DOI: https://doi.org/10.15407/ techned2017.03.013

УДК 621.365.5

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ МЕДНОГО ШАБЛОНА С УЧЕТОМ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ УСТАНОВКИ

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 3, 2017 (май/июнь)
Страницы	13 – 21

Авторы
В.М. Золотарёв[2], докт.техн.наук, **М.А. Щерба**[1], канд.техн.наук, **В.В. Золотарёв**[2], канд.техн.наук,
Р.В. Белянин
[2]

[1] – Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина,
e-mail: m.shcherba@gmail.com
[2] – ПАО "Завод "Южкабель",
ул. Автогенная, 7, Харьков, 61099, Украина,
e-mail: zavod@yuzhcable.com.ua

Разработана трехмерная математическая модель и выполнен анализ неоднородного распределения магнитного и температурного полей в футерованном индукторе плавильно-раздаточной печи для плавки меди и в медном шаблоне. Анализ проводился с

учетом сложной геометрии индуктора (характерные размеры элементов которого существенно отличаются), нелинейной зависимости удельной электропроводности меди от температуры, ферромагнитных свойств стального сердечника магнитопровода и наличия водного охлаждения медных шин индуктора и его корпуса, а также температуры и массопереноса жидкости. Рассмотрен долговременный процесс плавления медного шаблона длительностью 18 часов при нестационарном питании индуктора. Определены локальные области наибольших температур и градиентов температуры в футеровке индуктора и их изменение во времени для анализа надежности и ресурса плавильно-раздаточной печи. Библ. 18, рис. 7.

Ключевые слова: индукционный нагрев, связанные электромагнитные и тепловые процессы, трехмерное математическое моделирование, нелинейные свойства.

Поступила 05.04.2017
Окончательный вариант 17.04.2017
Подписано в печать 15.05.2017

УДК 621.365.5

ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ІНДУКЦІЙНОЇ ПЛАВКИ МІДНОГО ШАБЛОНУ З УРАХУВАННЯМ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ УСТАНОВКИ

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавник	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 3, 2017 (травень/червень)
Сторінки	13 – 21

Автори
В.М. Золотарьов[2], докт.техн.наук, **М.А. Щерба**[1], канд.техн.наук, **В.В. Золотарьов**[2], канд.техн.наук,
Р.В. Білянін
[2]

[1] – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,
e-mail: m.shcherba@gmail.com
[2] – ПАТ "Завод "Южкабель",
вул. Автогенна, 7, Харків, 61099, Україна,
e-mail: zavod@yuzhcable.com.ua

Розроблено тривимірну математичну модель і виконано аналіз неоднорідного розподілу магнітного і температурного полів у футерованому індукторі плавильно-роздавальної печі для плавки міді та мідному шаблоні. Аналіз проводився з урахуванням складної геометрії індуктора (характерні розміри елементів якого істотно відрізняються), нелінійної залежності питомої електропровідності міді від температури; феромагнітних властивостей сталевого осердя магнітопроводу та наявності водного охолодження котушок і корпусу індуктора, враховуючи температуру і масоперенос рідини. Розглянуто довготривалий процес плавлення мідного шаблону тривалістю 18 годин при нестаціонарному живленні індуктора. Визначено локальні області максимальних температур і градієнтів температури в футеровці індуктора та їхню зміну в часі для аналізу надійності і ресурсу плавильно-роздавальної печі. Бібл. 18, рис. 7.

Ключові слова: індукційний нагрів, взаємопов'язані електромагнітні та теплові процеси, нелінійні властивості, тривимірне математичне моделювання.

Надійшла 05.04.2017
Остаточний варіант 17.04.2017
Підписано до друку 15.05.2017

Література

1. *Золотарев В.М., Белянин Р.В., Подольцев А.Д.* Анализ электромагнитных процессов в индукционной канальной печи, используемой в кабельной промышленности // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. – 2016. – Вип. 44. – С. 110–115.
2. *Щерба А.А., Подольцев А.Д., Кучерявая И.Н., Ушаков В.И.* Компьютерное моделирование электротепловых процессов и термомеханических напряжений при индукционном нагреве движущихся медных слитков // Техн. електродинаміка. – 2013. – № 2. – С. 10–18.
3. *Щерба М.А.* Закономерности распределения электрического поля в диэлектрической среде при изменении размеров и формы проводящих включений // Техн. електродинаміка. – 2012. – № 2. – С. 19–20.
4. *Щерба М.А.* Особенности локальных усилений электрического поля проводящими включениями в нелинейной полимерной изоляции // Техн. електродинаміка. – 2015. – № 2. – С. 16–23.
5. *Щерба М.А., Подольцев А.Д.* Распределение электрического поля и плотности тока возле водных включений полимерной изоляции высоковольтных кабелей с учетом ее нелинейных свойств // Технічна електродинаміка. – 2016. – № 1. – С. 11–19.
6. *Baake E., Nacke B., Bernier F., Vogt M.* Experimental and numerical investigations of the temperature field and melt flow in the induction furnace with cold crucible // Intern. J. for computation and mathematics in electrical and electronic engineering COMPEL. – 2003. – Vol. 22(1). – Pp. 88–97.
7. *Bay F., Labbé V., Favennec Y.* A numerical model for induction heating processes coupling electro-magnetism and thermomechanics // Intern. J. for Numerical Methods in Engineering. – 2003. – Vol. 58(6). – Pp. 839–867.
8. Bermúdez A., Gómez D., Muñiz M.C., Salgado P., Vázquez R. Numerical simulation of a thermo-electromagneto-hydrodynamic problem in an induction heating furnace // Applied Numerical Mathematics. – 2009. –Vol. 59(9). – Pp. 2082–2104.
9. *Bermúdez A., Gómez D., Muñiz M.C., Salgado P.* Transient numerical simulation of a thermoelectrical problem in cylindrical induction heating furnaces // Advances in computational mathematics. – 2007. – Vol. 26(1-3). – Pp. 39–62.
10. *Chaboudez C., Clain S., Glardon R., Mari D.* Numerical modeling in induction heating for axisymmetric geometries // IEEE Trans. on Magnetics. – 1997. – Vol. 33(1). – Pp. 739–745.

11. Comsol Multiphysics, https://www.comsol.com/ , Comsol Inc., Burlington, MA, USA, 2017.
12. *Ghojel J.I., Ibrahim R.N.* Computer simulation of the thermal regime of double-loop channel induction furnaces // J. of materials processing technology. – 2004. – Vol. 153. – Pp. 386–391.
13. *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.
14. *Rapoport E., Pleshivtseva Yu.* Optimal control of induction heating processes. – CRC Press, 2006.
15. *Rudnev V., Loveless D., Cook R.L., Black M.* Handbook of induction heating. – CRC Press, 2002.
16. *Ter Maten E.J.W., Melissen J.B.M.* Simulation of inductive heating // IEEE Trans. on Magnetics. – 1992. –Vol. 28.2. – Pp. 1287–1290.
17. *Umbrashko A., Baake E., Nacke B., Jakovics A.* Modeling of the turbulent flow in induction furnaces // Metallurgical and Materials Trans. – 2006. – Vol. 37(5). – Pp. 831–838.
18. UPCAST, http://www.upcast.com/ , Finland.

PDF