

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДОРОДА НА ЭФФЕКТЫ БАРКГАУЗЕНА В АМОРФНЫХ СПЛАВАХ МЕТАЛЛ-МЕТАЛЛОИД И НИКЕЛЕ

Е. Д. Шаркина, А. В. Сосунов, Л. В. Спивак

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

В данной статье рассмотрено влияние водорода на эффект Баркгаузена в ферромагнитных аморфных сплавах и поликристаллическом никеле. Проанализированы особенности изменения шумов Баркгаузена при наводороживании образцов и их последующей выдержке. Выявлена неоднозначная закономерность изменения шумов Баркгаузена, справедливая как для аморфных сплавов, так и для поликристаллических металлов. На основе полученных результатов высказано предположение о диффузионном процессе дегазации водорода.

**Ключевые слова:** водород; эффект Баркгаузена; аморфный сплав

## RESEARCH OF THE EFFECT OF HYDROGEN INFLUENCE ON THE BARKGAUSENE EFFECTS IN AMORPHOUS ALLOYS OF METAL-METALS AND NICKEL

E. D. Sharkina, A. V. Sosunov, L. V. Spivak

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

In this article, the effect of hydrogen on the Barkhausen effect in ferromagnetic amorphous alloys and polycrystalline nickel is considered. The features of the change in Barkhausen noise during the hydrogenation of samples and their subsequent exposure are analyzed. An ambiguous regularity in the variation of Barkhausen noise is found, which is valid both for amorphous alloys and for polycrystalline metals. Based on the results the hypothesis about the diffusive process hydrogen degassing is made.

**Keywords:** hydrogen; Barkhausen effect; amorphous alloy

Аморфные металлы и сплавы являются одними из наиболее перспективных материалов благодаря особенностям их физико-химических свойств [1–3]. Среди аморфных металлических материалов магнитные материалы применяются наиболее широко. Магнитные свойства аморфных сплавов зависят от их внутреннего состояния и особенностей доменной структуры.

Влияние водорода на эффект Баркгаузена в аморфных сплавах на основе железа (в частности 2НСР) было исследовано ранее [4].

Известно, что водород несет частично необратимые структурные изменения сплавов, сопровождающиеся уменьшением межатомных сил связи и деформацией кристаллической решетки.

Особенность данной работы заключается в исследовании влияния водорода на спектры шумов Баркгаузена без термической обработки при однократном наводороживании аморфных металлических сплавов на основе железа и кобальта, а так же исследование изменения эффекта Баркгаузена с процессом выхода водорода из образцов.

Исследование является актуальным, так как ранее изучались ЭДС Баркгаузена, а в данной работе предметом изучения была структура шумов Баркгаузена. Кроме того, исследовано влияние водорода на эффект Баркгаузена в поликристаллических образцах никеля. Данный аспект не был изучен ранее.

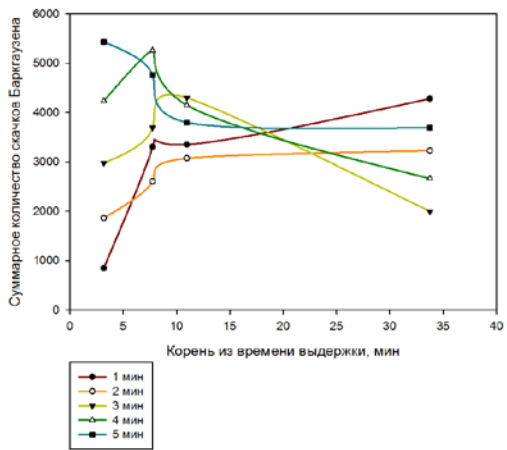
В ходе работы были исследованы аморфные металлические сплавы на основе железа: 2НСП ( $\text{Fe}_{78}\text{Ni}_1\text{Si}_9\text{B}_{12}$ ) и фанмет ( $\text{Fe}_{74}\text{Cu}_1\text{Si}_{13}\text{B}_9$ ), а так же аморфные металлические сплавы на основе кобальта: 71К ( $\text{Fe}_5\text{Co}_{70}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ ) и  $\text{Fe}_5\text{Co}_{58}\text{Ni}_{10}\text{Si}_{11}\text{B}_{16}$ . Кроме того, рассмотрены поликристаллические сплавы никеля. Все образцы были представлены в виде лент шириной 10 мм, длиной 50 мм и толщиной 50 мкм.

Были проведены эксперименты по наводороживанию образцов с различным временем насыщения водородом. Исследовались зависимости числа скачков Баркгаузена от времени наводороживания и числа скачков от времени выдержки на воздухе для всех шести образцов.

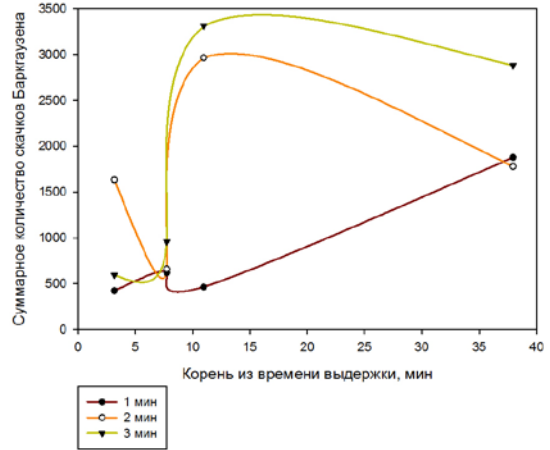
Для всех сплавов наблюдалось резкое уширение спектра скачков Баркгаузена сразу после насыщения водородом. Так же для всех образцов характерна тенденция к двум эффектам. Во-первых, при малых временах наводороживания по мере выхода водорода из образцов увеличивалось суммарное количество скачков Баркгаузена. Во-вторых, при увеличении времени выдержки образцов происходило уменьшение суммарного количества скачков. Между этими процессами имелась переходная зона, в которой они накладываются друг на друга (рис. 1).

