

УДК 621.365:536.24:621.3.01.7

Тютюнник О.В.¹, Яримбаш Д.С.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² д-р техн. наук, проф НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ В ЕЛЕКТРОКАЛЬЦИНАТОРІ

Одним із ключових напрямів розвитку електродної промисловості в сучасних умовах є підвищення енергоефективності виробництва. Це пов'язано з глобальними викликами: зростанням вартості енергоносіїв, потребою зменшення вуглецевого сліду та переходом до принципів ESG (екологія, соціальна відповідальність, корпоративне управління).

Використання електрокальцинатора для отримання графітованого наповнювача електродів (графітованого коксу) дозволяє відмовитися від проміжних етапів, що зменшує витрати, скорочує трудомісткість та знижує викиди CO₂; підвищує якість продукції через точніший контроль параметрів графітації. Для підвищення енергетичної ефективності виробництва електродної продукції потрібна розробка нових технічних рішень для процесу графітації в електрокальцинаторі. Через складність проведення експериментальних досліджень у виробничих умовах актуальною є задача розробки нових рішень на основі математичного моделювання.

Метою роботи була розробка електротеплової моделі, яка відображає конструкцію електрокальцинатора, нелінійність магнітних і теплофізичних властивостей його складових та її реалізація на основі методу скінченних елементів.

Мультифізична математична модель складається з системи рівнянь, що описують електромагнітне та теплове поле. Для опису електромагнітних процесів використовувалось квазістаціонарне наближення рівнянь Максвелла (для низьких частот): рівняння закону Ома, рівняння безперервності струму та зв'язку напруженості електричного поля з електричним потенціалом. Для опису теплового поля використовувалось рівняння теплопровідності з джерелом тепла. Зв'язок між полями встановлювався за температурними залежностями електричної провідності та теплопровідності і залежністю Джоулевого тепла від розподілу струму. Математична модель доповнювалась відповідними граничними та початковими умовами.

Реалізація моделі виконувалась в програмному середовищі COMSOL. Порівняння отриманих результатів температурних полів із даними температурних вимірювань на діючому обладнанні показала високу точність моделювання. Це дозволить у майбутньому використовувати запропоновану модель для дослідження впливу конструктивних особливостей на точки нагріву й ефективність теплорозподілу, проводити дослідження різних матеріалів мінімізації втрат і підвищення ефективності процесу графітації.