet the requirements of a particular production. The difficulty of designing technological equipment with automatic control system is often a too complicated way to measure process parameters and the complexity of the control algorithm, the latter is decisive reason for rejecting high-speed automation processes when the time interval between the control action must be a millisecond or less. These processes include some process of induction heating and welding.

The aim of this work is to study the properties of the process of induction heating parts and applying composite coatings and capacity development and implementation of ACS with the appropriate software.

Increasingly, automation is to improve the quality of products, whereas previously it was mostly better performance. Task automation induction welding is relevant in various branches of engineering, such as the manufacture of agricultural machinery, railways, etc. Accordingly, the question of drawing automatic control system induction welding process that is focused on stabilizing the quality of the process and fully takes advantage of modern electronics and microcontroller software.

Studies have shown processes INN factors influencing the flow of welding process, found their interdependence. Definitely more control over the parameters that significantly affect the quality of the parts. Software-driven ACS induction welding process based programmable microcontroller system enables dynamically (without stopping the process) managed to change the settings and save information about the process for monitoring and further processing.

Induction welding, composite coating, process control, program management, software

Одержано 19.04.13

УДК 674.05:621.91

Т.Г. Руденко, здобувач

Кіровоградський національний технічний університет

Модель систем електроприводів деревообробного верстата

У статті дана методика розрахунку моменту навантаження на привод фрези. Запропоновано імітаційну модель, яка дозволяє дослідити реакцію систем електроприводів на зовнішнє збурення у вигляді моменту навантаження. Проведено аналіз осцилограм струму статора асинхронного двигуна приводу фрези і результатів натурного випробування.

деревообробка, електропривод, статичний момент, моделювання

Т.Г. Руденко

Кировоградский национальный технический университет

Модель систем электроприводов деревообрабатывающего станка

В статье дана методика расчета момента нагрузки на привод фрезы. Предложена имитационная модель, которая позволяет исследовать реакцию системы электропривода на внешнее возмущение в виде момента нагрузки. Проведен анализ осциллограмм тока статора асинхронного двигателя привода фрезы и результатов натурного испытания.

деревообработка, электропривод, статический момент, моделирование

© Т.Г. Руденко, 2013