

Э.Х. Ри, Хосен Ри, М.А. Ермаков, Г.А. Князев, В.Э. Ри

Тихоокеанский государственный университет (г. Хабаровск)

ПОВЫШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СЕРОГО ЧУГУНА МЕТОДОМ ОБЛУЧЕНИЯ РАСПЛАВА НАНОСЕКУНДНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Аннотация. Приводятся результаты исследования свойств серого чугуна, модифицированного различными по массе добавками ферросилиция ФС 45 в зависимости от продолжительности облучения расплава наносекундными электромагнитными импульсами. Свойства модифицированных чугунов изменяются по экстремальной зависимости от продолжительности облучения расплава. Для повышения физико-механических и эксплуатационных свойств модифицированных чугунов необходима определенная продолжительность облучения расплава.

Ключевые слова: механические свойства, эксплуатационные свойства, ферросилиций, продолжительность облучения, кристаллизация, модифицирование.

IMPROVEMENT OF MECHANICAL AND OPERATING PROPERTIES OF GRAY CAST IRON WHEN IRRADIATING ITS MELT BY NANOSECOND ELECTROMAGNETIC IMPULSES

Abstract. The research results on the properties of gray cast iron, having been modified by various additives FS-45, depending on the duration of melt irradiation by nanosecond electromagnetic impulses (NEMI) are submitted in the paper. The properties of cast irons modified with FS-45 vary in the extreme dependence on the duration of the melt irradiation by NEMI. Appropriate duration will contribute to the improvement of the mechanical and operating properties of gray cast iron.

Keywords: mechanical properties, operating characteristics, ferrosilicon, duration of irradiation, crystallization, modification.

В настоящей работе приведены результаты исследования влияния обработки расплава наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ) и модифицирования различными по количеству добавками ферросилиция марки ФС 45 на физико-механические и эксплуатационные свойства серого чугуна состава 3,3 % С; 1,5 % Si; 0,7 % Mn, менее 0,1 % P и S. Обработку расплава НЭМИ и модифицирование ферросилицием ФС 45 проводили в соответствии с ранее описанной методикой¹.

