УДК 621.365.5
DOI: https://doi.org/10.15407/techned2018.02.017

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО І ТЕПЛОВОГО ПОЛІВ У ТЕРМОІЗОЛЯЦІЇ ІНДУКЦІЙНИХ КАНАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ ЗІ ЗМІНОЮ КОНФІГУРАЦІЇ ДЕФЕКТІВ, ЩО ВИНИКАЮТЬ У НІЙ

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавник	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 2, 2018 (березень/квітень)
Сторінки	17 – 24

Автор
М.А. Щерба*, канд.техн.наук
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,
e-mail: m.shcherba@gmail.com
* ORCID ID : http://orcid.org/0000-0001-6616-4567

Досліджено взаємопов'язані електромагнітні та теплові процеси, які виникають при індукційному нагріванні металу в канальних печах. Розроблено методику визначення розмірів і форми дефектів (протікань рідкого металу) у термоізоляційному матеріалі (футеровці) таких печей шляхом аналізу неоднорідного розподілу температури на поверхні їхнього корпусу. Проведено верифікацію розробленої математичної моделі шляхом порівняння з результатами експерименту тривалістю 3,5 року на індукційній печі промислової лінії лиття. Визначено області максимальних температур на корпусі печі і величини максимальних градієнтів температури всередині футеровки, а також динаміку їхніх зміни у часі. Встановлено зв'язок між розподілом ізотерм на корпусі печі з розташуванням, формою і глибиною проникнення рідкої міді в її термоізоляційну цегляну кладку, а також зроблено припущення щодо конфігурації існуючих на даний момент

дефектів. Використання запропонованої методики дозволяє проводити більш точну діагностику стану футеровки індукційних канальних печей, створюючи основи для прогнозування і рекомендацій щодо збільшення їхнього ресурсу. Бібл. 15, рис. 4, табл. 2.

Ключові слова: електромагнітне поле, індукційний нагрів, розподіл температури, взаємопов'язані (мультифізичні) процеси, тривимірне математичне моделювання, метод скінченних елементів.

Надійшла 05.12.2017
Остаточний варіант 08.12.2017
Підписано до друку 01.03.2018

УДК 621.365.5

ВЗАИМОСВЯЗЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО И ТЕПЛОВОГО ПОЛЕЙ В ТЕРМОИЗОЛЯЦИИ ИНДУКЦИОННЫХ КАНАЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ С ИЗМЕНЕНИЕМ КОНФИГУРАЦИИ ВОЗНИКАЮЩИХ В НЕЙ ДЕФЕКТОВ

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 2, 2018 (март/апрель)
Страницы	17 – 24

Автор
М.А. Щерба, канд.техн.наук
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина,
e-mail: m.shcherba@gmail.com

Исследованы взаимосвязанные электромагнитные и тепловые процессы, возникающие при индукционном нагреве металла в канальных печах. Разработана методика определения размеров и формы дефектов (протеканий жидкого металла) в термоизоляционном материале (футеровке) таких печей путем анализа неоднородного распределения температуры по поверхности их корпуса. Проведена верификация разработанной математической модели посредством сравнения с результатами эксперимента длительностью 3,5 года на индукционной печи промышленной линии литья. Определены области максимальных температур на корпусе печи и ве-личины максимальных градиентов температуры внутри футеровки, а также динамика их изменения во времени. Установлена связь между распределением изотерм на корпусе печи с расположением, формой и глубиной проникновения жидкой меди в ее термоизоляционную кирпичную кладку, а также сделаны предположения о конфигурации существующих на данный момент дефектов. Использование предложенной методики позволяет проводить более точную диагностику состояния футеровки индукционных канальных печей, создавая основы для прогнозирования и рекомендаций по увеличению их ресурса. Библ. 15, рис. 4, табл. 2.

Ключевые слова: электромагнитное поле, индукционный нагрев, распределение температуры, взаимосвязанные (мультифизические) процессы, трехмерное математическое моделирование, метод конечных элементов.

Поступила 05.12.2017
Окончательный вариант 08.12.2017
Подписано в печать 01.03.2018

Література

1. Bermúdez A., Gómez D., Muñiz M.C., Salgado P., Vázquez R. Numerical simulation of a thermo-electromagneto-hydro-dynamic problem in an induction heating furnace. *Applied Numerical Mathematics* . 2009. Vol. 59.9. Pp. 2082-2104.

2. Comsol Multiphysics, https://www.comsol,com/ . Comsol Inc., Burlington, MA, USA, 2017.

3. Gleim T., Bettina S., Detlef K. Nonlinear thermo-electromagnetic analysis of inductive heating processes. *Archive of Applied Mechanics.* 2015. Vol. 85.8. Pp. 1055-1073.

4. Lucía O., Maussion P., Dede E.J. Induction heating technology and its applications: past developments, current technology, and future challenges. *I EEE Trans. on Industrial Electronics* . 2014. Vol. 61.5. Pp. 2509-2520.

5. Pepper D.W., Heinrich J.C. The Finite Element Method: Basic Concepts and Applications with MATLAB, MAPLE, and COMSOL. CRC Press, 2017. 610 p.

6. Podoltsev O.D., Shcherba M.A. Electric field and current density distribution near water

inclusions of polymer insulation of high-voltage cables in view of its nonlinear properties. *Tekhnichna Elektrodynamika*
.
2016.
No
1.
Pp. 11–19. (Rus)

7. Shcherba A.A., Podoltsev O.D., Kucheriava I.M., Ushakov V.I. Computer modeling of electrothermal processes and thermo-mechanical stress at induction heating of moving copper ingots. *Tekhnichna Elektrodynamika* . 2013.
No 2.
Pp. 10–18. (Rus)

8. Shcherba A.A., Suprunovska N.I. Electric energy loss at energy exchange between capacitors as function of their initial voltages and capacitances ratio electric energy loss at energy exchange between capacitors as function of their initial voltages and capacitances ratio. *Tekhnichna Elektrodynamika*
.
2016.
No
3
.
Pp. 9–11.

9. Shcherba M.A. Influence of water trees conductivity on currents density and pressures emerging in polyethylene insulation. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2016. No 4.
Pp. 14–16
. (Rus
)

10. Shcherba M.A. Multi-physical processes during electric field disturbance in solid dielectric near water micro-inclusions connected by conductive channels. 2nd International Conference on I *ntelligent Energy and Power Systems*, IEPS 2016. Conference Proceedings, Kiyv, Ukraine. Pp. 1-5.

11. Stegmueller M.J.R., Schindele P., Grant R.J. Inductive heating effects on friction surfacing of stainless steel onto an aluminum substrate.
Journal of Materials Processing Technology
.
2015.
Vol. 216.
Pp. 430-439.
https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.10.013

12. UPCAST, http://www.upcast.com , Finland.

13. Yoav H., Kochavi E., Levy A. Inductive heating with a stepped diameter crucible. *Applied Thermal Engineering*
.
2016.
Vol. 102.
Pp. 149–157.
https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.03.151

14. Zolotarev V.M., Belyanin R.V., Podoltsev O.D. Analysis of electromagnetic processes in the induction channel furnace used in the cable industry.
Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii nauk Ukrainy
. Kyiv, 2016.
No 44.
Pp. 110–115. (Rus)

15. Zolotarev V.M., Shcherba M.A., Belyanin R.V. Three-dimensional modeling of electromagnetic and thermal processes of induction melting of copper template with accounting of installation elements design. *Tekhnichna Elektrodynamika*
.
2017.
No 3.
Pp. 13–21. (Rus)

PDF