DOI: https://doi.org/10.15407/techned2018.04 . 033

УДК 621.365.5

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО І ТЕПЛОВОГО ПОЛІВ В ІНДУКЦІЙНИХ КАНАЛЬНИХ ПЕЧАХ З ДЕФЕКТАМИ ФУТЕРОВКИ

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавник	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 4, 2018 (липень/серпень)
Сторінки	33 – 36

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

Використовуючи метод кінцевих елементів і підходи мультифізичного моделювання проведені чисельні експерименти і аналіз неоднорідного розподілу електромагнітного і теплового полів в індукційних канальних печах при виникненні різних дефектів їх термоізоляції (футеровка). Задача формулюється в нелінійній постановці з сильними взаємними зв'язками підзадач для складної тривимірної геометрії. На прикладі печі для плавки безкисневої міді при протіканні розплаву металу в її футеровку визначена залежність зміни температури на поверхні корпусу печі від глибини проникнення і об'єму розплаву. Досліджено зміни в розподілі температури всередині термоізоляції по мірі її деградації, тобто по мірі досягнення розплаву кожного з чотирьох шарів матеріалу.

Визначено аварійні конфігурації протікань розплаву, які вимагають зупинки печі і її заміни, а також проведено аналіз існуючих ситуацій, що спостерігаються на лініях лиття на промислових підприємствах. Застосування запропонованої методики розрахунку дозволяє контролювати стан індукційних канальних печей і розробляти рекомендації зі збільшення їхнього ресурсу. Бібл. 12, рис. 3.

Ключові слова: електромагнітне поле, індукційний нагрів, чисельне моделювання, взаємопов'язані процеси, плавка міді, дефекти теплоізоляції.

Надійшла 02.03.2018
Остаточний варіант 15.03.2018
Підписано до друку

УДК 621.365.5

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО И ТЕПЛОВОГО ПОЛЕЙ В ИНДУКЦИОННЫХ КАНАЛЬНЫХ ПЕЧАХ С ДЕФЕКТАМИ ФУТЕРОВКИ

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 4, 2018 (июль/август)
Страницы	33 – 36

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

Используя метод конечных элементов и подходы мультифизического моделирования, проведены численные эксперименты и анализ неоднородного распределения электромагнитного и теплового полей в индукционных канальных печах при возникновении различных дефектов их термоизоляции (футеровки). Задача формулируется в нелинейной постановке с сильными взаимными связями подзадач для сложной трехмерной геометрии. На примере печи для плавки бескислородной меди при протекании расплава металла в ее футеровку определена зависимость изменения температуры на поверхности корпуса печи от глубины проникновения и объема расплава. Исследованы изменения в распределении температуры внутри термоизоляции по мерее ее деградации, т.е. по мере достижения расплавом каждого из четырех слоев материала. Определены аварийные конфигурации протеканий расплава, требующее остановки печи и ее замены, а также проведен анализ существующих ситуаций, наблюдаемых на линиях литья на промышленных предприятиях. Применение предложенной методики расчета позволяет контролировать состояние индукционных канальных печей и разрабатывать рекомендации по увеличению их ресурса. Библ. 12, рис. 3.

Ключевые слова: электромагнитное поле, индукционный нагрев, численное моделирование, взаимосвязанные процессы, плавка меди, дефекты термоизоляции.

Поступила 02.03.2018
Окончательный вариант 15.03.2018
Подписано в печать

Література

1. Podoltsev O.D., Kucheryava I.N. Multiphysical modeling of electrical devices. *Tekhnichna Elektrodynamika*
. 2015. No 2. Pp. 11–19. (Rus)
2. Jian-Ming Jin The finite element method in electromagnetics. John Wiley & Sons, 2015. 800 p.
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. Zolotarev V.M., Shcherba M.A., Zolotarev V.V., 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. DOI: https://doi.org/10.15407/techned2017.03.013
(Rus)
5. Yoav H., Kochavi E., Levy A. Inductive heating with a stepped diameter crucible. *Applied Thermal Engineering.*
2016. Vol. 102. Pp. 149–157.
6. 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)
7. 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.
8. Lucía O., Maussion P., Dede E.J. Induction heating technology and its applications: past developments, current technology, and future challenges. *IEEE Trans. on Industrial Electronics*. 2014. Vol. 61.5. Pp. 2509-2520.
9. Shcherba M.A. Three-dimensional modeling of electromagnetic and temperature fields in the inductor of channel-type furnace for copper heating. *IEEE Conf. on Electrical and Computer Engineering* (UKRCON), Kiev. 2017. Pp. 427-431.
10. Shcherba M.A. Coupled electromagnetic and thermal processes in thermal insulation of induction channel furnaces during changes of its defects configuration. *Tekhnichna Elektrodynamika* . 2018. No 2. Pp. 17 - 24. DOI:
https://doi.org/10.15407/techned2018.02.017
11. Landau L.D., Lifshyts E.M. Electrodynamics of continuums, Theor. Physics, vol. VIII. Moscow: Fizmatlit, 2003. 632 p. (Rus)
12. Comsol Multiphysics, https://www.comsol.com/ . Comsol Inc., Burlington, MA, USA, 2018.

PDF