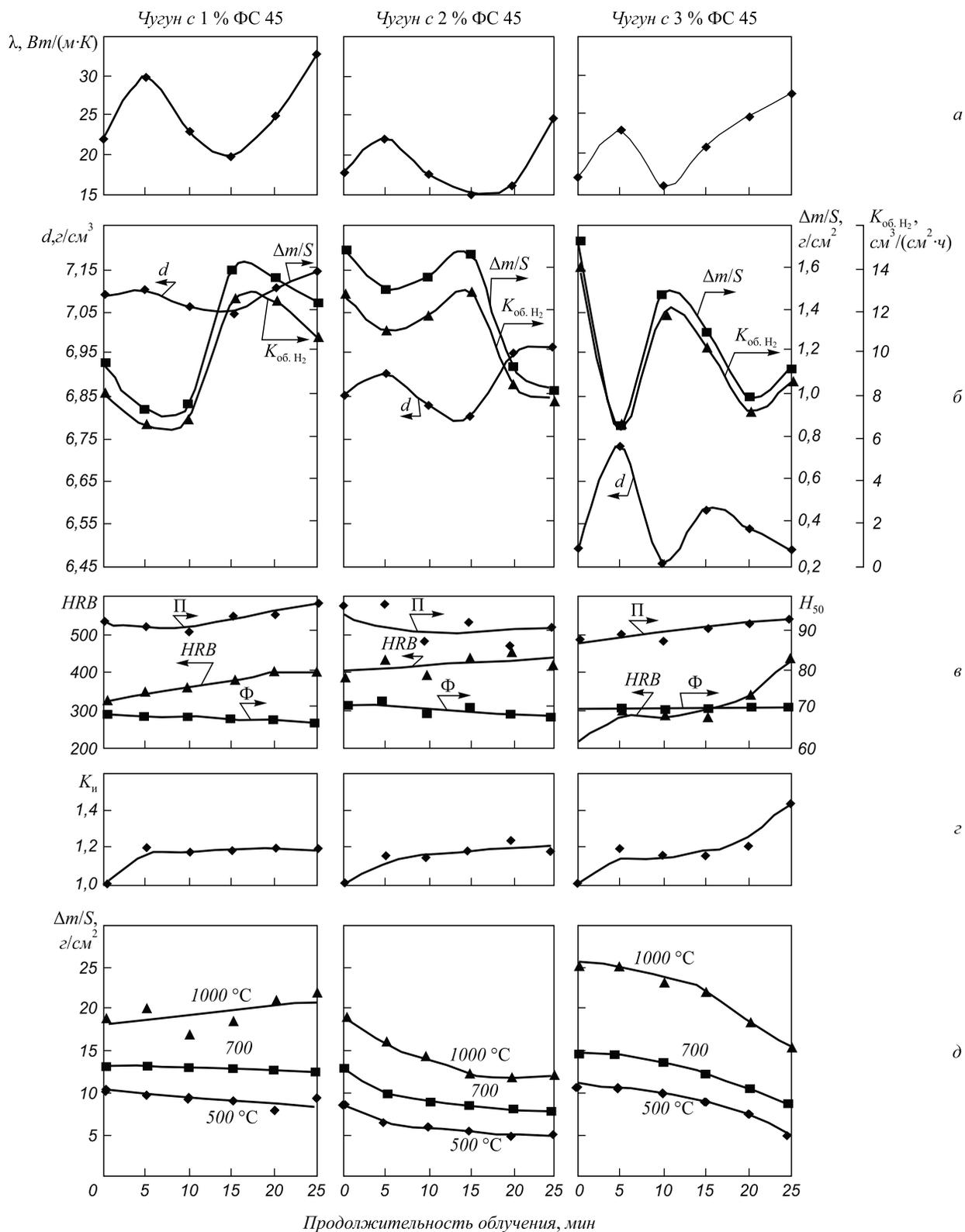
Из позиции *a* рисунка видно, что влияние продолжительности облучения расплава на теплопроводность λ модифицированных ферросилицием ФС 45 чугунов неоднозначно: резкий подъем теплопроводности наблюдается при 5-мин облучении с последующим ее снижением до продолжительности облучения $\tau_{\text{обл}} = 15$ мин для чугунов, модифицированных 1 и 2 % ФС 45, и до $\tau_{\text{обл}} = 10$ мин для чугуна, модифицированного 3,0 % ФС 45. Дальнейшее повышение продолжительности облучения расплава до $\tau_{\text{обл}} = 25$ мин способствует вновь увеличению теплопроводности. При этом ее значения становятся значительно выше, чем у необлученного и облученного в течение 5 мин чугунов. Следовательно,

для повышения теплопроводности модифицированных кремнием чугунов необходимо облучение их расплава в течение 5 или 25 минут: при 5-мин облучении расплава НЭМИ теплопроводность чугуна с 1,0 и 2,0 % ФС 45 возрастает в 1,33 и 1,26 раза, а чугуна с 3,0 % ФС 45 – в 1,28 раза; при 25-мин облучении расплава НЭМИ теплопроводность возрастает в 1,44 – 1,47 раза у чугунов, модифицированных 1,0 и 2,0 % ФС 45, и в 1,57 раза у чугуна с 3,0 % ФС 45.

Плотность d чугуна, модифицированного ферросилицием, изменяется по аналогичной зависимости от продолжительности облучения расплава, как и теплопроводность (поз. *b* рисунка). Исключением является чугун, модифицированный 3,0 % ФС 45, у которого наблюдается резкое уменьшение плотности и увеличение теплопроводности при $\tau_{\text{обл}} > 15$ мин.

Наблюдается неоднозначное влияние продолжительности облучения расплава на коррозионную стойкость $K_{\text{обл H}_2}$ модифицированных кремнием чугунов (см. рисунок, поз. *b*). Значения максимальной коррозионной стойкости чугуна наблюдаются до определенной продолжительности облучения расплава НЭМИ в зависимости от количества добавки ФС 45. Дальнейшее увеличение продолжительности облучения расплава НЭМИ уменьшает этот показатель. Для повышения коррозионной стойкости модифицированных

¹ Ри Э.Х., Ри Хосен, Ермаков М.А. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 8. С. 16 – 19; № 10. С. 12 – 15.



Влияние продолжительности облучения расплава НЭМИ на свойства чугунов, модифицированных ферросилицием марки ФС 45

чугунов целесообразно облучение расплавами в течение 5 – 10 мин.

Твердость (HRB), микротвердость (H_{50}) и износостойкость ($K_{\text{и}}$) чугунов, модифицированных ферросилицием ФС 45 в количестве от 1,0 до 3,0 %, увеличиваются по мере повышения продолжительности

облучения расплавами (см. поз. *в* и *г* рисунок). Между твердостью и относительной износостойкостью существует прямая корреляция.