Так как на больших временах выдержки образцов зависимость суммарного количества скачков Баркгаузена линейна, то сделано предположение о диффузионном характере дегазации водорода. Тогда подобное поведение можно сплавов объяснить тем, что при малых временах насыщения водород находится на поверхности образца (адсорбированный водород). Поверхностная диффузия водорода более активна, поэтому наблюдается увеличение скачков Баркгаузена по мере выхода водорода из сплавов. При увеличении времени наводороживания водород проникает в объем образца (абсорбированный водород). Объемная диффузия характеризуется более низким коэффициентом диффузии, поэтому число скачков Баркгаузена падает во времени.

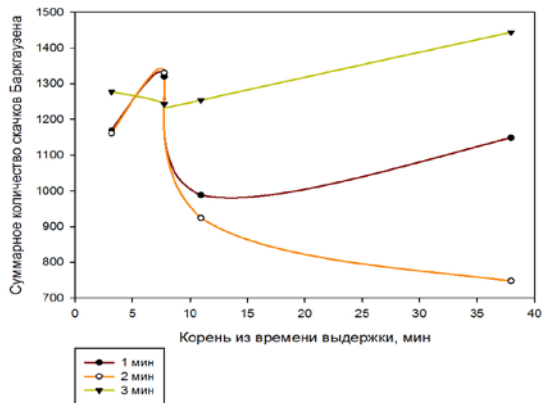
Отмечено, что характер выхода водорода одинаков как для аморфных сплавов, так и для поликристаллических металлов.



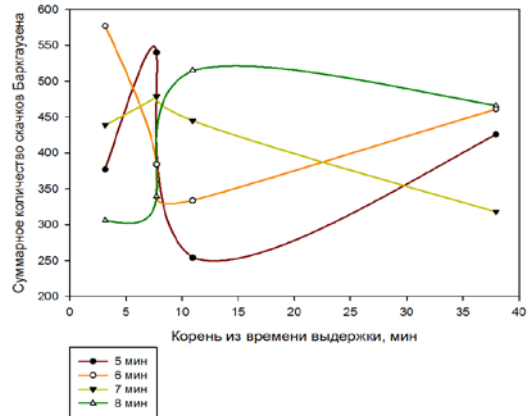
а)



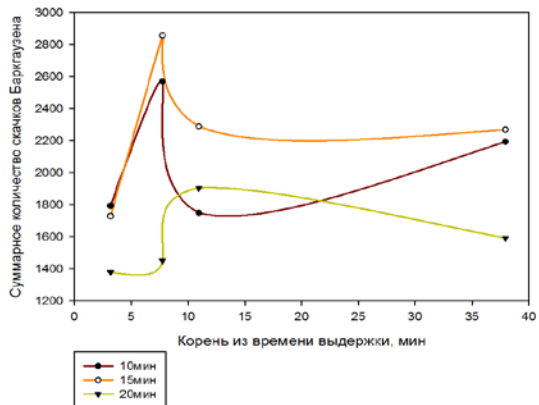
б)



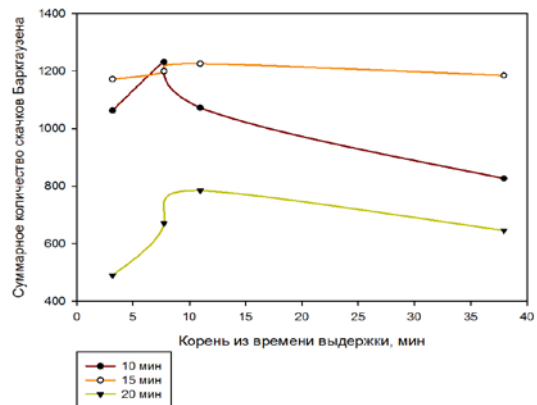
в)



г)



д)



е)

**Рис. 1.** Зависимость суммарного количества скачков Баркгаузена от квадратного корня из времени выдержки образцов на воздухе для разных времен насыщения водородом: а) для сплава 2HCP; б) для сплава файнмет; в) для сплава 71K; г) для сплава  $Fe_5Co_{58}Ni_{10}Si_{11}B_{16}$ ; д) для никелевого образца 1; е) для никелевого образца 2

### Список литературы

1. Семенько Н. П., Захаренко М. И., Куницкий Ю. А., Макара В. А., Шпак А. П. Электросопротивление и магнитосопротивление аморфных металлических сплавов на основе железа и кобальта // Успехи физики металлов. 2009. Т. 10. № 2. С. 131–205.
2. Гойхенберг Ю. Н., Роцин В. Е., Ильин С. И. Структура и магнитные свойства аморфных сплавов в зависимости от степени кристаллизации. Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2011. №14. С. 24–28.
3. Федотов Д. Ю., Федоров В. А., Плужникова Т. Н., Яковлев А. В., Кузнецов П. М. Механические свойства аморфных металлических сплавов // Вестник Тамбовского университета. 2012. Т. 17. № 1. С. 139–143.
4. Скрябина Н. Е., Спивак Л. В., Кинев А. В, Варской Б. Н., Вылежнев В. П., Савельева Т. Ю. Эффект Баркгаузена при взаимодействии водорода с аморфным сплавом 2НСР // Письма в журнал технической физики. 2000. Т. 26. № 21. С. 26–30.