МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО СУПРОВОДЖУЮТЬ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАПОБІЖНИКІВ З ТВЕРДИМ НАПОВНЮВАЧЕМ

Єгорова О.Ю.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Розвиток електромобілів вимагає використання компактних, легких і довговічних запобіжників, здатних працювати при високій напрузі (до 450 В DC) і великих струмах [1]. Одним з ключових компонентів сучасних запобіжників є матриця з піску та рідкого скла (силікату натрію), яка забезпечує термічну стабільність і гасіння електричної дуги. Однак така матриця є крихкою і схильною до пошкоджень під час транспортування, монтажу та роботи, що може призвести до збоїв у функціонуванні або навіть до небезпечних ситуацій. Тому виникає потреба в зміцненні силікатно-піщаної структури без втрати її здатності ефективно поглинати тепло й гасити дугу. Скоригована технологія виготовлення таких апаратів, а саме більш детальне вивчення процесів сушіння внутрішніми джерелами теплоти сприятиме вирішенню цих проблем, оскільки має критичне значення для надійної роботи систем електроживлення електромобілів і безпеки електронних компонентів у високовольтних середовищах. Моделювання тепломасообмінних процесів у конструкції запобіжника з піщано-силікатною матрицею є ефективним інструментом для передбачення динаміки нагріву, випаровування вологи та фазових переходів усередині пористої структури [2]. У задачі розглядається нестаціонарний тепловий процес у циліндричній області, що описується рівнянням теплопровідності з урахуванням внутрішнього джерела тепла (джоулевого нагріву), залежного від просторових координат. Масоперенос пари та вологи в пористій структурі описується рівнянням дифузії, а рух рідини під дією тиску – законом Дарсі. Особливої уваги потребує моделювання фазового переходу – процесу кипіння рідкого скла, який супроводжується виділенням пари та переміщенням залишкової рідини до дренажного отвору. Окрім розрахунку температур, модель дозволяє виявити локальні зони перегріву, передбачити утворення напружень у матриці, змоделювати фронт фазового переходу, а також оцінити ефективність сушіння в різних режимах роботи (зовнішній нагрів, внутрішній струм тощо). Це дає змогу підібрати оптимальні технологічні параметри: величину струму, тривалість, необхідну температуру для повного випаровування вологи без пошкодження конструкції.

Література:

1. Mersen Electrical Power. EV/HEV Fuses: Advanced Protection for Electric Mobility [Електронний ресурс]. Mersen, 2019. Режим доступу: https://ep-us.mersen.com
2. Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., Lavine, A. S. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 6th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007. 997 p.