Облучение расплава НЭМИ положительно влияет на жаростойкость $\Delta m/S$ (окалиностойкость) модифицированных 2 – 3 % ФС 45 чугунов (см. рисунок, поз. *д*). При

облучении чугуна, модифицированного 1,0 % ФС 45, его температура не должна превышать 700 °С.

Выводы. Для повышения физико-механических и эксплуатационных свойств модифицированных кремнием чугунов необходима определенная продолжительность облучения расплавов: для достижения максимальной теплопроводности она должна соответствовать 25 мин; теплопроводность чугуна при этом повышается примерно в 1,5 – 1,6 раз; для повышения плотности модифицированных 1,0 – 2,0 % ФС 45 чугунов необходимо их облучение в течение 20 – 25 мин; чугунов, модифицированных 3,0 % ФС 45, – 5 мин; для повышения коррозионной стойкости модифицированных 1,0 и 3,0 % ФС 45 чугунов продолжительность облучения должна соответствовать

5 мин, а чугунов с 2,0 % ФС 45 – 20 – 25 мин; увеличение длительности облучения расплавов положительно влияет на твердость и износостойкость модифицированных чугунов, особенно в высококремнистом чугуне (3,0 % ФС 45): твердость и относительная износостойкость возрастают в 1,23 и 1,44 раза при 25-мин облучении. Облучение расплавов повышает окалинотойкость модифицированных чугунов, особенно с 2,0 и 3,0 % ФС 45; например, при 1000 °С и 25-мин облучении чугуна с 3,0 % ФС 45 его окалинотойкость повышается в 1,67 раза, при 700 °С – в 1,4 раза и при 500 °С – в 2,0 раза.

© 2013 г. Э.Х. Ри, Хосен Ри, М.А. Ермаков,
Г.А. Князев, В.Э. Ри
Поступила 4 декабря 2012 г.

УДК 669.046:62-503.5

Л.П. Мышляев¹, В.Ф. Евтушенко¹, К.А. Ивушкин², Г.В. Макаров¹

¹ Сибирский государственный индустриальный университет

² ООО «Сибшахтострой»

О ПОДОБИИ НАТУРНОЙ И МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМ ПРИ УПРАВЛЕНИИ С ФИЗИЧЕСКОЙ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛЬЮ*

Аннотация. Отмечена специфика и развиты условия подобия для систем управления с физической прогнозирующей моделью.

Ключевые слова: физическая прогнозирующая модель, система управления, динамическое подобие.

ON THE SIMILARITY OF FULL-SCALE AND MODEL SYSTEMS WHEN CONTROLLING WITH THE PROGNOSTIC PHYSICAL MODEL

Abstract. The authors mark the specificity and develop the conditions of similarity of control systems with prognostic physical model.

Keywords: prognostic physical model, control system, dynamic similarity.

К современным системам управления предъявляют все большие требования, что ведет к их значительному усложнению, поэтому при создании систем управления важная роль отводится этапу модельных исследований, в том числе и с использованием физических моделей. Физическое моделирование, в основу которого положены методы и критерии теории подобия, часто применяют при создании и исследовании новых технологических объектов и систем управления ими. В теории управления имеется специальный класс систем управления с использованием физических прогнозирующих моделей [1]. Прогнозирующий режим функционирования физических моделей, которые являются, как правило, малоразмерными, обеспечивается в этих системах

ускоренным временем протекания технологического процесса.

Процесс управления с использованием физических моделей осуществляется в таких системах (рис. 1), в которых натурная и модельная системы управления функционируют параллельно, а результаты выработки модельных управляющих воздействий после их соответствующего пересчета передаются в управляющую часть натурной системы, например, в виде советов. Такая же схема взаимодействия натурной и модельной систем управления имеет место и при решении различного рода исследовательских задач, требующих использования моделей. На рис. 1 приняты следующие обозначения: U и Y – управляющие и выходные воздействия; индексы «н», «м» и * – натурное, модельное и задающее воздействия; «нм» и «мн» – пересчитанные для натурального объекта модельное управляющее и для физической модели натурное выходное воздействия. Перенос

* Работа выполнена в рамках государственного задания № 7.4916.2011 Министерства образования и науки на выполнение СибГИУ научно-исследовательских работ.