

Задорожний В.О.¹, Нікітін Е.Є.¹ студ, наук. кер. *Блощинин М.С.¹, к.т.н., Головка Л.Ф.¹, д.т.н., проф.*

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, e-mail: mishafox@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ

У зв'язку з підвищенням цін на основні енергоносії (газ, нафта) останнім часом спостерігається тенденція до розширення використання електротехнологічних процесів виробництва металів, таких як, наприклад, індукційний нагрів. Широке застосування термічної обробки металів при індукційному нагріванні обумовлено простотою технології, високою якістю термічно оброблених виробів, можливістю автоматизації процесів і високими ергономічними властивостями обладнання.

Нагрівання плоских і внутрішніх циліндричних поверхонь значно складніше, ніж нагрів будь-яких зовнішніх замкнутих по-поверхонь. При нагріванні зовнішніх поверхонь нагрівається об'єкт поміщений усередині індуктора, в зоні сильного магнітного поля, а шлях зворотного замикання магнітного потоку знаходиться поза індуктора, в зоні з відносно малою напруженістю магнітного поля. Складова струму індуктора, що створює магніторушійну силу, необхідну для подолання магнітним потоком магнітного опору цієї ділянки, відносно мала. Повний струм індуктора порівняно мало перевершує струм, що індукується в нагріваємому об'єкті.

Кільцевий ефект і ефект близькості, діючи згідно, сприяє концентрації індукованого струму у вузькій зоні, ширина якої не дуже сильно залежить від зазору і близька до ширини індуктора. Активний опір нагрівається об'єкта завдяки цьому відносно велике.

Навпаки, при нагріванні поверхні отвори магнітний потік індуктора замикається в зоні сильного магнітного поля всередині індуктора, внаслідок чого магнітний опір зворотного замикання велике, і відносно велика складова струму індуктора. Тому струм індуктора для нагріву внутрішньої поверхні більше струму індуктора для нагріву зовнішньої при однакових розмірах обох індукторів. Різниця збільшується зі зменшення діаметра індуктора і з пониженням частоти. Очевидно, що наслідком цього є відносне збільшення втрат в індукторі і зниження його до. п. д.

Іншою причиною зниження к. п. д. індуктора, також пред-складової собою наслідок кільцевого ефекту, є збільшення ширини активного шару, в якому протікає індукує ний струм. Це призводить до зменшення активного опору, в порівнянні з його значенням при нагріванні зовнішньої поверхні. Залежність ширини активного шару від зазору виражена досить сильно. Дія кільцевого ефекту посилюється зі збільшенням радіальної висоти дрти

індуктора. В даний час все більш широке застосування знаходять індукційні нагрівальні установки (ІНУ) періодичної і безперервної дії. У ІНУ всіх типів нагрівання здійснюється за рахунок збудження електромагнітним полем індуктора внутрішніх джерел тепла в завантаженні. Моделювання процесу індукційного нагріву металів дозволяє оцінити поведінку матеріалу, оптимально спроектувати нагрівальну установку, вибрати режими її роботи для забезпечення найкращої якості продукції, що випускається. Значна кількість робіт присвячено моделюванню та оптимальному управлінню процесами індукційного нагріву, але більша їх частина розглядає як керованої величини температурне поле всередині заготовки. Рішення завдання починається з побудови геометрії індукційної нагрівальної системи і створення кінцево-елементної сітки.

Результатом вирішення електромагнітної задачі є розподіл внутрішніх джерел тепла в нагрівається заготівлі, використовувані як навантаження в тепловому аналізі, в якому також задаються граничні умови, умови радіаційного та конвективного теплообміну між заготовкою, індуктором і навколишнім середовищем. В результаті рішення теплової задачі розраховується температурний розподіл що нагріває заготовку. Для моделювання процесів нагрівання існують чисельні програмні продукти, але жоден з них не може на 100% визначити тепловий розподіл в зоні обробки. В роботі проаналізовано та класифіковано існуючі програми моделювання теплових процесів, вибрано один з них, створено модель індукційного нагрівання композитного матеріалу. У роботі пропонується підхід до моделювання полів температури в процесі індукційного нагріву металу з використанням програмного пакета Comsol. Отримані результати моделювання процесу нагрівання сталевих циліндричних заготовок демонструють якісне відповідність відомим фізичним закономірностям і існуючими даними натурних і чисельних експериментів. Описана модель може бути використана не тільки для моделювання процесу індукційного нагріву, а й для оптимального управління та проектування індукційної установки.

Список використаних джерел:

1. Моделирование индукционного нагрева с помощью программы ELCUT 4.2; Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине “Методы расчета электромагнитных и тепловых полей” / В.Э. Фризен. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. 27с.

2. Плавильные индукционные комплексы на основе индукционных тигельных печей и их математическое моделирование: учебное пособие / В.И. Лузгин, С.Ф. Сарапулов, Ф.Н. Сарапулов, Б.А. Сокунов, Д.Н. Томашевский, В.Э. Фризен, И.В. Черных, В.В. Шипицын. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 464с.