

МАТЕМАТИЧНЕ Й КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІНДУКЦІЙНОЇ ТЕРМООБРОБКИ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ТІЛ

Дробенко Б.Д., д.ф.-м.н., с.н.с.

*Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів*

Для підвищення міцності й надійності виробів з електропровідних матеріалів у сучасних технологіях термообробки широко використовують електромагнітні поля (ЕМП). Тому для побудови раціональних режимів такої обробки важливим є дослідження взаємодії процесів електропровідності, теплопровідності й деформування в електропровідних тілах за дії комплексного навантаження. Необхідність врахування при цьому таких суттєвих чинників, як температурна залежність властивостей матеріалів, пружно-пластичний характер деформування та складні нелінійні залежності індукцій електричного й магнітного полів від відповідних напруженостей та температури приводить до складних математичних моделей, аналітичне дослідження яких практично неможливе.

На основі методу скінченних елементів та сім'ї однокрокових різницевих алгоритмів запропоновано методику числового дослідження термомеханічних процесів у термочутливих, пружно-пластичних, здатних до намагнічування й поляризації електропровідних тілах за високотемпературної індукційної обробки. Для опису ЕМП використано рівняння Максвелла, теплопереносу – рівняння теплопровідності, процесу деформування – співвідношення неізотермічної термопружно-пластичності. Пружно-пластичний аналіз виконано із застосуванням методів додаткових напружень і змінних параметрів жорсткості. Кроки інтегрування рівнянь електродинаміки, теплопровідності й термомеханіки за часом вибираємо різними, що надає можливість оптимізувати процес обчислень за часом.

Розроблене відповідне програмне забезпечення [1]. Досліджено термомеханічні процеси у виробках із неферромагнітних та ферромагнітних (як магнітом'яких, так і магнітотвердих) матеріалів при високотемпературній індукційній обробці. Проілюстрована можливість побудови раціональних та оптимальних режимів такої обробки за різними критеріями, зокрема, з метою забезпечення бажаного чи близького до заданого рівня залишкових напружень в тілах, рівномірності нагрівання виробів чи якихось їх областей, мінімізації часу обробки при обмеженнях на напруження, тощо. Керування при цьому можна здійснювати величиною чи частотою струму, розмірами, геометричною формою і місцем розташування джерел струму, умовами охолодження, тощо.

1. *Моделювання та оптимізація в термомеханіці електропровідних неоднорідних тіл / Під заг. ред. Я.Й. Бурака, Р.М. Кушніра. У 5-ти томах. Т. 4: О.Р. Гачкевич, Б. Д. Дробенко. Термомеханіка намагнетичуваних електропровідних термочутливих тіл. – Львів: СПОЛОМ, 2010. – 256 с.*